

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YATLARDA HAFİFLİK, DAYANIKLILIK, ESTETİK
VE EKONOMİKLİK AMAÇLARINA YÖNELİK YENİ
UYGULAMALAR VE MALZEMELER

79757

Gemi İnş. ve Mak. Müh. Eyüp GÜVELİ

Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nihat TEKİN

İSTANBUL, 1998

79157

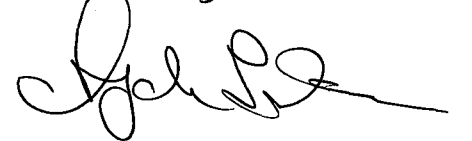


Prof. Dr. Nihat Tekin

Doç. Dr. Ahmet D. Alkan



Doç. Dr. Aydın Şalıcı



İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ	1
2. YAT İNŞAATINDA MALZEME TARİHÇESİ.....	2
3. MALZEMELER.....	4
3.1. AHŞAP :	5
3.1.1. Ahşap Malzeme :	5
3.1.2. Ağaç Malzemenin Özellikleri :	6
3.1.3. Ahşap Teknelerin Mühendisliği :	9
3.1.3.1. Rutubet Etkisi :	24
3.1.3.2. Rötire Etkisi :	25
3.1.3.3. Ağaç Katılığı :	25
3.1.3.4. Ahşap Mukavemeti :	26
3.1.3.5. Kurtulanma ve Mantarlanma :	27
3.1.3.6. Ağaç Teknelerin Boyanması :	27
3.1.4. Ağaç ve Epoksi :	28
3.1.5. Çiviler ve Vidalar :	29
3.1.6. Kullanılan Aletler :	31
3.1.7. Deniz Kontraplağı :	36
3.1.8. Ağacın Avantajları :	43
3.1.9. Ağacın Dezavantajları :	45
3.2.Çelik :	47
3.2.1. Çelikler Türleri :	47
3.2.2.Çeliklerin Gösterimi :	48
3.2.3.Kimyasal Bileşimin Özelliklere Etkisi:	50
3.2.4. Çelik Türleri:	52
3.2.4.1. Genel Yapım Çelikleri :	52
3.2.4.2. Makina Yapım Çelikleri :	52

3.2.4.3. Otomat Çelikleri :	53
3.2.4.4. Paslanmaz Çelikler :	53
3.2.4.5. Takım Çelikleri :	54
3.2.4.6. Dökme Çelikler :	54
3.2.5. Gemi İnşaatında Kullanılan Çelik Malzeme :	54
3.2.5.1. Levha Malzeme :	56
3.2.5.2. Köşebent Malzeme :	59
3.3. Alüminyumun :	65
3.3.2. İlk Alüminyum Alaşımlar, Deniz Yapılarındaki Uygulamaları Ve Gelişimi...	66
3.3.2.1. Karadaki Uygulamalar :	66
3.3.2.2. Gemi İnşaatındaki Uygulamalar :	67
3.3.2.3. Isı Değiştiricilerdeki Kullanım :	67
3.3.3. Alüminyumun Genel Tanımı :	68
3.3.4. Alüminyumun Özellikleri :	68
3.3.4.1. Fiziksel Özellikler :	68
3.3.4.2. Mukavemet Özellikleri :	69
3.3.4.3. Soğuk Şekil Değiştirme :	70
3.3.4.4. Sıcak Şekil Değiştirme :	70
3.3.4.5. Korozyona Karşı Dayanım :	70
3.3.5. Alüminyum Alaşımları Ve Özellikleri :	70
3.3.5.1. Dövme Alüminyum Alaşımları :	71
3.3.5.2. Haddelenmiş Ve Kalıpta Çekilmiş Alüminyum Alaşımları :	72
3.3.5.2.1. Alüminyum Malzemelerin Tanımlanması :	72
3.3.5.2.2. Deniz Yapılarında Kullanılan Yapılar :	72
3.3.5.2.3. Metalürjik Gösterimler :	73
3.3.5.2.4. Soğuk İşlenmiş Alüminyumlar :	74
3.3.5.2.5. Tavlayarak Yumuşatma :	75
3.3.5.2.6. 5000 Ve 6000 Serisi Alaşımların Temel Özellikleri :	76
3.3.5.2.7. Mühendislik Uygunluğu Ve Kullanılışı :	79

3.3.5.2.8. Soğuk Çekme Profiller :	79
3.3.6. Gemi İnşaatında Alüminyum Alaşımlarının Kullanılması :	82
3.3.7. Alüminyum Alaşımlarının Tekne İnşaatına Uygun Olan Özellikleri	84
3.3.7.1. Hafiflik	84
3.3.7.2. Bakım Tutum Kolaylığı :	86
3.3.7.3. Kolay İşlenebilme :	86
3.3.7.4. Titreşim :	87
3.3.7.5. Spark :	87
3.3.7.6. Manyetiklik :	87
3.3.7.7. Kaynak Edilebilirlik :	87
3.3.7.8. Paslanma Dayanamı :	87
3.3.7.9. İmalat Esnekliği :	88
3.3.8. Alüminyum Alaşımlarının Tekne İnşaatına Uygun Olmayan Özellikleri	88
3.3.8.1. Pahalılık :	88
3.3.8.2. Galvanitik Korozyon :	88
3.3.8.3. İzolasyon :	90
3.3.8.4. Çentik Etkisi Ve Yorulma :	91
3.3.8.5. Katodik Koruma :	92
3.3.9. Alüminyum Alaşımlarının Tekne Konstriksiyonu Yönünden İncelenmesi	93
3.3.9.1. Perçinle Birleştirme :	93
3.3.9.2. Kaynakla Birleştirme :	94
3.3.9.2.1. Tig Kaynağı :	96
3.3.9.2.2. Mig Kaynağı :	96
3.3.9.3. Civata İle Bağlantı :	99
3.3.9.4. Klips-Geçmeli Bağlantı :	99
3.3.9.5. Yapıştırma Bağlantı :	100
3.3.9.6. Kesme :	101
3.4.1- Kompozit Malzeme :	103
3.4.2. Ctp Teknelerin Tarihçesi Ve Gelişimi	104
3.4.3. Niçin Ctp Kullanılır	106

3.4.4. Kompozit Malzemelerden Beklenen Özellikler.....	106
3.4.5. Kompozit Malzeme Türleri :	107
3.4.5.1. Cam Elyafı	109
3.4.5.2. Reçineler	111
3.4.5.3. Katalist Sistemleri Ve Yardımcılar	112
I) Hızlandırıcılar	114
ii) Dolgu Maddeleri	114
Iii) Renk Vericiler	114
Iv) Jelkot (Gelcoat)	115
3.4.6. Ctp İle Üretim Yöntemleri.....	115
3.4.6.1. El Yatırması	115
3.4.6.2. Püskürtme	116
3.4.6.3. Soğuk Veya Sıcak Pres (Eş Kalıplama).....	117
3.4.6.4. Enjeksiyon Kalıplama.....	117
3.4.6.5. Elyaf Sarma.....	118
3.4.6.6. Savurma Döküm.....	119
3.4.6.7. Profil Çekme	119
3.4.6.8. Devamlı Levha Üretimi	120
3.4.7. Ctp'nin Fiziksel Özellikleri Ve Tekne Yapımına Uygunluğu.....	121
3.4.7.1. Ctp'nin Fiziksel Açidan İncelenmesi.....	121
3.4.8. Kalıplamada Kullanılan Araç Ve Gereçler.....	122
3.4.8.1. Giriş	122
3.4.8.2. Genel Gereçler.....	123
I) Rulolar	123
ii) Poliyester Reçine Sistemleri İçin Püskürtme Gereçleri.....	123
Iii) Cam Keçe İslatma Gereçleri	124
Iv) Jelkot Uygulama Gereçleri.....	125
V) Reçine Enjeksiyon Gereçleri	125
3.4.9. Ctp Teknelerinin Kontrüksiyonu	127
3.4.9.1. Tek Cidarlı Konstüksiyon.....	128
3.4.9.1.1. Kalıp Çeşitleri.....	130

3.4.9.1.2. Kalıbın Konstrüksiyonu.....	132
3.4.9.1.3. Kalıp Masterın Hazırlanması.....	132
3.4.9.1.4. Kalıbın Hazırlanması.....	135
3.4.9.1.5. Kalıp Yardımı İle Teknenin Konstrüksiyonu.....	137
3.4.9.1.5.1. Kalıbın Hazırlanması.....	137
3.4.9.1.5.2. Politester Reçinenin Hazırlanması.....	138
3.4.9.1.5.3. Tek Cidarlı (Kalıplı) Konstrüksiyon.....	139
3.4.9.2. Sandviç Konstrüksiyon.....	141
3.4.9.2.1. Sandviç Konstrüksiyon Hakkında Genel Bilgi	141
3.4.9.2.2. Çekirdek Malzemelerin Tanıtımı.....	143
3.4.9.2.3. Sandviç Konstrüksiyonda Tekne İmalat Yöntemleri.....	144
3.4.9.2.4. Sandviç Konstrüksiyon İle Tek Cidarlı Konstrüksiyonun Karşılaştırılması.....	145
3.4.10. Ctp Teknelerde Eleman Bağlantıları Ve Tekne Montajı.....	148
3.4.10.1. Bağlantılar - Genel.....	148
3.4.11. Kompozit Malzemelerin Diğer Malzemeler İle Karşılaştırılması :.....	150
3.4.12. Kompozitlerin Üstünlükleri Ve Eksiklikleri.....	153
3.4.12.1. Yoğunluk.....	154
3.4.12.2. Atmosferik Koşullara Ve Kimyasal Etkenlere Mukavemet	155
3.4.12.3. Ateşe Ve Sıcaklığa Mukavemet	155
3.4.12.4. Hafiflik.....	156
3.4.12.5. Kolay Biçimlendirme.....	156
3.4.12.6. Fiyat	156
3.4.12.7. Kalıcı Renklendirme.....	156
3.4.12.8. Esneklik.....	156
3.4.12.9. Bakım Tutum Kolaylığı.....	157
3.4.12.10. Ömür	157
3.4.12.11. Tamir Kolaylığı.....	157
3.4.12.12. Titreşim (Vibrasyon)	157
3.4.12.13. Aşınma, Yıpranma.....	158
3.4.12.14. Manyetik Özelliği Olmaması	158

3.5. Diğer Malzemeler :	159
3.5.1. Tri-Clad :	159
3.5.2. Strong Plank :	165
3.5.3. Balsa-Core :	170
4. YAT İNŞAA MALZEMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI :	176
4.1. Maliyet Açısından Karşılaştırma:	176
4.2. İşçilik ve Genel Masraflar :	176
4.3. Kullanışlılık Açısından İnceleme :	177
4.4. Tekne Ömrü Bakımından :	177
4.5. Bakım-Tutum Açısından Karşılaştırma :	177
4.6. Mukavemet Açısından Karşılaştırmalar :	177
4.7. Ağırlık Bakımından Karşılaştırma.	178
4.8. İnşaat Tekniği ve İşçilik Kolaylığı Açısından Karşılaştırma.....	178
4.9. Malzeme Temini Bakımından Karşılaştırma.....	178
4.10. Malzeme Yorgunluğu Açısından Karşılaştırma.....	179
5. MALZEMELERİN EKONOMİK ANALİZİ :	181
KAYNAKÇA :	185

TEŞEKKÜR

Anlayış dolu, olumlu desteği ve yol gösterişinden dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Nihat TEKİN beye saygı dolu teşekkürler.

Her talebimde yardımını esilgemeyen Gemi İnş. Yük. Müh. Tanju KALAYCIOĞLU 'na ayrıca teşekkürler.

Eyüp GÜVELİ

ÖZET

Bu çalışmada; yat inşaatında kullanılan dört ana malzemenin karakteristik özellikleri, yat inşaatına uygunlukları, kombine kullanılabilirlikleri, ekonomiklikleri ve estetik özellikleri birlikte irdelenecektir. İlk konularda her malzeme için ayrı ayrı bilgi verilip bu bölümlerin sonrasında belirli kriterlere göre mukayese yoluna gidilecektir.

ABSTRACT

During the this thesis, four main material that used at boat building are compared to technical characteristic, suitable for boat building, useable for combining. economical characteristic and aesthetic parameters. At the first part of the units, all materials is described for each and at the fallowing unit, comparison of materials can be found for defined criteria.



1. GİRİŞ

Yat inşaatında, malzeme seçimi ilk günlerde yabancı bir kavramdı. Çünkü alternatif malzeme sayısı sınırlıydı. Günümüzde artık ahşap ve çeliğin yanına alüminyum ve CTP alternatif olmuşlardır. Ferrocement malzeme de her ne kadar kullanılmışsa da bu tezde bahsedilmeyecektir.

Yat inşaa tersanesi ve yat alıcısı, malzeme seçimi olayına kendileri açısından bakarlar. Tersane sahibi, tersane techizatını, kaldırma tonajını, depolama yerini ve maliyetini, malzeme tedarik şeklini ve zamanını göz önüne alır. Yat sahibi ise konfor, estetik, güvenlik ve ekonomiklik gibi şartları arar.

Bu çalışmada olay her iki taraf gözüyle irdelenecektir.

2. YAT İNŞAATINDA MALZEME TARİHÇESİ

Gemi inşaatı tarihi ahşap ile başlar. Ana malzeme olarak tek olan ahşap, kendi içindeki ağaç türleri ile alternatif oluşturuyordu. Sal ilk kabul, edilirse malzeme olarak sarmaşıklar ve navigasyon aleti olarak ise uzun yeterince mukavim bir ağaç dalı kullanılırdı.

İnsanlık tarihinde metal yerini alır almaz tekne inşaatıda bundan nasibini almıştır. Çivi gibi birleştirici, çekiç, hızar gibi el aleti olarak kullanıma başlanmıştır. Çelik, tekne inşaatında kullanılmaya başlanmasıyla her alanda olduğu gibi bu alanda da çığır açılmıştır. Çelik malzemeyi birleştirmek için önceleri perçin kullanılmıştır. Kaynak olayının gelişmesi ile çelik tekne inşaatı büyük bir gelişme göstermiştir. Perçin birleştirmenin getirdiği ilave ağırlıktan kurtulunmuştur. Bağlantılar mekanik etkilere daha dayanıklı olmuş ve bağlantıların sızdırmazlıkları daha iyi sağlanmıştır. Çelik teknenin gelmesi ile birlikte tekne boyutları da büyümüştür. Aynı taşıma kapasitesine sahip teknelerden ahşap, olanında daha çok ana malzeme kullanmak gerekirken çelikte bu oran daha düşüktür. Teknenin gövdesi çelikten yapılırken iç dekorasyon ve güverte kaplamalarında ahşap kullanılması yoluna gidilmiştir.

Çelikten sonra alüminyum kullanılması denemeleri görülmüştür. 1800 'lü yılların ikinci yarısından sonra kullanılmaya başlanan alüminyumdan beklenen verim yirmi yıl boyunca alınamamıştır. 1930 'lu yıllarda alüminyum alaşımlarının bulunmasıyla bu alanda gelişmeler sağlanmıştır. Alüminyum alaşımlarının karakteristik özellikleri ilk kullanılan saf alüminyumun karakteristik özelliklerinden daha iyiydi. Bu gelişim yeniden alüminyuma dönüşte önemli etken olmuştur. Alüminyum, özellikle maliyetin önemli olmadığı teknelerde tercih edilmiştir. Artık alüminyum alaşımları perçin birleştirmenin ardından kaynak da edilebiliyorlardı. Üstelik diğer malzemeler ahşap ve çelikten daha hafifti ve paslanma dayanımı çok daha iyiydi. Artık tekne inşaatında üç ana malzeme vardı ve bunlar kombine kullanılabiliyorlardı. Aynı tarihlerde alt binalar çelik üst binalar alüminyumdan yapılırken iç dekorasyonda ve güverte kaplamalarında yine ahşap kullanılıyordu.

1940 'lı yıllarla beraber CTP 'de (Cam Takviyeli Plastik) tekne inşaatında kullanılmaya başlanmıştır. Kendinden önceki malzemelerden farklı olarak CTP sentetik bazlı bir malzeme idi. Sentetikliğin verdiği avantajla doğa şartlarından en az etkilenen malzeme olmuştur. Elyaf ve reçine üretimindeki gelişmeler CTP 'yi son yıllarda en çok tercih edilen malzeme yapmıştır. Seri imalata uygun oluşu nedeni ile günümüzdeki 30 m altındaki yatların % 85 'e yakını fiber teknedir. CTP de diğer malzemelerdeki gibi kombine kullanılmaya müsaittir.



3. MALZEMELER

Yat inşaatında dört ana malzeme ve bunların türevleri vardır. Ana malzemeler ahşap, çelik, alüminyum ve CTP 'dir. Bu malzemelerden, teknenin tamamında kullanılabilen olduğu gibi genellikle kombinasyonlarının kullanımına gidilmiştir. Örneğin; yalnız ahşap veya CTP kullanılarak yat inşaa edilebileceği gibi, alt güverte çelik üst güverte alüminyum veya alt güverte alüminyum üst güverte CTP yapılabilir.

Bu malzemeleri ana başlıkları altında ayrı ayrı inceleyelim.



3.1. AHŞAP :

Günümüzde ahşap malzeme daha çok küçük teknelerde kullanılmaktadır. Gerçekten küçük tekne imalatında ahşap malzemenin bir çok avantajı vardır. Gerek malzemeyi elde etme ve biçimlendirme yöntemi, gerekse de fiyat bakımından daha uygun olmaktadır.

Ağacın mukavemeti ise sanıldığı kadar kötü değildir. Yani ağacın mukavemeti, sağlamlığı, hafifliği ve malzeme yoğunluğuna karşın direnci ağacın birer avantajıdır. Ne varki günümüzde büyük gemi inşaatında, ahşap malzeme ikinci plandaki (mefruşat, dekorasyon, güverte kaplaması v.b.) yerlerde kullanılmaktadır. Bunun sebebide ahşabın bilinen dezavantajlarıdır. Bu dezavantajların en önemlisi, bağlantı yerlerinin ve bağlantı elemanlarının zayıf olmasıdır. Bunun yanında ağaç hücrelerinin suyu geçirmesi, ağacın çürümesinde önemli faktördür. Ayrıca ısı ve nem değişiklikleri ile genişler veya çeker. Nemi arttığında kuvvet ve sağlamlığının bir kısmını kaybetmekle birlikte ağacın ölçüleri de değişmektedir. Bu nedenle ahşap tekne dizayn ederken yukarıda açıklanan dezavantajları gözönünde bulundurularak gerekli toleransların hesaplanması gerekmektedir.

Günümüzde ise kaliteli ve uygun bir reçine esaslı yapıştırıcı kullanarak bu problemlerin büyük ölçüde üstesinden gelinmiştir. Bu yöntemde bütün ağaç yüzeyleri bu madde ile kaplanmakta ve bütün ek yerleri reçine ile yapıştırılmaktadır. Bu koruyucu film sayesinde önemli miktarda su ve hava geçişi önlenmektedir.

3.1.1. Ahşap Malzeme :

Cidarları selülozdan oluşan, boylamasına gözeneklerden meydana gelmiş bir organik maddedir. Tekne inşaa malzemesi olarak, diğer malzeme ve teknolojilerinin gelişmesine kadar tek seçenek olmuştur. Yat inşaatında her zaman aranılan malzeme özelliğini günümüze kadar korumuştur.

Tekne inşaatında kullanılacak olan ağaç malzeme birinci sınıf, budaksız ve arızasız olmalıdır. Malzemenin açık havada kurutulmuş olması da önemlidir. Tekne inşaatında kullanılan bazı ağaç cinsleri ve tekne elemanı olarak kullanıldıkları yerler aşağıda gösterilmektedir.

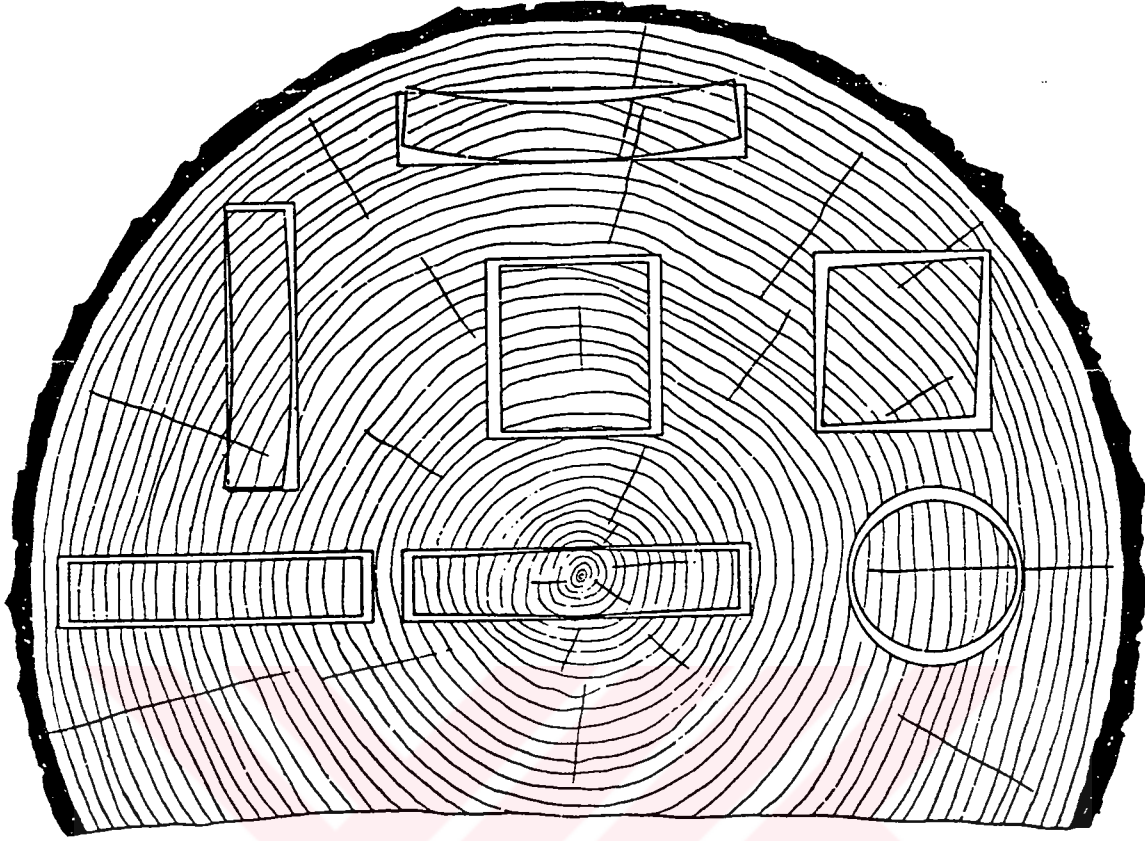
Tablo 3.1.1. Bazı ağaçların kullanıldıkları yerler

Ağacın Cinsi	Kullanıldıkları Yerler
Meşe	Kuşak, eğri, omurga eğilecek postalar için uygundur. Büyük teknelerde dış kaplama
Karaağaç	Eğriler ve omurga
Kök nar	Küçük teknelerde, kuşaklarda, güverte kemerlerinde, kamaralarda, direk yapımında
Maun	Kesilerek imal edilen çerçeveler de (kuşak) dahil olmak üzere teknenin her yerinde kullanılır.
Beyaz Çam	Dış kaplama, bez kaplı güvertelerde, üst yapılarda
Norveç Çamı & Sarı Çam	Direk Yapımında
Tik	Güvertelerde, üst yapılarda

3.1.2. Ağaç Malzemenin Özellikleri :

Ülkemizin doğal kaynaklarının zenginliğinin etkisiyle, geçmişte olduğu gibi günümüzde de geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Ağaç tekne inşaatındaki önemini olduğu gibi korumaktadır.

Ağacın mekanik özellikleri, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir. Bu etkenler : iklim, arazi, rüzgarlar, büyüme bozuklukları, kesilme ve kullanma yaşı, ağacın cinsi ve aynı cins ağaçlardan oluşan ormandaki ağacın yeri olarak sıralanabilir. Ayrıca aynı gövde üzerinde dipten uca doğru gidildikçe ağacın mekanik özelliklerinde bir kötüleşme olduğu görülmektedir. Yat inşaatında ağaç malzemenin tercih nedenleri aşağıdaki gibidir.



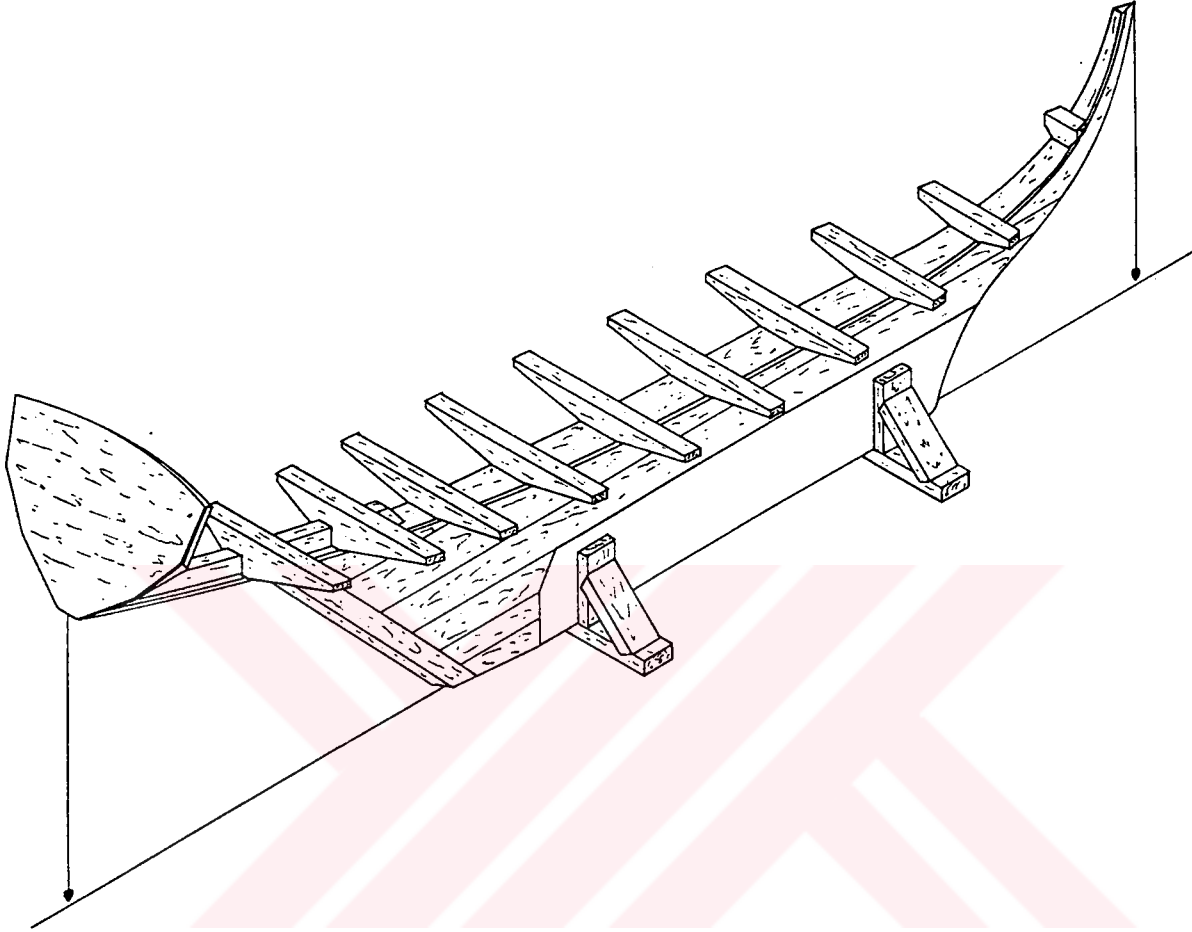
Şekil 3.1.1. Bir ağaç kütüğünden kesilen tahtaların kuruma anındaki hareketleri

- Yatlarda istenilen konfor ve estetik özelliklerini bir arada kolaylıkla sağlar. Psikolojik bakımdan en sıcak olan malzemedir. Teknenin ana yapı malzemesi olarak kullanıldığı gibi yaygın bir şekilde iç dekorasyonda da kullanılmaktadır.
- Isı iletimi düşüktür. Bu sebeple tekne iç sıcaklığını sıcakta ve soğukta iyi bir şekilde korur.
- Teknenin inşaatında geniş bir organizasyonu gerektirmez. İnşaatı kolay ve bazı kriterlere göre ucuzdur. (Tedarik zamanı, Depolama, İşleme v.b.)
- Cinslerine göre özgül ağırlığı 0.31 ile 0.72 ton/m³ arasındadır. Ortalama 0.60 ton/m³ alırsak hafif malzeme grubuna dahil edebiliriz.
- (Mukavemet/Özgül ağırlık) oranına özgül mukavemet dersek, özgül mukavemeti yüksektir.

- Temin edilmesi kolaydır.
- Malzeme yoğunluğunun düşük olmasına rağmen özel bir direnci bulunmaktadır.
- Damarları yönündeki dayanım, damarlara dik yöndeki dayanıma göre yirmi kat daha fazladır.

Ağaç malzemenin bu üstün yanlarına karşı aşağıda verilen olan yönleri bakımından, kullanılmasında dikkat ve özen gösterilmelidir.

- Mekanik özelliklerinden; mukavemeti, metal malzemelere özellikle çeliğe oranla düşüktür. Kesit büyütülerek kalın ağaçlar kullanılması ile mukavemet artırılmalıdır. Herşeye rağmen iyi kalite ağaç kullanılması ile iyi kalite işçilikle inşaa edilen ağaç tekneler, iyi bakım ile de uzun ömürlü ve güzel görünümlü olmaktadır.
- Ağaç malzemenin, üzeri boya ve vernik ile kaplanmadan deniz koşullarına dayanması imkansızdır.
- Ağaç malzemenin ömrü, kullanılan malzeme cinsine bağlı olarak 6 ila 16 yıl arasındadır.
- Bakım ve tutumu diğer malzemelerden inşaa edilmiş teknelere göre daha zordur.
- Ağaç hücrelerinin içerisine su girip çıkabilmektedir. Bu sebeple ağaç çürüyebilir. Ortamın nem miktarına ve ısı durumuna göre ağaç malzeme genişler ve/veya büzüşür. Hücre içerisindeki su miktarı çoğaldıkça ağacın mukavemeti düşer.
- Bitkisel ve hayvansal zararlılar, ahşap malzemeyi tahrip ederler.
- Ağacın mekanik özellikleri her doğrultuda aynı özellikte değildir. (Anizotrop Malzeme) Liflerine paralel basınç gerilmesi 29.43 N/mm^2 iken, liflere dik doğrultudaki basınç zorlaması gerilmesi 5.89 N/mm^2 dir. Bu özelliği konstrüksüyonda yönlendirici olmasından, zorluklar yaratmaktadır.
- Ağaç yatlarının işçiliği son derece zor ve karmaşıktır. İşçilik ücretleri bu taleple artmaktadır.

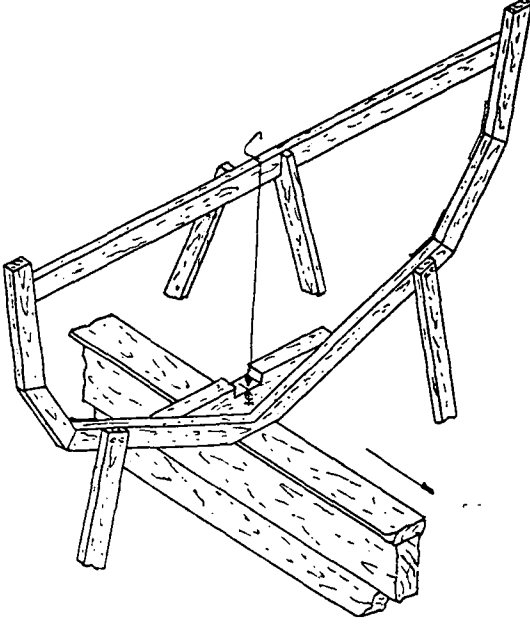


Şekil 3.1.2.Kesme yöntemiyle ahşap tekne inşaatında omurganın kurulması

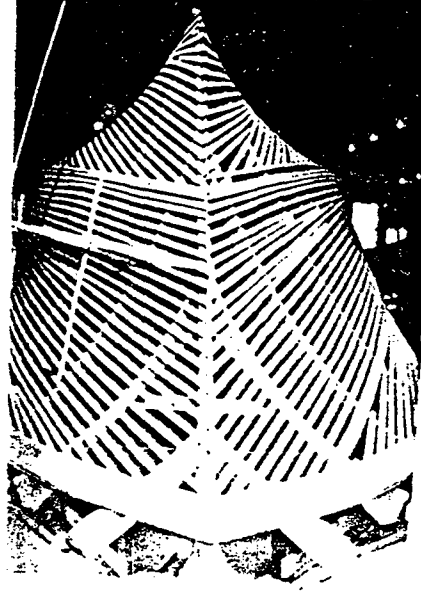
3.1.3. Ahşap Teknelerin Mühendisliği :

Küçük tekneler için hem kuvvetli hem hafif malzeme gerekmektedir. Ayrıca bu malzeme yük altında deformasyona karşı dirençli olmalıdır. Belirli limitler içinde bir tekne ne kadar hafif ve katı ise o kadar dayanıklı ve uzun ömürlüdür.

Bir tekne hafif olduğu ölçüde, belirli bir güçle daha hızlı yol alacaktır. Yine bir tekne ne kadar katı ise doğru biçimini o ölçüde koruyacak, malzeme yorgunluğu ve bükülme yolu ile zayıflamaya o kadar dirençli olacaktır.



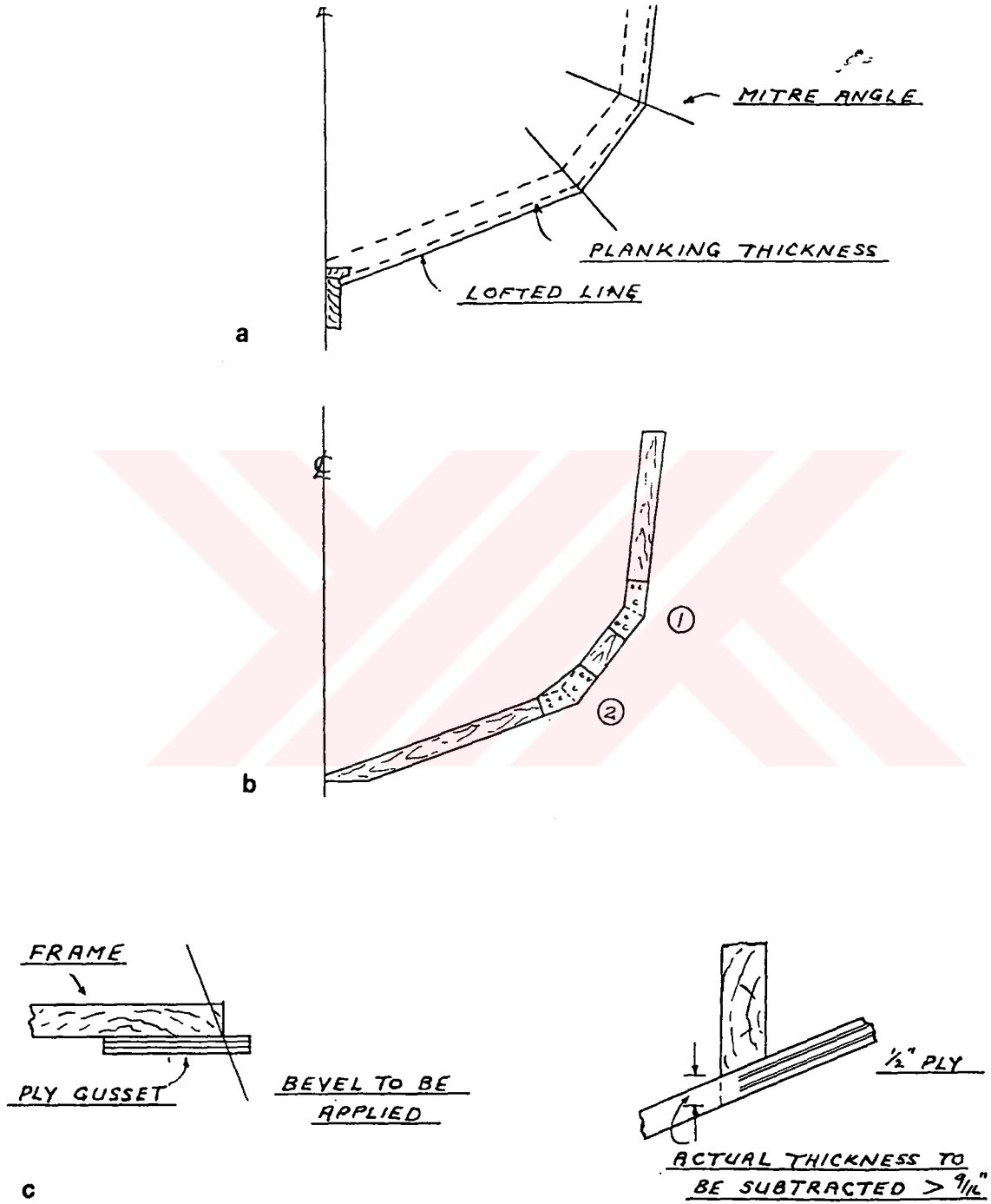
Şekil 3.1.3. Postanın omurgaya yerleştirilmesi



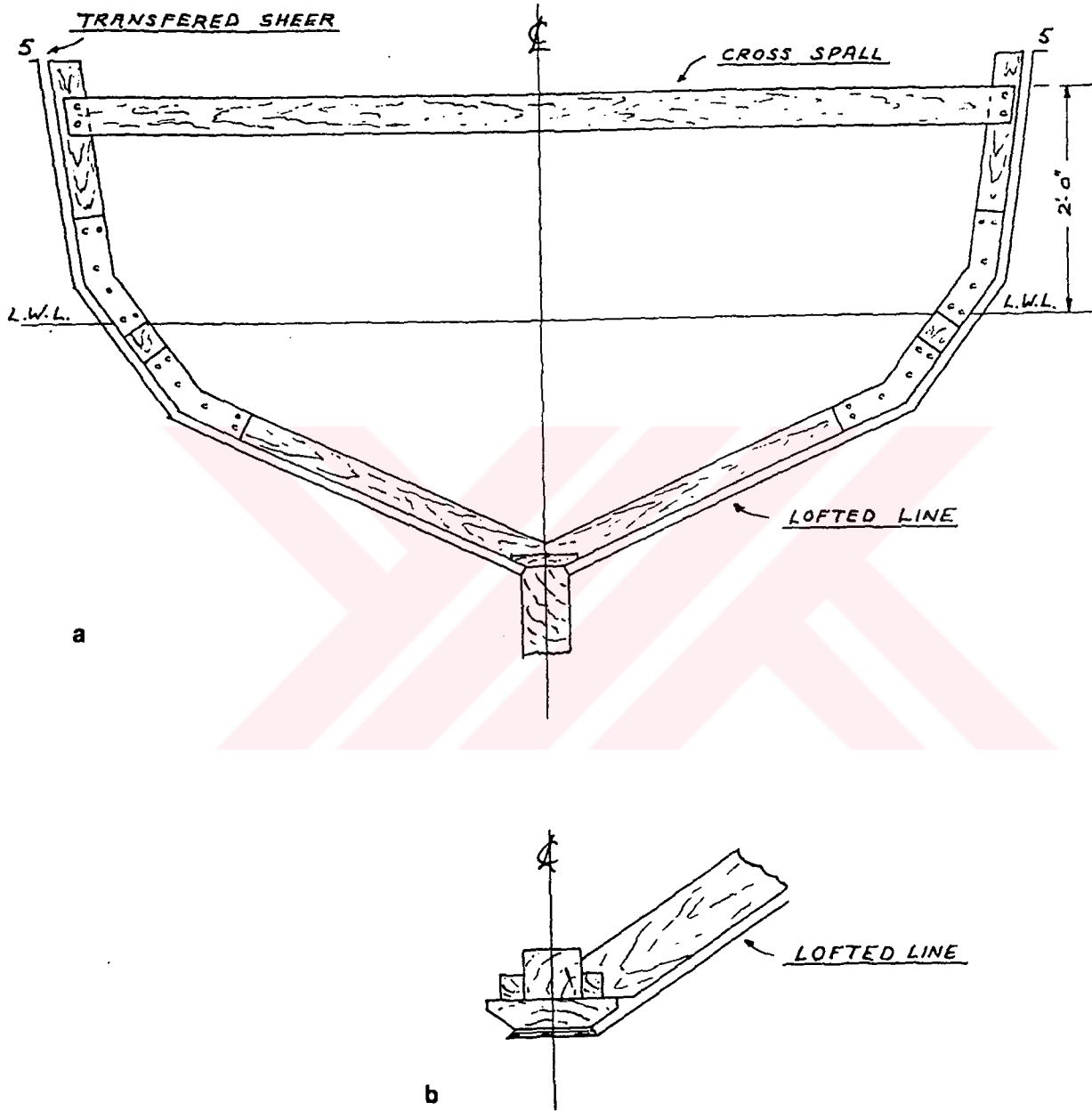
Şekil 3.1.4. Kaplama öncesi gövde

Ağaç tekne inşaatının değişik uygulamaları vardır. Teknenin yuvarlak karinalı veya çeneli tekne oluşuna göre bu yapım şekli değişir.

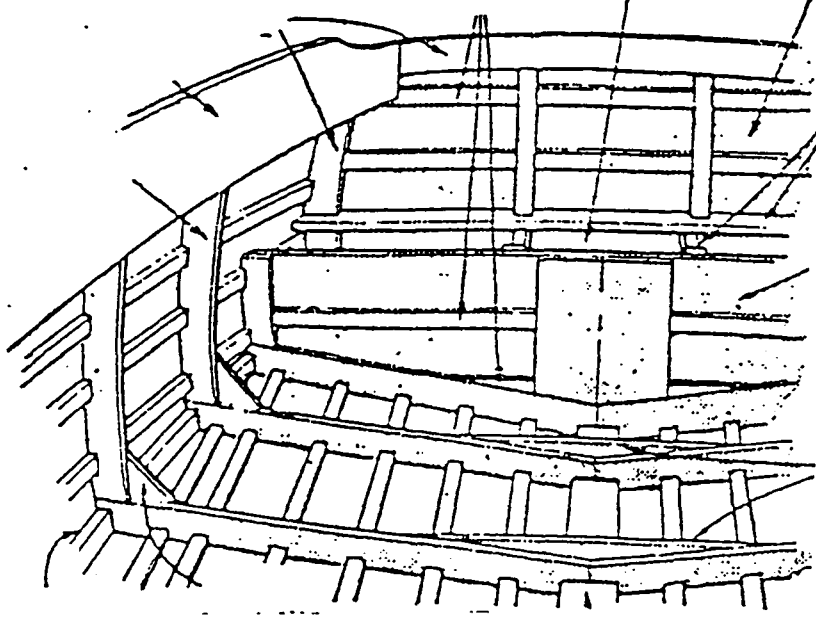
Köşeli teknelerde omurga ve bodoslamanın yerleştirilmesinden sonra kesme postaları yerlerine oturtulur. Bu tip teknelerde çoğu kez ayna kış kullanıldığından kış bodoslama yerine ayna kış yerleştirilir. Bu yapı büyük bir ağaç braketle omurgaya bağlanır. Aynadan baş bodoslamaya kadar uzanan çene tirizlerinin yerleştirilmesinden sonra, borda da güverte hizasında bir boy bağ kuşağı da yerleştirilir. Dip ve borda tulanileri de uzatılır. Dip kaplama çene tirizi ile omurga arasına genellikle önce diyagonal, sonra boy doğrultusunda yerleştirilen çift kaplamadan oluşur. İki kaplamanın bağlanması genellikle bakır perçinle yapılır. Borda kaplaması boy yönünde uzanan tek kat ağaçlardan oluşur ve dip kaplamanın bu bağlantısında bakır perçin kullanılır. Güvertede önce kemereler yerleştirilir. Postaların döşeklere ve kemerelere bağlanmasında ağaç braketler kullanılır. Üst yapılarda daha basit inşaat tekniği uygulanır.



Şekil 3.1.5. Çeneli teknelerde köşe birleştirme şekli



Şekil 3.1.6. Yalancı çeneli posta



Şekil 3.1.7. Ahşap teknenin montaj sonrası iç elemanlarının görünüşü

Basma postalı yapımda önce, sonradan sökülmek üzere ağırlıklı kalıp postalar yerleştirilir. Bunların üzerine sonradan dökülmek üzere kalın boy tirizleri sarılır. Oluşan yapının iç yüzüne, buhar banyosu içerisinde iyice yumuşamış dikdörtgen kesitli ağaç tirizler birbirine yakın olarak basılır. Yumuşak ağaçlar kolayca dönerek tekne formunun şeklini alır. Soğuyan tirizler gerçek postaları oluşturur. Kalıp postalar sökülerek atılır. kalıp boy tirizleri sıra ile sökülerek, sökülen tirizlerin yerlerine dış kaplama sarılır ve bu kaplama, basma postalara bakır perçinle bağlanır. Armuzların yapımında bir değişiklik yoktur. Oluşan teknenin iç dibine, forma uygun döşekler ve tekne içerisine basma postaların iç yüzeyinden geçen boy takviyeleri konur. Teknenin diğer kısımlarının yapımında değişiklik yoktur.

Kesme posta sisteminde yapılan bazı teknelerde, posta araları eşit tutularak, dış kaplamanın tamamlanmasından sonra basma postalar basılır.

Ağaç tekneler genellikle esnek tekneler olmakla beraber, basma postalı sistemin kesme postalı sisteme oranla daha esnek olduğu bilinir.

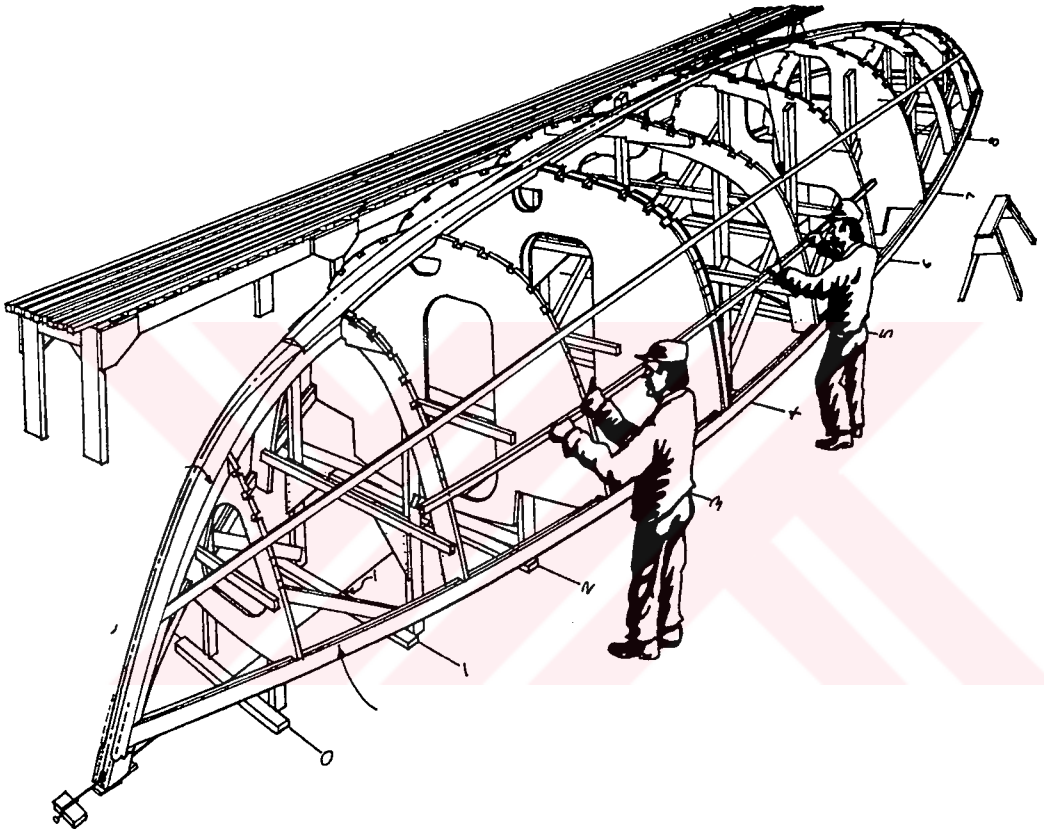
Lamine sistemde tekne yapımının amacı metal tespitini (birleştirme) minimuma indirmek olsa da, bu tamamen kaldırılamaz. Tespit, çeşitli aksamı bota tutturmak, kurşun safrayı ve motorları yerinde tutmak için kullanılır. Bazen tahtanın tahtaya tespiti de gerekebilir.

Lamine tahtadan yapılan teknelerde, tespitler iki ana bölüme ayrılır ; epoksi yapıştırıcının polimerleşmesi esnasında yapının çeşitli bölümlerini birarada tutan geçici tespitler ve bitmiş yapının bir parçası olarak kalacak olan tespitler.

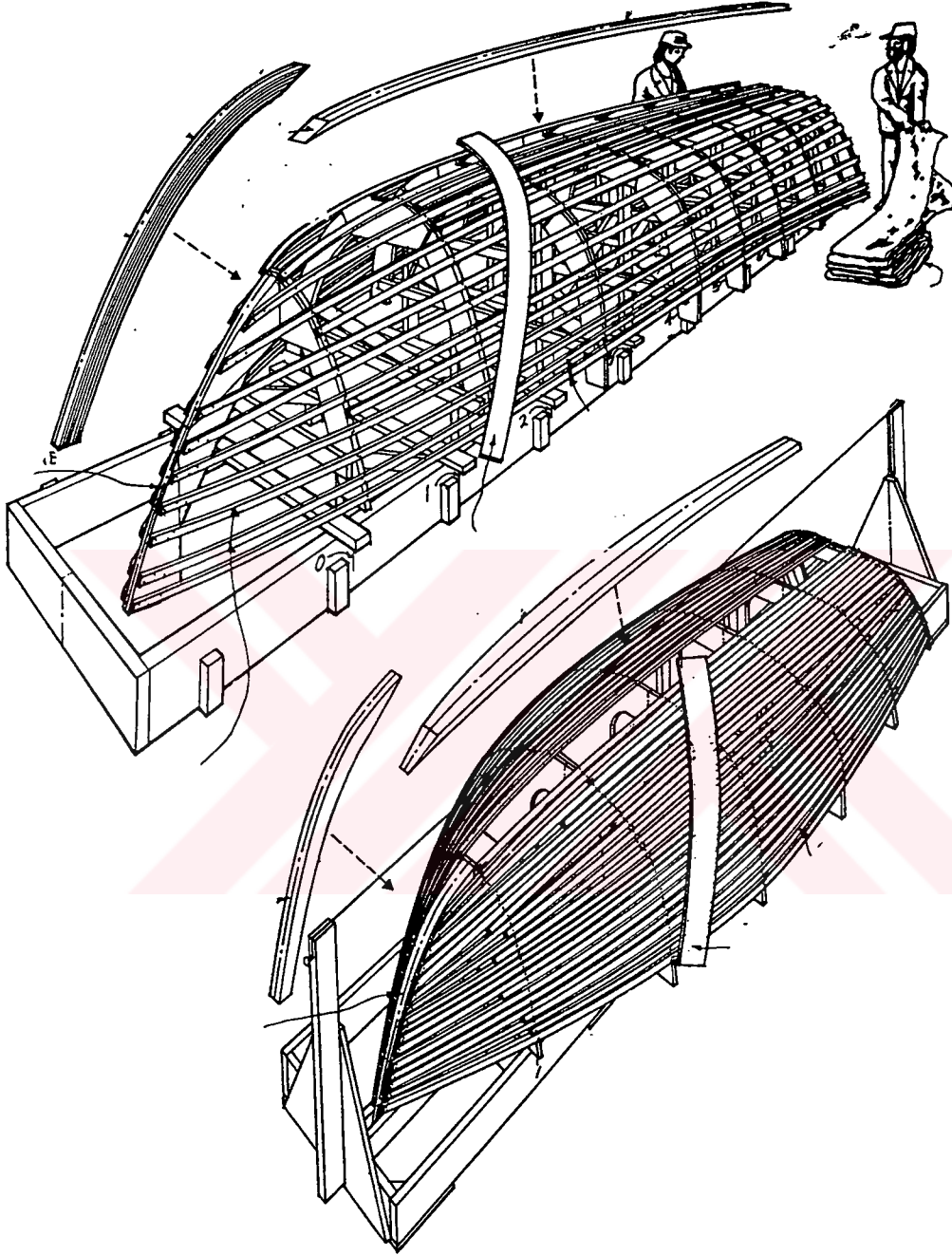
Geçici tespitler, laminasyon ve geçici ekleme esnasında kullanılan zımba(staple), (geçici amaçla, reçine sürülüp işlem bittikten sonra kolayca sökülebilen çivi) küçük iğneler ve tahta vidalardır. Çoğu diğer durumda, polimerleşecek kısımları tutturmak için kelepçeler kullanılır . Geçici tespitler, daha sonraları kaldırılacağı için sade çelik olabilir. Geniş kafalı zimbalar eğer bağlama kuşağıyla çakıldılarsa, kuşağı çekerek bir sıra zımba kolayca çıkartılabilir. 18 mm'ye kadar olan zimbalar elle çalışan zımba tabancasıyla 8 mm'ye kadar olan tahtayı sabitlemekte kullanılır. Sıkıştırılmış hava tabancaları 27 mm uzunlukta 8 inç genişlikte kafası olan zimbaları sıkabilir.

Daha uzun ömürlü bir yüzey, cam elyafı ile elde edilebilir. Bu özellikle, popüler batı kızıl sedir kaplama tahtaları gibi oldukça yumuşak tahtalarda doğrudur. Cam elyafı sadece bir miktar mukavemet değil, aynı zamanda yüzeyde yeterli reçine kalınlığını oluşturur. 6-ounce dan 10-ounce'a kadar ağırlıktaki cam elyafı önerilir. İki kat elyaf bazan yüksek aşınma bölgelerinde, gövde ve aynalık kenarı gibi kullanılır. 4-ounce elyaf dokunun kendini göstermemesi için, parlak cilalı yüzeylerde kullanılır. Cilalanmış tekneler bile genelde su seviyesinin altından boyandığından, tabada daha ağır cam elyafı kullanılır.

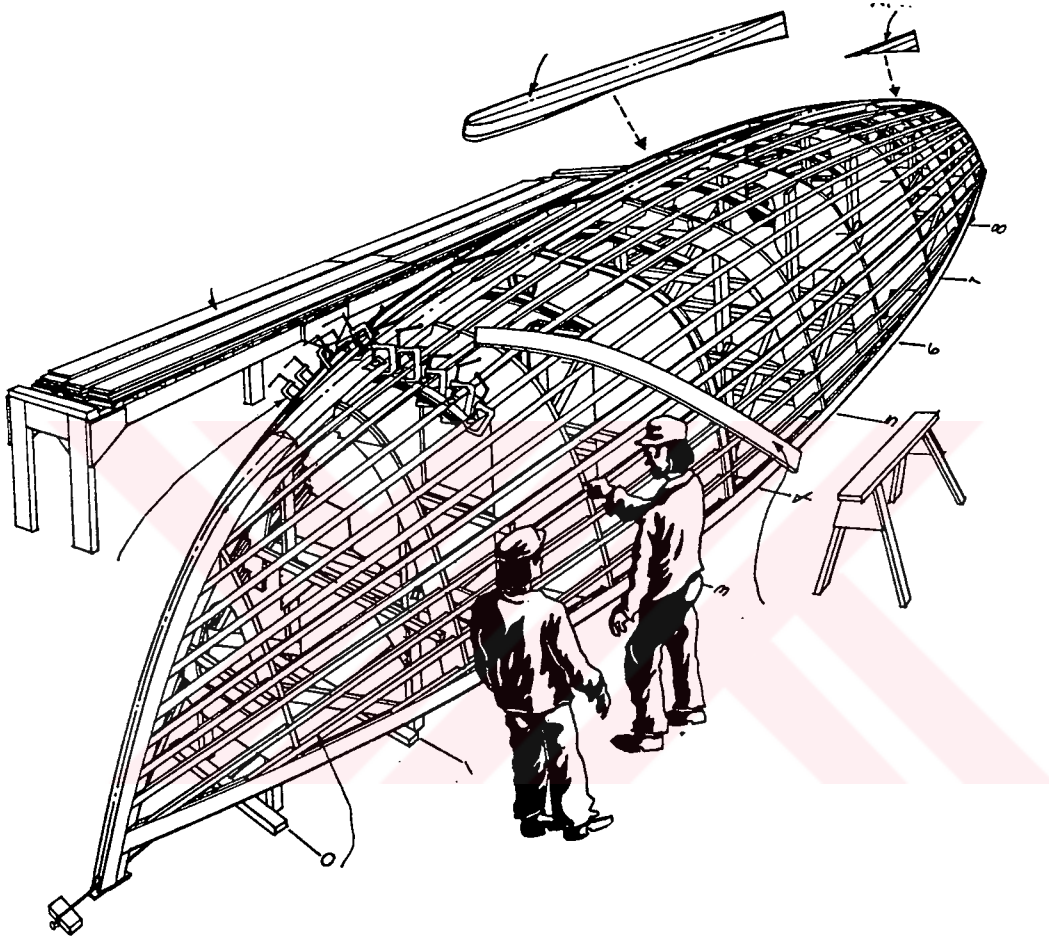
Diğer kaplama malzemeleri, oynel ve polypropylene gibi, kendileri kuvvetli olmalarına rağmen laminasyon tekneyi sıkılaştırmaz veya güçlendirmez. Bu malzemelerin gerilme özelliğinden dolayı, bu malzemenin gerilme sınırına gelmeden alttaki tahta kırılabilir.



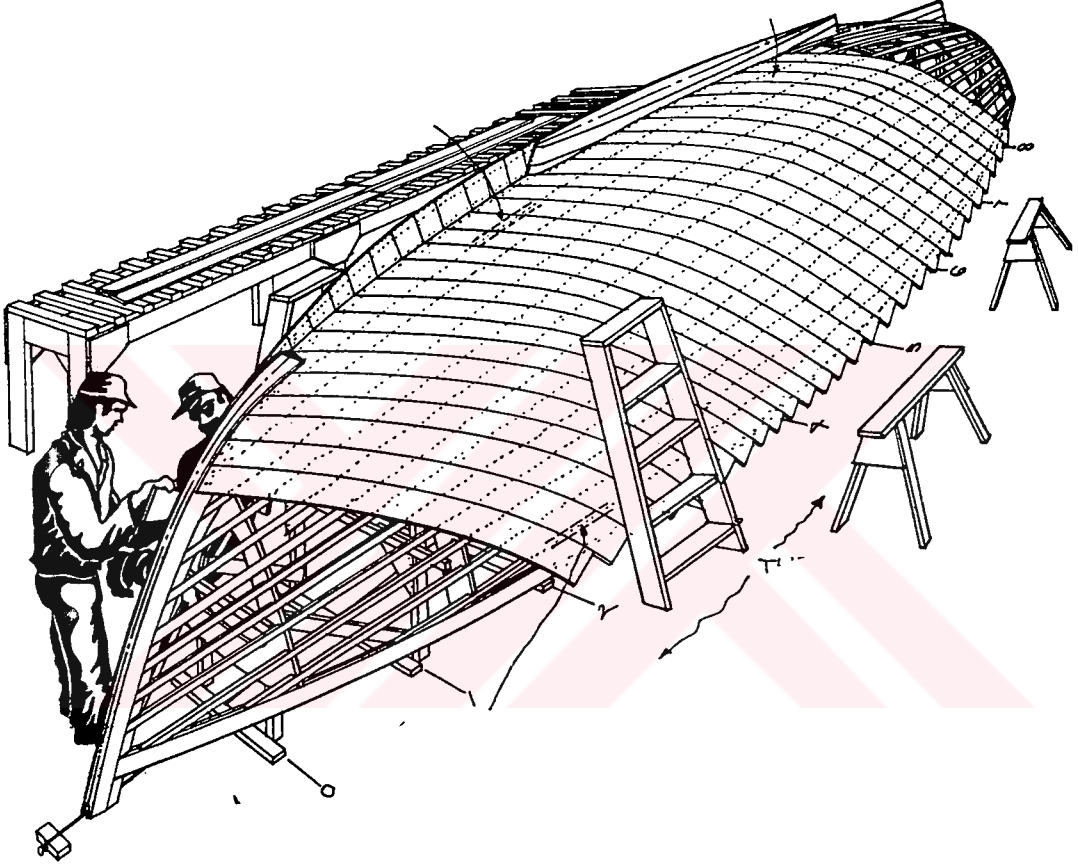
Şekil 3.1.8. Lamine haşap tekne inşaatında yalancı postaların ve boyuna tirizlerin yerleştirilmesi



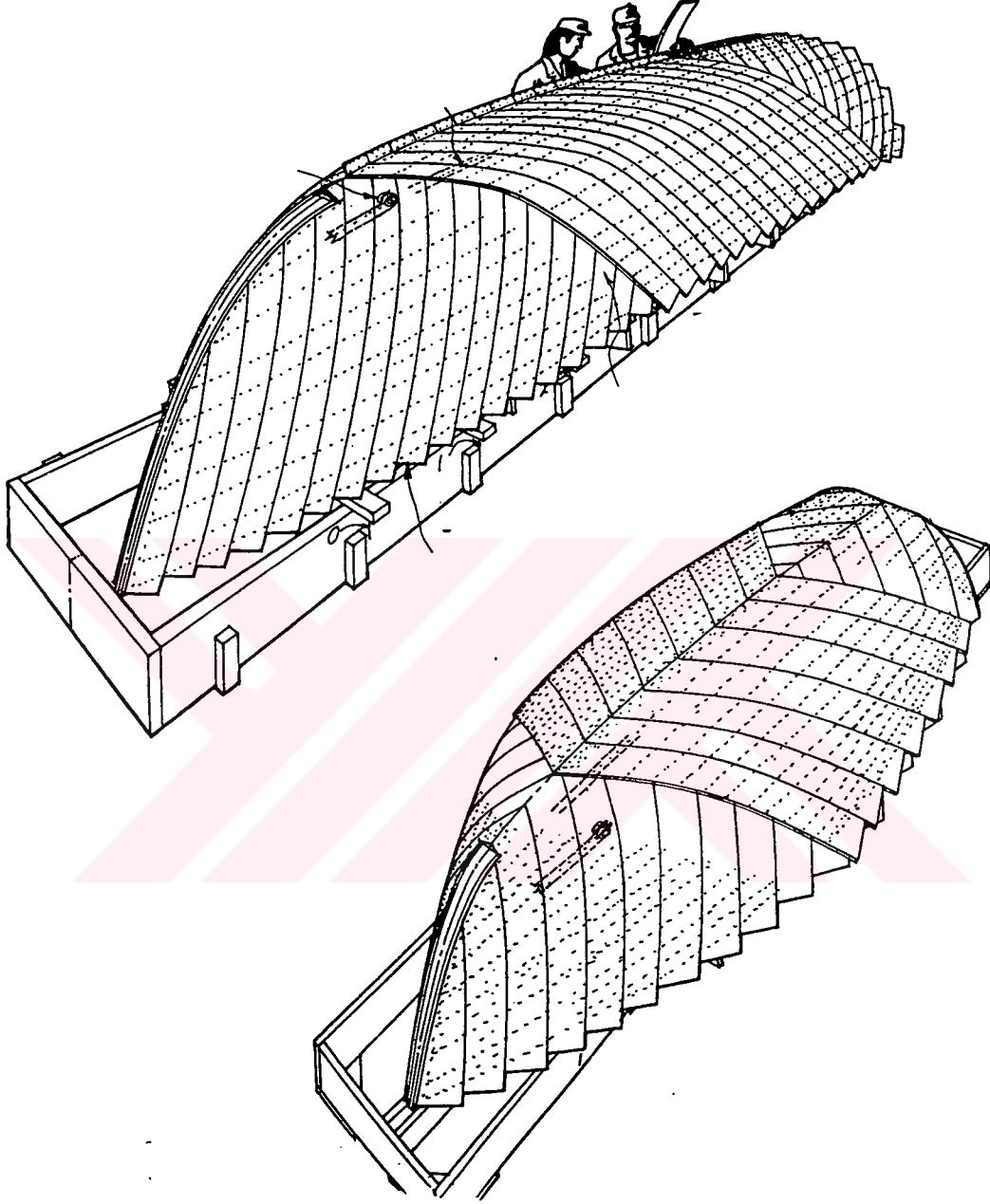
Şekil 3.1.9. Lamine inşaat yönteminde ilk kat ahşap tahtaların çakılması



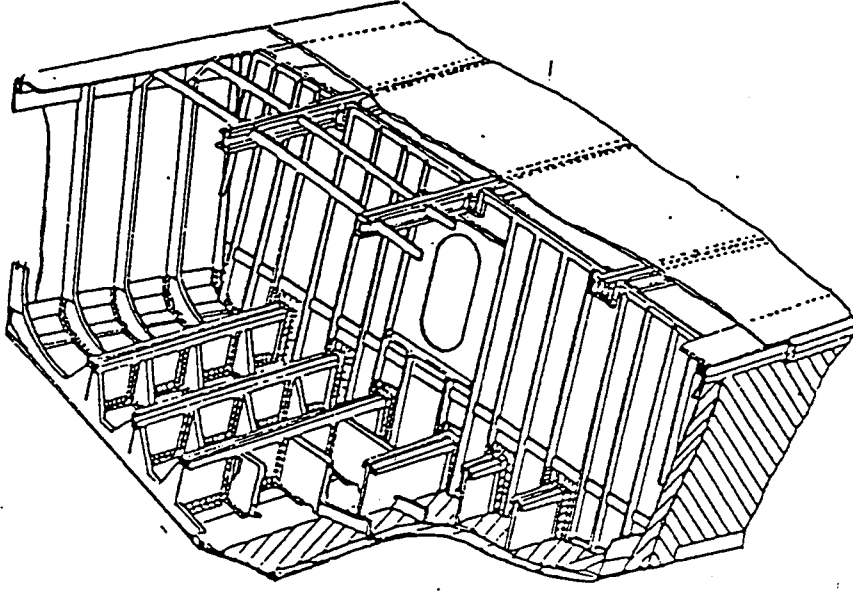
Şekil 3.1.10. Lamine kaplama öncesi montajın son hali



Şekil 3.1.11. İlk kat lamine kaplama anı



Şekil 3.1.12. İkinci kat lamine ahşap kaplanması



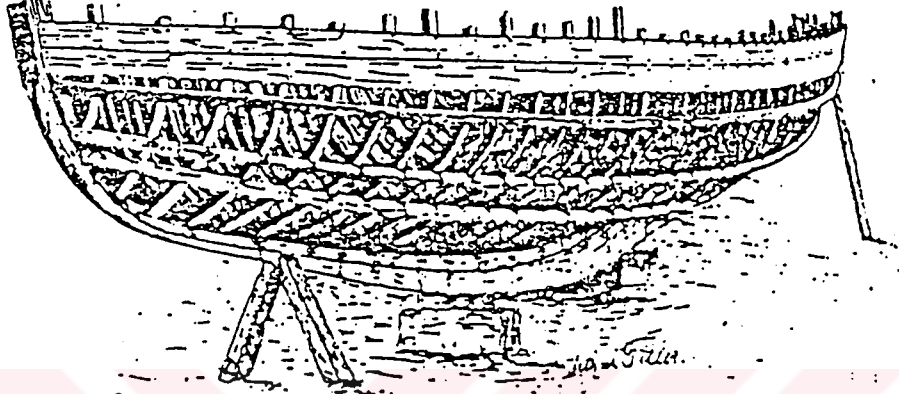
Şekil 3.1.13. Ahşap tekne inşaatında kullanılan yardımcı iç elemanlar

Yuvarlak teknelerde dış kaplamada, bir üst sıranın bir alt sıra üzerine bir yanından bindirilerek, kiremit sistemine benzeyen ve bindirme sistem (klinker) adını alan, bir kaplama sistemide uygulanır. Genellikle basma postalarda daha çok uygulanan bu sistemde, bindirme armuz üzerinde iki ağaç kaplama birbirine bakır perçinle bağlanır. Alt sıranın armuz altında kalan bindirme kenarında forma uygun bir kертme yapılır. Bu sistemde yapı daha mukavemetli bir yapı olur. Ancak işçiliği güçtür.

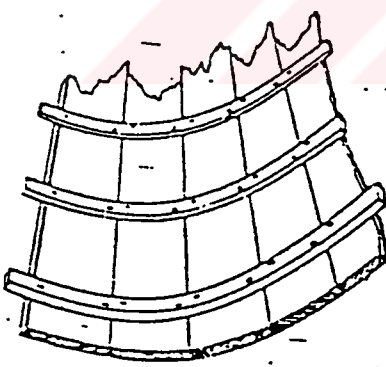
Şekil 3.1.14 ve 3.1.2. kesme posta sistemli yuvarlak tekneyi, Şekil 3.1.15. ve 3.1.17. basma posta sistemli bir yuvarlak teknenin kaplama ve posta işçilik resimlerini göstermektedir. Şekil 3.1.16. ise bir bindirme sisteminde uygulanan işçiliği göstermektedir.

Ağaç tekne inşaatının çelik tekneye oranla mukavemeti azdır. Çok kalın ağaçlar kullanılarak mukavemet arttırılabilir. Ancak ağırlık artacak ve işçilik güçleşecektir. Bugün ahşap tekne inşaatında çok az rastlanılmaktadır. Bunun yanında iyi kalite ağaç ve

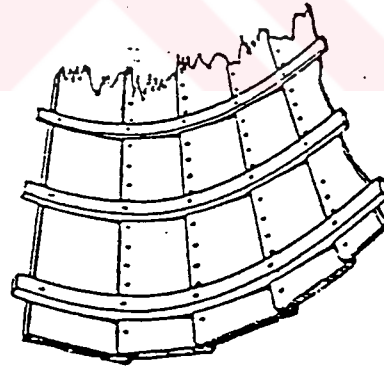
iyi işçilikle yapılan ağaç teknelerin iyi bakım ile uzun ömürlü ve estetik görünümlü oldukları bilinmektedir.



Şekil 31.14. Kesme yöntemiyle ahşap tekne inşaatı dış görünüşü

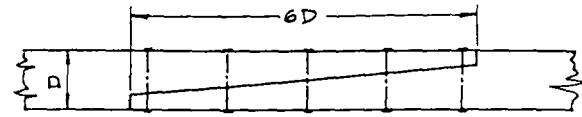
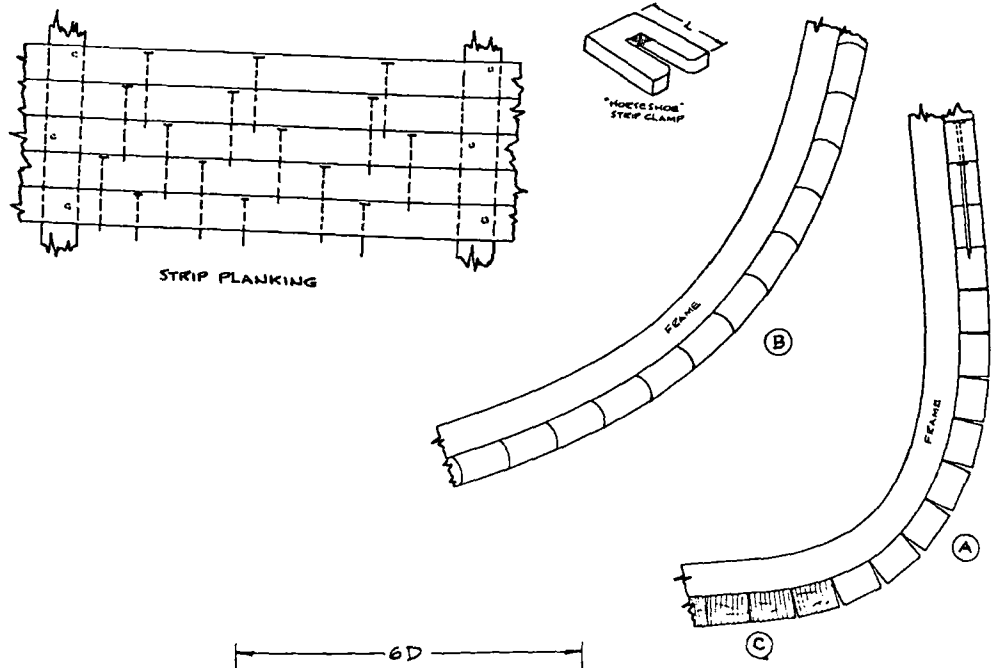


Şekil 3.1.15. Tahtaların küt bindirilmesi



Şekil 3.1.16. Üst üste bindirme

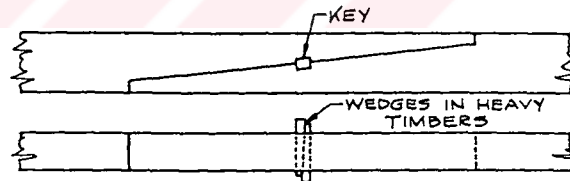
Motorbot yapımında gelişmiş bazı ülkelerde, özellikle Amerika ve İtalya 'da tik ağacından tüm ana gövdenin yapıldığı ve tekne kaplaması üzerinin polyester boyalar kullanılarak bir plastik kaplama ile sarıldığı görülmektedir. Bu teknelerde üst yapılar



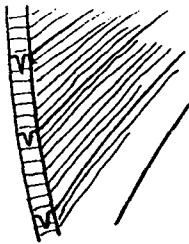
A. PLAIN SCARPH



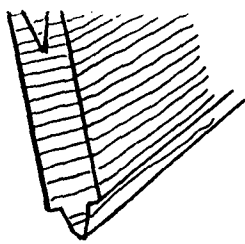
B. HOOK SCARPH



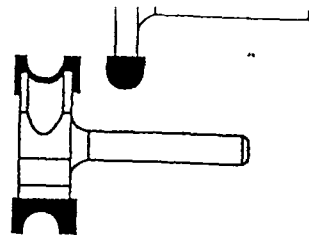
C. KEY SCARPH



A



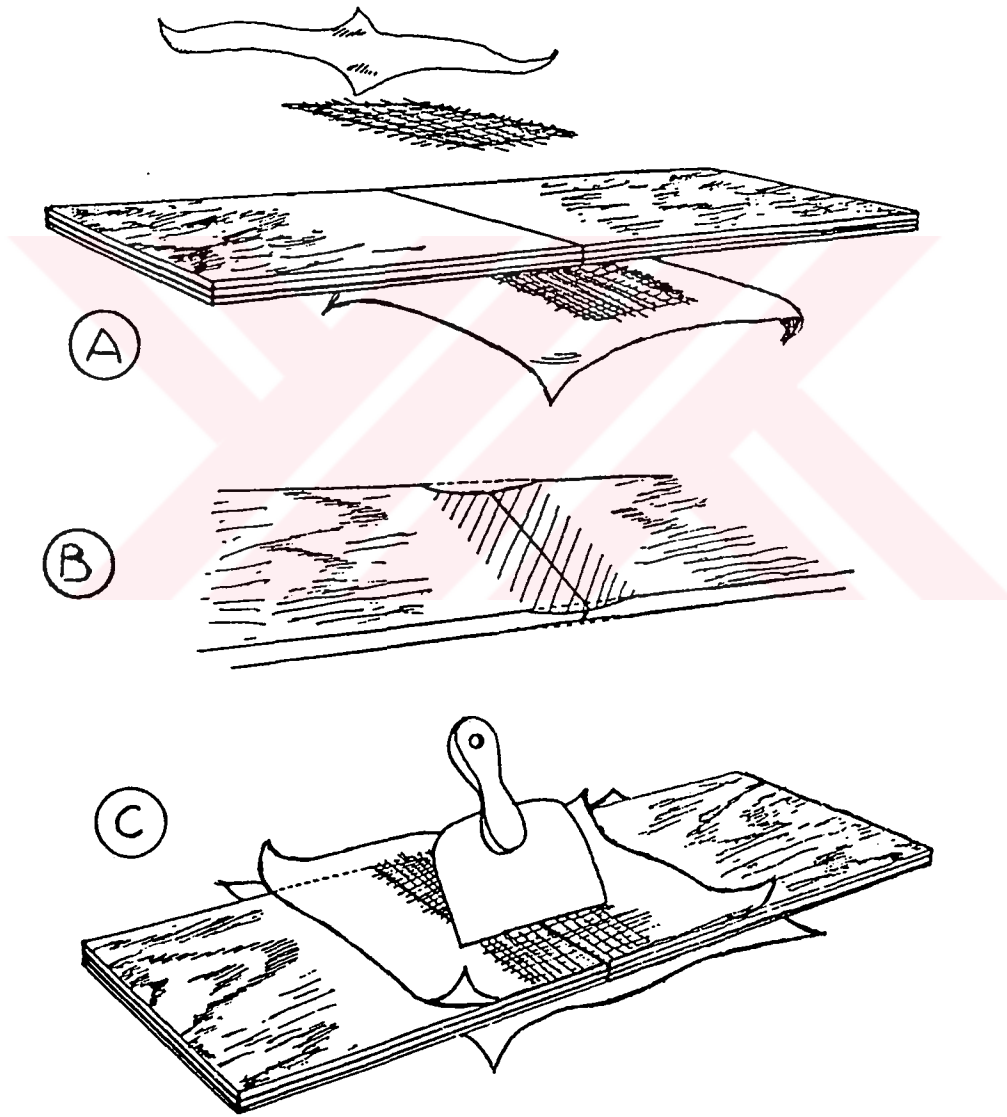
B



Şekil 3.1.17. Ahşap bindirme yöntemleri

Fiberglass olarak yapılmakta ve güverte tik ağacı ile kaplanarak ağaç vernik sürülmeden çıplak bırakılmaktadır.

Denize dayanıklı ve yeterli mukavemetli kalın kontraplak, iç yapı yeterince mukavim olmak koşulu ile, özellikle köşeli teknelerde, borda ve dip kaplama ve tüm ağaç teknelerde güverte kaplaması olarak kullanılabilir.



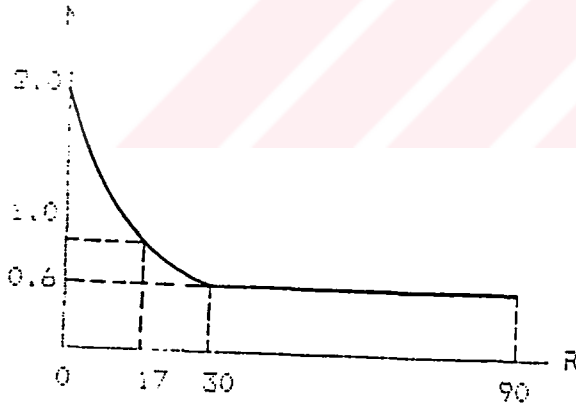
Şekil 3.1.18. Kontraplak plakaların birleştirme yöntemleri

Ahşaptan yük gemisi yapımı artık bırakılmışsa da bazı ülkelerde, küçük ahşap balıkçı tekneleri yapılmaktadır. Bu teknelerin inşaat sistemleri, yukarıda özetlenen şekillerde olmakla beraber daha kaba malzeme ve daha kaba işçilikle oluşur.

3.1.3.1. Rutubet Etkisi :

Yaşayan tüm ağaçlar atmosfer basıncı ile dengeli olacak şekilde su geçirirler. Ağaçta nem iki şekilde bulunur : Hücre boşlukları içindeki serbest su ve hücre duvarları içindeki hidroskobik nem. Ağaç kesildiğinde ağacın neminde azalma başlar. İlk olarak hücre boşlukları içindeki serbest suda azalma olur. Çoğu türlerde serbest su tamamen kaybolmaktadır.

Yapılan deneylerde ağaç bünyesinde %25 oranında nem kaldığı gözlenmiştir. Hücre içindeki nem miktarı azaldıkça, hücre duvarları kurumaya, sertleşmeye ve küçülmeye başlar. Ağacın kuruluğu arttıkça mukavemeti artar. Ancak nemlilik oranının %30 'u geçmesi halinde mukavemet sabit kalmaktadır.



$$R = \frac{G_Y - G_K}{G_K * 100}$$

G_Y : Yaş ağırlık

G_K : Kuru ağırlık

Şekilde verilen diyagramda ordinat -genel olarak türü ne olursa olsun- mukavemeti, absis ise nemlilik derecesini göstermektedir.

Nem miktarı ağacın yerleştiği yerdeki atmosferin sıcaklığına ve nemine bağlıdır. Yapılan bir deneyde ortam sıcaklığı 183 °C ve nem oranı %50 tutulduğunda, ağaçtaki nem oranı %8 olduğu gözlenmiştir.

3.1.3.2. Rötre Etkisi :

Rötre etkisi ahşapta çok önemlidir. Rötre, nemlilik derecesi azalan ahşapta boyutların küçülmesi olarak tanımlanabilir. Bu da şişme diye adlandırılır. Her iki olayda sadece nemlilik derecesi %30 ve daha aşağı olan ahşapta görülür. Boy değişimleri ile buna neden olan nemlilik derecesi arasındaki ilişki lineerdir.

Nemlilik derecesi %1 artmasına karşıt olan birim boy değıştirmesine Rötre Katsayısı denir. Liflere paralel doğrultudaki X_1 , yıllık halkalara dik doğrultudaki X_2 , yıllık halkalar teğet doğrultudaki X_3 , olarak gösterilirse, çam sınıfı ahşap için bunların ortalama değeri şöyledir.

$$X_1 = \%0.01$$

$$X_2 = \%0.12$$

$$X_3 = \%0.44$$

Meşe ve kayın için bu değerler :

$$X_1 = \%0.01$$

$$X_2 = \%0.20$$

$$X_3 = \%0.40$$

şeklindedir.

3.1.3.3. Ağaç Katılığı :

Katılık, tekne inşaatında çok önemli bir parametredir. Yapının katılığı çeşitli yüklemeler altında daha az çökme oluşmasını sağlar. Ağaç doğal özelliklerinden dolayı oldukça üstün bir katılık yeteneğine sahiptir. Ağacın katılık potansiyelini, tekne inşaatında kullanılan diğer mühendislik malzemeleri ile karşılaştırdığımızda, Grafit fiber, epoksi ağaç türleri ile rekabet edebilmektedir. Fakat fiyat açısından ağaca göre çok pahalı olduğundan ağacın yanında hiçte ekonomik sayılmaz.

Eğilme deneyi yapılan örneklerin her biri 25 gr ağırlığındadır ve boyutları 610x13x1 mm'dir. t kalınlığı malzemenin özgül ağırlığına göre değişmektedir.

Tablo 3.1.2. Bazı malzemelerle mukavemet karşılaştırılması

Malzeme	Çekme Miktarı		Özgöl Ağırlık (gr/cm ³)
	200 gr. ağı.	500 gr. ağı.	
Fiberglass	25.4	Kırılma	1.52
Polyester			
Alüminyum	24.1	Kırılma	2.20
Grafit			
Fiber Epoksi	4.3	10.2	1.54
Dişbudak	4.3	10.2	0.64
Çam	2.1	4.6	0.36
Sedir	1.7	4.1	0.31

3.1.3.4. Ahşap Mukavemeti :

Ağaç, diğer malzemeler yanında daha çeşitli türlere sahip olduğundan, mekanik özellikleri daha geniş bir alana yayılmıştır. Kullanım alanındaki bu uygunluk, tasarımcıya ağacın kullanılmasıyla ilgili olarak çeşitli kolaylıklar sağlar. Örneğin: ağacın düşük yoğunluklu türleri, esnekliğin gerektirdiği kiriş ve kaplamalarda, yüksek yoğunluklu türleri ise yüksek mukavemet gerektiren gerilme altındaki düzlem kabuklarda ya da yük altında bulunan konstrüksiyon elemanlarında kullanılır.

Ağacın diğer tekne inşa malzemeleriyle karşılaştırılması aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.1.3.

Malzeme	Köknar	Çelik	Alüminyum	CTP
Özgöl ağırlık (gr/cm ³)	0,52	7,8	2,7	1,9
Basma gerilmesi (kg/cm ²)	528	791,7	2.744	1.900
Çekme gerilmesi (kg/cm ²)	718	10.767	3.723	2.623
Elastisite modülü (kg/cm ²)	140.000	2,1 E6	100.000	5 E6

3.1.3.5. Kurtlanma ve Mantarlanma :

Bir inşaat malzemesinde aranan en önemli özellik mukavemet, ve uzun ömürdür. Ağacın, taşıma ve yüke dayanımı iyi olmasına rağmen, mantarlanma ve kurtlanma dayanımı zayıftır. Ağacın bu dayanımını arttırmak için yağlı koruyucular kullanılır. Yağlı koruyucular nemden etkilenmez ve de suda çözünmezler. Ağacın gözeneklerini tıkamadan zehirleme yaparlar. Yağlı koruyucuların üzerine boya, vernik gibi katman yapan koruyucular sürülebilir. Koruyucuların ağaca sürülmesinde çeşitli yöntemler uygulanır. Fırça ile sürülüp, tabanca ile püskürtülebilir. Ancak bu yöntemle koruyucu sıvı, ağacın derinliklerine kadar inemez.

Koruyucu sıvının ağacın derinliklerine kadar inebilmesi için, kısa daldırma, uzun daldırma ve basınçlı içirme gibi yöntemler vardır. Kısa daldırma işleminde, ağaç koruyucu sıvı içerisine daldırılarak bir dakika kadar bekletilir. Koruyucunun etkinliği süreye bağlı olduğundan bu yöntem basit işlerde kullanılır. Uzun daldırma işleminde, koruyucu sıvı büyük bidonlara konularak ağaç tamamen daldırılır ve bekletilir. Bekleme süresi birkaç saatten bir güne kadar uzatılabilir. Koruyucu sıvının ısıtılması halinde etki derinliği artar.

Basınçlı içirme yönteminde ağaçlar koruyucu sıvı ile birlikte kapatılan bir kazana konur. Kazana basınçlı hava verilir. Başlangıçta ağacın içindeki havanın basıncı, kazanın içindeki havanın basıncından düşüktür. Basınç farkından dolayı koruyucu sıvının ağacın içine doğru ilerlemesi kolaylaşır. Böylece koruyucu sıvı ağacın bütün derinliğine işler.

3.1.3.6. Ağaç Teknelerin Boyanması :

Teknenin boyanmasından önce kalafat işlerinin yapılması, yüzeylerin yeter derecede pürüzlerden arındırılması ve macunlanması esastır. Boyamaya, macunlar kuruduktan sonra başlanır. İyi cins boya kullanılmalıdır. Boyanın ilk katı, ağaca nüfuz edebilecek özellikte olmalıdır. Karınaya ise, kirlenmeye engel olacak zehirli boya sürülmelidir. Geminin muhtelif kısımlarındaki çelik malzemeler galvanizli değilse iki kat boya ile boyanmalıdır.

3.1.4. Ağaç ve Epoksi :

Tamamlanmış teknelerdeki tahta yüzeyler, atmosferle temas halindedirler. Bu yüzden tahta yüzeyler reçine ile yalıtılarak, nem ve oksijen hapsedilir. Böylece tahta liflerindeki mantarların büyümesi önlenir. Tahta kurutulmalı ve nem oranı %12'nin altında olacak şekilde saklanmalıdır. (Yani tahdadaki su, tek başına tahtanın ağırlığının %12'si veya daha azı olmalıdır.)

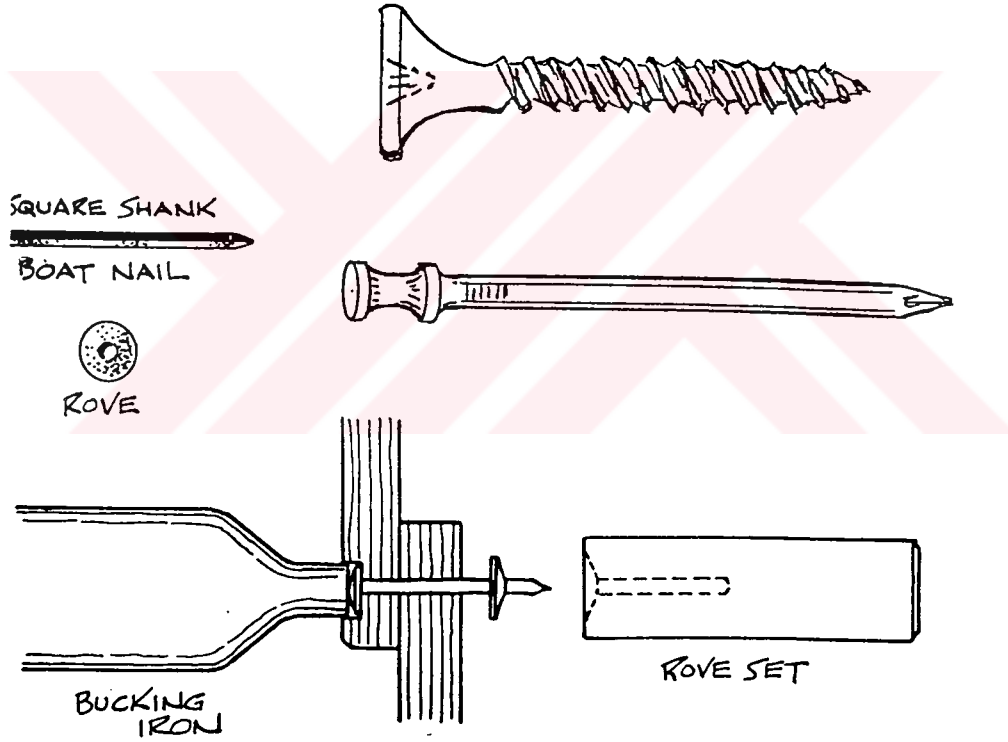
Organik bir malzeme olan ağaç, ısı, nem ve organizmalar gibi dış etkenlerden kolaylıkla ve fazlaca etkilenmektedir. Gözenekli yapıya sahip olan ağacın ortamdaki nemi absorbe etmesinin önlenmesi, ağacın dış etkenlerden olan etkilenmelerinden izole edilmesini sağlayacaktır. Epoksi malzeme, uygulandığı kuru ağaç dokusu tarafından absorbe edilmeye başlandığında, yapısı gereği donma sürecinin kısılğından, dokunun gözeneklerini donarak tıkaması ve de ilk kat uygulamasından sonra uygulanacak diğer kat epoksiler, ağacın absorbe etme özelliğini kaldırarak ağacın nem oranını denge halinde tutacaktır. Ayrıca epoksi malzeme, ağaç malzemenin yüzey sertliğini arttırarak malzemenin aşınmaya ve zedelenmeye karşı olan direncini arttırır.

Epoksi yapıştırıcılarla uğraşırken, kullanırken üreticilerin talimatlarına kesinlikle uyulması gerekir. Epoksilerin zehirlenme özellikleri gün geçtikçe azalmasına karşın hala önlem almak gerektirmektedir. Epoksiye maruz kalabilecek deriye koruyucu krem sürülmeli ve tek kullanımlık cerrah eldiveni giyilmelidir. Deriye bulaşmış reçineyi çıkartmak için çözücü kullanılmamalıdır. Çünkü mevcut tabakayı kurutarak durumu daha kötüleştirir. Epoksi üreticileri bu amaç için bir çözüm sunar veya önerebilir. Elbiseye sıçramış reçine deriye bulaşmadan önce bir çözücü ile çıkarılmalıdır. En iyisi bu kimyasal maddelerle uğraşırken eski (gereksiz) bir önlük giyilmesidir.

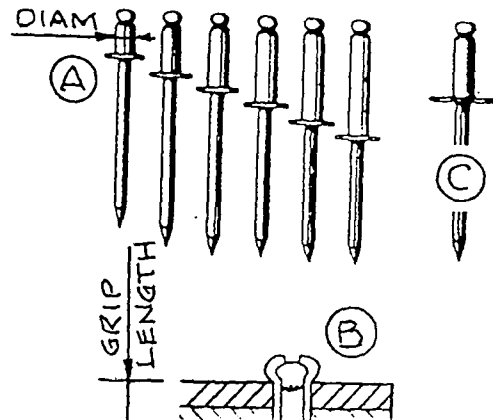
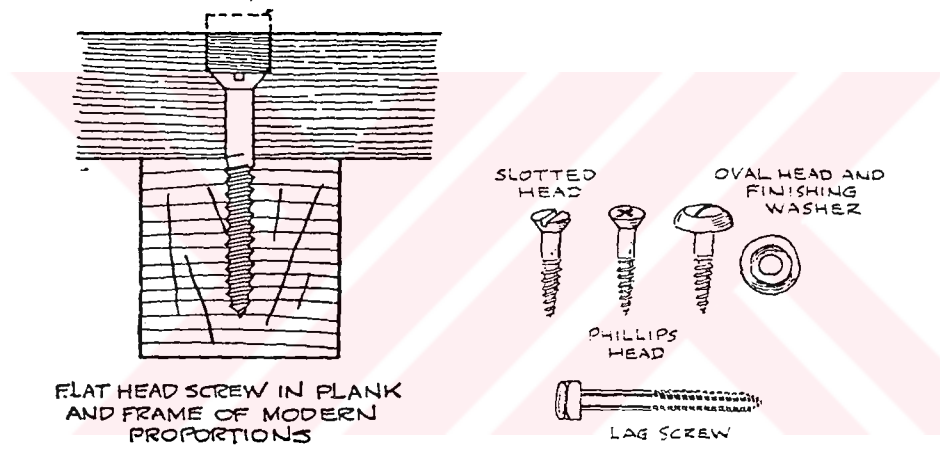
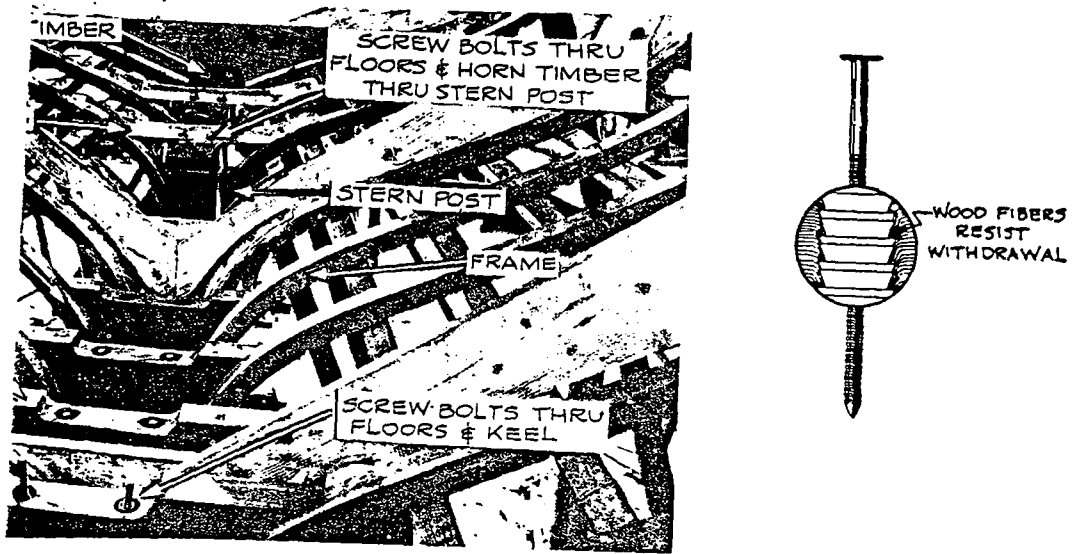
Atölye, uygulama ve polimerleşme esnasındaki dumanı uzaklaştırmak için yeterli havalandırmaya sahip olmalıdır. Bu tekne içlerinde iki kat geçerlidir ve fan yada herhangi bir .makina ile hava değişimi sağlanmalıdır.

3.1.5. Çiviler ve Vidalar :

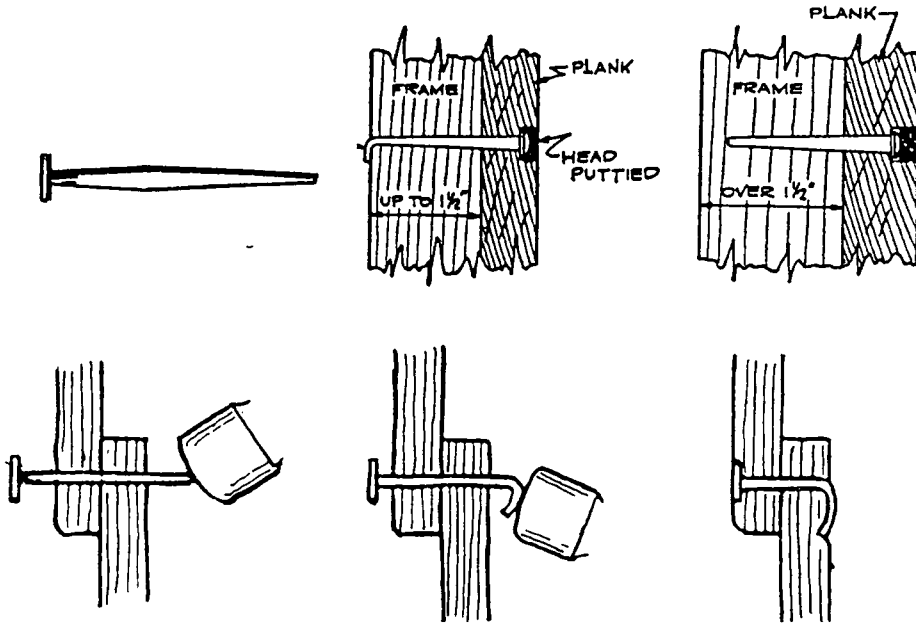
Yapının sürekli parçası haline gelen tespit malzemeleri tahta vidaları, makina vidaları, etrafına diş açılmış çubuklar, civata ve somunlardır. Bunlar Bronz, Monel veya sıcak daldırılmalı galvaniz çeliktir. Paslanmaz çelik eğer tuzlu suyla sürekli temastaysa paslanır ama, sudan uzakta mükemmeldir.



Şekil 3.1.19. Vida ve çivi çeşitleri



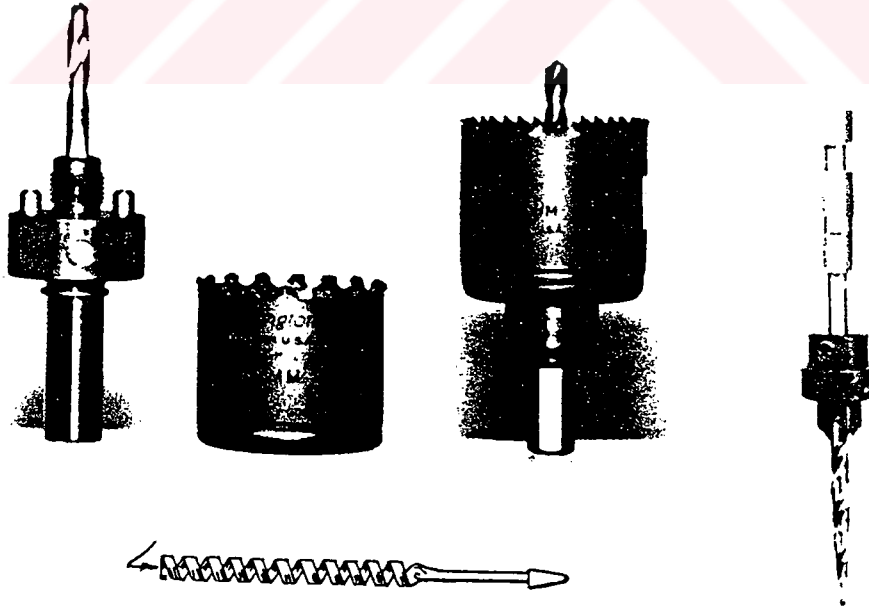
Şekil 3.1.20. Çivili ve vidalı montaj tipleri



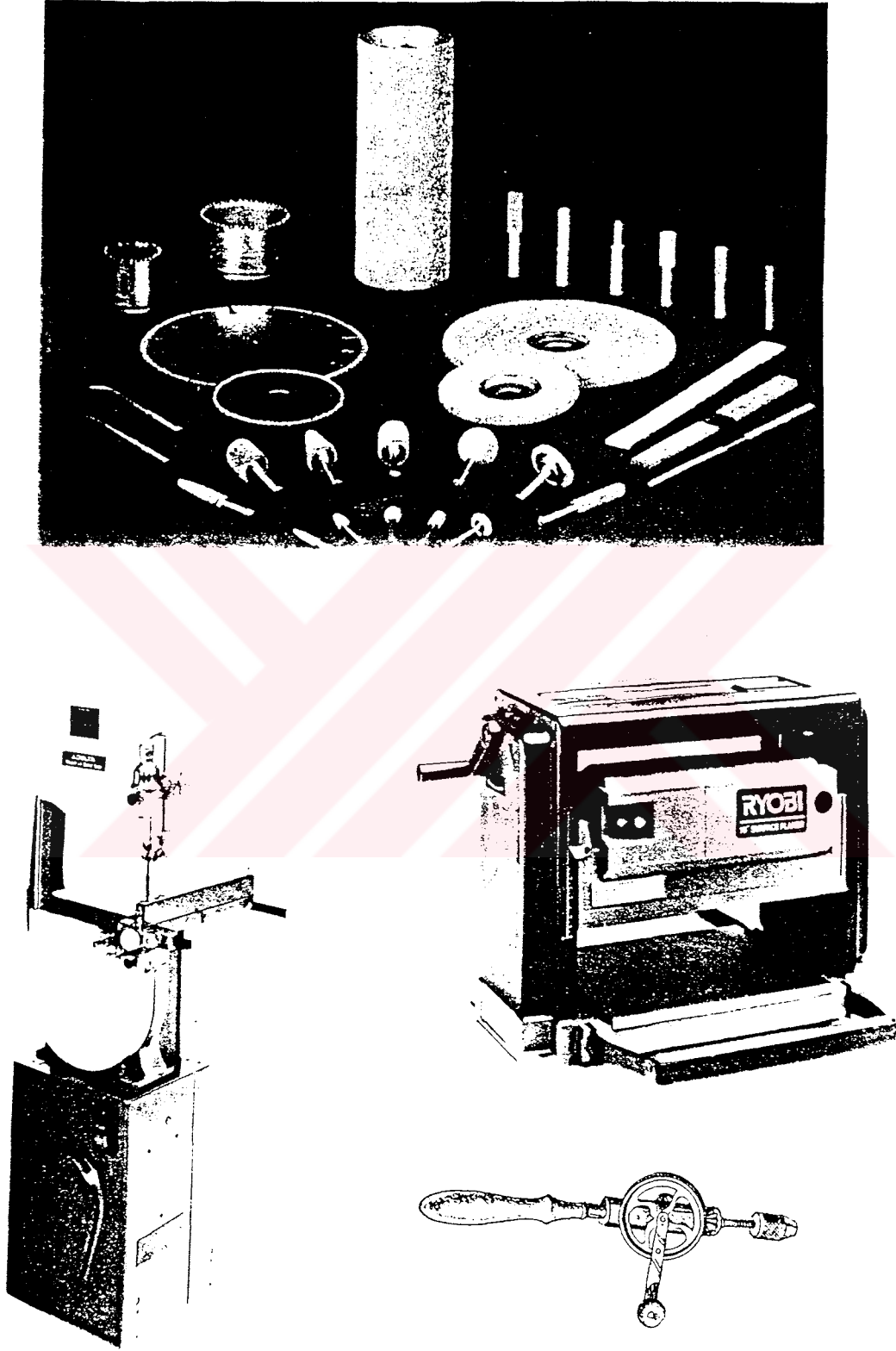
Şekil 3.1.21. Çivili montaj tipleri

3.1.6. Kullanılan Aletler :

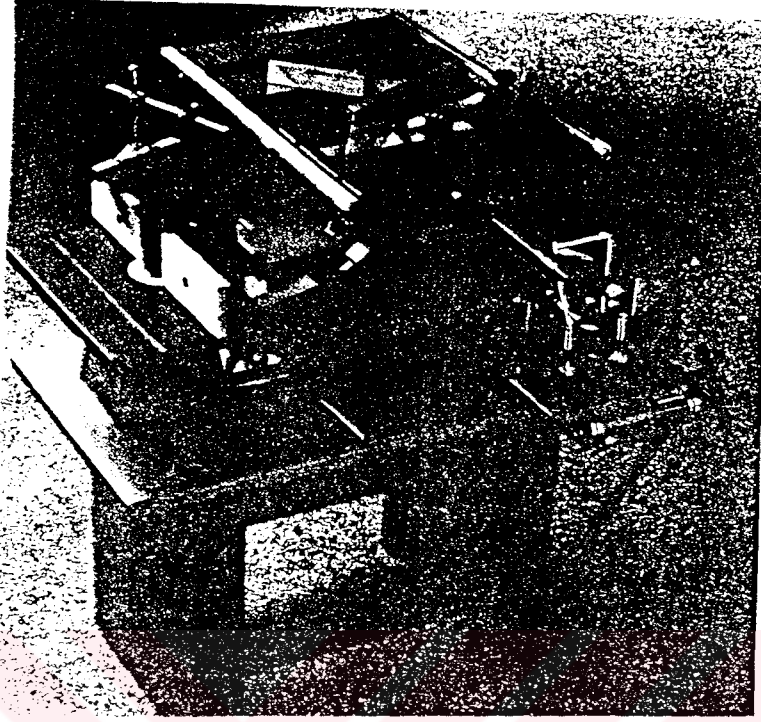
Ahşap tekne inşaatında kullanılan el ve elektrikli aletler aşağıdaki resimlerde görüldüğü gibidir.



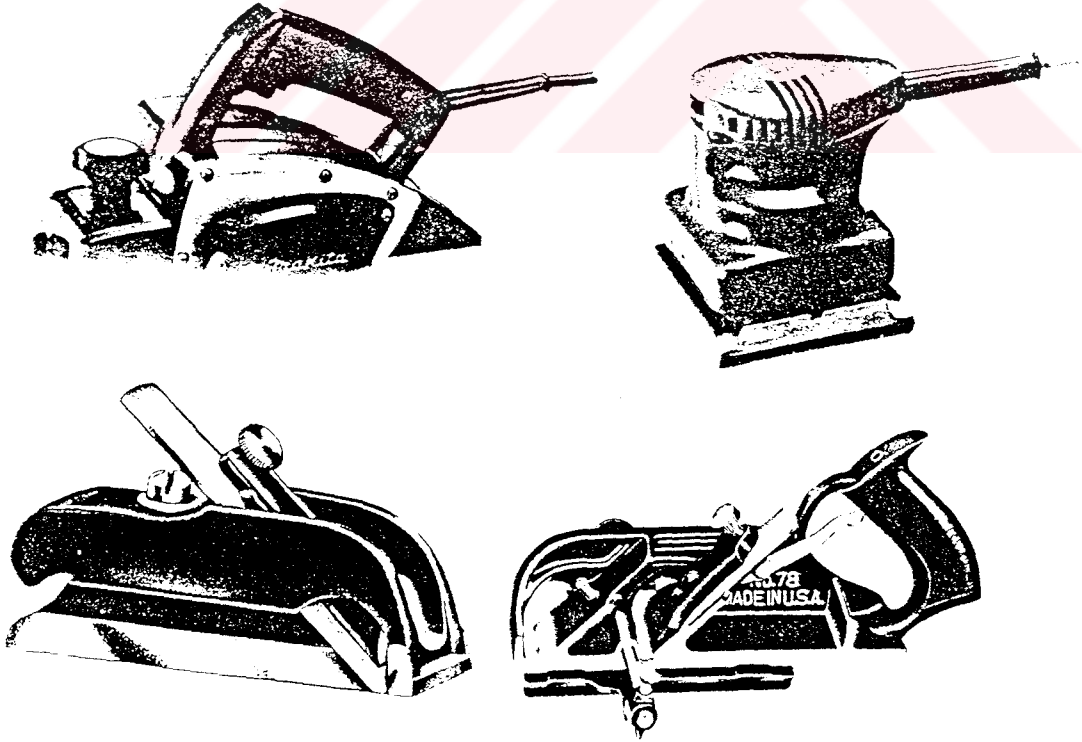
Şekil 3.1.22. Delik açıcılar



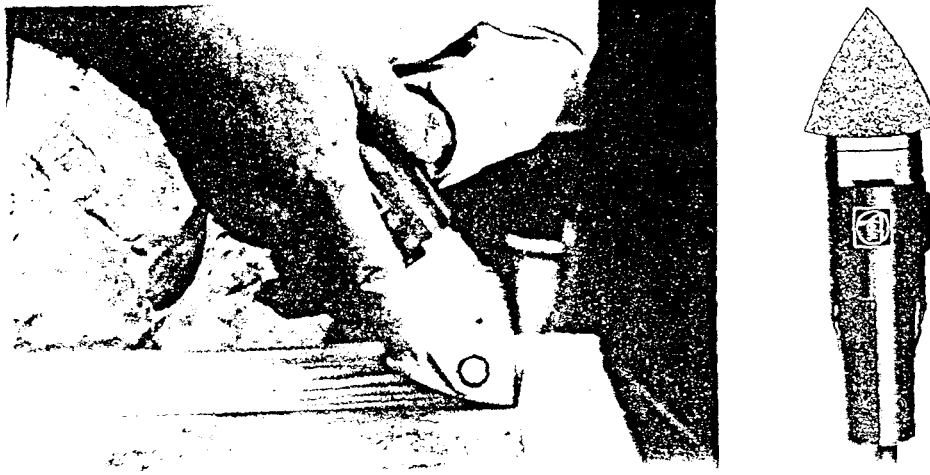
Şekil 3.1.23. Çeşitli ahşap işleme aletleri



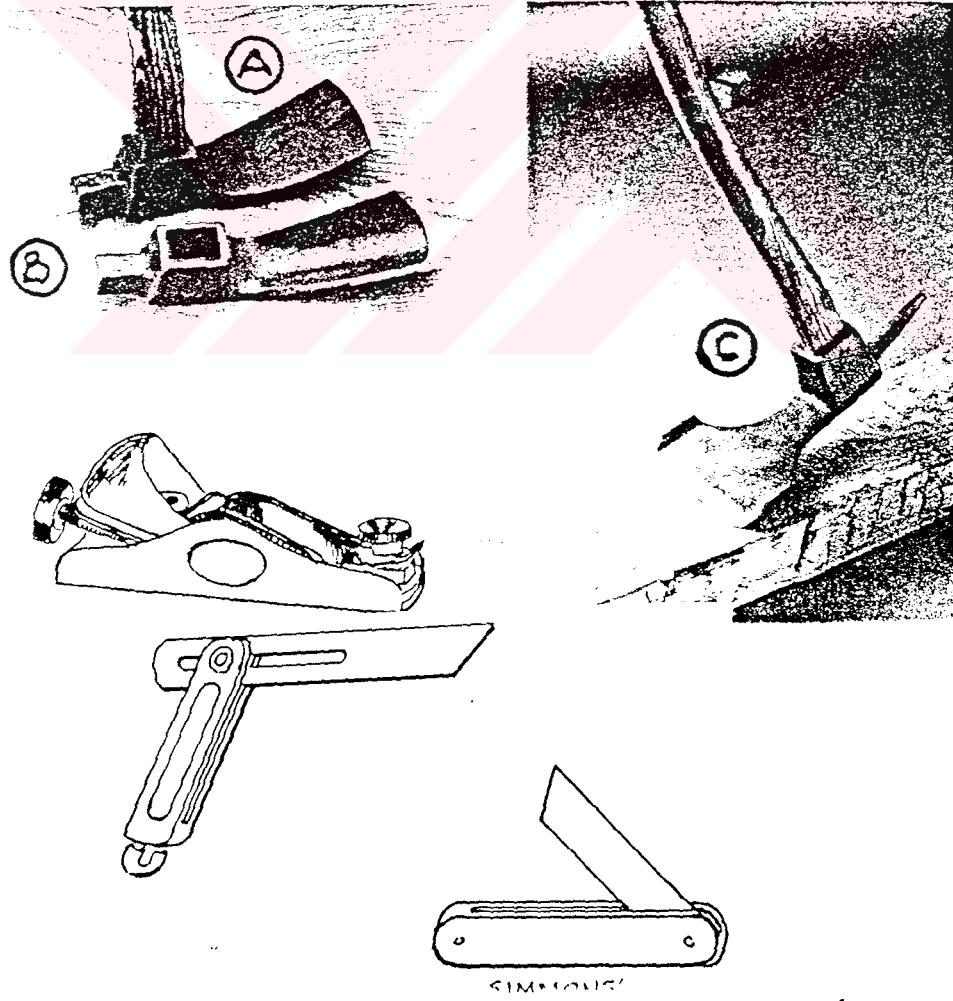
Şekil 3.1.24. Üniversal hızar tezgahı



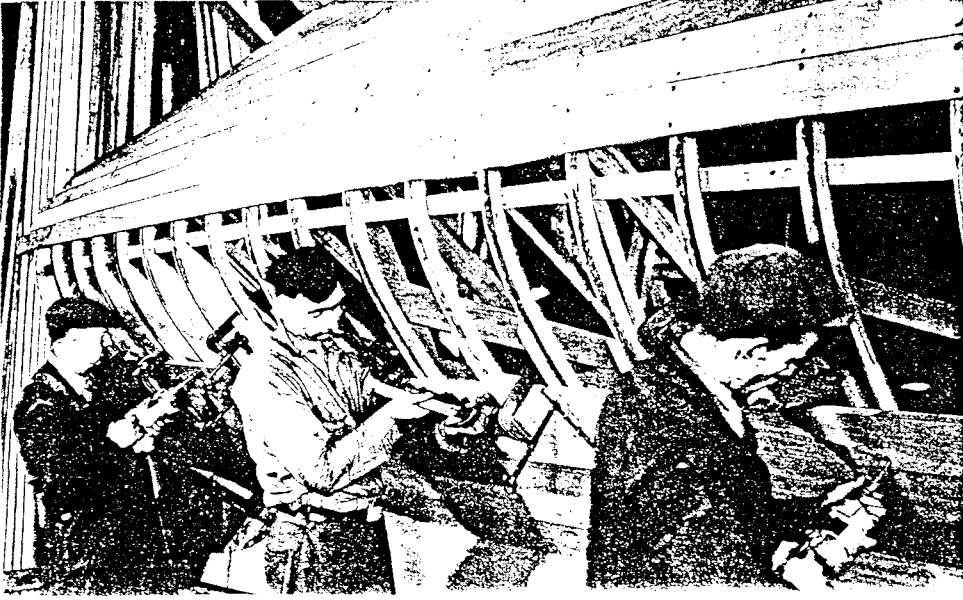
Şekil 3.1.25. Rendeler ve zımparalar



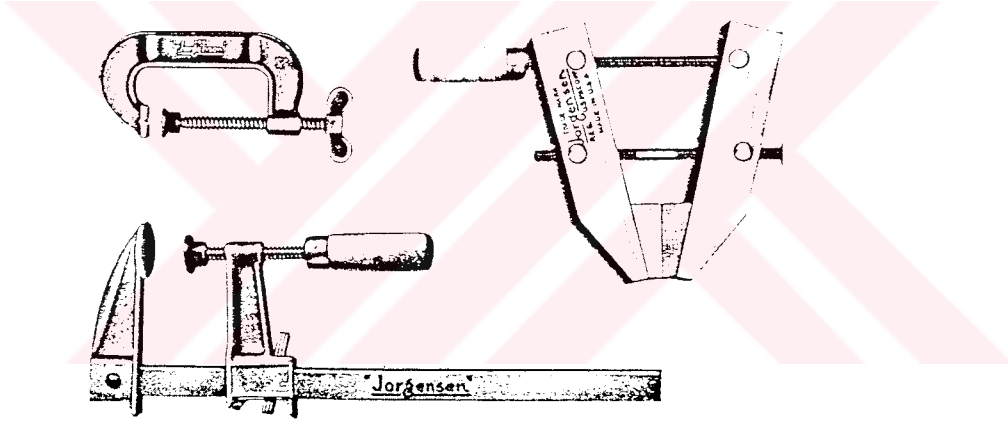
Şekil 3.1.26. Köşe rendesi



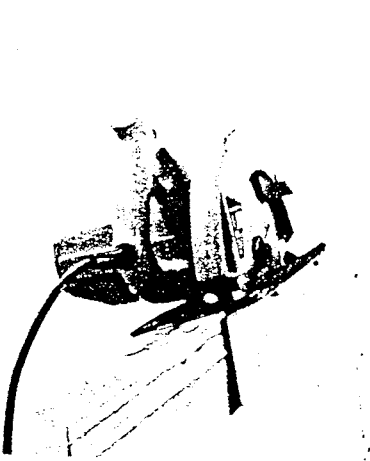
Şekil 3.1.27. Kertme balraları, el rendesi ve ayarlı gönyeler



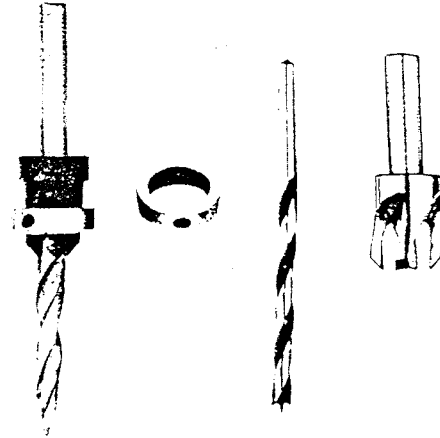
Şekil 3.1.28. Kaplama montajı anı



Şekil 3.1.29. İşkenceler (Mengeneler)



Şekil 3.1.30. Dekopaj



Şekil 3.1.31. Matkap uçları

3.1.7. Deniz Kontraplağı :

Kontrplak uçak ve tekne yapımında önemli bir malzemedir. Bu makalenin amacı uçak ve denizcilik kontrplağının öğrencilere, tasarımcılara, satınalmacılara, satış görevlilerine, marangozlara ve kontrplakla ilgilenen diğer kişilere özel uygulamalarda levha yapım gereksinimlerini karşılayacağını göstermektir. Ahşabı ve kontrplağı işlenmiş maddelerin en ön sırasında tutan sebepler çok ve oldukça değişiktir. Sese, sıcağa, soğuğa ve elektriğe karşı iyi yalıtım özellikleri vardır. Titreşimi emer , dağıtır ve aynı zamanda iyi şok direncine sahiptir. Suda yüzer ve çok kolay şekillenip, tamir edilir. Tekrar modellenir veya değiştirilir. Fonksiyonel ve estetik amaçlar için diğer maddelerle birleştirilebilir. Tahtanın en önemli özelliklerinden biri kuvvet/ağırlık oranının yüksek olması ve yapı bileşeni olarak performansdır.

Ağaçlar botanik olarak iki bölüme ayrılır. Sert tahtalar (Angiosperms) ve yumuşak tahtalar (Gymnosperms). Bu kapsamlı sınıflandırma kerestenin gerçek sertlik ve yumuşaklığını göstermez. Örneğin bazı sert tahtalar, yumuşak tahtalardan daha yumuşak olabilirler. Douglas Fir (Douglas köknarı), karaçam, ladin, Baldcypress, çam ve sedar denizcilikte ve uçak uygulamalarında kullanılan ana yumuşak tahta türleridir. (Bu türler kozalaklı ağaçlardan türemiştir) Estetik olarak hoş görüntülü tanecikli , örgü ve renk sağlayan çeşitli sert tahtalar mevcuttur. Fakat uçak ve gemi uygulamalarında özgün özelliklerin etkisi veya fiziksel-mekanik özellikler göz önüne alınmalıdır. Mukavemet ağırlıkla veya tahtanın özgül ağırlığıyla yakından ilişkilidir.

Herhangi bir tasarımda akılda bulundurulması gereken şey tahtanın doğal lif yapısına göre değişik yönlerde çok çeşitli mekanik özellikleri olduğudur. Lif yapısı boyunca çekme mukavemeti, aynı yöndeki sıkıştırma mukavemetinin 3 veya 5 katıdır : lif yapısı boyunca çekme çekme mukavemeti, lif yapısına dik çekme mukavemetinin 20 veya daha fazla katı olabilir. Aynı şekilde elastiklik modülü de tahtanın cinsine bağlı olarak suyuna elastiklik modülü, sokrasına (lif yapısına dik yön)elastiklik modülünün 15 ile 75 katı arasındadır. Tahtanın dez avantajları onun çapraz lif yapısındaki zayıflığında nem tutması ve bu nemi bırakmasıyla oluşan kalınlık değişimelerindedir. O yüzden parça tahtanın lifin her yöndeki tam mukavemetini geliştirecek oranını bulmak

çok zordur Lif boyunca olan yüksek mukavemet özelliğinin kullanıldığı yerler kirişler ve postalardır. Daha büyük yapı elemanları çekme ve sıkışmadan ziyade yırtılmaya karşı daha zayıftır. Çapraz kontrplak laminasyon tekniği bağımsız katmanların yanal hareketlerini kontrol ederek, tipik yassı yüzey uygulamalarındaki lif yapısına dik olarak olan bozulmanın ve tahtanın dağılmasını önler. Genelde kontrplağın mukavemeti lif yapısına paralel olarak yüklenmiş tahta parçası kadar büyük değildir. Fakat lif yapısına dik olarak yüklenmiş tahtadan oldukça sağlamdır. Yapıştırıcıların varlığı da özellikle ince kaplama kullanıldığında kontrplağın mukavemetine etki eder. Üretim sırasında levha parçası basınca maruz kaldığında yapıştırıcı, kaplama liflerine girer ve tahta ve yapıştırıcıdan oluşan katmanlar oluşturur. Bu bileşen her iki sinden de daha sıkıdır.

Kaplama, 0.3 mm'den 8 mm'ye değişen aralıkta sabit kalınlıkta dikkatlice kesilmiş ince bir tabaka tahtadır. Bu yapıştırılmadan önce uniform düşük nem oranına ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Dönerek kesilen kaplama, kütüğün tornaya merkezlenip kesici bıçağa karşı döndürülerek sürekli bir tabaka elde edilmesi ile olur. Dilimli kaplama kütüğün merkezine paralel uzun şeritler biçiminde kesilir. Yassı kesim, yuvarlak kesim, yarı yuvarlak, techiz kesimi ve çeyrek dilimli kesim metodlarının her biri tahtanın lifleri ve doğal yapısıyla değişik görüntü etkileri sağlarlar. Kaplama sanatının tarihçesi eski Mısır'a kadar dayanır. Fakat 1905'e kadar ticari olarak üretilmemiştir. 1934'te suya dayanıklı yapıştırıcıların mükemmelleşmesi ile kontrplakta yapıştırıcı bağıını sürekli ıslanma ve kurumaya veya aşırı kötü hava koşullarına rağmen koruması sağlanmıştır.

Kontrplak, göreceli ince tahta tabakalarının çapraz lamine olarak bir araya gelmesiyle oluşur. Kontrpla aynı zamanda kaplamanın kereste ve/veya kompozit malzemeye kombinasyonunun uygun bir yapıştırıcıyla tutkallanmasıyla oluşur. Levha kenarının, paralel ve dik iki yönündeki özelliklerin daha da eşit olmasını sağlamak üzere tek tek sayıdaki tahta lifleri , komşu tabakaya dik açı olacak şekilde yerleştirilir. Belirli bir levha kalınlığı için nekadar çok sayıda tabaka kullanılırsa, homojen özelliklere o kadar yaklaşılr. Fakat katman sayısının artmasıyla eğilme mukavemetinin

(kopma modülü) ve sertliğin (elastisite modülü) yüzey liflerine dik yönde artışı aynı zamanda yüzey liflerine paralel yönde azalmayı da getirir.

Kontrplağın çekme mukavemetini teknik uygulamalarda göz önüne aldığımızda, genellikle liflere dik olan çekme mukavemeti ihmal edilir. Herhangi bir kontrplak levhanın mekanik özelliklerini değişik kaplama katmanlarının kalitesine, kalınlıklarına, levhaya yerleştirilme sırasına, kullanılan yapıştırıcıya ve bükme işlemi sırasında yapıştırma ortamının kontrolüne bağlıdır.

Dış katlara “yüz” veya “ön ve arka”, orta kata “çekirdek” denir; ön ve arka yüzün hemen altındaki katlar çapraz bantlar, geri kalan katlar da genelde iç katmanlar diye adlandırılır. Bir levhadaki katmanların sayısı, kalınlığı tanecikliliği ve türleri belli bir kritere yada “endüstri/devlet” standardına uymak üzere değiştirilebilir. Örneğin yapı için kullanılan levhaların katmanlarında çeşitli boy ve dağılımlarda budak, budak deliği, çatallar ve duvar, çatı, taban kaplaması gibi özel uygulamalarda gerekli mukavemet değerlerinde en az etkisi olacak deforme , büyüme özellikleri olabilir. Bu çeşit kaplamanın uçak veya gemi kontrplağında kullanılması mümkün değildir. Çünkü gerekli levha özelliklerinin eğilme mukavemeti ve katılık değerlerini önemli ölçüde azaltırlar.

Katı bağlantılı ara katmanlar, denizcilikte kullanılan levhalarda çok önemlidir. Böylece çözülmeye yol açan nemi biriktiren aşırı boşlukları önler ve tekne kullanımdayken oluşan yüklere karşı gelişmiş koruma sağlar. Kontrplak levha kalitesi genelde ön ve arka yüzeyde kullanılan kaplamanın kalitesiyle sınıflandırılır. Örneğin A-A, A-B vs. gibi. Kaplama kalitesi kaplama görünüşünün doğal tamir edilmemiş büyüme özelliği ve büyüme sırasında izin verilen sayı ebatla yapılan tamirata göre tanımlanır. Yumuşak ve sert tahta üreticilerinin kullandığı yapıştırıcılar farklı olabilir. Yine de herbiri, yapıştırılan kaplamanın fiber yapısından daha kuvvetlidir. Yüksek mukavemet ve dayanıklılık gerektiren lamine levhalarda genelde sıcak pres (baskı) tekniği kullanılır ; sıcaklık ve basınç bileşimi ısı ile oluşan tip reçine birleştiricisini kalıcı olarak, tahatayı tahtaya veya bileşiğe kaynatır. Havacılık ve deniz kontrplakçılığında

yıllardan beri sistematik olarak test edilen durum , dış yüzeyler için yapıştırıcı bağlantılarının, havaya mikroorganizmalara donmuş ve kaynayan suya , buhara ve kuru ısıcağa karşı oldukça dayanıklı yaptığıdır.

Havacılık kontrplağı, yüksek kaliteli teknik özellikli yassı levhadır. Uygulanabilir ürün standartları (BS 2V.35, BS 6V.3, GLI, GLII, MIL-P-6070) tahtanın türü çekirdek ve yüz kaplamalarının kalitesi, levha üretimi ve dış tip tutkal birleştirilmesi için sıkı zounluluklar ortaya koymuştur. Birçok tür kabuledilebilir olsa da ticari pazarda mevcut ilk ağaç türü yüksek yoğunluklu kayın ağacı ve orta yoğunluklu Afrika Maun ağacıdır. Yerli levhalar (ABD için) sertlik için genelde ara katmanları düşük yoğunluklu kavak ağacı veya ıhlamur ağacından yapılırken, ithal levhaların hem yüzleri hem ara katmaları iyi bükülme özellikleri sağlaması amacıyla anı türden yapılır. Sert tahta kaplaması dönerek kesmeli veya dilimlemeli olabilirken, yumuşak tahta kaplaması havacılık özel isteklerini karşılamak üzere çeyrek dilimli olmak zorundadır Uygulama standartlarında tanecik kalitesi ve bağımsız katmanların izin verilebilir kalınlığı, simetrik üretimde liflerin yönü ve levha kalınlığı toleransları detaylı şekilde belirtilmiştir. Yüksek yoğunluklu kayın ağacı levhaları yaklaşık olarak orta yoğunluklu maun ağacında %30 daha yüksek mukavemet sağlarken, %35’de daha yüksek ağırlık faktörüne sahiptir. Standart 90⁰ yerleştirilmiş hava kontrplağının yanında özel uygulama için burulmaya maruz kalan yerlerde 45⁰ açıyla yerleştirilmiş kontrplaklarda vardır.

Tekne kontrplağı; gerilme, sıkışms, yırtılma, levha boyu eğme direnci, darbe direnci, bükülme, sıkı tutma ve doğal dayanıklılık gibi tasarım özelliklerinin genelde önemli olduğu uygulamalarda kullanılan yüksek kaliteli dış yüzey yassı levhadır. Tekne yapımcılarınca tekne kaplamasında, güvertede, bölme duvarında ve kabin içlerinde kullanılır. Tekne kontrplağı, aynı zamanda yüksek kaliteli yapı levhası gerektiren diğer birçok endüstri ve müşteri uygulamalarında kullanılır.

İthal levhalarda uygulanabilir ürün standartları PS1-95 Par 5.6.1 MIL-p-18066 ve BS1088’dir. Katı B kalitesi veya daha iyi ara katmanlı (açık bozukluklara izin verilmeyen) tekne kontrplağı için sadece en iyi kaplamaların (baskın olarak öz odun)

seçimi ve kullanımı şarttır. Bütün katlar eşit dayanıklılık ve dirençte olmalıdır. Ara katmanlar iki veya daha çok kaplama içerdiğinde kenarlar düzgün ve kare olmalıdır, üstüste gelmemelidir. Boşluk ve kenar çatlakları 3.2 mm.(PS1-95) veya 0.5 mm.(BS1088)'yi geçmemelidir ve kenar boşluk ve çatlaklarında dolgu, doldurucu, tıpa . fitil veya diğer gizleme metodlarına izin verilmez. Şerit uçlarını birleştirmek veya içerde raptiye yasaktır. Bir katı oluşturan kaplama ve merkez yüzeye karşılık gelen kat aynı kalınlıkta ve benzer fiziksel karakteristiklere sahip türden olmalıdır. Monte edilmiş kaplamalar, levha onarımları, kertik ek yerleri ve üstüste binmeler dış(suya dayanıklı) WBP yapıştırıcısıyla tutturulmalıdır.

Yerli yumuşak tahta kategorisinde, yalnızca sahildeki Douglas köknarı ve karaçam türleri, 1220 mm x 2440 mm (4'x 8') yüzeyde (MIL-P-18066'da 8) dokuz tek tamirle veya diğer boyutlarda orantılı bir tamir sayısıyla A kalitesi bir yüzey için uygundur. Douglas köknarı ve karaçam orta derecede dayanıklı ve bükülmelerde mükemmel uzun lif mukavemeti sağlayan ağaçlar olarak sınıflandırılmıştır.Esas ithal sert tahta tekne kontrplak ağaç türleri Shorea(Meranti,Lauan) Tik ağacı Asya ve Okyanusyadan ; Okaume (Gabon), Khaya, Sipo/utile ve Sapele Afrikanın tropik ormanlarından.Sert tahta yüz kaplamaları dönerek kesilmeli veya dilimli olabilir, açık hatalar ve sınırlı sayıda küçük düğümlerden fazla (30 cm2 de 6'dan fazla) düğüm olmamalıdır.

Çürümeye dayanıklı Tik (Tectona grandis), güverte için yoğunlukla kullanılır ve dokunulduğunda yağlı bir his verir. Tik zamanla siyaha dönen soluk sarı-kahverengiden, koyu zengin bir kahverengi' ye kadar değişik renklere sahiptir. Meranti(Endonezya, Malezya) ve Lauan(Filipin), Shorea ağacının birbirine yakın iki türdür ve renkleri açıktan kırmızımsı kahverengiye kadar değişir. Orta derece dayanıklıdır. Daha sıkı ve anlık yüklere daha dirençli olmakla beraber, Honduras ve Afrika Maunu'na benzer direnç özellikler gösterir. Okoune (Garbon) ağacının tekrarlayan deseni, soluk pembemsi kahverengi rengi ve yüksek parlaklığı vardır. Orta derecede hafif ve iyi bükme özellikleri ile daha çok yarış sınıfı yapımcılarınca kullanılır. Cilada özel dikkat gereksinimi, çürümeye karşı düşük direncinden dolayıdır. Okoume

epoksi solüsyonlarını çok iyi kabul eder. Khaya (İvorensis) orta derecede dayanıklı. kırmızımsı, kahverengi, sert tahtalı iç içe geçmeli lifleri vardır. Mekanik özellikleri Honduras Maun'una yakından benzer. Geleneksel olarak hakikş Afrika Maun'u diye tanınır. A.B.D.'de Sipo/Utile dayanıklı maun tipi olarak sert kapalı desen liflerine ve koyu kırmızımsı, kahverengi renge sahiptir. Sertlik ve darbe direncinde Afrika Maun'unu geçer. Sapele orta derecede dayanıklı maun tipli, daha iyi desenlidir. Khaya veya Sipo'ya göre mekanik özellikleri genelde Beyaz Meşeye göre daha yüksektir. Parlak kırmızımsi kahverengi rengiyle iyi görünür.

Bir levha kenarlarından vidalandığında, vida yerlerinden kuvvete maruz kalır. Daha çok sayıda katman dağılmaya karşı daha dayanıklıdır. Kontrplağı cilalarken, boya üreticisinin tavsiye ettiği ana ve son katların ilişkili olarak kullanılması gerekir. Olası nem hasarını önlemek için her zaman kör ve açık panel kenarlarını kapatmak gerekir. Kontrplak ; çürüme mantarından, zararlı böceklerden veya denizin zararlı etkilerinden kimyasal tahta koruyucuları kullanılmalıdır. Bu maddenin etkenliği, uygulamada tahtaya nüfuz etme başarısı ve sonrasındaki yenilemelere bağlıdır. İşlem görmüş tahta tatmin edici şekilde yapıştırılabilir, yinede özel işlem yada kimyasal maddelerin. yapıştırıcı sürmeden önce temizlenmesi gerekir.

Kontrplak düz yassı bir malzeme olsada, önemli direnç kaybı olamadan bükülebilmesi yararlığını artırır. Kontrplak nominal yarıçapa bükülüp, tutkal, çivi, vida ve diğer birleştiricilerle bu şekilde tutulabilir. Yassı bir parça kontrplağın bükülebilme miktarı, nem oranı, lif yönü, katların miktarı ve kalınlığı, cinsi ve bükme tekniği gibi çeşitli özelliklere bağlıdır. Kontrplak büküldüğünde konveks yüzey gerilme, konkav yüzey ise sıkışma kuvveti altında kalır. Levhalar ortalama kıvrımda kuru olarak işlenir fakat çoğu uygulama için soğuk ıslatma, kaynar su veya buharla ıslatma gibi plastikleştirme işlemlerine tabi tutulur. Maksimum bükme için ıslak levha ısıtılmış Mondrel (yaklaşık 300F) aşamalar halinde bükülür. Bükülmeden önce ıslatılmış veya buharlanmış levhalar ortalama %50 daha esnektir. Katkılı kıvrımalı bükme çok sınırlıdır çünkü deformasyon sıkışmayla veya yırtılmayla olur ve kontrplak çekilemez. Kontrplak levha kalınlığı ve ortalama bükme yarıçapı arasındaki ilişki üzerine çok sınırlı bilgi

vardır. Bazı bükme koşullarında 5 katlı kontrplak, aynı kalınlıktaki 3 katlı malzemeye göre kırılmalara karşı daha az hassastır. Yüz kaplamasının kalınlığı bükmede önemli bir faktördür. Kritik bükmelerde sıklıkla iki veya daha çok katmanlı daha ince levhalar kullanılır. Nadiren bir levha çok uzun yarıçaplarda bile, tahta yapısından dolayı (kısa lif) veya tamirat gören kısımlarından dolayı kırılabilir.

Özel amaçlar için (ör; tekne kaplaması, rüzgar tüneli duvarları, çok büyük ilanlar) gereken daha büyük levhalar uç uca veya kenarlar 1'e 8'den daha büyük olmayan eğimler dış tip bir yapıştırıcıyla eklenerek yapılır. Çok büyük boyuttaki levhalar büyük alanları tek bir panel bütünlük içindeki mukavemeti ile daha az tutturma ve çerçeve elemanı kullanarak kapatarak çalışma zamanından tasarruf ederler. Geçmeli kontrplak levhalar yapı amaçlı olup, dekoratif uygulamalarda kullanılmaz, çünkü birleşme yerinde lif ve renklerin birbirini tutmamasından ötürü düzensiz bir görünüş vardır.

Halen üretilen kontrplak üretiminde hatırı sayılır çeşitlemeler vardır; örgü, değişik kaplama türleri ve kalınlıkları, kalite, dönmeli kesmeli veya dilimli, tutkal, v.b. Ayrıca dünya üzerinde kontrplağın mukavemetini denemek için çok sayıda test metodu olduğundan bu çalışmada bıçak ve tekne kontrplağının mekanik özelliklerini içeren bir tablo verilmemiştir. Tasarım amacıyla, eğer türün mukavemeti, kalınlığı ve şekli arasında basit bir bağıntı elde edilebilirse, kontrplak levhanın tahmini ortalama mukavemeti tahta ana mukavemet değerlerinden hesaplanabilir. Tekne yapımı ve benzer uygulamalarda kullanılan ağaç türlerinin ana özellikleri türlerin sabit %12 nem oranında karşılaştırabilmeleri için ekte gösterilmiştir. Tasarım amacıyla daha detaylı bilgi için, bu çalışma sonunda yeralan yayınlara göz atılmalıdır.

3.1.8. Ağacın Avantajları :

Ağacın tekne inşaatı malzemesi olarak kullanılması, bazı avantajlarının olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak bu avantajlar şöyle sıralanabilir :

- Diğer tekne malzemelerine oranla inşaatı daha kolay ve daha ucuzdur. Özellikle balıkçı tekneleri ve kısa seyir yarıçapları olan yük gemileri (çekirtmeler) gibi küçük sayılabilecek teknelerde, ek bir avantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Doğal görünümü nedeniyle diğer malzemeler oranla daha estetikdir. Kimyasal maddelerin pek çoğundan zarar görmez. Çevresinde doğal bir dengede bulunur.
- Hafif bir malzemedir, işçiliği kolaydır.
- Önemli alet ve makinalara ihtiyaç duyulmadan hazırlanabilir.
- Taşıyıcı malzeme olarak kullanıldığı yerlerde, kendi ağırlığının az olması sebebiyle mesnetlerinde oluşan tepkiler daha azdır.

Mühendislik açısından ağacın en önemli avantajı hafifliği ve katılığıdır.

Tablo 3.1.4. Çeşitli ağaçların kullanıldıkları yerler ve özellikleri

Ağaç Türleri	Köknar	Sedir	Kara çam	Çıralı Çam	Beyaz Meşe	Meşe	Çam	Tik
Dayanıklılık	C	B	C	C	B	B	D	A
Emme Kabiliyeti	c	c	c	b	d	d	c	D
Omurga, bodoslama	-	-	-	-	II	II	-	I
Kıç	-	-	-	-	II	II	-	I
Sintine Stringeri	III	-	II	-	II	-	III	I
Döşekler	-	-	-	-	II	II	-	I
Kesme Postaları	-	-	II	-	II	II	-	I
Su altında	III	-	II	I	II	II	III	I
Su üstünde	III	-	III	II	II	-	III	I
Güverte Kaplaması	II	II	-	II	-	-	III	I
Kemereler	II	-	II	II	II	II	III	I
Düşey Braket	-	-	II	-	II	II	-	-
Yatay Braket	-	-	II	-	I	I	-	-

Semboller :

Mukavemet A: Çok dayanıklı B: Dayanıklı C: Orta dayanıklı D: Dayanıksız

Koruyucu Maddeleri emebilme b : Yüksek c : orta d: Düşük

Kullanım için uygunluk I: Çok uygun, II: Orta uygun, III : Nadiren Uygun

Tablo 3.1.5. Çeşitli ağaçların teknik özellikleri

Ağaç Türleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Balsa	0.17	204	0.40	-	127	7	21.1	3.3	45.45
Kayın	0.53	584	0.105	0.45	238	30.3	77.4	30.3	54
Sedir	0.42	450	0.080	0.25	215	24.6	59.1	23.2	30.9
	0.44	781	0.100	0.29	444	43.6	79.5	25.3	40.8
Bey. Sedir	0.31	457	0.056	0.13	288	21.8	59.8	16.9	22.5
Kır. Sedir	0.32	528	0.078	0.16	321	32.4	69.7	15.5	24.6
Kök nar	0.48	872	0.137	0.27	509	56.3	79.5	23.9	49.9
Ceviz	0.72	1407	0.152	0.71	648	123.9	171.1	-	-
Maun	0.45	654	0.090	0.26	317	-	92.2	-	49.2
Çam	0.51	900	0.126	0.29	502	55.6	97.8	33	48.6
İğ.yap.Çam	0.59	1820	0.139	0.33	596	67.6	106.3	33	61.2
Beyaz Çam	0.35	605	0.087	0.19	338	30.9	63.3	21	26.7
Tik	0.63	900	0.112	0.28	500	-	104.1	-	72.5

1: Özgül Ağırlık

2: Statik eğilmede kırılmaya mukavemet

3: Statik eğilmede elastisite modülü

4: Statik eğilmede max. eğilmede şekil değişimi (gr/cm^3)

5: Ağaç damarlarına paralel basınçta eğilmeye mukavemet (kg/cm^2)

6: Ağaç damarlarına dik basınçta eğilmeye mukavemet (kg/cm^2)

7: Ağaç damarlarına dik basınçta damarlara paralel kesme gerilmesi (kg/cm^2)

8: Ağaç damarlarına dik yüklemde damar sonundaki yüzey sertliği (kg)

9: Ağaç damarlarına paralel yüklemde damar sonundaki yüzey sertliği (kg)

3.1.9. Ağacın Dezavantajları :

- Ahşap su alınca şişer, kuruyunca büzülür. Her iki durumda da mukavemetinde azalma olur.
- Bazı bitkisel ve hayvansal zararlılar ahşabı tahrip eder. Her çeşit mukavemetin azalmasına neden olur.
- Ahşap anizotrop bir malzemedir. Yani mekanik özellikleri her doğrultuda aynı değildir. Dolayısıyla mukavemeti de lif doğrultusuna bağlı olarak önemli ölçüde değişir.

Örneğin Çam 'ın liflere paralel doğrultuda basma gerilmesi 300 kg/ cm^2 iken liflere dik doğrultuda basma oranı 60 kg/ cm^2 dir. Bu nedenledir ki ahşap bir konstrüksiyon elemanının, lifler dik doğrultudamı yoksa paralel doğrultudamı çalıştığının belirtilmesi gerekir. Buna karşın avantajları olarak;

- Günümüzde küçük tekneler hariç. Gemi inşaatında ana malzeme olarak ahşap kullanılmaz. Büyük gemi inşaatında ağaç ancak mefruşat, dekorasyon, ambar gibi ikinci plandaki yerlerde kullanılmaktadır. Oysa bundan yüzyıllar öncesine kadar ağaç, tekne inşaatının tek malzemesiydi. Dünya savaşları sırasında meydana gelen krizlerde, çelik fabrikaları ihtiyacı karşılayacak kadar malzeme üretememiş ayrıca manyetik olmaması nedeniyle ağaç, özellikle mayın arama tarama gemilerinde tekne inşaat malzemesi olarak öncelikli kullanılmıştır. Ancak buda pek uzun sürmemiştir.
- Ağaç dünya üzerinde en çok buluna bir kaynaktır ve mukavemeti sanıldığı kadar kötü değildir. Eğer bir malzemenin mukavemetinin özgül ağırlığına oranı özgül mukavemeti dersek ve ağaç ile de bu bakımdan karşılaştırsak, durumun ağaç lehine olduğunu görürüz. İyi bir cins Çam'ın mukavemet/özgül ağırlık oranı 24.000 iken, eşit mukavemeti veren çelik için bu 7600'dür. Eğilmeye karşı mukavemeti aynı olan ağaç ve demiri ağırlık bakımından karşılaştırsak ağacın %15 daha hafif olduğunu görürüz.

Bu güne kadar ahşap tekne inşaatında oldukça değişik yöntemler kullanılmıştır. Eskiden kaplama sistemleri çok değişik ve bugünkünden çok farklıydı. Aynı gemide düşey, yatay ve diyagonal kaplamalar birlikte kullanılırdı. Büyük gemilerde posta araları 150 cm'ye kadar çıkar. Birçok halde büyük tulani eleman kullanılmazdı.



3.2.ÇELİK :

Gemi inşaatında kullanılan malzeme çok çeşitlidir. Ancak bu malzeme içerisinde, bazı özel tekneler dışında gemilerin çoğunun an ayapısı çeliktir. Genellikle tekne olarak belirtilen küçük gemilerin dışında ticari, askeri ve yolcu taşımacılığında kullanılan başlıca deniz taşıtları olan gemilerin hemen hemen hepsi çeliktir.

Gemi ana malzemesi olan çelik,burada diğer malzemelere göre daha ayrıntılı ele alınacaktır. Onun için önce çeliğin genel olarak yapısı verilecek, daha sonra özele inilerek gemi inşaatında kullanılan çelik malzeme incelenecektir.

3.2.1. Çelik Türleri :

Demir filizinden yüksek fırında elde edilen ham demir (pik demir) genellikle doğrudan doğruya kullanılmaz. Örneğin kupol ocağında tekrar eritilip, gerekli katkıları yapıldıktan sonra istenilen şekli vermek üzere kalıplara dökülür(dökme demir). Ham demirde yaklaşık olarak % 4 ağırlık oranında bulunan karbon, aşağıda açıklanan yöntemler ile % 2'nin altına düşürülerek çelik elde edilir. Çeliği dökme demirden ayıran en önemli özellik (karbon miktarından başka) herhangi bir ek işleme gerek olmaksızın sıcak veya soğuk dövülerek şekil alabilmesidir. Ayrıca çeliğe döküm yoluyla şekil vermekde mümkündür.(Dökme çelik).

Çelik üretimi çeşitli yollardan yapılabilir. Sıvı ham demirdeki Karbon, Manganez ve Silisyum gibi diğer elemanlar, bazik astarlı Thomas (veya asit astarlı Bessemer) konverterlerinin dibinden üflenen havanın oluşturduğu FeO yardımıyla oksitlenerek, büyük ölçüde gaz veya cüruf haline geçer. Eriyikte kalan miktar FeO 'in kısmen olsun giderilebilmesi için Mn ilave edilir. (Deoksidasyon) Kokilde dökülen sıvı çelik katılaşırken, özellikle kalan FeO'in karbonla reaksiyona girip gaz çıkışını kuvvetlendirmesi nedeni ile kaynama olur (sakinleştirilmemiş çelik). Bu durumu önlemek için oksijene ilgileri karbondioksitinkinden daha fazla olan Al ve Si eklenir. (Sakinleştirilmiş çelik) Sakinleştirilmemiş çeliklerde dış kısımda saf demir bölgesi, iç kısımlarda ise fazla miktarda yabancı eleman kümeleşmesi görülür.Böyle çeliklerin

soğuk şekil değiştirmeden sonra yaşlanma ve dolayısı ile gevrekleşme eğilimleri fazladır. Sakinleştirilmiş çeliklerde ise yabancı elemanlar homojen şekilde dağıtılmıştır ve yaşlanma tehlikesi yok denecek kadar azdır. Ancak elde edilen kütüklerin ortasında daha büyük boşluk meydana gelir. Thomas çelikleri, içlerinde fazla miktarda yabancı eleman ve üflenlen havadan gelen azot bulunduğu için (azot özellikle yaşlanma eğilimini artırır) önemsiz işlerde kullanılan ucuz kütle çelikleridir. Konvertelere hava yerine saf oksijen verilerek çeliğin kalitesi yükseltilebilir. Siemens Martin usulünde gerekli oksijen kısmen fırın atmosferinden, kısmen de ham demire eklenen dört cevheri ve paslanmış hurdadan sağlanır. İşlem konvertedekine göre uzun sürer. Fakat çelikte kalan yabancı eleman miktarı Thomas usulündekinden daha azdır. Eğer P ve S miktarlarının herbiri % 0,050'den ise kalite çelikleri % 0,035'den az ise asal çelikler sözkonusudur. Asal çelikler daima sakinleştirilmiş olarak elde edilir. Özellikle yabancı elemanların azlığı ve kimyasal bileşimlerinin kesinliği yönünden çok yüksek kaliteli olmaları istenilen alaşımlı çelikler, elektrik ark veya endüksiyon ocaklarında (genellikle vakum altında) üretilirler.

Çelikler genellikle alaşımlı ve alaşımsız çelikler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Alaşımsız çelikler, bileşimde demir ve karbondan başka aşağıda belirtilen üst sınırları genellikle aşmayan kimyasal elemanlar bulunabilen ve özel amaçlı başka elemanlar içermeyen çeliklerdir. Si: % 0,5; Mn: % 1, Al: % 0,1; Cu: % 0,25; P: % 0,09; S: % 0,06.

3.2.2.Çeliklerin Gösterimi :

Çelik ve dökme demirlerin özellik ve bileşimlerine göre kısa gösterişli TS 1111 de ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Çelikler ergitme şekline göre T (Thomas konverteri), O (Oksijen konverteri) M (Siemens Martin ocağı), E (Elektrik ark ocağı), I (Endüksiyon ocağı) döküm cinsine görede S (Sakinleştirilmiş), Sy (yarı sakinleştirilmiş), K (sakinleştirilmemiş, Kaynar) işaretleriyle belirtilir. Diğer bazı önemli kısa gösterişler şunlardır.

- a) Mekanik özellikleri esas alınan çelikler: Bunlar aynı zamanda ısıtım işlem için öngörölmeyen çeliklerdir. Fe işareline ek olarak minimum çekme dayanımları il tanımlanırlar. Örneğın minimum 42 kgf/mm² çekme dayanımlı sakınleştirilmemiş Siemens-Martin çeliğı M K Fe 42 veya sadece Fe 42 gibi.
- b) Kimyasal bileşimleri esas alınan çelikler: Bunlar aynı zamanda ısıtım işlem için öngörölürler. Kalite veya asıl çelik olabilirler. (S>%0,15, ile otomat çelikleri istisna teşkil ederler.)

Alaşımız çelikler: C harfi ve ortalama yüzde karbon miktarının 100 katı ile gösterilirler. Örneğın % 0,35 karbonlu alaşımsız, sakınleştirilmiş, konverter çeliğı O S C 35 gibi. Asal çelikler için k harfi eklenir.Örneğın, ortalama yüzde karbon miktarı % 0,45 olan alaşımsız asal çelik: Ck 45 gibi.

Az alaşımlı çelikler: Bunlarda C harfi kullanılmaz. Ortalama yüzde karbon miktarının 100 katı yazıldıktan sonra, çokluk sırasına göre alaşımlı elemanlarının simgeleri ve aşağıdaki katsayılarla çarpılıp, tam sayıya yuvarlatılmış ortalama yüzde miktarı belirtilir.

Alaşımlı Elemanları	Katsayı
Cr, Co, Mn, Si, W	4
Al, Be, Cu, Pb, Mo, Nb, Ta, Ti, V, Zr	10
P, S, N, Ce	100
B	1000

Örneğın bileşiminde % 0,13 C, % 1 Cr, % 0,45 Mo bulunan az alaşımlı bir çelik: 13 CrMo 44.

Otomat çelikleri: Karbon miktarı az alaşımlı çeliklerdeki gibi yazılır. S, Mn, Pb. P alaşımlı elemanlarından hangileri varsa bu sırayla gösterilir ve yalnız S' in ortalama

yüzde miktarı 100 ile çarpılarak belirtilir. Örneğin bileşiminde % 0,009 C, %0,15- 0,030 S, % 0,090-1,3 Mn % 0,15-0,30 Pb bulunan otomat çeliği: 95 Mn Pb 23 gibi.

Yüksek alaşımlı çelikler: Karbon miktarı az alaşımlı çeliklerdeki gibi yazılır. Alaşım elemanlarının herbirinin gerçek yüzde miktarı kendi simgesinden sonra belirtilir ve bu durum en başta (x) harfi ile açıklanır. İkinci derecede önemli alaşım elemanlarının miktarı gösterilmeyebilir. Örneğin bileşiminde % 0,1 C, % 22 Cr, % 5 Ni, % 0,6 Mo ve % 0,6 Cu bulunan yüksek alaşımlı çelik: X Cr 22 Ni 5 5 Mo Cu gibi. Bunun dışında, çokluk sırasına göre alaşım elemanlarının simgeleri toplu olarak önce ve ilk iki elemanın miktarları da sonra gösterilebilir. Bu durumda yukarıdaki örnek X 10 Cr Ni Mo Cu 225 şeklinde yazılabilir.

3.2.3.Kimyasal Bileşimin Özelliklere Etkisi:

Çeliklerin bileşimindeki kimyasal elemanların (elementlerin), özelliklere etkileri aşağıda genel olarak açıklanmıştır.

Karbon: Çeliğin mekanik özelliklerini en fazla etkileyen elemandır. Artan karbon oranı ile çeliğin dövme, kaynak talaş kaldırma ve derin çekme yoluyla şekillendirilme yeteneği azalır, sertleşme kabiliyeti artar.

Manganez: Her % 1 Mn için çekme dayanımı ve akma sınır yaklaşık olarak 10 kgf/mm² yükselir. Buna karşılık kopma uzaması çok az küçülür. Çentik vurma tokluğu, kaynak ve sertleşme kabiliyetleri artar. % 0,9 C ve % 12'den fazla Mn içeren çelikler suda su verildiği takdirde, astenitik yapı, çok tok ve aynı zamanda aşınmaya çok dayanıklı olurlar (Mangan sert çelikleri).

Silisyum: Her % 1 Si için çekme dayanımı ve akma sınır yaklaşık olarak 10 kgf/mm² yükselir. Kopma uzaması ve çentik vurma tokluğu çok az azalır, fakat kaynak işlemi oldukça güçleşir.

Krom: Her % 1 Cr için çekme dayanımı yaklaşık olarak 8 kgf/mm² artar.

Krom, kritik soğuma hızını düşürerek sertleşme kabiliyetini yükseltir. Cr oranı %12'yi aşan çelikler suyun ve çeşitli asitlerin korozyon etkisine karşı dayanıklıdır.

Nikel: Her % 1 Ni için çekme dayanımı yaklaşık olarak 4 kgf/mm² akma sınırı ise daha büyük ölçüde artar. Nikel kritik soğuma hızını kuvvetle azaltarak sertleşme kabiliyetini artırır.

Molibden: Yüksek sıcaklıkta mukavemet değerlerini artırır. Sertleşme kabiliyetini yükseltir. Tane küçültücü etkisi vardır.

Vanadyum: Oluşturduğu karbürlerle takım çeliklerinin yüksek sıcaklıktaki mukavemet değerini ve kesme özelliklerini iyileştirir.

Volfram: Üst dönüşüm sıcaklığını yükseltir ve çok kuvvetli bir karbür yapıcıdır. Yüksek sıcaklıklarda mukavemet ve sertlik değerinin azalmasını önler. Bu nedenle yüksek hız çeliklerinin en önemli alaşım elemanıdır.

Bakır: % 0,2-0,3 bakır çeliklerin atmosfer etkisi paslanma eğilimini azaltır.

Alüminyum: Çeliği sakınleştirmek ve tane küçültmek için kullanılır. Cr ve Si ile beraber tufal dayanıklılığını artırır.

Kükürt: Demir sülfür halinde tane sınırlara çikilerek ve 900 C civarında plastikliğini kaybederek çeliği sıcakta kırıcı yapar. Bu durum mangan miktarının artırılmasıyla önlenabilir. Mangan sülfür tane sınırlarında yer almaz. Ancak, düşük mukavemetiyle çelik talaşını kırılğan hale getirerek, talaş kaldırılmasını kolaylaştırır (otomat çelikleri).

Fosfor: Paslanma ve aşınmaya dayanıklılığı yükselmekte, çentik vurma tokluğunu kuvvetle azaltır ve kaynak sırasında çatlama olasılığını artırır.

Oksijen: Demir oksit, demir sülfür ile 930 C da eriyen bir ötektik meydana getirerek çeliği sıcakta kırılıcı yapar.

Hidrojen: Atom halindeki hidrojen katı haldeki çelikte kolayca yayınıp, özellikle kristal hataların bulunduğu yerlerde molekülsel hale geçebilir. Böylece oluşan çok yüksek gaz basıncı, çoğunlukla şekil değiştirme sırasında mikro çatlaklara sebep olabilir.

3.2.4. Çelik Türleri:

3.2.4.1. Genel Yapım Çelikleri :

Minimum çekme dayanımına göre adlandırılır. Thomas, Oksijen konverteri veya Siemens-Martin usulü ile elde edilen, sakinleştirilmiş veya sakinleştirilmemiş alaşımsız çeliklerdir. Genellikle ısıtım işlem için öngörülmez.

3.2.4.2. Makina Yapım Çelikleri :

Mukavemet değerleri ile birlikte tokluğun da yüksek olması istenilen durumlarda kullanılanlar ıslah edilmiş çeliklerdir. Bu özelliklerin ısıtım işlem yardımıyla kesin olarak elde edilmesi için, kimyasal bileşimin dar sınırlar içinde belirlenmesi gerekir. Daima sakinleştirilmiş, kalite veya asal çelik olarak elde olunurlar. Yabancı elemanların azaltılarak tokluk değerlerinin daha iyileştirilmesi için asal çelikler kullanılabilir. Ancak Kükürtün çok az olması halinde talaş kaldırma işlemi güçleşeceğinden asal çeliklerin kükürt miktarı alttında sınırlandırılır. Büyük dövme parçaları gibi kalın kesitli makina elemanlarında, sertleşme kabiliyetini mümkün olduğu kadar arttırmak için çeliğe Ni, mukavemet değerlerini yükseltmek için Cr, meneviş gevrekliğini önlemek için Mo katılır. Böylece ortaya çıkan Cr-Ni-Mo çelikleri en iyi özelliklere sahip fakat pahalı olan makina yapım çelikleridir.

Islah edilmiş çeliklere, aşınmaya karşı dayanıklılığı, arttırmak için alev ya da endüksiyon yoluyla yüzey sertleştirilmesi uygulanabilir.

3.2.4.3. Otomat Çelikleri :

Kısa ve kırıcı talaş vererek, yüksek kesme hızlarıyla işlenebilen ve bu sırada yüzeyi düzgün kalan şekillerdir. Otomat çelikleri sıcak haddelenmiş veya soğuk çekilmiş (parlak yüzeyli) durumda olabilirler. Soğuk çekilen çeliklerde, talaş kaldırma daha kolaydır.

3.2.4.4. Paslanmaz Çelikler :

Yüksek krom miktarlarından dolayı, özellikle oksitleyici ortamların korozyon etkisine dayanıklı çeliklerdir. Bunlardan martenzitik olanlar, yağlar veya havada su verilerek elde edilirler. Bunlardan ıslah edilmiş durumdakiler korozyondan başka yüksek sıcaklıkta mekanik zorlamalara dayanıklılık istenen yerlerde yararlıdır. Örneğin; buhar türbini kanatları ve basınç döküm kalıplarının yapımında kullanılır. Karbon miktarı fazla olan çelikler, kesici aletler ve rulmanlı yataklar için uygundur. Ferritik paslanmaz çeliklerin martenzitik olanlara göre korozyona dayanıklılıkları daha fazla, fakat yüksek sıcaklıktaki mukavemet değerleri daha düşüktür. Bu çelikler: mutfak aletleri devamlı su ve buhar etkisi altındaki kaplar, çatak kaşık, süs eşyası yapımı v.b. işlerde kullanılırlar. Östenitik paslanmaz çelikler daha pahalı olmakla birlikte, kimyasal etkilere martenzitik ve ferritik tipten daha fazla dayanıklı, manyetik olmayan, yüksek sıcaklıklarda üstün mekanik özelliklere sahip olduğu gibi en alçak sıcaklıklara kadar tokluğu azalmayan çeliklerdir. Sıcakta kolay işlenebilirler. Soğuk şekil değiştirme ile çabuk değişirler. Organik olanlar da dahil olmak üzere, çeşitli asitlere dayanıklıdır. Özellikle gıda ve kimya endüstrisinde, tıbbi cihazlarda kullanılırlar. S, Se gibi katkıları yapılmadığı takdirde talaş kaldırarak işlenmeleri güçtür.

Paslanmaz çeliklerden kaynak kabiliyeti en iyi olanlar östenitik tiplerdir. Martenzitik çeliklerin kaynağından sonra tavlama gerekir. Ferritik çelikler ise, yüksek sıcaklıkta tane büyümesi eğilimlerinin kuvvetli olmasından dolayı, kaynak işlemi sonucu gevrekleşebilir.

3.2.4.5. Takım Çelikleri :

Talaşlı yapımda (eğeleme, tornalama, frezeleme v.b.) ya da talaşsız soğuk ve sıcak şekil vermede (çekme, derin çekme, zımbalama, dövme, haddeleme, basınçlı döküm v.b.) kullanılan takımların yapıldığı çeliklerdir. Takımların genellikle sert ve aşınmaya dayanıklı olması istenir. Talaşsız şekil verme araçlarında ayrıca tokluk ve bunlardan sıcak şekillendirme için kullanılanlarda ise yüksek sıcaklıklara ve sıcaklık değişimine dayanım aranır.

3.2.4.6. Dökme Çelikler :

Herhangi bir çelik eritilip bir kalıba dökülerek son şeklini aldığı taktirde, dökme çelik olarak tanımlanır. Pritikte, çoğunlukla %0.2-0.5 arasında tutulan karbon miktarı yükseldikçe akıcılık artar. Fakat çeliğin sünekliği azaldığından döküm gerilmeleri daha tehlikeli olabilir. Dökme çeliğin kendini çekmesi fazladır. Alaşimsız dökme çelikler çoğunlukla minimum çekme dayanımlarıyla belirlenir. Az karbonlu DÇ 38 ve DÇ 45 dışında diğer alaşimsız dökme çeliklerin kaynağında ön ısıtma gerekir. Dökme çeliklere ıslah ve yüzey sertleşme işlemleri uygulanabilir.

3.2.5. Gemi İnşaatında Kullanılan Çelik Malzeme :

Gemi İnşaatı Çeliği : Geminin büyük bir bölümü yumuşak çelikten yapılır. Ancak bazı bölümlerde dökme çelik veya dövme çelik kullanılır. Baş ve kış bodoslama dövme çelikten, pervane braketleri, dümen, babalar, bazen kış bodoslama dökme çelikten yapılır. Elektrik kaynağı tekniğinin gelişmesi ile bu dövme ve dökme çelik parçalar kısmen kaynak konstrüksiyondan ve yumuşak çelikten yapılmaya başlanmıştır. Kullanılan yumuşak çelik, yüksek fırın çeliğidir. İkinci dünya savaşı süresinde malzeme bulmak güçlüğü nedeni ile Alman Loydu Thomas Fırını çeliğini de kullanılmasını onaylamıştır. Ancak bugün için bu çelik kullanılmamaktadır.

Sınıflandırma kuruluşları, kullanılacak yumuşak çelikte bazı özellikler ister. Örneğin gerilme mukavemeti $4200-5200 \text{ kg/cm}^2$ arasında bulunmalı, uzama değerleri

ise levha kalınlığına bağılı olarak, 3 mm kalınlıkta bir levhada %14, 10 mm kalınlıkta bir levhada ise %20 kadar olmalıdır. Genellikle Harp Gemilerinde ve bazı Ticaret Gemilerinde kullanılan yüksek gerilim çeliğinde ise gerilme mukavemeti 6400 kg/cm^2 'ye kadar çıkar. Bu tip çelikte akma değeri ve ezilme değeri yüksektir. Ancak yıpranma yumuşak çeliğe oranla kötüdür. Gemi inşaatında son yıllar içerisinde gemi boyutlarında büyük gelişme olmuş, bu nedenle konstrüksiyon elemanlarının boyutları artmıştır. Özellikle dev tankerlerde, dış kaplama levhalarında çok kalın levhalar kullanılması gerekmiştir. Boyuna mukavemetin önemini koruyarak ağırlıktan kar edebilmek ve levhaların işlenebilir olmasını sağlamak için yüksek gerilim çeliğinin, yüksek fiyatına karşın bu gemilerde kullanılması zorunludur. Ayrıca bu çeliklerin kaynak edilebilme özelliğinde göz önüne alınmalıdır. Yüksek gerilim çeliğinin elde edilmesi süresince uygulanan su verme şekilleri, bu çeliğin kaynak yeteneğini artırır. Çeliğin yapısı küçük zerrelili ve homojen olmalıdır. Özellikle, dinamik yüklemeler altında bulunan konstrüksiyonlarda kullanılan malzeme, değirmen haddenin altında basınç ile tavlmalıdır. Yeterlilik sonradan deneylerle kontrol edilmelidir. Uygun tavlama kaynak yeteneğini artırır. Deneyler için kullanılacak deney parçalarının boyutları da sınıflandırma kuruluşları tarafından saptanır.

Normal çelikte, hava ve suya açık olan yerler için, içerisinde bakır oranı %0.4-0.5 kadar olan çelikler kullanılır. Örneğin; üst yapılar, direkler, bosalar gibi. Yüksek gerilim çeliğinin bir özelliği de paslanmaya karşı dirençli oluşudur. Eski yıllarda paslanmaya karşı dirençli oluşudur. Eski yıllarda paslanmaya karşı yeterli olan Bronz kullanılırken, bugün paslanmaz çelik, paslanmama özelliği yanında yüksek gerilmelere dayanır olması ile de seçilmektedir. Ancak bu çelik özellikle normal çeliğe oranla pahalıdır.

Harp gemileri için eskiden büyük ölçüde kullanılmış olup, bugün az olarak kullanılmakta olan zırh, değişik özellikleri olan bir tip çeliktir. Zırh levhanın bir yüzü çok sert olur ve levha öbür yüze doğru yumuşar.

3.2.5.1. Levha Malzeme :

Gemi inşaatında kullanılan levhalar, ne kadar büyük olursa, yapılması gereken kaynak işlemi o kadar az olur. Bu yönden kullanılacak malzeme ısmarlanırken, olanak verdiği kadar büyük parçaların ısmarlanması yoluna gidilir. Levha malzeme boyutlarını şu faktörler sınırlar:

1. Malzemenin hazırlandığı fabrikadaki hadde ve silindirlerin boyutları
2. Tersanede malzemeyi işleyen tezgahların boyutları
3. Malzemeyi tersaneye ulaştırma ve malzemenin tersane içerisinde taşınması olanakları
4. Levhaların tekneler üzerinde kullanılabilme olanakları

Çelik gemi inşaatının başlangıcında haddehaneler, levhaları bir standardizasyona uymadan, ısmarlanan ölçülerde doğrudan doğruya kullanılabilmek üzerine imal ediyorlardı. Sonradan malzemenin standardize edilmesi ile büyük gelişmeler sağlanmıştır. Standart levhaları değişik sınıflara ayırma olanağı vardır.

- A. 0.4 ile 3 mm arasındaki kalınlıkta levhalar (her standart boyut arasındaki artma 0.2 mm dir)
- B. 3 ile 5 mm arasındaki kalınlıkta levhalar (her standart boyut arasındaki artma 0.5 mm dir)
- C. 5 ile 25 mm arasındaki kalınlıkta levhalar (her standart boyut arasındaki artma 0.5 mm dir)
- D. 25 ile 60 mm arasındaki levhalar (her standart boyut arasındaki artma 1 mm dir)

Alman normuna göre verilen yukarıdaki boyutlardan daha fazla kalınlıktaki levhalar, özel tipte olup daha çok ısmarlama ile imal edilir. Tablo 3.2.1. değişik kalınlıklara göre, 1m² çelik levhanın ağırlığını vermektedir.

Tablo 3.2.1 Levha Ağırlığı (Kg/m²) s: Kalınlık (mm)

s	Kg	s	Kg	s	Kg	s	Kg
0,5	4	16	128	31,5	252	47	376
1	8	16,5	132	32	256	47,5	380
1,5	12	17	136	32,5	260	48	384
2	16	17,5	140	33	264	48,5	388
2,5	20	18	144	33,5	268	49	392
3	24	18,5	148	34	272	49,5	396
3,5	28	19	152	34,5	276	50	400
4	32	19,5	156	35	280	51	408
4,5	36	20	160	35,5	284	52	416
5	40	20,5	164	36	288	53	424
5,5	44	21	168	36,5	292	54	432
6	48	21,5	172	37	296	55	440
6,5	52	22	176	37,5	300	56	448
7	56	22,5	180	38	304	57	456
7,5	60	23	184	38,5	308	58	464
8	64	23,5	188	39	312	59	472
8,5	68	24	192	39,5	316	60	480
9	72	24,5	196	40	320	61	488
9,5	76	25	200	40,5	324	62	496
10	80	25,5	204	41	328	63	504
10,5	84	26	208	41,5	332	64	512
11	88	26,5	212	42	336	65	520
11,5	92	27	216	42,5	340	66	528
12	96	27,5	220	43	344	67	536
12,5	100	28	224	43,5	348	68	544
13	104	28,5	228	44	352	69	552
13,5	108	29	232	44,5	356	70	560
14	112	29,5	236	45	360	75	600
14,5	116	30	240	45,5	364	80	640
15	120	30,5	244	46	368	85	680
15,5	124	31	248	46,5	372	90	720

0.5 mm 'den 3 mm'ye kadar kalınlıktaki levhaların genişlikleri, normal olarak 1000-2000 mm arasındadır. Gemi inşaatında daha çok kullanılan levhalar, en fazla 35 mm kalınlığına kadar olur. Daha kalın levhalar, özel yerlerde kullanılır. Gemi inşaatı levhalarının genişlikleri ise genel olarak 1800-2500 mm arasında değişir. Pek doğal olarak tersane, bu boyutlar arasındaki, levhayı işleyebilme kapasitesine uygun olan boyutlardakini ısmarlar. İşleyebilme kapasitesinin yanında, tersanenin levhayı taşıyabilme kapasitesi de önemli rol oynar. Tekneler üzerinde bazı özel levhalar bulunur. Bu levhaların kalınlık ve boyutları da çok zaman değişir. Bunların gemi üzerinde yerleştirilme olanakları da göz önüne alınmalıdır.

Levha boyutları da standardize edilmiştir. Kalınlıkları 10-25 mm arasında değişen levhalar 6500-11000 mm arasında bir boydadırlar. Çelik malzemeyi hazırlayan kuruluşlar, imal ettikleri standart boyutları gösteren düzenli cetveller yayınlarlar. Bu cetvellerde malzeme boyutlarından başka, malzemenin özellikleri ve ağırlığı ile ilgili bilgi de bulunur. Tersaneler, kendi işleme kapasitelerinin olanak sağladığı en büyük olanlarını bu cetvellerden seçerek ısmarlarlar. Levhanın kesilmeden doğrudan doğruya kullanılabilmesi tersane için en avantajlı şekildir. Örneğin; güverte kaplaması, çift-dip iç kaplamaları ve tersane kaplamasının düz taraflarındaki levhalar doğrudan doğruya kullanılabilirler. Bu gibi yerlerde kullanılan levhalar yaklaşık olarak 10-15 posta arası boyunda olurlar. İşlenecek levhaların boylarının 6-8 posta arası uzaklığını geçmemesi yeğlenir.

Normal gemi inşaatı levhalarının genel olarak yüzleri düz olur. Ancak bazı gemilerin üzeri ağaç ile kaplanmayan güvertelerin ve makina dairelerinde, üzeri baklava kabartmalı veya boncuk kabartmalı levhalar kullanılır. Maliyetleri normal levhalara oranla daha çok olan bu tip levhaların boyutları standardize edilmiştir. Bunların boyları genellikle 6000 mm'den fazla olmaz.

Bir ölçüde levha sayılabilecek geniş lamalar için de standart cetvelleri vardır.

3.2.5.2. Köşebent Malzeme :

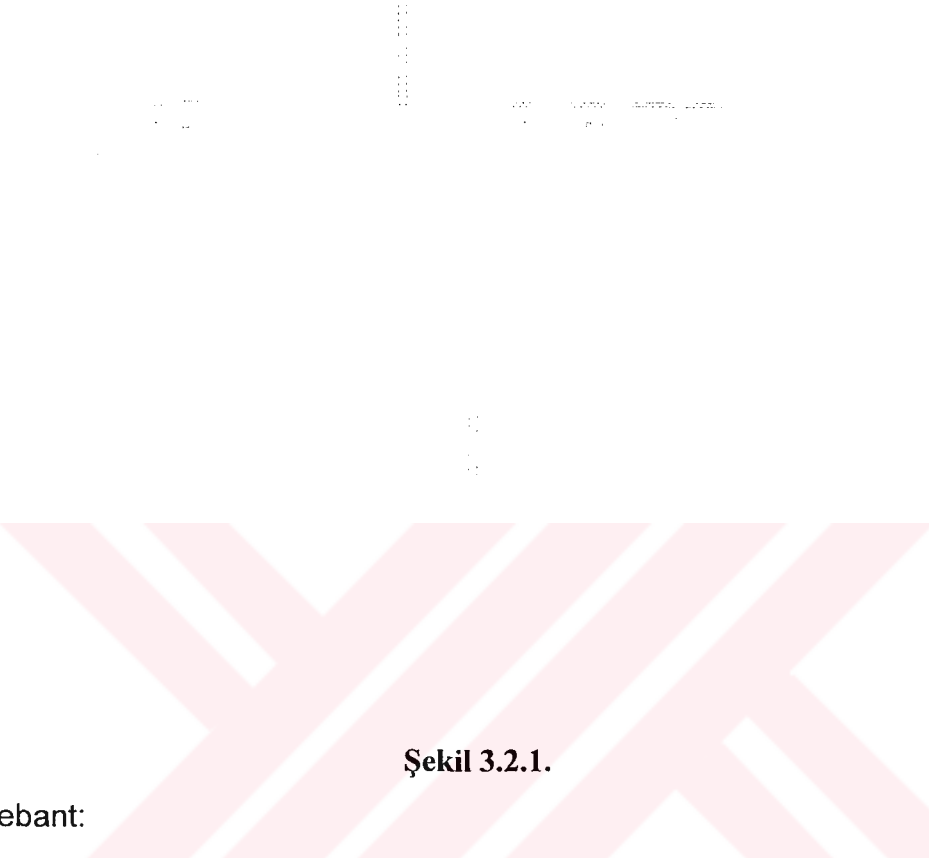
Bugün artık tümü ile bırakılmış olan perçin, inşaat zamanında gemi inşaatı için köşebant malzeme hazırlayan ve bu malzemeyi standarize etmiş olan kuruluşlar, perçin inşaat için hazırlanmış malzemenin kaynak inşaatda da bir ölçüde kullanılabilme olanakları karşısında ve kaynak inşaatın ne ölçüde tutunabileceğini kesin olarak kestiremediklerinden, uzun süre perçin için hazırlamakta oldukları malzemeye devam etmişler ve haddelerindeki kesit şekillerini değiştirmemişlerdir. Kaynak tekniğinin gelişmesi ile daha çok kaynak köşebentler malzemenin bir kısmı kaynak konstrüksiyonda da kullanılabilir.

Perçin inşaatın yeterli köşebentlerinden, Balblı köşebent, “T”, “Z” köşebent ve “I” köşebent , artık gemi inşaatında yoktur. Bunun yanında, eşit kenarlı veya eşit kenarlı olmayan köşebent, “T” köşebent ile yuvarlak lamalar ve balblı lamalar bir ölçüde bugün bile kullanılmaktadır. Kaynak konstrüksiyonun en yeterli elemanı “Hollanda Profili”dir. Posta-Kemere profili adı ile geliştirilen bir profilden değişik yükseklikle Hollanda profili elde etme olanağı vardır. Şekilde kaynak konstrüksiyonda kullanılan değişik köşebentlerin kesit şekillerini göstermektedir. Ayrıca kaynağı özelliklerinden yararlanarak, değişik boyutlardaki levha ve lamalardan mukavemet yönünden çok yeterli kiriş şekilleri yapma olanağı vardır. Genellikle standart köşebentlerin gemi inşaatında kullandıkları yerler özetlenebilir:

i) Eşit Kenarlı Köşebent:

Kaynaklı inşaatın ilk başlangıcında bir ucundan levhaya kaynak edilerek, takviye elemanı olarak da kullanılmıştır.

Eşit Kenarlı Olmayan Köşebent: Bir kenarın uzun oluşu, elemanı mukavemet momenti yönünden faydalı kılmaktadır. Uzun kenarı ucundan levhaya kaynak edilerek kaynak konstrüksiyonda da yararlı bir destek elemanı olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.2.1.

ii) T Köşebant:

a) Eşit kenarlı “T”, kaynaklı konstrüksiyonda bir takviye elemanı olarak veya yalpa omurgasında bağ elemanı olarak kullanılabilir.

b) Eşit Kenarlı olmayan “T”, kaynaklı konstrüksiyonda bir takviye elemanı olarak iyi sonuç verir.

iii) Yuvarlak Lama:

Kaynaklı konstrüksiyonlarda küçük puntel olarak, veya levha kenarlarını takviye için kullanılır.

iv) Borular:

Yuvarlak lamaya oranla aynı ve ray olarak aynı mukavemet momentinde çok daha hafiftir. Puntel olarak kullanılmaktadır.

v) Balblı Lama:

Yalpa omurgası olarak ve ray olarak kullanılmaktadır ve özellikle kaynak konstrüksiyonun başlangıcında her türlü takviye elemanı olarak çok kullanılmıştır. Tablo 8’de bazı standart boyutlardaki balblı lamaların boyutlarını ve mukavemet özelliklerini vermektedir.

vi) Hollanda Profili:

Kaynak konstrüksiyon tekniğinin gelişmesi ile, balblı lama yerine ve perçinli konstrüksiyonda balblı köşebentin veya “U” köşebentin görüldüğü görevi kaynaklı konstrüksiyonda görmek üzere, bir kesit şekli geliştirilmiş ve bugün çok yeterli olarak kullanılabilen Hollanda Profili yapılmıştır. Posta, kemer, stifner, boy elemanı ve her türlü takviye olarak kullanılır. Mukavemet momenti yüksektir. Tablo 3.2.3a ve 3.2.3b de standart Hollanda profillerinin boyutları ve mukavemet özellikleri verilmektedir.

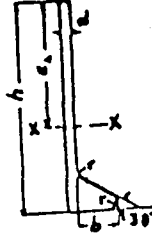
vii) Posta-Kemere Profili :

Özellikle büyük gemi inşaatı yapan ülkelerde kullanılan bu köşebent, su geçmezlik düşünülen yerlerde yapılan zincir veya zikzak kaynağın daha iyi yapılabilmesi için geliştirilmiş bir şekildir. Bir otomatik kesme makinası ile zikzak kesme yapılarak aynı parçadan, mukavemet momenti bu parçanın yarısından daha yüksek olan bir parça elde etmek olanağı vardır. Bu tip bir köşebent değişik yerlerden kesilerek, mukavemet momentleri değişik posta ve kemere elde edilebilir. Her çeşit takviye elemanı olarak kullanıldığı gibi, özellikle tankerlerde ve maden cevheri gemilerinde boy takviyesi olarak iyi sonuçlar alınmaktadır.

Kesit şekilleri ve özetlenmiş bulunan bütün bu köşebentlerin boyları genel olarak 9-15 metre arasında değişir. Fakat 30 m boyda olan köşebentler de vardır. Köşebentin çok uzun olmasının güçlüğü taşımacılıktır. İşlenecek yerde köşebent kesme kolaydır.

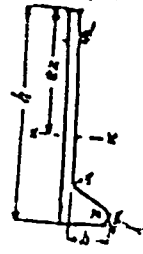
Tablo 3.2.2. Balblı Lama

Profil Şekli	Ebat mm					Kesit F cm ²	Ağırlık G kg/m	Taraflı Eksenin Yeri C _A cm	Eksene göre Moment			
									X-X		Y-Y	
	h	d	b	r	r ₁				Ja cm ⁴	Wa cm ³	Ja cm ⁴	Wa cm ³
9		9	49			25.0	19.7	12.5	1010	80.9	15.1	6.15
200.10	200	10	50	8	8	27.0	21.3	13.4	1090	88.4	16.5	6.58
11		11	51			29.0	22.8	12.2	1170	95.9	17.9	7.05
10		10	54			30.7	24.1	13.8	1500	109	22.6	8.36
220.11	220	11	55	9	9	32.9	25.8	13.8	1610	118	24.5	8.89
12		12	56			35.1	27.6	13.5	1710	127	26.5	9.46
11		11	59			36.9	29.0	15.1	2840	142	32.0	10.9
240.12	260	12	60	10	10	39.3	30.9	14.9	2280	153	35.1	11.7
13		13	61			41.7	32.9	14.7	2410	164	37.7	12.3
12		12	64			43.6	34.2	16.3	2970	182	45.5	14.2
260.13	260	13	65	11	11	46.2	36.2	16.1	3150	195	48.7	15.0
14		14	66			48.8	38.3	16.0	3320	208	52.1	15.8
13		13	69			50.9	40.0	17.6	4020	229	62.0	18.0
280.14	280	14	70	12	12	53.7	43.3	17.4	4240	244	66.0	18.9
15		15	71			56.5	44.4	17.2	4450	258	70.2	19.8
14		14	74			57.9	45.5	18.7	5270	282	78.8	21.3
300.15	300	15	75	12	12	60.9	47.8	18.5	6540	299	83.5	22.3
16		16	76			63.9	50.2	18.4	5800	316	89.6	23.3



Tablo 3.2.3a Hollanda Profili

Profil Nr	Ebat mm				Kesit F cm ²	Ağırlık G kg/m	Tarafsız Eksenin Yeri e _x cm	Eksenlere Göre Mom. X-X	
	h	b	d	r				Ja cm ⁴	Wa cm ³
160	160	22	7	6	14.6	11.4	9.66	373	38.6
	160	22	8	6	16.2	12.7	9.49	411	43.3
	160	22	9	6	17.8	14.0	9.36	448	47.9
	160	22	10	6	19.4	15.2	9.25	485	52.4
180	180	25	8	7	18.9	14.8	10.8	609	55.9
	180	25	9	7	20.7	16.2	10.7	663	61.8
	180	25	10	7	22.5	17.6	10.6	717	67.8
	180	25	11	7	24.3	19.0	10.5	770	73.5
200	200	28	9	8	23.6	18.5	12.1	941	77.7
	200	28	10	8	25.6	20.1	11.9	1020	85.0
	200	28	11	8	27.6	21.7	11.8	1090	92.3
220	220	31	10	9	29.0	22.8	13.4	1400	105
	220	31	11	9	31.2	24.5	13.2	1500	113
	220	31	12	9	33.4	26.2	13.0	1590	122
240	240	34	11	10	34.9	27.4	14.6	2000	137
	240	34	12	10	37.3	29.3	14.4	2130	148
	240	34	13	10	39.7	31.2	14.3	2260	158
260	260	37	12	11	41.3	32.4	15.8	2770	175
	260	37	13	11	43.9	34.5	16.6	2940	188
	260	37	14	11	46.5	36.5	15.5	3100	200



Tablo 3.2.3b Hollanda Profili

Profil Nr	Ebat mm				Kesit F cm ²	Ağırlık G kg/m	Taraflı Eksenin Yeri e _x cm	Eksene göre Mom. X-X	
	h	b	d	r				Ja cm ⁴	Wa cm ³
280	280	40	12	12	45.5	35.7	17.2	3550	206
	280	40	13	12	48.3	37.9	17.0	3760	221
	280	40	14	12	51.0	40.0	16.9	3970	235
300	300	43	13	13	52.8	41.5	18.5	4720	256
	300	43	14	13	55.8	43.8	18.3	4980	273
	300	43	15	13	58.8	46.2	18.1	5240	289
320	320	46	14	14	60.7	47.6	19.7	6170	313
	320	46	15	14	63.9	50.1	19.5	6480	332
	320	46	16	14	67.1	52.6	19.3	6790	351
	320	46	17	14	70.3	55.2	19.2	7100	370
340	340	49	14	15	65.5	51.5	21.1	7539	357
	340	49	15	15	68.9	54.0	20.8	7919	370
	340	49	16	15	72.3	56.7	20.71	8292	400
	340	49	17	15	75.7	59.5	20.54	8658	422.8
370	370	53.5	15.5	16.5	79.0	62.0	22.94	10798	467
	370	53.5	16.5	16.5	82.7	64.9	22.74	11210	493
	370	53.5	17.5	16.5	86.4	67.8	22.56	11695	518
	370	53.5	18.5	16.5	90.1	70.7	22.39	12175	544
430	430	62.5	16.5	19.5	100.7	79.0	27.0	16382	581
	430	62.5	17.5	19.5	105.0	82.4	26.77	19165	716
	430	62.5	18.5	19.5	109.3	85.9	26.56	19945	751
	430	62.5	19.5	19.5	113.6	89.2	26.36	20715	786
	430		20.5	19.5	117.9	92.6	26.19	21478	820

3.3. ALÜMİNYUM :

3.3.1. Alüminyumun Tarihçesi :

Yıllardır gemi inşaatında, dünya üzerinde teknolojik ve ekonomik gelişmeler olmaktadır. Uzay endüstrisinde olduğu gibi; yüksek teknoloji ve malzemeleri, balıkçılık ve balık yetiştiriciliği, petrol araştırmaları ve sondajlama, yüksek hızlı taşımacılık v.b. konularında, bu hızlı gelişme yaşanmaktadır. Alüminyum ve alüminyum alaşımları bu endüstrilerde özel bir yere sahiptirler. Bunun başlıca sebeplerinden ikisi paslanmaya (korozyon) dayanımı ve hafifliktir. Yılların birikimi ile edinilen deneyimler gösteriyor ki alüminyum ve alaşımları ağır çevre şartlarında bile güvenliği, istenilen ölçülerde sağlamaktadır.

Alüminyum diğer metallere karışmış olarak yar kabuğuna %8 oranında dağılmış durumdadır. Alüminyum çok hafif olması nedeni ile ilk bulunduğu günlerden beri insanların ilgisini çekmiştir. 1807 yılında İngiliz bilgini “Sir Humphrey Davy”, killi topraktan elektroliz yoluyla alüminyum elde etmeye çalışmıştı. Ancak elektrik akımı için basit pil bataryaları kullanılmış olması, olumlu sonuç alınmasını engellemişti. 1866 yılında Werner Siemens tarafından dinamo makinasının bulunması ile alüminyum elektroliz yoluyla üretilmeye başlanmıştır. Bu yöntem diğerine göre çok ekonomik ve kolaydır. Günümüzde de alüminyum üretimi bu yolla yapılmaktadır.

Çeliğin gemi inşa sanayine girmesinden sonra hem hafif hem de korozyona dayanıklı olması nedeni ile alüminyum dikkatleri çekmeye başlamıştır. Sonuçta 1891 yılında ilk alüminyum tekne; alüminyum yat inşa edilmiştir. İki sene sonra da İngiltere’de alüminyum tekneli bir hucum bot yapılmıştır. Ayrıca üst binalarında alüminyum nikel alaşımı ve bağlantı elemanı olarak bronz perçinlerin kullanıldığı bir tekne 1895 yılında inşa edilmiştir.

Alüminyum 19. yy sonlarında tamamen unutulmuş ve ilk olarak 1928 yılında Amerika ‘da “Houston” kruvazörünün köprü inşaatında kullanılmıştır. 1930 yıllarında gemi inşa sanayiinde kullanılabilecek, deniz suyuna korozyona dayanıklı bir alaşım bulabilmek için araştırmalar başlamıştır. Sonuç olarak % 2.5 oranında magnezyum

içeren 5052 kod numaralı alaşım bulunmuştur. Hemen hemen aynı zamanda ısıl işleme dayanıklı, yüksek mukavemetli 6053 alaşımı keşfedilmiştir. Bu alaşımlar Amerikan donanması tarafından 2. Dünya Savaşında 100 kadar gemide kullanılmıştır.

Alüminyum malzeme, 40 'lı yıllarda Al-Mg alaşımı üretildiğinde ancak gemi inşaatında kullanılmaya başlanmıştır. Bu ilk malzeme, denizde korozyona dayanıklı ve kaynak edilebilirdi.

Bundan sonra, bu malzemenin kimyasal yapısı tanımlanmalıydı ve optimum korozyon dayancı için en ideal alaşım bulunmalıydı. Bu zamanlarda, yarı mamül alüminyumdan üretilen her ürün onu bulan korozyon eksperisi veya metalurjisti adıyla anılagelmıştır. Örneğin; E.H. Dix of Alcoa ve A. Guilhaudis of Penchiney gibi.

3.3.2. İlk Alüminyum Alaşımlar, Deniz Yapılarındaki Uygulamaları ve Gelişimi

Alüminyum alaşımları, deniz yapılarında düzenli ve istikrarlı bir gelişme çizgisinde 45 yılı aşkın bir zamandır kullanılmaktadır.

3.3.2.1. Karadaki Uygulamalar :

Fransa 'nın Akdeniz ve Atlantik kıyılarında bulunan 250 civarındaki marinaların çevre birimlerinde, 1970-1985 yılları arasında alüminyum alaşımları kullanılmıştır. Bütün bunlar 10.000 ton civarında 6005A ve 6060 alüminyum alaşımı profillerden. 5086 ve 5083 alüminyum alaşımı levhalardan oluşmaktadır. Avrupa 'da hemen her marinada alüminyum alaşımı yapılar o zamandan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca şehir içi kentsel amaçlı kullanımlarda da alüminyumdan faydalanılmıştır. Cadde kenarlarında kullanılan yol işaret ve levhaları v.b.

Marinalarda daha çok 6005A veya 6060 Alüminyum alaşımları kullanılarak iskele, lombor ağızı, duba, iskele geçitleri gibi yapılar yapılmıştır. Şamandıralarda ve

bunların su geçirmez perdelerinde Alüminyum 5754 plakalar kullanılmıştır. Bu yapıların hiç birinde boya veya diğer kimyasal korumalara gerek duyulmamıştır.

Daha sonraki zamanlarda estetik açıdan daha güzel olduğu için ahşap ve alüminyumun beraber kullanılması yoluna daha sık gidilmektedir.

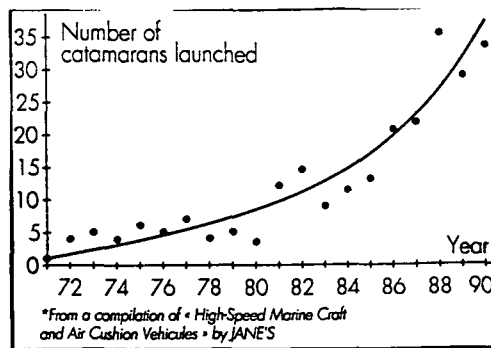
3.3.2.2. Gemi İnşaatındaki Uygulamalar :

Son 35 yıldır, alüminyum alaşımlı tekne inşaatı sayı ve tonaj olarak istikrarlı bir şekilde artmaktadır. 1960'larda tersanelerde sadece 10-15 metre boyunda tek gövdeli bir kaç tekne yapılmıştı. Katamaranların, yolcu taşıma amaçlı yapılmaya başlanmasıyla çarpıcı bir gelişme başlamıştır. İlk önce 1988 'lerde 20 metre boy aşıldı. Ardından 30 'a yakın 40 metreyi geçen tekne inşa edildi ve bunu 70 metrelikler takip etti. (Şekil 3.3.1.)

Özellikle 12 metre civarında inşa edilen yat ve balıkçı tekneleri gibi ufak teknelerde alüminyum yapı kullanılmıştır. Ayrıca Kuzey Denizlerinde, Meksika Körfezinde özellikle alüminyum malzemeden yapılmış tankerler çalışmıştır. Bunlara klasik tekneler ve polis botlarının da ilave etmek gerekir.

3.3.2.3. Isı Değiştiricilerdeki Kullanım :

Deniz yapılarında, alüminyum sadece marinalarda; iskele, duba, şamandıra v.b., teknelerde de dış gövde malzemesi olarak kullanılmaz. Alüminyum aynı zamanda çok iyi bir ısıl iletkendir. Özellikle; deniz suyu ile de çalışsak 80-90 °C sıcaklardaki çalışmasında bile korozyona oldukça dayanıklıdır. Bu da alüminyumu eşanjörlerde kullanılabilir ideal bir malzeme yapmaktadır.



Şekil 3.3.1. Yıllara göre inşa edilen katamaran tekne sayısı

Kısa mesafeli yolcu gemilerinde kullanılarak, hem stabilite hem de yolcu kapasitesi arttırılmıştır. Bunda sonra, alüminyum gemi inşaatının vazgeçilmez bir malzemesi haline gelmiştir. 1940 yılından sonra üniversite ve araştırma kurumları tarafından alüminyumun fiziki özellikleri araştırılmış ve yapılan çalışmalarla dizayn kuralları ortaya konulmuştur. Bunda sonra klas kuruluşları alüminyum malzeme olarak benimsemişlerdir. Günümüzde alüminyum malzeme motorbotlarda, yarış yatlarında, yüksek süratli teknelerde ve bazı askeri amaçlı teknelerde kullanılmaktadır.

3.3.3. Alüminyumun Genel Tanımı :

Peryodik cetvelin III A gurubunda bulunur. Atom numarası 13. atom ağırlığı 26.98 gr olan parlak, beyaz hafif metaller grubundan bir malzemedir. Oksijene karşı olan aşırı ilgisi, bu metalin doğada serbest halde bulunmasını engel olur. Doğada bir çok alüminyum bileşiği ve minerali olmasına karşın, alüminyum en ucuz olarak “Boksit” cevherinden üretilir. Bu cevher doğada bol miktarda Silis, Fe_3O , kriyolit mineralleri ile karışmış olarak bulunur. Bu cevherden alüminyum üretimi elektrolitik yolla olur. 1 kg alüminyum üretmek için 20 kWh enerjiye ihtiyaç vardır.

3.3.4. Alüminyumun Özellikleri :

3.3.4.1. Fiziksel Özellikler :

Özgül Ağırlığı

Tablo 3.3.1. Alüminyumun teknik özellikleri

Dökme Alüminyum	2.65 – 2.69 gr/cm ³
Döğme Alüminyum	2.7 gr/cm ³
Ergime Noktası	658 °C
Kaynama Noktası	1800 °C
Isı İletim Katsayısı	173 kcal/m ² h.C

Sıcaklık Etkisiyle Uzama

Tablo 3.3.2. Alüminyumun sıcaklık etkisi ile değişimi

0-50 °C	1.17 mm/m
100 °C	2.38 mm/m
200 °C	4.94 mm/m
400 °C	10.60 mm/m
500 °C	13.70 mm/m

Kendini Çekme Oranı %1.7-1.8

Katı halden sıvı hale geçerken hacim büyümesi %6.5

3.3.4.2. Mukavemet Özellikleri :

Mukavemet özellikleri malzemenin sarfiyat derecesine ve imal şekline bağlıdır.

Tablo 3.3.3. Çeşitli alüminyum alaşımlarının teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	Dökme Alüminyum	Hadde Alüminyum	Isıl İşleme Tabi Tutulmuş Alüminyum
Çekme Muk. (N/mm ²)	90-120	180-280	70-110
Akma Muk. (N/mm ²)	30-40	160-240	50-80
Uzama (%)	18-25	3-5	30-45
Büzülme (%)	40-55	60-85	80-95
Sertlik (Brinel)	24-32	45-60	15-25
Elastisite Modülü (N/mm ²)	-	60.000-70.000	-

Saf alüminyumun dinamik mukavemeti statik mukavemetinin, takriben 0.4 ila 0.5 katıdır. Soğuk şekil değiştirmiş alüminyum, kaynak yapıldığı takdirde geçiş bölgesinin mukavemeti düşer. Ancak kaynağı mukavemetini kazandırır. Bu çekiçleme esnasında parçanın kalınlık kaybetmemesine dikkat etmek gerekir.

3.3.4.3. Soğuk Şekil Değiştirme :

Alüminyum çok yumuşak ve sünek olduğundan soğuk şekil değiştirme yeteneği çok fazladır. Alüminyum oda sıcaklığında soğuk şekil değiştirdiğinde çekme ve akma mukavemeti yükselir. Buna karşılık uzama miktarı ve şekil değiştirme yeteneği azalır. Sert, yeni şekil değiştirmiş alüminyum, yumuşak alüminyumdan daha az korozyon mukavemetine sahiptir.

3.3.4.4. Sıcak Şekil Değiştirme :

Alüminyum alaşımları, sıcak şekil değiştirme (boruların, profillerin ve sacların sıcak olarak bükülmesi vs. gibi) her zaman mümkündür. Önce soğuk şekil değiştirmiş bir alüminyum parçası, daha sonra sıcak şekil değiştirmeye uğrarsa mukavemetinde düşüş meydana gelir. Saf alüminyum sıcak şekil değiştirme sıcaklığı 300-400 °C civarındadır.

3.3.4.5. Korozyona Karşı Dayanım :

Alüminyumun oksijene karşı ilgisi çok fazladır. Kısa bir zamanda oksijenle birleşerek Al_2O_3 oluşur. Bu nedenle açık havaya bırakılan alüminyum, çok kısa sürede gri renkte bir alüminyum tabakasıyla kaplanır. Alüminyumun bu özelliği korozyona karşı mukavemetini yükseltmektedir. Oluşan bu oksit tabakası su ile yıkamak suretiyle çıkarılamaz. Soğuk şekil değiştirme alüminyumun korozyon mukavemetini düşürür. Alüminyumun saflık derecesi azaldığı takdirde korozyon mukavemeti düşer.

3.3.5. Alüminyum Alaşımları ve Özellikleri :

Alüminyum, saf halde çok yumuşak ve mukavemet değerleri çok düşük olduğu için endüstride alaşımlı olarak kullanılır. Alüminyum alaşımları elde etmek için alüminyuma; Magnezyum (Mg), Silisyum (Si), Bakır (Cu), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Çinko (Zn), Titanyum (Ti) ve Manganez (Mn) gibi elementler katılır.

Bu şekilde alüminyum alaşımı yapılırken mukavemet değerlerinde de yükselme görülür. Yukarıdaki alaşım elementleri alüminyuma çok az katılarak gemi inşaatına uygun alaşımlar elde edilir.

Alüminyum alaşımları üretim yöntemlerine göre iki ana grup altında gösterilebilirler:

3.3.5.1. Dövme Alüminyum Alaşımları :

Bu alaşımlar, ısıl işlem sonucu sertleşen ve sertleşmeyen alaşımlar olmak üzere iki gruba ayrılır.

a) Isıl İşlemin Esası :

Soğuk şekil değiştirmiş bir malzeme tavlınırsa; kendi normal sertlik ve mukavemetini tekrar kazanır. Soğuk şekil değiştirmeden dolayı kazandığı sertlik ve mukavemetini ise kaybeder. Taneler tekrar normal şeklini alır.

Alüminyum ile ısıl işlem sonucunda sertleşen alüminyum alaşımları arasında fark vardır. Alüminyum tavlandıktan sonra, mukavemetinden bir miktar kaybeder ve yalnız soğuk şekil değiştirme sonucunda sertleşir. Buna karşılık sertleşen alüminyum alaşımları; belirli bir sıcaklığa kadar tavlandıktan sonra, su verilip belli bir sıcaklıkta belirli bir süre bekletilerek mukavemeti ve sertliği yükseltilebilir. Bu bekleme “Yaşlandırma” ve olayada “Ayrışma sertleşmesi” denir. Bu tarzda sertleşen malzemelere “Ayrışma sertleşmesiyle sertleşen alaşımlar” adı verilir. Yaşlandırma bazen oda sıcaklığını üzerinde belli bir sıcaklıkta yapılır.

Birinci halde “yapay” ve ikinci halde “doğal yaşlandırma” adı verilir. Yapay yaşlandırmada malzeme gayet kısa bir sürede sertleşir.

3.3.5.2. Haddelenmiş Ve Kalıpta Çekilmiş Alüminyum Alaşımları :

3.3.5.2.1. Alüminyum Malzemelerin Tanımlanması :

Altı adet alüminyum alaşımları grubu vardır (Tablo 3.3.4.). Alüminyum malzemenin içerdiği alaşımları ve özelliklerini yeni yeni tüm dünyada tam olarak standartlaşan dört sayı ve takip eden harflerle belirtilir (Tablo4).

Tablo 3.3.4. Alaşımlar ve gösterimleri

Alaşımlar	Seri
Saf Alüminyum	1000
Bakır	2000
Manganez	3000
Magnezyum	5000
Magnezyum ve Silikon	6000
Çinko ve Magnezyum	7000

3.3.5.2.2. Deniz Yapılarında Kullanılan Yapılar :

Gemi inşaatında ağırlıklı olarak iki grup alüminyum alaşım kullanılır.

- Alüminyum-Magnezyum (5000 serisi) haddelenmiş alüminyum malzeme (genellikle levha şeklinde imal edilir.)
- Alüminyum-Magnezyum-Silikon (6000 serisi) kalıpta çekilmiş malzeme. Genellikle postalar, stifnerler, tulani gibi profillerin kullanılması gereken yerlerde profil mamül olarak imal edilir. Puntel amaçlı boru imali de boru çekme yöntemi kullanılarak yapılan bir üretim de vardır.

Bu yarı mamül ürünlerin, mekanik karakteristikleri, düşük sıcaklıktaki deformasyon karakteristikleri ve korozyon dayanımlarını alaşımın kimyasal yapısı, üretim şekli ve sıcak işlenebilme karakterlerine göre kıyaslamasını yapacağız. Bu kıyaslamayı hem 5000 serisi hemde 6000 serisi için kesimden kaynağa, izolasyondan denizdeki davranışlarına kadar incelenektir.

Alüminyum malzeme ile çalıştığımızda, iki önemli durumda malzemeyi işlerken dikkatli olmalıyız.

- Soğuk veya sıcak şekil değiştirme prosesinden meydana gelebilecek kalıcı zararlı deformasyonlar.
- Kaynak işlemi, yöntemin seçimi ve ısı genleşmelerden dolayı oluşan deformasyonlar.

Bunların ikisi de, malzeme üzerinde kalıcı deformasyonlara sebebiyet verirler. Malzemenin mekanik özelliklerinde değişikliklere sebep olabileceği gibi diğer karakteristiklerinde de değişikliklere neden olabilir. Tüm bunları önceden hesaplayıp alüminyum yapı konstrüksiyonlarını bu şartları da göz önüne alarak tasarlamalıyız.

Mesela, alüminyum alaşımlarında bakır içeren 2000 serisi ile çinko ve bakırı beraber içeren 7000 serisi anotlanmadıktan veya boyanmadıktan sonra deniz yapılarında kullanılmamalıdır. Çünkü içerdikleri bakırdan dolayı bunların korozyon dayanımı 5000 ve 6000 serisi alüminyum alaşımlarına göre düşüktür.

3.3.5.2.3. Metalürjik Gösterimler :

Alüminyum alaşımlarını iki gruba ayırabiliriz :

- Soğuk işlenmiş alüminyum alaşımları :

Bu alaşım grubu, karakteristik özelliklerini haddeleme, kalıpta çekme ve ara tavlama işlemlerinden alırlar. Bunlar 1000, 3000 ve 5000 serisi alüminyumlardır.

- Isıl işleme tabi tutulmuş alüminyum alaşımları :

Bu alüminyum alaşımları grubu karakteristik özelliklerini ergiyiğin sıcaklığı, su verme, dinlendirme zamanı ve yaşlandırma proseslerinden alırlar. Bunlar 2000, 6000 ve 7000 serisi alüminyum alaşım gruplarıdır.

Alüminyum alaşımlarının özelliklerini veren standartlaştırılmış sayılar ve bunları takip eden harfler kullanılır. (ANSI H35-1 ve EN515 standartları)

- O, F, H ve T temel sembol karakterleridir.
- İlk rakam üretim metodunu veya sıcak işleme tipini sembolize eder.
- Takip eden rakamlar saflık derecesini veya işlem metodunu temsil eder.

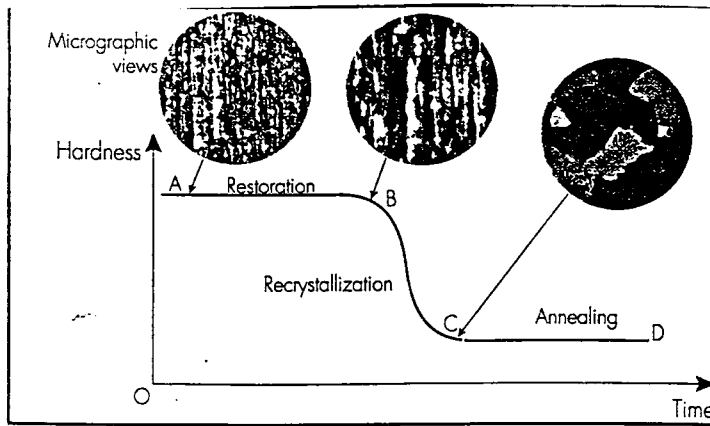
3.3.5.2.4. Soğuk İşlenmiş Alüminyumlar :

Soğuk işleme tabi tutulan alüminyumun sertliği artar. Fakat diğer taraftan malzemenin şekil değiştirilebilirliğini ve sünekliğini düşürür.

Normalden fazla deformasyona uğramış malzeme, kalıcı şekil değişikliğine uğrar ve kendinden beklenen özelliklerden uzaklaşır. Bu olay malzemenin muhteviyatı ile ilgilidir. Örneğin bu 5000 serisinde Magnezyum oranına bağlıdır.

5083 alaşımı, %4-4.9 arasında Magnezyum ihtiva eder ve iyi bir sertlik derecesine sahiptir. Fakat şekil değiştirme kabiliyeti %2.6-3.6 arasında Magnezyum ihtiva eden 5754'den daha kötüdür.

Soğuk şekil değiştirmiş bir malzeme tavlaniyorsa, kendi normal sertlik ve mukavemetini tekrar kazanır. Soğuk şekil değiştirmekten dolayı kazanılmış sertlik ve mukavemetini de kaybeder. İç yapıdaki taneler eski halini alır.



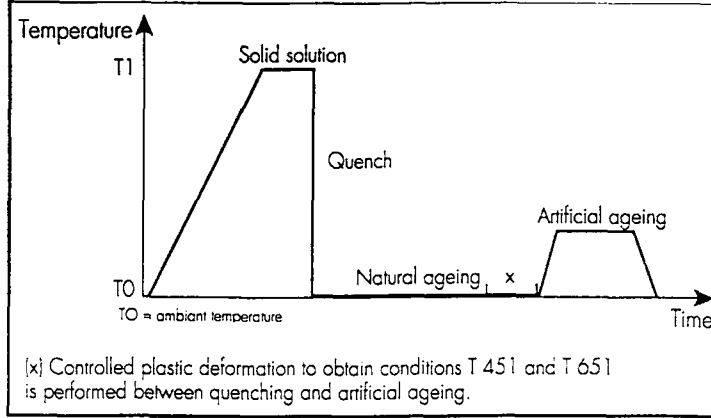
Şekil 3.3.2. Soğuk işleme sonrası tavlamanın iç yapıdaki etkisi

3.3.5.2.5. Tavlayarak Yumuşatma :

Soğuk işlenerek sertleşen metal tavlansak eski sünekliğine kavuşturulur (Şekil 4). Sıcaklığın 300 °C ‘nın üzerinde olduğu işlem bölgesinde, metalin sertlik ve mekanik karakterleri azalır. Bu safha (A-B) restorasyon safhasıdır. Bu özellikleri (B-C) arası safhada çok hızlı bir şekilde azalır. Bu (B-C) safhasına rekristalizasyon safhası denir. Bu safhadan sonra nihayi olarak tavlansak metalin özelliklerine ulaştığı (C-D) safhası gerçekleşir.

Tablo 3.3.5. Alüminyum alaşımların gösterimi

Rakamların Aılamı		
İlk Rakam		
Alüminyum grubunu belirtir.		
1: Saf (%99.00) Alüminyum		
2-8 : Alüminyum alaşım grubunu belirler		
	Grup	Alaşım
	2	Alüminyum-Bakır
	3	Alüminyum-Manganez
	4	Alüminyum-Silikon
	5	Alüminyum-Magnezyum
	6	Alüminyum-Magnezyum-Silikon
	7	Alüminyum-Çinko
	8	Diğer alüminyum alaşımları
İkinci Rakam		
1. grupta : Kirlilik derecesini tanımlar		
2-8 arası gruplarda : Alaşımın maruz kaldığı işlemler		
Son İki Rakam		
1 grupta : Alüminyumun %99.00 dan aşağı saflık derecesini gösterir		
2-8 arası gruplarda : Katılan alaşımları ve üretim metodu hakkında bilgi verir.		
Harflerin Açıklaması		
X gibi ön harfler numune alaşımları belirler		
Sona eklenen harfler uluslararası gösterim işaretleridir.		



Şekil 3.3.3. Ardışık yaşlandırma prosesi grafik gösterimi

Tablo 3.3.6. Sıcaklık tepkisi

T1	Basıncı su ile soğutma ve doğal yaşlandırma
T3	Su ile soğutma, sertleştirme ve yaşlandırma
T4	Su ile soğutma ve yaşlandırma (Ayrı Soğutma)
T5	Basıncı su ile soğutma ve sunni yaşlandırma
T6	Su ile soğutma (Ayrı Soğutma) ve yapay yaşlandırma
T451 and T651	Su soğutması ile iç gerilmeleri kontrol altında soğutulmuş T4 veya T6 koşullarındaki metal

3.3.5.2.6. 5000 ve 6000 serisi Alaşımların Temel Özellikleri :

Seçim Kriterleri :

5000 ve 6000 serisi alüminyum alaşımları bir çok olumlu özelliklerinde dolayı, gemi inşaatında geniş uygulama alanı bulmaktadırlar (Şekil 7).

- Denizdeki dış etkenlere karşı kimyasal korozyon dayanımı (deniz içinde ve dışındaki yüzeylerde)

- İyi mekanik özellikleri,
- Alüminyum-Magnezyum alaşımı profillerin (6000 serisi) seri imalata uygunluğu,
- Hem 5000 hem de 6000 serisinin çok iyi kaynaklı birleştirilme kabiliyeti,
- 5000 ve 6000 serisinin, gemi inşaatı için gerekli yapı elemanları ve profilleri soğuk kalıptan çekmeye çok uygun yapıda olması,

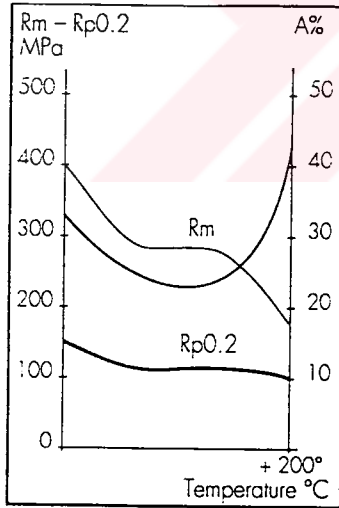
Bu iki alaşımın öne çıkışındaki temel sebeplerdir.

Tablo 3.3.7. Alüminyum alaşımlarının 20 °C'teki mekanik özellikleri

Alaşım	Tavlama	Gerilme Karakteristiği			Elastisite Modülü (MPa)	Brinel Sertliği Yük 1000 kg
		UTS MPa	0.2 %PS MPa	Uzama %		
1050	H24	110	100	25	69.000	30
5083	O and H111	305	170	22	71.000	70
	H116	340	250	15	71.000	80
5086	O and H111	280	150	23	71.000	63
	H116	320	230	16	71.000	73
5454	H111	260	180	22	70.000	60
5754	O and H111	220	130	25	70.000	50
	H24 .	260	205	20	70.000	68
6005A	T5	300	285	13	69.500	75
6060	T5	220	195	11	69.500	70
6061	T6	305	270	13	69.500	95
6082	T6	315	280	12	69.500	95
6106	T5	250	200	10	69.500	85

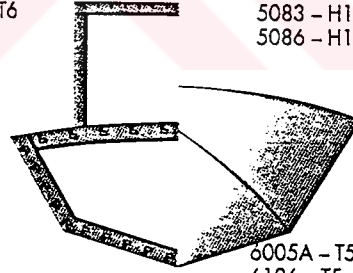
Tablo 3.3.8. 5086-0 alaşımlarının mekanik karakteristiklerinin sıcaklığın fonksiyonu olarak değişimi

Sıcaklık °C	Mekanik Karakteristikler (Test sıcaklığındaki)		
	UTS MPa	0.2 % PS MPa	Uzama 5.65 %
-196	390	140	34
-80	280	120	26
-28	270	120	24
+20	270	120	22
+100	270	120	26
+150	210	110	35
+200	155	105	45



5083 - H111 ou H116
5086 - H111 ou H116
6005A - T5
6082 - T6

6005A - T5
6106 - T5
6060 - T5*
5083 - H111
5086 - H111



5083 - H111 ou H116
5086 - H111 ou H116

6005A - T5
6106 - T5
6060 - T5*
5083 - H111
5086 - H111

*To avoid for structures that should resist shocks.

Şekil 3.3.4. Mekanik karakteristiklerin sıcaklığın fonksiyonu olarak değişimi

Şekil 3.3.5. Tekne inşaatında kullanılan alüminyum alaşımları ve kullanım yerleri

3.3.5.2.7. Mühendislik Uygunluğu ve Kullanılışı :

5000 ve 6000 serisi alaşımların imalat aşamasındaki kaynak ve form alma özelliklerine dair bilgileri Tablo 10'da görebiliriz.

Tablo 3.3.9. Mühendislik değerleri

Alaşım	Tavlama	Korozyon Dayanımı	Anodize Uygunluğu		TIG ve MIG kaynağına uygunluk	Form alma kabiliyeti
			Korunma	Katı anodize		
1050	H24	B	A	A	A	B
3003	H24	B	A	B	A	B
5083	0 and H111	A	A	A	A	B
	H116	A	A	A	A	C
5086	0 and H111	A	A	A	A	B
	H116	A	A	A	A	C
5454	H111	A	A	A	A	B
5754	0 and H111	A	A	A	A	A
	H24	A	A	A	A	C
6060	T5	A	A	A	B	D
6005A	T5	A	A	A	B	D
6061	T6	A	A	A	B	D
6082	T6	A	A	A	B	D
6106	T5	A	A	A	B	D

A : Çok iyi B: iyi C: orta D: Kötü (Kullanılamaz)

T4 tatbikinden sonra kısıtlı deformasyonlar görülebilir.

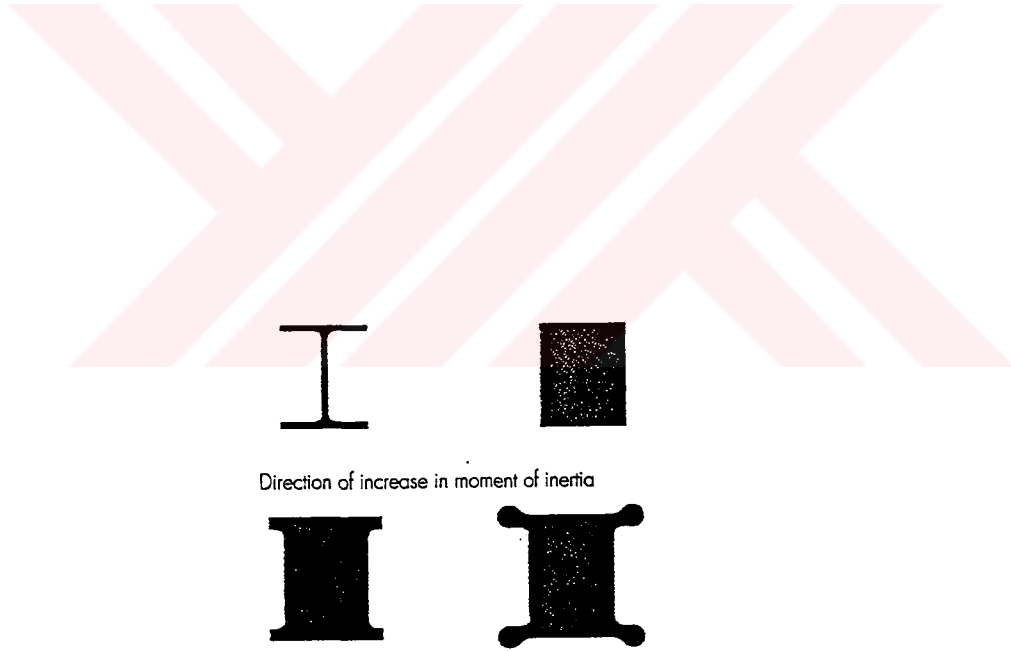
3.3.5.2.8. Soğuk Çekme Profiller :

Alüminyum ve alaşımları soğuk çekmeye olan uygunluğu , özellikle 6000 serisi alaşımlar, çok değişik tip ve ebatla profil üretimini yaygın kılmaktadır.

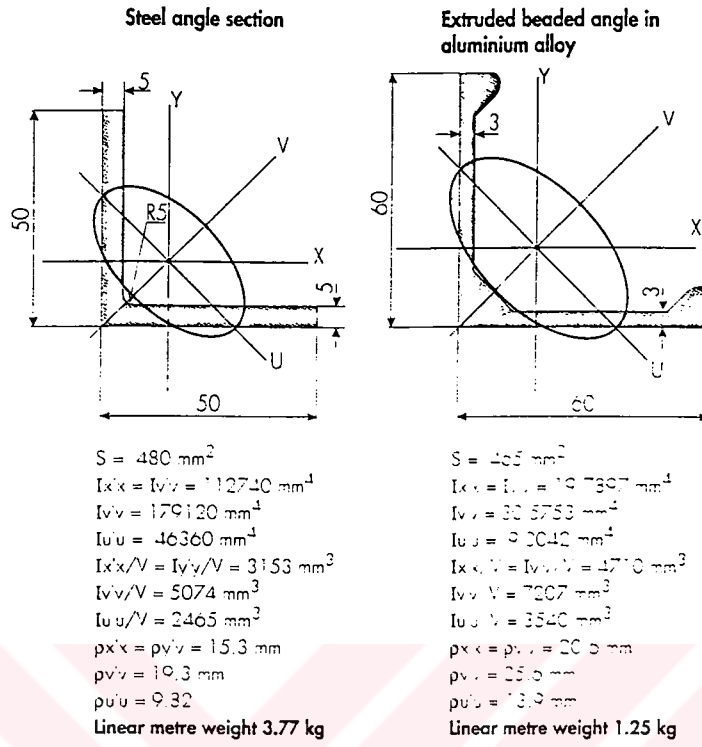
- Dikdörtgen bar profil
- L, I ve U profiller
- Boru tipi bar (tek veya çift delikli)
- İstenilen tipte özel profiller

Profiller küçük boylardan, uzun boylara kadar değişik fonsiyonlara yönelik olarak üretilebilir. Kullanım amaçlarına göre profiller :

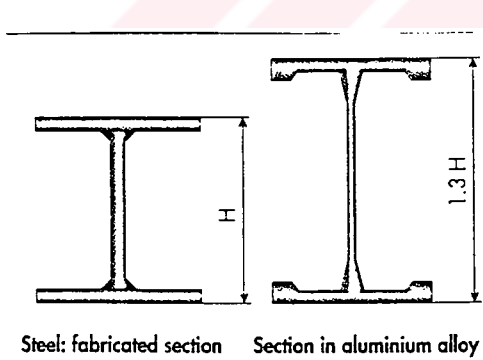
- Plaklarda ve uygun yerlerde doğru kullanılan profiller rijitliği arttırır ve daha da sağlamlaştırır. (Flanç v.b.). Bunlar genellikle mekanik yapılarda ve boyler imalatında kullanılır (Şekil 8).
- Mekanik montajları kolaydır. Flançlar, braketler ve punteller ile kolay ve etkin çalışılır. Bunların gerek kesimi gerek taşınması, montajı v.b.
- Kaynaklı montajlarda yardımcı eleman olarak kullanılırlar (Şekil 9)



Şekil 3.3.6. Bazı ekstrüzyon profilleri

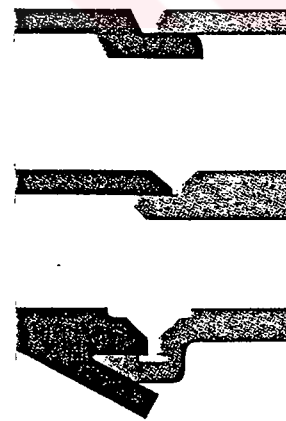


Şekil 3.3.7. Çelik ve Alüminyum profillerin karşılaştırılması



Şekil 3.3.8. I profilde çelik ve alüminyum

Şekil 3.3.9. Eksrüzyon profillerin kaynak tipleri



3.3.6. Gemi İnşaatında Alüminyum Alaşımlarının Kullanılması :

Saf alüminyum, yumuşak ve akma gerilmesi çok düşük bir malzemedir. Bu nedenle saf alüminyuma belirli oranlarda katılan alaşım elementleri yardımı ile elde edilen alaşım, mukavemet ve diğer özellikler yönünden istenen değerlere ulaşır. Böylece alüminyum alaşımları tekne inşaatında kullanılır hale gelmiş olur.

Gemi ve kısımlarının alüminyum ve alaşımlarından inşaatını üç ana gruba ayırmak mümkündür.

I- Hafifliği dolayısıyla gemiler ve muhtelif kısımları tercihen alüminyum ve alaşımlarından yapılmıştır. Bunlar da şu şekilde sıralanabilir.

A- Çok süratli gemiler

- Küçük deniz nakil vasıtaları
- Polis gemileri
- Karakol gemileri
- Yatlar
- Nehir hatlarında kullanılan yolcu gemileri
- Takip gemileri

B- Sığ su gemileri

- Mavnalar
- Sahil cankurtaran gemileri

C- Gemilerin kısımları

- Cankurtaran gemilerini indirip çıkartan küçük vinçler
- Güvertede kullanılan bazı yardımcı vasıtalar
- Güverte parmaklıkları
- Güverte havalandırma vasıtaları
- Uzun kirişler

- Muhtelif gemi direkleri
- Kablolar ve merdivenler
- Güverte güneş tenteleri

II- Korozyona karşı dayanıklılığı dolayısıyla gemilerin muhtelif kısımları tercihen alüminyum ve alaşımlarından yapılır. Bunlar da aşağıda verilmiştir :

- Balık ve etlerin muhafazası için kullanılan soğutma ambarlarının iç kaplamasında
- Sebze ve meyve ambarları
- Şilep ve yolcu gemilerindeki soğuk hava depolarının izolasyon ve kalıplamasında
- Yağ tanklarının kaplanması
- Gemi mutfaklarının iç donanımında
- Kamara pencerelerinde
- Gemi mobilyalarında
- Gemi dekorasyonunda
- Elektrik tesisatlarında

III- Hafifliği ve korozyona karşı mukavemeti dolayısıyla gemilerin muhtelif kısımları alüminyum ve alaşımlarından inşaa edilmiştir. Şöyleki :

- Havalandırma kanalları
- Boru tesisatları
- Makina dairesinin muhtelif kısımları
- Şamandırılar
- Can kurtarma salları
- Bacalar
- Balıkçı gemilerinin muhtelif kısımları

3.3.7. Alüminyum Alaşımlarının Tekne İnşaatına Uygun olan Özellikleri

3.3.7.1. Hafiflik

Alüminyum alaşımlarının yoğunlukları 2.6-2.8 arasında değişir. Bu değer 7.85 gr/cm³ olan gemi inşaa çeliğinin 1/3 'ü kadardır. Yani alüminyum alaşımları çelikten üç kat daha hafiftir.

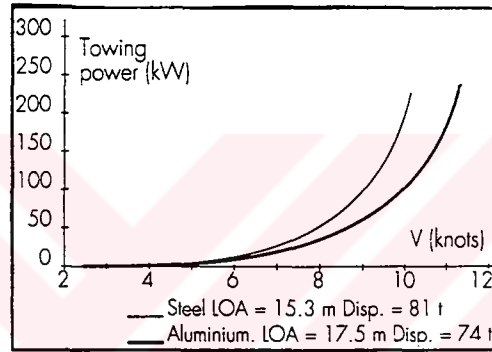
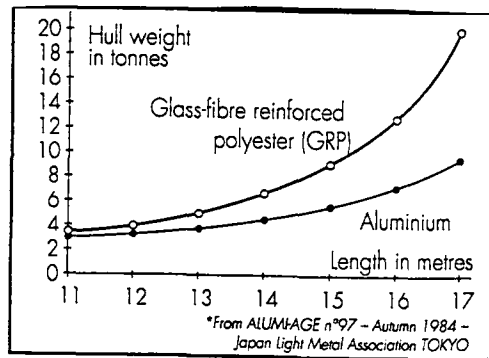
Eşdeğer bir tekne gövdesi ağırlığında, ortalama %40-50 hafiflik sağlar. Alüminyum CTP ile karşılaştırdığımızda ise görülürki tekne boyu 10 metreyi geçtikten sonra ağırlık farkı geometrik olarak artmaktadır. Yani 10 metreden sonra eşdeğer bir tekne için Alüminyum yapı CTP 'den giderek artan bir şekilde hafiftir (Şekil 3.3.11.).

Teknenin hafifliği sayesinde, önemli yararlar sağlamak mümkündür. İlk başta tekne ağırlığı için, azalan miktar kadar yük taşıma imkanımız ortaya çıkar ki, bu daha fazla kazanç demektir. Yolcu gemilerinde ise yolculara ayrılan yerde artma demektir. Geminin taşıma kapasitesini aynı tutmak istediğimiz taktirde, draft azalacağından ıslak alan azalır. Bu da daha az bir makina gücü gerektirir. Tekne malzemesi hafif olduğundan, tersanedeki kaldırma araçlarının kaldırma kapasitelerinin fazla olmasına gerek kalmaz. Ayrıca işçilik ve malzemelerin bakım tutum maliyetlerinde de bir azalma olacaktır. Eğer teknenin sadece üst binası alüminyum alaşımlarından yapılıyorsa, bu durumda teknenin stabilitesinde artış meydana gelecektir.

Bu sonuca, Central Collage of Nantes Üniversitesi Gemi Hidrodinamiği deney laboratuvarında 1990 yılında yapılan çalışmalar neticesinde varılmıştır. Bu çalışmada: eş değer özelliklere sahip (Örneğin; eşit itme gücü, eşit balık taşıma kapasitesi v.b.) iki balıkçı teknesinin aynı kriterlere göre karşılaştırılması düşünülmüştür. Balıkçı teknelerinden biri alüminyum malzemeden diğeri ise çelikten yapılmıştır. İki teknenin ana karakteristikleri aşağıda Tablo 3.3.10. 'deki gibidir.

Tablo 3.3.10. Balıkçı teknelerinin karakteristik özellikleri

Boyutlar	Çelik Balıkçı Teknesi	Alüminyum Balıkçı Teknesi
L _{OA}	15.30 m	17.50 m
L _{WL}	13.70 m	16.00 m
B _{WL}	5.80 m	5.48 m
Draft (T)	2.05 m	1.78 m
L _{WL} /B _{WL}	2.36 m	2.52 m
Δ NOMINAL	81 t	74 t

**Şekil 3.3.10.** Çelik ve alüminyum balıkçı teknelerinin motor itme güçleri kıyaslaması**Şekil 3.3.11.** CTP ve alüminyumdan yapılmış balıkçı teknelerinin karşılaştırılması

Deney sonucu, Şekil 3.3.10'da da görüleceği gibi eşdeğer güçteki alüminyum balıkçı teknesi çelik olandan çok daha fazla hafiftir. Bu dolayısıyla teknelerin eşdeğer güçteki hızlarında kendisini göstermektedir. Bu da yakıt harcamında azalma demektir.

Tablo 3.3.11.

Hız (knot)	Kazanç (%)
8	28
9	38
10	50

100 kW gücün altında her 1 knot hız değişiminde alüminyum teknede kazanılan işletme (yakıt) harcamı yukarıdaki gibidir. Bu kazanç iki sebepten dolayı oluşmaktadır. Direkt olarak birinci etken ağırlıktır. Dolaylı olarak alüminyumun hafifliğinden dolayı, eşdeğer tekneyi daha narin yapabilmemizden kaynaklanmaktadır. Narin formun kazanç etkisini yüksek hızlarda daha iyi farkedebiliyoruz. Bu iyileşmeye küçük bir etkende tüm bunların seyir verimine %3 ila %5 ilave kazanç getirmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3.7.2. Bakım Tutum Kolaylığı :

Alüminyum ve alaşımları havadaki oksijenle birleşerek malzeme üzerinde çok ince fakat çok sert bir oksit tabakası oluşur. Bu oksit tabakasından meydana gelen izolasyon sadece yüksek hızda akımların meydana geldiği bölgelerde malzeme üzerinde ayrılmak zorundadır.

3.3.7.3. Kolay İşlenebilme :

Alüminyum alaşımları çeliğe oranla çok daha yumuşak ve sünek bir malzeme olduğundan şekil değiştirme kabiliyeti çok yüksek ve işlenebilmesi çok kolaydır. Özellikle Mg, Mn, Si içeren alaşımlarda bu özellik çok daha fazladır. Bu durumda malzemenin işlenme maliyeti düşer.

3.3.7.4. Titreşim :

Alüminyum alaşımlarının çeliğe oranla daha az vibrasyon ve ses iletmesi yolcu gemilerinde ve yatlarda gerekli olan konforun sağlanmasını kolaylaştırmaktadır.

3.3.7.5. Spark :

Malzemenin hızla ve darbeye birbirine sürtünmesiyle spark elde edilir. Ancak alüminyum ve alaşımlarında bu spark oluşmaz.

3.3.7.6. Manyetiklik :

Alüminyum alaşımları manyetik olmadıklarından, özellikle mayın tarama gemilerinde tercih edilirler. Bunun yanında gemilerde pusula ve navigasyon aletleri üst binanın manyetik olmaması nedeni ile hatalı veriler vermezler.

3.3.7.7. Kaynak Edilebilirlik :

Çok yakın zamana kadar alüminyum ve alaşımlarında bağlantı elemanı olarak perçin kullanılmıştır. Ancak yeni kaynak yöntemlerinin geliştirilmesi ile alüminyum kaynağındaki güçlükler ortadan kaldırılmıştır. Alüminyum üzerinde oluşan oksit tabakası kaynak esnasında kaynak ağzına gelen yerlerde eritilerek dikişe dahil edilmek zorunda kalınıyordu. Oksit tabakası temizlense bile çok kısa sürede yeniden oluştuğu için bu durum önlenemiyordu. Daha sonra gaz altı kaynağı sayesinde bu durum ortadan kaldırıldı. Bu kaynak yönteminde, kaynak bölgesine argon gazı verilerek bu bölgenin hava ve oksijenle ilişkisi kesilir. Bunlara ilave olarak Mg alaşımlı alüminyum, kaynaktan sonra mukavemetini kaybetmez. Hatta bazı durumlarda artma bile olduğu gözlenebilir.

3.3.7.8. Paslanma Dayanımı :

Denizde malzemenin korozyonu çok önemli bir husustur. Gemideki ekipmanların ve özellikle geminin çalışma anındaki güvenilirliği ile direkt etkilidir.

Şimdiye kadarki tecrübeler göstermiştir ki 5083, 5086, 6005A ve 6061 malzemeden inşa edilmiş marina yapıları, büyük ve küçük tekneler uzun yıllar korozyondan dolayı hizmetlerini aksatmamışlardır. Üstelik boyamak, anodize etmek ve diğer kimyasal tedbirlere gerek kalmaksızın bu sağlanmıştır.

3.3.7.9. İmalat Esnekliği :

Günümüzde alüminyum üreticileri ve kullanıcıları çok deneyimlidirler. Artık çok basit proseslerle, fabrikasyon üretim bile yapılabilmektedir. Alüminyum levhaların ve profillerin kesimi ve kaynağı artık bilgisayar ve elektronik aletlerin yardımıyla hatasız olarak yapılabilmektedir. (Bunlar ileride incelenecektir.)

Ayrıca kaynak dikişinin üzerinin taşlanması, çelikte olduğu gibi kaynak bölgesinin mukavemetinin düşmesine sebep olmaz.

3.3.8. Alüminyum Alaşımlarının Tekne İnşaatına Uygun Olmayan Özellikleri

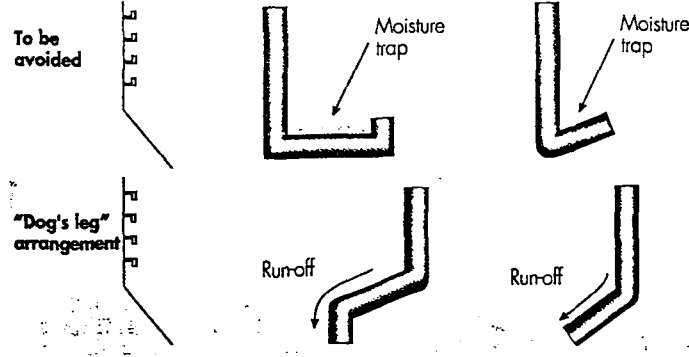
3.3.8.1. Pahalılık :

Alüminyum alaşımları oldukça pahalı malzemelerdir. Çeliğe oranla 8-10 kat daha pahalı olan alüminyum alaşımları genellikle maliyetin önemli olmadığı teknelerde tercih edilmektedir. Ancak uzun ömür ve diğer üstün özellikleri dikkate alınacak olursa ilk mal oluş fiyatı önemsenmeyebilir. Günümüzde motorbotlarda ve yarış yatlarında çokça kullanılmaya başlanmıştır.

3.3.8.2. Galvanitik Korozyon :

Galvanik korozyon sebebi ile alüminyum ve alaşımları çelikle beraber kompozit olarak çeşitli problemler doğurmaktadırlar. Bu problemler bağlantı elemanlarından ileri gelmektedir. İki metal arasındaki izolasyonun mükemmel olması sorunu, yeni

tekniklerin geliştirilmesine önayak olmakla birlikte işçilik ve maliyetin de artmasına sebep olmuştur. Bu olumsuzluk Tri-Clad malzeme ile büyük oranda giderilmiştir.



Şekil 3.3.12. Rutubet korozyonundan koruma yöntemleri

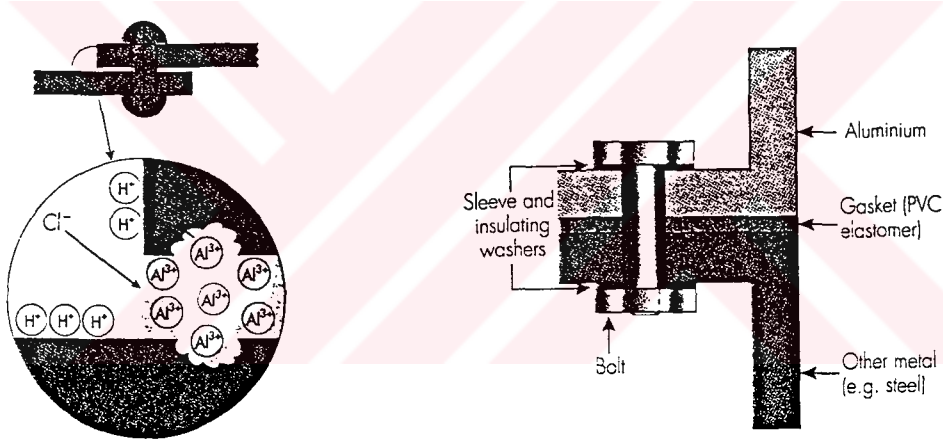
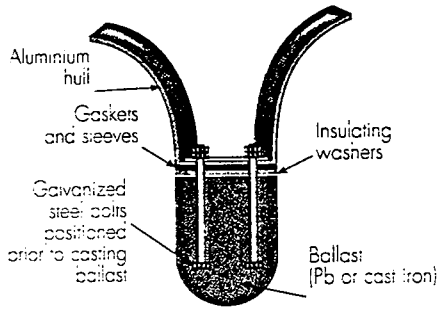


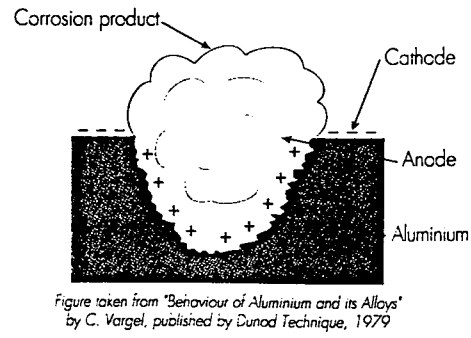
Figure taken from 'Behaviour of Aluminium and its Alloys' by C. Vargel, Dunod Technique, 1979

Şekil 3.3.13. Çatlak korozyonu

Şekil 3.3.14. Alüminyumun diğer metallerden korozyon izolasyonu



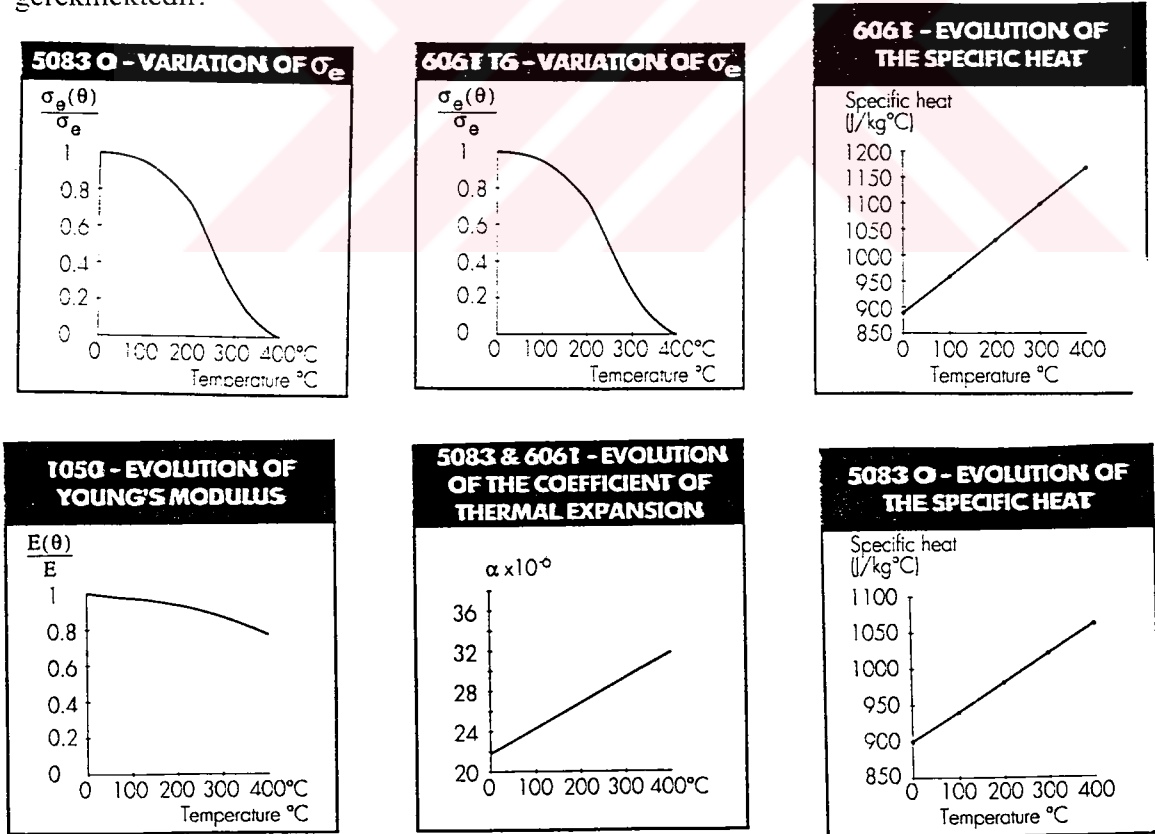
Şekil 3.3.15. Alüminyum teknelere kurşun (veya demir) balast eklenmesi



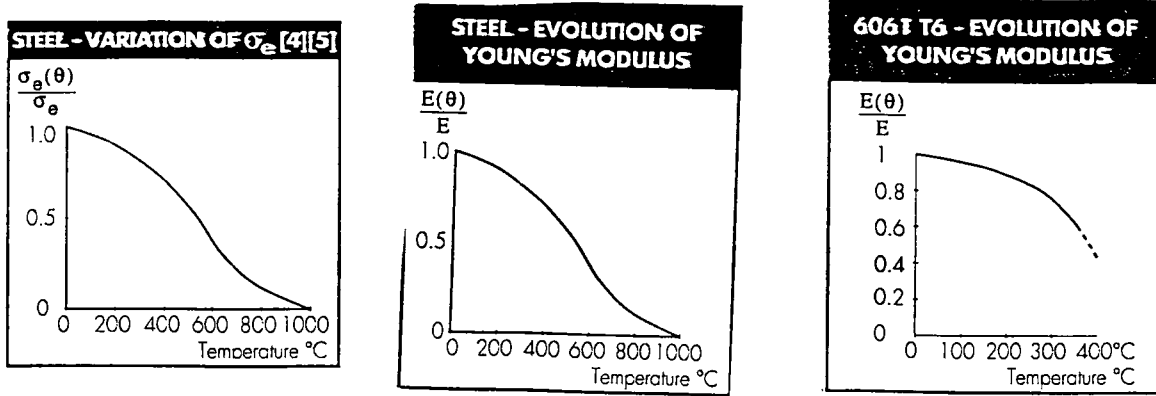
Şekil 3.3.16. Çukur korozyonu

3.3.8.3. İzolasyon :

Alüminyum sıcaktan ve yangından kolay etkilenebilecek bir malzemedir. Kolaylıkla yanabilir. Bu nedenle çeliğe oranla daha az güvenlidir. Bilhassa yolcu mahallerinde ve yangın tehlikesi olan yerlerde izolasyonun çok iyi yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.3.17.a Değişik alüminyum alaşımlarının yüksek sıcaklıktan etkilenmeleri



Şekil 3.3.17.b Değişik alüminyum alaşımlarının yüksek sıcaklıktan etkilenmeleri

3.3.8.4. Çentik Etkisi ve Yorulma :

Alüminyum alaşımlarının çentiğe karşı olan hassaslığı işçiliğinin çok dikkatli yapılmasını gerektirmektedir. Makaralama bile çentik etkisi yapabilir. Bu nedenle makaralamaların çok derin olmaması ve makaralama yerlerinden malzemenin bükülmemesi şarttır. Çentik mukavemetinin düşük olması nedeni ile köşelerde ve güverte açıklarında elemanların daha kalın ve mukavemetli yapılması gerekmektedir.

Alüminyum alaşımlarının yorulmaya karşı yeterli mukavemeti yoktur. Periyodik uygulanan yüklemelerde yorulma fazla olur. Bu nedenle de özellikle tekne üzerine periyodik olarak aynı tip yüklemelere maruz kalan yerlerin ayrıca desteklenmesine özen gösterilmelidir.

3.3.8.5. Katodik Koruma :

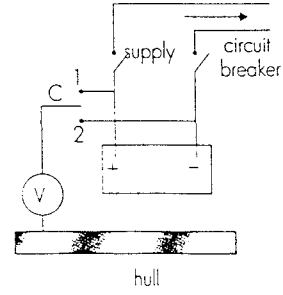
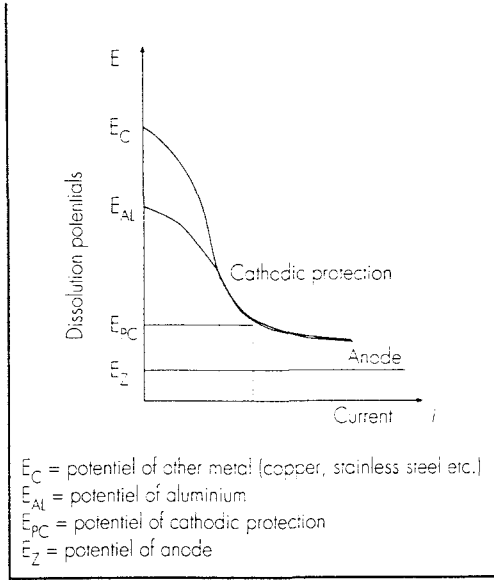


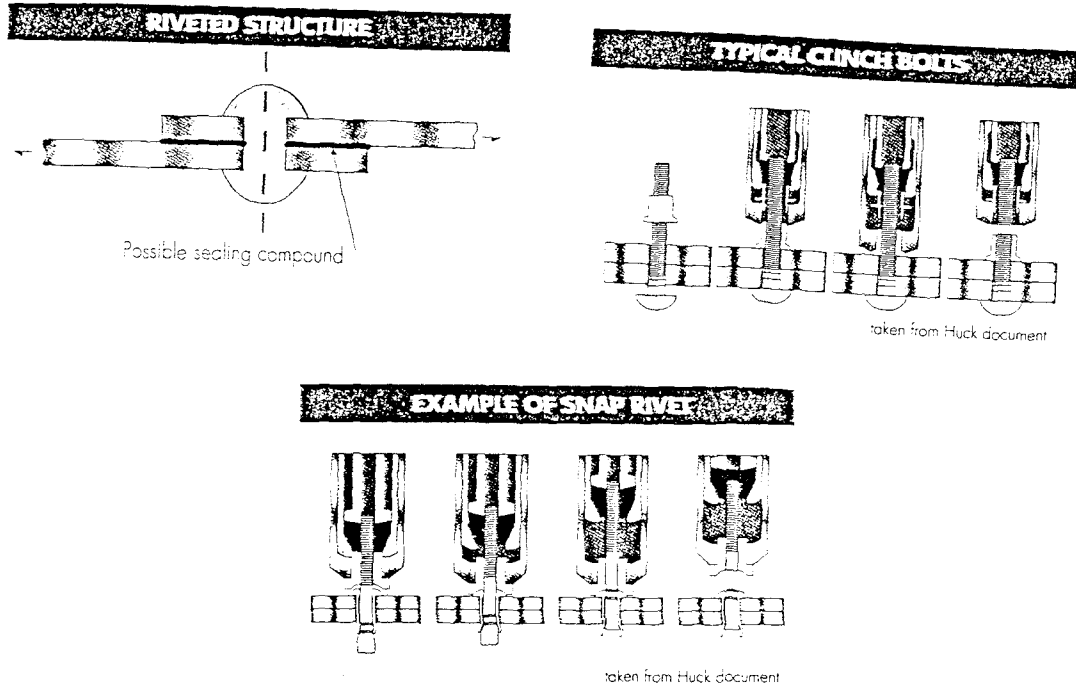
Figure 65

Şekil 3.3.18. Malzemelerin bimetallik
çözümleri

Şekil 3.3.19. Elektronik katodik
korumanın şematik gösterimi



Şekil 3.3.20. Tutya ile katodik koruma



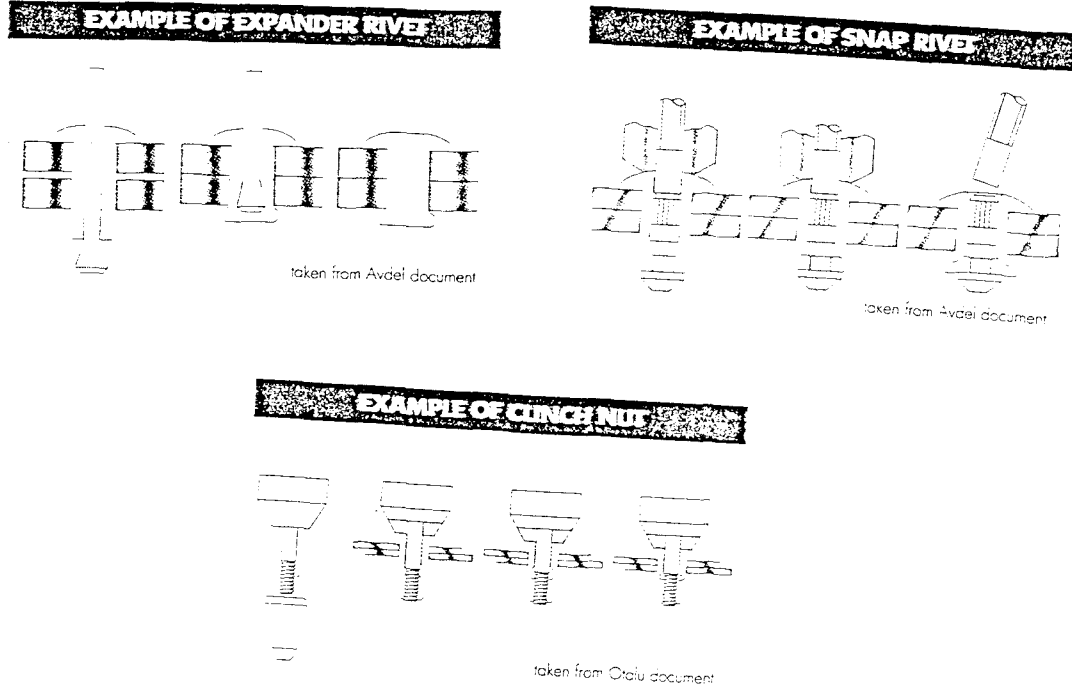
Şekil 3.3.21. Perçinle, değişik tipte birleştirme yöntemleri

3.3.9. Alüminyum Alaşımlarının Tekne Konstrüksiyonu Yönünden İncelenmesi

Alüminyum alaşımlarından oluşan tekne konstrüksiyonu, çelik konstrüksiyonun yapısal olarak aynıdır. Tekne konstrüksiyonunda çeşitli kalınlıktaki saclar, profiller ve borular kullanılır. Bu parçalar perçin veya kaynakla birleştirilir. Diğer bileşimler günümüzde geniş çapta kaynak birleştirme yapılmaktadır. Alüminyum alaşımlarının tekne konstrüksiyonundaki birleştirmeleri kaynakla, perçinle ve/veya civatayla, klips-geçme ile veya yapıştırma ile gerçekleştirilir.

3.3.9.1. Perçinle Birleştirme :

Alüminyum perçinleri, çeliğin aksine olarak normal vaziyette soğuk olarak döğülür. Perçin başlarının iyi bir şekilde yığılması için perçinle delik arasında gayet az bir boşluk bırakılmalıdır. Tabii sert AlMg₃ ve AlMg₅ alaşımlarının perçinlenmesinde yumuşak veya yarı sert durumda çalışılır. Yaşlandırma yolu ile sertleştirilen AlMgSi alaşımı soğuk olarak yaşlandırılmış vaziyette perçinlenir.

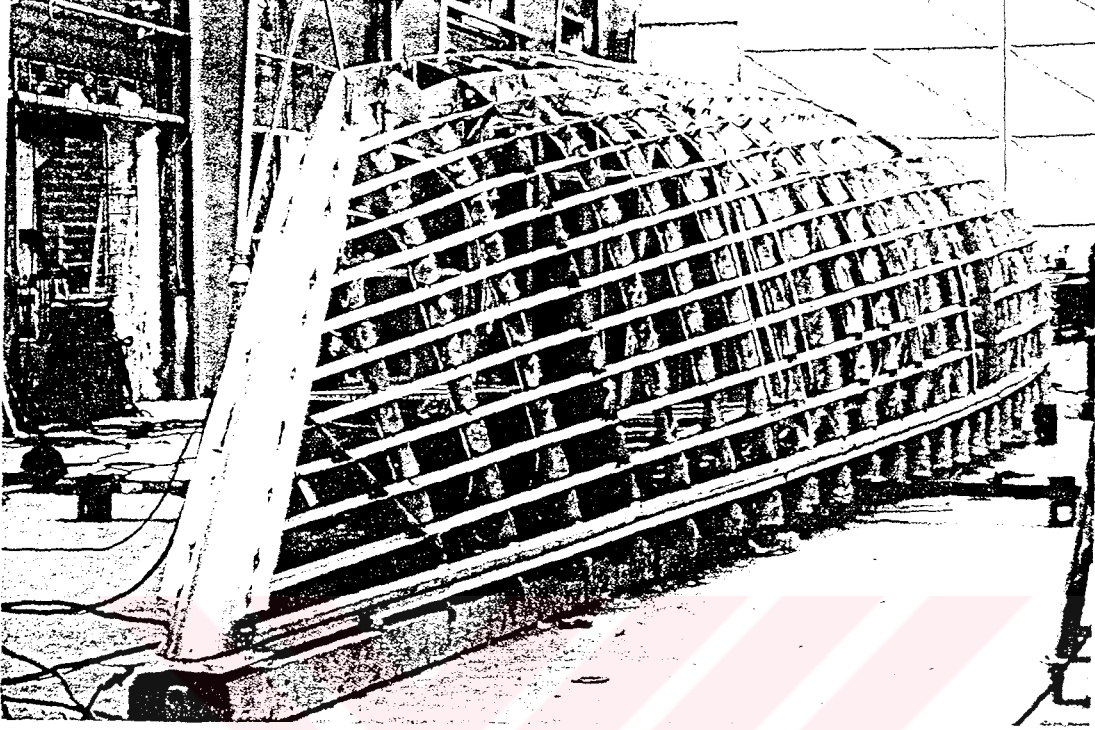


Şekil 3.3.22. Perçinle, değişik tipte birleştirme yöntemleri

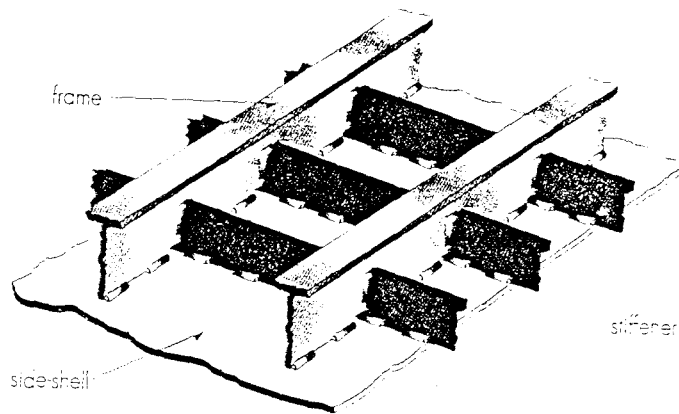
3.3.9.2. Kaynakla Birleştirme :

Alüminyum parçaların birleştirilmesinde çeşitli kaynak teknikleri kullanılabilir. Ancak bizim incelememiz gereken teknikler gemi inşaatı için uygun olmalıdır.

Tatmin edici bir kaynak bağlantısı elde edebilmek için önce alüminyum alaşımının yüzeyini kaplayan koruyucu oksit tabakası uzaklaştırılmalıdır. Bu tabakanın alaşımının korozyona uğramasını engellemektedir. Fakat bu oksit tabakası kaynak sırasında ergimiş iki metalin birleşmesine engel olur. Eskiden kullanılan kaynak tekniklerinde oksit tabakasını kaynak bölgesinden uzaklaştırmak için Clorit, Florit gibi tuzlar kullanılırdı. Ancak bu tuzlar ergimiş metal içinde kaldıklarından kaynak mukavemeti düşük olmaktaydı. Son yıllarda geliştirilen Inert-gas tungsten ark (TIG) ve Inert-gas metal ark (MIG) kaynak metotları bu problemleri tamamen ortadan kaldırmıştır.



Şekil 3.3.23. Gövdenin kaplanmasından önce Alüminyum bir tekne



Şekil 3.3.24. Alüminyum kaynakta profil ve gövde bağlantıları

3.3.9.2.1. TIG Kaynağı :

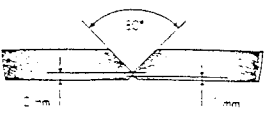
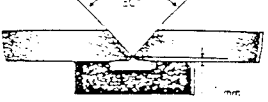
Bu metotta ark, kullanılan tungsten elektrodla kaynak edilecek parça arasında teşgil edilir. Ayrıca dolgu malzemesi olarak kullanılacak alüminyum alaşımlarından bir tel, arkın içine tutularak erimesi sağlanır. Ark, alüminyumun yanmasını önlemek için sürekli olarak argon gazı içinde tutulur.

3.3.9.2.2. MIG Kaynağı :

Bu metodun TIG kaynağından farkı elektrod ile dolgu telinin birlikte olmasıdır. Dolgu teli elektrodun içindedir ve kaynak hızına göre otomatik olarak dışarı doğru itilir. Ark argon atmosferi ile korunur. En yüksek kaliteli dikişler bu metodla elde edilir.

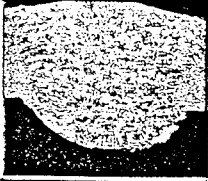
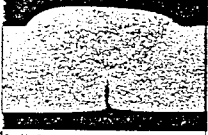
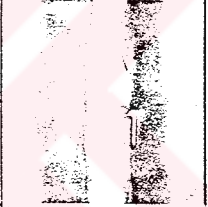
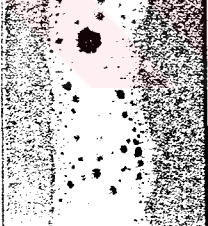


Tablo 3.3.12. Kaynak ağızları

PROCESS	WELDING POSITION	WELD BEAD	THICKNESS	PREPARATION	REMARKS
TIG	All positions	One side only	$0.8 < t < 1.5$		A slight roof formed by the edges limits deformation
TIG	Horizontal	One side only	$0.8 < t < 5$		Chamfered ends, stainless steel liner, diamond weld
TIG	All positions	One side only, back-weld possible	$1.5 < t < 5$		Back-welded free edges
TIG	All positions	One side only	$4 < t < 6$		Back-welded free edges, angle same as inside, but with offset bevel
MIG	All positions	One side only with back-weld	$2.5 < t < 6$		Back-weld necessary after gouging to base of first pass
MIG	All positions	One side only	$2.5 < t < 6$		Stainless steel liner
MIG	All positions	One side only	$2.5 < t < 6$		
MIG	Horizontal and overhead*	Weld on one side only	$6 < t < 25$		Back-weld necessary after gouging to base of first pass. Clearance: 1.5 mm max.
MIG	Horizontal and vertical*	Weld on one side only	$4 < t < 25$		Ribbed stainless steel liner

* X-shaped bevels are preferred for components $6 \text{ mm} < t < 25 \text{ mm}$ to restrict deformation due to welding.

Tablo 3.3.13. Kaynak etkileri

DEFECT	LIKELY CAUSE	EXAMPLE
Geometrical defects: - bead too bulging - excessive penetration - unevenness - undercuts, "spagging"	- Welding rate too slow. - Incorrect bevel geometry. - Low arc voltage. - High arc voltage. - Poor torch guidance.	
Poor penetration	- Low current. - Welding rate too fast. - Poorly prepared bevels. - High arc voltage.	
Poor bonding	- High arc voltage. - Bevel too tight. - Multiple passes made too quickly. - Low current. - Workpiece cold.	
Tungsten inclusions	- Small electrode diameter. - Wrong electrode material. - Poor handling by welder.	
Other inclusions	- Wire brush particles. - Soiled weld liner. - Poor interpass fettling.	
Irregular porosity	- Inadequate degreasing of components prior to welding. - Filler wire soiled or wet. - Workpiece wet. - Poor gas protection. - Pass started on cold component. - High arc voltage.	
Aligned porosity	- Poor penetration. - Temperature gradient too abrupt between liner and workpiece. - Excessive gap between joint edges.	
Fissures	- Wrong filler metal. - Inadequate application of filler metal (6000 series). - Unsuitable parent alloy. - Excessive clamping. - Sudden cooling. - Pass started direct on welded component. - Pass finished with sudden arc cutoff.	

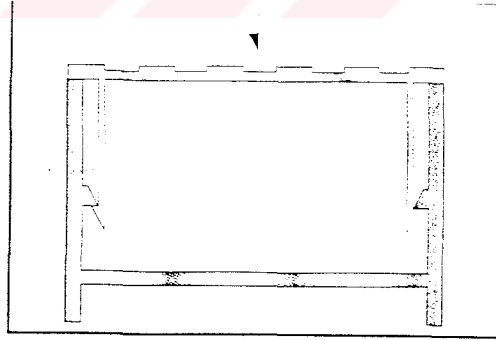
3.3.9.3. Civata ile Bağlantı :

Civata ile bağlama, alüminyum üst yapı ile çelik tekneyi birleştirirken kullanılır. Civatalar paslanmaz çelikten veya galvanize edilmiş çelikten olmalıdır. Civata sıkıştırılmadan önce çinko kromat ile kaplanmalı ve mümkünse metal olmayan rondelalar kullanılmalıdır.

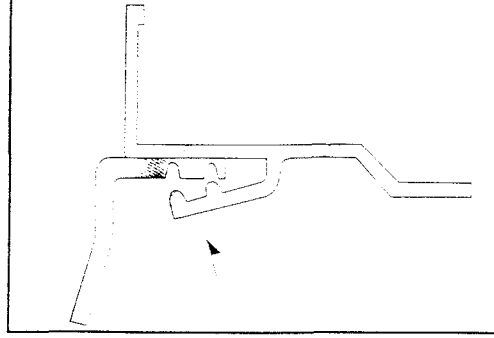
Tablo 3.3.14. Bazı civataların teknik özellikleri

Alaşım	UTS (MPa)	Basma Dayancı 0.2 % (MPa)	Uzama %
6108 T8	300	260	8
7075 T73	550	470	10

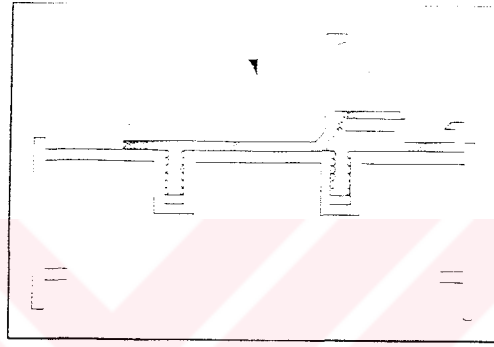
3.3.9.4. Klips-Geçmeli Bağlantı :



Şekil 3.3.25. Geçme kancalı klip bağlantı

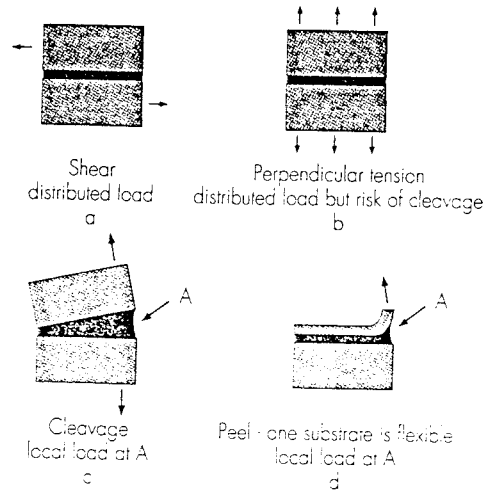


Şekil 3.3.26. Sabit klips bağlantı



Şekil 3.3.27. Sabit klips bağlantı

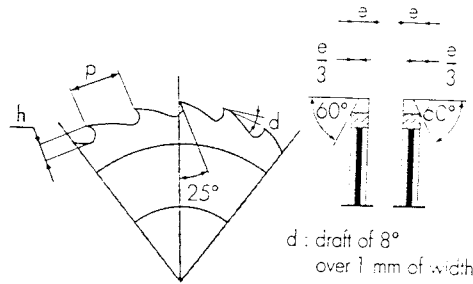
3.3.9.5. Yapıştırma Bağlantı :



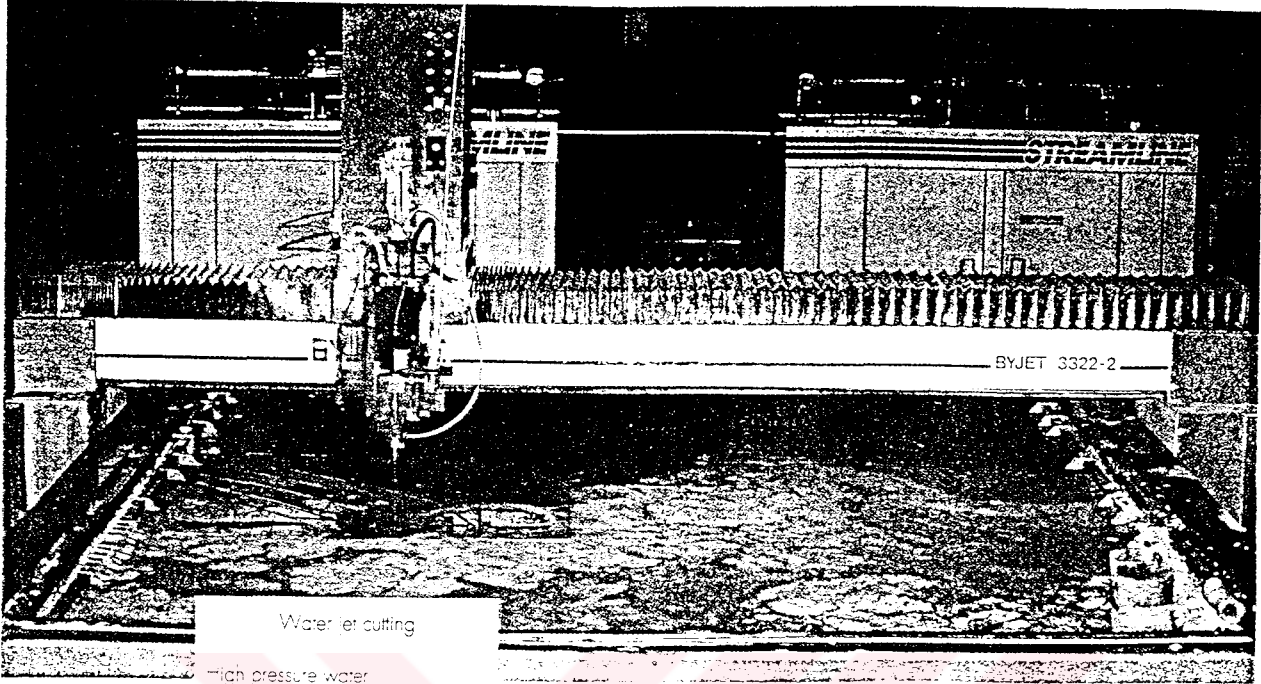
Şekil 3.3.28. Yapıştırma yüzeylerinin maruz kaldığı kuvvet tipleri

3.3.9.6. Kesme :

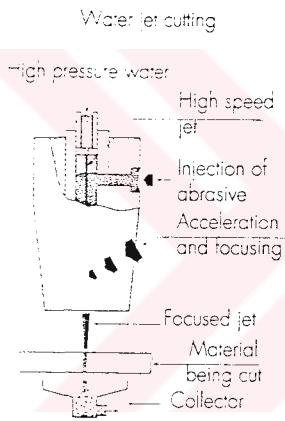
Alüminyum yumuşak malzeme olduğundan çok yüksek sertlik dayanımı gerektirmeyen hızlarla soğuk kesilebilir. Montaj yerinde dahi soğuk kesme yapabiliriz. Fakat nümerik kesimde, çelikteki klasik oksijenli kesme alüminyumda uygulanamaz. Alüminyum oksitin erime dayanımı alüminyum alaşımından çok daha yüksektir. Çelikte butersi olduğu için oksijenle kesim yapılabilirdi. Alüminyumda daha pahalı olan plazma kesimi kullanılır. Bunun için çelikteki oksijen yerine kesici olarak yüksek basınçlı su kullanılır.



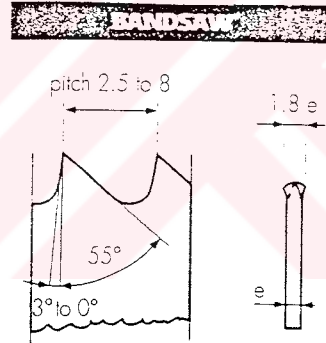
Şekil 3.3.29. Bant hızı



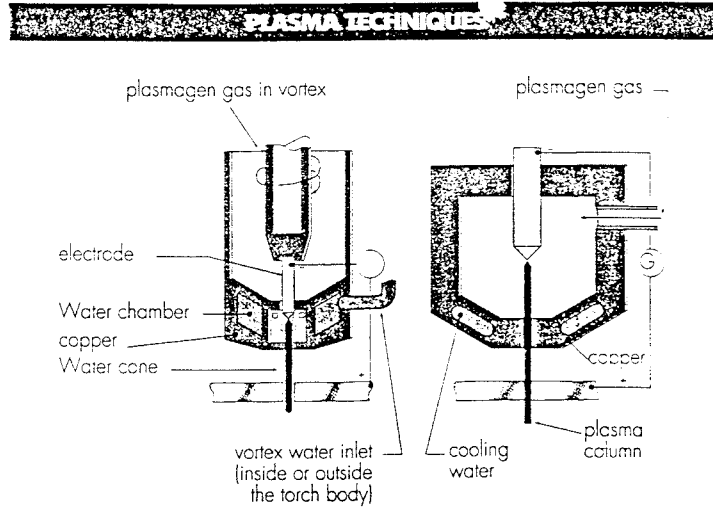
Şekil 3.3.30. Su-jeti kesme tezgahı



Şekil 3.3.31. Su-jeti kesme kafası



Şekil 3.3.32. Bant hızı



Şekil 3.3.33. Plazma tekniği şematik gösterimi

3.4.1- KOMPOZİT MALZEME :

Birden fazla malzemenin aralarındaki kimyasal bir bağ oluşturmaksızın makro oranda karıştırılması ile elde edilen yeni malzeme guruplarıdır.

Kompozit malzemenin en iyi yönü, yapı bileşenlerinin istenilen kalitede seçilebilmesi ve yapı bileşenlerinin geliştirilen malzeme özelliklerine sahip olmasıdır.

Son 45 yıldan bu yana elyaf takviyeli termoset reçine ile üretilen ürünler tüm dünyada değişik uygulama alanlarında kullanılmaktaydı. Ancak malzemenin ismi yakın geçmişe kadar herkesçe bilinmemekteydi. "Fiberglass" olarak tanınan bu malzeme genellikle tüm dünyada belli kısaltmalarla ifade edilmektedir.

İngilizce : GRP Glass Reinforced Plastics

FRP Fiberglass Reinforced Plastics

Fransızca : PRFV Plastic Renforce de Fibres de Verre

Almanca : GFK Glasfaser Kunststoffe

Türkçe ifadesi de Cam Takviyeli Plastik (CTP) dir. Fakat halk arasında kısaca fiber denilmektedir. Genel olarak cam elyafı ile takviye edilmiş poliyester reçineleri ifade etmektedir. Ancak poliyester yerine diğer termoset ve termoplastik reçineler de kullanılabilir.

Elyaf takviyeli reçine sistemi, takviye elemanının termoset reçine içerisine yayılmasından oluşan kompozit bir malzemedir. Ayrıca, dolgu maddeleri ve pigmentler gibi bazı maddeler de bünyede bulunmakla beraber kompozit malzemenin esasını oluşturmazlar. Genel olarak kullanılan reçine, uygun bir katalist sistemi ilavesiyle bir şebeke yapısı oluşturan ve ısı ile eritilmez bir katı cisim haline gelebilen şurup kıvamında bir sıvıdır.

Keçe veya dokuma şeklindeki elyafı malzemenin katalizlenmiş reçine ile ısıtılıp sertleşmesi beklenerek kompozit malzeme elde edilir. Bu işlem açık veya kapalı bir kalıpta yapılır elde edilen ürün kalıbının tüm şekillerini ters olarak gösterir.

CTP' nin mukavemetini sağlayan cam elyafı gayet ince cam lifciklerden oluşmaktadır. Bunlar ya hazır şeklinde bir keçe yada örülmüş tabakalar halinde temin edilebilir.

Plastik reçinenin fiziksel özellikleri çok zayıftır ve tek başına asla mukavemetli bir yapı için düşünülemez. Cam elyafı ise sadece çekme gerilmelerine dayanıklı bir malzemedir. Fakat her ikisinin bir araya getirilmesi ile özellikle deniz şartlar için çok uygun, mukavemetli bir malzeme ortaya çıkmaktadır.

CTP, betonarme ile karşılaştırılabilir. Nasıl betonarmede çelik çubuklar yük taşıyıcı görevini üstleniyorsa, CTP'de cam elyafı malzemenin mukavemetini sağlamaktadır. Reçine ise beton gibi cam elyafı bir arada tutmak ve kolay şekil verilebilme olanağını sağlamaktadır.

3.4.2. CTP TEKNELERİN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

İkinci dünya savaşı'nın sona ermesi ile ilk fiber botlar yapılmaya başlandı. İlk yapılanlar Amerikan Bahriyesi için yapılan 8.5 m'lik bir seri personel botu idi. Hemen arkasından yine bahriye için çok çeşitli tipte botlar inşa edilmeye başlandı. Bunlar 3.6 m ile 15.2 m arasında değişen çıkarma botları, hizmet ve personel botları, cankurtaran sandalları gibi teknelerdi. En çok dikkati çeken 9.5 m'lik nehir polis botları idi. Bunlar Güneydoğu Asya'da kullanılmaktaydılar.

Amerika Sahil Muhafaza Örgütü 12.2 m boya kadar çok çeşitli hizmet ve güvenlik botları inşa ettirdi. Bunlardan çoğu 1972'de çeyrek asırlık sürekli hizmete rağmen hala verimli olarak ve yapısal özelliklerini yitirmeksizin çalışmaya devam ediyorlardı.

CTP ilk defa küçük motorbot ve yelkenlerin inşaatında kullanılmıştı. Bugün ise mevcut motorbotların %60'ı, mevcut yelkenlilerin %90'ı fiberdendir. Kısa sürede CTP'nin bu sahada ne kadar hızlı bir gelişme gösterdiği şaşırtıcıdır. Günümüzde en büyük CTP yatlar 26 m'lik bir seriye aittir.

Fiberglas balıkçı trawlerlerinin gelişimi ise 1960'da 19.2 m'lik bir serinin inşaatına geçilmesi ile başladı. (Referans 1) Paralel olarak ABD'de bir CTP balıkçı trawlenleri yapılmaya başlandı. Bunlardan 22 m'lik "R.C. Brent " trawleri 1968'de Florida da denize indirildi. 1972'ye kadar yapılan balıkçı tekneleri arasında en büyüğü Peru'da yapılan 28.5 m'lik gemiydi. CTP tekne balıkçı gemileri için üst limit 33.5 m'dir.

CTP mayın arama tarama gemilerinin gelişimi 1960'larda ABD ve İngiltere'de başladı. Manyetik özelliklerinin olmaması CTP'yi bu tip gemiler için ideal malzeme olarak çıkarmıştı. Ayrıca bakım tutum masraflarının da az olması klasik ahşap mayın arama tarama gemilerine karşı da bir avantaj sağlıyordu. Amerika Bahriyesi 58 m'ye kadar mayın gemilerinin etüdlerini ve ayrıca malzemenin akustik karakterini ve şok dalgalarına mukavemeti inceletmişti. Ocak 1972'de o tarihe kadar yapılan en büyük CTP tekne 46.6 m'lik mayın arama tarama gemisi İngiltere'de denize indirildi.

CTP, gemi inşaatından başka, gemi techizinde de çok önemli yeri olan bir malzemedir. Güverte evlerinde, tatlı su, tuzlu su ve yakıt tanklarında, direk ve bumbalarda, ambar kapaklarında can filikalarında hafiflik, korozyona dayanıklılık ve ömür gibi faktörler nedeniyle daha fazla kullanılmaktadır. En ilginç kullanım sahalarından biri de LASH gemilerinin yavru teknelerinin konstrüksiyonudur. 18.3 m'lik prototip yavru tekneleri olan bir LASH gemisi 1972'de hizmete konmuştur. Böylece kargo taşıma kapasitesi arttırılmıştır.

3.4.3. NİÇİN CTP KULLANILIR

CTP 'nin kullanımı üstünlüklerini kısaca şöyle özetleyebiliriz :

- 1) Termoset
- 2) Üstün mukavemet/ağırlık oranı ve sertlik
- 3) Sınırsız kalıplama boyutları
- 4) Kolay üretim
- 5) Çok sayıda üretim tekniği
- 6) Küçük sermaye yatırımı (el yatırması için)
- 7) Düşük maliyetle az sayıya üretim olanağı (prototip)
- 8) Tasarım esnekliği
- 9) Diğer malzemelerle bağdaşma özelliği (takviye amacı ile köpük kullanımı)
- 10) Mükemmel su dayanımı
- 11) Çok sayıda kimyasal maddeye dayanım
- 12) Hava koşullarına ve UV ışınlarına dayanım
- 13) Kendinden renklendirme olanağı
- 14) İstenildiği takdirde yanmazlık özelliği
- 15) İsteğe bağlı olarak ışık geçirgen özellikte üretilebilme olanağı
- 16) Çok iyi elektrik ve termik izolasyon özellikleri

CTP kullanımı ile ilgili bir diğer faktörde, maliyet faktörüdür. Cam Takviyeli Plastik ürünlerde kullanılan reçineler genellikle petrol türevlerinden üretildikleri için fiyatları ham petrol fiyatları ile bağıntılıdır. Bu durumda CTP tüketimi diğer ekonomik faktörlerin avantajına bağlı olacaktır.

3.4.4. KOMPOZİT MALZEMELERDEN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Yüksek dayanım ve düşük bir ağırlık istendiğinde dinamik malzeme yapılarına, modern teknolojinin gittikçe gereksinmesi artmaktadır.

Yüksek hızla üretim yapan makinalar, güç üretim donanımları, uçaklar, uzay araçları ve diğer ulaşım araçları için dayanım/ağırlık oranı büyük önem

taşımaktadır. Yapı malzemelerinin düzenlenmesinde göz önünde tutulması gereken önemli bir özellik ise malzemenin rijitliğidir. Rijitliği kontrol eden özellik özgül modüldür.

Malzemenin tasarımında ve seçiminde sertlik, dayanım ve rijitlik ile beraber kullanılacakları amaca göre diğer bazı özellikler de istenir. Bunlar: yorulma dayanımı, yüksek sıcaklık dayanımı, çentik duyarlılığı, korozyon direnci, aşınma direnci, ısı ve akustik yalıtım gibi özelliklerdir. Kuşkusuz bütün bu özelliklerin aynı malzemede aynı anda bulunması beklenemez. Söz konusu özellikler kompozit bir malzemede geliştirilebilecek olan özelliklerdir.

3.4.5. KOMPOZİT MALZEME TÜRLERİ :

- a) Doğal Kompozit Malzeme
- b) Mikro Kompozit Malzeme
- c) Makro Kompozit Malzeme

Örnekler; ahşap, balmumu, kemik, çelik, toz metal, cam takviyeli plastikler, emaye kaplama, beton, kayak takımları, sörf vb.

Güncel kullanımı olan mikro kompozit malzemeler ikinci bir başlık altında modern kompozit malzemeler olarak anılırlar. Bunlar :

- 1- Dağıtma ile dayancı arttırılmış kompozitler
- 2- Parçacık destekli kompozitler
- 3- Tabakalı kompozitler
- 4- Kısa fiberli kompozitler

- Düzenli
- Düzensiz

5- Sürekli fiberler

6- Çok bileşenli kompozitler

Dağılma ile dayancı arttırılan kompozitlerde dağılmış ikinci fazın dislokasyon hareketlerinin engellenmesi ile dayanç arttırılır. Genelde dağılan parçacıkların çapı 5-10 A° arası ve birim hacimdeki konsantrasyonu ise 1012 tane/mm³ 'tür.

Parçacık destekli kompozitlerin dağılma ile dayancı arttırılmış kompozitlerden en büyük farkı çaplarının büyük olmasıdır. (10-5 cm). Burada dayanç, matrisin plastik şekil değiştirme özelliği azaltılarak sağlanır ve parçacıkların genel olmamakla birlikte yapıdaki oranı %20-40' ıdır. Böylesi bir kompozit elastiklik modülü karışımlar kuralı ile bulunur. İndis olarak; c: kompozit, f: fiber, m: matris 'i simgelediğine göre bu eşitlik :

$$E_c = E_m V_m + E_p V_p \quad 3.4.1$$

olur. Bu kural " *Karışımlar kuralı* " olarak bilinir. Bu tür eşitliklerde

$V_p + V_m = 1$ veya $V_p + V_m = \%100$ olduğu bilinmelidir. Benzer eşitlik parçacık ve matrisin çekme dayancını kullanarak da yazılabilir :

$$s_c = s_m V_m + s_p V_p \quad 3.4.2$$

Önemli elastiklik özelliklerinden birisi de (G=kayma modülü) parçacık miktarının artmasıyla kayma modülünün değişimi deneysel olarak aşağıdaki şekilde verilir.

$$G_c = G_m \left(1 + 2.5 V_p + 14.1 V_p^2 \right) \quad 3.4.3$$

Bunun doğal sonucu matrisin veya o matrisli kompozitin plastik şekil değiştirebilme yeteneği değişir. Matrisin plastik şekil değiştirebilme yeteneği "m" ile gösterilirse oluşacak kompozitin kayma modülü

$$\frac{\eta_c}{\eta_m} = \frac{G_c}{G_m}$$

3.4.4

ile orantılıdır. Matristeki parçacık oranının artması kompozitin şekillendirilebilme yeteneğini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu değişim de aşağıdaki eşitlikler verilir.

$$\eta_c = \eta_m \left(1 + 2.5V_p + 14.1V_p^2 \right)$$

3.4.5

Parçacık ve matrisin her ikisi de metal, her ikisinde metal dışı ya da aradaki kombinasyonu olabilir.

Tabaka yapılı kompozitler birbirine yapıştırılmış farklı yönlü iki ya da daha fazla tabakadan oluşur.

Sandviç tiplerinde iç kısmı, basma ve eğme zorlamalarına karşı düzlemsel izotropikliği sağlaması açısından ondüle biçimli, bal peteği şekilde fiberlere desteklenerek kullanılır.

3.4.5.1. Cam Elyafı

Her ne kadar cam elyafı İngiltere'de 1930' larda üretilmeye başlanmışsada devamlı cam elyafının plastiklerin takviyesinde kullanılmasına 40 yıl kadar önce başlanmıştır. Elyaf haline dönüştürülebilecek değişik cam kompozisyonları vardır. Ancak ticari nedenlerle bunların çok azı kullanılır. Bir zamanlar cam elyafı üretiminde "A" camı veya diğer adı ile Alkali camı kullanılırdı. Bu gün ise bu üretimde "E" camı

veya diğer adı ile Elektrik Dayanımlı Cam kullanılmaktadır. "E" camı, çok az alkali içeren borosilikat camıdır ve çok üstün elektriksel ve mekanik özellikleri vardır. Ayrıca kimyasal dayanımı da yüksektir. Cam elyaf üretiminde kullanılan bir diğer cam cisi "C" camıdır. Kimyasal dayanımı çok üstün bir cam cinsidir. Özellikle yüzey tülü üretiminde kullanılır.

Özel uygulamalar için çok yüksek mekanik dayanımlı R ve S camları da geliştirilmiştir ve uçak endüstrisi ile uzay endüstrisinde kullanılmaktadır.

Değişik cam cinsler, kompozisyonları ve özellikleri Tablo 3.4.1.'de görülmektedir.

Tablo 3.4.1. Kompozisyon

	A	C	E	R	S
SiO	72.0	64.6	52.4	60.0	64.4
Al O, Fe O	1.5	4.1	14.4	25.0	25.0
CaO	10.0	13.4	17.2	9.0	-----
MgO	2.5	3.3	4.6	6.0	10.3
Na O , K O	14.2	9.6	0.8	-----	0.3
B O	-----	4.7	10.6	-----	-----
BaO	-----	0.9	-----	-----	-----
Spesifik Yoğunluk	2.45	2.45	2.56	2.58	2.49
Kırılma İndisi	1.51	1.52	1.55	-----	1.52
Tek lifin çekme dayanımı	3.10	-----	3.60	4.40	4.50
Çekme modülü (GPa)	72.00	-----	76.00	85.00	86.00
Yumuçama noktası (°C)	700	690	850	990	-----

Cam elyafı üretimi için genelde iki yöntem vardır.

- Bilyalardan veya
- Doğrudan eritme yöntemi

Günümüzde genellikle ikinci yöntem kullanılmaktadır. Doğrudan eritilmiş "E" camı çok sayıda hassas boyutlu delikleri olan platin alaşımından yapılmış potaların

altındaki deliklerden çekilerek 10 mikron civarı bir çapta devamlı bir tel elde etmek üzere inceltir ve çok elyafli bir demet halinde bir araya toplanarak yüksek süratli bir sarma başlığı üzerine sarılan bu cam demetlerinin bilinen tekstil makinalarında iplik ve kumaş haline getirilmesi ile elde edilir. E camının üretiminde % 50' sinden biraz fazlasını silisin meydana getirdiği bir inorganik maddeler karışımı harman edilir ve yüksek sıcaklıktaki bir eritme fırınına beslemekte kullanılan bir kovaya nakledilir.

Metal oksitlerin fırın içinden geçerken ve birbirini etkilemekte iken sıcaklık 1600 °C seviyesine yükselir. Doğrudan eritme sisteminde arıtılmış cam, doğrudan kovan adı verilen platin potalara sevk edilir. Kovanın altı 100-800 arasında özel olarak biçimlendirilmiş memeleri ihtiva eder. Kovan ağızlarının alt tarafındaki erimiş cam damlaları, yaklaşık olarak 50 m/sn'lik bir hızla ve mekanik olarak çekilerek devamlı teller haline getirilir.

Teller bir toplama yastığında bir araya toplanarak devamlı demet haline gelir ve yüksek süratli sarma başlığında karton bir göbek üzerine sarılır. Tek cam tellerinin birbirini aşındırmaması için toplama yastığında koşullara uygun olarak tekstil veya plastik haşlı denilen organik malzemeler karışımı tatbik edilir. Kovan memeleri, oksitlerin bileşimi sarma hızı ve oksidin sıcaklığı üretimi etkileyen faktörlerdir.

CTP imalinde kullanılan cam elyafı ürünleri fitil, kırılmış elyaf, iplik, cam keçe, fitil dokuma ve cam kumaştır.

3.4.5.2. Reçineler

CPT üretiminde en çok kullanılan doymamış poliyester reçinelerdir. Bu reçineler, polialkol ile bir polikarnoksilli asidin reaksiyonu sonucu elde edilen ürünün sitiren gibi bir sıvı çözücü içinde çözülmesi ile oluşur. Bu yöntem ile istenen son ürün niteliğine göre çok değişik türde reçine üretilebilir. Önemli olan reçinenin doymamış olması ve doymamış bağlar ile şebeke yapısı oluşturarak sert, ısı ile erimeyen, çözünmeyen bir termoset oluşturmasıdır.

Diğer önemli reçine sınıfı epoksi reçinelerdir. Poliyester reçinelerden kimyasal yapı açısından farklılık gösterir. Yeterli miktarda bir sertleştirici ilavesi ile şebeke yapısı oluşur. Bu sertleştirici genellikle poliaminler ve organik anhidritlerdir. Sertleşme sırasında uçucu madde çıkışı yoktur. Ortam sıcaklığında veya yüksek sıcaklıklarda sertleştirilebilir. Poliyestere oranla bir diğer üstünlüğü çekme oranının düşük olmasıdır. Poliyester reçinelerdeki çekme oranı %5-8 arasındadır. Epoksi reçinelerdeki çekme oranı %1-2 arasındadır.

3.4.5.3. Katalist Sistemleri Ve Yardımcılar

Poliyester reçineleri için kullanılan katalizörlerin çoğunluğu stabil (dengeli) bileşiklerdir. Isı veya başka bir enerji kaynağı ile veya hızlandırıcının etkisi ile serbest köklere ayrılırlar. Bu serbest kökler önce ön yükleyicilerle reaksiyona girip işlevlerini yitirmelerine yol açarlar. Serbest kökler poliyester molekülündeki çift bağları açarlar. Böylece poliyesterin polimerizyonu başlar. Polimerizyonun sona ermesi tüm çift bağların serbest köklerle açılmasına bağlıdır. Doymamış poliyesterin doymamışlık yüzdesi % 30-40 olduğunda jelleşme başlar. Jelleşme zamanı poliyesterin ve eklenen maddelerin cinsine bağlıdır. Doymamışlığın % 92-95'i doyduğunda, optimum sertleşme meydana gelir.

Tablo 3.4.2. En Çok Kullanılan Peroksit ve Hızlandırıcılar

Cinsi	Örnek	Başlama Sıcaklığı (°C)	Teslim Şekli	Hızlandırıcı cinsi (Soğuk sertleşme)	Yüksek sıcaklıkta sertleşme
1. Hidroperoksitler					
Alkilhidroperoksitler	Tersiyerbutilhidroperoksit	110	Sıvı	Vanadyum	+
Aralkilhidroperoksitler	Cumenhidroperoksit	100	Sıvı	Vanadyum	+
2. Alkilperoksitler					
Dialkilperoksitler	Ditersiyerbutilperoksit	100	Sıvı	—	++
Dialkilperoksitler	Dikümilperoksit	100	Sıvı	—	++
Dialkilperoksitler	Tersiyerbutilperoksit	100	Sıvı	—	++
3. Peresterler					
Peresterler	Tersiyerbutilperbenzoat	90-95	Sıvı	Vanadyum	++
Peresterler	Tersiyerbutildietilasetat	70	Sıvı	Vanadyum	++
4. Acilperoksitler					
Diacylperoksitler	Lorilperoksit	65	Pasta	—	+
Acilperoksitler	Asetilbenzoilperoksit	60	Sıvı	Dimetilparatolüdin	+
Diacylperoksitler	Benzoylperoksit	70	Katı/Pasta	Dimetilparatolüdin	+
5. Ketalperoksitler (Perketaller)	2,2 bis (tert-butil 2,2 peroksi) butan	85		Vanadyum	+
6. Ketonperoksitler					
Ketonperoksitler	Metiletilketonperoksit	80	Sıvı	Kobalt / Vanadyum	++
Ketonperoksitler	Çikloheksanonperoksit	90	Sıvı	Kobalt / Vanadyum	++
Ketonperoksitler	Asetilasetonperoksit		Sıvı		++
Ketonperoksitler	Metilizobutylketonperoksit		Sıvı		++

(+) = Sıcak sertleşme mümkündür.

(++) = Sıcak sertleşme katedir.

i) Hızlandırıcılar

Oda sıcaklığındaki sertleşme sistemleri için poliyesterlerle %0.01-5.0 arasında kullanılırlar. Fakat çoğunlukla %0.05-0.1 arasında kullanılmaktadırlar. Kobalt naftanan, manganer naftanat, dimetil analin, dietil analin, kalsiyum hidroksit önemli hızlandırıcıdır. Hızlandırıcılar katalizörlerle direkt olarak karşılaştığında ani patlamalar olabilir. Bu nedenle çok dikkatli olmak ve hızlandırıcıyı önceden poliyester reçineye eklemek gerkir.

ii) Dolgu Maddeleri

Maliyet düşürmek, daha yüksek sertleşme sıcaklığı elde etmek, reçinenin çatlaklar oluşmasına engel olmak, daha düzgün poliyester ürünler elde etmek için poliyester reçineye dolgu maddeleri katılır. Kalsiyum karbonat, hidratlı alumine, antimon oksit, kil ve karbonatlar en çok kullanılan dolgu maddeleridir. Dolgu maddesinin miktarı, kendi cinsine ve kullanılacağı yere göre değişir. Genellikle %20-30 arasında kullanılır. Dolgu maddesi başlangıçta mümkün olduğu kadar az kullanılmalıdır.

iii) Renk Vericiler

Az miktarda kullandıklarında poliyesterin özelliklerine etkileri olmaz. Bununla beraber, poliyester reçinenin sertleşmesini hızlandırabilirler. Boyalar genellikle önce stirende çözülüp sonra reçineye eklenirler. Pigmentlerle boyalar genellikle %0.05-0.1 arasında kullanılırlar. Boyalar daha çabuk soldukları ve ısı stabiliteleri daha düşük olduğu için, daha çok pigmentler renk verici olarak kullanılırlar.

Pigmentler ikiye ayrılabilirler:

- 1) İnorganik pigmentler
- 2) Organik pigmentler

Organik pigmentler, inorganik pigmentlere göre genellikle daha çok ısı geçirir ve sağlamdır. Organik solvent ve polimerlerde daha fazla erime özelliğine sahiptirler.

Önemli organik pigment sınıfları :

- Azo pigmentleri
- Ftalo siyaninler
- Kinafridonlar
- Perinenler
- İzindolinonlar
- Vatlar
- Asidik ve bazik boyalar

iv) Jelkot (Gelcoat)

Bir fiberglas tekne kalıplanırken kalıbın üzerine ilk olarak bir kat jelkot sürülür. Poliyester reçineleri sertleşirken azda olsa kendilerini çekerler. Bu nedenle reçinenin bir kısmı kalıp üzerinde kalır ve düzgün bir yüzey elde etmek imkansız bir hale gelir. Hem düzgün bir dış yüzey elde etmek hemde teknenin kalıptan kolayca ayrılmasını sağlamak amacı ile jelkot kullanılır. Jelkot özel surette hazırlanmış bir reçineler karışımıdır.

Tekne yapımcısının isteğine göre çeşitli viskozite ve renklerde hazırlanabilir. Madde iii 'te sözü edilen renk vericiler jelkote karıştırılabilir. Böylece teknenin ayrıca boyanmasına gerek kalmaz.

3.4.6. CTP İLE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Cam elyafı ve reçineyi bir araya getirerek son ürünü elde etmek işlemi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Elde edilen ek ürünün nitelikleri ve üretim miktarına göre aşağıdaki yöntemlerden biri seçilir.

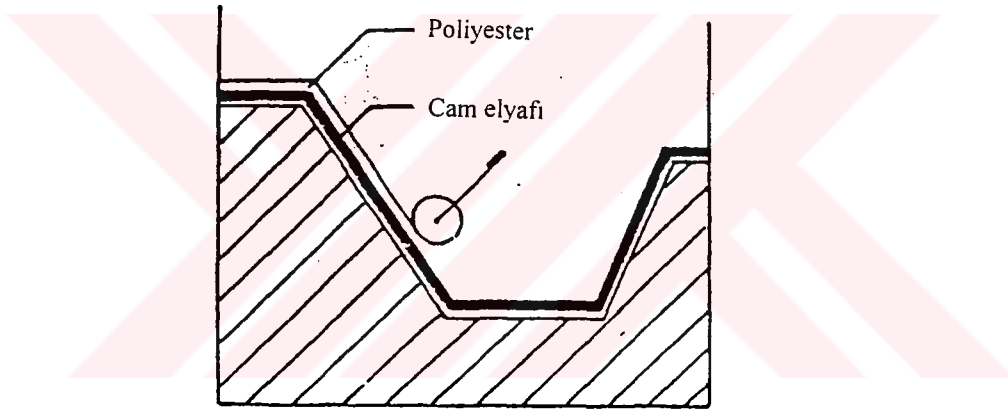
3.4.6.1. El Yatırması

Geniş yüzeyli CTP üretimi için en çok kullanılan metottur. Kalıbın üzerine uygun bir ayırıcı wax sürülür ve parlatılır. Daha sonra genellikle polivinil alkol esaslı kalıp ayrıca tatbik edilir.

Kalıp ayırıcı tamamen kurutulduktan sonra, fırça veya püskürtme ile, bir veya bir kaç kat jelkot uygulanır. Jelkot tabakasının sertleşmesinden sonra cam elyafı ve poliyester uygulamasına geçilir.

Pahalı ekipmanlar gerektirmemesi ve kalıp maliyetinin ucuzluğu el yatırması yönteminin avantajlarıdır. Ürün kalitesi büyük oranda çalışma becerisine bağlı olup, cam elyaf oranı % 30-35 civarındadır.

Kapasite, kalıp sayısı ve ürün cinsine göre değişir. Malzeme oda sıcaklığında sertleşir. Sertleşmeyi hızlandırmak için ısı tatbik edilir. Kalıpla temas etmeyen yüz düzgün değildir.



Şekil 3.4.1. El yatırması yöntemi

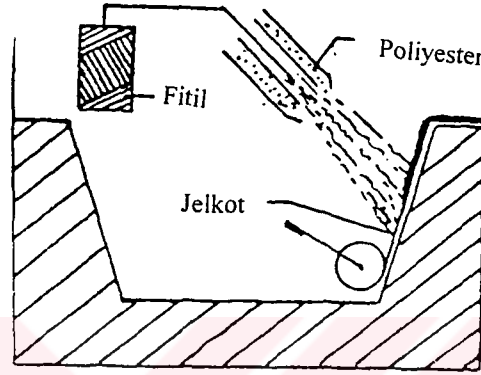
3.4.6.2. Püskürtme

El yatırması yönteminin devamlı üretim yapılmasını sağlayan şekli olup, aynı kalıp ve ekipman kullanılır. Ancak üretim sırasında poliyester ve cam elyafı birlikte püskürtülür. Püskürtme yönteminde devamlı cam elyafı fitil kullanılır ve püskürtme işleri sırasında 17 - 50 mm uzunluğunda kırılır.

Astar jelinin uygulaması, el yatırması yönteminde olduğu gibidir.

3.4.6.3. Soğuk veya Sıcak Pres (Eş Kalıplama)

Soğuk pres yönteminde uygulanan basınç genellikle, 1 kp/cm^2 'den büyük değildir. Bu nedenle CTP kalıp kullanılabilir. CTP kalıplar metal kalıplara oranla daha ucuzdur ve üretimi daha kolaydır. Devamlı üretim uygulandığında ekzotermik reaksiyonlar nedeni ile kalıp sıcaklığı $50 - 60 \text{ C}$ 'ye yükselebilir ve sertleşme süresi 6 - 15 dakika arasında değişebilir.



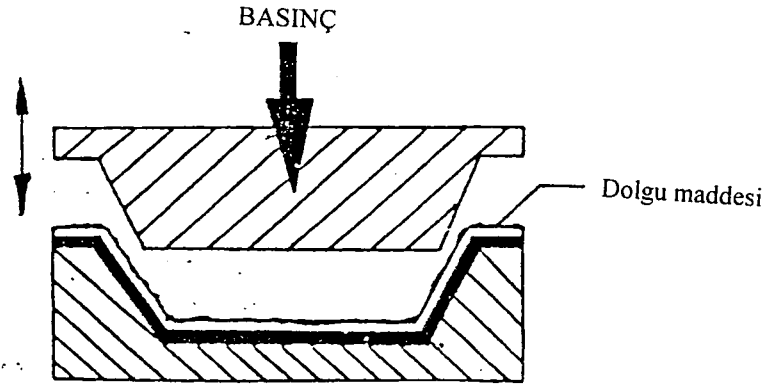
Şekil 3.4.2. Püskürtme yöntemi

Sıcak preste seri üretimde kullanılan bir CTP üretim yöntemidir. Önceden hazırlanmış cam elyafı - poliyester - dolgu ve katkı malzemeleri karışımının $150 - 170 \text{ C}$ sıcaklıkta $40 - 50 \text{ kg/cm}^2$ basınç altında şekillendirilmesi yöntemidir.

Her iki yüzü düzgün ürün yapımı, kalıplama kolaylığı, metal parçaların hassas olarak bünye içine yerleştirilebilmesi gibi olanaklar sağlar.

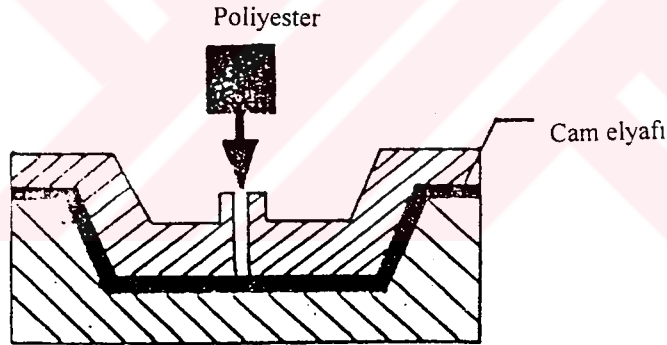
3.4.6.4. Enjeksiyon Kalıplama

Bu üretim yönteminde dişi ve erkek olmak üzere iki kalıp kullanılır. Enjeksiyon için üretilmiş olan özel cam keçe kalıplardan biri üzerine yerleştirilir ve her iki kalıp birbirine bağlanır. Önceden hazırlanmış olan bir kanaldan basınç altında poliyester enjekte edilir.



Şekil 3.4.3 Eş kalıplama

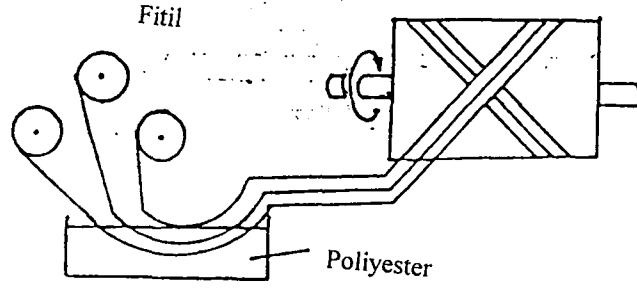
Avantajları: en iyi çalışma ortamı, iki yüzü düzgün ürün, kalıptan çıkma zamanının kısalığı, hızlı üretim devri, düşük firedir.



Şekil 3.4.4. Enjeksiyon kalıplama

3.4.6.5. Elyaf Sarma

Özellikle Boru üretimi için uygundur. Devamlı cam elyafından fitil, poliyester banyosunda, poliyester ile doyurulur ve dönen bir mandrel üzerine sarılır. Mandrelin içine ısı verilerek mandrel ve laminatın sertleşmesi sağlanır. Sertleşmiş laminat istenilen boyutlarda kesilir.

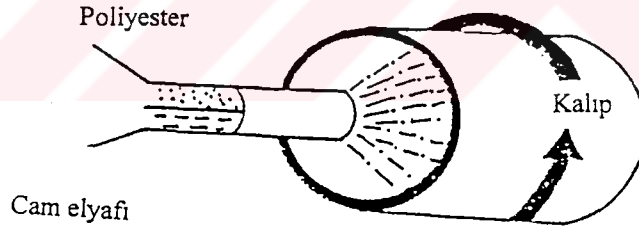


Şekil 3.4.5. Elyaf sarma

3.4.6.6. Savurma Döküm

Boru ve depo gibi silindirik formların düzgün yüzeylerle elde edilmesinde kullanılır. Döner bir kalıp içinde cam elyafı ve poliyester birlikte püskürtülür.

Kalıbın dönmesinden meydana gelen merkez kaç kuvvet laminatın kalıp üzerine yapışmasını ve iç yüzeyinde düzgün olmasını sağlar.

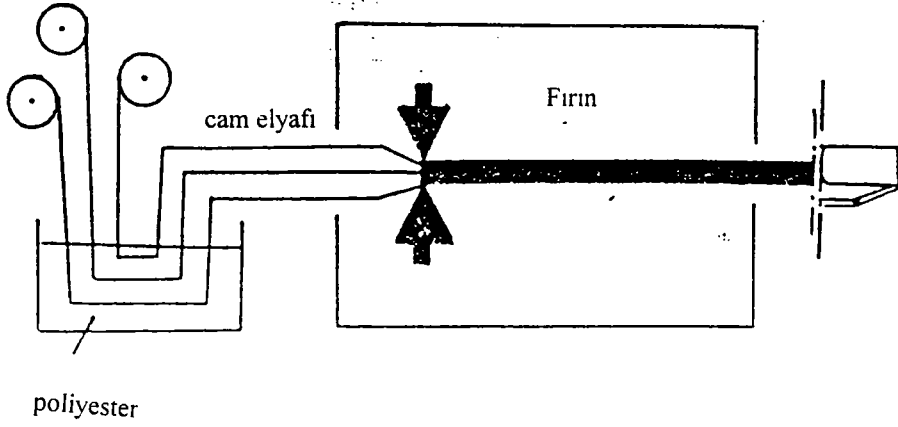


Şekil 3.4.6. Savurma döküm

3.4.6.7. Profil Çekme

Devamlı üretim sırasında cam elyafından fitil katalist sistemi katılmış poliyester banyosundan geçirilir ve poliyester ile doyurulur. Doymuş fitil istenen şekillerdeki deliklerden geçirilerek sertleştirilir ve istenen boyutlarda kesilir.

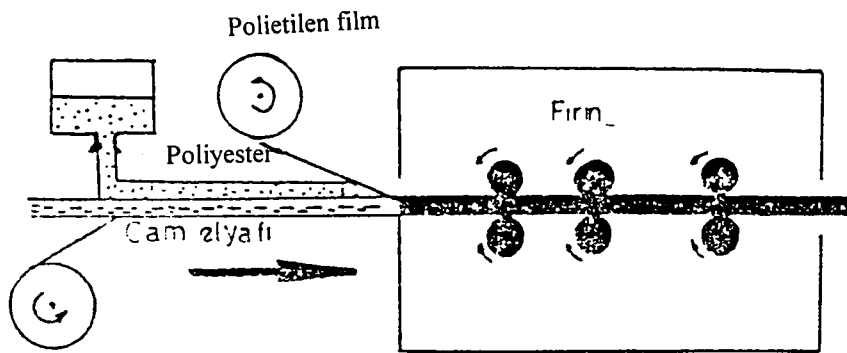
Boyutsal yönde çok dayanıklı ve cam elyafı oranı yüksek ürünler elde edilir.



Şekil 3.4.7. Profil çekme

3.4.6.8. Devamlı Levha Üretimi

Bu yöntem sayesinde düz veya şekillendirilmiş levha üretimi gerçekleştirilir. Cam elyaf takviyesi, katalist sistemi karıştırılmış olup poliester ile doyurulur ve iki selefon film arasında sıkıştırılır. Fırından geçirilerek laminatın tam sertleşmesi sağlanır.



Şekil 3.4.8. Devamlı levha üretimi

3.4.7. CTP'NİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE TEKNE YAPIMINA UYGUNLUĞU

3.4.7.1. CTP'nin Fiziksel Açıdan İncelenmesi

CTP düşük mukavemetli bir malzemenin (plastik) yüksek mukavemetli bir malzeme (cam elyafı) ile birleşmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen ürün her iki malzemenin de özelliklerine sahiptir. Bu özellikler Tablo 3.4.3'Te gösterilmektedir:

Tablo 3.4.3. El Yatırması İle Elde Edilen CTP 'nin Fiziksel Değerleri

ÖZELLİKLER	KEÇE İLE TAKVİYE EDİLDİĞİNDE	KUMAŞ İLE TAKVİYE EDİLDİĞİNDE
Özgül Ağırlık	1.4 - 1.7	1.6 - 2.0
Kopma Mukavemeti(kg/cm ²)	700 - 1400	2100 - 3500
Kopma Modülü (kg/cm ²)	56000 - 126000	105000 - 315000
Basınç Mukavemeti (kg/cm ²)	1050 - 1750	2100 - 3920
Bükme Mukavemeti (kg/cm ²)	1400 - 2800	3100 - 5250
Bükme Modülü (kg/cm ²)	84000 - 126000	140000 - 280000
Sertlik (Barcol)	40 -80	45 - 85
Nem Kapma %	0.05 - 1.0	0.05 - 1.0
Asit ve Bazlara Dayanım	Çok iyi	Çok iyi
Solventlere Direnç	Çok iyi	Çok iyi
Makinede İşlenebilirlik	Çok iyi	Çok iyi
Reçine Miktarı %	60 -70	45 - 50
Isı Geçirgenliği	3 x 10 ⁻⁴ kalori/cm ² C, sn	45 - 52

Ayrıca elyaf püskürtme yöntemi ile elde edilen CTP 'nin bazı değerleri Table 3.4.4.'de görülmektedir.

Tablo 3.4.4. Püskürtme ile elde edilen CTP 'nin fiziksel özellikleri.

ÖZELLİKLER	DEĞERLER
Özgül Ağırlık	1.4 - 1.6
Kopma Mukavemeti (kg/cm ²)	630 - 1260
Kopma Modülü (kg/cm ²)	56000 - 126000
Basınç Mukavemeti (kg/cm ²)	1050 - 1750
Bükülme Mukavemeti (kg/cm ²)	1120 - 1960
Bükülme Modülü (kg/cm ²)	70000 - 84000
Sertlik (Barcol)	40 - 80
Nem Kapma Yüzdesi %	0.05 - 1.0
Asit ve Bazlara Direnç	Çok İyi
Solventlere Direnç	Çok İyi
Reçine Miktarı %	60 -70

3.4.8. KALIPLAMADA KULLANILAN ARAÇ VE GEREÇLER

3.4.8.1. Giriş

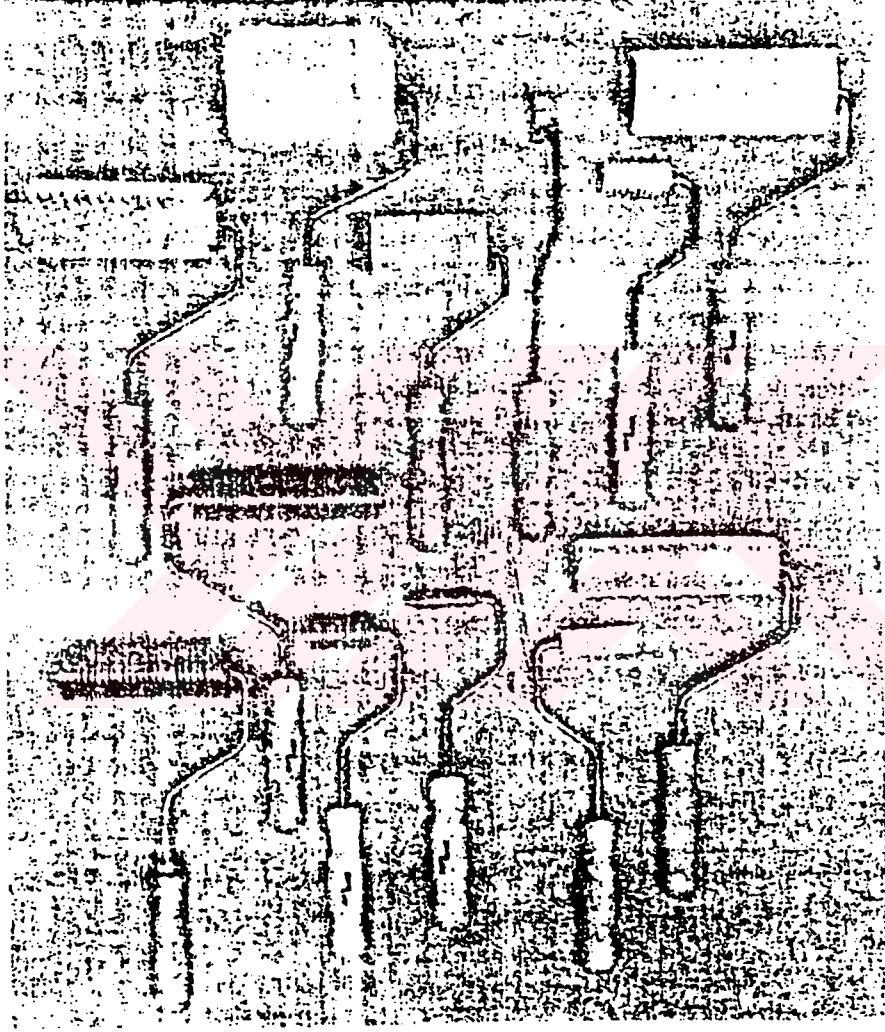
Mevcut kalıplama proseslerinin çokluğuna paralel olarak bir çok üretim gereçleri geçerlidir. Püskürtme gereçleri en çok poliyester reçine sistemleriyle kullanılmak için tasarlanmıştır. ancak epoksi reçine sistemleri için özel olarak tasarlanmış gereçlerde mevcuttur. Bu tür gereçlerde farklı ölçüm aygıtları ve çeşitli viskozite de reçineler kullanılmaktadır.

Püskürtme gereçleri yalnızca jelkot püskürtmek için veya kıvrılmış elyaf ve katalizlenmiş reçine sisteminin birlikte püskürtülmesi için kullanılabilirler.

3.4.8.2. Genel Gereçler

i) Rulolar

Rulolar el yatırması ve püskürtme yöntemlerinde kullanılan gereçlerin en önemli bölümünü teşkil eder. Islatma ruloları ve yatırma ruloları olarak iki sınıfa ayrılır. Rulo çeşitleri Şekil 3.4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4.9 CTP üretiminde kullanılan rulo örnekleri

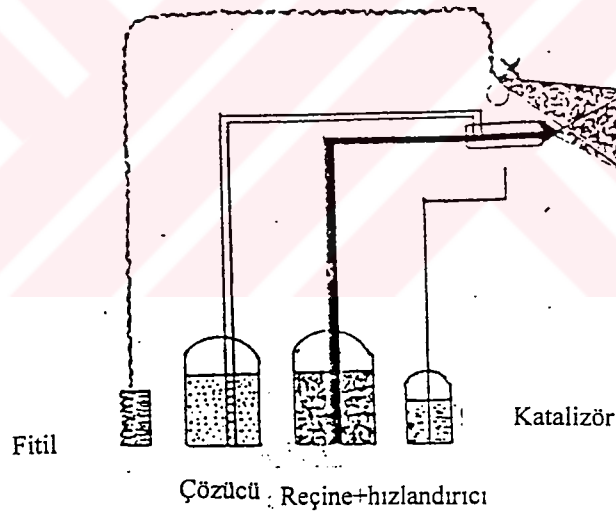
ii) Poliyester Reçine Sistemleri İçin Püskürtme Gereçleri

Poliyester reçine sistemlerinde kullanılan püskürtme gereçleri katalizör enjeksiyon, katalizör püskürtme ve çift kap sistemi ile çalışan üç tipe ayrılabilir.

Bu sistemlerin her birinde cam elyafı kırpıcı ünitesi bulunan bir püskürtme tabancası vardır.

Kırpıcılar cam elyafını 12- 65 mm arasında değiştirilebilen boyutlarda kırpabilmektedir.

Ölçme gereçleri ve reçine / katalizör kapları makina üzerinde veya duvara asılı olabilir. Ayrıca cam elyafını ve makinayı taşımak için özel bir sistem bulunur. Makina çıkış gücü, seçilen ünitenin cinsine ve boyutuna göre değişir ve üretimin gerektirdiği şekilde ayarlanabilir. Reçine sistemi içerisine basınçlı hava sokulmaması, hava kabarcıklarını önlenmesi ve aşırı miktarda püskürtme olanağı tanınmaması nedeniyle genellikle havasız püskürtme sistemleri tercih edilir.



Şekil 3.4.10. Katalizör enjeksiyonu

iii) Cam Keçe Islatma Gereçleri

Fıtıl dokuma veya keçe kullanıldığında veya bir diğer deyişle üretici elyattırması yöntemini tercih ettiğinde, otomatik karıştırma ile el yatırması yöntemini bağdaştıran gereçler de mevcuttur. Bu gereçlerin kullanımı, tekne, inşaat panelleri gibi geniş kaplama yüzeyleri olan üretimler için uygundur. Bu uygun

gereçler katalizör enjeksiyon prensibi ile içerde karışım sağlar. Bu katalizörlü karışım yün rulolarla veya solvente dayanıklı boya fırçaları üzerine pompalanır. Bu yöntemle, ayrı bir karıştırma kabı kullanmadan reçine gereken yerlere, gereken miktarda uygulanabilir. Karışma haznesini, ruloları veya fırçaları temizlemek için ayrı bir temizleme haznesi vardır. Temizleme yalnız başına solvent veya hava / solvent karışımı ile yapılabilir.

iv) Jelkot Uygulama Gereçleri

Jelkot; fırça, rulo yardımı ile, elle sürülebildiği gibi, püskürtülerekte uygulanabilir. Püskürtme ile jelkot uygulamalarında çoğunluğu havasız püskürtme sistemi ile çalışan değişik püskürtme tabancaları kullanılır. Bunlar katalizör enjeksiyon veya çift kap sisteminde çalışabilirler. Karıştırma, homojen bir karışım elde etmek amacı ile püskürtme memesinde, veya karışımın kalıp yüzeyine değmeden sağlanması şartı ile dışarıda yapılabilir. Jelkot yüzeyinde pütürlülüğü önlemek amacıyla, ayrıca ısıtma tertibatları da bulunmaktadır. Özenli bir tasarım ile püskürtme kafalarından hava taşınması ve stiren çıkışı minimumda tutulabilir.

Basınçlı kap sisteminde reçine ve katalizörün her ikisinde basınçlı kaplarda bulunur ve püskürtme tabancasına basınç altında verilir. Reçine bir boru vasıtası ile çekilirken, katalizör atomize hava içine enjekte edilir. Püskürtme memesinde meydana gelen karışım beraberce dışarı püskürtülür. Yer çekimi ile çalışan tek kaplı püskürtme tabancaları da mevcuttur. Bu tür tabancalar kullanıldığında, reçine önceden karıştırılmalı ve oldukça uzun jelleşme süresine sahip olmalıdır.

v) Reçine Enjeksiyon Gereçleri

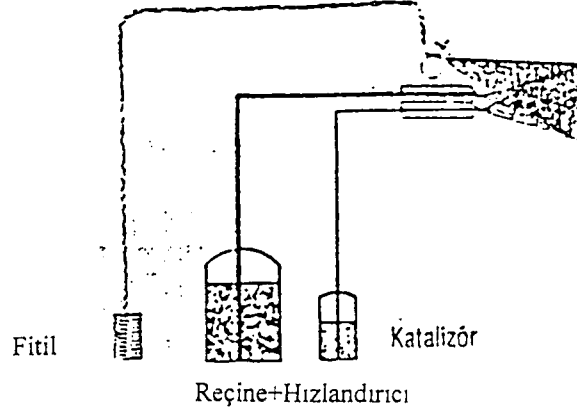
Çeşitli üreticiler reçine enjeksiyon veya transfer kalıplama prosesleri için tasarlanmış gereçler üretmektedir. Bu gibi gereçler katalizör enjeksiyonu prensibinde çalışırlar. Çekilen malzeme miktarının ölçümü sağlanabilir. Karışım içte meydana gelir. Karıştırıcılar karışım ve pompalama sırasında hava kabarcığı

oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bazı gereçlerde sabit miktarda reçine kullanımı kontrol edilebilir. Bütün gereçler karışım memelerinin ve katışım borularının temizlenmesi için solvent püskürtme tertibatına sahiptirler.

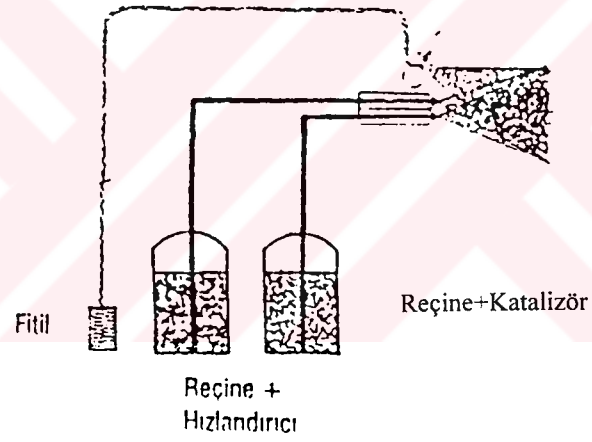
Pompa sisteminde, sıvı katalizör, katalizör pompası ile püskürtücü tabancanın karışma kısmına çekilir ve burada önceden hızlandırıcı katılmış reçineyle karıştırılır ve pompalanarak püskürtme kafasına gelir. Reçine ve katalizör pompaları kombine olarak çalışır. Bu nedenle reçinenin veya katalizörün vizkozitesinden bağımsız olarak gerçek oranlama yapılabilir. Katalizör miktarının % 0.5 - 5 arasında değişmesi ayarlanabilir. Püskürtücü kafada polyester ile katalizörün karışması statik veya mekanik olarak sağlanabilir. Kullanılan katalizör kendi kabından çekilebilir. Böylece katalizör içinde yabancı madde bulunma olasılığı ortadan kalkar. Reçine ise çelik veya plastik varilden veya başka depodan sağlanabilir. Basıncı kaptan basınçla çekme sisteminde, katalizör püskürtme kafasına içinde bulunduğu kaptaki düşük basınç aracılığı ile gönderilir ve reçine içerisine enjekte edilir.

Tek veya çift püskürtme memeli püskürtme tabancaları mevcuttur. Tek memeli tabancalar, kalıbın girift kısımları için veya düşük çıkış gücü istendiğinde tercih edilir. Tek memeli tabancalarda kırıcı ünite püskürtme memesinin üzerinde bulunur ve kırılmış cam elyafının reçine akımının içine düşmesini sağlayacak şekilde ayarlanır. İki memeli tabancalarda, kesici ünite kırılmış elyafı iki püskürtme memesi arasından püskürtür. Bu nedenle kırılmış elyaflar kalıba değmeden veya püskürtülen reçine üzerinde reçine ile tamamen ıslanır. Her iki memeden de aynı nitelikte reçine karışımı püskürtülür.

Kullanımdan sonra karışma haznesinin ve püskürtme memelerinin temizlenmesi için bütün tabancalarda solvent püskürtme sistemi de mevcuttur. Tabancalar ve kesici üniteler pnömatik motorlarla çalışırlar.



Şekil 3.4.11. Katalizör püskürtme yöntemi



Şekil 3.4.12. Çift kap sistemi

3.4.9. CTP TEKNELERİNİN KONSTRÜKSİYONU

Konstrüksiyon Tipleri

a) Tek cidarlı konstrüksiyon : dişi ve erkek kalıpla elde edilir.

b)Sandviç konstrüksiyon :

CTP tekne yapımında önceleri klasik konstrüksiyon yönetimi olan tek cidarlı konstrüksiyon uygulanmaktaydı. Fakat daha sonra CTP 'nin çelik veya ahşap gibi klasik

malzemeden çok farklı olduğu gözönüne alınarak, bu malzeme için uygun yeni bir konstrüksiyon şekli geliştirilmiştir. Bu yöntem sandviç konstrüksiyondur.

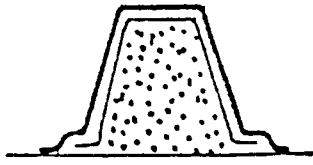
CTP tekne konstrüksiyonu şu şekilde de ikiye ayırabiliriz.

- a) Kalıplama ile tekne üretimi (dişi veya erkek kalıpla)
- b) Kalıpsız maket sistemi (sandviç konstrüksiyon)

3.4.9.1. Tek Cidarlı Konstrüksiyon

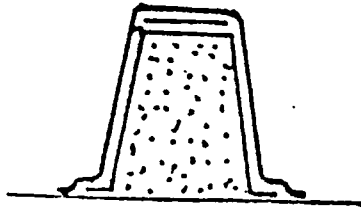
Bu sistemde hazırlanan dişi kalıp üzerinde tek bir cidar halinde tekne yüzeyi çıkarılır. Sandal gibi çok küçük teknelerde enine veya boyuna herhangi bir sitifnerleme sistemine gerek yoktur. Daha büyük teknelerde ise klasik alıştığımızdan farklı bir posta sistemi uygulanır. Tekne genellikle boyuna sisteme göre yapılır. Boyuna sistem enine sisteme nazaran daha hafif olmaktadır. Yan duvarların ayrıca postalarla desteklenmesine gerek yoktur. Duvarla bağlantılı olarak kalıplanan divan, raf, vs. gibi tekne içi aksamı yeterli mukavemeti sağlar. Ayrıca teknenin rahatlıkla istenen eğrilik ve çıkıntılarla dökülebilmesi rijit bir yapı elde etmeyi mümkün kılar. Ancak salmalı yatlarda salmayı tekneye iyi bir şekilde tutturabilmek için iki çift postaya gerek vardır. Boyuna sistemi gerçekleştirmek için özel tip tulaniler kullanılır. Bunların başlıcaları:

a)



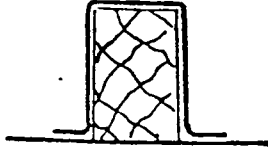
Şapka Kesitli Tulanı : (Hat section) Trapez şeklinde bir plastik malzeme üzerine poliyesterli cam keçe yatırılarak tekne ile bağlanmıştır.

b)



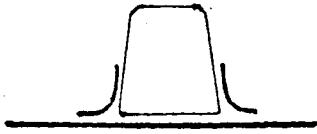
Flanşlı Şapka Kesitli Tulanı : Trapezin üzerine, iki kat cam keçe arasına mukavemeti arttırmak amacıyla bir cam keçe şerit konulmuştur.

c)



Ahşap Tulani : Genellikle yumuşak balsa ağacından dikdörtgen kesitli bir kereste tulani olarak kullanılır. Bağlamayı sağlamak üzere ahşap kesitin üzerine bir kat fiberglas yatırılır.

d)



Önceden Kalıplanmış Tulani : Genellikle trapez şeklinde bir fiber profil önceden kalıplanarak tekneye bağlayıcı fiber köşebent ile tutturulur.

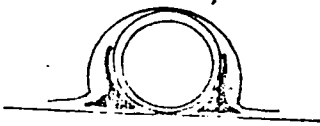
e)



Yarım Daire Kesitli Tulani :

Ortadan kesilmiş bir boru üzerine fiber yatırılarak tekneye bağlanır.

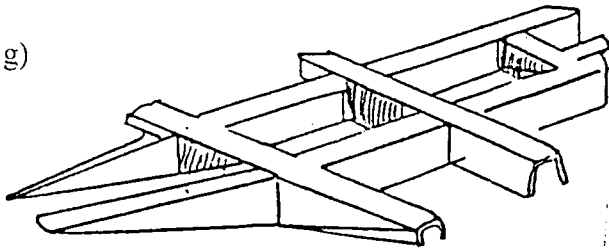
f)



Tam Daire Kesitli Tulani :

Bir dairesel kesitli boru üzerine bir veya iki kat fiber yatırılarak tekneye bağlanır.

g)



Önceden Kalıplanmış Tulani

Sistemi : Tüm boyuna ve enine elemanlar önceden beraberce kalıplanarak tekneye fiber köşebentle tutturulurlar.

3.4.9.1.1. Kalıp Çeşitleri

Bu metodun uygulanabilmesi için bir kalıp gereklidir. Bu kalıp erkek veya dişi kalıp olabilir. Kalıp malzemesi olarak ahşap veya CTP kullanılır.

Erkek kalıpta, cam katları ve reçine, kalıbın üstüne yatırılır. Bu halde iç yüzeyi düzgün bir tekne elde edilir. Sürtünme direncinin az olması ve estetik açısından dişi kalıp çok daha fazla kullanılır. Ülkemizde belli başlı CTP tekne üreten imalathanelerde kalıplama yöntemi uygulanıyorsa, hep dişi kalıp kullanılmaktadır.

Dişi Kalıp; tek parça veya merkez hattında iki simetrik parçaya ayrılabilen tipte olabilir. Tek parçalı iki kalıp kolaylıkla imal edilebilir, basittir ve ekonomik açıdan verimliliği yüksektir.

Buna karşı, tekne tamamlandıktan sonra yüzeyine zarar vermeden kalıptan çıkarmak zordur. Büyük teknelerde tekneyi kalıptan çıkarabilmek için oldukça büyük bir vinç kapasitesi gerekir. Ayrıca kalıbın dış yüzeylerinde reçine akarak dipte toplanabilir.

Bu dezavantajlara karşı, merkez hattından iki simetrik parçaya ayrılabilen dişi kalıplar kullanılması bir çare olabilir.

Ancak tekneyi kalıptan kolayca çıkarabilmek için keskin köşelerden kaçınılmalıdır.

Eğer kalıbın bir ahşap tekneden çıkarılması isteniyorsa, bir daha kullanılmayacak eski bir tekne seçilmeli, köşeli kısımlar yontularak yuvarlaklaştırılmalı, girintiler macunla doldurularak gerekli eğrilikler sağlanmalıdır. Böylece bir dereceye kadar fiber tekne formuna yaklaşılmış olur.

(Different types of stiffeners :

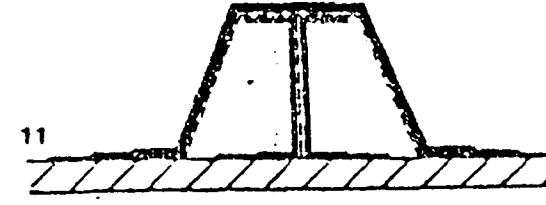
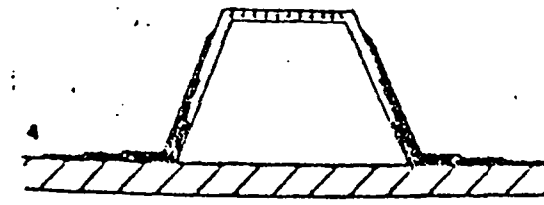
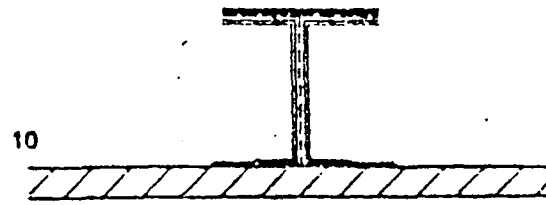
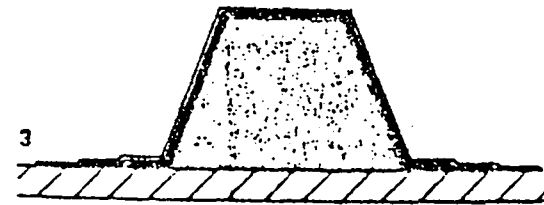
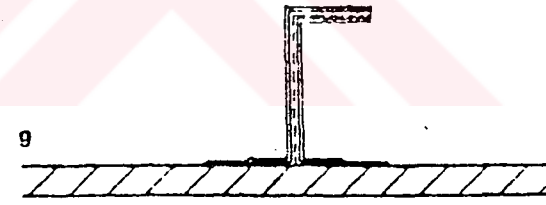
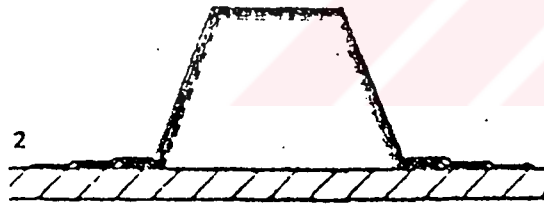
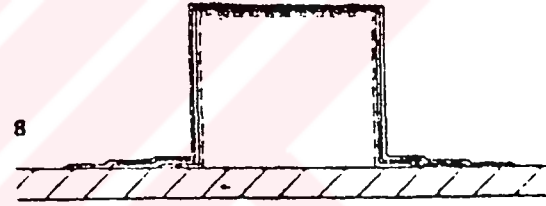
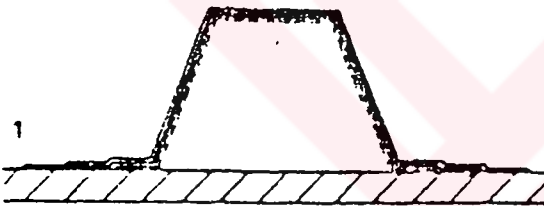
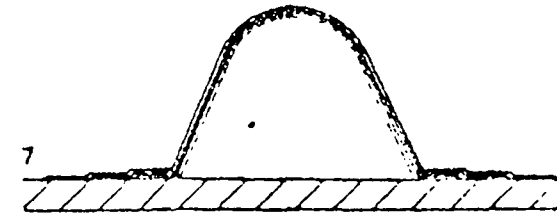
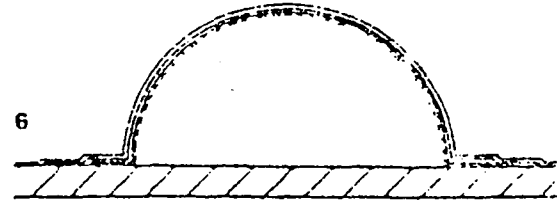
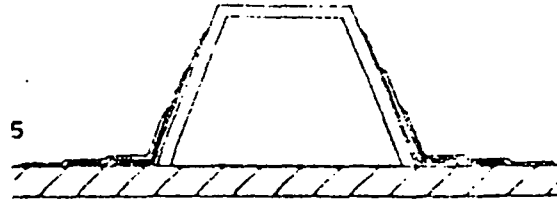
- 1 to 5 in grade
- 6 in arc of circle
- 7 composite - arc of circle
- 8 rectangular section
- 9 in angle
- 10 in T
- 11 in composite-T

Different types of manufacturing :

- 1, 2, 6, 7, 8, 11 layer separately moulded in shape
- 3 on foam cake in shape
- 4 & 5 by connecting of pre-moulded stiffener

Different types of connections :

- 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11 simultaneous manufacturing
- 4 symmetrical after preparation in step
- 5 symmetrical without preparation



Şekil 3.4.13. Çeşitli stifner kesitleri

3.4.9.1.2. Kalıbın Konstrüksiyonu

En çok kullanılan dişi kalıbı üretmek için bir kalıp mastarı (pulg) yapılmalıdır. Kalıp mastarı dış geometrisi itibarı ile tamamen üretilecek gemiye benzer.

3.4.9.1.3. Kalıp Mastarın Hazırlanması

Önce konstrüksiyonu istenen teknenin ofset tablosu çıkarılır. Buna göre enkesitleri çizilir. Enkesitleri tekne formunu verebilecek sayıda olmalıdır. Küçük teknelerde bu aralık 15 cm civarındadır. Büyük teknelerde ise bu mesafe 50 cm 'ye kadar çıkabilir.

Daha sonra; enkesitlerinin herbiri ayrı ayrı olarak yeterli büyüklükte sunta plakalar üzerine gerçek büyüklüğünde yani 1:1 ölçekte, sancak ve iskele taraflarıyla birlikte çizilir.

Sunta kalınlığı yine tekne büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Ama 1 - 1.5 cm uygun bir kalınlıktır. Bu sunta plakalar üzerinde, tüm kesitlerle şiyer hattını belirlemek için bir çıkıntı bırakılmalı ve tam center line 'da (merkez hattı) omurga profilinin yerleşeceği bir açıklık çizilmelidir.

Tüm en kesitleri bu şekilde, sunta, kontraplak veya uygun bir başka tür ahşap malzeme üzerine çizildikten sonra, elektrikli bir testere ile çok dikkat ederek, tam çizgilerin ortasından keserek en kesit profilleri elde edilmelidir.

Kesme işlemi, çok dikkatli yapılmalı, çizginin ortasını kesinlikle kaçırmamalı ve kesim yüzeyi sunta tüzetine dik kalmalıdır. Bundan sonra omurga profili de çizilip aynı işlemler uygulanır. En kesitleri omurga üzerine çok büyük bir dikkatle yerleştirilmeli ve beyaz tutkal veya epoksi yapıştırıcı gibi uygun bir yapıştırıcı ile yapıştırılmalıdır.

Bu işlemlerden sonra şiyer formuna göre kesilmiş bir şiyer stringeri. kendisi için hazırlanmış olan çıkıntı üzerine oturtulur. En kesit profilleri şiyer stringerlerinin kalınlığı da göz önüne alınarak biraz yüksekte kesilmelidir. Bundan sonra teknenin baş ve kıç formu tamamlanır.

En kesit profillerinde ahşap tirizlerin geçebileceği delikler açılarak buradan tirizler geçirilir. Üzerleri tahta ile kaplanır. Tahtalar kenarlardan en kesit profillerine, alttanda çubuklara yapıştırılır. Yalnız tahtalar hiç bir şekilde en kesit profillerinin dışına taşmamalıdır.

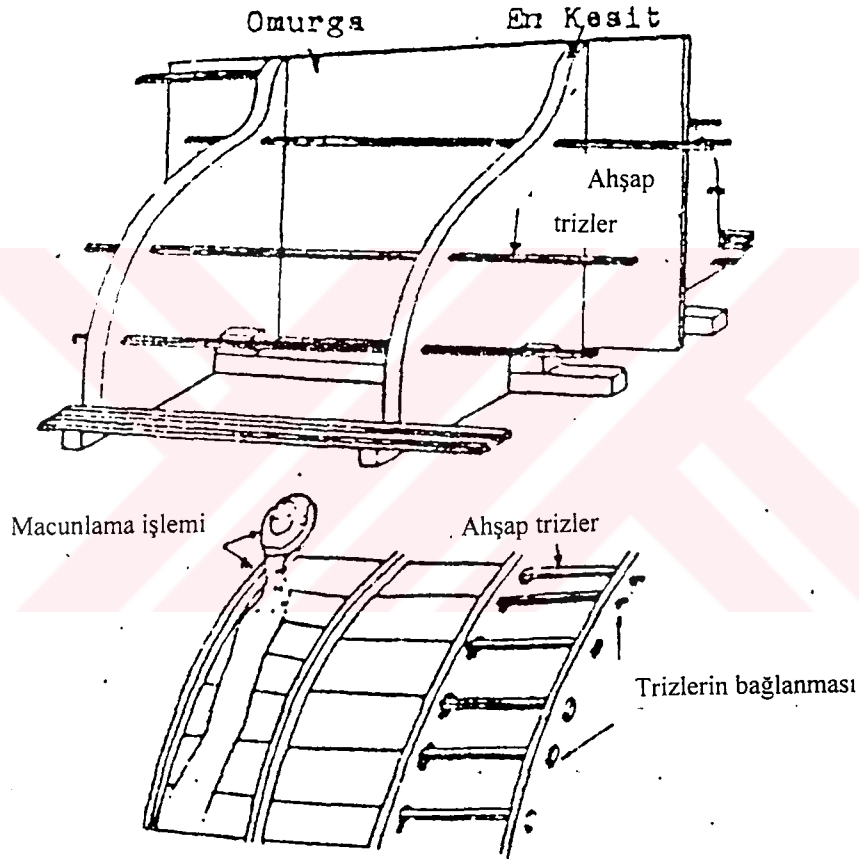
Bundan sonra tüm tahtaların üzeri macunla iyice kaplanır. Bu macun piyasada kalıplama macunu adı altında bulunabilir. Ayrıca pahalı olmakla birlikte kaportacıların kullandığı poliyester dolgu macunu da kullanılabilir. Bu birincisi gibi hemen sertleşmez ve kuruduktan sonra zımpara kağıdı ile daha kolay düzeltilir.

Toz halindeki macun soğuk, temiz su ile yarıya kadar dolu bir kap içine elle yavaş yavaş ve homojen şekilde dağıtılarak bırakılır. Dibe çöken macunlar üst üste yığılarken su yüzeyine ulaştıkları zaman karıştırmaya başlanır. İyice kıvama gelince kalıp mastarının üstü en kesit parçalarının üstünü tamamen boşluksuz doldurulacak şekilde macunla kaplanır. Daha sonra kalın bir tahta parçası postalar üzerinde kaydırılarak macun yaydırılır ve tekne formunu alması sağlanır. Tahta parçasının macun ile temas eden yüzeyi temiz ve düzgün olmalıdır. Düzgün bir yüzey elde edilene kadar tahta aşağı yukarı hareket ettirilir.

Macun kaplama bölüm bölüm yapılmalıdır. Çünkü macun çabuk sertleşip donar. Düşey kısımların macunlanmasından ise macun biraz bekletilip akıcılığı kaybolduğu zaman sürülmelidir. Böylece yere macun akıtılması önlenmiş olur ve daha düzgün bir yüzey elde edilir.

Çıkıntılar kesilmeli, girintiler ise tamamen macunla doldurulmalıdır. Çünkü yüzey düzgünlüğü çok önemli bir faktördür. Aşağıdaki şekilde kalıp mastarı görülmektedir.

Bundan sonra kalıp mastarı kurumaya bırakılır. Kuruma aniden olursa macun çatlar ve dökülür. Bunun için macun hergün ıslatılmalıdır. Yaklaşık bir haftada macun tamamen kurur.



Şekil 3.4.14. Kalıp mastarı

Kalıp mastarı kuruduktan sonra "Primer akrilik/lak" ile boyanmalıdır. Boya, macuna birkaç kat sürülerek iyice emdirilmelidir. Çıkıntılar varsa zımpara ile düzeltilmelidir.

Küçük delik ve çatlaklarda iki kısımlı bir epoksi macunu ile doldurularak yüzey tamamen düzgün bir hale getirilir.

Bundan sonra cilalı bir siyah vernik bir kat sürülür. Her kat arasında giderek incelen zımpara kağıtları ile ıslak zımpara yapılır.

Artık yüzey parlamaya başlamıştır. En sonunda otomobil endüstrisinde kullanılan herhangi bir tür cila ile kalıp mastarı cilalanarak son şekline getirilir.

3.4.9.1.4. Kalıbın Hazırlanması

Önce hazır duruma gelmiş olan kalıp mastarı iyice mumlanır. Mumlama işlemi tüm yüzeyin pırıl pırıl parlamasına kadar devam etmelidir. Mum daha sonra yapılacak kalıbın kalıp mastarından kolaylıkla ayrılmasını sağlar.

Daha sonra yine kalıbın kolay ayrılması için PVA (polivinilakrilik) sürülür. PVA kuruduktan sonra artık sıra jelkota gelmiştir. Jelkot gerçek kalıp üzerindeki ilk katmanı meydana getirecektir. İstenirse jelkota renk verecek pigmentler katılarak kalıbın istenilen renkte olması sağlanır.

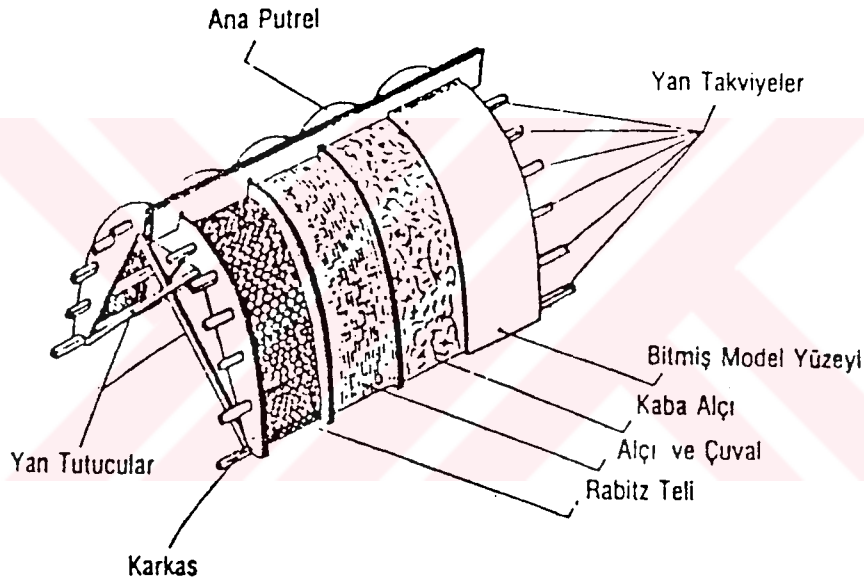
Kalıp rengi olarak, tekne ile kalıp karışmasın diye teknelerde çok kullanılmayan siyah veya kavuniçi seçilir. Jelkot kuruduktan sonra artık sıra cam takviyelerin konmasına gelmiştir.

Önce bir kat cam keçe poliyester reçineyle ıslatılarak kalıba serilir. Kalıp mastarı ile cam keçe arasında, bilhassa köşeli ve çukur yerlerde hava kabarcıkları kalmamasına dikkat edilir.

Cam keçe üzerine tekrar birleşmeyi sağlamak amacı ile poliyester reçine sürüldükten sonra birkat dokuma fitil yatırılır.

Kalıbın çok sağlam ve dayanıklı alması gerekir. Bu nedenle değişen cam keçe ve dokuma fitil katları arasında reçine olacak şekilde yeterli kalınlığa ulaşınca kadar üstüste yatırılır. Son olarak tekrar bir kat jelkot sürülerek işlem tamamlanır.

Bot. sandal gibi küçük tip teknelerin kalıpları tek cidarlı konstrüksiyona göre yukarıda anlatıldığı gibi yapılır.



Şekil 3.4.15. Alçı Kalıp Yapımı

Daha büyük teknelerde ise çekirdek malzeme olarak balsa ve sunta kullanılarak sandviç konstrüksiyon uygulanır. Bu, kalıbın yeteri derecede sağlam ve rijit olabilmesi için gereklidir.

Hatta daha büyük yat, hücumbot v.s. gibi teknelerde kalıp dışardan ayrıca çelik konstrüksiyonlarla desteklenir.

Kalıp tamamlandıktan sonra kalıp için ayrıca bir ayak yapılır. Bu sert bir ahşap malzemedan basit bir konstrüksiyonla imal edilir ve kalıba fiber katmanlar ile tutturulur.

3.4.9.1.5. Kalıp Yardımı ile Teknenin Konstrüksiyonu

Kalıp hazırlandıktan sonra seri tekne imalatına geçilebilir. Ayrıca bir teknede çeşitli kısımlar için ayrı kalıplar yapılır. Daha sonra bu kalıplardan hazırlanacak kalıplar birleştirilecektir.

Örneğin motoryat kalıbı için ;

- a) Tekne kalıbı
- b) Güverte kalıbı
- c) Kokpit kalıbı

olmak üzere üç ayrı kalıp kullanılır.

3.4.9.1.5.1. Kalıbın Hazırlanması

İlk önce kalıbın içi mumla iyice parlatılmalıdır. Kalıp ilk defa kullanılıyorsa üç kat mum kullanılmalıdır.

Mum, iyi kalite, kalıp ayırıcı mumu olmalıdır. Ayrıca ilk birkaç teknenin yapımında mumun üzerine, yine teknenin kalıptan kolay ayrılmasını temin etmek için, PVA (polivinilakrilik) püskürtülmelidir.

Bu şekilde hazırlanan kalıp üzerine, hiç bir şekilde toz ve kir bulunmamalıdır.

3.4.9.1.5.2. Politester Reçinenin Hazırlanması

Hazır olarak kullanılan poliyester reçinenin içine katalizör katılarak karıştırılır. Katalizör reçinenin sertleşmesini sağlar. En çok kullanılan sıvı halde MEKP (Metil Etil Keten Peroksit) dir. Katalizör değişik oranlarda karıştırılarak (poliestere) reçinenin sertleşme süresi ayarlanabilir. Sertleşme süresinde ortam sıcaklığı önemli etkenler arasındadır.

Tabloda ortam sıcaklığı ve MEKP yüzdelere göre sertleşme zamanları dakika olarak verilmiştir.

Tablo 3.4.5.

MEKP nin ağırlık yüzdesi	15.5	21	26.6	32.2	37.8
2	33	-----	-----	-----	-----
1.5	42	-----	-----	-----	-----
1	54	28	-----	-----	-----
0.5	115	53	35	24	19
0.4	150	62	43	30	20
0.3	185	75	60	40	25
0.2	-----	92	60	43	26

Fakat yukarıdaki zamanlar, kullanılan poliyesterin cinsine göre değişiklik gösterebilir. Bu nedenle her atelyede kullanılan poliyesterin sertleşme zamanları ayrıca deneyle saptanmalıdır. Yalnız bu süreler, hazırlanmış haldeki reçinenin kuruma zamanını gösterir. Reçine sürüldükten sonra çok daha kısa sürede sertleşir.

3.4.9.1.5.3. Tek Cidarlı (Kalıplı) Konstrüksiyon

Hazırlanmış kalıbın (dişi veya erkek kalıp farketmez, ama yüzey düzgünlüğü açısından dişi kalıp kullanılır) içine, teknenin ilk katını meydana getirecek jelkot sürülür. Jelkot içine boya maddesi (pigment) de katılabildiğinden, teknenin dış rengi de sağlanmış olur.

En iyi yöntem jelkotu püskürtme ile yapmaktır. Ama bu işlem bir fırça ile de yapılabilir.

Jelkot oldukça koyu kıvamda bir reçine olduğundan, ince bir şekilde sürmek oldukça zordur. Her katman mümkün olduğunca ince sürülür. 3 - 4 saat jelkotun kuruması beklenir ve tekrar yeni bir kat jelkot sürülür. 5 kat jelkot istenilen sonucu verir. Fırça ile sürme, tabanca ile püskürtmeye oranla 16 kat daha fazla zaman gerektirir.

1 litre jelkote 7.5 gr hızlandırıcı katılmalıdır. İşlem için ideal sıcaklık 21 -22 C°'dır. Daha sonra reçine ile ıslanmış cam keçe jelkot üzerine yatırılır. Cam keçe jelkotun rengini azda olsa geçirir. Eğer arada daha açık renkli beyaza yakın bölgeler kalıyorsa, arada hava boşluklarının kaldığı anlaşılır. Hava boşlukları meydana gelmemesi için çok dikkatli olunmalı, yine de varsa bunlar elle bastırılarak kenara doğru itilmelidir. Özellikle köşelerde, çukur ve girintili kısımlarda hava boşluklarının kalma ihtimali fazladır. Buralarda ilk kat keçe yatırıldıktan sonra sivri bir alet köşeye bastırılmalı. sonra köşeden bu şekilde çıkan hava kabarcıkları kenara doğru itilmelidir.

Köşelere cam keçe takviyeler yapıldıktan ve poliyester reçine hazırlandıktan sonra ilk cam keçe örtü kaplanır. Bazı tekne yapımcıları; daha mukavemetli olması nedeni ile ilk katın örtülmüş cam kumaştan olması gerektiğini savunurlar. Oysa cam kumaş ve köşelerde iyi kıvrılmadığı, dolayısıyla hava kabarcıkları bıraktığı için pek tercih edilmez. Mümkün olduğu kadar büyük cam keçe tabakaları, bir tarafından başlayarak itina ile henüz kurumamış jelkot üzerine yatırılır.

Hava kabarcıklarını yok etmek için en iyi usul keçeyi belli bir yön takip ederek silindirle bastırmaktır. Eğriliği olan kısımlarda cam keçenin buruşmasını önlemek için, kenarlarda yarıklar açmak gereklidir.

Cam keçe tamamen yatırıldıktan sonra yine belli bir kenarda başlayarak fırça ile reçine sürülmelidir. Reçinenin sürülmeye başlandığı köşeye " ıslak köşe " adı verilir.

Küçük botlarda; önce 1 cam keçe, merkez hattından başlamak üzere sancak veya iskele tarafına yatırılıp işlendikten sonra ikinci keçe diğer tarafa yatırılmalıdır. Ayrıca aynı şekilde işlenmelidir.

Fiberglas tekneye esas mukavemeti veren dokuma fitil tabakalardır. Dokuma fitilde, cam lifler birbiri içinden geçirilerek bir hasır teşkil edilmiş olduğundan bilhassa "atkı" ve "çözü" yönlerinde mukavemet daha fazladır.

Buna karşın dokuma fitili bütün çukur ve köşeleri dolduracak şekilde yatırmak çok zordur. Cam keçe ve dokuma fitil arasında kalacak küçük hava kabarcıkları o kadar zararlı değildir. Zaten bu bölgelerde ilk başta yapılan cam takviyeler yeterli mukavemeti sağlar.

Dokuma fitilde de teknenin önce sancak veya iskele tarafı işlenir. Reçine daima baştan kıça doğru atkı yönünde sürülmelidir. Silindir arada asetonla silinmeli, böylelikle tüylerin birbirine yapışması önlenmelidir. İstenilen kalınlık elde edilene kadar bir kat keçe, bir kat dokuma fitil yatırılarak işleme devam edilmelidir. Sonunda tekne formu istenen kalınlıkta elde edilmiş olur. Daha sonra tekrar içine boya maddesi katılmış jelkot, ilk tabakada olduğu gibi bir kaç kat sürülür.

Yalnız iç yüzey için bir kalıp kullanılmadığından, yüzeyin düzgün olması için büyük özen gösterilmelidir. Bu işlemler sonunda tekne kurumaya bırakılır. Kuruma işlemi boyunca tekne kalıptan çıkarılmadan, teknenin ahşap iç aksamı kaplanmakta ve iç aksesuar monte edilmektedir.

Aynı yöntemlerle, güverte, kokpit, salma gibi diğer kısımları da kendi kalıpları üzerinde imal edilebilir. En son olarak aksesuarlar takılır. Gerekli temizlik ve cilalama yapılarak tekne tamamlanır.

Tek cidarlı konstrüksiyonda hazırlanan dişi kalıp üzerinden tek bir cidar halinde tekne yüzeyi çıkarılır.

Sandal, bot gibi küçük teknelerde, enine veya boyuna herhangi bir stifnerleme sistemine gerek yoktur. Daha büyük bir teknelerde ise klasik gemilerde alıştığımızdan farklı bir posta sistemi uygulanır. Büyük tekneler genellikle boyuna sisteme göre yapılır. Boyuna sistem enine sisteme göre daha hafif olmaktadır. Yan duvarların ayrıca postalarla desteklenmesine gerek yoktur. Duvarlara bağlantılı olarak kalıplanan, divan, raf, vs. gibi tekne iç aksamı yeterli mukavemeti sağlar.

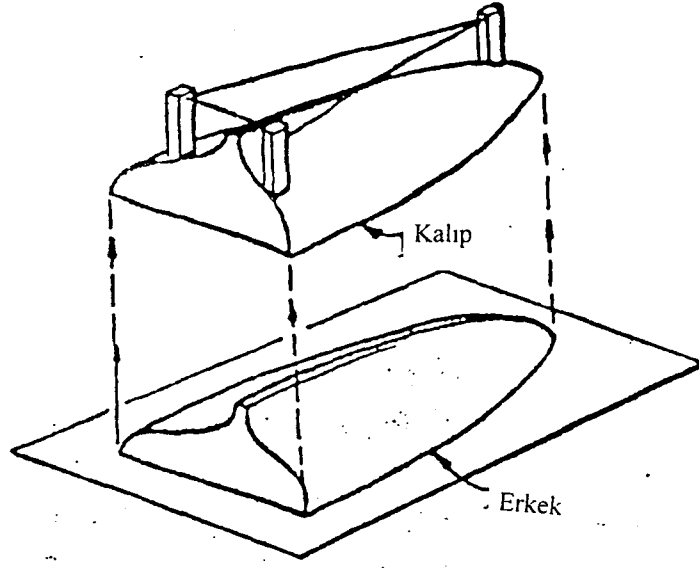
Ayrıca teknenin rahatlıkla istenen eğrilik ve çıkıntılarla kalıplanabilmesi, rijid bir yapı elde etmeyi uygun kılar. Ancak salmalı yatlarda, salmayı tekneye iyi şekilde tutturabilmek için iki çift postaya ihtiyaç vardır.

3.4.9.2. Sandviç Konstrüksiyon

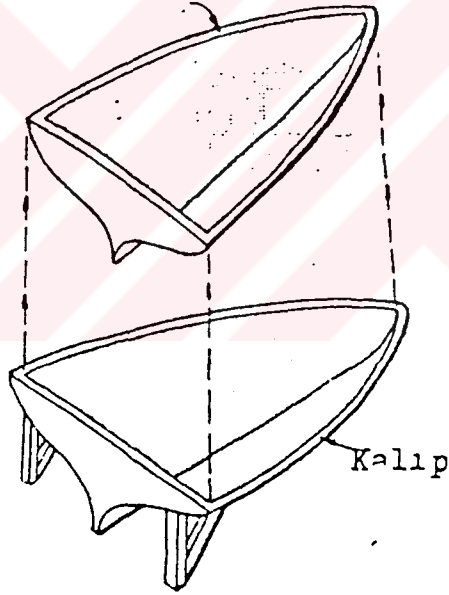
3.4.9.2.1. Sandviç Konstrüksiyon Hakkında Genel Bilgi

Bu konstrüksiyon tipi ağırlıkta çok az bir artma ile levha kesit alanını büyük oranda yükselterek, tekne rijitliğini arttırmayı öngörür.

Rijitliğin artması, iki fiber cidarı çok hafif plastik köpük, poliüretan veya balsa ağacı gibi malzeme ile bağlayarak sağlanır. Hatta iki cidarı bir I profili şeklinde birleştirerek daha mukavemetli kesitler elde etmek mümkündür. Bir laminatın



Bitmiş tekne



Şekil 3.4.16. Bitmiş teknenin kalıptan çıkarılması

mukavemeti kalınlığı ve yüzeyine yakın liflerin yön kontrasyonu ile değişir. Mukavemet kalınlığın (yüksekliğin) kübü ile değişir. O halde aynı cam takviye miktarına sahip ancak kalınlığı aradaki çekirdek malzeme ile örneğin 4 katına çıkarılmış olan bir sandviç panelin mukavemeti masif ve çekirdeksiz laminatın

mukavemetinin yaklaşık 64 katıdır. Çekirdek malzemenin iki tarafındaki CTP laminatlar hemen hemen tüm basınç kuvvetlerini karşılarken çekirdek malzemenin görevi bu iki laminatı birbirinden sabit bir uzaklıkta tutmaktır. Eğilme halinde fiberglas cidarlar ile çekirdek malzemenin bağlantılı noktalarına büyük kesme gerilmeleri etkir. Sandviç konstrüksiyon bu gerilmelere dayanabilmelidir. Aksi halde çekirdek malzeme ve fiberglas cidar birlikte çalışmaz. Kesit mukavemeti çok az artar. Aradaki çekirdek malzeme anlamsız izolasyondan öteye geçemez. Özellikle büyük teknelerde sandviç çekirdek olarak önceden kalıplanmış ince CTP oluklu levhalar, petek sistemler ve tekneler üzerinde çekirdek üzerine sarılarak oluşturulan ince oluklu sistemler kullanılabilir.

3.4.9.2.2. Çekirdek Malzemelerin Tanıtımı

En çok kullanılan çekirdek malzemelerin tipik mekanik karakteristikleri aşağıda sıralanmıştır :

Poliüretan Köpük

Özgül ağırlık.....	50	kg/m ³
Çekme dayanımı	6	kg/cm ²
Kayma dayanımı.....	4	" "
Basma dayanımı.....	2.5	" "
Çekmede elast. mod.....	123	" "
Kaymada elast. mod.....	30	" "
Basmada elast. mod.....	65	" "

PVC Köpük

Özgül ağırlık.....	60	kg/m ³
Çekme dayanımı.....	17	kg /cm ²
Kayma dayanımı.....	10	" "
Basma dayanımı.....	7.4	" "
Çekmede elast. mod.....	600	" "
Kaymada elast. mod.....	80	" "
Basmada elast. mod.....	500	" "

Balsa

Özgöl ağırlık.....	95	kg /m ³
Çekme dayanımı.....	95	kg /cm ²
Eğilme dayanımı.....	58	" "
Kayma dayanımı.....	11	" "

3.4.9.2.3. Sandviç Konstrüksiyonda Tekne İmalat Yöntemleri**i) Kalıplı yöntem :**

Bu yöntem daha çok 9 m'den küçük teknelerin imalatında kullanılır. Vakum torbalı ve ısıtmalı yöntem olarak ikiye ayrılır.

Vakum torbalı yöntemde tek cidarlı tekne gibi kalıplanmış olan tekne üzerine reçine ile çekirdek malzeme (genel olarak PVC-Aireks köpük veya poliüretan) yapıştırılır. Kesitlerin birbirine tam intibakı için aralarında kalan hava emilerek dış ortam hava basıncıyla birbirlerine yapışmaları sağlanır. Isıtmalı yöntemde ise yine tek cidarlı tekne gibi kalıplanmış tekne üzerine reçine ile daha önceden konveksiyonla ısıtılmış ve yumuşatılmış PVC köpük levhalar, tekne formuna uygun şekilde kolayca eğilip kesilerek yapıştırılır. PVC köpük levhalar birbirlerine sağlamlığı garantili her şekilde dikilebilir. Daha sonra PVC köpük üzerine CTP laminasyon yapılarak iki cidar ve arada çekirdek malzemeli sandviç elde edilmiş olur.

ii) Kalıpsız Yöntem :

Bu yöntemde teknenin normalden çekirdek kalınlığı kadar daha ufağı ince tirizlerle inşa edilir. Daha sonra ısıtılmış çekirdek malzeme (genellikle PVC köpük) dikilerek bu modelin üzerine giydirilir. Form düzgünleştirilir ve köpüğün üzerine CTP laminasyon yapılır. Bu arada köpük ve CTP cidar reçine ile birbirine yapışmıştır. Sertleşmeden sonra tekne modelden ayrılır ters çevrilir (normal hale getirilir) ve iç laminasyonu da yapılır. Bu yöntemin üstünlüğü kalıp gerektirmemesi, sakıncası ise yeterli yüzey hassasiyeti sağlayabilmek için taşlama gerektirmesidir.

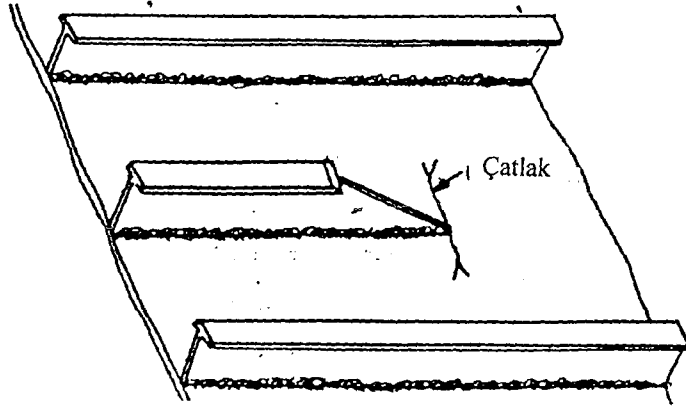
iii) Büyük Tekneler İçin Bir Yöntem

Bu yöntemde tek cidarlı konstrüksiyon gibi kalıplanan dış laminat üzerine boyuna ve enine mukavemet elemanları yerleştirilir. Daha sonra trapez veya üçgen kesitli poliüretan veya PVC köpük profiller reçine ile tekneye yapıştırılır. Üzerine 600 gr/m² 'lik keçe yarım sarılır. Hemen yana, yine trapez veya üçgen biçiminde çekirdek profil reçineyle yapıştırılır. Keçe bunun altına sarılır. Sonuçta keçe, çekirdek profillerin bir üstünden bir altından geçirilerek ortası dolgulu oluklu mukavva benzeri bir yapı elde edilir. Bu yapının üzerine ikinci fiberglas cidarı oluşturacak CTP laminasyon yapılır.

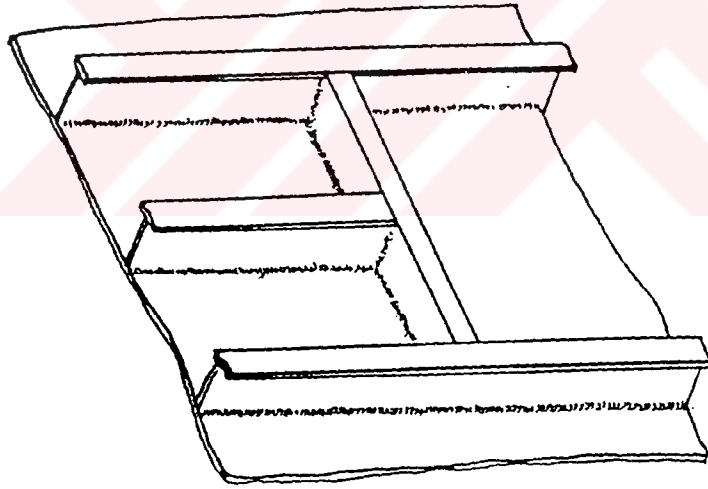
Bu yapısal sistemin avantajı sadece tek kalıba ihtiyaç göstermesi, dış yüzeyin çok düzgün ve hassas çıkması ve eksiksiz mukavemetidir.

3.4.9.2.4. Sandviç Konstrüksiyon ile Tek Cidarlı Konstrüksiyonun Karşılaştırılması

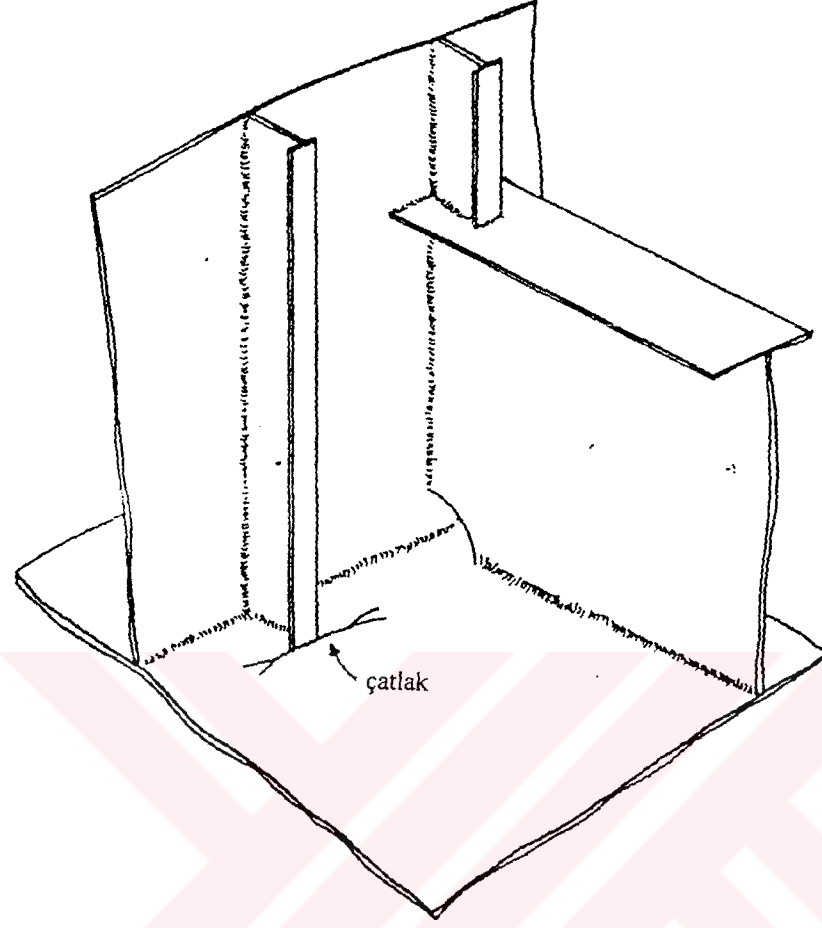
Sandviç konstrüksiyon tek cidarlı konstrüksiyona göre çok daha zordur. Uzun zaman alır. İlave işçilik ve malzeme gerektirir. Sandviç konstrüksiyonun başlıca üstünlüğü ise eş ağırlıklı tek cidarlı bir kabuktan çok daha mukavim olmasıdır. Ayrıca teknenin batmazlığı için de büyük bir avantajdır. Ancak çekirdek malzemenin fiberglas cidarlarla birlikte çalışabilmesini kesin bir şekilde sağlamak güçtür. Ayrıca verilen bir kaplama ağırlığına göre sandviçin dış kaplamasının tek cidarlı kaplamadan daha ince olması da teknenin hizmet sırasında daha kolay yaralanabilmesine sebep olabilir. Ancak dış kaplamadaki küçük kesik iç kaplamanın yaralanmasını ve çekirdek malzemenin su emmeyen bir malzeme olması durumunda sızıntıya yol açmaz. Büyük kayıcı teknelerde, çekirdek malzemenin düşük kayma mukavemeti tasarım zorluklarına yol açar. Bu durumda iki cidar arasında daha iyi bir bağlantı sağlamak için CTP korigasyon (oluklu) kullanılabilir. Bu tür oluklu konstrüksiyonlar oluklar boyuna ise derin çerçeveler, oluklar enine ise derin çerçeveler boyuna olmalıdır. Sandviç konstrüksiyon daha düzgün bir iç yüzey ve bu nedenle sintine suyunun daha kolay alınmasını sağlar.



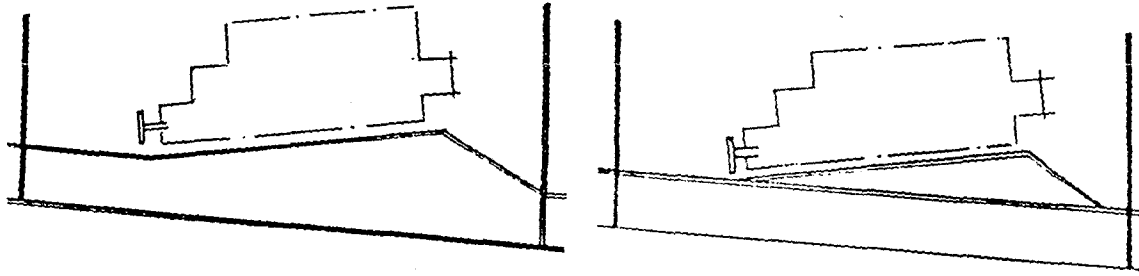
Şekil 3.4.17. Yalnis konstrüksiyon



Şekil 3.4.18. Doğru konstrüksiyon



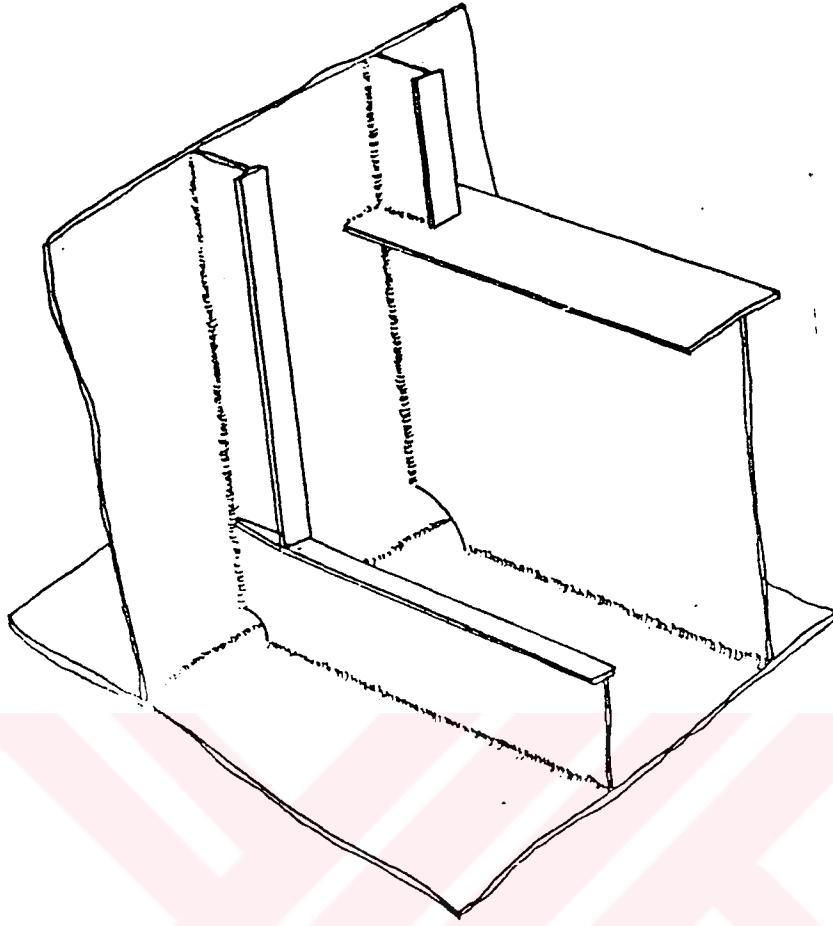
Şekil 3.4.19. Yanlış Konstrüksiyon



a) Yanlış Konstrüksiyon

b) Doğru Konstrüksiyon

Şekil 3.4.20. Makine temelleri



Şekli 3.4.21 Doğru konstrüksiyon

3.4.10. CTP TEKNELERDE ELEMAN BAĞLANTILARI VE TEKNE MONTAJI

3.4.10.1. Bağlantılar - genel

Norveç Klas Kuruluşu (DNV), bağlantıların genel olarak aşağıdaki koşulların sağlanmasını ister. Bu istek konuyla ilgilenen tüm klas kuruluşlarınca küçük. önemsiz farklılıklarla tekrarlanır:

Tüm bağlantıların yapım ve kontrolü basit olmalı ve bağlanan laminatların de-laminasyon (ayrışma) tehlikesini ortadan kaldıracak şekilde olmalıdır.

Bağlantının mukavemeti en azından bağlanan iki parçadan zayıf olanının mukavemetine eşit olmalıdır.

- Tek cidarlı veya sandviç panelin kenarının açığa çıktığı bu kenar reçine ile en azından bir kat keçe ile kaplanmalıdır.

-Laminatların perçin, vida veya civata ile bağlandığı yerlerde deliklerin etrafında laminat kalınlığı bunları telafi edecek şekilde arttırılmalıdır.

i) Yapıştırıcı Bağlantılar :

Yapıştırıcılı bağlantılar birleştirilen parçaların durumuna göre üç ana gruba ayrılır:

- 1) İki parçada "yaş" (jelleşmemiş)
- 2) " yaş" bir parça "kuru" parçanın üzerine yatırılıyor (jelleşmiş)
- 3) İki parçada " kuru "

-İkinci ve üçüncü grupta kuru yüzeyler yağ ve vs. den iyice arınmış ve doku olarak elyaf açığa çıkana kadar zımparalanmış olmalıdır.

ii) Peçin Ve Civata Bağlantıları :

-Perçin ve civatalar korozyona dirençli metalden yapılmış veya korozyona karşı korunmuş olmalıdırlar.

-Perçin ve civata delikleri matkapla açılmalı ve perçin/civata ile aynı çapta olmalıdır.

-Delik merkezinden laminat kenarına olan mesafe en azından perçinler için $2.5 \times$ delik çapı ve civatalar için $3 \times$ (delik çapı) olmalıdır.

Perçinler arası mesafe en az $2.5 \times$ (delik çapı)

Civatalar arası mesafe en az $3 \times$ (delik çapı) olmalıdır.

-Civata başı ve somun veya perçin her iki ucuna çapı $2 \times$ (delik çapı) olan ve kalınlığı en azından $0.1 \times$ (delik çapı) veya 1.5 mm. olan rondelalar takılmalıdır.

-Rondelalar perçin/civata ile aynı metalden olmalıdır. Eğer civata-somun veya perçinin boyutları rondela için verilen şartları sağlıyorsa rondela kullanılmayabilir.

Yüksek gerilmeli bölgelerde daha büyük rondela kullanılması istenebilir. Su geçirmez bağlatılarda perçin/civata bağlantıdan önce reçineye daldırılmalı ve / veya bağlantıdan sonra sızdırmazlık sağlanmalıdır.

iii) Vidalı Bağlantılar :

Vidalı bağlantılar fazla yük almayan, daha önemsiz parçalarla veya civata/perçin bağlantısının yapılmadığı durumlarda kullanılır. Vidalar birbirinden mümkün olduğu kadar uzak, laminata dik bir şekilde takılmalıdır.

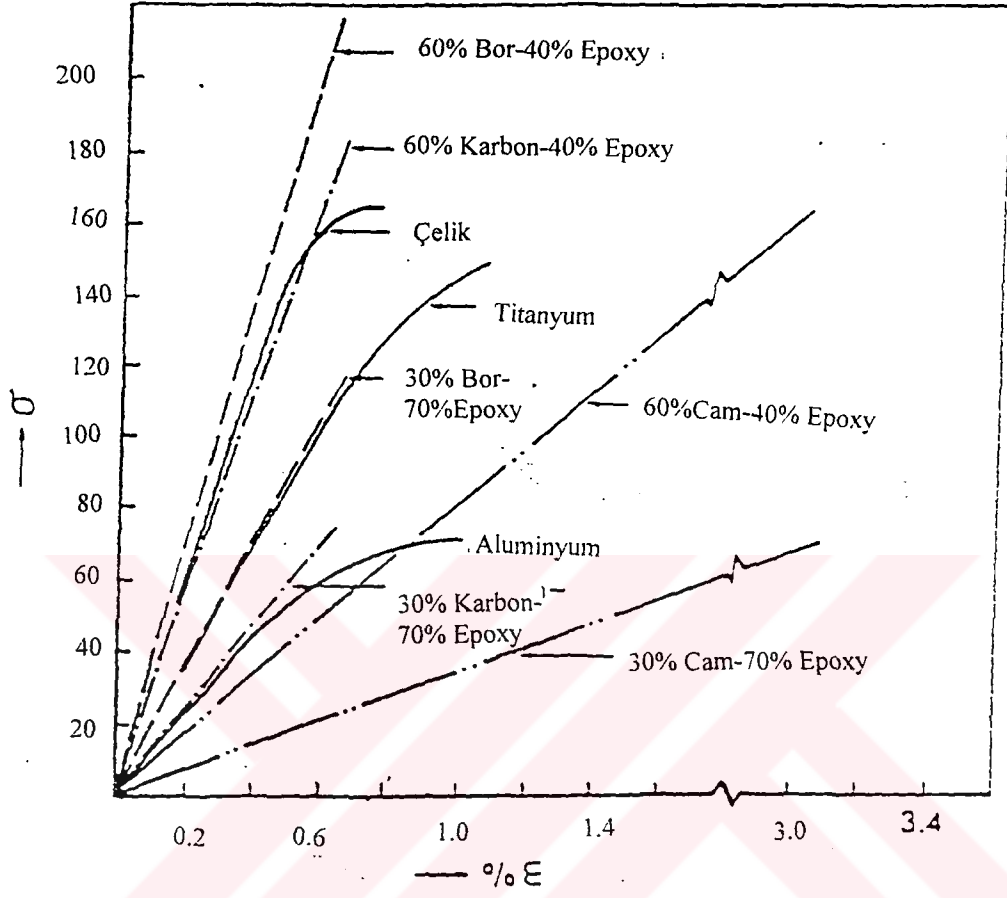
-Vidayı tutan laminat yeterli kalınlıkta (en az 6 mm) olmalı veya laminatın içine veya arkasına vidayı tutacak başka elemanlar takılmalıdır.

3.4.11. KOMPOZİT MALZEMELERİN DİĞER MALZEMELER İLE KARŞILAŞTIRILMASI :

Kompozitlerin en büyük özellikleri klasik malzemeye göre özgül modüllerinin ve çekme dayançlarının yüksek oluşudur.

Kompozit malzemelerinin ısı, elektrik ve ses yalıtımı diğer malzemelerden çok daha iyidir. Benzer şekilde sürünmeye karşı dayancı büyük olan, cam ve C gibi fiber kullanarak yüksek sürünme dayançlı malzeme elde edilir. Çentik darbe ve yorulma dayancı sürekli fiber kullanarak ve matrisin çatlak durdurucu etkisinden yararlanarak çok iyi hale getirilebilir.

Metal-Metal matrisli kompozitler 700-800 °C' de kullanılırken seramik matrisli kompozitler 2000 °C' ye kadar kullanılır. Buna karşın plastik matrisli kompozitler en fazla 300 °C' ye kadar kullanılır.



Şekil 3.4.22. Çeşitli Malzemelerin Gerilme-Gerinim eğrileri

Tablo 3.4.6

MALZEME	ρ (mg/m^3)	E (GPa)	R_m (MPa)	% δ	Isıl Genleşme Katsayısı (α) $10^{-6}/^\circ\text{C}$	Özgül Modül (GPa)	Özgül Dayanç (MPa)	Isıl Dayanıklılık ($^\circ\text{C}$)
Yüksek Dayanıklı Al-Zn-Mg	2.80	72	503	11	24	25.7	180	350
%0.3 C'lu Islah Çeliği	7.85	207	2050-600	12-28	11	26.4	261-76	800
Nimonic 90	8.18	204	1200	26	16	24.9	147	1100
Naylon 6.6	1.14	2	70	60	30	1.8	61	150
Cam Fililli Naylon ($V_f=\%25$)	1.47	14	207	2.2	25	9.5	141	170
Cam Fiber-Epoksi Reçine ($V_f=\%60$)								
a) Fiberlere Paralel	1.62	220	140	0.8	-0.2	135	865	265
b) Fiberlere dik	1.62	7	38	0.6	30	-	-	-
Cam Fiber-Polyester Reçine ($V_f=\%50$)								
a) Fiberlere Paralel	1.93	38	750	1.8	11	19.7	390	250
b) Fiberlere dik	1.93	10	22	0.2	-	-	-	-
Cam Fiber-Polyester Reçine ($V_f=\%20$)								
Düzlemsel Keçe	1.55	8.5	2	2	2.5	5.5	71	230

Aşağıdaki tabloda değişik cam elyafı oranlı CTP özellikleri çelik ve alüminyum ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.4.7

Özellikler	Cam Elyafı	Doymamış Polyester	Cam KEÇE % 30	Takviyeli KEÇE % 40	Poliyes. Fitolit % 60	Diğer Çelik	Malzeme. Al
Spesifik yoğunluk gr/cm	2.57	1.20	1.5	1.6	1.8	7.8	2.7
Genleşme Kts. 10 °C	5 - 4	100	25	20	12	12.5	23
Isı iletkenlik kts. Kcal/mh c	0.86	0.15	0.25	0.27	0.30	45	150
Özgül Isı Cal/gr °C	0.192	0.45	0.36	0.30	0.26	-----	-----
Elas. Modülü N/mm ²	7000	4000	8000	10000	19000	2 x 10 ⁻⁵	2 x 10 ⁻⁵
çekme dayanımı N/mm ²	3000	60	100	140	350	350	120
basma dayanımı N/mm ²	-----	100	150	180	290	400	200
Eğilme dayanımı N/mm ²	-----	100	190	240	440	400	200

Bu tablo yardımı ile CTP 'nin diğer malzemelerle teknik yönden karşılaştırmasını yapmak mümkündür. CTP 'nin çelik ve alüminyuma karşı üstünlüklerini şöyle sıralayabiliriz:

3.4.12. KOMPOZİTLERİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE EKSİKLİKLERİ

Yüksek nitelikli kompozitlerin temeli, yüksek modülleri ve mukavemetlerine dayanmaktadır. Bu özelliklerin birim ağırlık bazında incelenmesi sonucu yüksek nitelikli kompozitlerin özgül modülleri ve dayanımlarının metallere oranla çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuca varılmasının doğal sebebi de bu kompozitlerin özgül ağırlığının, metal özgül ağırlığının çok altında olmasıdır.

Ağırlıktan sağlanan bu büyük tasarrufa karşı ödenen bedel de oldukça yüksektir. Şöyle ki; aynı rijitliği sağlamak için yaklaşık olarak metallerle aynı

kalınlıkta kullanılan Aramid/Karbon elyafı kompozitlerin maliyeti, çelik maliyetinin 20 ila 40 katına ulaşmaktadır. Buna rağmen hem hafif, hemde yüksek mekanik özelliklere sahip olmaları nedeniyle yüksek nitelikli kompozit malzemeler, hafifliğin çok önemli olduğu havacılık ve uzay havacılığı alanlarında çok büyük kullanım alanı bulmuştur.

Sadece malzeme maliyeti olarak bakıldığında pahalı gözüken yüksek nitelikli kompozitlerin sağladığı hafiflik, diğer yapı elmanlarında azalma getirmekte, dolayısıyla enerji ve büyük ölçüde malzeme tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca korozyona ve malzeme yorulmasına karşı dayanımı, tasarım esnekliği sağlaması ve istenilen bölgenin istenildiği şekilde takviye edilebilme özellikleri yüksek nitelikli kompozitleri günümüzde birinci sınıf malzeme haline getirmiştir.

3.4.12.1. Yoğunluk

CTP 'nin yoğunluğu 1500 kg/m^3 , alüminyumun yoğunluğu 2700 kg/m^3 , çeliğin yoğunluğu ise 7800 kg/m^3 . CTP 'nin çekme ve eğilme dayanımının yüksek olması nedeniyle çelik ve alüminyumdan daha yüksek mukavemet / ağırlık oranına sahip ürünler elde edilebilir. Kalıplama özelliklerinden ötürü CTP 'ye istenen yönde ve istenen yerde gerekli mukavemet verilebilir. (Ör : omurga, çene hattı, kış aynalık, şiyer ve güverte stringeri v.s.). Böylece malzeme ekonomisine gidilerek hafif ve ucuz ürünler elde edilebilir. Ayrıca darbe dayanımı açısından da CTP üstündür. Eş kalınlık veya eş ağırlık esasına göre karşılaştırıldığında CTP 'nin darbe mukavemeti bir çok metalden üstündür. Yalnız tekne üzerinde periyodik olarak aynı tip yüklemelerle karşı karşıya kalan kısımlarının tasarımına özen göstermek gerekir. Çünkü CTP 'nin yorulma dayanımı metallere göre daha düşüktür. Dizayn yüklerinin dağılımında ve emniyet faktörlerinin tesbitinde dikkatli olunmalıdır. Çentik mukavemetinin de düşük olması tekne yapım inşaatında köşe, çıkıntı, yarık gibi süreksizliklerin bulunduğu kısımları daha kalın ve dayanıklı inşa etme zorunluluğunu ortaya çıkarır.

Ayrıca malzemenin burkulma dayanımının da düşük olması CTP tekne imalinde yeni konstrüksiyon sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. CTP 'nin çekme ve eğilme dayanımları ise malzeme içindeki cam elyaf yüzdesine göre artar.

3.4.12.2. Atmosferik Koşullara Ve Kimyasal Etkenlere Mukavemet

Uygun reçinelerin seçimi ile, olağan üstü durumlar dışında her şarta uygun CTP üretilir. CTP ürünleri hava etkilerinden ve çoğu kimyasal etkilere zarar görmezler. CTP bu niteliği sayesinde kimyevi madde, tank, boru, baca ve aspiratörleri ile işleme donanımı yapımında ayrıca tekne ve araç imalinde kullanılmaktadır. Örneğin CTP tekneler için tuzlu deniz suyu ve nemli havadan etkilenecek paslanma veya korozyona uğrama gibi bir tehlike mevcut değildir. Yalnızca CTP ile imal edilmiş teknelerin yosun tutma ve kabuklu deniz hayvanlarını barındırma özelliği vardır. Fakat " Antifouling " denilen zehirli boyalarla bu sakınca da ortadan kaldırılabilir.

3.4.12.3. Ateşe Ve Sıcaklığa Mukavemet

CTP 'nin bu niteliğide kullanılan reçine cinsi ile yakından ilgilidir. Cam elyafın ateşe dayanıklı oluşu her zaman CTP 'nin alev alma tehlikesini azaltmaktadır. Ayrıca CTP 'nin düşük bir ısı iletkenlik katsayısına sahip oluşu da alevin yayılmasını geciktirir.

Bazı özel cins polyesterler ve uygun dolgu ve katkı maddeleri yardımı ile CTP 'nin ateşe dayanıklılığı daha da arttırılabilir. Yalnız bu tip malzemeler alev etkisi altında zehirli gazlar çıkartabilirler. Genel amaçlar için kullanılan polyesterlerle üretilen CTP 110 °C 'a bazı özel tiplerle üretilen CTP ise 250 °C 'a kadar devamlı sıcaklıkta sürekli olarak kullanılabilir.

3.4.12.4. Hafiflik

Uygun bir dizayn ile CTP ile imal edilmiş tekneler çelik veya ahşap benzerlerinden hemen hemen yarı yarıya daha hafif ve alüminyum benzerleri ile yaklaşık aynı ağırlıkta olmaktadır. Bu sayede tekne daha az suya batacak ve makina gücü ile ağırlığından tasarruf sağlanacaktır. Bu özelliği ile CTP, bilhassa kayıcı teknelerin inşaatı için çok uygun malzeme olmaktadır.

3.4.12.5. Kolay Biçimlendirme

Büyük ve karmaşık biçimde parçalar tek işlemle ve bir parça halinde kalıplanabilir. Bu da malzeme ve işçilikten ekonomi sağlar.

3.4.12.6. Fiyat

1 kg. CTP 'nin maliyeti çelik veya ahşaba oranla çok daha yüksek olmasına rağmen tüm teknenin maliyeti göz önüne alındığında bu sakınca küçülmüktedir. Genellikle tek bir kalıpla yüzlerce - binlerce tekne yapılabilir. Seri imalata geçtikçe tekne başına düşen kalıp maliyeti, işçilik süresi azalacağından maliyet düşmektedir. Bu haliyle CTP tekneler alüminyum teknelerden daha ucuz olmaktadır.

3.4.12.7. Kalıcı Renklendirme

CTP kalıplama sırasında kullanılan reçineye katılan pigmentler sayesinde istenilen renk verilebilir. Bu işlem ek bir masraf ve işçilik gerektirmez. Tekne tamamlandıktan sonra ayrıca boyanması gereksizdir.

3.4.12.8. Esneklik

CTP 'nin alçak elastisite modülü (2×10^6 psi - çelik 30×10^6 - alüminyum 10×10^6) sayesinde yük uygulandığında hemen şekil değiştirmesine karşın kısa sürede eski şeklini almaktadır. Ancak bu özellik CTP tekne inşaatında bir sakınca

da olabilir. Teknenin deformasyon yapmaması gereken yerleri özel şekilde takviye edilmelidir. Cam elyaf yüzdesi artırılarak elastisite modülü 4×10^6 psi 'ye kadar yükseltilebilir.

3.4.12.9. Bakım Tutum Kolaylığı

CTP korozyona uğramadığı, paslanma ve çürüme yapmadığı için bakım ve tutumu çok kolaydır. Ayrıca boyada gerektirmez. Sadece silinerek temizlenmeli ve gerekirse yosunlara karşı uygun boya ile boyanmalıdır.

3.4.12.10. Ömür

1950 'lerin başlarında yaklaşık yarım düzine pilot botu deneme amacı ile A.B.D. 'de inşaa edilmişti. Başarılı geçen bir hizmet döneminden sonra, yaklaşık 10 yıl kadar önce çeyrek yüzyıl zorlu şartlarda çalışmanın tekneler üzerinde etkisi incelenmek istendi. Bu amaçla kırılıp incelendiklerinde teknelerin kalıptan çıktıkları ilk günkü kadar sağlam oldukları görüldü. Teorik olarak uygun bir bakım ve dikkatli kullanma halinde ömür sonsuzdur. 45 yıllık zaman içerisinde bu savı çürütecek veya doğrulayacak bir olay gözlemlenmemiştir.

3.4.12.11. Tamir Kolaylığı

Yaralı CTP tekneler çok kolay ve ekonomik olarak onarılabılır.

3.4.12.12. Titreşim (Vibrasyon)

CTP düşük bir elastisite modülüne sahip olduğundan gemi titreşimlerinin genlikleri büyük olmaktadır. Bu titreşimler genellikle makina ve pervaneden doğmaktadır. Ancak makina temellerinin ve stifnerlerin uygun dizaynı ile bu sakıncalar azaltılabilir.

3.4.12.13. Aşınma, Yıpranma

CTP 'nin aşınmaya karşı mukavemeti metallere nazaran daha düşük, ahşap malzemeye oranla ise daha büyüktür. Bu nedenle aşındırıcı yüklere maruz kısımlarda tampon ve koruyucu plakalarla takviye yapılmalıdır.

3.4.12.14. Manyetik Özelliği Olmaması

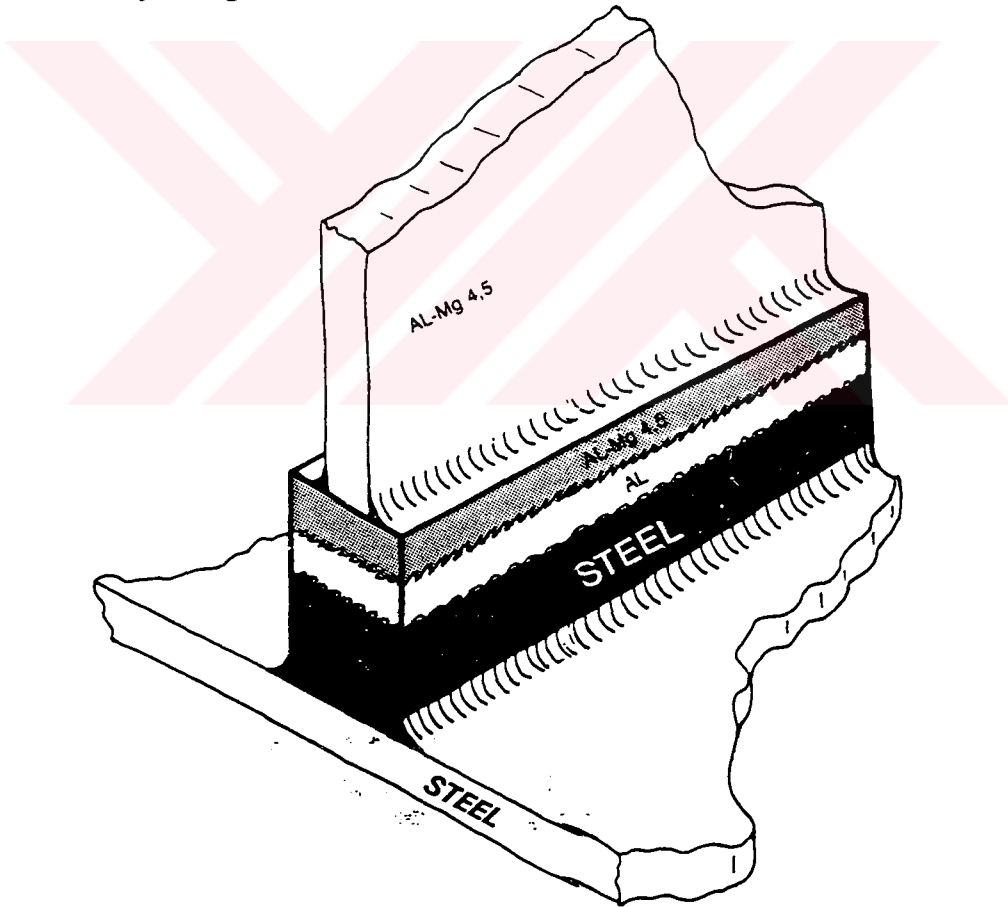
CTP manyetik bir malzeme olmadığından özellikle mayın arama tarama gemileri ve diğer küçük boydaki harp gemileri için çok uygun bir malzemedir.

Görüldüğü gibi CTP 'nin bir gemi inşaat malzemesi olarak üstünlükleri, sakıncalarına göre çok daha fazladır. Bu nedenle 45 seneye yakın bir zamandır CTP bot, sandal, yat, yelkenli yat, sahil muhafaza, mayın arama tarama, hücum bot, avcı botu, balıkçı gemisi v.s. gibi 40 metreden küçük gemilerin inşasında başarı ile kullanılmaktadır.

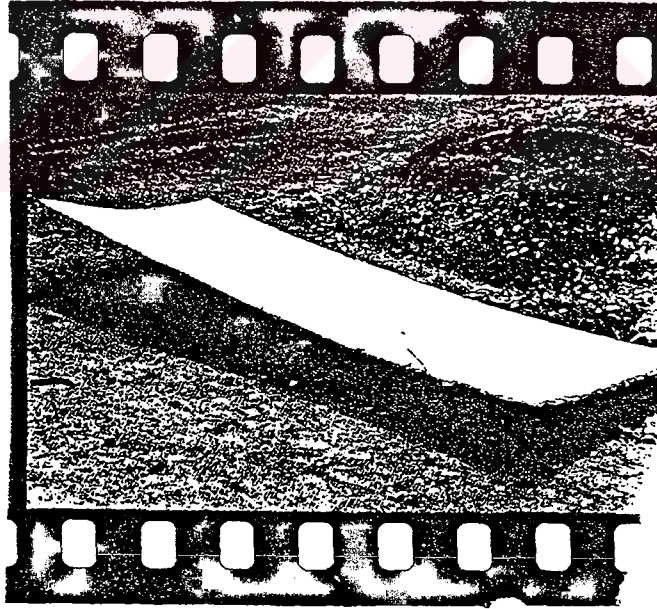
3.5. DİĞER MALZEMELER :

3.5.1. TRI-CLAD :

Tri-Clad malzeme patlamadan doğan basıncın etkisiyle çelik ve alüminyum alaşımı arasında bulunan saf alüminyum malzemelerin birbirine geçerek kaynamasıyla elde edilir. Patlatma işlemi toprak altında boş ve güvenli bir arazide gerçekleştirilir. İlk tabaka olarak 19 mm çelik, üzerine 9.5 mm saf alüminyum ve en üste de 6.5 mm kalınlığında alüminyum alaşımı yerleştirilir. Dinamitler uygun yerlere yerleştirilip tabakalar toprakla örtülür. Daha sonra güvenli bir şekilde patlatılır. Ara tabakadaki saf alüminyum diğer iki malzemenin arasında olabilecek korozyonu engelleme görevi vardır. Çelik ve alüminyum alaşımı ise kendi türündeki malzemelere kaynakla birleştirmede kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 3.5.1 Tri-Clad Malzeme Kesit Görüntüsü



Şekil 3.5.2. Tri-Clar İmalatı (Patlatarak)

Ana gövdesi çelik üst yapıları alüminyum alaşımı olan lüks yatların tamamına yakınında bu malzeme kullanılır. Zamandan ve işçilikten kazandırdığı için tercih edilmektedir. Perçinli bağlantıdan daha kolaydır ve daha estetikdir. Ayrıca korozyon dayanımı yine perçine göre daha yüksektir. Teorik olarak iyi boyanmış Tri-Clad 'ın ömrü sonsuzdur.

Tri-Clad 'taki çelik tabaka gemi inşaatında sık kullanılan St42 çeliğidir. Fakat eşdeğerleride kullanılabilir. Aradaki saf alüminyum Al 1000 veya Al 2000 dir. Alüminyum alaşımı olarakta iyi kaynak edilebilirlik özelliğinden dolayı Al 5086 kullanılır. Toprak altında patlatılarak birleştirilen plakalar belli standart kalınlık ve boylarda kesilerek satışa sunulurlar. Tri-Clad şeritlerin boyu 3350 mm kalınlığı 34 mm dir. Enleri ise taşıyacağı üst yapının ağırlığına göre değişkendir. Kimi durumlarda (özellikle köşe bağlantılarında) Tri-Clad 3500 mm x 1300mm tabaka halinde de satılmaktadır.

Mekanik Özellikleri :

- Alüminyum ve çeliğin birleşme noktalarındaki kesme direnci min 5.5 kg/mm² 'dir
- Fiziksel ve yorulma test sonuçları Tablo 3.5.1 'deki gibidir.

Tablo 3.5.1. Yorulma Dayanımı

Numuneler	Gerilme kg/mm ²		Kopma Bozulma	Sonuç
	Basma	Çekme		
TRI-CLAD Kullanımı	10.5	3.5	395.000	Kaynak sıcaklığından etkilenen Al bozuldu
	10.5	0.7	721.500	
	7.0	2.1	1.267.400	
Tipik 9 mm'lik perçin kullanımı	10.5	3.5	31.600	Perçin Kırıldı
	10.5	3.5	63.300	

Korozyon Dayanımı :

Korozyon testi, deniz suyunun direkt temasında ve spreysel deniz suyu etkisi altında hem hem de boyasız olarak yapıldığında Tablo 3.5.2. 'deki sonuçları vermiştir.

Tablo 3.5.2. Korozyon Dayanımı

Örnek Durum	Tatbik Süresi	Delinme Derinliği
Boyasız Durumda	3 Ay	0.67 mm
	12 Ay	0.82 mm
	27 Ay	1.05 mm
	60 Ay	1.57 mm
Komple Boyalı Durumda	12 Ay	Yok
	34 Ay	Yok

İlk 3 aylık etkilenmeden sonra alüminyumdaki korozyondan etkilenme derinliği 0.67 mm olmaktadır. Bu ihmal edilebilir bir miktardır. Alüminyum Oksit Hidrat bir koruyucu inert gazdır. Bunun kullanılmasıyla da 0.67 mm'lik etkilenmeden bile korunabilir. Boyasız vaziyettede iyi korozyon dayanımı gösterdiği halde uygulamanın boyalı yapılması tavsiye edilmektedir.

Tablo 3.5.3. Malzeme analizi

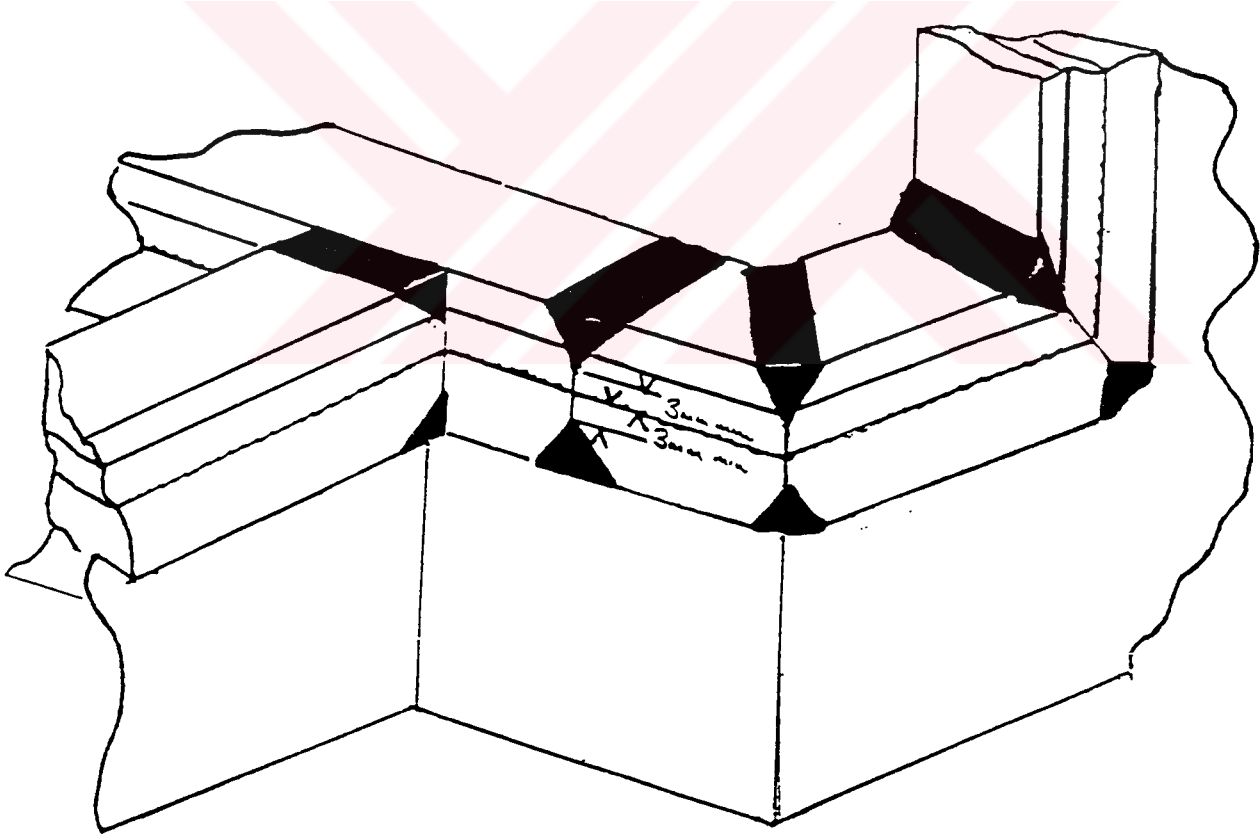
Çelik A 516 g. 55	Alüminyum alaşım 5086	Saf alüminyum 1100
C max 0.20	Mg 3.50-4.50	Fe+Si 0.10 max
Mn 0.60-1.20	Cr 0.05-0.25	Cu 0.05-0.20
P max 0.035	Mn 0.20-0.70	Mn 0.05 max
S max 0.04	Ti 0.15 max	Zn 0.10 max
Si 0.15-0.40	Cu 0.10 max	
	Zn 0.25 max	

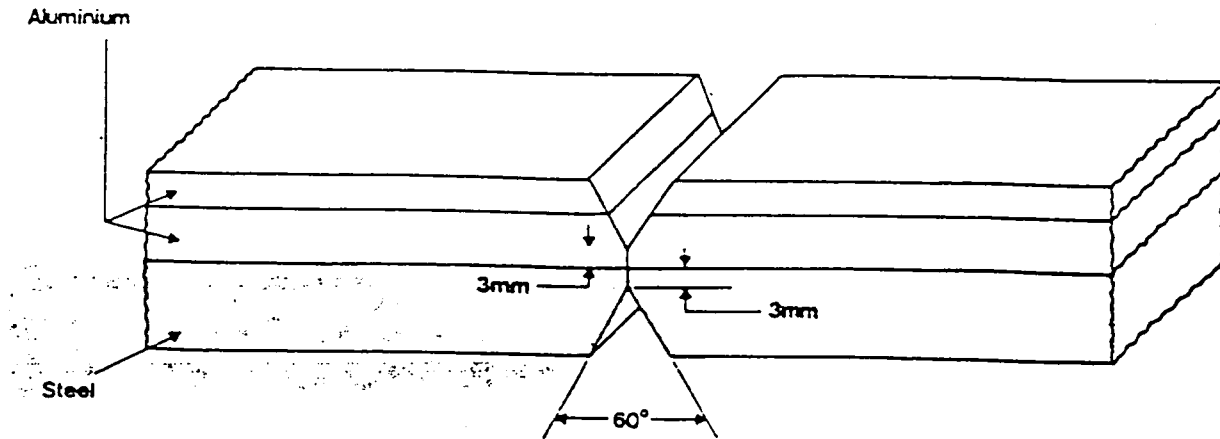
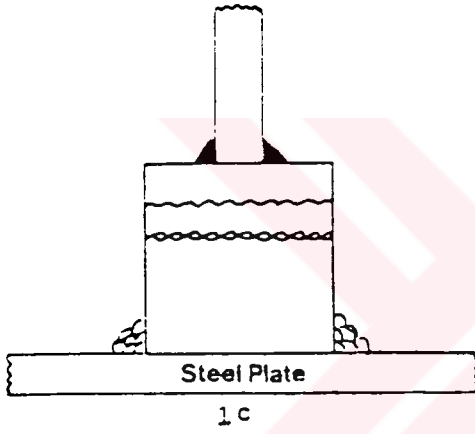
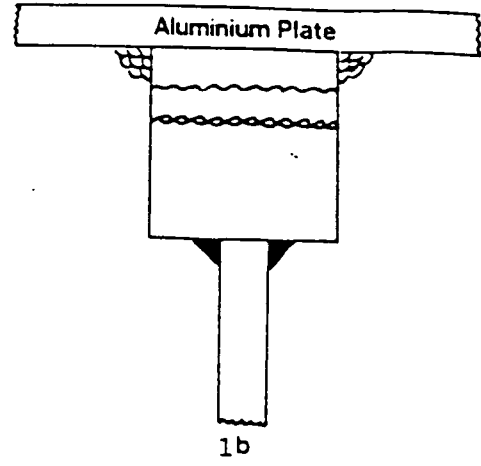
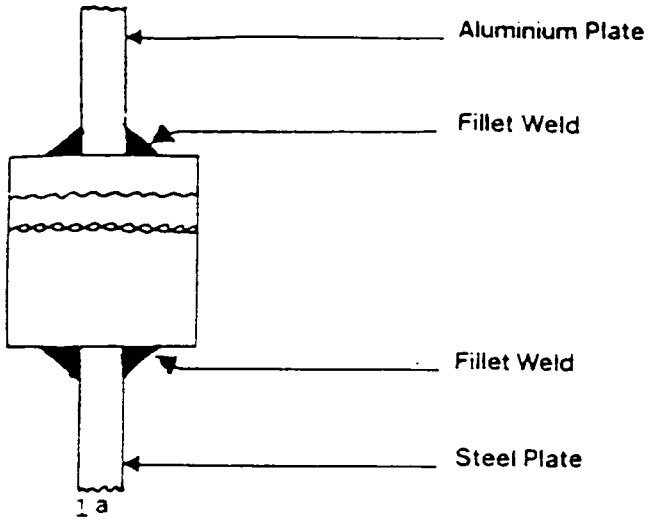
Tablo 3.5.4. Tri-Clad'ı Oluşturan Malzemelerin Özellikler

Mekanik Özellikler	Çelik	Al-Mg 4.5	Alüminyum
Son Çekme Dayanımı (kg/mm^2)	38-52	29	7.5-10.5
Akma Noktası (kg/mm^2)	20.7	13	2.5
Uzama	27	12	28

Tablo 3.5.5. Kaynaşma Alanında Çekme Dayanımı

Çalışma Durumunda	11.2 kg/mm^2
Bükülme durumunda ($R=10 \times b$)	11.3 kg/mm^2
350 °C 'de 15 dakika bekletmede	9.2 kg/mm^2

**Şekil 3.5.3. Tri-Clad 'ın Kaynak yöntemi**

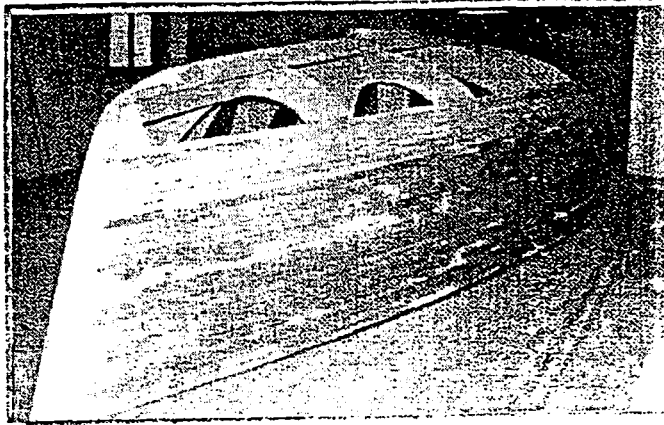


Şekil 3.5.4 Tri-Clad Birleşme Şekilleri

3.5.2. Strong Plank :

Üçte ikisi su ile kaplı olan dünyamızda, insanoğlu bu büyüleyici varlığı kontrol altına almak ve kullanmak üzere çok uğraş vermiş ve devamlı gelişen sistemler ile malzemeler kullanarak bunda başarılı da olmuştur. Denizlerin ve akarsular dahil göllerin insanlık hizmetinde kullanılmaya başlandığı ilk çağlardan beri de, yüzer teknelerin mevcut olanaklar çerçevesinde basit aletler ve metotlarla yapılabilmesi bir prensip olarak izlenmiş olup bu prensip bugün için dahil geçerliliğini korumaktadır.

STRONG-PLANK'ın geliştirilmesi de tamamen bu ilkeye sadık kalmak amacına yönelik olup sadece modern ilim ve teknolojinin bu sahaya yansıtılmasından ibarettir. Bu malzemenin tekne yapım sektörüne girişi ile, gerek usta ve gerekse de acemi yapımcı için son derece kolaylık sağlayan bir metodun uygulanmasına olanak sağlanmıştır. STRONG-PLANK ile tekne yapımında son derece mükemmel işlenebilirlik özelliği gösteren ahşap yerine kullanılabilecek, ahşaba göre çok daha hafif ve başka üstün nitelikleri olan bir sunni malzeme, tekne yapımcılarının kullanımına sunulmuştur. Çok hafif bir iç yapı üzerine sarılı güçlü elyaftan ibaret bir matrix'in kullanılması ile üretilir.



Şekil 3.5.5. Strog-Plank Tekne İmalat Şekli

STRONG-PLANK ile ilk kez, tekne yapımında kullanılabilecek sağlam bir malzemenin basit ve kolay bir metod ile bütünleştirilebildiği sistem sunulmaktadır. STRONG-PLANK kullanılarak yapılacak bir tekne yapımında gerekli yardımcı araç gereçte bir kaç basit aletten ibarettir. Bir günlük çalışma ile tüm gövde ortaya çıkarılabilir. Son derece düzgün satırlar nedeniyle de, laminasyondan sonra zımparalama ve spatula ile temizleme işlemleri de minimumda kalacaktır.

STRONG-PLANK'ın tekne yapımındaki kolaylık ve çabukluk yalnızca profesyonel Yat yapımcıları tarafından değil, tatil günleri kullanılabilen amatör tekne inşaatçıları tarafından da takdir edilmektedir.

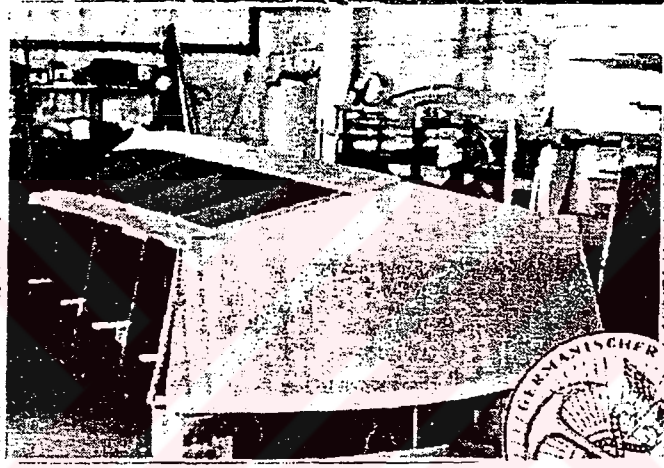
STRONG-PLANK ile yapılmış bir tekne gövdesi son derece sağlamdır ve iç yapıda ağaç, sac veya alüminyum inşaatta olduğu gibi, kirişler ve benzeri hacim kaybettirici unsurlar olmadığı için, çok büyük bir iç hacim sağlanır. Malzemenin hafif HEREX- köpük malzemesi üzerine sarılmış cam elyafı ile sandviç şeklinde yapılmış olması nedeniyle ortaya çıkan tekne ağırlığı diğer malzemelerle yapılanlara göre çok daha azdır ve tabiatıyla da ısı ve ses ızalasyonu da mükemmeldir.

STRONG - PLANK teknenin bakım ve onarımı çok kolay olup zaten minimum seviyededir. Çünkü STRONG -PLANK malzeme geçirgen olmaması sebebiyle su, sıcaklık farkları ve benzeri gibi nedenlerle şişerek kabarmalar yapmaz. Yıllar boyunca maruz kalınabilecek en sert deniz ve hava koşulları dahi bu malzemeyi özde yıpratmaz, yoramaz ve dolayısıyla da sağlamlığını yok edemez.

Strong – Plank 'ın Avantajları :

- Laminat yapıya nazaran %300 daha fazla dayanıklıdır.
- Dış ve iç laminasyon arasında sağlam bağlantı nedeniyle tekne satırlarında hiçbir şekilde şişme kabarma, plaka kalkması görülmez.
- Son derece uzun ömürlüdür.
- Geniş bir iç hacim ve daha basit bir içyapı uygulaması sağlar.

- Tahta ve/veya köpük kaplamaya nazaran en az %60 daha kolay ve süratli işlenebilir.
- Amatör kişiler tarafından dahi uygulanabilir.
- Mükemmel bir gövde görünüşü sağlanabilir.
- Bakım,tutum ve onarım çok kolaydır.
- Hafiflik nedeniyle, motor gücü ve yakıt sarfıyatında tasarruf sağlar.
- Hasar /yaralanma durumunda su almaz . öz madde çürümez.



Şekil 3.5.6. Yalancı Postalar Üzerine Strong-Plank Yapıştırılması

Strong - Plank Malzemesi İle Çalışma :

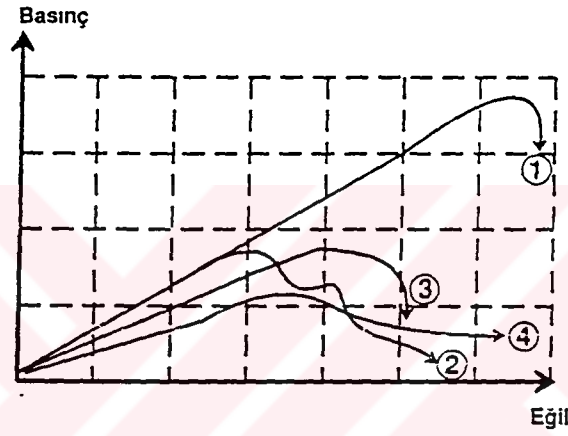
STRONG - PLANK standart olarak 12m.boyunda ve kullanılacak teknenin boyu ve teknede kullanım yerlerine göre seçilebilecek 4 ayrı kalınlık ve genişlikte, standart kaplama veya Karbon - Kevlar kaplamalı tipler olarak piyasaya sürülür. Arzu edildiğinde taşıma kolaylığı için çıtalar başka boyutlarda kesilebilir. Daha uzun çıtaların yapılması mümkün isede nakliye problemi nedeniyle tavsiye edilmez.

Tekne Gövde ve güvertesi ayrı ayrı yapılır sonra birbirine yapıştırılır. Gövdenin yapımı için omurga ve eğrilere gerek yoktur. Endaze resimleri uyarınca , tekne ebadına göre hazırlanan iskelet blokları kullanılır.Değişen aralıklarla yerleştirilen bu blokların işlevi kaplama tamamlandıktan sonra bitecek olup bu nedenle ucuz ağaçtan yapılamaları

uygundur. Bu bloklar kolay ve çabuk inşaatı sağlamak için düz bir zemine ters olarak (güverte altta olmak) üzere yerleştirilir. Daha sonra gövde ters çevrilerek iç laminatı ve benzer işlemlerle hazırlanan güverte yapıştırılır.

Diğer Sandviç Tipi Malzemelerle Karşılaştırma :

Aşağıda şekilde, aynı kalınlıktaki diğer sandviç tipi malzeme ile STRONG - PLANK malzemenin Valencia Üniversitesi tarafından yapılan mukayesesi görülmektedir. (Kullanılan kaplama STRONG - PLANK'te 1 kat daha azdır.)



Şekil 3.5.7. Diğer Sandviç Tipi Malzemelerle Karşılaştırma

- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1. Strong-Plank | 2. Balsa Balcor |
| 3. PVC-Klegecell R75 | 4. PVC Airex 80 |

Tablo 3.5.6. Strog-Plank Çıta Kalınlıklarına Göre Gövde Yapımında Kullanılabilecek Tekne Boyutları

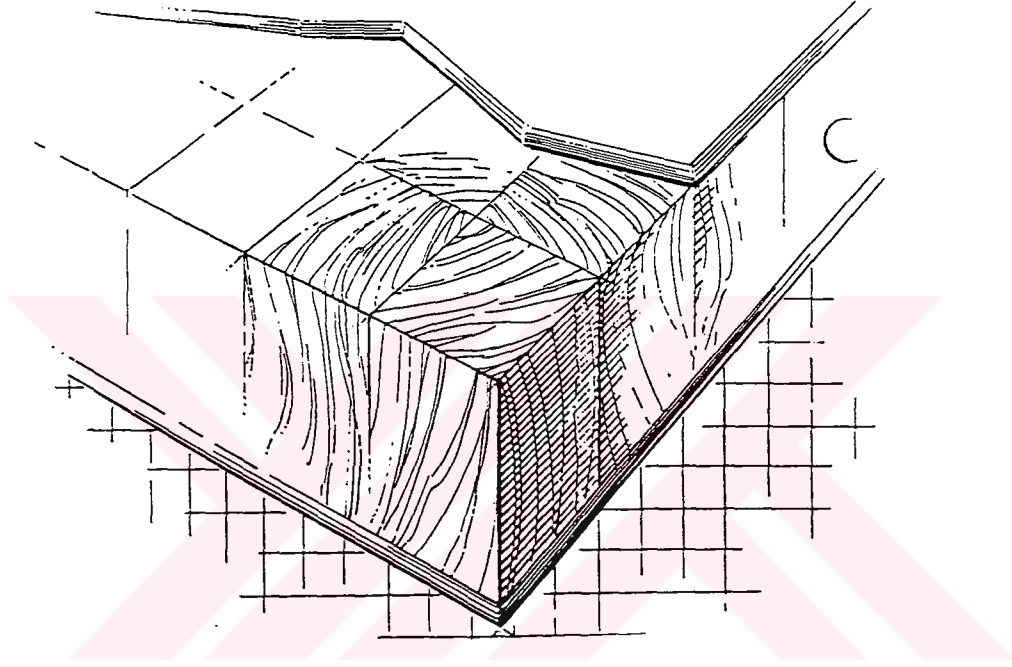
27x12 mm	5-8 m Tam Boy
36x17 mm	10 m tam boya kadar
46x22 mm	15 m tam boya kadar
46x27 mm	20 m tam boya kadar
46x32 mm	25 m tam boya kadar

Tablo 3.5.7. Teknik Bilgiler

Profil mm	Yoğunluk Kg/m ³	Yırtılma Muk. N/mm ²	Basınç Muk. N/mm ²	Kompresyon Modülü N/mm ²
27x12 mm	430	5.54	9.33	206
36x17 mm	358	4.77	9.05	206
46x22 mm	299	3.71	8.63	222
46x27 mm	250	3.43	8.21	241
46x32 mm	225	3.09	7.92	256

3.5.3. Balsa-Core :

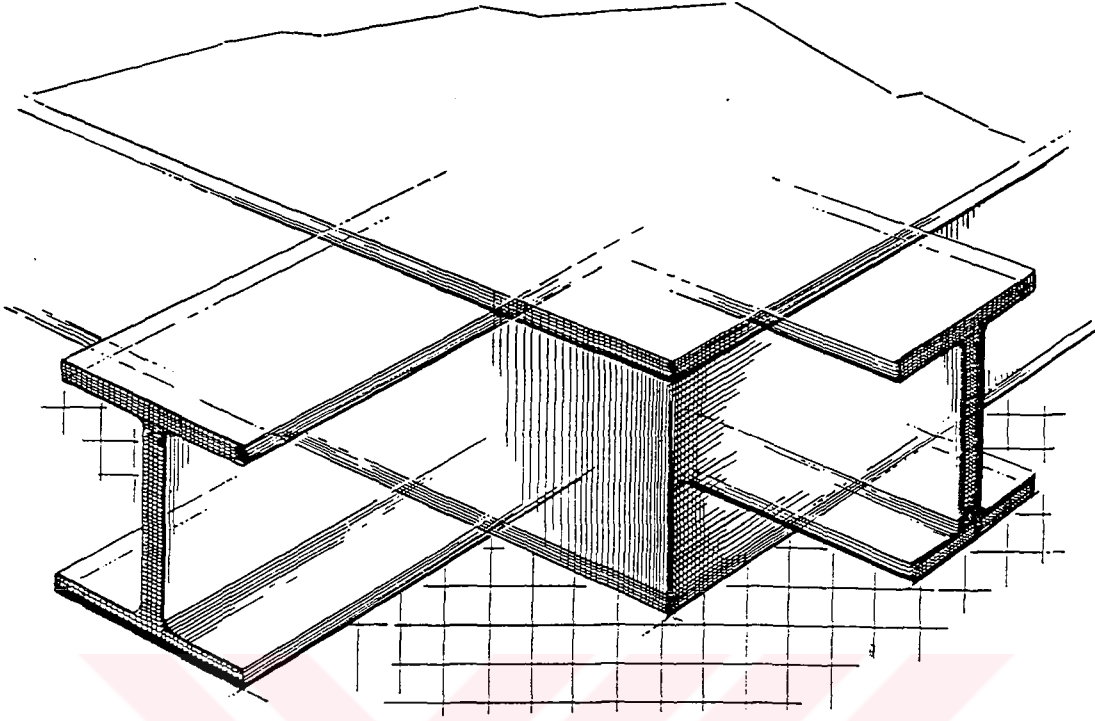
Balsa-Core (Baltek) kompozit bir malzemedir. Yani birbirinden farklı birden fazla malzemenin bir araya getirilip yeni bir malzeme olarak tanımlanabilir. Mesela CTP sunni cam elyafı ile reçinenin karışımı kompozit bir malzemedir. Balsa, doğal bir reçine olan Lignin 'li selülozik fiber tabakalara bindirilmiş ahşap bazlı kompozit bir malzemedir.



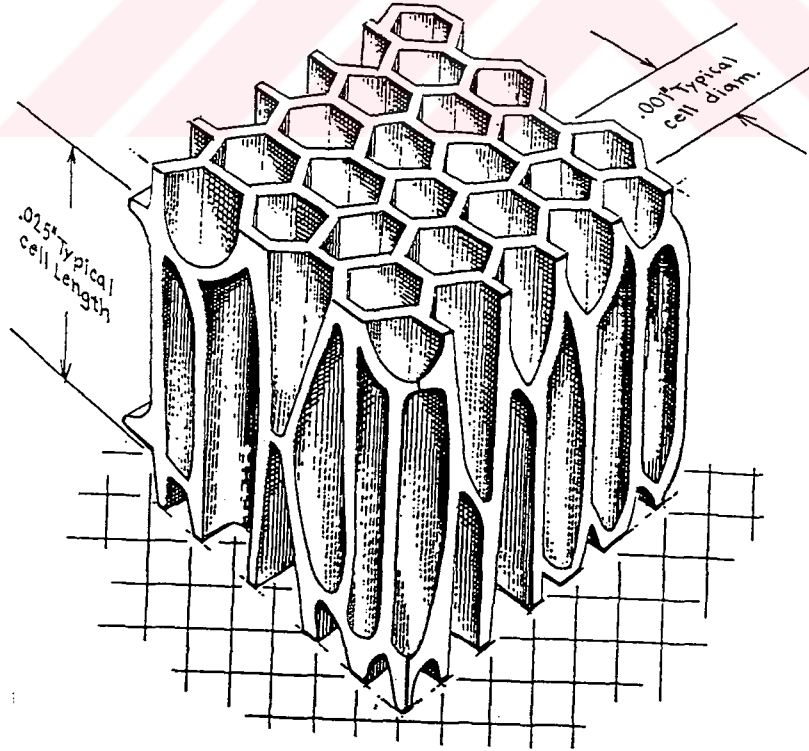
Şekil 3.5.8. Balsa Parçacıklarının dizilişi

Sandviç tipi kompozit, normal kompozit malzemeden aynı kalınlık için daha dayanıklı ve daha hafiftir. Balsa, damarlarının yapısı itibarıyla ısı ve ses izolatörüdür. Ayrıca hafiftir ama dayancı düşük olduğu için fiber tabakalarla desteklenir. Küçük ve eşdeğer bölünmüş balsa parçaları liflerin her yönde düzenli olacak şekilde dizilişi ile ahşabın anizotrop dezavantajı da minimuma indirilir. Bu durumda bir Balsa-Core tabakası hem enine hem de boyuna I profili ile desteklenen bir ağırlıklı gösterir.

Balsaya sürülen reçine emmeye ve depolamaya çok müsait olan Balsa hücrelerine dolar. Reçinenin katılaşmasıyla çok rijit ve hafif bir yapı elde edilmiş olur.



Şekil 3.5.9. Balsa-Core tabakanın mukavemet doğrultuları



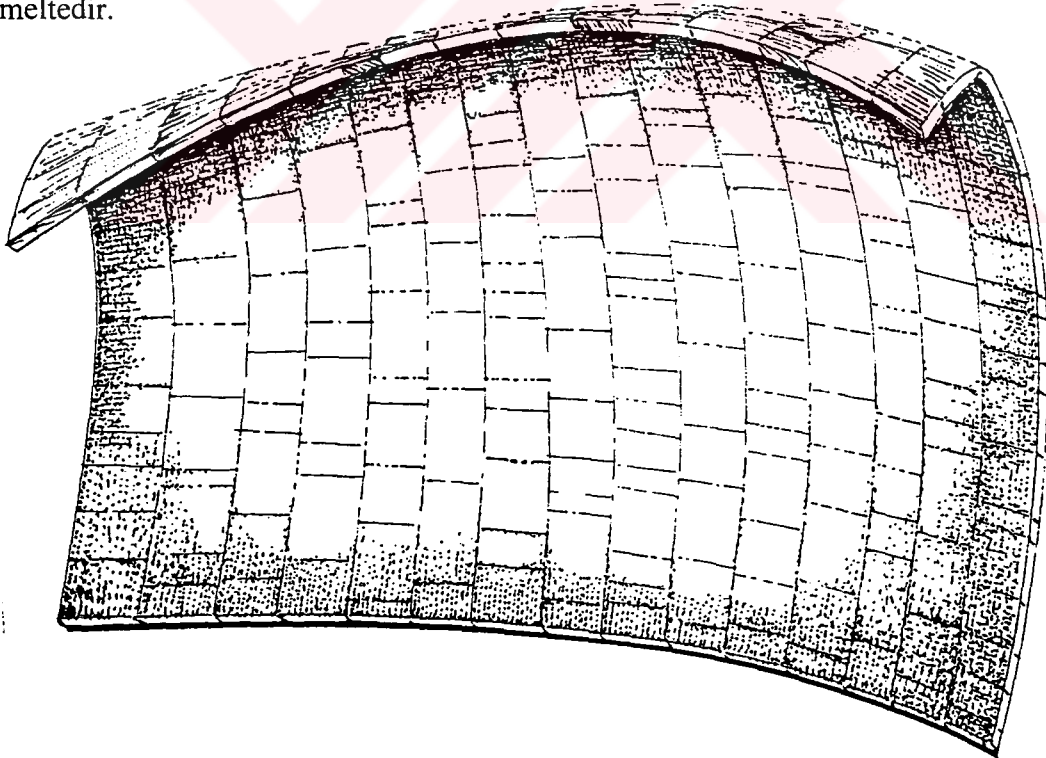
Şekil 3.5.10. Balsa 'nın hücre yapısı

Balsa-Core dış kaplama ana malzemesi olarak kullanılabileceği gibi iç bölmelerde, su geçirmez perdelerde ve hatta mobilya yapımında bile kullanılabilir.

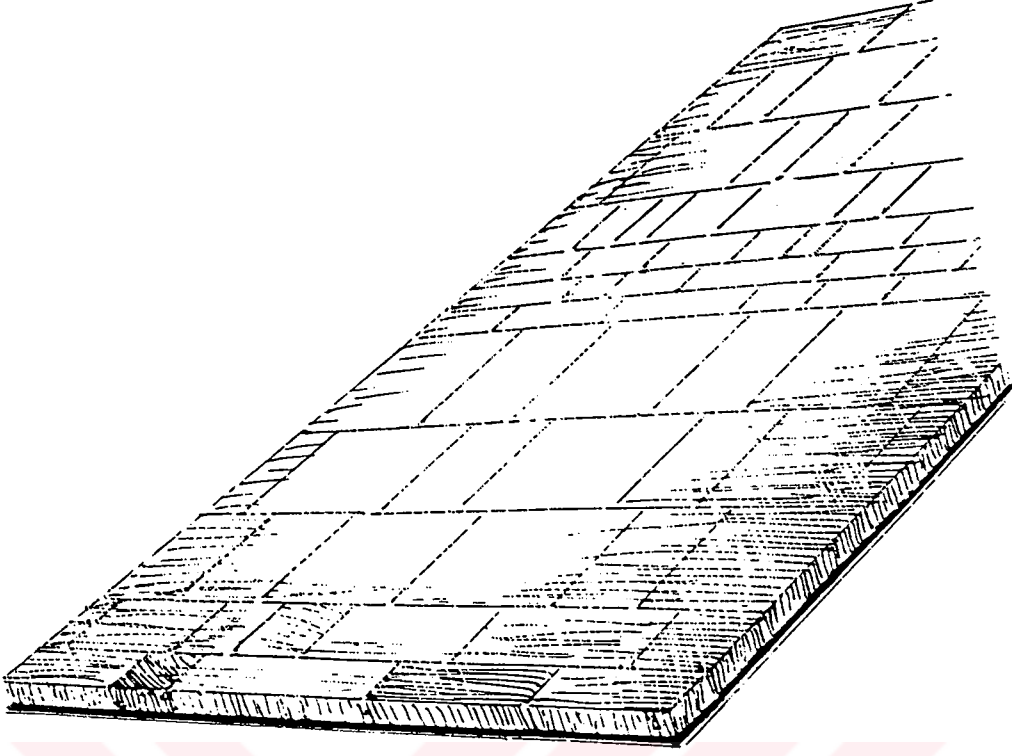
Balsa-Core 'un avantajlarını şöyle sıralayabiliriz.

- Hafiftir
- Ağırlık-Dayanım oranı çok yüksektir.
- Darbe ve yorulma dayancı yüksektir.
- İyi bir kesme ve eğilme mukavemeti vardır.
- Neme dayanıklıdır.
- Pozitif yüzdürme etkisi yüksektir.
- Yenilenebilir doğal bir kaynaktır.
- Önde gelen Lloyd's kuruluşlarınca onaylanmıştır.

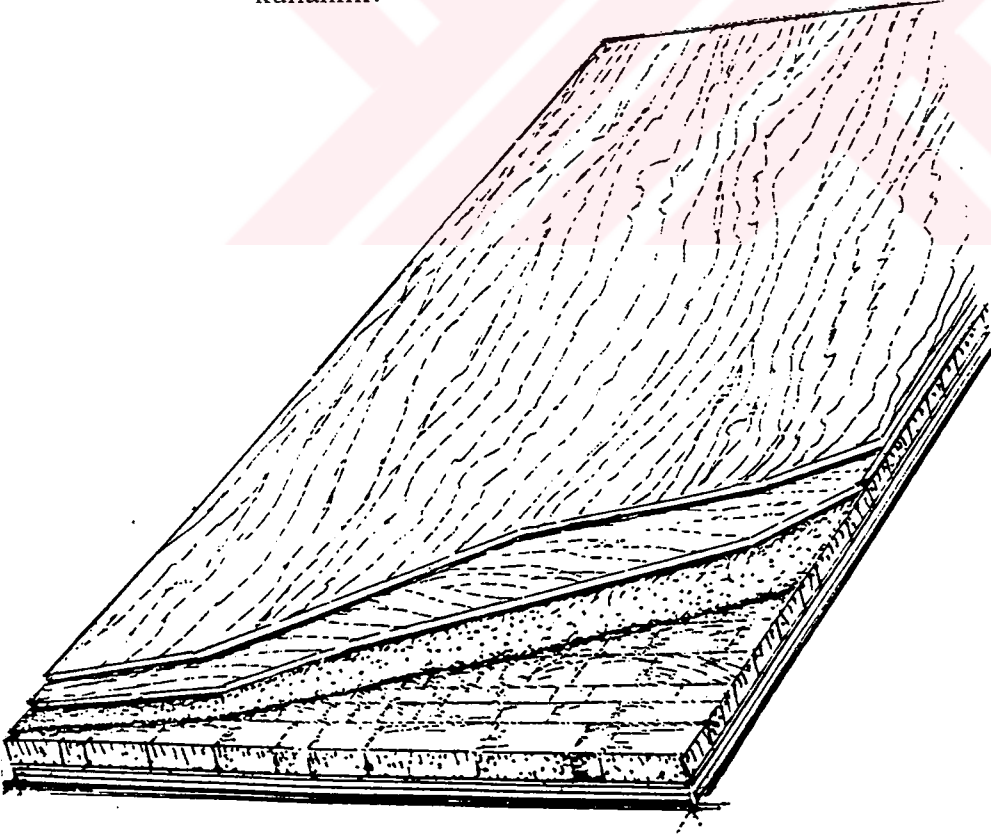
Aşağıda kullanım yerine göre üretilmiş çeşitli Balsa-Core tabakaları görülmektedir.



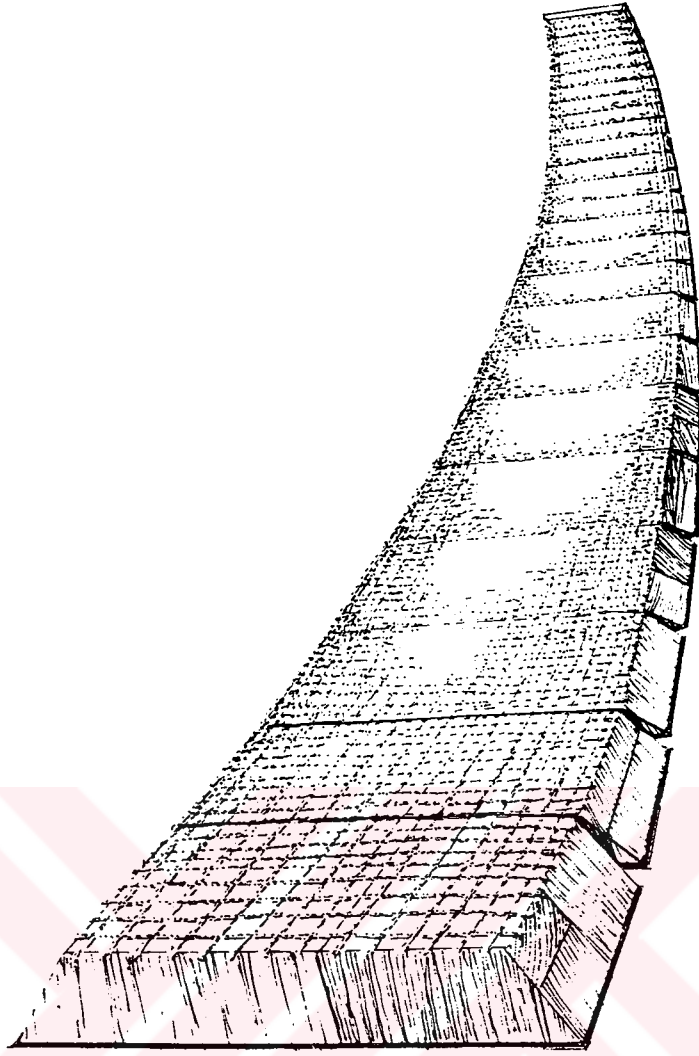
Şekil 3.5.11. Contourcore : Dışı esnek kumaşla desteklenmiştir. Eğrisel yüzeylerde ve özellikle dış gövdede kullanılır.



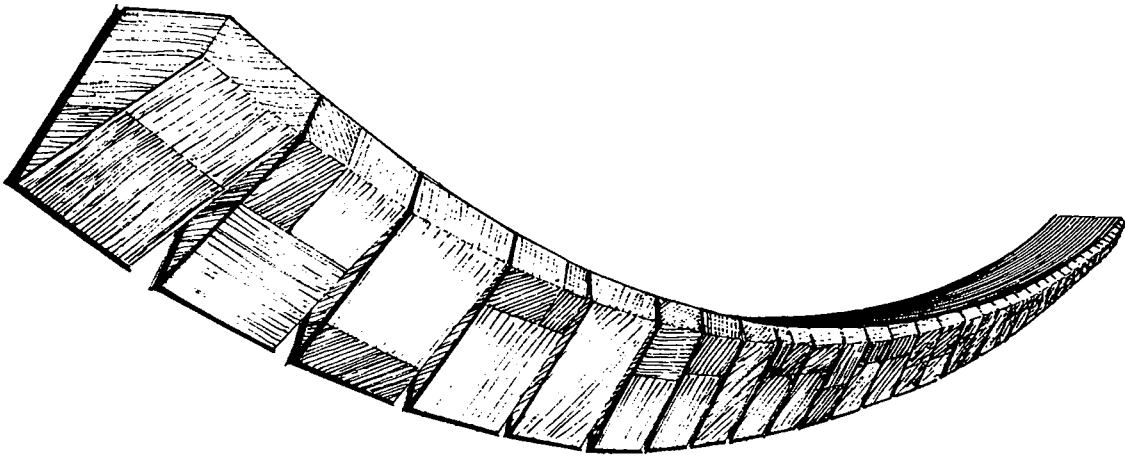
Şekil 3.5.12. D-100 Rigit End-Grain Panels : Düz yüzeylerde, iç bölmelemelerde kullanılır.



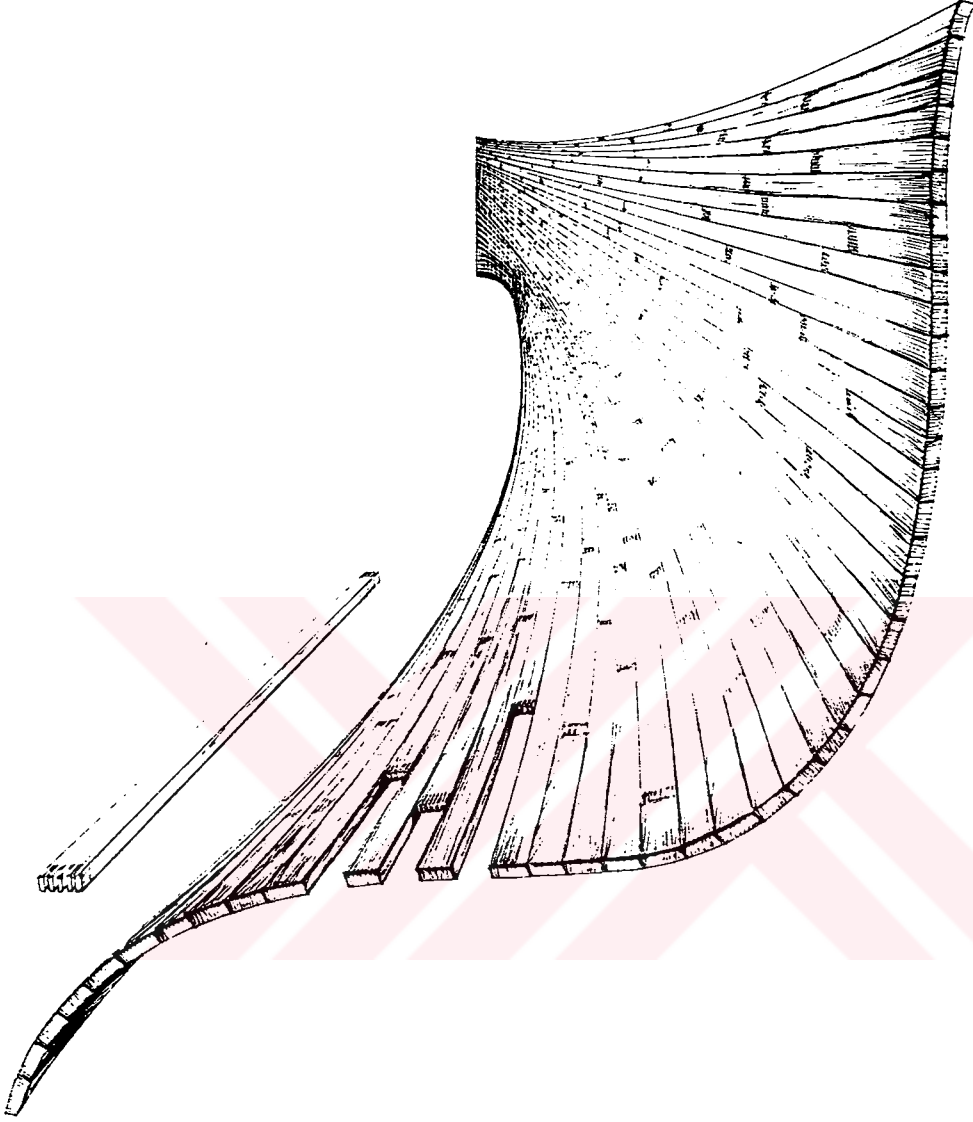
Şekil 3.5.13. DecoLite Composite Panels : Su geçirmez perdelerde kullanılır.



Şekil 3.5.14. RibKore : Yarı esnek bölgelerde kullanılır.



Şekil 3.5.15. Flexible Fillet Strips : Eğrisel köşeleri ve kenarlar dönmek için kullanılır.



Şekil 3.5.16. DuraKore : Amatör tekne imalatçıları için üretilmiş bir malzemedir.

4. YAT İNŞAA MALZEMELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI :

Teknede istenilen, ekonomik olma, kullanışlılık, uzun ömür kolay temizleme, bakım ve tutum, mukavemetli bir yapıya sahip olma, hafiflik, iyi işçilik, yeterli hız, sağlıklı yapı, en yüksek seyir güvenliği, geniş iç hacim ve konfor, iç ve dış estetik özelliklerinin sağlanması, inşaa edilecek olduğu malzemenin seçiminde etkendirler. İnşaa malzemelerinin genel olarak karşılaştırılması aşağıda verilmektedir.

4.1. Maliyet Açısından Karşılaştırma:

Maliyet göz önüne alındığında eğer sadece teknenin ilk yatırım maliyeti düşünülüyorsa, çelik malzeme diğer malzemelere göre üstün gözükmektedir. Seri bir şekilde, birbirine eş tekneler inşaa edilmesi söz konusu olduğunda CTP malzemenin seçimi uygundur. Ağaç malzemeden yapılan tekne inşaatında tekne maliyetinin artmasına, özenli ve kaliteli işçiliğin gerek duyulmasındandır. Alüminyum malzeme ise bu açıdan bakıldığında gerek malzeme ve gerekse işçilik açısından diğer malzemelere göre en pahalısıdır. Ancak gerek CTP ve gerekse alüminyum malzemenin seçiminde uzun ömür maliyeti düşünüldüğünde bir azalma görülür.

4.2. İşçilik ve Genel Masraflar :

İşçilik masrafı ülkeden ülkeye ve üretimin seri olup olmamasına bağlı olarak değişir. Ayrıca kalıp ve master maliyetinin birim maliyete etkisi de tekne sayısına bağlı olarak doğrusal azalır.

Genel masraflar mühendislik, kalite kontrol, servis, finansman gibi nedenlerle ortaya çıkan giderlerdir. Yaklaşık olarak malzeme işçilik ve genel masraflar toplamının üstüne % 30 kar eklenerek CTP teknelerin piyasa fiyatı meydana gelir.

4.3. Kullanışlılık Açısından İnceleme :

Kullanışlılık açısından ahşap malzeme çok uygundur. İstenilen konfor ve estetik ahşap malzeme tarafından yüksek düzeyde sağlanır. Bu konuda ikinci CTP sonra da alüminyum gelir.

4.4. Tekne Ömrü Bakımından :

CTP ‘den üretilmiş olan teknelerin ömrü hakkında, kullanılmaya başladıkları ilk andan bu yana geçen süre yeterli olmamıştır. Her geçen zaman CTP ‘nin ömür hanesine bir artı olarak yazılmaktadır. Düzenli ve gerekli minimum bakım ile bu süre sonsuz olarak alınabilir. Alüminyum ise genel şartlarda en uzun ömürlü malzemedir. Darbe ve çizilme dayanımı CTP ‘den daha iyi olduğu için avantajlıdır. Alüminyumu çelik, CTP ve ahşap sırası ile takip eder.

4.5. Bakım-Tutum Açısından Karşılaştırma :

Ahşap malzeme bakım ve tutum bakımından en fazla ilgiyi ve özeni isteyen malzemedir. Çok çabuk ve kolayca; çizilir, kırılır ve yanabilir, rutubet ve güneşle zaman içerisinde deforme olur. Üzeri boyanmadan ve verniklenmeden kullanılması olanaksızdır. Sürekli olarak koruyucu madde gerektirir. CTP çabuk kırılır, kolayca çizilir ve belirli ısıda deformasyona uğrar. Çelik malzeme ise belirli zaman aralıkları içerisinde koruyucu malzeme ile kaplanması, boyanması gerekir. Alüminyum paslanmaz.

4.6. Mukavemet Açısından Karşılaştırmalar :

CTP nin mukavemet/ağırlık oranı yüksektir. Ağaç malzemenin mukavemeti diğer metallere ve özellikle çelik malzemeye göre oldukça düşüktür. İnşaatında kalın kesitli malzeme kullanılması ile mukavemet artırılabilir. Alüminyum çelik kadar olmamasına rağmen yeterli mukavemete sahiptir. Aşağıda gösterilen tablo karşılaştırılan yat inşaat malzemelerinin mukavemet değerleri hakkında bilgi vermektedir.

Tablo 4.1. Malzemelerin karakteristik özellikleri

Malzeme cinsi	Yoğunluk Ton/m ³	Basınç gerilmesi N/mm ²	Çekme gerilmesi N/mm ²
Ağaç	0.47	4.2	8.8
CTP	1.17	98.1	58.9
Çelik	7.90	363.0	363.0
Alüminyum (5052)	2.70	240.0	245.0

4.7. Ağırlık Bakımından Karşılaştırma.

Uygun bir tasarımla üretilmiş olan CTP tekneler ağaç benzerlerinden yaklaşık olarak yarı yarıya daha hafif olmaktadır. Yukarıda verilen tablodaki değerlerin karşılaştırılması ile aynı boyutlarda tekneler üretilmesi durumunda ;

Ağaç tekne alüminyum tekneye göre 6.7 kat,

CTP tekne alüminyum tekneye göre 2 kat,

Çelik tekne alüminyum tekneye göre 2 kat daha ağır olmaktadır.

4.8. İnşaat Tekniği ve İşçilik Kolaylığı Açısından Karşılaştırma.

Sırası ile ağaç, alüminyum ve çelik malzeme tekniği ve işçilik geniş bir organizasyonu isteyen belirli zorlukları vardır. CTP işçiliği ise diğer malzemelerin işçiliklerine göre kolaydır. Büyük ve karmaşık parçalar tek işlemle bir parça halinde kalıplanabilir.

4.9. Malzeme Temini Bakımından Karşılaştırma.

Ağaç malzeme çeşitleri bakımından ülkemizde yetişenleri ülke içerisinde, tik ve maun gibi cinsleri ise yurt dışından ithal edilmektedir. CTP malzemenin temin edilmesi açısından bir zorlukla karşılaşmamaktadır. Çelik malzemenin kolay tedariki kaynak çokluğundan dolayı mümkündür. Alüminyum malzeme ise üretici sayısının azlığından dolayı bir bekleme süresi sonrasında elde edilir. Özellikle şu günlerde alüminyum malzeme tedariki, aşırı talep nedeni ile oldukça zaman almaktadır.

4.10. Malzeme Yorgunluğu Açısından Karşılaştırma

Malzeme yorgunluğu bir bünyenin tekrarlanan zorlamalardan kaynaklanan hasar birikmesi olarak tanımlanmaktadır. Aşağıda verilen grafikte kırılma zorlanması olarak, aynı kırılmayı sağlayacak olan statik zorlanmanın yüzdesi olarak, y k tekrarına bağlı olarak verilmektedir. Bir tekne bir mevsimde sadece hafta sonları gezilmesi koşulu ile dört yılda 1 milyon sıklıkla tekrarlanan yüke maruzdur. Ağaç bir tekne bu durumda kırılma direncinin %60'ı korumakta iken alüminyum %40, CTP'nin ise %20 kırılma direncini koruduğu görülmektedir.

Tekne inşaatında kullanılan malzemelerden, herhangi birinin kesin üstünlüğünden sözetmek mümkün değildir.



Tablo 4.2. Malzemelerin kriter kıyas tablosu

Nitelik	Çelik	CTP	Alüminyum	Ağaç
Maliyet	Ucuz	Çelikten pahalı	Yüksek maliyet	Yüksek, Alüminyumdan az
Ömür	Uzun ömür	Orta uzun ömür	Uzun ömür	Orta-kısa ömür
Şekil Verme	Hafif metal işleme tezgahları ile şekillendirilir	Kalıplama ile istenilen şekil verilir. Basit tezgahlar ve aletler gereklidir	Hafifmetil işleme tezgahlarında şekillendirilir.	Birçok yüzeye uydurulmak için şekillendirilebilir.
Dış Görünüş	Kaynak sırasında bazı çıkıntılar olması halinde dahi düzgün yüzey elde edilir.	İyi hazırlanmış dişi kalıp sayesinde pürüzsüz düz bir yüzey elde edilir.	Kaynakla birleştirmede oluşan bazı çıkıntılar dışında düz bir yüzey elde edilir.	Kumlama ve perdehlama ile düz yüzey oluşur.
Ufuk Çarpımların Etkisi	Hiç veya çok az	Yüzeyde ufak çatlaklar	Çöküntü ve girinti	Ufak yarıklar
Büyük Çarpışmaların Etkisi	Çöküntü ve oyuklar	Malzeme etkilenip kırılır	Ciddi çökükler mesnetlerde bükülmeler	Kabuk etkilenmesi mesnet kırılması
Aşınma Özellikleri	Aşınmaya direnç gösterir. Boya ile tekrar yenilenir.	Aşınma sonucunda büyük hasar yapar.	Aşınmaya azçok direnç gösterir	Aşınma büyük hasarlar yaratır.
Hava Koşullarına Dayanımı	Korrozyonu azaltmak için dikkatli boya ve bakım ister.	Hava koşullarına çok iyi direnç gösterir. Çok az bakım ister.	İyi hava direnci vardır. Su hattı üzerinde boya istemez.	Hava koşullarına olan direnci azdır. Düzenli bakım ister.
Yangın Direnci	Yanmaz.	Reçine yangını geciktirir. Isı kaynağı ile kendisi kayıp olur.	Düşük sıcaklıklarda dahi biçimi bozulur erir	Çok zayıf yangın direnci gösterir.

5. MALZEMELERİN EKONOMİK ANALİZİ :

Son olarak şimdiye kadar gördüğümüz malzemelerin eşdeğer bir tekne ve aynı tekne ekonomik ömrü için bir ekonomik analizini yapalım. Bu analizde teknenin ilk yatırım maliyeti olarak, teknenin ana gövde ve üst yapı ana malzemesi toplam tutarı, işletme masrafı olarak, teknenin ömrünce muhtemel bakım tutum masrafları, son olarak teknenin ömrü sonundaki hurda fiyatı da alınmıştır. Malzemelerin ömürlerinin farklı olması ihmal edilmiştir. Kaza gibi fiziksel deformasyona uğramadıkları var sayılmıştır.

Örnek tekne olarak 25 m boyunda Motor Yat alınmıştır. Aynı tekne için,

1. Çelik Gövde-Çelik Üst Yapı
2. Çelik Gövde-Alüminyum Üst Yapı
3. Çelik Gövde-Kompozit Üst Yapı
4. Alüminyum Gövde-Alüminyum Üst Yapı
5. Alüminyum Gövde-Kompozit Üst Yapı
6. Ahşap-Epoxi
7. CTP Tek Kat Gövde-Kompozit Üst Yapı
8. Kompozit Gövde-Kompozit Üst Yapı

Tekne alternatifleri baz alınmıştır. Tekne ana malzemesine göre değişkenlik gösteren tasarım, tersane teçhizatı, sigorta, işçilik gibi masraflar fiyatlara dahil edilmemiştir.

Bu bilgiler ve kriterler ışığında elde edilen değerler Tablo 5.1. 'deki gibidir.

Tablo 5.1. 25 m Motor Yat için alternatif ekonomik tablosu

NO	MALZEME	İLK YATIRIM TUTARI \$	İŞLETME GİDERİ (20 yıllık) \$	HURDA DEĞERİ (20 yıl sonu) \$
1	Çelik gövde-Çelik üst yapı	200.000	100.000	10.000
2	Çelik gövde-Alüminyum üst yapı	240.000	100.000	12.000
3	Çelik gövde-Kompozit üst yapı	260.000	90.000	8.000
4	Alüminyum gövde-Alüminyum üst yapı	320.000	90.000	15.000
5	Alüminyum gövde-Kompozit üst yapı	340.000	110.000	10.000
6	Ahşap Epoxy	280.000	120.000	1.000
7	CTP tek kat gövde-Kompozit üst yapı	280.000	70.000	1.000
8	Kompozit gövde-Kompozit üst yapı	360.000	80.000	2.000

Eylül 1997 tarihi itibarıyla Dolar faiz oranı ortalama %10 alıp ve değerlerin tamamını bu güne taşırsak sağlıklı bir kıyas yapabilmiş olabiliriz. İşletme giderleri her yılın sonunda periyodik yapıldığı varsayılmıştır.

Tablo 5.2. Hurdanın bu günkü değeri $(HM \times (1+i)^{-n})^*$

Hurda Değeri (20 yıl sonraki)	Bu Güncü Değer
\$ 10,000.00	\$ 1,486.44
\$ 12,000.00	\$ 1,783.72
\$ 8,000.00	\$ 1,189.15
\$ 15,000.00	\$ 2,229.65
\$ 10,000.00	\$ 1,486.44
\$ 1,000.00	\$ 148.64
\$ 1,000.00	\$ 148.64
\$ 2,000.00	\$ 297.29

* HM : Hurda maliyeti , i : yıllık faiz (%10) , n : Zaman (20)

Tablo 5.3. İşletme Giderlerinin bu günkü değeri

İşletme Masrafları	Bu Günkü Değer
\$ 100,000.00	\$ 11,745.96
\$ 100,000.00	\$ 11,745.96
\$ 90,000.00	\$ 10,571.37
\$ 90,000.00	\$ 10,571.37
\$ 110,000.00	\$ 12,920.56
\$ 120,000.00	\$ 14,095.15
\$ 70,000.00	\$ 8,222.17
\$ 80,000.00	\$ 9,396.77

$$BD_{im} = \dot{I}M * \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Formülü ile bu hesaplama yapılmıştır. Burada :

BDim : İşletme masraflarının bu günkü değeri

İM : Toplam İşletme Masrafları

i : Faiz oranı

n : Zaman

Dolayısıyla bu günkü değerlerle yatırımın toplam maliyeti Tablo 5.4. 'teki gibi olur.

Tablo 5.4. Toplam Maliyet

No	Toplam
1	213.232.40 \$
2	253.529.68 \$
3	271.760.52 \$
4	332.801.02 \$
5	354.406.44 \$
6	294.243.79 \$
7	288.370.81 \$
8	369.693.99 \$

Tablo 5.5. Toplam Maliyete göre sıralama

No	Toplam
8	369.693.99 \$
5	354.406.44 \$
4	332.801.02 \$
6	294.243.79 \$
7	288.370.81 \$
3	271.760.52 \$
2	253.529.68 \$
1	213.232.40 \$

Alüminyum ve Kompozit malzemelerden yapılan teknelerin en pahalı çıkmasındaki etken; 20 yıl ömrün bunlar için kısa olması ve seri imalata uygunluğun kıyaslamada göz önüne alınmamasındandır. Aynı kriterler Alüminyum tekneler için de geçerli olduğu için bunlarda nispeten pahalı çıkmıştır.

KAYNAKÇA :

1. KLAUS, W., Fiberglas-Boote im Selbstbau, Berlin, 1970
2. Research and Standarts Branch Bureau of Ships Navy Department, A manual for Its use in Wooden Vessel, Washington, July 1945.
3. SCOFIELD, W.F., Modern Timber Engineering, Lausiana-USA, 1949.
4. MUCKLE, W., The Design of Aluminium Alloy Ships Structures, Hutchinson. 1963.
5. Cam Elyaf Sanayii A.Ş., CTP teknolojisi, İstanbul, 1984.
6. ŞAHİN, B., Enerji Maliyeti, İstanbul, 1995
7. STEWARD, R.M., Boat Building Manual, Harrisonburg, VA, 1994.
8. FRAGGETTER, C., Boat Building in Wood, London, 1995.
9. MILLER, H., The Laminate Wood Boat Builder, Horrisonburg-USA, 1993.
10. PARKER, R.B., The New Cold-Molded Boat Building, Blacklick-OH, 1990.
11. Pechiney Rhelau, Aluminium And The Sea, Courbevoi-France, 1993.
12. MINAL, R., The DIY Yatsman, London, 1996
13. PARDEY L., Details of Classic Boat Construction, London, 1994
14. BINGHAM, F.P., Boat Joinery and Cabinet Making Simplified, London, 1982
15. BOLGER P., Boats With an Open Mind, London, 1990
16. BROWN D., Boatbuilding With Baltek DuraKore, Lausiana-USA, 1995
17. Baltek Corporation, Why Baltek Core, New Jersey, 1997
18. Baltek Corporation, The Baltek Marine Materials System, NJ, 1997
19. PITTALUGA A. Dr., General Aspects of Structural Design, University of Genea. 1990
20. CHALMERS, D.W., The Properties and Uses of Marine Structural Materials. England, 1988
21. Merrem&laPorte, Joining Alüminum to Steel, Zaltbommel, NL. 1991
22. Harbor Panel Products, Marine Plywood, Baltimore,USA. 1996
23. Klecouple, Structural Aluminium/Steel Transition Joints, Aynshire, 1990
24. KLAUS, W.V., Fiberglas Boote im Selbstbau, Berlin, 1970
25. Professional BoatBuilder Dergisi muhtelif sayıları
26. Boat International Dergisi muhtelif sayıları

27. ShowBoat Dergisi muhtelif sayıları
28. <http://www.covesoft.com/marine>
29. <http://www.databoat.com>
30. <http://www.w3.org/pub/DataSources>
31. <http://www.lbl.com/MicroWorlds/Kevlar>
32. Muhtelif News Group yazışmaları

YATIRIM KURULU
EĞİTİM MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 05/06/1971

Doğum Yeri : Çaykara/TRABZON

Eğitim : 1977-1982 Samsun Taflan Yalı Mah. İlkokulu

1982-1988 Samsun 50. Yıl Lisesi (DPY)

1989-1994 Yıldız Teknik Üniversitesi

Makina Fakültesi

Gemi İnş. ve Mak. Mühendisliği Bölümü

İş Tecrubesi : 1994-1995 Günay İnş. A.Ş.

1995-1996 Full İnşaat Ltd. Şti.

1996-..... Turkuaz Yat İnşaat A.Ş.