

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

79225

**SPOR EKİPMANLARINDA KULLANILAN
HAFİF METAL VE KOMPOZİT
MALZEMELERİN ETÜDÜ VE
GELİŞEBİLİRLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

TC. YÜKSEK
OKUL

Müh. Attila MUSLUOĞLU

F.B.E Metalurji Anabilim Dalı Malzeme Programında Hazırlanan

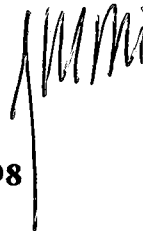
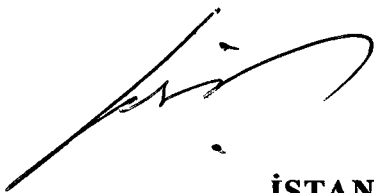
YÜKSEK LİSANS TEZİ

79225

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Nişan SÖNMEZ

Doç. Dr. Ahmet UNAL

Doç. Dr. Hüseyin Sönmez



İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
1. GİRİŞ.....	3
2. BİSİKLET VE EKİPMANLARI.....	5
2.1 Tarihsel Gelişim.....	5
2.2 Bisiklet Gövdelerinde Kullanılan Malzemeler.....	5
2.2.1 Metal Esaslı Bisiklet Malzemeleri.....	6
2.2.1.1 Alüminyum Esaslı Bisiklet Gövdeleri.....	7
2.2.1.2 Titanyum Esaslı Bisiklet Gövdeleri.....	18
2.2.2 Kompozit Malzemelerden Üretilen Bisiklet Gövdeleri.....	23
3. TENİS RAKETLERİ.....	30
3.1 Tarihsel Gelişim.....	30
3.2 Biyomekanik Önemlilik.....	30
3.3 Raket Mekanik ve Tatlı Nokta.....	31
3.4 Raket Konstrüksiyonunda Kullanılan Malzemeler.....	34
4. BOTLAR.....	36
4.1 Yarış Botlarının Malzemeleri.....	39
4.2 Kanolar ve Kayak Botları.....	43
5. KÜREKLER VE KÜREK SAPLARI.....	43
5.1 Sap Kısmı.....	45
5.2 Pala Kısmı.....	46
5.3 Sap - Pala Birleşimi.....	46
5.4 Elcik Kısmı.....	46
6. SÖRF TAHTALARI.....	47
7. KAYAKLAR.....	48
7.1 Kayak Dizaynında Gelişmeler.....	52
7.2 Merkez (Çekirdek) Malzemeleri.....	54
7.3 Kayak Batonları.....	55
8. DAĞCILIK EKİPMANLARI.....	56

	Sayfa
9. SONUÇLAR.....	60
10. KAYNAKLAR.....	61
11. ÖZGEÇMİŞ	62



Özet

Spor ekipmanlarının gelişimi ve şekillenmesi, mühendislik ve bilimsel temellere dayanır. Bunlar, makina mühendisliği ve mekaniği, biyomekanik, sürtünme mekaniği, malzeme bilimi ve anatomi ve felsefe ile ilgili birtakım bilim dallarını içerir. Spor ekipmanlarının üretimi ve dizaynında özellikle iki kaygı taşınmaktadır; spor performansını artırmak ve sporcuyu daha özgür ve daha serbest kılmaktır.

Günümüz insanı yoğun iş temposundan arta kalan zamanda spor yapıyor. Bunu yapmalarını en büyük nedeni formda kalmak, kilo almamak ve eğlenmektir. Bunları yaparken de hareketlerinin kısıtlanmasını istemiyor, birer “haftasonu atleti” olmak yani o spor dalı ile uğraşırken profesyonel sporcuların kullandığı ekipmanları kullanmak istiyor. Bugün dünya popülasyonunun büyük çoğunluğunu oluşturan çocukların tamamına yakını en az bir spor dalı ile uğraşmakta, oyun amacı ile olsa vakit ayırmaktadır. Ayrıca büyükler için de sportif oyuncaklar üretilmektedir. Ör/ Karbon fiber kompozitinden üretilmiş bir balık oltası kamışı..

Şirketler hızla büyüyen piyasanın farkına varmış ve bünyelerinde özellikle hafif metaller ve kompozit malzemeler üzerine araştırma-geliştirme yapan laboratuvarlar kurmuşlardır.

Abstract

The design and manufacture of sports equipment is based on several engineering and scientific disciplines. These include mechanical engineering design, biomechanics, fracture mechanics, material science and many aspects of anatomy and physiology of the participant. The design philosophy of sports equipment has nowadays two main objectives; to improve sporting performance and to maintain freedom from injury.

More than ever before, sport and leisure have become an integral part of our daily life. This is partly because most of us these days have more leisure time to spend as a result of shorter working weeks, a lower retirement age and growing life expectancy; but it is also, however, a byproduct of changes in our lifestyle. Physical exercise not only strengthens muscles, but also improves mobility and balance, increases stamina, keeps weight under control and often have fun. Indeed, in this day and age the popular image of the “weekend athlete” and want using professional equipment like sport peoples. It products for old ages people for toys; Ex; fishing rod prduct with carbon fibre reinforcement polimer composites.

Companies know about this subject all sides and sets up heavy search and development labs about light metal alloys and composite materials.

1. GİRİŞ

Sporun tarihsel gelişiminde ekipmanların etkisine bakacak olursak; ilk önce Eski Roma'da ilk müsabakalarda insanların, çıplak ayakla ve çıplak ellerle sadece temel spor karşılaşmalarını gerçekleştirdiklerini görürüz. Gelişen insanlık uygarlığı ve zekası sporda rekabet alanlarını geliştirmiş, temel spor karşılaşmalarının yanına birçok dal eklemiştir. En yükseğe , en uzağa ve en hızlı felsefesi olimpiyad ruhunu oluşturmuş ve kırılan rekorlar saniyenin 1/1000 oranına kadar ölçülebilme imkanına kavuşmuştur.

Bu hassas farklılıklar en birincil öncelikle insan fiziği ile ilgili iken, ikincil olarak sporcunun konforu, rahatlığı ve kullandığı ekipmanlardır. Dikkat edecek olursak sporcunun bu son üç isteği ekipmanlarda kullanılan malzemelerin özellikleri ile direkt bağlantılıdır. Son senelerde polimer esaslı malzemelere hızlı bir geçiş olsa da, bu konuda kullanılan malzemelerin gelişimi ve kullanım alanı oldukça kısıtlı durumdadır. Eğer spor müsabakalarında kullanılan ve normal hayattaki spor yapan kişilerin kullandıkları ekipmanları (her ne kadar en iyi ekipmanları kullanmak isteselerde) aynı kefeye koyacak olursak hata yapmış oluruz. Yani örnek verecek olursak ; normal hayatta X Bey'in karbon çeliğinden yapılmış bisikleti ile Chris Boardman'ın '92 Barselona Olimpiyadları'nda kullandığı bisiklet kesinlikle aynı gruba girmezler. Ancak X Bey'de eğer maddi durumu ve zamanı elverirse kendine daha hafif ve dengeli bir bisiklet alacak ya da bu bisikletleri amatör bir sporcu olarak takip edecektir. Bu bakımdan spor dallarında kullanılan ekipmanların malzeme yelpazelerini tam olarak en temel halinden en son haline kadar görmemiz gerekmektedir. Ancak, bu ekipmanlar dahinde hafif metal ve kompozit malzemeler içermeyenler konu dışı tutulacaklardır.

Bu spor ve oyun ekipmanlarını gruplamamız gerekirse ;

- a) Raketler, balık oltaları, bisikletler, kayaklar, kriket sopası gibi sporcuların ya da oyuncuların üzerlerinde taşıdıkları, tuttukları yani organları ile bağlantılı ekipmanlar.
- b) Toplar ; badminton topu, golf topu, masa tenisi ve tenis topu gibi bağımsız harekete sahip ekipmanlar.

Bunlar, değişik mekanik özelliklere ve kimyasal kompozisyonlara sahip malzemelerle ve malzeme grupları ile karşılanırlar.

Yukarıdaki ekipman gruplarının istedikleri özellikler;

a grubu ; yüksek sertlik, dayanım ve hafiflik özelliklerini optimum olarak karşılanması.

b grubu ; yüksek esneklik ve elastikiyet, toplarda özellikle enerji transfer özelliğinin maksimuma çıkarılması.

Spor ve oyun ekipmanlarının gelişimi ve yeni malzemelerin üretilmesi, bu ikisinin birbirine uygulanabilirliği, zaman ve coğrafik açıdan çok geç oluşturulabilse de malzemelerin uç özellikleri sayesinde kullanım en üst noktaya ulaşmıştır. Şöyle ki ; sporcuların konfor ve güvenliği en önde tutulurken, malzeme dayanımı ve hafifliği ikinci plana itilmiştir. Ancak göz önünde bulundurulmalıdır ki başarı sadece teknik malzeme ile gelmiştir. Özellikle hız gerektiren ve ekipmana dayalı sportlarda başarı sadece dayanıklı,

hafif, ergonomik ve dengeli ekipmanla elde edilebiliyor. Bu bakımdan sporcunun arkasında eğitimli bir teknik ekip her zaman hazır bulunmaktadır.

Her spor ekipmanının kendi özelliğine göre tek bir uç isteği bulunmaktadır. Ör/ “Karşılık”, tenis topunun raket üzerinde iken önde tutulan tek olay, “ hareket ve esneme” ise balık oltası kamışı için aynıdır.



2. BİSİKLETLER VE EKİPMANLARI

2.1 Tarihsel Gelişim

Ondokuzuncu yüzyıl sonlarında bisikletin icadı ile birlikte, tahtadan ve çubuklu tekerleklerden bisikletler yapıldı. Bunlar; pedalsız, zeminde adım hareketleri ile ilerleyen bisikletlerdi. İlerleyen zamanla, ön tekerleğe konulan pedalların yardımı ile önden direkt tahrik alındı.

Bunları, içi dolu demir esaslı çubuklardan oluşan gövdeli, tahta çubuklardan oluşan ilkel jantlar ve bunların dışına geçirilen saçtan üretilmiş tekerleklerle sahip modeller izledi. İlerleyen sanayii ve gelişim, (Buhar makinalarının icadı, içten yanmalı motorlara ilk adımların atılması ve ilkel elektrik makinalarının kullanılmaya başlanması vb. bu döneme rastlar) çelik borular, telden yapılmış tekerlek parmaklıkları ve dolgu lastikten üretilmiş tekerlekler oluşturdu. Aynı periyotta daha hızlı gitme isteği “penny farthing” - bir çeyreklik peni- denilen çelik borulardan, lastiklerden ve dişliden oluşan bisikleti oluşturdu.

Büyük mekanik ilerleme durumunda bulunan zincir kullanımı, bisiklete de sıçradı. Kuvvetin arka tekerleğe iletilmesi arka dişli, zincir ve bacak hizasında daha büyük bir dişli ve pedal yardımı ile sağlandı. Önden tahrikli pedallı sistemde dengenin zor sağlanabilmesi ve ardından bu arkadan tahrikli “güvenli” bisikletin üretilmesi ile bisiklet, her kesim için kullanılan popüler bir araç haline geldi.

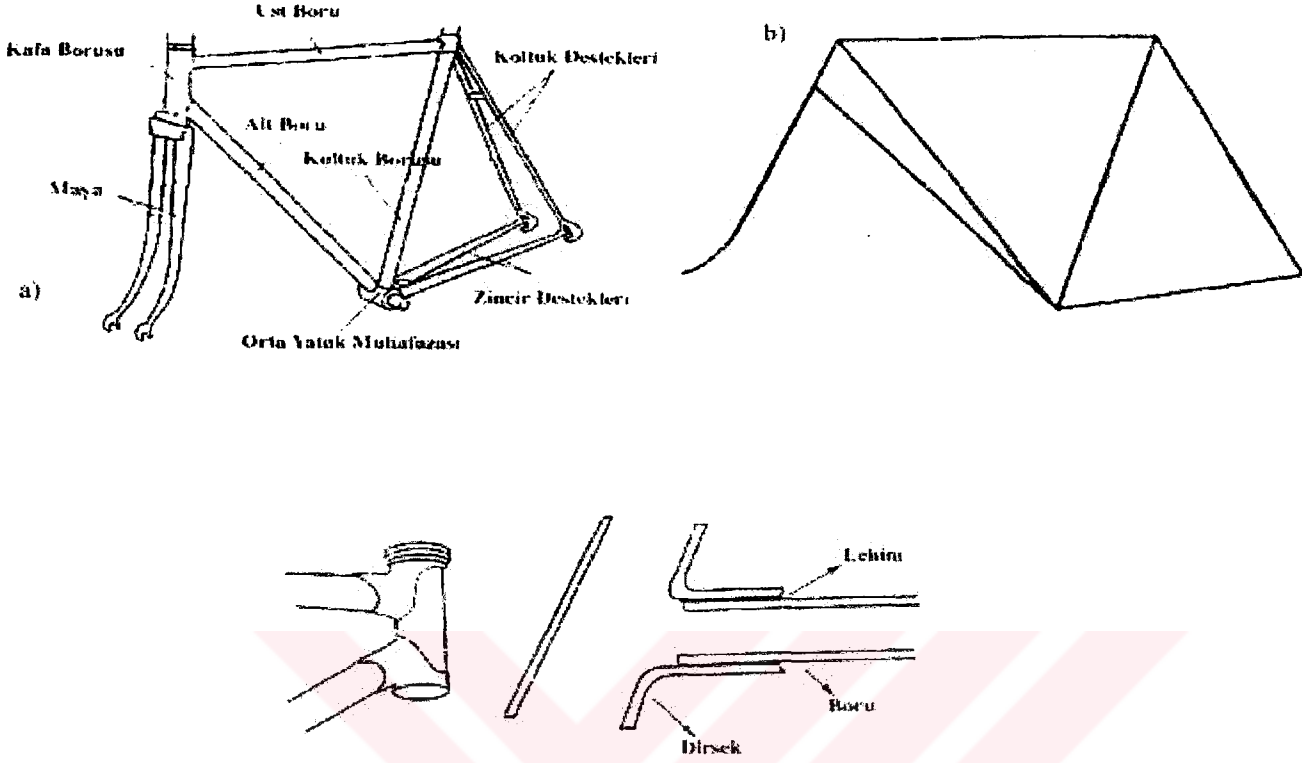
Geçen zaman içinde, pnömatik (hava yardımı ile çalışan) lastikler ve değişik hızlanma (vites) sistemleri ile birlikte bisiklet, gitgide ergonomisi düzeltilmeye çalışılan, rahat kullanımı geliştirilen ve hafifletilmeye çalışılan, insan enerjisi ile en yüksek hıza çıkabilen bir araç olabilmesi için sürekli değiştirildi. En sonunda bisiklet, şekilsel evrimini tamamlamış ve şekil 2.1'deki elmas şekilli gövde biçimini almıştır.

Bisikletlerde gövde ağırlığı oran olarak diğer parçaların çok üzerinde olması bakımından, bisikletin gövde ve diğer parçalarının ayrı ayrı incelenmesinde fayda bulunmaktadır.

2.2 Bisiklet Gövdelerinde Kullanılan Malzemeler

Gövde, üzerindeki yük (binici) ile zemin arasında bulunan, binicinin ağırlığının tekerleklerle dağılmasını sağlayan, konstrüktif bir çerçeveden oluşan bir ekipmandır. Evrimine baktığımızda içi dolu çelik borulardan, içi boş kompozit borulara kadar çok değişik bir malzeme yelpazesini içermiştir. Bütün bu malzeme yelpazesindeki malzemelerden üretilmiş olması, üzerindeki yükün artmış ya da azalmış olmasından değil, sürekli hafifletilmeye çalışılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Hafifletme aşamasında; çelikleri, alaşımlı çelikler, Alüminyum alaşımları, Titanyum alaşımları ve sonunda karbon fiber destekli polimer kompozitler izlemiştir. Ancak ilerleyen teknoloji ile malzeme kullanımının bu yöndeki gelişimi, bu gövdelerin fiyatlarını artırmış, karbon çeliklerinden ve krom-molibden alaşımı çeliklerden üretilmiş gövdeli

bisikletlerin kullanımını yüksek tutmaktadır. Düşen malzeme fiyatları ile birlikte kullanımı, gitgide artan oranda yükselecektir.



Şekil 2.1 a)Konvansiyonel elmas (üçgen) gövde b)1876 sharp modeli eski elmas gövde.

2.2.1 Metal Esaslı Bisiklet Malzemeleri

Bunları üç değişik grupta toplarsak; çelik alaşımlarından üretilenler, Alüminyum alaşımlarından üretilenler ve Titanyum alaşımlıdır. Tablo 2.1 'de çelik esaslılar; karbon çeliğinden üretilenler ve Krom-Molibden alaşımından üretilenler olarak iki gruptadır. Toplam dört grubun mekanik özellikleri, yoğunlukları ve bizim için en önemli olan dayanım/yoğunluk ve elastiklik/yoğunluk oranları verilmiştir.

İncelenecek olursa Alüminyum ve Titanyum alaşımlarının elastiklik modülü, çelik grubuna göre daha düşüktür. Ancak E/ρ (elastiklik oranı / yoğunluk) oranının yaklaşık olduğunu görürüz ki bu, bizim elastiklik konusunda bu malzemeler hakkında yorumlamamızı engeller. % 0.2 kopma uzaması δ_{kop} / ρ oranının, yukarıdan aşağı yani çelik grubundan Ti alaşımına doğru arttığını görebiliriz. Bu durum bize aynı yönde boru et kalınlığının düştüğünü veya çapının azaldığını gösterir. Düşük karbonlu çeliklerden üretilmiş bisiklet gövdesinin et kalınlığı 1,2 mm. ve birim ağırlığı 860 g/m iken, Cr-Mo alaşım çeliklerinde et kalınlığı 0,9 mm. ve birim ağırlığı 600 g/m değerindedir. Alüminyum alaşımlarında 515 g/m ve Ti alaşımlı gövdelerde metre başına boru ağırlığı 430 g/m' dir.

Tablo 2.1 Metal esaslı bisiklet gövde malzemelerinin mekanik özellikleri ve karşılaştırması.

Malzeme	Elastiklik modülü E (GPa)	Yoğunluk ρ (cm ⁻³)	%0.2 Kopma uzaması (MPa)	E_{sp}	σ_{sp}/ρ
Karbon çeliği	200	7.8	240	25.6	30
Cr-Mo çeliği	200	7.8	485	25.6	62
6061-T6 Al alaşımı	70	2.7	260	25.9	95
Ti-3Al-2.5V	110	4.5	700	24.4	156

2.2.1.1 Alüminyum Esaslı Bisiklet Gövdeleri

Düşük yoğunluğa sahip Alüminyum, 80' lerden sonra bisikletler için düşünülmüş ve uygulanmasına geçilmiştir. Alüminyum' un döküm sonrasında boru şeklini alması diğer metalsel malzemelere göre oldukça kolaydır. Bu yüzden geçtiğimiz yıllarda dağ bisikleti gövdelerinde oldukça çok kullanılan bir malzeme olmuştur. Alüminyum'un teknik adlandırmalarını inceleyecek olursak;

1XXX ; Bu grup alaşım elementi içermemektedir. Saf Alüminyum diye adlandırılırlar.

2XXX ; Bakır ana alaşım elementi olmak üzere adlandırılan gruptur.

3XXX; Mangan ana alaşım elementi olmak üzere çeşitli alaşım elementleri katılmıştır.

4XXX ; Silikon ana alaşım elementi olmak üzere alaşımlandırılan gruptur.

5XXX ; Magnezyum ana alaşım elementidir.

6XXX ; Magnezyum ve Silikon ana alaşım elementidir.

7XXX ; Çinko ana alaşım elementi olmak üzere Bakır, Magnezyum, Krom ve Zirkonyum yan alaşım elementi olarak katılmaktadırlar.

8XXX ; Lityum içerikli alaşımlandırılmış gruba verilen isimdir.

9XXX ; İlerisi için ayrılmış adlandırma bölümüdür.

Bu alaşım elemanları, Alüminyum'un özelliklerini hangi yönde değiştirirler? Bunları açıklamadan önce bizim ekipmanlarımızın malzememizden neler istediğini bilmemiz gerekmektedir. Öncelikle hafiflik ve dayanım ikilemini göz önünde bulunduralım. Aynı havacılık malzemelerinde olduğu gibi en dayanıklı ve en hafif ilkesi tüm spor malzemeleri için geçerlidir. Bu yüzden Alüminyum ve alaşımları bu amaç için uygun bir malzemedir. Sonra gelen özellikler, şekil verilebilirlik (plastik şekil alma kabiliyeti), kaynaklanabilirlik (kaynak kabiliyeti), korozyon dayanımı, kaplanabilirlik ve boya tutma gibi özellikler ekipman türüne ve çalışacağı ortama göre sıralanabilir. Tüm bu özelliklerin optimum bir noktada yani ideal bir malzeme üzerinde toplanması gerekmektedir.

Bisiklet gövdesi imali için yukarıda adlandırılan Al alaşımları arasından en uygun olanını belirlememiz gerekmektedir. Tablo 2.2 ' ye bakıldığında tüm Al

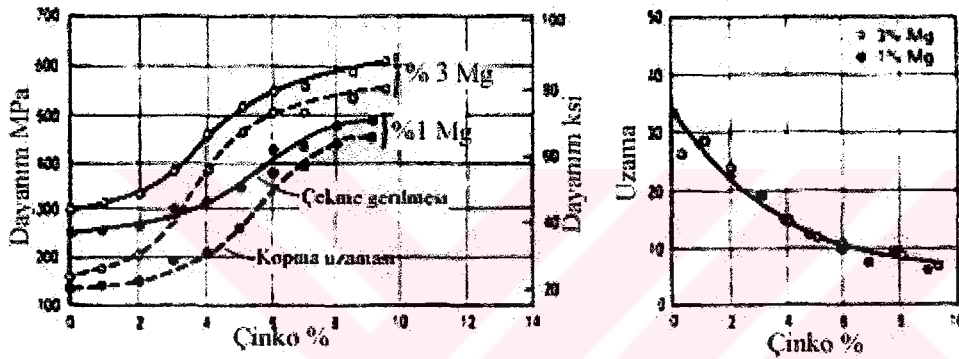
Tablo 2.2 Alüminyum ve alaşımlarının yoğunluk değerleri.

Alaşım	g/cm ³	Yoğunluk	lb/in ³
1050	2.705		0.0975
1060	2.705		0.0975
1100	2.71		0.098
1145	2.700		0.0975
1175	2.700		0.0975
1200	2.70		0.098
1230	2.70		0.098
1235	2.705		0.0975
1345	2.705		0.0975
1350	2.705		0.0975
2011	2.83		0.102
2014	2.80		0.101
2017	2.79		0.101
2018	2.82		0.102
2024	2.78		0.101
2025	2.81		0.101
2036	2.75		0.100
2117	2.74		0.099
2124	2.78		0.100
2218	2.81		0.101
2219	2.84		0.103
2618	2.76		0.100
3003	2.73		0.099
3004	2.72		0.098
3005	2.73		0.098
3105	2.72		0.098
4032	2.68		0.097
4043	2.69		0.097
4045	2.67		0.096
4047	2.66		0.096
4145	2.74		0.099
4343	2.68		0.097
4643	2.69		0.097
5005	2.70		0.098
5050	2.69		0.097
5052	2.68		0.097
5056	2.64		0.095
5083	2.66		0.096
5086	2.66		0.096
5154	2.66		0.096
5183	2.66		0.096
5252	2.67		0.096
5254	2.66		0.096
5356	2.64		0.096
5454	2.69		0.097
5456	2.66		0.096
5457	2.69		0.097
5554	2.69		0.097
5556	2.66		0.096
5652	2.67		0.097
5654	2.66		0.096
5657	2.69		0.097
6003	2.70		0.097
6005	2.70		0.097
6053	2.69		0.097
6061	2.70		0.098
6063	2.70		0.097
6066	2.72		0.098
6070	2.71		0.098
6101	2.70		0.097
6105	2.69		0.097
6151	2.71		0.098
6162	2.70		0.097
6201	2.69		0.097
6262	2.72		0.098
6351	2.71		0.098
6463	2.69		0.097
6951	2.70		0.098
7005	2.78		0.100
7008	2.78		0.100
7049	2.84		0.103
7050	2.83		0.102
7072	2.72		0.098
7075	2.81		0.101
7178	2.83		0.102
8017	2.71		0.098
8030	2.71		0.098
8126	2.71		0.098
8127	2.70		0.098

Magnezyum-Silisid ; 6XXX serisinin elemanları olup Mg_2Si formunda (1,73:1 oranında) en fazla % 1,5 oranına kadar katılır. Mg_2Si en fazla % 1,85 katı ergiyik oluşturabilir. % 1,5 ya da daha fazla Mg_2Si ve % 0,3 Cu alaşımı, T6 ısıtıl işlemine maruz kalmış 6061 Alüminyum alaşımında 70 MPa dayanım artışı görülmüştür.

Mangan ; Mangan, Al ile intermetalik fazda katı ergiyik oluşturur ve dayanımı artırır. Mangan, korozyon dayanımına negatif etki eder, rekristalizasyon sıcaklığını yukarı iter. Mangan, 3XXX serisinde ana alaşım elemanıdır. (% 1,25 ' ten fazla)

Çinko ; Uzun senelerden beri bilinmesine rağmen döküm alaşımlarında sıcak çatlama, işlenmiş alaşımlarda da gerilim-korozyon çatlaması oluşturur. Ancak $MgZn_2$, Al alaşımlarında yüksek dayanım değerleri oluşturur. Ancak artan çinko ile birlikte alaşımın % uzama değeri düşer.



Şekil 2.3 1,6 mm. kalınlığında % 1,5 Cu ve % 1-3 Mg içeren Alüminyum alaşımına Zn etkisi. % 1 Mg' li numune 495 °C' de, % 3 Mg' li numune 460 °C' de ısıtıl işlem görmüştür. Ayrıca tüm numuneler 135 °C' de 12 saat yaşlandırılmışlardır.

Bütün bu alaşım elemanlarının mekanik değerlere etkilerini tablo 2.3 üzerinde görmek istersek;

Tabloya bakarsak saf Al'un (1XXX serisi) dayanım değerlerinin oldukça düşük olduğunu görürüz. Malzeme seçimimizi 2XXX-7XXX arasından yapmak zorundayız. 2XXX serisinin dayanım değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülür. Özellikle ısıtıl işlem görmüş alaşımlarda 495 Mpa çekme gerilmelerine ulaşılmıştır. Bu bakırın, alüminyum ile alaşımlandırılmasından elde edilen sonuçlardır. 3XXX serisinde manganın bakıra göre daha düşük dayanım değerleri oluşturduğu görülür. 3003 alaşımının 110 Mpa, 3004 alaşımının 180 Mpa, 3105' in 115 Mpa ve ısıtıl işlemle daha yüksek değerlere ulaşılmıştır. 4XXX serisi, kaynak kabiliyeti düşük, özel olarak piston ve dolgu malzemesi olarak kullanılan özel bir seridir. 5XXX, 6XXX ve 7XXX serilerinde dayanım değerlerinin yükseldiğini, ısıtıl işlemle 7XXX serisinde 575 Mpa gibi oldukça yüksek dayanım değerleri göze çarpar. O halde 2XXX serisi gibi dayanımı yüksek bakırlı Al alaşımları ve 5XXX, 6XXX, 7XXX sırasına göre dayanımı giderek artan birçok alaşım bulunmaktadır. Bunların arasından en uygun

Tablo 2.3 Alüminyum alaşımlarının mekanik değerleri

Alaşım Türü	Max. Çekme dayanımı		Ortalama Çekme dayanımı		30 mm dc %0,2Bma 1,6 mm kalınlığında numune		Sertlik HRC	Kayma gerilimi		Yorulma gerilmesi limiti		Elastiklik Modülü GPa	
	MPa	ksi	MPa	ksi	1,3 mm çapında numune	MPa		ksi	MPa	ksi			
1060-O	70	10	50	4	47	...	19	50	7	20	3	69	
1060-H12	85	12	75	11	16	...	23	55	8	30	4	69	
1060-H14	95	14	90	13	12	...	26	60	9	35	5	69	
1060-H16	110	16	105	15	8	...	30	70	10	45	6.5	69	
1060-H18	130	19	125	18	6	...	35	75	11	45	6.5	69	
1100-O	90	13	75	5	35	45	23	60	9	35	5	69	
1100-H12	110	16	105	15	12	25	28	70	10	40	6	69	
1100-H14	125	18	115	17	9	20	32	75	11	50	7	69	
1100-H16	145	21	140	20	6	17	38	85	12	60	9	69	
1100-H18	165	24	150	22	5	15	44	90	13	60	9	69	
1350-O	85	12	70	4	...	...	...	55	8	...	...	69	
1350-H12	95	14	85	12	...	...	...	60	9	...	...	69	
1350-H14	110	16	95	14	...	...	...	70	10	...	...	69	
1350-H16	125	18	110	16	...	...	...	75	11	...	...	69	
1350-H19	185	27	165	24	...	...	...	105	15	50	7	69	
2011-T3	380	55	295	43	...	...	15	95	220	32	125	18	70
2011-T8	405	59	310	45	...	...	12	100	240	35	125	18	70
2014-O	185	27	95	14	...	...	18	45	125	18	90	13	71
2014-T4, T451	425	62	290	42	...	...	20	105	260	38	140	20	71
2014-T6, T651	485	70	415	60	...	...	13	135	290	42	125	18	71
Alelad 2014-O	175	25	70	10	21	...	...	...	125	18	...	...	72
Alelad 2014-T3	415	63	275	40	20	...	...	...	255	37	...	...	72
Alelad 2014-T4, T451	420	61	255	37	22	...	...	...	255	37	...	...	72
Alelad 2014-T6, T651	470	68	415	60	10	...	...	...	285	41	...	...	72
2017-O	180	26	70	10	...	...	22	45	125	18	90	13	72
2017-T4, T451	425	62	275	40	...	...	22	105	260	38	125	18	72
2018-T61	420	61	315	46	...	...	12	120	270	39	115	17	74
2024-O	185	27	75	11	20	22	47	125	18	90	13	73	
2024-T3	485	70	345	50	18	...	...	120	285	41	140	20	71
2024-T4, T351	470	68	325	47	20	19	120	285	41	140	20	71	
2024-T361(f)	495	72	395	57	13	...	...	130	290	42	135	18	71
Alelad 2024-O	180	26	75	11	20	...	...	...	125	18	...	...	73
Alelad 2024-T3	430	65	310	45	18	...	...	...	275	40	...	...	73
Alelad 2024-T4, T351	440	64	290	42	19	...	...	...	275	40	...	...	73
Alelad 2024-T361(f)	460	67	365	53	14	...	...	...	285	41	...	...	73
Alelad 2024-T81, T851	450	65	415	60	6	...	...	...	275	40	...	...	73
Alelad 2024-T361(f)	485	70	455	66	6	...	...	...	290	42	...	...	73
2025-T6	400	58	255	37	...	...	19	110	240	35	125	18	71
2036-T4	340	49	195	28	24	...	...	...	...	...	125(g)	18(g)	71
2117-T4	295	43	165	24	...	...	27	70	195	28	95	14	71
2124-T851	485	70	440	64	...	...	8	...	...	...	...	...	73
2218-T2	340	49	255	37	...	...	11	...	...	...	...	...	73
2219-O	175	25	75	11	18	...	...	95	305	30	...	...	74
2219-T42	360	52	185	27	30	...	...	...	...	...	...	...	73
2219-T31, T351	360	52	250	36	17	...	...	...	...	...	...	...	73
2219-T37	395	57	315	46	11	...	...	...	...	...	...	...	73
2219-T62	415	60	290	42	10	...	...	...	...	...	...	...	73
2219-T81, T851	455	66	330	51	10	...	...	...	...	105	15	71	73
2219-T87	475	69	395	57	10	...	...	...	...	105	15	73	73
2618-T61	440	64	370	54	...	...	...	...	...	105	15	73	73
3003-O	110	16	40	6	30	40	28	75	11	50	7	69	74
3003-H12	130	19	125	18	10	20	35	85	12	55	8	69	69
3003-H14	150	22	145	21	8	16	40	95	14	60	9	69	69
3003-H16	180	26	170	25	5	14	47	105	15	70	10	69	69
3003-H18	200	29	185	27	4	10	55	110	16	70	10	69	69
Alelad 3003-O	110	16	40	6	30	40	...	75	11	...	...	...	69
Alelad 3003-H12	130	19	125	18	10	20	...	85	12	...	...	...	69
Alelad 3003-H14	150	22	145	21	8	16	...	95	14	...	...	...	69
Alelad 3003-H16	180	26	170	25	5	14	...	105	15	...	...	...	69
Alelad 3003-H18	200	29	185	27	4	10	...	110	16	...	...	...	69
3004-O	140	20	70	10	30	25	45	110	16	95	14	69	69
3004-H32	215	31	170	25	10	17	52	115	17	105	15	69	69
3004-H34	240	35	200	29	9	12	63	125	18	105	15	69	69
3004-H36	260	38	230	33	5	9	70	140	20	110	16	69	69
3004-H38	285	41	250	36	5	6	77	145	21	110	16	69	69
Alelad 3004-O	140	20	70	10	30	25	...	110	16	...	...	...	69
Alelad 3004-H32	215	31	170	25	10	17	...	115	17	...	...	...	69
Alelad 3004-H34	240	35	200	29	9	12	...	125	18	...	...	...	69
Alelad 3004-H36	260	38	230	33	5	9	...	140	20	...	...	...	69
Alelad 3004-H38	285	41	250	36	5	6	...	145	21	...	...	...	69
1105-O	115	17	35	8	24	...	...	...	85	12	...	...	69

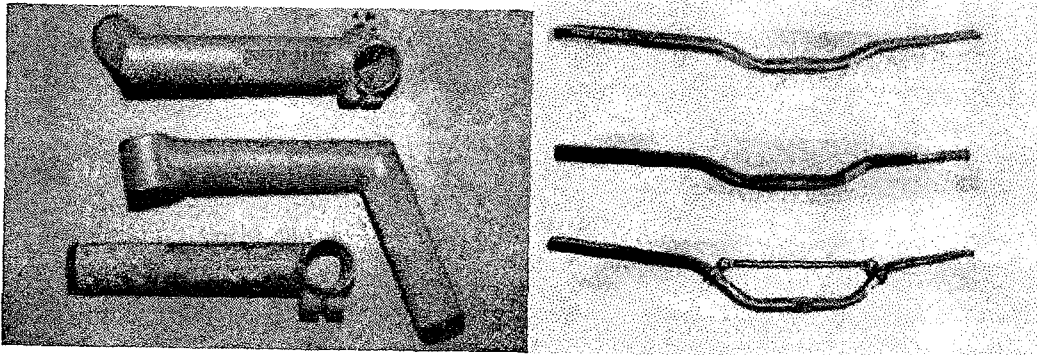
(continued)

ağır Türü	Max. Çekme dayanımı		Ortalama Çekme dayanımı		50 mm.de %uzama		Sertlik HB(α)	Kayma gerilimi		Yorulma gerilmesi limiti		Elastiklik Modülü GPa
	MPa	ksi	MPa	ksi	1,6 mm kalınlığında numune	1,3 mm çapında numune		MPa	ksi	MPa	ksi	
15-H12	150	22	130	19	7	...	...	95	14	...	...	69
15-H14	170	25	150	22	5	...	...	105	15	...	...	69
15-H16	195	28	170	25	4	...	...	110	16	...	...	69
15-H18	215	31	195	28	3	...	...	115	17	...	...	69
15-H25	180	26	160	23	8	...	...	105	15	...	...	69
12-T6	380	55	315	46	...	9	120	260	38	110	16	79
15-0	125	18	40	6	25	...	28	75	11	...	...	69
15-H12	140	20	130	19	10	...	...	95	14	...	...	69
15-H14	160	23	150	22	6	...	...	95	14	...	...	69
15-H16	180	26	170	25	5	...	...	105	15	...	...	69
15-H18	200	29	195	28	4	...	...	110	16	...	...	69
15-H32	140	20	115	17	11	...	36	95	14	...	...	69
15-H34	160	23	140	20	8	...	41	95	14	...	...	69
15-H36	180	26	165	24	6	...	46	105	15	...	...	69
15-H38	200	29	185	27	5	...	51	110	16	...	...	69
50-0	145	21	55	8	34	...	36	105	15	85	12	69
50-H32	170	25	145	21	9	...	46	115	17	90	13	69
50-H34	195	28	165	24	8	...	53	125	18	90	13	69
50-H36	205	30	180	26	7	...	58	130	19	95	14	69
50-H38	220	32	200	29	6	...	63	140	20	95	14	69
52-0	195	28	90	13	25	30	47	125	18	110	16	70
52-H32	230	33	195	28	12	18	60	140	20	115	17	70
52-H34	260	38	215	31	10	14	68	145	21	125	18	70
52-H36	275	40	240	35	8	10	73	160	23	130	19	70
52-H38	290	42	255	37	7	8	77	165	24	140	20	70
56-0	290	42	150	22	...	35	65	180	26	140	20	71
56-H18	435	63	405	59	...	10	105	235	34	150	22	71
56-H38	415	60	345	50	...	15	100	220	32	150	22	71
83-0	290	42	145	21	...	22	...	170	25	...	...	71
83-H32, H116	315	46	230	...	...	16	...	...	160	23	...	71
86-0	260	38	115	...	22	...	...	160	23	...	...	71
86-H32, H116	390	42	205	30	12	...	...	...	...	...	...	71
86-H34	325	47	255	37	10	...	...	185	27	...	...	71
86-H112	270	39	130	19	14	...	...	...	...	...	...	71
154-0	240	35	115	17	27	...	58	150	22	115	17	70
154-H32	270	39	205	30	15	...	67	150	22	125	18	70
154-H34	290	42	230	33	13	...	73	165	24	130	19	70
154-H36	310	45	250	36	12	...	78	180	26	140	20	70
154-H38	330	48	270	39	10	...	80	195	28	145	21	70
154-H112	240	35	115	17	25	...	63	...	...	115	17	70
152-H25	235	34	170	25	11	...	68	145	21	...	...	69
152-H38, H28	285	41	240	35	5	...	75	160	23	...	...	69
154-0	240	35	115	17	27	...	58	150	22	115	17	70
154-H32	270	39	205	30	15	...	67	150	22	125	18	70
154-H34	290	42	230	33	13	...	73	165	24	130	19	70
154-H36	310	45	250	36	12	...	78	180	26	140	20	70
154-H38	330	48	270	39	10	...	80	195	28	145	21	70
154-H112	240	35	115	17	25	...	63	...	...	115	17	70
154-0	250	36	115	17	22	...	62	160	23	...	...	70
154-H32	275	40	205	30	10	...	73	165	24	...	...	70
154-H34	305	44	240	35	10	...	81	180	26	...	...	70
154-H111	260	38	180	26	14	...	70	160	23	...	...	70
154-H112	250	36	125	18	18	...	62	160	23	...	...	70
156-0	310	45	160	23	...	24	...	...	...	...	...	71
156-H112	310	45	165	24	...	22	...	...	...	...	...	71
156-H321, H116	350	51	255	37	...	16	90	205	30	...	...	71
157-0	190	19	50	7	22	...	32	85	12	...	...	69
157-H25	180	26	160	23	12	...	48	110	16	...	...	69
157-H38, H28	205	30	185	27	6	...	55	125	18	...	...	69
652-0	195	28	90	13	25	30	47	125	18	110	16	70
652-H32	230	33	195	28	12	18	60	140	20	115	17	70
652-H34	260	38	215	31	10	14	68	145	21	125	18	70
652-H36	275	40	240	35	8	10	73	160	23	130	19	70
652-H38	290	42	255	37	7	8	77	165	24	140	20	70
657-H25	160	23	140	20	12	...	40	95	14	...	...	69
657-H38, H28	195	28	165	24	7	...	50	105	15	...	...	69
661-0	125	18	35	8	25	30	30	85	12	60	9	69
661-T4, T451	240	35	145	21	22	25	65	165	24	95	14	69
661-T6, T651	310	45	275	40	12	17	95	205	30	95	14	69
Uçlad 6061-0	115	17	50	7	25	...	...	75	11	...	...	69
Uçlad 6061-T4, T451	230	33	130	19	22	...	...	150	22	...	...	69

Alaşıma Türü	Max. Çekme dayanımı		Ortalama Çekme dayanımı		50 mm.de %uzama		Şerh	Kayma gerilimi		Yorulma gerilmece limiti		Elastiklik Modülü
					1,6 mm kalınlığında	1,3 mm çapında						
	MPa	kg	MPa	kg	mm/mm	mm/mm	(HRC)	MPa	kg	MPa	kg	GPa
Alclad 6061-T6, T651	290	42	255	37	12	...	...	185	27	...	...	69
6061-0	90	13	50	7	...	...	25	70	10	55	8	69
6061-T1	150	22	90	13	20	...	42	95	14	60	9	69
6061-T4	170	25	90	13	22	...	...	...	...	...	...	69
6061-T5	185	27	145	21	12	...	60	115	17	70	10	69
6061-T6	240	35	215	31	12	...	73	150	22	70	10	69
6061-T83	255	37	240	35	9	...	82	150	22	...	...	69
6061-T831	205	30	185	27	10	...	70	125	18	...	...	69
6061-T832	290	42	270	39	12	...	95	185	27	...	...	69
6066-0	150	22	85	12	...	18	43	95	14	...	...	69
6066-T4, T451	160	22	205	30	...	18	90	200	29	...	...	69
6066-T6, T651	395	57	360	52	...	12	120	235	34	110	16	69
6070-T6	380	55	350	51	10	...	...	235	34	95	14	69
6101-H111	95	14	75	11	...	...	...	...	...	...	...	69
6101-T6	220	32	195	28	15	...	71	140	20	...	...	69
6351-T4	250	36	150	22	20	...	...	...	...	...	...	69
6351-T6	310	45	285	41	14	...	95	200	29	90	13	69
6463-T1	150	22	90	13	20	...	42	95	14	70	10	69
6463-T5	185	27	145	21	12	...	60	115	17	70	10	69
6463-T6	240	35	215	31	12	...	74	150	22	70	10	69
7049-T73	515	75	450	65	...	12	135	305	44	...	...	72
7049-T7352	515	75	435	63	...	11	135	295	43	...	...	72
7050-T73510, T73511	495	72	435	63	...	12	...	...	...	...	...	72
7050-T745(H)	525	76	470	68	...	11	...	305	44	...	...	72
7050-T7651	550	80	490	71	...	11	...	325	47	...	...	72
7075-0	230	33	195	15	17	...	60	150	22	...	...	72
7075-T6, T651	370	53	345	50	11	...	150	330	48	160	23	72
Alclad 7075-0	220	32	95	14	17	...	...	150	22	...	...	72
Alclad 7075-T6, T651	525	76	460	67	11	...	...	315	46	...	...	72

alaşımları çıkarmak için, korozyon dayanımı, işlenebilirlik, talaşlı şekil kabiliyeti, kaynaklanabilirlik ve lehim kabiliyeti özelliklerini tablo 2.4 ' den inceleyelim.

2XXX serisine baktığımızda, genel korozyon dayanımı, çatlak korozyon dayanımı , gaz kaynağı ve lehimlenme kabiliyeti gibi özelliklerin oldukça kötü olduğunu görüyoruz. Bu durumda bu malzemeyi, bisiklet gövdesinde değil, kaynakla birleştirme yapılmayan gidon borusu, sele borusu ve gidon üzerine bağlanan boynuz gibi parçaların üretiminde kullanabiliriz.



Şekil 2.3.1.1 2XXX serisi Al alaşımından üretilmiş bisiklet yan ekipmanları.

Tablo 2.4 Alüminyum ve alaşımlarının korozyon ve kaynak özellikleri.

Alaşım Türü	Genel (a)	Korozyon direnci	Soğuk şekil verme	Talaşlı şekil verme	Kaynak kabiliyeti				
		Gerilim- korozyon çatlatması			Gaz	Ark	Nokta	Lehim	Döküm yeteneği
1050 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	B	D	A	A	A	A	A
1060 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	B	D	A	A	A	A	A
1100 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A
1145 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	B	D	A	A	A	A	A
1199 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	B	D	A	A	A	A	A
1350 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12, H111	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14, H24	A	A	A	D	A	A	A	A	A
H16, H26	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	B	D	A	A	A	A	A
2011 T3	D	D	C	A	D	D	D	D	C
T4, T451	D	D	B	A	D	D	D	D	C
T8	D	B	D	A	D	D	D	D	C
2014 0	D	C	C	D	D	D	B	D	C
T3, T4, T451	D	C	D	B	D	B	B	D	C
T6, T631, T6510, T6511	D	C	D	B	D	B	B	D	C
2024 0	D	C	C	D	D	D	D	D	C
T4, T3, T351, T3510, T3511	D	C	C	B	D	B	B	D	C
T361	D	C	D	B	D	C	B	D	C
T6	D	B	C	B	D	C	B	D	C
T661, T81, T831, T8510, T8511	D	B	D	B	D	C	B	D	C
T72	D	C	D	B	D	C	B	D	C
2036 T4	C	B	B	C	B	B	B	D	C
2124 T831	D	B	D	B	D	C	B	D	C
2218 T61	D	C	C	B	D	C	B	D	C
T72	D	C	C	B	D	C	B	D	C
2219 0	D	C	C	B	D	A	A	D	NA
T31, T351, T3510, T3511	D	C	D	B	A	A	A	D	NA
T37	D	C	D	B	A	A	A	D	NA
T81, T851, T8510, T8511	D	B	D	B	A	A	A	D	NA
T87	D	B	D	B	A	A	A	D	NA
2618 T61	D	C	D	B	D	C	B	D	NA
3003 0	A	A	A	E	A	A	B	A	A
H12	A	A	A	E	A	A	A	A	A
H14	A	A	B	D	A	A	A	A	A
H16	A	A	C	D	A	A	A	A	A
H18	A	A	C	D	A	A	A	A	A
H25	A	A	B	D	A	A	A	A	A
3004 0	A	A	A	D	B	A	B	B	B
H32	A	A	B	D	B	A	A	B	B
H34	A	A	B	C	B	A	A	B	B
H36	A	A	C	C	B	A	A	B	B
H38	A	A	C	C	B	A	A	B	B
3105 0	A	A	A	E	B	A	B	B	B
H12	A	A	B	E	B	A	A	B	B
H14	A	A	B	D	B	A	A	B	B
H16	A	A	C	D	B	A	A	B	B
H18	A	A	C	D	B	A	A	B	B

A; çok iyi

B; iyi

C; orta

D; kötü

NA; uygulanamaz

Alaım Türü	Genel (a)	Korozyon direnci	Soğuk şekil verme	Talaşlı şekil verme	Kaynak kabiliyeti			Lehim	Döküm yeteneği
		Gerilim- korozyon eşleşmesi			Gaz	Ark	Nokta		
H25	A	A	B	D	B	A	A	B	B
4032 T6	C	B	...	B	D	B	C	D	NA
4043	B	A	NA	C	NA	NA	NA	NA	NA
5005 0	A	A	A	E	A	A	B	B	B
H12	A	A	A	E	A	A	A	B	B
H14	A	A	B	D	A	A	A	B	B
H16	A	A	C	D	A	A	A	B	B
H18	A	A	C	D	A	A	A	B	B
H32	A	A	B	E	A	A	A	B	B
H34	A	A	C	D	A	A	A	B	B
H36	A	A	C	D	A	A	A	B	B
H38	A	A	C	D	A	A	A	B	B
5050 0	A	A	A	E	A	A	B	B	C
H12	A	A	A	D	A	A	A	B	C
H14	A	A	B	D	A	A	A	B	C
H16	A	A	C	C	A	A	A	B	C
H18	A	A	C	C	A	A	A	B	C
5052 0	A	A	A	D	A	A	B	C	D
H32	A	A	B	D	A	A	A	C	D
H34	A	A	B	C	A	A	A	C	D
H36	A	A	C	C	A	A	A	C	D
H38	A	A	C	C	A	A	A	C	D
5056 0	A	B	A	D	C	A	B	D	D
H111	A	B	A	D	C	A	A	D	D
H12, H32	A	B	B	D	C	A	A	D	D
H14, H34	A	B	B	C	C	A	A	D	D
H18, H38	A	C	C	C	C	A	A	D	D
H192	B	D	D	B	C	A	A	D	D
H392	B	D	D	B	C	A	A	D	D
5083 0	A	A	B	D	C	A	B	D	D
H321, H116	A	A	C	D	C	A	A	D	D
H111	A	B	C	D	C	A	A	D	D
5086 0	A	A	A	D	C	A	B	D	D
H32, H116	A	A	B	D	C	A	A	D	D
H34	A	B	B	C	C	A	A	D	D
H36	A	B	C	C	C	A	A	D	D
H38	A	B	C	C	C	A	A	D	D
H111	A	A	B	D	C	A	A	D	D
5154 0	A	A	A	D	C	A	B	D	D
H32	A	A	B	D	C	A	A	D	D
H34	A	A	B	C	C	A	A	D	D
H36	A	A	C	C	C	A	A	D	D
H38	A	A	C	C	C	A	A	D	D
5182 0	A	A	A	D	C	A	B	D	D
H19	A	A	D	B	C	A	A	D	D
5252 H34	A	A	B	D	A	A	A	C	D
H25	A	A	B	C	A	A	A	C	D
H28	A	A	C	C	A	A	A	C	D
5254 0	A	A	A	D	C	A	B	D	D
H32	A	A	B	D	C	A	A	D	D
H34	A	A	B	C	C	A	A	D	D
H36	A	A	C	C	C	A	A	D	D
H38	A	A	C	C	C	A	A	D	D
5356	A	A	NA	B	NA	NA	NA	NA	NA
5454 0	A	A	A	D	C	A	B	D	D
H32	A	A	B	D	C	A	A	D	D
H34	A	A	B	C	C	A	A	D	NA
H111	A	A	B	D	C	A	A	D	D
5456 0	A	B	B	D	C	A	B	D	D
H111	A	B	C	D	C	A	A	D	D
H321, H115	A	B	C	D	C	A	A	D	NA
5457 0	A	A	A	E	A	A	B	B	B
5652 0	A	A	A	D	A	A	B	C	D
H32	A	A	B	D	A	A	A	C	D
H34	A	A	B	C	A	A	A	C	D
H36	A	A	C	C	A	A	A	C	D
H38	A	A	C	C	A	A	A	C	D
5657 H241	A	A	A	D	A	A	A	B	B

A: çok iyi

B: iyi

C: orta

D: kötü

NA: uygulanamaz

Alaşım Türü	Genel (a)	Korozyon direnci Gerilim- korozyon etkilemesi	Soğuk şekil verme	Talaşlı şekil verme	Kaynak kabiliyeti				Döküm yeteneği
					Gaz	Ark	Nokta	Lehim	
H25	A	A	B	D	A	A	A	B	
H26	A	A	B	D	A	A	A	B	
H28	A	A	C	D	A	A	A	B	
6005 T3	B	A	C	C	A	A	A	A	
6009 T4	A	A	A	C	A	A	A	A	B
6010 T4	A	A	B	C	A	A	A	A	B
6061 0	B	A	A	D	A	A	B	A	B
T4, T451, T4510, T4511	B	B	B	C	A	A	A	A	B
T6, T651, T652, T6510, T6511	B	A	C	C	A	A	A	A	B
6063 T1	A	A	B	D	A	A	A	A	B
T4	A	A	B	D	A	A	A	A	B
T5, T52	A	A	B	C	A	A	A	A	B
T6	A	A	C	C	A	A	A	A	B
T89, T831, T832	A	A	C	C	A	A	A	A	B
6066 0	C	A	B	D	D	B	B	D	
T4, T4510, T4511	C	B	C	C	D	B	B	D	4A
T6, T6510, T6511	C	B	C	B	D	B	B	D	
6070 T4, T4511	B	B	B	C	A	A	A	B	4A
T6	B	B	C	C	A	A	A	B	
6101 T6, T63	A	A	C	C	A	A	A	A	4A
T61, T64	A	A	B	D	A	A	A	A	
6151 T6, T652									B
6201 T81	A	A		C	A	A	A	A	NA
6262 T6, T651, T6510, T6511	B	A	C	B	A	A	A	A	NA
T9	B	A	D	B	A	A	A	A	
6351, T5, T6	B	A	C	C	A	A	A	A	B
6463 T1	A	A	B	D	A	A	A	A	
T5	A	A	B	C	A	A	A	A	NA
T6	A	A	C	C	A	A	A	A	
7005 T63	B	B	C	A	B	B	B	B	B
7049 T73, T7351, T7352	C	B	D	B	D	C	B	D	D
T76, T7651	C	B	D	B	D	C	B	D	D
7050 T73, T7351, T7352	C	B	D	B	D	C	B	D	D
T76, T761	C	B	D	B	D	C	B	D	D
7072	A	A	A	D	A	A	A	A	A
7075 0				D	E	C	B	D	D
T6, T651, T652, T6510, T6511	C	C	D	B	E	C	B	D	D
T73, T7351	C	B	D	B	E	C	B	D	D
7175, T74, T7452	C	B	D	B	E	C	B	D	D
T770 0					E	C	B	D	D
T6, T651, T6510, T6511	C(c)	C	D	B	E	C	B	D	D
7475 T6, T651	C	C	D	B	E	C	B	D	D
T73, T7351, T7352	C	B	D	B	D	C	B	D	D
T76, T7651	C	B	D	B	D	C	B	D	D

A: çok iyi B: iyi C: orta D: kötü NA: uygulanamaz

Bisiklet gövdesi için seçilecek Al alaşımlarının özellikle gaz kaynağı kabiliyetinin tablo 2.4' e göre mutlaka A (çok iyi klasmanında bulunması gerekmektedir. Bunun yanında korozyon dayanımlarının da iyi olması, dağ bisikletlerinin bulunduğu ortamlarda göz önünde tutulursa önemlidir. 3XXX serisinin dayanım değerleri, 5XXX' e ve yukarı serilere göre düşük olmasından ötürü ilk yapılan Al alaşımlı bisikletlerde görülmesine rağmen sonraları, üstün

kaynak kabiliyetleri ve korozyon dirençlerine rağmen kullanılmamışlardır. 4XXX serisinde daha öncede belirtildiği gibi kötü korozyon direnci ve kötü kaynak kabiliyeti bulunmaktadır. Hatta 4043 alaşımının kaynak kabiliyetinde, hem gaz, hem ark hem de gazaltı ve toz altı kaynaklarında dahi yorum yapılmamıştır. 5XXX serisinin özel işlem görmüş alaşımlarında (300 Mpa ve üstü çekme dayanım değerlerine sahip) bakarsak,

-5083 ; H321, H116

-5086 ; H34

-5154 ; H36, H38

-5252 ; H28, H38

-5254 ; H38

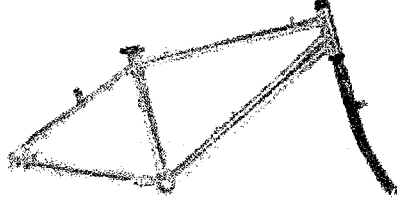
-5454 ; H34 ve 5456 serilerinin çekme mukavemetleri yüksek olup bunların tablo 2.3' deki gaz kaynağı kabiliyetleri başta olmak üzere diğer özelliklerinin; 5252 H38 ve H28 dışındaki alaşımların gaz kaynak kabiliyetlerinin sınırlı olduğu göze çarpar. Bu alaşımın kaynak kabiliyeti altındaki C, kaynak dikişinin çatlağa maruz kalacağını ve kaynak sırasında korozyondan kaçınmamız gerektiğini anlatır. Ancak bu malzemeler kaynak dikişinin ya da kaynak noktasının ortamdan korunarak gerçekleştirilen kaynak metodlarında gerçekleştirilebilir. Ancak , maliyeti artırdığından pek uygulanmaz. Kaynak kabiliyeti iyi olan 5252 ise düşük dayanım değerine sahiptir. 5252 H28 malzemesinde, çekme dayanımı 285 Mpa' açıklanmıştır. Isıl işlem görmüş 6XXX serisi al alaşımlarında dayanım değerlerinin istediğimiz boyutlarda olduğunu görürüz. Tablo 2.4' de gaz kaynağı kabiliyeti yüksek alaşımlar 6066 dışındaki tüm malzemelerdir. O halde kaynak kabiliyeti yüksek bu alaşımların arasından boru et kalınlığını azaltmak için en yüksek mekanik değerlere sahip olanını seçmemiz gerekmektedir. O halde ;

-6351 T6

-6070 T6

6061 T6 ve T651 malzemelerini kullanmamız gerekmektedir. 6070 alaşımının lehim kabiliyeti ve korozyon çatlak dayanımının düşük olması kullanımını 6061 ve 6351' den sonraya atsa da tozaltı kaynağı kullanılarak 380 Mpa' lık çekme mukavemetinden faydalanmak için bisiklet gövdelerinde kullanılmaktadır. Tablo 2.4'te 7XXX serisinin kaynak kabiliyetinin, döküm kabiliyetinin oldukça kötü olduğunu, ancak ısıl işlem görmüş herhangi bir 7XXX serisi alaşımın çok yüksek mekanik dayanım değerlerine ulaştığını görüyoruz. 7072 özel, ısıl işlem görmeyen sadece dayanıklı üst katmanlarda kullanılan (giydirmе malzemesi) bir dış malzemedir.

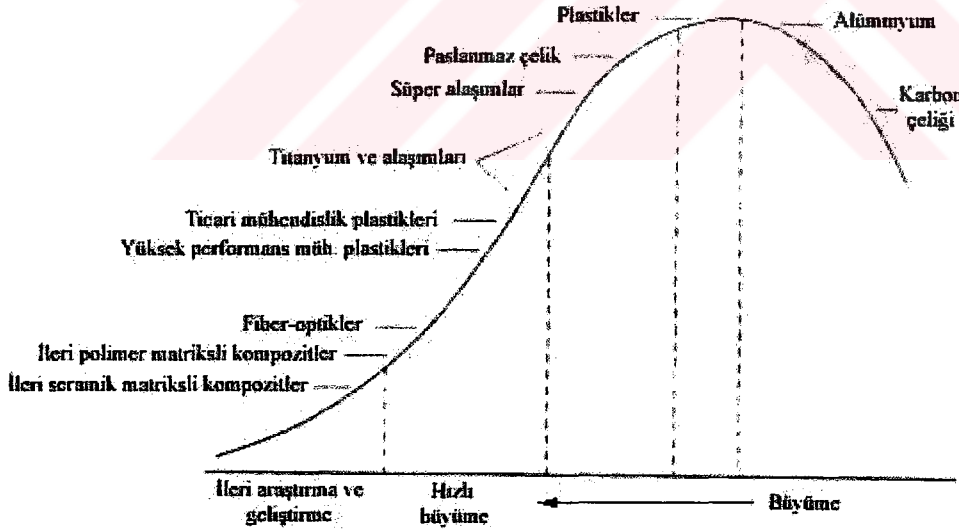
Bu durumda hepsinin kaynak kabiliyeti ve korozyon direnci kötüdür. O halde 7075-T6 gibi en değerli mukavim olan alaşımlar, pahalı, özel kaynak teknikleri ile birleştirilerek üstün performanslı dağ ve yarış bisikletlerinin gövdeleri oluşturulmaktadır.



Şekil 2.3.2 7075 - T6 alaşımından üretilmiş bisiklet gövdesi.

2.2.1.2 Titanyum esaslı bisiklet gövdeleri

Titanyum , 200 yıldır bilinmesine karşın son 40 yıldır tanınan ve kullanımı gitgide artan bir metaldir. Toplam Ti kullanımının yarısını havacılık, uzay araştırmaları malzemeleri ve hafif konstrüksiyonlarda kullanılan Ti-4Al-4V alaşımı oluşturur. Genel olarak Titanyumun kendine özgü yüksek dayanımı ve korozyona karşı gösterdiği üstün direnç onu metal esaslı malzemeler arasında ayrıcalıklı konuma sokar. Yoğunluğu, çeliğin % 55 ' i kadardır. Üzerinde oluşturduğu stabil oksid tabakası, onun korozyon direncini ortaya çıkarır. Öyle ki, sağlık alanında vücut içine yerleştirilen implantların üretimi dahi bu malzemeden seçilir.



Şekil 2.4 Titanyumun teknoloji ile birlikte pazarlama alanı, büyümesi ve gelişimi.

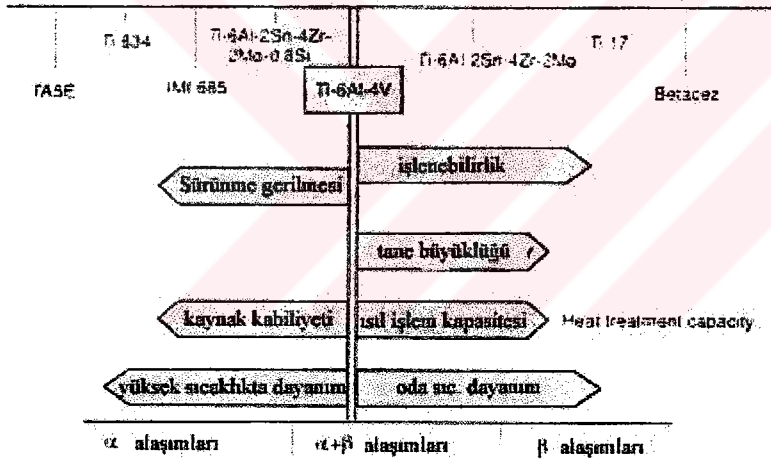
Titanyum iki kristalografik yapıya sahiptir. Oda sıcaklığında, ticari saflıktaki Ti, hegzagonal sıkı paket sistemine sahip α fazını ile anılır. 883 °C 'de KHM' li β fazına geçer. Bu kristalografik varyasyonlar alaşımlama

etkilerini direk değiştirir ve alaşımlama yapılacak sahayı ve özellikleri genişletir ya da daraltır.

-Alfa(α) alaşımları ; İçerdiği elementler Al ve Sn 'dir. Bu elementler, geçiş ($\alpha > \beta$) sıcaklığını artırır. Bu yüzden sürünme dayanımları oldukça yüksek alaşımlardır. Kullanım alanları, yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalardır. β alaşımlarına göre dayanımları, gevreklikleri, kaynak kabiliyetleri daha fazla, plastik şekil almaları daha azdır.

-Alfa + Beta ($\alpha + \beta$) alaşımları ; Oda sıcaklığında β oranı %10-15 olmak üzere iki fazın karışımından oluşur. Yaygın Ti-6Al-4V bu gruptandır. Plastik şekil alabilirliği daha iyidir. Özellikler, β fazı oranı ve bağlı olarak ısıl işlemlerle değiştirilebilir. Yaşlandırma ile (480°C-650°C arasında) uygulanan ısıl işlem α ile β 'nın daha iyi karışım oluşturmasını sağlar.

-Beta(β) alaşımları ; KHM içersinde Vanadyum, Niobyum ve Molibden içerirler.İyi plastik şekil alabilirler. Bisiklet gövde malzemelerinde dayanım, et kalınlığı ve hafiflik bağıntısından daha önce bahsedilmişti. Özellikle dağ bisikletlerinde kullanılan Ti-3Al-2,5V alaşımının Ti-6Al-4V 'a göre üstünlüğü kaynak kabiliyetinden gelmektedir. İki alaşımda $\alpha + \beta$ alaşım grubuna girmesine rağmen, Ti-3Al-2,5V, α alaşımlarına yakın kompozisyona sahiptir ve kaynak kabiliyeti 6Al/4V lu Ti alaşımına göre daha iyidir.



şekil 2.5 Farklı Titanyum alaşım ailelerinin ana karakteristikleri.

Kaynak biçimi ve sonrasında yapılan ısıl işlemler sonuç özelliklerini etkiler. Tablo 2.5 'e bakıldığında bazı kaynak tiplerinin mekanik özelliklere etkisi görülür.

Tablo 2.5 Çeşitli Ti ve alaşımlarının kaynak işleminden sonra çekme dayanımları, sertlikleri ve % uzama miktarları.

Malzeme	MPa	Çekme gerilmesi kd	MPa	Kopma gerilmesi kd	Elastiklik %	Sertlik, knoop
Ti Grade 1						
Kaynaksız	113	46	213	31	30.4	140
Tek puntolu	145	50	253	37	37.5	140
Çoklu puntolu	165	53	270	39	37.7	...
Dikişli kaynak	325	47(a)	...	...	...	...
Ti Grade 2						
Kaynaksız	460	67	325	47	26.2	165
Tek puntolu	505	73	380	55	18.3	175
Çoklu puntolu	510	74	385	56	13.3	...
Dikişli kaynak	475	69(a)	...	...	...	...
Ti Grade 3						
Kaynaksız	545	79	395	57	25.9	175
Tek puntolu	605	88	475	69	15.5	220
Çoklu puntolu	615	89	480	70	14.7	...
Dikişli kaynak	590	81(a)	...	...	...	...
Ti Grade 4						
Kaynaksız	660	96	530	77	22.1	215
Tek puntolu	695	101	580	84	16.4	240
Çoklu puntolu	710	103	585	85	16.0	...
Dikişli kaynak	660	96(a)	...	...	...	...
Ti-3Al-2.5Sn-ELI						
Kaynaksız	850	123	805	117	15.7	265
Tek puntolu	920	133	770	112	9.8	310
Çoklu puntolu	935	136	820	119	7.5	...
Dikişli kaynak	850	123(a)	...	...	...	...
Ti-6Al-2Nb-1Ta-1Mo						
Kaynaksız	895	130	855	124	9.7	275
Tek puntolu	930	135	800	116	5.9	300
Çoklu puntolu	945	137	815	118	5.7	...
Dikişli kaynak	890	129(a)	...	...	...	...
Ti-3Al-2.5V						
Kaynaksız	765	102	670	97	15.2	230
Tek puntolu	705	102	600	87	12.7	250
Çoklu puntolu	745	108	625	91	11.2	...
Dikişli kaynak	710	103(a)	...	...	...	...
Ti-6Al-4V						
Kaynaksız	1000	145	945	137	11.0	320
Tek puntolu	1060	154	920	133	3.5	350
Çoklu puntolu	1090	158	945	137	3.2	...
Dikişli kaynak	1015	147(a)	...	...	...	...
Ti-8Al-1Mo-1V						
Kaynaksız	1060	154	1020	148	15.0	325
Tek puntolu	1085	157	930	135	5.5	345
Çoklu puntolu	1115	162	960	139	3.2	...
Dikişli kaynak	1060	154(a)	...	...	...	...
Ti-6Al-6V-2Sn						
Kaynaksız	1060	154	1005	146	9.8	350
Tek puntolu	1295	188	1255	182	0.3	420
Çoklu puntolu	1280	186	...	...	0.1	...
Dikişli kaynak	1050	152	990	144	3.7	...

Tablodan çıkarılan sonuçlar ;

-Kaynak, genel olarak dayanım ve sertliği artırmaktadır.

-Kaynak, genelde sıcak şekil verilebilirliği zorlaştırmaktadır.

Kaynak dikişinin dahi 710-740 Mpa çekme dayanımına sahip olması bu malzemeden yapılan bisiklet gövdelerinin, kaynak bölgesinin güvenliğini bize açıklayabilir. % 0,2 kopma dayanımı, çekme dayanımı, elastiklik oranı, poisson oranı gibi özellikler Tablo 2.5 'tedir.

Sonuçta, Ti alaşımları, yüksek dayanımları ve düşük yoğunlukları ile konstrüktif malzeme olarak çelik alüminyum arasında pahalı bir malzemedir. Bisiklet gövdelerinde büyük problem durumunda olan kaynak bölgesi, bu malzemede çelik ve alüminyum gibi dezavantajlı değil, avantajlı konuma geçmiştir. İyi kaynak kabiliyeti bulunan 3Al / 2,5 V alaşımı, her ne kadar yüksek maliyete sahipse de, profesyonel dağ bisikletlerinde dayanım / hafiflik unsurlarında ideal özellikler göstermiş ve son 5 yılda patlama yapmıştır. Ayrıca yüksek korozyon direnci, malzemenin uzun vadede ömrünü ve estetiğinin iyileştirmiştir. Söylendiği gibi yüksek fiyata sahip malzeme giderek ucuzlamakta ve kullanımı amatör bisikletçiler arasında da yaygınlaşmaya başlamıştır. Son senelerin Dünya MTB şampiyonalarında % 70 oranında Ti-3Al-4V alaşımlı bisikletlerle yarışılmaktadır ve oldukça yüksek performans alınmaktadır.

Tablo 2.6 Oda sıcaklığında Ti alaşımlarının min. ve ortalama mekanik değerleri.

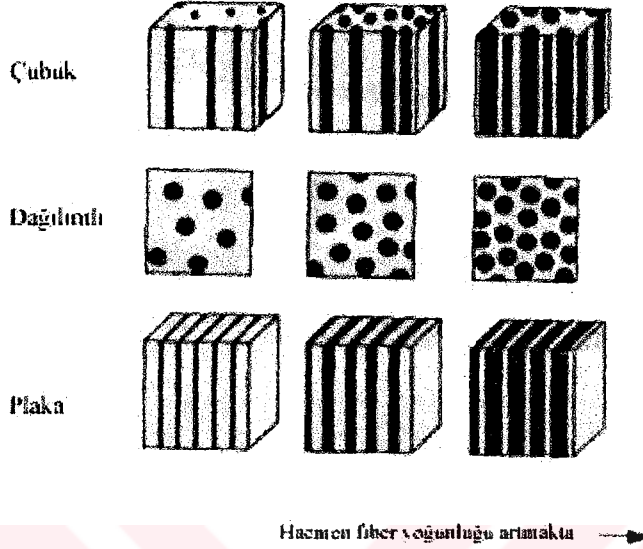
Kompozisyon, %	Minimum değerler			Çentik darbe gerilimi MPa (ksi)	Sertlik	Ortalama değerler		Poisson oranı
	Çekme dayanımı MPa (ksi)	% 0,2 kop. uza. MPa (ksi)	Elastiklik %			Elastiklik modülü GPa (10 ⁶ psi)	Tokluk modülü GPa (10 ⁶ psi)	
Commercially pure titanium								
99.5 Ti (ASTM grade 1).....	240-331 (35-48)	170-241 (25-35)	30	.....	120 HB	102.7 (14.9)	38.6 (5.6)	0.34
99.2 Ti (ASTM grade 2).....	340-434 (50-63)	280-345 (40-50)	28	34-54 (25-40)	200 HB	102.7 (14.9)	38.6 (5.6)	0.34
99.1 Ti (ASTM grade 3).....	450-517 (65-75)	380-448 (55-65)	25	27-54 (20-40)	225 HB	103.4 (15.0)	38.6 (5.6)	0.34
99.0 Ti (ASTM grade 4).....	550-662 (80-96)	480-586 (70-85)	20	20 (15)	265 HB	104.1 (15.1)	38.6 (5.6)	0.34
99.2 Ti61 (ASTM grade 7).....	340-434 (50-63)	280-345 (40-50)	28	43 (32)	200 HB	102.7 (14.9)	38.6 (5.6)	0.34
98.9 Ti61 (ASTM grade 12).....	480-517 (70-75)	380-448 (55-65)	25	.....	.....	.....	102.7 (14.9)	.....
α alloys								
5Al-2.5Sn.....	790-862 (115-125)	760-807 (110-117)	16	13.5-20 (10-15)	36 HRC	110.3 (16.0)	.....	.....
5Al-2.5Sn (low O ₂).....	690-807 (100-117)	620-745 (90-108)	16	43 (32)	35 HRC	110.3 (16.0)	.....	.....
Near α								
8Al-1Mo-1V.....	900-1000 (130-145)	830-951 (120-138)	15	20-34 (15-25)	35 HRC	124.1 (18.0)	46.9 (6.8)	0.32
11Sn-13Mo-2.25Al-5.0Zr-1Mo-0.25Si.....	1000-1103 (145-160)	900-993 (130-144)	15	.....	36 HRC	113.8 (16.5)	.....	.....
6Al-2Sn-4Zr-2Mo.....	900-980 (130-142)	830-895 (120-130)	15	.....	32 HRC	113.8 (16.5)	.....	.....
5Al-5Sn-2Zr-2Mo-0.25Si.....	900-1048 (130-152)	830-965 (120-140)	15	.....	.....	113.8 (16.5)	.....	0.326
8Al-2Nb-1Ta-1Mo.....	790-855 (115-124)	690-758 (100-110)	13	31 (23)	30 HRC	113.8 (17.5)	.....	.....
5Al-2Sn-1.5Zr-1Mo-0.35Nb-0.1Si.....	1014 (147)	945 (137)	11	.....	.....	113.8 (16.5)	.....	.....
IMI 685 (Ti-6Al-5Zr-0.5Mo-0.25Si).....	882-917 (128-133)	758-815 (110-118)	6-11 (on 50)	43 (32)	.....	112.5 (16.5)	.....	.....
IMI-829 (Ti-5.5Al-3.5Sn-3Zr-1Nb-0.25Mo-0.35Si).....	930 (min) (35)	820 (min) (119)	9 (min) on 50	.....	.....	.....	.....	.....
IMI-834 (Ti-5.5Al-4.5Sn-4Zr-0.7Nb-0.5Mo-0.4Si-0.06C).....	1030 (min) (149)	910 (min) (132)	6 (min) on 50	.....	.....	.....	.....	.....
α - β alloys								
3Mo.....	860-945 (125-137)	760-862 (110-123)	15	.....	.....	113.1 (16.4)	48.3 (7.0)	.....
3Al-2.5V.....	600-689 (90-100)	520-586 (75-85)	20	54 (40)	.....	106.9 (15.5)	.....	.....
6Al-4V.....	900-993 (130-144) 1172 (170)	830-924 (120-134) 1103 (160)	14 10	14-19 (10-14)	36 HRC 41 HRC	113.8 (16.5)	42.1 (6.1)	0.342
6Al-4V (low O ₂).....	830-896 (120-130)	760-827 (110-120)	15	24 (18)	35 HRC	113.8 (16.5)	42.1 (6.1)	0.342
6Al-6V-2Sn.....	1010-1069 (150-155) 1276 (185)	970-1000 (140-145) 1172 (170)	14 10	14-19 (10-14)	38 HRC 42 HRC	110.3 (16.0)	.....	.....
7Al-4Mo.....	1103 (160)	1034 (150)	16	18 (13)	38 HRC	113.8 (16.5)	44.8 (6.5)	.....
.....	1030 (min) (50)	970 (min) (140)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6Al-2Sn-4Zr-4Mo.....	1269 (189)	1172 (170)	10	8-15 (6-11)	36-42 HRC	113.8 (16.5)	.....	.....

Kompozisyon, %	Minimum değerler			Çentik darbe gerilimi J/m ² - mB	Sertlik	Ortalama değerler		Poisson oranı
	Çekme dayanımı MPa (ksi)	% 0,2 kop. uza. MPa (ksi)	Elastiklik %			Elastiklik modülü GPa (10 ⁶ psi)	Tokluk modülü GPa (10 ⁶ psi)	
α-β alloys (continued)								
6Al-2Sn-2Zr-2Mo-2Er-0.15Si	1276 (185)	1138 (165)	11	30 (15)	...	132 (17.7)	46.2 (6.7)	0.327
	1030 (min) (150)	970 (min) (140)	...	...	...	...	...	...
Corona 5								
Ti-4.5Al-3Mo-1.5Cr	910 (132)	817 (118)	...	...	...	...	...	...
	945 (137)	855 (124)	...	...	...	...	...	...
	935 (131)	905 (131)	...	...	...	...	...	...
IM1 550 Ti-4Al-4Mo-2Sn-0.3Si	1100 (160)	940 (136)	7 on 50	25 (17)	...	~115 (~17)	...	...
β alloys								
13V-11Cr-3Al	1170-1220 (170-177)	1100-1172 (160-170)	8	...	...	101.4 (14.7)	42.7 (6.2)	0.304
	1276 (185)	1207 (175)	8	11 (8)	40 HRC	...	...	...
8Mo-8V-2Fe-3Al	1170-1310 (170-190)	1100-1241 (160-180)	8	...	40 HRC	106.9 (15.5)	...	...
3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr (Beta C)	1448 (210)	1379 (200)	7	10 (7.5)	...	105.5 (15.3)	...	...
	885 (min) (128 min)	830 (min) (120 (min))	15	...	...	...	...	...
11.5Mo-6Zr-4.5Sn (Beta III)	1386 (210)	1317 (191)	11	...	...	103 (15)	...	...
	690 (min) (100 (min))	620 (min) (90 (min))	...	...	...	...	...	...
10V-2Fe-3Al	1170-1276 (170-185)	1100-1200 (160-174)	10	...	...	111.7 (16.2)	...	...
Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn (Ti-15-3)	785 (114) 1095-1135 (159-164)	773 (112) 985-1245 (143-180)	22 6-12	...	...	...	...	...
Ti-5Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr-Ti-17	1105-1240 (160-180)	1205-1075 (150-170)	8-15	...	...	...	...	...
Transage 134 plate	1055-1380 (153-200)	1000-1310 (145-190)	5-12	...	...	...	...	...
Transage 175 (extruded bar)	1305 (189)	1250 (180)	10	...	...	...	...	...
Transage 175 at 425 °C (800 °F)	1080 (157)	925 (134)	10	...	...	...	...	...

2.2.2 Kompozit Malzemelerden Üretilen Bisiklet Gövdeleri

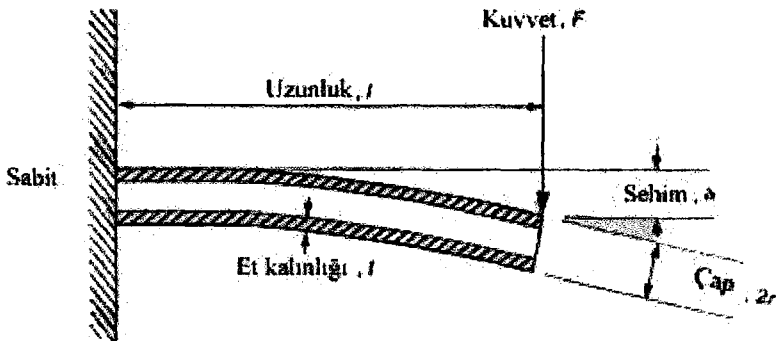
İlk pnömatik lastiğin icadından sonra, son bisiklet teknolojisinde ikinci önem sırasında, bisikletlerin hafifletilmesi gelir ki, kompozit malzemelerden üretilmiş bisiklet gövdeleri kullanımı, bu durunun son aşamasıdır. Aynı pnömatik lastikte olduğu gibi yoldan gelen şokları bu malzeme, üzerinde absorblamakta ve kalıcı olmayan şekil değiştirme özelliği ile yok etmektedir. Metal esaslı malzemelerle üretilmiş gövdelerde, sürekli olarak yerden gelen şoklar ve sürücü ağırlığı arasında kalan gövde şekil değiştirmeye zorlanır.

Kompozit malzemelerin basit tanımı; iki farklı özelliklere sahip malzemenin birleştirilmesi ile amaca uygun değişik kompozisyonda üçüncü bir malzeme oluşturulmasıdır. Bu iki malzemenin birbiri içinde hangi pozisyonlarda bulunacağı şekil 2.7 'de görülebilir.



Şekil 2.7 Kompozitler iki fazın çeşitli şekillerde birleştirilmeleri ile oluşurlar.

Kompozit malzemelerin, önem sırası ile özelliklerini listelersek; hafiflik (hacim başına düşük ağırlık), dayanım, elastiklik, anlık kırılma ve çatlak oluşumlarına karşı dirençtir. Kompozit malzemelerde, kompoziti oluşturan malzemelerin hacim oranları, oluşacak kompozitin özelliklerine etki eder ve oldukça önemlidir. %50 epoksi ve %50 cam fiberden oluşan kompozit, epoksinin elastiklik özelliğini, fiberin dayanımını alır. Epoksiden dayanıklı, fiberden esnek bambaşka, istediğimiz özelliklere uygun yeni malzeme oluşur. Kompozit malzemelerin, diğer bisiklet malzemeleri ile kıyaslamasını yapabilmek için aşağıdaki düzeneği oluşturursak ;

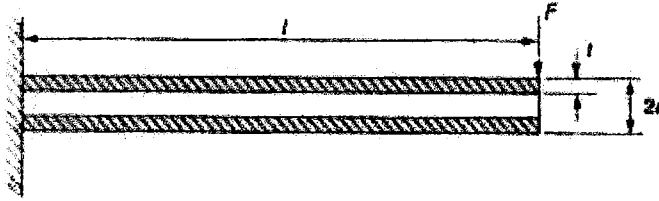


Şekil 2.8 Elastik eğilmenin şematik olarak örneği, bu bir bisiklet ön çatallı olabilir.

Tablo 2.7 Bisiklet malzemeleri.

Malzeme	E (GN m ⁻³)	ρ (Mg m ⁻³)	Et (10 ³ /ton)	$(\rho/E \times 10^9)$ (m ⁻² s ²)	$E(\rho/E)$ (1/GN m ⁻¹)
Çelik	196	7.8	2.0	39.8	80
Ahşap	15	0.8	5.9	53.3	315
Al alaşımı	69	2.9	10.0	39.1	391
Ti alaşımı	120	4.5	50.0	37.5	1880
Mg alaşımı	42	1.7	30.0	40.5	1214
CFRP	270	1.8	900.0	5.6	5040

t.1995 fiyatlarıdır.



Sehim formülü ,

$$\delta = \frac{Fl^3}{3E\pi r^3 t}$$

Devam edersek;

$$\frac{F}{\delta} = \frac{3E\pi r^3 t}{l^3}$$

Kütleyi hesap edersek ;

$$M = 2\pi r t l p \quad \text{ise,}$$

r'yi ilk formülden
çekip yerleştirirsek;

$$M = \frac{2l^4}{3r^3} \frac{F}{\delta} \frac{\rho}{E}$$

Bisiklet üzerinde farklı malzeme grupları için F, δ , l ve r değerleri sabit olduğundan tablo 2.7 'den M; kütle değerinin en düşük olanını karbon fiberli kompozitin verdiğini görebiliriz.

Kompozitlerin yoğunluklarının düşük olmasının nedeni, içerdikleri C, H, O ve N elementlerinin atom ağırlıklarının düşük olmasıdır. Yoğunluğa göre dayanımın yüksek olduğunu CFRP (Karbon fiber takviyeli plastik kompozit) malzemelerde görürken, fiyatın ton başına 90.000 £ olduğu ve bunun da ;

90.000 £ x 380.000 T.L (Mart '95) = 34.200 .10⁶ TL /ton ettiğini görürüz. Normal bir bisiklet gövdesi için ıskartalar dahil 4 kg. Karbon fiber takviyeli plastik kompozit kullanılmaktadır.

1 ton 34.200 .10⁶ TL ise
4 kg. X

X = 136.800.000 TL gibi astronomik bir fiyat çıkar. Bu, bize bu bisikletlerin çok özel olduğunu, yarışlarda kullanıldığını ve fiyatlarının 1500 \$ 'dan başladığını gösterir. Çeşitli fiberlerin mekanik özelliklerini karşılaştırsak ;

Tablo 2.8 Kompozitlerde kullanılan çeşitli fiberlerin mekanik özellikleri.

Özellik	Kevlar	E - cam	Carbon	SiC	Polietilen
Fiber çapı, mm.	2×10^{-4}	2×10^{-4}	10^{-4}	1.4×10^{-4}	5×10^{-6}
Yoğunluk $Mg m^{-3}$	1.44	2.54	1.8	3.0	0.97
Kopma gerilmesi MN m^{-2}	1.24×10^3	7.2×10^4	2.2×10^3	4.0×10^4	1.2×10^3
Çekme dayanımı MN m^{-2}	2760	3450	2070	4830	2590
Elastik uzama %	2.4	4.8	1.2		3.8

Spor ekipmanlarında kullanılan ana fiber tipleri; karbon, cam, aramid veya kevlar, poliüretan ve boron'dur. En çok kullanılan Karbon fiberlerdir. Bu fiberler, uzun karbon atomu zincirlerinden oluşur. Bunlar, plastikler (polimer) veya kimyasal zinciri bunlara benzer fiberlerin yanması (kavrulması) ile üretilir. Kavurma esnasında, fiberler ya da zincirler bir yöne doğru uzatılmaya çalışılır. Karbon fiberlere mikroskop altında bakıldığında, merdiven şeklinde uzun karbon atomu zincirleri görülebilir. Merdiven şekilli zincirde, atomik bağlantıları karbon fiberi çok stabil ve dayanıklı yapar. Cam ve/veya E-Cam fiberler, karbon fiberlerden daha eski, daha ucuz ve daha ağırdırlar. Ancak dünyada hala en çok kullanılan fiber türleridir. Tablo 2.8 'de dayanım / hafiflik / fiyat üçgeninde bisikletler için karbon fiber destekli plastik kompozitleri seçmekteyiz. Bisiklet gövdesi imali için Kevlar pahalı, polietilen dayanımı düşük, SiC elastikliği düşük, E - Camının ise ağırlığı fazla gelmektedir.

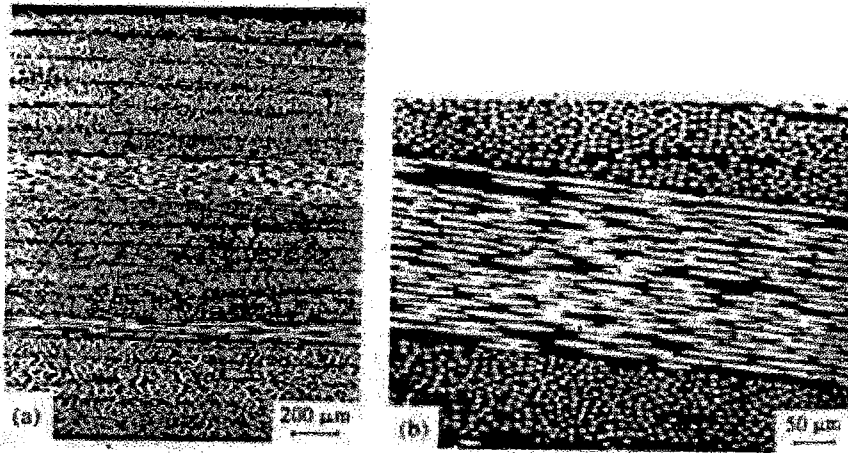
Karbon fiber destekli epoksiden yapılmış bir bisiklet gövdesinde kaynakla birleştirme olmadığından, metal esaslı bisiklet gövdelerindeki kaynağın kötü etkileri yoktur. Şekil 2.9'da metal esalı bir malzemedan üretilen bisiklet gövdesindeki kaynak bölgesi görülmektedir. Epoksi reçinesi oda sıcaklığında kimyasallar yardımı ile kısa süre içersinde yapışır ve iki boru birleşimini kolaylaştırır. Yapıştırma işlemi oda sıcaklığı ile 200°C arasında yapılır. İşçiliği oldukça az ve kolaydır. Epoksi matriks aşağıdaki zinciri kurar ve devamlılığını sağlar.



Şekil 2.9 Bisiklet ön tarafında bulunan furş ve borunun birleştirilmesi. Kaynak bölgesinde kaynağı kötü etkileri, bunlar tane boyutunun azalması ve mikro-çatlaklardır.

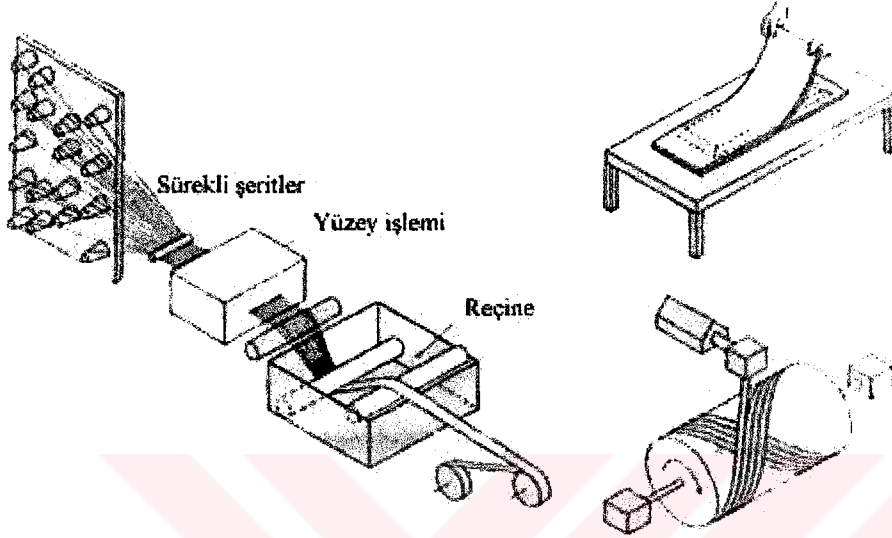


Matriksin en birincil görevi, bisiklet üzerine gelen yükleri malzeme içinde dağıtırken, tüm fiber ve fiber katmanlarına eşit olarak yaymaktır. Karbon fiber destekli polimer kompozitlerden üretilen bisikletler el yapımıdır. Karbon fiberlerin oluşturdukları katmanların açıları, yerleşim durumları hassasiyetle yapılır. Şekillerde bir bisiklet gövdesindeki fiber katmanlar görülebilir. b) şeklinde fotoğrafa dik iki katmanın arasında açılı bir katman rahatlıkla seçilebiliyor.



Şekil 2.10 Bir bisiklet gövdesinden alınmış CFRP kompozitinin karbon fiberlerinin görüntüleri. A) düşük b) yüksek büyütme.

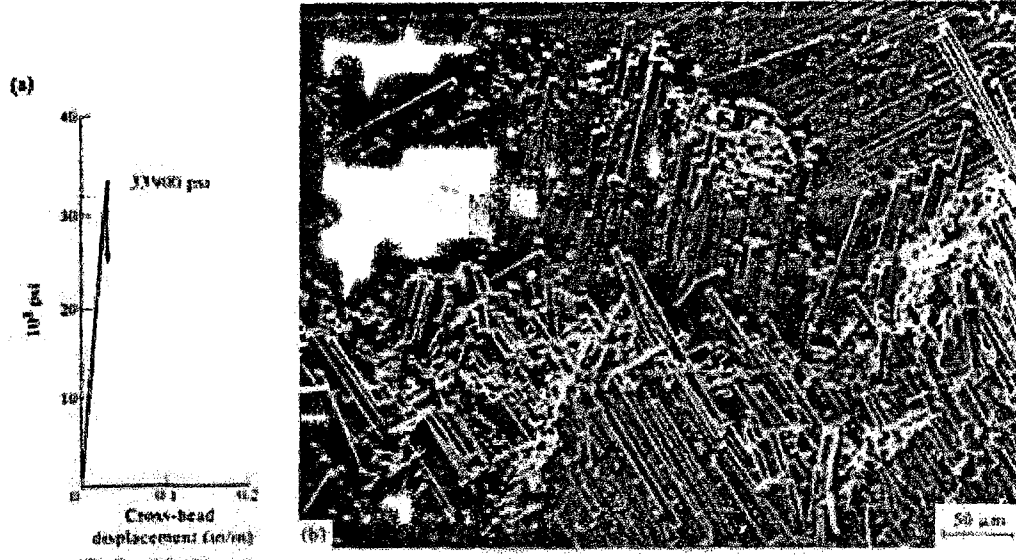
Şekil 2.11' e bakacak olursak; sürekli karbon fiberlerin önce yüzey düzgünleştirme işleminden geçtiği, ardından epoksi reçine içine daldırılarak üzerinde reçine tabakası oluşturulduğu görülür. Ardından mandrel üzerine sarılarak yapraklar halinde açıları farklı ürünler oluşturulur. Daha sonra bisiklet boru iç çap kalınlığındaki kalıba sarılarak gerekli açılı yapraklar gerekli bölgelere yerleştirilerek yapıştırılır.



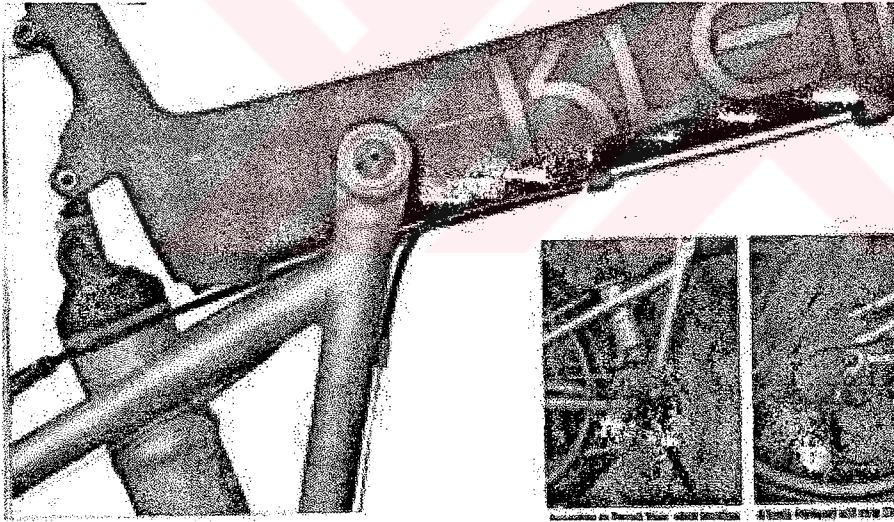
Şekil 2.11 Sürekli-açılı fiberlere sahip spiral fiber-kompozitlerin üretim akım şeması. Bitmiş katmanlar el ile soğumadan üstüste katmanlandırılmaktadır.

Görüldüğü gibi karbon fiberler, epoksi reçine içine daldırılmadan önce yüzey düzeltme işlemine gidilmektedir. Bunun nedeni, kompozit malzemelerde hala dezavantaj olarak bulunan ani kırılma. Herhangibir yüzey bozukluğu, matrikste bir hava boşluğu, malzemedeki küçük bir çatlak, kompozit malzemelerde çok ani kırılmalara neden olmaktadır. Metal malzemelerde olduğu gibi çekme sünmesi (boyun verme) oluşmadığından kırılma çok riskli olur. Bu durum kompozit malzemelere genel olarak güvensizliği artırmaktadır.

a şeklinde çekme deneyinden sonra sağdaki malzemenin gerilim-gerilme eğrisi vardır. Kırılmanın 234 Mpa(33900 psi) çekme kuvvetinde ne kadar ani olduğu görülebilir. b şeklinde ise kırılma bölgesinin (yüzeyinin) hiç uzama etkisi göstermeden, ne kadar ani olduğu görülebilir. Ancak, daha fazla et kalınlığı ile malzeme üzerine gelen yükün kırılma oluşturacak boyuta yaklaşmaması sağlanır. Bu durum, metal esaslı gövdelere nazaran ağırlık bakımından endişeye yol açmamaktadır. Yani gövde et kalınlığı ve boru çapı öyle seçilir ki, emniyet katsayısı 2-3 arasında bulunur. Böylece en uç şartlarda dahi kırılma olanaksız hale getirilir. Ayrıca, ani şokların altında bulunan dağ bisikletlerinde uygulanmaya başlayan amortisör ve yay sistemleri ile bu malzemelerden üretilmiş bisikletler üzerinde ani kuvvet zorlamaları emilir. Yer ile yük arasındaki bisiklet yumuşak ve küçük ivmeli zorlamalara maruz kalır ve malzeme korunmuş olur.



Şekil 2.12 a) Görülen gerilim-gerilme eğrisinde kırılmanın aniden gelişmesi b) Numu



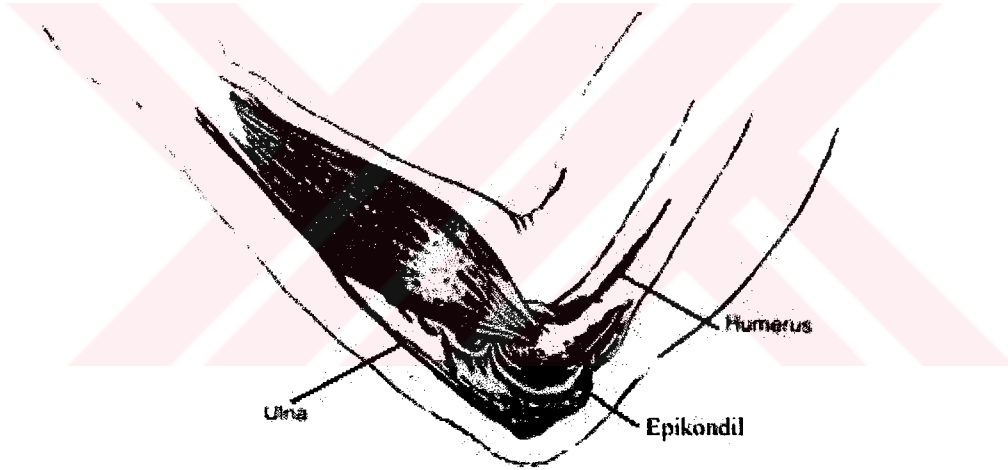
Şekil 2.1.13 Amortisörlü Karbon Fiber destekli polimerden üretilmiş bir bisiklet.

3. TENİS RAKETLERİ

3.1 Tarihsel Gelişim

Raket sporları diğer aktivitelere göre oldukça hızlıdır. Bu sporlarla uğraşan kimseler, bugünlerde çok geniş alanlara ulaşabilen ve çok çeşitli racketlerin bulunduğunu bilirler. Bu racketler yüksek teknoloji malzemelerinden üretilmiştir. Grafit fiberli ya da seramik fiberli kompozitler bunlara örnek olabilirler. Ancak yine bisikletlerde olduğu gibi çok uç örnekler yerine her kesimin alıp kullanabileceği racketlere ağırlık verilmiştir. Bu bölümde bu ekipmana ait özel malzemeler analiz edilecek ve özellikleri tartışılacak ve tanınacaktır. Tenis ve squash racketlerinin dizaynı ve konstrüksiyonu ile ilgili veriler ortaya çıkarılıp, optimal racket özellikleri belirlenecektir.

1960' ların sonlarına kadar racket çerçeveleri, diğer araçlara göre daha yüksek karşılama enerjisine sahip akçaağaç ve dişbudak ağaçlarından üretilmiştir. Bu yıllarda racket çerçeveleri, çelik ve alüminyumdan üretilmeye başlandı. Biyomekanik araştırmaların artması ile birlikte, nemli ağaçtan yapılan racket çerçeveleri kuruduktan sonra yüksek vibrasyona neden olup şekil 3.1'deki belirtilen semptomlara ve ağrılara neden olmuştur.



Şekil 3.1 Tenisin yanlış oynandığında zarar gören kaslar. Ulna, örneğin kapı açarken çalıştırılan, Humerus, kahve fincanı kaldırılırken çalıştırılan kaslardır.

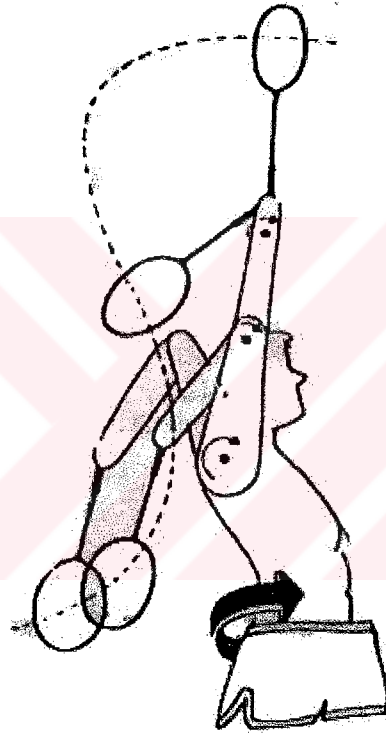
Bu günün kompozit konstrüksiyonları, bu gibi birçok durumu ortadan kaldırmış, sağlam, eskimez ve en önemlisi yüksek vuruş enerjisine sahip, karşılama kuvveti yüksek özellikler kazandırmıştır.

3.2 Biyomekanik Önemlilik

Bu oyun ya da karşılaşmalarda daha hızlı karşılama veya servis atışları için daha büyük bir cüsse ya da daha kalın bir kol gerekiyor gibi görünüyor. Olaya teknik açıdan bakıldığında ; topa yüksek hız kazandıran tek etmen kullanılan takım ya da araçtır. Topun alacağı hızı etkileyen faktörler; topun ağırlığı,

raketin malzemesi, tellerin gerginliği ve tabii ki vuruş kuvvetidir (insan faktörü). Basitçe tenis, badminton ve squash oyunlarının tümü için geçerli kuraldır. 150 km / h ile gelen bir tenis topunu karşılamak demek, yaklaşık 75 kg. 'lık bir ağırlığı dirsekle çok ani olarak savurmak demektir. Bu kuvvetin tamamı oyuncu vücudu tarafından karşılanır. Ters bir karşılama neticesinde, oyuncu vücudunda kötü durumlar oluşur.

Bu kuvvetler, normal olarak kemik yapısı tarafından içlere transfer edilirler, buradan kaslara dağıtılır ve yüksek yüklemelerle karşılanır. Bu kuvvetler, dirsek bölgesinde aşırı yüklenme ile hasarlar oluşturur ve kaslarda-tendonlarda kan hücreleri oluşturarak sporcuyu sakatlarlar. Tenis oyuncularının %45'i bu sakatlanmalarla sürekli uğraşırlar. Araştırmalar göstermiştir ki ; vücudun kuvvet altında kalıp kalmaması, sadece raket dizaynı ve bununla birlikte seçilen raket malzemesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.2 Bir tenis topunun karşılanması ya da servis anında vücut biyomekaniği. Çalışan kaslar ve eklemlerin tamamı yük altındadır.

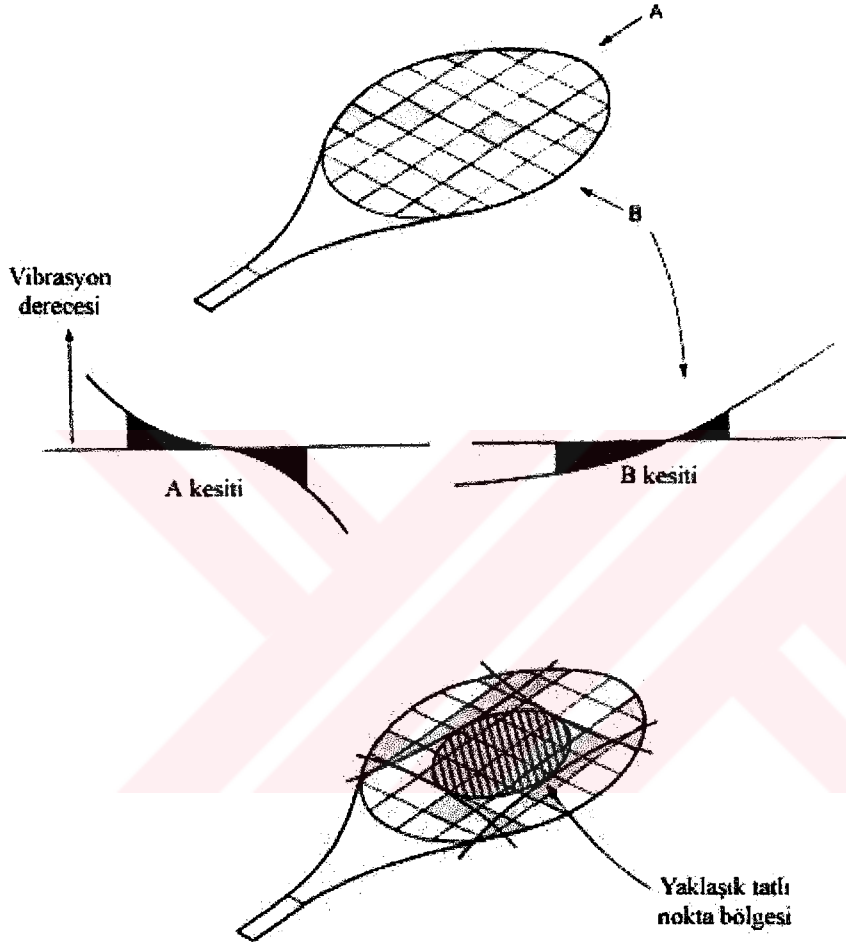
3.3 Raket Mekaniği ve Tatlı Nokta

Modern raket dizaynının ardındaki felsefe, dinamik karakteristikleri en iyi olan, top kontrolü kolay olan ve sporcuyu sağlığı için aşırı yüklenmeleri engelleyen (sporcuyu vücuduna), tehlikeli vibrasyonları ortadan kaldıran raket üretimidir. Raket üzerinde topun temas ettiği nokta, ortada bir yerdedir ki bu bölge ya da noktanın adı, tatlı nokta "sweet spot" olarak adlandırılır.

Tatlı nokta ;

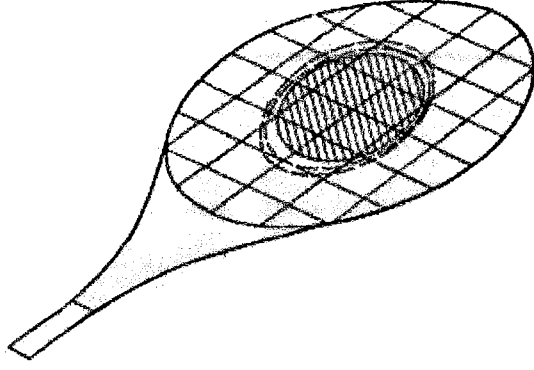
- Vuruş ya da karşılaşmadan sonra oyuncunun şoku hissetmediği, bir parça halka telin bulunduğu yer,
- Vuruş esnasında en az vibrasyonun olduğu, halka şeklinde tellerin bulunduğu yerdir.

Şekil 3.3.1 ve 2 'de tatlı noktanın bulunduğu bölge, raket dizaynı ve malzemesine göre tatlı noktanın değişimi verilmiştir.

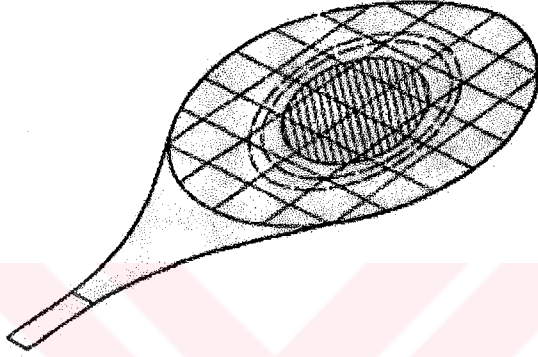


Şekil 3.3.1 Bir raket üzerindeki tatlı nokta boyutları ve bölgesi. Eğer top tatlı nokta bölgesinin içinde karşılanırsa vibrasyon minimum olur. Tatlı noktadan uzaklaştıkça vibrasyon artar.

Raket kafa kısmı büyüklüğü arttıkça, tatlı nokta büyüklüğü de artmakta, ancak kontrol zorlaştığı ve raket sallama hızı düştüğü için ise azalmak zorunda kalmıştır.



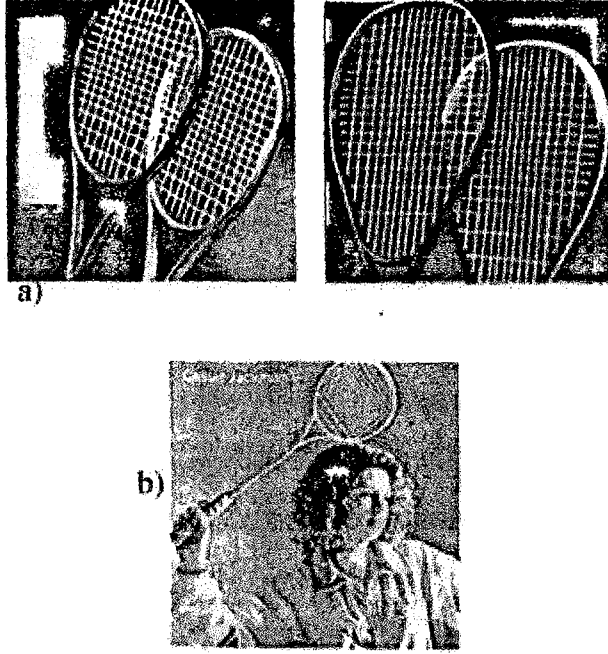
(a)



(b)

Şekil 3.3.2 Tatlı nokta iki şekilde büyütülebilmektedir. a) Raket malzemesi dolayısı ile tokluğu-elastikliği değiştirilerek; örneğin Al çerçeveden CFRP çerçeveye geçerek ya da b) Çerçeve büyüklüğü değiştirilerek. Ancak bilinmelidir ki Uluslararası Tenis Federasyonu raket kafa büyüklüğünü standarta oturtmuştur.

1976 'da raket kafası oval hal almış, büyüklüğü yukarıda sayılan nedenlerden ötürü optimum bir noktada tutulmuştur. Bugün yumurta şekilli raket kafa dizaynları mevcuttur ve bunun büyüklüğü International Tennis Federation (Uluslararası Tenis Federasyonu) tarafından belirlenmiştir. Bu yumurta şekilli kafa dizaynı ancak alüminyum ve fiber kompozitlerin bu ekipmanda kullanılması ile oluşmuştur. Şekil 3.4 'te üstte oval ve yumurta şekilli raket kafaları, altta ise squash raket dizaynı görülebilir.

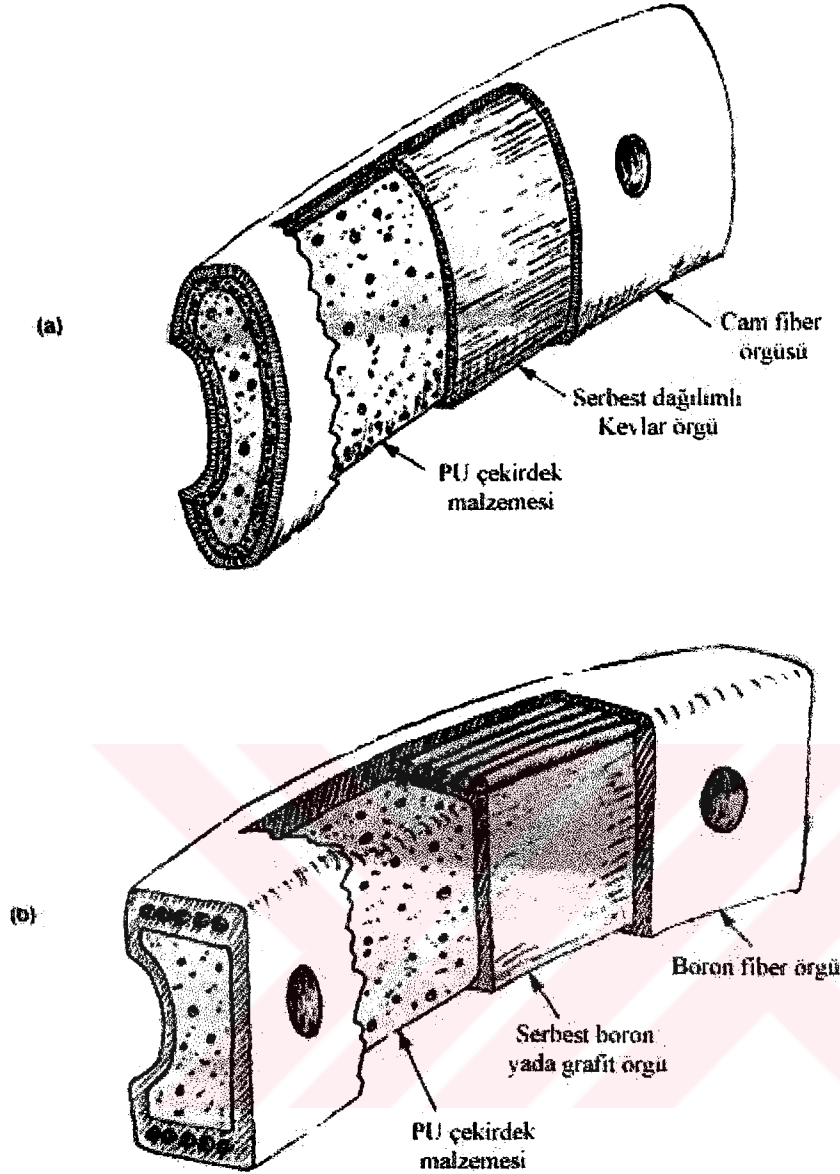


Şekil 3.4 Raket kafalarının çeşitli şekilleri ; a) tenis b) squash

3.4 Raket Konstrüksiyonunda Kullanılan Malzemeler

Alüminyum, ekstrüzyonla boru şeklinde çekilmiş ve raket çerçevesine uygun delik kanalı açılmış ve hava direncini ortadan kaldırmak için uygun plastik şekil değişiklikleri tamamlanmış biçimi ile ağaç ve ahşap konstrüksiyonlu raket çerçevelerinden sonra ilk kullanılan malzemedir. Ancak test ve muayeneler gösterdi ki; bu alüminyum raketler, bir süre sonra kalıcı plastik şekil değiştirmelere maruz kalmışlar ve 6000 vuruş civarında rijitliklerini ve şekillerini kaybetmişlerdir. İçi dolu konstrüksiyon ise oldukça ağır gelmiş ve oyuncuların fazlaca şikayetlenmelerine neden olmuştur. '98 açık tenis turnuvasında erkek oyuncuların finalinde top hızının 195-198 km/h hıza çıkabilmesi durumun ciddiyetini belki bize anlatabilir. Bu sonuçlardan sonra, bugünün raket konstrüksiyonları, fiber destekli (taşıyıcı) kompozit katmanlarının yumuşak bir iç çekirdeğin etrafına sarılması ile oluşturulmaktadır. Çok büyük oranda bu iç çekirdek kısmı enjeksiyon ile şekillendirilmiş Poliüretan (PU) köpüğüdür. Az miktarda pahalı raketlerde, bal peteği dokulu iç çekirdek kullanılmaktadır.

Bu yumuşak çekirdeğin görevi, vuruş anında oluşan yüksek frekanslı titreşimleri üzerinde absorbe etmek, oyuncunun ve raketin güvenliğini artırmaktır. Ancak bu vibrasyon emme işlemi sırasında, topun karşılama hızında düşmemesi gerekeceğinden, bu konumda optimum elastiklik göz önünde tutulur. Bu çelişkiyi en iyi karşılayan malzemeler ileri kompozitler olup, bunlar yüksek performanslı fiberlerden yapılırlar. Karbon, aramid ya da E - Camı gibi. Bu ileri malzemeler raket ömrünü 5000 vuruştan (Al ve ahşap



Şekil 3.5 Üretimi mevcut olan iki raket kesiti. a) kesitinde çekirdek etrafına dayanımı artıran kevlar fiberleri ve en dışa cam fiberli katman konulmuş, b) kesitinde ise boron/grafit yüksek dayanım ve tokluk verirken, en dış boron fiberleri keza, aynı şekilde ekstra mukavemet sağlayarak hafif bir raket dizaynına izin verirler. A raketi genç yaştaki sporcularda kol semptomlarına neden olurken (şekil 3.1), B raketi profesyonel oyuncular ve gençler için oldukça iyi performans sağlamıştır.

için) 30.000 vuruşa kadar çıkarmaktadırlar. Öyle ki kullanımına devam edilen karbon fiberli plastik kompozit malzemenin 50.000 vuruşta % 3 - 4 mer özelliğinin kaybolmasından sonra kırılmalar nihayetinde gelebilmektedir.

Çok değişik markalar farklı malzeme birleşimlerinden, farklı özelliklerde raketler üretmektedirler. Örneğin ; Wilson Ultra FPK raket bileşimi, üreten çekirdeğin çevresinde ağırlıkça %84 grafit, %12 Kevlar ve %4 Fiberden oluşan yapı kullanılmıştır. Grafit sağlamlık ve tokluk verirken, raket kafa kısmının

karşılamadan sonra sapmalarını minimize eder. Ayrıca karşılama esnasında, top tatlı noktanın dışına geldiğinde raketin dönmesini engeller. Kevlar fiberleri, rakete dayanım ve sağlamlık eklerken raket vibrasyonlarını artırarak negatif etkide bulunurlar. Son katılan Fiber FP, seramik fiberdir. Alüminyum-oksit esaslı bir fiberdir ve çok iyi tokluk sağlar.

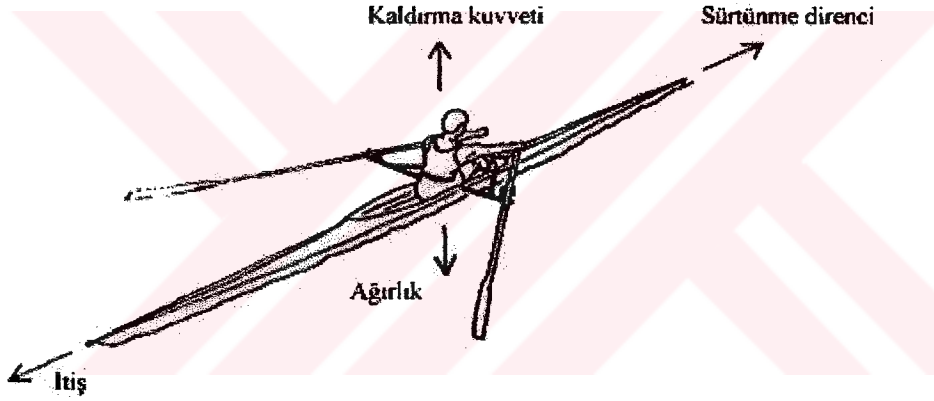
Optimum bileşimli raket dizaynları veya konstrüksiyonları dikkatli bir şekilde mekanik testlerden geçirilirler. Öncelikle çekiç vuruşu adı verilen cihazda, raket kafasının belli bölgelerine vuruşlar yapılarak çerçeveye gelen rezonans frekanslarının şiddeti ve raketin bu rezonansları absorbe yeteneği gözlenir. Bu test sonuçlarına göre cam/karbon (80/20) malzemesi en az rijit, aramid/karbon (10/90) ise en tok olanıdır. Bu malzeme örgülerinin düğümlerindeki en ufak bir deformasyon test sonuçlarında büyük değişiklikler gösterdiğinden, bu rezonans ve dayanım testleri her raket için ayrı ayrı yapılmaktadır.



4. BOTLAR

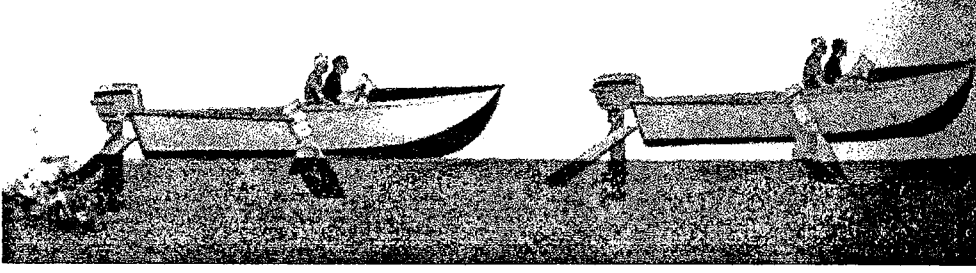
Geleneksel olarak botlar ve sörf tahtaları ağaçtan üretildiler. Ne kadar estetik görünürlerse görünsünler ahşabın su ile teması iyi değildir. Sürekli boya, vernik ve temizlik gibi işlemlerin yapılması zorunludur. Kompozit malzemelerin kullanımı ile malzeme içine sıvı difüzyonu kesinlikle olmamaktadır. Bu malzemenin düşük yoğunluğu nedeni ile sudaki batma derinliği çok azalmış, kuvvet ve hızdan yüksek tasarruf sağlanmıştır. Ahşaptan daha güvenli, daha ucuz ve üretimi daha kolaydır. Özellikle cam-fiber destekli epoksi sörf tahtaları ve botlar değişik bir estetik anlayışı getirirlerde raft teknelerinde, kanolarda genel hafiflikleri, daha portatif oluşları, daha az bakım gerektirmesi ve daha ucuz olmalarıyla günümüzde bu alanda kullanılan tek malzeme olmuşlardır. Hatta, yarışmalarda malzeme bilimi o kadar ilerletildi ki en hafif ve sürtünme katsayısı en düşük olanlar tercih edilir. Bu durumda yarışma malzeme bilimi açısından farklı bir kategori almaktadır.

Su üzerinde yol alan taşıt ya da araçların dizaynında etkili olan dört ana kuvvet bulunmaktadır. Şekil 4.1.



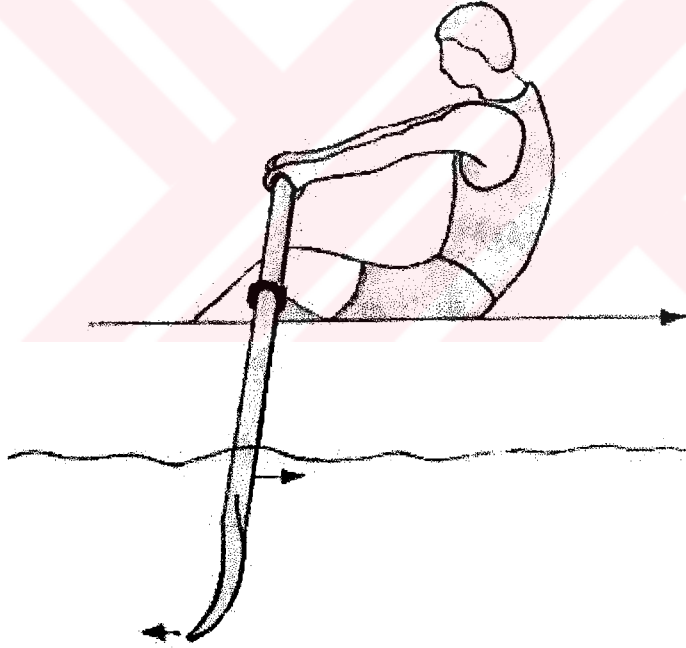
Şekil 4.1 Bir bota ya da tekneye etkiyen kuvvetler. Modern ileri malzemeler ağırlık ve sürtünmeyi minimize etmişlerdir.

Bunlar; ağırlık, kaldırma, ilerleme ve sürüklenmedir. Ağırlık, teknenin kütlesi ve yolcuların ya da sporcuların ağırlıkları toplamına eşittir. Kaldırma, teknenin su üzerinde durabilmesi ve yukarıda saydığımız ağırlıkları su üzerinde tutabilmesi için gerekli olan kaldırma kuvvetidir. Başka bir taraftan dinamik kaldırma ise, teknenin hareket halinde iken su üzerine çıkabilme yeteneğidir ve ileri kompozit malzemelerin su üzerindeki düşük sürtünme katsayılarından ötürü oluşan pozitif bir kuvvet bileşkesidir. Bugün Avrupa nehirlerinde bu teknikle saate 60 mil hıza çıkabilen tekneler seferdedir.



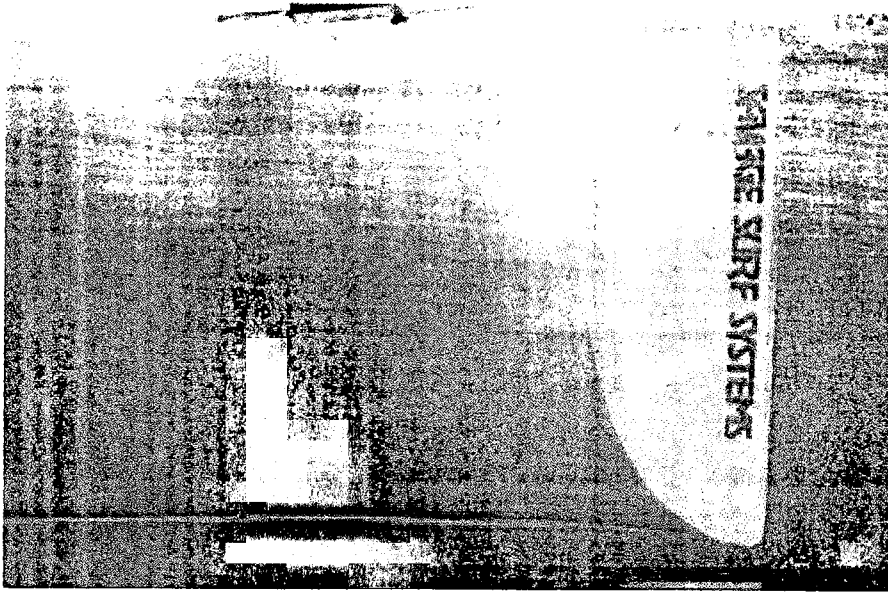
Şekil 4.2 Dinamik kaldırma. Hidrodinamik kurallara göre tekne hızlandıkça kendini su üzerinde çok küçük kanatların üzerine çıkarmaya çalışmaktadır.

Dizaynından ötürü hidrodinamik kurallara göre, duran tekne suyu yarar ve tüm ağırlığını batmaya verirken, hareket halinde iken suyun üzerine çıkar. (Şekil 4.2). İlerleme ve sürüklenme tekne veya botun tahrik gücü ile ilgilidir ve birbirlerine zıttırlar. Bunlar tekne hızını etkileyen faktörlerdir. Sürüklenme ya da sürtünme kuvveti tekne hareketine karşı bir kuvvettir. Bu kuvvetler tekne dizaynı ile direk ilgili kuvvetlerdir. Düşük sürtünme katsayısı malzeme yüzey pürüzlülüğü ile ilgilidir.



Şekil 4.3 Kürek çekme ve ilerleme hareketinde etkiyen kuvvet yönleri.

Hareket yönünün tersine doğru tekne arkalarında ya da su altındaki kısımların gerisinde türbülans oluşur. Bu oluşan türbülans su altında mikropatlamalara, teknenin hızının düşmesine neden olur. Direk dizaynla ilgisi bulunan konunun, Exeter Üniversitesi'nde Dr. Francis Chui tarafından araştırılması ile % 30 - 40 oranında oluşan vortexlerin malzeme ile alakası olduğu gözlenmiştir.

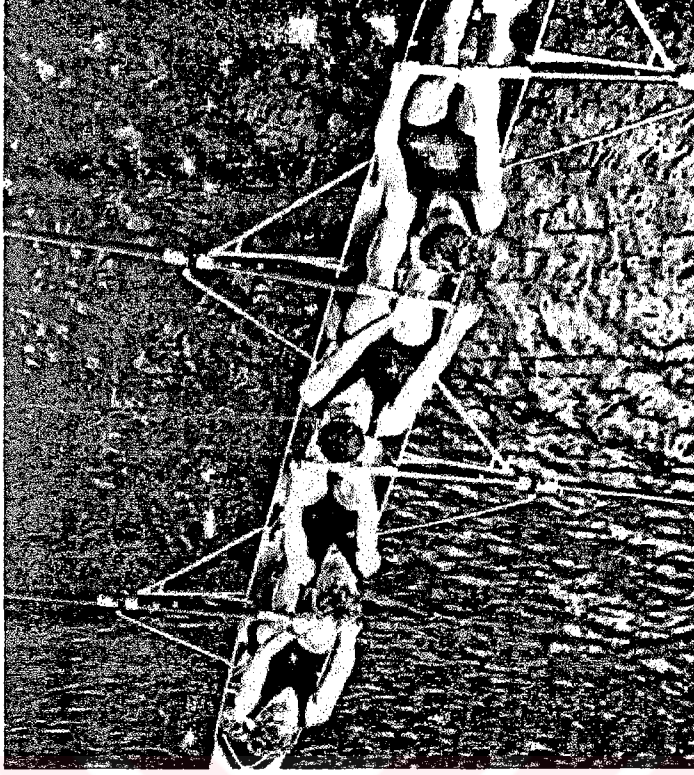


Şekil 4.4 Bir tekne salmasının sualtı fotoğrafı. Hareket soldan sağa doğru olmaktadır. Salma kompozit konstrüksiyonludur ve yüzey sürtünmesi oldukça düşüktür. Herhangi bir türbülans oluşmazken en uçta aşağıda küçük bir mecburi türbülans göze çarpmaktadır.

Türbülansın artması sürüklenme kuvvetini artırır. Yüzey sürtünmesi ya da sürtünme kuvveti malzeme sürtünme katsayısı ile ilgilidir. Genel olarak kompozitlerin yüzey düzgünlüğü oldukça iyidir ve türbülans oluşumuna (iyi bir tekne dizaynı eklenince) izin vermezler. Su altında teknenin ve parçalarının kayması yumuşak olur, ilerleme yönünün tersinde patlamalar ya da türbülans dezavantajları görülmez. Nasa, bu yüzey kayganlığı ya da yüzey sürtünme enerjisi hususunda oldukça uzun yıllar çalışmış, kaldı ki; uzay boşluğundan atmosfere geçişte (çok yüksek hızdan çok düşük bir hıza aniden) çok büyük sürtünme kuvvetleri altında kalan mekiklerin güvenliği için oldukça çalışmıştır. Yüzey üzerine kaygan bir yarı likid (wax) sürülmesi ile hava sürtünmesi minimize edilmiştir. 1988 Amerika bot yarışlarında "stars and stripes" isimli tekneye uygulanmış ve onun ilk sırayı alması sağlanmıştır. Ayrıca Alüminyum gövde üzerine çok düzgün kaplanan polimer malzeme, yat hızını % 2 oranında artırmıştır.

4.1 Yarış Botlarının Malzemeleri

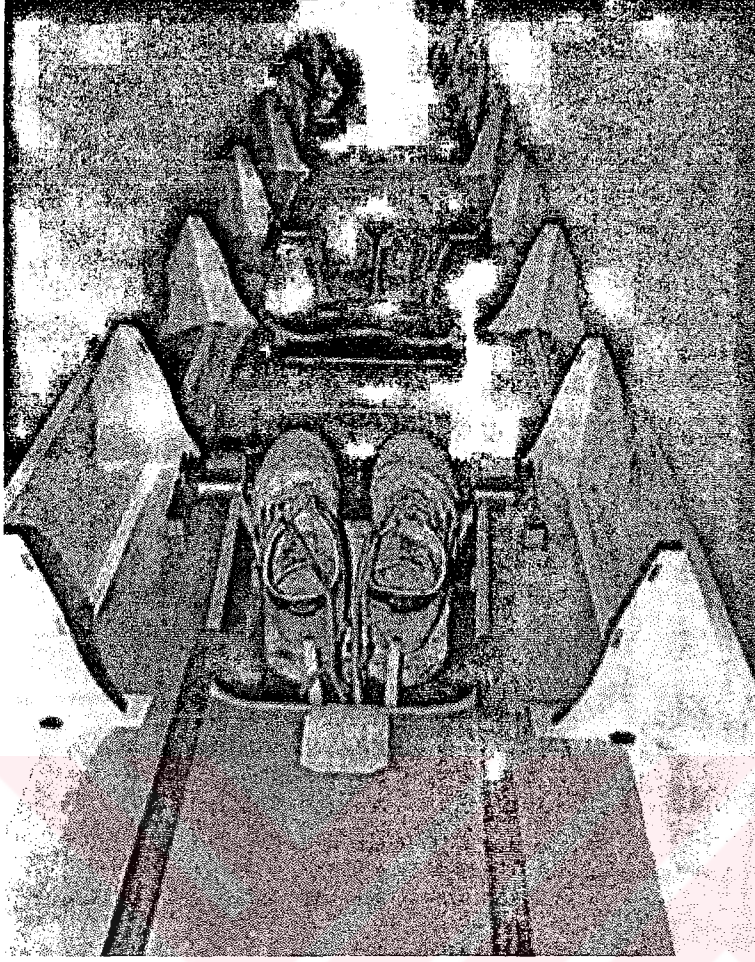
Sürtünme kuvvetini en aza indirmek, yarış amaçlı tekne ve botlarda yapılması gereken en önemli ve birincil harekettir. İkincil olarak hafiflik gelir ki yakın ya da uzak geçmişte bunu sağlamak için sedir, ladin ve maun ağaçları kullanılmış, kağıt kadar ince, sağlam katmanlar yarış teknelerinin gövdelerinde kullanılmıştır. Bu malzemeler kırılmaya veya zarar görmeye eğilimli malzemelerdi. Şekil 4.5 'te bu kadar ince teknelerin hangi kuvvetler altında kaldığı görülebilir.



Şekil 4.5 Dörtlü kürek yarışında çok hafif gövdeye sahip teknenin üzerine gelen sporcu kuvvetleri açıkça görülmekte. Büyük kuvvetler çok ince et kalınlığı bulunan teknelerde sorunsuzca taşınmaktadır.

50' lerde cam fiber ve polimer gövdelerin gelişmeye başlaması ve 60 'ların sonunda iyice kullanılmaya başlanması ahşap ve benzeri malzemelerden kaçınılması durumunu oluşturdu. Bugün, doğal olarak yatlarda ve yarış teknelerinde ahşap kullanımı tamamı ile ortadan kalkmıştır. Çünkü su temelli sporların özel olarak özel malzemelere ihtiyaçları bulunmaktadır. Birçok kompozit malzemenin, çeşitli kombinasyonlarla birarada kullanımı söz konusu olmuştur. Tekli kürek teknesinin 10 kg.' ı geçmemesi gerekmektedir ve aynı zamanda iki güçlü kolun konstrüksiyon üzerinde bağlantılara ve gövde üzerine zararının olmaması gerekmektedir. Birçok gövde polimer, cam fiber ve Kevlar ya da karbon fiberlerden oluşur. İyi bir yarış teknesi cam fiberli katman kompozitlerin arasına kevlar fiber örgülü katmanların sandviç metodu ile birleştirilmesinden oluşur. Bu katmanların tam ortasında ise, tekneyi ve yolcuları su üstünde en yukarıda kalmasını sağlayan kaldırma kuvveti için köpük malzemesi bulunmaktadır. Çoğunlukla bu, eta köpük olarak seçilir.

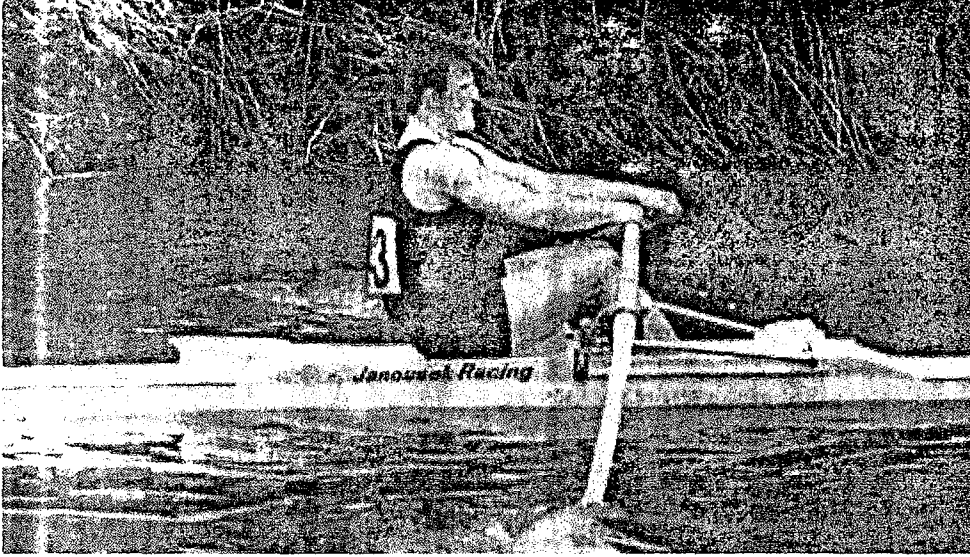
Tekne burun ve kış tarafı ile şekilde görülen dik omurgayı oluşturan kısımlar, iki veya üç çift katlı olarak cam fiber - kevlar karışımı kompozitlerden katmanlandırılır ya da karıştırılır. Eğer lokal -bölgesel- özel yerlerde önemli dayanım istenirse kompleks kompozitlerle birlikte izofatalik polyester içine kevlar fiberden örgüler yerleştirilir. Son zamanlarda yarış kanolarının ve hassas hızlara sahip teknelerin gövde dışı tamamı ile bu malzeme kombinasyonu ile kaplanmakta, çünkü su difüzyonu oldukça düşük malzeme içersine su, hücresel şekilde giremez ve burada diğer malzemelerde



Şekil 4.6 Sekizli kürek yarışlarında kullanılan bir tekne. Sandviç metodu ile üretilmiştir. Kevlar/Karbon karışımı tabakalar esnek poliüretan üzerine katmanlandırılmıştır.

görülen ozmoz patlamasını gerçekleştiremez. Pürüzsüz yüzeyini çok uzun zaman koruyarak, sürtünme kuvveti çok uzun süre düşük kalır. Epoksi reçine ısı, süre, bakım (boya bakımı) yapılmadığı takdirde çok küçük su balonlarını bünyesine almakta ve bunların patlaması ile bozuk yüzey oluşmaktadır. Böylece teknenin su üzerinde sürüklenmesi zorlaşmaktadır.

Tek kişilik kürek tekneleri artık, kevlar-aramid/karbon fiber kompozitlerinden üretilmektedir. Bu teknelerde, büyük teknelere göre malzeme merkezlerinde köpük malzemesi bulundurmamaktadır. Bu durumda küçük olmalarının verdiği avantajla daha ucuza malolurlar, % 50 daha sağlam ve % 20 daha hafiftirler. Çünkü bu tekneler daha küçük kuvvetlere ve sürtünmeye maruz kalırlar.



Şekil 4.7 Tekli kürek teknesi ve yarışçısı. Kevlar, aramid/karbon fiberler karışık şekilde epoksi reçine ile birleştirilmiş. Kürek eksenine bakılırsa kuvvet büyüklüğü anlaşılabilir.

Yarış katamaranlarının ilginç dizaynlarına ilaveten (bu dizaynları onlara sağlamlık ve güvenlik kazandırmaktadır), yeni malzemelerin bu dizayna uygulanması ile sadece yarış değil, normal yat ve teknelerinde iddialı olanları katamaran dizaynı ile üretilmişlerdir. Bu gövdelerde, grafit cam karışımı fiber (epoksi reçine içine) kompozitler kullanılmıştır. Bunların cam fiber ya da aramid fiberli kompozitlere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Karışık fiberli kompozitlerin kullanılması, örneğin % 55 epoksi reçine ihtiva eden kompozitin % 45 'lik kısmının % 50 hacmen karıştırılmış grafit - cam örgüsü diğer kompozitlere göre % 14 'lük ağırlıktan tasarruf imkanı sağlamıştır.

Yarış botları gövdelerinde uygulanan bir diğer gelişme; tek yönlü ve çift yönlü karbon fiberlerin birarada kullanılması ve örgülerin katmanlar halinde konstrüktif zorlanma derecelerine göre farklı bölgelerde farklı kalınlıklar oluşturulmasıdır. Bu durumda gövde imali de el yapımı bir hal alır.

Yelken direkleri ve buna benzer geometrideki bölümler, karbon fiberlerin katmanlandırılması şeklinde üretilirler. Birçok fiber katmanının üst üste örülmesi ile kombine bir şekilde esneklik ve dayanım elde edilir. Daha önceleri ahşap veya metal yelken direklerinde olduğu gibi ağırlık merkezi problemi, kompozitlerin kullanımı ile büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Yelken direklerinin uzunluğu ile orantılı olarak tekne dengesi bozuluyor. Ağırlık merkezi istenilenin aksine, deniz seviyesinden uzaklaşmaktaydı. Ağırlık merkezinin bu şekildeki değişimi, tekne dizaynında salma (teknenin gövdesinden deniz içine doğru uzayan, teknenin sağa ya da sola alabora olmasını engelleyen uzun yüzgeç) boyunu uzatıyor, dolayısı ile ağırlık, sürtünme gibi etmenler hızla artıyordu. Aynı şekilde tüm spor ekipmanlarında bahsedildiği üzere kompozitlerin genel hafifliği, otomatik olarak bu problemi en aza indirmiş ya da bitirmiştir. Bu direkler çok değişik yönlü zorlamalara maruz kalırlar ve üretimleri bilgisayar kontrollü prosesler dahilinde olur.

Üretimleri oldukça pahalıdır ve sürekli dayanımı sağlamak için direkler yekpare yapılırlar. Uzunluğu bu kadar fazla olan direkleri tezgah üzerinde yatay olarak sabit dönen çekirdek üzerine karbon fiberlerin spiral olarak kat kat sarılması ile homojen bir dağılımla bilgisayar kontrollü olarak üretmek oldukça pahalıya malolmaktadır.

4.2 Kanolar ve Kayak Botları

Bu tip bot ya da tekneler, hızlı akışı bulunan nehirlerde kullanılırlar ve oldukça hızlı bir şekilde kayalara veya yüksekte düşmelere maruz kalırlar. Esnekliği sağlamak açısından kompozitlerin yanında polietilen ve poliüretan malzemeler kullanılırlar. Çarpışma kuvvetini absorbe etmek polietilen malzeme ile sağlanır. Cam ya da grafit fiberli kompozit malzemelerin dışına kaplanılan polietilen damper görevi görür. Alt katmanda bulunan cam ya da grafit fiberli kompozit malzeme dayanımı sağlar. En iç katmandaki poliüretan ise hafifliği verirken, konstrüksiyonu tamamlar. Aynı anda sporcu güvenliği için, kuvvet emen tabaka da bu iç katmandır. Ayrıca sporcu ile ortam arasındaki ısı yalıtımında bu katman tarafından halledilir. Bu teknelerde sürtünme yani su üzerinde kayma hareketi pek önemli değildir. Çünkü tekne zaten su ile aynı hızda akar. Bu yüzden en dış katmana polietilen katmanı konulması sürtünme açısından önemli değildir. Bu teknelerde malzemeden istenen en önemli özellik sağlamlık ve emniyettir.

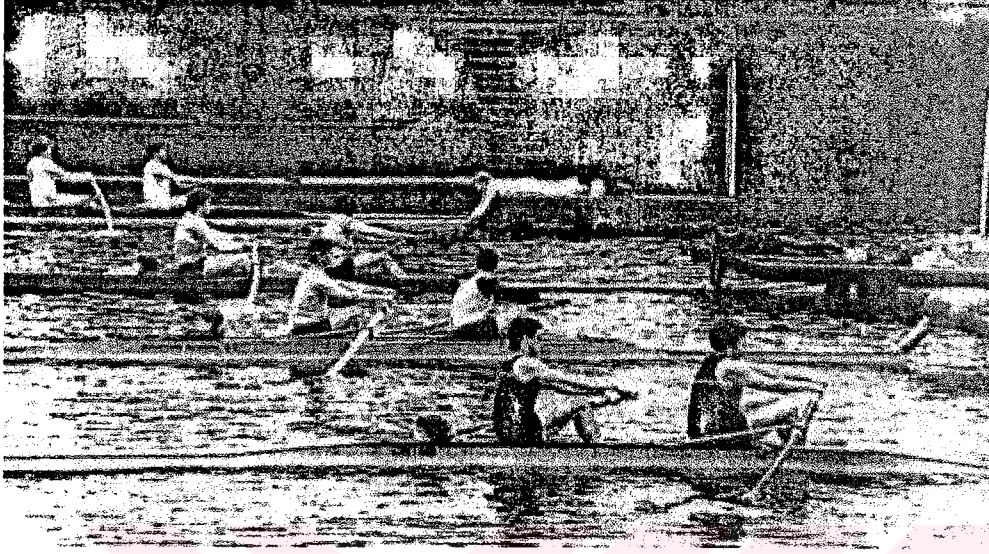
5. KÜREKLER VE KÜREK SAPLARI

Geleneksel olarak kürekler ahşap, uzun, ince, silindirik malzemeler üzerine kaygan, dayanıklı bir diğer ahşap malzemenin kaplanması ile oluşan yapıdadır. Bu ağır, hiç esnemesi bulunmayan, kolay kırılan malzeme bileşimlerinden oluşan kürekler, aynı zamanda sık bakım isteyen, en azından belli aralıklarla koruyucu kimyasal madde ile kaplanması gereken (vernik vb.) araçlardır. Uzun ahşap sap kısmının üretilmesi oldukça kolaydır. Tornalama işlemi ile tepede tutma ve sap kısmına biçim verilirken, asıl görevi üstlenecek yani su içine dalıp, kol gücü ile tekne ve üzerindeki hareketini sağlamak için su içinde kalacak kısmın üretimi oldukça problemli ve zor bir aşama olarak karşımıza çıkmıştır. Bu geniş, su içinde kayma yapmayacak ve suyu blok halinde önünde tutacak olan kısım, aynı anda hafif eğimli ve iç bükey olmak zorundadır. Bu gibi kompleks şekillenmeler ahşap malzeme üzerinde çalışmayı oldukça zorlaştırmış ve onun üretimini zor bir hale sokmuştur. Ayrıca, sap kısmı ile bu geniş küreğin birleşimi de oldukça problem yaratmıştır. Daha sonraları polimer malzemelerin yaygın kullanımı esnasında ahşaptan bir miktar vazgeçilmiş, ancak polimerlerin genel anlamdaki fazla esneklikleri ve kolay şekil değiştirmeleri problem yaratmış ve bu malzemeler sadece küçük çaplı amatör kullanılmıştır. İleri kompozitlerin önemli özelliklerinden katlandırma ve kuvvet büyüklüğüne göre fiber yoğunluğu ve yönü özelliği onun ergonomik ve hafif olmasını sağlamıştır.



Şekil 6.1 Birçok kompozitin birleşiminden oluşan ultra-hafif bir kano küreği.

Uzun silindirik sap kısmı küreği oluşturan en önemli bölümdür. Bu kısım sporcuların tüm kuvvetinin su ile tekneleri arasında aktadıkları, en fazla momentin olduğu kısımdır. Kızışmış bir final çekişmesinde 1200 kg / kesit alanı kadar kuvvete maruz kalır. Bu kısmın dayanım ve esnekliğinin kompozit katlandırılması ile ekstra desteklenmesi gerçekleştirilir.

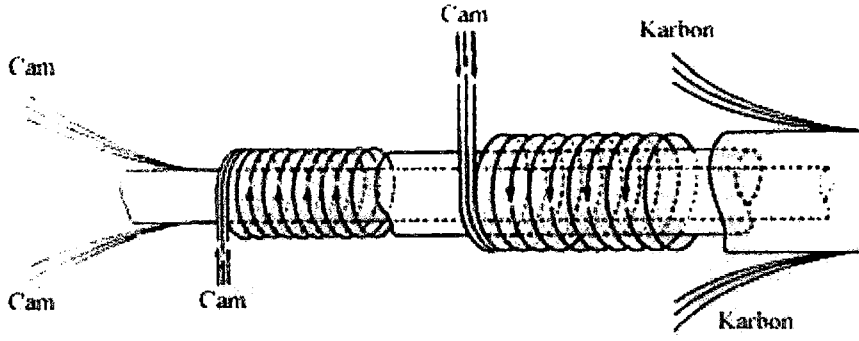


Şekil 6.2 Çiftli kürek yarışının start anı. Küreklere ve sap kısımlarına maksimum kuvvet uygulanmış.

Şekil 6.2 'de ikili kürek yarışının start anı görülmektedir. Kuvvetin en fazla olduğu yer, sap kısımlarında olduğu gibi malzemeyi zorlar o şekli aldırır. Bir kürek dört bölümden oluşur ve bu bölümler kendi aralarında karmaşık ve kendine özgü üretim biçimleri mevcuttur. Bu ekipmanın bölümlerinin detaylarını ve kürek konstrüksiyonunu oluşturan kısımlarını incelemek gerekmektedir.

5.1 Sap Kısım

Birçok fiber kompozit katmanının üst üste sarılıp örülmesinden oluşmuştur. Örmeye işlemi makina ile yapılır. Sabit dönüş hızı ile dönen çekirdeğin üzerine fiberler ve matriks malzeme sabit hızla katmanlandırılır. Yarış küreklerinin sap kısımlarında üçten fazla fiber çeşidi farklı yönlerde sarılır.



Şekil 6.3 Bir küreğin sap kısmının üç katmandan oluşan şematik üretim şekli. Bütün fiber tipleri epoksi reçineye daldırıldıktan sonra sarılmaktadır.

5.2 Pala Kısmı

Suyun içine girip çıkan sap kısmı ile suyun arasında bloklama ile hareketi sağlayan kısımdır. Karmaşık bir üretimi vardır. Merkezde hücreli boşluklu poliüretan köpük bulunur. Ancak bunun içinde de fiber örgülü bir kapsül çok ince bir tabaka halinde bulunmaktadır. Bu kapsülün üzerine iki kat cam fiber geçirilir ve epoksi ile sertleştirilir. En son katlandırmadan sonra, kürek palasının o hassas şekli makinada preslenerek verilir.

5.3 Sap - Pala Birleşimi

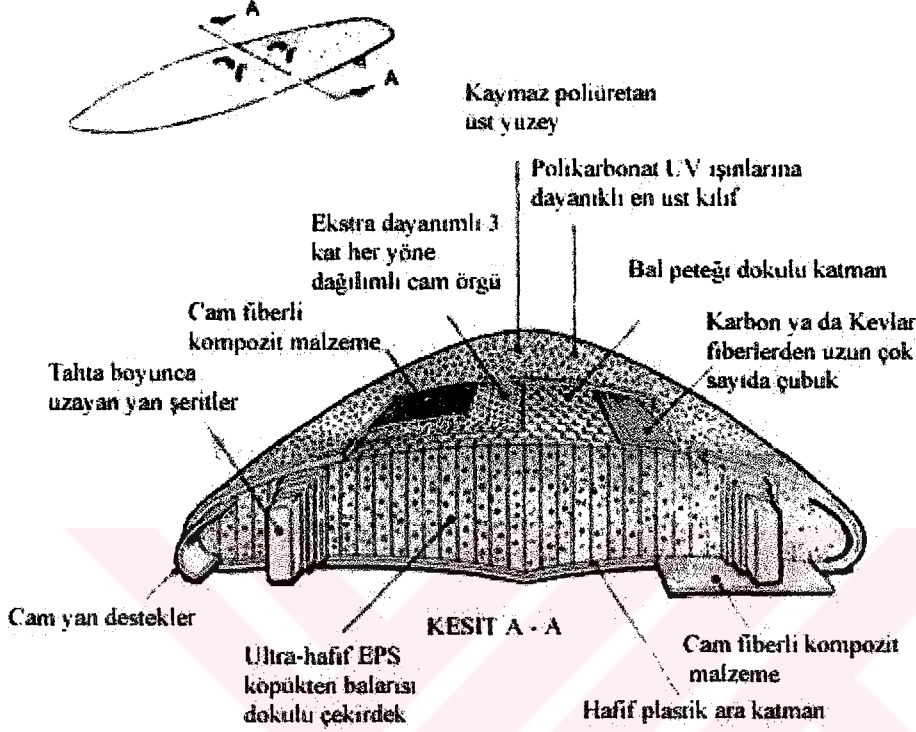
Bu kısım pala ile sap kısmının mukavim bir şekilde birbirlerine yekpare olması için uygulanan bir işlemde geçirilir. Pala ve sap kısımlarının farklı malzemelerden üretilmeleri onların klasik şekilde yapıştırılmalarını engeller. Termoset poliüretan plastik malzemesinin ısıtılıp el ile dökülmesi ve ardından kalıp içinde preslenmesi ile birleştirilir.

5.4 Elcik Kısmı

Bu kısım ahşap çekirdeğe sahiptir, çünkü ahşap çekirdek ağırlığı vasıtası ile ağırlık merkezini ayarlar. Üzerine poliüretan köpük kaplanarak ergonomik bir yapı oluşturulur. Özel küreklerde imalat esnasında sporcu elinin şekil hamur kalıba modellenir ve buna göre poliüretan köpüğe üretim aşamasında bu modelin şekli verilir.

6. SÖRF TAHTALARI

İsminden anlaşıldığının aksine, sörf tahtaları kendi grubunun içinde en ayrıntılı ve karışık malzeme gruplarını birarada içeren bölüm oluşturur.



Şekil 7.1 Bir sörf tahtasının birçok farklı özellikli kompozit ve polimer malzemenin katlandırılmasından oluşan A-A kesitli şekli.

Çekirdekte, fiberglas katmanının içinde bal peteği dokuya sahip polisitiren köpüğü bulunmaktadır. Çevresinde grafit fiberli, PVC matriksli katman bulunur. Bu PVC / grafit fiber kompozitin çevresinde dört kat yüksek elastikiyetli E - cam fiberli kompozit örgü katmanlandırılır. En sonunda cam fiber/epoksi reçine ihtiva eden kompozitle tamamlanır ve bunun merkezinde ise Kevlar örgü şeritleri sörf tahtası boyunca sabitlanmıştır. Bu, ünlü markaların uyguladığı katlandırma metodlarındandır. Sonuçta, incelenecek olursa sörf yarışçıları kendi tahtalarını kendileri seçmekte ve fiyat ağırlık oranları buna göre değişmektedir.

Daha ucuz ve basit sörf tahtalarında Kevlar fiberleri yerine cam fiberler kullanılmaktadır. En ucuz, yarışma harici kullanılan tahtalarda, polietilen + poliüretan çekirdek üzerine bir kat cam fiberli kompozit kaplanır ve üzerine de bir kat UV ışınlarından etkilenmeyen polikarbonat kılıf kaplanır. Profesyonel sporcuların kullandığı sörf tahtaları çok katmandan oluşur. Şekil 7.1 'deki A-A kesitine bakarsak; çekirdekte ultra-hafif polisitiren balpeteği dokulu köpük malzeme içinde sağ ve sol tarafta tahta boyunca uzun ince katmanlardan oluşan kompozit taşıyıcıyı görürüz. Bunun üzerinde karbon veya kevlar fiber şeritlerinin yine tahta boyunca sağ ve solda uzadığını görürüz ki, bu asıl

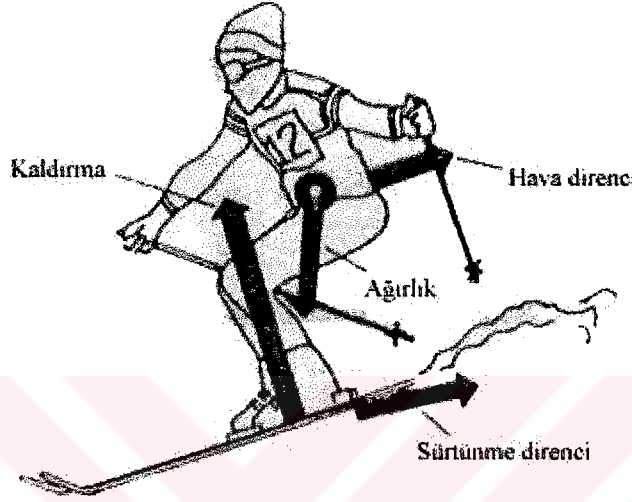
mukavemeti veren katmandır. Bunun üzerinde birbiri içine geçmiş, ilk katta cam fiber örgüsü üzerine cam fiberli kompozitin yayıldığı görülebilir. Cam fiber örgüsü üç yönlüdür. Bu tabakanın üzerine kaymaz (ayakların tahta üzerinde sabit kalması için) reçineli bir kaplama ile ve UV ışınlarından etkilenmez polikarbonat yüzey katmanlandırılmıştır. Tahtanın içinde çekirdeğin en sağ ve en sol taraflarında yan darbeler ve incelmenin getirdiği kötü esnemeler için, yine cam fiberli kompozitler yerleştirilmiştir. Tahtanın altı hidrodinamik türbülanslara neden olmayacak şekilde düzgün preslenmiştir.



7. KAYAKLAR

Son 15 yılda kayak ve yan ürünlerinin üretimi büyük artış göstermiştir. Şimdilerde ise her sene 15 milyon insan dünya çapında çeşitli kayak dallarını öğrenmek için kolları sıvamaktadır. Bu insanların büyük bir kısmı modern teknolojilerle üretilmiş kayak, kayak batonu ve kayak botlarını tercih etmektedirler.

Kayak, dinamiği hayli yüksek bir spordur ve kayak - kayakçı bileşiği, bu esnada oldukça fazla kuvvetin bileşiminde kalır.



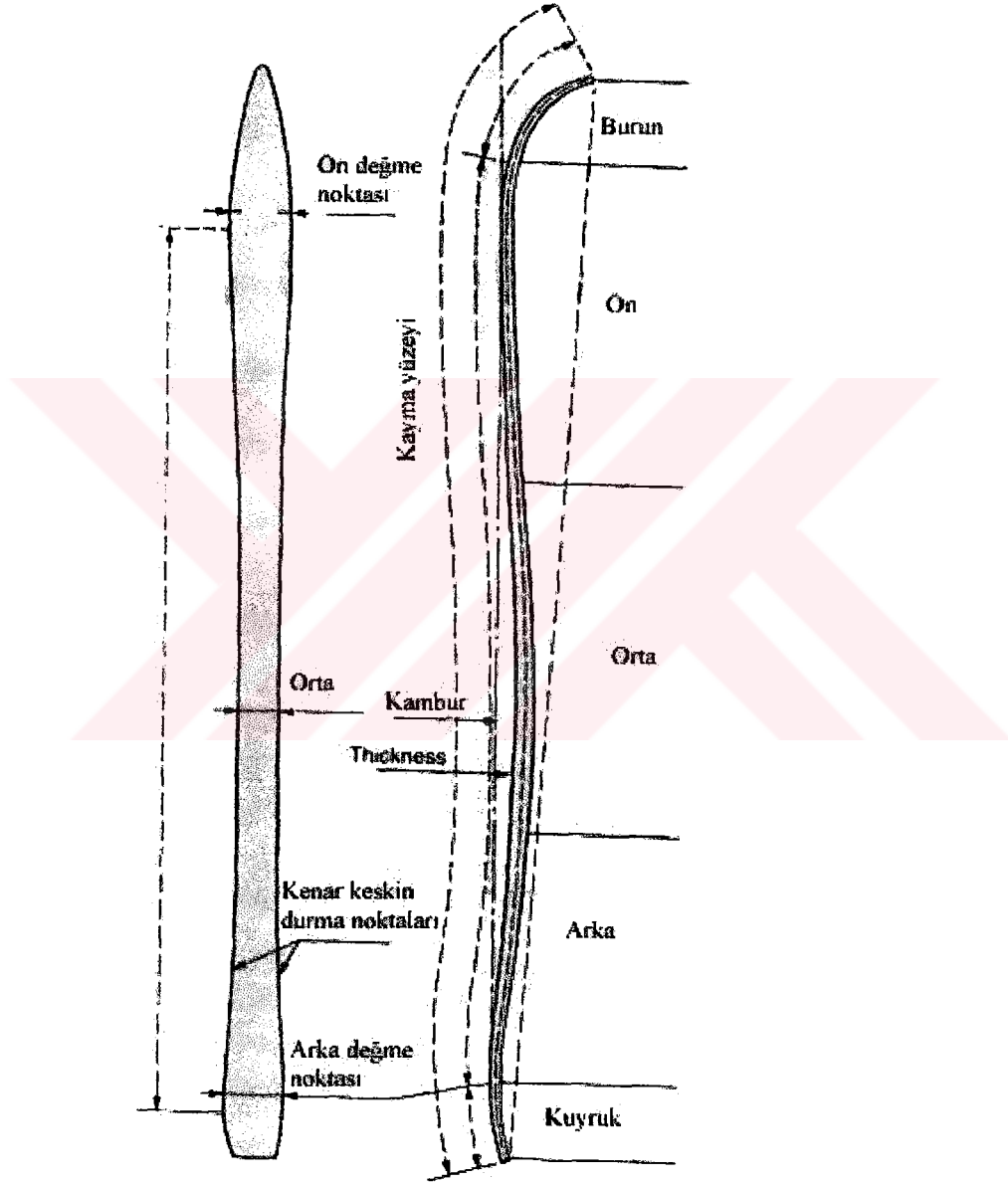
Şekil 8.1 Bir kayakçıya ve kayağa etki eden kuvvetler.

Temel olarak kayakçı, eğimde kayarken, dengede durabilmesi için çeşitli kuvvetlerin etkisinde kalır. Kayaklar, kayakçının boyuna ve ağırlığına göre seçilirler. Kayakçı ağırlığı arttıkça kayağın, kayan yüzeyi genişler, kayakçı boyu uzadığında kayağında boyu uzun seçilir. Ayrıca kayağın yapılacağı yer zeminine veya kar durumuna göre de kayakların seçimi değişir ancak amatör bakış için bu işlem pahalı ve gereksiz olur. Yumuşak ve derin kar için kayak genişliği artarken, buzlu ve sert kar için ince ve kenarları keskin (dönüşler için) kayaklar seçilir.



Şekil 8.2 Kayak kenarlarında dönüşlerde yüksek basınçlar oluşur. İniş stilinde oluşan bu durumu uygun malzeme seçimi ile halledebilmekteyiz.

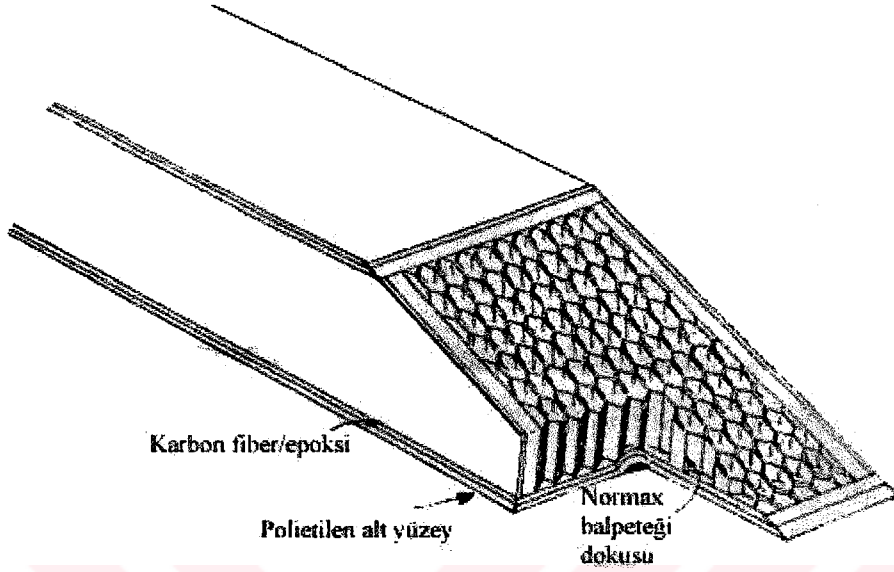
“Downhill” adı verilen tepeden yüksek süratle inme türünde kayak kenarlarına uzun süreli ve oldukça yüksek kuvvetler gelir. Kayakçının ağırlığından dolayı hızlanılır ve dönüşlerde yavaşlamadan, bu hız korunarak dönüş yapılır. Kayakların bu esnada ağırlık / basınç arasında üstlenecekleri görevleri vardır ki en önemlisi vibrasyonları azaltmak ve farklı iki yüzey arasında hem amortisör görevi hem de dönüş esnasında kararlı kalabilme (yani eksenden kaçırmadan, monoblok, sabit) özelliklerini gösterebilmeleri gerekmektedir.



Şekil 8.3 Kayağın bölümlerini gösteren şematik bir ilüstrasyon.

Kayağı, görünüş olarak iki ana kategoriye ayırırsak; iki hızlı ve sıkışık kar üzerinde çok dik eğim üzerinden ve oldukça hızlı kategori olan iniş ve bol kar üzerinde yavaş hareketlerle yapılan uzun süren ve yüksek kondisyona bağlı

olarak yapılan ve paten hareketine benzetilen “tur kayağı” isimli kategoridir. Her iki kategorisinde kayaklardan istedikleri birtakım özellikler bulunmaktadır ve her iki kategoride de farklı kompozit konstrüksiyonları gözümüze çarpar. Şekil 8.4 ‘te tur kayağının kayak kesitini görebiliriz.



Şekil 8.4 Tur kayağının kesit görünüşü. Bu kayağı kullanan kayakçı dağlık iniş ve çıkış yapılan bölgelerde onlarca kilometre yol almaktadır. Bu yüzden oldukça hafifletilmiştir.

Burada üzerinde durulması gereken en önemli özellik kayağın süper-hafif olmasıdır. Bunun tek bir nedeni vardır, o da onlarca kilometre kayan sporcuların mümkün olduğu kadar ayaklarında herhangi bir ağırlık hissetmemeleridir. Bu dalda sporcular, kayaklarının altında bulunan tek yönlü malzeme ile aynı eğim de çıkabilmektedirler. Bu yüzden bu kayaklarda hücresel bir çekirdek etrafına basit konstrüktif kompozit bir malzeme yeterli olmaktadır. Alt taban yani kayan kısım polietilen tabakadan oluşur. Polietilenin sürtünme katsayısı oldukça düşüktür. Şekil 8.4 ‘te görülen kesitte hücrelerden (Nomax balpeteği dokusu) ötürü kayak yoğunluğu oldukça düşmüştür. Birim hacim içersindeki katı madde yüzdesi oldukça azalmış ve üstün hafiflik sağlanmıştır.

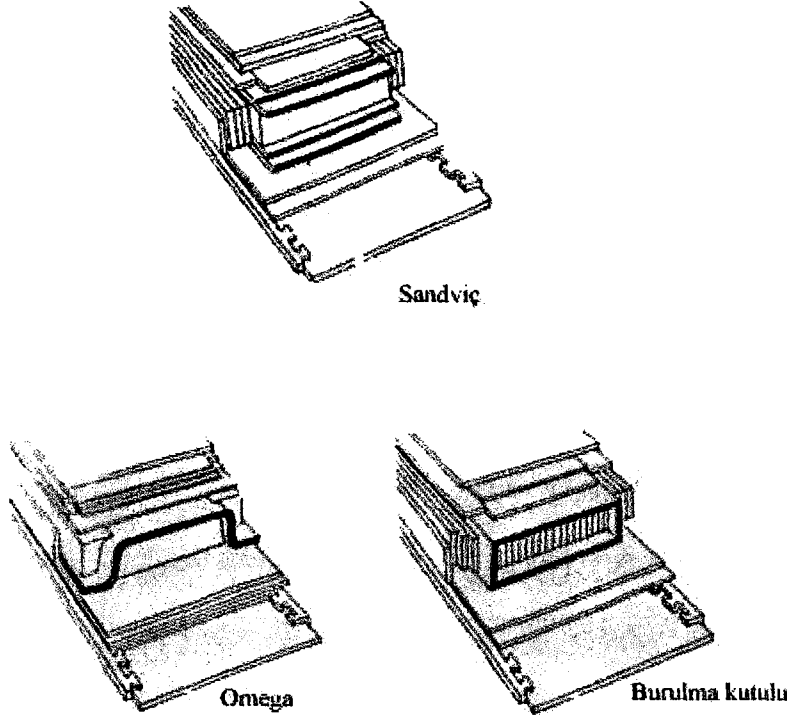


Şekil 8.5 Tur kayağında kayma tekniği. Paralel kayak yolları içinde kayakçılar yüksek kondisyon harcayarak kaymayı gerçekleştirirler.

7.1 Kayak Dizaynında Gelişmeler

Kayak konstrüksiyonlarındaki gelişme de, diğer yüksek teknoloji malzemeler içeren sporlarda olduğu gibi ahşap ve ahşap esaslı malzemelerden başlangıç alır. 1960' lardan sonra fiber destekli kompozit malzemelerin yaygınlaşması ile kayaklarda da bu malzemelerin kullanılmasına başlandı. Elastik özellikleri yüksek bir çekirdek malzeme üzerine örülen fiber kompozitlerle daha hafif, daha dayanıklı kayaklar üretilmeye başlandı. Temel olarak iniş kayaklarında üç çeşit ürün mevcuttur; burulma kutulu, sandviç ve omega konstrüksiyonlu olanlardır.

Bugün kullanılan tüm iniş kayaklar ya bu konstrüksiyonlardan ya da küçük değişikliklere uğramış hallerinden yapılırlar. Sandviç konstrüksiyonlu kayaklar klasik sınıfa dahil edilebilirler. Çünkü eski ahşap kayaklarda, bu mantıkla üstüste lamine ahşapların yapıştırılmaları ile oluşmuştur. Bu tip kayaklar üstün dayanıma sahiptir, ancak şok emme özellikleri sadece boşluksuz katmanlardan oluştukları için oldukça düşüktür. Cam ya da karbon fiber kompozitler oldukça ince katmanlar halinde üretilirler. Bazen cam ve karbon fiberler birbirleri ile örülerek tabakalaştırılırlar ve bu şekilde yapıştırılmaya hazırlanırlar. Bu katmanlar basınç altında boşluksuz yapıştırılarak, sandviç şeklinde kat kat yapı elde edilir. En ortadaki iki katman arasına bir çekirdek şok alıcı katman yerleştirilir.



Şekil 8.6 En son üretilen üç değişik konstrüksiyona sahip iniş kayaklarından kesitler.

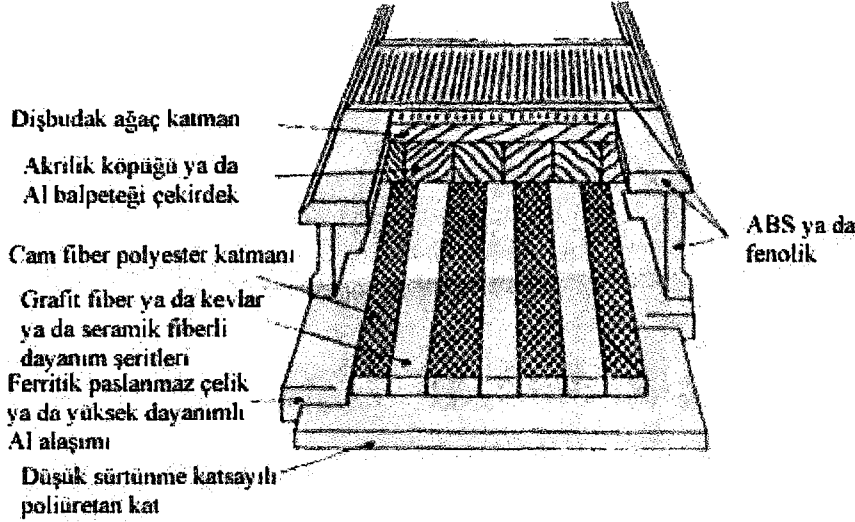
Burulma kutulu kayak tipinde, çekirdek malzemesinin etrafına fiber örgülerle kapalı bir kutu oluşturularak dikdörtgen prizma şeklinde, bir uzun, ana kuvvet darbelerini alıcı konstrüksiyon oluşturulur. Üstün şok emme kabiliyeti olmasına karşın, sandviç metoduna göre daha az dayanıklıdır ve katmanların birbirinden ayrılabilme riski bulunmaktadır.

Omega konstrüksiyon, diğer iki modelin avantajları ve dezavantajları düşünülerek yapılmıştır. Ne burulma kutuluda olduğu gibi kapalı bir kutu vardır, ne de sandviç metodunda kullanıldığı gibi katmanlar boşluksuz olarak yerleştirilmişlerdir. Burada çekirdek köpük malzemesinin etrafında kısmi kutu oluşturulacak şekilde (Ω), yani omega şeklindeki gibi yarı açık bir kutu oluşturulmuştur. Böylece katmanlar birbiri ile ilişkili yani sağlam ve aynı zamanda şok emebilecek nitelikte kutulu bir konstrüksiyon oluşturulmuştur. En yeni kayak üretme metodudur. Optimum performansın yakalandığı bir kesite ve konstrüksiyona sahiptir. Yüksek hızlı slalom inişleri için geliştirilmiştir.

7.2 Merkez (Çekirdek) Malzemeleri

Tüm tur ve iniş kayaklarının merkezinde hücresel boşluklara sahip şok alıcı malzemeler bulunur. Bu malzemeler kuvvet altında oldukça deformasyona uğrarlar. Zaman içinde tekrar eski şekillerini alırlar. En iyi hücresel dokuyu arı bal peteği dokusu verir ki, nedeni mukavemet hesaplarından da bilindiği üzere en sağlam konstrüksiyona sahip yapı birimlerinden biridir. Slalom kayaklarında bu bal peteği dokusu, Alüminyum ya da titanyum folyolarından oluşturulur. Poliüretan köpük oldukça iyi şok alıcı özelliğe sahip olsa da dayanımı oldukça

düşük ve çok kolay deforme olma özelliğine sahiptir. Dayanımı daha yüksek akrilik köpüğü ile yakalansa bile yüksek maliyeti onun kullanımını engellemiştir. Profesyonel iniş kayaklarının merkezi yaklaşık 30 farklı parçanın birleşmesi ile oluşturulan bir multi-katman konstrüksiyonudur. Bu katmanların genelini Kevlar, aramid ve karbon fiber gibi malzemeler oluşturur.



Şekil 8.7 Bir iniş kayağının merkez bölgesinde bulunan malzeme dizinimleri.

Özel hafif kayaklarda aramid balpeteği çekirdek etrafına, karışık yönlü cam fiber katmanı kapalı bir kutu gibi çevrelenmiştir. Bu tip kayaklar buzlu ya da çok sert diye tabir edilen yüzey üzerinde üstün performans ve dayanım göstermişlerdir. Tüm katmanların üzeri ABS koruyucu plastiği ile kaplanmıştır ve kayan yüzeyin kenarları aşınmaya dayanıklı ferritik paslanmaz çelik ya da yüksek dayanımlı alüminyum alaşımı malzeme ile ince şerit halinde tüm kayak boyunca monoblok hale getirilmiştir.

Kevlar ve aramid fiberlerle üretilmiş kayaklarda şok emme ve konfor daha yüksek iken karbon fiber/epoksi kompoziti ile üretilmiş yada çekirdeği kaplanmış kayaklarda, daha sert kullanım söz konusudur. Ancak yüzeyi "hissetmek" isteyen kayakçılar için üreticiler mutlaka dayanımı çok iyi olan CFRP (karbon fiber destekli polimer) kayaklarını üretmişlerdir.

7.3 Kayak Batonları

Diğer kayak ekipmanları gibi kayak batonları da sürekli radikal gelişmesini ve değişmesini sürdürmektedir. Kayak batonlarından istenen tek özellik, hafif olmalarıdır. Ancak bu hafifliğin yanında sadece plastik deformasyona uğramamaları yani eğilmemeleri istenir. Zaten çok büyük kuvvetler altında kalan ekipmanlar değildir. Yarış yatları direklerinde kullanılan karbon fiber destekli plastikler, bu iş için oldukça uygundur. Silindirik parçaların sabit hızla döndürülerek katlandırılmasında en iyi malzemedir. 3 veya 4 kat katmanlandırılan batonlarda kullanılan karbon ve cam

fiberler 0° ve 90° oryantasyonlarda yönlendirilirler. Hafiflik açısından, kayak batonlarında 0,5 - 0,6 mm. et kalınlığı geçilmez.

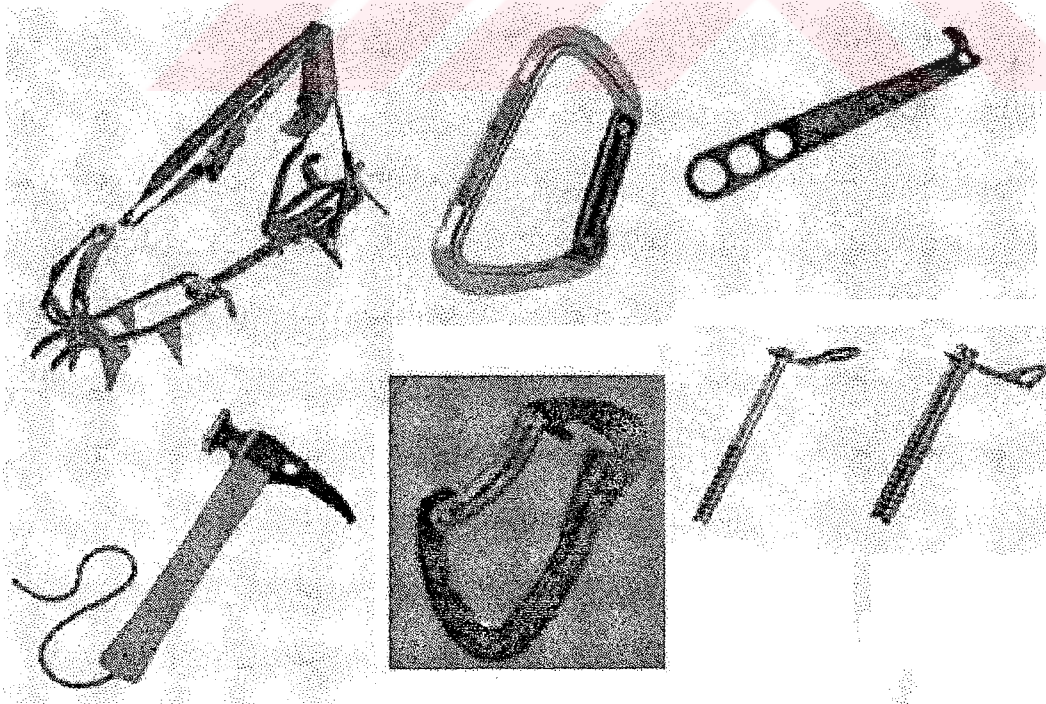


8. DAĞCILIK EKİPMANLARI

Özellikle kaya ve buzul tırmanışlarında kullanılan çivi ve vida ekipmanları, dağcıların sık aralıklarla ve bolca kullandıkları ekipmanlardır. Dağcılık temel olarak vücut gibi bir ağırlığın belli bir potansiyel enerji olarak kısa sürede yüksek bir rakıma ulaştırmaktır. Bu ağırlığı yüksek rakıma ulaştırırken dağcı, beraberinde konaklarken ihtiyaç duyduğu birçok malzemeyi de yanında çıkarmak zorundadır. Bunlar yiyecek, giyecek ve diğer araçların yanında, tırmanırken veya sonraki tırmanma aşamasında kullanacağı vidalı çivi, karabina ve krampon gibi dik duvarları aşacağı ya da buzul tırmanacağı metal esaslı malzemelerdir. Tırmanılan duvarın yüzeyine çakılan veya vidalanan bu ekipmanlar, emniyet katsayısı oldukça yüksek, eğilmeyen ve aşınmaya dirençli malzemelerden yapılırlar. Daha önceleri çelik ve alaşımlarından yapılan bu ekipmanlar, havacılık ve uzay teknolojisinin ürünü olan titanyum alaşımlarından seçilmişlerdir. Bu ekipmanların özellikle çok hafif, dayanımlarının ve aşınma dirençlerinin çok iyi olması gerekmektedir. Mukavemet hesaplamalarında emniyet katsayıları 9 - 13 olarak hesaplanır. Yaklaşık 80 kg. İnsan ağırlığı düşünülürse tüm kesitin 800 - 900 kg. Taşınması beklenmektedir ki bunun sebebi ölüm riskini en aza indirmektir.

Sert kayalar arasında bulunan vidalı sabitleyici ya da çivinin dişlerinin bozulup yerinden oynamaması gerekmektedir ve sertliği oldukça fazladır.

Ayaklara takılan kramponlarla ve elde bulunan kazmalarla yapılan buzul tırmanışlarında bu ekipmanlar buza çakılmak sureti ile tırmanış yapılmaktadır ve bunlarda da önemli yani buza saplanan kısımlar titanyum alaşımlarından üretilmektedirler. Şekil 9.1 'de vidalı çiviler, krampon, kazma ve karabina (kanca) örnekleri görülebilir.



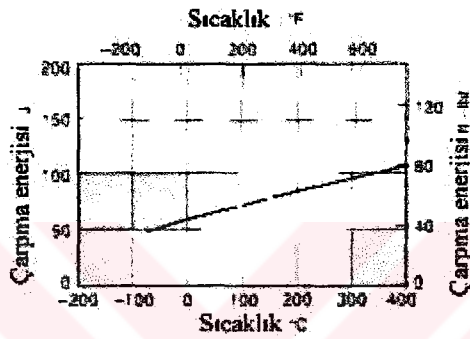
Şekil 9.1 Çeşitli dağcılık ekipmanları.

Karabina, vida ve halat ya da halat - halat birleştirmelerinde kullanılan ara ekipmandır. Aynı şekilde onun da emniyet katsayısı fazladır. Genelde sıcak şekillendirme ve ekstrüzyonla üretilen bu ekipmanlar, en sık kullanılan Ti alaşımı olan Ti 6Al 4V alaşımından üretilirler.

6Al / 4V 'un özellikleri ;

-Çekme dayanımı ve aşınma direnci diğer metalsel malzemelere oranla oldukça iyi.

-Yüzyde koruyucu, sağlam ve yalıtkan oksid filmi ile çok iyi korozyon direnci gibi özellikler, bu malzemenin bu ekipmanlar için kullanılmasını sağlamıştır. Oda sıcaklığı ve bunun $\approx 30^\circ\text{C}$ 'tan fazla ısı değişimi bu malzemeler için risk oluşturmamaktadır. Şekil 9.2' de Çentik-darbe sonucu görülebilir.



Şekil 9.2 6Al/4V malzemesinin sıcaklık - çarpma enerjisi grafiği.

-35 °C' nin altında tırmanış imkanı bulunmadığından, daha doğrusu yaşamsal faaliyetler durduğundan bu sıcaklık altında ve oda sıcaklığı civarında malzemenin gösterdiği çarpma direncinde (J) önemli bir düşüş görülmemektedir.

Alüminyum, Ti içersinde çekme, sürünme dayanımını ve elastiklik modülünü artırmaktadır. % 6 Al üzerinde zaten ergiyik aluşmamaktadır. Ti_3Al kararlılığını korur. 540 °C sıcaklıkta düşük şekillendirme dereceleri veya presleme hızlarında bu malzeme şekillendirilebilmektedir. Daha yüksekte (650°C), form verme işlemi vakum atmosfer altında daha hızlı gerçekleştirilebilir. Argon gazlı koruyucu atmosferde oksidasyon minimuma indirilir. Ancak yaygın olarak 540 °C' de sıcak şekillendirme okside olma riski olmadan gerçekleştirilebilir. Eğer daha düşük şekillendirme derecelerinde şekillendirme yapılacaksa sıcaklık 315 - 425 °C seçilmelidir.

Tablo 9.1 Ti 6Al 4V 'un tipik mekanik değerleri.

Sıcaklık		Çekme gerilimi		Kopma gerilimi		Uzama
°C	F	MPa	ksi	MPa	ksi	%
Ti-75A sheet, annealed, longitudinal orientation						
24	75	580	84.3	463	67.6	25
-78	-108	750	109	615	89.2	23
-196	-320	1050	152	940	136	18
-253	-423	1280	186	1190	173	8
Ti-75A sheet, annealed, transverse orientation						
24	75	585	85.1	475	69.0	25
-78	-108	760	110	645	93.4	20
-196	-320	1060	153	965	140	14
-253	-423	1340	194	1260	182	7
Ti-5Al-2.5Sn sheet, nominal interstitial annealed, longitudinal orientation						
24	75	850	123	795	115	16
-78	-108	1080	156	1020	148	13
-196	-320	1370	199	1300	188	14
-253	-423	1700	246	1590	231	7
Ti-5Al-2.5Sn sheet, nominal interstitial annealed, transverse orientation						
24	75	895	130	860	125	14
-78	-108	1050	152	1020	148	12
-196	-320	1430	208	1370	198	12
-253	-423	1670	242	1610	234	6
-268	-450	1590	231			1.5
Ti-5Al-2.5Sn (ELI) sheet, annealed, longitudinal orientation						
24	75	800	116	740	107	16
-78	-108	960	139	880	128	14
-196	-320	1300	188	1210	175	16
-253	-423	1570	228	1450	210	10
Ti-5Al-2.5Sn (ELI) sheet, annealed, transverse orientation						
24	75	805	117	760	110	14
-78	-108	930	134	895	130	12
-196	-320	1300	188	1230	179	14
-253	-423	1570	228	1480	214	8
Ti-5Al-2.5Sn (ELI) sheet/weldment, annealed, EB weld						
24	75	815	118	785	114	...
-196	-320	1300	189	1210	176	...
-253	-423	1510	219	1380	200	...
Ti-5Al-2.5Sn (ELI) plate, annealed, longitudinal orientation						
24	75	765	111	705	102	33
-253	-423	1430	208	1390	202	17
Ti-5Al-2.5Sn (ELI) forgings, as forged, tangential orientation						
24	75	835	121	760	110	15
-78	-108	980	142	905	131	12
-196	-320	1260	182	1100	159	15
-253	-423	1420	206	1260	182	13
Ti-6Al-4V (ELI) sheet, annealed, longitudinal orientation						
24	75	960	139	890	129	12
-78	-108	1160	166	1100	160	9
-196	-320	1500	217	1420	206	10
-253	-423	1770	256	1700	246	4
Ti-6Al-4V (ELI) sheet, annealed, transverse orientation						
24	75	960	139	895	130	12
-78	-108	1170	169	1100	160	12
-196	-320	1500	218	1460	212	11
-253	-423	1750	254	1700	246	4
Ti-6Al-4V (ELI) plate, annealed, longitudinal orientation						
24	75	890	129	840	122	15
-253	-423	1640	236	1600	232	...
Ti-6Al-4V (ELI) forgings, as forged, longitudinal orientation						
24	75	970	141	915	133	14
-78	-108	1160	168	1120	163	13
-196	-320	1570	227	1480	214	11
-253	-423	1650	239	1570	227	11
Ti-6Al-4V (ELI) forgings, recrystallization annealed(b)						
24	75	890	129	825	120	14
-196	-320	1430	207	1370	198	10

Bu malzemeden üretilen ekipmanlardan vida için yiv ya da dişlerinin aşınmaması istenir. Ti 6Al 4V vidalarının dişleri, çelik ve alüminyum alaşımlı olanlara göre çok daha uzun ömürlü olduğu görülmüştür. Bu durum aslında, bu malzemenin ekonomikliğini ortaya koymaktadır. Çünkü, dişi aşınan bir vida hiçbir şekilde dağcılık kuralı olarak kullanılmamaktadır.



9. SONUÇLAR

Geçtiğimiz onbeş yıl öncesi Münih’72 olimpiyadlarında saniyenin 0.1’ini ölçen zamanlama sisteminin geliştirilmesi çok büyük bir önem taşıymıştı. Acaba bunun nedeni nedir? İnsanların bu kadar dar zaman aralıklarında birbirlerine yakın koşabilmelerinin ya da daha farklı dallarda yarışabilmelerinin nedeni eşit şart ve fiziksel yeterliliklerdir. O halde rekorları ve şampiyonları birbirinden ayıran özellikler neler olacaktır.

Cevap basit. İyi bir teknik ekip ve kullanılan mükemmel ekipmanlardır. Mükemmel ekipmandan kasıt, ergonomi, hafiflik ve dayanımdır. 21.yy malzemeleri gelişimlerini çok hızlandırmışlardır. Her alanda olduğu gibi burada da bir çok kompozit malzeme ve hafif metal (süper alaşımlar) uygulamaları karşımıza çıkmıştır. 2000 Sidney olimpiyadlarında yarışların markalar, ekipmanlar ve dolayısı ile malzemeler arasında gerçekleştiğini gözlerimizle göreceğiz.

Sadece profesyonel oyuncularda değil spor yapan her kesim mutlaka en iyi ekipmanı kullanmak istemektedir. Günümüz insanı her alanda kaiteli ve iyi malzemeyi tercih ediyor. Teknoloji ile birlikte gitgide düşen malzeme fiyatları, spor ekipmanlarının evrimini başdöndürücü bir hızla devam ettirmektedir.

10. KAYNAKLAR

Kitap;

Brandt, J. (1983) The Bicycle History, Avocet, London, England.

Cotterhill, R. (1986) Cambridge Guide to the Material World. Cambridge, England.

Easterling, K.E. (1993) How Advanced Materials Help Optimize Sporting Performance and Make Sport Safer, University of Exceter, School of Engineering, London, England.

McMahon & Graham. (1996) Sports Equipment Phisology, University of Philedelphia, Philedelphia, USA.

Metals Handbook, Cilt 6, Sf 6-52 ve Sf 542-613.

Sayer, Bill. (1991) Rowing and Sculling, Robert Hale, Institue of Massatchuses, USA.

İnternet;

-www.acg-us.com.html

-www.netuni.edu.us

-yahoo, search “sports equipment materials” dan www.ürünleri.

11. ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.07.1973

Doğum yeri Ankara

Lise 1986 - 1990 Ankara Gazi Teknik ve
End. Mes. Lisesi, motorculuk
bölümü.

Lisans 1990 - 1995 Yıldız Teknik Üniversitesi
Kimya-Metalurji Fak. Metalurji
Müh. Böl.

