



ENDÜSTRİDE MALZEME SEÇİMİ

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Prof. Dr. İrfan AY



Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T.KEREM DEMİRCİOĞLU



MALZEME SEÇİMİ İÇİN ÖRNEKLER-II-

Doç. Dr. İrfan Ay / Arş. Gör. T. Kerem Demircioğlu



BALIKESİR



ÜNİVERSİTESİ



Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T. KEREM DEMİRCİOĞLU

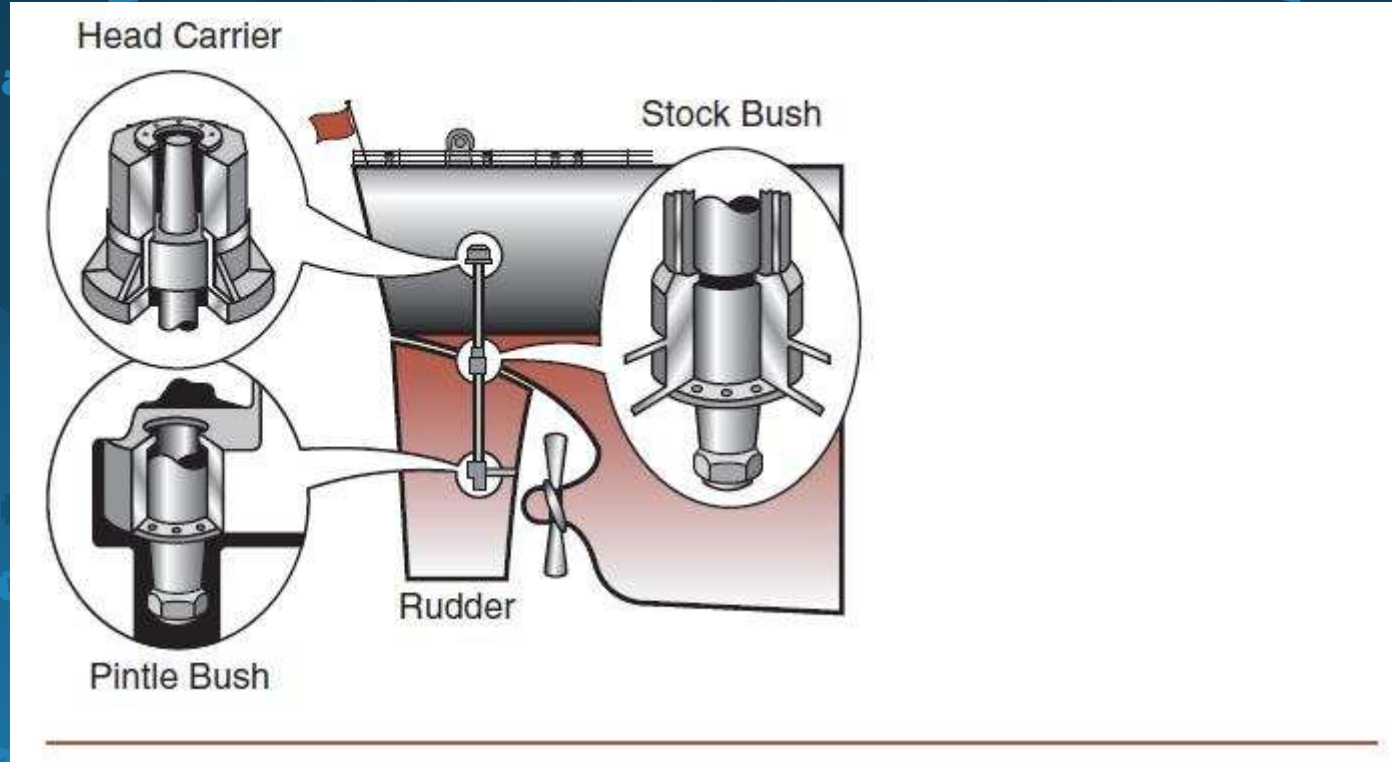


ÖRNEK - 1.

GEMİ DÜMENİ İÇİN NAYLON YATAK MALZEMESİ SEÇİMİ

Gemilerin dümen yatakları (şekil den ve tablo'dan görüleceği gibi) en olumsuz şartlarda faaliyet gösterir. Kayma gücü düşüktür, ancak yatak basıncı yüksektir ve yeterli yağlama bakımını sağlamak genellikle zordur. Dümen şiddetli titreşim üreten ve bunun sonucu aşındırma yapan pervane nin arkasında uzanır. Kum ve aşınma sonucu , parçalar yatak yüzeyi için tehlike oluşturur.





Buna ilave olarak çevre (**gazlı -tuzlu su**) ve görebileceğiniz gibi yatak dizaynının çok zor bir şey olduğunu görebilirsiniz.



Design requirements for rudder bearings

Function	Sliding bearing
Constraints	<ul style="list-style-type: none">• Wear resistant with water lubrication• Resist corrosion in sea water• High damping desirable
Objective	Maximize life, meaning minimize wear rate
Free variables	<ul style="list-style-type: none">• Choice of material• Bearing diameter and length





Gemi yatakları genellikle **bronzdan** yapılır. Bronzun aşınma direnci iyidir, ve maksimum yatak basıncı yüksektir. **(önemli) !!!**

Fakat deniz suyunda galvanizli pil sistemi, bronz ve herhangi diğer metaller arasında iletken bir yolla (ne kadar uzun olursa olsun) kurulur. Bir gemide bu tür bağlantılar muhtemeldir. Bu yüzden kumla aşınma gibi galvanik korozyon da bir problemdir. Böyle olunca **bronzdan** daha iyi bir seçenek var mı?



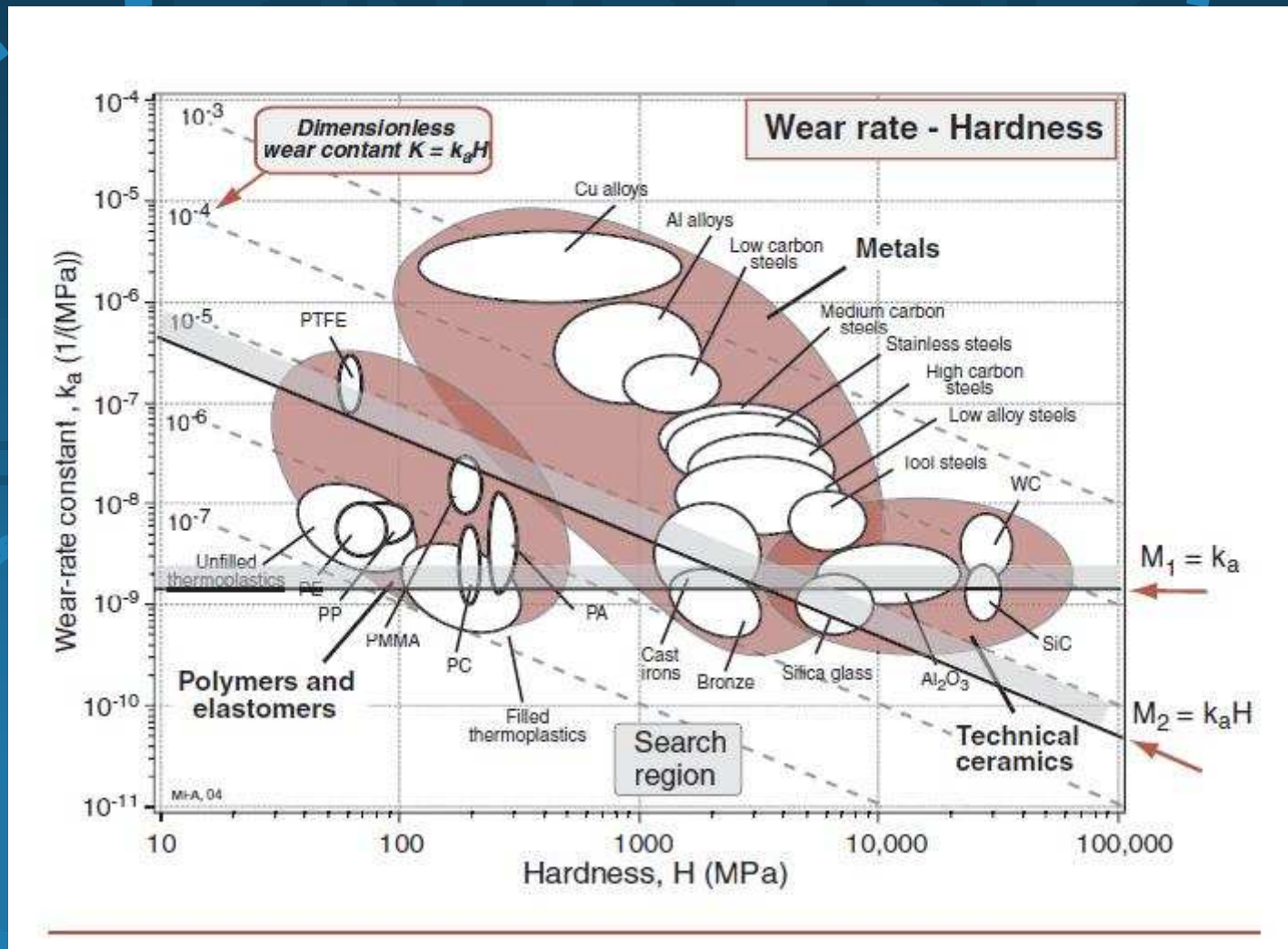


MODEL. Yatak gücünün (**F**), geminin dizaynı ile birlikte ayarlandığını kabul ediyoruz. Yatak basıncı (**P**), yatak yüzeyinin **A** alanını değiştirerek kontrol edilebilir.

$$\sigma = F / A$$

Bu şu manaya gelir, dengelemek için daha düşük yatak basıncına sahip, daha uzun bir yatak boylu bir malzeme seçmede özgürüz. Bundan dolayı tuzlu suda aşınmayacak ve tam yağlama olmadan çalışabilecek bir yatak malzemesi araştırıyoruz.







$$\Omega = k_a P = C \left(\frac{P}{P_{\max}} \right) k_a H$$

SEÇİM. Diyagramda aşınma hız sabiti sabiti (k_a) ve sertlik (H) ile gösterilir. Yatak yüzeyindeki Aşınma hızı (Ω) (4.26) eşitliğiyle verilir ve bu noktada C bir sabit, P yatak basıncı, P_{\max} malzeme için verilen maksimum yatak basıncı ve H o malzemenin sertliğidir. Eğer yeni bir malzeme kullanıldığında yatak tekrar ayarlanmazsa, yatak basıncı P değişmez ve en düşük aşınma hızına sahip olan malzeme, miktar olarak en düşük değerine sahip malzeme olacaktır.

$$M_1 = k_a$$





Materials for rudder bearings

Material	Comment
PTFE, polyethylenes polypropylenes, nylon	Low friction and good wear resistance at low bearing pressures
Glass-reinforced PTFE, filled polyethylenes and polypropylenes	Excellent wear and corrosion resistance in sea water. A viable alternative to bronze if bearing pressures are not too large
Silicon carbide SiC, alumina Al ₂ O ₃ , tungsten carbide WC	Good wear and corrosion resistance but poor impact properties and very low damping





Bronz iyi performans gösterir, fakat takviyeli termoplastikler neredeyse bronz kadar iyidir ve tuzlu suda üstün korozyon direncine sahiptirler. Diğer taraftan eğer yatak **$P_{max} \cdot (0.5)$** katı yükü çalışacak şekilde ayarlandıysa, en düşük aşınma hızına sahip malzeme miktar olarak en küçük değere sahip olacaktır.

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

$$M_2 = k_a H$$

Malzeme seçim tablosundan da görüleceği gibi Burada polimerler açıkça üstündür.

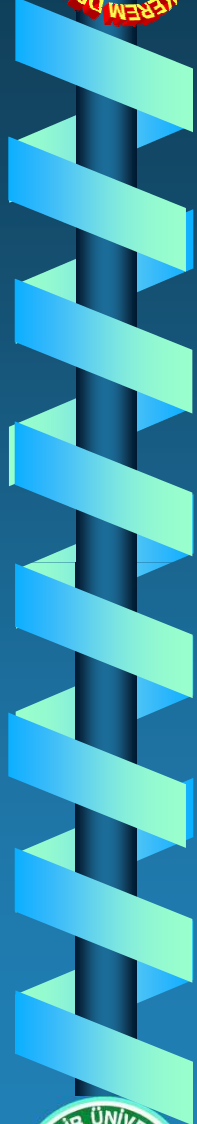




DİPNOT. Son zamanlarda en azından bir deniz yatağı üreticisi geniş gemi dümenleri için **naylon-6** yataklarını üretmeye başladı. Yapımcılar bizim bu çalışmadan umduğumuz avantajları şu şekilde sıralıyorlar :

- a-) Su yağlamasıyla eskime ve aşınma direnci artırılır.
- b-) Planlı yağlama gereksizdir.
- c-) Korozyon direnci mükemmeldir.
- d-) **Naylon-6** nın elastik ve sönümlenme özellikleri dümeni darbelerden korur. (bakınız: sönümlenme modülü grafiği)
- e-) Aşınma yoktur.
- f-)Malzemeyi işlemek ve monte etmek kolaydır ve makinada işlemek pahalı değildir.





Diyagram, takviyeli polimer veya kompozitin daha iyi olabileceğini önermektedir. Takviyeli karbon-fiber naylon malzemenin aşınma direnci, takviyesiz naylondan daha iyidir. Fakat daha az tok ve daha az flexibl' (esnek-elastik) dır. Titreşimleri yeterince sönmüleyemez. Tüm bu tip problemlerde olduğu gibi, en iyi malzeme sadece tasarım kriteri değildir (burada tasarım kriteri **aşınma direnci'dir**). Malzeme kartının önerisine göre denenmeye değer faydalı tektir. Kabul edildiğini söyleyebilmek için deniz testleri elimizde olmalıdır.

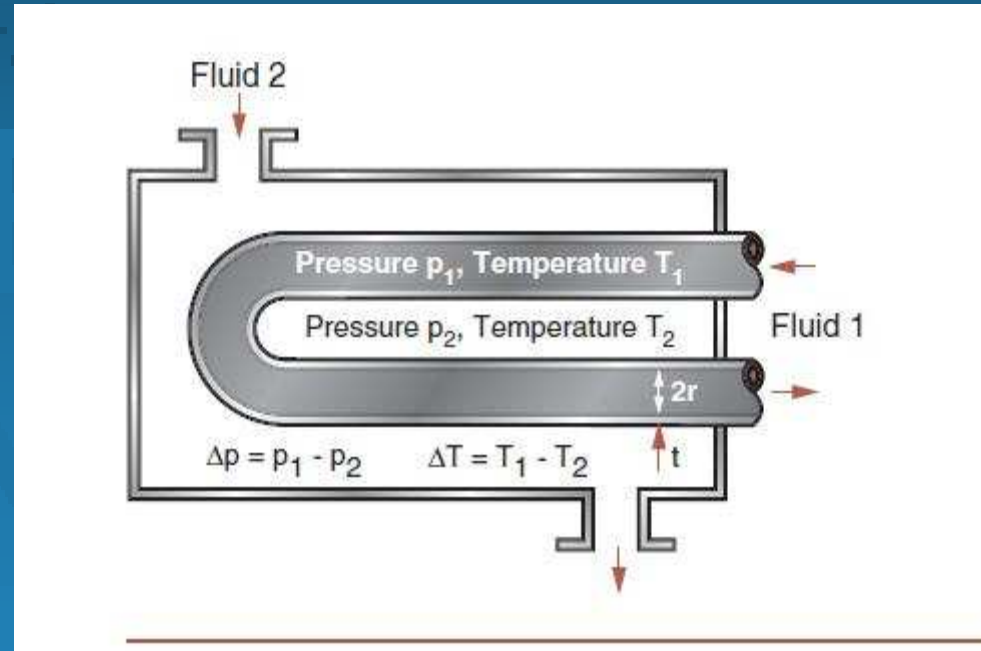


ÖRNEK - 2 -

ISI EŞANJÖRLERİ İÇİN MALZEME SEÇİMİ

Bu ve bundan sonraki örnekler, CES yazılımı çıktısını bize açıklarlar.

Isı eşanjörü bir sıvıdan ısıyı alır, diğerine geçirir.





Bir buhar makinasının yangın tüpü donanımı, bir ısı eşanjörüdür. Ocakta yanmış gaz'lardan ısıyı alır, kazan daki suya iletir.Klima'daki kanatlı tüp donanımı bir ısı eşanjörüdür. Odanın havasındaki ısıyı alır, onu arıtıcı daki çalışma sıvısı içine boşaltır.Tüm ısı eşanjörlerinde anahtar eleman, tübün cidarı veya membranıdır. Bu iki akışkanı birbirinden ayırır.Bunun ısıyı transfer etmesi gerekir ve orada sık sık büyük basınç farklılıkları ile karşılaşılabilir.





BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

Design requirements for a heat exchanger

Function	Heat exchanger
Constraints	<ul style="list-style-type: none">• Support pressure difference, Δp• Withstand chloride ions• Operating temperature up to 150°C• Modest cost
Objective	<ul style="list-style-type: none">• Maximize heat flow per unit area (minimum volume exchanger) or• Maximize heat flow per unit mass (minimum mass exchanger)
Free variables	<ul style="list-style-type: none">• Tube-wall thickness, t• Choice of material

Isı eşanjörü yapmak için en iyi malzeme hangisidir? Ya da özel olarak, iki sıvı arasında varolan basınç farkına sahip iletimi sınırlı bir eşanjör yapmak için en iyi malzeme hangisidir? Yukarıdaki tablo'da bu şartlar özetlenmiştir.





Önce ısı akışının nasıl olduğuna bir bakalım. Bir sıvıdan ısı transferi, ikinci bir sıvıya, bir membran içinden geçer. Önce birinci sıvıdan tübün cidarına konvektif (taşınımlı) ısı geçişi olur, cidarın içinden iletim –nakil yolu ile geçer, oradan da tekrar 2.ci sıvıya konvektif (taşınımlı) ısı transferi olur. Konveksiyonla (W/m^2) tüp cidarına ısı akışı, ısı transfer denklemiyle aşağıdaki gibi gösterilir.

$$q = h_1 \cdot \Delta T_1$$

Burada h_1 ısı transfer katsayısı , ΔT_1 İse birinci Sıvıdan cidar yüzeyine geçerken düşen sıcaklık farkıdır.





Kondüksiyon , Fourier denklemi ile tanımlanır. Bir boyutlu ısı akışı

$$q = \lambda \frac{\Delta T}{t}$$

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Burada λ : t kalınlığındaki cidarın ısı iletkenliği, ΔT

Sıcaklık farkıdır. Birinci yüzeydeki ısı direnci, $1 / h_1$ olarak, ikinci yüzeydeki ısı direnci $1/h_2$ olarak cidardaki ısı direnci de t/λ olarak alırsak ; Toplam direnç





$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{t}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

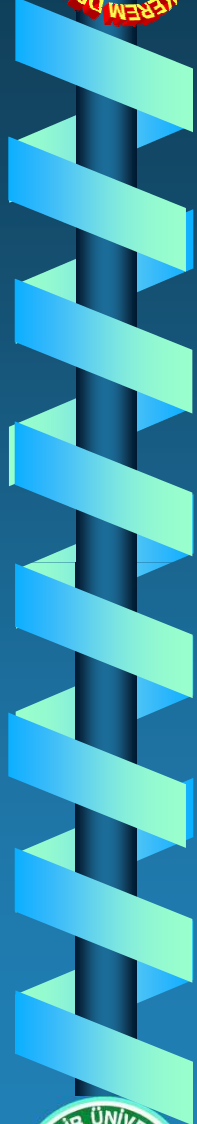
Şeklinde bulunur. Burada U ya toplam ısı transfer katsayısı adı verilir. Sıvı 1 den sıvı 2 ye ısı akışı

$$q = U(T_1 - T_2)$$

Burada $(T_1 - T_2)$ Sıvı 1 ve sıvı 2 arasındaki sıcaklık farkıdır.

Akışkanlardan birisi gaz olduğu zaman, (klimalarda olduğu gibi) tüp yüzeylerindeki konvektif ısı transferi

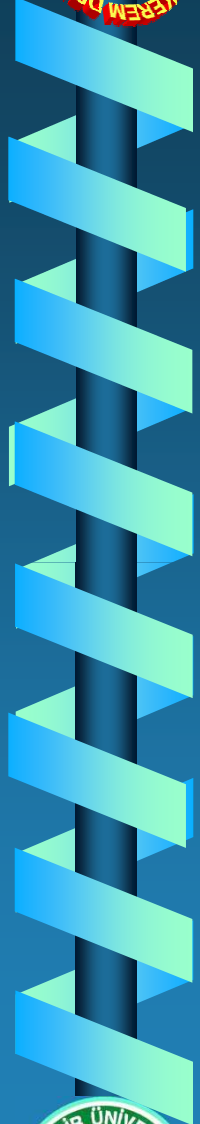




En çok dirence katkı yapar, transfer edilecek ısı yüzeyle rini artırmak için kanatlar kullanılır. Ama her iki çalış ma sıvısı akışkan olduğu zaman, konvektif ısı transferi, hızlıdır ve cidar arasındaki iletim, ısı dirence hakim olur. $1/h_1$ ve $1/h_2$, t/λ ile kıyaslandığında önemsizdir. Bu örnekte, t/λ yı min yapmak için mümkün olabildi ğince ince cidarlı basit tüp ve plakalar kullanılır. Biz ikinci örneği gözönüne alacağız. İletimi -sınırlı ısı transferi, burada ısı akışı,

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

Denklemlerle sağlanmıştır.



Cidar Kalınlığı t , uzunluğu L , radyüsleri r olan n tane ısı eşanjör túbünü gözönüne alalım. Amacımız toplam ısı akış değerini maksimum yapacak malzemeyi seçmek olsun.

$$Q = qA = \frac{A\lambda}{t} \Delta T$$

Burada $A = 2\pi rLn$ olup toplam tüp yüzey alanıdır. Bu objektif bir fonksiyondur. Cidarın iç ve dış tarafında ki Δp basınç farkını desteklemek için cidar kalınlığını yeterli olacağı bir sınırlama'dır. (Tabloda gösterildiği gibi).



Bu ise tüp cidarındaki doğacak gerilmeyi, akma mukavemetinin altında tutmayı sağlaması gerekir.

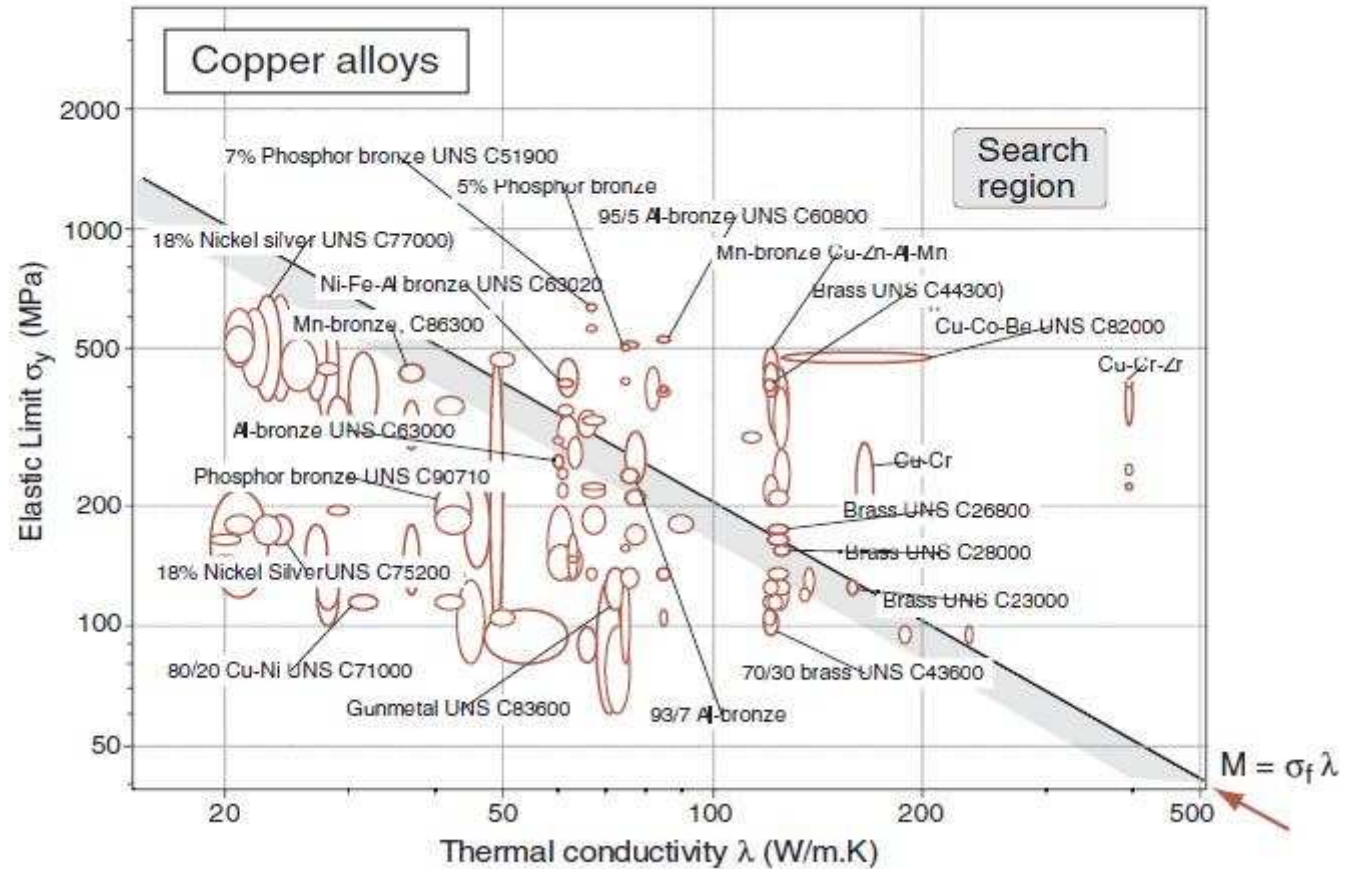
$$\sigma = \frac{\Delta p r}{t} < \sigma_y$$

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Bu minimum (t) et kalınlığı olmasını sınırlı kılar. Üst taraftaki iki denklemden (t) yi bertaraf edersek ;

$$Q = \frac{A \Delta T}{r \Delta p} (\lambda \sigma_y)$$







Tübün cidarındaki birim alan başına ısı akışı, Q/A
Maksimum yapılarak,

$$M1 = \lambda \cdot \sigma_y$$

Şimdi ileri değerlendirme ile malzeme seçimine başlıyalım.

Çalışan sıvılar içinde korozyona dayanıklı malzemeyi seçmemiz esastır. Bu deniz suyunda olduğu gibi klor iyonları içeren bir su olabilir.

Fiyat da çok etkili olacaktır. Maksimum çalışma sıcaklığı uygun olmalıdır. Malzemeler sac veya levhadan çekmeye yeterli süneklilikte olmalıdır. Tekrar belirtelim ki fiyat çok önemli olacaktır.





BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

Seçim ; M1 değeri yüksek olan malzemeleri göz önüne aldığımızda, bir de CES yazılım programındaki **Level 1/2** data verileri gözönüne alındığında, bakır alaşımları bir olasılık olarak göze çarpmaktadır.

Biz Level 3 veri tabanını esas aldığımızda daha verimli olduğu nu düşünerek o veri tabanına yönelirsek; **Birinci durumda** ; Deniz suyuna çok iyi direnci olan, kg 4 dolardan daha aşağı olan, uzaması % 30 olan maksimum işletme sıcaklığı 150 derece ile bir sınırlı alanla karşılaşırız.

İkinci durum ise ; $\lambda - \sigma_y$ kartında **M1 = $\sigma_y \cdot \lambda$** yi maksimum yapan malzemler tabloda listelenmiştir.





BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
1992

Materials for heat exchangers

Material	Comment
Brasses Phosphor bronzes	Liabile to dezincification Cheap, but not as corrosion resistant as aluminum-bronzes
Aluminum-bronzes, wrought Nickel-iron-aluminum-bronzes	An economical and practical choice More corrosion resistant, but more expensive

Teoride, iletim, ısı akışını sınırlıyabilir. Ama bu ısı eşan jörlerinin iç tarafları için geçerli değildir. Deniz suyu genellikle kullanılan çalışma sıvılarından bir tanesidir. Deniz suyu canlı organizmaları tübün kenarlarına tutu nurlar, orada çoğalırlar. Tekne üzerindeki midye'lerin yüksek termal ısı direnç oluşturarak ısı akışını önledikleri gibi.





Bilgi araştırması derinleştikçe, bazı malzemelerin bu tür canlılara karşı daha dayanıklı oldukları görülür. Özellikle **bakır-nikel alaşımları** iyidir. Çünkü organizmalar, çok küçük konsantrasyonda bile olsa **bakır tuzlarından** hoşlanmazlar, Diğer yönden, problem, sıvılara kimyasal inhibitörler ilave ederek çözülebilir.

Bazen eşanjörlerin ağırlıklarını minimum tutmak da önemlidir. Hesabı tekrarlayıp, **(Q/ m)** i maksimum yapan değerdeki (burada **m** tübün kütlesidir) malzemeleri ararsak M1 in yerine ;

$$M_2 = \frac{\lambda \sigma_y^2}{\rho}$$





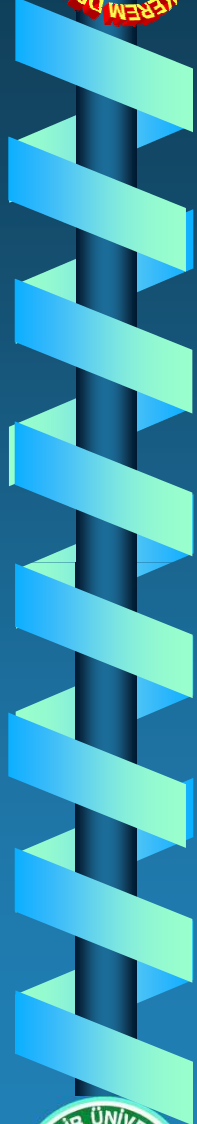
Burada ρ tüp malzemesinin yoğunluğu, σ_y mukavemetinin karesi alınmış, çünkü, ağırlık tıpkı yoğunluk gibi cidar kalınlığına bağlıdır. Cidar kalınlığı $(1 / \sigma_y)$ ile değişir.

Benzer şekilde en ucuz ısı eşanjörleri,

$$M_3 = \frac{\lambda \sigma_y^2}{C_m \rho}$$

Yukarıdaki indisin en büyük değerindeki malzemeler olacaktır. Burada C_m malzemenin kilo başına fiyatıdır.





Her iki örnekte de, **Aluminyum alaşım**'larının şansları hayli yüksektir.Çünkü onlar hem hafif hemde ucuzdur lar. Seçimler gösterilmemiştir. Ama **CES** kullanıldığın da rahatça görebilirsiniz.

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

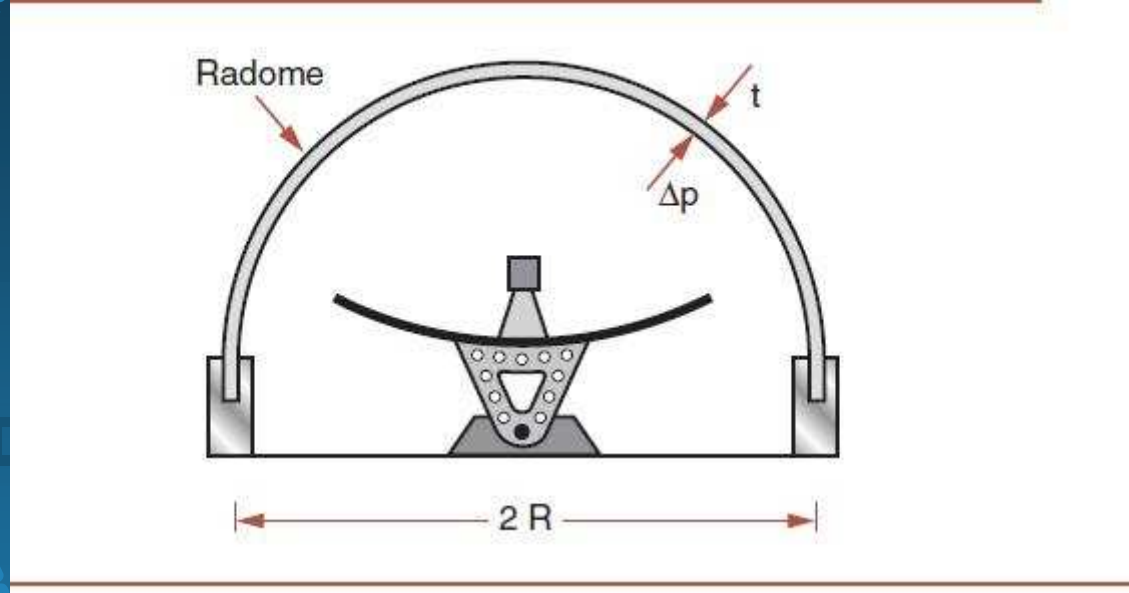


ÖRNEK - 3 -

ANTEN ÜZERİNDEKİ ÖRTÜ (KORUYUCU) MALZEME SEÇİMİ

BBC, eğer birisinin lisanssız televizyon izlediğini yakalamak isterse , içinde ekipmanı olan gizli bir aracı evinizin yanına park eder, yüksek yoğunluklu radyasyon yayıp yamadığını kontrol eder. Araç gayet normal görünür, fakat bu araç diğer normal şartlara sahip araçlardan bir konuda ayrılır. Bu da **kaporta**'sının diğer preslenmiş çelikten yapılmamış olması, onun yerine mikrodalga ışınlarını geçiren malzemedan yapılmış olmasıdır.





Gövdenin tasarım şartları ; uzaydan gelen yüksek yoğunluktaki sinyalleri alan, hassas detektörleri içeren yada uzay araçları gemiler ve uçaklardaki radar ekipmanlarını koruyan koruyucu kubbelerle neredeyse aynıdır. Onları **yapmak için en iyi malzemeler nelerdir?**



Anten kaportasının fonksiyonu, elektriksel performansın üzerinde olabildiğince az etkili olurken çevrenin olumsuz mikrodalga etkilerinden antenini korumaktır. Başlangıç için zayıf gelen sinyalleri algılamak için, küçük bir sinyal zayıflatması ile anten kaportasından geçtiği için sistemin duyarlılığını azaltır. Ancak bu anten örtüsü, kubbenin iç ve dış basınç farkından kaynaklanan yapısal yüklere dayanıklı olmalıdır.

Model. Arkadaki Şekil de ideal anten kaportasını gösterir. Yarıçap **r** ve kalınlık **t** nin mikrodalga transfer malzemesinin iç ve dış yüzeyler arasında basınç farkı (Δp) sağlayan yarı-küresel dış katmanıdır.



Design requirements for a radome

Function	Radome
Constraints	<ul style="list-style-type: none">• Support pressure difference Δp• Tolerate temperature up to T_{\max}
Objective	Minimize dielectric loss in transmission of microwaves
Free variables	<ul style="list-style-type: none">• Thickness of skin, t• Choice of material





Anten kaportası performansını belirleyen iki kritik malzeme özellikleri elektrik sabiti ϵ ve elektrik kaybı tanjantı δ dır.

İki tür kayıp vardır : **yansıma** ve **emilim**.

Yansıtılan sinyal fraksiyonu dielektrik sabiti ϵ ile ilişkilidir ve sıklığı ne kadar yüksek olursa, yansıyan fraksiyon o kadar yüksek olur. Havanın dielektrik sabiti vardır.

1. Aynı dielektrik sabitli olan anten kaportası (eger mümkün olsaydı) hiç radyasyon yaymazdı ('stealth' teknolojisi bunu başarmak için uğraşiyor)
2. Ve daha önemli kayıp, sinyalin anten kaportasının dış katmanından geçmesi **emilim**'den dolayıdır





$$\left| \frac{du}{u} \right| = \frac{fA^2 \epsilon_0}{2} (\epsilon \tan \delta) dt$$

Elektromanyetik dalganın sıklığı kayıp teğet **tan δ** bir dielektrik içinden geçer. Bir kalınlıktan geçen güç kaybı **A'** nın dalgadaki elektrik genliği ve **ϵ_0** vakum permitivitesi'dir. İnce bir kabuk (**kalınlık d**) her bir birim alandaki kayıp şu şekildedir

$$\left| \frac{\Delta U}{U} \right| = \frac{fA^2 \epsilon_0 t}{2} (\epsilon \tan \delta)$$





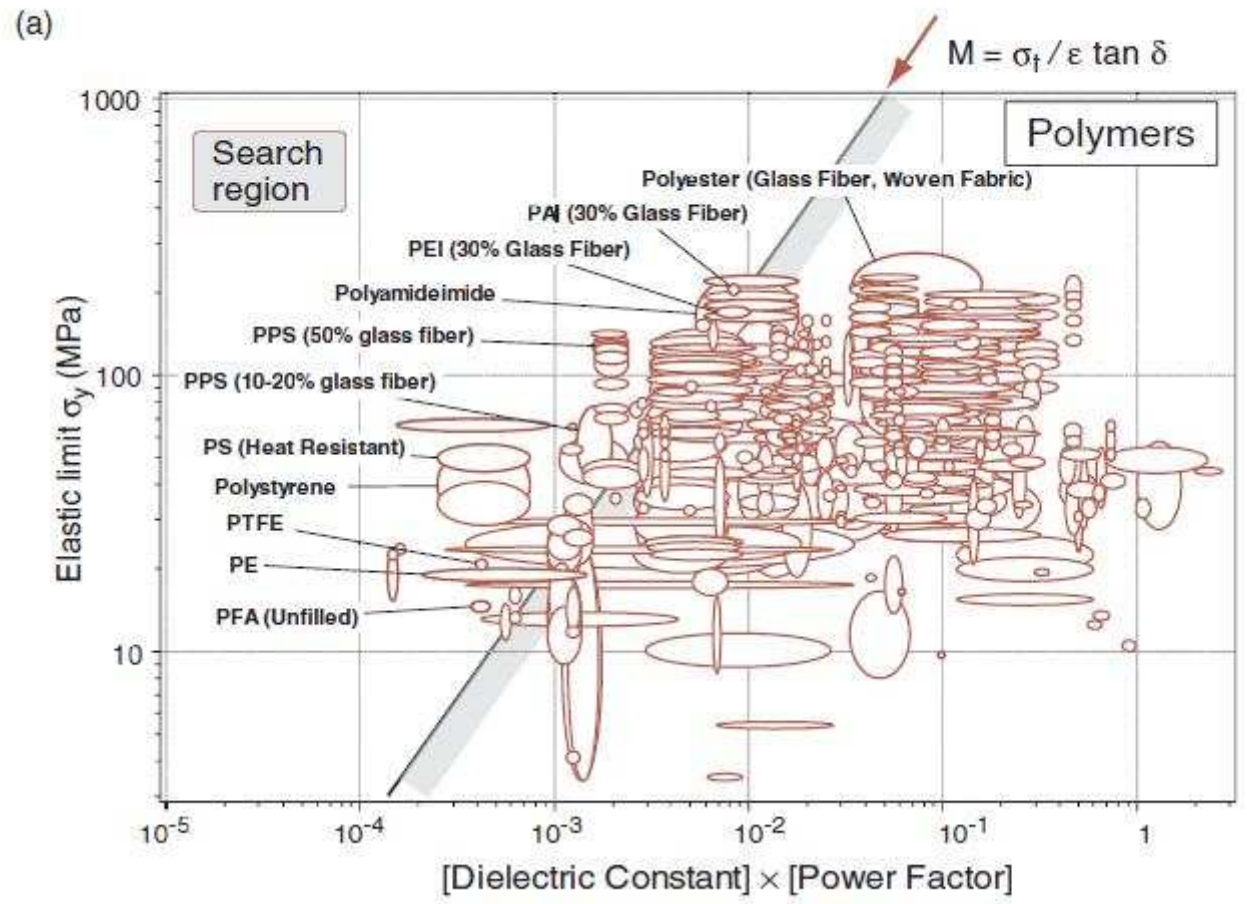
$$\sigma = \frac{\Delta p R}{2t}$$

$$t \geq \frac{\Delta p R}{2\sigma_f}$$

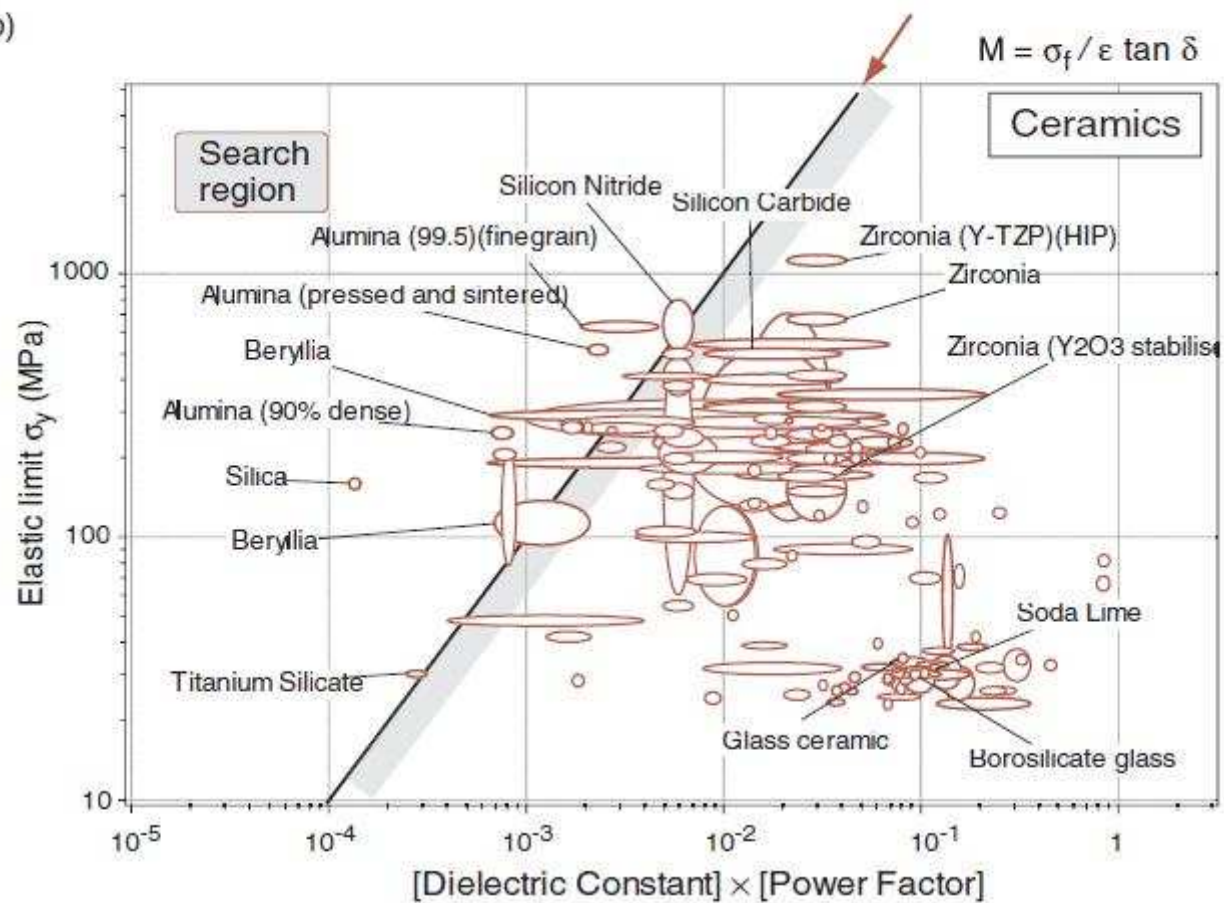
Bu bizim en aza indirmek istediğimiz miktardır (objektif fonksiyon) ve bu dış katmanı olabildiğince inceltilebilir.

Basınç farkını (ΔP) sağlamak için gereken ihtiyaç bir sınırlama getirir. Basınç farkı dış katmanda bir baskı oluşturur. ΔP desteklemek gerekirse, bu baskı, yapıldığı maddenin hata baskısından, kalınlığına bir kısıtlama empoze ederek, daha az olmalıdır. Bunu denklem (6.77) içine ikame etmek aşağıdaki denklemi verir.





(b)





$$\left| \frac{\Delta U}{U} \right| = \frac{f A^2 \epsilon_0 \Delta p R}{4} \left(\frac{\epsilon \tan \delta}{\sigma_f} \right)$$

Güç kaybı indis en yüksek seviyeye getirilerek, en alçak seviyeye indirilir Daha fazla kısıtlamalar vardır. Sertlikle olan sürtünme ye karşı direnç (küçük parçacıkların etkisi) ölçeklerde akma veya kırılma mukavemetini (σ_f) artırır.

Böylelikle aşınma önemli olduğu zaman aşağıdaki denklemi en üst düzeye çıkarma ihtimaline bakmalı dır. Sertlik de dikkate alınabilir. Süpersonik uçuşta ısıtma önem kazanır, sonra maksimum servis ısısında ki kısıtlama geçerli olur.





Seçim.

Level ½ veri tabanını kullanan ön araştırma poli merle rin cazip **M1** değerlerine sahip olduğunu gösterir, fakat az **M2** değerlerine sahip ve sadece şekil 3.36 daki ortam sıcaklığı civarında kullanılabilir. Bazı seramikler de **M1** le ölçüldüğü zaman iyidir ve yüksek sıcaklıklara daya nıklıdır. Yardım için level 3 veri tabanına dönüyoruz.

$$M_1 = \frac{\sigma_f}{\varepsilon \tan \delta}$$





$$M_2 = \sigma_f$$

Uygun grafikler şekil 6.36 da (a) ve (b) olarak gösterilmiştir. Eksenleri ϵ , δ , σ_f dır. Her iki seçenekte de **M1** e hitap eden bir yamaç seçim çizgisi vardır.

Birincisi polimerler ve polimerli kompozitler için verileri kullanır.

İkincisinde de sadece seramiklerin var olabileceği > 300 C maksimum hizmet sıcaklığı olarak empoze edilmiştir.





Bu seçim tablo 6.36 da özetlenir.

- 1)- İlk satırın malzemeleri (**teflon, polietilen ve poripropilen**) **M1** i en yüksek seviyesine çıkarır.
- 2)- Daha fazla güç ve darbe dayanımı gerekiyorsa ikinci sıradaki **fiber takviyeli polimer** en iyi tercihtir.
- 3)- Buna ek olarak yüksek sıcaklıklara maruz kalınca, **seramikler** üçüncü sırada listelenen adaylar durumuna gelir.

Dipnot. Gerçek anten kaportaları hangi maddeden yapılır? Polimerler arasında **polietilen ve polikarbonat** en yaygın olanlardır. Her ikisi de esnektir.





Yapısal katılığın gerekli olduğu yerlerde (BBC aracında olduğu gibi) **GFRB** (dokuma cam bezli epoksi ve polyester) performans kaybı olmasına rağmen kullanılır.

Performans rağbette olduğunda cam takviyeli polietilen onun yerine kullanılır. Dış tabakayı **300 C** ye kadar ısıtmak için polimitler gereksinimleri karşılar; sıcaklığın ötesinde kullanılan madde seramik olmalıdır. Silis (**SiO₂**) aliminyum (**Al₂O₃**), berilya (**BeO**) ve silisyum nitrür (**Si₃N₄**) kullanılır. Belirttiğimiz bütün seçenekler oradadır .



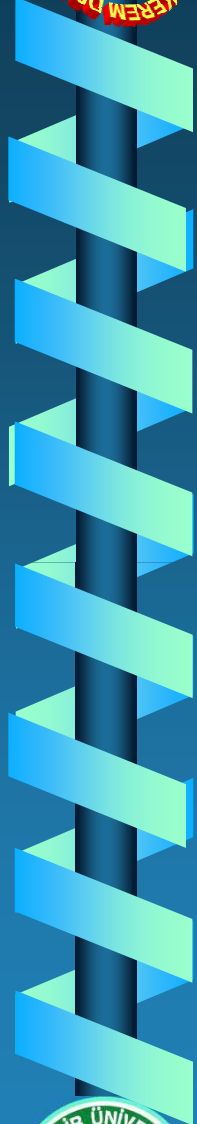


ÖRNEK - 4 -

HASSAS CİHAZLARDA TERMAL BOZUNMAYI MİNİMUM YAPAN MALZEME SEÇİMİ

Ölçüm cihazının hassaslığı bir mikrometre ölçümü gibidir. Malzeme sertliği ve boyutsal değişimine sıcaklık farklılığı neden olur. Elastik sapmaların olumlu tarafı ayarlanabilir olmasıdır ve düzenlemeler termal genişleme ile mümkündür. Ayrıca cihaz düzgün bir sıcaklık değeri sağlar.





Termal gradyanlarda gerçek bir sorun vardır. Bu sorun ise şekil değişikliğidir. Bu da cihazın bozulmasına neden olur. Titreşim dayanıklılık için her zaman sorun teşkil eder. Doğal uyarmalar ise gürültü ve titreşim oluşmasına neden olur. Bu gürültü ve titreşim ölçümde tutarsızlığa ve hataya neden olur.

Bu olumsuzluklar da alet tasarımının gelişmesine neden olmuştur.(Chetwynd, 1987). Doğal titreşim frekansları elastik sapmadan dolayı yüksektir.



Hassas cihazlar için uygun malzemeler nelerdir?
Tablo da liste şeklinde gösterilmiştir.

Tablo . **Hassas cihazlar için tasarım gereksinimleri**

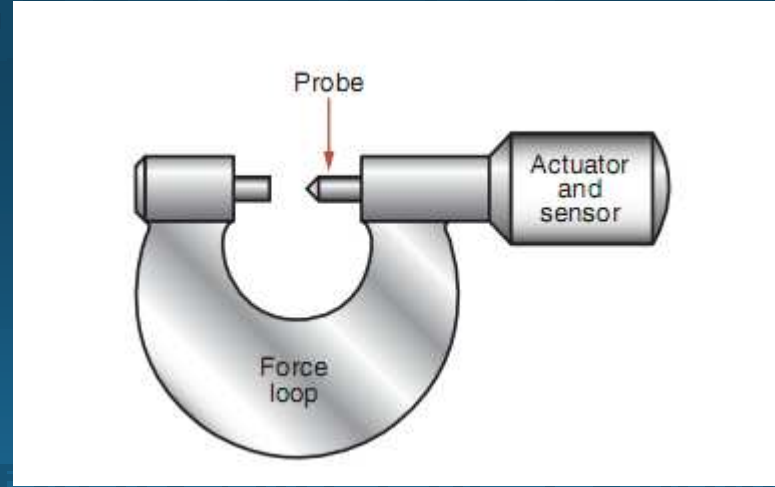
Fonksiyon : Hassas cihazlar için kuvvet döngüsü

Sınırlamalar : Isı akışı tolere edilmeli
Titreşim tolere edilmeli

Amaç : Maksimum pozisyon doğruluğu
sağlanmalı (Bozulmayı önlemek için)

Serbest değişkenler : Malzeme seçimi





Hassas ölçüm cihazı şeması. Cihaz atomik kuvvet mikroskobu ve taramalı tünel mikroskobu içerir.

İlgili malzeme indeksi basit bir olgu dikkate alınarak bulunmuştur. Çubuğun bir ucu atmosfere diğer ucu ise kaynağına bağlanmıştır. Bu şekilde biri ortam sıcaklığına bağlı iken diğeri ısı kaynağına bağlı olur.



Kararlı durumda Fourier kanunu:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

q birim ısı giriş alanında , ısı iletkenlik ve dT / dx değeri oluşur. Buradan gerilmenin sıcaklıkla ilişkili olduğu görülür.

$$\varepsilon = \alpha(T_o - T)$$

Burada T_o ortam sıcaklığıdır. Distorsiyon ve gerilme değeri doğru orantılıdır.





$$\frac{d\varepsilon}{dx} = \frac{\alpha dT}{dx} = \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right) q$$

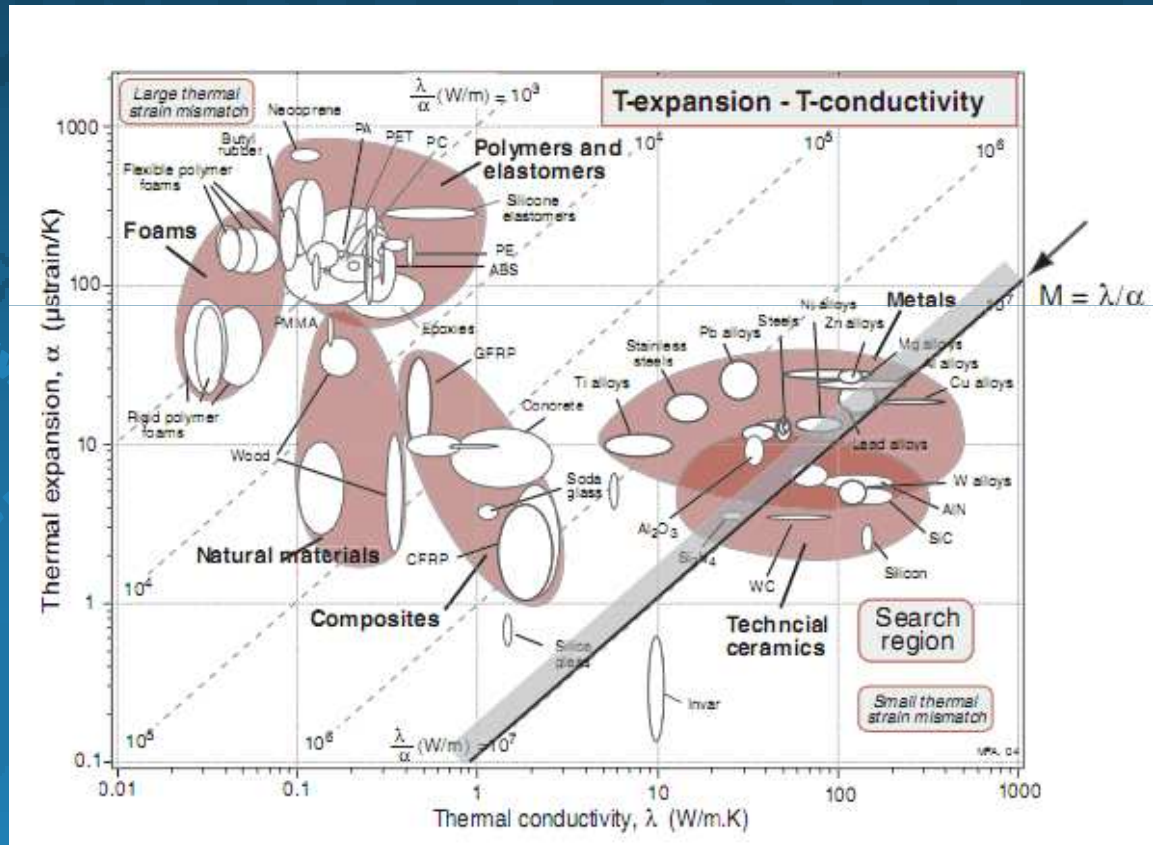
Böylece belirli bir ısı akısı ve geometri için distorsiyon $d\varepsilon / dx$ indeksinde büyük değerler alınarak malzeme seçilir.

$$M_1 = \frac{\lambda}{\alpha}$$

Diğer bir problem titreşimdir. Duyarlılık gib gibi cihazın doğal frekanslarını değiştirerek titreşimi en aza indirmek mümkündür. Bütün bunların sonucu olarak elbette ki cihaz çok fazla maliyette olmamalıdır.



$$M_2 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$





Tablo Malzemelerde termal bozulmayı en aza indirmek için

Material	$M_1 = \lambda/\alpha$ (W/m)	$M_2 = E^{1/2}/\rho$ (GPa ^{1/2} /(Mg/m ³))	Comment
Silicon	6×10^7	5.2	Excellent M_1 and M_2
Silicon carbide	3×10^7	6.4	Excellent M_1 and M_2 but more difficult to shape than silicon
Copper	2×10^7	1.3	High density gives poor value of M_2
Tungsten	3×10^7	1.1	Better than copper, silver or gold, but less good than silicon or SiC.
Aluminum alloys	10^7	3.3	The cheapest and most easily shaped choice





SEÇİM : Şekil da genişleme katsayısı ve ısı iletkenlik çizimi yapılmıştır. Burada konturların miktarı λ/α sabit değerlerini gösterir. Arama bölgesi hattı $\lambda/\alpha = 10^7$ W/m değeri ile izole edilmiş olup tablo da kısa bir liste olarak gösterilmiştir. $M2 = E^{1/2}/q$ değerlerini ise önceki tablodan okuyabilirsiniz. Metaller arasından ;bakır, tungsten ve özel nikel alaşım ılı çelik olan **M1** en iyi değere sahip olup dezavantajları vardır. Bu nedenle yüksek ve düşük yoğunluk değerlerine sahip olan **M2** seçilebilir. En iyi seçim yüksek saflıktaki silikon ile yapılır. Silisyum karbürde diğ er bir alternatiftir.

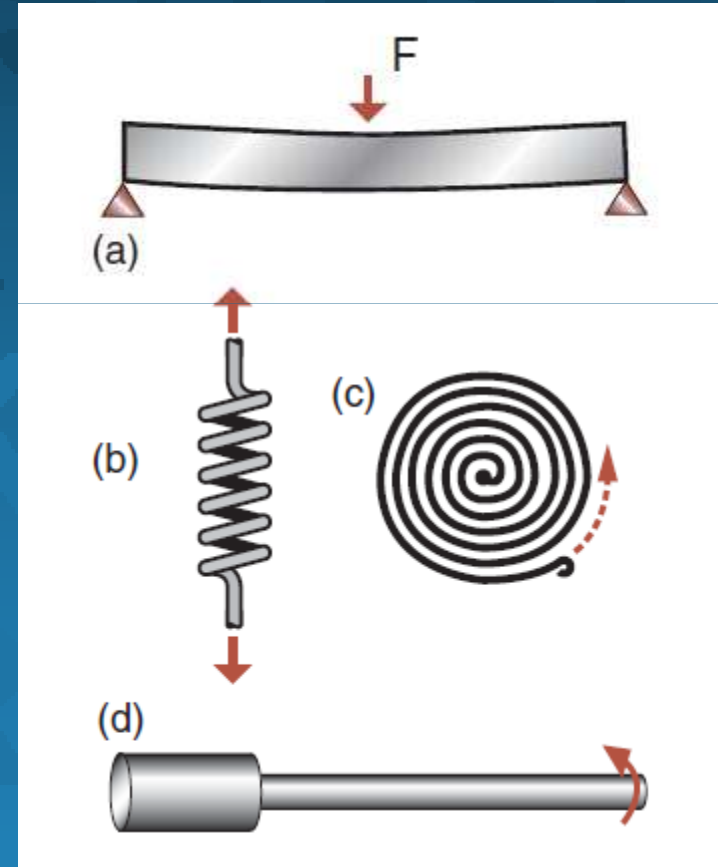


ÖRNEK - 5 -

YAY İÇİN MALZEME SEÇİMİ

Yaylar çeşitli şekillere girebilir.(Bak şekil) ve değişik amaçlar için kullanılabilir.

Örneğin ; aksenal yaylar, (ör. kauçuk bant) , yaprak yaylar, helisel yaylar, sarmal yaylar, bükme çubukları.





Yaylar enerji depolamaktadırlar. Herhangi bir yay için en iyi malzeme, şekline ve yüklü olup olmamasına bağlı olmadan,

$$\frac{\sigma_f^2}{E}$$

bağlantısında yada ağırlık önemliyse

$$\frac{\sigma_f^2}{\rho E}$$

bağlantısında en yüksek değeri verendir.





Tablo Yaylar İçin tasarım şartları

Fonksiyon : Elastik yay

Sınırlamalar : Yetersiz kalmamak yani
yayın başından sonuna kadar $\sigma < \sigma_f$ olmalı

Amaç : Her hacimde depolanan
maksimum enerji yada
Her ağırlık için depolanan
maksimum enerji

Serbest değişkenler : Malzeme seçimi





şekline ya da kullanımına aldırmadan ; minimum güçte en iyi metaryel

$$\frac{\sigma_f^2}{E}$$

denkleminde en büyük sonucu veren ve minimum ağırlıkta en iyi metaryel

$$\frac{\sigma_f^2}{\rho E}$$

denkeminde en büyük sonucu verendir. Bu en kullanışlı iki yöntemi bir araya getirelim. Young modülü E tekrarlı yük ' i ve özgül modül E/ρ tekrarlı özgül güç 'u işaret eder.



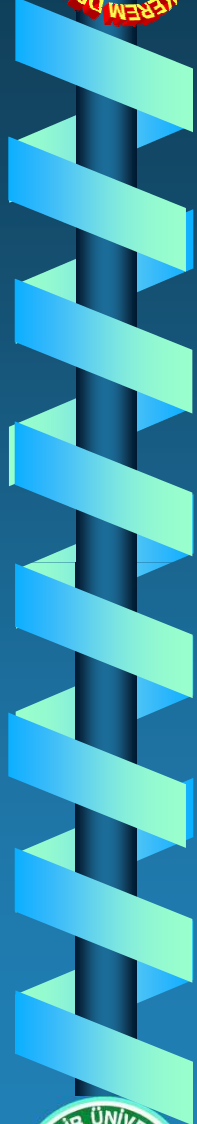


Yayın başlıca işlevi elastik enerjiyi depolamak ve gerektiğinde serbest bırakmaktır. Gerilmiş metaryelin tekrarlı yük altında enerji depoladığı her birim güç , Young modülünün E olduğu yerlerde:

$$W_v = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{E} \quad \text{dir.}$$

W_v 'yi maksimize etmek istiyoruz. Eğer yük σ aşırı olursa;yükten kazanç yada hatalı yük olursa

$$W_v = \frac{1}{2} \frac{\sigma_f^2}{E}$$



Bükme çubukları ve yaprak yaylar; aksenal yaylara göre daha az verimlidir. Çünkü malzemenin çoğunluğu tam anlamıyla yüklü değildir. Malzeme tarafsız ekseninde yeterince yüklü değildir. Yaprak yaylar için ;

$$W_v = \frac{1 \sigma_f^2}{4 E}$$

Bükme çubukları için;

$$W_v = \frac{1 \sigma_f^2}{3 E}$$



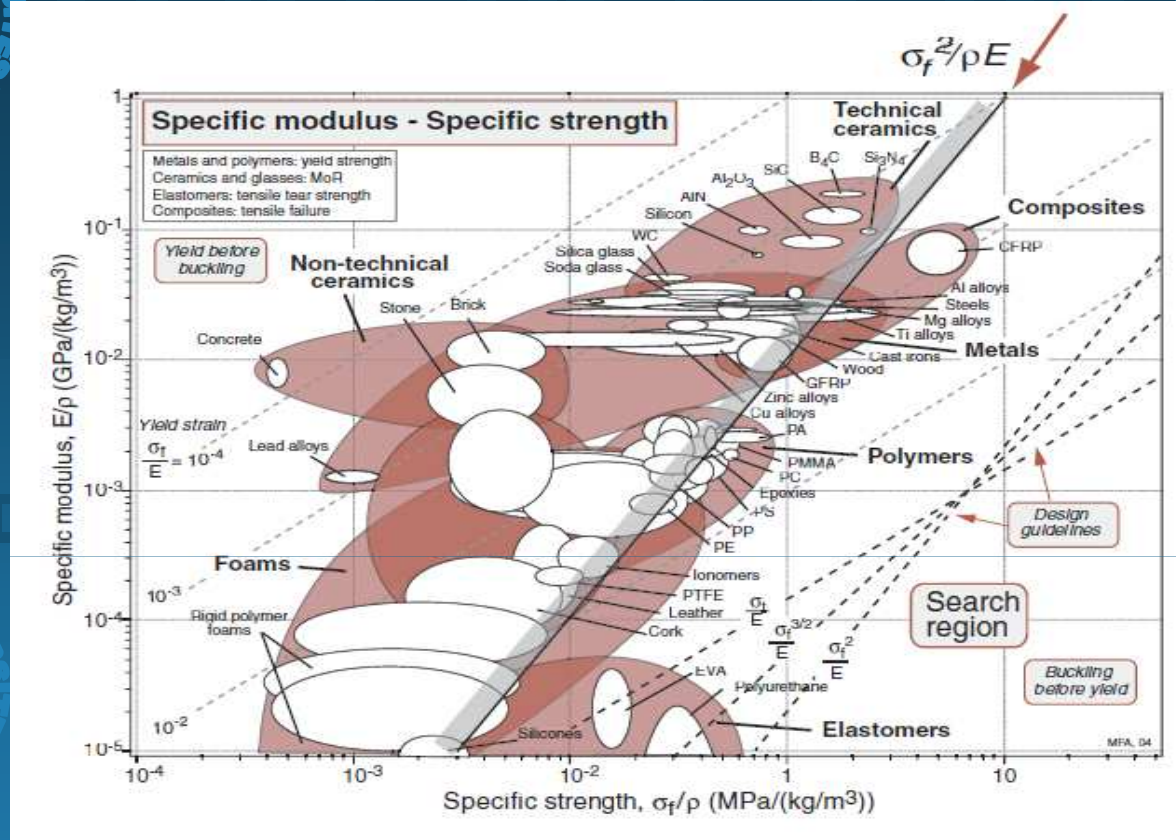
Fakat bu sonuçlar gösteriyor ki bunun seçilen malzemeler üzerinde hiçbir etkisi yok. Şekli ne olursa olsun bir yay için en iyi şey en iyi değer ile birlikte

$$M_1 = \frac{\sigma_f^2}{E}$$

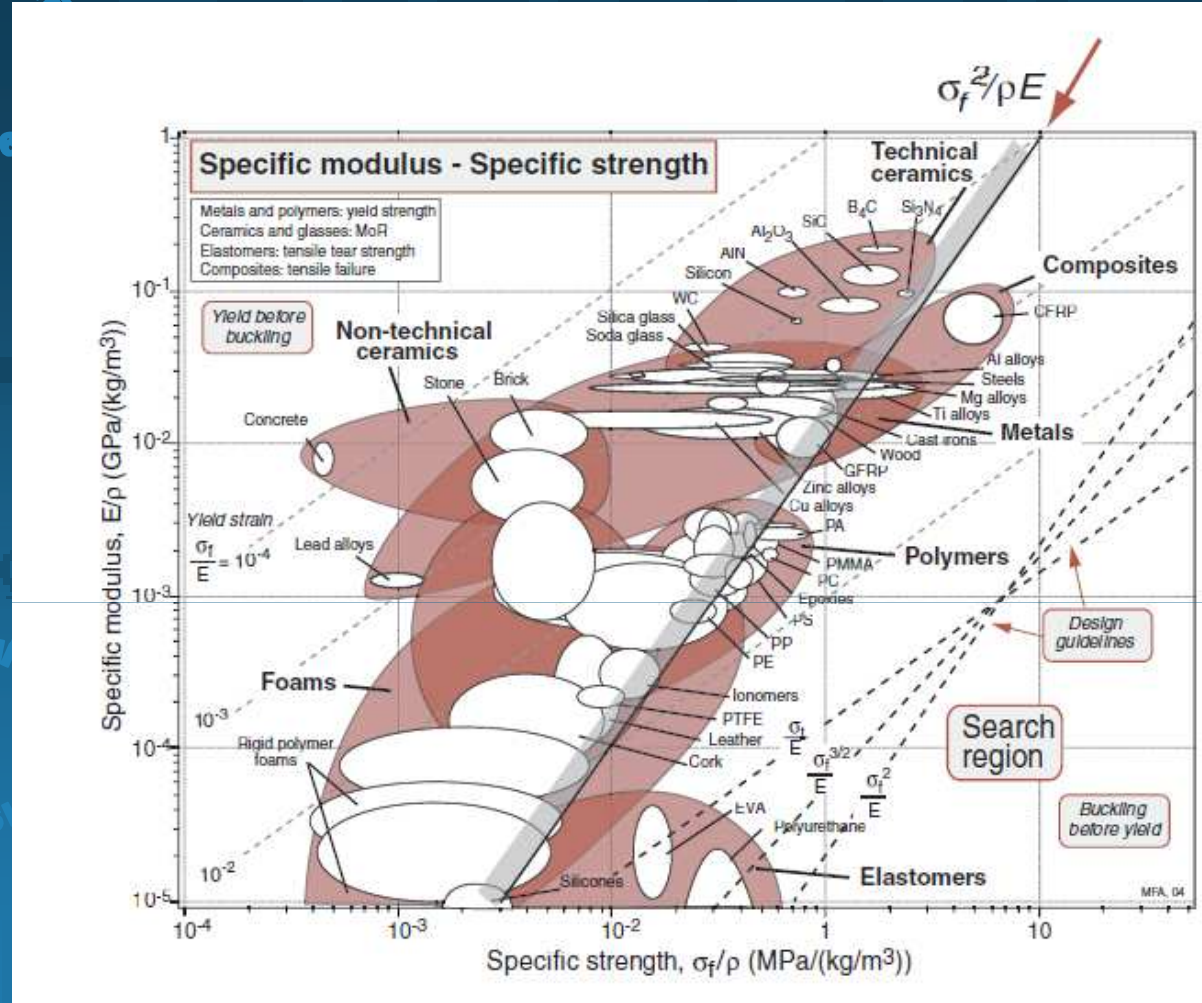
Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU
Eğer ağırlık gücünden daha çok tercih ediliyorsa sonucu yoğunluğa bölmeliyiz ve malzemeyi yüksek değerlerle araştırmalıyız.

$$M_2 = \frac{\sigma_f^2}{\rho E}$$





Şekil (a): Küçük yaylar için kullanılan malzemeler. Yüksek güçlü çelikler iyidir. Cam, **CFRP** ve bütün **CFRP**'ler, elverişli durumlar altında, iyi yay meydana getirir. Elastomerler çok iyidir. Seramikler gerilme kuvvetlerinden dolayı elverişli değildir.



Şekil (b) Yüksüz(hafif) yaylar için malzemeler. Metaller yüksek yoğunluklarından dolayı dezavantajlıdır. Kompositler iyidir; haliyle tahta da. Elastomerler çok iyidir.



Seçim. Yay malzemelerinin seçiminde en küçük hacim Şekil (a)da gösterilmiştir. Eğri grubu 2 benzer malzemenin aynı olan değeri

$$M_1 = \frac{\sigma_f^2}{E}$$

bunlar :

M_1 ' in en yüksek değerleriyle sağ alt köşeye doğru uzanır. En iyi seçenekler en üstte çizginin sonunda uzanan yüksek güçlü çeliklerdir. Diğer malzemeler de önerilir: **CFRP** (kamyon yaylarında kullanılır.) , **titanyum metal alaşımları** (iyi fakat pahalıdır) , ve **naylon** (çocuk oyuncakları bazen naylon yaylar içerir) ve tabi ki **elastomerler** .





Metallerin, polimerlerin, elastomerlerin ve kompozit malzemelerin bütün malzeme çeşitleri arasında nasıl prosedürler tarafından onaylanan adaylar olduğu, açıklamalarıyla Tablo (a) da verilmiştir.

Hafif yaylar için malzeme seçimi Şekil (b) de gösterilmiştir. Eğri grubunda 2 bağlantılı malzemenin eşit olduğu değer

$$M_2 = \left(\frac{\sigma_f^2}{\rho} \right) / \left(\frac{E}{\rho} \right) = \frac{\sigma_f^2}{\rho E}$$





Malzeme

$M_I = \sigma_f^2 / E \text{ (MJ/m}^3\text{)}$

Yorum

Ti metal alaşımı

4-12

Pahalıdır, korozyona dayanıklıdır.

CFRP

6-10

Çeliklerle çalışırken karşılaştırılabilir; pahalıdır

Çelik yaylar

3- 7

Geleneksel yöntem ; kolay şekil alır, sıcaklığa bağlıdır.

Naylon

1.5-2.5

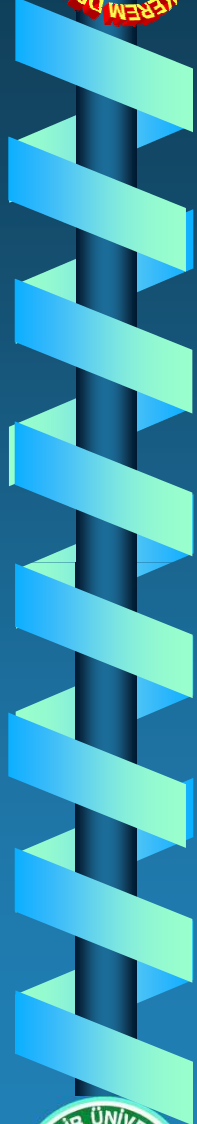
Ucuz ve kolay şekil alır, fakat yüksek kayba uğrar.

Kaucuk

20-5

Çelik yaylardan daha iyidir fakat yüksek kayba uğrar





Biri $M_2 = 2\text{kJ/kg}$ olduğu noktada gösterilmiştir. Kompozitler; yoğunluklarından dolayı;metallerden daha iyidir. Elastomerler de kompozitlerden iyidir.Adaylar Tablo (b) de listelenmiştir. Geleneksel okçuluk sporunda da kullanılan tahta günümüzde de kullanılmakta.

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU



Tablo (b) Yüksek Verimli Küçük Yaylar İçin Malzemeler

Malzeme	$M1 = \frac{\sigma_f^2}{\rho E} (kJ/kg)$	Yorum
Ti metal alaşımı	0.9-2.6	Çelikten daha iyidir; korozyona dayanıklıdır, pahalıdır
CFRP	3.9-6.5	Çelikten daha iyidir, pahalıdır
GFRP	1.0-1.8	Çelik yaylardan daha iyidir, CFRP kadar pahalı değildir
Çelik Yaylar	0.4-0.9	Zayıftır çünkü yoğunluğu yüksektir.
Tahta	0.3-0.7	Temellerde iyi yay yapar.
Naylon	1.3-2.1	Çelik kadar iyidir. Fakat yüksek kayıplara uğrar.
Kauçuk	18-45	Diğerlerinden iyidir fakat yüksek kayıplara uğrar





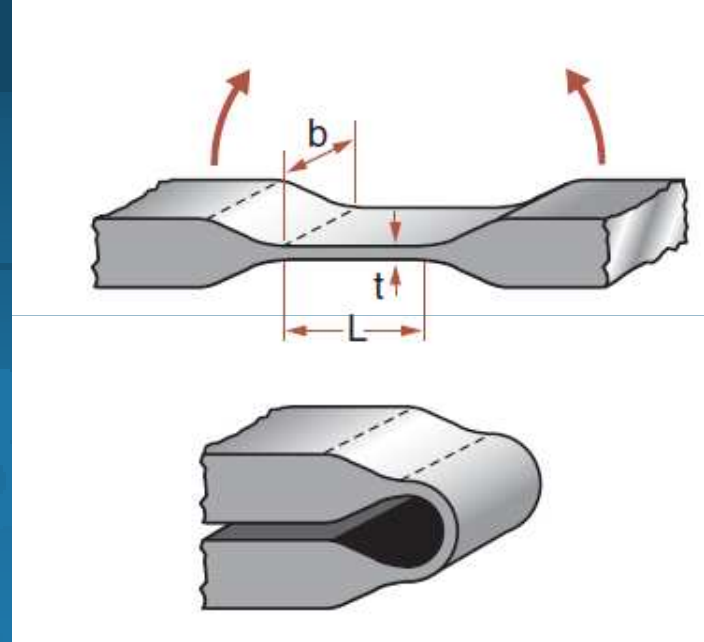
Dipnot : Çoğu ilave bilgiler yay için kullanılan malzemelere ışık tutmakta. Araç süspansiyonlarında kullanılan yaylar aşırı yorgunluğa ve korozyona karşı dirençlidir. Makinelerin valf yayları yüksek sıcaklıklarla başa çıkmak zorundadır. Zor bulunan özellik kayıp katsayılarıdır ve Şekil 'de gösterilmektedir. Polimerlerin oldukça yüksek kayıp etmenleri vardır, titreşim esnasında enerjiyi yok eder; metaller, eğer güçlü zorlamaya maruz kalmışlarsa yoktur. **Polimerler** ; sürünmeden dolayı; sabit yük taşıdıklarında kullanılabilir değildirler. Herşeye rağmen avcılıkta kullanılan yaylarda ve kurma yaylarında iyidir çünkü burada genellikle gergin değildir.





ÖRNEK - 6 -

ELASTİK MENTEŞE VE ÇİFTLER İÇİN MALZEME SEÇİMİ



***Şekil** Elastik ya da doğal menteşeler. Kirişler başarısız olmadan tekrar tekrar eğilebilmelidir. Şampuan kutusunu örnek alacak olursak , elastik menteşeler yüksek performansta kullanılmakta ve doğada heryerde bulunabilmektedirler*





Doğa ; elastik menteşeleri daha kullanılabilir hale getirmekte: deri,kas,kıkırdak vb hepsi değişiklikleri gidermeye büyük oranda izin vermektedir. eğilme ve burulma yönünde mafsallı dizaynlar: saptırılmış (döndürülmüş) elastiklik tarafından limitli relatif(göreceli) hareketlere izin vererek bağlayan ya da elemanlar arasında yük ileten kirişler

Fonksiyon	Elastik menteşe
Sınırlamalar	$\sigma < \sigma_y$
amaç	Maksimize edilmiş elastik eğilme
Serbest değişkenler	Malzeme Seçimi





Model : Menteşenin bir kutunun kapağı olduğunu düşünelim. Kutu , kapak ve menteşe bir operasyonla kalıp haline gelebilir. Menteşe , kutunun kapalı olduğunda elastik eğilebilen zayıf bağıdır fakat önemli aksenal yüklemeye gerek duymaz. Ayrıca kiriş boyutları için gruplar arasındaki en iyi malzeme gevşek ve zayıf olmayan en küçük radyusa sahip malzemedir. Kiriş kalınlığı t , radius R olduğunda yüzey strain i ;

$$i = \frac{t}{2R}$$





Ve menteşe elastik olduğu sürece maksimum gerginlik

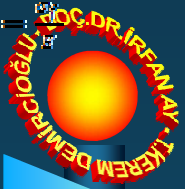
$$\sigma = E \frac{t}{2R}$$

Bu değeri aşmamalıdır. Böylece kirişin hasarsız eğilebi leceği minimum yarıçap:

$$R \geq \frac{1}{2} \left[\frac{E}{\sigma_f} \right]$$

En iyi malzeme en küçük çapa kadar eğilebilen malzeme dir. İçindekilerde en büyük sonucu





$$M = \frac{\sigma_f}{E}$$



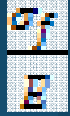
Öncelikle $\sigma_f - E$ grafiğine ihtiyaç duyulur.

$M = \sigma_f / E = 3 \cdot 10^{-2}$ olduğu yerdeki eğim 1 deki önemli noktalara göre seçilirler. Menteşe için en iyi seçenekler bütün **polimerik** malzemelerdir. Kısaca listeleyecek olursak **polietilen, polipropilen, naylon** ve en iyileri çok eğilebilir olmasına rağmen elastomerlerdir. Bu özellikler de elastik menteşelerle ucuz ürünler genellikle polietilen, polipropilen ve naylondan oluşmaktadır.





Çelik yaylar ve diğer metalik yay malzemeler (fosfor, bronz gibi) de olabilir. Bunlar kullanılabilir



ile yüksek E 'yi bir araya getirir, sağlam eğilebilirlik katar. Tablo bize konuyla ilgili detayları vermektedir.

Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU



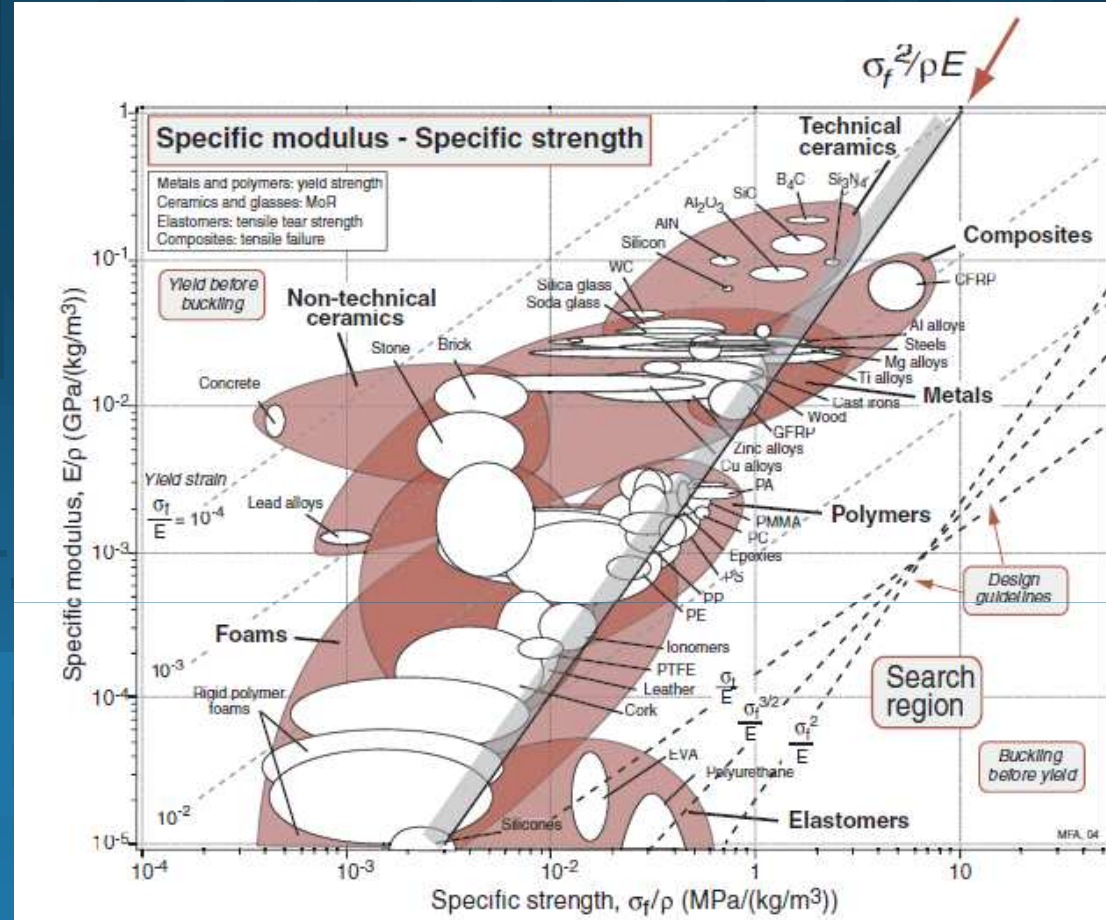
BALIKESİR



ÜNİVERSİTESİ



Doç. Dr. İRFAN AY / Arş. Gör. T.KEREM DEMİRCİOĞLU



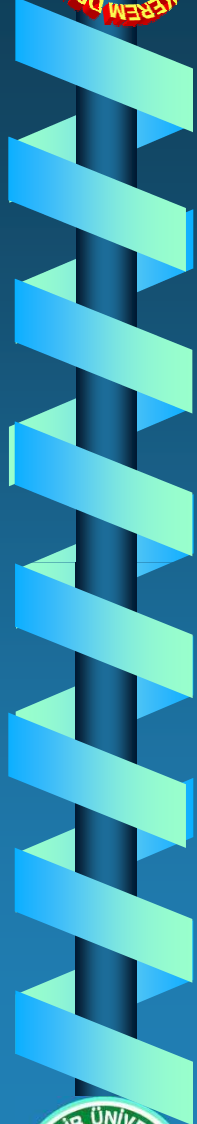
Şekil : Elastik yaylar için malzemeler. **Elastomerler** en iyisidir fakat dizayn ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yeterince rijit değildir. Daha sonra polimerler gelir (**nylon** gibi). **PTFE** ve **PE** daha iyidir. **Çelik** yaylar çok iyi değildir fakat daha kuvvetlidir.



Tablo : Elastik Mentешeler İçin Malzemeler

Malzeme	M(*10 ⁻³)	Yorum
Polietilen	32	Genellikle ucuz şişe kaplarda vb kullanılır.
Polipropilen	30	Polietilene göre daha serttir. Kolay şekil alır
Naylon	30	Polietilene göre daha serttir. Kolay şekil alır
PTFE	35	Çok dayanıklıdır. PE ve PP den daha pahalıdır.
Elastomerler	100-100	Diğerlerinden daha iyidir fakat zorlanma katsayısı daha azdır
Yüksek güçlü bakır-metal alaşımları	4	M, polimerler kadar iyi değildir. Yüksek gerilim gerektiğinde sertlik gereklidir.
Çelik yaylar	6	-





DİPNOT :Polimerler , metallere göre şekil vermeye daha yatkın ve bağımsızdır. Elastik menteşe; örneğin kutuyu zorladığımızda menteşe ve kapak (3 bileşen(kutu,menteşe,kapak) tutucuda toplanır ve birleştirme ihtiyacı duyar.) bir araya gelir.Bunların yayları; özelliklerinin kopmaya izin verdiği gibi; kolaylıkla parçalara birleşirler. Diğer elastomerik birleşme- eğilebilir genel ek yeri büyük açılara, paralelliğe, aksenel eğilebilmeye ve absorbasyon karakteristiklerine izin verir. Elastomerik menteşeler mühendislik dizaynlarında oldukça kullanışlıdır.