

Mekanik Metalurjiye Giriş

Bölüm 1

İlgi konuları

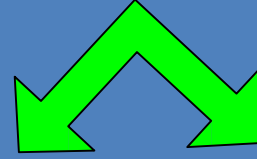
- *Mekanik Metalurjiye Giriş*
- *Malzemelerin Dayanımı, Temel varsayımlar*
- *Elastik ve Plastik davranış*
- *Ortalama gerilme ve genleme*
- *Sünek metallerin çekme deformasyonu*
- *Sünek ve gevrek davranış*
- *Neler hasara yolaçar?*
- *Gerilme kavramı ve gerilme türleri*
- *Gerilme birimleri ve diğer ilgili kavramlar*

Hedefler

- Bu bölüm, gerilme ve genlemenin sürekli bir tanımının arka planını sağlar ve bunu metallerin plastik akış ve kırılmasında kusur mekanizmalarına kadar genişletir.
- Metallerin elastik ve plastik davranışları vurgulanır ve metallerdeki hasarı etkileyen faktörler ele alınır.

Giriş

Mekanik metalurji : Metallerin kuvvetlere veya yüklere tepkisi.



Malzemelerin mekanik değerlendirmesi

Yapısal malzemeler

- Makine, uçak, gemi, araba vb.

Servis sırasında malzemelerin hasara uğramadan dayanabileceğini sınırlayıcı değerleri bilmemiz gerekir.

Metallerin kullanışlı şekillere dönüştürülmesi

Dövme, haddeleme, ekstrüzyon, çekme, talaşlı işleme vb.

Metali hasara uğratmadan deforme etmek için gereken kuvvetleri en aza indiren yük ve sıcaklık koşullarını bilmemiz gerekir.

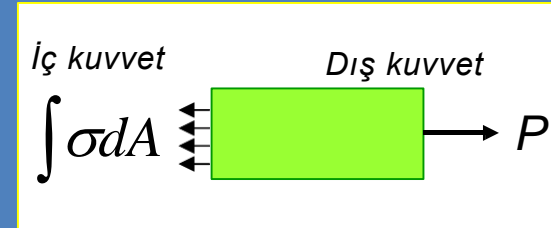
Malzemelerin Mukavemeti

Malzemelerin mukavemeti şunlar arasındaki ilişkilerle ilgilenir;

- iç direnç kuvvetleri
- deformasyon
- dış yükler

dengedeki bir cismin (eleman) bir kısmına etki eden.

- Denge durumunda, elemana etki eden dış kuvvetler varsa, dış yüklerin etkisine direnen iç kuvvetler de olacaktır.



- İç direnç kuvvetleri genellikle belirli bir alan üzerinde etkiyen gerilme ile ifade edilir, böylece iç kuvvet, üzerinde hareket ettiği diferansiyel alan ile gerilmenin integraline eşit olur.

$$P = \int \sigma dA$$

...Eq.1

Malzemelerin Mukavemetine ilişkin varsayımlar

Cisim (Eleman)

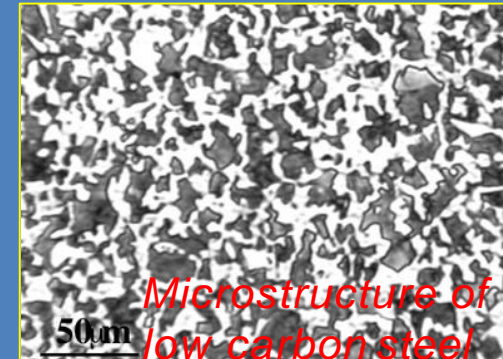
- Sürekli: Boşluk veya boş alanlar yok .
- Homojen: Her noktada aynı özelliklere sahiptir.
- İzotropik: Tüm yönlerde veya doğrultularda benzer özelliklere sahiptir.

.Not: Anizotropi, cismin farklı yönlerde değişen özelliğe sahip olmasıdır.

Makroskopik ölçekte. çelik, dökme demir, alüminyum gibi mühendislik malzemeleri sürekli, homojen ve izotropik görünmektedir.

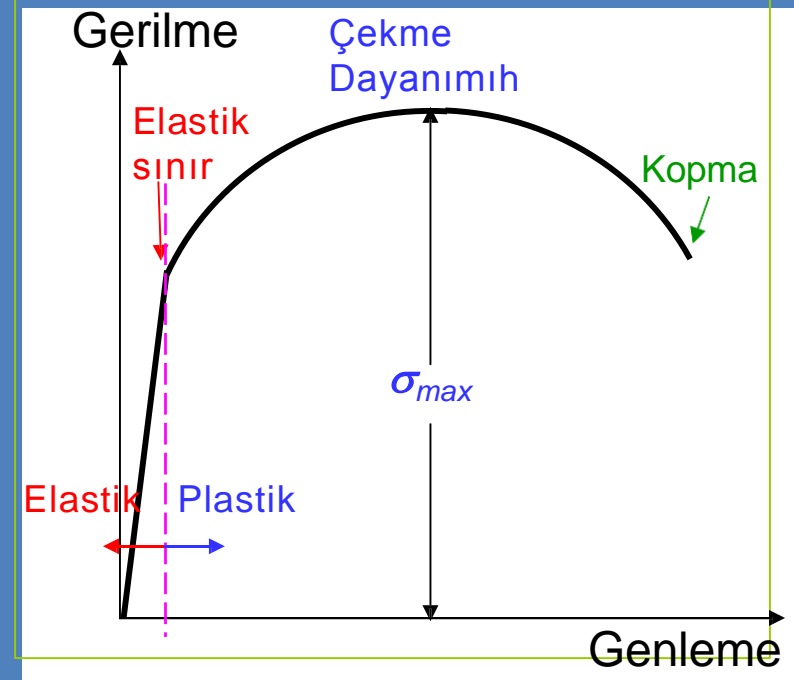
Mikroskopik ölçekte. metaller, farklı kristalografik yönlerde farklı özelliklere sahip olan çok sayıda kristal tanecik kümesinden oluşur.

Bununla birlikte, bu kristal taneler çok küçüktür ve bu nedenle özellikleri makroskopik ölçekte homojendir..



Elastik ve plastik davranış

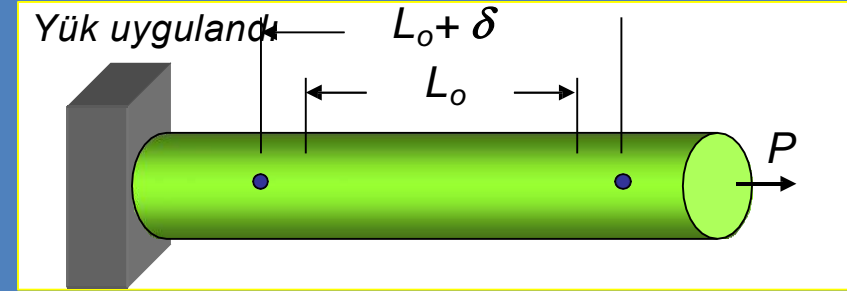
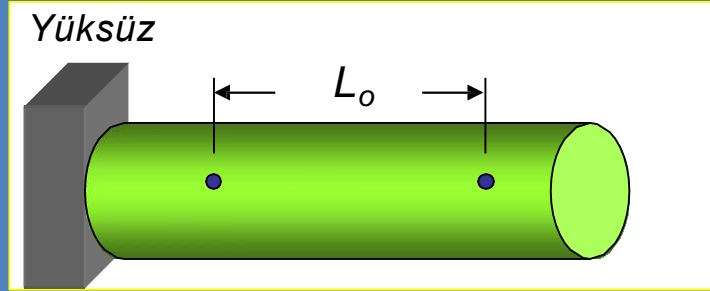
- Tüm katı malzemeler harici bir yüke maruz kaldığında **deforme** olabilir.
- Elastik bölgede gerilme, şekil değiştirme ile orantılıdır. Bu, **Hooke yasası** elastik sınıra kadar geçerlidir. Malzemenin burada elastik bir davranışı vardır..
- **Elastik sınıra** kadar, yük kaldırıldığında malzeme orijinal şekline geri dönecektir.
- **Elastik sınırın** ötesinde, malzeme kalıcı olarak deforme olur veya malzeme plastik deformasyona uğrar.



Tek eksenli çekme yükü altında Gerilme ve Genleme eğrisi.

Not: Metallerdeki elastik deformasyonlar, plastik deformasyonlara kıyasla oldukça küçüktür.

Ortalama Gerilme ve Genleme



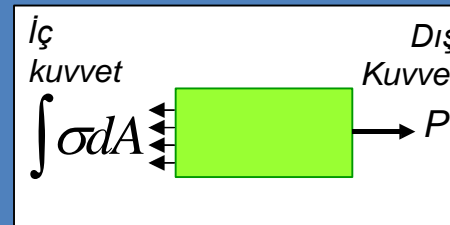
•Eksenel çekme yüküne (P) maruz kalan homojen bir silindirik çubuk. Orijinal ölçü boyu , L_0 , çaptaki küçük miktar azalmayla boyu, $L_0 + \delta$ 'a kadar hafif bir artış geçirmiştir.

•Ortalama elastik genleme e , uzunluktaki değişimin orijinal uzunluğa oranıdır.

...Eq.2

$$e = \frac{\delta}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Dış yük P , denge denkleminde verilen iç direnç kuvveti ile dengelenir;



$$P = \int \sigma dA$$

Eğer gerilme σ alan A üzerinde homojen ise , $\sigma =$ sabit sonra

$$P = \sigma \int dA = \sigma A$$

Ortalama Gerilme

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

...Eq.3

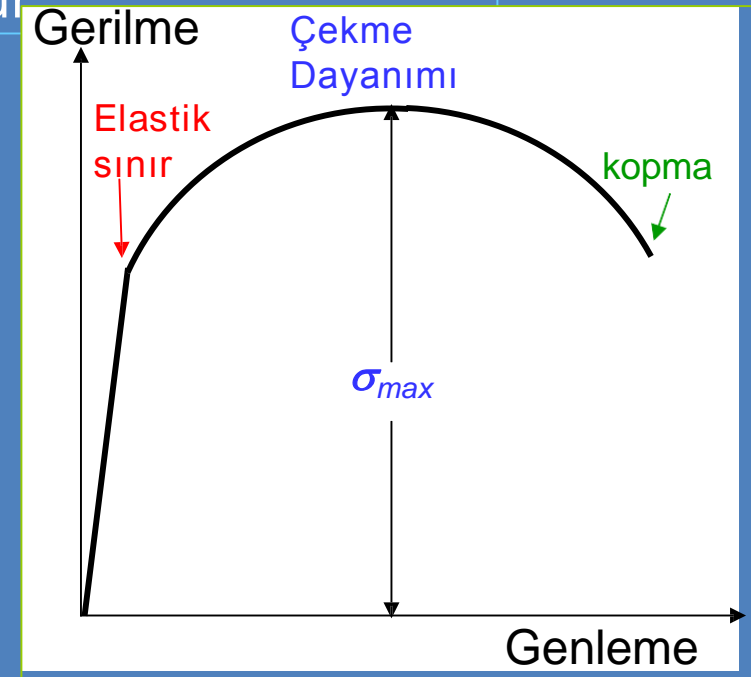
Ortalama Gerilme ve Genleme

- Genellikle, *A alanı* üzerindeki gerilme homojen yayılmamıştır.
- *Ortalama Gerilme*
- Mikroskobik ölçekte, metaller birden fazla fazdan oluşur ve bu nedenle gerilmenin homojen olmamasına neden olur.

• *Elastik sınırın* altında, *Hooke yasası* uygulanabilir, böylece ortalama gerilme ortalama genleme ile orantılıdır,

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} = E \quad \dots \text{Eq.4}$$

Burada E sabiti, *elastisite modülü* veya *Young modülü*dür.



Tek eksenli çekme yükü altında Gerilme ve Genleme eğrisi.

Sünek bir metalin çekme deformasyonu

•Çekme testinde numune kırılıncaya kadar artan aksenal çekme yüküne tabi tutulur. Yük ve uzama ölçülür ve gerilme ve genleme olarak ifade edilir, bkz.

•Eğrinin (OA) ilk doğrusal kısmı elastik bölgedir,

Hook yasasına uyar.

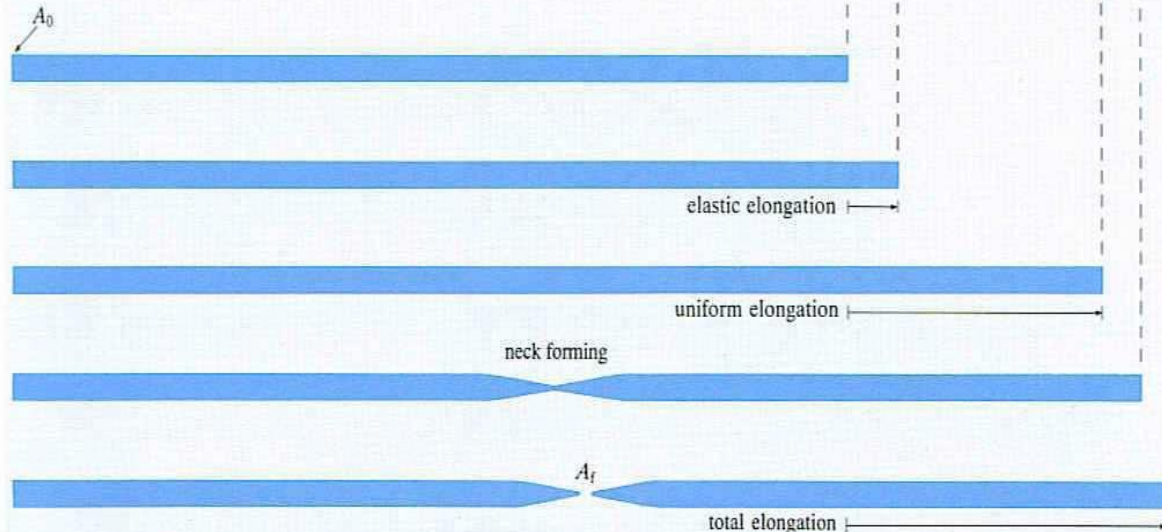
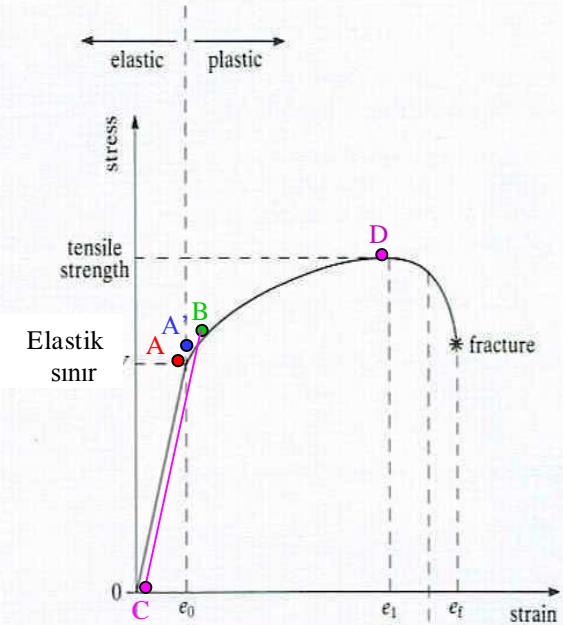
• **A** Noktası, elastik sınırdır (kalıcı veya plastik deformasyona uğramadan dayanabilecek en büyük gerilme. **A'**, eğrinin doğrusallıktan saptığı orantı sınırıdır.

• Doğrusal kısmın eğimi, **elastiklik modülüdür.**

• **B** noktası, 0,002 (OC) 'ye eşit az miktarda genleme üretecek olan gerilim olarak tanımlanan **akma dayanımıdır.**

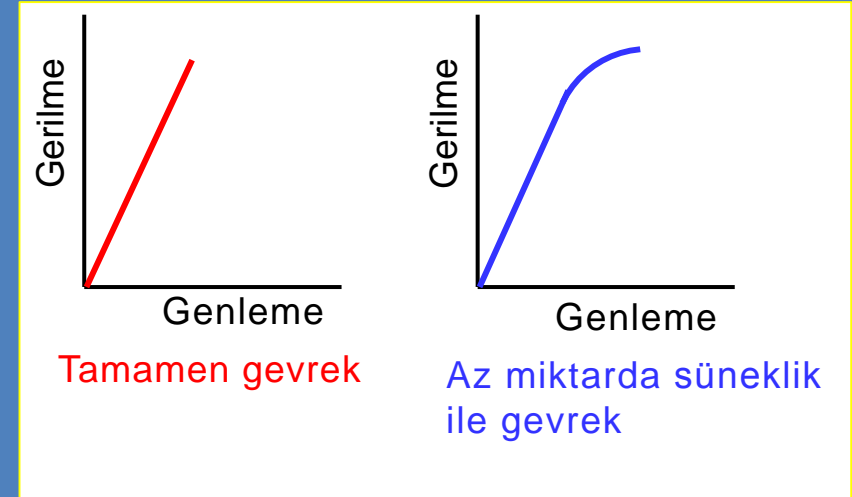
•Plastik deformasyon arttıkça, metalde maksimum yüke ulaşana kadar dayanım artışı olur (deformasyon sertleşmesi) ve çekme mukavemetini verir. **D.**

•**D**'nin ötesinde, metal boyun verir (kesit küçülür). Deformasyona devam etmek için gereken yük, kopmaya kadar düşer.



Sünek ve Gevrek Davranış

- Tamamen gevrek malzemeler, ör. seramikler neredeyse **elastik sınırdaki kırılır.**
- Dökme demir gibi gevrek metaller, kırılmadan önce **az miktarda plastisite** gösterir..
- Mühendislik malzemeleri için **yeterli süneklik** önemlidir çünkü malzemelerin lokalize gerilmeleri yeniden dağıtmasına izin verir.

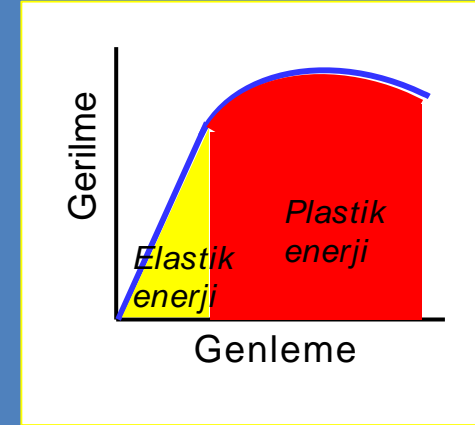


- Metalin kırılma davranışı (sünek yada gevrek) bazı koşullara, ör. sıcaklık, çekme veya basma, gerilme durumu, genleme hızı ve gevrekleştirici ortam varlığına bağlıdır.

Hasarı oluşturan nedir?

Yapısal elemanlarda ve makine elemanlarında hasara neden olan üç genel yol:

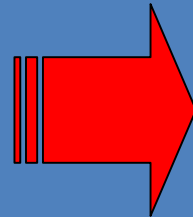
- 1) Aşırı elastik deformasyon
- 2) Akma veya aşırı plastik deformasyon
- 3) Kırılma



Yük türleri / kuvvetler

Malzemelerin Doğası

Yapısal tasarım



Hasara uğramayan Serviste iyi yapısal bileşenler

Aşırı elastik deformasyon

•Aşırı elastik deformasyondan kaynaklanan hasar, malzemelerin mukavemeti ile değil, **elastiklik modülü** tarafından kontrol edilir.

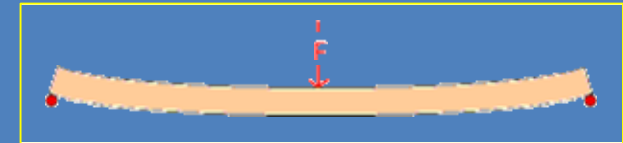
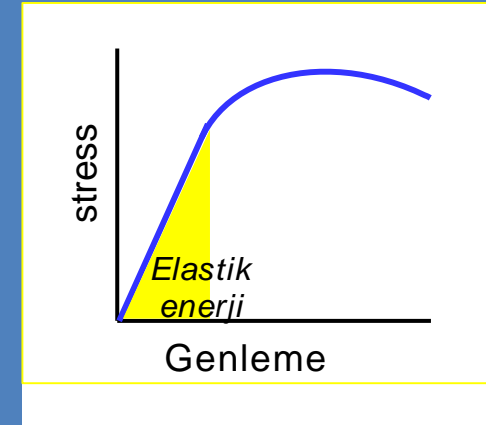
•İki genel aşırı elastik deformasyon türü:

1) *Kararlı denge koşulu altında aşırı elastik deformasyon.*

Ör: bir şaftta çok fazla sapma, yatağın aşınmasına ve diğer parçaların hasar görmesine neden olabilir.

2) *Kararsız denge koşullarında aşırı elastik deformasyon.*

ÖR: İnce bir kirişin aniden bükülmesi veya burkulması.

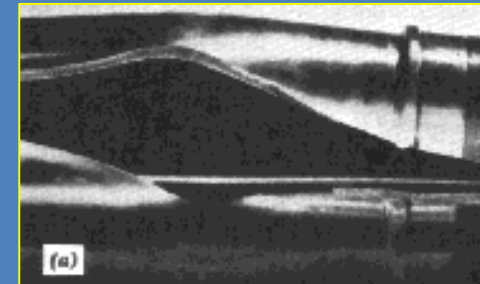
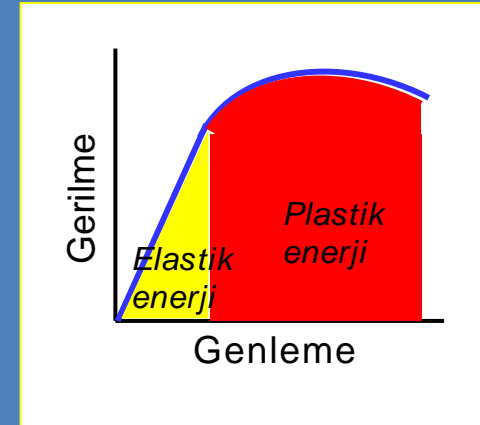


Aşırı plastik deformasyon

- **Elastik sınır** aşıldığında aşırı plastik deformasyon oluşur - **akma**.
- Akma kalıcı bir şekil değişikliği üretir ve kırılmaya neden olabilir.

ÖR: Bir parçanın şekli değiştiğinde artık düzgün çalışamaz.

- **Aşırı plastik deformasyonun** neden olduğu hasar, malzemelerin **akma dayanımı** ile kontrol edilir. Daha karmaşık yükleme koşullarında bile akma dayanımı hala önemli bir parametredir.



Bir boruda hasara neden olan büyük deformasyon

Kırılma

Metaller, üç genel yoldan kırılma nedeniyle hasara uğrar

1) Ani gevrek kırılma

Örn: Basit karbonlu çelik gibi bazı sünek metaller, azalan sıcaklık, artan yükleme hızı ve üç eksenli gerilme durumu ile sünek-gevrek geçişe uğrarlar

2) Yorulma veya ilerleyici kırılma

Makine parçalarındaki çoğu hasar, değişen gerilmelere maruz kalan yorulmadan kaynaklanmaktadır). Hasar, çatlak veya çentikteki yerel çekme gerilmesi veya gerilme konsantrasyonundan kaynaklanır.

3) Gecikmiş Kırılma

Ör: Metal istatistiksel olarak yüksek bir sıcaklıkta yüklendiğinde ortaya çıkan gerilme kopması hasarı.

Çalışma Gerilmesi

Yapısal elemanların veya makine elemanlarının hasara uğramasını önlemek için, bu tür elemanlar, akma gerilmesinden σ_o daha düşük bir gerilim seviyesi altında kullanılmalıdır. Bu gerilme seviyesi, çalışma stresi σ_w olarak adlandırılır.

Amerikan Makine Mühendisliği Odasına (ASME) göre, **çalışma gerilmesi** σ_w , **akma dayanımı** σ_o veya **çekme dayanımı** σ_u 'nin güvenlik faktörü adı verilen bir sayıya bölümü olarak düşünülebilir.

...Eq.5

$$\sigma_w = \frac{\sigma_o}{N_o}$$

or

$$\sigma_w = \frac{\sigma_u}{N_u}$$

...Eq.6

Burada σ_w = Çalışma Gerilmesi
 σ_o = Akma Dayanımı
 σ_u = Çekme Dayanımı
 N_o = akma dayanımına dayalı güvenlik faktörü
 N_u = Çekme dayanımına dayalı güvenlik faktörü

Güvenlik faktörü yükleme / servis koşullarına, sonuçlarına vb. bağlıdır.

Gerilme kavramı ve gerilme türleri

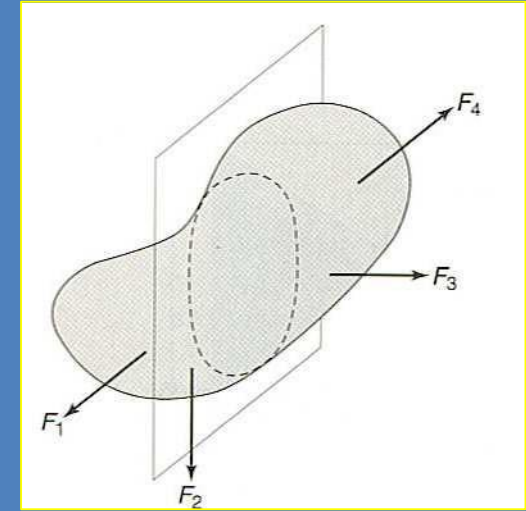
Tanım: Gerilme, birim alana etkiyen kuvvettir.

Bir cisme etki edebilecek iki tür dış kuvvet vardır;

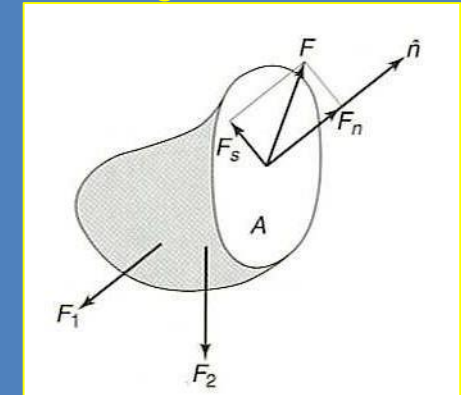
- 1) Yüzey kuvvetleri: Cisim yüzeyine dağılan kuvvetler, yani hidrostatik basınç
- 2) Hacim kuvvetleri: : Cismin hacmine dağılan kuvvetler, yani yerçekimi kuvveti, manyetik kuvvet, merkezkaç kuvveti, termal gerilme.

Bir noktadaki Gerilme

- Üzerine etki eden $F_1 \dots F_4$ kuvvetlerine sahip bir cisim düşünün, bkz. Şekil (a). Gövde, O noktasından geçen bir düzlem tarafından kesilir. Bir yarısı çıkarılırsa ve eşdeğer bir F kuvveti ile değiştirilirse, x-kesit alanı A üzerinde statik dengede kalacak şekilde etki eder, bkz. Şekil (b).
- F 'yi F_n düzlemine normal ve F_s düzlemine teğet olan bileşenlere ayırabiliriz.
- Bir noktadaki gerilme kavramı, A alanını sonsuz küçük boyutlara küçültmektedir..



(a) Keyfi bir cismin dengesi.



(b) Parçalara etki eden kuvvet.

$$\dots Eq.7 \quad \sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{|F_n|}{A} \quad \text{and} \quad \tau = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{|F_s|}{A} \quad \dots Eq.8$$

Not: σ ve τ , P 'den geçen düzlemin yönüne bağlıdır ve noktadan noktaya değişecektir.

Toplam gerilme iki bileşene ayrılabilir;

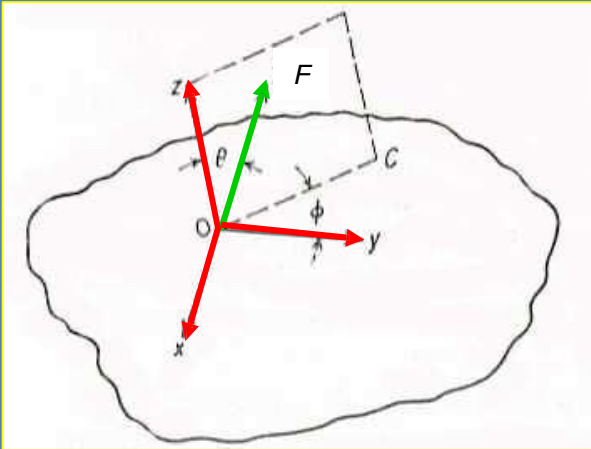
- 1) Normal gerilme σ A'ya diktir.
- 2) Kayma Gerilmesi τ alan düzlemine uzanır.

- F kuvveti, normal z ile A alanının x - y düzlemine bir θ açısı yapar.
- Normal z ve F 'yi içeren düzlem, y eksenini ile ϕ açısını oluşturan bir kesik çizgi boyunca A düzlemini keser.

Normal gerilme

şu şekilde verilir: ...Eq.9

$$\sigma = \frac{F}{A} \cos \theta$$



Toplam gerilmenin bileşenlerine ayrılması.

OC boyunca etki eden düzlemdeki kayma gerilmesi şu büyüklüğe sahiptir.

...Eq.10

$$\tau = \frac{F}{A} \sin \theta$$

x yönünde

$$\tau = \frac{F}{A} \sin \theta \sin \phi \dots \text{Eq.11}$$

y yönünde

$$\tau = \frac{F}{A} \sin \theta \cos \phi \dots \text{Eq.12}$$

Birim Şekil değiştirme kavramı ve türleri(Genleme)

Ortalama doğrusal genleme, uzunluktaki değişimin başlangıçtaki uzunluğa oranı olarak tanımlanmıştı.

$$e = \frac{\delta}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{L - L_o}{L_o}$$

...Eq.2

Burada e = Ortalama doğrusal genleme
 δ = Boydaki deęişim.

Bir noktadaki genleme, deformasyonun ölçü uzunluğuna oranıdır, ölçü uzunluğu $\rightarrow 0$.

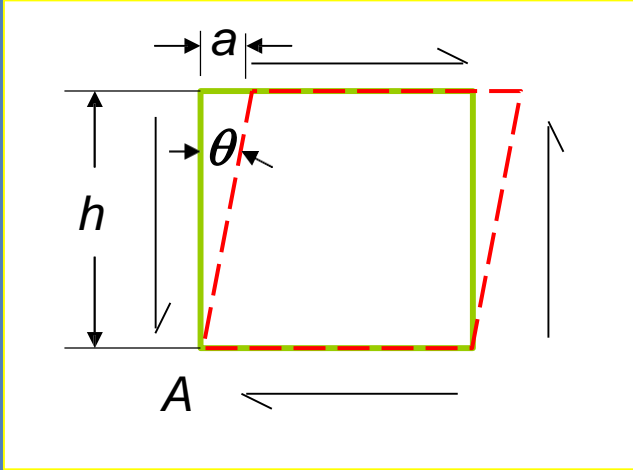
Gerçek genleme veya doğal genleme, doğrusal boyuttaki değişimin boyutun anlık değerine bölünmesiyle elde edilen genlemedir.

$$\varepsilon = \int_{L_o}^{L_f} \frac{dL}{L} = \ln \frac{L_f}{L_o}$$

...Eq.13

Kayma Genlemesi

- Kayma genlemesi dik açıdaki açısal değişimdir.
- Başlangıçta 90° olan A noktasındaki açı, kayma gerilmesi uygulandığında küçük bir miktar θ azalır.
- Kayma genlemesi γ şöyle verilir



Kayma Genlemesi

$$\gamma = \frac{a}{h} = \tan \theta = \theta$$

...Eq.14

Gerilme-Birim Uzama

$$\sigma_G = \sigma_M \frac{A_o}{A_i}$$

$$A_o L_o = A_i L_i \quad (\text{Hacim sabit})$$

$$\frac{A_o}{A_i} = \frac{L_i}{L_o}$$

$$L_i = L_o + \delta L \text{ olduğu için}$$

$$\frac{A_o}{A_i} = \frac{L_o + \delta L}{L_o}$$

$$\frac{A_o}{A_i} = 1 + \frac{\delta L}{L_o} = (1 + \varepsilon_M)$$

$$\text{böylece gerçek gerilme: } \sigma_G = \sigma_M (1 + \varepsilon_M)$$

$$\varepsilon_G = \ln \frac{L_i}{L_o}$$

$$\varepsilon_G = \ln \left\{ \frac{L_o + \delta L}{L_o} \right\}$$

$$\varepsilon_G = \ln \left(1 + \frac{\delta L}{L_o} \right)$$

$$\varepsilon_M = \frac{\delta L}{L_o} \text{ olduğu için}$$

$$\varepsilon_G = \ln(1 + \varepsilon_M)$$

Düşük Birim Uzama değerlerinde (elastik deformasyon esnasında)

$$\sigma_G \cong \sigma_M$$

$$\varepsilon_G \cong \varepsilon_M$$

Plastik deformasyon arttıkça gerçek ve mühendislik Gerilme, gerilme değerleri arasındaki fark artar.

ELASTİK DAVRANIŞ

Poisson oranı

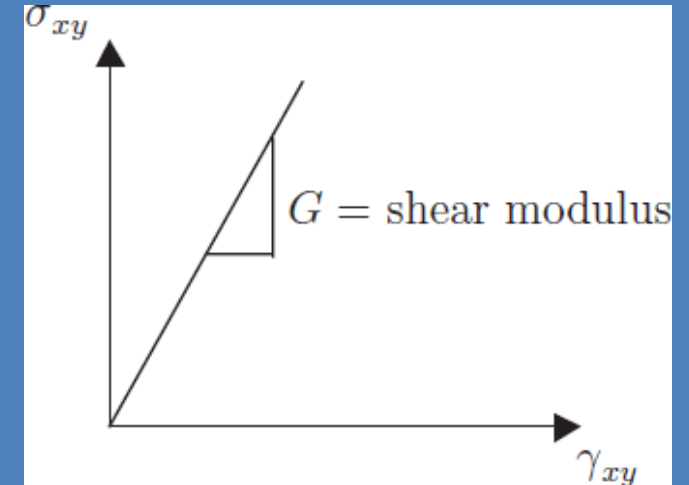
$$\varepsilon_{xx} = -\nu \varepsilon_{yy} = -\nu \left(\frac{\sigma_{yy}}{E} \right)$$

$$\nu = -\frac{\varepsilon_{xx}}{\varepsilon_{yy}}$$

$$\varepsilon_{zz} = -\nu \varepsilon_{yy} = -\nu \left(\frac{\sigma_{yy}}{E} \right).$$

Elastisite Bünye Denklemleri, (())(bir lineer elastik izotropik katı için Genel hooke yasası)

$$\begin{aligned}\varepsilon_{xx} &= \frac{1}{E} [\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})] \\ \varepsilon_{yy} &= \frac{1}{E} [\sigma_{yy} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{zz})] \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{1}{E} [\sigma_{zz} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{yy})] \\ \varepsilon_{xy} &= \frac{1 + \nu}{E} \sigma_{xy} \\ \varepsilon_{xz} &= \frac{1 + \nu}{E} \sigma_{xz} \\ \varepsilon_{yz} &= \frac{1 + \nu}{E} \sigma_{yz}\end{aligned}$$



$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

G: Kayma modülü

Gerilme birimleri ve diğer miktarlar

- *SI birim sisteminde*

Uzunluk	metre (m)
kütle	kilogram (kg)
Zaman	saniye (s)
Elektrik akımı	amper (A)
Sıcaklık	Kelvin (K)
Madde miktarı	mol (mol)
Işık şiddeti	kandela (cd)

Frekans	(s ⁻¹ , Hz)
Kuvvet	Newton (N)
Gerilme	(N.m ⁻² , Pa)
Genleme	mm/mm

İlave Isıl Gerilmeler

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{zz} = \alpha \cdot \Delta T$$

$$\varepsilon_{xx} = \frac{1}{E} [\sigma_{xx} - \nu(\sigma_{yy} + \sigma_{zz})] + \alpha \Delta T$$

$$\varepsilon_{yy} = \frac{1}{E} [\sigma_{yy} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{zz})] + \alpha \Delta T$$

$$\varepsilon_{zz} = \frac{1}{E} [\sigma_{zz} - \nu(\sigma_{xx} + \sigma_{yy})] + \alpha \Delta T$$

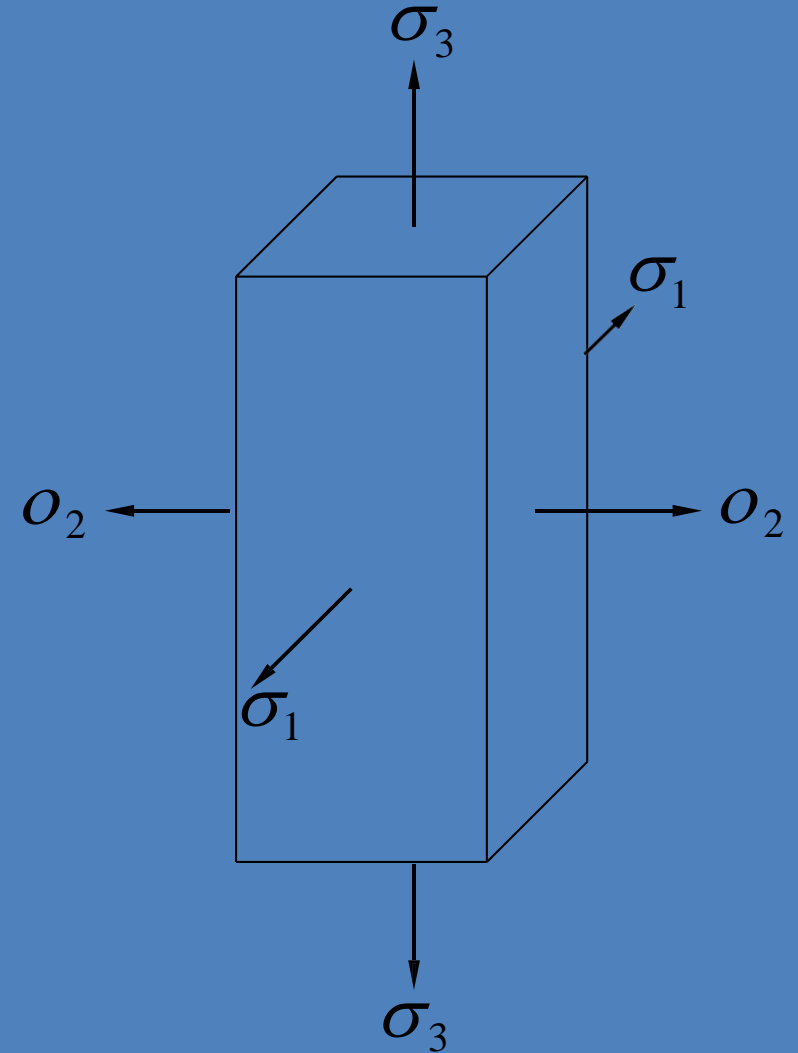
$$\varepsilon_{xy} = \left(\frac{1 + \nu}{E}\right) \sigma_{xy}$$

$$\varepsilon_{xz} = \left(\frac{1 + \nu}{E}\right) \sigma_{xz}$$

$$\varepsilon_{yz} = \left(\frac{1 + \nu}{E}\right) \sigma_{yz}$$

ÇOK EKSENLİ YÜK ALTINDA AKMA

- Tek eksenli bir çekme deneyinde akma dayanımı σ_A olan bir malzeme 2 veya 3 eksenli çekme/basma şeklinde yük kombinasyonlarına maruz kalırsa akma ne zaman gerçekleşir?
- İki farklı yaklaşım vardır
 - Tresca yaklaşımı
 - Von Mises yaklaşımı

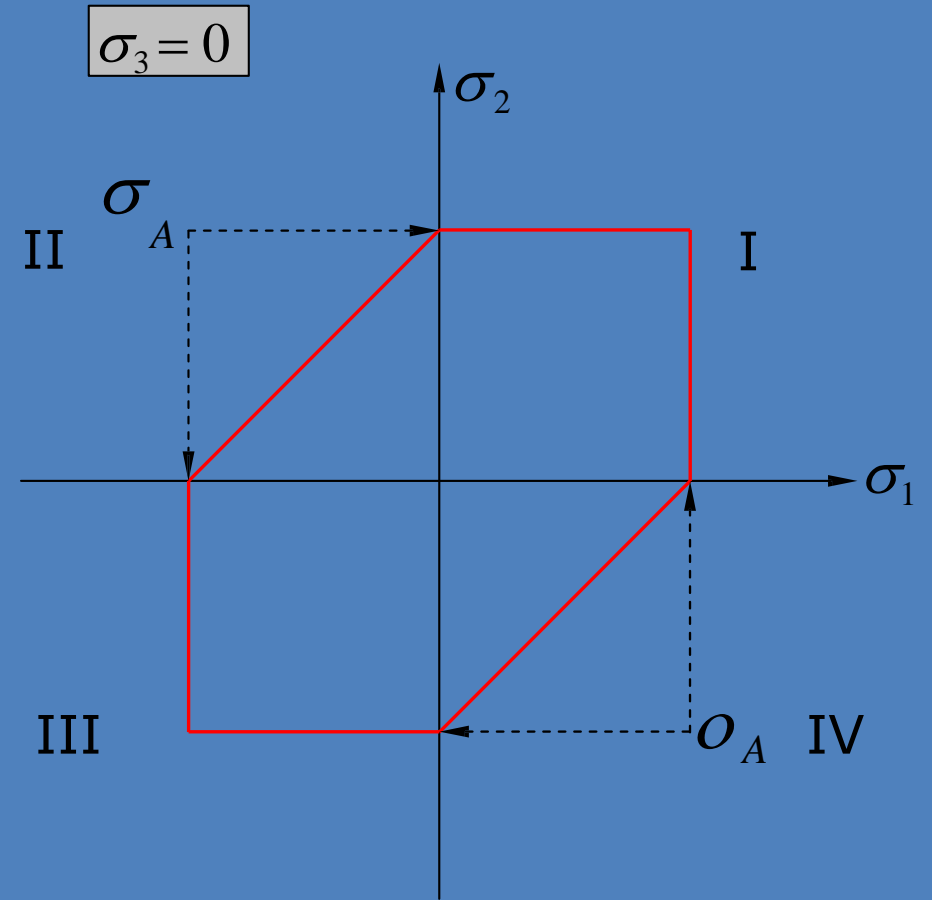


ÇOK EKSENLİ YÜK ALTINDA AKMA

🌸 Tresca Koşulu

$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} < \sigma_A \Rightarrow$ Akma olmaz

$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} \geq \sigma_A \Rightarrow$ Akma gerçekleşir

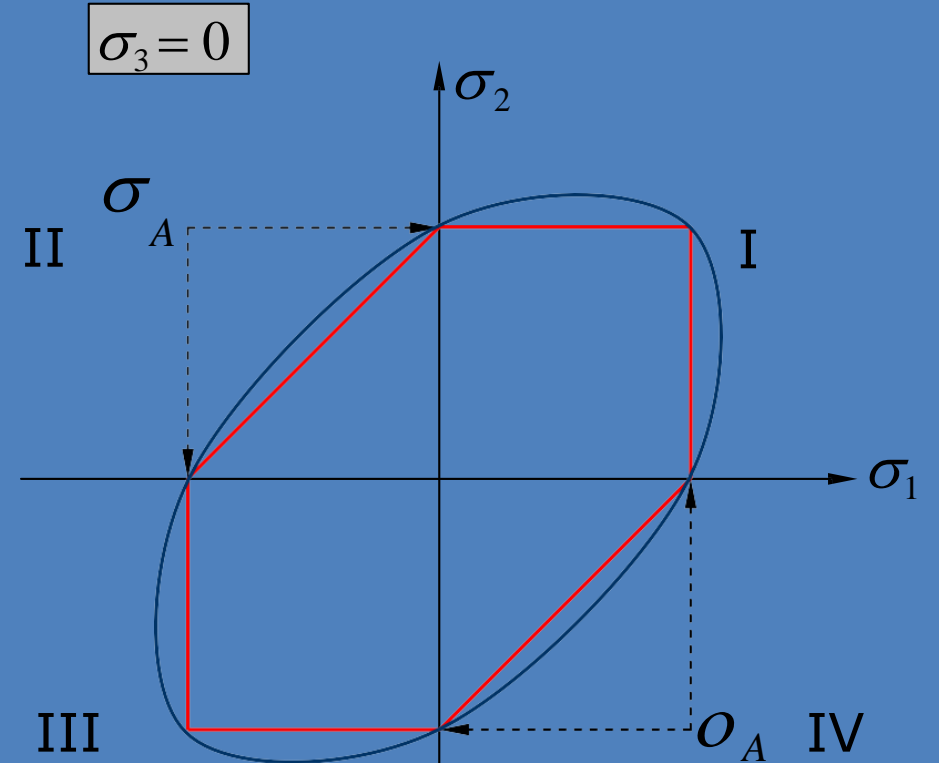


ÇOK EKSENLİ YÜK ALTINDA AKMA

❁ Von Mises Koşulu

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} < \sigma_A$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} \geq \sigma_A$$



Akma olmaz

Akma gerçekleşir

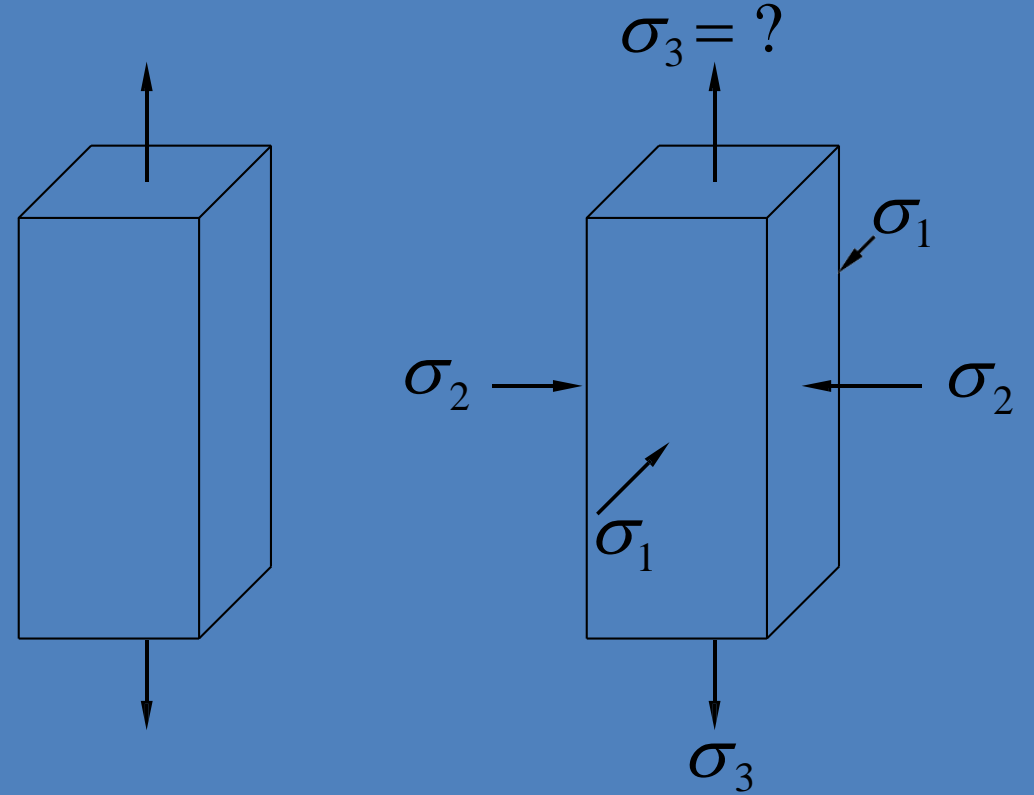
ÖRNEK-1

Bir malzemenin tek eksenli çekme testi için akma dayanımı 400MPa dır. Eğer bu malzeme çekme eksenine dik doğrultudaki yönlerde $\sigma = -150$ MPa değerinde basmaya maruz kalırsa akmanın meydana gelmemesi için maksimum çekme gerilmesi

- Tresca yaklaşımına göre
- Von Mises yaklaşımına göre nedir?

$$\sigma_o = 400MPa$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = -150MPa$$



ÇÖZÜM-1

• Tresca Koşulu

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} < \sigma_o \Rightarrow$$

Akma olmaz

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} \geq \sigma_o \Rightarrow$$

Akma gerçekleşir

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \sigma_{\min}$$

$$\sigma_o = 400MPa$$

$$\sigma_{\min} = -150MPa$$

$$\sigma_{\max} = 400 - 150 < 250MPa$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_3 = 249MPa$$

ÇÖZÜM-1 devam...

- Von Mises Koşulu

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} < \sigma_o$$

Akma olmaz

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} \geq \sigma_o$$

Akma gerçekleşir

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} \geq \sigma_o$$

$$\sigma_o = 400 \text{MPa}$$

$$\sigma_1 = -150 \text{MPa}$$

$$\sigma_2 = -150 \text{MPa}$$

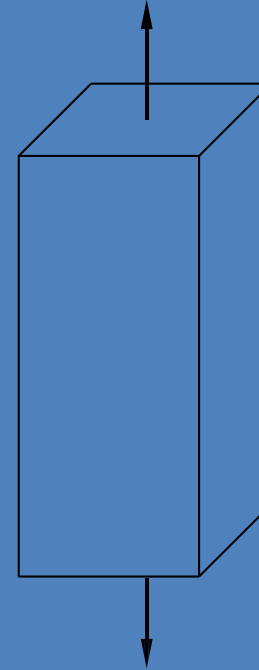
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(-150 - (-150))^2 + (-150 - \sigma_3)^2 + (-150 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} < 400 \text{MPa}$$

$$\sigma_3 < 250 \text{MPa}$$

ÖRNEK-2

- Bir malzemenin tek eksenli çekme testi için akma dayanımı 400MPa dır. Eğer bu malzeme çekme eksenine dik yönlerden bir tanesi doğrultusunda $\sigma = -150\text{MPa}$ değerinde basmaya maruz kalırsa akmanın meydana gelmemesi için gerekli minimum çekme gerilmesi
 - Tresca yaklaşımına göre
 - Von Mises yaklaşımına göre nedir?

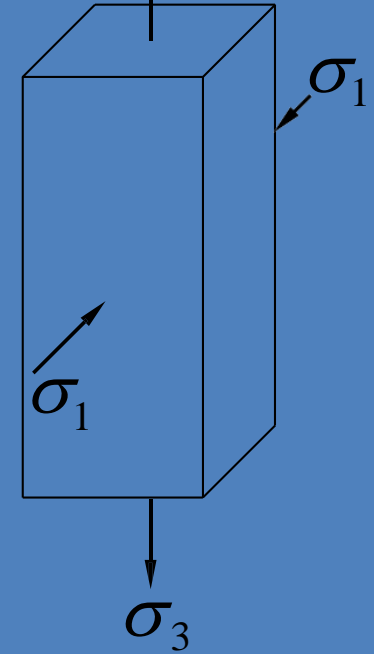
$$\sigma_o = 400\text{MPa}$$



$$\sigma_1 = -150\text{MPa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = ?$$



ÇÖZÜM-2

- Tresca Koşulu

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} < \sigma_o \Rightarrow$$

Akma olmaz

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} \geq \sigma_o \Rightarrow$$

Akma gerçekleşir

$$\sigma_{\max} = \sigma_o + \sigma_{\min}$$

$$\sigma_o = 400MPa$$

$$\sigma_{\min} = -150MPa$$

$$\sigma_{\max} = 400 - 150$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_3 = 250MPa$$

ÇÖZÜM-2 devam...

- Von Mises Koşulu

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} < \sigma_o$$

Akma olmaz

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} \geq \sigma_o$$

Akma gerçekleşir

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} \geq \sigma_o$$

$$\sigma_o = 400 \text{MPa}$$

$$\sigma_1 = -150 \text{MPa}$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \left[(-150 - 0)^2 + (-150 - \sigma_3)^2 + (0 - \sigma_3)^2 \right]^{1/2} = 400$$

$$\sigma_3 = -453 \text{MPa}$$

İki adet çözüm bulunur: $\sigma_3 = 303 \text{MPa}$

$\sigma_3 > 0$ olduğu için;

$$\sigma_3 = 303 \text{MPa}$$

PLASTİK DAVRANIŞ

Efektif Gerilme ve Efektif Birim Şekil Değişirme

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right]^{1/2}$$

$$d\bar{\varepsilon} = \frac{\sqrt{2}}{3} \left[(d\varepsilon_1 - d\varepsilon_2)^2 + (d\varepsilon_2 - d\varepsilon_3)^2 + (d\varepsilon_3 - d\varepsilon_1)^2 \right]^{1/2}$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$$

Hacim sabitliği

$$d\varepsilon_1 + d\varepsilon_2 + d\varepsilon_3 = 0$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$$

Levy-Mises bağıntıları-plastik bünye denklemleri

$$d\varepsilon_1 = \frac{2}{3}d\lambda \left[\sigma_1 - \frac{1}{2}(\sigma_2 + \sigma_3) \right]$$

$$d\bar{\varepsilon} = \frac{2}{3}d\lambda \bar{\sigma}$$

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$d\lambda = \frac{3 d\bar{\varepsilon}}{2 \bar{\sigma}}$$

$d\lambda$: Plastik modül

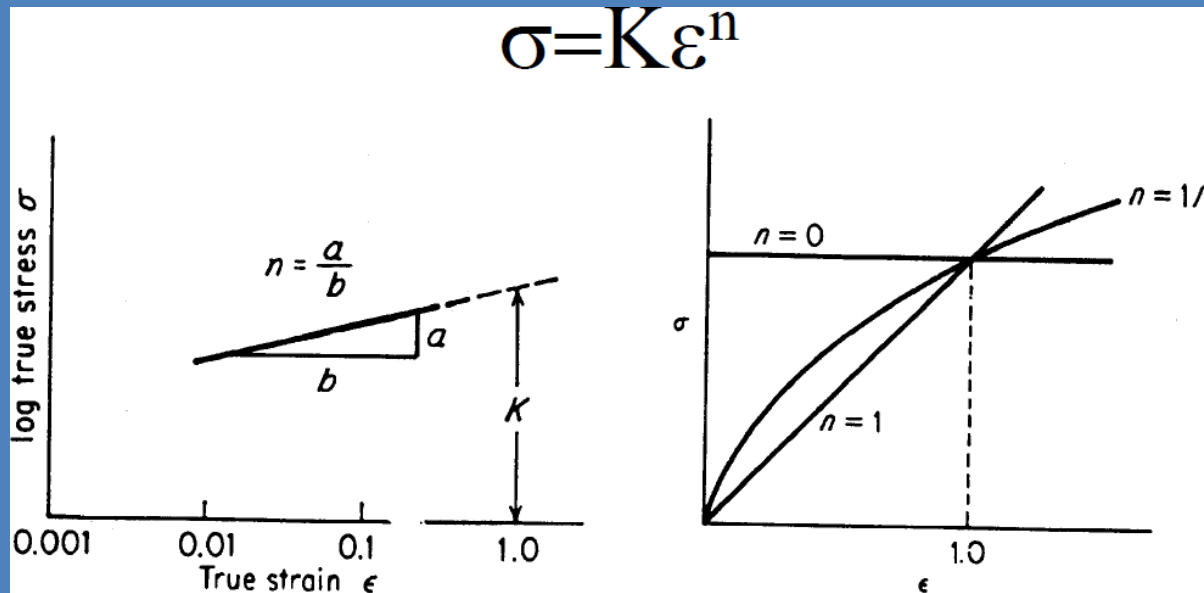
$$d\varepsilon_1 = \frac{d\bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} \left[\sigma_1 - \frac{1}{2}(\sigma_2 + \sigma_3) \right]$$

$$d\varepsilon_2 = \frac{d\bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} \left[\sigma_2 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) \right]$$

$$d\varepsilon_3 = \frac{d\bar{\varepsilon}}{\bar{\sigma}} \left[\sigma_3 - \frac{1}{2}(\sigma_2 + \sigma_1) \right]$$

Akma Eğrisi Modelleri

K:Dayanım sabiti
n:Pekleşme üsteli



$$\bar{\sigma} = K \bar{\epsilon}^n$$

$$\sigma = \sigma_0 + K \epsilon^n$$

$$\sigma = K \dot{\epsilon}^m$$

n

Stainless Steel	0.45-0.55
70/30 Brass	0.49
Copper (annealed)	0.3-0.54
Aluminum	0.15-0.25
Iron	0.05-0.15
0.05% C steel	0.26

Gerilme birimleri ve diğer miktarlar

- *SI birim sisteminde*

Uzunluk	metre (m)
kütle	kilogram (kg)
Zaman	saniye (s)
Elektrik akımı	amper (A)
Sıcaklık	Kelvin (K)
Madde miktarı	mol (mol)
Işık şiddeti	kandela (cd)

Frekans	(s ⁻¹ , Hz)
Kuvvet	Newton (N)
Gerilme	(N.m ⁻² , Pa)
Genleme	mm/mm

Örnek: Yüksek sıcaklık deformasyonunda bir tane sınırı çatlağını çekirdeklendirmek için gereken kayma gerilmesi şöyle verilmiştir,

$$\tau = \left[\frac{3\pi\gamma_b G}{8(1-\nu)L} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Burada γ_b tane sınırı yüzey enerjisidir ~ 2 J.m⁻², G kayma modülü, 75 GPa, L ise tane sınırı kayma mesafesi=tane çapı 0,01 mm ve Poisson oranının $\nu = 0.3$. olduğunu varsayalım , kayma gerilmesini hesaplayınız.

Birimler kontrol edilirse

$$\tau = \left(\frac{\frac{Nm}{m^2} \times \frac{N}{m^2}}{m} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{N^2}{m^4} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{N}{m^2}$$

$$\tau = \left(\frac{3\pi \times 2 \times 75 \times 10^9}{8(1-0.3) \times 10^{-2} \times 10^{-3}} \right)^{\frac{1}{2}} = 15.89 \times 10^7 \text{ N.m}^{-2}$$
$$\tau = 158.9 \text{ MN.m}^{-2} = 158.9 \text{ MPa}$$

Kaynaklar

- Dieter, G.E., *Mechanical metallurgy*, 1988, SI metric edition, McGraw-Hill, ISBN 0-07-100406-8.
- Sanford, R.J., *Principles of fracture mechanics*, 2003, Prentice Hall, ISBN 0-13-192992-1.
- *Thomas H.Courtney, Mechanical Behavior of Materials*, 2000, McGraw-Hill, ISBN 9780073228242
- Demirkol, Malzemelerin Mekanik Davranışı, (Ders notu)
- <http://web.itu.edu.tr/gulmezt/>