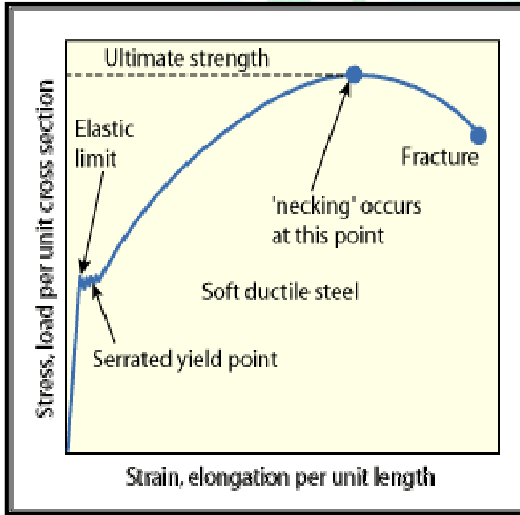


GERÇEK GERİLME – GERÇEK UZAMA EĞRİLERİ İÇİN YAKLAŞIK DENKLEMLER

Homojen deformasyon bölgesi :



Homojen plastik şekil değiştirme bölgesi :

Deneyel olarak elde edilen gerçek gerilme-gerçek uzama eğrilerine çok uyan bazı AMPİRİK FORMÜLLER geliştirilmiştir. Örneğin ilk formül ;

$$\sigma_{ger} = K \cdot \epsilon^n \text{ (Holloman denk.)}$$

Holloman denklemi'nde ;

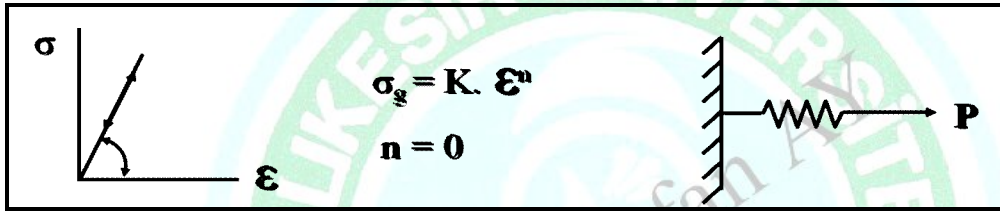
eğer $\epsilon = 0$ alınırsa $\sigma_{ger} = 0$ olur.

Bu sebeple bu denkleme σ_{ak} eklenmiş ve yeni denk.

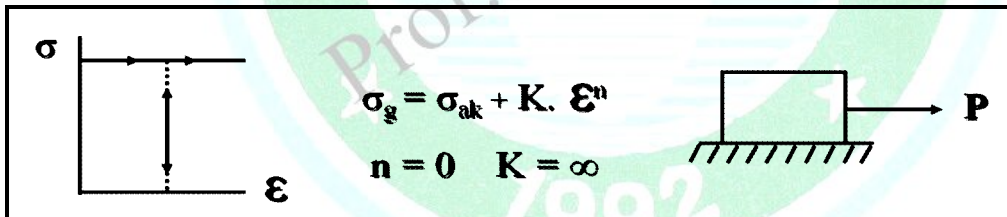
$$\sigma_{ger} = \sigma_{ak} + K \cdot \epsilon^n \text{ (Ludwig denk.)}$$

Ludwig'in Değişik Malzemeler İçin Yaklaşık Gerçek Gerilme - Gerçek Şekil Değişirme (Amprik Formülleri)

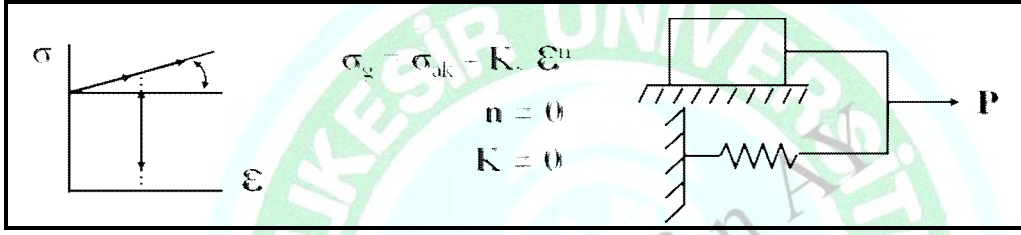
1) Tam Elastik Malzemeler (Cam, seramik, dökme demir)



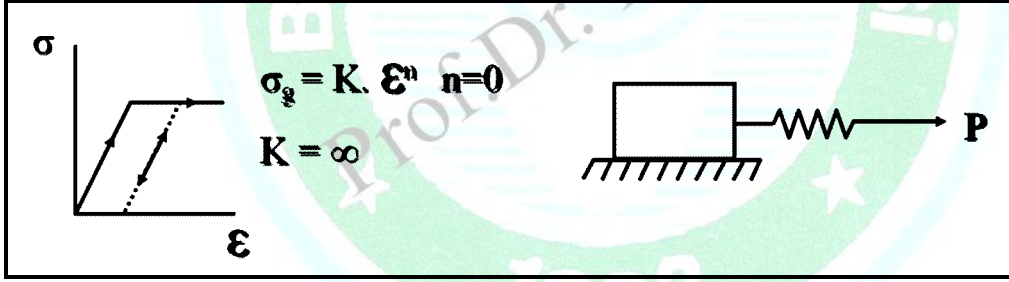
2) Rijit, Tam Plastik Malzemeler ve Dinamik Modeli



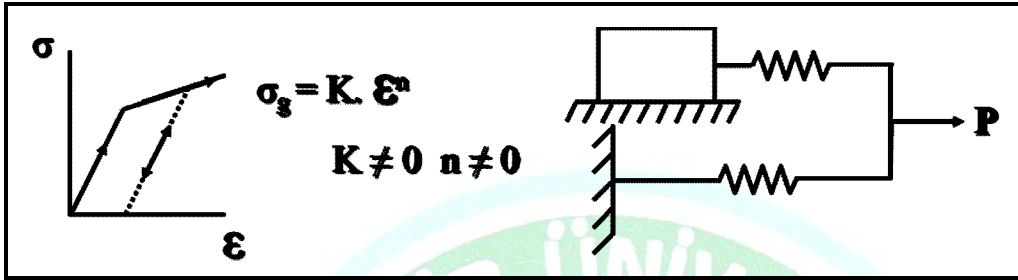
3) Rijit, Linear Pekleşen Malzemeler ve Dinamik Modeli



4) Elastik, Tam Plastik Malzemeler ve Dinamik Modeli



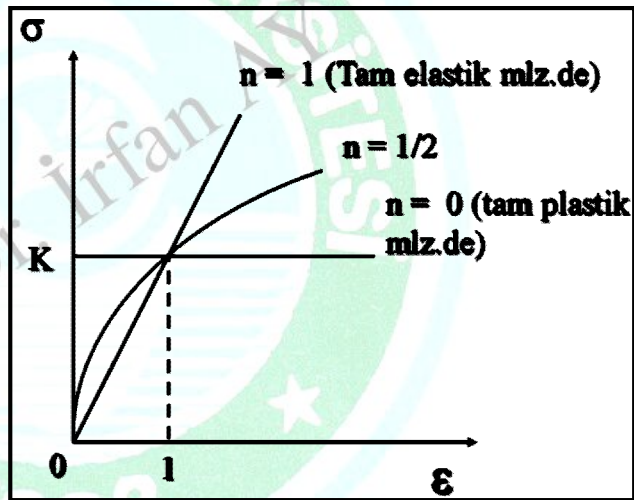
5) Elastik, Linear Pekleşen Malzemeler ve Dinamik Modeli



Homojen plastik şekil değiştirme bölgesi :

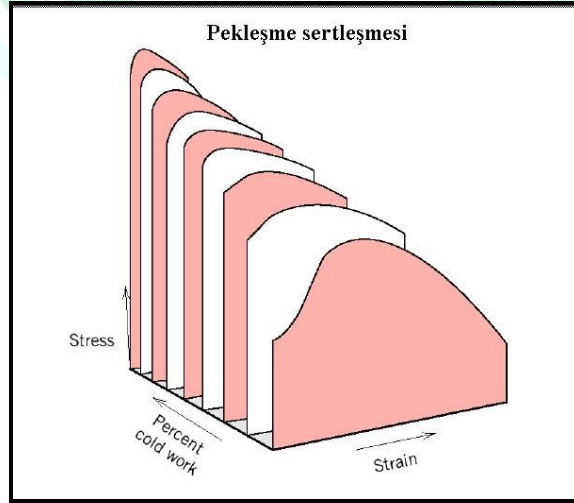
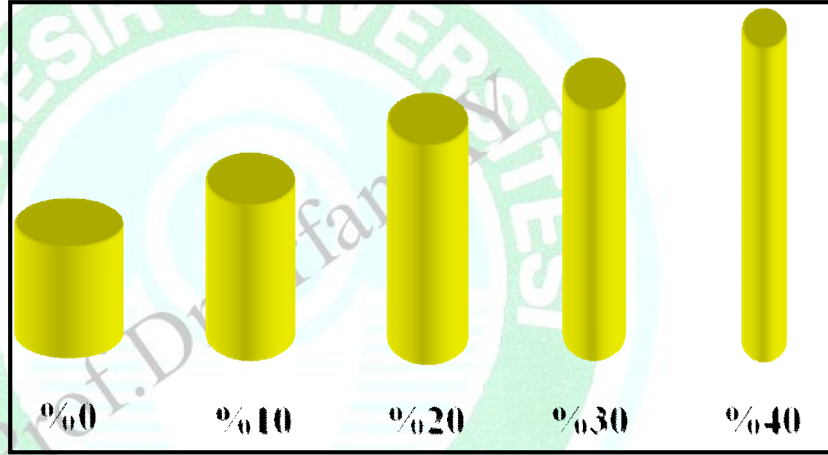
Bu bölgede metalik malzemelerin pekleşme sertleşmesi görülür.

$\sigma_{ger} = K \cdot \epsilon^n$ (Holloman denk.)

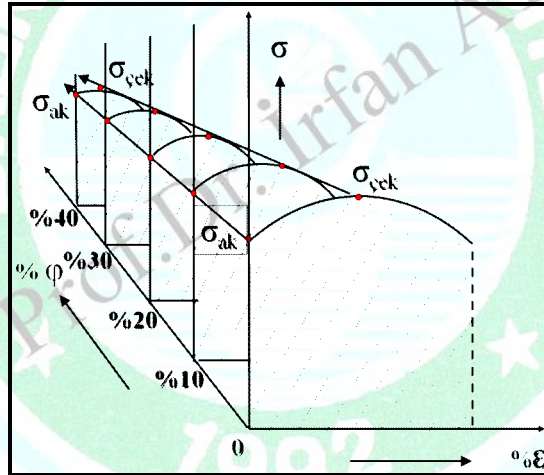


SOĞUK ŞEKİL VERME

Soğuk şekil vermenin temeli, pekleşme (sertleşme)nin meydana gelmesidir. Pekleşme üsteli ($n = 0 - 1$) arasında değişir. Malzemeyi soğuk olarak deforme ettiğimizi farz edelim. Dökümden çıkmış 6-7 numuneyi ayrı ayrı %10, %20, %30, %40 olacak şekilde deforme edip çekelim.



Gerilme – Uzama – Deformasyon Eğrisi



SOĞUK ŞEKİL VERME

- Plastik deformasyon DİSLOKASYON doğurur. Dislokasyonlar da MUKAVEMET i artırır, SÜNEKLİLİĞİ düşürürler.
- SOĞUK DEFORMASYON HESABI

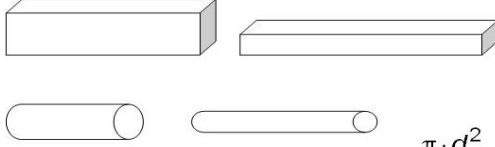
$$\%CW = \%RA = \frac{A_i - A_f}{A_i} \cdot 100\%$$

$$\%RA = \frac{w_i \cdot l_i - w_f \cdot l_f}{w_i \cdot l_i} \cdot 100\%$$

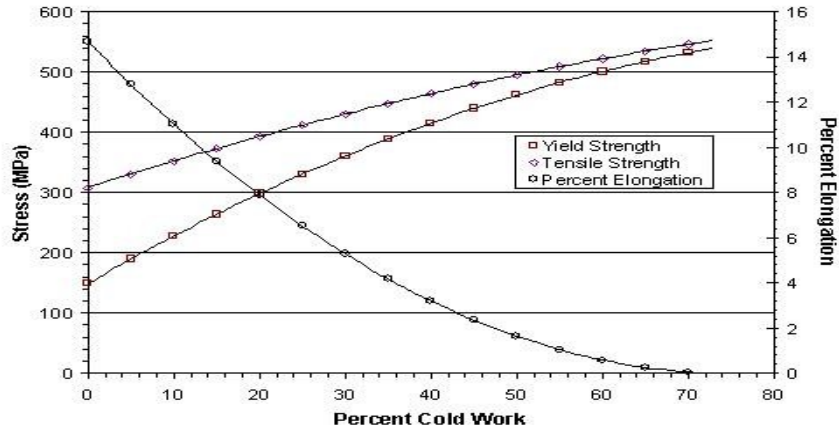
for $w_f \cong w_i$

$$\%RA = \frac{l_i - l_f}{l_i} \cdot 100\%$$

$$\%RA = \frac{\frac{\pi \cdot d_i^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_f^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d_i^2}{4}} \cdot 100\% = \frac{d_i^2 - d_f^2}{d_i^2} \cdot 100\%$$

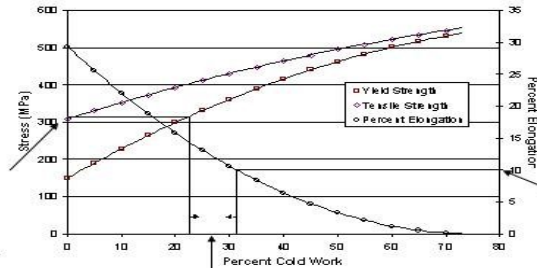


Soğuk şekil vermede özellik değişimi



Mukavemet / Süneklilik Dengesi

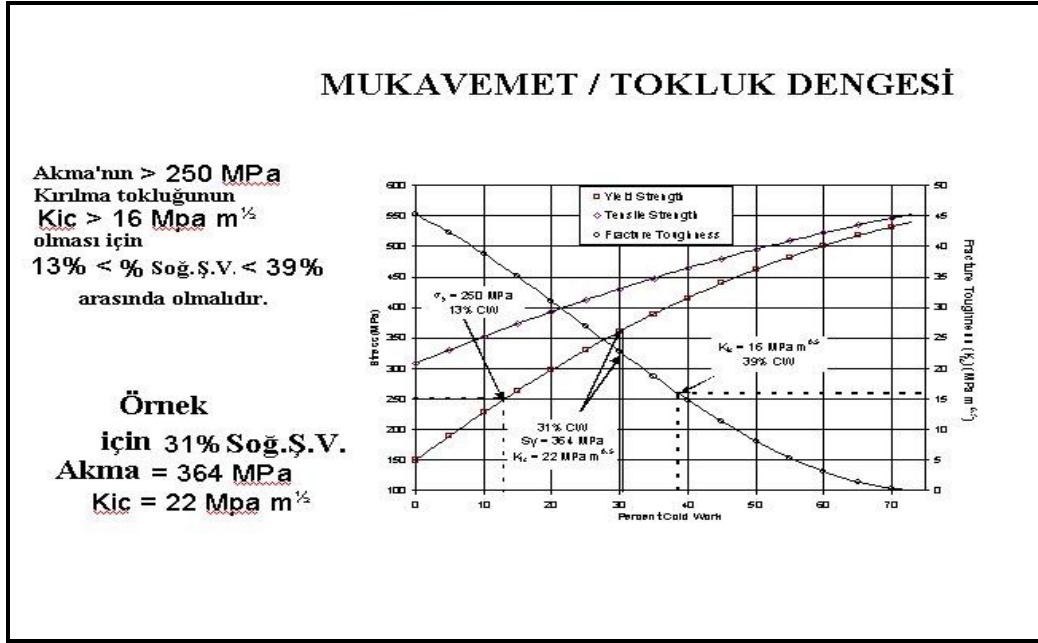
Akmanın 310 MPa'dan büyük olması için % Soğuk Ş.V.'nin %22 den büyük olması gerekir



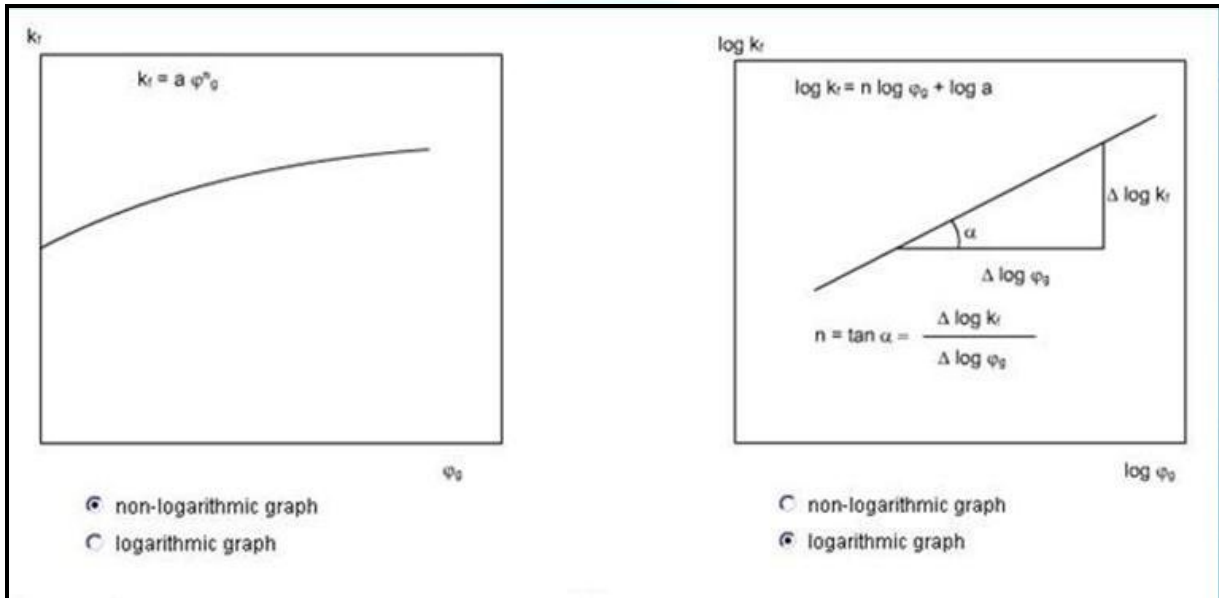
Akma ve uzama durumu

Uzamanın % 10 dan büyük olması için Soğuk Ş.V. nin % 31'den küçük olması gerekir.

$$22\% < \% \text{ Soğuk Ş.V. için } < 31\%$$



PEKLEŞME : Plastik deformasyondan dolayı mukavemetteki artıştır. Metalik malzemeler yük altında gerilmeye maruz kaldıklarında ortaya dislokasyonlar çıkar. Kalıcı şekil değiştirmeler gerçekleşir. Düşük sıcaklıklarda, soğuk işlemlerde dislokasyonlar malzeme dışına atılamaz, içerde birikirler, yığılırlar ve konsantrasyon artar. Birbirleri ile keşirler. Bu hareketler sonucunda mukavemet artar, süneklilik azalır. Soğuk işlem, **dövme, haddeleme, extrüzyon, tel çekme bükme** gibi işlemlerle yapılır. Pekleşme bu proseslerde daha çok görülür. Azalan sünekliliği ve soğuk işlemlerde istenmeyen etkileri gidermek için tavlama yapılır. Bu tav **recovery** (poligonizasyon) veya **rekristalizasyon** tavidir. Bu tavlama dislokasyon yoğunluğunu azaltmaya yöneliktir.



Sol tarafta log alınmamış, sağ tarafta ise log'u alınmış **homojen bölgenin** eğri çizimi görülmektedir. Pekleşme olayını matematiksel olarak iki denklemlerle ifade ederiz.

1. Hollomon denklemi $\sigma_{ger} = K \cdot \epsilon^n$

2. Ludwik denklemi $\sigma_{ger} = \sigma_{ak} + K \cdot \epsilon^n$

Bu denklemlerde ;

K = Mukavemet katsayısı

n = Pekleşme katsayısı

Burada ki K, malzeme yapısına bağlı ve işlem prosesinden etkilenen bir katsayıdır,ve($\epsilon=1$, $\log \epsilon =0$) olduğu noktadaki gerçek gerilme değeridir. n ise 0,2 ile 0,5 arasında değişen bir malzeme özelliğidir.

$n = d \log(\sigma) / d \log(\epsilon)$ şeklindedir.

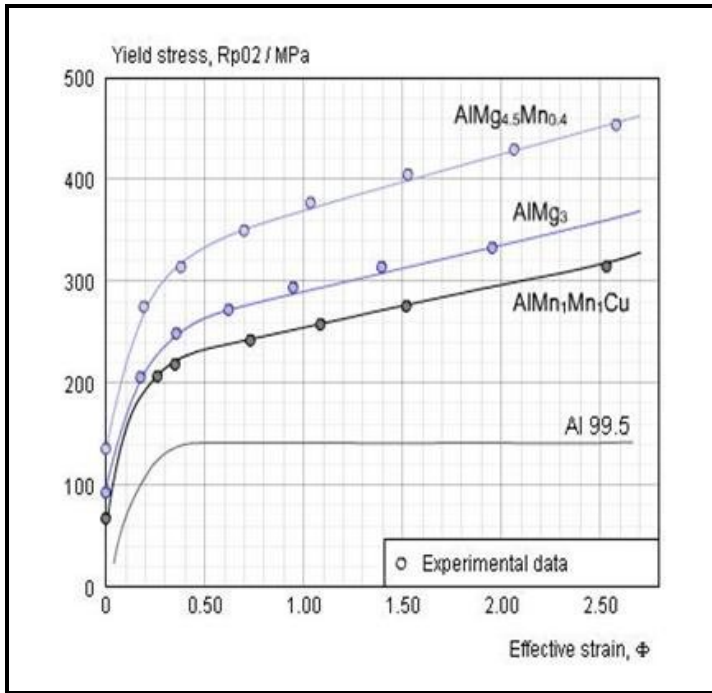
$n = (\epsilon / \sigma) \cdot d\sigma / d\epsilon$

Bu denklem sağdaki diyagramın eğimidir.

Pekleşme hızı ifadesi ise ;

$d\sigma / d\epsilon = n \cdot (\sigma / \epsilon)$ şeklindedir.

Soğuk haddeleme esnasındaki pekleşme

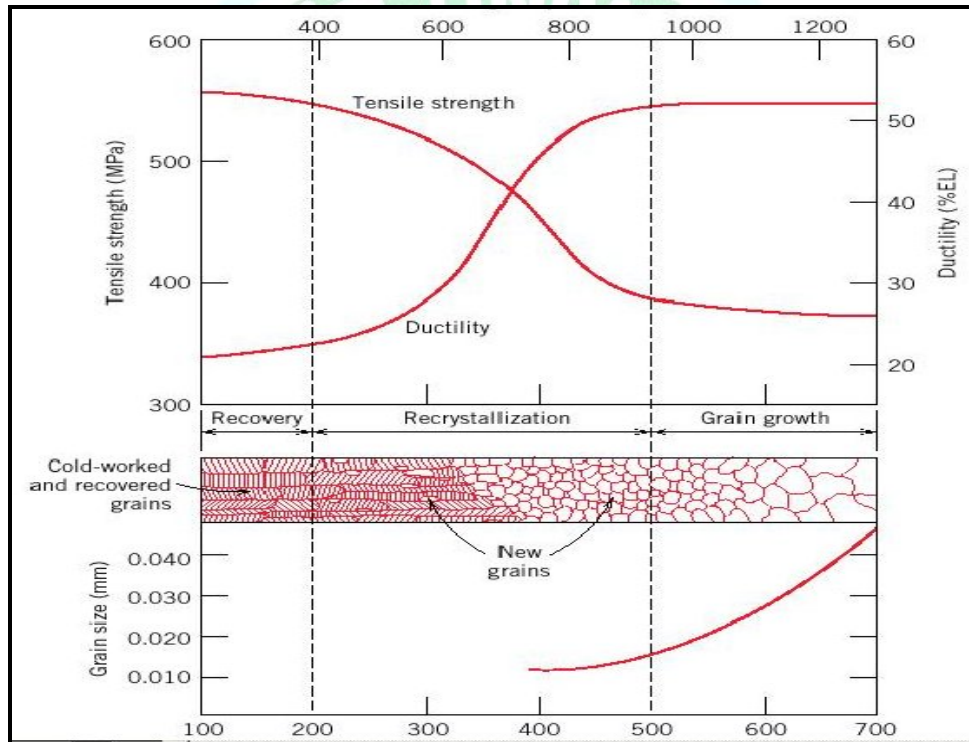
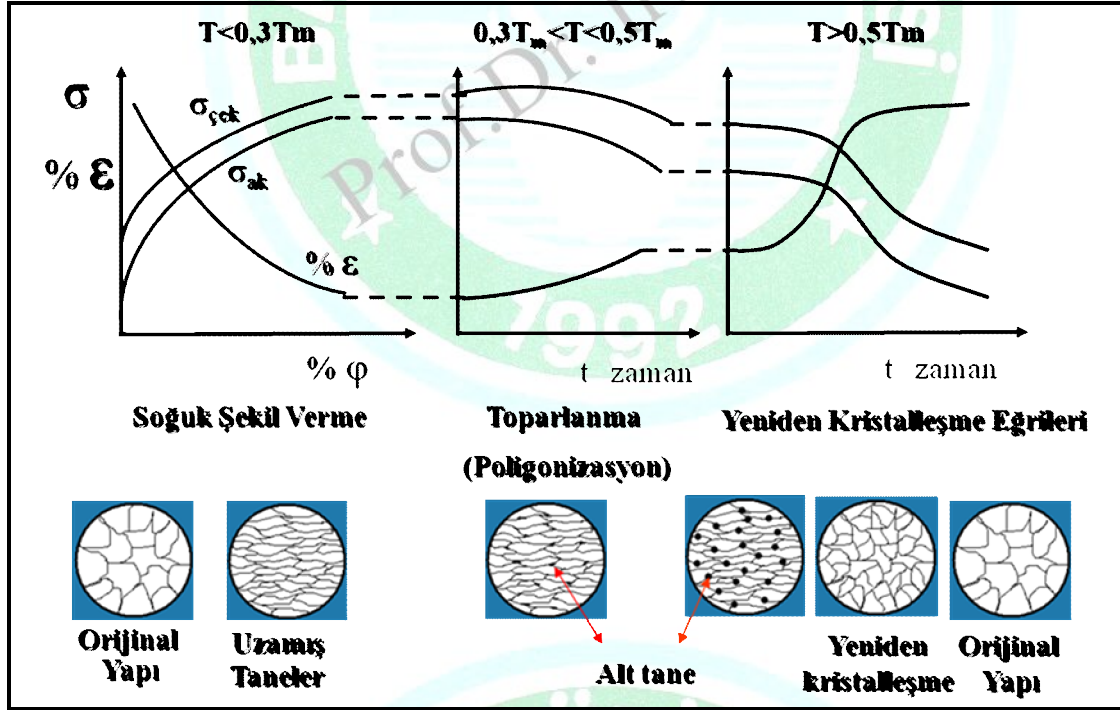


SOĞUK ŞEKİL VERMENİN ETKİLERİNİN GİDERİLMESİ

TOPARLANMA=POLİGANİZASYON=(RECOVERY),

REKRİSTALİZASYON VE TANE BÜYÜMESİ

Soğuk Şekil Verme – Toparlanma (Poligonizasyon) ve Yeniden Kristalleşme Eğrileri



Diyagramların açıklanması :

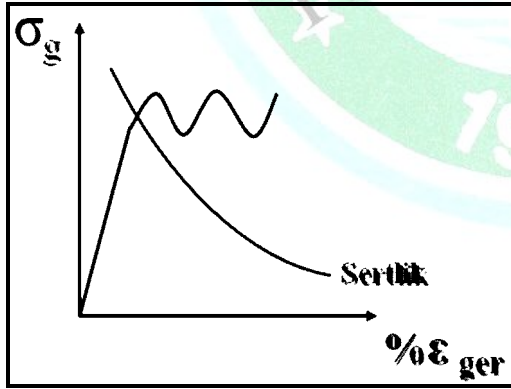
- * Soğuk def.sonucu taneler uzar, dislokasyon birikir.
- * σ_{ak} , $\sigma_{çek}$, sertlik artar , süneklilik (ϵ) azalır.
- * Bütün bunlar sistemdeki depolanmış enerji sebebiyledir.
- * Yapıyı yenilemek için RECOVERY veya REKRİS TELİZASYON işlemi yapılır.
- * **Recovery'de** ; ısıtma – diffusion – dislokasyon hareketi ile birbirini yok etme sonuçta gevşeme olur.
- * **Rekristalizasyon** da ; ısıtma – düşük yoğunluktaki dislokasyona maruz tanelerin yer değiştirmesi – kısa mesafeli diffusion – alt tane oluşumu- tane çoğalması
- * **Tane büyümesi** ; T_{rek} sıcaklığında uzun süre kalma-tane sınırı hareketi ile tane büyümesi



SICAK ŞEKİL VERME

- 1) Özellikle rekristalizasyon sıcaklığı üzerindeki bir sıcaklıkta şekil verme işlemidir.
- 2) Şekil verme esnasında **PEKLEŞME olmaz**.Kurşun oda sıcaklığında bile sıcak işlemle şekillenir.Çünkü ergime derecesi çok düşüktür.
- 3) Sıcaklık arttıkça,metallerin plastik deformasyona karşı dirençleri düşer.Bu yüzden büyük kütleler dövme,haddeleme extrüzyon v.s gibi sıcak işlemle şekillendirilirler.
- 4) Metaller yüksek sıcaklıklarda belirgin şekilde viskos davranış (**bal kıvamında olma**) gösterirler.
- 5) Yüksek deformasyon hızları ile şekillendirilirlerse, metallerin akmaya karşı dirençleri artar.

- 6) Bu özellik onların viskoz madde davranışı göstermelerinden değil, rekristalizasyon olayının yeteri kadar hızlı olmamasından olabilir.
- 7) Genellikle $0.5 T_m$ 'nin üstündeki deformasyon sıcaklıklarında yapılır.
- 8) Sıcak işleme **gaz boşlukları** giderilir.
- 9) Uzayan taneler küçük ve eş eksenli olur.
- 10) **Oksit, sülfür, nitrür** gibi istenmeyen maddeler kırılır ve üniform şekilde dağılır.
- 11) Şekil verme için gerekli enerji azalır, şekillendirme kolaylığı artar.
- 12) Sıcak şekil vermede **deformasyon hızı** ($\dot{\epsilon}$) çok önemlidir.
- 13) Sıcak şekil vermede ($\sigma_g - \epsilon_g$) eğrisi aşağıdaki gibidir.



Sıcak şekil vermede **mühendislik deformasyon hızı** $\dot{\epsilon}_{müh}$ aşağıdaki şekilde bulabiliriz.

$$\epsilon_{müh} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$$\dot{\epsilon}_{müh} = \frac{d\left(\frac{L - L_0}{L_0}\right)}{dt} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{dL}{dt} = \frac{V}{L_0}$$
$$\dot{\epsilon}_{müh} = \frac{V}{L_0} \text{ olur.}$$

$$\frac{dL}{dt} = V \quad \text{Deformasyonu yapan takımın hızı}$$

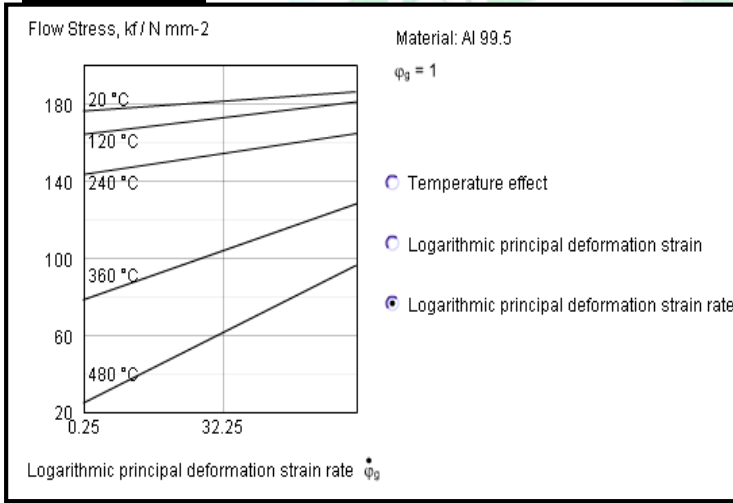
Gerçek deformasyon hızı ($\dot{\epsilon}_{ger}$) ise aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\epsilon_{ger} = \ln \frac{L}{L_0} \quad \dot{\epsilon}_{ger} = \frac{d\left(\ln \frac{L}{L_0}\right)}{dt}$$
$$\dot{\epsilon}_{ger} = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dt}\right) \quad \dot{\epsilon}_{ger} = \frac{V}{L} \text{ olarak bulunur.}$$

$$\frac{dL}{dt} = V$$

Deformasyonu yapan takımın hızı

Gerçek gerilmenin hıza bağlı formülü aşağıdaki şekilde yazılır.

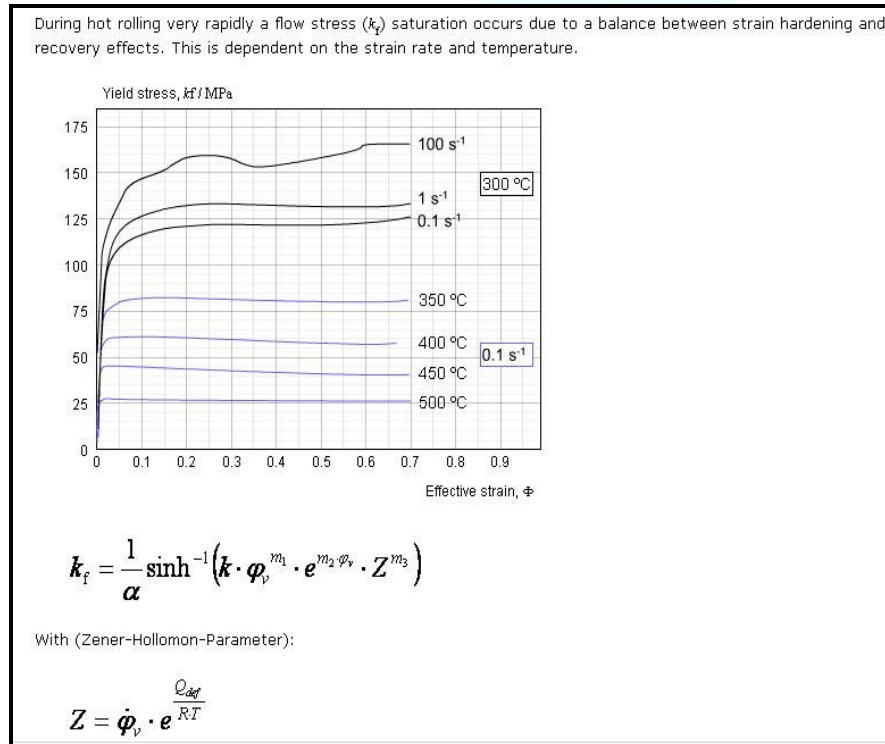


C: Mukavemet katsayısı

m : Şekil verme hızı hassasiyet katsayısı

Sıcak şekil verme $\sigma_g = C \cdot \dot{\epsilon}^m$ etkili parametreler

Sıcak haddeleme esnasındaki akma mukavemeti



Sıcak Şekil Verme

(m) şekil verme hızı hassasiyet katsayısının şekil verme yöntemine göre değerleri aşağıdaki şekildedir.

- 1) Soğuk şekil vermede $-0.05 < m < 0.05$
- 2) Sıcak şekil vermede $+0.05 < m < 0,3$
- 3) Süper plastisitede $0.3 < m < 0.7$

4) Newton sıvılarında $m = 1$ olarak alınır.

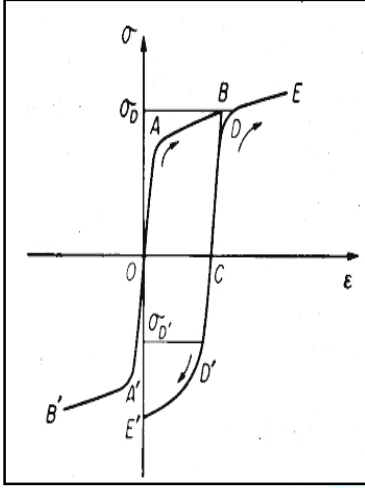
$m < 0.1$ ise malzeme sünek değildir, gevrekçtir.

$0.3 < m < 0.4$ ise malzeme sünektir.

$m > 0.5$ ise malzeme süper plastiktir.

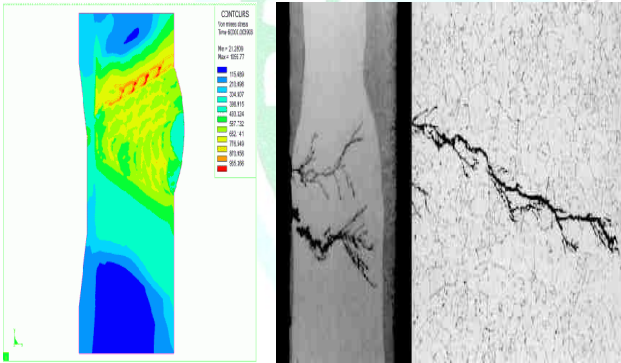
$m = 1$ ise malzeme cam gibi akar.

BAUSCHINGER ETKİSİ



Basit çekme deneyi yaparken akma sınırından sonra bir noktada yükü boşaltıp tekrar ters yönde basmaya çalışsak, bas ma halindeki akma değeri çekme halindeki değeriinden daha düşük değerde olduğunu görürüz. Şekilde $\sigma_D > \sigma_{D'}$ olduğu açıkça görülüyor. Bu etki gerilmenin sürekli şekilde bir düz - bir ters yön değıştirdiğı proseslerde küçümsenmeyecek öneme sahiptir.

“ARTIK GERİLMELER” İN ETKİSİ



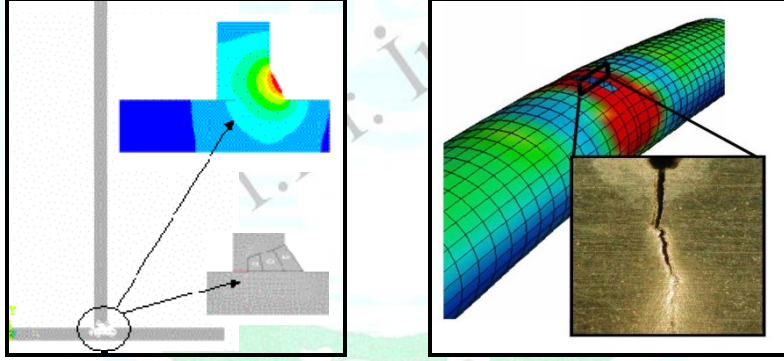
Plastik şekil verme esnasında malzemenin üniform olma yan bir şekilde biçim değıştirmesinden, tüm dış kuvvetler kalktıktan sonra iş parçası içinde var olmaya devam eden gerilmelere “artık gerilme” denir.

“ARTIK GERİLMELER” İN ETKİSİ

“Artık gerilmeler” tek boyutlu olabildiği gibi ,bir çok plastik şekil verme işleminde üç boyutludur.

İç” artık gerilmesi” olan bir parçaya silindirik delikler açılırsa deliklerin ovalleştiği görülür.

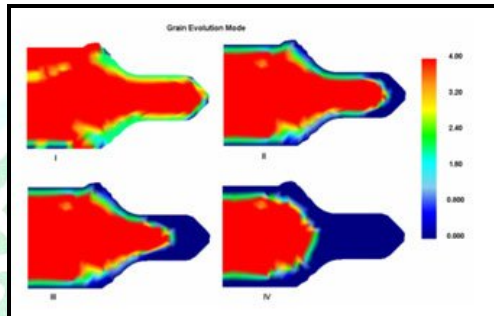
Bir parçada “artık gerilme” dengesi bozulursa, parçada boyut ve şekil kararsızlığı meydana gelir.



“Artık gerilmeler” in doğması :

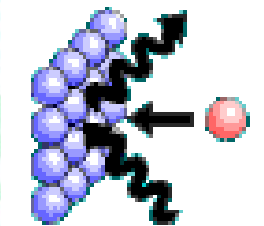
1. Homojen olmayan plastik şekil değişimi
2. Parça kesitlerinin farklı farklı sıcaklıklarda soğumaları

Faz değişiklikleri-fazlar arası yoğunluk farkları mikro seviyede hacim değişikliğine yol açıp“artık gerilme” doğmasına neden olur.



“Artık gerilmeler” in parça yüzeyinde **ÇEKİ gerilmesi** olarak bulunması, parçanın YORULMA ömrünü düşürür.

Yüzeyde **BASI gerilmesi** olarak bulunması, parçanın yorulma ömrünü artırır.Hatta bazen parçalara bilya püskürtme yöntemi ile “ basma artık gerilmesi” enjekte ettirilir.



PLASTİK ŞEKİL VERMEDE AKMA KRİTERLERİ

Plastik şekil verme işleminde akmanın ne zaman başlayacağı önemlidir. Bu konuda iki genel akma kriteri mevcuttur.

1)-VON-MİSES AKMA KRİTERİ : Bu kriter, önce asal gerilmeleri $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ olduğunu farz eder. Sonra da “**cisme uygulanan gerilmelerle DİSTORSİYON ENERJİSİ belli bir (k) değerine ulaştığında**” akmanın başladığını söyler.

Bu ifadeyi matematiğe dökelim.

$$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = 6 k^2$$

Bu denklemdeki (k) yı bulmak için tek eksenli çekme deneyindeki akma olayı ile bağlantı kuralım. O zaman $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ olur. Bunları denklemde yerine yazalım.

$$[(\sigma_1 - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - \sigma_1)^2] = 6 k^2 \quad \text{Yeniden yazarsak;}$$

$\sigma_1^2 + \sigma_1^2 = 6 k^2$ olur. Basit çekme de $\sigma_1 = \sigma_{ak}$ olunca akma başlayacağından $2 \sigma_{ak}^2 = 6 k^2$ olur. Buradan akma $\sigma_1 = \sigma_{ak} = \sqrt{3} \cdot k$ olunca başlayacaktır.

Buradan tekrar (k) sabitini tanımlamak için **BASİT KAYMA halindeki akma olayını** irdeleyelim. Bu durumda $\sigma_2 = 0$ olur. $\sigma_1 = -\sigma_3 = \tau$ eşittir. Bu koşullara göre denklemi yazarsak ;

$$[(\sigma_1 - 0)^2 + (0 - (-\sigma_1))^2 + (-\sigma_1 - \sigma_1)^2] = 6 k^2$$

$$\sigma_1^2 + \sigma_1^2 + 4 \sigma_1^2 = 6 k^2 \quad \text{olur.}$$

$$6 \sigma_1^2 = 6 k^2 \quad \text{olur.}$$

Basit kayma halinde akma $\sigma_1 = \sigma_{ak}$ olduğunda başlayacağından $\sigma_{ak} = k$ olur. Diğer denklem $\sigma_{ak} = \sqrt{3} \cdot k$ idi. Bu iki denklemden ; **akma'nın** yani ;(k)' nin asal gerilme σ_1 'nin ($k = 1 / \sqrt{3} \cdot \sigma_1$) **k = 0,577. σ_1** katı olduğunda başlayacağı görülmektedir.

2)-TRESKA AKMA KRİTERİ; Buna maksimum kayma gerilmesi kriteri adı da verilmektedir. Bu kriter akmayı “**sisteme uygulanan gerilmeler altında maksimum kayma gerilmesi, tek eksenli çekme deneyindeki kayma gerilmesi değerine ulaştığı anda**” akma başlar. Şeklinde tanımlanmaktadır. Daha önceleri maksimum kayma gerilme değerini

$$\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \quad \text{şeklinde yazmıştık. Gene tek eksenli çekme deneyinde}$$

$$\sigma_2 = \sigma_3 = 0 \quad \text{dır. Denklemde yerine yazarsak ;}$$

$$\tau_{max} = (\sigma_1 - 0) / 2 \quad \text{olur. Yani } \sigma_1 = \sigma_{ak} \text{ olduğu anda akma başlayacaktır.}$$

Buradan kayma akma gerilmesi de ;

$$\tau_{ak} = (\sigma_{ak} / 2) = (k) \quad \text{olur. Bu değerler denklemde yerine konacak olursa}$$

$$\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 = \tau_{ak} = (\sigma_{ak} / 2) \quad \text{olur.}$$

Bu durumda maksimum kayma gerilmesi olan Tresca kriter'i içinde $(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_{ak}) = 2(k)$ şeklinde yazarız.

Basit kayma durumunu da Tresca için yazarsak ; Basit kayma halinde $\sigma_1 = -\sigma_3 = k$ ve $\sigma_2 = 0$ şartlar geçerliydi. Maksimum kayma gerilmesi kriterine göre akma olayı ;

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = 2k = (\sigma_{ak}) \text{ durumunda başlayacaktır. Buradan ;}$$

$$k = (\sigma_{ak} / 2) = (\sigma_1 / 2)$$

$$k = 0,5 \cdot \sigma_1 \text{ bulunur.}$$

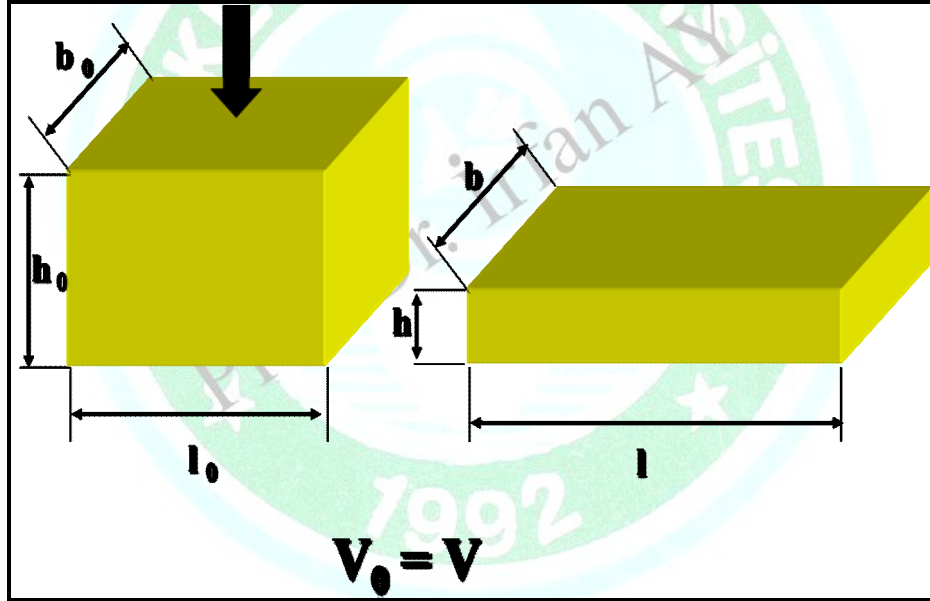
Yani (k) değeri asal gerilmenin 0,5 katına eriştiğinde akma başlayacağı görülmektedir. ikisi kıyaslandığında ;

Von-Mises' te $0,577 \cdot \sigma_1$

Tresca' da ise $0,5 \cdot \sigma_1$ aralarında fark bulunmaktadır.

İki akma kriteri kıyaslanırsa;	
<u>Von-Mises</u>	<u>Tresca</u>
<ul style="list-style-type: none">* Gerilme farklarını kullanır.* Daima kareler var işaretten bağımsızdır.Bu yüzden pratiktir.* Tüm gerilmelere bağlıdır.* Teorik çalışmalarda tercih edilir.	<ul style="list-style-type: none">* Matematik açısından daha basit* Gerilmelerin (+),(-) olması önemli* Pratik çalışmalarda çok kullanılır.* Mühendislik çalış malarında tercih edilir.

Plastik şekil vermede temel kural HACİM SABİTLİĞİ



Hacim Sabitliği Kuralı

Küp'te

$$\varphi_3 = \ln \left(\frac{h_1}{h_0} \right)$$
$$\varphi_3 = \ln \left(\frac{b_1}{b_0} \right)$$
$$\varphi_3 = \ln \left(\frac{l_1}{l_0} \right)$$

Silindir'de

$$\varphi_3 = \ln \left(\frac{h_1}{h_0} \right)$$
$$\varphi_3 = \ln \left(\frac{r_1}{r_0} \right) = \varphi_2$$

Hacmin sabitliği kuralı

Homojen yapıldığı farzedilen bir deformasyon işleminde küb'ün hacmi sabit kabul edilir ve $V = V_0$ yazılır.

$$V = h_1 \cdot b_1 \cdot l_1 = h_0 \cdot b_0 \cdot l_0$$

Buradan

$$\left(\frac{h_1}{h_0}\right) \cdot \left(\frac{b_1}{b_0}\right) \cdot \left(\frac{l_1}{l_0}\right) = 1 \quad \text{yazılır.}$$

Her iki tarafın Ln' i alınırsa ;

$$\ln\left(\frac{h_1}{h_0}\right) + \ln\left(\frac{b_1}{b_0}\right) + \ln\left(\frac{l_1}{l_0}\right) = 0 \quad \text{olur.}$$

Son olarak ta ;

$$\varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = 0 \text{ or } \sum \varphi = 0 \quad \text{yazabiliriz.}$$

Sonuçta küp, h yüksekliğinde azalma olurken, b ve l eksenlerinde artış olmuş tüm şekil değişimi gözönüne alındığında (+)'lar ile (-)'ler toplamı sıfırlanmıştır.

PROBLEMLER

PROBLEM-1

1)- Bir çekme deney çubuğunun başlangıçtaki boyu $l_0=50$ mm ve çapı $D_0=4$ mm , deney sırasında ölçülen maksimum yük 10 kN (10 000 N= 1000daN= $k_p = 1$ ton), ölçü boyunun son uzunluğu $l=80$ mm, büzülme bölgesinin en küçük çapı $D=3$ mm'dir.

- Çekme mukavemetini?
- % kopma uzamasını?
- %kopma büzülmesini? hesaplayınız?

CEVAP

- $\sigma_{çek} = F / A_0 = 1000 \text{ daN} / (\pi \cdot 4^2 / 4) \text{ mm}^2$
 $= 79,6 \text{ k}_p / \text{mm}^2$
- $\% \varepsilon_{müh} = (80-50) / 50 \cdot 100 = \% 60$
- $\% \psi = [(\pi \cdot 4^2 / 4) - (\pi \cdot 3^2 / 4)] / (\pi \cdot 4^2 / 4)$
 $= \% 43,8$

2)- Mukavemet katsayısı $K= 700 \text{ N/mm}^2$ ve pekleşme üsteli $n=0,5$ olan bir malzemenin ;

- Müh. Çekme mukavemeti nedir?
- Gerçek çekme mukavemeti nedir?

CEVAP ; a)-Çekme mukavemeti maksimum olduğu anda n ve $\varepsilon=n=0,5$ olur.

Gerçek çekme mukavemeti σ_{ger} ;

$$\sigma_{ger} = K \cdot \epsilon^n = 700 \cdot (0,5)^{0,5} = 495 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

Deney çubuğunun maksimum yük'teki kesiti A ile gösterilirse ;

$$L_n (A_0/A) = n=0,5 \text{ ile ifade edilir. Buradan}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-0,5} \text{ yazılır.}$$

Buradan da maksimum yük ;

$$F_{max} = \sigma_{ger} \cdot A = \sigma_{ger} \cdot A_0 \cdot e^{-0,5} \text{ yazılır.}$$

Mühendislik çekme dayanımı ;

$$\sigma_{müh} = F_{max} / A_0 = \sigma_{ger} \cdot e^{-0,5} \text{ yazılır.}$$

$$\sigma_{müh} = 495 \cdot (1/e^{0,5}) = 495 \cdot (1/2,7^{0,5})$$

$$\sigma_{müh} = 495 \cdot (1/1,64) = 495 \cdot (0,60)$$

$$\sigma_{müh} \approx 300 \text{ N/mm}^2 \text{ olur.}$$

3)- Yüksekliği 40 mm olan bir silindir parça, düzlemsel takımlarla basılmaktadır. Takım hızı $V = 0,1$ m/s dir. Şekil değiştirme hızı ($\epsilon_{müh}$) nedir?

CEVAP

$$\epsilon_{müh} = V / h_0 \text{ idi}$$

$$= 0,1 / 0,040 = -2,5 \text{ s}^{-1} \text{ olur.}$$

4)- Yüksekliği 40 mm olan bir silindir parça, düzlemsel takımlarla basılmaktadır. Takım hızı $V = 0,1$ m/s dir. Silindir yüksekliği 10 mm'ye indiği andaki gerçek şekil değiştirme hızını (ϵ_{ger}) hesaplayınız?

$$\epsilon_{ger} = V / h = -0,1 / 0,010 = -10 \text{ s}^{-1} \text{ olur.}$$

5)- Oda sıcaklığında büyük ölçüde şekil değiştirdikten sonra çelik bir parçanın BRİNELL sertliği $HB = 300 \text{ kgf/mm}^2$ bulunmuştur. Malzemenin **REZİLYANS MODÜLÜ'** nü bulun?

CEVAP ;

Bu problem de şu bilgi önceden bilinmelidir. Malzeme oda sıcaklığında büyük ölçüde şekil değiştirdi ifadesinden TAM PLASTİK bir malzeme olduğu anlaşılıyor. Tam plastik malzemenin de akma mukavemeti ile HB arasında $\sim (HB / 3) = \sigma_{ak}$ ilişkisi vardır. Buradan σ_{ak}

$$\sigma_{ak} = 300 / 3 = 100 \text{ kgf / mm}^2 \text{ olur.}$$

Çelik için ;

Elastiklik modülü $E = 20\,000 \text{ kgf / mm}^2$ alınırsa

$$U_R = (\sigma_{ak} \cdot \epsilon_{ak}) / 2 \text{ idi.}$$

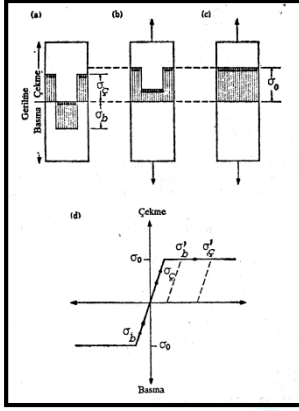
$$\epsilon_{ak} = \sigma_{ak} / E \text{ dir. Denklemden yerine konursa;}$$

$$U_R = (\sigma_{ak}^2) / 2E \text{ olur.}$$

$$= (100^2) / 2 \cdot 20\,000$$

$$= 0,25 \text{ kgf .mm / mm}^3 \text{ olur}$$

6)- Uzunluğu 0,25 mm olan (Al) dan bir parçada çeki gerilmesi $\sigma_{çek} = 140 \text{ MPa}$, bası gerilmesi de $\sigma_{bas} = - 140 \text{ MPa}$ dır.“**Artık gerilme**”lerin giderilmesi amacıyla parçaya çeki gerilmesi uygulanacaktır.Yük kaldırıldığında “artık gerilme”lerin tamamen ortadan yok olması isteniyor. Acaba çekmede parçanın uzunluğu hangi değeri almalıdır? (Malzemenin $\sigma_{ak}=150 \text{ MPa}$, $E=70 \text{ GPa}$ ‘dır.)



Açıklama : “Artık gerilmeler” ek plastik şekil değiştirme ile giderilirler.Levhaya üniform bir çeki gerilmesi uygulanırsa önceki $\sigma_{çek}$ ve σ_{bas} gerilmeleri en fazla σ_{ak} ya erişirler. Eski $\sigma_{çek}$ ve σ_{bas} değerleri σ_b ve σ_c olunca ve yük kalkınca “**artık gerilme**” yok olur.

CEVAP : Homojen çekme yapıldığında bası gerilmesi de -140 MPa dan $+ 140 \text{ MPa}$ ‘ gelecek.Sonra bu iki gerilme bası ve çeki birbirini yok etti ancak yük kalktığında tekrar oluşmaması için akma gerilmesine kadar uzamanın devamı gerekir.

Yani ; $\epsilon_{müh} = (\sigma_{bas}/E) + (\sigma_{ak}/E)$ kadar toplam uzama lazımdır.

$$\epsilon_{müh} = (140/E) + (150/E)$$

$$\epsilon_{müh} = (140/70.10^3) + (150/70.10^3)$$

$$\epsilon_{müh} = 0,00414$$

Parçanın yüklü durumundaki uzunluğu (l) ile gösterilirse;

$$\epsilon_{müh} = (l - l_0) / l_0 = (l - 0,25) / 0,25 = 0,0044$$

$$l = 0,251 \text{ m bulunur.}$$

7)- 508 mm çapında ve 2,5 mm et kalınlığında ince cidarlı bir küre (p) iç basıncının etkisi altındadır.Akma sınırı $\sigma_{ak}=14 \text{ kgf / mm}^2$ olan küre malzemesi tam plastik kabul edilmektedir. Akmaya yol açacak (p) iç basıncı **TRESCA** ve **VON MİSES** e göre hesaplayınız?

CEVAP : D : çap s : et kalınlığı ve $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ olduğu varsayılırsa

$\sigma_1 = \sigma_2 = (p.D)/4s$ İnce cidarlı küre için bağıntısı vardır. En küçük asal gerilme σ_3 , (D/2s) oranının büyük olması nedeniyle ihmal edilirse yani $\sigma_3 = 0$ alınırsa

durumda **TRESCA kriteri** $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_{ak}$ ‘ dan ;

$$(p.D) / 4s - 0 = 14 \text{ yazılır.}$$

$$(p.508) / 4 . 2,5 - 0 = 14 \text{ den}$$

$$p = 0,275 \text{ kgf / mm}^2 \text{ bulunur.}$$

Von MİSES’ e göre

$$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = 6 k^2 \text{ veya}$$

$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = 2 \sigma_{ak}^2$ şeklindedir.

$\sigma_1 = \sigma_2$ ve $\sigma_3 = 0$ yazılırsa

$$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - 0)^2 + (0 - \sigma_1)^2] = 2 \sigma_{ak}^2$$

$$0 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2 = 2 \sigma_{ak}^2$$

$$2 \sigma_1^2 = 2 \sigma_{ak}^2$$

$$2[(p.D/4.s)]^2 = 2.(14)^2$$

$$2[(p.508/4.2,5)]^2 = 2.(14)^2$$

$p = 0,275 \text{ kgf/mm}^2$ bulunur.

8)-Başlangıç kesiti $A_0 = 36 \text{ mm}^2$, ilk boyu $l_0 = 50 \text{ mm}$ olan bir çelik tel için çekme deneyi sırasında aşağıdaki okumalar yapılmıştır.

<u>YÜK(Kgf)</u>	<u>Uzama(Δl) mm</u>
725	0
1125	0,5
1350	2,0
1625	5,0
1900	10,0
2050	15,3
2100 (Büzülme başl.)	22,0
1500 (kopuyor)	24,9

$A_{kınl} = 10,3 \text{ mm}^2$ dir. Gerçek eğriyi çiziniz?

ÇÖZÜM : Gerçek gerilme $\sigma_{ger} = (F/A)$

Maksimum yük'e kadar gerçek uzama : $\epsilon_{ger} = Ln (l/l_0)$

Kopmada gerçek uzama : $\epsilon_{ger} = Ln (A_0 / A)$

Maksimum yük'e kadar : $l = l_0 + \Delta l$

Hacim sabitliğinden : $V_0 = V$

$$A_0 l_0 = A l$$

$A = (36.50) / (l)$ ifadelerinden

Δl (mm)	l (mm)	ϵ	A (mm ²)	σ (Kgf/mm ²)
0	50	0	36	20
0,5	50,5	0,01	35,64	31,6
2,0	52	0,039	34,62	39
5,0	55	0,095	32,73	49,65
10,0	60	0,182	30	63,3
15,3	65,3	0,267	27,57	74,4
22,0	72	0,365	25	84
24,9	74,9	0,404	24	62,5

9)-Akma sınırı 20 kp/mm² olan bir çelikten küre biçiminde ve 5 m iç çapında bir gaz deposu imal edilecektir.

a)- Basınç dolayısıyla meydana gelen asal normal gerilmeleri belirtin?

b)- Plastik şekil değişiminin 16 kp/mm² gaz basıncında başlaması için cidar kalınlığı(et kalınlığı) ne kadar olmalıdır?

CEVAP :

a)- Basıncılı kaplarda etkiyen basınca ve kabın durumuna göre küre kap için $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_r = (D.p)/4s$ $\sigma_3 = \sigma_t = -p$ formülleri geçerlidir.

b)-Maksimum kayma gerilmesi(**Tresca**'ya göre)

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_{ak} = 2k \text{ formülünü uygularsak}$$

$$(D.p)/4s - (-p) = \sigma_{ak} \text{ yazabiliriz. Değerler yerine konulursa}$$

$$[(5000 \text{ mm} \cdot 0,16 \text{ kp} / \text{mm}^2) / 4.s + 0,16] = 20 \text{ kp/mm}^2$$

Buradan $s = 10 \text{ mm}$ bulunur.

