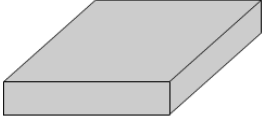


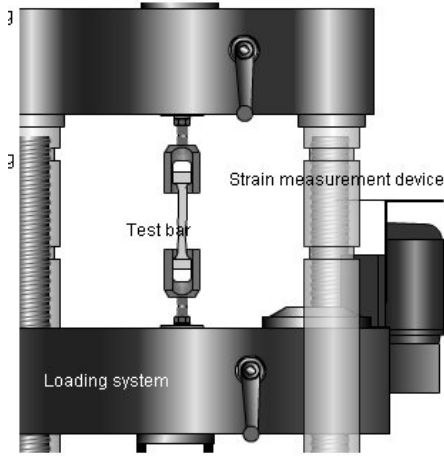
ÇEKME DENEYİ TESTİ

ÇEKME DENEYİ EĞRİSİ : Plastik şekil verme en iyi çekme deneyi eğrisi ile açıklanır.

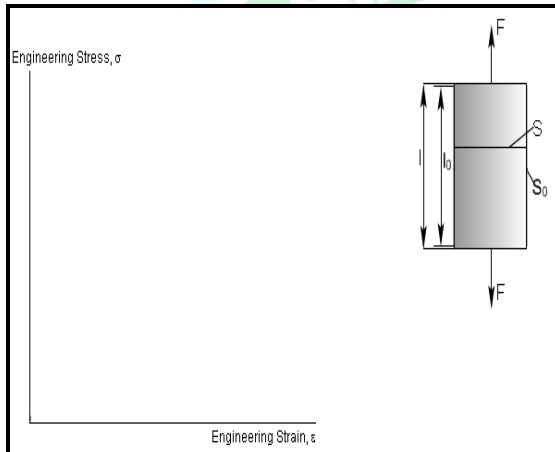
1)-Numune hazırlama



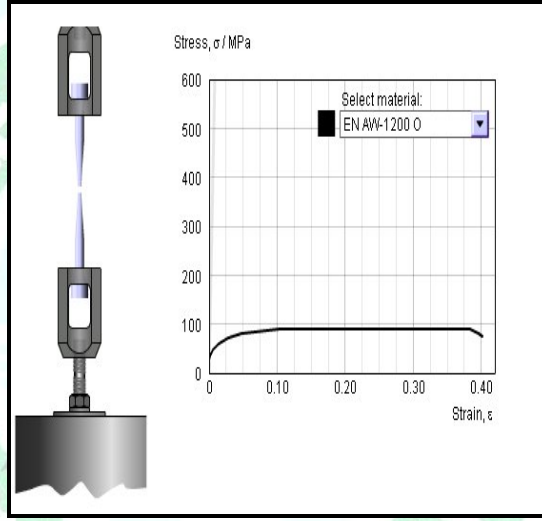
2)-Çekme deneyinin yapılışı



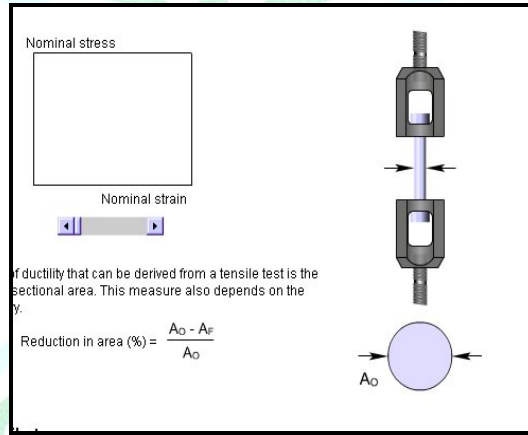
3)- Çekme deneyi eğri çizimi



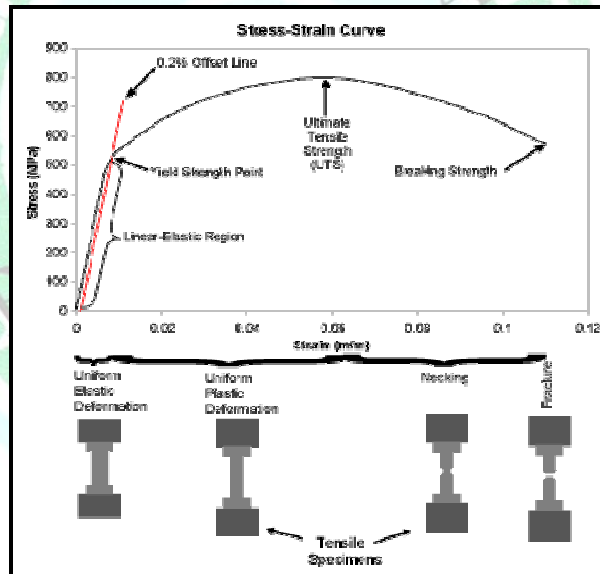
4)- Değişik (Al) alaşımları için çekme deneyi eğrileri



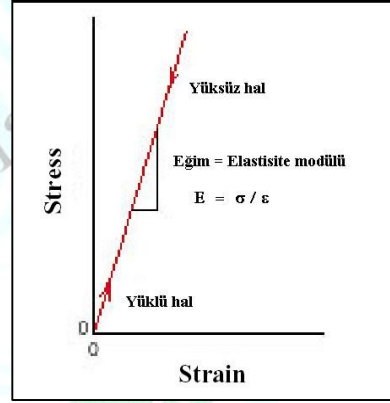
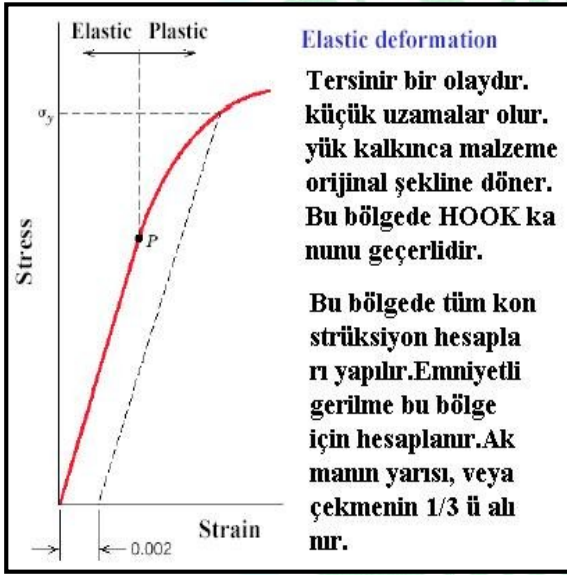
5)- Kesit azalmasının eğri çizimi ile gösterilmesi



MÜHENDİSLİK EĞRİSİ ÇİZİMİ : Bu eğri, yüklerin ilk kesite A_0 a bölünmesi ile çizdirilir.



Çekme eğrisinin bölümleri : ELASTİK BÖLGE



ÖNEMLİ UYARI !!!!!

ELASTİK BÖLGE :

ANELASTİCİTY (Elastik deformasyonun zamana bağımlılığı)

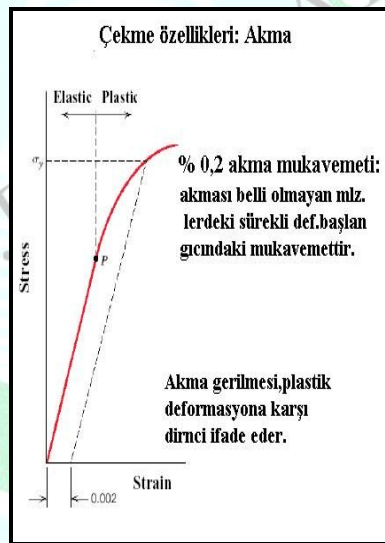
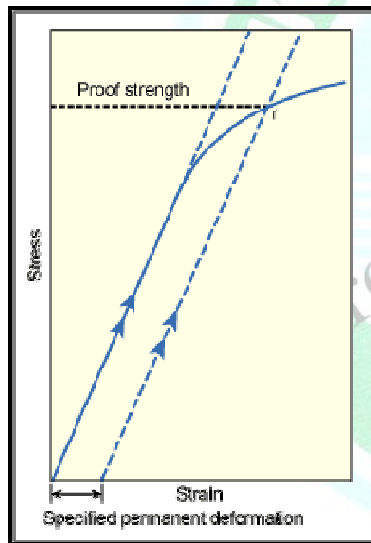
- Şimdiye kadar metal malzemeler için elastik deformasyon zamandan bağımsız farzedildi.

Oysa gerçekte, elastik deformasyon zamana bağlıdır. İlk yüklemekten sonra yükte gevşeme olur.Malzemenin bu davranışına ANELASTİSİTE adı verilir.

- Anelastisite'nin etkisi metallerde normalde çok küçüktür. Fakat **plastikler** için çok çok önemli olabilir.
- Buna **VİSCO-ELASTİK DAVRANIŞI** denir.

% 0,2 AKMA MUKAVEMETİ (Proof strength)

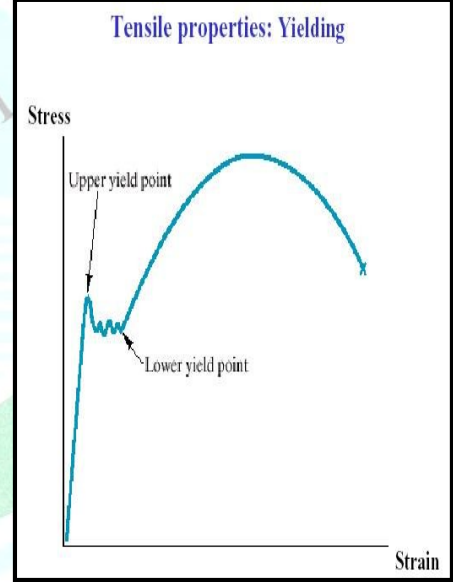
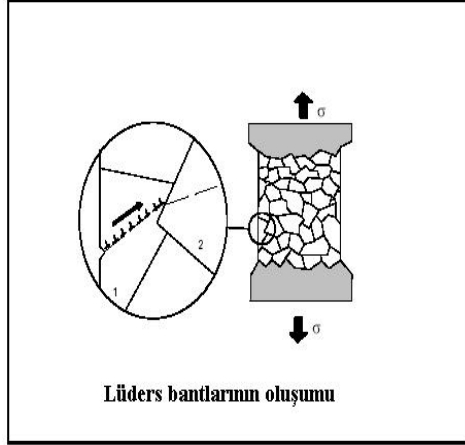
Akması belli olmayan malzemeler için kullanılan mukavemet terimidir.



AKMA OLAYI VE AKMA MUKAVEMETİ

Düşük "C" lu bir çelik te bir üst akma, bir alt akma noktası gösterir. Akma gerilmesi olarak enalt akma gerilmesini esas alır. Akma olayın da inip çıkımlar dislokasyon hareketlenmesi ve engellenmelerin aşılması sebebiyledir.

$$\sigma_{ak} = F_{ak} / A_0$$



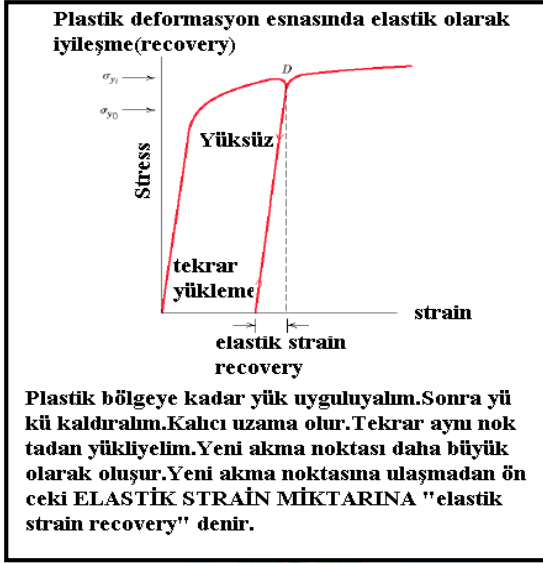
AKMA OLAYI VE AKMA MUKAVEMETİ

Yumuşak çelik ve Al-Mg alaşımları gibi malzemelerde, numune gerilmeye uğradığı zaman, "C" ve "N" atomları dislokasyonların hareketini sınırlayıp engel olurlar. Dislokasyonlar hareket etmek ister, fakat engel sebebiyle daha fazla gerilmeye ihtiyaç duyarlar. Dislokasyonlar uygulanan yük eksenine ile 45-50° lik açı yapacak şekilde tırmanırlar. Engel aşıldığında aniden boşluğa düşerler. İnce saç'larda bu durum yüzeyde kabarıklık şeklinde görünür. Bu olay **AKMA BAŞLANGICI**'nda görülür.

Bunlar BÖLGESEL homojen olmayan düzensiz akma sebebiyle oluşurlar. Ve genellikle ;

LÜDERS BAND'ları,

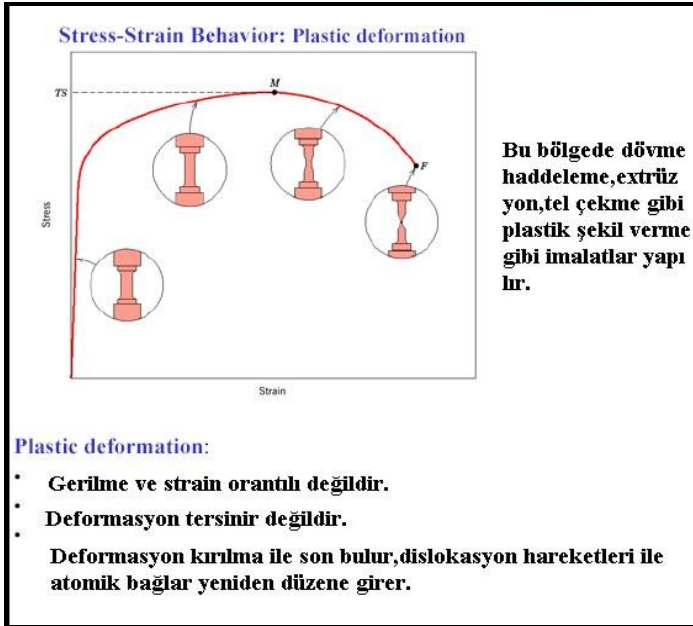
HARTTMAN ÇİZGİ'leri , **PIOBERTÇİZGİ**'leri, **STRETCHER ÇİZGİ**'leri olarak adlandırılırlar



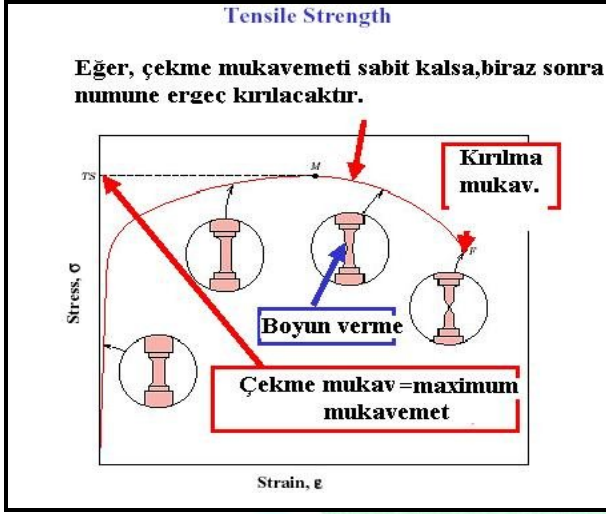
ELASTİK OLARAK İYİLEŞME=(Elastic strain recovery)

Bu olay saçların şekillendirilmesinde geri yaylanma olarak bilinir.Pekleşme katsayısı (n) ile alakalıdır.

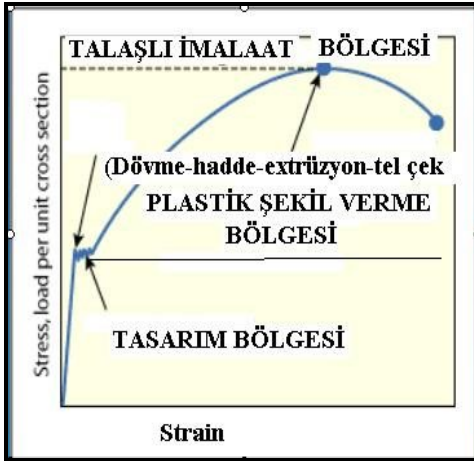
PLASTİK BÖLGE :



Çekme mukavemeti



Çekme deneyi eğrisini 3 farklı iş için kullanırız. Kullanılan bölgeler aşağıda gösterilmiştir.



ÇEKME DENEYİ EĞRİSİNDEN FAYDALANARAK YAPILAN HESAPLAMALAR

Maximum çekme mukavemeti :

$$\sigma_{\max} = F_{\max} / A_0$$

Kopma mukavemeti :

$$\sigma_{\text{kop}} = F_{\text{kop}} / A_0$$

% Kesit daralması :

$$\psi \% = (A - A_0) / A_0 * 100$$

% Uzama miktarı :

$$\% \epsilon = (L - L_0) / L_0$$

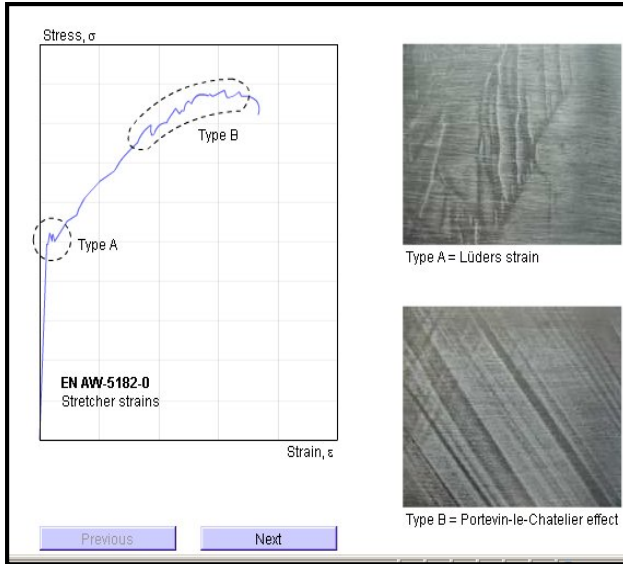
FARKLI MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

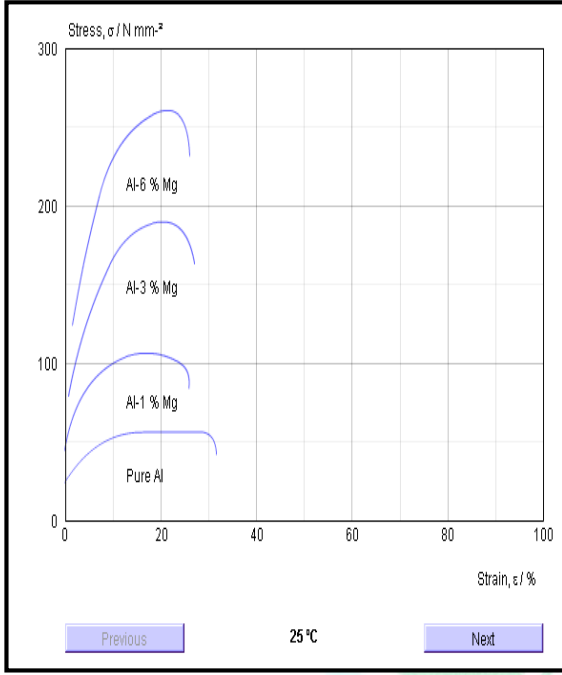
Metal&alaşım	Malzemelerin mekanik özellikleri		
	Akma muk. MPa (ksi)	Çekme muk. MPa (ksi)	% Uzama= sünelilik [in 50 mm (2 in.)]
Aluminum	35 (5)	90 (13)	40
Copper	69 (10)	200 (29)	45
Brass (70Cu-30Zn)	75 (11)	300 (44)	68
Iron	130 (19)	262 (38)	45
Nickel	138 (20)	480 (70)	40
Steel (1020)	180 (26)	380 (55)	25
Titanium	450 (65)	520 (75)	25
Molybdenum	565 (82)	655 (95)	35

Malzemelerin akma ve çekme mukavemetleri önceden yapılan ısıl işlem, içlerindeki impüriy seviyeleri ve ısıya maruz kalmaları sebebiyle değişir. Bu değişiklik, malzeme içersindeki dislokasyonların davranışları sebebiyledir. Yalnızca (E), bunlardan etkilenmez. Akma, çekme ve (E), artan sıcaklıkla azalır, sünelilik ise % uzama artan sıcaklıkla artar.

Normal ve tırtıklı akma terimleri : Aşağıda normal ve tırtıklı akma arasındaki farkı göreceksiniz.

Normal ve tırtıklı akma terimleri : Diyagramlarda normal ve tırtıklı akma arasındaki farkı görmekteyiz. Tırtıklı akma, homojen def. nun olduğu bölgede oluşmaktadır. "PORTEVİN-LE-CHATELIER" kısaca (PLC) etkisi olarak bilinir. Düşük "C" lu çelik ve oda sıcaklığında zorlama ile çatlak oluşturmaya meyilli (Al-%2,5 Mg) alaşımlarının belli deformasyon hız ve belli sıcaklıklarda şekil değiştirirken homojen def. bölgesinde bir çeşit PLASTİK HOMOJENSİZLİK görülür. Buna "PLC etkisi" denir. İşlem esnasında oynak olan dislokasyonların, diğer dislokasyonlar tarafından engellenmeleri sonucu "KESİK KESİK" hareket etmeleri sonucu oluşur. Bu tırtıklar gerilme çentikleri görünümündedirler.



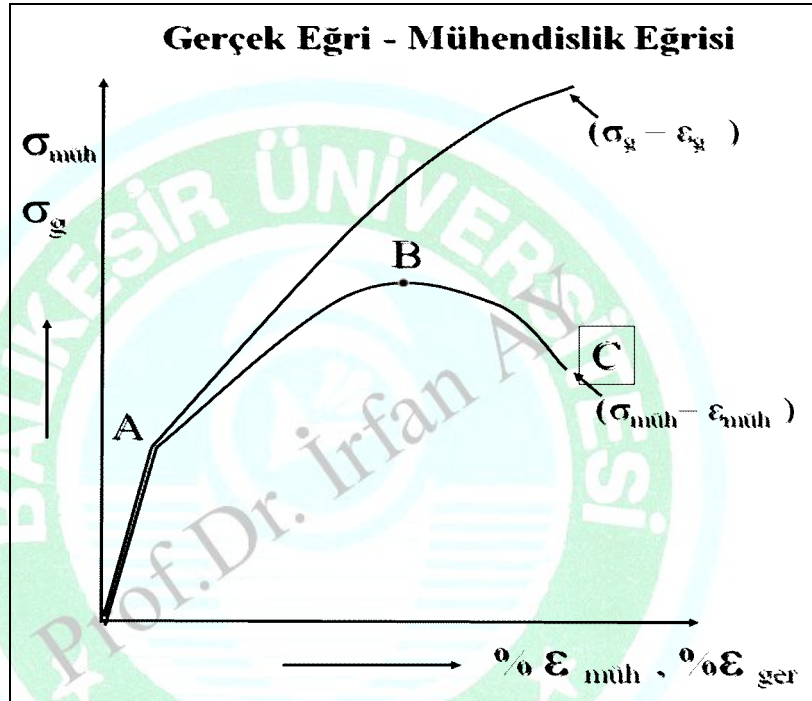
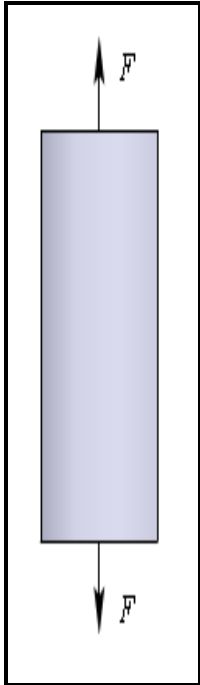


Sıcaklığın çekme eğrisi üzerindeki etkileri :

- Artan sıcaklıkla :
- Gerilme azalır.
- uzama artar.
- Tırtıklı akma azalır

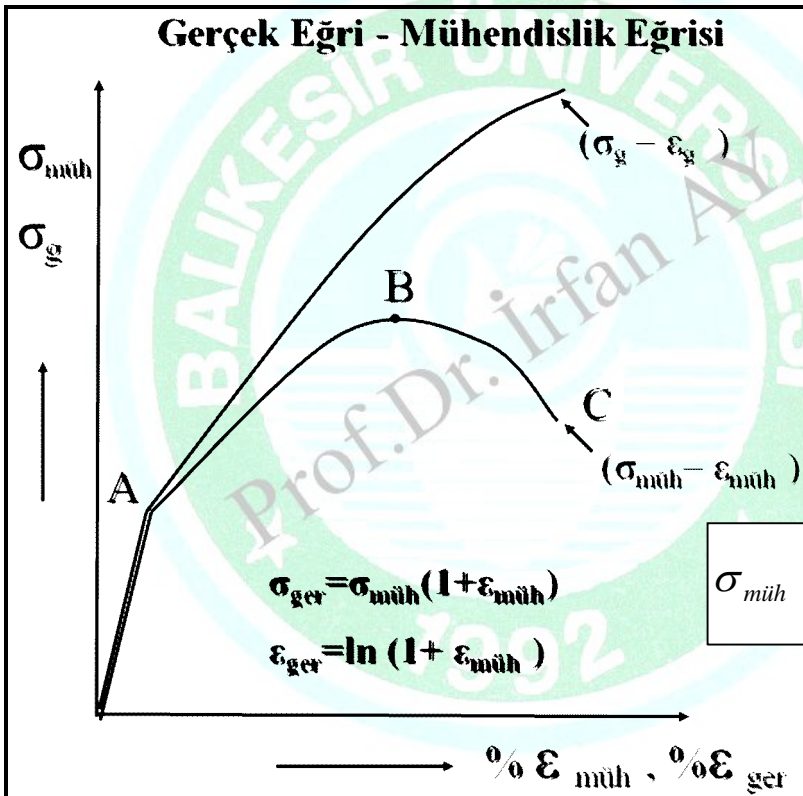
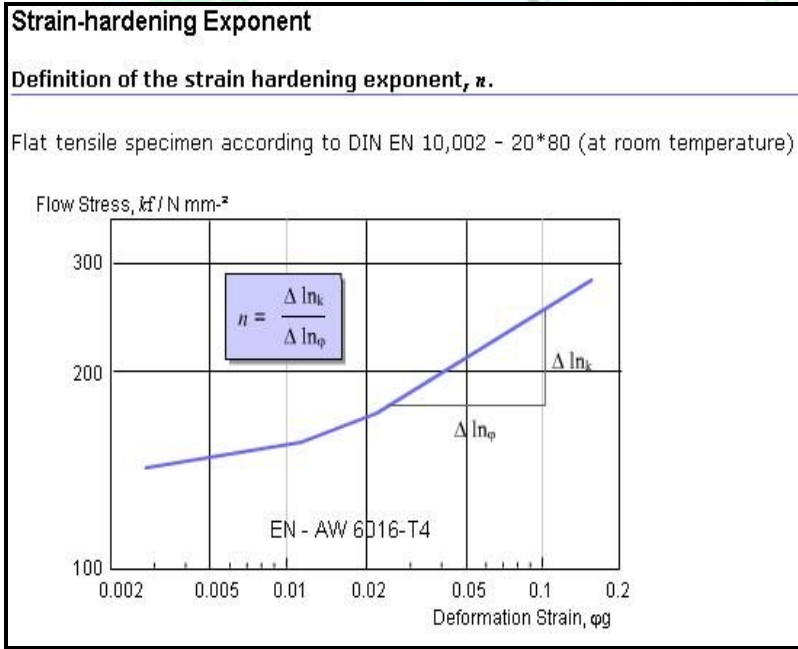
GERÇEK ÇEKME EĞRİSİ

Gerçek eğri – Mühendislik eğrisi



GERÇEK GERİLME-GERÇEK STRAİN EĞRİSİNİN ÖNEMİ : Gerçek eğri, mühendislik eğrisinden faydalanılarak çıkartılır.Bu eğrinin çıkartılışında yükler o anki ki gerçek kesitlere bölünür.Gerçek eğri **pekleşme katsayısının (n)** bulunması için gereklidir.Bu katsayı, parça serviste çalışırken malzemenin mukavemetli olmasına yol açan pekleşme ile ilgili bir malzeme özelliğidir. **Dislokasyon karışıklıkları ve kitlenmeleri** sonucu plastik deformasyonla mukavemette artış olur.Güçlü bir pekleşme olması,malzemenin uzamasının sınırını bilmemize yardımcı olur.Bundan dolayı şekil verme proseslerinde çok önemlidir.**Pekleşme**,plastik bölgenin homojen şekil değiştirmenin olduğu kısımda uygulanır.

Pekleşme üsteli (n): : Dislokasyon hareketini,zorlaştıran engel olan herşey malzeme mukavemet artışına sebep olur.



Mühendislik Gerilmesi

$$\sigma_{müh} = \frac{F}{A_0}$$

Mühendislik Birim Şekil Değişirme

$$\epsilon_{müh} = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - \frac{L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1$$
$$\left[\epsilon_{müh} + 1 = \frac{L}{L_0} \right]$$

Gerçek Gerilme

$$\sigma_{ger} = \frac{F_g}{A_g}$$

Gerçek Birim Şekil Değişirme

$$\epsilon_g = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \left| \ln L \right|_{L_0}^L = \ln L - \ln L_0 = \ln \left(\frac{L}{L_0} \right)$$

ϵ_{ger} ile $\epsilon_{müh}$ Arasındaki İlişki

$$\left[\epsilon_{müh} + 1 = \frac{L}{L_0} \right]$$

1 Bulmuştuk

$$\epsilon_g = \ln \left(\frac{L}{L_0} \right)$$

2 Bulmuştuk

İki nolu denklemden L/L_0 ' in yerine değeri yazılırsa

$$\epsilon_g = \ln(\epsilon_{müh} + 1) \text{ Bulunur.}$$

$$\sigma_{müh} = \frac{F}{A_0}$$

1 Bulmuştuk

$$\sigma_{ger} = \frac{F_g}{A_g}$$

2 Bulmuştuk

Hacim sabitliği ifadesinden ($V_0 = V$) değerler yerine yazılırsa

$$L_0 \cdot A_0 = L \cdot A \text{ olur. Her iki taraf } L \text{ ye bölünürse}$$
$$\frac{L_0 \cdot A_0}{L} = \frac{L \cdot A}{L} \text{ A'nin değeri bulunur. 2 de yerine konursa}$$
$$\sigma_g = \frac{F}{L_0 \cdot A_0} = \frac{F}{A_0} \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right) \text{ olur.}$$
$$\text{Buradan } \left[\sigma_g = \sigma_{müh} \cdot (\epsilon_{müh} + 1) \right] \text{ bulunur.}$$

Mühendislik Uzaması ile Gerçek Uzama Arasındaki İlişkinin Matematiksel Olarak Tespiti

$\epsilon_{müh}$	0.01	0.05	0.20	1	2	5	10
ϵ_g	0.01	0.048	0.18	0.69	1.1	1.8	2.4

$$\sigma_g = \sigma_{müh} \cdot (\epsilon_{müh} + 1)$$

(ϵ_{ger}) ile % ψ arasındaki ilişki

Gerçek uzama $\epsilon_{ger} = L_n(L/L_0)$ şeklindedir. Hacim sabitliği ifadelerinden $A_0 \cdot L_0 = A \cdot L$, $L/L_0 = A_0/A$ olur. Yerine yazarsak $\epsilon_{ger} = L_n(A_0/A)$ olur. $\Psi = (A_0 - A) / A_0$ idi.

$\Psi = 1 - A/A_0$ yazılır. $A/A_0 = 1 - \Psi$ yazılır. A/A_0 ters yazarsak $A_0/A = 1/(1-\Psi)$ olur. ϵ_{ger} de değeri yerine koyarsak ; $\epsilon_{ger} = L_n(1/(1-\Psi))$ yazılır.

($\epsilon_{müh}$) ile % ψ arasındaki ilişki

En son müh. uzamasını ($\epsilon_{müh}$) ile gerçek uzama arasındaki ilişki $\epsilon_{ger} = L_n(1 + \epsilon_{müh})$ olarak bulmuştuk. $\epsilon_{ger} = \epsilon_{ger}$ eşitlenirse $L_n(1 + \epsilon_{müh}) = L_n(1/(1-\Psi))$ yazılır. L_n 'ler gider buradan ;

$1 + \epsilon_{müh} = 1/(1-\Psi) = \text{olur.}$ $\epsilon_{müh}$ 'liği yalnız bırakırsak $\epsilon_{müh} = 1/(1-\Psi) - 1$ paydalar eşitlenirse

$$\epsilon_{müh} = 1 - (1 - \Psi) / (1 - \Psi) = \Psi / (1 - \Psi) \text{ olur.}$$

$$\epsilon_{müh} = \Psi / (1 - \Psi) \text{ olarak bulunur.}$$

Gerçek Çekme Diyagramı Mühendislik Çekme Diyagramı Gibi Bir Maksimumdan Geçmez

Dairesel kesitli çubuklarda gerçek şekil değiştirmenin çubuğun o anındaki çapının ölçülmesi ile hesaplanabileceği aşağıdaki denklemden görülür.

$$A_0 \cdot L_0 = A \cdot L$$

$$\epsilon_g = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right) = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = 2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)$$

GERÇEK EĞRİ İLE MÜHENDİSLİK EĞRİSİ ARASINDAKİ FARKLAR NELER ?

1)- Mühendislik eğrisi deformasyon işini gerçek anlamda göstermez. Çünkü kesit ilk ve son durum alınıyor.

2)- Mühendislik eğrisi YANILGIYA düşer. Şöyle ki ;

Silindirik bir çubuğu çekelim ve ilk uzunluğun 2 katına çıkartalım. Uzama % 100 olur değil mi?

$$\epsilon_{müh} = (2L_0 - L_0) / L_0 = 1.0$$

- Aynı büyüklükte (% 100) $\epsilon_{müh}$ 'ü ters yönde basma ile yapmak istesek ; İlk bakışta uzunluğun sıfıra inmesi akla gelir değil mi?

$$\epsilon_{müh} = - (L_o - 0) / L_o = - 1.0$$

- Oysa mantıklı olan ilk uzunluk basma yolu ile yarı-yarıya indirilirse aynı büyüklükte fakat ters işaretli olarak % 100 şekil değiştirme sağlanır.
- Oysa **gerçek eğride** bu olay ;

% 100 çekme işleminde $\epsilon_{ger} = \ln (2L_o / L_o) = \ln 2$ olur.

% 100 basma işleminde $\epsilon_{ger} = \ln ((L_o/2)/L_o) = \ln(1/2)$
 $= \ln(2-1) = - \ln 2$ olur.

Gerçek eğri yanlıgı yapmaz.

3)- **Gerçek eğri**, her kademedede yapılan birim şekil değiştirmelerin toplanabilir olduğunu gösterirken **mühendislik eğrisi** bu özelliği vermez.Nasıl mı? Şöyle ;

Müh. eğrisinde ; L_o (örnek 10 cm olsun) uzunluğunda bir çubuk 1.kez %20 uzatılsın. sonuç ne olur? $1.2 L_o$ olur değil mi!! (yani 12 cm) 2.kez $1.2L_o$ (12 cm' lik) çubuğu %20 uzatılsın.sonuç ne olur?..

. $1.44 L_o$ olur,yani (14.4 cm).Her iki kademe sonunda toplam uzama % 44 değil mi ? Yani 10 cm 'lik çubuk 14,4 cm olmuşsa % 44 uzamış demektir.

Halbuki her kademedede %20 + %20 = %40 olmalıydı .

Aynı işlemi gerçek eğride yaparsak ; L_o (örnek 10 cm olsun) uzunluğunda bir çubuk 1.kez %20 uzatılsın.sonuç ne olur? $\epsilon_{ger} = \ln (1,2 L_o/L_o) = \ln(1,2) = 0,18 = \%18$ yani $1,18 L_o =$ gerçekte %18 uzama ile (11,8 cm) olur. 2.kez $1.18 L_o$ (11,8 cm'lik) çubuğu %20 uzatılsın.sonuç ne olur? yani (14,16 cm) olur. 2.kez de gerçekte %18 uzamakla toplam :

$$\epsilon_{ger} = \ln (1,36 L_o / L_o) = \ln(1,36) = 0,31 = \%31$$

Her iki kademe toplamı ;

$0,18 + 0,31 = 0,49$ olur. Bunun ilk çubuğa göre gerçek uzaması ise ; $\epsilon_{ger} = \ln (1,49 L_o/L_o) = \ln(1,49)$

$$\epsilon_{ger} = 0,40 \text{ bu ise } \% 40 \text{ uzatmayı sağlar.}$$

$$\%20 + \%20 = \%40 \text{ sağlanır.}$$

4)- Mühendislik eğrinin tasarımında kullanımı, gerçek eğriden daha kolay ve güvenilirdir.Şöyle ki?

Tüm mühendislik hesaplamalarında emniyetli gerilme hesabı ya akma mukavemeti (2) ye bölünür ya da maksimum çekme mukavemeti (3) 'e bölünür.Her iki değer de birbirine çok yakındır.

Oysa aynı uygulamayı gerçek eğri için yaparsanız aynı katsayıları kullanamazsınız üstelik her durum için kesiti ölçüp hesaplayabilmelisiniz bu ise pratik değildir.