

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kĩ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

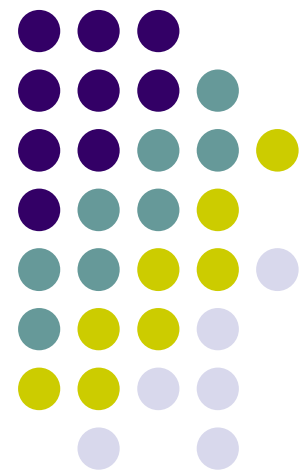
Trao i tr c tuy n t i:

http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html

CÔNG NGHỆ và KHOA HỌC VÀ TLI IC NG

Nguyễn Mạnh Tuấn

Chứng VI
C tính của Kim lo i





Mục Ích

- Nghiên cứu và lý giải hóa các tính chất cơ của kim loại – là loại vật liệu dùng rất phổ biến
- Nghiên cứu các vật liệu trong các ứng dụng khác nhau tác động của các loại ứng suất và ngoại lực
- Sử dụng biểu thức biến dạng và biến dạng các vật liệu nói chung của vật liệu
- Khái niệm về biến dạng đàn hồi và biến dạng không đàn hồi
- Các thông số và mối quan hệ của biến kéo, biến dãn, biến trượt
- Các khái niệm về biến dạng, ứng suất và các thông số an toàn





Issues to Address

ISSUES TO ADDRESS...

1. **Stress** and **strain**: What are they and why are they used instead of load and deformation?
ng su t và bi n d ng
2. **Elastic** behavior: when loads are small, how much deformation occurs? What materials deform least?
Bi n d ng àn h i
3. **Plastic** behavior: At what point to dislocations cause permanent deformation? What materials are most resistant to permanent deformation?
Bi n d ng d o
4. **Toughness** and **ductility**: What are they and how do we measure them?
b n và b n ch y

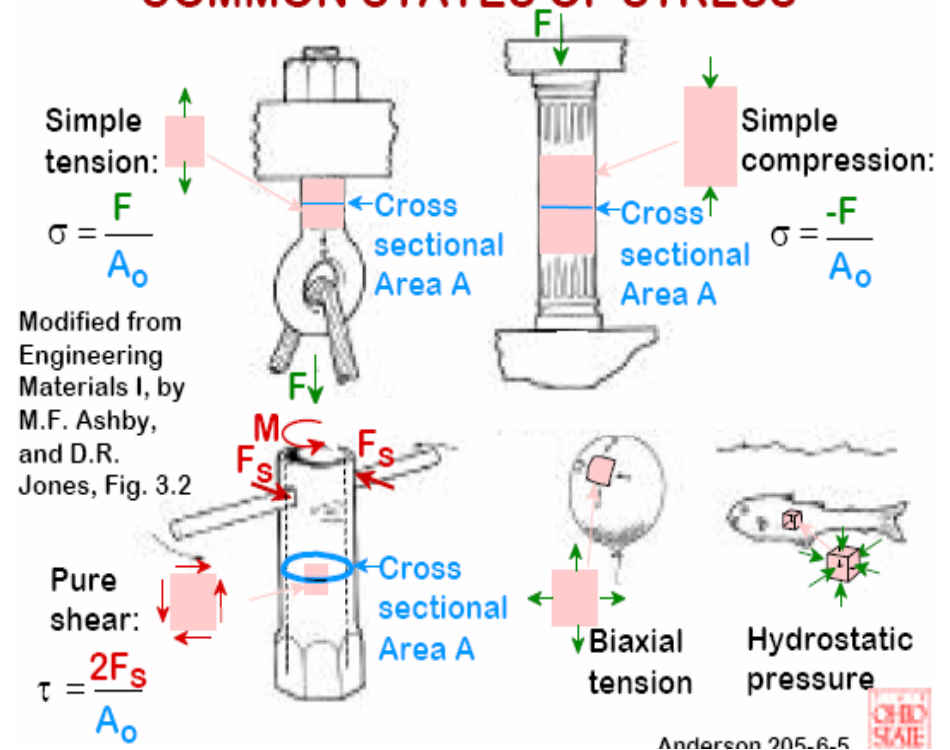


Nội dung

- ứng suất và biến dạng: khái niệm và các thông số sử dụng
- Biến dạng đàn hồi: khi tải trọng nhỏ, cho tới khi nào thì xuất hiện biến dạng không đàn hồi, vật liệu nào ít thay đổi
- Biến dạng dẻo: từ khi nào thì bắt đầu biến dạng không đàn hồi vì vậy, vật liệu nào bền nhất với biến dạng không đàn hồi
- Độ bền và độ bền chảy: khái niệm và cách xác định, so sánh

Các trạng thái ứng suất thông dụng

COMMON STATES OF STRESS



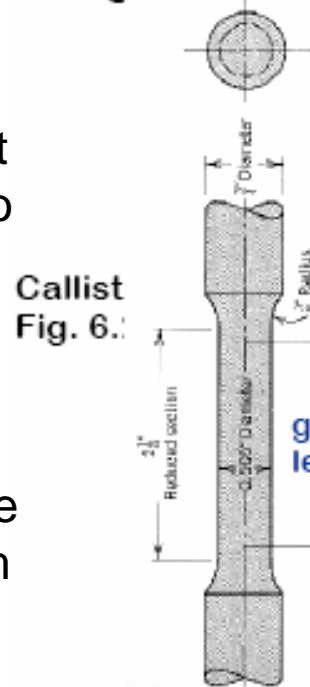


M u th b i n d n g k é o

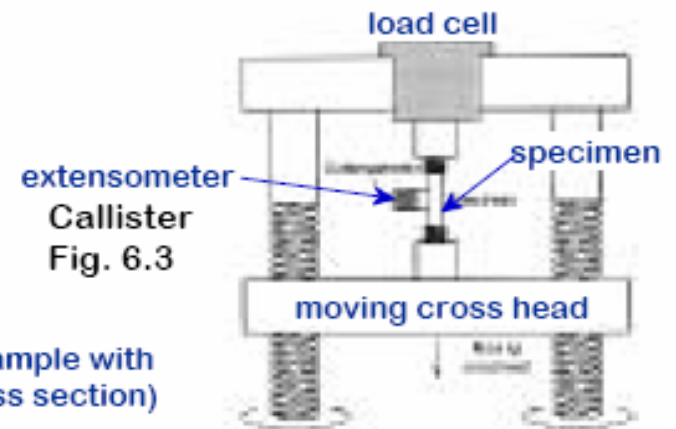
STRESS-STRAIN TESTING

- Đường kính mẫu thử thường khoảng 12.8 mm (0.5 in.), chiều dài ít nhất dài hơn 4 lần so với đường kính nêu trên, là khoảng 60 mm (2 ¼ in.)
- Chiều dài gauge thử là 50 mm

Typical tensile specimen



Typical tensile test machine



Other types of tests:

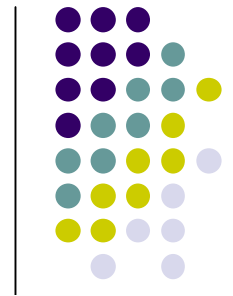
- compression-brittle materials (e.g., concrete)
- torsion-cylindrical tubes, shafts

ứng suất và

stress

biến dạng

strain

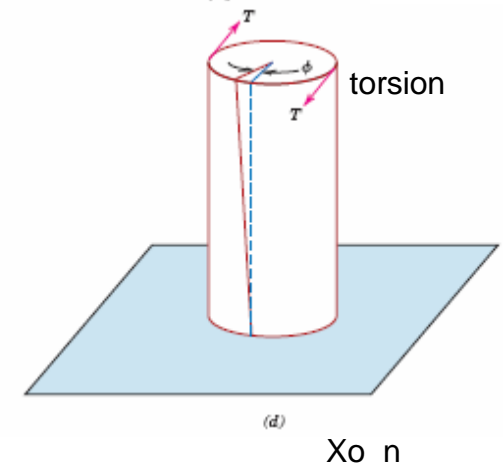
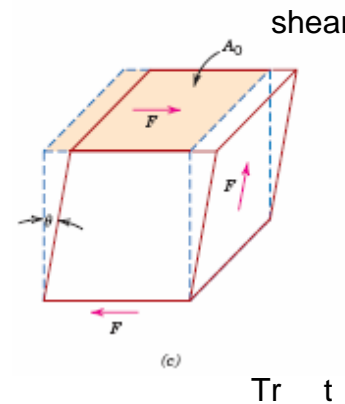
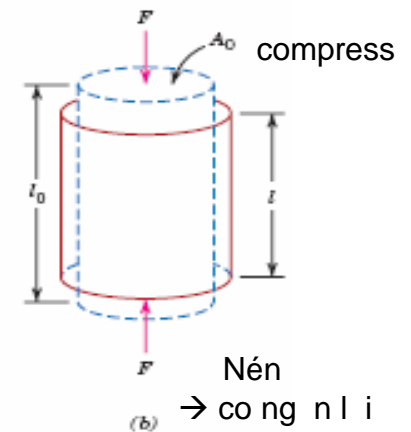
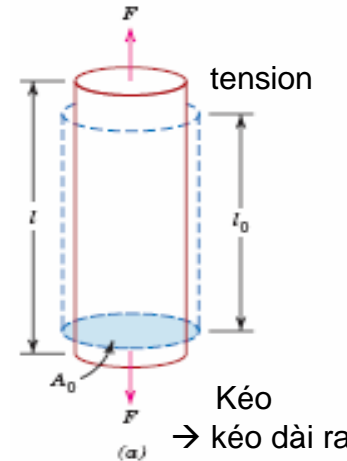


- Các mức biến dạng khi chịu tải nén, kéo, trượt và xoắn ...
- Ứng suất nén (kéo) ký hiệu σ và biến dạng kéo (nén) ký hiệu ϵ (dùng cho cả kéo và nén), với A_0 là diện tích trục khi biến dạng

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

$$\epsilon = \frac{l_t - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

- Trường hợp kéo dài ra ảnh hưởng \rightarrow biến dạng tuyến tính dương (positive linear strain)
- Trường hợp nén ngắn lại ảnh hưởng \rightarrow biến dạng tuyến tính âm (negative linear strain)

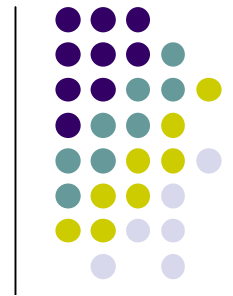


ứng suất và

stress

biến dạng

strain



- Các mức biến dạng khi chịu tải nén, kéo, trượt và xoắn ...

- Ứng suất trượt τ

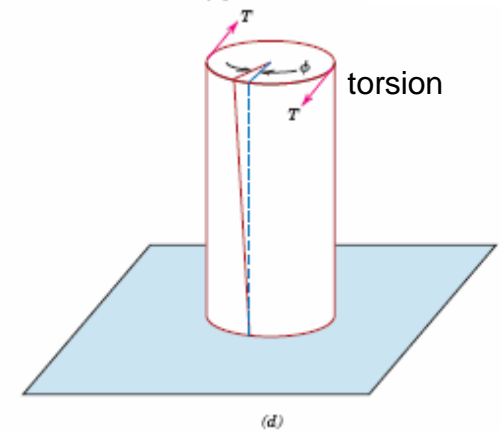
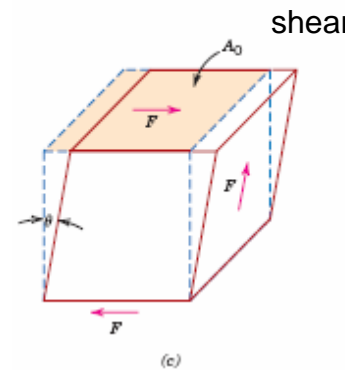
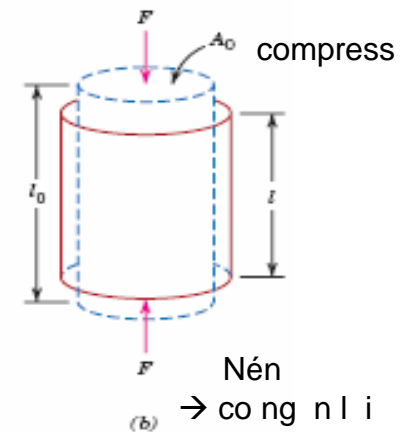
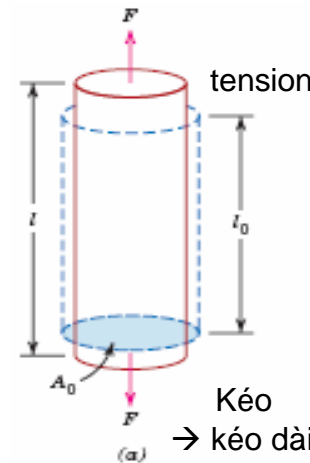
$$\tau = \frac{F}{A_0}$$

- Biến dạng trượt $\gamma = \tan \theta$ (hình c)

- Ứng suất và biến dạng của biến dạng trượt giống nhau của biến dạng kéo

- Biến dạng xoắn là một biến dạng của biến dạng trượt, với góc xoắn ϕ , mô men xoắn T (hình d)

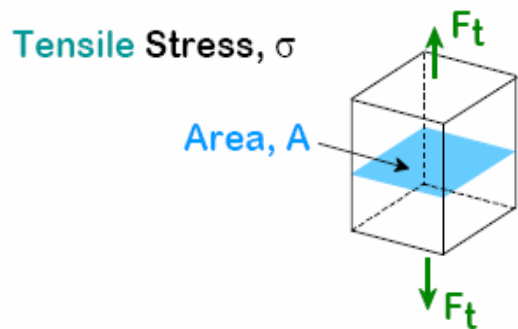
- Ứng suất trượt τ là hàm của mô men xoắn T



ng su t k thu t



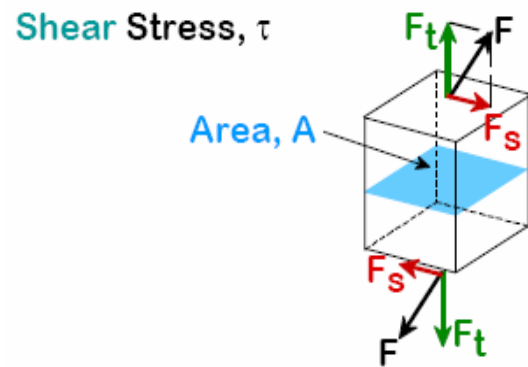
ng su t k thu t ENGINEERING STRESS



ng su t kéo (nén), σ

$$\sigma = \frac{F_t}{A_o}$$

original area before loading



ng su t tr t, τ

$$\tau = \frac{F_s}{A_o}$$

stress has units:
N/m² or lb/in²

Anderson 2005-6-4

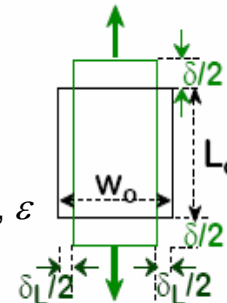


bi n d ng k thu t ENGINEERING STRAIN

Tensile Strain, ϵ

$$\epsilon = \frac{\delta}{L_o}$$

bi n d ng kéo (nén), ϵ



Lateral Strain, ϵ_L

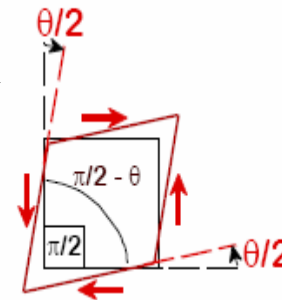
$$\epsilon_L = \frac{-\delta_l}{W_o}$$

bi n d ng kéo
(nén) biên, ϵ_L

Shear Strain, γ

bi n d ng tr t, γ

$$\gamma = \tan \theta$$



strain is always
dimensionless!

bi n d ng không
có th nguyên



Biến dạng xoắn

- Biến dạng xoắn xảy ra khi vận dụng tải trọng mô men xoắn. Trong biến dạng xoắn, ta có kết quả là ứng suất trượt tỉ lệ với bán kính

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{R} = \frac{G\phi}{l}$$

R : bán kính ngoài của trục
 τ : ứng suất trượt cực đại ngoài
 ϕ : góc xoắn, đơn vị là radian
 T : mô men xoắn đơn vị Nm
 l : chiều dài của trục xoắn
 G : suất trượt, GPa
 J : hằng số xoắn
 Tích JG cũng là bán xoắn

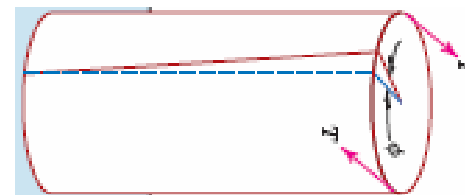
- Góc xoắn cũng xác định bởi:

$$\phi = \frac{Tl}{JG}$$

- Với trục mỏng ta có

$$J = 2\pi R^3 t$$

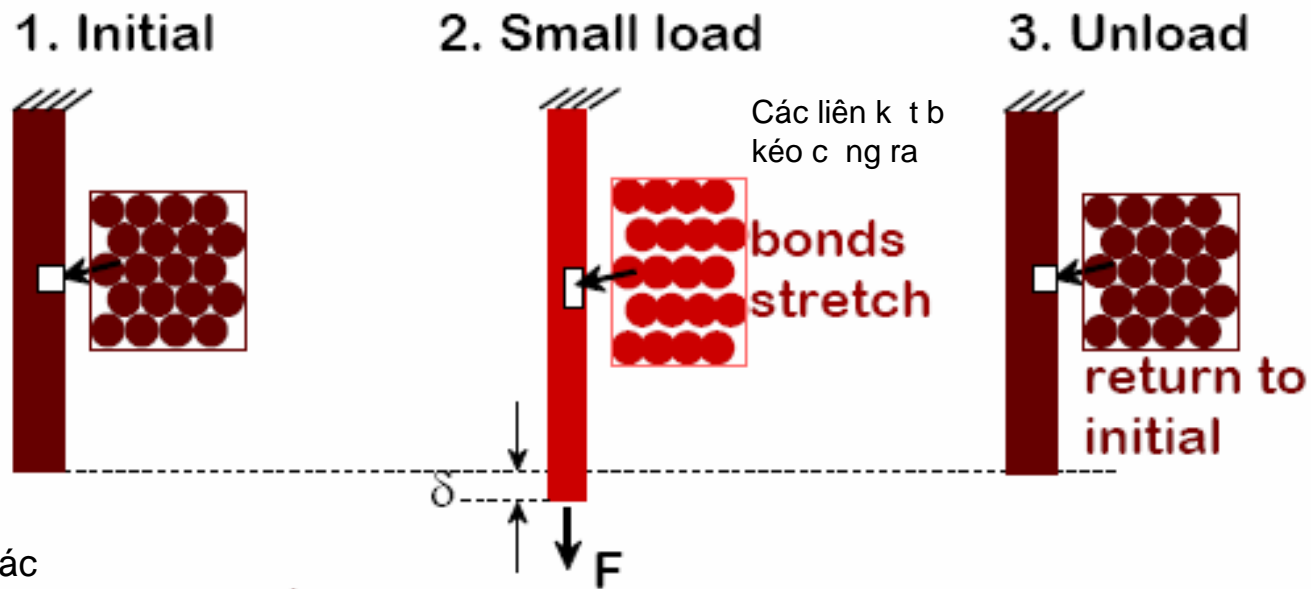
R là bán kính trung bình trong và ngoài của ống trục và t là dày của thành ống trục



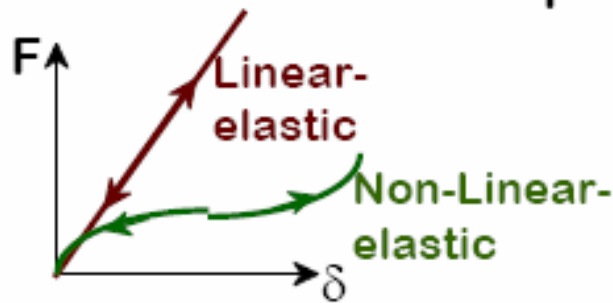


Biến dạng đàn hồi

ELASTIC DEFORMATION



Vị trí của các kim loại, giá trị biến dạng đàn hồi là biến dạng $\epsilon = 0.005$



Elastic means **reversible!**

→ Thụ hưởng tính **thu hồi** nguyên chất



Bi n d ng à n h i



LINEAR ELASTIC PROPERTIES

OTHER ELASTIC PROPERTIES

- Young's modulus, E

Hooke's Law: $\sigma = E\varepsilon$

nh lu t Hooke

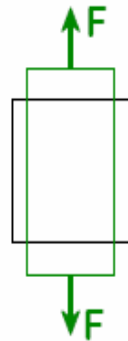
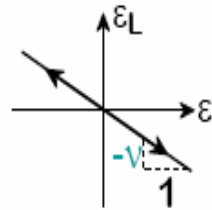
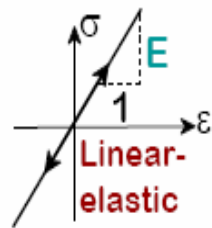
- Poisson's ratio, ν

$$\nu = -\frac{\varepsilon_L}{\varepsilon}$$

metals: $\nu \sim 0.33$

ceramics: $\nu \sim 0.25$

polymers: $\nu \sim 0.4$



simple tension test

UNITS:

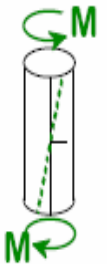
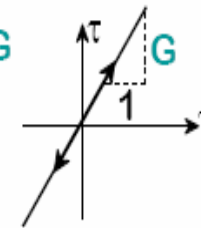
E: [GPa] or [psi]

ν : dimensionless

- Elastic shear modulus, G

$$\tau = G\gamma$$

su t tr t à n h i, G

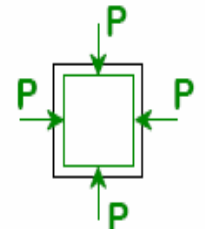
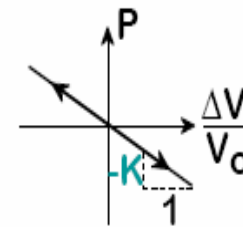


simple torsion test

- Elastic bulk modulus, K

su t à n h i kh i, K

$$P = -K \frac{\Delta V}{V_0}$$



Pressure test:
initial vol. = V_0
vol. change = ΔV

- Special relations for isotropic materials:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

H th c cho ν t li u ng h ng

- th quan h là s bi n d ng à n h i tuy n tính
- d c = su t à n h i Young



Biến dạng đàn hồi

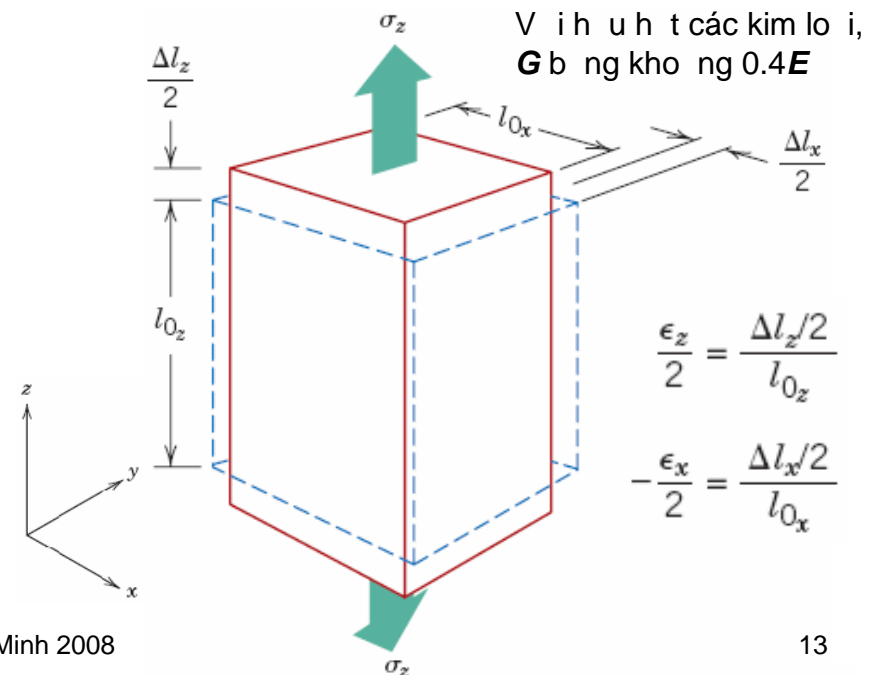
- Khi một thanh trụ bị kéo theo trục z, chiều dài của thanh tăng lên. Nếu thanh làm từ kim loại thì có sự kéo dài đàn hồi với biến dạng ϵ_z , mà biến dạng theo trục x và y vuông góc với trục z. Vì vậy tỉ lệ biến dạng: $\epsilon_x = \epsilon_y$

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$$

- **Tỉ số Poisson ν** là tỉ số của biến dạng theo trục, đối diện cho trục biến dạng theo 2 trục là luôn trái dấu
- Về lý thuyết, tỉ số Poisson cho vật liệu đồng nhất bằng $\frac{1}{4}$, giá trị lớn nhất là 0.5

- Giá trị của tỉ số Poisson thường trong khoảng 0.25-0.35
- Về vật lý, chúng ta có mối quan hệ

$$E = 2G(1 + \nu)$$

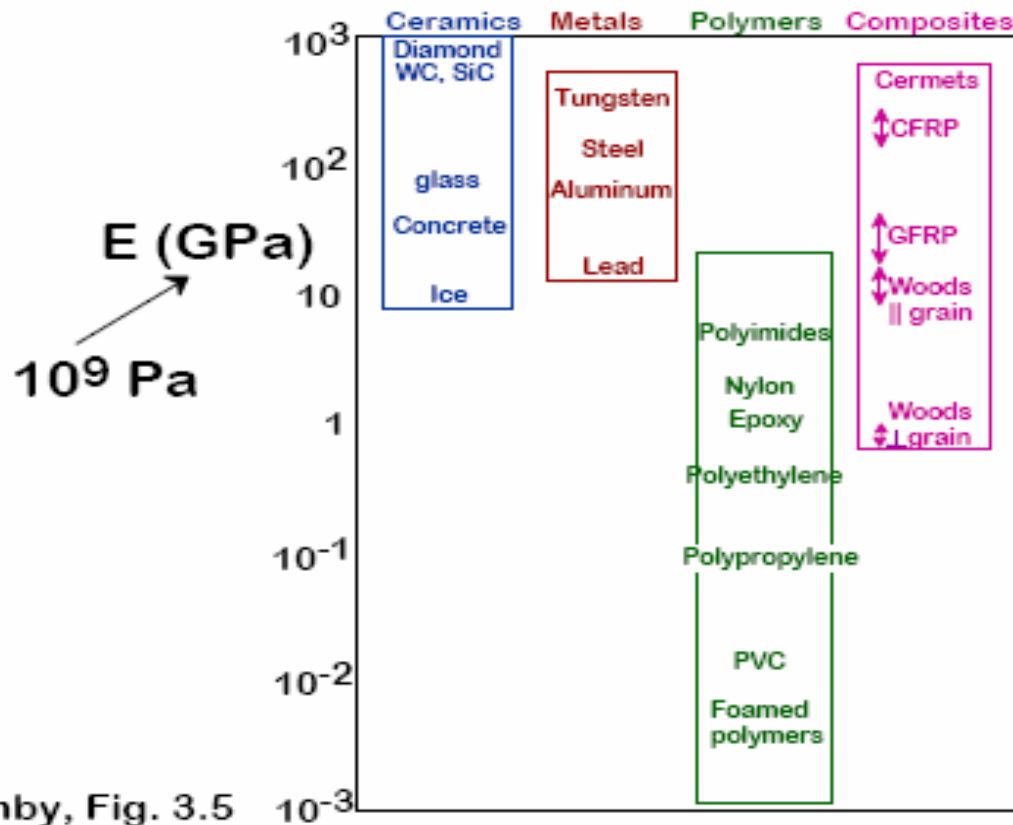




Su t Young c a m t s v t li u

COMPARISON OF YOUNG'S MODULI

$$E_{\text{ceramics}} > E_{\text{metals}} \gg E_{\text{polymers}}$$



Ashby, Fig. 3.5

Anderson 205.6-1f



Các hình thức biến dạng tuyến tính

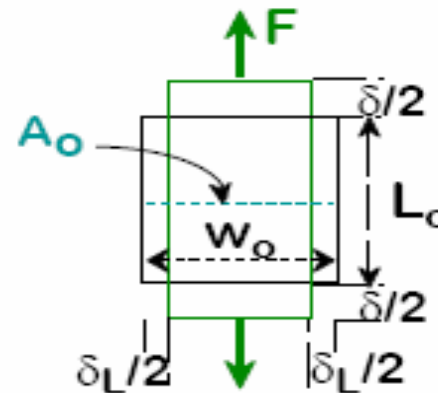
USEFUL LINEAR ELASTIC RELATIONS

Simple tension:

kéo

$$\delta = \frac{FL_o}{EA_o}$$

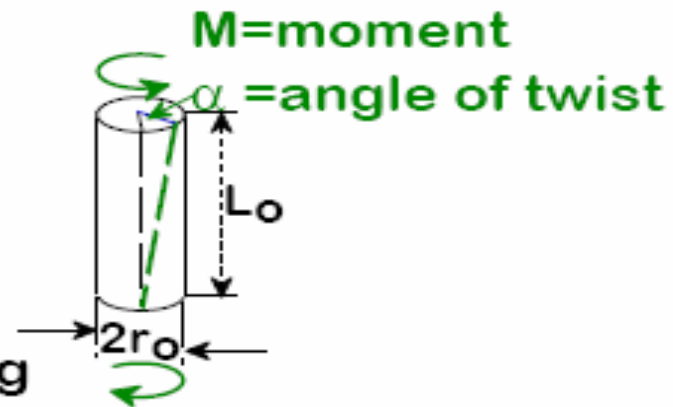
$$\delta_L = -\nu \frac{Fw_o}{EA_o}$$



Simple torsion:

xoắn

$$\alpha = \frac{2ML_o}{\pi r_o^4 G}$$



- Material, geometric, & loading parameters all contribute to deflection.
- Larger elastic moduli minimize elastic deflection.

lịch



Su t àn h ì c àng l ì n, l ì ch àn h ì c àng nh

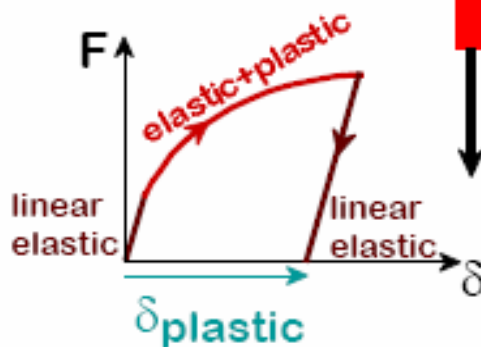
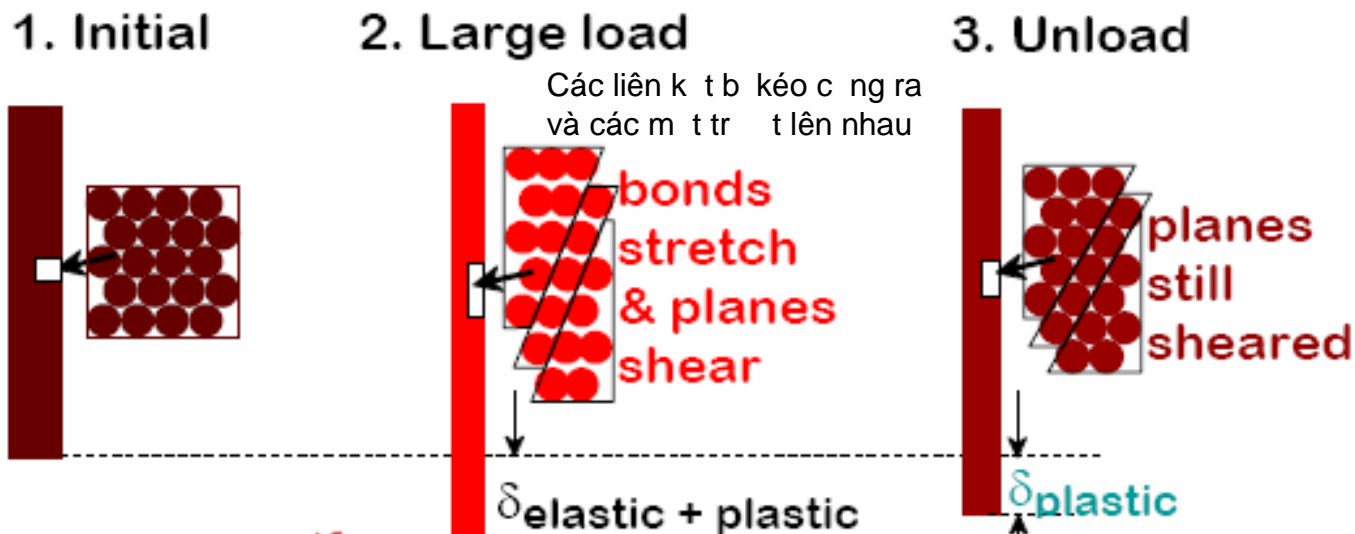
TP. H Chí Minh 2008



Biến dạng dẻo

PLASTIC DEFORMATION (METALS)

(at lower temperatures: $T < T_{melt}/3$)



Vì hình thái các kim loại, ranh giới biến dạng ảnh hưởng vì biến dạng ϵ là 0.005. Vì thế quá trình có ứng suất và biến dạng không còn tuyến tính, mặt trượt hình thành \rightarrow biến dạng dẻo

Plastic means permanent!

Biến dạng dẻo không có tính thuận nghịch – biến dạng vĩnh viễn



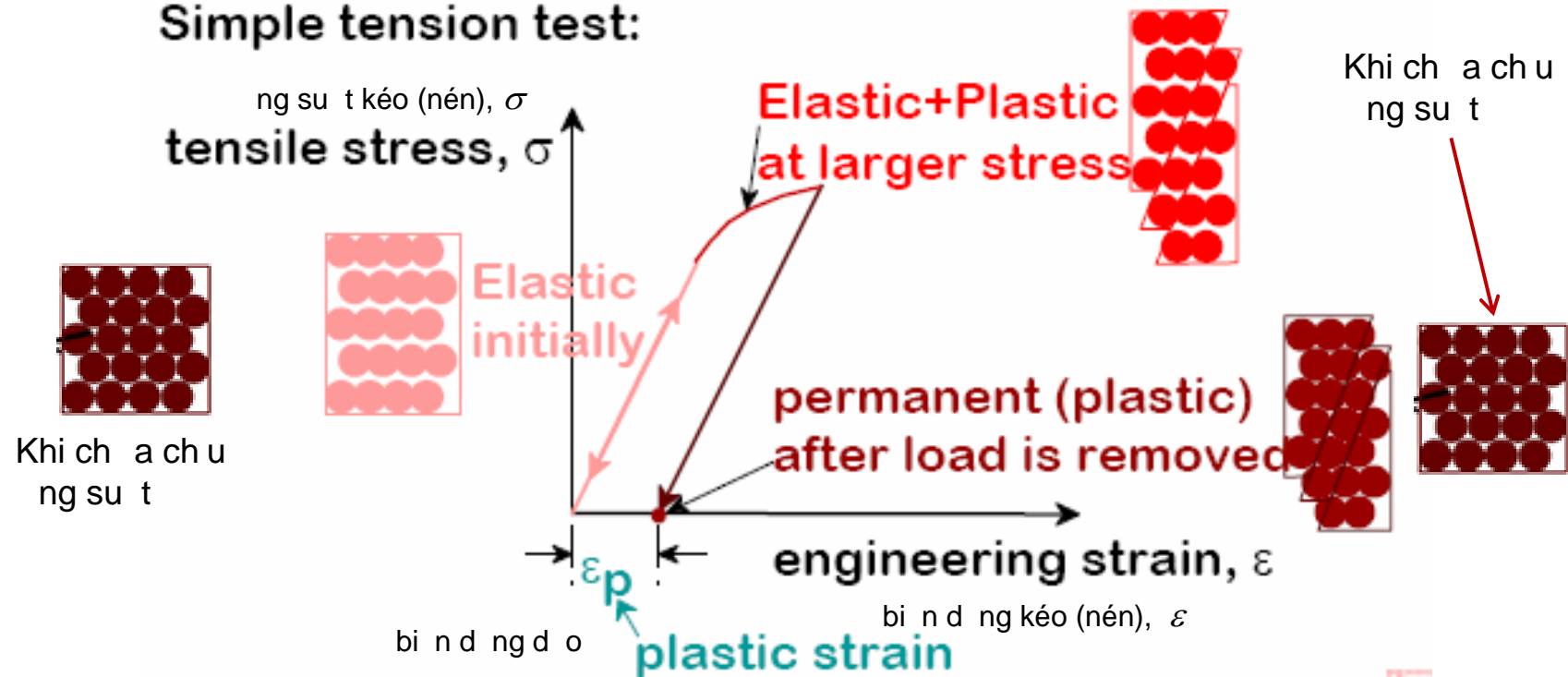


Biến dạng dẻo

PLASTIC (PERMANENT) DEFORMATION

(at lower temperatures: $T < T_{melt}/3$)

Simple tension test:





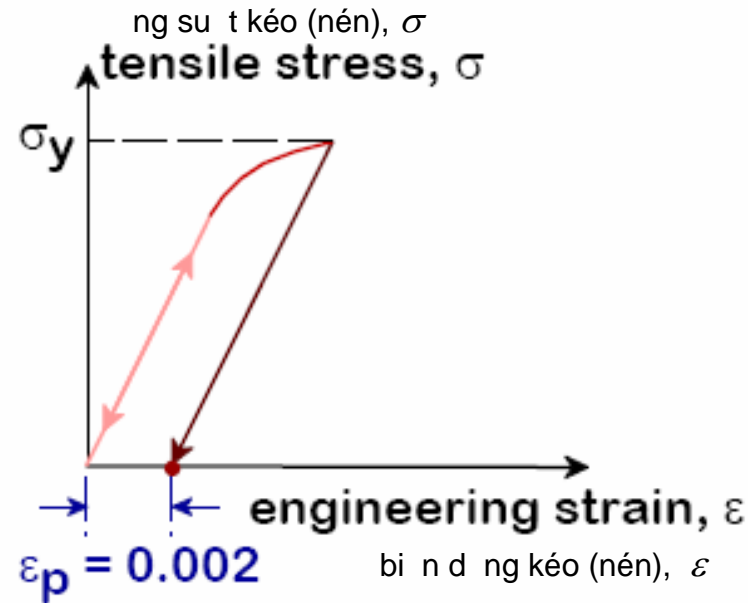
Biến dạng dẻo và bền dẻo

- bền dẻo σ_y là ứng suất kéo đứt tối thiểu có biến dạng dẻo (quy định tối thiểu khi có biến dạng kéo đứt là $\epsilon_p = 0.002$)

bền dẻo
YIELD STRENGTH, σ_y

Stress at which noticeable plastic deformation has occurred.

when $\epsilon_p = 0.002$

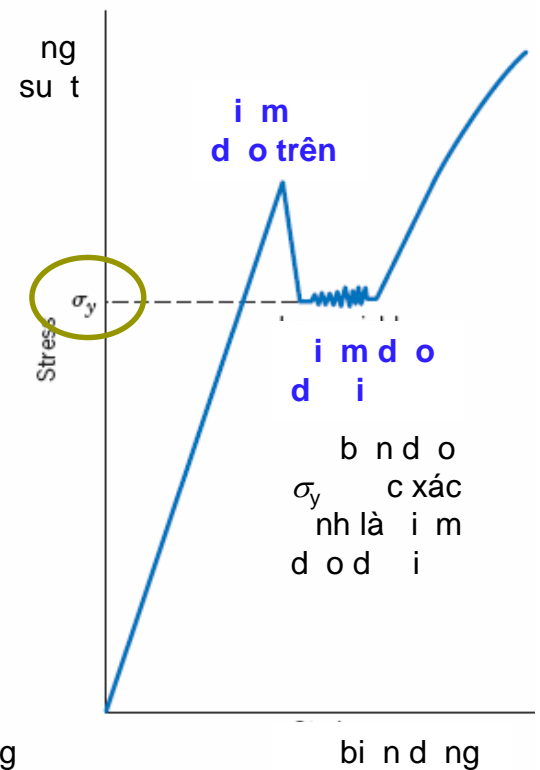
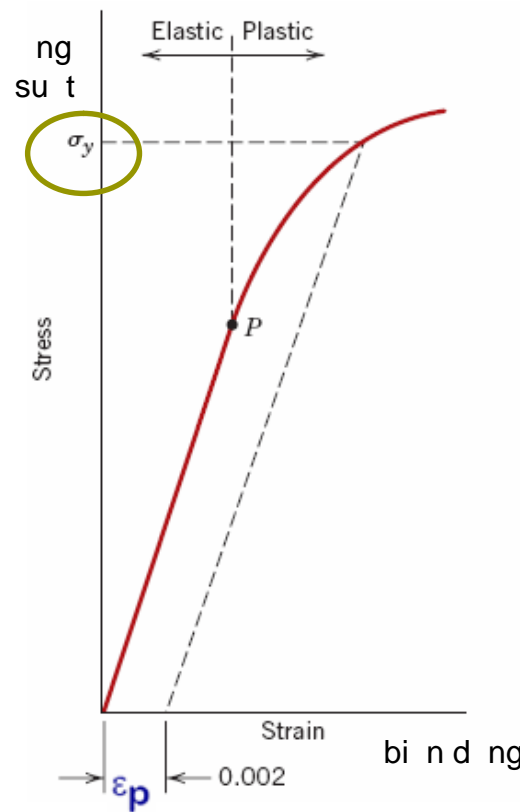


p = plastic
biến dạng dẻo



Biến dạng dẻo và bền dẻo

- Mối quan hệ ứng suất và biến dạng của kim loại cho thấy biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo có một **điểm giới hạn** P
- Bền dẻo σ_y xác định mức biến dạng $\epsilon_p = 0.002$
- Hình *b* cho biết cách xác định **điểm** σ_y và ϵ_p của kim loại thép





b n d o

So sánh b n d o, σ_y

- So sánh t ng quan b n d o c a các v t li u khác nhau: G m s , kim lo i, polymer và composite

COMPARISON OF YIELD STRENGTH

$$\sigma_y(\text{ceramics}) \gg \sigma_y(\text{metals}) \gg \sigma_y(\text{polymers})$$

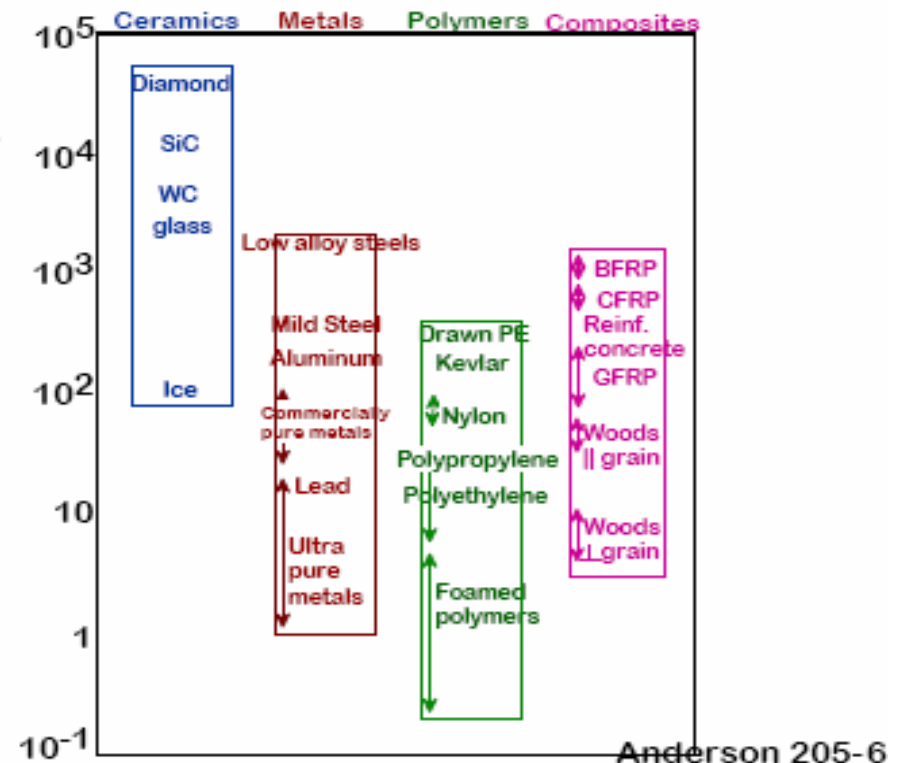
- n v tính là MPa

σ_y (MPa)

10^6 Pa

Room T values

Ashby, Fig. 8.12



Anderson 205-6



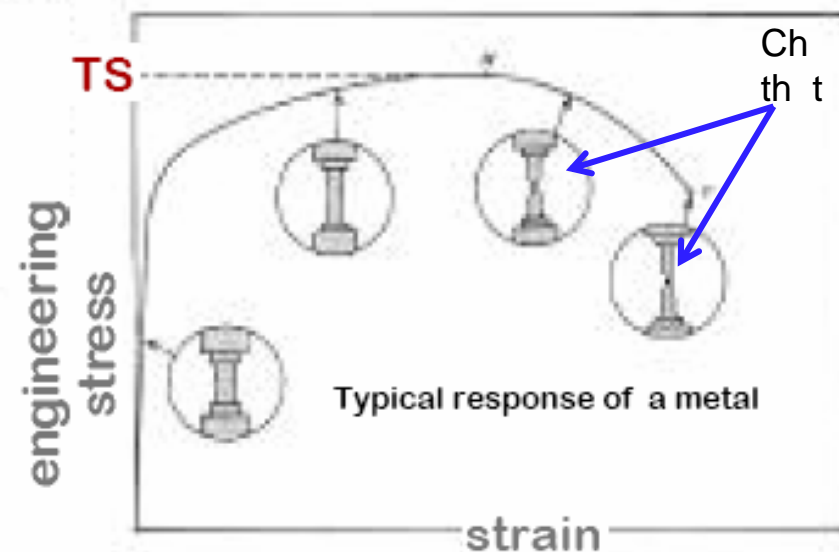
b n kéo

- b n kéo TS là ng su t k thu t σ l n nh t mà v t li u có th ch u c
- Quan sát th y tùy theo v t li u:
 - Kim lo i xu t hi n ch th t
 - G m s các v t n t lan r ng
 - Polymer m ch chính b du i th ng

b n kéo, TS

TENSILE STRENGTH, TS

Maximum possible engineering stress in tension



Callister, Fig. 6.10

metals: occurs when noticeable “**necking**” starts
ceramics: occurs when **crack propagation** starts
polymers: occurs when **polymer backbones** are all **aligned** and about to break.

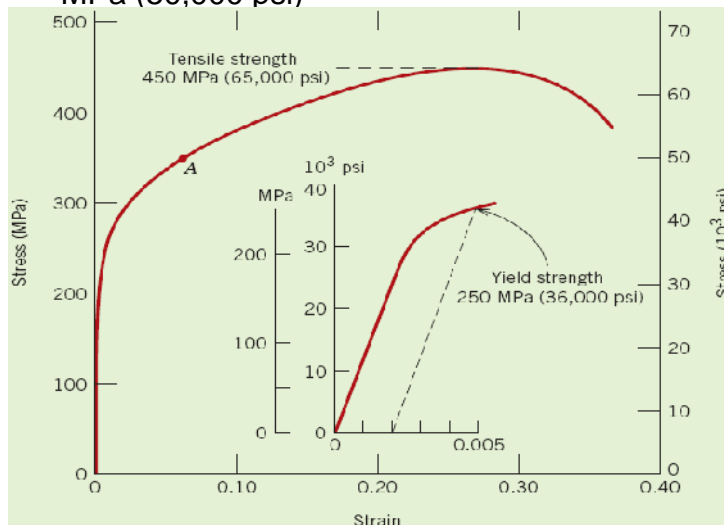




Case Study

Xác định tính chất cơ học của vật liệu

- Tính toán các tính chất cơ học của vật liệu dựa trên hình vẽ 6.12 cho mẫu thép, xác định:
 - Số lượng biến dạng đàn hồi
 - Biến dạng tối đa biến dạng 0.002
 - Mức chụm tối đa trên mẫu hình trụ có kính bán kính là 12.8 mm (0.505 in.)
 - Mức thay đổi chiều dài mẫu biến dạng khi chụm tối đa là 250 MPa (50,000 psi)



Giải

- a) Số lượng biến dạng đàn hồi chính là độ dốc của đường cong ứng suất, giá trị này gần với 97 GPa dựa trên hình 6.1

$$E = \text{slope} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = 93.8 \text{ GPa}$$

- b) Biến dạng 0.002 như trên trục biến dạng ứng suất 250 MPa xác định biến dạng đàn hồi của thép như hình vẽ
- c) Mức chụm tối đa tính toán trong quá trình 6.1, với giá trị ứng suất 450 MPa, giải phương trình theo F

$$F = \sigma A_0 = \sigma \left(\frac{d_0}{2} \right)^2 \pi$$

$$= (450 \times 10^6 \text{ N/m}^2) \left(\frac{12.8 \times 10^{-3} \text{ m}}{2} \right)^2 \pi = 57,900 \text{ N (13,000 lb}_f\text{)}$$

- d) Chiều dài mẫu ứng suất là chiều dài ban đầu trên hình, tìm các giá trị ứng suất biến dạng trên trục hoành là 0.06, ta có

$$\Delta l = \epsilon l_0 = (0.06)(250 \text{ mm}) = 15 \text{ mm (0.6 in.)}$$

ductility

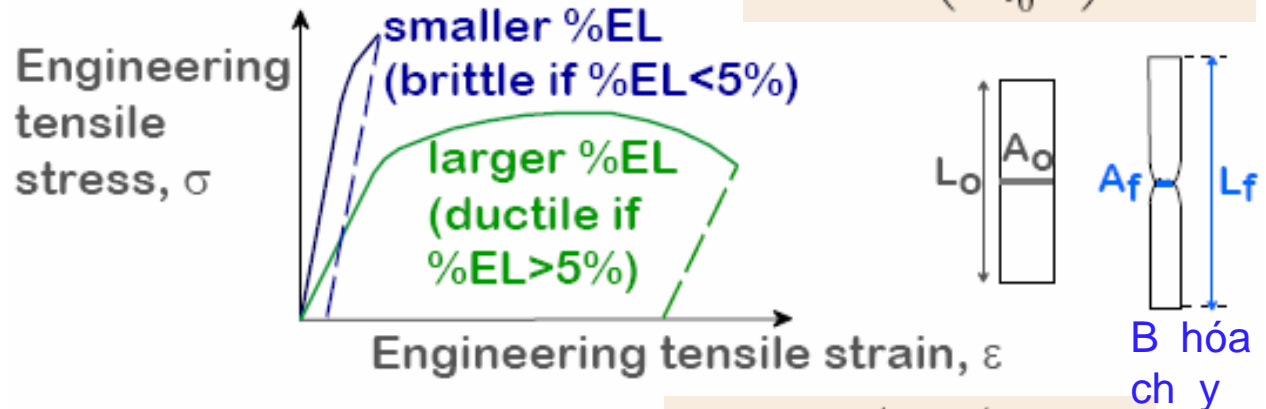


ductility, %EL

DUCTILITY, %EL

- ductility là
ng suất k
thu t kéo d o
t i ó b t u
gây h h ng
v t li u
- V t li u c
coi là *giòn* khi
%EL < 5% và là
m m khi
%EL > 5%

- Plastic tensile strain at failure:
$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$



- Another ductility measure:
$$\%RA = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100$$

- Note: crystal slip does not change material volume.
 - \Rightarrow %RA and %EL are often comparable.
 - \Rightarrow %RA > %EL may occur if internal voids form in the necked region.

không tr ng n i t i

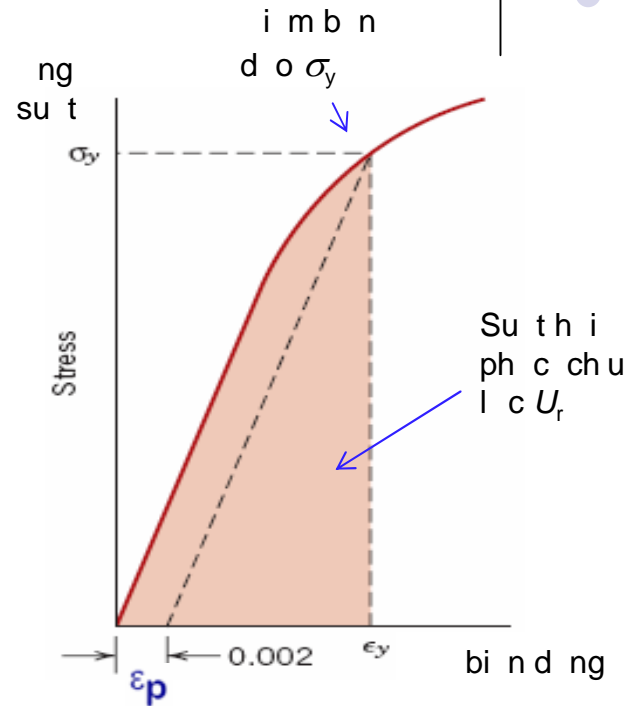
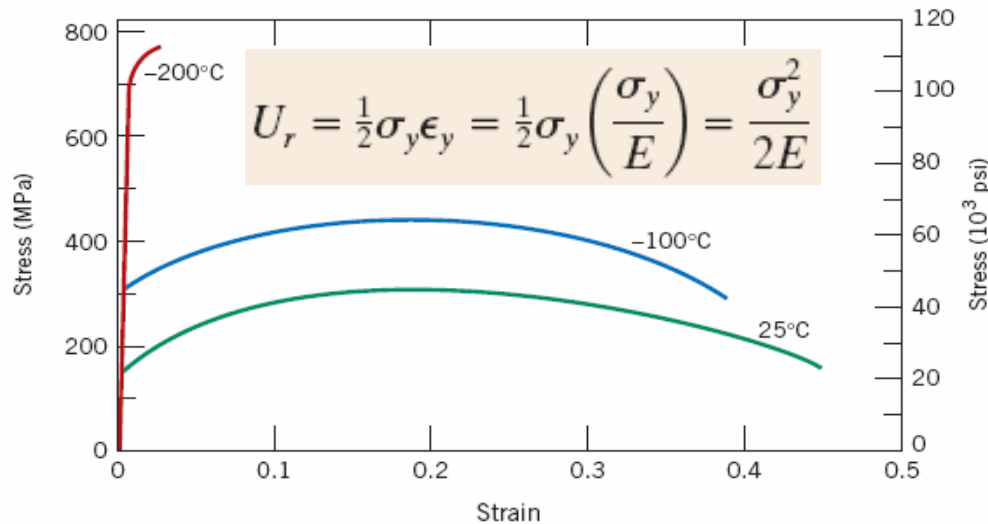
Anderson 205-6-16





h i p h c c h u l c

- h i p h c c h u l c (resilience) là kh n ng v t l i u h p t h n ng l ng khi b i n d ng àn h i và sau khi b t i, n ng l ng này có th thu h i l i c
- Su t h i p h c c h u l c U_r , là n ng l ng c n thi t t o b i n d ng tr ên m t n v th t íc g ây n ên ng s u t tr ên v t l i u t kh òng t i n i m b n d o



S p h t h u c c a b i n d ng ϵ vào ng s u t σ 3 m c n h i t khác nhau -200°C, -100°C và 25°C

V t l i u h i p h c c h u l c có b n d o cao và s u t àn h i t h p → ng d ng dùng làm lò so



Độ bền kéo, độ bền kéo đứt và độ bền uốn

So sánh độ bền σ_y , độ bền kéo TS và độ bền uốn %EL

COMPARISON: σ_y , TS AND %EL

- Vật liệu kim cương và gốm sứ có %EL=0 cho thấy độ bền kéo cao như giấy tòn
- Độ bền kéo và độ bền uốn luôn ngược lại

Material	σ_y (MPa)	TS(MPa)	%EL
Diamond (ceramic)	50,000	50,000	0
Pure ductile metals	20 to 80	200 to 400	50 to 150
High density polyethylene	19 to 36	33 to 36	100 to 600

- Often, when σ_y and TS \uparrow , %EL



C tính m t vài kim lo i và h p kim

	<i>b n d o, σ_y</i>	<i>b n kéo, TS</i>	<i>b n ch y, %EL</i>
<i>Metal Alloy</i>	<i>Yield Strength MPa (ksi)</i>	<i>Tensile Strength MPa (ksi)</i>	<i>Ductility, %EL [in 50 mm (2 in.)]</i>
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



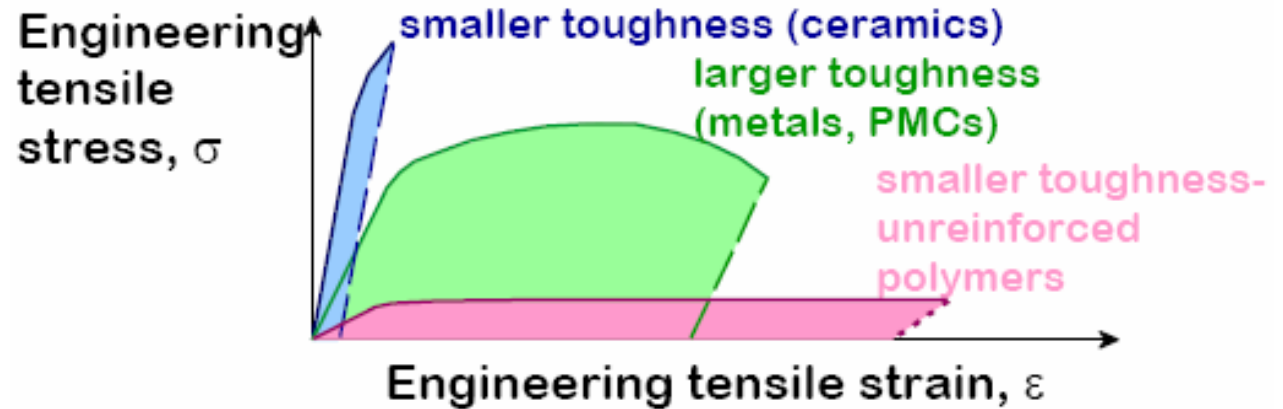
b n

- **b n** (ch u l c) c xem là n ng l ng c n thi t phá v m t n v th tích c a v t li u, c c tr ng b i ph n di n tích bên d i ng cong ng su t và bi n d ng

b n

TOUGHNESS

- Energy needed to break a unit volume of material
- Area under stress-strain curve





ng su t th c và bi n d ng th c

- ng xu t th c σ_T c xác nh khi có t i F trên t i t d i n t c th i A_i mà trên ó có s bi n d ng

$$\sigma_T = \frac{F}{A_i}$$

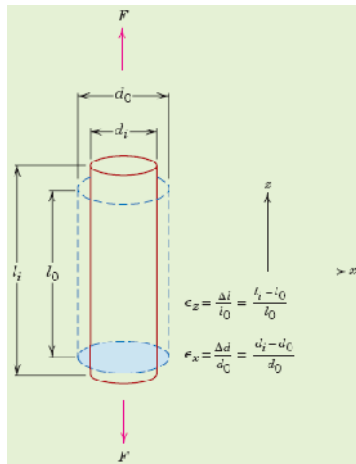
- Quan h gi a ng su t th c σ_T và σ, ϵ

$$\sigma_T = \sigma(1 + \epsilon)$$

- Quan h gi a bi n d ng th c ϵ_T và bi n d ng ϵ

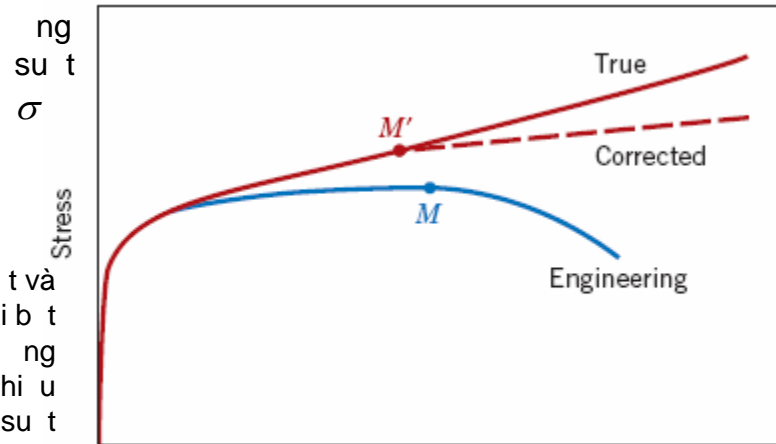
$$\epsilon_T = \ln(1 + \epsilon)$$

- bi n d ng th c $\epsilon_T A_i l_i = A_0 l_0$



$$\epsilon_T = \ln \frac{l_i}{l_0}$$

So sánh ng ng su t k thu t và ng ng su t th c, s th t c ch i b t u t i i m M, t ng ng trên ng th c là M'. ng ng su t th c "hi u ch nh (corrected)" là tr ng thái ng su t k th p vùng th t c ch i





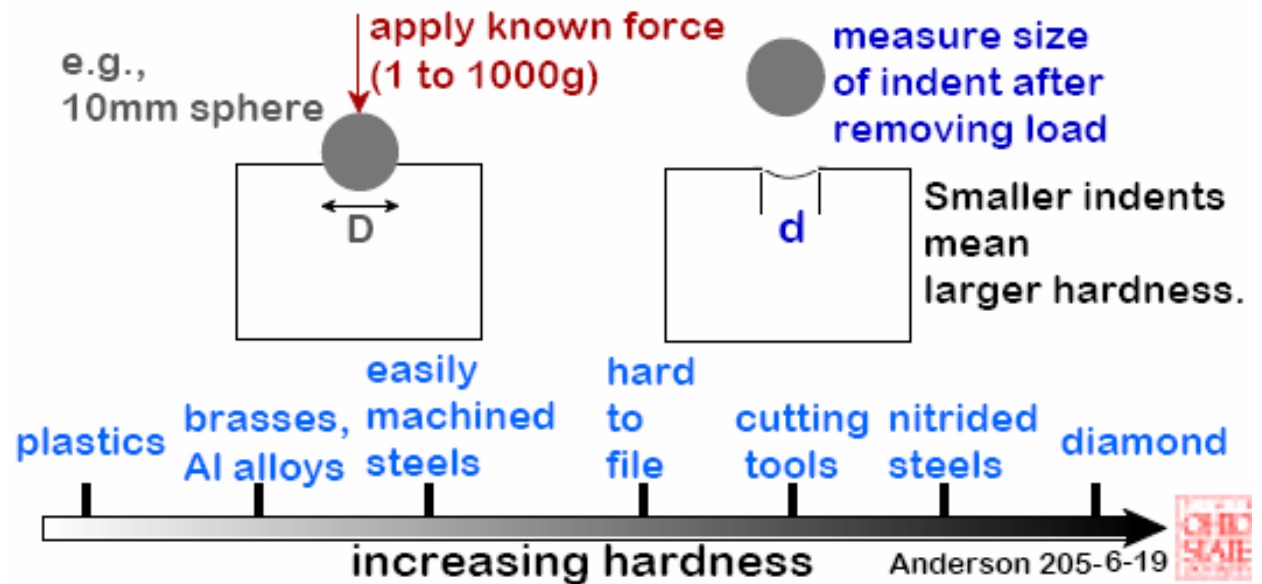
c ng

- **c ng** là m c ch ng l i s bi n d ng lõm v nh vi n trên b m t v t li u
- c ng l n là khi ch ng l i s bi n d ng d o, ho c làm ch m l i quá trình n t khi nén v t li u → nó làm t ng tính b o v c a v t li u

c ng

HARDNESS

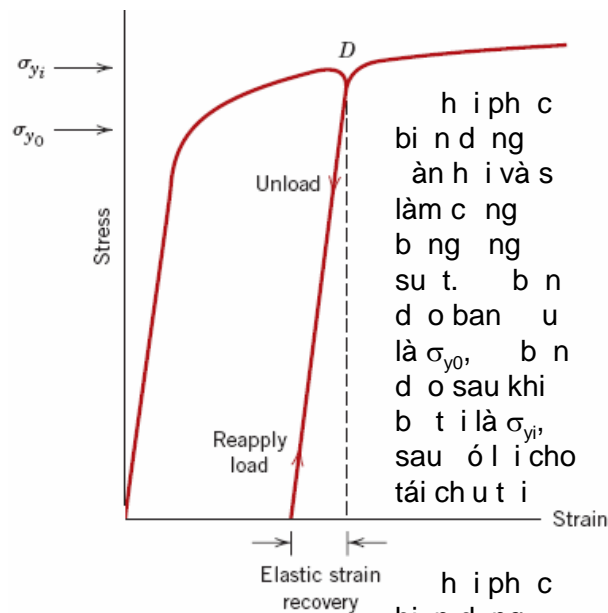
- Resistance to permanently indenting the surface
- Large hardness means...
 - resistance to plastic deformation or cracking in compression
 - better wear properties





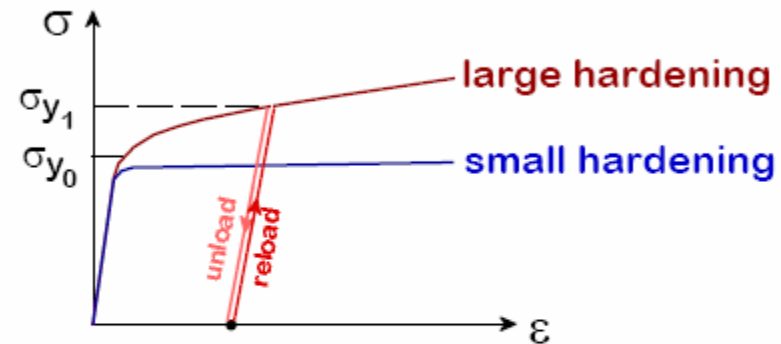
Quá trình làm cứng – Tồi v t li u

- Làm tăng bền do σ_y do biến dạng
- Làm cứng nhiều và làm cứng ít



HARDENING

- An increase in σ_y due to plastic deformation.



- Curve fitting the stress-strain response

“true” stress: $\frac{F}{A} \rightarrow \sigma_T = C \epsilon_T^n$

“true” strain: $\ln \frac{L}{L_0}$

hardening exponent: $n = 0.15$ (some steels) to $n = 0.5$ (some copper)





Các thông số an toàn

DESIGN OR SAFETY FACTORS

- Design uncertainties mean we don't push the limit.
- **Factor of safety, N**

$$\sigma_{\text{working}} = \frac{\sigma_y}{N}$$

← often N is between 1.2 and 4

- Ex: Calculate a diameter, d to ensure that yield does not occur in the 1045 carbon steel rod below. Use a factor of safety of 5.

$\sigma_{\text{working}} = \frac{\sigma_y}{N}$

← 5

← $\sigma_y = 310 \text{ MPa}$

← $\frac{220,000 \text{ N}}{\pi(d^2/4)}$

← $d = 67.2 \text{ mm}$

1045 plain carbon steel:
 $\sigma_y = 310 \text{ MPa}$
TS = 565 MPa

$F = 220,000 \text{ N}$

Anderson 205-6-21