بسم الله الرحمن الرحيم

الفيزياء للمهندسين

الخواص الميكانيكية للمعادن

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى

د. صبا عياش

الخصائص الميكانيكية للمعادن

تتعرض معظم المعادن لدى استخدامها لقوى و حمولات دائمة مثل المركبات الآلية و الجسور و الطائرات ، لذا من الضروري معرفة خواصها الميكانيكية من قساوة و لدونة و غيرها لوضعها في التطبيق المناسب

منحني المرونة : نأخذ مثال عليه دراسة استطالة نابض نتيجة تطبيق أحمال عليه :

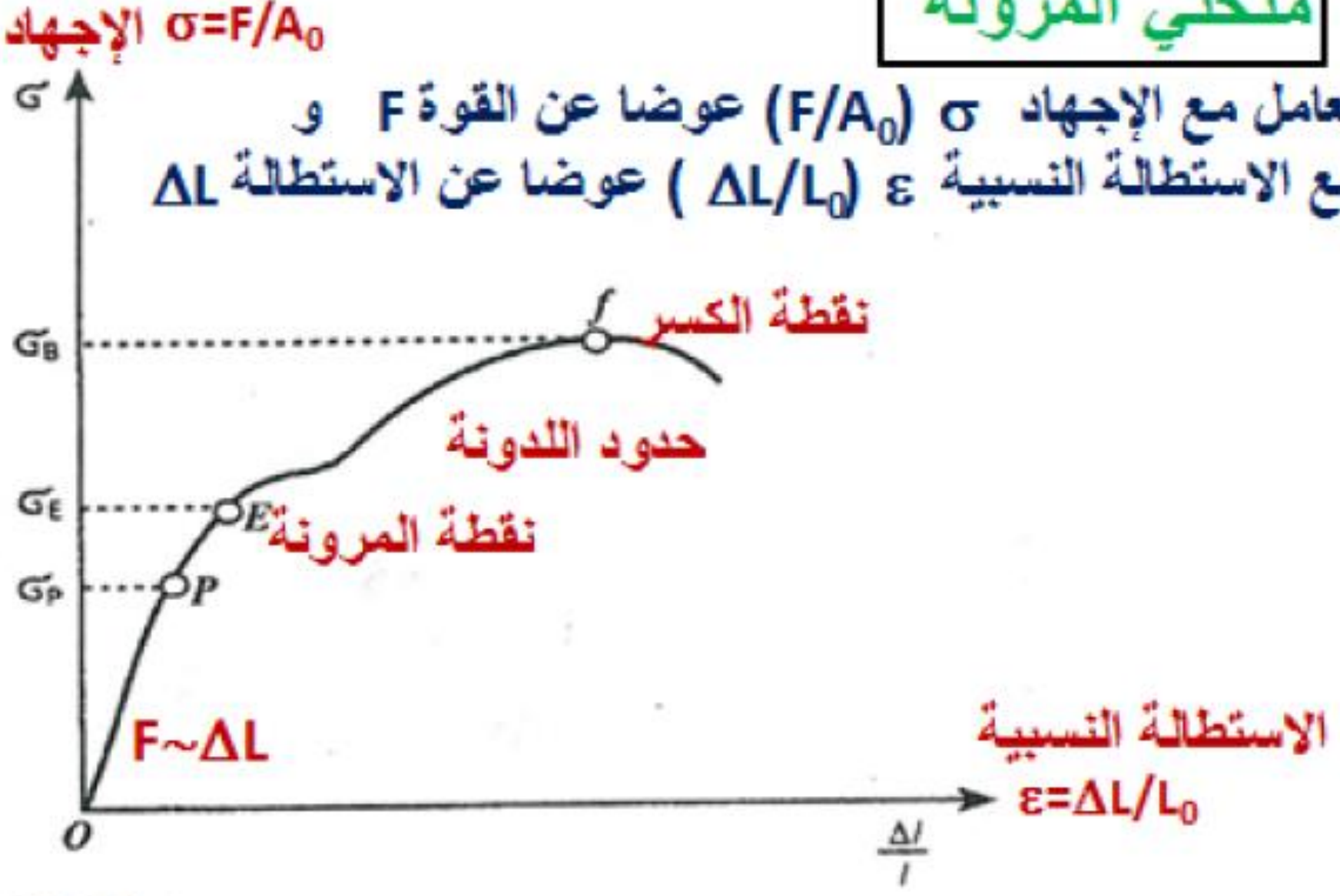
استطالة النابض ΔL = الطول الجديد – الطول الأصلي L_0

تتناسب استطالة النابض طردا مع القوة المطبقة W و يعود النابض لوضعه الأصلي بعد إزالة الثقل المطبق عليه (و تكون التشوهات الناتجة مرنة) و ذلك وصولا لحد المرونة حيث تصبح العلاقة بعدها بين الاستطالة و الثقل المطبق غير خطية و تكون التشوهات الناتجة لدنة (دائمة)

يؤدي استمرار تطبيق حمولات على العينة في منطقة اللدونة إلى كسر العينة عند نقطة الكسر

الخصائص الميكانيكية للمعادن

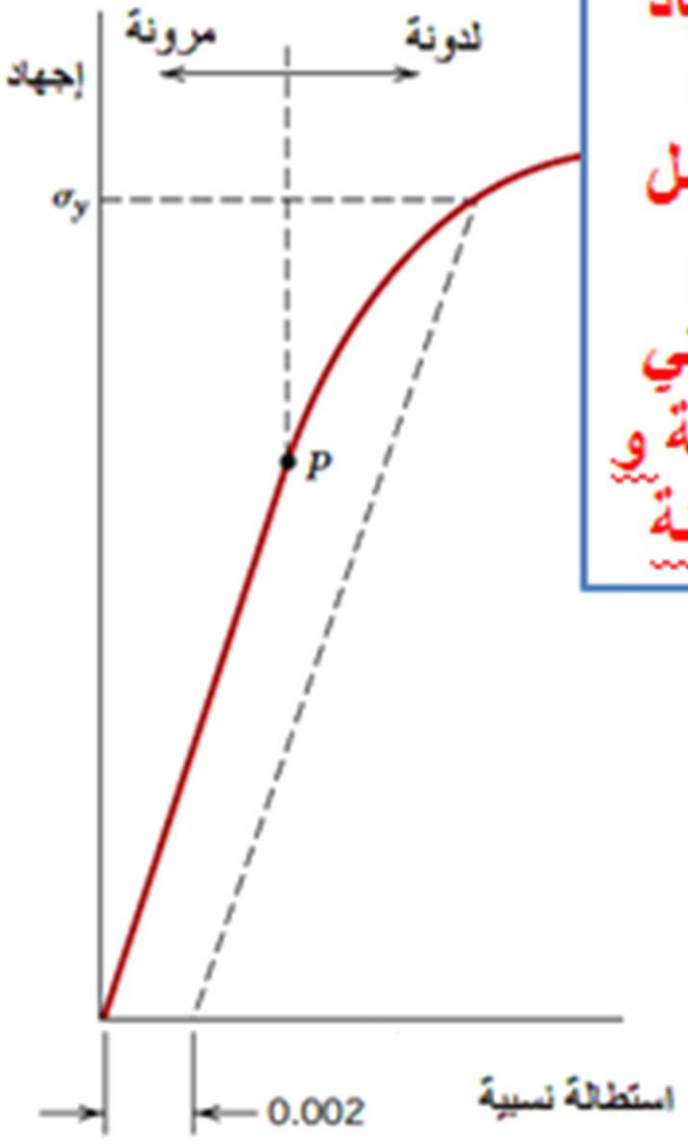
منحني المرونة



تحديد الإجهاد σy الفاصل بين منطقتي المرونة و اللدونة

تحدد التشوهات المرنة (التغير في الاستطالة و في أبعاد العينة) لمعظم المواد المعدنية بالقيمة العظمى للاستطالة النسبيةε و التي تساوي 0.002، أي أن أي تشوه موافق لاستطالة نسبية< 0.002 يكون الجسم واقع في منطقة المرونة (العلاقة بين σ و ε علاقة خطية). و أي تشوه موافق لاستطالة نسبية > 0.002 يكون الجسم واقع في منطقة اللدونة (العلاقة غير خطية بين σ و ε) و نحصل على استطالة متبقية بعد زوال القوة المطبقة .

يجب أن تكون معظم التشوهات التي تتعرض لها المواد الداخلة في البناء تشوهات مرنة ، لذا تفيد ظاهرة التشوهات اللدنة خلال تصميم الأبنية لمعرفة الإجهاد الذي يبدأ عنده التشوه اللدن σy حتى لا يتم تجاوزه خلال التصميم.



مفهوم الإجهاد و التشوه

يعرف اختبار إجهاد – تشوه (الاستطالة النسبية $\frac{\Delta l}{l}$)
بأنه الاختبار الناتج عن تطبيق حمولة(قوة) على سطح المقطع العرضي لعينة ما.

توجد أربع أنواع لاختبارات إجهاد – تشوه /إجهاد – انفعال:

اختبار الشد Tensile test

اختبار الانضغاط compression Test

اختبار القص Shear Test

– اختبار الفتل Torsional Test

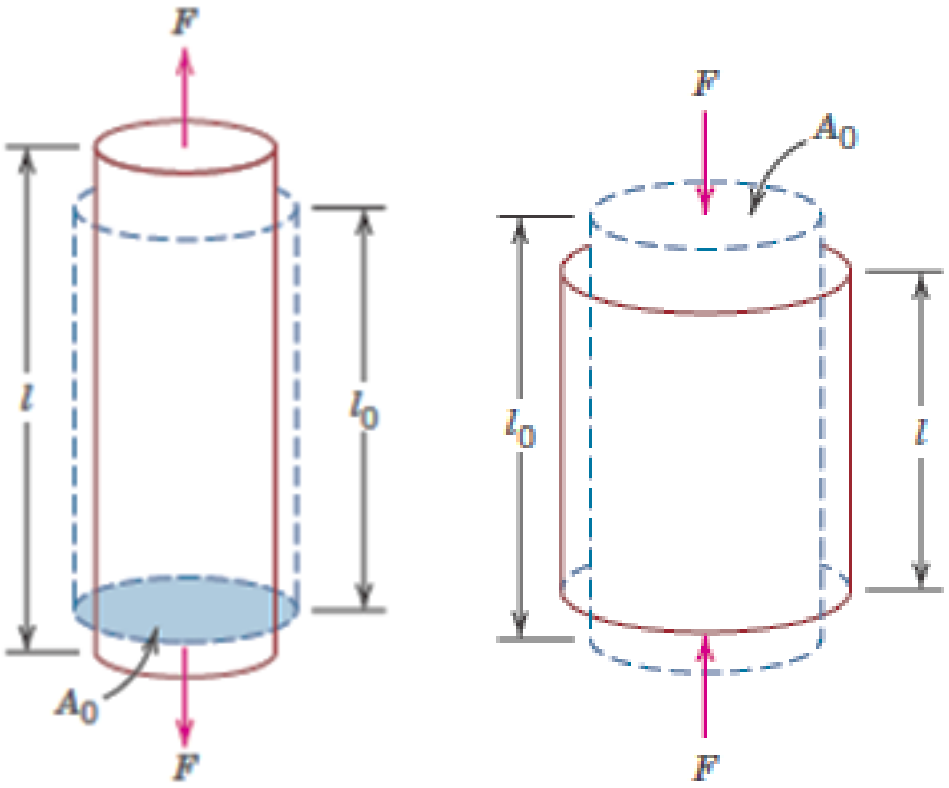
اختبار الشد و الانضغاط

يعطى الإجهاد الناتج عن تطبيق قوة F على سطح المقطع العرضي للعينة A_0

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

يؤدي تطبيق قوى الإجهاد إلى استطالة العينة

$$\varepsilon = \frac{l - lo}{l_0}$$



اختبار الانضغاط

اختبار الشد

تتناسب قوى الإجهاد طردا مع الاستطالة النسبية وفق القانون

$\varepsilon = Y\sigma$ (في حالة اختبار الشد)

$\varepsilon = -Y\sigma$ (في حالة اختبار الانضغاط)

واحدة معامل يونغ

اختبار القص و الفتل

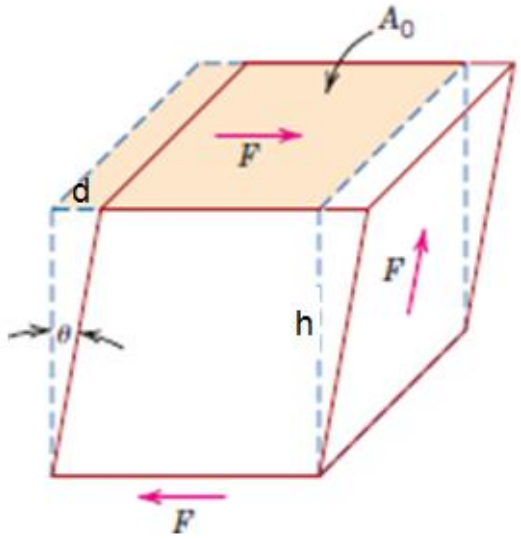
تكون العينة في اختبار القص على شكل متوازي مستطيلات و القوى المطبقة (F) موازية لأحد الوجهين

يعطى الإجهاد الناتج عن تطبيق قوة F على سطح المقطع العرضي للعينة A_0

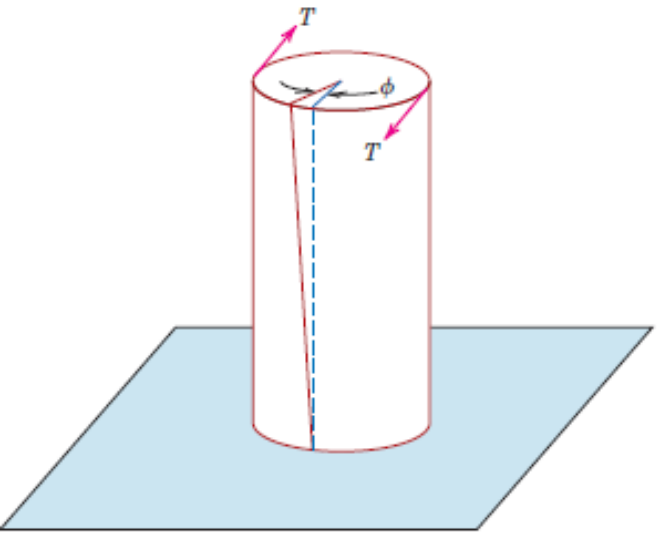
$$\tau=\frac{F}{A_0}$$

يعطى مقدار التشوه الناتج عن الاختبار بظل الزاوية θ

$$\frac{d}{h}\gamma=tg\theta=$$



اختبار القص



اختبار الفتل

معامل بواسون ν

تعرف نسبة بواسون بأنها نسبة التقلص الأفقي النسبي (ε_x) إلى الازدياد المحوري النسبي(ε_z) :

$$\nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z}$$

الاستطالة النسبية في الاتجاهين x و y (-)هي بعكس اتجاه الاستطالة النسبية في الاتجاه z(+).

قيمة ν موجبة دائما

توجد علاقة تربط بين

معامل القص G	معامل يانغ Y	نسبة بواسون ν

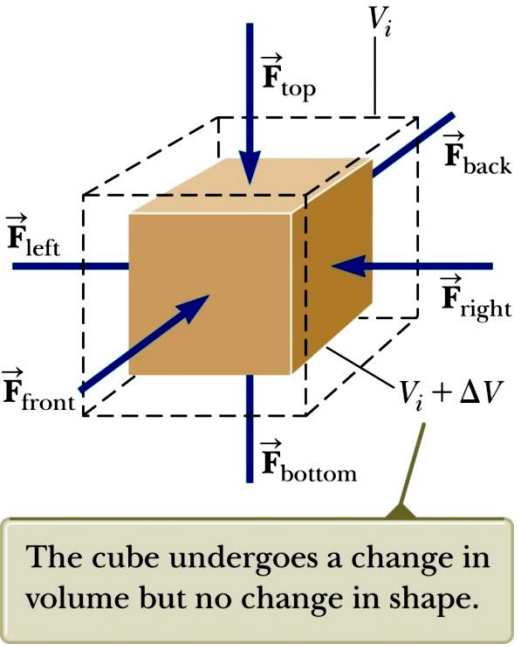
$$Y = 2G\,(1+\nu)$$

المعامل الحجمي (معامل بلك)
Bulk modulus

يعبر المعامل الحجمي عن مقاومة الجسم الصلب أو السائل للتغير في حجمه لدى تطبيق القوة على سطحه ، فلدى تطبيق قوة ضاغطة منتظمة على كامل سطح الجسم فإن حجم الجسم يتغير دون تغير في شكله.

الإجهاد الحجمي :وهو نسبة شدة القوة الكلية المطبقة F إلى مساحة السطح A أي الضغط P

الانفعال الحجمي :وهو نسبة تغير الحجم إلى الحجم الأصلي $\Delta V/V$



المعامل الحجمي B وهو نسبة الإجهاد الحجمي (الضغط) إلى الانفعال الحجمي

$$B = \frac{\text{volume stress}}{\text{volume strain}} = -\frac{\Delta F/A}{\Delta V/V_i} = -\frac{P}{\Delta V/V_i}$$

تشير الإشارة السالبة إلى أن زيادة الضغط تؤدي لتناقص الحجم.

يسمى مقلوب المعامل الحجمي بالانضغاطية و يرمز لها بالحرف k : k=1/B ، و للمعامل الحجمي قيمة ثابتة لكل مادة من المواد الصلبة أو السائلة.

مسألة

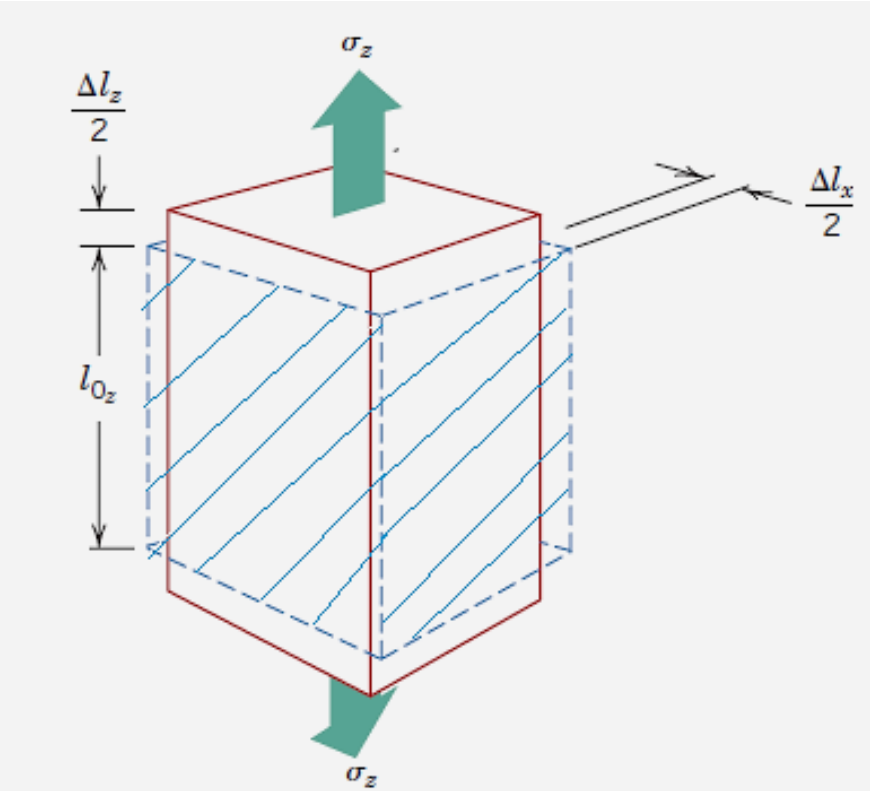
يزيد الضغط على عمق 300m في المحيط عن الضغط عند سطح المحيط بمقدار 3.03kpa ، احسب مقدار نقص حجم جسم من الألمنيوم مقداره ($0.2m^3$) عندما يوضع على هذا العمق من سطح المحيط ، يعطى معامل الحجم للألمنيوم بالقيمة 3.03kPa 7x1010Pa

الحل

يحصل تناقص لحجم الأجسام المغمورة في السائل نتيجة القوى التي يؤثر بها السائل على سطح الجسم الغاطس

من علاقة معامل الحجم نجد :

$$V= \frac{-\Delta p\, V_0}{B} \quad \frac{(3.03x10^3\ Pa)(0.2m^3)}{7x10^{10}\text{pa}} = -8.7x10^{-9}\ m^3 = -8.7mm^3$$



خصائص المرونة للمعادن

عند تطبيق إجهاد شدي على عينة معدنية ، يترافق الإجهاد مع استطالة نسبية في اتجاه الشد εz و تقلص في الاتجاهين X و Y (ε_x ، ε_y)بحيث يكون $\varepsilon_x = \varepsilon_y$

يطبق قانون σ=Yε في حالة الاستطالة وفق الاتجاهات X,Y,Z

الواحدات المستخدمة في بحث الخواص الميكانيكية

1 pound=4.44N

1 in= 2.54cm

1 Psi=pound per square inch(P/in^2)

1 Ksi=10^3 Psi

1 Mpa=145Psi

1 Mpa=10^6 Pa

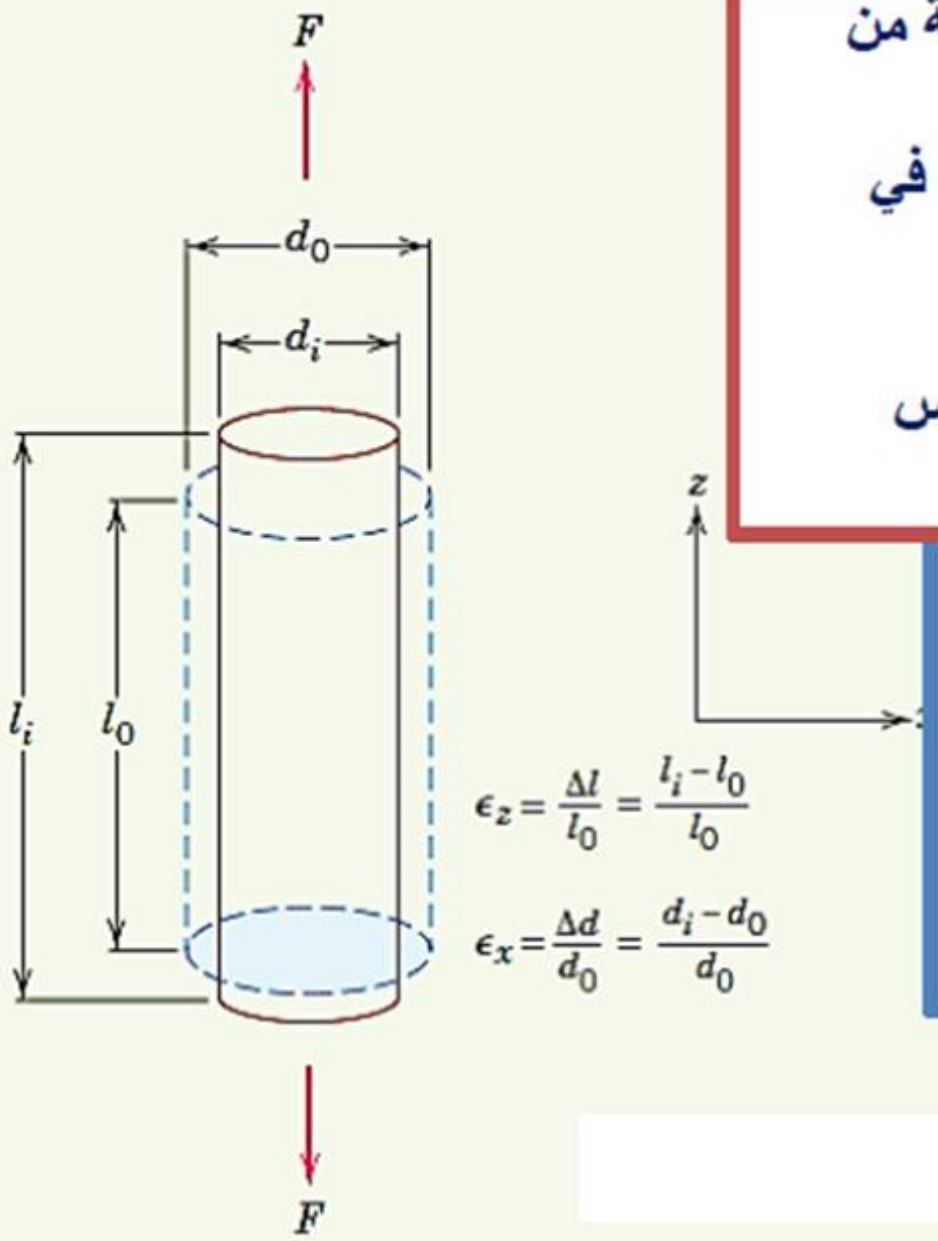
1 Gpa=10^9 Pa

$A0=\pi(d/2)^2=3.14(10x10^{-3}/2)^2=78.5x10^{-6}\ m^2$

مثال محلول

نطبق إجهاد شدي على طول محور أسطوانة من النحاس الأصفر قطرها (10mm) ،
عين قيمة الحمولة المطلوبة لينتج لدينا تغير في القطر مقداره ($2.5x10^{-3}$mm) إذا اعتبرنا أن التشوه الحاصل تشوه مرن
$Y=10.1x10^4$Mpa ، معامل بواسون للنحاس الأصفر $\upsilon=0.35$

في هذه الحالة، تم تطبيق إجهاد شد على طول المحورZ أدى لاستطالة نسبية ε_z في اتجاه الشد و تقلصات نسبية مرنة في الاتجاه x (اتجاه نصف القطر هنا)



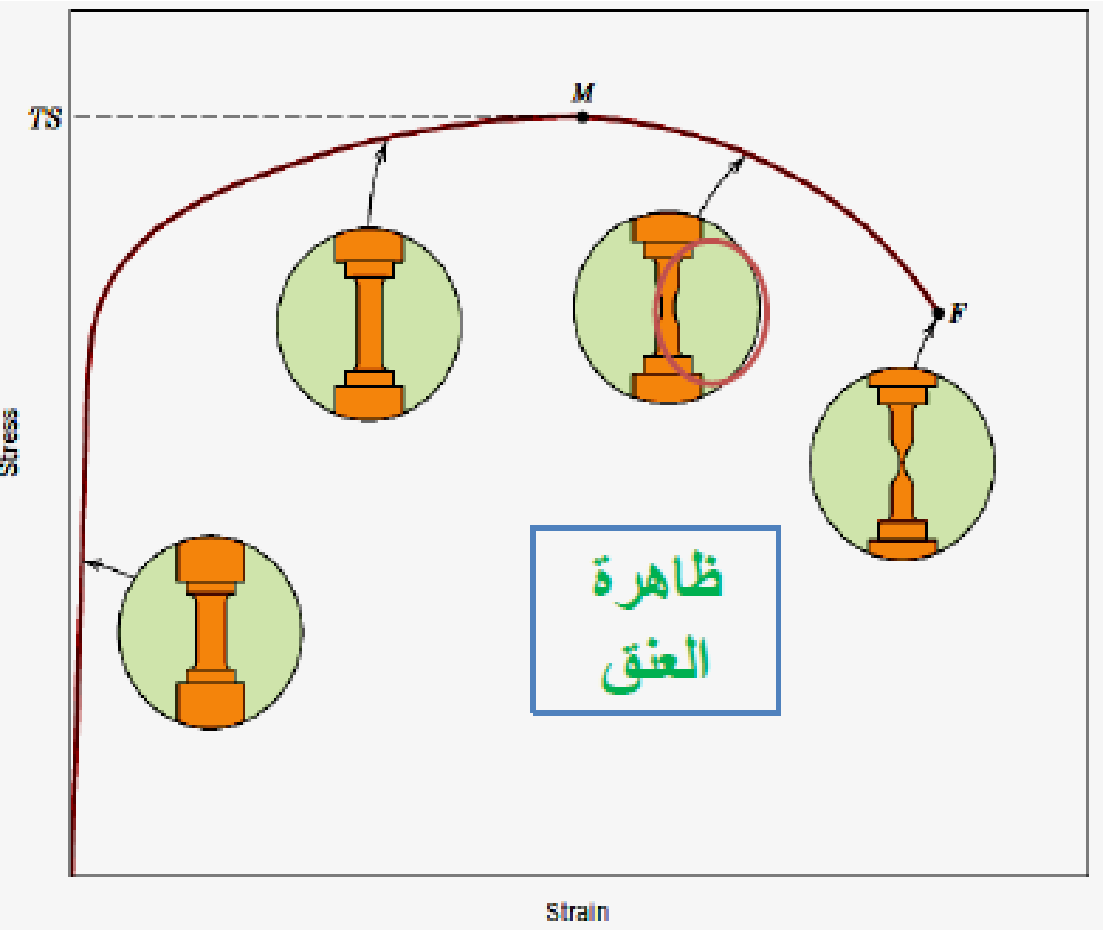
$$\epsilon_z=\frac{\Delta l}{l_0}=\frac{l_i-l_0}{l_0}$$

$$\epsilon_x=\frac{\Delta d}{d_0}=\frac{d_i-d_0}{d_0}$$

F=5660N

σ=72.1Mpa

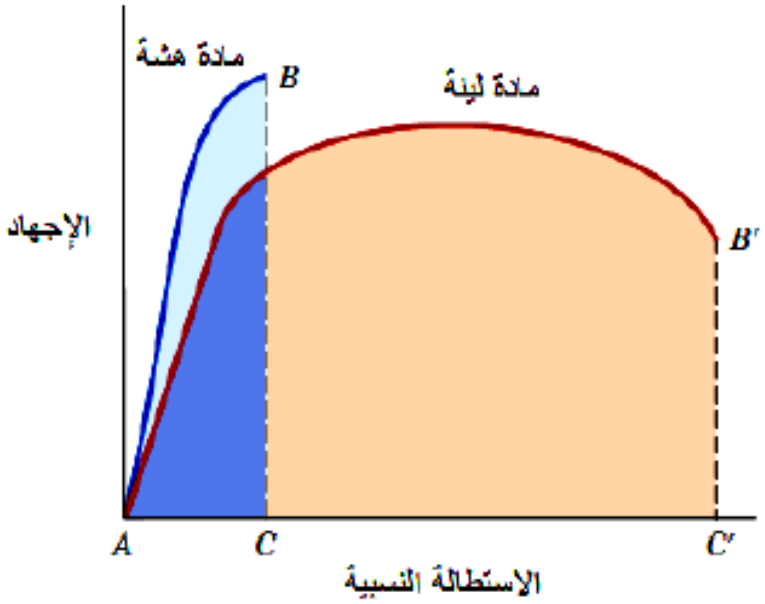
مقاومة الشد



تعرف مقاومة الشد Ts بأنها النقطة التي يكون فيها الإجهاد أعظمي في المنحني إجهاد – استطالة نسبية وهي القيمة المقابلة للنقطة M على المنحني .

تقدر مقاومة الشد بواحدة Mpa

الليونة



خاصية ميكانيكية تقيس درجة التشوه اللدن الذي تتحمله المادة حتى تنكسر (تنقطع) وتقسم المواد وفقا لهذه الخاصية إلى :

مواد هشة / مواد لينة

تعبر الليونة عن النسبة المئوية للاستطالة ⇐ ليس لها واحدة

الرجوعية

تعرف الرجوعية بأنها مقدرة المادة على الاستعادة أو الرجوع لشكلها الأصلي بعد زوال القوة المؤثرة عليها أي قدرتها على امتصاص الطاقة خلال التشوه المرن .

مسائل في الخواص الميكانيكية

إذا كان الإجهاد الذي يبدأ عنده تشوه عينة من خليطة النحاس تشوها لدنا هو345Mpa و بفرض أن معامل المرونة لهذه الخليطة هو $10.3x10^4$ Mpa فأوجد :

- قوة الحمولة الأعظمية الواجب تطبيقها على عينة تملك مساحة مقطع عرضي$130mm^2$ قبل أن تتشوه تشوها لدنا
- الطول الأعظمي للعينة إذا كان طولها الأصلي 76mmو ذلك قبل أن تتشوه تشوها لدنا

σ_y = 345Mpa
A_0 = 130mm
Y = $10.3x10^4$ Mpa
L_0 = 76mm

قوة الحمولة الأعظمية مرتبطة بالإجهاد الذي يبدأ عنده التشوه اللدن σ_y : $\sigma_y = F/A_0$

يحسب الطول الأعظمي من علاقة الإجهاد $\sigma = Y\varepsilon$
حيث $\varepsilon = \Delta L/L_0$

F=44850N

الطول الأعظمي : $L=L_0+\Delta L$

$\Delta L=0.2545mm$

مسائل في الخواص الميكانيكية

تملك عينة أسطوانية من الفولاذ قطرا 15.2mm و طول 250mm تم تشويه العينة تشوها مرنا بقوة شد مقدارها 48900N فإذا علمت أن معامل المرونة للفولاذ $Y=20.7X10^4Mpa$ فأوجد مقدر استطالة العينة في اتجاه تطبيق الإجهاد؟

نوجد $A_0=\pi(d/2)^2$

$A_0=181.36x10^{-6}\ m^2$

d=15.2mm
F=48900N
$Y = 20.7x10^4$ Mpa
$L_0 = 250mm$

$\sigma=F/A_0$
$\sigma= Y\varepsilon$
$\varepsilon=\Delta L/L_0$

$\Delta l=0.325mm$

مسائل في الخواص الميكانيكية

تم تشويه عينة أسطوانية من خليطة النحاس الأصفر قطرها 10mm و طولها 101,6mm بقوة شد (10000N) فإذا كان معامل بواسون لهذه العينة $\upsilon=0.35$ و معامل يونغ لهذه العينة $Y=10.1x10^4Mpa$ فأوجد :

- مقدار استطالة العينة
- مقدار نقصان قطر العينة

اتجاه ε_x و ε_z

نوجد $A_0=\pi(d/2)^2$

$A_0=78.5x10^{-6}\ m^2$

d=10mm
F=10000N
$Y = 10.1x10^4$ Mpa
L_0 =101.6mm
=0.35ν

$\sigma=F/A_0$
$\sigma= Y\varepsilon_z$
$\varepsilon_Z=\Delta L/L_0$
نوجد ε_x من العلاقة
$= -\varepsilon_x /\varepsilon_z\nu$

$\Delta d=-4.5x10^{-3}$ mm

$\Delta l=0.13mm$

مسألة محلولة عن اختبار القص

قطعة من الفولاذ على شكل متوازي مستطيلات طولها L=10cm وعرضها W=5cm وارتفاعها h=5cm ، تثبت من إحدى قاعدتيها الصغرى Wxh ،وتطبق قوة على الوجه المقابل مقدارها 10^6 N ،أوجد مقدار انزياح الوجه الثاني عن الأول (d) إذا علمت أن معامل القص للفولاذ $G=8.3X10^4Mpa$.

$$\tau = \frac{F}{A_o} = \frac{10^6}{25x10^{-4}} = 0.04X10^{10}\ Pa$$

لإيجاد d يجب إيجاد ظل الزاوية θ أي γ $\tau = G\gamma$

$$0.04x10^{10} = 8.3x10^4\ x10^6\gamma \Leftarrow$$

$$tg\ \theta = 0.0048$$

$$d = L.tg\theta = 0.1 \times 0.0048 = 0.00048m = 0.48mm$$

$$tg\ \theta = d/L$$