Tension Test

- يتم فيه تطبيق حمل محورى تدريجى فيحدث استطالة للعينة موازية للمحور مع نقص فى مساحة مقطع العينة.
- يمكن تقسيم المواد من خلال سلوكها اثناء اختبار الشد الى:

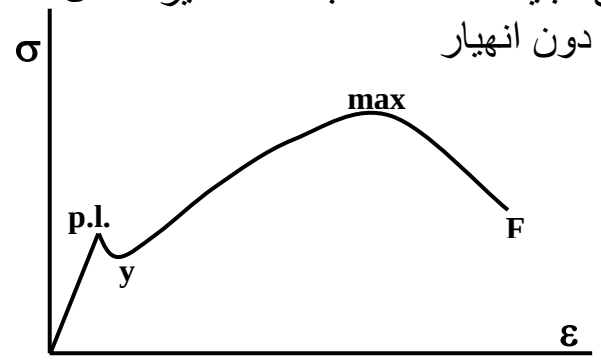
Ductile materials

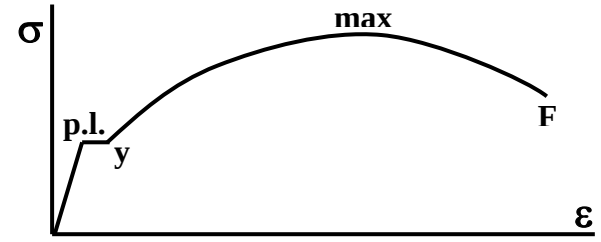
هى المواد سهلة التشكيل مثل Steel&Al

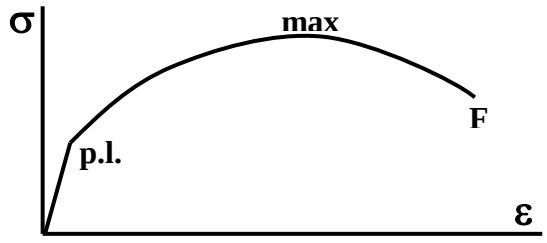
Ductility:

The ability of the material to be drawn under tensile load without fracture

هى قابلية المادة للسحب تحت تاثير احمال شد دون انهيار





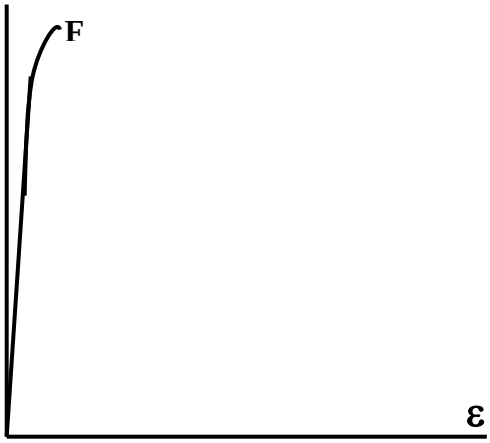


Brittle materials

1- Cast iron 2- Concrete

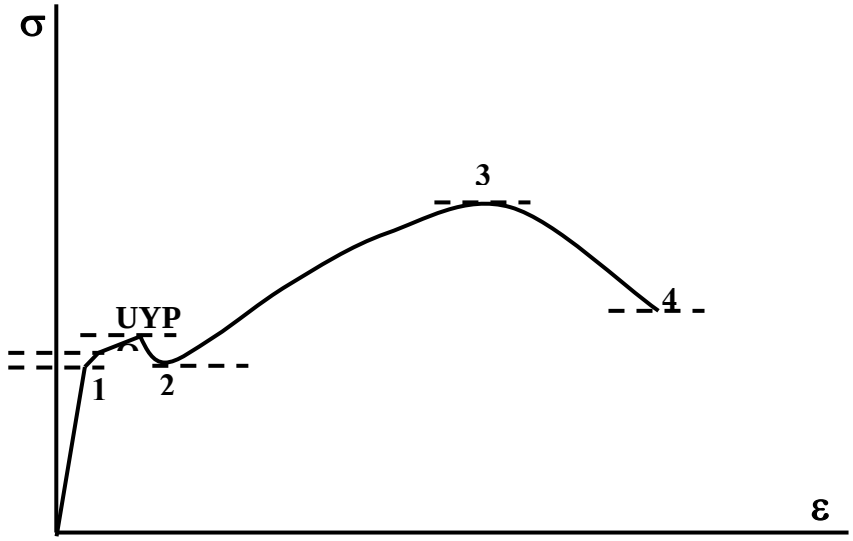
Brittleness:

هى خاصية للمادة تجعلها غير قادرة على اظهار المزيد من التشكل deformation قبل الكسر



ORDINARY STRESS-STRAIN DIAGRAM

$$\text{Stress } \sigma = \frac{P}{A_o} \qquad \text{Strain } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o}$$



يمكن تقسيم منحنى (σ- ε) للمواد المطيلة الى عدة مراحل:

i) First Zone (المرونة)

Elasticity
Any changes in shape and dimensions is removed upon the removal of load
هى قدرة المادة على استعادة ابعادها الاصلية بعد زوال الحمل المؤثر

a) From (0) loads to Proportional limit(P.L.) (1)
مرحلة تناسب طردى بين الحمل والاستطالة

b) From (1) to Elastic limit (E.L)
تزيد الاستطالة بمقدار كبير والعلاقة ليست خطية لكن العينة ماتزال مرنة

ii) Second Zone

a) From the (E.L) to the upper yield point (UYP), the material is partly elastic and partly plastic.
العينة فى مرحلة اللدونة لكن فيها بعض المرونة

b) From (UYP) to lower yield point (2), there is further increase in extension without any increase in load.
يحدث زيادة فى الاستطالة مع ثبات الحمل

c) From yield point (2) to maximum load point (3), the ductile stage.
يحدث للعينة استطالة ملحوظة والعينة فى مرحلة اللدونة Plasticity

Plasticity

هى حدوث استطالة دائمة فى العينة Permanent deformation فى بداية مرحلة yield لا تزول بعد زوال الحمل

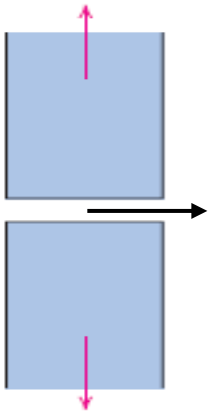
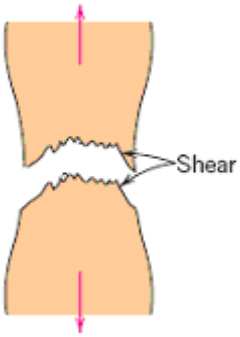
iii) The Third Zone

From the point of maximum load (3) to point of fracture (4), the specimen necks down to final rupture.

Types of failure:

The two fundamental types of tensile fracture are; sliding or shear and separation

اى أن الكسر يحدث لأحد سببين إما القص والانزلاق او الانفصال

Brittle materials (Cast iron)	Ductile materials (mild steel)
	
يحدث الكسر تحت تاثير قوى الفصل بسبب ضعف مقاومة المادة لإجهادات الشد ويكون سطح الكسر عمودى على محور العينة The resistance of the material to sliding is greater, the material will fail by separation	Cup & cone يحدث الكسر لضعف مقاومة المادة لإجهادات القص The resistance to separation is greater, it will fail by shear

Elongation equation (Unwin's equation):

معادلة الاستطالة بدلالة الابعاد الاصلية للعينة

$$\Delta L = bL_o + c\sqrt{A_o}$$

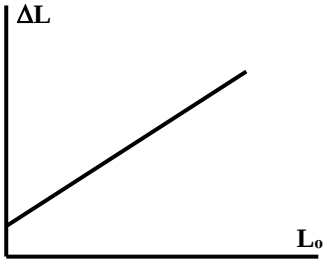
الاستطالة الكلية الحادثة فى عينة مطيلة ترجع الى

Necking elongation	Elongation at gage length (Plastic deformation)
$c\sqrt{A_o}$	bL_o
استطالة فى منطقة الرقبة وحدث قبل الكسر وتتأثر بشكل العينة ومساحة المقطع	تحدث قبل نقطة .Max وتتوزع على طول العينة

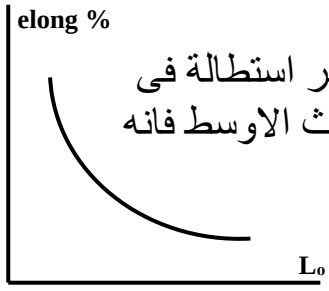
1- تتناسب الاستطالة طرديا مع الطول الاصلى عند ثبات مساحة المقطع

2- بالقسمة على L_o

$$\frac{\Delta L}{L_o}\ \% = b + \frac{c\sqrt{A_o}}{L_o}$$



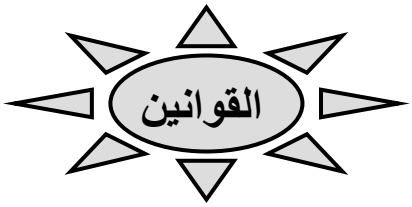
تتناسب النسبة المئوية للاستطالة عكسيا مع الطول الاصلى



ترفض نتائج اختبار الشد لو حدث الكسر خارج الثلث الاوسط لان اكبر استطالة فى العينة هى الحادثة فى منطقة necking وعند حدوث الكسر خارج الثلث الاوسط فانه يتم اهمال الاستطالة فى منطقة necking

انواع العينات القياسية

Specimen		For circular section	Use
Short	$L_o = 5.65\sqrt{A_o}$	$L_o = 5D_o$	Brittle material
Long	$L_o = 11.3\sqrt{A_o}$	$L_o = 10D_o$	Ductile material



Strength

The external load required to overcome bonds between atoms
مقدار القوة الخارجية اللازمة للتغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات او هو مقدار مقاومة المادة للقوى الخارجية

1- Stress at proportional limit

The stress at the last point of proportionality line between σ,ε

$$\sigma_{p.l} = \frac{P_{p.L}}{A_o}$$

2- Ultimate tensile strength

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A_o}$$

3- Yield stress

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o}$$

4- Fracture stress

$$\sigma_f = \frac{P_f}{A_o}$$

5- Working stress

$$\sigma_w = \frac{\sigma_y}{F.S} \text{ or } \frac{\sigma_p}{F.S} \text{ or } \frac{\sigma_{p.l}}{F.S}$$

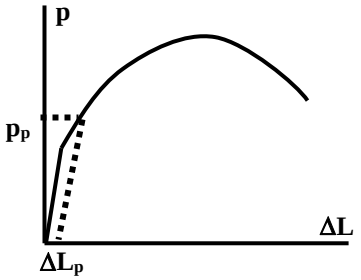
6- Proof stress

$$\sigma_p = \frac{P_p}{A_o}$$

هو قيمة الاجهاد عند استطالة معينة تمثل نسبة معينة من الطول الاصلى ويتم تعيينه عند حساب working stress لبعض المعادن المطيلة التى لها خاصية المرونة وليس لها نقطة خضوع ويكون اجهاد الضمان معبرا عن مقاومة المادة فى مرحلة المرونة

It is the stress which produced under a load of non-proportional elongation equal to certain specified percentage (0.1 – 0.5%) of the original gage length

$$\Delta L_p = (0.1 - 0.5)\% \times L_o$$



7- Stiffness

الصلابة هى خاصية للمادة تجعلها تقاوم اى نوع من انواع deformation ويتم قياسها بمعامل المرونة **E** وهو ميل الخط المستقيم

Modulus of elasticity (stiffness) $E = \frac{\sigma_{p.l}}{\varepsilon_{p.l}} = \frac{P_{p.l} \times L_o}{\Delta L_{p.l} \times A_o}$

منحنيات σ – ε التى ليس بها مرحلة العلاقة الخطية يمكن قياس الصلابة بثلاث طرق :

1- Initial tangent modulus

ميل المماس للمنحنى من نقطة الاصل

$E_1 = \tan \theta_1$

2- Secant modulus

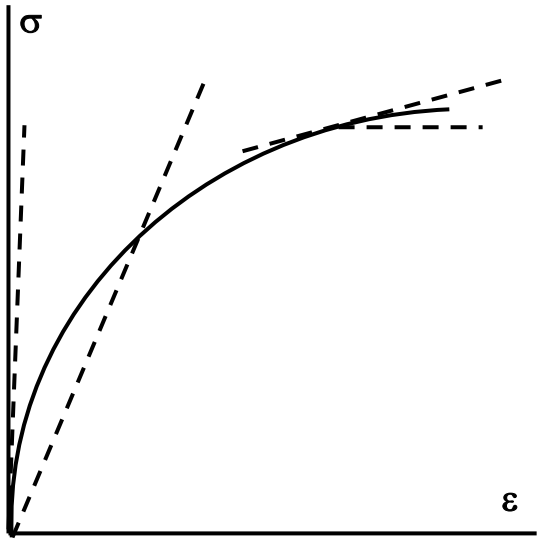
ميل الخط الواصل بين نقطة الاصل و اى نقطة على المنحنى

$E_2 = \tan \theta_2$

3- Tangent modulus

ميل المماس للمنحنى من نقطة عليه

$E_3 = \tan \theta_3$



8- Resilience

الرجوعية هى مقدار الطاقة الممتصه فى مرحلة المرونة و تمثل المساحة تحت خط proportional line فى منحنى P-ΔL

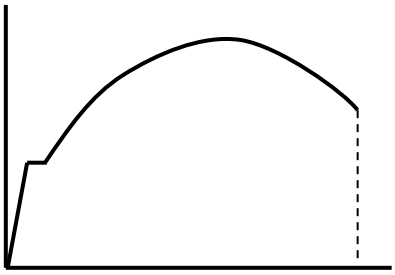
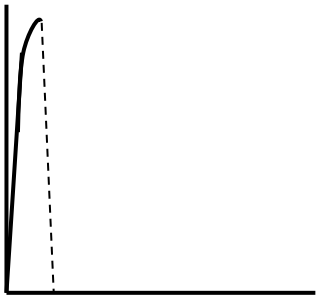
$$R = \frac{1}{2} P_{p.l} \times \Delta L_{p.l}$$

Modulus of resilience

$$(M.R) = \frac{\frac{1}{2} P_{p.l} \times \Delta L_{p.l}}{L_o A_o}$$

9- Toughness

هى مقدار الطاقة اللازمة للكسر وتمثل المساحة تحت المنحنى كله

Ductile materials	Brittle materials
	
الطاقة اللازمة للكسر كبيرة	الطاقة اللازمة للكسر اقل
Modulus of toughness	
$M.T. = \frac{\frac{1}{2}(P_y + P_{max})\Delta L_f}{L_o A_o}$	$M.T. = \frac{\frac{2}{3} P_{max} \times \Delta L_{max}}{L_o A_o}$

10- Ductility

$$\% \text{ Elongation} = \left(\frac{\Delta L_f}{L_o}\right) \%$$

$$\%\text{Reduction in area} = \left(\frac{A_o - A_f}{A_o}\right)$$

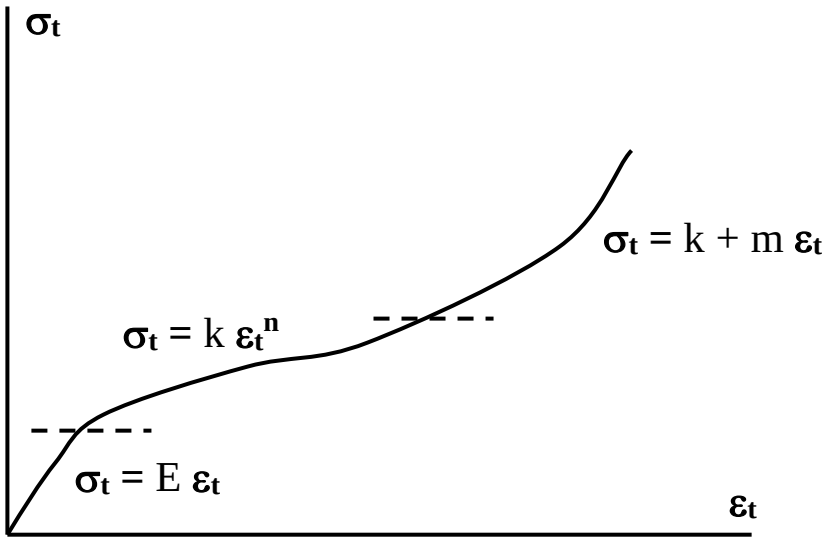
11- True stress and strain

	At Max. Point or before	After Max. point or at any point
True stress σ_t	$\sigma_t = \sigma_n(\varepsilon_n + 1)$	$\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}$
True strain ε_t	$\varepsilon_t = \ln(\varepsilon_n + 1)$	$\varepsilon_t = 2\ln\frac{D_o}{D_i}$

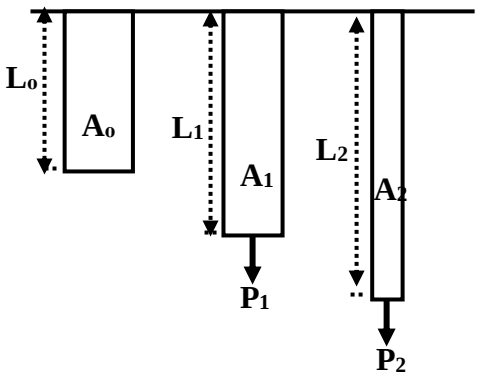
True stress - strain curve

n: Strain hardening exponent

k: Strength coefficient



Prove that $\sigma_t = \sigma_n(\varepsilon_n + 1)$



Assume constant volume $A_oL_o = A_iL_i$

$\sigma_n = \frac{P_i}{A_o}$ $\sigma_t = \frac{P_i}{A_i}$

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

$\sigma_t = \frac{P_i}{A_o} \times \frac{L_i}{L_o} = \sigma_n \frac{\Delta L + L_o}{L_o}$

$\sigma_t = \sigma_n(\varepsilon_n + 1)$

12- Poisson ratio

$$\mu = \frac{\Delta D_i/D_o}{\Delta L_i/L_o}$$