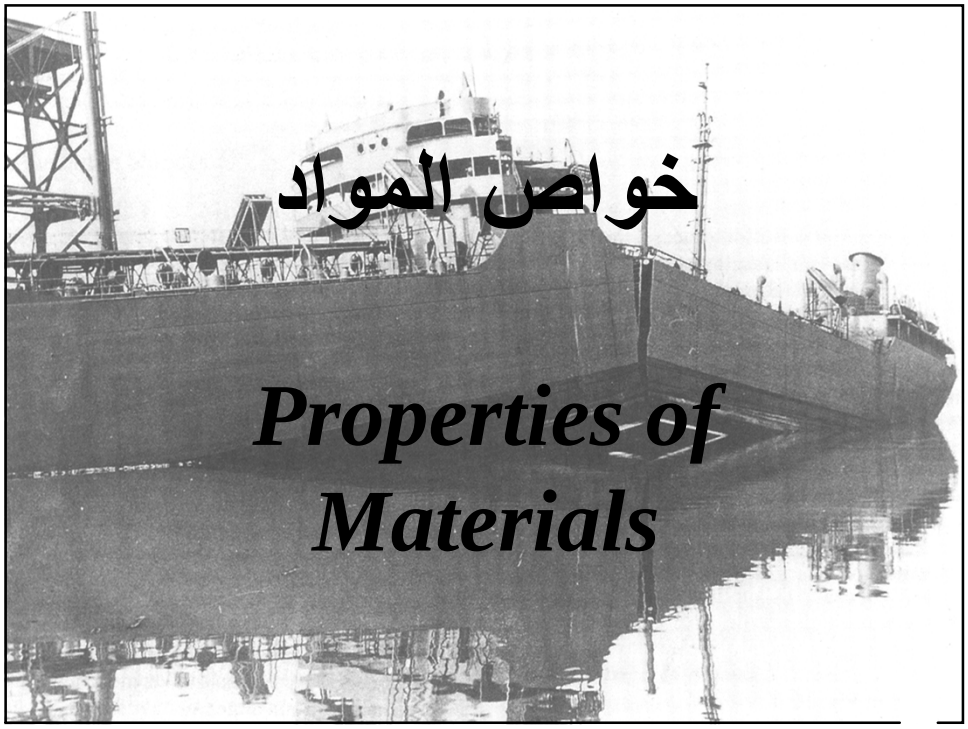
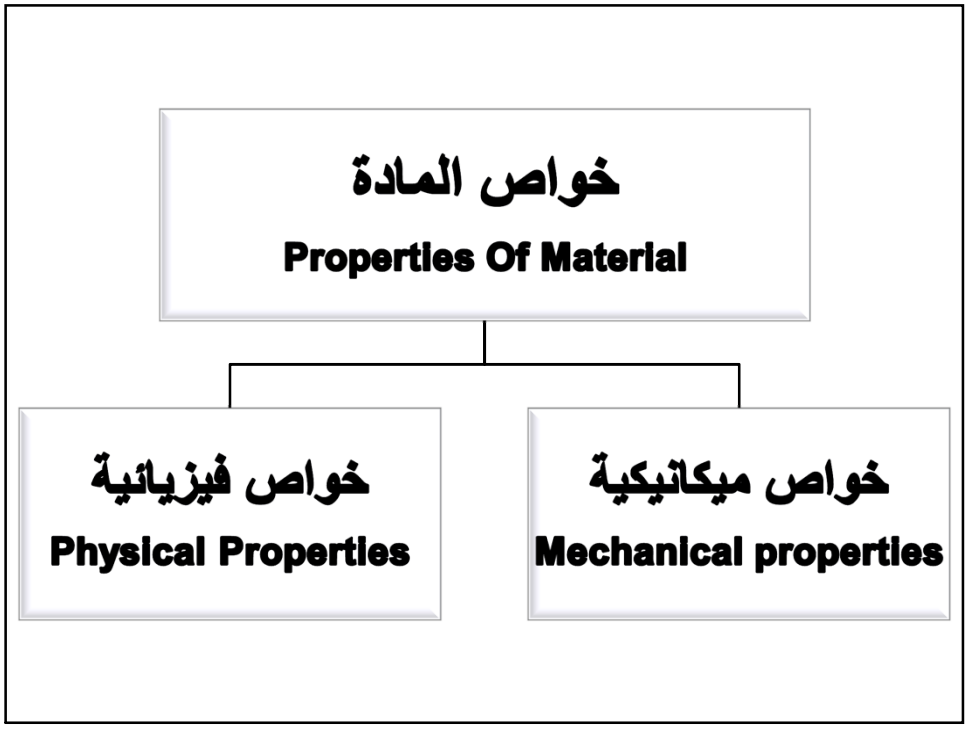


خواص المواد

Properties of Materials

مراجعة لمعاملات التحويل للوحدات القياسية

الرمز	اسم المعامل	معامل الضرب
T	تيرا	10^{12}
G	جيجا	10^{9}
M	ميجا	10^{6}
k	كيلو	10^{3}
h	هيكتو	10^{2}
da	ديكا	10
d	ديسي	10^{-1}
c	سنتي	10^{-2}
m	ميللي	10^{-3}
μ	ميكرو	10^{-6}
n	نانو	10^{-9}
p	بيكو	10^{-12}
f	فيمتو	10^{-15}
a	أتو	10^{-18}

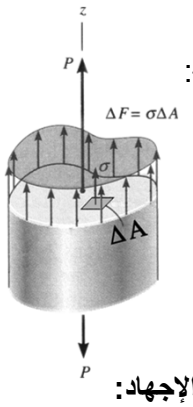


الخواص الميكانيكية

Mechanical Properties

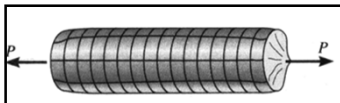
1) الإجهاد Stress

- ✓ هو الحمل Load (أو القوة) الواقع على وحدة المساحة،
- ✓ ويقاس بـ (N/m^2) أو (MN/m^2) أو (MPa).
- ✓ يمكن التعبير عن الإجهاد بالصيغة الرياضية التالية:

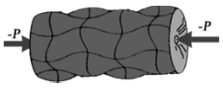


$$\sigma = \frac{F}{A}$$

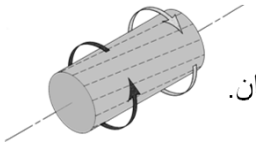
- ✓ **ينتج عن أنواع القوى الواقعة أنواعاً مختلفة من الإجهاد:**



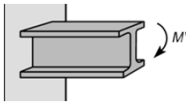
a) **<u>إجهاد الشد</u>**: عندما تتعرض القطعة إلى قوى شد



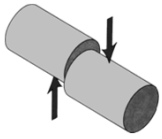
b) **<u>إجهاد الضغط</u>**: عندما تكون القوى ضاغطة.



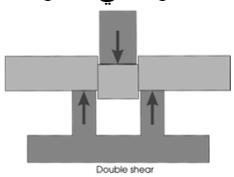
c) **<u>إجهاد اللي</u>**: عندما تتعرض القطعة إلى عزم دوران.



e) **<u>إجهاد الثني</u>** عندما تتعرض القطعة إلى عزم إنحناء.

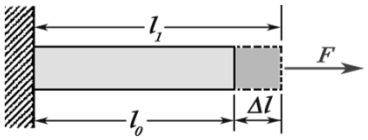


d) **<u>إجهاد القص</u>**: عندما تعمل القوى في خطوط عمل مختلفة.



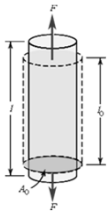
2) الإنفعال Strain

- ✓ وهو ما تعانيه المواد من جراء تطبيق جهد عليها، ويعبر عنها بنسبة التغير في الطول (Δl) الناتج عن تطبيق الحمل إلى الطول الإصلي (l_0).
- ✓ وحدة الإنفعال هي (m/m) أو يمكن أن نقول بأن الإنفعال لا وحدة له Dimensionless.
- ✓ يمكن التعبير عن الإنفعال من خلال المعادلة التالية:

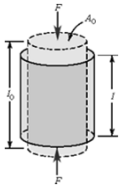


$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

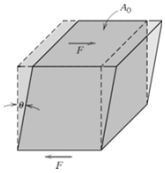
- ✓ **ينتج عن أنواع القوى المطبقة أنواعاً مختلفة من الإنفعال:**



a) <u>إنفعال شد</u>: وهو ناتج من قوة شد تعمل على إطالة المادة.



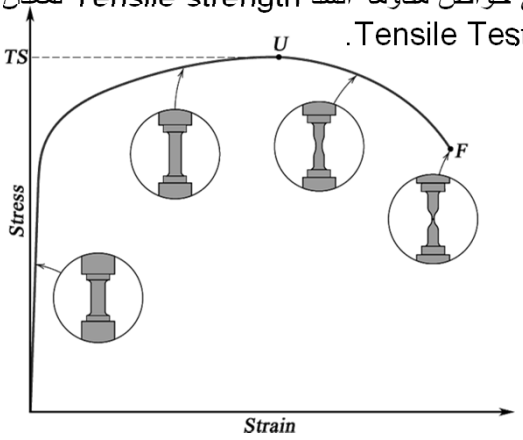
b) <u>إنفعال ضغط</u>: وهو ناتج من قوة ضاغطة تعمل على تقصير أو انضغاط المادة.



c <u>إنفعال قص</u>: وهو ينتج من تطبيق قوى القص على المادة، حيث تؤثر قوتين متعاكستين على خطي عمل مختلفين.

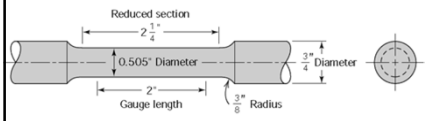
3) المقاومة Strength

- ✓ المقاومة هي مقدار تحمل المعدن للقوى المطبقة عليه سواء قوى الشد أو الضغط أو القص .....
- ✓ يمكن الحصول على خواص مقاومة الشد Tensile strength لمعدن عن طريق إختبار الشد Tensile Test.

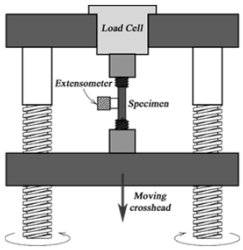


إختبار الشد Tensile Test

1) تؤخذ قطعة الإختبار المبينة بالشكل وقد عرف منها القطر الابتدائي (d_0) والطول الابتدائي (l_0).

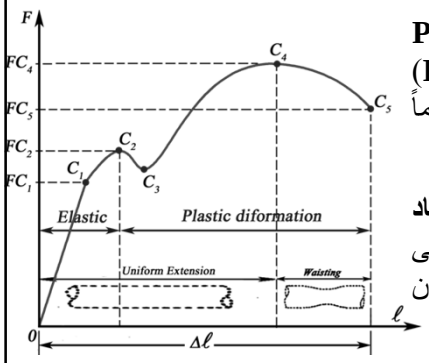


2) توضع القطعة بين الممسكين على آلة الشد، ويقوم جهاز ميكانيكي بعملية الشد يدوياً أو كهربائياً حتى تنهار القطعة.



3) خلال عملية الشد يقوم جهازٌ أخر برسم مخطط الإجهاد – الإنفعال (Stress–strain Diagram) على ورقٍ خاص يركب على الآلة مسبقاً.

إن شكل منحنى **الإجهاد – الإنفعال** يعتمد أساساً على نوع المعدن المختبر لأنه يعكس الخواص الميكانيكية للمادة.



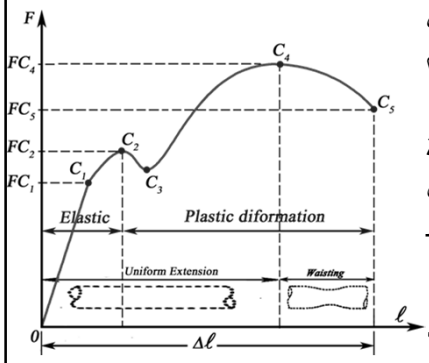
تسمى النقطة C_1 **حد التناسب Proportional limit**، وتحدد هذه النقطة التناسب بين القوة (**F**) والإستطالة ($\Delta\ l$)، ويكون الخط (OC_1) مستقيماً نظراً لأنه يمثل علاقة خطية.

إن الإجهاد المتكون في جسم العينة يسمى **إجهاد التناسب**. إلى غاية هذ الإجهاد تخضع المادة إلى قانون هوك Hoke's law الذي ينص على أن الإنفعال يتناسب تناسباٍ طردياً مع الإجهاد.

$$\sigma = E\varepsilon$$

يسمى ثابت التناسب (E) بمعامل يونج Young's modulus أو معامل المرونة Modulus of elasticity. **ويعد معامل يونغ مقياس لصلابة المادة وهي مقاومتها للتشكل تحت تأثير الأحمال. فكلما زادت قيمة معامل يونغ كلما قلت قيمة الإنفعال المرن لأي قيمة إجهاد مرن**.

نلاحظ حتى هذه النقطة (C1) إنه عند إزالة القوة المطبقة فإن المادة (عينة الإختبار) ترجع إلى طولها الأصلي. ويكون **الإنفعال مرناً Elastic strain**.

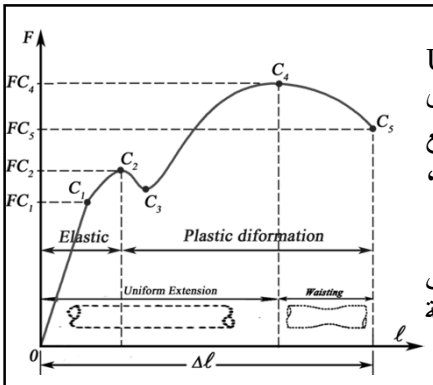


C_2: تسمى **حد المرونة Elastic limit**. هو أقصى قوة مطبقة على المادة بحيث لا يحصل فيها دائم عند زوال الحمل.

إن الإستطالة الناشئة في العينة تعتبر **إستطالة مرنة** (أي تزول بعد زوال القوة) إلا إنها ليست متناسبة مع القوة بشكل خطي، أي أن الخط (OC_1C_2) ليس مستقيماً.

إن الإجهاد المتكون في جسم العينة يسمى **إجهاد المرونة**.

C_3: نقطة الخضوع Yield point، هي النقطة التي يتم عندها التحول من الإنفعال المرن إلى الإنفعال اللدن. حيث يلاحظ زيادة ملحوظة في الاستطالة دون زيادة في الحمل. وهذا يدل على الخضوع yield. وهو إجهادان إجهاد الخضوع الأعلى Upper yield point , وهو لا يعد خاصية من خصائص المعدن إذ أنه يعتمد على ظروف الإختبار كسرعة التحميل، وإجهاد الخضوع الأدنى Lower yield point وهو الذي يعتبر خاصية من الخصائص الميكانيكية للمعدن إذ أن قيمته ثابتة لا تتغير لكل معدن. إن الإجهاد المتكون في جسم العينة يسمى **إجهاد الخضوع Yield stress**.



C_4: تحدد هذه النقطة المقاومة القصوى Ultimate Strength، وهي القيمة المقاسة لأقصى حمل تستطيع المادة تحمله محورياً،وبعد ذلك يبدأ مقطع العينة بالتخصر (أي أن مساحة مقطعها تنقص)، وتستطيل العينة مع إنخفاض القوة إلى أن تنكسر.

يمكن حساب الإجهاد الأعظم بأخذ قيمة أقصى حمل خلال إختبار الشد وقسمته على مساحة المقطع الأصلية:

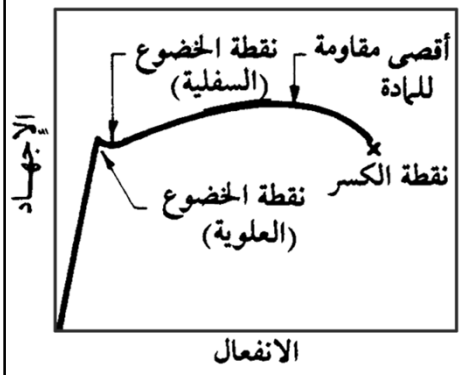
$$\sigma_{ULT} = \frac{F_{Max}}{A_o}$$

مع ملاحظة أن هذا الإجهاد لا يستخدم عادة في حسابات التصميم وذلك لأن العينة قبل هذه النقطة قد حصل لها تشوه دائم. إضافة إلى ذلك فبعد الوصول إلى هذه النقطة فإن العينة سوف تشوه دائماً بإستخدام إجهاد أقل من الإجهاد الأقصى.

C_5: هي نقطة الكسر، ويسمى الإجهاد عندئذ **بمقاومة الكسر Breaking strength**.

سلوك المعادن تحت تأثير حمل الشد

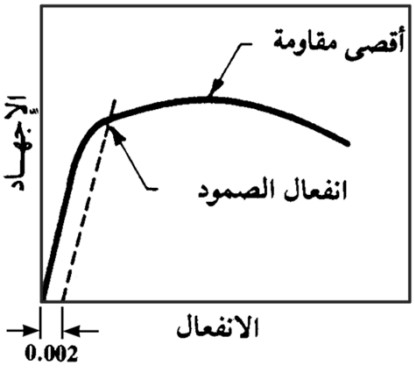
1) <u>معادن مطيلية Ductile Metals</u>:



- ✓ وهي المعادن التي يمتاز منحنى الإجهاد والإنفعال لها بوجود **منطقة مرنة** Elastic Zone **ومنطقة لدنة** Plastic Zone وأخرى بين هاتين المنطقتين تسمى **بمنطقة الخضوع** Yield Zone.
- ✓ كما تمتاز بحصول تشوه كبير لها قبل حدوث الكسر وكذلك تمتاز بتكون العنق Neck.

سلوك المعادن تحت تأثير حمل الشد

2) معادن شبه مطيلية Semi Ductile Metals:



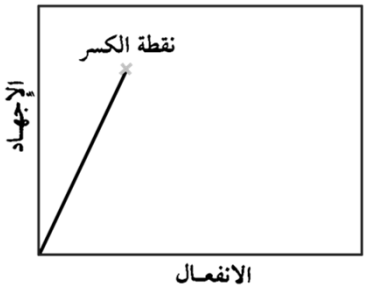
- ✓ وهي المعادن التي يمتاز منحنى الإجهاد والإنفعال لها بوجود **منطقة مرنة ومنطقة لدنة** ولكن دون وجود **منطقة خضوع** مميزة بين المنطقتين،
- ✓ كما يحدث لها تروه متوسط قبل حدوث الكسر وكذلك تمتاز بتكون العنق.

سلوك المعادن تحت تأثير حمل الشد

3) معادن قصيفة Brittle Metals:

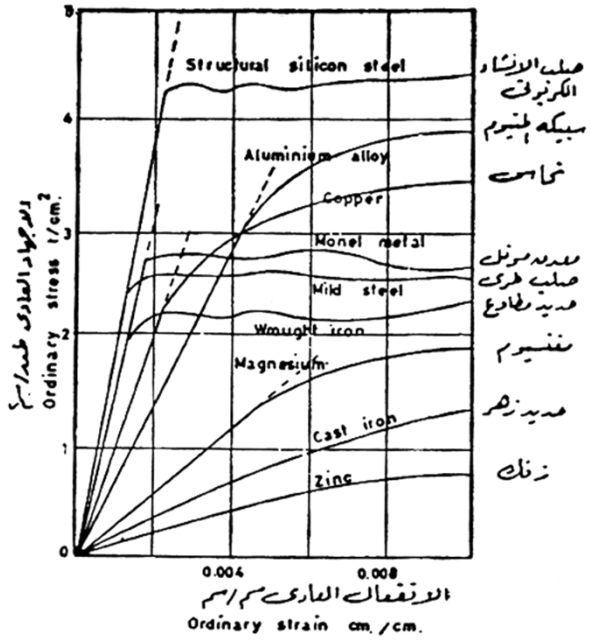
- ✓ وهي المعادن التي لا يوجد لها منطقة خضوع مثل المواد السيراميكية.
- ✓ ولا يوجد لها علاقة تناسب بين الإجهاد والإنفعال فالمنحنى منذ بدايته عبارة عن خط مائل وليس خطاً مستقيماً.
- ✓ ويحدث بها تروه صغير جداً مقارنة بالمواد الأخرى .
- ✓ كما لا يتكون فيها رقبة، إذ أن المعادن القصيفة لا تتحمل قوى الشد لكنها في المقابل تتحمل قوى الضغط بشكل أكبر.

سلوك المعادن تحت تأثير حمل الشد



4. مواد عالية المرونة Super Plastic:

- ✓ وهي المواد التي يزيد فيها الإنفعال المرن عن نسبة 100% مثل المطاط وبعض المواد البلاستيكية.



منحنيات الإجهاد والانفعال لمواد مختلفة

للتذكير

- ✓ **المرونة Elasticity**: هي خاصية عودة الجسم لشكله عقب رفع الجهد المطبق عليه، وهي تقاس بمعامل يونج ($E= \sigma/\varepsilon$).
- ✓ **حد المرونة Elastic limit**: وهو أكبر إجهاد تتحمله المادة دون تشكيل ثابت يبقى بعد إزالة الاجهاد (القوة).
- ✓ **اللدونة Plasticity**: وهي التشوه الذي يحدث للمادة عقب شدها بحيث لا ترجع إلى وضعها الأصلي بعد زوال القوة.
- ✓ **المقاومة القصوى Ultimate strength**: وتمثل أكبر تحمل أو مقاومة يبديها المعدن للإجهاد قبل أن ينكسر.
- ✓ **الإستطالة Elongation**: وهي مقدار التمدد الثابت الذي يصيب معدناً من جراء شده دون أن ينكسر، ويعبر عادة عن الإستطالة بنسبة مئوية من طول قياسي أساسي.

مثال 1:

أظهرت نتائج إختبار الشد في مادة معينة أن إجهاد الخضوع وقع عندما كانت قيمة القوة المطبقة 21.65 KN وعندما كان قطر العينة 12.55 mm. إذا كان طول العينة قبل إجراء الإختبار 50 mm وكان طولها عند الخضوع 50.25 mm، أوجد الأتي:

1) مقدار إجهاد الخضوع.
2) معامل المرونة

الحـــــــل

1) إيجاد مقدار إجهاد الخضوع Yield stress:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\text{القوة المؤثرة}}{\text{مساحة مقطع العينة}} = \frac{F}{\Pi r^2} = \frac{F}{\Pi\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{F}{\frac{\Pi}{4}D^2} = \frac{21.650\ kN}{\frac{\Pi}{4}\left(12.55\times10^{-3}\ m\right)^2}$$

$$\sigma = 175\times10^6\ \ N/m^2\ \ = 175\ \ MN/m^2$$

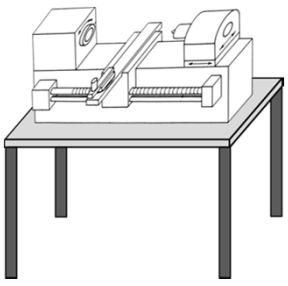
2) إيجاد مقدار معامل المرونة Young's modulus:

$$\sigma = E\,\varepsilon \Longrightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\text{الإجهاد}}{\text{الإنفعال}}$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\left(\frac{\Delta l}{l_o}\right)} = \frac{\sigma}{\left(\frac{l-l_o}{l_o}\right)} = \frac{175\times10^6\ \ N/m^2}{\left(\frac{50.25\ mm - 50\ mm}{50\ mm}\right)}$$

$$E = 35\times10^9\ \ \ N/m^2\ \ = 35\ \ \ GN/m^2$$

مثال 2:



وضعت آلة خراطة كتلتها 450 kg على منضدة معدنية لها أربع أرجل من المعدن تبلغ مقاومته القصوى للإنضغاط 320 MN/m^2. إذا كان مقطع الأرجل على شكل مربع طول ضلعه 50 mm وكانت الأرجل مجوفة وسمكها يبلغ 1 mm، أجب عن الأتي:

1) هل تتحمل أرجل الطاولة ثقل الآلة (أهمل وزن الطاولة)؟
2) ما هو اكبر وزن يمكن أن تتحمله الطاولة دون أن تنهار؟

الحـــــــــل

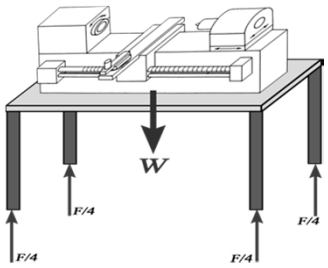
1) لكي نعرف ما إذا كانت أرجل الطاولة قادرة على تحمل ثقل الآلة أم لا، نجري مقارنة بين إجهاد الإنضغاط الواقع بفعل وزن الآلة وأقصى إجهاد ضغط تتحمله الأرجل.

إجهاد الضغط:

$$\sigma_{Compression} = \frac{F}{A} = \frac{\text{وزن الآلة المؤثرة على الأرجل الأربعة}}{\text{مساحة مقطع أرجل الطاولة}}$$

وزن الآلة المؤثر على أرجل الطاولة الأربعة:

$$F = W = m \times g$$
$$= 450\,kg \times 9.81\,m/s^2 = 4415\,N$$

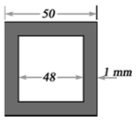


لو فرضنا أن القوة الناتجة بفعل وزن الآلة موزعة بالتساوي على الأرجل الأربعة، فإن مقدار القوة على الرجل الواحدة (F_L) يساوي:

$$F_L = \frac{F}{4} = \frac{4415\,N}{4} = 1104\,N$$

مساحة مقطع الرجل الطاولة (A_L) :

$$A_L = A_o - A_i = (50\times10^{-3}\ m)^2 - (48\times10^{-3}\ m)^2$$
$$= 1.96\times10^{-4}\ m^2$$



✓ **إجهاد الضغط الواقع على الرجل الواحدة $\sigma_{Compression}$:**

$$\sigma_{Compression} = \frac{F}{A} = \frac{1104\ N}{1.96\times10^{-4}\ m^2} = 5.63\times10^{6}\ N/m^2$$
$$= 5.63\,MN/m^2 << \ Ultimate\ \ strength$$

✓ **بهذا يتضح أن إجهاد الضغط الواقع على رجل الطاولة أقل بكثير من مقاومة الإنضغاط القصوى للمعدن المصنوعة منه.**

✓ **إذاً فإنه نعم تستطيع أرجل الطاولة تحمل ثقل الآلة.**

2) أكبر وزن تتحمله أرجل الطاولة:

من قانون الإجهاد الأعظمي للمادة:

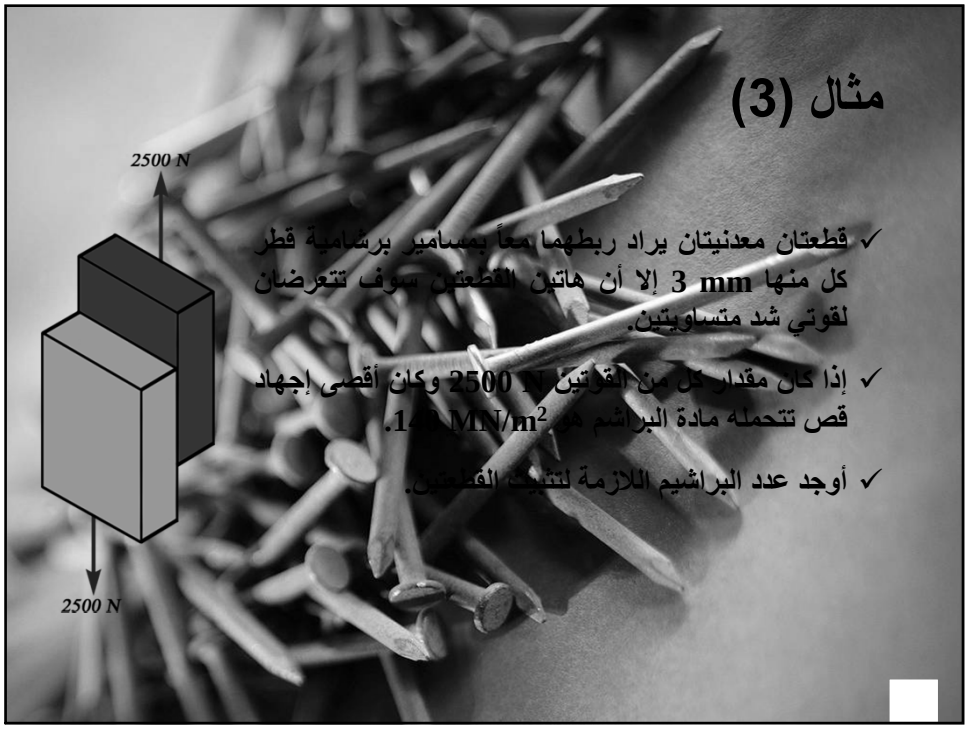
$$\sigma_{Ultimate} = \frac{F_{Ultimate}}{A}$$

$$320 \times 10^{6}\ N/m^{2} = \frac{F_{Ultimate}}{4 \times \left(1.96 \times 10^{-4}\ m^{2}\right)}$$

$$F_{Ultimate} = 4 \times \left(1.96 \times 10^{-4}\ m^{2}\right) \times \left(320 \times 10^{6}\ N/m^{2}\right)$$

$$F_{Ultimate} = 250.88 \times 10^{3}\ N = 250.88\ kN$$

أي ان أرجل الطاولة قادرة على تحمل وزن مقدارها 250 كيلونيوتن.



الحـــــــــــل

1) نجد أولاً المساحة الكلية لجميع المسامير البرشامية التي ستحمل القوى المطبقة على القطعتين المعدنيتان:

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

$$140\times10^{6}\ N/m^{2} = \frac{2500\ N}{A}$$

$$A = \frac{2500\ N}{140\times10^{6}\ N/m^{2}} = 1.786\times10^{-5}\ m^{2}$$

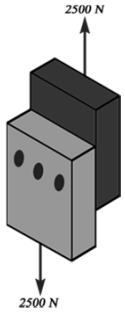
2) نوجد المساحة المقطعية للمسمار الواحد (A_b):

$$A = \frac{\pi}{4}D^{2} = \frac{\pi}{4}\left(3\times10^{-3}\ m\right)^{2} = 7.069\times10^{-6}\ m^{2}$$

1) نحسب عدد المسامير البرشامية اللازمة لتحمل 2500 N بقسمة المساحة الكلية على مساحة مقطع المسمار الواحد:

$$n = \frac{A}{A_b}$$

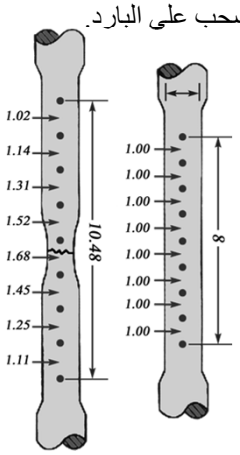
$$n = \frac{1.786\times10^{-5}\ m^{2}}{7.069\times10^{-6}\ m^{2}} = 2.53$$



إذاً عدد المسامير البرشامية اللازمة لتثبيت القطعتين ولتحمل قوة شد مقدارها 2500 N يساوي 3 مسامير.

4) قابلية الطرق والسحب (المطولية) Ductility

- ✓ وهي تقيس قابلية المعدن للإستطالة بإتجاه الشد أو التشكيل الثابت عند الطرق إذا ما زادت القوة المطبقة عى حد المرونة Elasticity limit ودخلت مجال اللدونة Plasticity دون أن تنكسر.
- ✓ بالنسبة للمعادن فإن قابلية السحب تقل بإزدياد الحرارة ولهذا السبب فإنها تسحب على البارد.
- ✓ بينما تزداد قابلية السحب للزجاج بزيادة الحرارة.
- ✓ تقدر المطولية بتحديد النسبة المئوية لإستطالة عينة بإختبار الشد.
- ✓ يلاحظ إن نسبة التمدد المقاسة على طول العينة تختلف من موضع لآخر، فمثلاً تكون كبيرة في منطقة التخصر بينما تكاد أن تتساوى في مواضع أخرى.
- ✓ يمكن قياس المطولية أيضاً بإجاد النسبة المئوية للنقص في المساحة التي تحصل في منطقة التخصر:



$$Ductility = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

مثال 5:

أظهرت نتائج إختبار الشد لعمود معدني قطره 12.55 mm أن إجهاد الخضوع وقع عندما كانت قيمة القوة المطبقة 21.65 kN. إذا كان طول العمود قبل إجراء الإختبار 50 mm وكان طوله عند الخضوع 50.25 mm، وطوله الكلي بعد الكسر 54.5 mm، وقطره في منطقة التخصر 11.85 mm، أوجد الأتي:

1) النسبة المئوية للزيادة في الطول.
2) النسبة المئوية للنقص في المساحة.

الحـــــــــل

1) النسبة المئوية للزيادة في الطول:

$$\varepsilon_L = \frac{l - l_o}{l_o} \times 100 = \frac{54.5 - 50}{50} \times 100 = 9\,\%$$

2) النسبة المئوية للنقص في المساحة :

$$\varepsilon_A = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100$$

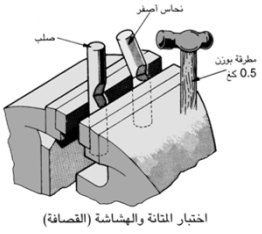
$$A_f = \frac{\pi}{4} D_f^2 = \frac{\pi}{4} \left(11.85 \times 10^{-3}\ m\right)^2 = 110 \times 10^{-6}\ m^2 = 110\ \mu m^2$$

$$A_o = \frac{\pi}{4} D_o^2 = \frac{\pi}{4} \left(12.55 \times 10^{-3}\ m\right)^2 = 124 \times 10^{-6}\ m^2 = 124\ \mu m^2$$

$$\varepsilon_A = \frac{124 - 110}{124} \times 100 = 11.3\,\%$$

5) المتانة Toughness

- ✓ هي قابلية المادة لإمتصاص القدرة energy أثناء التشوه اللدن قبل حدوث الكسر.
- ✓ ترتبط المتانة بقوى الصدم حيث تجرى إختبارات تسمى بإختبار الصدم Impact test لتحديد متانة المادة أو مقاومة الكسر.



اختبار المتانة والهشاشة (القصافة)

- ✓ يتم إختبار المتانة بأخذ قطعتين من معدنين مختلفين (نحاس أصفر & صلب) بأبعاد نفسها. ثم يتم حفر ثلماً في كل منهما بالمنشار حتى نصف القطر، وربطهما في ملزمة. وبعدها يتم ضربهما بمطرقة وزنها 0.5 kg. فالقطعة التي تحتاج إلى قوة أكبر حتى تنكسر هي الأكثر متانة.
- ✓ تمثل المساحة الكلية الموجودة تحت من منحنى الإجهاد والإنفعال القيمة المطلوبة لتحديد المتانة لمعدنٍ ما.

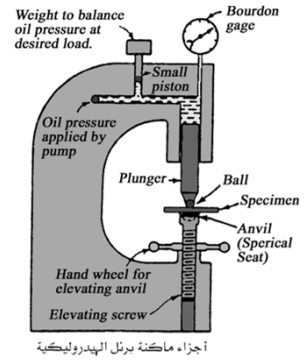
6) القصافة (الهشاشية) Brittleness

- ✓ تعبر القصافة عن مقدرة المعدن لمقاومة الصدمات وهي عكس المطولية فالمادة القصيفة هي التي تفتقر إلى مطولية معتبرة..
- ✓ المادة القصيفة تنكسر بسهولة في إختبار المتانة.
- ✓ غالباً ما تكون مقاومة المادة القصيفة لقوى الضغط أعلى من مقاومتها لقوى الشد.
- ✓ دائما ما يصعب تشكيل المواد القصيفة وخاصة عند التشكيل على البارد

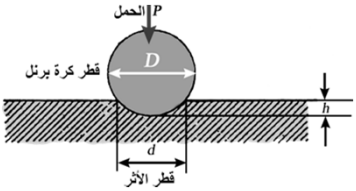
7) الصلادة Hardness

- ✓ هي مقدرة المادة على مقاومة الخدش والحك أو تغلغل مادة أخرى.
- ✓ الصلب يمكن أن يخدش الألومنيوم لذلك فالصلب أكثر صلادة من الألومنيوم.
- ✓ المسمار أكثر صلادة من الخشب فهو قادر على التغلغل بداخله
- ✓ هناك إختبرات عديدة لقياس صلادة المعدن من ضمنها إختبار برنل للصلادة Brinell hardness test.

إختبار برنل للصلادة
Brinell Hardness Test



أجزاء ماكنة برنل الهيدروليكية



- ✓ تستخدم كرة من **الصلب المصلد** قطرها (D=10 mm)، وقد تكون أحياناً من **كربيد التنجستن**.
- ✓ تضغط الكرة على سطح المادة المراد قياس صلادتها بقوة تتراوح من 500 kg أو 1500 kgأو 3000 kg.
- ✓ يبقى الحمل لفترة ما بين 5 sec إلى 10 sec للسماح بإحداث ثلم بالمادة.
- ✓ يرفع الحمل ويقاس قطر الأثر المتروك (d) وتعين القساوة من العلاقة التالية:

$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

F= القوة المؤثرة بالكجم.
D= قطر الكرة بالمليمتر.
d= قطر الثلم بالمليمتر.

عيوب إختبار برنل لقياس الصلادة

1) لا يمكن إستعماله للمواد العالية الصلادة أو الشديدة الليونة.
2) لا يجوز إستخدامه في المواد القليلة السمك. يمكن الحصول على أفضل النتائج إذا كان السمك أكبر بـ 10 مرات من عمق الثلم.
3) لا يصلح الإختبار للأسطح المصلدة.
4) يجب إجراء الإختبار بعيداً عن حواف العينة.

مثـــــال 5:

- ✓ في إختبار برنل للصلادة كان قطر الكرة 10 mm وكانت القوة المؤثرة 3000 kg. ما هو رقم برنل للصلادة BHN إذا كان قطر الثلم في المادة هو 4 mm.

الحـــــل:

$$BHN = \frac{F}{\frac{\pi D}{2}\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

$$BHN = \frac{3000\ kg}{\frac{\pi\, 10\ mm}{2}\left(10\ mm - \sqrt{(10\ mm)^2 - (4\ mm)^2}\right)}$$

$$BHN = 228$$

8) كلل (تعب) المعادن Fatigue

- ✓ هو إنهيار المعدن جراء تعرضه لإجهادات (قوى) متكررة ومتعاقبة حتى ولو كانت هذة الإجهادات أقل من إجهاد الخضوع للمادة.

مقاومة الكلل:

- ✓ وهي قابلية المادة لمقاومة الاجهادات المتغيرة.
- ✓ ينكسر حديد الزهر بعد (10 – 20) مليون دورة من حمولة متغيرة.
- ✓ تقاوم بعض المعادن، غير الحديدية، حتى 200 مليون دورة.

9) الزحف Creep

- ✓ هي إستطالة مستمرة تحدث للمعدن إذا ما تعرض إلى قوة شد ثابتة (وزن المعدن وهو معلق يعتبر قوة شد) في درجة حرارة عالية.
- ✓ بالرغم من أن معدل الإستطالة صغير، إلا أنه ذو أهمية كبيرة في تصميم المعدات مثل التربينات البخارية والغازية.

II

الخواص الفيزيائية

Physical Properties

1) الحرارة النوعية أو السعة الحرارية للمادة

Specific Heat for Substance

- ✓ وهي كمية الحرارة (الطاقة) المضافة لوحدة وزنية من المادة أو المستخلصة منها والتي ينتج عنها تغير في درجة الحرارة مقداره درجة مئوية واحدة.
- ✓ يستفاد من معرفة الحرارة النوعية في المعالجات الحرارية حيث يتم تسخين وتبريد كميات من المادة.
- ✓ كذلك يكون معرفتها مفيداً في عمليات السباكة حيث يلزم إستخلاص الحرارة بسرعة لتحفيز التحول إلى الحالة الصلبة.

2) الموصلية الحرارية والكهربائية

Thermal & Electrical Conductivity

- ✓ وهي قابلية المعدن بالسماح للحرارة أو الكهرباء بالإنتقال داخل المادة.
- ✓ تتناسب الموصلية الحرارية طردياً مع الموصلية الكهربائية، فالمواد الجيدة التوصيل للكهرباء مثل النحاس والذهب والألومنيوم هي أيضاً جيدة التوصيل للحرارة.

3) التمدد الحراري
Thermal Expansion

- ✓ تتمدد معظم المعادن عند تسخينها وتنكمش عند تبريدها، ولكن درجة التمدد أو الانكماش تختلف باختلاف المادة.
- ✓ عندما تصنع المواد في درجة حرارة الغرفة ويتم تشغيلها في درجات حرارة مرتفعة، أو عندما تسبك المواد في درجات حرارة عالية ثم تبرد، ففي كلتا الحالتين يلزم أخذ معامل التمدد والإنكماش في الإعتبار ويصحح ذلك أثناء التصنيع للتعويض عن التغير الذي سيحصل في الأبعاد بتغير درجات الحرارة.

4) الإستجابة المغناطيسية
Magnetic Response

- ✓ يمكن تصنيف المواد طبقاً لدرجة إستجابتها للمغنطة إذا ما عرضت لمجال مغناطيسي.
- ✓ تتمتع بعض المعادن كالحديد والفولاذ والنيكل والكروم والمنجنيز وبعض السبائك الأخرى بالخاصية المغناطيسية.
- ✓ تختلف قوة جذب هذه المعادن، فالحديد أقواها والنيكل الصافي أضعفها. أما معادن الألومنيوم والرصاص والفضة والنحاس فهي غير مغناطيسية Diamagnetic.
- ✓ تعتبر المغناطيسية في الحديد المطاوع مؤقتة بينما هي في حديد الزهر والفولاذ دائمة.