

## الخواص الميكانيكية للمواد

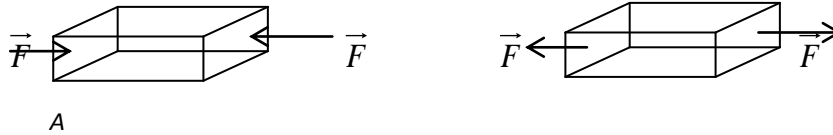
(١-٢) الإجهاد : القوة المسلطة على وحدة المساحة من السطح الذي وحداته باسكال ( $N/m^2$ ) او ( $dyne/cm^2$ ) ويمكن أن يقسم الإجهاد إلى ٣ أنواع :

١. إجهاد الشد: فيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير وعليه فان تأثير القوتين هو العمل على استطالة الجسم، حيث تتوزع القوة بالتساوي على جميع المساحة A (معدا نهايتي الجسم)

$$S_T = F/A$$

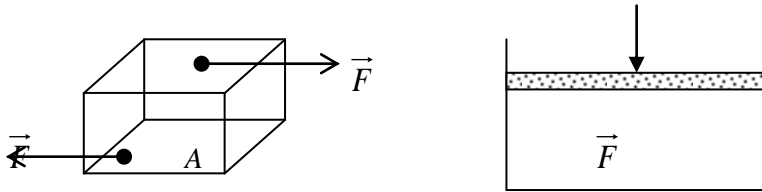
٢. إجهاد الكبس : فيه تؤثر قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه على نهايتي الجسم وعلى نفس خط التأثير وعليه فان تأثير القوتين هو العمل على ضغط الجسم وتقصير طوله

$$S_C = F/A$$



الشكل ١-٢ : إجهاد الشد وإجهاد الكبس

٣. إجهاد القص: فيه تؤثر عليه قوتان  $\vec{F}$  متساويتان بالمقدار ومتعاكستان بالاتجاه وتؤثران بصورة مماسية على السطحين الأعلى والأسفل للجسم، فيتولد إجهاد من تلك القوتين على المساحة المؤثر عليها



الشكل (٢-٣) : إجهاد القص.

الشكل (٢-٢) : إجهاد الموائع.

(٢-٢) الانفعال ( المطاوعة ): هو التغيير النسبي الذي يسببه الاجهاد لأبعاد الجسم من الشكل والحجم، وبما ان هنالك عدة انواع للاجهاد هنالك عدة انواع للمطاوعة وهي مطاوعة الشد والكبس والقص وهي نسبة مجردة من الوحدات.

١. مطاوعة التوتر: نسبة التغيير في الطول الى الطول الاصلي

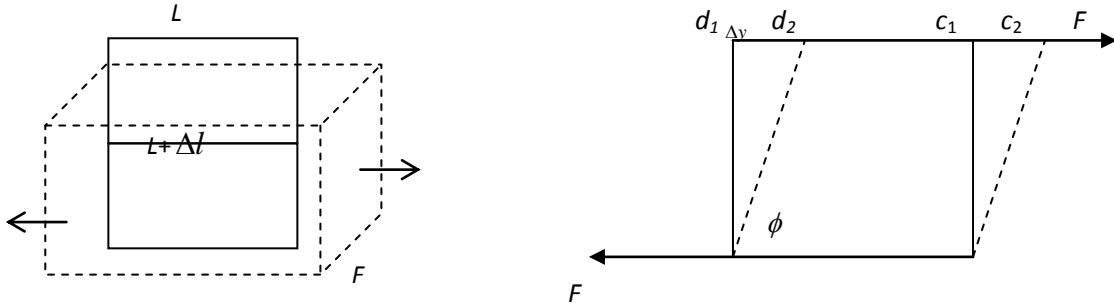
$$N_T = \Delta L / L$$

٢. مطاوعة الكبس: نسبة التغيير في الطول (الأنكماش) الى الطول الاصلي

$$N_C = \Delta L / L$$

٣. المطاوعة القصية: الازاحة الجانبية للطول الى الطول الاصلي

$$N_s = \Delta X / L = \tan\phi = \phi$$



الشكل ٢-٥): المطاوعة (الشد و الكبس).

الشكل ٢-٤) الانفعال القصي

إذا زال الانفعال بصورة تامة ومباشرة بعد إزالة الاجهاد الذي سببه سمي الجسم الصلب بأنه تام المرونة ، اما اذا اكتسب الجسم شكلا وحجما جديدين بعد إزالة الاجهاد المسبب لهما سمي الجسم بأنه تام اللدونة

الانفعال المرن: هو انفعال عكسي إذ يتلاشى الانفعال بعد إزالة الإجهاد المسلط حيث تتناسب قيمته طرديا مع مقدار الإجهاد المسلط ومن أحسن المواد المرنة، ألياف الكوارتز التي تقترب مرونتها من المرونة التامة حيث لا يحدث إزاحات دائمة للذرات ويبقى لكل الذرة نفس المسافة للذرة المجاورة لها قبل وبعد تسليط الإجهاد

الانفعال اللدن: هو انفعال غير عكسي إذ لا يتلاشى الانفعال بعد إزالة الاجهاد المسلط عليه ويحدث هذا للمادة نتيجة لتسليط الاجهاد بمقدور يتجاوز حد المرونة ويحدث الانفعال اللدن نتيجة الازاحات الدائمة للذرات داخل المادة

(٣-٢) المطيلية (ductility): مقدار التشوه اللدن الذي تعانيه المادة عند نقطة الكسر او القطع ويمكن التعبير عن المطيلية باستطالة المادة

المطيلية (نسبة النقصان في المقطع العرضي) = ((المساحة الاصلية - المساحة النهائية) / المساحة الاصلية) \* ١٠٠

$$\Delta a = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100$$

(٤-٢) الصلادة: مقاومة المادة لأختراق سطحها وتعتمد هذه الطريقة على إيجاد مساحة التلم الذي يحدثه إختراق مثلث تحت ثقل قياسي

(٥-٢) العسوة: الطاقة اللازمة لكسر المادة ويمكن إيجاد الطاقة من حاصل ضرب القوة في المساحة

(٢ - ٦) أنواع معامل المرونة :

إن النسبة بين تغير الإجهاد والتغير المناظر في المطاوعة تسمى بمعامل المرونة بشرط ان يكون الإجهاد ضمن حدود المرونة. هذه النسبة تكون مقداراً ثابتاً لكل مادة من المواد لذلك فهي تمثل سلوكية تلك المواد بالنسبة لتأثير القوى عليها. لذلك فالقانون الذي ينص على ان ((التغير في المطاوعة يتناسب مع التغير في الإجهاد ضمن حدود المرونة المناسبة)) يدعى بقانون هوك. يدعى معامل المرونة بمعامل يونك الذي يرمز له  $Y$ ، إذا كان الإجهاد يمثل إجهاد شد أو إجهاد كبس ويكتب رياضياً على النحو الآتي :

$$Y = \frac{\Delta F / A}{\Delta \ell / L}$$

حيث البسط يمثل التغير في الإجهاد والنتاج من زيادة القوة  $F$  بمقدار  $\Delta F$  ، أما المقام فيمثل التغير في المطاوعة والنتاج من استطالة  $L$  بمقدار  $\Delta L$ . ومعروف بان وحدات معامل يونك هي وحدات إجهاد لان المطاوعة خالية من الوحدات. أما معامل المرونة الناتج من النسبة بين التغير في إجهاد القص والتغير في المطاوعة القصية فيدعى بمعامل القص أو بمعامل اللي (الالتواء) والذي يرمز له  $G$  (وأحيانا  $M$ ) ويكتب على الشكل الآتي :

$$G = \frac{\Delta F / A}{\Delta \tan \phi} = \frac{\Delta F / A}{\Delta \phi} = \frac{1}{A} \frac{\Delta F}{\Delta \phi}$$

ومعامل المرونة الناتج من نسبة التغير في الضغط المسلط على جميع الجهات إلى التغير في المطاوعة الحجمية الناتجة عنه فيدعى بمعامل المرونة الحجمي (معامل بولك) والذي يرمز له  $B$  ويعبر عنه رياضياً بما يأتي :

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V} = -V \frac{\Delta p}{\Delta V}$$

والإشارة السالبة وجدت لان الزيادة في  $\Delta p$  تولد نقصاً في  $\Delta V$ ، أي أن  $\Delta V$  سالب دائماً عندما  $\Delta p$  موجب لذلك يكون معامل بولك دائماً موجب القيمة. أما مقلوب معامل بولك فيسمى معامل الانكباس الذي يرمز له  $K$  والذي يعرف بأنه التغير النسبي في الحجم لوحدة التغير في الضغط المسلط، أي أن :

$$K = \frac{1}{B} = -\frac{\Delta V / V}{\Delta p} = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p}$$

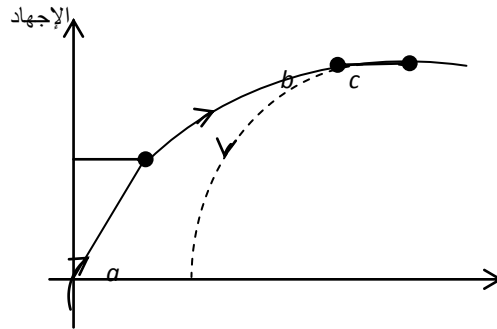
كل وحدات المعاملات أعلاه هي وحدات إجهاد، أي وحدات قوة على مساحة، كما ذكرنا مع معامل يونك. وحسب المعادلة اعلاه يمكن أن نكتب:

$$\Delta V = -KV\Delta p$$

وبالتالي تكون وحدة معامل الانكباس هي مقلوب وحدة الضغط واصطاح لها (جو)<sup>-1</sup> أو (atm)<sup>-1</sup> فعندما يكون معامل الانكباس هو  $55 \times 10^{-6} \text{ (atm)}^{-1}$  يعني أن حجم الماء يقل بمقدار  $55 \times 10^{-6}$  من حجمه الأصلي كلما زاد الضغط عليه بمقدار ضغط جوي واحد.

## (٢ - ٧) منحني الإجهاد - المطاوعة:

لتوضيح العلاقة بين الإجهاد والمطاوعة لمادة ما بمخطط (بمنحني) إجهاد- مطاوعة كما مبين بالشكل (٢ - ٦) والذي يوضح العلاقة لمادة تحت تأثير إجهاد طولي. عندما يزداد الإجهاد مبتدئاً من نقطة 0 تزداد المطاوعة الطولية بحيث تبقى النسبة بين الإجهاد والمطاوعة ثابتة على طول المستقيم (oa) وهنا تخضع لقانون هوك ضمن حدود المرونة ويسمى (oa) أيضاً بالحد المناسب. وتزول المطاوعة عند رفع الإجهاد وبذلك يعيد المنحني نفسه إلى نقطة 0 وتستمر هذه الصفة إلى النقطة b التي تمثل حد المرونة.



الشكل (٢ - ٦) منحني الاجهاد - المطاوعة

والآن لو زاد الإجهاد بعد نقطة b أي ما فوق حد المرونة فإن المطاوعة تزداد أيضاً دون الخضوع لقانون هوك وتكون هذه المطاوعة دائمية وتسمى هذه الحالة بمطاوعة السيل البلاستيكي ونلاحظ لو قل الإجهاد عن القيمة في النقطة b إلى الصفر في نقطة 0 فالمطاوعة تقل أيضاً متخذة الخط (bo') وليس العودة إلى النقطة 0 ولا تصبح مساوية للصفر ويكتسب النموذج مطاوعة وقتية هي (oo')، وان فشل انطباق منحنى تزايد الإجهاد مع منحنى تناقص الإجهاد يعود إلى الظاهرة المسماة هسترة المرونة Elastic Hysteresis. ولو زيد الإجهاد مرة أخرى من نقطة o' فإن المنحني يكون له ميل آخر يختلف عن ميل (oa) مع حد مرونة مناسب آخر يختلف عن حد المرونة الأول. أما إذا زيد الإجهاد من النقطة b فإن المطاوعة تزداد إلى نقطة النهاية العظمى c دون التقييد بقانون هوك أيضاً، وإذا انقطع المنحني بعد النقطة c فتسمى بنقطة القطع (أو الرضوخ)، أما النسبة بين القوة الساحبة إلى مساحة المقطع العرضي للجسم قبل ان ينقطع فتدعى بمتانة الجسم لوحد المساحة.

### العلاقة بين معامل المرونة ودرجة الحرارة تكون عكسية؟

- لأن ارتفاع درجة الحرارة يزيد الطاقة الحركية للذرات والجزيئات المادة التي تؤدي إلى التغلب على قوى الترابط بينها وبالتالي زيادة حجمها c.

يكون معامل القص اقل اهمية من معامل المرونة ؟

- وذلك لأن من السهل جعل الذرات المادة تنزلق على بعضها البعض بينما من الصعب تقريب او تفريق الذرات من بعضها البعض.

اثبت ان الشغل المنجز على مكعب يساوي نصف الاجهاد  $\times$  الممانعة ؟

لإيجاد الشغل المنجز على مكعب سلط عليه إجهاد قصي سبب إزاحة السطح العلوي بمسافة مقدارها  $dL$  من تطبيق المعادلة

$$dW = FdL \quad \dots\dots\dots(1)$$

حيث : طول المكعب =  $L$

زاوية الازاحة =  $\theta$

$$y = \frac{F.L}{\Delta L.L^2} = \frac{F}{L.\Delta L}$$

$$F = y.L.\Delta L \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$dW = y.L.\Delta L. dL \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$W = yL \int_0^{\Delta L} \Delta L. dL = \frac{y.L(\Delta L)^2}{2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

نعوض (٢) في (٤) نجد ان

$$W = F.\Delta L/2$$

الشغل المنجز لوحدة الحجم

$$W = \frac{F\Delta L}{2L^3} = \frac{1}{2} \frac{F}{L^2} \frac{\Delta L}{L}$$