جامعة تكريت

كلية الزراعة

قسم المكائن و الالات الزراعية

المادة تصميم المعدات و الالات الزراعية

المرحلة الثالثة

قسم المكائن والالات الزراعية / الفصل الثاني

مدرس المادة : أ.م.د.ثائر تركي عبد الكريم

المصادر

اساسيات هندسة المواد / د. عيسى مسعود

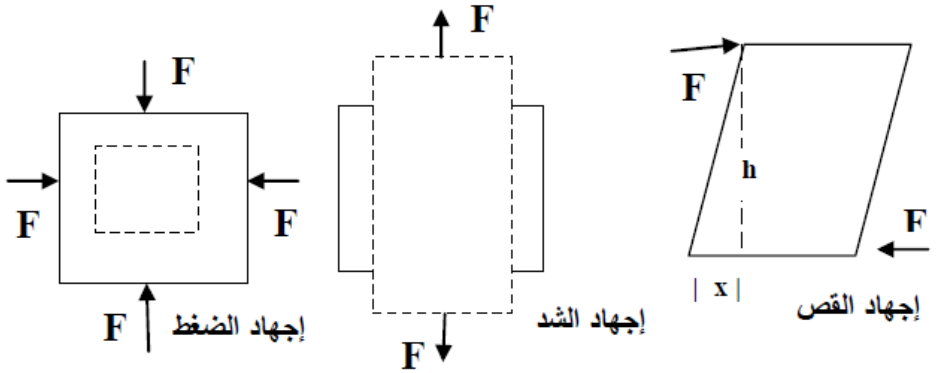
المحاضرة الرابعة

الخواص الميكانيكية للمواد ١

إن تحديد الخواص الميكانيكية للمادة هي الخطوة الأولى نحو التصميم، فعند تصميم قطعة ميكانيكية في آلة أو محرك أو هيكل معدني أو غير معدني فإن الأمر يتطلب دراسة ظروف التشغيل مثل قوة الشد أو الضغط أو القص التي سيتعرض لها ونوع التحميل هل هو دوري أو ثابت، وكذلك الصلادة والصلابة المطلوبة لمقاومة الإجهادات التي ستؤثر على القطعة تحت التصميم، وهذا يؤكد أهمية التعرف على طرق قياس الخواص الميكانيكية للمواد.

1-4 أنواع الإجهادات:

عند تعريض أي جسم إلى قوة خارجية، وليكن إجهاد الشد مثلاً، فإن ذلك سيؤدي إلى تغيير في شكل المادة الصلبة وفى حالات أخرى إلى الكسر أو الانهيار، وبالإضافة إلى إجهاد الشد يوجد هناك أنواع أخرى من الإجهادات المؤثرة مثل إجهاد القص وإجهاد الضغط كما هو موضح في الشكل(4-1) .



شكل(4-1) أنواع الإجهادات وإتجاه تأثير القوة في كل منها.

1- إجهاد وإنفعال القص المرن (Elastic shear strain and stress):

الإنفعال المرن هو عبارة عن كمية الإنفعال على الطول العمودي للعينة فإذا كان إنفعال القص المرن (γ) وطول الإنفعال(x) والطول العمودي للجسم (h) فإن إنفعال القص المرن يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية:

$$\gamma = \frac{x}{h} \qquad (1-4)$$

ومن الملاحظ أن التأثير على جسم بقوة قص مرن لا يغير في الحجم ولكن يغير في الشكل فقط كما بالشكل(4-1) .ويتم حساب إجهاد القص (τ) من معامل المرونة للقص (G) وإنفعال القص المرن (γ) ومنها نجد أن:

$$\tau = G\gamma \qquad (2-4)$$

حيث أن: $\gamma = \frac{x}{h}$

2- الإجهاد الضاغط (Compressive Stress):

من خلال وجود قوى خارجية من جميع الجوانب على جسم مكعب مثلا، يتناقص حجم الجسم بمقدار ΔV ولكن الشكل يبقى كما هو عليه. فالإنفعال (Δ) يمكن قياسه بالنسبة للحجم الأصلي (V)، وبذلك يتم حساب إنفعال الضغط كما يأتي:

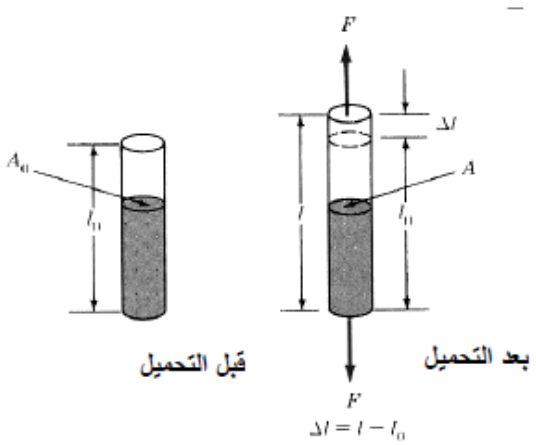
$$\Delta = \frac{\Delta V}{V} \qquad (3-4)$$

وبالمثل يمكن حساب إجهاد الضغط (σ) بمعرفة معامل المرونة الحجمي للمادة (B) وإنفعال الضغط:

$$\sigma = B\Delta \qquad (4-4)$$

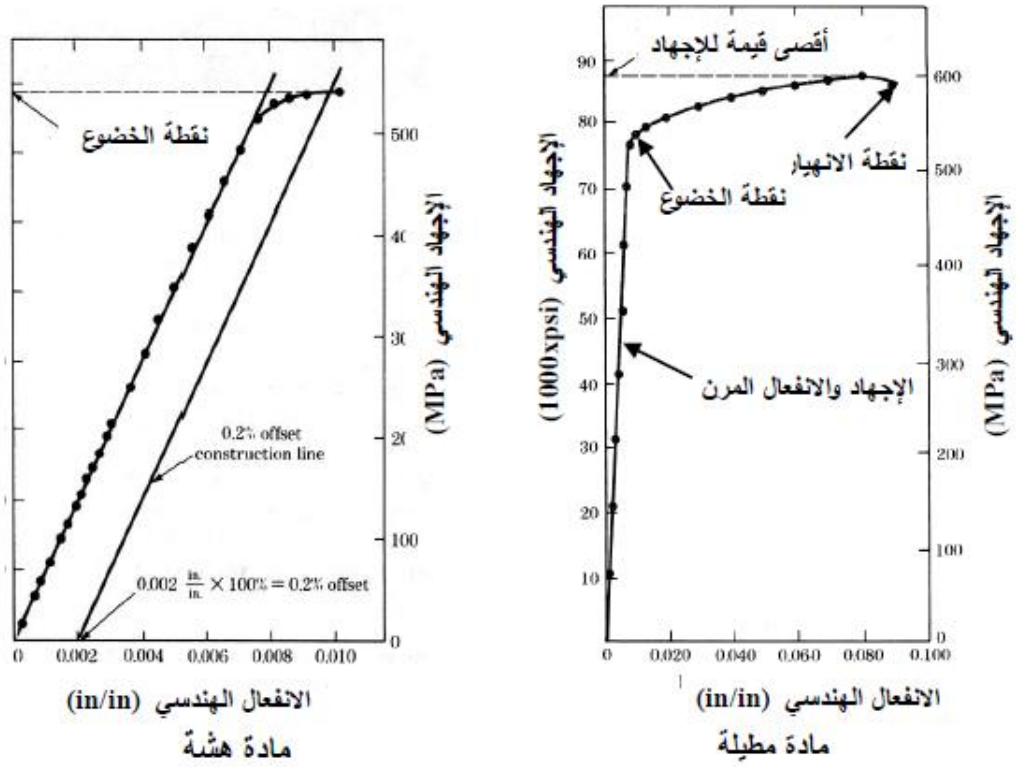
3 - الشد المحوري (Uniaxial tensile):

يعتبر هذا النوع من الشد أساساً لمعظم التجارب التي تقام على المواد لمعرفة قوة تحملها للشد ويتم تصميم العديد من الآلات الميكانيكية على أساسها، والشكل(4-2) يوضح قضيب معدني معرض لقوة شد وما ينتج عنها من إستطالة، ويمكن متابعة التغيرات التي تحدث علي المعدن من رسم العلاقة بين القوة المؤثرة على الجسم والإنفعال الذي يحدث له.



شكل (4-2) التأثير على قضيب معدني بقوة شد وما ينتج عنها من انفعال.

ويحتوي منحنى الإجهاد والإنفعال للشد المحوري على منطقتين هما المنطقة المرنة والمنطقة اللدنة، وقد تظهر بعض المواد إحدى المنطقتين فقط. والشكل(4-3) يبين منحنى الإجهاد والإنفعال للمواد المطيلة والمواد الهشة.



شكل (4 - 3) منحنى الإجهاد والإنفعال للمواد المطيلة والمواد الهشة.

١- المنطقة المرنة :

عندما يتعرض جسم ماء إلى إجهاد أقل من نقطة الخضوع فإن الإنفعال يكون مرنا بمعنى أن الجسم يعود إلى حالته الأصلية بمجرد زوال الإجهاد، وهذا يؤكد أن الإنفعال يتناسب طرديا مع الإجهاد وذلك طبقا لقانون هوك الشهير .

الإجهاد مقسوما على الإنفعال = مقدار ثابت

وهذا المقدار الثابت يعرف بمعامل المرونة و يكون صالحا عندما يكون الإنفعال لا يزيد عن 0.02 % ، في حالة المواد المتبلرة، وعادة ما ترسم هذه النسبة كخط مستقيم موازي للمنحنى في المنطقة المرنة كما بالشكل(4-3).

ب- **المنطقة اللدنة:**

عند إزدياد الإجهاد عن قيمة معينة يتغير شكل منحنى الإجهاد والإنفعال عن السلوك الخطي، وبذلك لا يكون المنحنى خاضعا لقانون هوك، كما أن التغيير في شكل العينة يكون دائما ولا يرجع إلى حالته الأصلية ويحدث ذلك عند نقطة الخضوع وهي نقطة التغيير الدائم من الإجهاد المرن إلى الإجهاد اللدن، وتعرف كذلك بحد المرونة (Plastic limit).

وتحدد هذه النقطة مقدار تحمل المادة للاجهادات قبل حدوث التغير الدائم في شكلها، ولذلك تعتبر من القياسات المهمة في تصميم الالات والهياكل المعدنية، وتوجد عدة نظريات تفسر هذا السلوك مثل وجود شوائب في المعدن على شكل تغلغل أو إحلال، ويستمر إزدياد الإنفعال مع الإجهاد إلى أقصى قيمة للإجهاد، ثم يتناقص حتى نقطة الإنهيار عندما لا يستطيع المعدن تحمل القوة المؤثرة عليه.

ج- قوة الشد القصوى (Ultimate tensile stress):

قوة الشد القصوى هي أكبر قيمة للإجهاد في منحنى الإجهاد والإنفعال ويكون بعد هذه النقطة بداية العد التنازلي لانهيار المعدن. وتكون هذه القيمة ظاهرة للمعادن المطيلة، أما السبائك الهشة فإن إجهاد وإنفعال الكسر يحدث بعد نقطة الخضوع بقليل ولن يكون هناك منطقة لدونة أو قوة شد قصوى.

وهكذا فإن منحنيات الإجهاد والإنفعال يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسيين، فالمواد والمعادن المطيلة (Ductile) القابلة للسحب والطرق مثل الحديد والصلب الكربوني والتيتانيوم تظهر منحنى متكامل، في حين أن المواد والمعادن الهشة تقتصر

على المنطقة المرنة وقليل من المنطقة اللدنة بدون توضيح حد المرونة أو نقطة الخضوع ومن هذه المعادن حديد الزهر وسبائك الالومنيوم القوية والزجاج والمواد الخزفية وبعض الألياف الصناعية وغيرها.

4-2 العلاقة بين الإجهاد والإنفعال:

4-2-1 الإجهاد الهندسي والحقيقي (Engineering and True Stress):

الإجهاد هو عبارة عن كمية القوة المؤثرة على وحدة مساحة من الجسم، وهناك تعريف آخر وهو أن الإجهاد عبارة عن مقدار مقاومة الجسم للقوة الخارجية، وينتج عن الإجهاد إذا وصل إلى حد معين تغير في شكل الجسم يسمى إنفعال (Strain)، وهناك نوعان من الإجهادات:

أ – الإجهاد الهندسي (Engineering stress):

أو الإجهاد الاعتيادي (Nominal stress)

وهو عبارة عن مقدار القوة المؤثرة على مساحة المقطع الأصلية للعينة.

$$\sigma_E = \frac{F}{A_0} \qquad (5-4)$$

حيث أن:

σ_E: الإجهاد الهندسي (Pa).

F: القوة المؤثرة (N).

A_0 : المساحة الأصلية (m^2) .

ب- الإجهاد الحقيقي (True stress):

الإجهاد الحقيقي ينتج من تأثير القوة على مساحة مقطع العينة الحقيقية أي المساحة لحظة قياس القوة المؤثرة، ويكون الإجهاد الحقيقي عادة أكبر من الإجهاد الهندسي.

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \qquad (6-4)$$

حيث أن:

σ_t الإجهاد الحقيقي (Pa).

F: القوة المؤثرة (N).

A : المساحة الحقيقية لحظة الإختبار (m^2) .

وعادة ما يكون الإجهاد في نطاق ميجا نيوتن / متر مربع أو ميجا باسكال (MP)

4- 2-2 الإنفعال الهندسي والحقيقي (Engineering and True Strain):

الإنفعال في حالة الشد المحوري يعبر عن مقدار الاستطالة الناتجة عن الإجهاد، ويوجد هناك نوعان من الإنفعال كما في حالة الإجهاد.

ا- الإنفعال الهندسي:

يتم حساب الإنفعال الهندسي (Engineering strain) بقسمة مقدار التغير في طول العينة بعد التأثير عليها بالإجهاد على الطول الأصلي.

أي أن الإنفعال الهندسي (e) يساوي:

$$e = \frac{L - L_o}{L_o} \qquad (7-4)$$

ولا توجد وحدة لقياس الإنفعال وتحسب كنسبة مئوية.

ب - الإنفعال الحقيقي:

يمثل الإنفعال الحقيقي هندسيا بالمساحة تحت المنحنى في منحنى الإجهاد الحقيقي والإنفعال الحقيقي ويعبر عنه رياضيا كما يأتي :

$$\varepsilon = \int_{l_o}^{l} \frac{dl}{l} = \ln\frac{l}{l_o} = \ln(\frac{l_o + \Delta l}{l_0}) = \ln(1+e) \qquad (8-4)$$

عندما يكون Lo = الطول الأصلي للعينة.

L = الطول الحالي عند أي قيمة للإجهاد.

ε = الإنفعال الحقيقي. e = الإنفعال الهندسي.

Δl = مقدار التغير في طول العينة أي مقدار الإستطالة.

مثال:

إذا كانت مساحة مقطع عينة قبل القيام بإختبار قياس قوة الشد تساوي 0.2 سم^2 . فما هي مساحة المقطع عندما يكون الإنفعال الهندسي يساوى 0.3 .

الحل:

$$e = \frac{\Delta l}{l_o}$$

$$\varepsilon = \ln(\frac{l}{l_o}) = \ln(\frac{l_o + \Delta l}{l_o}) = \ln(1+e)$$

$$\because Al = A_o l_o \qquad \therefore \frac{l}{l_o} = \frac{A_o}{A}$$

$$\because \varepsilon = \ln\frac{A_o}{A} = \ln(1+e) \quad \therefore \quad \frac{A_o}{A} = 1+e$$

$$\therefore A = \frac{A_o}{1+e} = \frac{0.2}{1+0.3} = 0.15$$

ويلاحظ في هذا الحل إفتراض عدم وجود تغيير في حجم العينة وأقتصر التغيير في شكلها فقط، وكانت النتيجة تساوي 0.154 سم^2 .

4-2-3 العلاقة بين الإجهاد والإنفعال المرن:

حيث أن العلاقة بين الإجهاد والإنفعال في المنطقة المرنة عادة ما تكون خطية، فإن تمثيلها يكون بمعادلة خط مستقيم يمر بنقطة الصفر، ويمثل الميل قيمة ثابتة تعرف بمعامل المرونة(E)، والمعادلة(4-9) توضح العلاقة الخطية بين الإجهاد والإنفعال.

$$\sigma = E\varepsilon = E\frac{\Delta l}{l_o} \qquad (9-4)$$

كما يمكن التعبير عن معامل المرونة في منطقة غير خطية من المنحني أو لبعض المنحنيات التي لا تظهر علاقة خطية بين الإجهاد والإنفعال بتفاضل الإجهاد بالنسبة للإنفعال كما في المعادلة(4-9).

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \qquad (10-4)$$

ويتناسب معامل المرونة للشد مع معامل المرونة للقص أو معامل المرونة الحجمي للضغط كما يأتي:

$$E = 2G(1+\nu) \qquad (11-4)$$

$$E = 3B(1-2\nu) \qquad (12-4)$$

حيث أن:

E: معامل المرونة للشد المحوري.

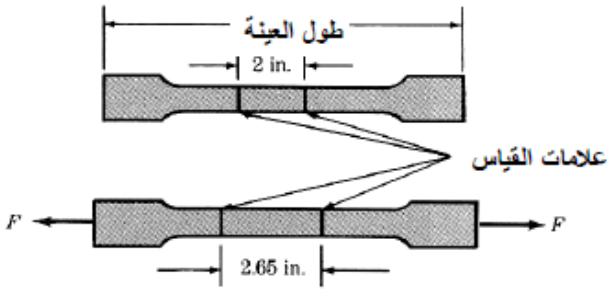
G: معامل المرونة للقص.

B: معامل المرونة الحجمي للضغط.

ν: نسبة بواسون وهي في مدى 0.25 إلى 0.35 للمعادن .

4-2-4 طريقة قياس الشد المحوري معمليا:

يقاس الشد المحوري بإستعمال عينات قياسية ذات أبعاد محددة تم تصنيعها من صفائح أو أقطاب دائرية، بحيث يمكن توحيد النتائج المتحصل عليها، والشكل(4-4) يوضح أبعاد عينة قياس الشد لصفيحة معدنية، ويلاحظ أن منطقة القياس هي التي يتم عندها تحديد الإنفعال، ومع وجود ألآت القياس الحديثة فان هذه الالآت تقوم بقراءة الإجهاد والإنفعال مع الزمن ثم رسم منحنى الإجهاد والإنفعال كاملا، ولا يقوم المشغل إلا بتحضير العينات وتثبيتها على الآلة.



شكل(4-4) أبعاد عينة قياسية لتعيين قوة الشد.