تصميم الآت ومعدات زراعية
اختبار الشد
Tensile Test 2

قسم المكائن والآلات الزراعية
كلية الزراعة – جامعة البصرة

المرحلة الثالثة ـ الفصل الدراسي الثاني

أستاذ المادة
د. صادق جبار محسن

المصادر
اختبار المواد – الادارة العامة للتصميم - السعودية

5.2: التشكيل و الانفعال:

عندما تؤثر قوى خارجية على منشأ أو جزء من ماكينة يتسبب عنها تغير في شكله و يسمى التغير في أي بعد طولي للمنشأ تشكيلاً. ففي حالة تحميل الشد التشكيل يعتبر استطالةً أما في حالة الضغط فتقلصًا. وحدة التشكيل وحدة طول أي ملم mm و يرمز إليه بـ ΔL . أما الانفعال فهو وحدة التشكيل أو التغير لكل وحدة من الأبعاد الطولية و لذلك وحدة الانفعال هي mm/mm و يمكن أن نقول بأنه لا وحدة له و يعبر عنه بالنسبة المئوية أي % و يرمز إليه بـ e و هكذا نعرف الانفعال:

1.5.2: تعريف: الانفعال (e) هو حاصل قسمة التشكيل (الاستطالة أو التقلص) (ΔL) الحاصلة للعينة على الطول الأصلي للعينة (L_0)

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (3.2)$$

e: الانفعال ،[mm/mm] أو [بدون وحدة] أو % .

ΔL: التشكيل (الاستطالة أو التقلص) [mm]

L_0: الطول الأصلي للعينة ، [mm].

L_f: الطول النهائي للعينة ، [mm].

حيث إن في اختبار الشد الاستطالة ΔL هي حاصل طرح الطول النهائي L_f من الطول الأصلي L_0 :

$$\Delta L = L_f - L_0 \qquad (4.2)$$

مثال 2.2:

أجري اختبار الشد على عينة أسطوانية الشكل طولها الأصلي $L_0 = 160$ mm فاستطالة بـ $\Delta L = 50$ mm . احسب قيمة الانفعال.

الحل:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{50}{160} = 0.3125 = 0.3152 \times 100\% = 31.25\%$$

كما هو بالنسبة للإجهاد، يوجد في الانفعال نوعان:

2.5.2: الانفعال الهندسي (e): هو حاصل قسمة التشكيل (الاستطالة أو التقلص) (ΔL) الحاصلة للعينة على الطول الأصلي للعينة (L_0):

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \qquad (3.2)$$

3.5.2: الانفعال الحقيقي (ε): هو اللوغاريتم الطبيعي لقسمة الطول النهائي (L_f) على الطول الأصلي (L_0):

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right) \qquad (5.2)$$

من المعادلة (3.2) و (4.2) نستنتج أن:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{L_f}{L_0} - 1 \qquad (6.2)$$

أو

$$\frac{L_f}{L_0} = e + 1 \qquad (7.2)$$

من المعلوم في المعادلة (5.2) $\varepsilon = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right)$ فمن الممكن إيجاد المعادلة التالية لحساب الانفعال الحقيقي بمعلومية الانفعال الهندسي أو بصيغة أخرى المعادلة التي تعطي العلاقة بين الانفعال الحقيقي بدلالة الانفعال الهندسي:

$$\varepsilon = \ln(e + 1) \qquad (8.2)$$

مثال 3.2:

عينة طولها الأصلي 100 mm تم إجراء اختبار الشد عليها حتى أصبح طولها 102 mm.أوجد كلا من:

أ) الانفعال الهندسي.

ب) الانفعال الحقيقي.

الحل :

$$L_f = 102\,mm \qquad L_0 = 100\,mm$$

أ) الانفعال الهندسي:

من العلاقة (3.2):

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{102 - 100}{100} = 0.02$$

ب) الانفعال الحقيقي:

من العلاقة (5.2):

$$\varepsilon = \ln\left(\frac{L_f}{L_0}\right) = \ln\left(\frac{102}{100}\right) = 0.0198$$

أو من العلاقة (8.2) و من قيمة الانفعال الهندسي الذي حسبناه في السؤال(أ)أي بقيمة 0.02:

$$\varepsilon = \ln(e+1) = \ln(0.02+1) = 0.0198$$

باتباع الخطوات التالية، فإنه من الممكن أيضاً استنتاج علاقة جديدة لحساب الإجهاد الحقيقي بمعرفة الإجهاد الهندسي في منطقة التشوه المتجانس Homogenous deformation من العلاقة (2.2):

$$\sigma_{tr} = \frac{F}{A_i} \times \frac{A_0}{A_0}$$

$$\sigma_{tr} = \sigma \times \frac{A_0}{A_i} \qquad (9.2)$$

بما أن حجم العينة ثابت، فإن الحجم الأصلي (قبل الشد) يساوي الحجم النهائي أي قبل حدوث ظاهرة الرقبة:

$$V_0 = V_f \qquad (10.2)$$

حجم الأسطوانة هو حاصل ضرب مساحة المقطع في الطول:

$$A_0 \times L_0 = A_f \times L_f \qquad (11.2)$$

أو

$$\frac{A_0}{A_f} = \frac{L_f}{L_0} \qquad (12.2)$$

من المعادلتين (9.2) و (12.2) نستطيع كتابة المعادلة التالية:

$$\sigma_{tr} = \sigma \times \left(\frac{L_f}{L_0}\right) \qquad (13.2)$$

و باستخدام المعادلة (7.2) نحصل على:

$$\sigma_{tr} = \sigma(e+1) \qquad (14.2)$$

6.2: معامل يونغ Young's Modulus E :

العلاقة التي تربط بين الإجهاد و الانفعال الهندسيين هو معامل يونغ E كما سنراه إن شاء الله بالتفصيل لاحقًا. وحدة الانفعال بدون وحدة و وحدة الإجهاد باسكال Pa و بالتالي وحدة E هي Pa .

$$E = \frac{\sigma}{e} \qquad (15.2)$$

7.2: منحنى الإجهاد و الانفعال:

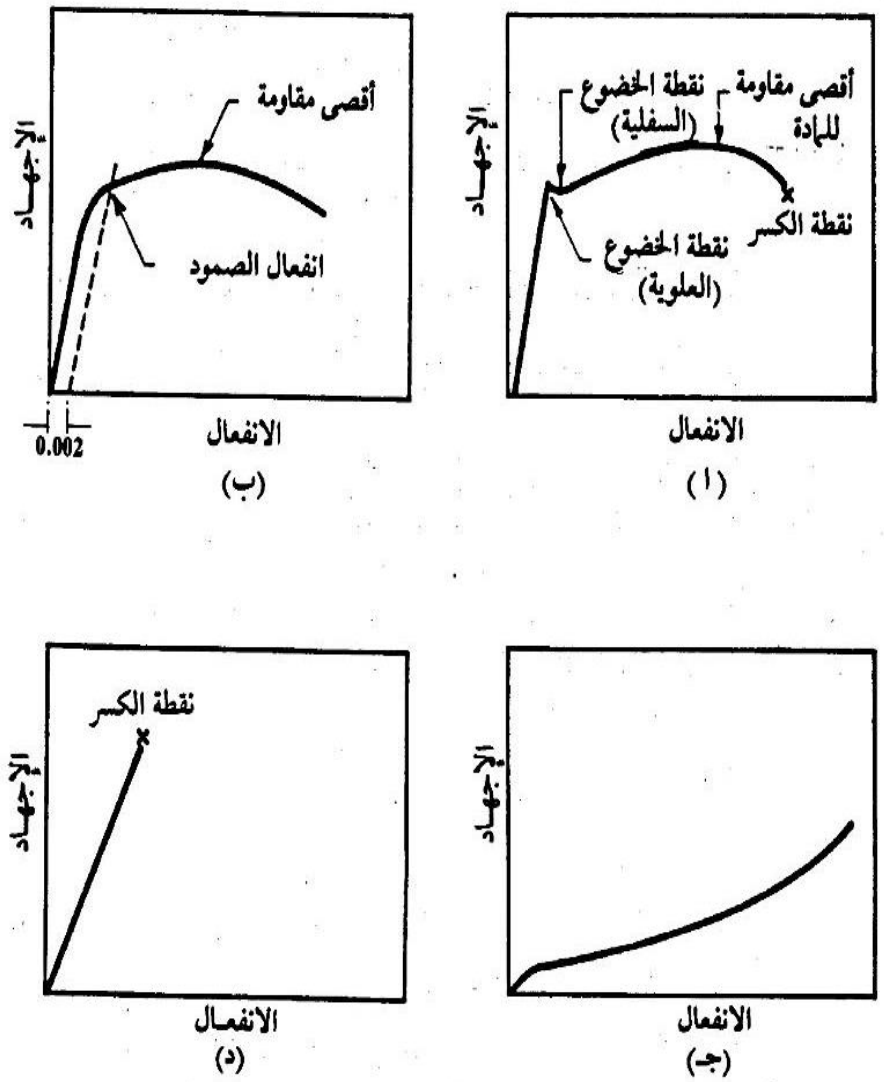
نتائج اختبار الشد توضع في منحنى الإجهاد و الانفعال الذي يعطي العلاقة بين الإجهاد و الانفعال. تمثل منحنيات الإجهاد و الانفعال لمجموعة من المواد التي يمكن رسمها بتوقيع نتائج الاختبار التي يقاس فيها التشكل المناظر لأحمال معينة. و تمثل الإجهادات بالإحداثي الرأسي أما الانفعال فيمثل بالإحداثي الأفقي. و يختلف هذا المنحنى اختلافاً لنوع المادة. فالمعادن تختلف في سلوكها تحت تأثير حمل الشد المحوري تبعًا لطبيعة تلك المواد فمنها ما يكون:

1. معادن مطيلة: وهي المعادن التي يمتاز منحنى الإجهاد و الانفعال لها (شكل 4.2 – أ) بوجود منطقة مرونة و هي عبارة عن خط مستقيم مما يدل على وجود تناسب بين الإجهاد و الانفعال و منطقة لدونة و منطقة بين المنطقتين هي ما تسمى بمنطقة الخضوع، كما تمتاز بحصول تشوه كبير لها قبل حدوث الكسر و كذلك تمتاز بتكون الرقبة أو العنق. مثال: الصلب الطري.

2. معادن نصف مطيلة: وهي المعادن التي يمتاز منحنى الإجهاد و الانفعال لها (شكل 4.2 – ب) بوجود منطقة مرونة و منطقة لدونة و لكن دون وجود منطقة الخضوع بين المنطقتين، كما يحدث لها تشوه متوسط و كذلك تمتاز بتكون الرقبة بوضوح أقل. مثال: الصلب عالي المقاومة.

3. معادن قصفة: وهي المعادن التي لا يوجد لها منطقة خضوع و لا يوجد لها علاقة تناسب بين الإجهاد و الانفعال. فالمنحنى (شكل 4.2 – د) منذ بدايته عبارة عن خط مائل و ليس خطاً مستقيماً و المعدن يحدث له تشوه صغير جدًا مقارنة بالمواد الأخرى كما لا تتكون رقبة. مثل: حديد الزهر.

4. مواد ذات مرونة عالية: كما يوجد بعض المواد تكون عالية المرونة (Super Elastic) يزيد فيها الانفعال المرن عن نسبة 100% مثل المطاط وبعض المواد البلاستيكية كما هو واضح في شكل 4.2 – ج.



شكل 4.2 : منحنيات الإجهاد و الانفعال للمواد المختلفة:

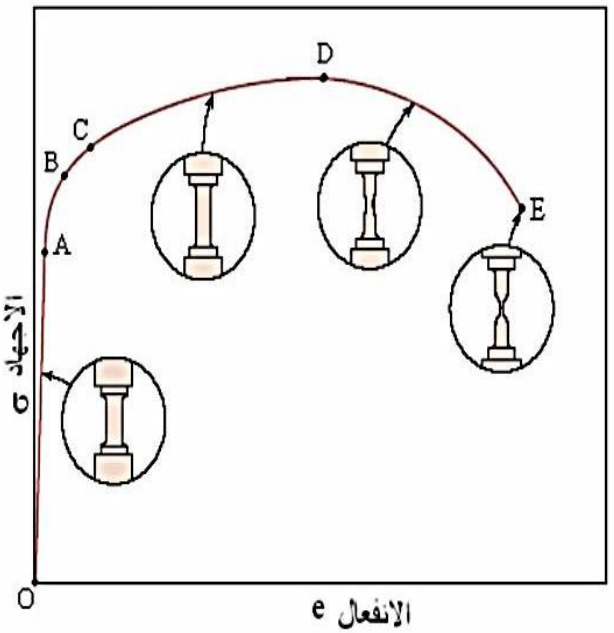
(أ): معدن مطيل، (ب): معدن نصف مطيل، (ج): مادة عالية المرونة مثل المطاط، (د): معدن قصف.

8.2: الخواص الميكانيكية للمعادن في اختبار الشد:

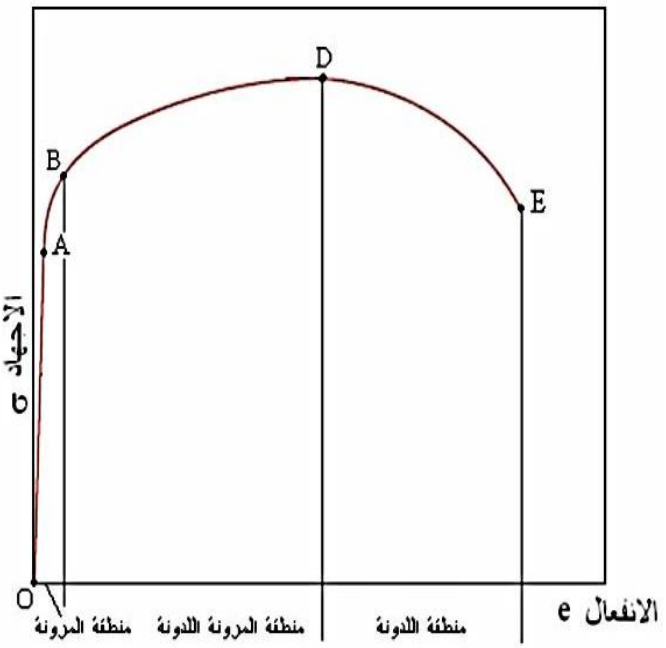
نستنتج من اختبار الشد الخواص الميكانيكية للمعادن التالية:

1- حد التناسب، **2-** حد المرونة، **3-** إجهاد الخضوع، **4-** إجهاد الضمان، **5-** المقاومة، **6-** إجهاد الكسر، **7-** الممطولية و الاستطالة، **8-** الرجوعية، **9-** المتانة و **10-** التخلفية

شكل 5.2 هو منحنى الإجهاد و الانفعال وهو مثالي لمادة مطيلة بحيث يتوفر فيه أهم الخواص الميكانيكية المشار إليها و يوضح أيضًا فيه شكل العينة عند فترات مختلفة من الشد:

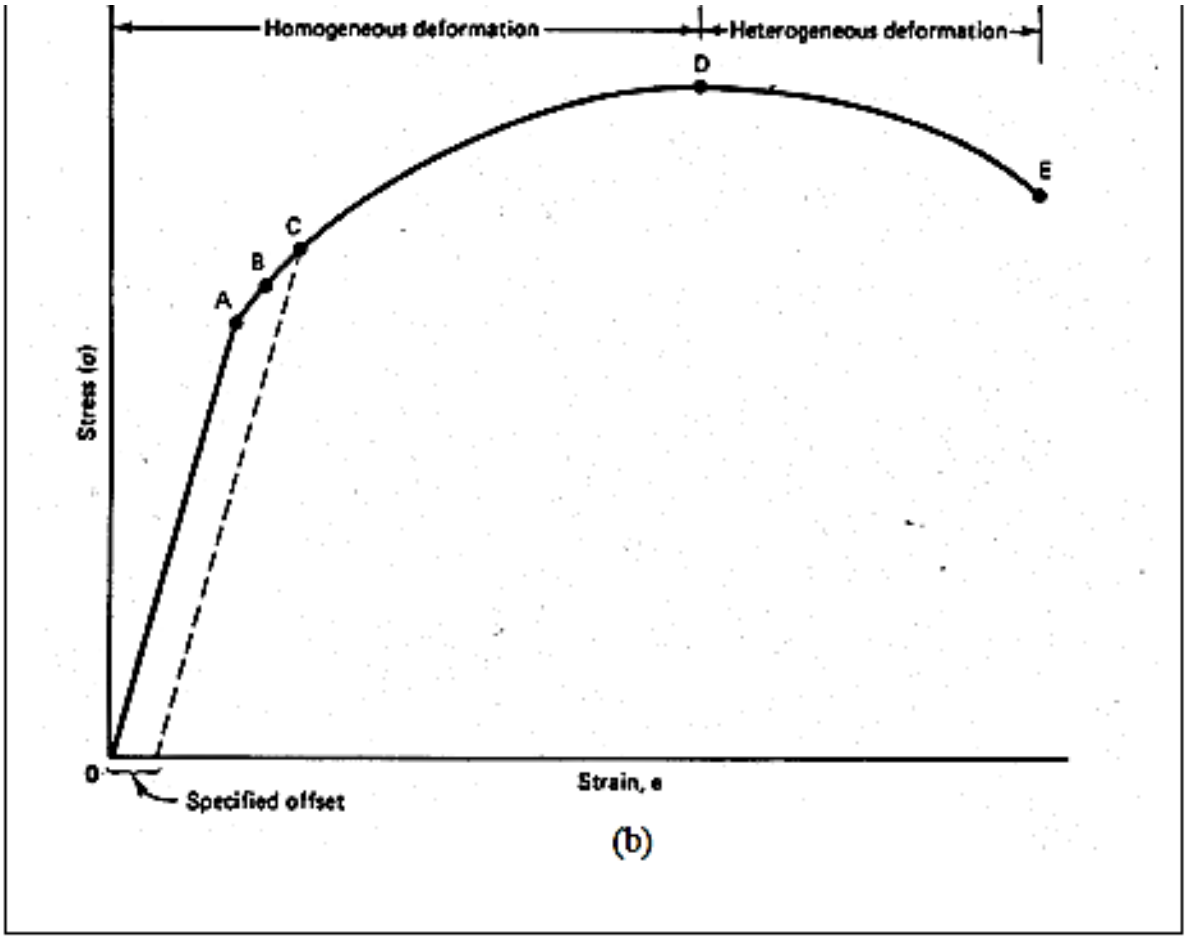


شكل 5.2 : منحنى الإجهاد و الانفعال لمعدن مطيل مبيناً شكل العينة عند فترات مختلفة من الشد.



شكل 6.2 : منحنى الإجهاد و الانفعال لمعدن مطيل مبيناً المناطق المختلفة.

يمكن تلخيص ما يحدث للعينة المطيلة كما هو مبين في الشكل 5.2 و 6.2 فيما يلي:



(b) منحنى إجهاد وانفعال مثالي لمادة مطيلية.

A - حد التناسب B- حد المرونة C- إجهاد الخضوع

D- أقصى إجهاد شد E- نقطة الكسر