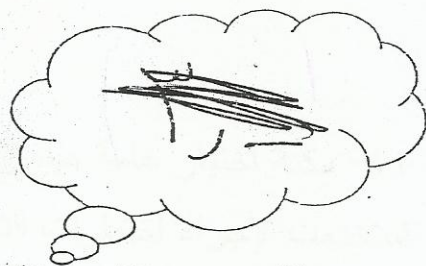


Leo



MATERIALS

آدم مرنی



ملزومة (٩)

١١- مكنة اختبار عامة هيدروليكية لها ثلاث سعات مختلفة ٢٠ ، ٥٠ ، ١٠٠ طن، فإذا استخدمت لإجراء اختبارات الشد لعينات من صلب التسليح. فما هو أكبر قطر يمكن اختباره على كل سعة من السعات الثلاث، إذا علمت أن خواص الصلب كما يلي:-

• اجهاد الخضوع = ٢٨٠ كجم/سم^٢.

• مقاومة الشد = ٤٥٠ كجم/سم^٢.

• متاير المرونة = ٢١٠٠ كجم/سم^٢.

• % للإستطالة = ٢٠%.

* أقصى حمل قابل التحمل المكنة عند الشد هو P_{max}

$$f_t = \frac{P_{max}}{A}$$

$$A = \frac{P_{max}}{f_t} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{P_{max}}{f_t} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)}$$

للسعة ٢٠

$$d_{max} = \sqrt{\frac{20 \times 1000}{450} \cdot \frac{4}{\pi}} = 7.5 \text{ cm}$$

للسعة ٥٠

$$d_{max} = 11.89 \text{ cm}$$

للسعة ١٠٠

$$d_{max} = 16.82 \text{ cm}$$

$$F = \frac{P L_0}{A_0}$$

$$2100 = \frac{2.6 \times 11.3 \sqrt{A_0}}{0.014 \times A_0}$$

$$\sqrt{A_0} = \frac{2.6 \times 11.3}{2100 \times 0.014} = 1 \text{ cm}^2$$

القيمة مربعة $\sqrt{1 \times 1}$ وطول القياس = 11.3

$$f_y = \frac{P_y}{A} = \frac{2.4}{1 \times 1} = 2.4 \text{ t/cm}^2$$

$$f_t = \frac{P_{max}}{A} = \frac{4.3}{1 \times 1} = 4.3 \text{ t/cm}^2$$

$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} \Delta_{PL}}{A_0 L_0} = \frac{\frac{1}{2} \times 2.6 \times 0.014}{(1 \times 1) \times 11.3} = 1.6 \times 10^{-3} \text{ t.cm/cm}^3$$

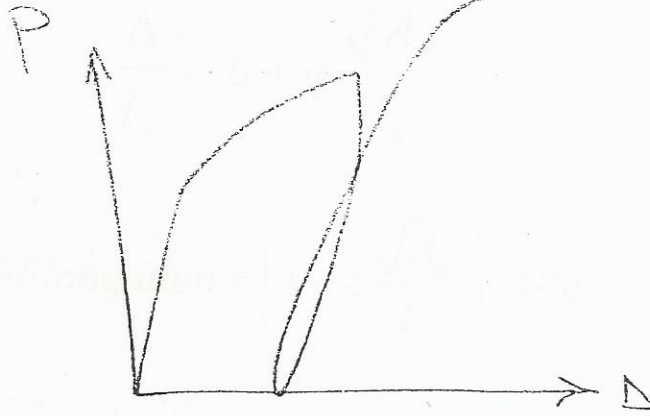
$$1T = \frac{\left(\frac{P_y + P_{max}}{2} \right) \Delta_{max}}{A_0 \times L_0} = \frac{\left(\frac{2.4 + 4.3}{2} \right) \times 3.3}{(1 \times 1) \times 11.3} = 0.98 \text{ t.cm/cm}^3$$

$$\% \text{ elong.} = \frac{\Delta_{max}}{L_0} \times 100 = \frac{3.3}{11.3} \times 100 = 29.2\%$$

العوامل المؤثرة على خواص المعدن في الشد:

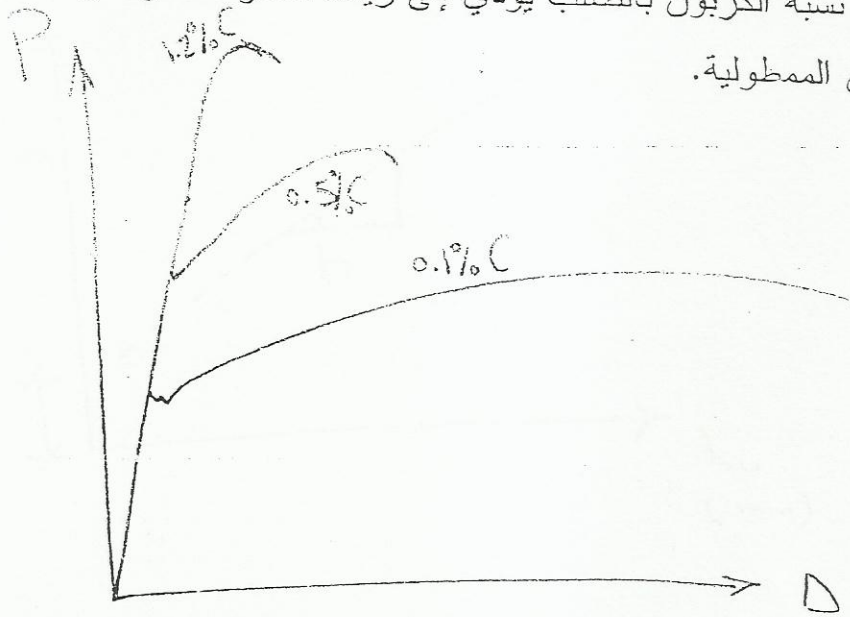
• الانفعال الزائد:

إذا حملت العينة فوق حدود المرونة ثم أزيل الحمل وأعيد التحميل مرة أخرى، يلاحظ أن حد التناسب تزيد قيمته وكذلك قيمة اجهاد الخضوع، أي أنه تحدث زيادة في تحمل المعدن.



• محتوى الكربون:

زيادة نسبة الكربون بالصلاب يؤدي إلى زيادة المقاومة المرنة والقصى، ولكن تؤدي لنقص الممتطولية.



معادلة أنوين:

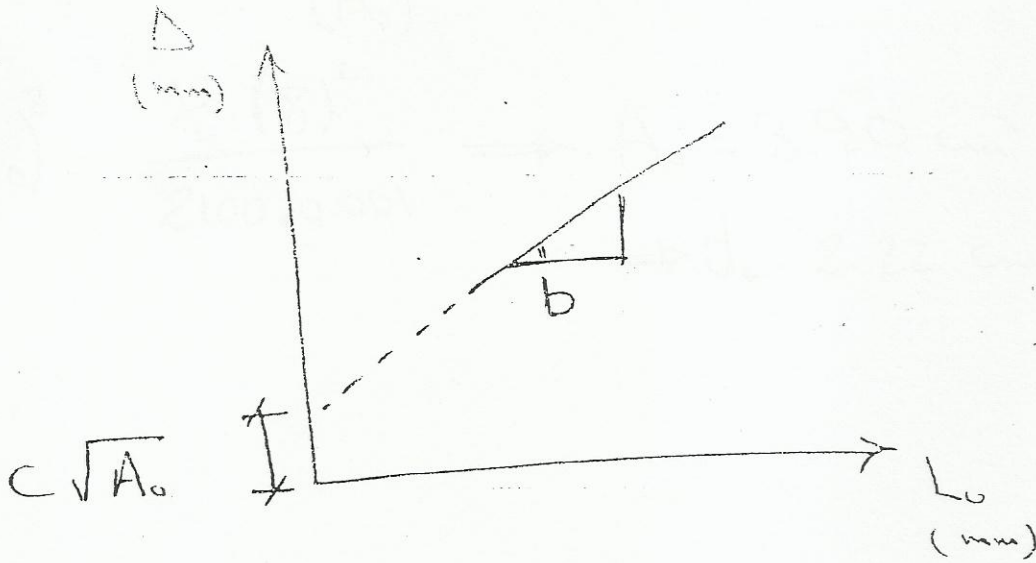
هي علاقة بين الاستطالة مع طول القياس ومساحة مقطع العينة.

$$\Delta = bl_o + c\sqrt{A_o}$$

$$\frac{\Delta}{l_o} = b + c\frac{\sqrt{A_o}}{l_o}$$

$$\%Elongation = \left(b + c\frac{\sqrt{A_o}}{l_o} \right) \times 100$$

وتسمى ثوابت هذه المعادلة (b,c) بثوابت أنوين



١٠- أجرى اختبار الشد على عينة متناسبة قصيرة من الصلب عالي المقاومة مربعة المقطع فكان معايير المرونة ٢١٠٠ طن/سم^٢ وحمل حد التناسب ٨ طن وأقصى حمل ١٣ طن ومعايير الرجوعية ٠,٠٠١ طن.سم/سم^٢ و% للاستطالة = ١٠%. احسب: إجهاد حد التناسب - مقاومة الشد - معايير المتانة. (يناير ٢٠٠٤)

$$E = \frac{P_{PL} L_0}{\Delta P_L A_0} \quad , \quad MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} \Delta P_L}{A_0 L_0}$$

بهرز المعادلتين نتخلص من ΔP_L

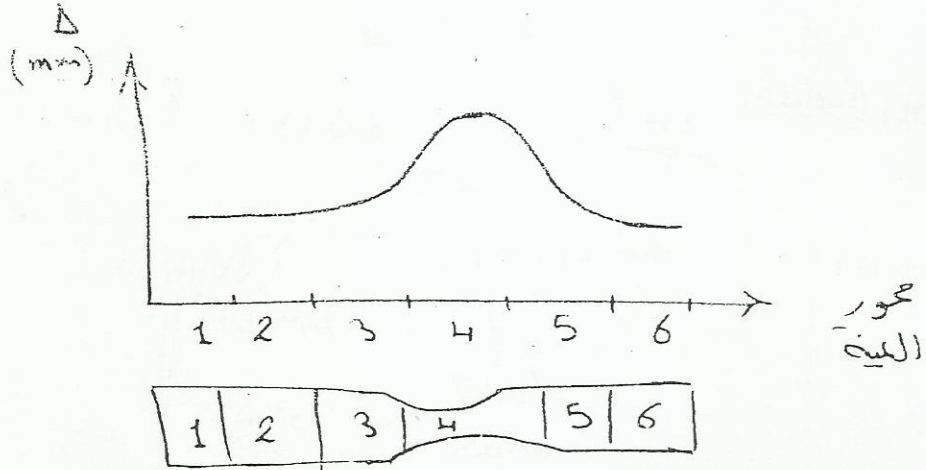
$$E * MR = \frac{\frac{1}{2} (P_{PL})^2}{(A_0)^2}$$

$$(A_0)^2 = \frac{\frac{1}{2} (8)^2}{2100 * 0.001} \Rightarrow A_0 = 3.90 \text{ cm}^2$$

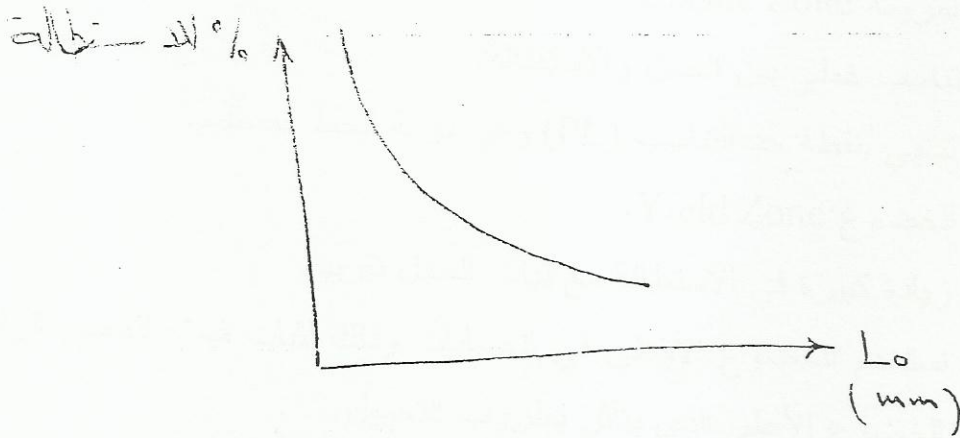
$$\Rightarrow d_0 = 2.22 \text{ cm}$$

• الاستطالة:

في حدود المرونة يكون توزيع الاستطالة على طول العينة متساوياً. أما خارج حدود المرونة فإن الاستطالة تتغير من جزء لآخر وتكون بقيمة كبيرة في منطقة الرقبة وتقل كلما تبتعد عنها.

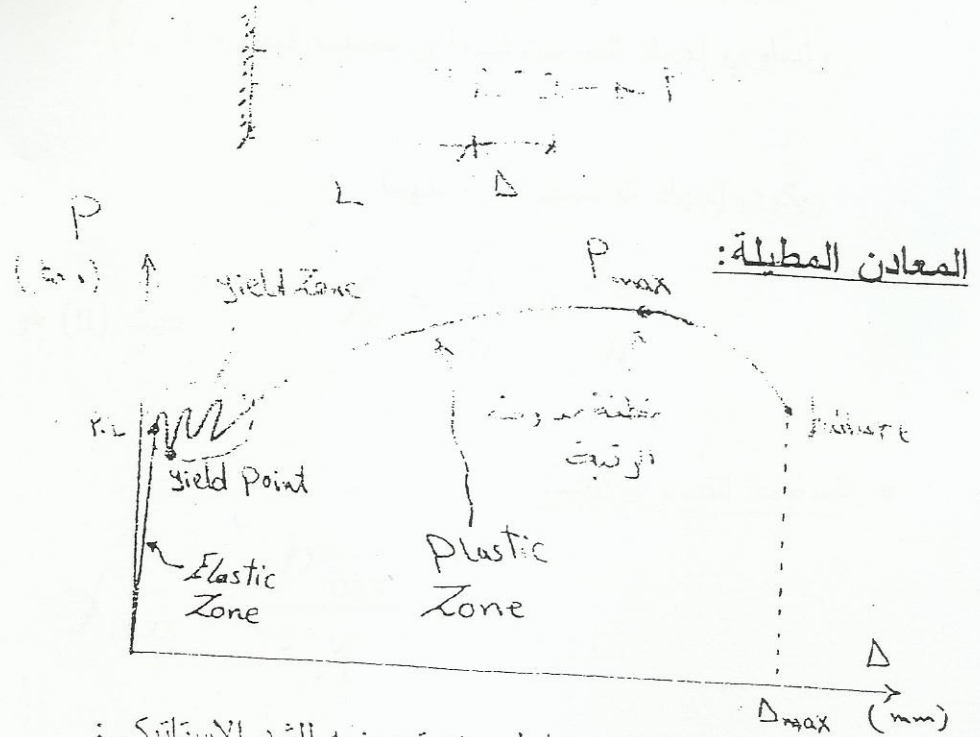


تناسب % للاستطالة عكسياً مع طول القياس، بمعنى أنه كلما كانت العينة أطول (أو تم أخذ طول قياس أكبر على العينة) كانت % للاستطالة أقل.



لذلك تنص المواصفات القياسية على ضرورة حدوث الكسر لعينة الاختبار بالثلث الأوسط من طول القياس حتى تشمل الاستطالة المقاسة على منطقة الرقبة بكاملها وبذلك يكون حساب % للاستطالة صحيحاً.

سلوك المواد المعدنية تحت تأثير الشد الاستاتيكي



يمر المعدن المطيل بثلاث مراحل عند تعرضه للشد الاستاتيكي:

١. منطقة المرونة Elastic Zone.

- تناسب خطي بين الحمل والاستطالة.
- تنتهي بنقطة حد التناسب (PL) وهي نهاية الخط المستقيم.

٢. منطقة الخضوع Yield Zone.

- زيادة كبيرة في الاستطالة مع ثبات الحمل تقريباً.
- نستخدم الخضوع الأوطى في الحسابات وذلك لثبات قيمته للمعدن الواحد بخلاف الخضوع الأعلى الذي يتأثر بظروف التحميل.

٣. منطقة اللدونة Plastic Zone.

- تبدأ بحدوث ظاهرة التصلد الانفعالي اندي ينهي عملية الخضوع.
- يزيد الحمل حتي يصل إلى أقصى قيمة له ثم يقل مرة أخرى ويحدث الكسر.
- تحدث ظاهرة الرقبة.
- يكون الكسر على شكل قذح ومخروط.

• مقاومة الشد في حدود المرونة:

تساوي إجهاد الخضوع للمعادن المطيلة (f_y).
وتساوي إجهاد الضمان للمعادن نصف المطيلة (f_{pr}).

ويكون إجهاد التصميم نسبة منهما

$$f_d = \frac{f_y}{n} \text{ or } \frac{f_{pr}}{n}$$

حيث (n) هو معامل الأمان.

• المقاومة القصوى للشد:

$$f_{\max} = \frac{P_{\max}}{A}$$

• الممتدولية:

يعبر عنها:

١. بالنسبة المئوية للاستطالة.

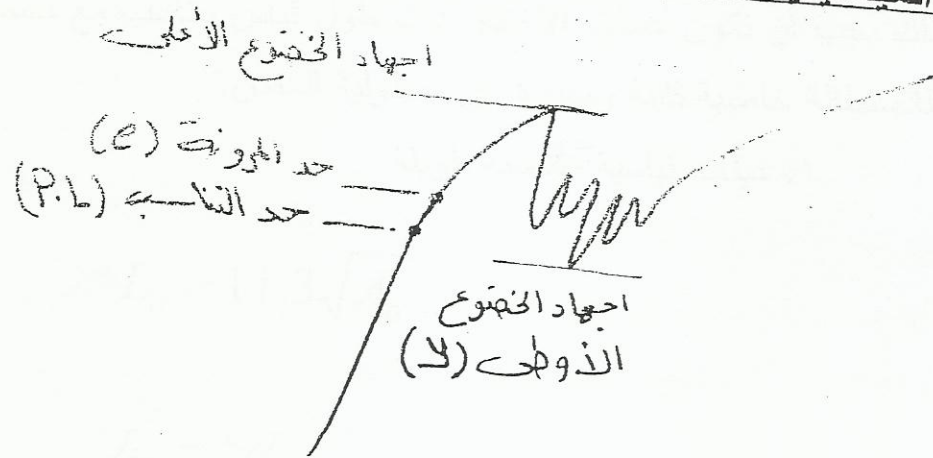
$$\% \text{Elongation} = \frac{l_i - l_o}{l_o} \times 100$$

$$\% \text{Elongation} = \frac{\Delta_{\max}}{l_o} \times 100$$

٢. بالنسبة المئوية للنقص في مساحة المقطع.

$$\% \text{Reduction of Area} = \frac{A_o - A_i}{A_o} \times 100$$

الخواص الميكانيكية للمعادن في الشد:



• إجهاد حد التناسب (f_{pl}): هو أكبر إجهاد يكون عنده الإجهاد والانفعال متناسبين (نهاية الخط المستقيم).

$$f_{pl} = \frac{P_{pl}}{A}$$

• إجهاد حد المرونة (f_e): هو أكبر إجهاد تتحمله المادة بشرط عدم بقاء أي استجابة دائمة بعد زوال الحمل (يمكن اعتبار حد المرونة يساوي حد التناسب).

• إجهاد الخضوع (f_y): هو إجهاد يحدث عنده زيادة ملحوظة في الاستطالة دون زيادة في الحمل.

$$f_y = \frac{P_y}{A}$$

ومن المعادلة يتضح أن % للاستطالة تتوقف على العلاقة بين مساحة المقطع وطول القياس
ولذلك يجب أن تكون عينات الاختبار ذات طول قياس يتناسب مع مساحة المقطع حتى تكون
% للاستطالة خاصية ثابتة ومعبرة عن ممتولية المعدن.
١. عينات قياسية متناسبة طويلا.

$$L_o = 11.3\sqrt{A_o}$$

$$L_o = 5d_o$$

٢. عينات قياسية متناسبة قصيرة.

$$L_o = 5.65\sqrt{A_o}$$

$$L_o = 5d_o$$

تفسير حدوث ظاهرة الخضوع:

تتسع المسافة بين الذرات في الجزيئات بدرجة تكسر الروابط بين الذرات فيحدث انزلاق على المستويات الضعيفة.

تفسير حدوث ظاهرة التصلد الانفعالي:

أثناء حركة الانزلاق للجزيئات فإنها تكسر إلى أجزاء وتتداخل سطوح هذه الأجزاء مسببة مقاومة متزايدة للانزلاق نتيجة ازدياد نقط الاحتكاك.

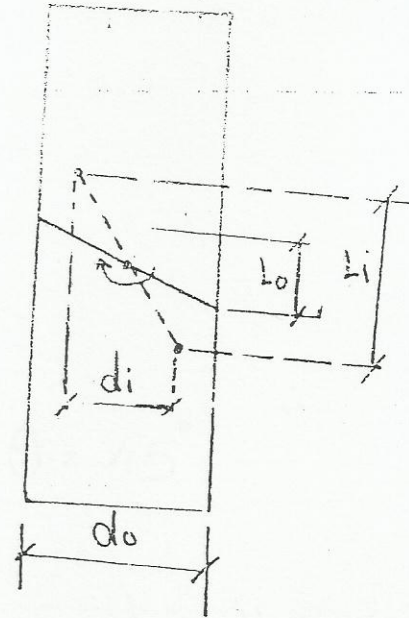
تفسير ظاهرة الرقبة:

يحدث انزلاق للمستويات المعرضة لأكبر قوة للقص (المستويات المائلة بزاوية 45°) ويتسبب ذلك في وجود شد غير محوري، ولكي يحدث اتزان يحدث دوران لهذه المستويات مما يؤدي إلى نقص مساحة المقطع وزيادة كبيرة في الاستطالة.



شكل الانهيار على هيئة

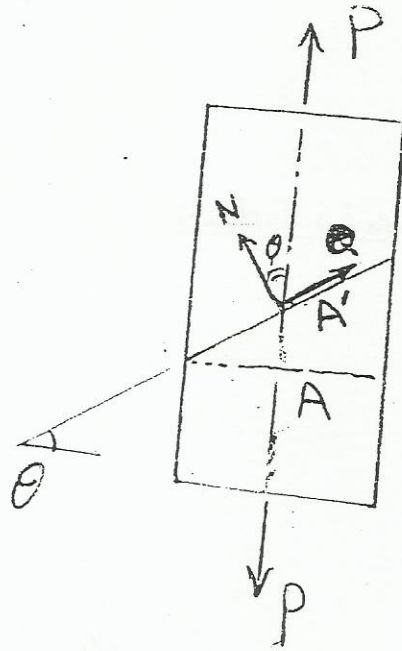
قذح ومخروط



عند دوران المستويات يحدث

زيادة في الدوران ونقص في مساحة المقطع.

للجهد على قيمة الحمل العمودي (normal)
والحمل الموازي (shear) لأي مستوى مائل
بزاوية θ ، نقوم بتحليل القوة P .



$$\therefore N = P \cos \theta$$

$$Q = P \sin \theta$$

shear stress $\tau = \frac{Q}{A'}$

$$= \frac{P \sin \theta}{A / \cos \theta} = \frac{P}{A} \sin \theta \cos \theta$$

$$= \frac{P}{A} \cdot \frac{1}{2} \sin 2\theta$$

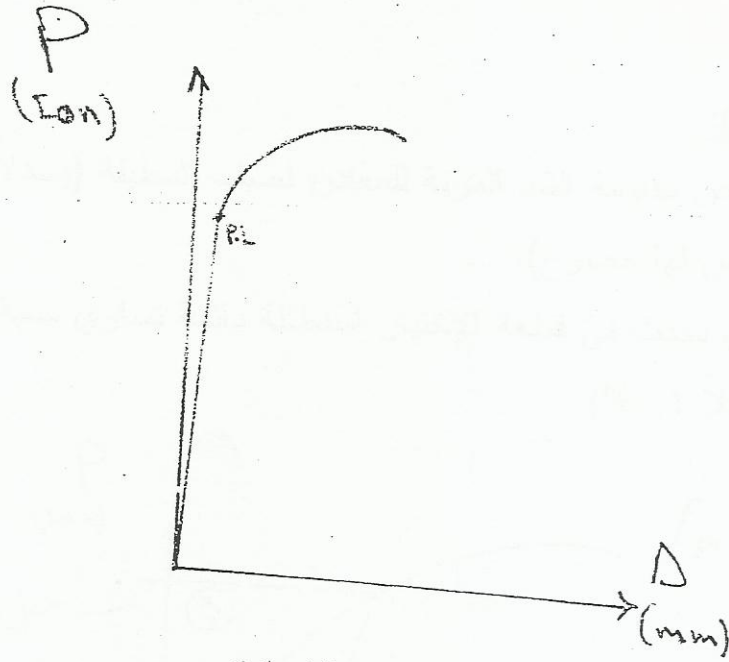
$$\therefore \tau_{\max} \sin 2\theta = 10$$

$$\Rightarrow 2\theta = 90 \Rightarrow \theta = 45^\circ$$

\therefore المستوى المعرض لأقصى اجهاد قص هو المستوى

المائل بزاوية 45°

المعادن نصف المطيلة:



يمر المعدن نصف المطيل بمرحلتين عند تعرضه للشد الاستاتيكي:

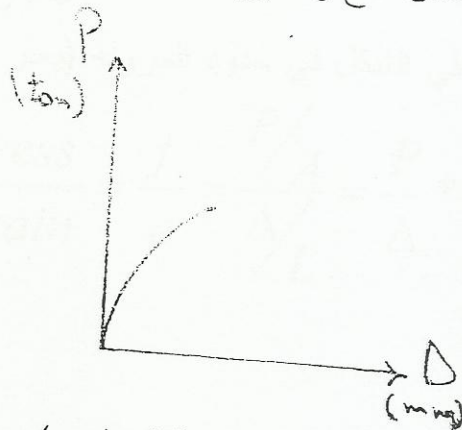
١. منطقة المرونة Elastic Zone.

- تتناسب خطي بين الحمل والاستطالة.
- تنتهي بنقطة حد التناسب (PL) وهي نهاية الخط المستقيم.
- لا توجد منطقة خضوع.

٢. منطقة اللدونة Plastic Zone.

- تحدث ظاهرة الرقبة ولكن تكون أقل وضوحاً.
- يكون الكسر على شكل قذح ومخروط.

المعادن القصيفة:



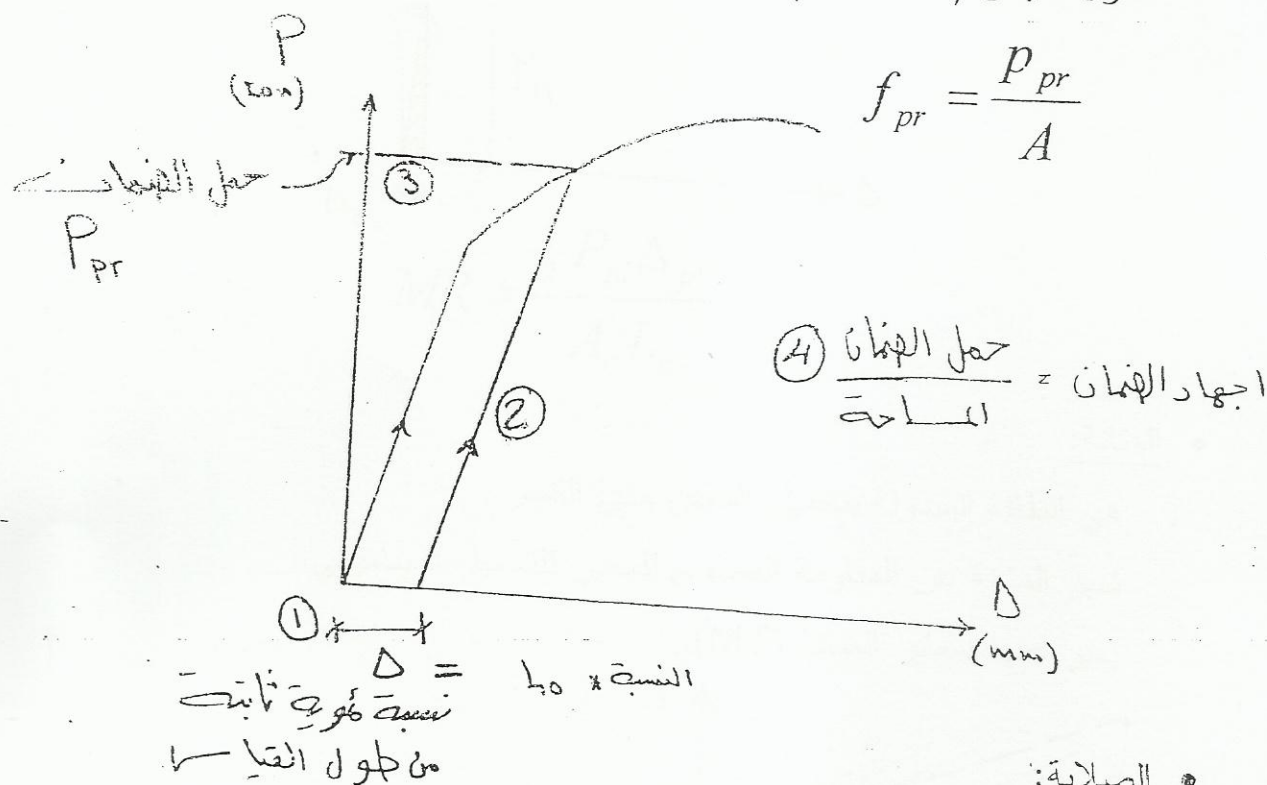
- يزيد الحمل تدريجياً حتى الكسر (لا توجد منطقة تناسب).
- لا تحدث الرقبة.
- يكون الكسر عمودي على اتجاه الشد.



• إجهااد الضمان (f_{pr}) :

يستخدم للتعبير عن مقاومة الشد المرنة للمعادن نصف المطيلة (بدلاً من إجهاد الخضوع لأنه ليس لها خضوع).

هو الإجهاد الذي يحدث في قطعة الاختبار استطالة دائمة تساوي نسبة محددة من طول القياس (مثلاً ٠,١ %).



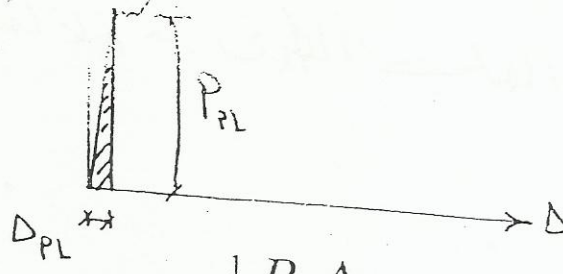
• الصلاة:

هي مقاومة المعدن للتغير في الشكل في حدود المرونة (يعبر عنها بمعايير المرونة (E)).

$$E = \frac{\text{Stress}}{\text{strain}} = \frac{f}{e} = \frac{P/A}{\Delta/L} = \frac{P}{\Delta} * \frac{L}{A}$$

• الرجوعية:

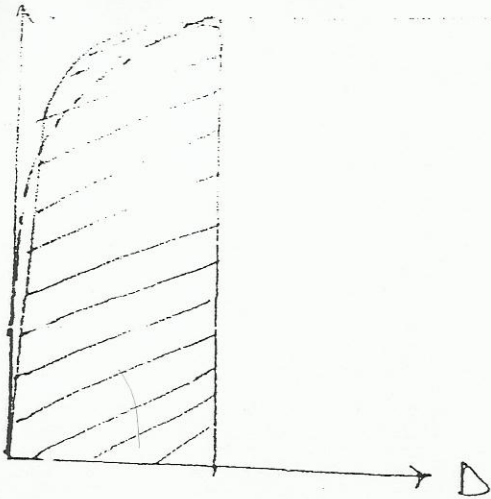
هي أكبر قيمة للطاقة يمكن أن يخترنها المعدن عند التحميل ثم يرجعها ثانية بعد إزالة الحمل. يعبر عنها بمعيار الرجوعية (MR).



$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{pl} \Delta_{pl}}{A_o L_o}$$

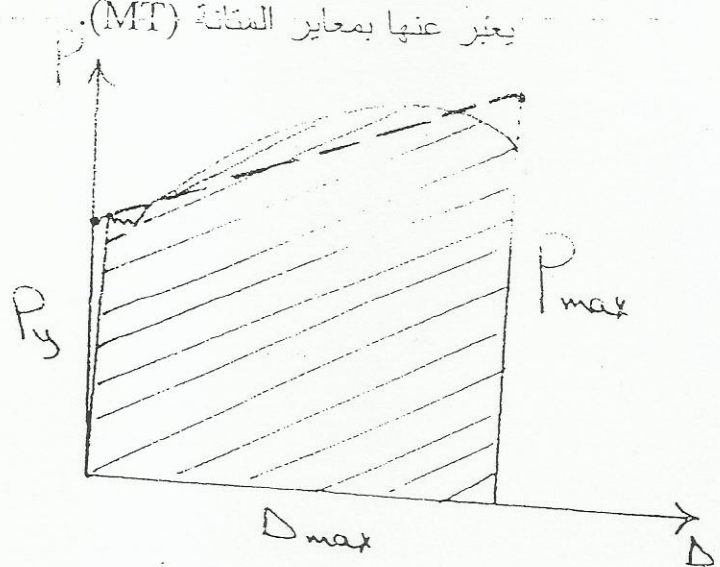
• المتانة:

هي الطاقة المبذولة بتحميل المعدن حتى الكسر. تعبر المتانة عن المقاومة القصوى للمعدن للتحميل الديناميكي. يعبر عنها بمعيار المتانة (MT).



للمعادن نصف المطيئة

$$MT = \frac{\frac{2}{3} P_{max} \Delta_{max}}{A_o L_o}$$



للمعادن المطيئة

$$MT = \frac{\frac{P_y + P_{max}}{2} * \Delta_{max}}{A_o L_o}$$

التحميل الديناميكي

التحميل الديناميكي

• مقاومة التشكل في حدود المرونة يمر عنها بمسار المرونة
صلب الياقات < الصلب النقي < الحديد المطاوع < الألمنيوم

• حسب المرونة
الحديد المطاوع < الصلب النقي < الألمنيوم < صلب الياقات

٢- أجرى اختبار الشد على عينة قياسية متناسبة طويلة مستديرة المقطع من الصلب الطرى وكانت القراءات كما يلي:

حمل حد التناسب (طن)	حمل الخضوع (طن)	الحمل الأقصى (طن)	حمل الكسر (طن)	الاستطالة الكلية (مم)	القطر الأصلي للعينة (مم)	قطر العينة عند مقطع الكسر (مم)
٤,٥	٥,٠	٧,٥	٦	٤٨	١٥,٩	٨

أ- ارسم تخطيطياً منحنى الحمل والاستطالة.

ب- احسب المقاومة القصوى للشد والنسبة المئوية للاستطالة والمقاومة المرنة للشد.

ج- احسب معايير المتانة وأذكر دلالاته للمعدن المختبر.

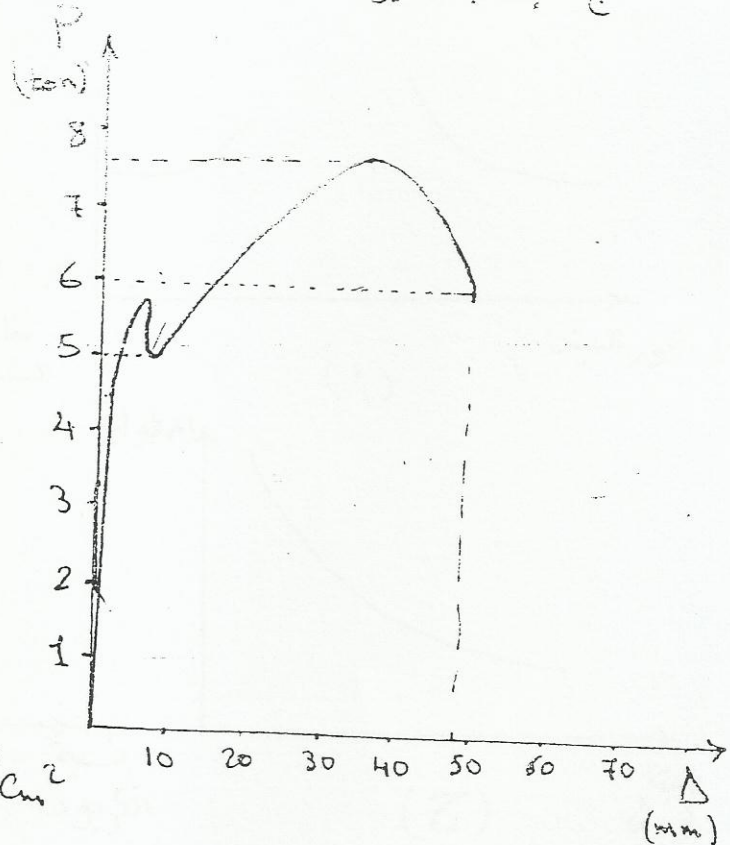
$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} = \frac{7.5}{\frac{\pi}{4} (1.59)^2} = 3.78 \pm / \text{cm}^2$$

$$\epsilon_{long} = \frac{\Delta_{max}}{L_0} \times 100 \quad ; \quad L_0 = 10 d_0 = 159 \text{ mm}$$

$$\% \epsilon_{long} = \frac{48}{159} \times 100 = 30.19 \%$$

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A} = \frac{5}{\frac{\pi}{4} (1.59)^2} = 2.52 \pm / \text{cm}^2$$

$$\epsilon_T = \frac{\left(\frac{P_y + P_{max}}{2} \right) \Delta_{max}}{A_0 \times L_0} = \frac{\left(\frac{5 + 7.5}{2} \right) \times 4.8}{\frac{\pi}{4} (1.59)^2 \times 15.9} = 0.95 \pm . \text{cm} / \text{cm}^2$$



مسائل على الشد الاستاتيكي

١- ارسم العلاقات البيانية التالية :-

أ- توزيع الاستطالة على طول القياس عند الكسر .

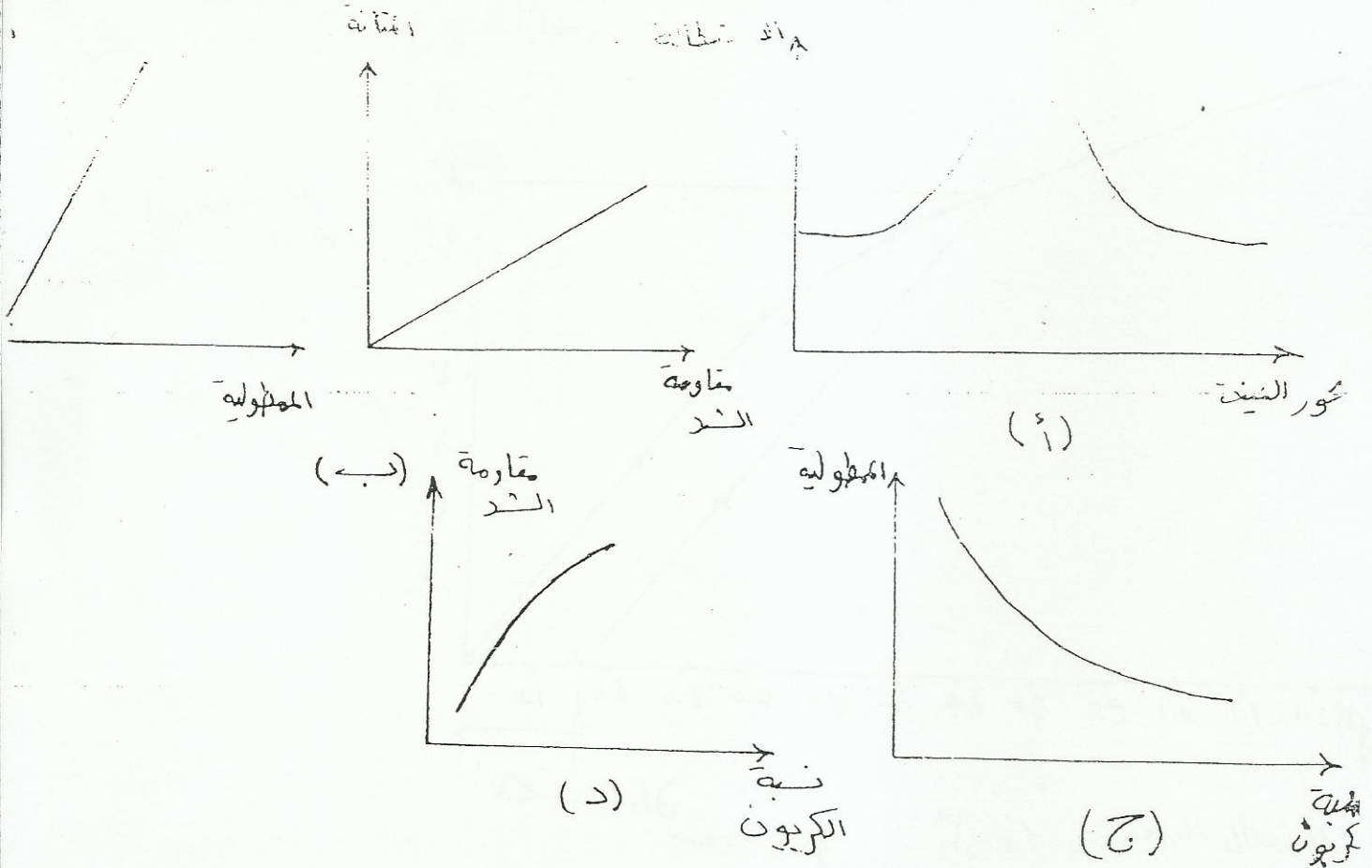
ب- تأثير تغير مقاومة الشد و الممتطولية للمعدن على متانته .

ج- تأثير تغير نسبة الكربون على الممتطولية .

د- تأثير تغير نسبة الكربون على مقاومة الشد .

هـ- منحني الحمل والاستطالة للمعادن المطيلة ونصف المطيلة والقصفة في الشد (على نفس

المحاور) (يناير ٢٠٠٤)

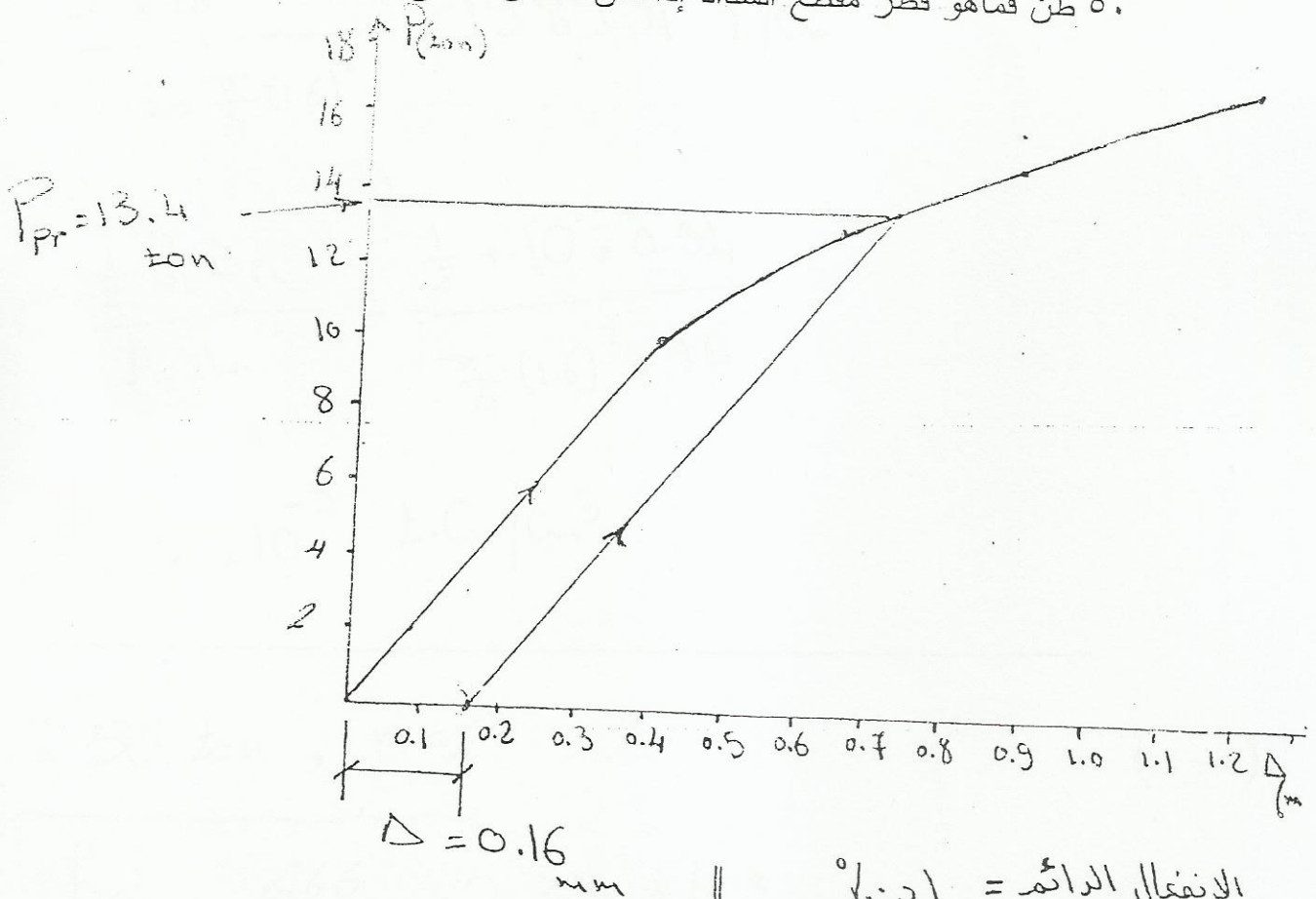


٣- أجرى اختبار الشد على عينة متناسبة طويلة من معدن نصف مطيل بقطر ١٦ مم ، وكانت الأحمال المسجلة أثناء الاختبار و الاستطالة المقابلة لها كما يلي:

١٧	١٥	١٣	١٠	٦	٢	صفر	الحمل (طن)
١,٢٠	٠,٨٨	٠,٦٤	٠,٤٠	٠,٢٤	٠,٠٨	صفر	الاستطالة (مم)

أ- يرسم المنحنى البياني للحمل والاستطالة ثم عين : إجهاد ضمان ٠,١% - معايير المرونة - معايير الرجوعية

ب- إذا استخدم هذا المعدن فى تنفيذ شداد بمقطع مستدير معرض لحمل شد محورى مقداره ٥٠ طن فما هو قطر مقطع الشداد إذا كان معامل الأمان = ٢.



الانفعال الدائم = ٠,١%

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L_0}$$

$$\Delta = \epsilon * L_0$$

$$= \frac{0.1}{100} * 160$$

$$= 0.16 \text{ mm}$$

$$f_{Pr} = \frac{P_{Pr}}{A} = \frac{13.4}{\frac{\pi}{4} (1.6)^2}$$

$$= 6.66 \text{ t/cm}^2$$

$$E = \frac{P L_o}{\Delta A_o}$$

$$= \frac{2 \times 16}{0.008 \times \frac{\pi}{4} (1.6)^2} = 1989.4 \text{ t/cm}^2$$

$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} \Delta_{PL}}{A_o L_o} = \frac{\frac{1}{2} \times 10 \times 0.04}{\frac{\pi}{4} (1.6)^2 \times 16}$$

$$= 6.22 \times 10^{-3} \text{ t.cm/cm}^3$$

$$P_{\text{design}} = 50 \text{ ton}, n=2$$

(↵)

$$f_d = \frac{f_{Pr}}{n} = \frac{6.66}{2} = 3.33 \text{ t/cm}^2$$

$$f_d = \frac{P_d}{A} \Rightarrow A = \frac{P_d}{f_d} = \frac{50}{3.33} = 15 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = 4.37 \text{ cm}$$

٦- أجرى اختبار الشد لعينة قياسية متناسبة قصيرة مربعة المقطع، وكانت الاستطالة عند بداية الخضوع ٠,١٥ مم. فما هي أبعاد مقطع العينة، إذا علمت أن معايير الرجوعية للمعدن المختبر ٠,٠٣٨ كجم.سم/سم^٢، والمقاومة المرنة للشد ٣٦٠ كجم/سم^٢.

$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} \Delta PL}{(A_0 / L_0)}$$

$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} D_{PL}}{L_0}$$

$$0.038 = \frac{\frac{1}{2} \times 360 \times 0.015}{L_0}$$

$$L_0 = 71.0 \text{ cm} \quad \text{و} \quad L_0 = 5.65 \sqrt{A_0}$$

$$A_0 = 157.91 \text{ cm}^2$$

$$= 12.57 \times 12.57 \text{ cm}$$

٤- أجرى اختبار الشد على قطعه اختبار قياسية مربعة المقطع وكان الحمل والاستطالة المقابلة

كما يلي :

٣,٥	٤,٠	٤,٣	٤,١	٣,٨	٣,١	٢,٤	٢,٦	الحمل (طن)
٣٣,٠	٣٠,٠	٢٦,٠	٢٠,٠	١٢,٠	٤,٥	١,٥	٠,١٤	الاستطالة (مم)

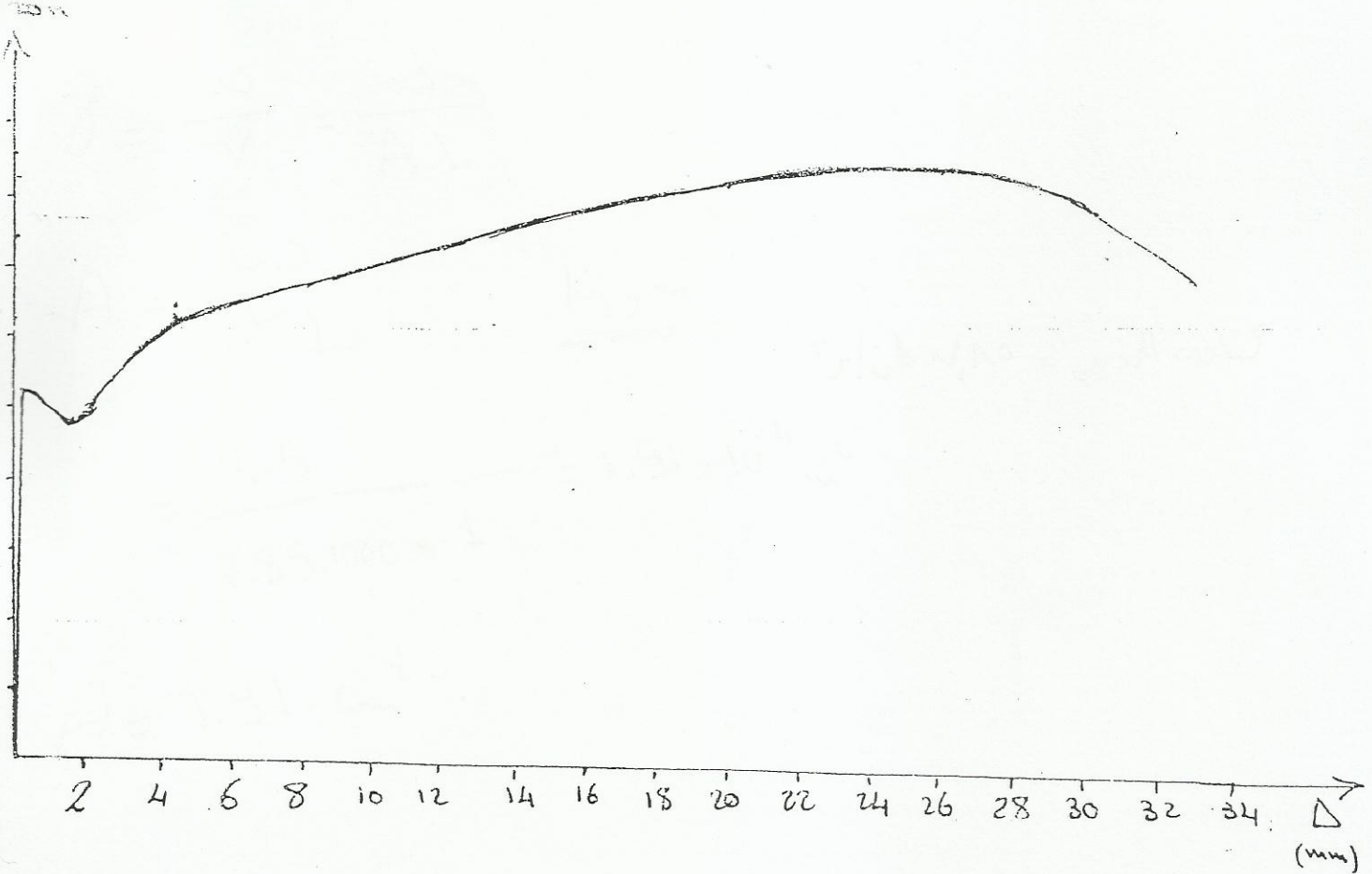
فإذا علم أن معايير المرونة للمعدن = 21000 طن/سم^2

أ- ارسم منحنى الحمل والاستطالة .

ب- أحسب الخواص التالية:

أبعاد العينة المستخدمة - إجهاد الخضوع - مقاومة الشد - معايير الرجوعية - معايير

المتانة - النسبة المئوية للاستطالة



٥- أجرى اختبار الشد لعينة قياسية متناسبة طويلاً من الصلب، وزن المتر الطولي منها ١,٥ كجم وعند حد التناسب كانت قراءة المكنة ٦ طن، وكانت قراءة مقياس الانفعال ٠,٢٢ مم. فما هو معيار المرونة للصلب المختبر.

$$E = \frac{P L_0}{\Delta A_0}$$

$$= \frac{6 * 11.3 \sqrt{A_0}}{0.022 * A_0}$$

$$\therefore \delta = \frac{w}{V} = \frac{w}{A L}$$

$$\therefore A = \frac{w}{\delta L}$$

Kg و m

كثافة الحديد = ٧,٨٥ جم/سم^٣

$$= \frac{1.5}{7.85 * 1000 * 1} = 1.91 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 1.91 \text{ cm}^2$$

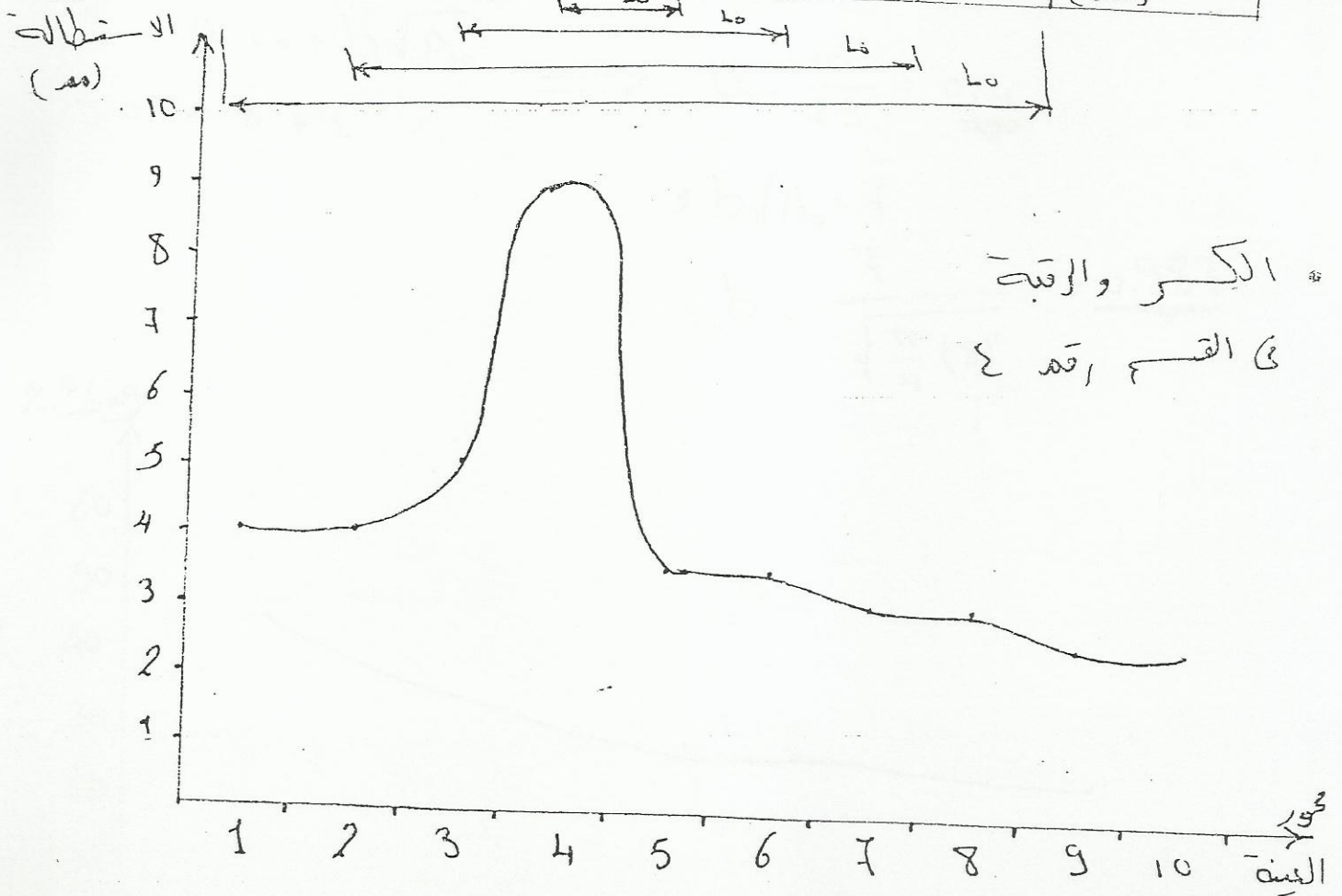
$$E = \frac{6 * 11.3}{0.022 * \sqrt{1.91}} = \underline{\underline{2230 \text{ t/cm}^2}}$$

٧- أجرى اختبار الشد على عينة من الصلب الطرى بقطر ٨ مم و مقسمة إلى ١٠ أقسام طول كل قسم ٢ سم، فإذا علم أن طول كل قسم بعد إجراء الاختبار كما يلي :-

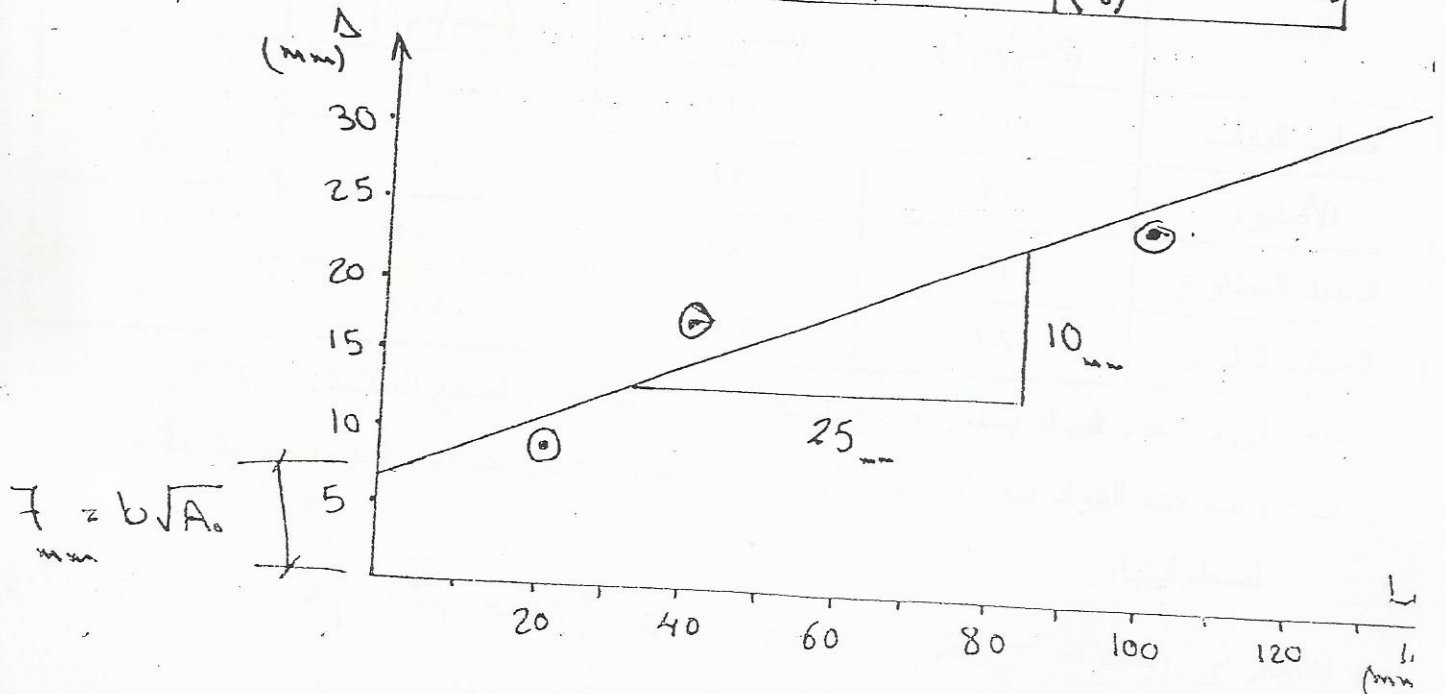
رقم القسم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الطول بعد الكسر (مم)	٢٤	٢٤	٢٥	٢٩	٢٣,٥	٢٣,٥	٢٣	٢٣	٢٢,٥	٢٢,٥

- أ- وضح القسم الذى حدث به الكسر و الرقبة.
 ب- ارسم منحنى توزيع الاستطالة على محور العينة.
 ج- ارسم العلاقة بين طول القياس و الاستطالة ثم عين ثوابت أنوين.
 د- ارسم العلاقة بين طول القياس و النسبة المئوية للاستطالة.

رقم القسم	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
الاستطالة (مم)	٤	٥	٩	٢,٥	٢,٥	٢٣,٥	٣	٢	٢,٥	٢,٥



١٤٠	١٠٠	٦٠	٢٠	طول القياس (mm)
٢٠	٢٠	١٧,٥	٩	الانحراف (mm)
٢٢,١٦	٢٠	٢٩,١٧	٢٠	% الانحراف



$$\Delta = a L_0 + b\sqrt{A_0}$$

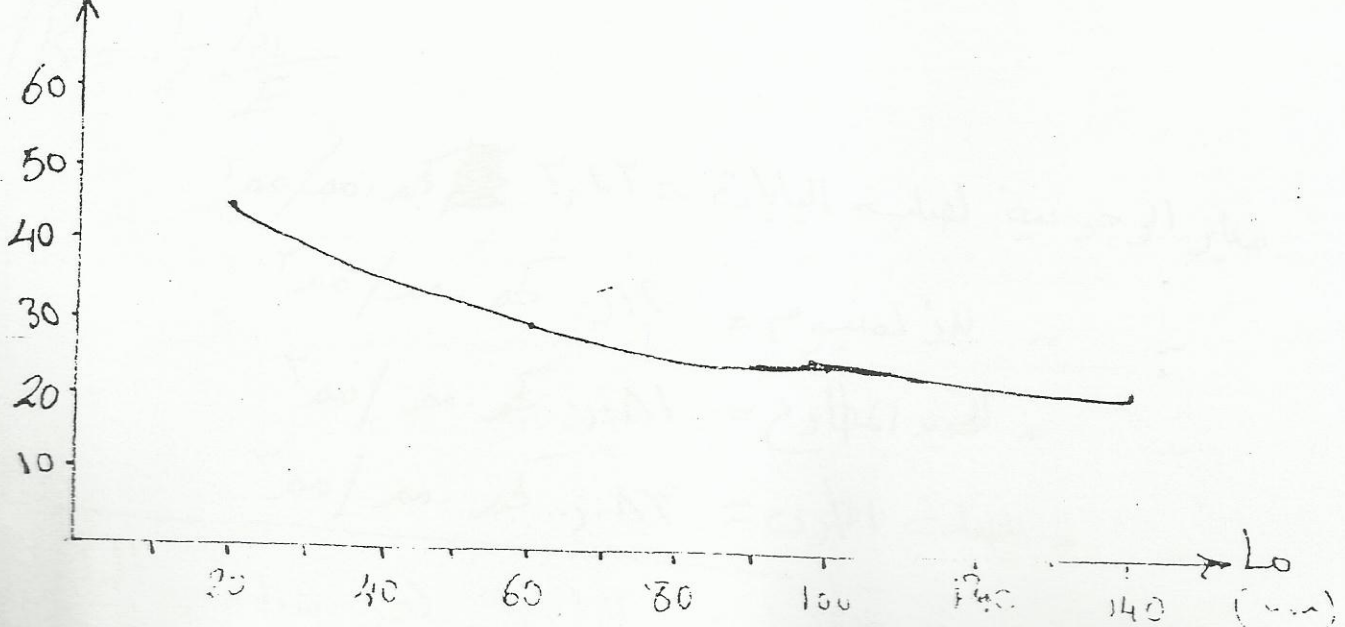
$$y = mx + c$$

$$\Rightarrow a = \frac{10}{25} = 0.4$$

$$b\sqrt{A_0} = F$$

$$b = \frac{F}{\sqrt{\frac{\pi}{4}(8)^2}} = 0.987$$

% Elong.



٨- الجدول التالي يبين بعض الخواص الميكانيكية لأربع أنواع من المعادن المختلفة وهي :

المادة	مقاومة الشد (كجم/مم ^٢)	اجهاد حد التناسب (كجم/مم ^٢)	معايير المرونة (كجم/مم ^٢)	% للاستطالة
صلب اليايات	١٦٠	١٢٠	٢١٠٠	٤
الألمنيوم	٣٥	١٣	٧٠٠	٢٥
الحديد المطاوع	٣٣	١٨	٢٠٠٠	٥٠
الصلب الطرى	٢٨	١٨,٥	٢٠٥٠	٣٥

- أ- أى من هذه المواد يفضل لصنع اليايات وأي منها تفضل لصنع السلاسل؟ لماذا؟
 ب- رتب هذه المواد تبعاً لقدرتها على مقاومة التشكل فى حدود المرونة وكذا تبعاً لمطوالتها.

المهم فى اليايات هو اختيارها للأحمال (الإنفا) التى تتحملها ودرجتها كاملة.
 لذلك يكون المهم فى حالة اليايات هو معيار الرجوعية.

$$MR = \frac{\frac{1}{2} P_{PL} D_{PL}}{A_0 L_0} = \frac{1}{2} f_{PL} \epsilon_{PL}$$

$$\because \epsilon = \frac{f}{E} \Rightarrow \epsilon_{PL} = \frac{f_{PL}}{E}$$

$$MR = \frac{1}{2} \frac{f_{PL}^2}{E}$$

معيار الرجوعية للصلب اليايات = ٢,٤٢ كجم/مم^٢

للألمنيوم = ١٢٢ كجم/مم^٢

للحديد المطاوع = ١٠٨١ كجم/مم^٢

للصلب الطرى = ١٨٣ كجم/مم^٢

المراد بالمراد (المراد بالمراد)

* المهم في السلاسل تحملها للأحمال بما فيها الأحمال الدينامية،
ولا تصل للكسر ولا يهمل التشوهات الكبيرة.
لذلك يمكن استخدامها خارج حدود المرونة، ويمكن المهم هو
معايير المتانة -

$$MT = \frac{\left(\frac{P_y + P_{max}}{2}\right) D_{max}}{A_0 L_0} = \frac{\frac{f_y + f_{tx}}{2} \times \%Elong.}{100}$$

مثال

$$MT = \frac{\frac{2}{3} P_{max} D_{max}}{A_0 L_0} = \frac{\frac{2}{3} f_{tx} \%Elong.}{100}$$

نصف مثال

حدود الصدى المعدل من النصف المعدل حسب % لا - مثال =

معايير المتانة للصلب البارد = ٩٧، ٩٢ جم. مم / مم^٣
(نصف المعدل)

للألمنيوم = ٩٢، ٩٢ جم. مم / مم^٣
(مثال)

للحديد المطاوع (مثال) = ١٩، ٧٥ جم. مم / مم^٣

للصلب الحار (مثال) = ٨، ١٤ جم. مم / مم^٣

الأفضل للصنع السلاسل هو الحديد المطاوع