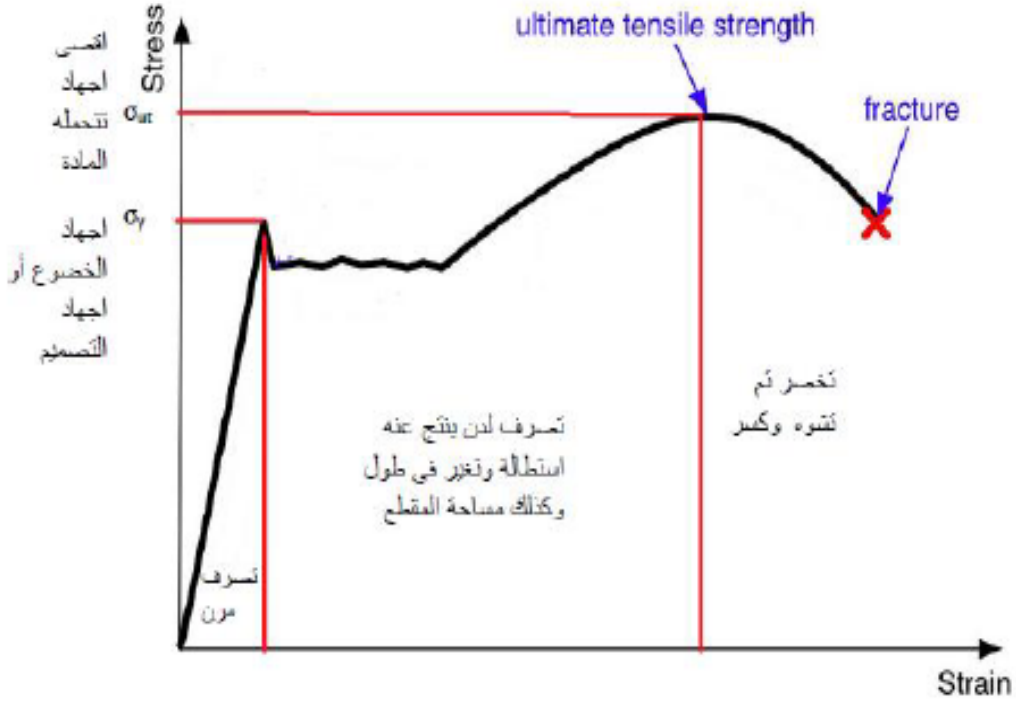
تمارين خاصة بالباب الرابع

حل تمارين الكتاب الباب الرابع



ملاحظات هامة:

الملاحظة الأولى : من خلال حل أمثلة وتمارين الكتاب الباب الرابع تبين انه قد تم استعمال قيمة أقصى إجهاد لاحتساب أقصى حمولة يتحملها المعدن أو أقصى شد يتحمله المعدن أو أقصى ضغط ، يجب أن نتفق جميعاً على أساس واحد وهو انه لا يتم التصميم وفق القيم القصوى إنما تحتسب على قيمة إجهاد الخضوع مضاف إليها نسبة من معامل الأمان .وما ينتج من حلول ما هو إلا تمارين تدريبية فقط أو لمعرفة القيم القصوى لا القيم التصميمية .

المعدن يتصرف بسلوك مرن طالما لم تجتاز القوة المسلطة عليه مقدار حد المرونة أو إجهاد الخضوع وبالتالي يرجع المعدن إلي وضعه الأصلي ولا يتشوه بعد إزالة الحمل عنه.

بينما لو تم استعمال قيمة أقصى إجهاد كقيمة تصميمية فنحن بالتأكيد نعلم بان المعدن قد استطال وتغير طوله ومقطعه وتشوه ويكون في انتظار أي قوة إضافية بسيطة أخرى كي ينكسر .

الملاحظة الثانية : بعض النتائج المتحصل عليها من التمارين تعطي نتائج تدريبية فقط ولا تعطي نتائج واقعية فمثلاً المثال 4-2 أعطى أن الطاولة ذات الأربع أرجل تتحمل وزن 25 طن . (والسبب في ذلك هو انه قد تم التصميم على مقدار أقصى إجهاد وبالتالي تكون النتائج عالية وكذلك تم افتراض قيم مرتفعة جداً لمقدار أقصى إجهاد)

يجب فهم منحنى الإجهاد والانفعال المرفق فهماً جيداً حتى تسهل عملية فهم وحل التمارين

س 1 : يتم سحب سيارة معطوبة بسلك معدني قطره 3.5 mm وله مقاومة شد مقدارها $180\ MN/m^2$ أحسب قوة الشد في السلك ؟

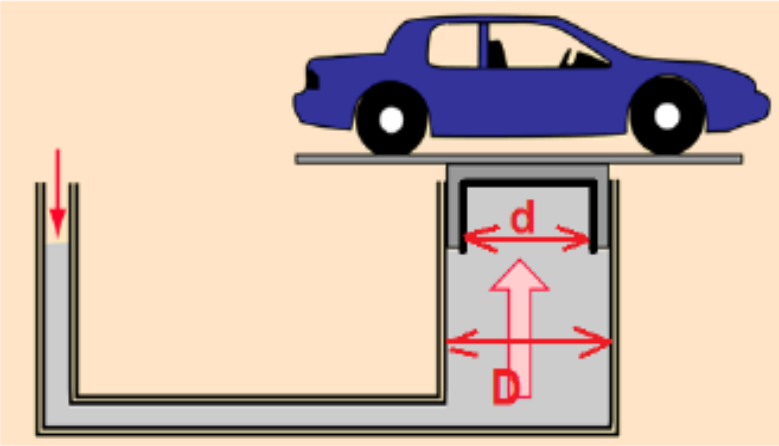
ج 1 : يجب التأكد من الوحدات قبل بدء الحسابات : نلاحظ أن قطر السلك بالملليمتر فيجب تحويله إلى m

$$D = 3.5\,mm = \frac{3.5}{1000} = 3.5 * 10^{-3}\,m$$

$$Area\,(A) = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * (0.0035)^2}{4} = 9.621 * 10^{-6}\,m^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Longrightarrow F = \sigma * A = 180 * 10^6 * 9.621 * 10^{-6} = 1731.80\ N = 1.731\ KN$$

س 2 : منصة لصيانة وتصليح السيارات تعمل بالقدرة الهيدروليكية ، لها عمود رفع مجوف قطره الخارجي 300 mm وقطره الداخلي 274 mm مصنوع من مادة لها مقاومة انضغاط 320 MN/m^2 ، ما هي الحمولة القصوى لهذه المنصة التي تجعل العمود يعمل على رفع السيارة دون أن ينهار ؟



ج 2 :

D=300 mm = 0.3 m

d= 274 mm = 0.274 m

Area (A)=$\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}$

$$A = \frac{\pi(0.3^2 - 0.274^2)}{4}$$

$$A = 0.01172 m^2$$

$\sigma_p = 320 * 10^6 N/m^2$ $\sigma_p = \frac{F_{max}}{A}$

$$F_{max} = \sigma_p * A = 320 * 10^6 * 0.01172 = 3750810\ N$$

$$F = mg \rightarrow \quad m = \frac{F}{g} = \frac{3750810}{9.81} = 382345 kg$$

أقصى حمولة يمكن تحملها هي 382 ألف كيلوجرام هي نتيجة عالية جداً نتيجةً لافتراض قيمة عالية لمقاومة الانضغاط 320 MN/m^2

س 3 : بعد فترة طويلة من عمل رافعة مخطافية تلف السلك المستخدم في الرفع وذلك بسبب تهالكه ، لديك في الورشة ثلاثة (اربعة) اسلاك A,B,C,D مصنوعة من مواد مختلفة بياناتها كما في الجدول :

السلك	مقاومة الشد MN/m^2	قطر السلك mm
A	280	12
B	170	15
C	100	20
D	300	12

أي من الاسلاك الثلاثة (الاربعة) ستختار ليحل محل السلك القديم اذا كانت أقصى حمولة متوقعة للرافعة هي 32 KN؟

ج 3 : يجب ملاحظة أن قطر السلك بوحدة المليمتر ويجب تحويلها إلى متر

ج 3 : يجب ملاحظة أن قطر السلك بوحدة المليمتر ويجب تحويلها إلى متر

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} = \frac{F_t}{\frac{\pi D^2}{4}} \Longrightarrow F_t = \frac{\pi D^2 \sigma_t}{4}$$

$$F_t(A) = \frac{\pi * (0.012)^2 * 280 * 10^6}{4} = 31.667\ KN$$

$$F_t(B) = \frac{\pi * (0.015)^2 * 170 * 10^6}{4} = 30.041\ KN$$

$$F_t(C) = \frac{\pi * (0.020)^2 * 100 * 10^6}{4} = 31.415\ KN$$

بعد احتساب أقصى قوة شد يتحملها الأسلاك الثلاثة نجد أن الأسلاك الثلاثة لا يمكن استخدامها لان النتائج اقل من حمولة الرافعة المتوقعة وهي 32 KN

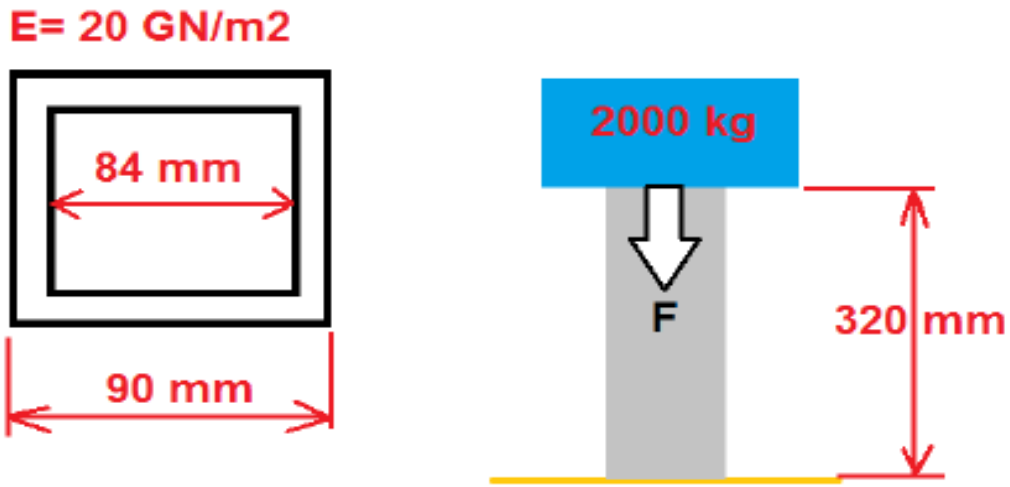
تمت إضافة مواصفات سلك رابع لكي يلبي طلب السؤال باختيار سلك مناسب :

$$F_t(D) = \frac{\pi * (0.012)^2 * 300 * 10^6}{4} = \mathbf{33.93\ KN}$$

س 4 : وضعت قطعة ثقيلة من المعدن كتلتها 2000 kg على ركيزة معدنية مجوفة ذات مقطع مربع الشكل ، وكان الضلع الخارجي لمقطع الركيزة 90 mm والضلع الداخلي له 84 mm وطولها 320 mm ومعامل مرونة مادة صنع الركيزة 20 GN/m^2 . اذا ثبتت الركيزة في وضع رأسي على سطح مستوي أثناء تحميلها أوجد الاتي :

أ) اجهاد الضغط الواقع على الاسطوانة ؟

ب) طول الاسطوانة اثناء تحميلها بالثقل المذكور ؟



ج 4 : (أ)

Area (A) = $(0.090)^2 - (0.084)^2 = 0.001044\ m^2$

$$F_p = mg = 2000 * 9.81 = 19620\ N$$

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A} = \frac{19620}{0.001044} = 18793103.45\ \frac{N}{m^2} = 18.79\ \frac{MN}{m^2}$$

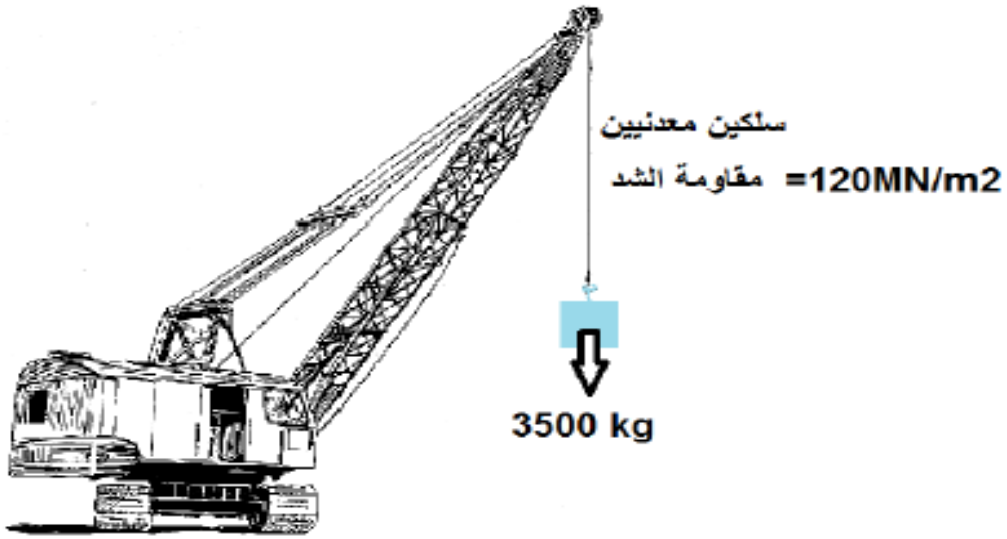
ج 4 : (ب) بافتراض أن القوة المسلطة على المعدن لازالت اقل من حد المرونة حتى يمكننا استعمال معامل يونج أو حد المرونة .

$$E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \qquad \epsilon_p = \frac{\sigma_p}{E} = \frac{18.79*10^6}{20*10^9} = 0.000935$$

$$\epsilon_p = \frac{L_0 - L_p}{L_0}$$

$$L_p = L_0 - (\epsilon_p * L_0) = 320 - (0.000935 * 320) = 319.700\ mm$$

س 5 : كتلة من المعدن مقدارها 3500 kg يتم سحبها الى اعلى بواسطة رافعة . اذا كانت الرافعة تستخدم سلكين من المعدن لعملية الرفع ، لهما مقاومة شد مقدارها 120 MN/m^2 ومتساويين في المقطع ، احسب القطر الادنى للسلك الواحد حتى تعمل الرافعة ؟



ج 5 :

$$F = mg = 3500 * 9.81 = 34335\ N$$

$$\sigma = \frac{F}{A_t} \Longrightarrow A_t = \frac{F}{\sigma} = \frac{34335}{120*10^6} = 0.0002861\ m^2$$

بما أن المساحة المحسوبة كلية للسلكين ، ولكي نحسب قطر السلك الواحد يجب قسمة المساحة على 2

$$\mathrm{A_w} = \frac{\mathrm{A_t}}{2} = \frac{0.0002861}{2} = 0.0001430\ \mathrm{m^2}$$

$$A_w = \frac{\pi D^2}{4} \Longrightarrow D = \sqrt[2]{\frac{A_w*4}{\pi}} = 0.01349\ m = 13.50\ mm$$

س 6 : أظهرت نتائج اختبار الشد لعينة مربعة المقطع أن بداية حدوث التخصر يحدث عند قوة مقدارها 10 KN وكانت النسبة المئوية للنقص في المساحة الحاصلة في منطقة التخصر 60% . أوجد طول ضلع المقطع الابتدائي للعينة إذا علمت أن أقصى إجهاد شد تتحمله مادة العينة هو 38 MN/m^2 ؟

ج 6 :

$$F_{uts} = 10\ KN$$

$$\sigma_{uts} = 38\ MN/m^2$$

عند قسمة قيمة القوة التي يحدث عندها التخصر وهي تعادل القوى عند أقصى إجهاد شد على قيمة أقصى إجهاد شد فإننا نتحصل على المساحة الحقيقية للمقطع أي مساحة المقطع المتخصر

True stress and True Area (TA) .

$$TA = \frac{F_{uts}}{\sigma_{uts}} = \frac{10 * 10^3}{38 * 10^6} = 0.00026315\ m^2$$

لحساب معدل التغير أو النقص في مساحة المقطع نتبع التالي :

$$\Delta A = \frac{A_0 - TA}{A_0} * 100 \Rightarrow \frac{\Delta A * A_0}{100} = A_0 - TA \Rightarrow TA = A_0 - A_0\left(\frac{\Delta A}{100}\right)$$

$$TA = A_0\left(1 - \frac{\Delta A}{100}\right) \Rightarrow A_0 = \frac{TA}{1 - \frac{\Delta A}{100}} \Rightarrow A_0 = \frac{0.00026315}{1 - \frac{60\%}{100}} = 0.0006578\ m^2$$

$$W = \sqrt[2]{A_0} = \sqrt[2]{0.0006578} = 0.025649\ m = 25.65\ mm$$

س 7 : من المثال 4-1 ص 90 : أظهرت نتائج الشد في مادة معينة أن إجهاد الخضوع وقع عندما كانت قيمة القوة المؤثرة $21.65KN$ وعندما كان قطر القضيب 12.55 mm . إذا كان طول القضيب قبل إجراء الاختبار 50 mm وكان طوله عند الخضوع 50.25 mm ، اوجد التالي :

- مقدار إجهاد الخضوع ؟ = 175 MN/m^2
- معامل المرونة ؟ = 35 GN/m^2
- القطر الأصلي ؟ = 12.581 mm

في المثال السابق استعمل نفس الاختبار لعينة أخرى بنفس الأبعاد ولكن لمادة مختلفة وكان قطر العينة في منطقة التخصر 6.2 mm ، أي من المادتين أكثر لدونة ؟ ولماذا ؟

ج 7 : بيانات ومعلومات المثال رقم 4-1 تتحدث عن عينة (أ) عند نقطة الخضوع ، وتم إعطاء القوة المؤثرة عند نقطة الخضوع كذلك قطر العينة عند نقطة الخضوع كما تم إعطاء طول العينة قبل الشد وبعد الشد عند نقطة الخضوع .
طلب احتساب إجهاد الخضوع ومعامل المرونة والقطر الأصلي للعينة وكانت الإجابة مباشرة وسهلة جدا .
أما السؤال رقم 7 طلب استعمال عينة من مادة أخرى على أن تكون أبعاد العينة مماثلة للعينة (أ) ، وأعطيت معلومة وحيدة وهي قطر العينة في منطقة التخصر وهي 6.2 ملم أي قطر العينة عند نقطة أقصى إجهاد σ_{uts} ، لكي يتم المقارنة بين العينتين يجب أن تعطى معلومة σ_{uts} وأبعاد العينة عندها (القطر والطول) للعينة الأولى ، ما هو متوفر حالياً للعينة الأولى هو نقطة خضوع وأبعاد العينة وبالتالي يصعب المقارنة بينهم .

ج 7 : بيانات ومعلومات المثال رقم 4-1 تتحدث عن عينة (أ) عند نقطة الخضوع ، وتم إعطاء القوة المؤثرة عند نقطة الخضوع كذلك قطر العينة عند نقطة الخضوع كما تم إعطاء طول العينة قبل الشد وبعد الشد عند نقطة الخضوع .

طلب احتساب إجهاد الخضوع ومعامل المرونة والقطر الأصلي للعينة وكانت الإجابة مباشرة وسهلة جدا .

أما السؤال رقم 7 طلب استعمال عينة من مادة أخرى على أن تكون أبعاد العينة مماثلة للعينة (أ) ، وأعطيت معلومة وحيدة وهي قطر العينة في منطقة التخصر وهي 6.2 ملم أي قطر العينة عند نقطة أقصى إجهاد σ_{uts} ، لكي يتم المقارنة بين العينتين يجب أن تعطى معلومة σ_{uts} وأبعاد العينة عندها (القطر والطول) للعينة الأولى ، ما هو متوفر حالياً للعينة الأولى هو نقطة خضوع وأبعاد العينة وبالتالي يصعب المقارنة بينهم .

السؤال رقم 7 يمكن الإجابة عليه بدون مقارنة مع المثال 4-1 ص 90 كذلك يجب تغيير القطر عند التخصر من 6.2 ملم إلي 9.2 ملم لان القطر الأول يعطي معدل تخفيض مساحة بمقدار 75% وهي نسبة عالية جداً ، ويكون الحل كما يلي :

$$\Delta A = \frac{A_0 - A_{uts}}{A_0} * 100$$

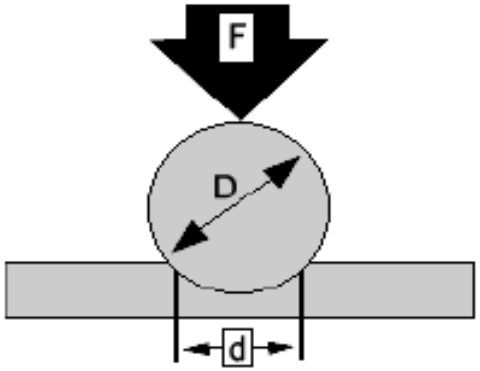
$$\Delta A = \frac{A_0 - A_{uts}}{A_0} * 100$$

$$\Delta A = \frac{{D_0}^2 - {D_{uts}}^2}{{D_0}^2} * 100 = \left(1 - \frac{{D_{uts}}^2}{{D_0}^2}\right) * 100 = \left(1 - \frac{(9.2)^2}{(12.581)^2}\right) * 100 = 46.52\%$$

من النسبة السابقة يمكن القول بأن العينة (ب) تتمتع بلدونة ومطولية عالية .

س 8 : في اختبار برنل للصلادة كانت النتيجة ان المادة قيد الاختبار صلادتها BHN 238 وكان كل من قطر الكرة وقطر الثلم الناشيء 10 mm و 5 mm على التوالي ، ما هو الحمل المستخدم في الاختبار ؟

ج 8 : ملاحظة هامة تم تغيير قيمة الصلادة BHN 238 إلى **BHN 140** لأنها قيمة عالية جداً بالمقارنة مع قطر الثلم 5 mm ، نتيجة التمرين بالقيمة الأولى تعطي حمل بمقدار 5008 كيلو جرام في حين أن جهاز برنل لا يعطي أكثر من 3000 كيلو جرام .



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

D=10 mm , d=5 mm , BHN= 140

$$F = \frac{BHN * \pi * D(D - \sqrt[2]{D^2 - d^2})}{2}$$

$$F = \frac{140 * \pi * 10(10 - \sqrt[2]{(10)^2 - (5)^2})}{2} = 2946.25\ Kg$$

س 9 : في اختبار برنل للصلادة ، تغلغلت الكرة في المعدن بمقدار يزيد عن نصف حجمها ، برأيك هل تكون نتيجة الإختبار صحيحة أم لا ؟ ولماذا ؟

ج 9 : بكل تأكيد نتيجة الإختبار غير صحيحة لأن أقصى عمق مسموح به هو نصف قطر الكرة ، كما لاحظنا في القانون بأن قطر الثلم d مهم لاحتساب الصلادة فإذا تغلغلت الكرة اقصى من مقدار نصف القطر كان قطر الثلم وهمي وغير حقيقي لأنه لن يزيد عن نصف قطر الكرة مهما تعمقت .

تمارين الباب 4

س1: سلك قطره (9 mm) تعرض الى قوة شد مقدارها (12 KN) ، احسب مقدار الاجهاد الذي يقع تحته السلك .
(ج : $188.7\ MN/m^2$)

س2: عمود مجوف قطره الخارجي ثلاثة أضعاف قطره الداخلي الذي يساوي (80 mm) ، احسب مساحة مقطع العمود . (ج: $40192\ mm^2$)

س3: مصعد كهربائي كتلته (350 Kg) يعمل بواسطة سلك قطره (12 mm) ومقاومته للشد ($74\ MN/m^2$) ، احسب عدد الاشخاص المسموح لهم باستخدام المصعد في آن واحد دون ان ينقطع السلك بافتراض ان متوسط وزن الشخص (75 Kg) .(ج: 6 أشخاص)

س4: سلك قطره (8 mm) ومعامل مرونته ($5\ GN/m^2$) تعرض الى قوة شد مقدارها (28 KN) ، احسب مقدار الانفعال الحاصل في السلك .(ج: 0.11)

س5: تعرض عمود معدني قطره (8 mm) ومعامل مرونته ($650\ MN/m^2$) الى قوة شد مقدارها (6 KN) فاذا استطال (زاد طوله) بمقدار (5 mm) فكم كان طوله الاصلي ؟ (ج: 27.2 mm)

س6: اظهرت نتائج اختبار الشد لعينة مربعة المقطع ان بداية حدوث التخصر يحدث عند قوة مقدارها (8 KN) وكانت النسبة المئوية للنقص في المساحة في منطقة التخصر (40 %) فاذا كان اقصى اجهاد شد تتحمله مادة العينة هو ($28\ MN/m^2$) ، احسب طول ضلع مقطع العينة الاصلي . (ج: 21.8 mm)

س7: تم ربط قطعتين معدنيتين بواسطة (4) مسامير برشام مصنوعة من معدن اقصى اجهاد قص يتحمله هو ($13\ MN/m^2$) فاذا تعرضت هذه الوصلة الى قوة قص مقدارها (10 KN) ، احسب قطر البراشيم المستخدمة . (ج: 15.6 mm)

س8: عمود مجوف قطره الخارجي (70 mm) وقطره الداخلي (30 mm) وطوله (200 mm) تعرض الى قوة شد مقدارها (12 KN) فاذا حصلت فيه استطاله مرنة مقدارها (2 mm) ، احسب معامل مرونة معدن ذلك العمود . (ج: $382\ MN/m^2$)

س9: في اختبار الشد كان القطر الاصلي للعينة (20 mm) والقطر في منطقة التخصر (18.6 mm) ، احسب النسبة المئوية للمطولية . (ج: 13.51%)

س10: عمود دائري المقطع مساحة مقطعه تساوي ($0.003\ m^2$) ، احسب مساحة مقطع العمود بوحدات (mm^2).

س11: حول الاجهاد الذي قيمته ($4\ GN/m^2$) الى وحدات (MN/mm^2).

س12: في اختبار برنل لصلادة مادة كان رقم صلادة برنل (BHN) يساوي (114) فاذا كانت القوة المستخدمة في الاختبار (1500 Kg) وقطر الكرة (10 mm) ، احسب قطر الثلم (الاثر) الناتج عن الاختبار.

س13: استخدمت اربعة انابيب مجوفة في تثبيت خزان ماء عالياً وكان القطر الداخلي لكل منهما (68 mm) والقطر الخارجي (70 mm) ، إذا كانت الأنابيب مصنوعة من مادة لها مقاومة انضغاط مقدارها ($160\ MN/m^2$) , كم لتر من الماء يمكن تعبئتها في الخزان دون أن تنهار الأنابيب مع إهمال وزن الخزان فارغاً.

س14: عمود معدني تعرض الى قوة شد مقدارها (10.556 KN) فنتج عنها اجهاد شد مقداره ($210\ MN/m^2$) ، احسب قطر العمود.

ج: 8 mm)

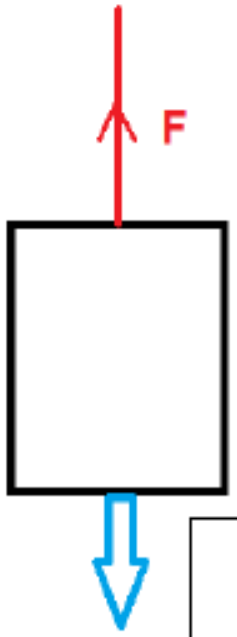
اجابة السؤال الثالث :

س3: مصعد كهربائي كتلته (350 Kg) يعمل بواسطة سلك قطره (12 mm) ومقاومته للشد ($74\ MN/m^2$) ،

احسب عدد الاشخاص المسموح لهم باستخدام المصعد في آن واحد دون ان ينقطع السلك بافتراض ان متوسط وزن الشخص (75 Kg) .(ج: 6 أشخاص)

$D_w = 12\ mm$

$\sigma_{uts} = 74\ MN/m^2$



محصلة القوى = مجموع وزن المصعد فارغ مضاف اليه وزن الاشخاص

$= 9.81\ (350 + X)$

$$\sigma_{ult} = \frac{9.81(350 + X)}{\frac{\pi * (0.012)^2}{4}}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{9.81(350 + X)}{\frac{\pi * (0.012)^2}{4}}$$

$$X = \frac{74 * 10^6 * \pi * (0.012)^2}{4 * 9.81} - 350$$

X = مجموع اوزان الاشخاص

بما ان متوسط وزن الشخص = 75 كيلو جرام

$$X = 503.13\ Kg$$

أذن عدد الاشخاص = التالي

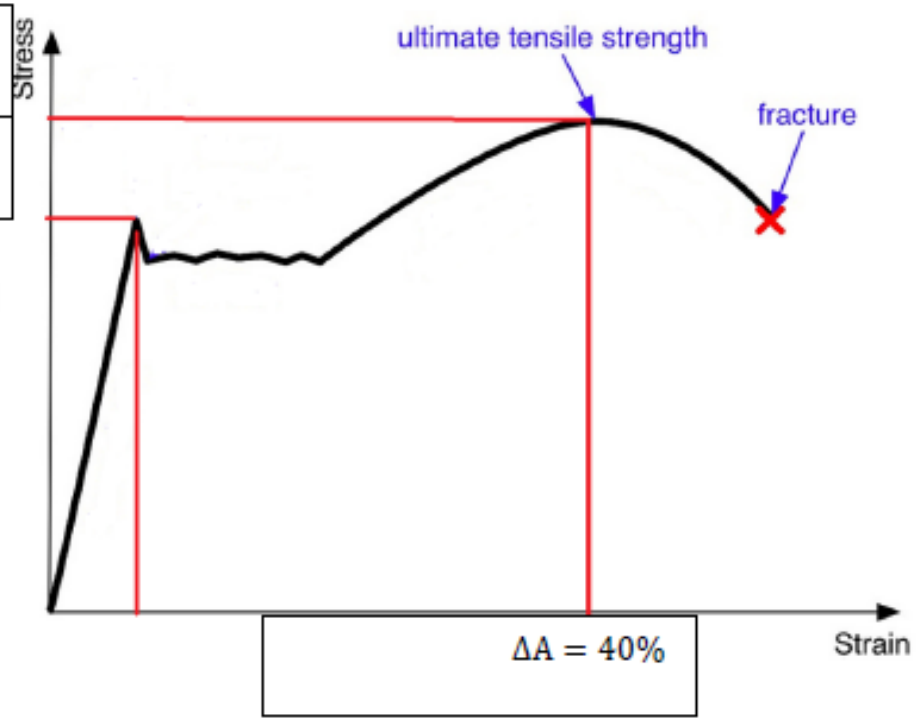
$$Number\ of\ persons = \frac{503.13}{75} = 6.7 = 6 \text{ اشخاص}$$

اجابة السؤال 6 :

س6: اظهرت نتائج اختبار الشد لعينة مربعة المقطع ان بداية حدوث التخصر يحدث عند قوة مقدارها (8 KN) وكانت النسبة المئوية للنقص في المساحة في منطقة التخصر (40 %) فإذا كان اقصى اجهاد شد تتحمله مادة العينة هو ($28\ MN/m^2$) ، احسب طول ضلع مقطع العينة الاصلي . (ج: 21.8 mm)

$\sigma_{uts} = 28 * 10^6\ N/m^2$

$F_{uts} = 8 * 10^3\ N$



المطلوب طول الضلع الاصلي للعينة المربعة ؟

المطلوب طول الضلع الاصلي للعينة المربعة ؟

$$A_{uts} = \frac{F_{uts}}{\sigma_{uts}} = \frac{8 * 10^3}{28 * 10^6} = 0.0002857\ m^2$$

$$W_{uts} = \sqrt[2]{A_{uts}} = 0.016903\ m = 16.903\ mm$$

$$\Delta A = \frac{A_0 - A_{uts}}{A_0} * 100$$

$$\frac{A_0\ \Delta A}{100} = A_0 - A_{uts}$$

$$A_0 = \frac{A_{uts}}{1 - \frac{\Delta A}{100}} = \frac{0.0002857}{1 - \frac{40}{100}} = 0.00047619\ m^2$$

$$W_0 = \sqrt[2]{A_0} = 0.02182\ m = 21.82\ mm$$

اجابة السؤال 9 :

س9: في اختبار الشد كان القطر الاصلي للعينة (20 mm) والقطر في منطقة التخصر (18.6 mm) ، احسب النسبة المئوية للمطولية . (ج: 13.51%)

$$\Delta A = \frac{A_0 - A_{uts}}{A_0} * 100 \qquad A_0 = \frac{\pi {D_0}^2}{4} \qquad A_{uts} = \frac{\pi {D_{uts}}^2}{4}$$

$$\Delta A = \frac{{D_0}^2 - {D_{uts}}^2}{{D_0}^2} * 100 = \left(1 - \frac{{D_{uts}}^2}{{D_0}^2}\right) * 100 = \left(1 - \frac{(18.6)^2}{(20)^2}\right) * 100 = 13.51\%$$

اجابة السؤال 12 :

س12: في اختبار برنل لصلادة مادة كان رقم صلادة برنل (BHN) يساوي (114) فاذا كانت القوة المستخدمة في الاختبار (1500 Kg) وقطر الكرة (10 mm) ، احسب قطر الثلم (الاثر) الناتج عن الاختبار.

$$BHN = \frac{2F}{\pi * D(D - \sqrt[2]{D^2 - d^2})}$$

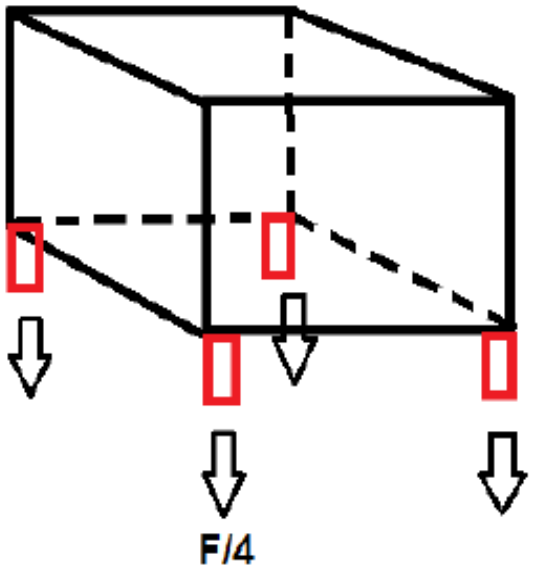
$$\frac{2F}{BHN * \pi * D} - D = \sqrt[2]{D^2 - d^2}$$

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

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

اجابة السؤال 13 :

س13: استخدمت اربعة انابيب مجوفة في تثبيت خزان ماء عالياً وكان القطر الداخلي لكل منهما (68 mm) والقطر الخارجي (70 mm) ، إذا كانت الأنابيب مصنوعة من مادة لها مقاومة انضغاط مقدارها ($160\ MN/m^2$) , كم لتر من الماء يمكن تعبئتها في الخزان دون أن تنهار الأنابيب مع إهمال وزن الخزان فارغاً.



تم تغيير مقاومة الانضغاط من ($160\ MN/m^2$) الى ($80MN/m^2$) لان الاولى عالية جداً

بافتراض ان طول كل انبوب لا يتجاوز 10 سم حتى لا تتكون اجهادات اخرى تجعل الانبوب ينحني

نحسب قيمة اقصى قوة انضغاط يمكن ان يتحملها الانبوب الواحد :

تم تغيير مقاومة الانضغاط من ($160\ MN/m^2$) الى ($80MN/m^2$) لان الاولى عالية جداً

بافتراض ان طول كل انبوب لا يتجاوز 10 سم حتى لا تتكون اجهادات اخرى تجعل الانبوب ينحني

نحسب قيمة اقصى قوة انضغاط يمكن ان يتحملها الانبوب الواحد :

$$F = \sigma_{comp} * A = 80 * 10^6 * \frac{\pi}{4}((0.070)^2 - (0.068)^2) = 17341\ N$$

$$m = \frac{F}{g} = \frac{17341}{9.81} = 1767\ Kg$$

أقصى حمولة تتحملها الانابيب الاربعة :

$$4m = 7068\ Kg$$

بافتراض ان 1 كيلو جرام من الماء يساوي واجد لتر :

سعة الخزان تساوي *7068* لتر