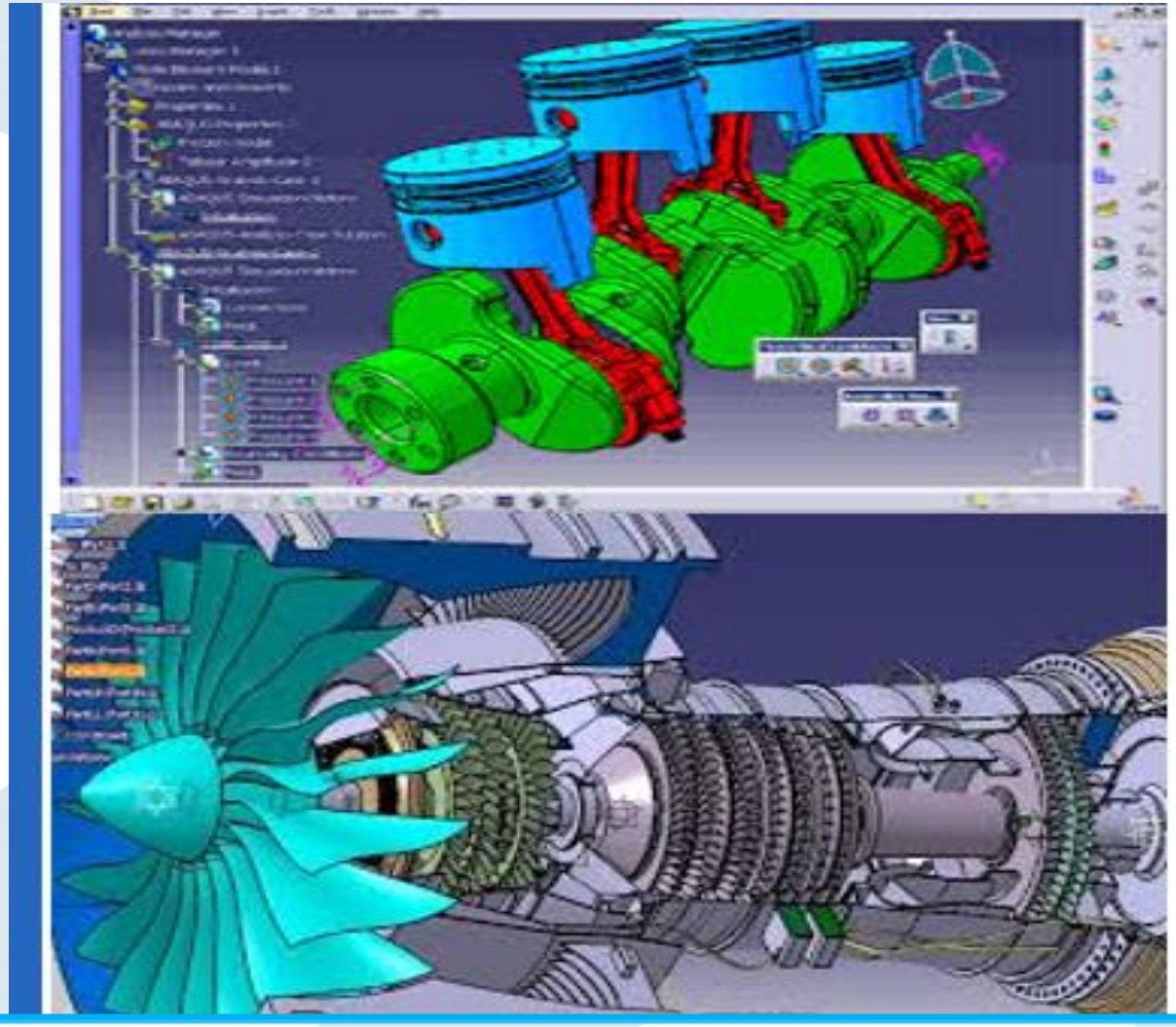
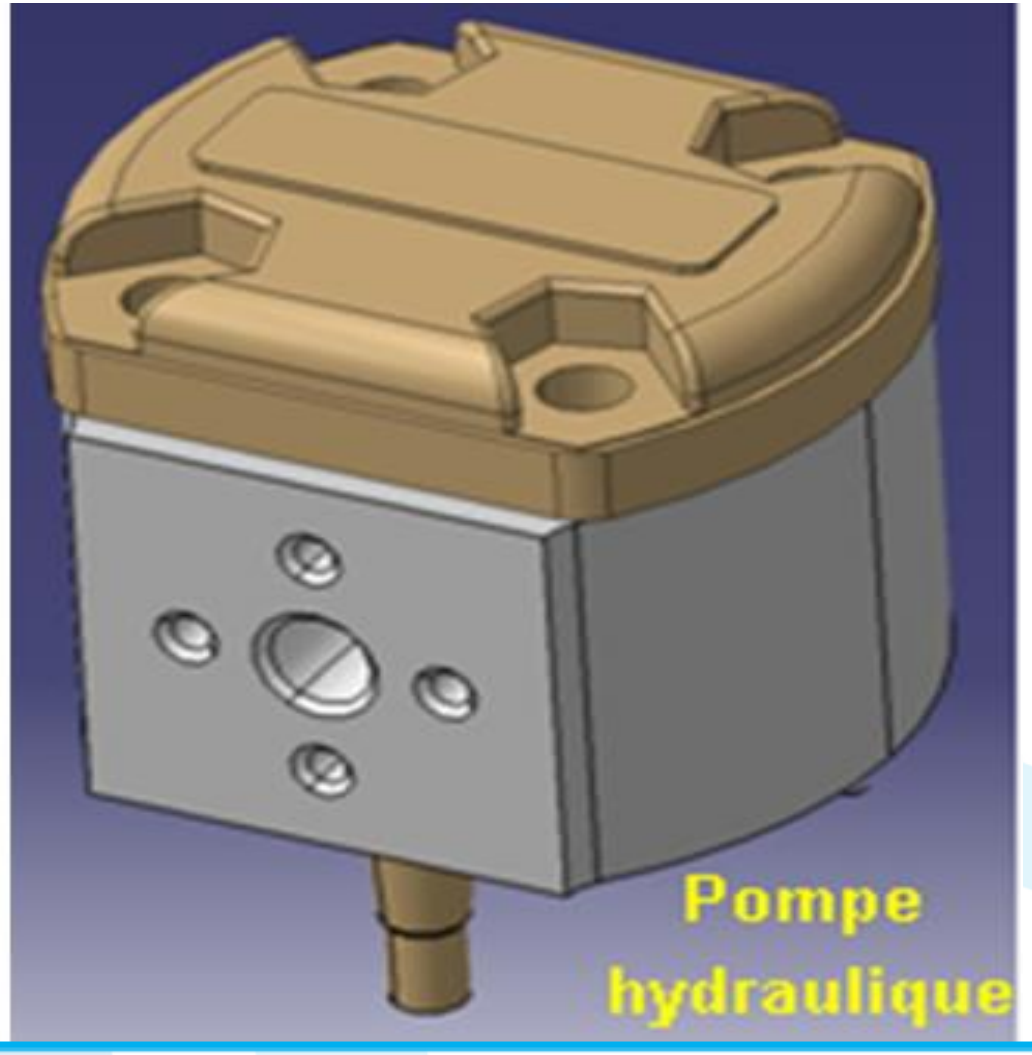


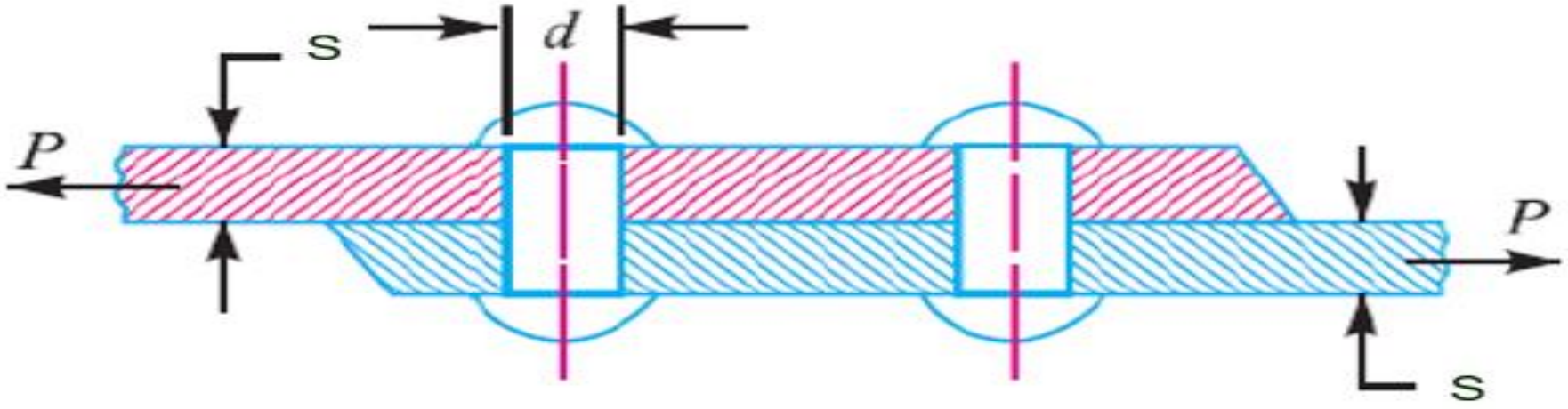

Pompe
hydraulique

مسألة

ترتبط صفيحتان ببرشامين كما هو في الشكل فاذا كان قطر البرشام الواحد d= 25mm

وسماكة الصفائح المربوطة s=10mm والقوة المؤثرة P=50KN يطلب حساب اجهاد

الهصر الناشئ في البراشيم



الحل

الحل

اجهاد الهصر للبرشام الواحد يعطي بالعلاقة

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

في مثالنا يوجد سطحين

$$\sigma = \frac{P}{2A}$$

نعوض بالمساحة

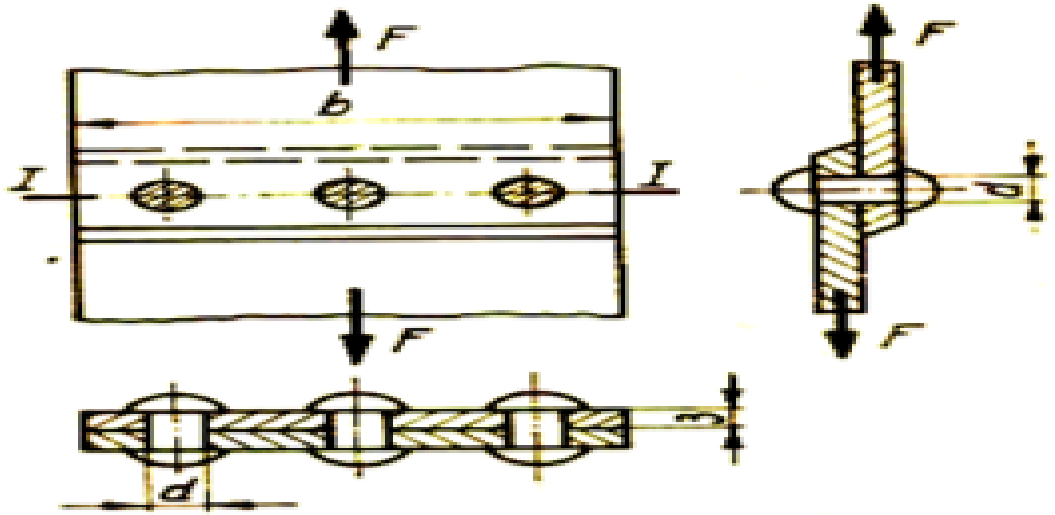
$$\sigma = \frac{P}{2ds}$$

$$\sigma = \frac{50000}{2.25.10}$$

$$\sigma = 100MPA$$

مسألة

ترتبط صفيحتان مع بعضهما بواسطة ثلاثة براشيم حيث تؤثر القوة F=7500N فإذا علمت أن الصفائح من الفولاذ وسماكة الصفائح s=3mm وأن اجهاد القص المسموح به لمادة البرشام [z]= 67MPa واجهاد الشد المسموح به [σ]= 100MPa واجهاد الهصر المسموح به [σcm]= 160MPa يطلب حساب قطر مسمار البرشام اللازم



الحل

1-حساب قطر المسمار الواحد:

إن البرشام الواحد يتعرض إلى إجهاد قص مقداره:

$$\tau = \frac{F}{3A}$$

وهذا يجب أن يبقى ضمن الحدود المسموح به،أي:

$$\tau = \frac{F}{3A} \leq [\tau]$$

ومنه يمكن حساب قطر المسمار الواحد:

$$A \geq \frac{F}{3[\tau]} = \frac{7500N}{3.67\frac{N}{mm^2}} = 37.3mm^2$$

ويكون القطر :

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.37.3mm^2}{\pi}} = 7mm$$

إن البراشيم تتعرض إلى إجهاد هصر ولذلك يجب اختبارها فيما إذا تتحمل ذلك الإجهاد:

$$\sigma_{cm} = \frac{F}{3A} = \frac{F}{3d.l} = \frac{7500N}{3d.3mm} \leq 160\frac{N}{mm^2}$$

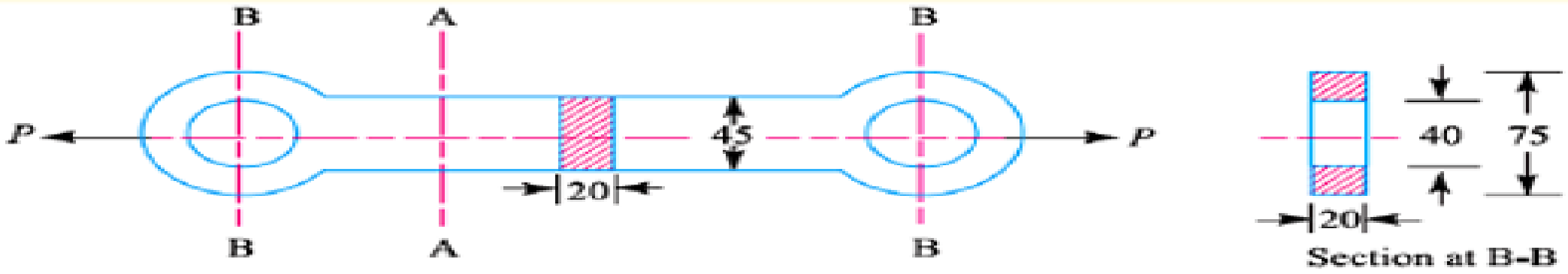
$$d = \frac{F}{160.9} = \frac{7200}{1440} = 5.21mm$$

القطر يجب أن يكون القطرأاكبر من(5.21 mm).

مسألة

يبين الشكل ذراع توصيل في محرك احتراق داخلي مصنوع من حديد الصب يتعرض إلى قوة مقدارها P=45KN وإبعاده كما مبين بالشكل و المطلوب حساب الإجهاد الناشئ بالذراع و ذلك:

- عند المقطع A-A (مستطيل مصمت)
- عند المقطع B-B (مستطيل مفرغ)



الحل

اجهاد الشد يحسب من العلاقة التالية:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

1-الاجهاد عند المقطع المصمت

يكون السطح:

$$A=45.20 = 900\ mm^2$$

ويكون الاجهاد:

$$\sigma = \frac{45000N}{900mm^2} = 50\frac{N}{mm^2}$$

1-الاجهاد عند المقطع المفرغ

يكون السطح :

$$A=(75-40).20 = 700\ mm^2$$

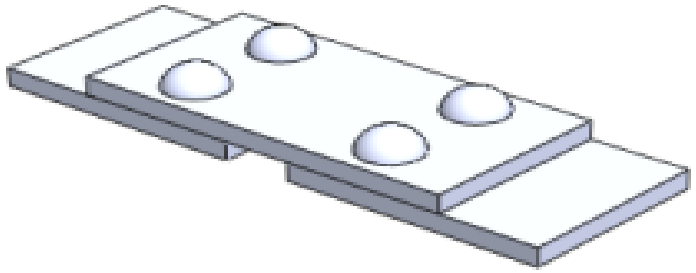
ويكون الإجهاد:

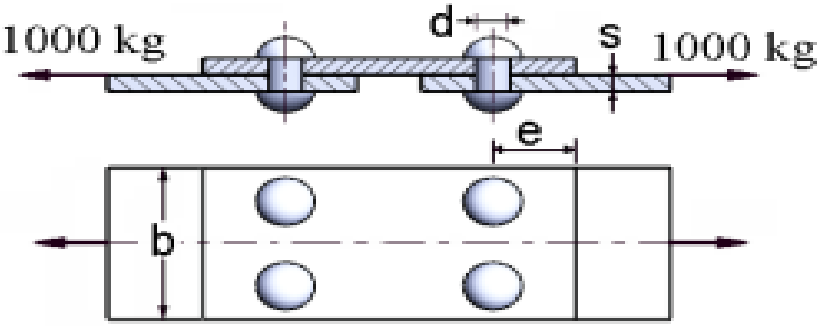
$$\sigma = \frac{45000N}{700mm^2} = 64,3\frac{N}{mm^2}$$

مسألة

يبيّن الشكل وصلة براشيم تخضع للقوّة كما هو مبيّن والمطلوب حساب المقادير التالية: قطر ساق البرشام اللازم d، سماكة الصفائح على الهصر S، عرض الصفائح على الشد b، طول طرف الصفائح بعد البرشام e؟

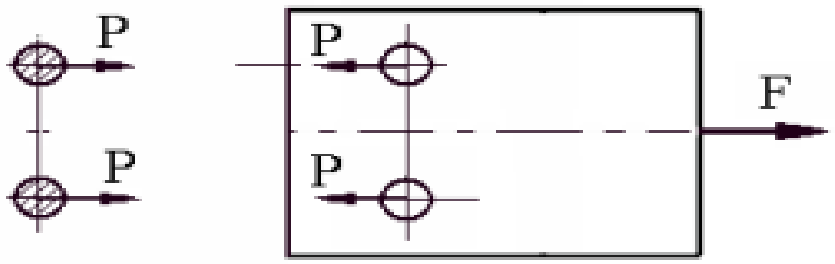
معطيات التصميم: $\sigma_{all} = 15\,kg/mm^2$, $\sigma_{c_all} = 14\,kg/mm^2$





الحل

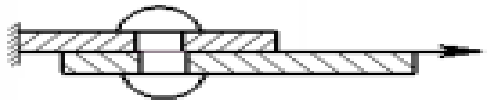
- المسألة وصلتين وندرس أحد الطرفين: نحدد البرشيم الخطر ونحسب القوة عليه وفق الخطوات التالية:
- **مركز ثقل البرشيمين** معلوم في منتصف المسافة بينهما.
- **الحمولة:** قوة قص تمر من مركز الثقل F=1000kg
- **توزيع القوى على البراشيم:** توزيع متماثل من جهة القوة.
- **البرشيم الخطر:** هو أي واحد لأن القوى متماثلة
- **القوة على البرشيم الخطر:**



القوة على البرشام الخطر

$$P = \frac{F}{Number\,of\ Rivits} = \frac{1000}{2} = 500\,\text{kg} \quad \text{قوة قص}$$

- **التصميم:**

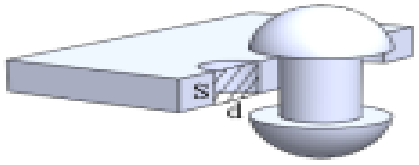


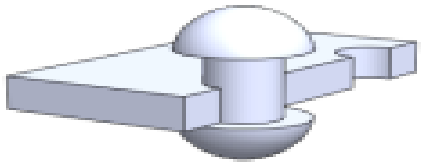
– **حساب قطر البرشام:** يخضع البرشام في هذه الحالة إلى قوّة قص ويُصمّم على مقاومة القص.

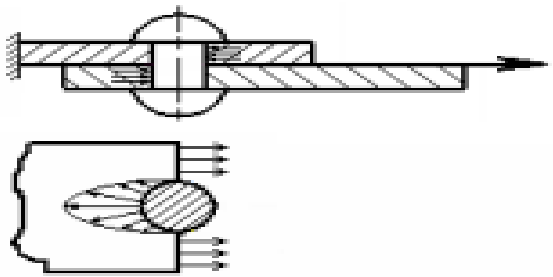
$$\tau = \frac{4P}{\pi d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4 \times 500}{\pi d^2} = 7.5 \quad \Rightarrow d = 9.21\ \text{mm} \Rightarrow d = 10\text{mm}$$

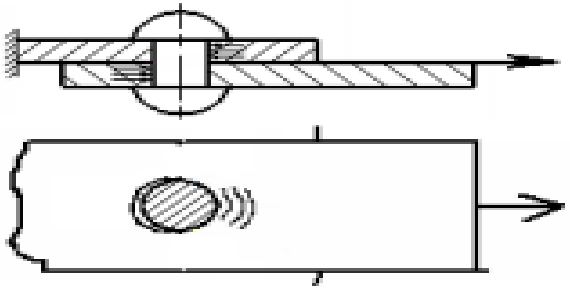
ونختار لجميع البراشيم نفس القطر.

– **حساب سماكة الصفائح على الهصر:** تخضع الصفائح لقوة هصر من قِبل ساق البرشام على الجدار الأسطواني للثقب وعلى اعتبار أنّ الضغط لا يتوزع بشكل منتظم بين ساق البرشام والجدار الأسطواني فإننا نعتبر أنّ السطح المعرّض للهصر من الصفيحة هو مسقط هذا السطح الأسطواني على الاتجاه العمودي على القوّة.



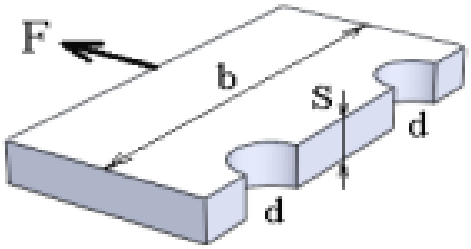


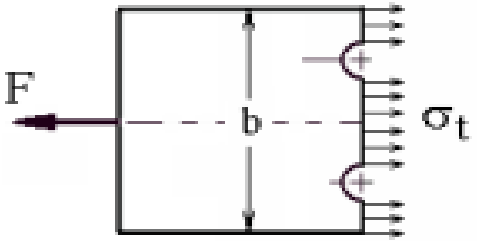




$$\sigma_C = \frac{P}{A_C} = \frac{P}{d \cdot S} = \sigma_{c_all} \Rightarrow \frac{500}{10 \cdot S} = 14 \Rightarrow S = 3.57\text{mm} \Rightarrow S = 4\text{mm}$$

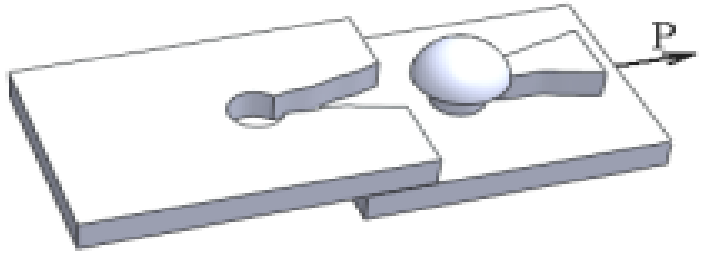
– **حساب عرض الصفائح على الشد b:** يخضع المقطع الخطر (المقطع عند خط توضع الثقوب) إلى الشد ويُصمّم على مقاومة الشد.

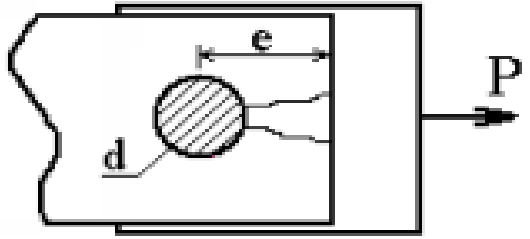




$$\sigma_t = \frac{F}{A_t} = \frac{F}{b \cdot S - 2 \cdot d \cdot S} = \sigma_{all} \Rightarrow \frac{1000}{b \cdot 4 - 2 \cdot 10 \cdot 4} = 15 \Rightarrow b = 36.7\text{mm} \Rightarrow b = 40\text{mm}$$

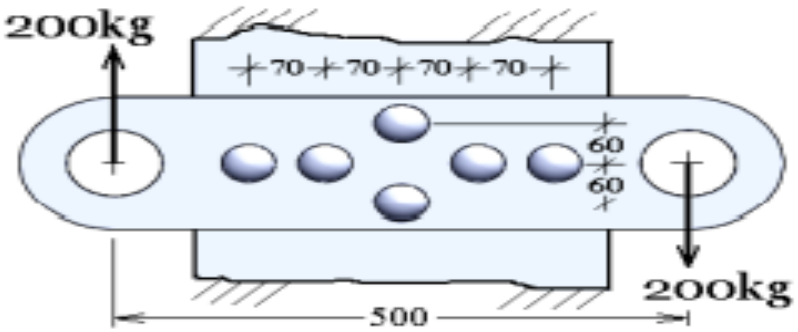
– **حساب طول طرف الصفيحة بعد البرشام e:** يُحسب هذا البعد على أساس منع حادثة التمزّق لطرف الصفيحة كما يبيّن الشكل مع ملاحظة أنّ الإجهاد المسبّب لهذه الحالة هو إجهاد قص.





$$\tau = \frac{P}{A_S} = \frac{P}{2\left(e - \frac{d}{2}\right) \cdot S} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{500}{2\left(e - \frac{10}{2}\right) \cdot 4} = 7.5 \Rightarrow e = 13.3\text{mm} \Rightarrow e = 15\text{mm}$$

مسألة



يتم تثبيت الصفيحة المبينة في الشكل بواسطة 6 براشيم متناظرة ثم تُطبّق عليها القوى كما هو مبيّن والمطلوب حساب أقطار البراشيم اللازمة على القص ثم حساب سماكة الصفائح على الهصر؟

معطيات التصميم: $\tau_{all} = 6\,kg/mm^2$, $\sigma_{c_all} = 10\,kg/mm^2$

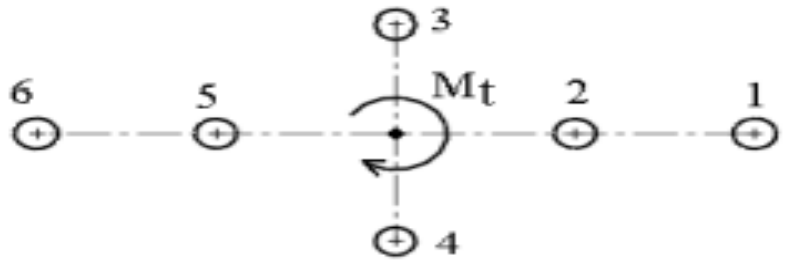
الحل

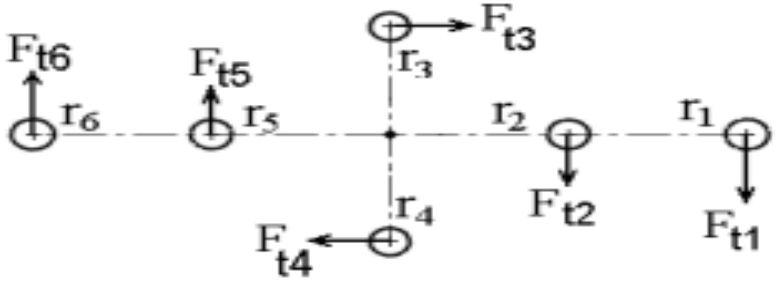
نحدد البرشيم الخطر وما عليه وفق الخطوات التالية:

مركز ثقل البراشيم: معلوم على نقطة تقاطع خطي التناظر.

الحمولة المؤثّرة: هي مزدوجة قوى تشكّل عزم يحاول تدوير الصفيحة الأماميّة في مستويها حول نقطة مركز ثقل البراشيم مما يجعل ثقوب الصفيحة تقص البراشيم واصطلاحاً يُدعى هذا العزم بعزم فتل على الوصلة.

القوى الناتجة على البراشيم: قوى قص (القوة على البرشيم عمودية على الخط الواصل من مركز الثقل وجهتها مع دوران الفتل).





تتناسب القوى على البراشيم التي تنتج عن عزم الفتل طرداً مع البعد عن مركز الثقل وتكون أكبر على البرشام

الأبعد عن مركز الثقل،

البرشام الأخطر: هنا هو الأبعد عن مركز الثقل حيث يتعرض إلى القوة الأكبر أحد البرشامين (6),(1).

$$r_1 = r_6 = 140\ \text{mm}, \quad r_2 = r_5 = 70\ \text{mm}, \quad r_3 = r_4 = 60\ \text{mm}$$

نحسب القوّة على البرشام (1).

معادلة توازن الصفيحة: $M_t = F_{t1} \cdot r_1 + F_{t2} \cdot r_2 + F_{t3} \cdot r_3 + F_{t4} \cdot r_4 + F_{t5} \cdot r_5 + F_{t6} \cdot r_6$

معادلات التشوه: $\frac{F_{t1}}{r_1} = \frac{F_{t2}}{r_2} = \frac{F_{t3}}{r_3} = \frac{F_{t4}}{r_4} = \frac{F_{t5}}{r_5} = \frac{F_{t6}}{r_6}$

بالحل المشترك للمعادلات نحصل على معادلة التعويض:

$$M_t = \frac{F_{t1}}{r_1}\left[r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2 + r_5^2 + r_6^2\right]$$

$$200 \times 500 = \frac{F_{t1}}{140}\left[140^2 + 70^2 + 60^2 + 60^2 + 70^2 + 140^2\right] \Rightarrow F_{t1} = 249\ \text{kg}$$

التصميم:

– **حساب قطر ساق البرشام**: القوّة تسبب القص للبرشام ويُصمم وفق:

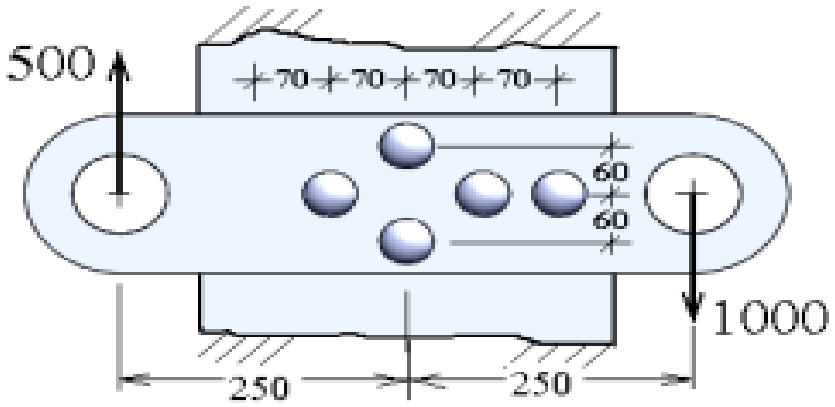
$$\tau = \frac{4F_{t1}}{\pi d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4 \times 249}{\pi d^2} = 6 \Rightarrow d = 7.27\text{mm} \Rightarrow d = 8\text{mm}$$

نختار القطر نفسه لجميع البراشيم حتى تكون الحسابات صحيحة.

– **حساب سماكة الصفيحة على الهصر**: قوّة القص نفسها هي التي تضغط ساق البرشام على جدار الثقب.

$$\sigma_c = \frac{P}{A_C} = \frac{P}{d \cdot S} = \sigma_{c_all} \Rightarrow \frac{249}{8 \cdot S} = 10 \Rightarrow S = 3.11\ \text{mm} \Rightarrow S = 4\ \text{mm}$$

مسألة



احسب أقطار البراشيم على القص $\tau_{all} = 6\,kg/mm^2$

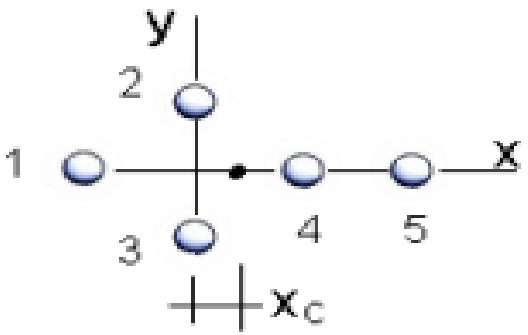
احسب أقطار البراشيم على الهصر.

سماكة الصفيحة 8mm $\sigma_{c_all} = 14\,kg/mm^2$,

الحل

نحدد البرشيم الخطر وما عليه وفق الخطوات التالية:

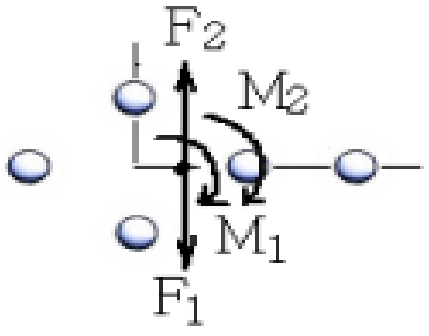
مركز ثقل البراشيم:

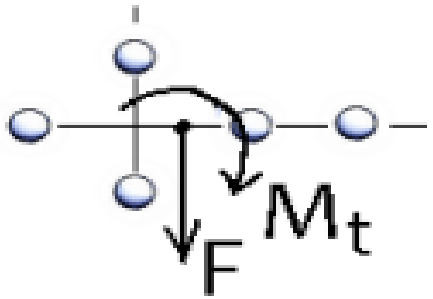


$$x_C = \frac{x_1 + x_2 + \ldots}{N.\ of\ \ Rivits} = \frac{-70 + 0 + 0 + 70 + 140}{5} = 28$$

$$y_C = 0$$

الحمولة:

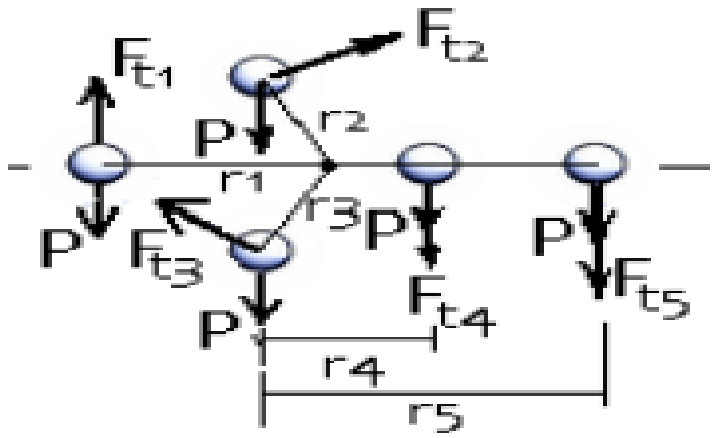




$$\left.\begin{aligned} F_1 &= 1000\ \text{kg} \\ F_2 &= 500\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow F = F_1 - F_2 = 500\ \text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= 1000(250-28) = 222000 \\ M_2 &= 500(250+28) = 139000 \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_t = M_1 + M_2 = 361000\text{kg.mm}$$

القوى على البراشيم:



البرشيم الخطر: هو 5 نحسب القوى عليه وهي قوى قص:

$$(Shear\ Force): \quad P = \frac{F}{Number\ of\ Rivits} = \frac{500}{5} = 100\ \text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_t &= F_{t1} \cdot r_1 + \ldots\ldots \\ \frac{F_{t1}}{r_1} &= \ldots\ldots \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_t = \frac{F_{t5}}{r_5}\left[r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2 + r_5^2\right]$$

أبعاد البراشيم عن مركز الثقل

$$\begin{cases} r_1 = 70 + 28 = 98\text{mm} \\ r_2 = r_3 = \sqrt{28^2 + 60^2} = 66.2\text{mm}, \quad r_2 = 20\text{mm} \\ r_4 = 70 - 28 = 42\text{mm} \\ r_5 = 140 - 28 = 112\text{mm} \end{cases}$$

$$361000 = \frac{F_{t5}}{112}\left[98^2 + 66.2^2 + 66.2^2 + 42^2 + 112^2\right]$$

$$(Shear\ Force): \quad F_{t5} = 1237\text{kg}$$

P, F_{t5} قوى قص نحصلها بقوّة قص واحدة على البرشام (5)

$$F_{tot5} = P + F_{t5} = 1337\text{kg}$$

تصميم البرشيم على القص:

$$\tau = \frac{4F_{tot5}}{\pi d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4 \times 1337}{\pi d^2} = 6 \Rightarrow d = 16.8\text{mm}$$

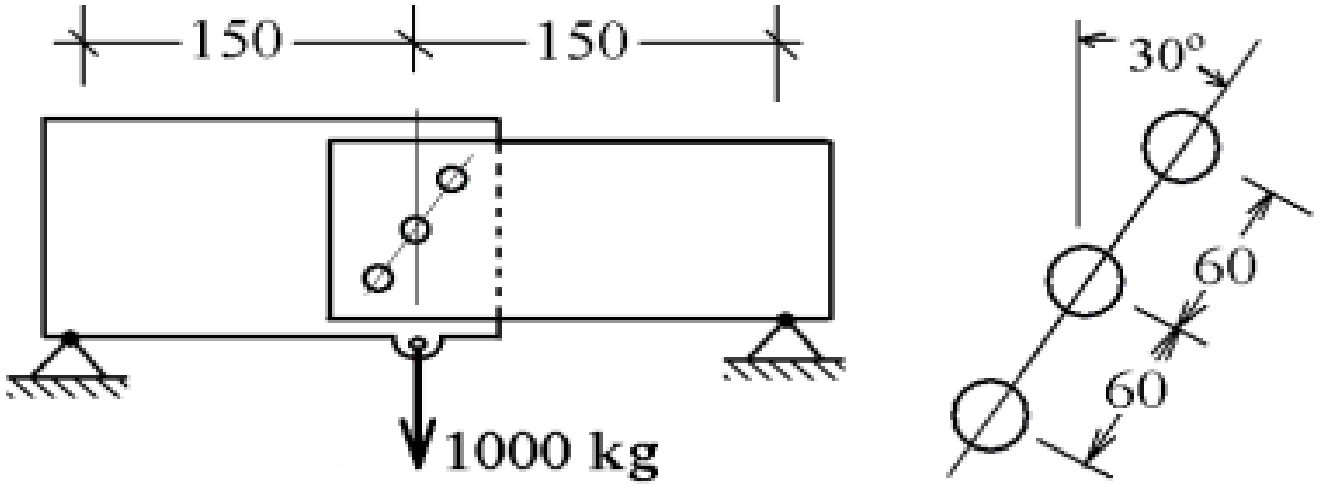
تصميم البرشيم على الهصر:

$$\sigma_c = \frac{F_{tot5}}{A_C} = \frac{F_{tot5}}{d \cdot S} = \sigma_{c_all} \Rightarrow \quad \frac{1337}{d \cdot 8} = 14 \Rightarrow d = 11.9\ \text{mm}$$

من الحسابين نختار القيمة الأكبر ونختار d=17mm

مسألة

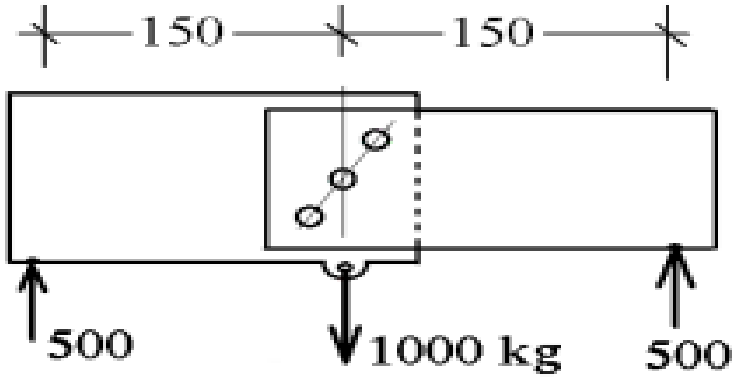
يتم تشكيل العارضة المبيّنة في الشكل باستعمال صفيحتين تثبّت مع بعضها باستخدام البراشيم، وتستعمل لحمل الوزن 1000kg والمطلوب حساب أقطار البراشيم (توضّع البراشيم مبين جانب الرسم)؟ لمادة البراشيم $\tau_{all} = 5\,daN/mm^2$.

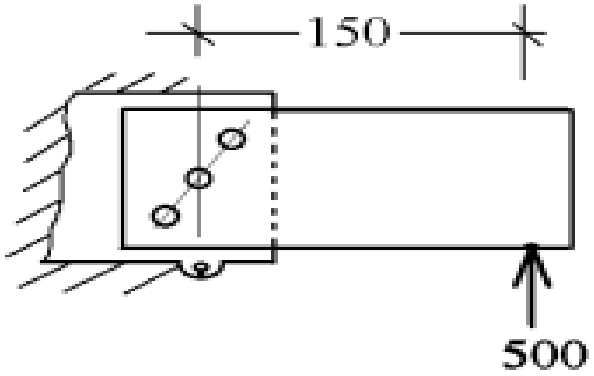


الحل

نحدد البرشيم الخطر وما عليه:

الحمولة: تخضع وصلة البراشيم للقوة المؤثرة من أحد طرفي الوصلة وإذا اعتبرنا الصفيحة على اليمين فهي تخضع لقوة رد الفعل من المسند ومن دراسة التوازن ينتج أن رد الفعل R=500kg. وتصبح المسألة بالشكل على اليمين:



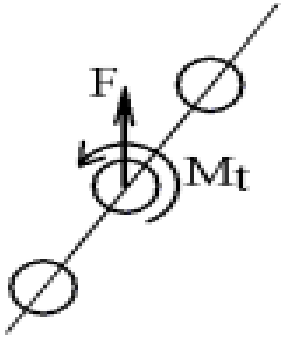


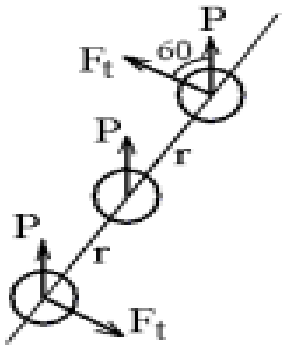
مركز ثقل البراشيم: ينطبق على البرشيم الوسطي.

الحمولة والقوى على البراشيم:

١. عزم الفتل لا يولد قوة قص على البرشيم في مركز الثقل.

٢. البراشيم متساوية البعد عن مركز الثقل عليها قوى متساوية من عزم الفتل.





البرشام الخطر هو الذي تكون عليه محصلة القوى أكبر وهو (1) لأنّ الزاوية بين شعاعي القوّة عليه حادّة والمحصّلة ستكون أكبر لذلك نحسب القوى المؤثّرة عليه:

$$(Shear\ Force):\quad P=\frac{F}{Number\ of\ Rivits}=\frac{500}{3}=167\,\mathrm{kg}$$

$$M_t=2F_t\cdot r\Rightarrow 500\times150=2\times F_t\times60\Rightarrow(Shear\ Force):F_t=625\,\mathrm{kg}$$

وتُحسب قوّة القص الكليّة على البرشام الخطر وفق:

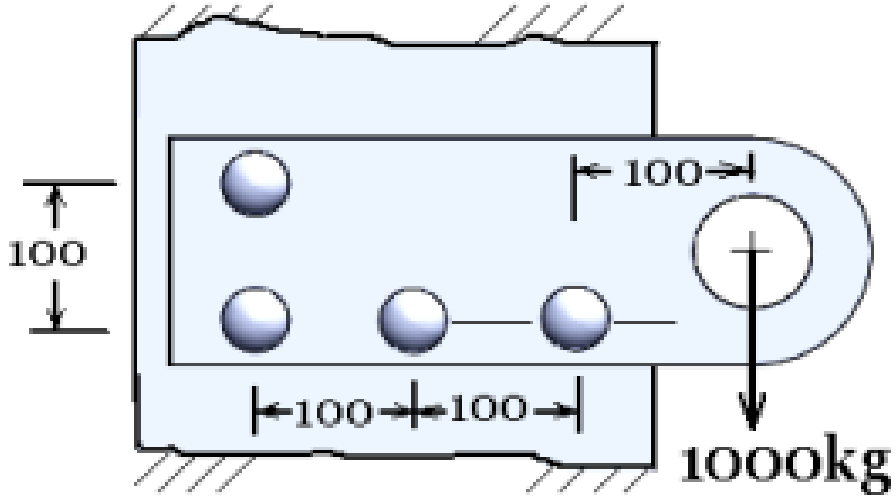
$$F_{tot} = \sqrt{167^2 + 625^2 + 2 \times 167 \times 625 \times \cos 60} = 723 \text{ kg}$$

– **التصميم**: القوّة الكلية تسبب القص للبرشام ويُصمم وفق:

$$\tau = \frac{4F_{tot}}{\pi d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4 \times 723}{\pi d^2} = 5 \Rightarrow d = 13.6mm \Rightarrow d = 14mm$$

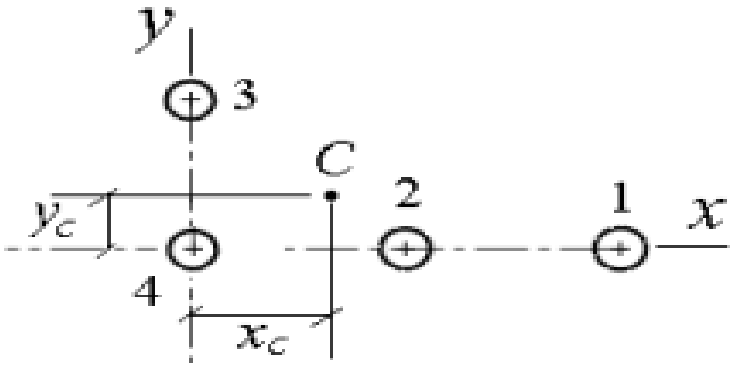
مسألة

احسب أقطار البراشيم اللازمة في الوصلة المبينة؟ $\tau_{all} = 800 \text{kg/cm}^2$



الحل

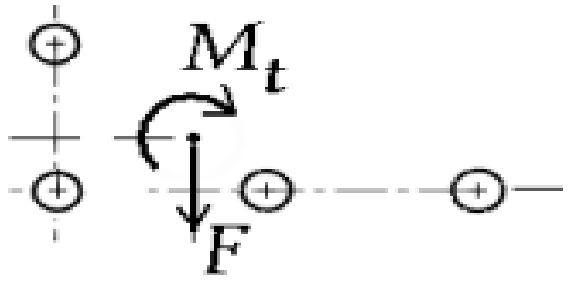
مركز ثقل البراشيم.



$$x_C = \frac{x_1 + x_2 + \ldots}{N.\ of\ \ Rivits} = \frac{200 + 100 + 0 + 0}{4} = 75\text{mm}$$

$$y_C = \frac{y_1 + y_2 + \ldots}{N.\ of\ \ Rivits} = \frac{0 + 0 + 100 + 0}{4} = 25\text{mm}$$

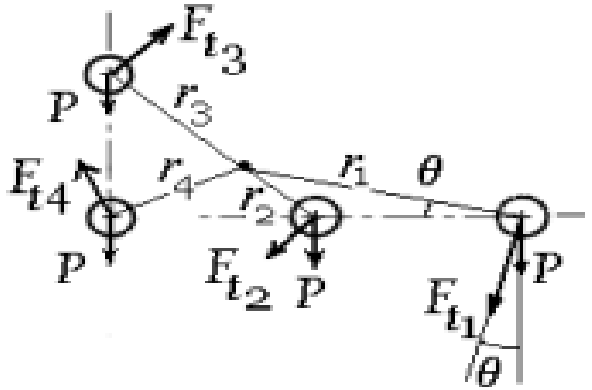
الحمولة:



$$F = 1000\ \text{kg}$$

$$M_t = 1000(300 - 75) = 225000\text{kg} \cdot \text{mm}$$

القوى على البراشيم والبرشيم الخطر:



حسب توضع الأشعة يكون البرشام الخطر هو (1) (زاوية حادة بين الشعاعين وبعيد عن مركز الثقل فتكون F_t عليه كبيرة) نحسب القوى عليه:

قوة قص $$P=\frac{F}{Number\,of\ Rivits}=\frac{1000}{4}=250\ \text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_t &= F_{t1}\cdot r_1+F_{t2}\cdot r_2+F_{t3}\cdot r_3+F_{t4}\cdot r_4 \\ \frac{F_{t1}}{r_1} &\equiv \frac{F_{t2}}{r_2}\equiv\frac{F_{t3}}{r_3}\equiv\frac{F_{t4}}{r_4} \end{aligned}\right\}\Rightarrow M_t=\frac{F_{t1}}{r_1}\left[r_1^2+r_2^2+r_3^2+r_4^2\right]$$

$$r_1=\sqrt{25^2+(200-75)^2}=127.5\text{mm} \qquad r_2=\sqrt{25^2+(100-75)^2}=35.4\text{mm}$$

$$r_3=\sqrt{25^2+75^2}=79\text{mm} \qquad r_4=\sqrt{(100-25)^2+75^2}=75.5\text{mm}$$

$$225000=\frac{F_{t1}}{127.5}\left[127.5^2+35.4^2+79^2+75.5^2\right]$$

قوّة القص الكليّة على البرشام (1)

$$F_{tot1} = \sqrt{P^2 + F_{t1}^{\ 2} + 2\,P\,F_{t1}\cos(\theta)} \quad ; \quad \theta = \tan^{-1}\frac{25}{200-75} = 11.3^{\circ}$$

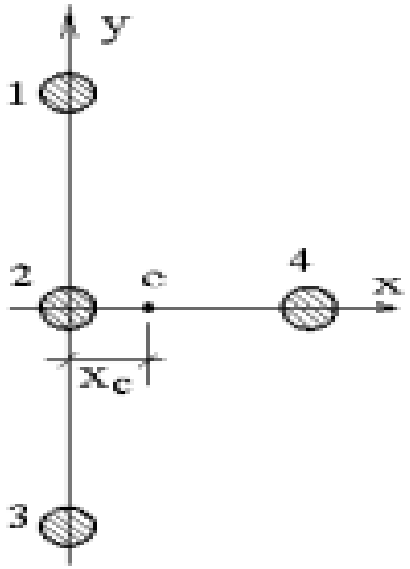
$$F_{tot1} = \sqrt{250^2 + 974^2 + 2\times 250\times 974\times\cos(11.3)} = 1220\,\text{daN}$$

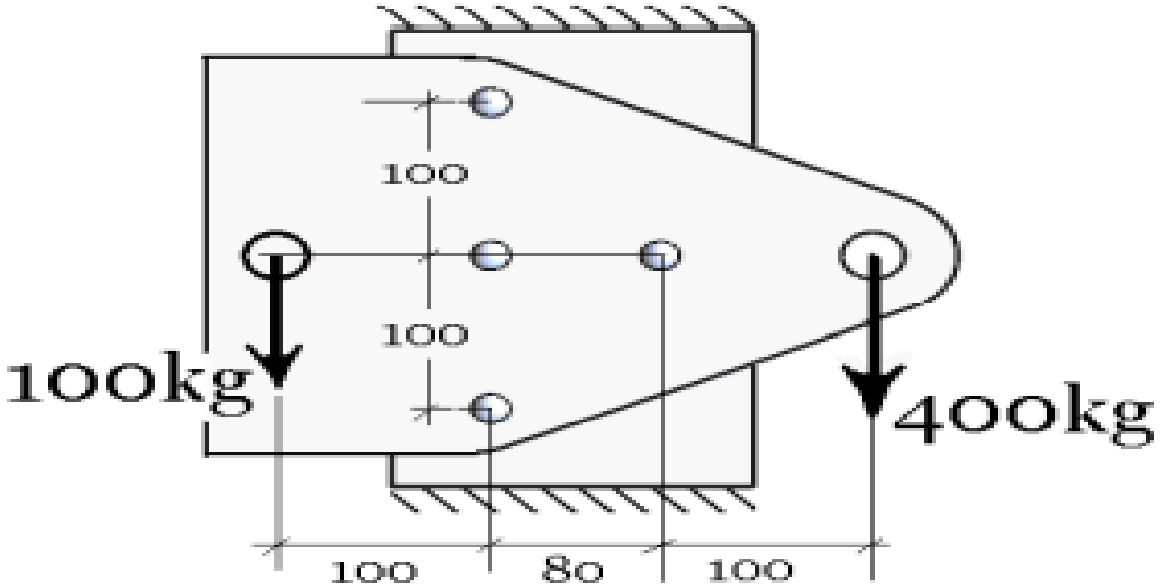
– حساب قطر ساق البرشام: على مقاومة القص

$$\tau = \frac{4\cdot F_{tot1}}{\pi\, d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4\times 1220}{\pi\, d^2} = 8 \Rightarrow d = 13.9\,\text{mm} \Rightarrow d = 14\,\text{mm}$$

مسألة

احسب أقطار البراشيم اللازمة للوصلة في الشكل $\tau_{all} = 6\,\text{daN/mm}^2$



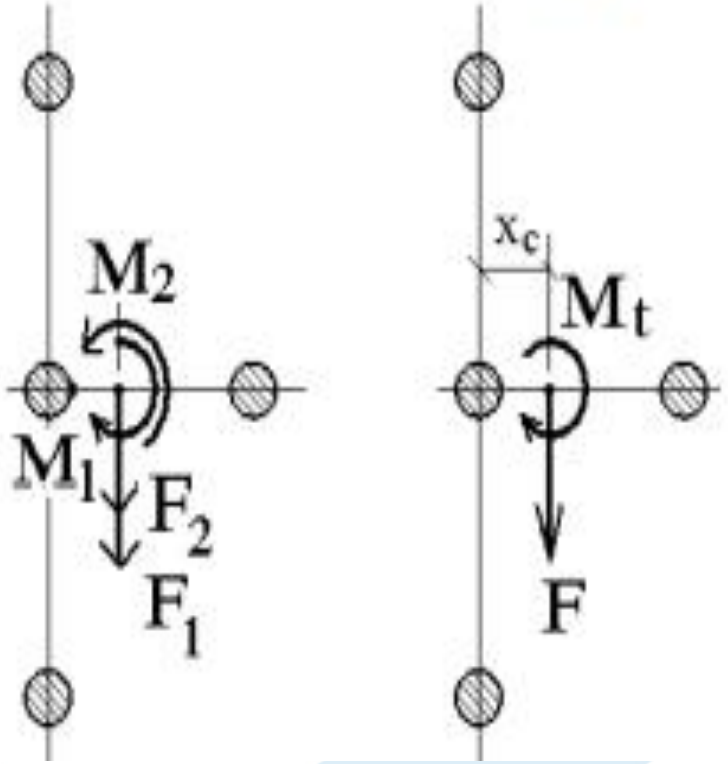


الحل نحدد البرشيم الخطر وما عليه وفق الخطوات التالية:

مركز ثقل البراشيم: حكما يقع على خط التناظر

$$x_c = \frac{x_1 + x_2 + \ldots}{N.\,of\ Rivits} = \frac{0+0+0+80}{4} = 20\text{mm} \qquad y_c = 0$$

الحمولة:

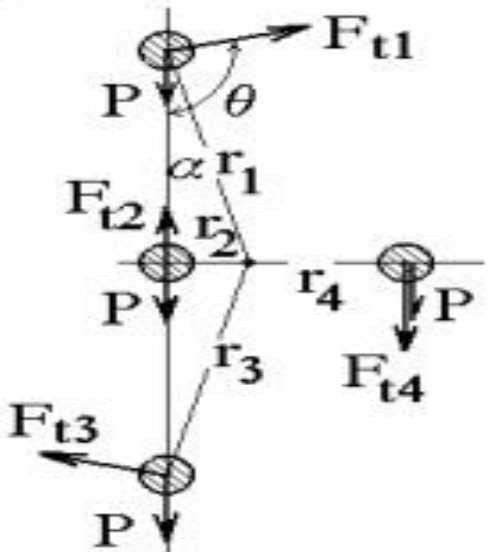


$$\left.\begin{aligned} F_1 &= 400\text{kg} \\ F_2 &= 100\text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow F = F_1 + F_2 = 500\text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= 400(160) \\ M_2 &= 100(120) \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_t = M_1 - M_2 = 52000\text{kg}\cdot\text{mm}$$

القوى على البراشيم:

البرشيم الخطر هو أحد البرشامين (1) أو (4)



(1) (بعيد عن مركز الثقل وبالتالي عليه قوّة القص من الفتل أكبر ولكن زاوية منفرجة مع P)

(4) (أقرب إلى مركز الثقل وبالتالي عليه قوّة القص من الفتل أصغر ولكن شعاعي القوّة عليه بنفس الجهة)

لتحديد الخطر منهما نحسب المحصّلة على كل منهما.

القوى على البرشام (1) :

$$\text{قوة قص } P = \frac{F}{Number\ of\ Rivits} = \frac{500}{4} = 125\,\text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_t &= F_{t1}\cdot r_1 + F_{t2}\cdot r_2 + F_{t3}\cdot r_3 + F_{t4}\cdot r_4 \\ \frac{F_{t1}}{r_1} &= \frac{F_{t2}}{r_2} = \frac{F_{t3}}{r_3} = \frac{F_{t4}}{r_4} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_t = \frac{F_{t1}}{r_1}\left[r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2\right]$$

$$r_1 = \sqrt{20^2 + 100^2} = 102\text{mm}, \quad r_2 = 20\text{mm}, \quad r_3 = r_1 = 102\text{mm}, \quad r_4 = 80 - 20 = 60\text{mm}$$

$$52000 = \frac{F_{t1}}{102}\left[102^2 + 20^2 + 102^2 + 60^2\right]$$

$$\text{قوة قص } F_{t1} = 214\text{kg}$$

قوّة القص الكليّة على البرشام (1)

$$F_{tot1} = \sqrt{P^2 + F_{t1}^{\ 2} + 2\,P\,F_{t1}\cos(\theta)} \quad ; \quad \theta = 90 + \tan^{-1}\frac{20}{100} = 101.3^{\circ}$$

$$F_{tot1} = \sqrt{125^2 + 214^2 + 2\times 125\times 214\times Cos(101.3)} = 226\,kg$$

القوى على البرشام (4) :

قوة قص $P = 125\text{daN}$

$$\frac{F_{t1}}{r_1} = \frac{F_{t4}}{r_4} \Rightarrow \frac{214}{102} = \frac{F_{t4}}{60}$$

قوة قص $F_{t4} = 126\text{daN}$

قوّة القص الكليّة على البرشام (4): $F_{tot4} = P + F_{t4} = 125 + 126 = 251\,kg$

ويكون البرشام (4) هو الأخطر.

– حساب قطر ساق البرشام: عل مقاومة القص

$$\tau = \frac{4\cdot F_{tot4}}{\pi\, d^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4\times 251}{\pi\, d^2} = 6 \Rightarrow d = 7.3\text{mm} \Rightarrow d = 8\,\text{mm}$$

المراجع

AARON.D(Machine Design theory and practice) Macmillan publishing CO New- York

M.F SPOTTS (Design of Machine Elements) prentice Hall India Pvt Limeted

Winkler,J.:Festkoerperbeanspruchung.Fachbuchverlag Leipzig1985

Scheuermann,G.: Verbindungselemente Fachbuchverlag Leipzig1966

Rothbart.H.A.:Mechanical Design and Systems.Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY New York 1964

Moisseif,L.S.,E.F. Hartmannand R.L. Moor: Riveted and Pin-connected Joints of Steel and Aluminum Alloys>ASCE vol.109 1944.

Laughner,V.H.,and A.D.Hargan:Handbook of Fastening and Joining Metal Parts>McGraw-Hill Book Company,Inc.,new York 1956.

المراجع

- Laughner,V.H.,and A.D.Hargan:Handbook of Fastening and Joining Metal Parts>McGraw-Hill Book Company,Inc.,new York 1956.
- Belyaev, N. M: Strength of Materials,., Moscow1979.
- Shigley, J. E., Theory of Machines McGraw-Hill Book Company, 1990.
- G James H. Earle Graphics for Engineers, , 5 th ed., Prentice-Hall, UK, 1998
- ديناميك الالات الدكتور محمد نجيب عبد الواحد منشورات جامعة حلب ١٩٩٠٩
- تصميم الالات (1) الدكتورعلاء سيد باكير والمشرف على الأعمال محمد البكار جامعة حلب ٢٠١١
- د.زهير طحان تصميم الالات منشورات جامعة حلب
- دوبروفسكي و اخرون تصميم أجزاء الماكينات دار مير للنشر و الطباعة ١٩٧٩
- ستوبين مقاومة المواد دار مير للنشر والطباعة ١٩٨٧
- تصميم الالات الدكتور نوفل الأحمد منشورات جامعة تشرين ١٩٩٩
- تصميم الالات (١) الدكتور مفيد موقع منشورات جامعة حلب ١٩٩٧