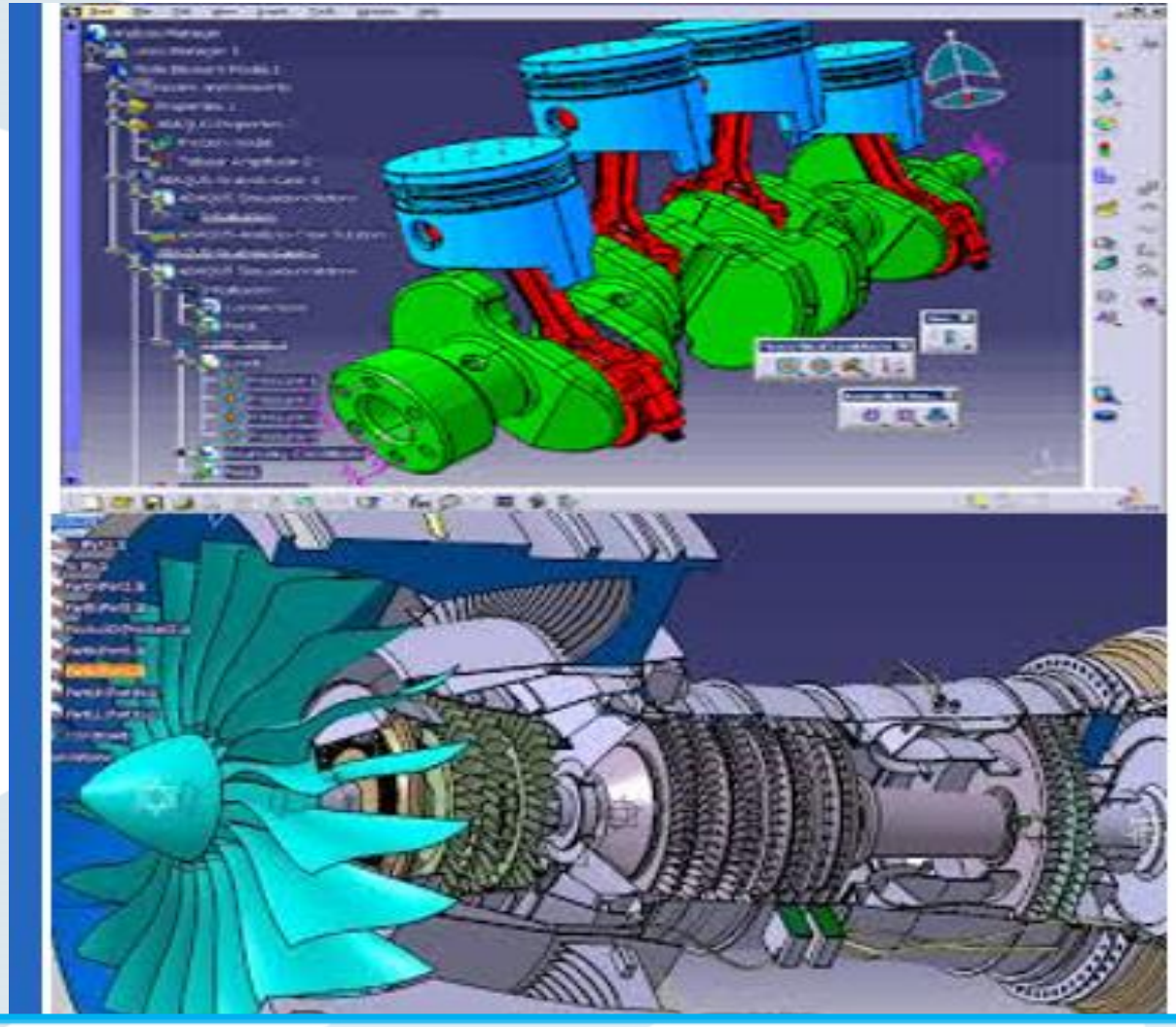
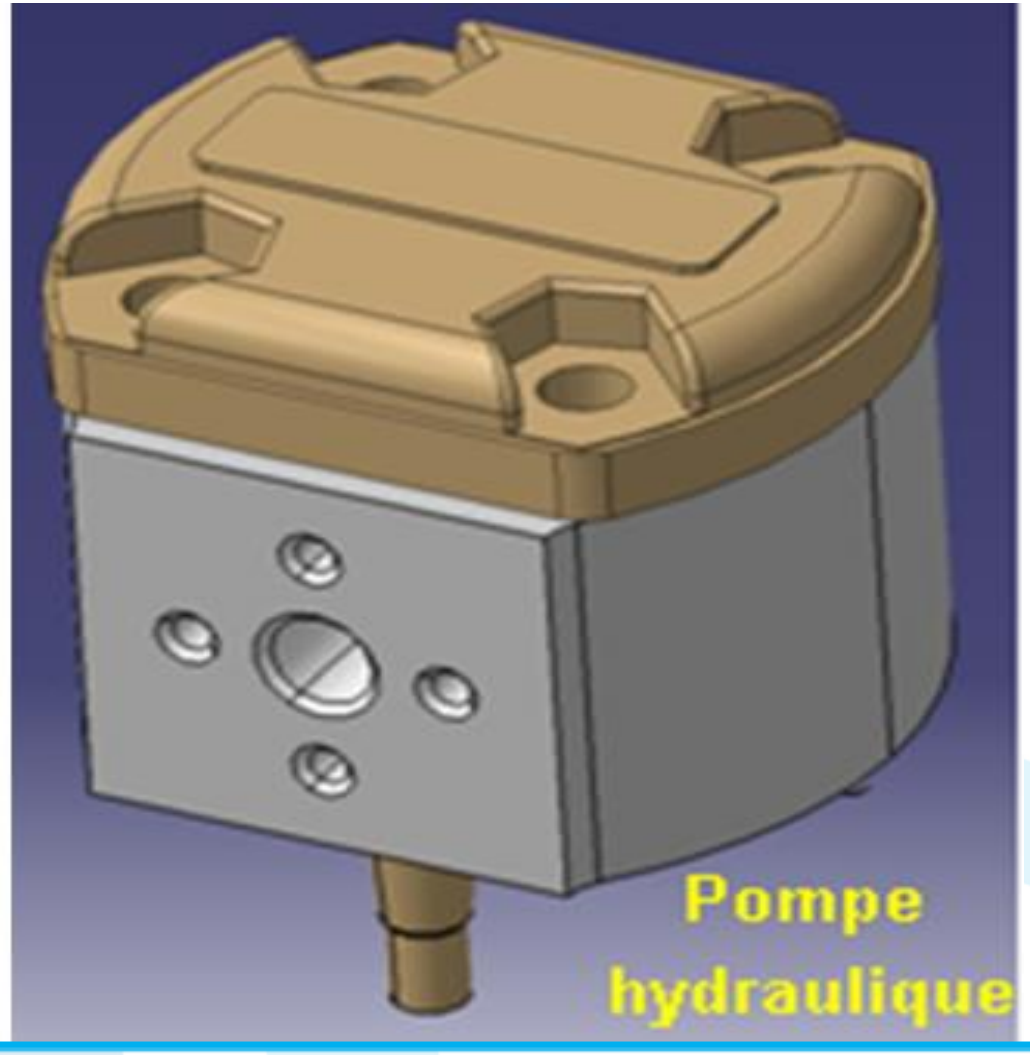
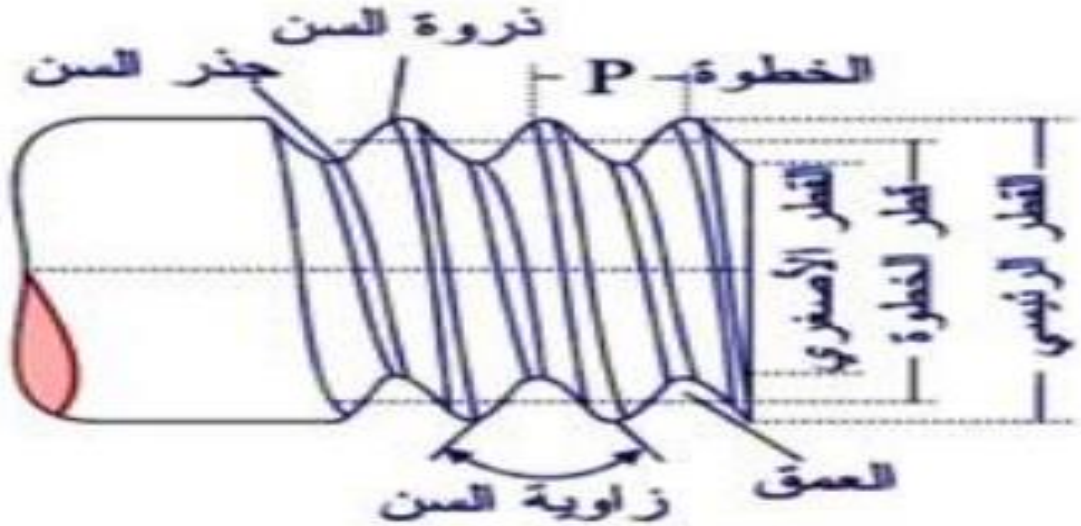


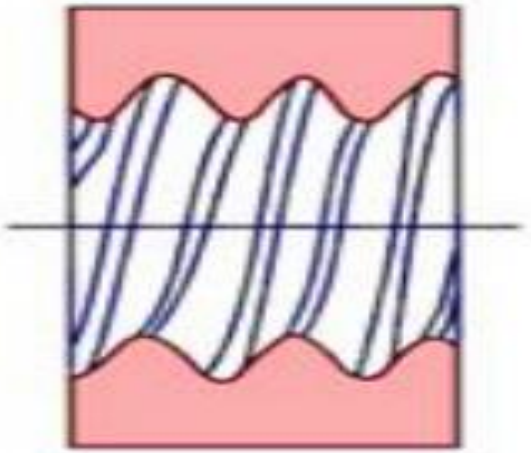

Pompe
hydraulique

تصميم الوصلات اللولبية

١- اللوالب : قطع معدنية تستخدم لتبيت الاجزاء الهندسية القابلة للفك والتركيب

مواصفات اللولب:





1- السن THREAD

مجرى حلزوني مقطوع من السن الداخلي او الخارجي لجزء اسطواني او مخروطي

2- القطر الكبير Major Dia

اكبر قطر لاسنان اللولب ويساوي ضعف المسافة بين ذروة المسنن والمحور

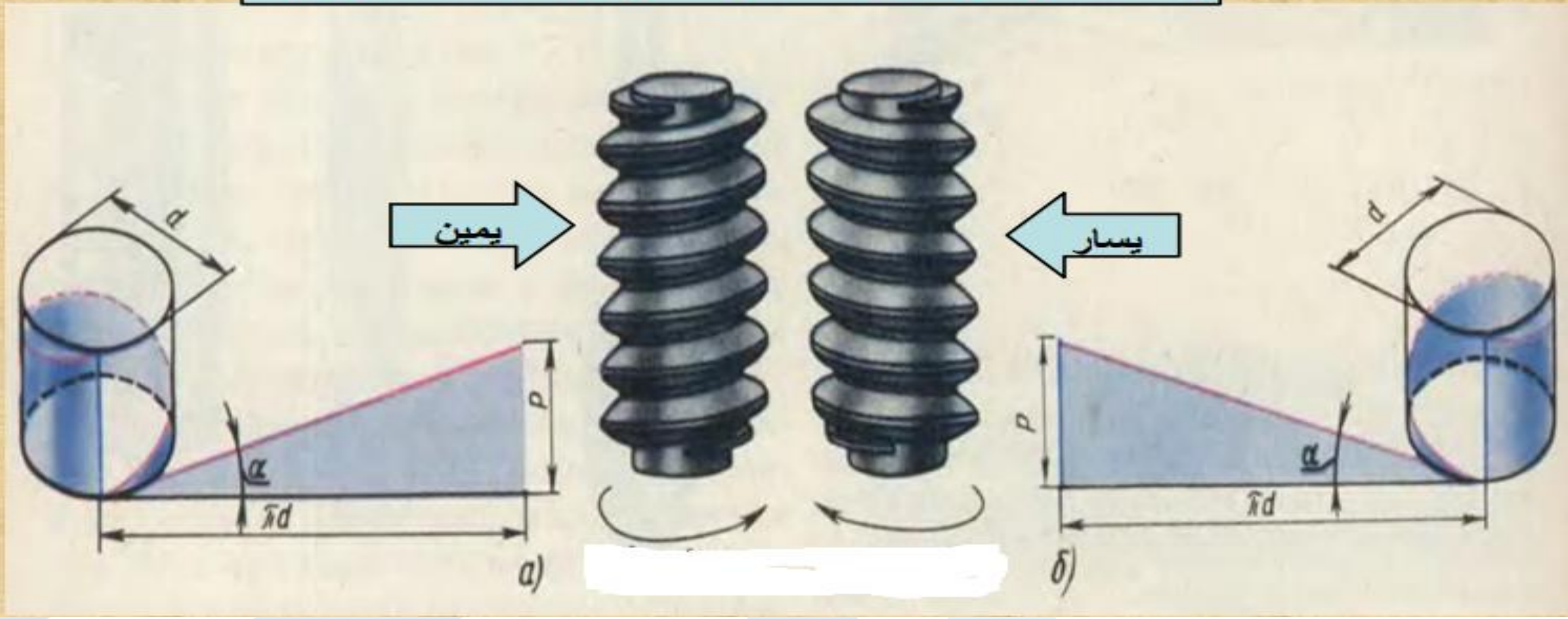
3- القطر الصغير Minor Dia

اصغر قطر للسن ويساوي ضعف المسافة بين قاع السن والمحور

اشكال اسنان اللولب:

حسب اتجاه السن (يمين- يسار)

(عند النظر من الجهة السفلى له في الوضعية العمودية)

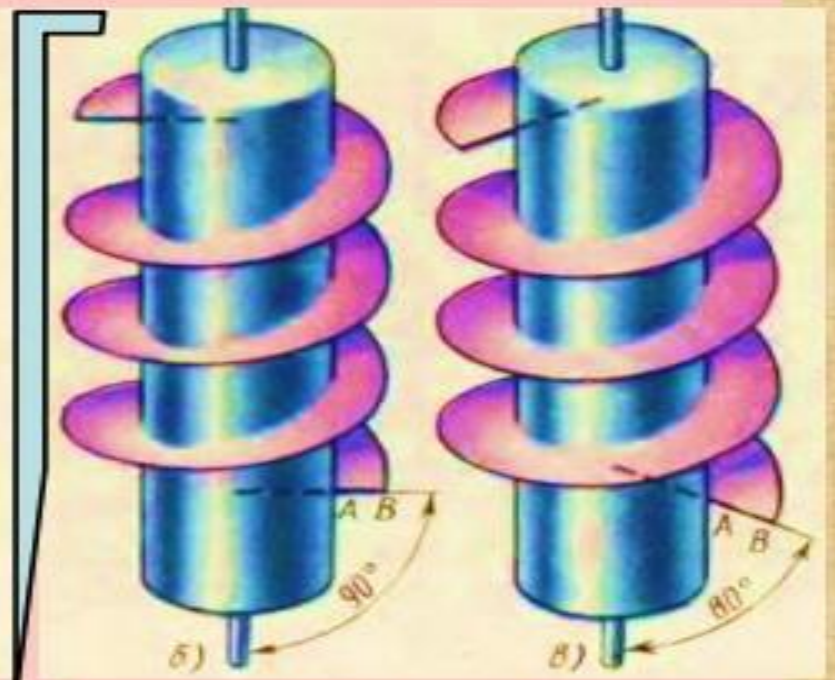


- حسب عدد المداخل

احادي

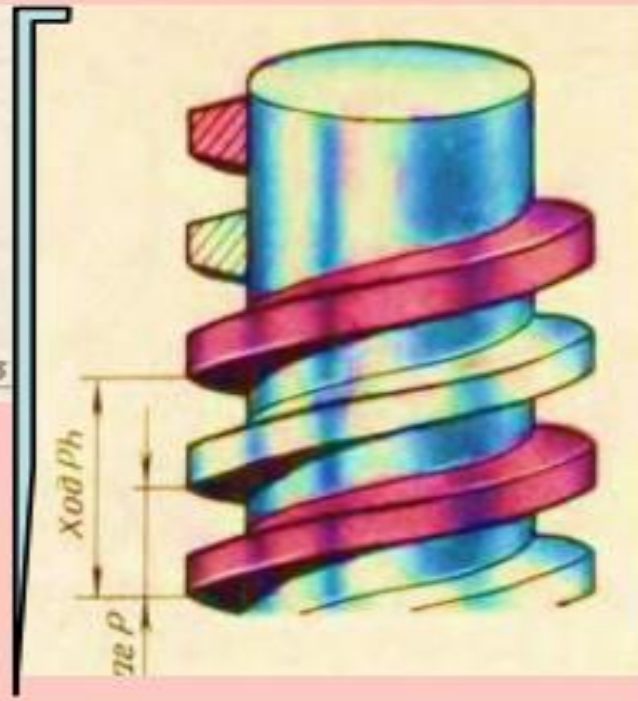
- ثنائي -

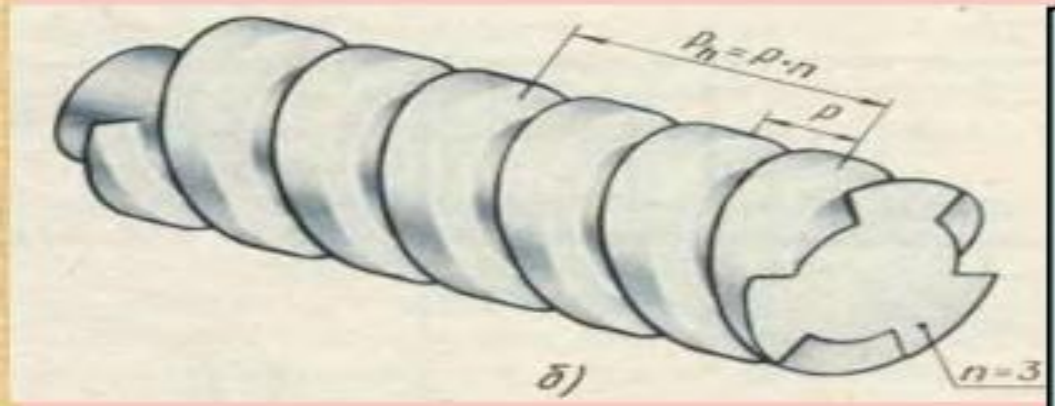
ثلاثي –



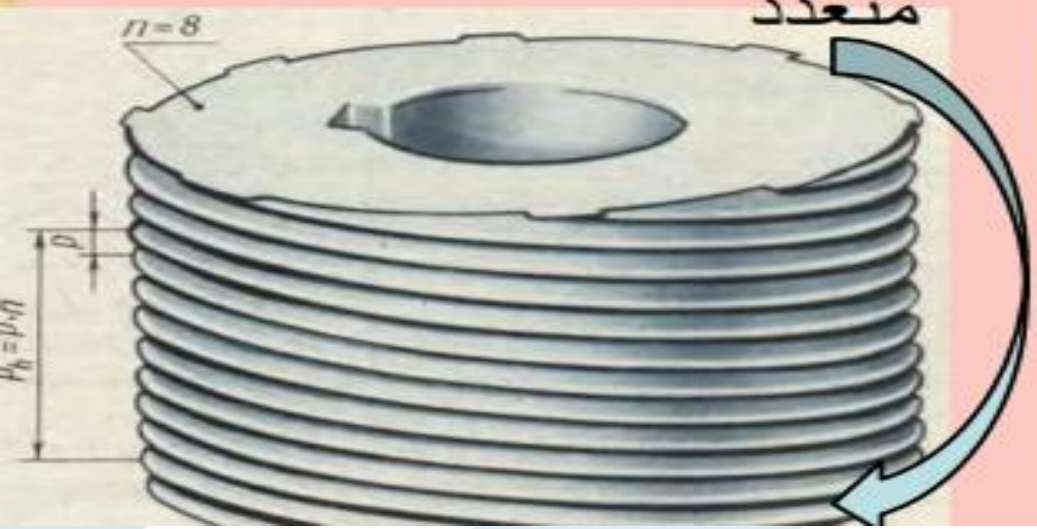
مائل عن المحور

عمود على المحور



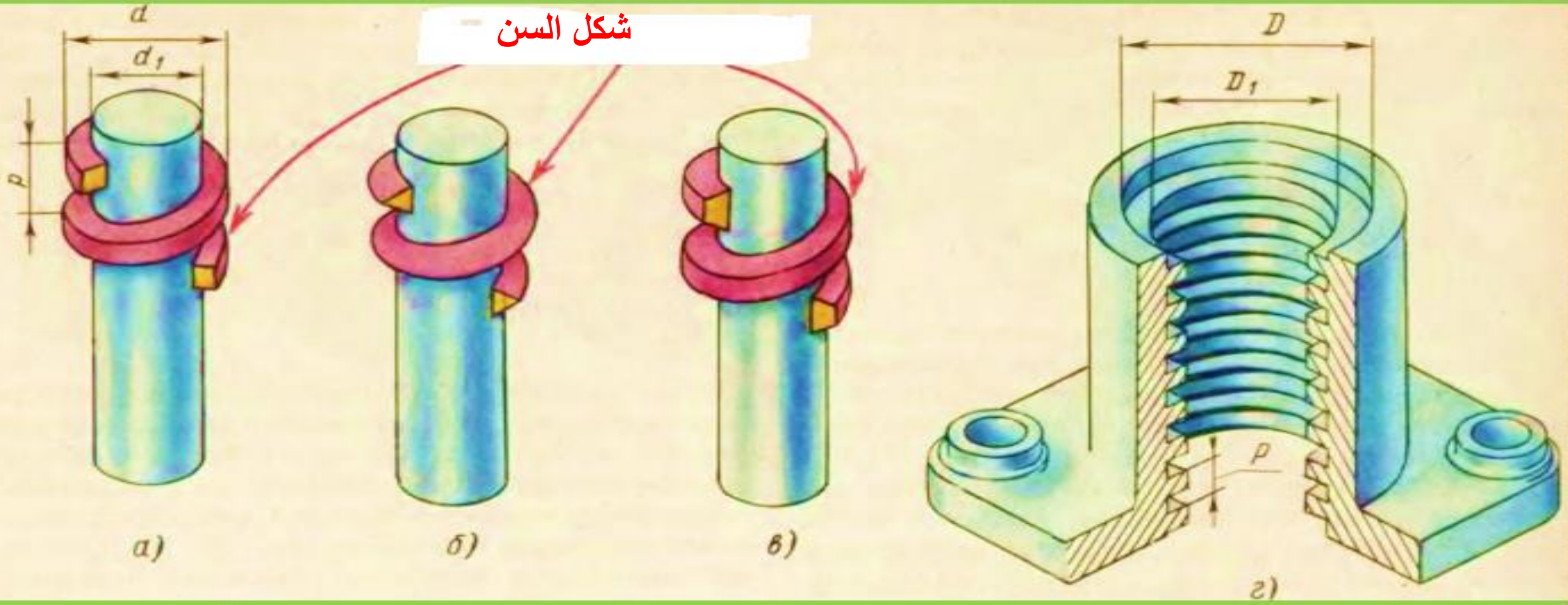


متعدد



حسب شكل السن :

قلووظ* موشوري مثلثي مربعي



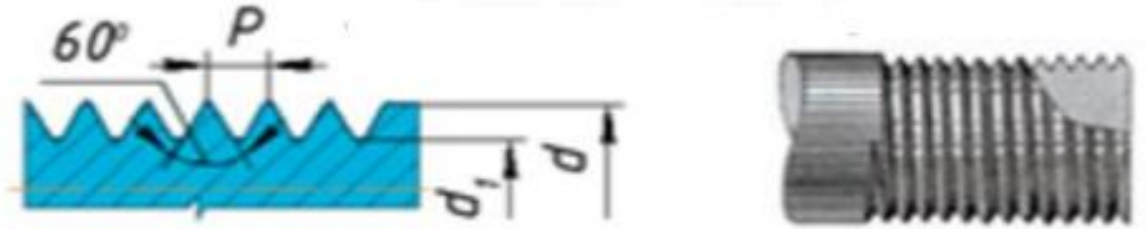
* الحيز الذي يدخل فيه اللولب في المجرى الاسطواني يسمى لولب داخلي « قلووظ »

انواع الاسنان

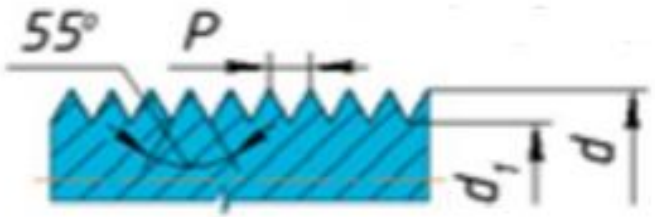
- المتري M: مثلث متساوي الساقين زاوية الرأس ٦٠

مثال: M12 سن قطره ١٢وخطوته ١مم

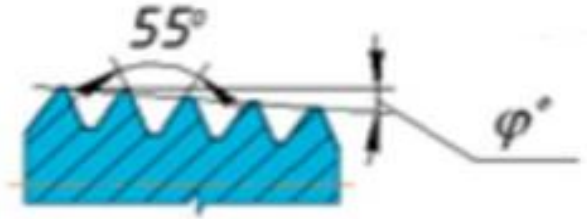
M12X2 سن اللولب قطره ١٢ وخطوته ٢مم



- سن الانابيب الاسطوانية R: مثلث متساوي الساقين زاوية الرأس ٥٥ ، رأس السن وقاعه مدوران يقاس بالبوصة

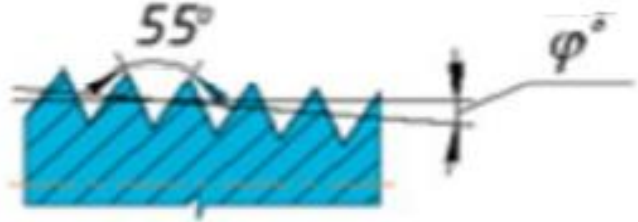


- سن الانابيب المخروطية مقطع السن مثلث متساوي بزاوية ٥٥ ولكنه يميل بزاوية افقية φ يقاس بال mm

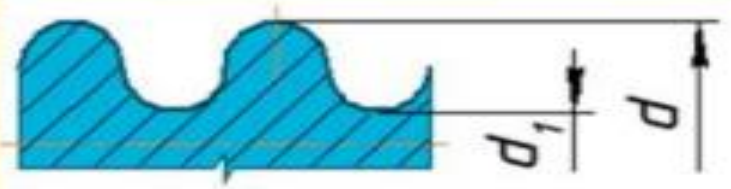


- سن الانابيب المخروطية (الانكليزي)

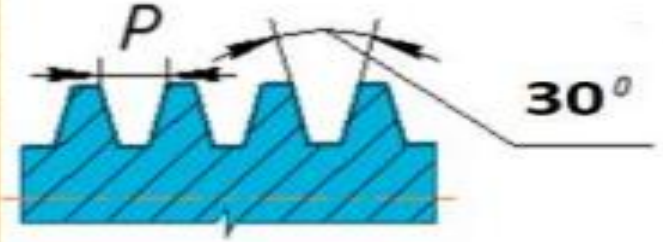
مقاسه بالانشinch



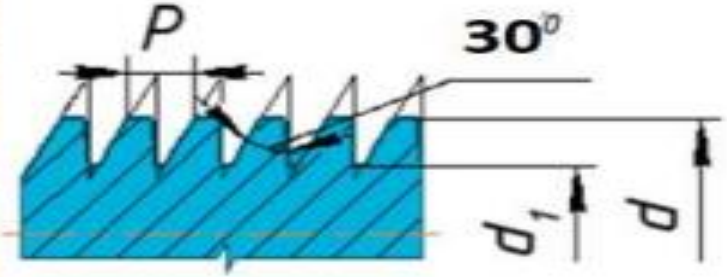
- السن المدور: رأسه وقاعه مدوران



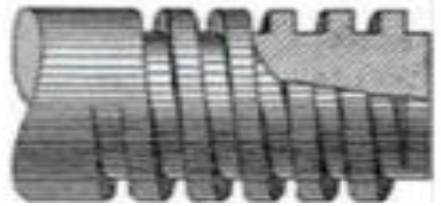
- الانكليزي (ويتورث) W رأسه مدور او مشطوف على مسافة ١/٦ من الارتفاع
W 20X2 (قطره ٢٠ وخطوته ٢)



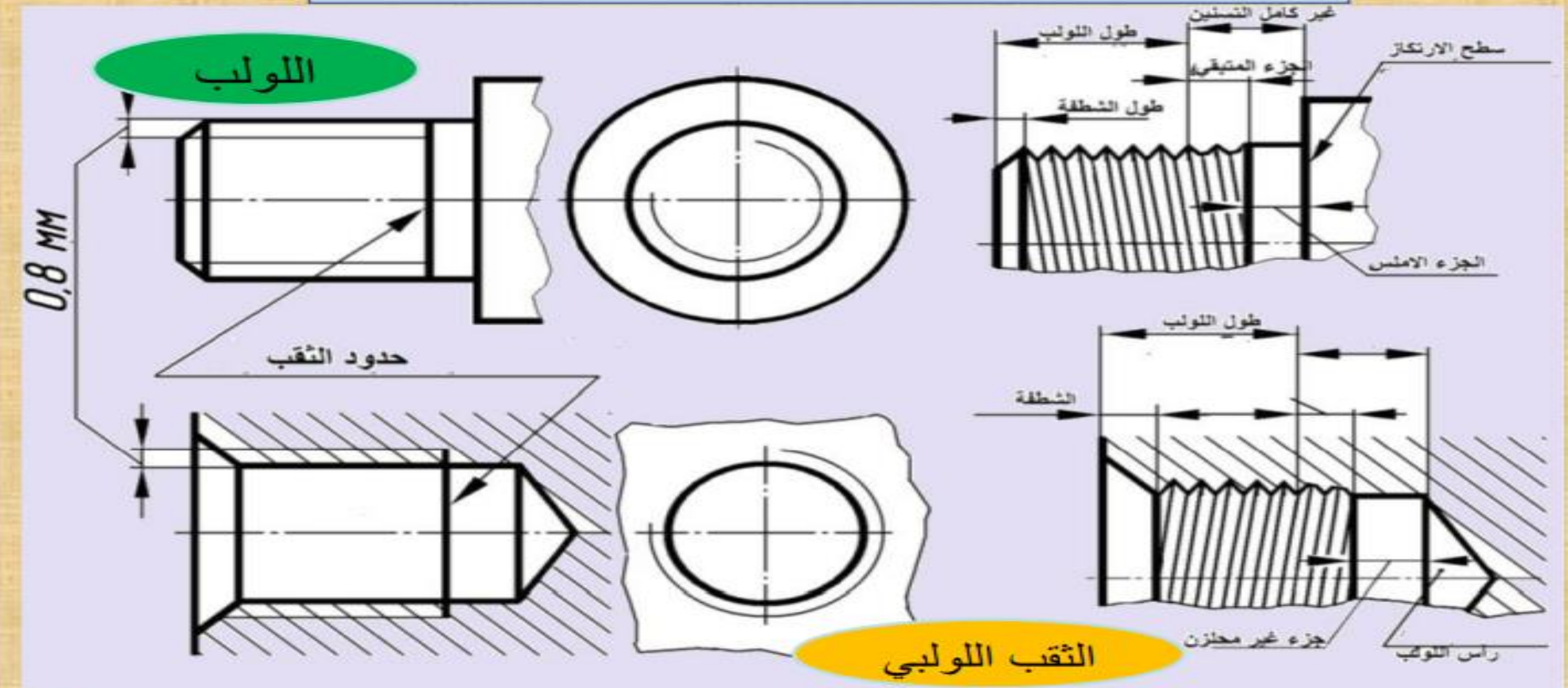
- السن المنشاري S: شكله شبه منحرف يستخدم في ملازم التثبيت
S70X10



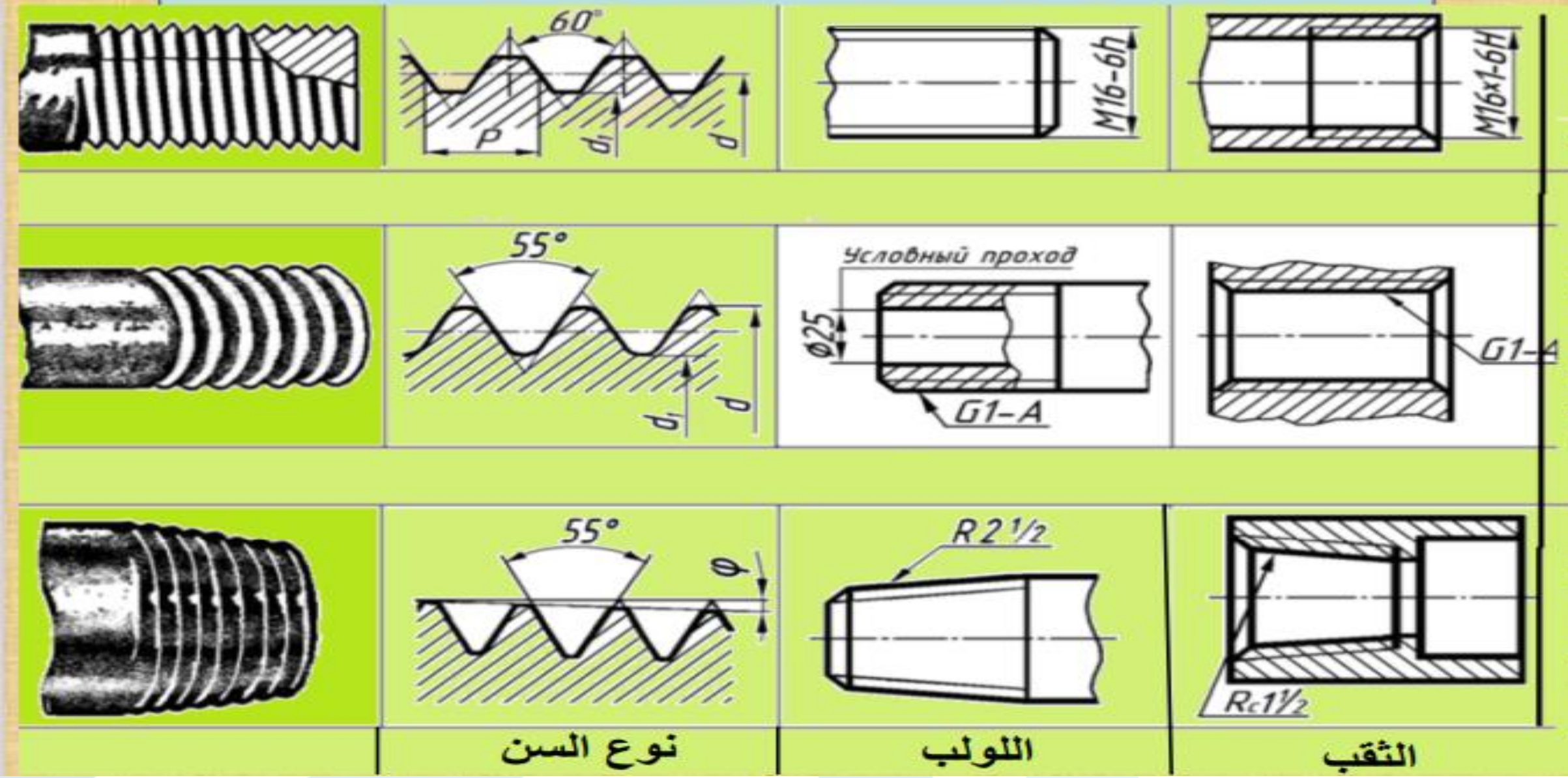
- السن المربع Sq: مقطعه مربع يساوي نصف الخطوة
Sq 40x4

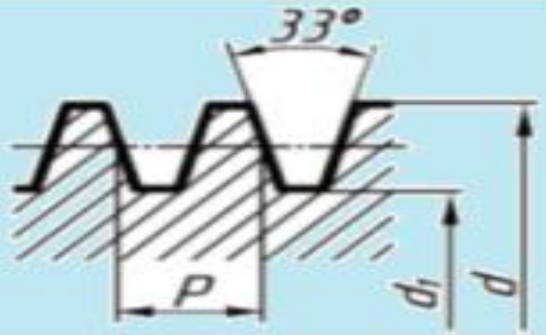
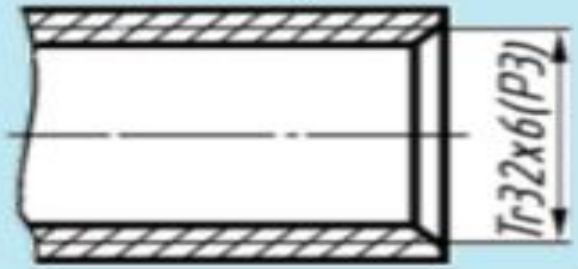
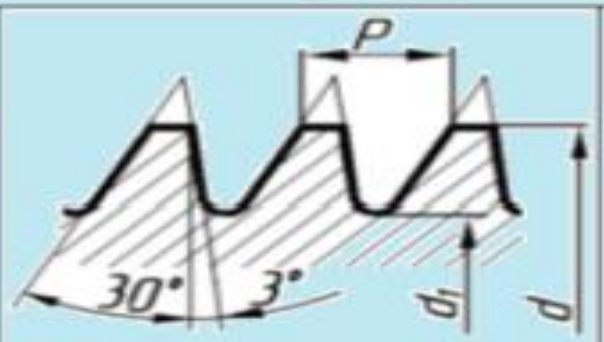
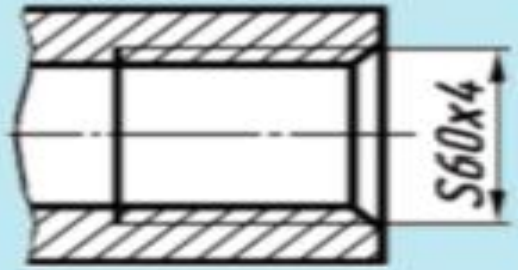
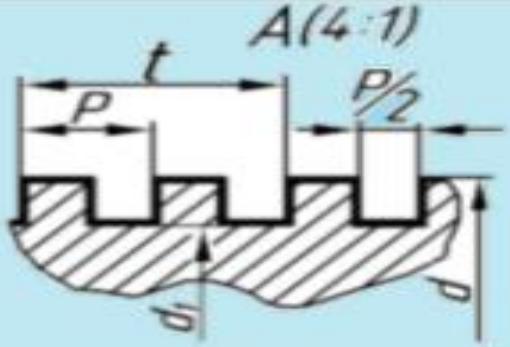
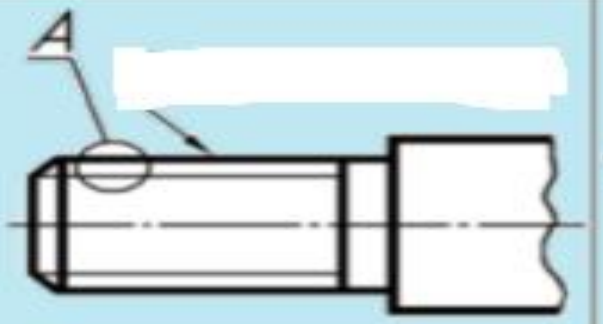
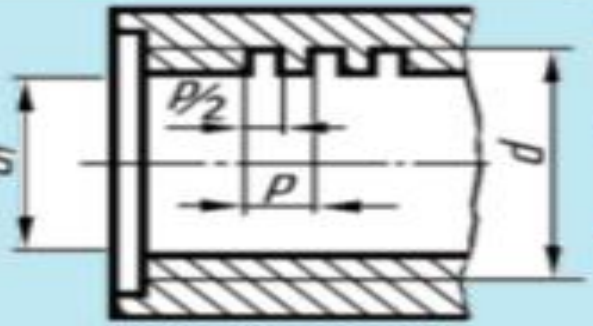


تمثيل اللوالب والثقوب اللولبية



تمثيل اللوالب والثقوب اللولبية لانواع الاسنان

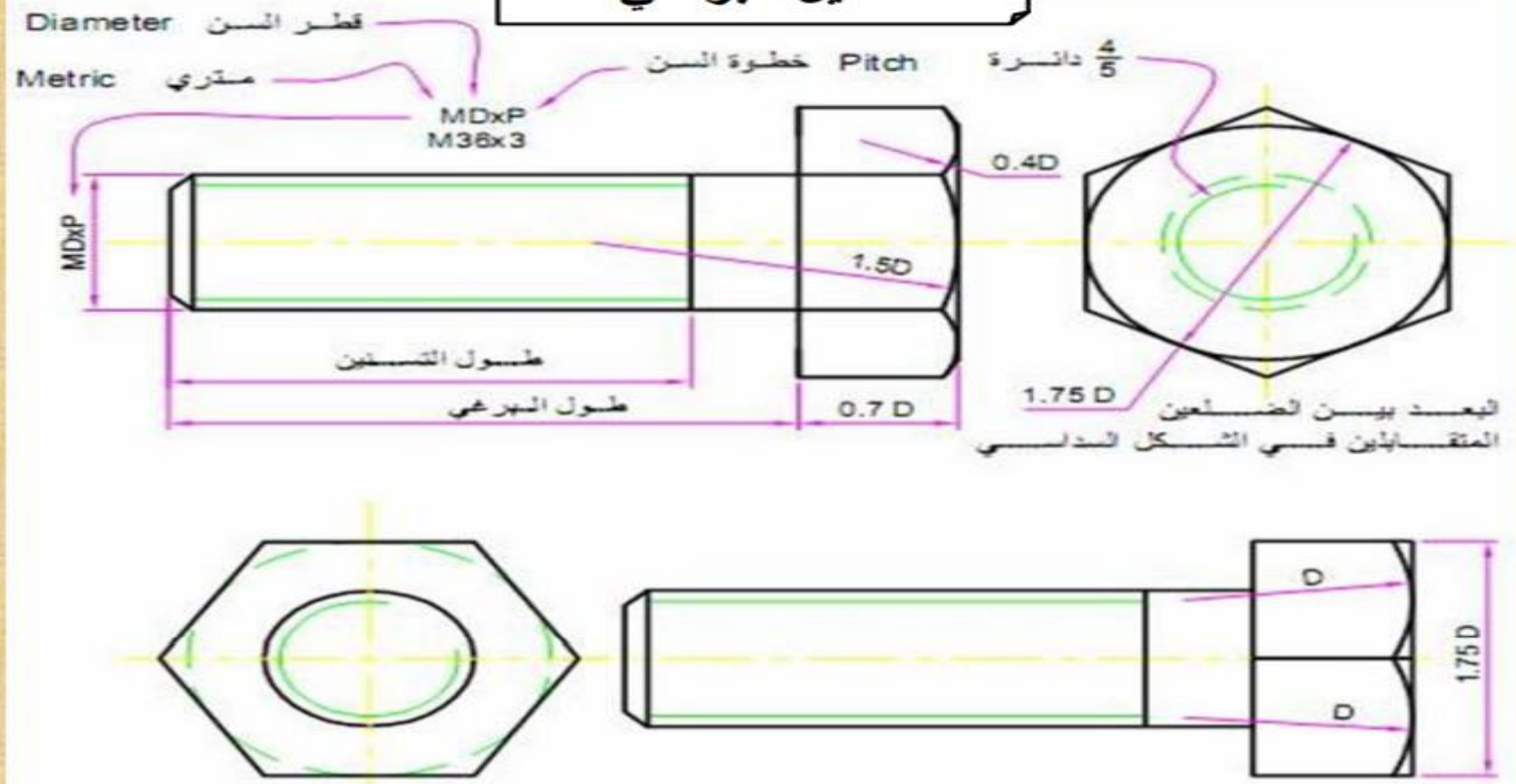


		اللولب	الثقب	
				السن الانكليزية
				السن المنشارية
				السن المربعة

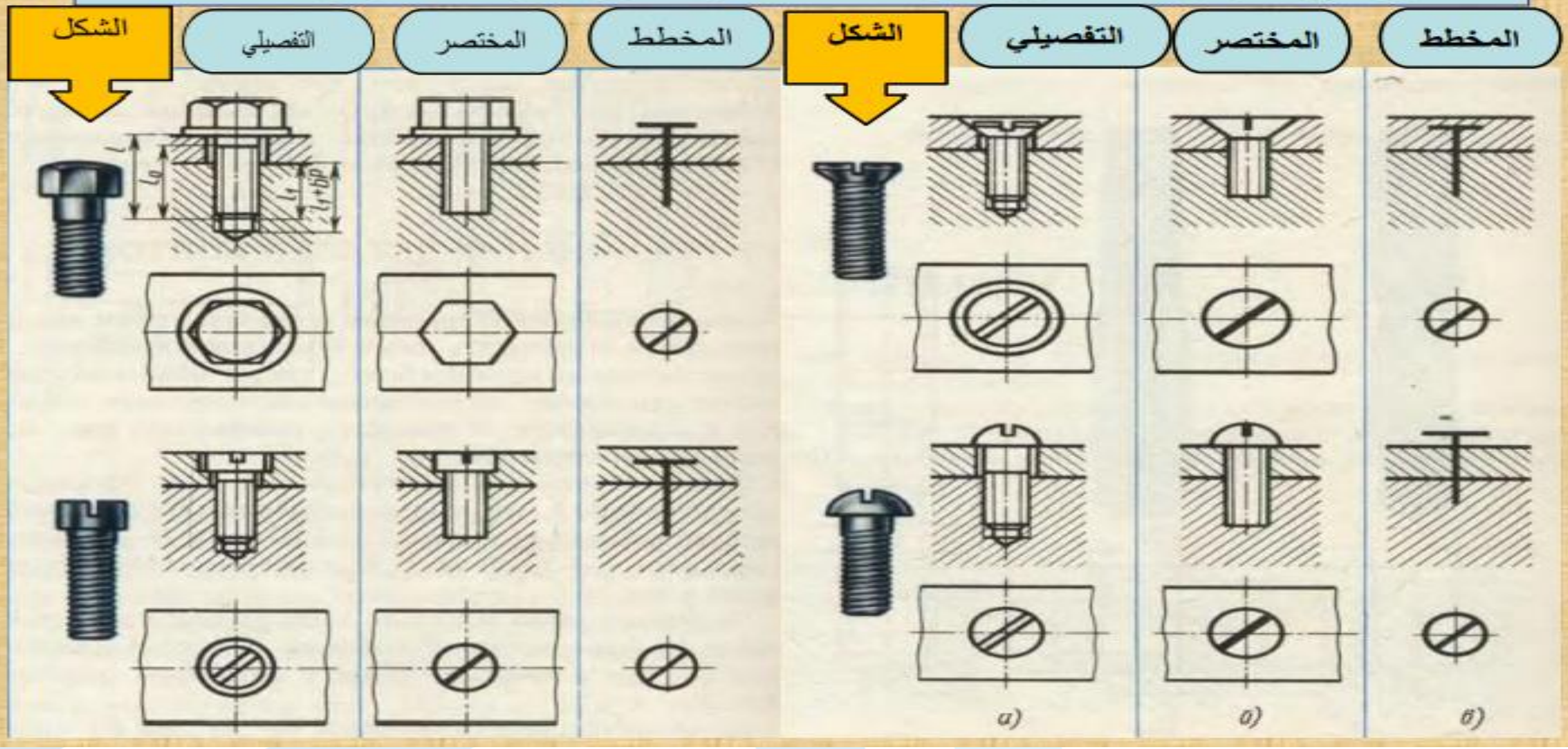
البراغي

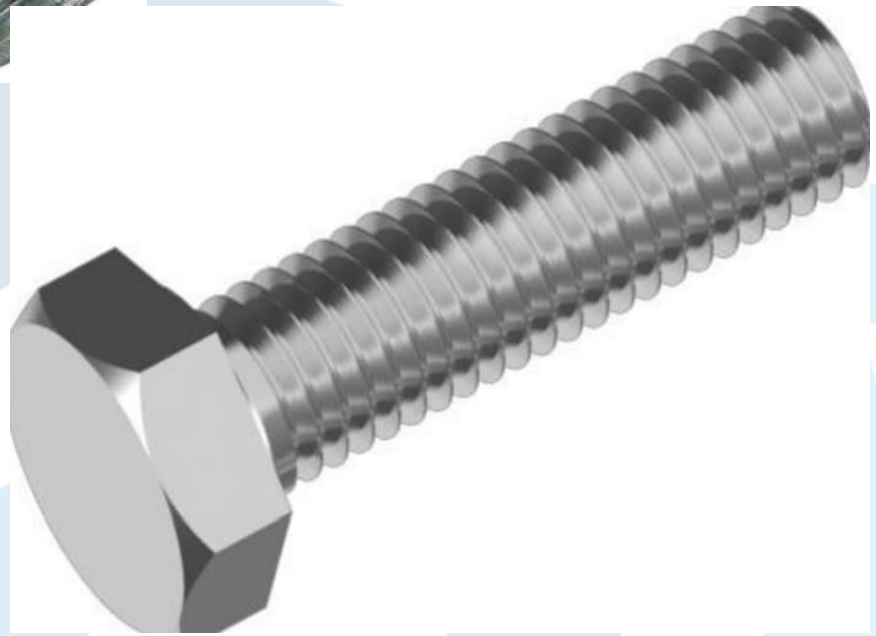
تستخدم لتثبيت القطع الميكانيكية مع بعضها البعض ذات رأس مضلع سداسي او رباعي تشطف من الاعلى بزاوية ٣٠ للسداسي و٢٥ للرباعي لازالة الزوايا الحادة مشكلة دائرة الشطف (قطرها البعد بين ضلعين متوازيين)

تمثيل البراغي



٢. البراغي اللولبية ذات الرؤوس المسطحة أو الكروية أو الأسطوانية

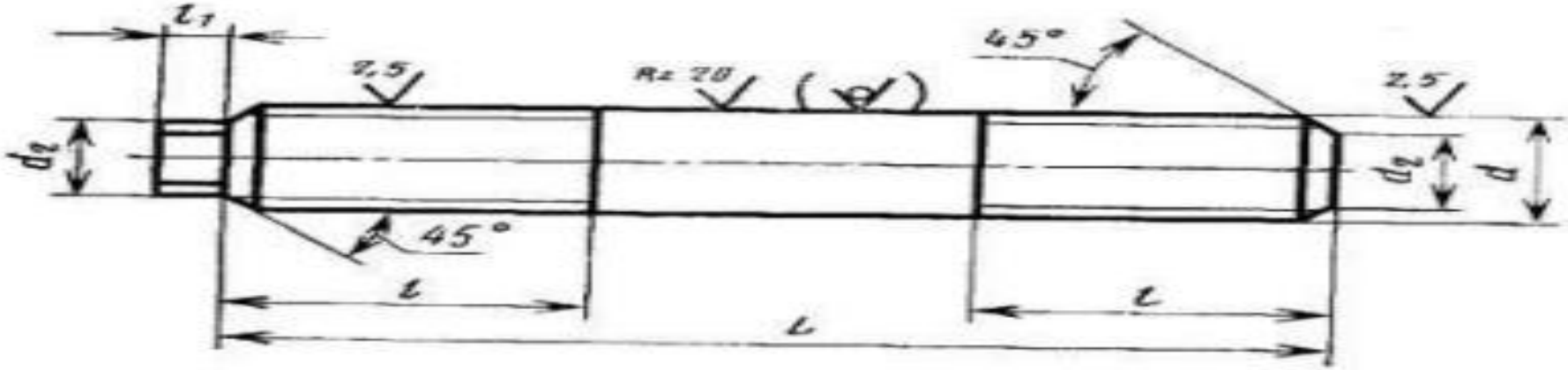


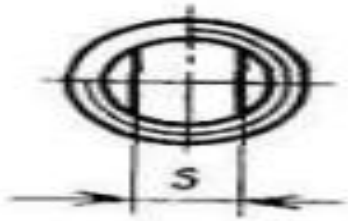


براغي الجاويط

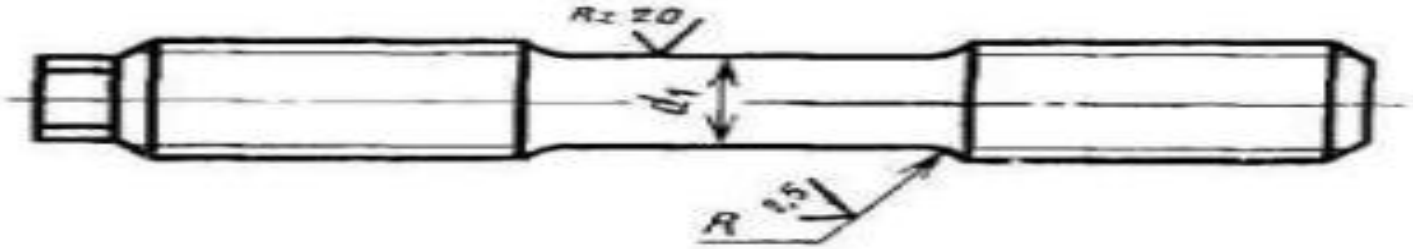
براغي ملولبة من الطرفين تستخدم لوصل جسمين مع بعضهما ثم يثبتان بواسطة صامولة

Тип А



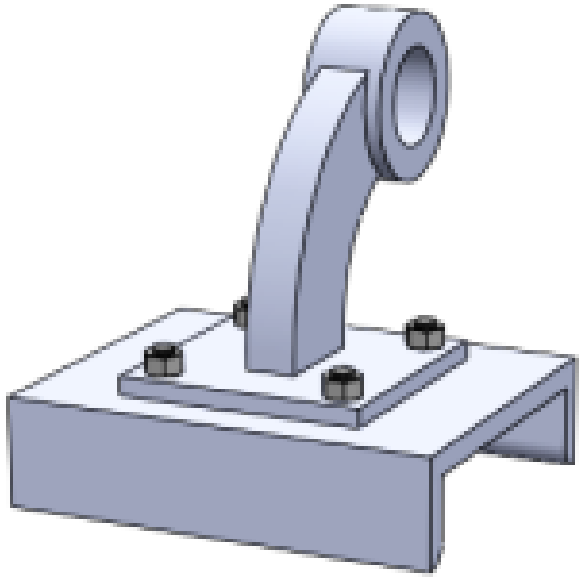


Тип Б

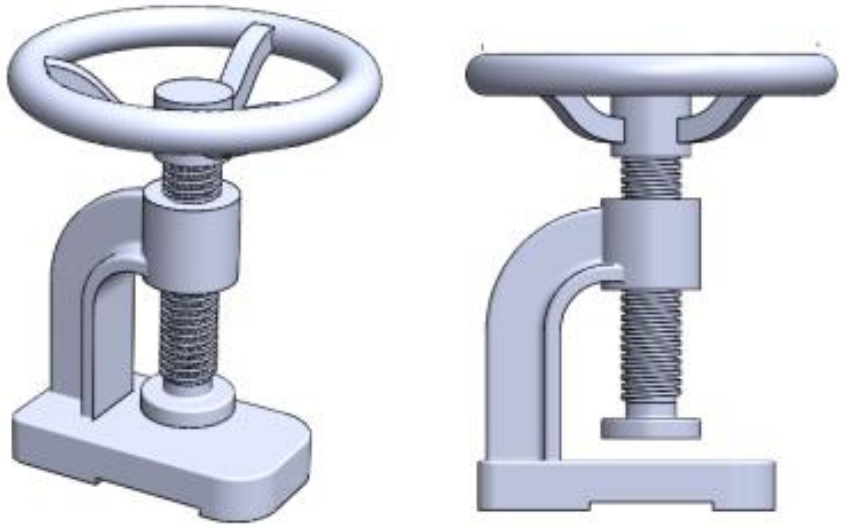


أنواع البراغي

براغي التثبيت أو الربط



براغي نقل الحركة

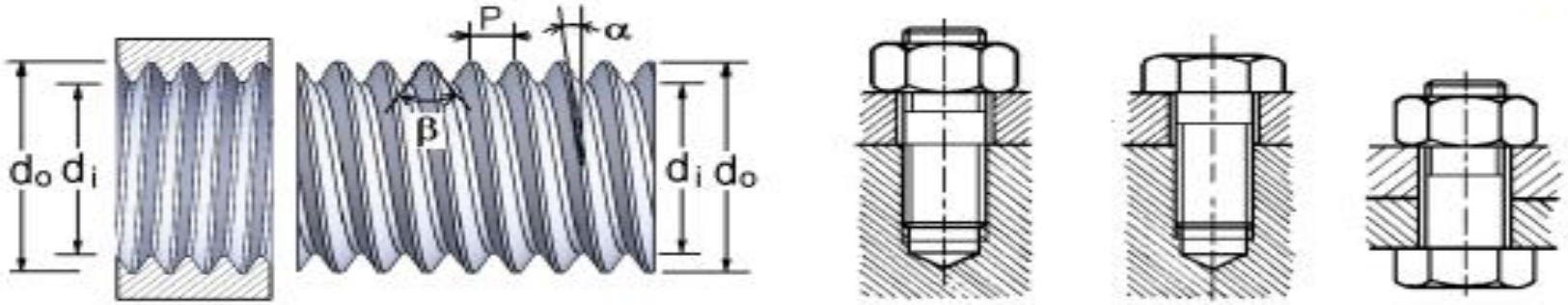


تصميم وصـــــلات براغي الربط

تُستخدم براغي الربط في الوصلات القابلة للفك لغاية الربط وتُستخدم لغاية الربط والإحكام في وصلات الأنابيب ووصلات أغطية الأسطوانات والمكابس.

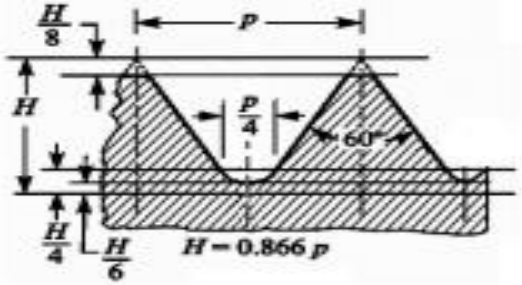
الميزات العامّة للشرار في براغي الربط

يبيّن الشكل يراغي الربط وكل من شرار خارجي وداخلي نميّز فيهما:

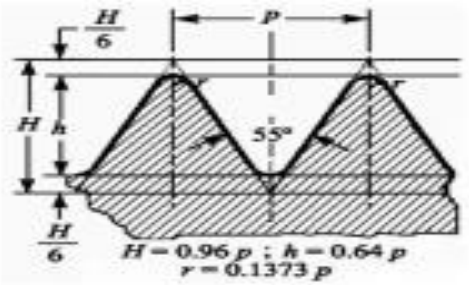


- **القطر الرئيسي** d_o : يُمثّل القطر الأكبر للشرار وهو القطر الأسمي الذي يمثّل القيمة القياسيّة المميّزة للشرار.
- **القطر الأصغري** d_i : بالنسبة للبرغي يُعتبر قطر الدائرة التي تمثّل مقطع البرغي عند إجراء حسابات المتانة.
- **القطر الخطوي** d_p : هو قطر أسطوانة تخيليّة يمر سطحها عبر الأسنان في الموقع الذي يتساوى فيه عرض السن مع عرض الفراغ بين الأسنان.
- **الخطوة P**: تمثّل المسافة بين نقطتين متماثلتين من سنين متجاورين يتم قياسها بشكلٍ موازٍ لمحور البرغي.

- **عدد الأبواب n:** معظم براغي الربط يتم إنتاجها بباب واحد لزيادة الكبح الذاتي الذي يمثّل خاصيّة يجب توافرها بشدّة في براغي الربط.
- **شكل مقطع السن:** ينتج شكل مقطع السن عند قطع البرغي بمستوي يمر من محوره.



السن المتري



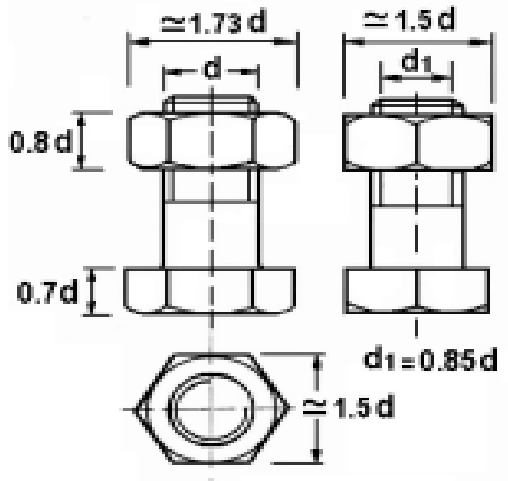
السن الانكليزي

ملاحظة: الأقطار القياسية للشرار الخارجي المتري

$$d_o = 1-2-3-\ldots\ldots-7-8-10-12-14-\ldots\ldots-18-20-24-27-30-\ldots-48$$

- **اتجاه التفاف اللولب:** في اللولب اليميني يلتف اللولب مع عقارب الساعة مبتعداً عن الناظر بينما في اللولب اليساري يلتف اللولب عكس عقارب الساعة مبتعداً عن الناظر.
- تنص المواصفات القياسيّة عموماً على الأبعاد المبينة في الشكل لكل من رأس البرغي والصامولة وهذه الأبعاد تُحقّق جميع شروط المتانة لكل من رأس البرغي والصامولة لذلك تتلخّص عمليّة تصميم وصلات براغي الربط في حساب قطر ساق البرغي فقط حيث إنّ الأبعاد القياسيّة لرأس البرغي والصامولة تحقّق شروط المتانة حكماً

فيما إذا حقّق ساق البرغي شرط المتانة.

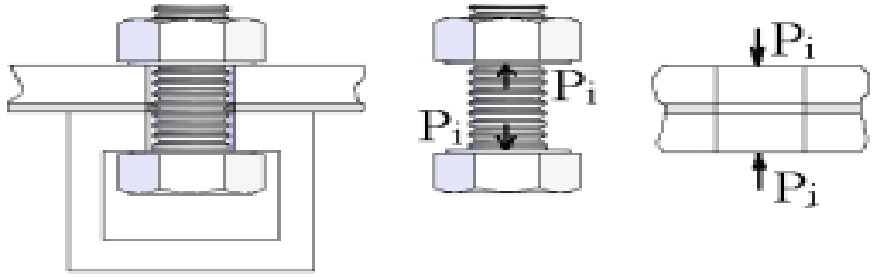


تصميم وصلات البراغي غير الخاضعة للشد المسبق

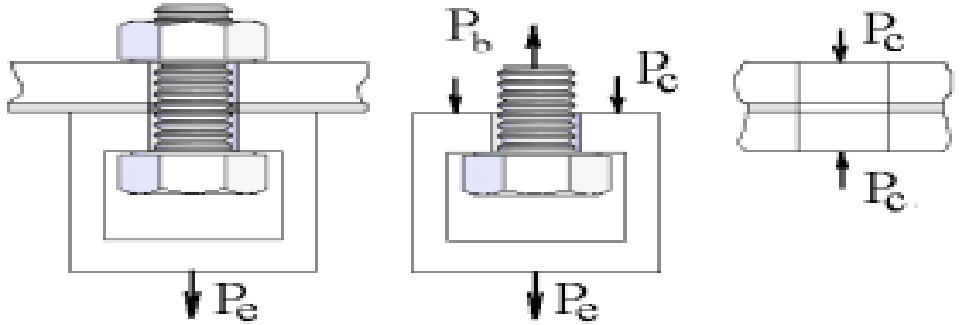
يتم ايجاد القوة المؤثرة على البرغي الخطر وفق نفس قواعد إيجاد القوى على البراشيم (تحديد مركز ثقل البراغي، تحديد نوع الحمولة، توزيع القوى على البراغي، تحديد البرغي الخطر، حساب القوى على البرغي الخطر مع الأخذ بعين الاعتبار الشد المسبق إن وُجد) ثم يُحسب القطر الداخلي لشرار البرغي من دراسة الاجهادات على اعتبار أن المقطع الخطر في البرغي هو دائرة قطرها هو القطر الداخلي للشرار وبعد استنتاج d_i من دراسة المتانة يتم الحصول على القطر الرئيسي للبرغي باعتماد النسبة التقريبيّة التالية $d_i = 0.85\, d_o$ ثم اختيار قطر قياسي ثم تعميم هذا القطر على بقية البراغي.

تصميم براغي الربط الخاضعة لشد مسبق مع حمولة خارجية ساكنة

في هذه البراغي تتغير القوى المؤثرة ضمن الوصلة قبل وبعد التحميل حيث أنه عندما تسلط قوة شد بدائية (مسبقة) P_i على البرغي من أجل تحقيق ظروف عمل الوصلة (كتامة أو منع حركة) فإن البرغي يتعرض لقوة شد P_i و تنضغط القطع بقوة P_i والشكل التالي يبين الوصلة تحت الشد المسبق فقط.



عند تطبيق قوة خارجية P_e على الوصلة منحاها ينطبق على محور البرغي فإن الشد يزداد في البرغي إلى القيمة P_b مما يؤدي إلى استطالته وبالتالي تخفيف الضغط على القطع إلى القيمة P_C كما في الشكل التالي:

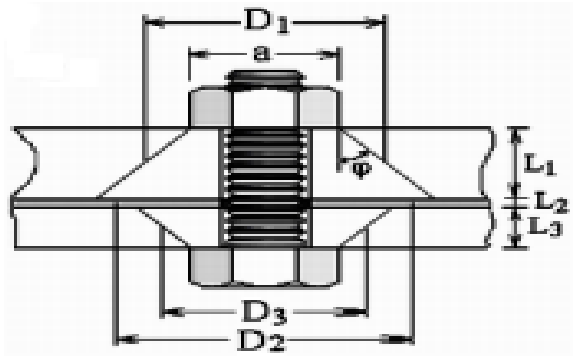


مما سبق يتم الاستنتاج أنه عند تطبيق P_e تزداد P_i على البرغي إلى P_b وتنقص P_i على القطع إلى P_C وبالتالي فأكبر قوة شد في البرغي هي P_b .

1- حساب ثابت صلابة البرغي K_b : يمثل نسبة القوة المحورية على البرغي إلى الاستطالة المقابلة:

$$K_b = \frac{E_b \cdot A_b}{L_b}$$

حيث: E_b عامل يونغ لمادة البرغي، A_b مساحة مقطع البرغي محسوبة على القطر الداخلي، L_b طول الجزء المشدود من البرغي ويمثل المسافة بين رأس البرغي وقاعدة الصامولة



2- حساب ثابت صلابة القطع المربوطة K_c : يمثّل النسبة بين القوّة الضاغطة على القطع ومقدار التقاصر المقابل.

من أجل عدة قطع مربوطة يتم حساب ثابت الصلابة لكل قطعة على حدة ونحصل على ثابت الصلابة الكلي بجمع ثوابت الصلابة كما في حالة جمع النوابض على التسلسل:

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{K_{c1}} + \frac{1}{K_{c2}} + \frac{1}{K_{c3}} + \dots$$

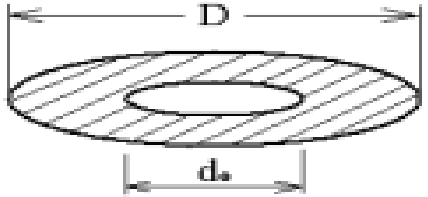
يُحسب ثابت الصلابة لقطعة واحدة كما يلي:

$$K_c = \frac{E_c \cdot A_c}{L_c}$$

حيث: E_c عامل يونغ لمادة القطعة، L_c سماكة القطعة، A_c مساحة مقطع الجزء المضغوط من القطعة.

على اعتبار أنّ الضغط ينتشر تحت كل من رأس البرغي والصامولة بشكل مخروطي فإنّ المساحة المعتبرة A_c

للضغط هي مساحة مقطع مخروط الضغط عند منتصف السماكة وهي بشكل حلقة قطرها الداخلي يساوي قطر البرغي الرئيسي d_o وقطرها الخارجي هو D وبالتالي تُحسب المساحة وفق:



$$A_c = \frac{\pi}{4}\left[D^2 - d_o^2\right]$$

يمثل D قطر الأسطوانة المكافئة لمخروط الضغط ويتم قياسه عند منتصف سماكة القطعة وبالتالي يُحسب لكل من القطع المبينة في الشكل وفق:

$$D_1 = a + \frac{L_1}{2} \quad , \quad D_3 = a + \frac{L_3}{2} \quad , \quad D_2 = a + \frac{(L_1 + L_3)}{2}$$

في العلاقات السابقة a قطر الصامولة إذا لم يعط يؤخذ $a=2d_o$

حساب ثابت صلابة القطع الوصلة

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_c}$$

العلاقات بين القوى المتشكلة في الوصلة: ترتبط القوى في وصلة البرغي المسبق الشد وفق:

$$P_b = P_i + P_e \frac{K_b}{K_b + K_c} = P_i + P_e \cdot C \quad , \quad P_b = P_c + P_e$$

تُدعى النسبة $\gamma = \frac{P_c}{P_e}$ بعامل الكتامة.

يمكن إيجاد الحمولة Q التي تسبب بدء انفصال القطع عن بعضها بوضع

$$P_b = \underbrace{P_c}_{0} + \underbrace{P_e}_{Q} \Rightarrow \quad P_b = P_e = Q$$

$$P_b = P_i + P_e \cdot C \Rightarrow Q = P_i + Q \cdot C \Rightarrow Q = \frac{P_i}{1 - C}$$

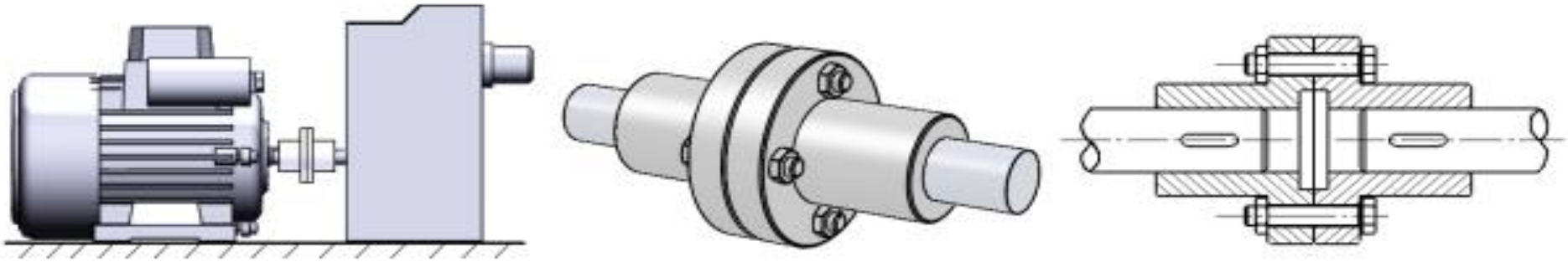
حساب قطر البرغي: نصمم على القوة P_b والتي نعتبرها قوة شد مع أخذ تأثير أي قوى قاصّة إن وجدت.

تصميم براغي الربط الخاضعة للشد المسبق مع حمولات التعب

عندما تكون القوة الخارجية P_e على الوصلة متغيرة فإن الشد في البرغي P_b يكون متغيراً ويُصمم البرغي كعنصر خاضع لحمولة شد متغيّرة وفق معادلة سودربرغ.

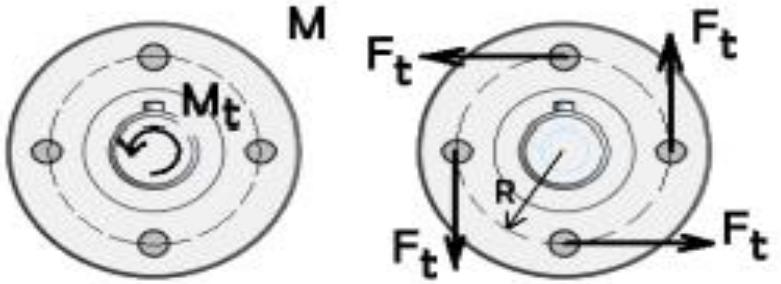
مسألة

تُستخدم قارنة صلبة (فلنجة) لربط محرّك مع علبة سرعة كما في الشكل حيث استطاعة المحرّك 40[HP] وعدد دوراته 940[rpm] والمطلوب حساب أقطار براغي القارنة إذا كان عددها (4) موزعة على محيط دائرة نصف قطرها 70mm؟ الإجهاد المسموح به لمادة البراغي على القص $\tau_{all} = 4\,kg/mm^2$



الحل

تخضع براغي القارنة إلى قوى قص ستاتيكية ناتجة عن نقل عزم فتل المحرك وهي متساوية على كل برغي لأن البراغي متساوية البعد عن مركز الثقل نحسب القوة على أحد البراغي بشكل مشابه للبراشيم.



$$M_t = F_t \cdot R + F_t \cdot R + \ldots\ldots \Rightarrow M_t = 4F_t \cdot R$$

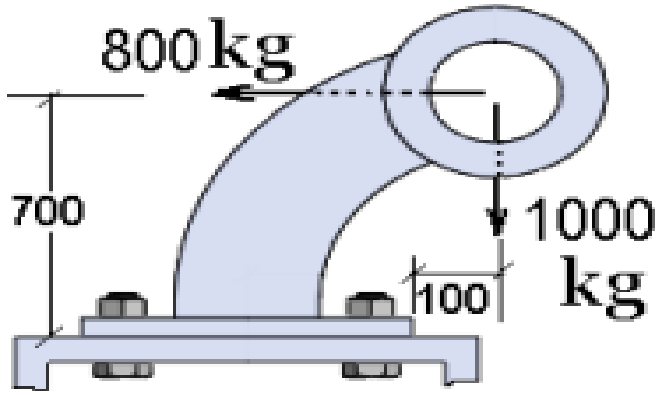
$$\left.\begin{aligned} M_t &= \frac{71620 \cdot P}{N} = \frac{71620 \cdot 40}{940} = 3047.6\ \text{kg} \cdot \text{cm} \\ &= 30476\ \text{kg} \cdot \text{mm} \\ R &= 70\text{mm} \end{aligned}\right\} \Rightarrow 30476 = 4 \cdot F_t \cdot 70 \Rightarrow F_t = 108.8\text{kg}$$

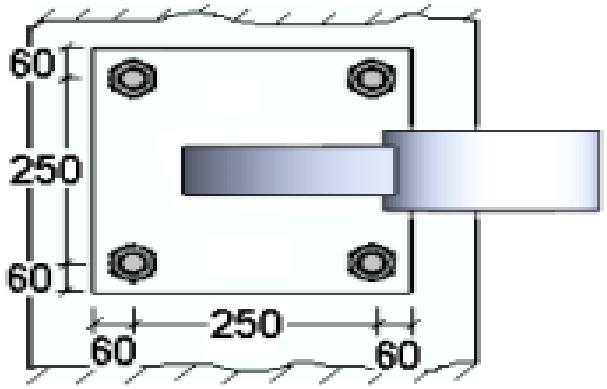
المقطع الخطر في البرغي هو دائرة قطرها هو القطر الداخلي للبرغي وبالتالي يتم حساب الإجهاد في البرغي على القطر الداخلي ومن ثم يجب إيجاد القطر الخارجي لأنه هو الذي يخضع للتوصيف القياسي:

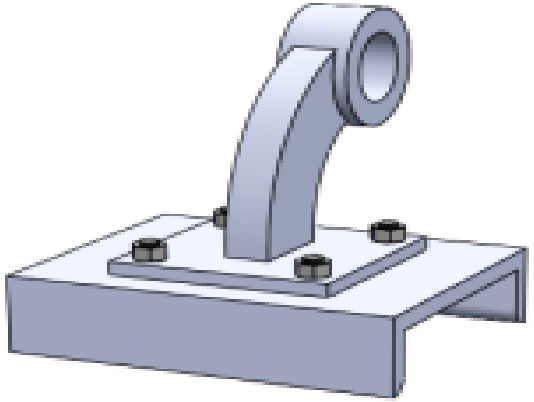
$$\tau = \frac{4F_t}{\pi d_i^2} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{4 \times 108.8}{\pi d_i^2} = 4 \Rightarrow d_i = 5.88$$

$$d_o = \frac{d_i}{0.8} = \frac{5.88}{0.8} = 7.35\ \text{mm} \Rightarrow d_o = 8 \Rightarrow Bolts(M_8)$$

مسألة يبيّن الشكل كرسي محور محمول على قاعدة مثبتة باستخدام أربعة براغي متريّة ويخضع للقوى المبيّنة على الشكل. بإهمال الشد المسبق احسب عامل الأمان للبرغي الخطر إذا كانت البراغي M16 ومادة البراغي St42.



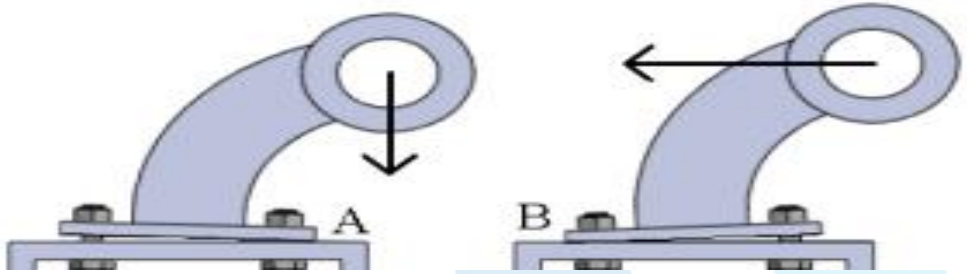




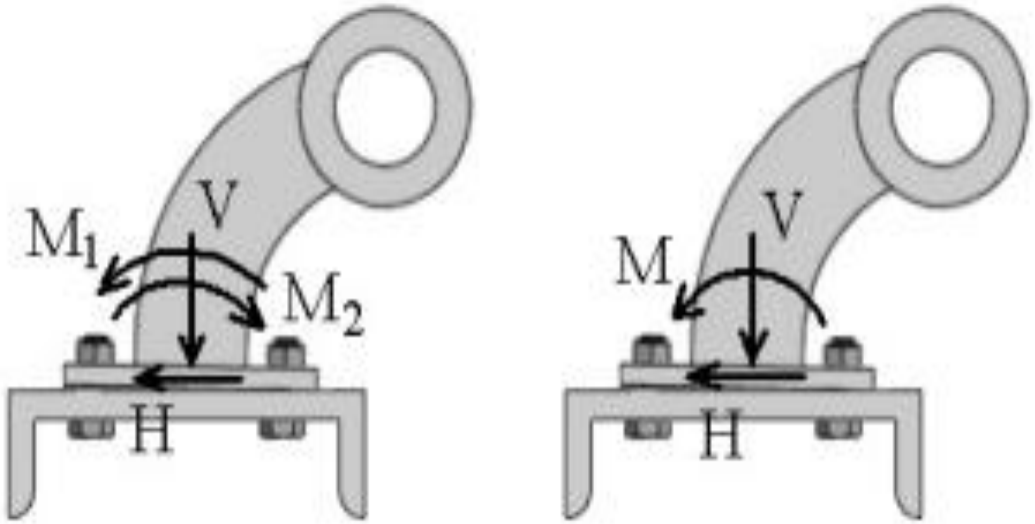
الحل

مركز ثقل البراغي معلوم

الحمولة تؤثّر القوة الشاقولية بعزم يحاول تدوير القاعدة حول الحرف الأيمن كمحور دوران بينما تؤثّر القوّة الأفقية بقص وعزم يحاول تدوير القاعدة حول الحرف الأيسر كمحور دوران



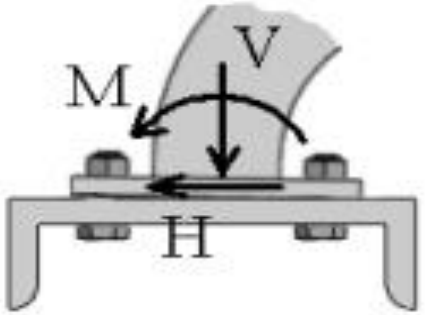
على اعتبار أن القاعدة لا يمكن أن تدور حول المحورين في نفس الوقت لذلك يجب أولا تحديد محور الدوران عن طريق الاختزال في مركز الثقل وإيجاد العزم المحصل ووفقاً لجهة العزم المحصل يتم تحديد محور الدوران.

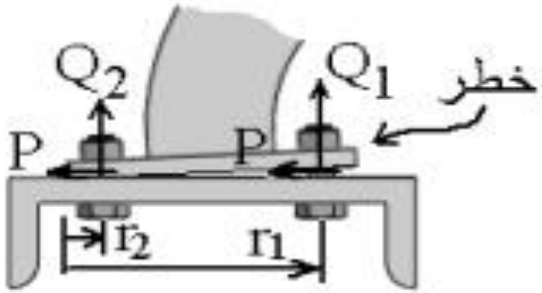


$$\left.\begin{aligned} H = 800\ \text{kg} &\Rightarrow M_1 = H \times 700 = 560000\ \text{kg}\cdot\text{mm} \\ V = 1000\ \text{kg} &\Rightarrow M_2 = V \times 285 = 285000\ \text{kg}\cdot\text{mm} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M = M_1 - M_2 = 275000\ \text{kg}\cdot\text{mm}$$

ووفقاً لجهة العزم المحصل فإن محور الدوران هو الحافة على اليسار.

القوى على البراغي والبرغي الخطر:





نحسب القوى على البرغي الخطر:

$$(ShearForce)\ P = \frac{H}{Number\ of\ Bolts} = \frac{800}{4} = 200\ \text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_b &= 2Q_1 \cdot r_1 + 2Q_2 \cdot r_2 \\ \frac{Q_1}{r_1} &= \frac{Q_2}{r_2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_b = \frac{Q_1}{r_1}\left[2r_1^2 + 2r_2^2\right]$$

$$M_b = M - V \times (125 + 60) = 275000 - 1000 \times 185 = 90000\ \text{kg.mm}$$

$$r_1 = 310\text{mm}, \qquad r_2 = 60\text{mm}$$

1- إذا نتج العزم بقيمة سالبة فلا يوجد دوران والتصميم على القص فقط.

2- يمكن حساب عزم الانحناء بحساب عزوم القوى حول محور الدوران من مواقعها الأصلية وذلك بعد معرفة محور الدوران:

$$M_b = (800 \times 700) - (1000 \times 470) = 90000 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$90000 = \frac{Q_1}{310}\left[2 \times 310^2 + 2 \times 60^2\right]$$

$$(Tension\ Force)\ Q_1 = 140 \text{ kg}$$

الإجهادات في البرغي الخطر حيث القطر الداخلي:

$$d_i = 0.8\, d_i \Rightarrow d_i = 0.8 \times 16 = 12.8mm$$

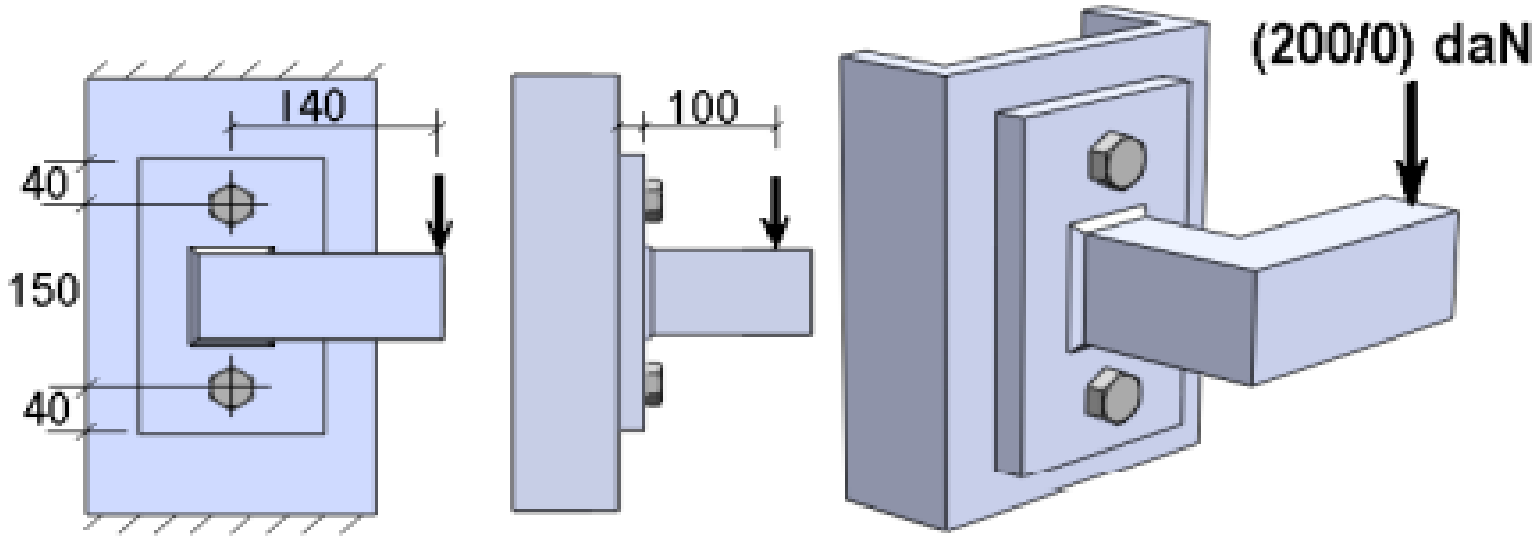
$$\sigma = \frac{4Q_1}{\pi d_i^2} = \frac{4 \times 140}{\pi (12.8)^2} = 1.08 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}, \quad \tau = \frac{4P}{\pi d_i^2} = \frac{4 \times 200}{\pi (12.8)^2} = 1.55 \frac{kg}{\text{mm}^2}$$

نصمّم وفق نظرية القص الأعظمي:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} = \tau_{all} \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{1.08}{2}\right)^2 + (1.55)^2} = \frac{10.5}{f.s}$$

$$\Rightarrow f.s = 6.4$$

مسألة تخضع الوصلة المبيّنة في الشكل لتأثير قوّة متغيّرة F=(200/0)kg تؤثّر على طرف الذراع والمطلوب حساب أقطار البراغي اللازمة؟ حيث مادّة البراغي ST42 وعامل الأمان 2.5 وحد التعب المعدّل $Snr = 15\,kg/mm^2$

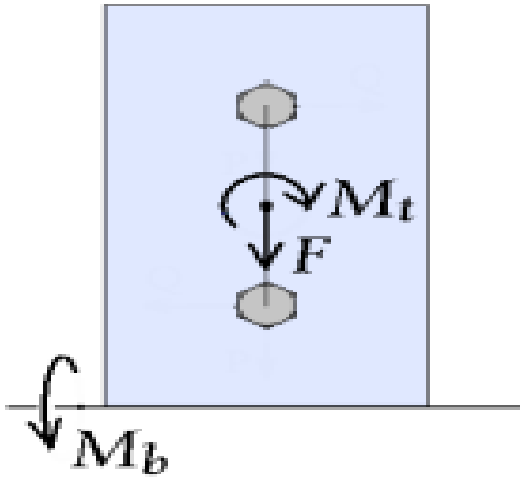


الحل:

مركز ثقل البراغي معلوم

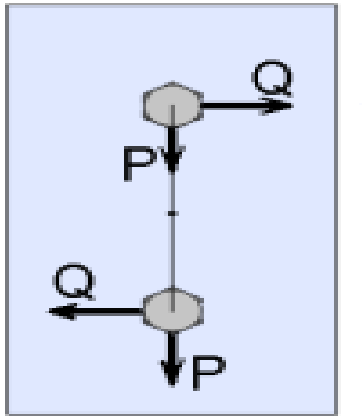
نوجد القوى على البراغي في الحالتين الحديتين لتغيّر القوّة المتغيّرة.

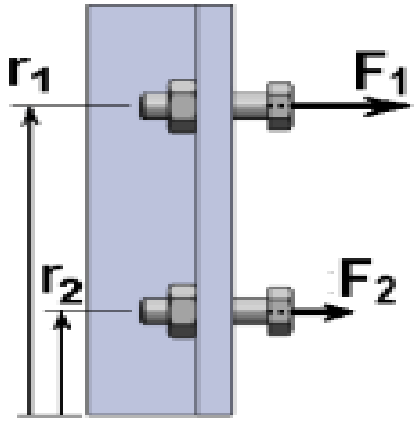
الحالة F=200



$$F = 200 \text{ kg}$$
$$M_t = 200 \times 140 = 28000 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$
$$M_b = 200 \times 100 = 20000 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

القوى على البراغي: **البرغي الخطر** هو العلوي لذلك نحسب القوى المؤثّرة عليه:





$$(ShearForce)\ P = \frac{F}{Number\ of\ Bolts} = \frac{200}{2} = 100 \text{ kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_t &= 2\,Q\,R \\ 28000 &= 2\,Q\,75 \end{aligned}\right\} \Rightarrow (ShearForce)\ Q = 186 \text{ kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_b &= F_1 \cdot r_1 + F_2 \cdot r_2 \\ \frac{F_1}{r_1} &= \frac{F_2}{r_2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_b = \frac{F_1}{r_1}\left[r_1^2 + r_2^2\right]$$

$$20000 = \frac{F_1}{190}\left[190^2 + 40^2\right] \Rightarrow (Tension\ Force)\ F_1 = 101 \text{ kg}$$

الحالة F=0 تكون القوى على البراغي معدومة.

بالنتيجة يخضع البرغي الخطر لتأثير:

قوّة شد متغيّرة: $F_{\max} = +101\ \text{kg} \qquad F_{\min} = 0$

قوّة قص متغيّرة: $S_{\max} = +\sqrt{100^2 + 373.3^2} = 212\ \text{kg} \qquad S_{\min} = 0$

نصمّم على التعب وفق الإجهادات المكافئة:

الإجهاد المكافئ لقوّة الشد:

$$\left.\begin{aligned} F_{\max} &= +101\ \text{kg} \\ F_{\min} &= 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} F_m &= 50.5\ \text{kg} \\ F_a &= 50.5\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left|\begin{aligned} \sigma_m &= \frac{4\times 50.5}{\pi d_i^2} \\ \sigma_a &= \frac{4\times 50.5}{\pi d_i^2} \end{aligned}\right.$$

$$\sigma_{eq} = \sigma_m + \frac{\sigma_a \sigma_y}{\lambda S_e} = \frac{4\times 50.5}{\pi d_i^2} + \frac{4\times 50.5\times 21}{\pi d_i^2 0.7\times 15} = \frac{193}{d_i^2}[\text{kg/mm}^2]$$

الإجهاد المكافئ لقوّة القص:

$$\left.\begin{aligned} S_{\max} &= +212\ \text{kg} \\ S_{\min} &= 0 \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} S_m &= 106\ \text{kg} \\ S_a &= 106\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left|\begin{aligned} \tau_m &= \frac{4\times 106}{\pi d_i^2} \\ \tau_a &= \frac{4\times 106}{\pi d_i^2} \end{aligned}\right.$$

$$\tau_{eq} = \tau_m + \frac{\tau_a\,\tau_y}{A\,S_{nr}} = \frac{4\times 106}{\pi d_i^2} + \frac{4\times 106\times 10.5}{\pi d_i^2\ 0.6\times 15} = \frac{293}{d_i^2}[\text{kg/mm}^2]$$

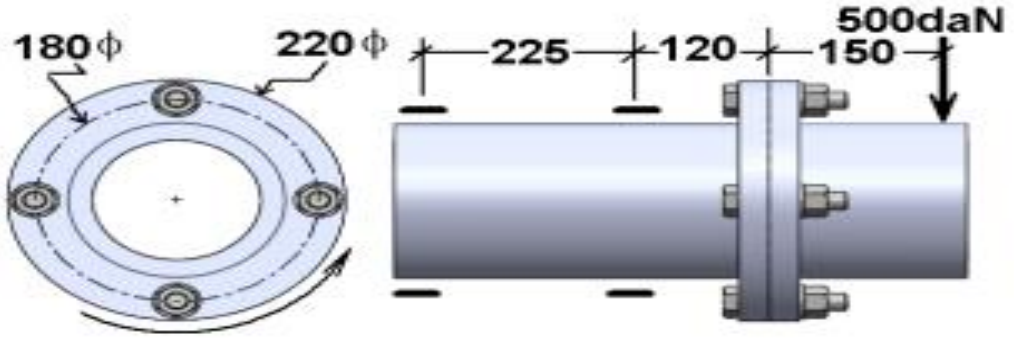
نحصّل الإجهادات كما في الحالة الساكنة:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{eq}}{2}\right)^2 + (\tau_{eq})^2} = \tau_{all} \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{193}{2d_i^2}\right)^2 + \left(\frac{293}{d_i^2}\right)^2} = \frac{10.5}{2.5}$$

$$d_i = 8.75\ \text{mm}\quad d_o = \frac{d_i}{0.8} = 10.9 \Rightarrow d_o = 12\ \text{mm} \Rightarrow Bolts\ (M_{12})$$

مسألة يتصل أنبوبين عبر فلنجة مربوطة بأربعة براغي مترية وترتكز الوصلة على مدحرجين وتخضع لتأثير القوّة المبيّنة كما في الشكل إذا كانت المجموعة دوّارة باستمرار احسب أقطار البراغي اللازمة؟

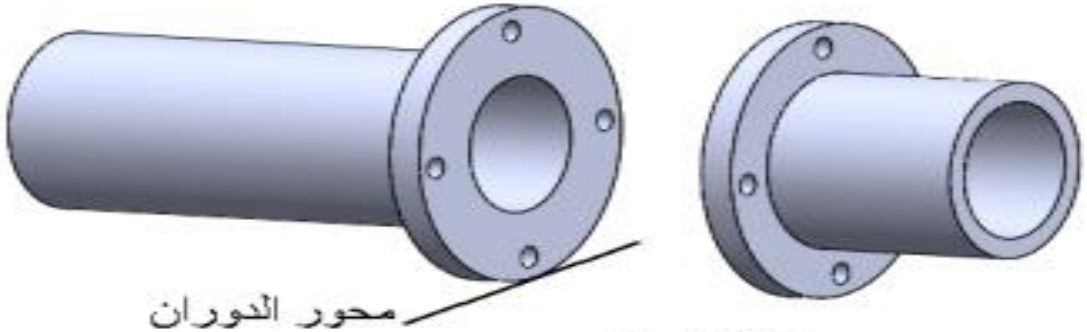
مادّة البراغي ST42 وعامل الأمان f.s=2 وحد التعب المعدل $S_{nr} = 14\,\mathrm{kg/mm^2}$

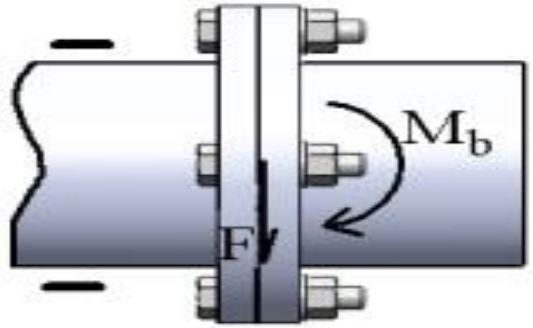


الحل

مركز ثقل البراغي معلوم

الحمولة:

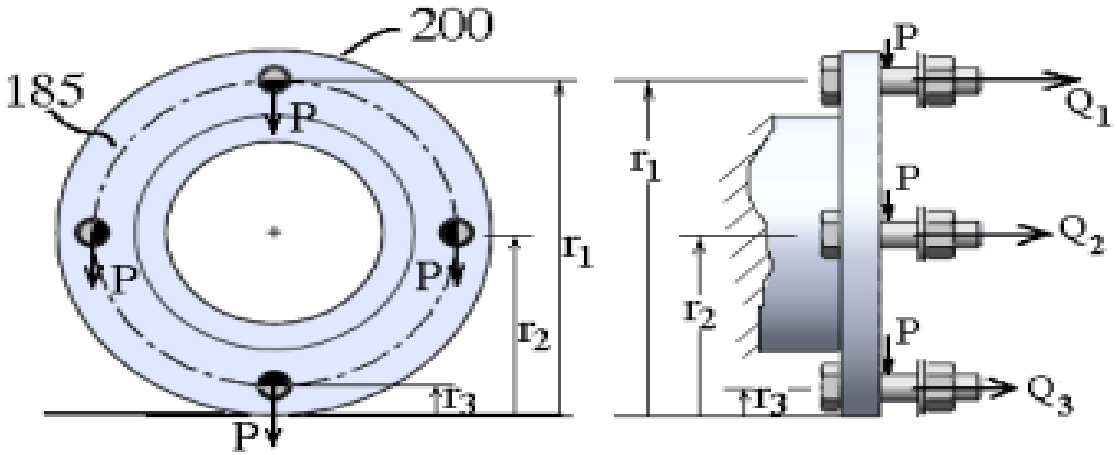




$$F = 500\ \mathrm{kg}$$

$$M_b = 500 \times 150 = 75000\ \mathrm{kg \cdot mm}$$

القوى على البراغي الناتجة عن الحمولات للوضع الحالي.



من حيث الشد فإنّه بسبب دوران الوصلة يتغير موقع البراغي وعندما يكون أحدها في أعلى نقطة فإنّه يخضع لأكبر قوّة شد وعندما يصبح في أسفل نقطة ينقص عليه الشد إلى أدنى قيمة.

من حيث القص فإنّه بسبب دوران الوصلة تتغير جهة البرغي المعرّضة إلى قوّة القص بحيث تنعكس 180 درجة بين الموضعين العلوي والسفلي.

مما سبق نستنتج أنّ البرغي الواحد يخضع لـ:

قوّة شد متغيّرة: $Q_{max} = +Q_1 \qquad Q_{min} = +Q_3$

قوّة قص متغيّرة: $P_{max} = +P \qquad P_{min} = -P$

نحسب المقادير السابقة ونصمّم وفق الإجهادات المكافئة:

$$P = \frac{F}{Number\ of\ Bolts} = \frac{500}{4} = 125\ \text{kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_b &= Q_1 \cdot r_1 + 2Q_2 \cdot r_2 + Q_3 \cdot r_3 \\ \frac{Q_1}{r_1} &= \frac{Q_2}{r_2} = \frac{Q_3}{r_3} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_b = \frac{Q_1}{r_1}\left[r_1^2 + 2r_2^2 + r_3^2\right]$$

$$r_1 = 110 + 90 = 200\text{mm},\quad r_2 = 110\text{mm},\quad r_3 = 110 - 90 = 20\text{mm}$$

$$500 \times 150 = \frac{Q_1}{200}\left[200^2 + 2 \times 110^2 + 20^2\right] \Rightarrow Q_1 = 232\ \text{kg}$$

$$Q_3 = Q_1 \frac{r_3}{r_1} = 23\ \text{kg}$$

الإجهاد المكافئ لقوّة الشد:

$$\left.\begin{aligned} Q_{\max} &= +232\ \text{kg} \\ Q_{\min} &= +23\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} Q_m &= 127.5\ \text{kg} \\ Q_a &= 104.5\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left|\begin{aligned} \sigma_m &= \frac{4 \times 127.5}{\pi d_i^2} \\ \sigma_a &= \frac{4 \times 104.5}{\pi d_i^2} \end{aligned}\right.$$

$$\sigma_{eq} = \sigma_m + \frac{\sigma_a \sigma_y}{A S_{nr}} = \frac{4 \times 127.5}{\pi d_i^2} + \frac{4 \times 104.5 \times 21}{\pi d_i^2 \times 0.7 \times 14} = \frac{447}{d_i^2}\left[\text{kg/mm}^2\right]$$

الإجهاد المكافئ لقوّة القص:

$$\left.\begin{aligned} P_{\max} &= +125\ \text{kg} \\ P_{\min} &= -125\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left.\begin{aligned} S_m &= 0 \\ S_a &= 125\ \text{kg} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \left|\begin{aligned} \tau_m &= 0 \\ \tau_a &= \frac{4\times 125}{\pi\, d_i^2} \end{aligned}\right.$$

$$\tau_{eq} = \tau_m + \frac{\tau_a\, \tau_y}{A\, S_{nr}} = 0 + \frac{4\times 125\times 10.5}{\pi\cdot d_i^2\times 0.6\times 14} = \frac{198}{d_i^2}[\text{kg/mm}^2]$$

التحصيل والتصميم نحصّل الإجهادات

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{eq}}{2}\right)^2 + (\tau_{eq})^2} = \tau_{all} \Rightarrow \sqrt{\left(\frac{447}{2d_i^2}\right)^2 + \left(\frac{198}{d_i^2}\right)^2} = \frac{10.5}{2}$$

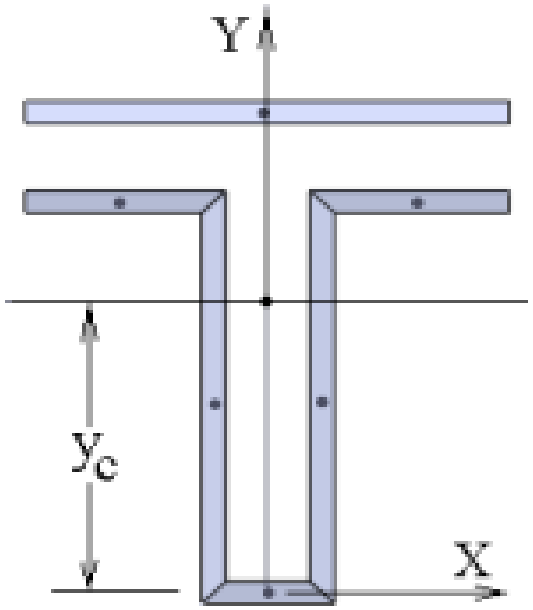
$$d_i = 7.5\,\text{mm} \qquad d_o = \frac{d_i}{0.8} = 9.4 \Rightarrow d_o = 10\ \text{mm} \Rightarrow \text{Bolts}\ (M_{10})$$

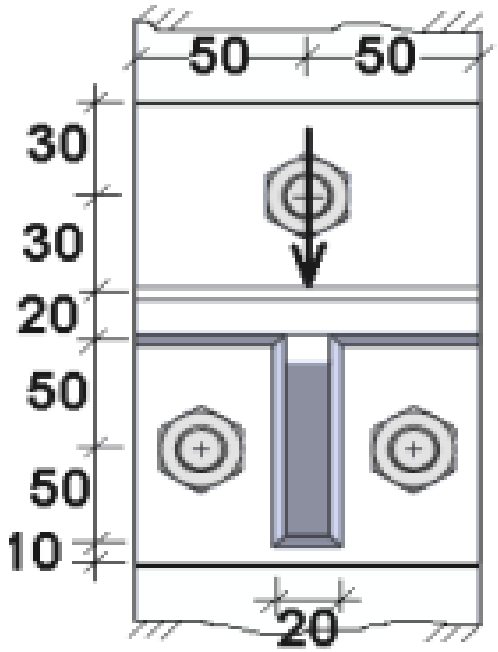
مسألة

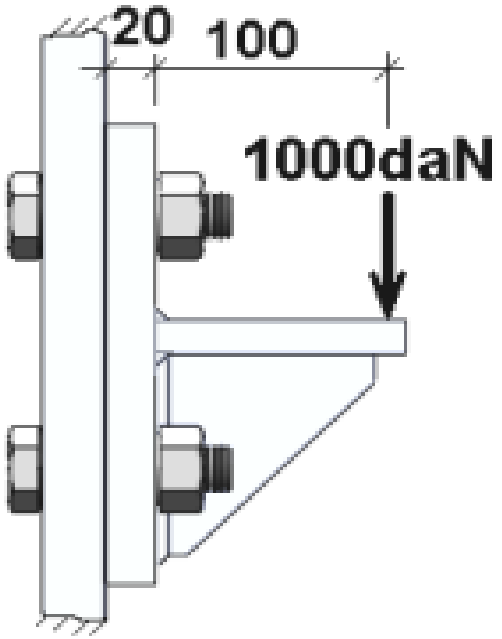
يبيّن الشكل مسند جداري يتألف من قطعة ارتكاز مثبّتة على صفيحة خلفيّة باستخدام اللحام وتُثبّت الصفيحة على عمود معدني بواسطة ثلاثة براغي يطبّق على كل منها قوّة شد مسبق $P_i = 600\,\text{kg}$ عند التركيب، إذا كانت الحمولة المقرّرة على المسند هي قوّة شاقولية $F = 1000\,\text{kg}$ المطلوب:

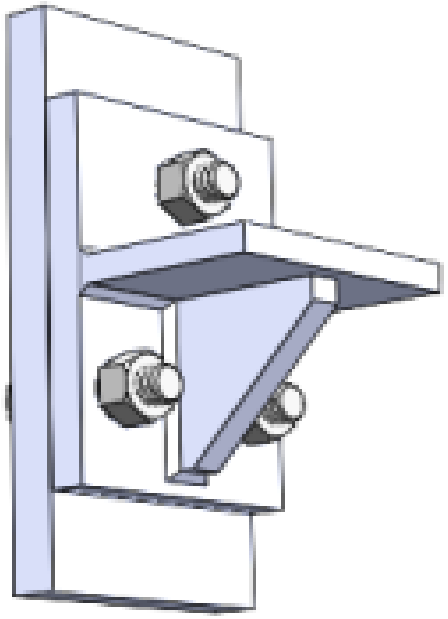
1- حساب عرض اللحام اللازم؟ الإجهاد المسموح به لمادّة اللحام $\tau_{all} = 4\,\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

2- حساب أقطار البراغي اللازمة حيث $k_c = 3k_b$ ؟ مادّة البراغي St50 وعامل الأمان f.s=2.5









مركز ثقل اللحام

$$x_c = 0$$

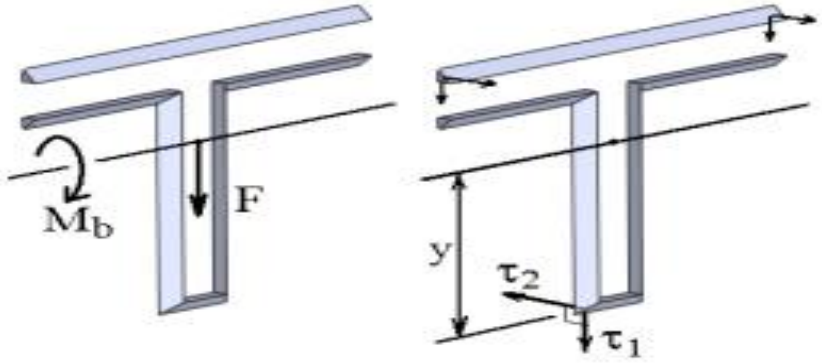
$$y_c = \frac{y_1 l_1 + y_2 l_2 + y_3 l_3 + \dots}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots} = \frac{120 \times (100) + 2(100 \times 40) + 2(50 \times 100) + 0}{100 + (2 \times 40) + (2 \times 100) + 20} = 75mm$$

الحمولات

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

$$M_b = 1000 \times 100 = 100000 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

الإجهادات والنقطة الخطرة هي إحدى النقاط السفليّة نحسب الإجهادات فيها



$$\tau_1 = \frac{F}{Welding\ Area} = \frac{1000}{(100 + 80 + 2 \times 100 + 20)a} = \frac{2.5}{a}$$

$$\tau_2 = \frac{M_b \cdot y}{I}$$

$$M_b = 100000\,\text{kg.mm}$$

$$y = 75\text{mm}$$

$$I = \underbrace{\frac{20(a)^3}{12}}_{Neglect} + 20(a)(75)^2 + 2\left[\frac{a(100)^3}{12} + 100(a)(75-50)^2\right] +$$

$$2\left[\underbrace{\frac{40(a)^3}{12}}_{Neglect} + 40(a)(100-75)^2\right] + \left[\underbrace{\frac{100(a)^3}{12}}_{Neglect} + 100(a)(120-75)^2\right]$$

$$= 656665a\ mm^4$$

$$\tau_2 = \frac{100000 \times 75}{656665\,a} = \frac{11.4}{a}$$

التحصيل والتصميم

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \frac{11.7}{a}$$

$$\tau_{\max} = \tau_{all} \Rightarrow \frac{11.7}{a} = 4 \Rightarrow a = 2.9\text{mm} \qquad a = 0.7w \Rightarrow w = 4.2\text{mm}$$

دراسة البراغي

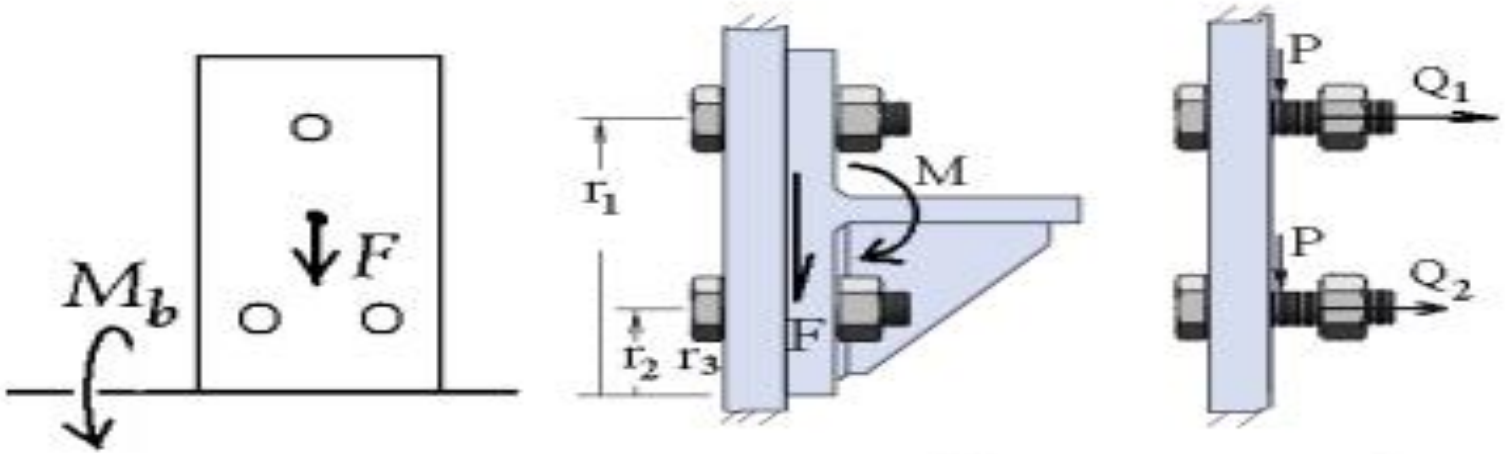
مركز ثقل البراغي: معلوم.

الحمولة:

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

$$M_b = 1000 \times 120 = 120000 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

القوى على البراغي



البرغي الخطر هو العلوي لذلك نحسب القوى المؤثّرة عليه.

$$(ShearForce)\ P = \frac{F}{Number\ of\ Bolts} = \frac{1000}{3} = 333.4 \text{ kg}$$

$$\left.\begin{aligned} M_b &= Q_1 \cdot r_1 + 2Q_2 \cdot r_2 \\ \frac{Q_1}{r_1} &= \frac{Q_2}{r_2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow M_b = \frac{Q_1}{r_1}\left[r_1^2 + 2r_2^2\right]$$

$$\left.\begin{aligned} M_b &= 120000\,\text{kg}\cdot\text{mm} \\ r_1 &= 160\text{mm} \qquad r_2 = 60\text{mm} \end{aligned}\right\} \Rightarrow Q_1 = 585\,\text{kg}$$

بوجود الشد المسبق تكون قوّة الشد الكليّة على البرغي الخطر:

$$(Tension\ Force)P_b = P_i + P_e\frac{k_b}{k_b + k_c} = 600 + 628\frac{1}{4} = 757\,\text{kg}$$

وتكون الإجهادات على البرغي الخطر:

من قوة الشد التصميمية: $$\sigma = \frac{4P_b}{\pi d_i^2} = \frac{4\times 757}{\pi\ d_i^2}$$

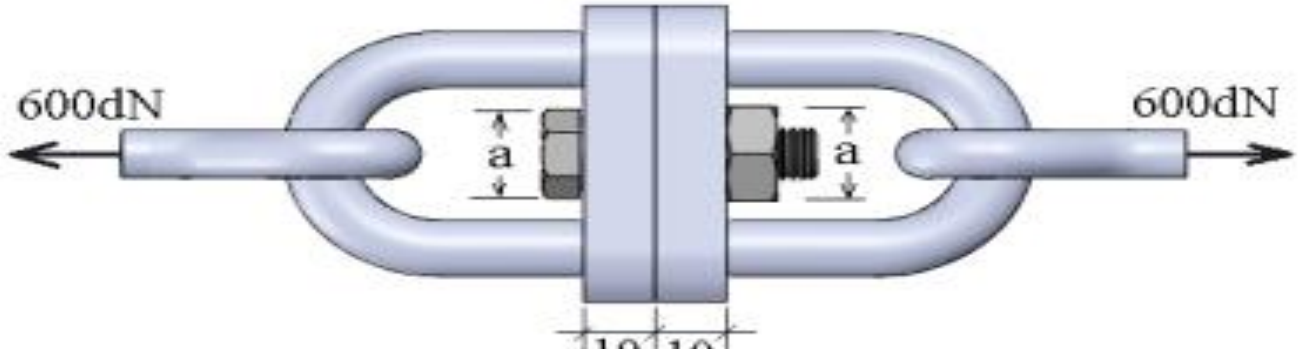
من قوة القص: $$\tau = \frac{4P}{\pi d_i^2} = \frac{4\times 333}{\pi\ d_i^2}$$

نصمّم وفق نظرية القص الأعظمي: $$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} = \tau_{all}$$

$$\sqrt{\left(\frac{4\times 585}{2\pi\ d_i^2}\right)^2 + \left(\frac{4\times 333}{\pi\ d_i^2}\right)^2} = \frac{25}{2\times 2.5} \Rightarrow d_i = 10.6\,\text{mm}$$

$$d_o = \frac{d_i}{0.8} = \frac{10.6}{0.8} = \Rightarrow d_o = 13.25\,\text{mm} \Rightarrow d_o = 14\,\text{mm} \Rightarrow Bolts(M_{14})$$

مسألة يتم ربط قطعتي تعليق بواسطة برغي متري M16 يُطبق عليه قوّة شد مسبق عند التركيب $P_i = 750\,\text{kg}$ ثم تخضع الوصلة إلى قوى الشد المبيّنة في الشكل.



1- احسب ثابت الصلابة للبرغي وثابت الصلابة للقطع المربوطة وثابت صلابة الوصلة حيث البرغي والقطع من الفولاذ St42 حيث عامل المرونة $E = 21000\,\text{kg/mm}^2$ اعتبر للبرغي $d_i = 0.8\,d_o$ وللبرغي والصامولة $a = 1.5\,d_o$

2- احسب القوّة الكليّة المطبّقة على البرغي P_b وقوّة الضغط المتبقية على القطع P_c ؟

3- احسب عامل الأمان للبرغي؟

4- احسب القوّة الخارجية التي توافق بدء انفصال القطع عن بعضها؟

1- ثابت صلابة البرغي:

$$k_b = \frac{E_b \cdot A_b}{L_b} = \frac{21000 \cdot \frac{\pi (0.8 \times 16)^2}{4}}{20} = 135113 [\text{kg/mm}]$$

ثابت صلابة القطع المربوطة:

$$\frac{1}{k_c} = \frac{1}{k_{c1}} + \frac{1}{k_{c2}}$$

$$k_{c1} = \frac{E_{c1} \cdot A_{c1}}{L_{c1}} \begin{cases} E_{c1} = 21000\,, \quad L_{c1} = 10\text{mm}\,, \quad A_{c1} = \frac{\pi}{4}\left(D_1^2 - d_0^2\right) \\ D_1 = a + \frac{L_{c1}}{2} = 1.5 d_o + \frac{L_{c1}}{2} = 1.5 \times 16 + \frac{10}{2} = 29\text{mm} \end{cases}$$

$$k_{c1} = \frac{21000 \cdot \frac{\pi}{4}\left(29^2 - 16^2\right)}{10} = 964862 [\text{daN/mm}]$$

$$k_{c2} = k_{c1} = 964862 [\text{daN/mm}]$$

$$\frac{1}{k_c} = \frac{1}{964862} + \frac{1}{964862} \Rightarrow k_c = 482431 [\text{daN/mm}]$$

ثابت صلابة الوصلة:

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_c} = \frac{135113}{135113 + 482431} = 0.219$$

2- القوّة الكليّة على البرغي وقوّة الضغط المتبقية على القطع:

$$P_b = P_i + P_e C = 750 + 600 \times 0.219 = 882\,kg$$

$$P_c = P_b - P_e = 882 - 600 = 282\,kg$$

3- يُصمم البرغي على القوة P_b .

$$\sigma = \frac{4P_b}{\pi d_i^2} = \sigma_{all} \quad \Rightarrow \frac{4 \times 882}{\pi (0.8 \times 16)^2} = \frac{21}{f.s} \Rightarrow f.s = 3.06$$

4- تُحسب القوّة الخارجية Q التي توافق بدء انفصال القطع عن بعضها بوضع $P_c=0, P_e=Q$ فيتم الحصول على:

$$P_b = \underbrace{P_c}_{0} + \underbrace{P_e}_{Q} \Rightarrow \quad P_b = P_e = Q$$

$$P_b = P_i + P_e C \Rightarrow Q = P_i + QC \Rightarrow Q = \frac{P_i}{1 - C}$$

$$Q = \frac{750}{1 - 0.219} = 960\,daN$$

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