كـــان الإجهـــاد عـــند أسفل سن البرغي يجب أن لا يتجاوز $500\ Kg/cm^2$ (عند الشد).

الحل:

مساحة وجه الصمام : $25 \times 20 = 500\ cm^2$

القوة (F) تعمل عمودياً على وجه الصمام : $F = 500 \times 10 = 5000\ Kg$

قوة الاحتكاك :

$$= \mu F = 0,2 \times 5000 = 1000 \quad Kg$$

إذا كان d_i القطر الداخلي للبرغي على الصمام المستدق .

$$\frac{\pi}{4} d_i^2 \sigma_t = 1000 \rightarrow \frac{\pi}{4} d_i^2 \times 500 = 1000$$

$$d_i = 1,598 \quad cm$$

وهذا يتناسب تقريباً :

$$M\ 18 \times 1.5$$

٢-التصميم تحت الحمولة المحورية الساكنة مع الشد الابتدائي:

تنطبق هذه الحالة على معظم الوصلات المستخدمة في الهندسة الميكانيكية لـــربط الأغطـــية والقواعد حيث تدعو الحاجة في بعضها أن تكون كتيمة كما في رؤوس الاسطوانات في محركات الاحتراق الداخلي.

هـــذا وإن الحاجـــة تدعو في بعض الوصلات إلى منع الحركة النسبية بين الأجزاء الموصولة كما هو الحال في براغي ذراع التوصيل وبراغي الأساسات.

إن هذه الغايات تتحقق عن طريق الشد الابتدائي للوصلات المسننة بصورة تكفـــي لمنع الحركة أو التهريب بعد تطبيق الحمولة الخارجية. وبمعنى ذلك إنه من الضـــروري تطبـــيق حمولـــة مسبقة (P_i) بحيث أنه عندما تؤثر على الوصلة حمولة

خارجية (P_e) (والتي تحاول إنقاص تأثير P_i) فإن القوة المتخلفة P_c تكون كافية لمنع الحركة بين الأجزاء المربوطة أو التهريب.

إن هبوط قوة الربط من P_i إلى P_c يتعلق بمقدار القوة الخارجية P_e وبالخواص المرنة لجميع القطع المربوطة بما في ذلك البرغي.

يبين الشكل (22-7) أسطوانة مع غطائها المتصل بواسطة مجموعة البراغي عددها (n) والضغط داخلها يساوي $P \quad Kg/cm^2$، لذا فإن الحمولة الإجمالية (Q) المؤثرة على الغطاء والبراغي تساوي $Q = P.\frac{\pi.D^2}{4}$. إذا فرضنا أن الحمولة الموزعة بالتساوي بين البراغي فتكون حمولة الشد المحورية (P_e) على كل برغي هي :

$$P_e = \frac{Q}{n} = P.\frac{\pi.D^2}{4.n} \quad Kg \qquad (7\text{-}7)$$

إذا أهملنا تشوه رأس البرغي وكذلك تشوه الطرف المسنن وفرضنا أن الطول العامل للبرغي يساوي إلى مجموع سماكات القطع المربوطة أي:

$l = l_1+l_2$ ، فإن التشوه المرن للبرغي الناتج عن القوة الابتدائية (P_i) يساوي:

$$\delta_b = \frac{P_i.l}{A_b.E_b} = \frac{P_i}{K_b} \qquad (8\text{-}7)$$

حيث : K_b : يمثل ثابت النابض للبرغي.

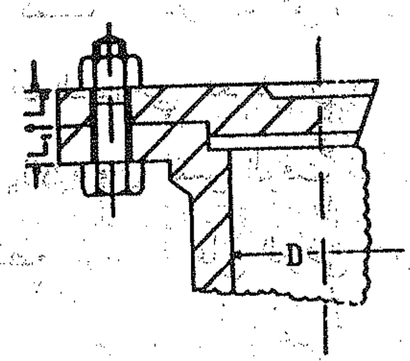
كما أن التشوه المرن للقطع المربوطة المنضغطة بتأثير القوة الابتدائية (P_i) يساوي :

$$\delta_c = \frac{P_i.l}{A_c.E_c} = \frac{P_i}{K_c} \qquad (9\text{-}7)$$

لإيجاد قيمة ثابت النابض K_c لمجموعة الأجسام المضغوطة على التسلسل بدلالة ثوابت النوابض K_{c1} ، K_{c2} ، K_{c3}. فيمكن استخدام العلاقة التالية:

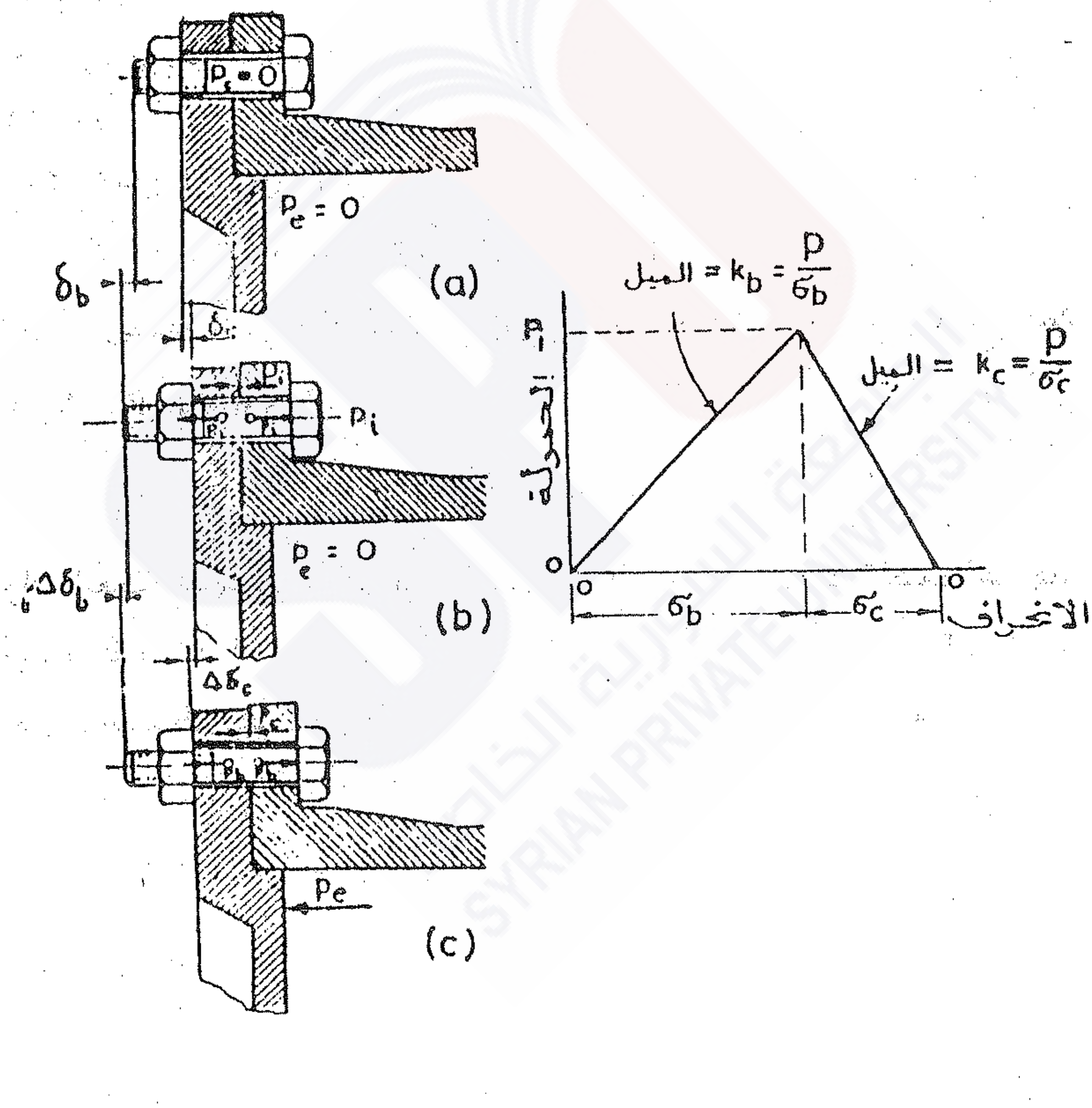
$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{K_{c1}} + \frac{1}{K_{c2}} + \frac{1}{K_{c3}} + \dots \qquad (10\text{-}7)$$

ويبين الشكل (7-22) مخطط الحمولة مع التشـوه للوصلة المشدودة دون حمولة خارجية.



الشكل (7-22)

يبين الشكل (7-23-b) الوصلة المعرضة لقـوة الشـد الابتدائي P_i دون وجود حمولة خارجية.



الشكل (7-23)

كمـــا يـــبين الشكل (7-23-c) الوصلة بعد تطبيق الحمولة الخارجية P_e، حيـــث أن الـــبرغي يتعرض في هذه الحالة لقوة إضافية تؤدي إلى زيادة الاستطاعة بمقدار $(\Delta\delta_b)$ وفي نفس الوقت نقل القوة التي تضغط القطع المربوطة من P_i إلى P_c وتؤثر القطع المربوطة على البرغي بقوة شد تساوي إلى (P_c).

إذن القوى المؤثرة على البرغي تساوي مجموع القوة الخارجية (P_e) والقوة المتخلفة (P_c) أي :

$$P_b = P_e + P_c \qquad (11\text{-}7)$$

إذا رمزنا إلى هبوط قوة الربط بالرمز ΔP_c فيكون :

$$\Delta P_c = P_i - P_c \qquad (12\text{-}7)$$

ويمكن كتابة القوة المؤثرة على البرغي بعد تطبيق الحمولة الخارجية كالتالي:

$$P_b = P_e + (P_i - \Delta P_c) = P_i + (P_e - \Delta P_c)$$

أي أن زيـــادة اســـتطالة الـــبرغي بعـــد تطبيق الحمولة الخارجية ناتجة عن القوة $(P_e - \Delta P_c)$ وتساوي إلى :

$$\Delta\delta = \frac{P_e - \Delta P_c}{K_c}$$

وأن الفعـــل المشترك بين البرغي والقطع المربوطة به سوف يخفف الضغط عن هذه القطع بنفس المقدار $(\Delta\delta_b)$، ومن المعادلة (7-12) حيث $P_c = P_i - \Delta P_c$، لذا فإن تخفيف انضغاط القطع المربوطة بمقدار $\Delta\delta_b$ ناتج عن القوة ΔP_c أي أنه :

$$\Delta\delta_c = \Delta\delta_b = \frac{\Delta P_c}{K_c}$$

ولذلك فإن :

$$\frac{P_e - \Delta P_c}{K_b} = \frac{\Delta P_c}{K_c}$$

أي أنه :

$$\Delta P_c = P_e \cdot \frac{K_c}{K_b + K_c} \qquad (13\text{-}7)$$

ومن المعادلتين (7-12) و (7-13) نجد أن :

$$P_c = P_i - \Delta P_c = P_i - P_e \frac{K_c}{K_b + K_c} \qquad (14\text{-}7)$$

ونجد الحمولة التي يحملها المسمار من العلاقتين (7-11) و (7-14) على النحو التالي:

$$P_b = P_i + P_e \frac{K_b}{K_b + K_c} \qquad (15\text{-}7)$$

أو :

$$P_b = P_i + \Delta P_b$$

وهـــذا معناه أنه إذا تعرضت وصلة ذات شد ابتدائي مقداره P_i إلى حمولة خارجية (P_e) فإن حمولة البرغي تزداد بمقدار (ΔP_b) يساوي إلى :

$$\Delta P_b = P_c \frac{K_b}{K_b + K_c} < P_e \qquad (16\text{-}7)$$

في الحقـــيقة أن القوة الضاغطة المتخلفة في القطع الموصولة (P_c) تحسب في التصميم العملي على أساس عامل مضروب بالحمولة الخارجية (P_e) وفق العلاقة :

$$P_c = \gamma . P_e$$

وبذلك يكون :

$$P_b = P_e(1 + \gamma)$$

حيث : γ: عامل تجريبي قيمته $1{,}8 \geq \gamma \geq 0{,}2$ ويعتمد ذلك على ظروف التشغيل. فمـــثلاً في حالـــة وصـــلات الأنابيـــب ولضـــمان كـــتامة جيدة يؤخذ العامل ($\gamma = 1{,}5 - 1{,}8$) عـــندما تكون قيمة ثابت نابض البرغي (K_b) أقل بكثير من ثابت النابض للقطع الموصولة (K_c) فيمكن إهمال (K_b) وتصبح العلاقة (7-15) كالتالي:

$$P_b = P_i$$

والعلاقة (7-14) تصبح كالتالي:

$$P_i = P_c + P_e$$

وبالتالي فإن :

$$P_b = P_c + P_e$$

وهي نفس العلاقة (7-11)

إذا كان ثابت نابض للقطع الموصولة (K_c) أقل بكثير من ثابت نابض البرغي (K_b)

فيمكن إهمال (K_c) وتصبح العلاقة (7-15) كالتالي:

$$P_b = P_i + P_e$$

والعلاقة (7-14) تصبح الكتالي:

$$P_c = P_i$$

وبالتالي يكون :

$$P_b = P_c + P_e$$

وهي نفس العلاقة (7-11) كذلك.

ملاحظة : يمكن إيجاد قطر البرغي في الجزء المسنن من العلاقة التالية:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 1{,}3 P_b}{\pi \times [\sigma_t]}} \qquad (17\text{-}7)$$

إن اختـــيار $[\sigma_t]$ يختـــلف باختلاف نوع المادة وباختلاف قطر البرغي، فمن أجل الأقطار الصغيرة تأخذ قيمة لـــ $[\sigma_t]$،فللبراغي المصنوعة من الفولاذ العادي نأخذ :

$[\sigma_t] = (0{,}25 - 0{,}4)\sigma_y$: من أجل الأقطار $d_o = (16\text{-}30)$ mm

$[\sigma_t] = (0{,}4 - 0{,}6)\sigma_y$: من أجل الأقطار $d_o = (30\text{-}60)$ mm

مثال محلول 2:

يـــتم إغلاق خزان للغاز قطره الداخلي (D=40cm) وسماكته (t=2 cm) وطولـــه (120 cm) بواســـطة عدد من البراغي (8). القوة الناتجة عن ضغط الغاز (1800 Kgf). ثابـــت الـــنابض للغطاء يساوي (أربع أضعاف ثابت نابض الجسم وستة أضعاف ثابت النابض لمعدن البرغي) ويساوي (36) المطلوب إيجاد:

١- مقدار الشد على البرغي الواحد عند حدوث تسرب للغاز.

٢-مقدار ضغط الغاز داخل الخزان.

٣-مقدار القوة المؤثرة بالنهاية على البرغي.

٤-قطر البرغي اللازم استخدامه إذا كان $(d_i=0,8d_0)$ وإن $[\sigma_t] = 350 kgf/cm^2$.

الحل :

من العلاقة (14-7) :

$$P_c = P_i - P_e \frac{K_e}{K_e + K_b}$$

حيث أن : $6\,K_b = K_{c1} = 4\,K_{c2} = 36$

K_b : للبرغي.

K_{c1}: للغطاء .

K_{c2} للجسم.

$$\frac{1}{K_c} = \frac{1}{K_{c1}} + \frac{1}{K_{c2}} = \frac{1}{36} + \frac{1}{9}$$

$$= \frac{45}{36 \times 9} = \frac{15}{108} \rightarrow K_c = 7,2$$

وبالتعويض بالعلاقة (14-7) مع اعتبار أن ($P_c=0$ حدوث تسرب الغاز) يكون :

$$P_i = P_e \frac{K_c}{K_c + K_b} = 1800 \times \frac{7,2}{7,2+6} = 981 \quad Kgf$$

الشد على البرغي الواحد . $P_i' = \frac{981}{8} = 122,7 \quad Kg$

٢) مقدار ضغط الغاز داخل الخزان :

$$P = \frac{P_e}{A} = \frac{P_e . 4}{\pi . D^2} = \frac{1800 \times 4}{\pi (40)^2} = 1,433 \quad Kgf/cm^2$$

٣) القوة المؤثرة على البرغي :

$$P_b = P_e + P_c = 1800 + 0 = 1800 \quad Kgf$$

٤) قطر البرغي:

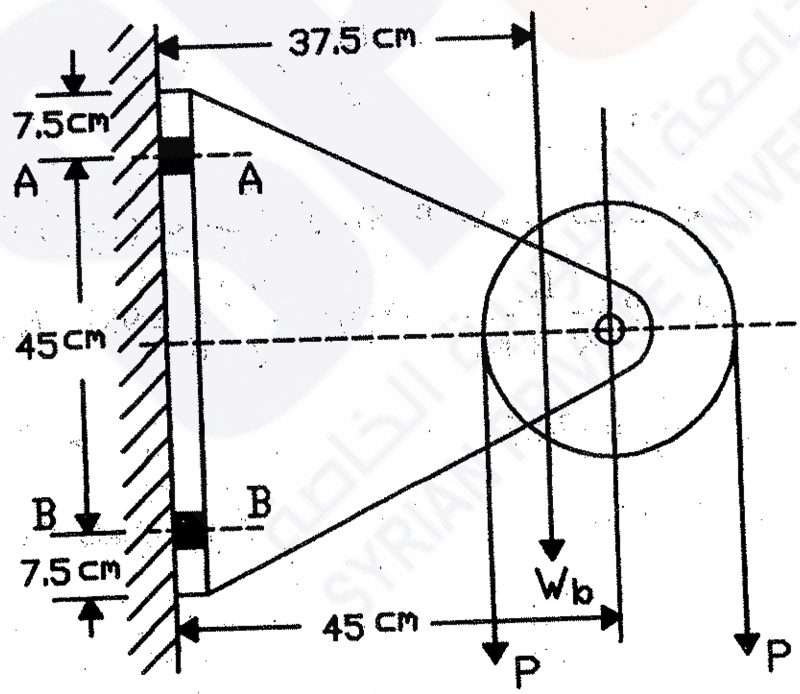
$$P`_b = \frac{1800}{8} = 225 \quad Kgf \rightarrow \sigma_t = \frac{P`_b}{\frac{\pi . d^2}{4}} \leq [\sigma_t]$$

$$d^2 \geq \frac{P`_b \times 4}{\pi[\sigma_t]} \geq \frac{225 \times 4}{\pi[360]}$$

$$d \geq 0,89 \quad cm$$

مثال محلول 3:

يـــبين الشكل بكرة مثبتة على كتف والمثبت بدوره بواسطة (4) براغي . (2) عند المســـتوي AA و (2) عند المستوي BB. وزن البكرة والكتف (90 Kg) ويرمز له بـــ W_b. أما الحمل (P) فمقداره (2250 Kg). أوجد مواصفات البراغي علماً بأن إجهاد القص النظامي ($350 \ kg/cm^2$) لمادة البرغي.



الحل:

إن الحمل الكلي على الكتف :

$$= 2\,P + W_b = 2 \times 2250 + 90 = 4590 \quad Kg$$

إجهاد القص المباشر على البراغي :

$$\tau = \frac{4590}{4\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{1474}{d^2} \quad Kg/cm^2$$

حيث: d قطر البرغي

إضافة إلى القص المباشر ، البراغي تتعرض إلى إجهاد .

بفرض (f) الحمل لوحدة البعد.

الحمل على كل برغي عند BB يساوي إلى $f \times 7,5$.

الحمل على كل برغي عند AA يساوي إلى $f \times 52,5$.

بأخذ العزوم حول نقطة الدوران حول المحور :

$$[2\times f\times (52,5)^2] = [2\times f\times (21)^2] = (90 \times 37,5)+(2\times 2250\times 45)$$

$$5512,5\, f + 882\, f = 3375 + 202,500$$

$$f = 32,2 \quad Kg$$

الحمل عند برغي عند A-A :

$$= 32,2 \times 52,2 = 1690,5 \quad Kg$$

الحمل عند كل برغي عند B-B:

$$= 32,2 \times 7,5 = 241,5 \quad Kg$$

الحمل الأعظمي على البراغي يصبح عند A-A

وإجهاد الشد عند كل برغي عند A- A

$$= \frac{19605}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{2152}{d^2}$$

إجهاد الشد الرئيسي عند كل برغي A-A:

$$= \frac{\sigma_t}{2} \pm \sqrt{(\frac{\sigma_t}{2})^2 + (\tau)^2} = \frac{2152}{2d^2} \pm \sqrt{(\frac{2152}{2d^2})^2 + (\frac{1474}{d^2})^2}$$

وبفرض $d = 0,84\ d_o$ يكون $\frac{1491}{d^2}$

وبما أن الإجهاد المسموح به $350\ Kg/cm^2$ يكون :

$$350 = \frac{1491}{d^2}$$

وبالتالي $d = 2,46\ \ cm$

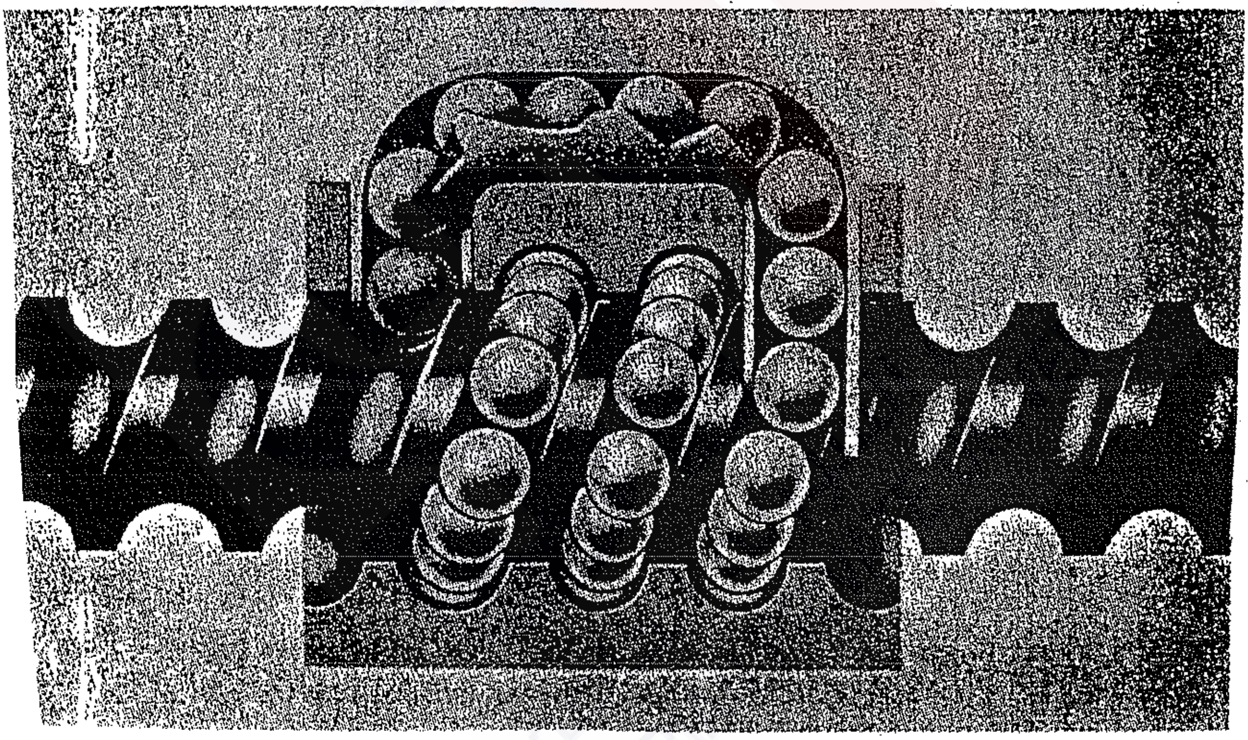
تنبيه:

ننصح الطالب بالعودة إلى الفصل الثالث عشر من هذا الكتاب حيث المسائل المحولة وغير المحلولة لمواضيع هذا الفصل.

الفصل الثامن

لوالب نقل القدرة

Power screws



تستخدم لوالب نقل القدرة لنقل الحركة بطريقة ناعمة ومتجانسة عن طريق تحويل الحركة الدورانية Rotary motion إلى حركة خطية منتظمة Uniform longitudinal motion كما في المرفاع، الصمامات، لوالب قيادة في المخرطة، لوالب ضغط، ملازم، أسرة المستشفيات، التحكم بإدارة القضبان في المفاعلات النووية وآلات اختبار الشد وكثير من الاستخدامات التي تحتاج لضبط وتوضع دقيق حيث يستفاد من هذا التحويل للحصول على نسب تخفيض عالية.

إن تصميم لولب نقل القدرة يتطلب متانة للولب على الشد أو الضغط وعلى القص سواءً للولب نفسه أو أسنانه (threads) وعدم تآكل الأسنان ويتطلب مقاومة للاحتكاك.

إن حركة لولب نقل القدرة تعتمد على وجود لولب وصامولة تملك حركة نسبية الواحد بالنسبة للآخر. ويمكن أن تكون الحركة النسبية بعدة أشكال وهي:

١- الصامولة تبقى ثابتة واللولب يدور ويتحرك محورياً بعكس القوة المعاكسة.

٢- اللولب يدور في المساند والصامولة تتحرك محورياً بعكس القوة المقاومة (المعاكسة).

٣- الصامولة تدور واللولب يتحرك محورياً بدون دوران.

يصنع اللولب عادة من الفولاذ والصامولة من النحاس أو البرونز، وحيث أن البرونز مادة مكلفة فليس ضرورياً صناعة كامل الصامولة من البرونز بل من الفولاذ أو الحديد الصب ويبطن بالبرونز بطريقة الطرد المركزي.

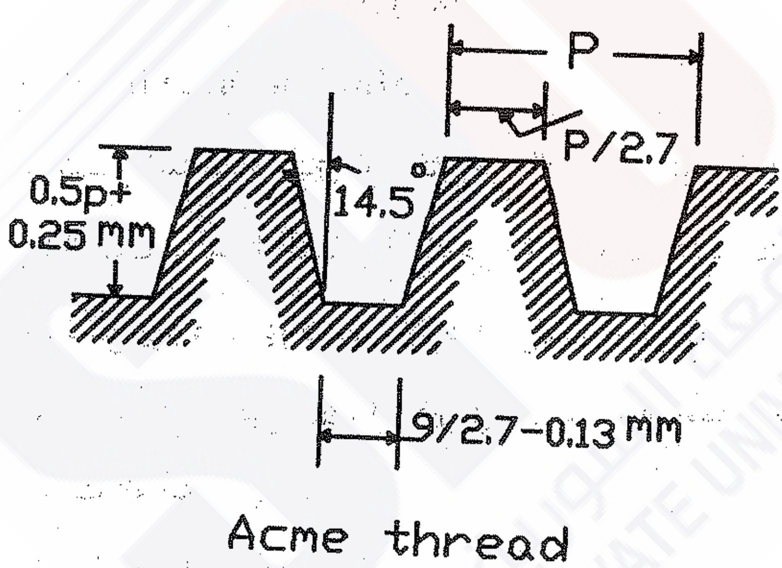
الأسنان Threads:

هناك العديد من الأسنان المستخدمة في لوالب نقل القدرة وهي:

السن على صامولته أو تعشيقها معه بسرعة خاصة إذا كانت الصامولة مشقوقة مثل صامولة قلب المخرطة.

إن الميلان البسيط في سن أكم يخفض مردود السن إلى حد ما، ولكن بالمقابل فإن المقاومة على القص تزداد لأن المساحة المعرضة للقص بهذه الحالة تكون قد ازدادت. كما إن صنع هذا السن أسهل من صنع السن المربع.

هناك مشتقات لهذا السن مثل سن أكم المبتور Stub Acme threads وهو مصمم لأجل تطبيقات حيث تكون الخطوة كبيرة والعمق قليل. وكذلك سن أكم ب- Acme.60−Th 60-deg stub



الشكل (2-8)

٤- سن بترس Buttress threads:

ويجمع هذا السن بين مزايا السن المثلث والسن المربع كما هو مبين بالشكل (3-8) ويستعمل عند نقل الحمل أو دفعه في اتجاه واحد.

في هذا السن يقع الضغط دائماً على الجانب المسطح فيقل الاحتكاك في حين أن ميل الجانب الآخر بزاوية (45°) يكسب جذر السن مقاومة للقص أفضل من السن

١- أسنان V-Threads:

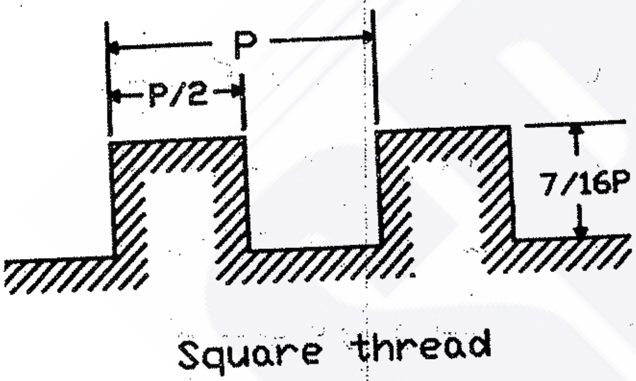
هذا النوع من الأسنان غير ملائم بشكل جيد لنقل الأحمال الكبيرة حيث مردود لولب نقل القدرة يعتمد على زاوية السن والتي بازديادها يقل المردود.

تستخدم هذه الأسنان في الأماكن حيث تكون الاستطاعة المطلوبة منخفضة وكلفة الإنتاج الاقتصادية مأخوذة بعين الاعتبار.

٢-السن المربع Square threads :

يعتبر السن المربع المبين بالشكل (8-1) نموذجي لنقل الحركة لأن مردوده الميكانيكي أعلى من السن المثلث نظراً لتوازي جوانب مقطعه حيث يقل الاحتكاك بين سن العمود والصامولة وبذلك تزداد سرعة العمود الملولب.

إن جذر السن المربع أضعف من المثلث لذا فهو غير مناسب لنقل الاستطاعات الكبيرة. ولكن يمكن تقوية العمود الملولب مع الاستفادة من مزايا السن المربع وذلك لتقليل عمق السن ليصبح ربع الخطوة في



الشكل (8-1)

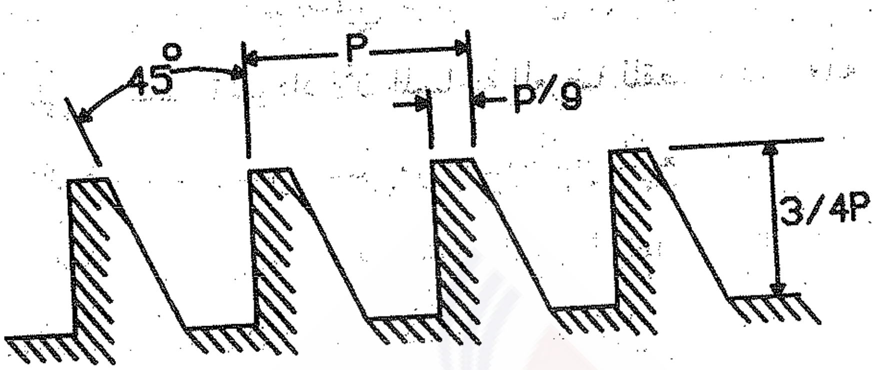
اللولب ذي البابين وبذلك يزداد قطر العمود عند جذر السن، وتوسع الخطوة لكي تزداد سرعة العمود مع تعدد الأبواب حتى لا يضعف العمود.

يكثر استعمال السن المربع بأنواعه في قلب المخرطة وأعمدة المكابس والروافع والملازم وغيرها من العدد الناقلة للحركة بواسطة اللولب.

٣- سن أكم Acme threads :

يعتبر هذا السن تعديلاً للسن المربع كما بالشكل (8-2) وهو أقدم نموذج لأسنان لوالب نقل القدرة وقد تطور واستخدم مع آلات القطع. يسهل تركيب

المربع. كما إن مردود هذا السن أعلى من مردود السن المربع كذلك، يستعمل سن بترس في ميكانيزم الإغلاق للمدافع الكبيرة والمسدسات.



Buttress thread

الشكل (3-8)

٥– الأسنان المتعددة: Multiple threads

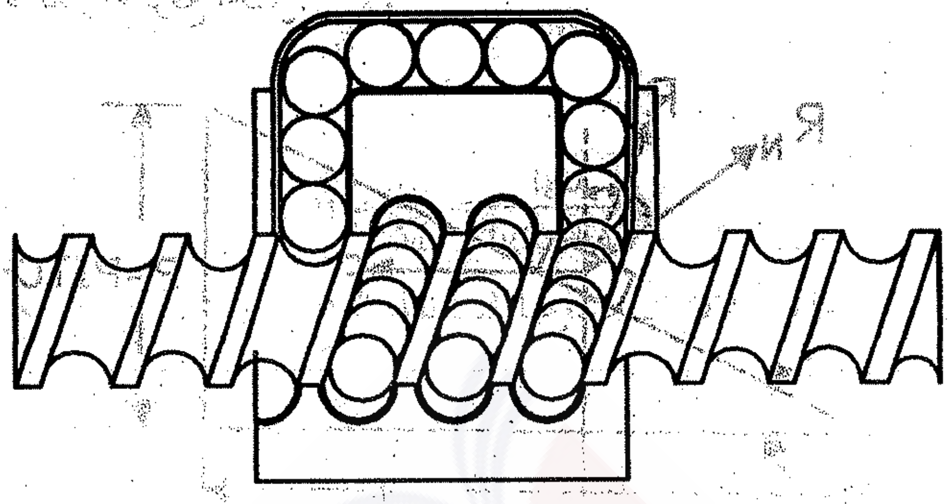
مـــن الممكـــن استخدام اثنين أو أكثر من الأسنان المتوازية بهدف تخفيض معـــدل دوران اللوالـــب بالنسبة للصامولة المتحركة وتسبب هذه الطريقة انخفاض الفائدة الميكانيكية ولكن يزداد المردود نظراً لازدياد زاوية الحلزون.

في الأســـنان المتعددة يكون الدليل Lead أكبر في الأسنان الناعمة والمردود عالياً، وتستعمل في السرعات العالية للآلات.

٦–لوالب الكرات Ball-rounol threads:

هذا نوع خاص من الأسنان حيث تستخدم كرات بين اللوالب والصامولة كمـــا بالشكل (4-8) وذلك لتقليل الاحتكاك وهذا يزيد المردود إلى 90%، ويؤمن كذلك توضع دقيق.

يـــتألف هـــذا الـــنوع من اللوالب من أسنان ذات شكل دائري وكذلك الصامولة، حيث يزود كل من اللولب والصامولة بأخاديد لها نفس المقطع الدائري وتجري بينهما مجموعة كبيرة من الكرات الملساء والتي يتناسب حجمها مع الأحمال المنقولة عن طريق هذا اللولب.



Ball-bearing screw and nut

الشكل (4-8)

مردود اللوالب ذوات السن المربع:

لأن حركة الصامولة على اللولب بعكس محور الحمل، وبدوران اللولب، سنلاحظ أن حركة الصامولة على اللولب مشابهة لحركة الوزن على المستوى المائل.

إن الحمـــل عـــلى الصامولة سوف ينتقل إلى اللولب كحمل موزع علي سطح الأسنان المتصلة بالصامولة. ولتبسيط الأمر يمكن اعتبار الحمل الموزع سيرتكز عند نقطة على محيط السن الرئيسي.

من الشكل (ا 5-8)

وبفرض : α : زاوية حلزون السن

P: خطوة السن.

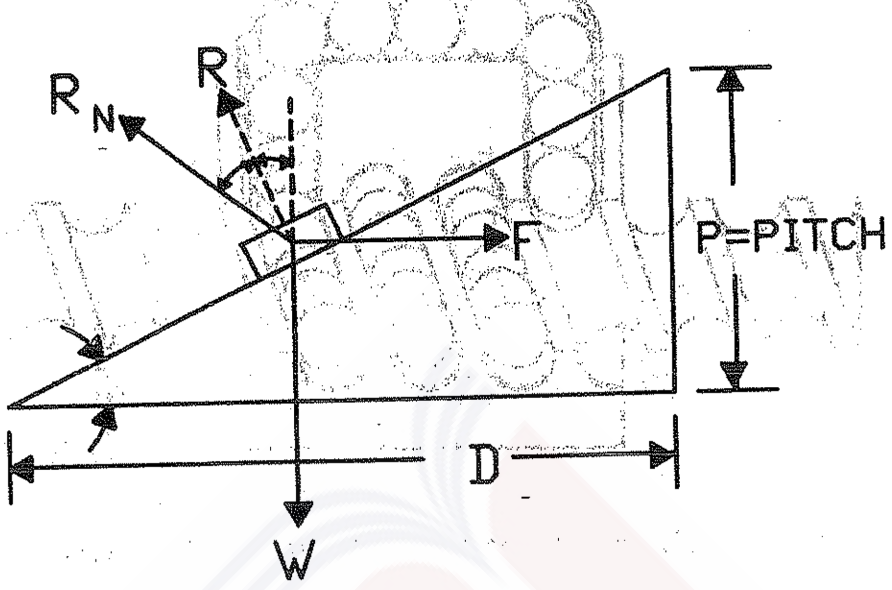
D: القطر المتوسط للولب

$$tg\alpha = \frac{P}{\pi D}$$

$\mu = tg\phi$: عامل احتكاك السن

ϕ : زاوية الاحتكاك

F: القوة اللازمة لرفع الحمل.



Forces on threaded screws

الشكل (8-5)

في حال السكون، يكون اتجاه الحمل على السن عامودي على سطح السن (R).

عندما يدور اللولب فإن الصامولة تتحرك عكس حملها الخارجي (W). عندئذٍ فإن خط تأثير (R) سوف يدور عبر زاوية الاحتكاك (ϕ) إلى (R_N).

من توازن القوى يكون :

$$W = R_n \cos(\alpha + \phi)$$
$$F = R_n \sin(\alpha + \phi)$$
$$F = W tg(\alpha + \phi)$$

العزم المطلوب للدوران M يساوي إلى :

$$M = F \times \frac{D}{2} = \frac{WD}{2} tg(\alpha + \phi)$$

القوة اللازمة لتخفيض الحمل:

$$= W tg(\phi - \alpha)$$

لنفرض إن M_i عزم الدوران المثالي اللازم لرفع الحمل عند $\mu = o$ (لا يوجد احتكاك)

$$M_i = \frac{WD}{2} tg\alpha$$

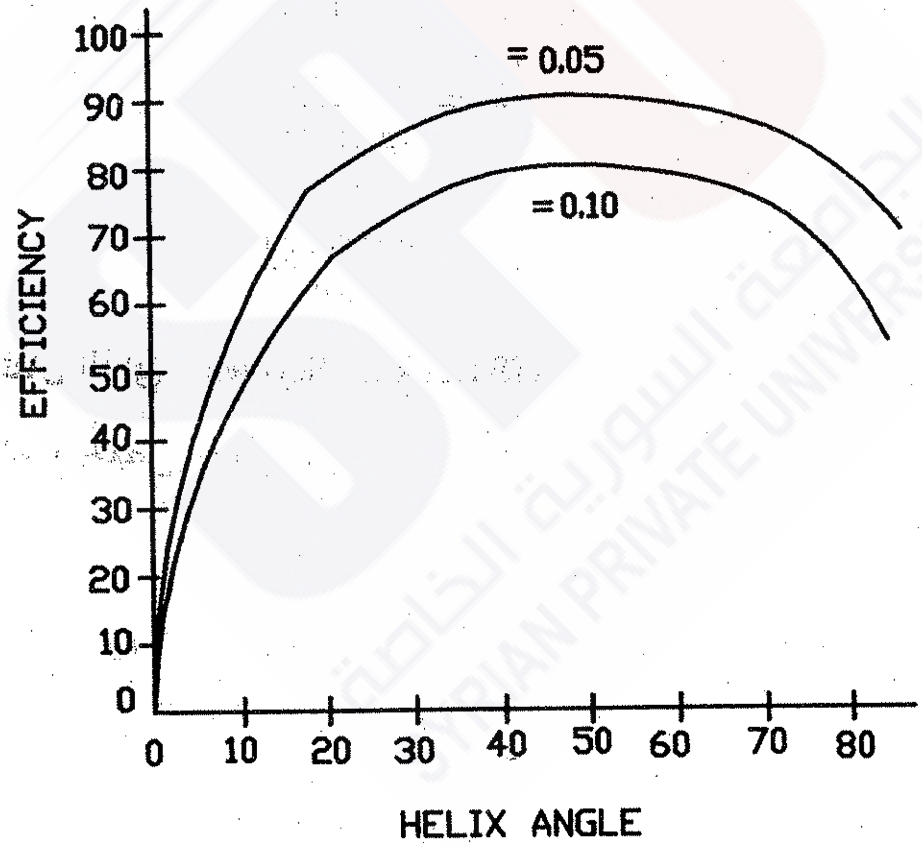
والمردود:

$$\eta = \frac{M_i}{M} = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\phi)}$$

ونلاحـــظ من هذه العلاقة أن مردود لولب نقل القدرة ذي السن المربع يعتمد على زاوية الحلزون (α) وزاوية الاحتكاك (ϕ).

عندما $\frac{d\eta}{d\alpha} = 0$ يكون المردود أعظمياً ويحدث غالباً عند الزاوية $(\alpha = 45^o)$

$$\eta_{max} = \frac{1 - tg\phi}{1 + tg\phi}$$



الشكل (6-8)

إن المنحني المبين بالشكل (6-8) يمثل مردود لولب نقل القدرة بدلالة زاوية الحلزون (α)، ونلاحـــظ من هذا المخطط أن η يزداد بسرعة حتى $(\alpha \approx 20^o)$ ثم يصبح

الزيادة بطيئة حتى (50^0) تقريباً. وفي الحقيقة ليس مستحسناً زيادة الزاوية (α) عن (30^0).

ولجعـــل اللولـــب ذاتي القفل Self-locking فيجب أن تكون زاوية الحلزون أقل بهدف إقلال توتر قوة الاحتكاك الكافي لمنع الحركة من الانعكاس.

الأسنان الزاوية أو V: Angular or V thread :

في هذه الحالة يكون الحمل العمودي مائلاً على محور الحمل ويكون أكبر من حالة السن المربع. إن قوة الاحتكاك ستكون متوافقة بالزيادة وشرط الاحتكاك سوف يقسم على $\cos\beta$ (حيث β = نصف الزاوية المحصورة للسن).

$$M = \frac{WD}{2}\,\frac{tg\alpha + tg\phi \sec\beta}{1 - tg\alpha . tg\phi . \sec\beta}$$

$$= \frac{WD}{2}\,\frac{tg\alpha + \mu \sec\beta}{1 - \mu tg\alpha \sec\beta}$$

$$\eta = \frac{tg\alpha(1 - \mu tg\alpha \sec\beta)}{tg\alpha + \mu \sec\beta}$$

لوالب الإقفال الذاتي : Seff-Locking Screws

إن معادلة العزم لخفض الحمل هي :

$$M = \frac{WD}{2}\,tg(\phi - \alpha)$$

إذا كـــان ($\alpha > \phi$) أي معـــامل الاحتكاك بين اللولب والصامولة صغيراً أو زاوية الحلزون أكبر، عندئذ العزم المطلوب لخفض الحمل يكون سالباً.

إن الجهـــد يجـــب أن يطـــبق على اللولب لمقاومة انحدار الحمل، مثل هذا الشرط معروف بفحص اللولب.

إذا كـــان ($\phi > \alpha$) فإن عزم الدوران يجب أن يكون إيجابياً وهذا يشير إلى ضرورة تطبيق قوة لخفض الحمل. مثل هذا اللولب يدعى بلولب ذاتي القفل.

إذن عندما $(\phi > \alpha)$ (حالة الإقفال الذاتي) يكون:

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha+\phi)}$$

$$\eta < \frac{tg\alpha}{tg(\phi+\phi)}$$

$$< \frac{tg\phi}{tg2\phi}$$

$$< \frac{tg\phi(1-tg^2\phi)}{2tg\phi}$$

$$< \frac{1-tg^2\phi}{2}$$

η يجب أن يكون أقل من 50%

الطوق الاحتكاكي Collar Friction

تنتج القوة المحورية (W) عادة على اللولب بواسطة الصامولة وتقاوم بطوق أو ما يكافئه. لذلك فإن عزم الدوران سيكون ضرورياً للتغلب على الاحتكاك عند الطوق.

إن عـــزم الدوران الاحتكاكي للطوق يمكن حسابه بافتراض أن القوة الاحتكاكية على الطوق تعمل على القطر المتوسط (مع اعتبار أن معدل التآكل واحد)

إن القطر للطوق الاحتكاكي (D_c) يستخدم لتحديد عزم الدوران اللازم:

$$= \frac{D_1 + D_2}{2}$$

(وبافتراض تجانس الضغط) P = cte

$$D_c = \frac{4}{3}\frac{r_1^3 - r_2^3}{r_1^2 - r_2^2}$$

ملاحظة: راجع بحث القوابض الاحتكاكية.

r_1: نصف قطر للطوق

r_2: نصـــف قطـــر الفتحة كما هو مبين بالشكل (7-8).

إذن العزم للطوق الاحتكاكي :

$$= \frac{\mu_o . W}{2} \frac{D_1 + D_2}{2}$$

حيـــث μ_o: معامل الاحتكاك بين الطوق والمسند.

ويكون العزم الكلي المطلوب لرفع الحمل:

$$M = W\frac{D}{2} tg(\alpha + \phi) + \mu_o . W \frac{D_1 + D_2}{4}$$

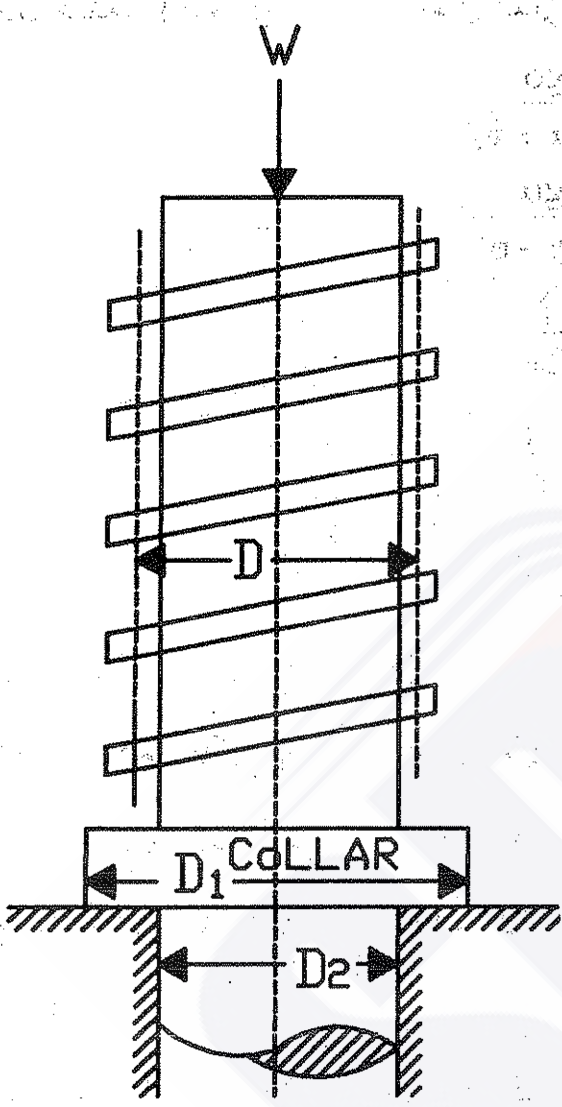
(بافتراض أن السن مربع) .

العمـــل المعطى لرفع الحمل (خلال دورة كاملة واحدة للولب):

$$= 2\pi M$$

$$= WD\pi tg(\alpha + \phi) + \mu_c \pi W \frac{D_1 + D_2}{2}$$

إن العمل المفيد المبذول :



Screw ancoldlar for screw Jack

الشكل (7-8)

$$= W \times P$$

$$\eta = \frac{WP}{WD\pi tg(\alpha + \phi) + \mu_c \pi W (\frac{D_1 + D_2}{2})}$$

وبما أن :

$$P = \pi D tg\alpha \leftarrow tg\alpha = \frac{P}{\pi D}$$

وباعتبار $tg\phi = \mu$ وبإهمال احتكاك الطوق يكون:

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg(\alpha + \phi)}$$

خطوات تصميم لوالب القدرة ولوالب المرفاع (Jaks) :

يصـــمم لولب نقل القدرة ليتمكن من تحمل الحمل المحوري والذي سيولد إجهـــادات يمكن أن تكون إجهادات ضغط أو شد وهذا يعتمد على طريقة تثبيت اللولـــب والاســـتطاعة المنقولة. يتعرض اللولب بالإضافة لذلك إلى إجهادات قص ناتجـــة عن عزم الالتواء، قص على الأسنان، ضغط على سطح السن الذي يجب أن يبقى ضمن الحدود المسموح بها.

عـــندما يكون الحمل المحوري (W) حمل ضغط، ويكون طول اللولب (غير المدعم) بين الحمل والصامولة قصيراً، فيمكن عندها استخدام بعض عوامل الأمان المعقولة.

يمكن حساب القطر المركزي من العلاقة:

$$W = \frac{\pi D_i^2}{4} \times \sigma_t$$

أما إذا كان الطول (غير المدعم) للولب كبيراً، عندئذ يكون القطر المحسوب سابقاً يحتاج إلى تدقيق بافتراض شروط مناسبة للنهاية بتطبيق العلاقة:

$$W = \frac{\pi D_i^2}{4} \sigma_c \left[1 - \frac{\sigma_y (\frac{L}{k})^2}{4K\pi^2 E} \right]$$

حيث:

σ_y: إجهاد الخضوع.

σ_c:الإجهاد الناتج عن الحمل (W) مباشرة على اللولب.

L: طول اللولب.

k: نصف القطر الأصغري للدوران.

K: ثابت يتعلق بالنهايات.

E: معامل المرونة.

يمكـــن معرفة قيمة القطر المركزي من جداول خاصة تعطي بعض المواصفات للسن المربع أو شبه المنحرف (القطر المركزي، القطر الاسمي، الخطوة).

والجـــدول رقـــم (21) يعطي هذه المواصفات للسن شبه منحرف /أكم. كما أن الجدول التالي يعطي رقم الأمان لضغط الاستناد:

Service	Material		Safe bearing pressure kg/sq.cm	Rubbing Speed
	Screw	Nut		
Hand press	Steel	Bronze	175-225	Low speed, Well lubricated
Jack screw	Steel	C.I.	125-175	Low speed < 2.5m/m
Jack screw	Steel	Bronze	110-175	Low spped < 3m/n
Hoisting screw	Steel	C.I	40-70	Med. Speed 6-12m/m
Hoisting screw	Steel	Bronze	55-100	Med.speed 6-12m/m
Lead screw	Steel	Bronze	10-15	High speed > 15 m/m

يمكن الحصول على زاوية الحلزون (α) من العلاقة:

$$\alpha = tg^{-1}(\frac{L}{\pi D})$$

حيث L: الدليل.

إن العزم اللازم للتغلب على الاحتكاك عند السن (M):

$$M = W\frac{D}{2}tg(\alpha + \phi)$$

$tg\phi = \mu$ معامل الاحتكاك

أما إجهاد القص فيعطى بالعلاقة:

$$\tau = \frac{16M}{\pi D_i^3}$$

ويمكن الحصول على إجهاد القص الأعظمي النظري من العلاقة: