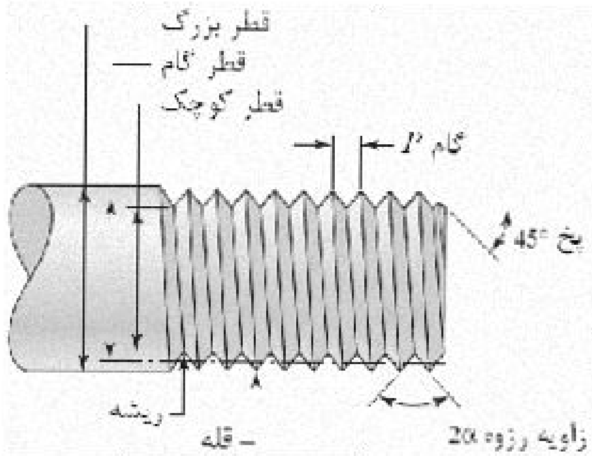
فصل ششم: طراحی پیچ‌ها

تعاریف و استانداردهای رزوه



××

گام پیچ (Pitch): فاصله بین قله‌های دو رزوه مجاور است که موازی با محور رزوه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. گام را با P نشان می‌دهیم.

قطر بزرگ (Major diameter):

قطر کوچک یا ریشه (Minor or root diameter): کوچکترین قطر یک رزوه پیچ است و با d_r نشان داده می‌شود.

قطر گام (pitch diameter): قطری تئوری مابین قطر بزرگ و کوچک است و با d_p نشان داده می‌شود.

××

همه رزوه‌ها مطابق با قانون دست راست ساخته می‌شوند مگر اینکه خلاف آن گفته شود.

پیشروی (Lead):

برای یک پیچ تک رزوه‌ای (Single thread) پیشروی با گام برابر است.

پیشروی پیچ دو رزوه‌ای (Double thread) دو برابر گام آن است.

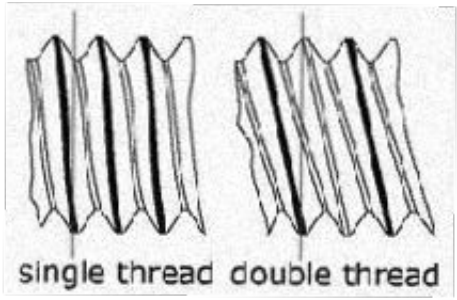
در کل برای پیچ n-رزوه‌ای داریم:

(۶-۱)

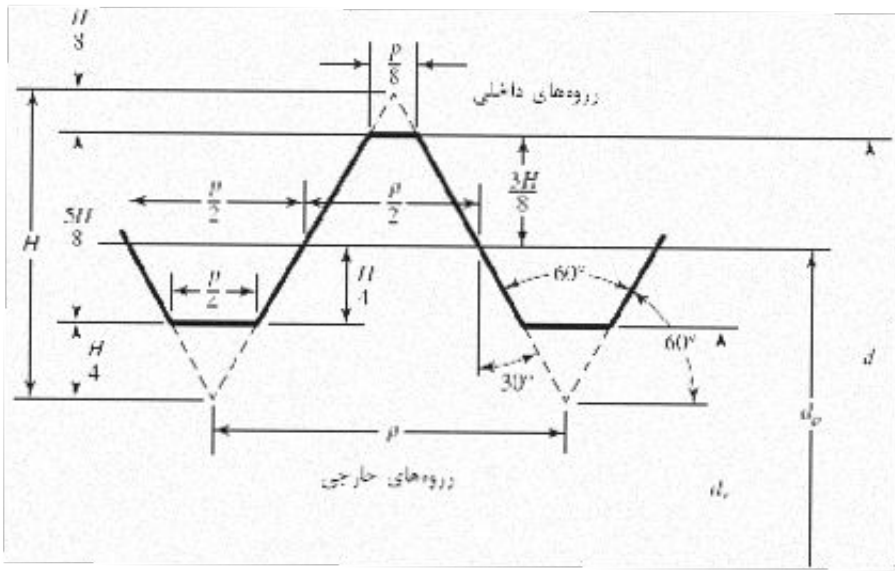
××

پیچ چند رزوه‌ای (Multiple thread)

دو یا چند برش رزوه در کنار هم دارد.



هندسه رزوه برای پروفیل متریک M



قطر و مساحت رزوه‌های متریک درشت گام و ریز گام

	مجموعه درشت گام			مجموعه ریز گام		
قطر بزرگ نامی d	گام p	سطح مقطع تنش کششی A_t	سطح مقطع قطر کوچک A_r	گام p	سطح مقطع تنش کششی A_t	سطح مقطع قطر کوچک A_r
۱/۶	۰/۳۵	۱/۲۷	۱/۰۷			
۲	۰/۴	۲/۰۷	۱/۷۹			
۲/۵	۰/۴۵	۳/۳۹	۲/۹۸			
۳	۰/۵	۵/۰۳	۴/۴۷			
۳/۵	۰/۶	۶/۷۸	۶/۰۰			
۴	۰/۷	۸/۷۸	۷/۷۵			
۵	۰/۸	۱۴/۲	۱۲/۷			
۶	۱	۲۰/۱	۱۷/۹			
۸	۱/۲۵	۳۶/۶	۳۲/۸	۱	۳۹/۲	۳۶/۰
۱۰	۱/۵	۵۸/۰	۵۲/۳	۱/۲۵	۶۱/۲	۵۶/۳

۱۲	۱/۷۵	۸۴/۳	۷۶/۳	۱/۲۵	۹۲/۱	۸۶/۰
۱۴	۲	۱۱۵	۱۰۴	۱/۵	۱۲۵	۱۱۶
۱۶	۲	۱۵۷	۱۴۴	۱/۵	۱۶۷	۱۵۷
۲۰	۲/۵	۲۴۵	۲۲۵	۱/۵	۲۷۲	۲۵۹
۲۴	۳	۳۵۳	۳۲۴	۲	۳۸۴	۳۶۵
۳۰	۳/۵	۵۶۱	۵۱۹	۲	۶۲۱	۵۹۶
۳۶	۴	۸۱۷	۷۵۹	۲	۹۱۵	۸۸۴
۴۲	۴/۵	۱۱۲۰	۱۰۵۰	۲	۱۲۶۰	۱۲۳۰
۴۸	۵	۱۴۷۰	۱۳۸۰	۲	۱۶۷۰	۱۶۳۰
۵۶	۵/۵	۲۰۳۰	۱۹۱۰	۲	۲۳۰۰	۲۲۵۰
۶۴	۶	۲۶۸۰	۲۵۲۰	۲	۳۰۳۰	۲۹۸۰
۷۲	۶	۳۴۶۰	۳۲۸۰	۲	۳۸۶۰	۳۸۰۰
۸۰	۶	۴۳۴۰	۴۱۴۰	۱/۵	۴۸۵۰	۴۸۰۰
۹۰	۶	۵۵۹۰	۵۳۶۰	۲	۶۱۰۰	۶۰۲۰
۱۰۰	۶	۶۹۹۰	۶۴۷۰	۲	۷۵۶۰	۷۴۷۰
۱۱۰				۲	۹۱۸۰	۹۰۸۰

xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

تعاریف و استانداردهای رزوه

آزمون‌ها نشان داده‌اند استحکام کششی میله بدون رزوه‌ای که دارای مساحت A_t است با استحکام کششی میله رزوه شده برابر است.

A_t را سطح مقطع تنش کششی (tensile-stress area) می‌نامیم.

مقادیر A_t در جدول لیست شده‌اند.

قطر سطح A_t برابر میانگین قطر گام و قطر کوچک رزوه پیچ می‌باشد.

xxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

بنابراین M12×1.75 نشان دهنده یک رزوه (پیچ) متریک است که قطر بزرگ نامی آن 12 میلی‌متر و گام آن 1.75 میلی‌متر است.

حرف M که قبل از قطر می‌آید نشان می‌دهد که از استاندارد متریک استفاده می‌کنیم.

××

مشخصات استحکام پیچ و مهره

مشخصه استحکام پیچ‌های متریک استاندارد بصورت جدول برای کلاس‌های مختلف پیچ ارائه می‌شود.

شماره کلاس پیچ و مهره را می‌توان از حکاکی سر آن‌ها تعیین نمود.

معمولاً کلاس‌های 4.6 و 4.8 تنها برای اتصالات کم اهمیت استفاده می‌شوند.

اصطلاحات بار گواه و استحکام گواه کاربرد زیادی برای پیچ‌ها دارد.

بار گواه یک نیروی محوری است که پیچ می‌تواند تحمل کند بدون آنکه در آن تغییر شکل دائم ایجاد شود.

استحکام گواه با تقسیم بار گواه بر سطح مقطع کششی پیچ بدست می‌آید.

××

مشخصه استحکام پیچ‌های متریک استاندارد در جدول زیر آمده است.

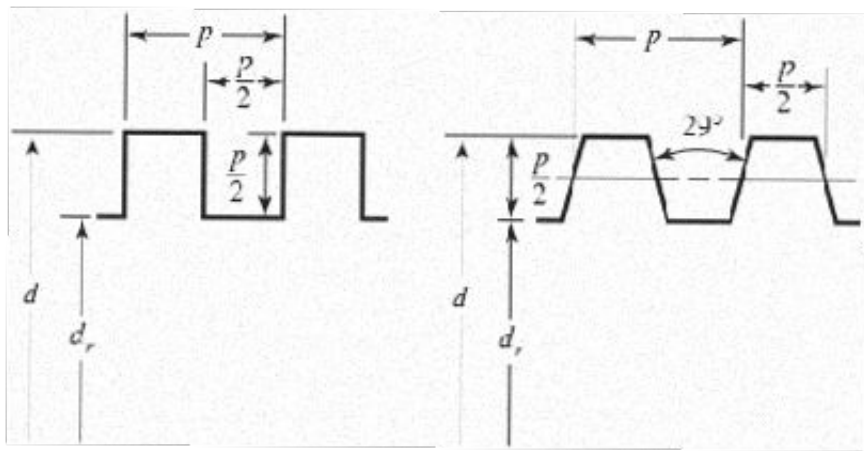
Property Class	Size Range, Inclusive	Minimum Proof Strength,† MPa	Minimum Tensile Strength,† MPa	Minimum Yield Strength,† MPa	Material	Head Marking
4.6	M5–M36	225	400	240	low or medium carbon	4.6
4.8	M1.6–M16	310	420	340	low or medium carbon	4.8
5.8	M5–M24	380	520	420	low or medium carbon	5.8
8.8	M16–M36	600	830	660	Medium carbon, Q&T	8.8
9.8	M1.6–M16	650	900	720	Medium carbon, Q&T	9.8
10.9	M5–M36	830	1040	940	low-carbon martensite, Q&T	10.9
12.9	M1.6–M36	970	1220	1100	Alloy, Q&T	12.9

مکانیک پیچ های توان Power Screw

پیچ توان ابزاری است که برای تبدیل حرکت زاویه‌ای به حرکت خطی و عموماً برای انتقال توان در ماشین‌آلات به کار می‌رود.

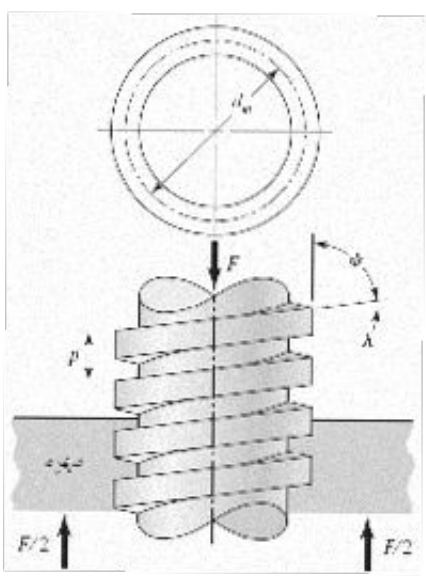
از کاربردهای آشنای پیچهای توان جکها، پرسها، گیره‌های نجاری و پیچ پیشروی ماشین تراش قابل ذکرند.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx



رزوه ذوزنقه‌ای Acme thread رزوه مربعی Square thread

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx



مشخصات پیچ: قطر میانگین d_m ، گام P ، زاویه پیشروی λ

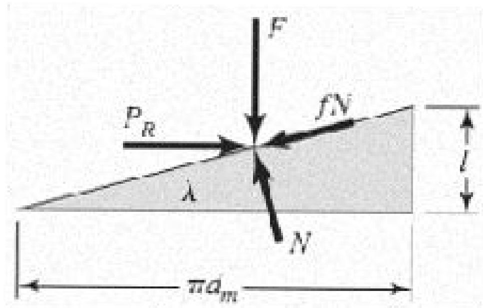
زاویه مارپیچ ψ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

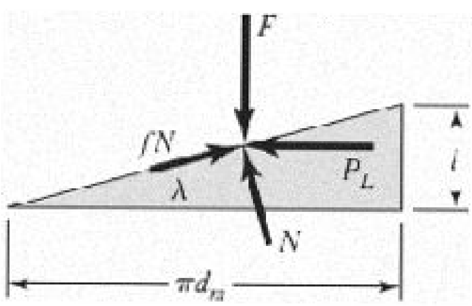
می‌خواهیم مقدار گشتاور پیچشی مورد نیاز برای بالا بردن این نیرو و مقدار گشتاور پیچشی مورد نیاز برای پایین آوردن این نیرو را به دست آوریم.

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

ابتدا فرض کنید یک رزوه منفرد از پیچ را که دقیقاً مربوط به یک دور پیچ است مطابق شکل باز کنیم.



بالا بردن F



پایین آوردن F

×××

مطابق شکل برای بالابردن بار، نیروی P_R باید به سمت راست وارد شود.

اما برای پایین بردن بار، نیروی P_L باید به سمت چپ وارد گردد.

نیروی اصطکاک هم برابر با ضرب ضریب اصطکاک f با نیروی عمودی N است و بر خلاف جهت حرکت وارد می‌آید.

×××

با نوشتن معادلات تعادل برای بالا بردن بار داریم:

$$\sum F_H = P_R - N\sin\lambda - f\,N\cos\lambda = 0 \qquad \text{(الف)}$$

(ب)

×××

بطور مشابه برای پایین آوردن بار داریم:

$$\sum F_H = -P_L - N\sin\lambda + f\,N\cos\lambda = 0 \qquad \text{(ج)}$$

(د)

×××

با حل معادلات (الف) تا (د) نیروی P به دست می‌آید.

برای بالا بردن بار خواهیم داشت:

(۶-۲)

و برای پایین آوردن بار:

$$P_L = \frac{F(f\cos\lambda - \sin\lambda)}{\cos\lambda + f\sin\lambda} \qquad (۶-۳)$$

××

اگر صورت و مخرج کسر را بر $\cos\lambda$ تقسیم کرده و از رابطه $\tan\lambda = l/\pi d_m$ استفاده کنیم به دست می‌آید:

(۶-۴)

$$P_L = \frac{F(f - (l/\pi d_m))}{1 + (fl/\pi d_m)} \qquad (۶-۵)$$

××

از آنجا که گشتاور پیچشی برای بالابردن بار برابر ضرب نیروی P_R و شعاع میانگین $d_m/2$ است برای بالابردن بارخواهیم داشت:

(۶-۶)

در این رابطه T_R گشتاورمورد نیاز برای دو هدف است: غلبه بر اصطکاک رزوه و بالا بردن بار

××

به همین ترتیب گشتاور مورد نیاز برای پایین بردن بار برابر است با:

(۶-۷)

T_L گشتاور مورد نیاز برای غلبه بر بخشی از اصطکاک در پایین آوردن بار است.

گاهی پیشروی آنقدر بزرگ و اصطکاک آنقدر کوچک است که نیرو بدون هیچ تلاش خارجی پیچ را وادار به چرخش کرده و خود را پایین می‌آورد.

××

در چنین شرایطی T_L در معادله (۶-۷) صفر یا منفی خواهد بود.

وقتی گشتاور به دست آمده از معادله (۶-۷) مثبت باشد پیچ را خود قفل می‌نامیم.

بنابراین شرط خود قفلی عبارت است از:

(۶-۸)

حال دو طرف این معادله را بر πd_m تقسیم می‌کنیم. چون $l/\pi d_m$ برابر $\tan\lambda$ است بدست می‌آید:

(۶-۹)

این معادله می‌گوید خودقفلی وقتی به دست می‌آید که ضریب اصطکاک رزوه بزرگتر از تانژانت زاویه پیشروی رزوه باشد.

××

برای ارزیابی عملکرد پیچهای توان از بازده استفاده می‌کنیم.

اگردر رابطه به دست آمده برای T_R مقدار $f = 0$ قرار دهیم خواهیم داشت:

(۶-۱۰)

چون اصطکاک رزوه را حذف کردیم T_0 گشتاور مورد نیاز صرفاً برای بالا بردن بار (بدون اصطکاک) خواهد بود.

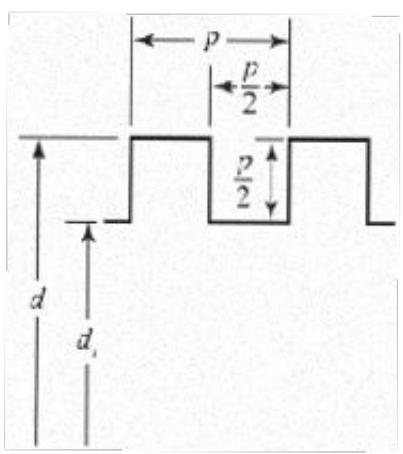
بنابراین بازده به این صورت تعریف می‌گردد:

(۶-۱۱)

××

مثال (۶-۱)

یک پیچ توان مربعی دو رزوه‌ای دارای قطر بزرگ 32 میلی‌متر و گام 4 میلی‌متراست. اگر ضریب اصطکاک 0.08 و F=6.4kN باشد: (الف) عمق رزوه، پهنای رزوه، قطر میانگین یا گام، قطر کوچک و پیشروی را بیابید. (ب) گشتاور پیچشی مورد نیاز برای چرخاندن پیچ مخالف نیرو را بیابید. (ج) گشتاور پیچشی مورد نیاز برای چرخاندن پیچ همراه (همجهت) با نیرو را بیابید.



××

حل: با توجه به شکل عمق و پهنای رزوه مساوی هم و برابر نصف گام یعنی 2mm هستند.

$$d_m = d - \frac{p}{2} = 32 - 2 = 30\,\text{mm}$$

$$d_r = d - p = 32 - 4 = 28\,\text{mm}$$

ضمناً:

$$l = n \times p = 2 \times 4 = 8\,\text{mm}$$

(ب) گشتاور پیچشی برای چرخاندن پیچ برخلاف بار برابر است با:

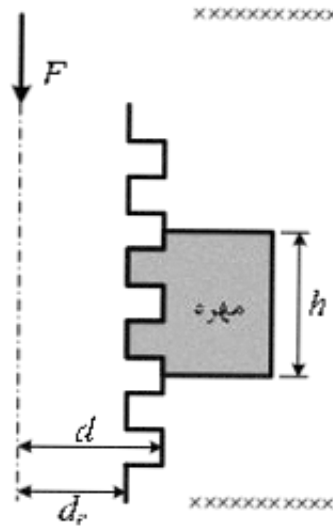
$$T_R = \frac{Fd_m}{2}\left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l}\right) = \frac{6.4\times10^{3}\times30\times10^{-3}}{2}\times\left(\frac{8+\pi\times0.08\times30}{\pi\times30-0.08\times8}\right) = 1.504\,\text{N.m}$$

(ج) گشتاور مورد نیاز برای چرخاندن پیچ با کمک بار (همراه با بار) همان گشتاور مورد نیاز برای پایین آوردن بار برابر است با:

$$T_L = \frac{Fd_m}{2}\left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + f l}\right) = \frac{6.4\times10^{3}\times30\times10^{-3}}{2}\times\left(\frac{\pi\times0.08\times30-8}{\pi\times30+0.08\times8}\right) = -0.466\,\text{N.m}$$

نکته: منفی به این معناست که پیچ به تنهایی خودقفل نبوده و در اثر اعمال نیرو خودبخود خواهد چرخید.

طراحی پیچ و مهره



با فرض اینکه بار F به طور یکنواخت روی ارتفاع مهره یعنی h توزیع شده است

تنش برشی متوسط در رزوه پیچ برابر است با:

(۶-۱۲)

در این رابطه به جای S_{sy} باید استحکام تسلیم برشی پیچ را قرار دهیم.

تنش برشی در رزوه مهره هم برابر است با:

(۶-۱۳)

در این رابطه به جای S_{sy} باید استحکام تسلیم برشی مهره را قرار دهیم.

تنش فشاری هم که می‌تواند سبب لهیدگی رزوه پیچ و مهره شود برابر است با:

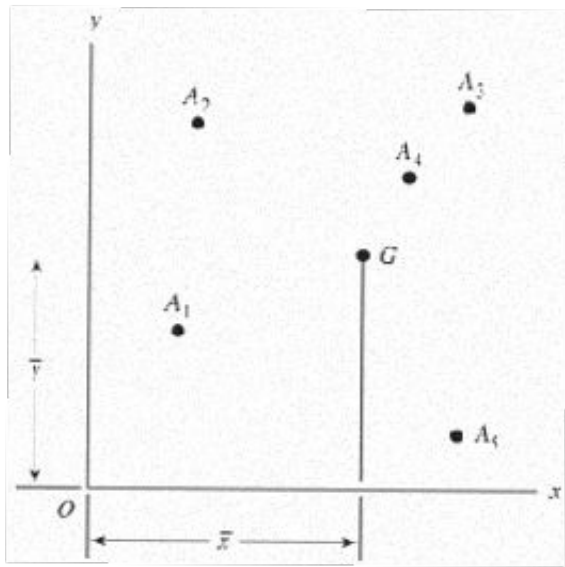
(۶-۱۴)

h/p تعداد دندانه‌های درگیر رزوه را می‌دهد.

در این رابطه به جای S_y باید مینی‌موم استحکام تسلیم فشاری پیچ و مهره را قرار دهیم.

××

بارگذاری خارج از مرکز روی پیچ



مرکزوار مجموعه پیچ‌ها با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

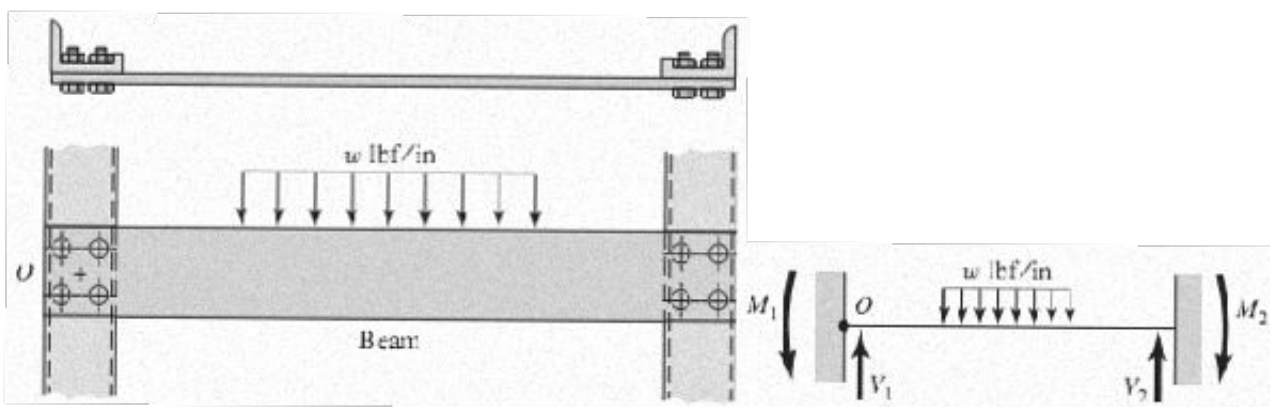
$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2 + A_3x_3 + A_4x_4 + A_5x_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = \frac{\sum_1^n A_i x_i}{\sum_1^n A_i}$$

(۶-۱۵)

$$\bar{y} = \frac{A_1y_1 + A_2y_2 + A_3y_3 + A_4y_4 + A_5y_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5} = \frac{\sum_1^n A_i y_i}{\sum_1^n A_i}$$

××

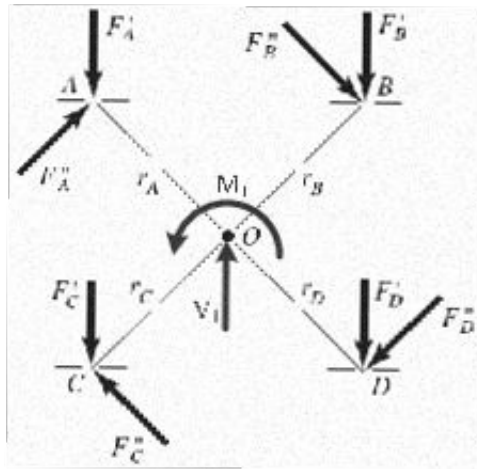
نمونه‌ای از بارگذاری خارج از مرکز روی پیچ‌ها به همراه دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر هر مجموعه پیچ در شکل نشان داده شده است.



××

تصویر بزرگ شده مراکز پیچ‌ها در یک انتهای تیر در شکل آمده است.

اگر پیچ‌ها دارای قطر مساوی باشند نقطه O مرکزوار مجموعه پیچ‌ها خواهد بود.



نیروی کل وارد بر هر پیچ را در سه مرحله حساب می‌کنیم.

در مرحله اول بار برشی F' را به تساوی بین n پیچ موجود تقسیم می‌کنیم

××

به این ترتیب هر پیچ نیروی $F'=V_1/n$ را تحمل می‌کند.

F' را بار مستقیم یا برش اولیه می‌نامند.

بار گشتاور یا برش ثانویه F'' ، بار برشی اضافی وارد بر پیچ در اثر گشتاور M_1 است.

با توجه به شکل داریم:

(۶-۱۶)

نیروی وارد بر هر پیچ بستگی به فاصله شعاعی آن از مرکزوار دارد.

یعنی دورترین پیچ از مرکزوار بیشترین نیرو و نزدیکترین پیچ به مرکزوار کمترین نیرو را تحمل می‌کند.

××

بنابراین می‌توان نوشت:

(۶-۱۷)

با حل همزمان این دو معادله بدست می‌آید:

(۶-۱۷)

در این رابطه زیرنویس n به پیچی اشاره دارد که می‌خواهیم بار وارد بر آن را حساب کنیم.

در مرحله سوم نیروی برآیند ناشی از نیروی مستقیم و نیروی گشتاور با جمع برداری F' و F'' برای هر پیچ بدست می‌آید.

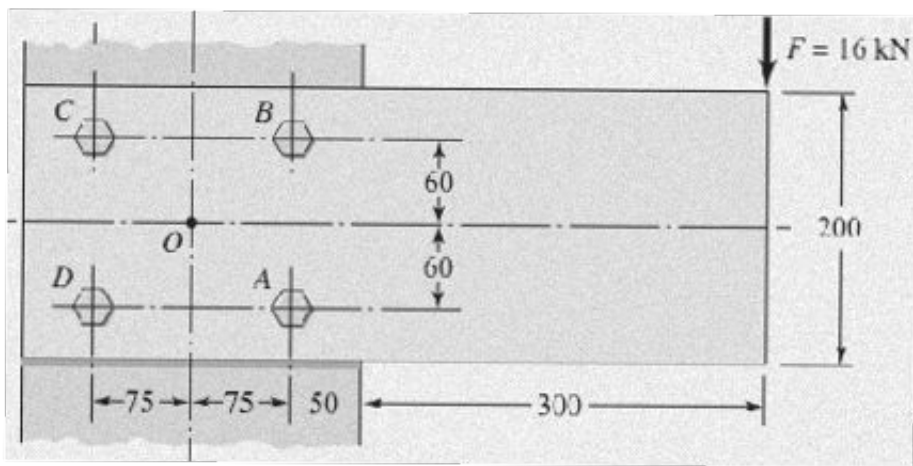
البته یافتن نیروی برآیند تنها در بحرانی‌ترین پیچ برای طراحی کفایت می‌کند.

××

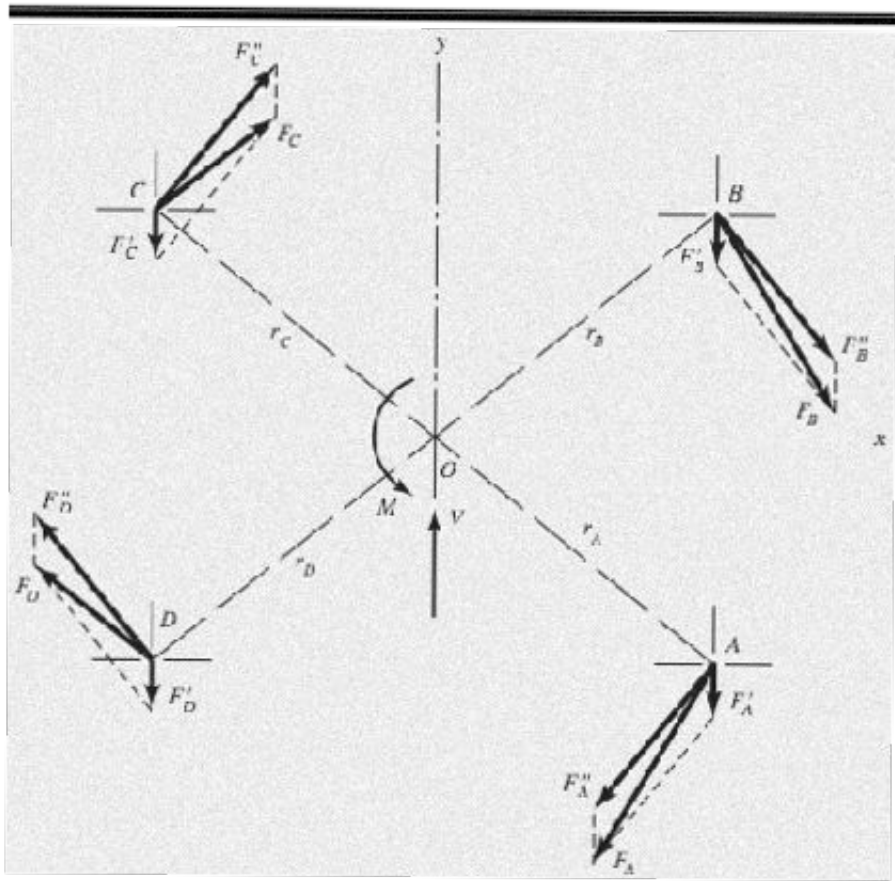
مثال (۶-۲)

یک تیر فولادی مستطیلی با ابعاد ۱۵ در ۲۰۰ میلی‌متر با استفاده از ۴ پیچ M16×2 به صورت یکسر گیردار به کانال فولادی ۲۵۰ میلی‌متری متصل شده است. اگر بار خارجی ۱۶ kN به صورت نشان داده شده به تیر وارد شود موارد زیر را حساب کنید. الف) نیروی برآیند وارد بر هر پیچ ب) ماکزیمم تنش برشی پیچ

××



××



حل: نیروهای وارد بر مجموعه پیچ

×××

نقطه O مرکزوار مجموعه پیچ با استفاده از تقارن پیدا می‌شود.

اگر دیاگرام آزاد مجموعه پیچ را بکشیم نیروی عکس‌العمل برشی V از نقطه O می‌گذرد و گشتاور عکس‌العمل M حول نقطه O خواهد بود.

$V = F = 16\,\text{kN}$

$M = Fx\,h = 16(425) = 6800\,\text{N.m}$

مقادیر این عکس‌العملها برابر است با:

در این رابطه h فاصله نقطه اعمال نیروی F از مرکزوار مجموعه پیچهاست.

××

فاصله مرکزوار از مرکز هر پیچ برابر است با:

$$r = \sqrt{(60)^2 + (75)^2} = 96.0\,\text{mm}$$

بار برشی اولیه روی هر پیچ مساوی است با:

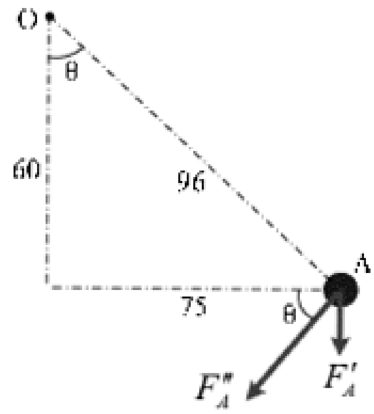
$$F' = \frac{F}{n} = \frac{16}{4} = 4\,\text{kN}$$

ضمناً بدلیل تقارن نیروهای برشی ثانویه با هم برابرند. بنابراین:

$$F'' = \frac{Mr}{r^2 + r^2 + r^2 + r^2} =$$

xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

حال باید نیروی برآیند وارد بر پیچها را محاسبه کنیم.



$$\theta = \tan^{-1}\frac{75}{60} = 51.34^\circ$$

$$(F_A)_x = -F''_A \cos\theta = -17.7 \times \cos(51.34^\circ) = -11.06\,\text{kN}$$

$$(F_A)_y = -F'_A - F''_A \sin\theta = -4 - 17.7 \times \sin(51.34^\circ) = -17.82\,\text{kN}$$

$$F_A = \sqrt{(F_A)_x^{\,2} + (F_A)_y^{\,2}} =$$

xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

یا به روش ساده‌تر:

$$F_A = \sqrt{F'^2_A + F''^2_A + 2F'_A F''_A \cos\alpha_A}$$

که در آن α زاویه بین F'' و F' است:

$$\alpha_A = 90 - 51.34 = 38.66^\circ$$

$$F_A = \sqrt{4^2 + 17.7^2 + 2 \times 4 \times 17.7\cos(38.66)} = 21.0\,\text{kN}$$

به همین ترتیب برای نقطه D:

$$\alpha_D = 180 - \alpha_A = 141.34^\circ$$

$$F_D = \sqrt{F'^2_D + F''^2_D + 2F'_D F''_D \cos\alpha} =$$

xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

با روشی مشابه می‌توان نشان داد نیروی برآیند وارد بر پیچها برابر است با:

$$F_A = F_B = 21.0\ \text{kN}$$
$$F_C = F_D = 14.8\ \text{kN}$$

ب) پیچهای A و B بحرانی هستند زیرا بیشترین بار برشی را تحمل می‌کنند.

برای محاسبه برش در پیچ از سطح مقطع قطر بزرگ پیچ استفاده می‌کنیم.

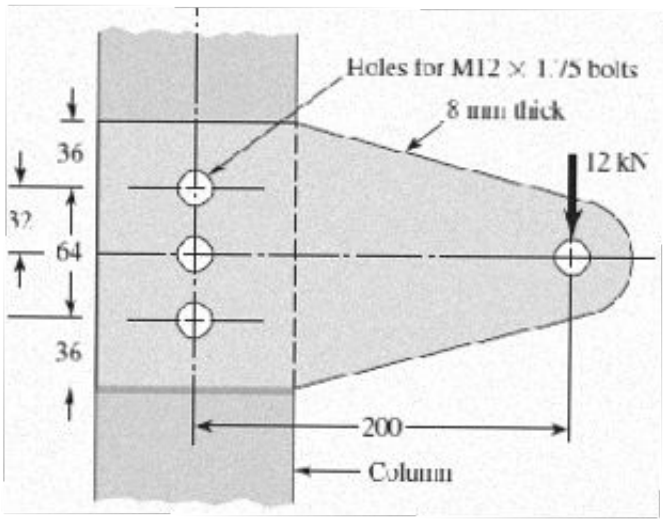
بنابراین تنش برشی ماکزیمم برابر است با:

$$\tau =$$

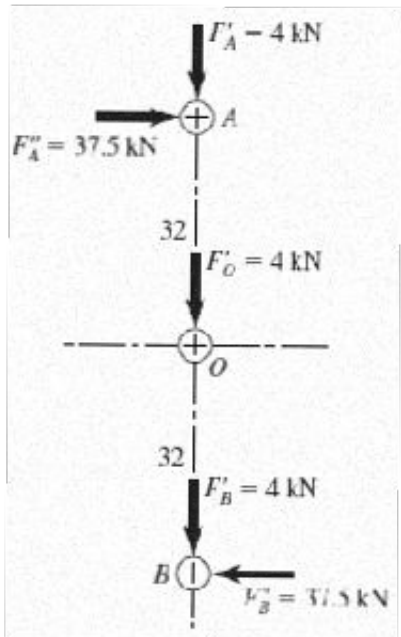
xxxxxxx xxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx xxxxxx

مسائل فصل ششم

مسأله ۶-۱- تنش برشی و لهیدگی وارد بر هر یک از سه پیچ اتصال شکل زیر را حساب کنید. اندازه‌ها برحسب میلی متر هستند.



حل: دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر پیچ‌ها در شکل زیر آمده است.



پیچ O که در مرکزوار قرار دارد برش اولیه و پیچ‌های A و B ، هم برش اولیه و هم برش ثانویه تحمل می‌کنند. مقدار این نیروها برابر است با:

$$F'_A = F'_B = F'_O = \frac{12\,\text{KN}}{3} = 4\ \text{kN} \quad , \quad M = 12(200) = 2400\ \text{N.m}$$

$$F''_A = F''_B = \frac{Mr_A}{r_A^2 + r_B^2 + r_O^2} = \frac{2400 \times 32 \times 10^{-3}}{\left(32\times10^{-3}\right)^2 + \left(32\times10^{-3}\right)^2 + 0^2} = 37.5\ \text{kN}$$

$$\Rightarrow \quad F_O = 4\ \text{kN} \quad , \quad F_A = F_B = \sqrt{(4)^2 + (37.5)^2} = 37.7\ \text{kN}$$

بنابراین تنش برشی وارد بر هر پیچ برابر است با:

$$A_S = \frac{\pi(12\times10^{-3})^2}{4} = 113\times10^{-6}\ \text{m}^2 \quad , \quad \tau = \frac{F}{A_s} \quad \Rightarrow \quad \tau_A = \tau_B = \frac{37.7\times10^3}{113\times10^{-6}} = 334\ \text{MPa}$$

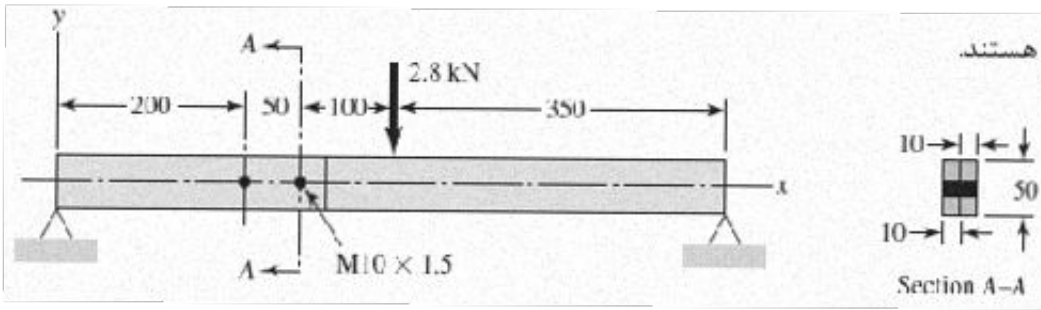
$$\tau_O = \frac{4\times10^3}{113\times10^{-6}} = 35.4\ \text{MPa}$$

تنش لهیدگی هر پیچ هم عبارت است از:

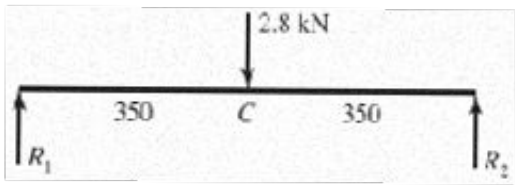
$$A_b = d \times b = 12\times10^{-3}\times8\times10^{-3} = 96\times10^{-6}\ \text{m}^2 \quad , \quad \sigma = \frac{F}{A_b}$$

$$\Rightarrow \quad \sigma_A = \sigma_B = -\frac{37.7\times10^3}{96\times10^{-6}} = -393\ \text{MPa} \quad , \quad \sigma_O = -\frac{4\times10^3}{96\times10^{-6}} = -41.66\ \text{MPa}$$

مسأله ۶-۲- تیری متشکل از دو تکه فولادی با استحکام تسلیم 370MPa است که مطابق شکل زیر با دو پیچ به هم متصل شده‌اند. اگر پیچ‌ها از کلاس ISO 5.8 باشند ضریب اطمینان اتصال را در برابر برش پیچ‌ها و نیز لهیدگی تعیین کنید. ابعاد در شکل به میلی‌متر هستند.

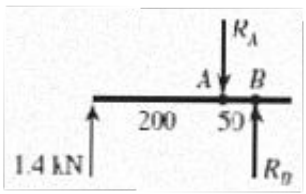


حل: ابتدا عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها را تعیین می‌کنیم.به این منظور



از تقارن داریم: $R_1 + R_2 = 2.8\ \text{kN} \quad \Rightarrow \quad R_1 = R_2 = 1.4\ \text{kN}$

در مرحله بعد با کمک دیاگرام آزاد تکه سمت چپ تیر، نیروهای وارد بر هر پیچ را بدست می‌آوریم:



$$\sum M_B = 0 \quad \Rightarrow \quad 1.4\times 250 - 50R_A = 0 \quad \Rightarrow \quad R_A = 7\ \text{kN}$$
$$\sum M_A = 0 \quad \Rightarrow \quad 1.4\times 200 - 50R_B = 0 \quad \Rightarrow \quad R_B = 5.6\ \text{kN}$$

با توجه به کلاس پیچ‌ها از جدول داریم: $S_y = 420\ \text{MPa} \quad , \quad S_{sy} = 0.577\times 420 = 242.3\ \text{MPa}$

از طرف دیگر: $A_s = \dfrac{\pi}{4}\times(10\times10^{-3})^2 = 78.54\times10^{-6}\ \text{m}^2$

با توجه به مقدار نیروها تنش برشی ماکزیمم در پیچ A ایجاد شده و مقدار آن برابر است با:

$$\tau_{max} = \frac{R_A}{A_S} = \frac{7\times10^3}{78.54\times10^{-6}} = 89.13\ \text{MPa}$$

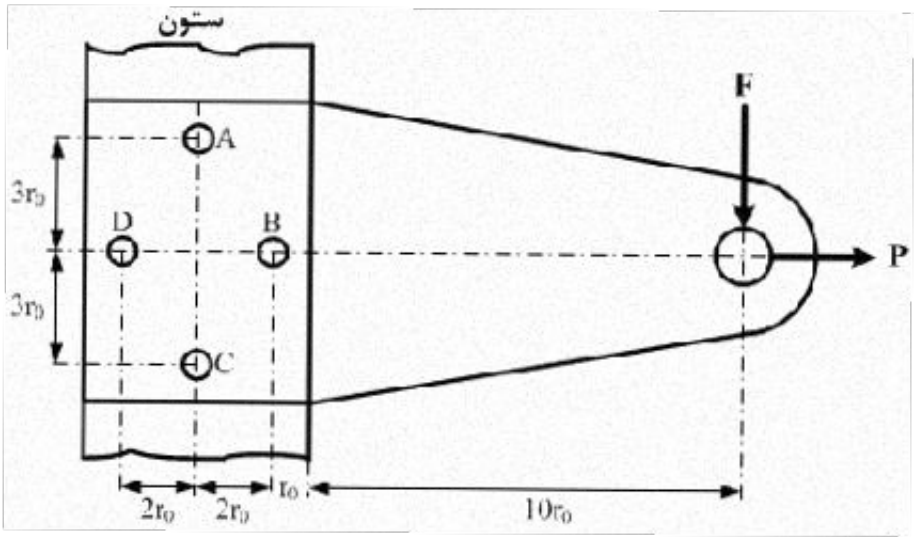
در نتیجه ضریب ایمنی پیچ‌ها در برش عبارت است از: $n = \dfrac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \dfrac{242.3}{89.13} = 2.72$

با توجه به اینکه استحکام تسلیم پیچ از استحکام تسلیم ماده تیر بیشتر است بنابراین برای تعیین ضریب ایمنی لهیدگی فقط لهیدگی ورق تیر را بررسی می‌کنیم. تنش لهیدگی در پیچ و ورق برابر است با:

$$A_b = t\times d = 10\times10^{-3}\times10\times10^{-3} = 100\times10^{-6}\ \text{mm}^2 \quad \Rightarrow \quad \sigma_b = \frac{-R_A}{A_b} = \frac{-7\times10^3}{100\times10^{-6}} = -70\ \text{MPa}$$

$$n = -\frac{S_y}{\sigma_b} = -\frac{370}{-70} = 5.29$$

مسأله ۶-۳- در شکل زیر، چهار پیچ M20×2.5 برای اتصال تیر یکسر گیردار به ستون استفاده شده است. اگر $r_0 = 10\,\text{mm}$ باشد تنش برشی ماکزیمم را در مجموعه پیچ‌ها برای حالتهای زیر حساب کنید:



الف) $F = 20\,\text{kN}$ و $P = 0\,\text{kN}$

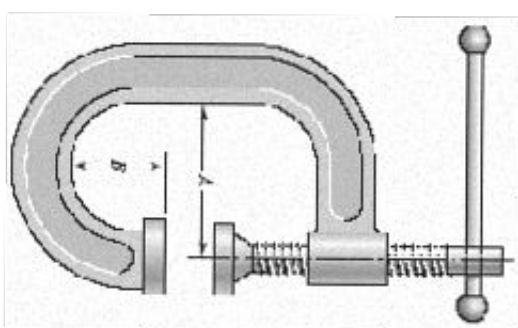
ب) $F = 20\,\text{kN}$ و $P = 20\,\text{kN}$

حل: به عهده دانشجو

مسأله ۶-۴- مسأله بالا را با این فرض حل کنید که پیچ‌ها A و B را با دو پیچ M14×2 عوض کنیم اما پیچ‌های C و D را تغییر ندهیم.

حل: به عهده دانشجو

مسأله ۶-۵- گیره نشان داده شده در شکل از فولاد ابزاری با استحکام تسلیم $S_y = 800\,\text{MPa}$ و مدول الاستیک $E = 210\,\text{GPa}$ ساخته شده و قطر گردی فک آن ۲۵ میلی‌متر است. برای آغاز تسلیم استوانه‌ای آلومینیومی به قطر و ارتفاع ۱۰ میلی‌متر که وسط فکها قرار گرفته چه گشتاوری باید به دسته گیره اعمال کرد؟ استحکام تسلیم استوانه $S_y = 100\text{MPa}$ و مدول الاستیک آن $E = 70\text{GPa}$ است. A و B به ترتیب ۷۰ و ۴۰ میلی‌متر هستند. پیچ مربعی، تک رزوه‌ای و از نوع M16×2است. ضریب اصطکاک را ۰/۱ بگیرید.



حل: به عهده دانشجو

پاسخ: $T_R = 8.43\ \text{N.m}$

سؤال: چرا T_R محاسبه شد نه T_L ؟