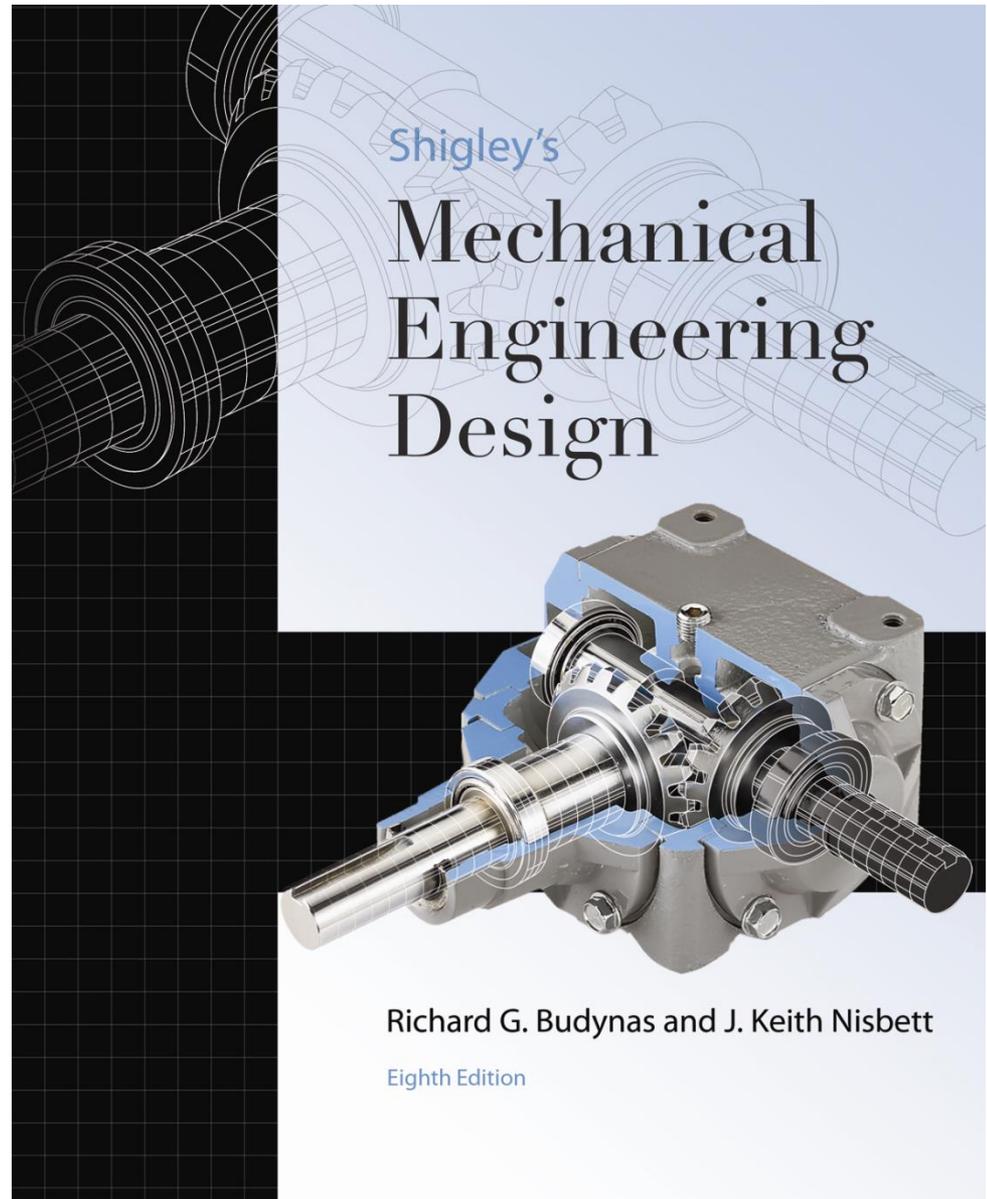


Capítulo 8

Parafusos de movimiento



Richard G. Budynas and J. Keith Nisbett

Eighth Edition

Boeing 747: 2,5 milhões de elementos de fixação



Fig. 8.1: Terminologia de roscas de parafusos

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

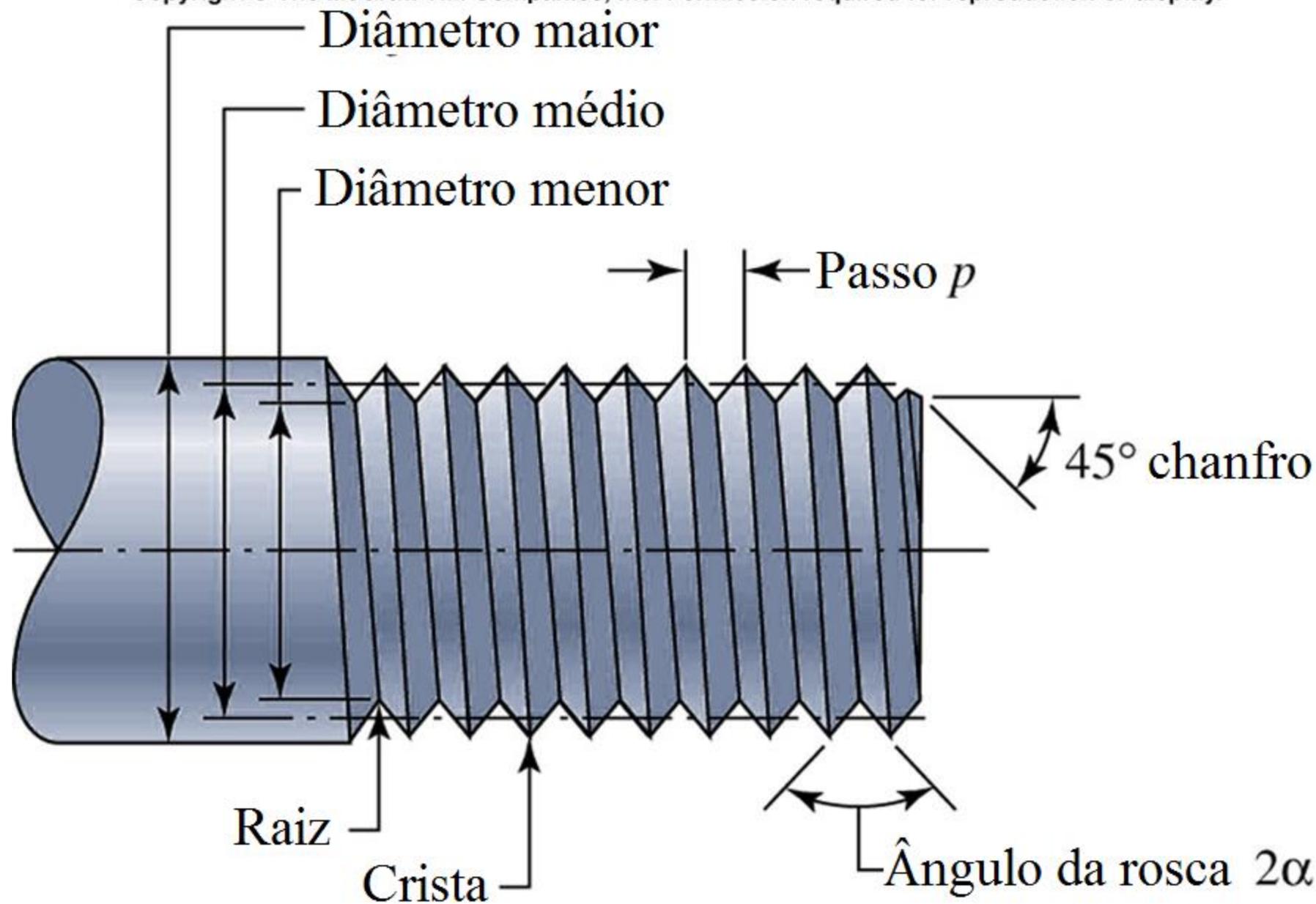


Fig. 8.2: Perfil básico das roscas métricas M e MJ.

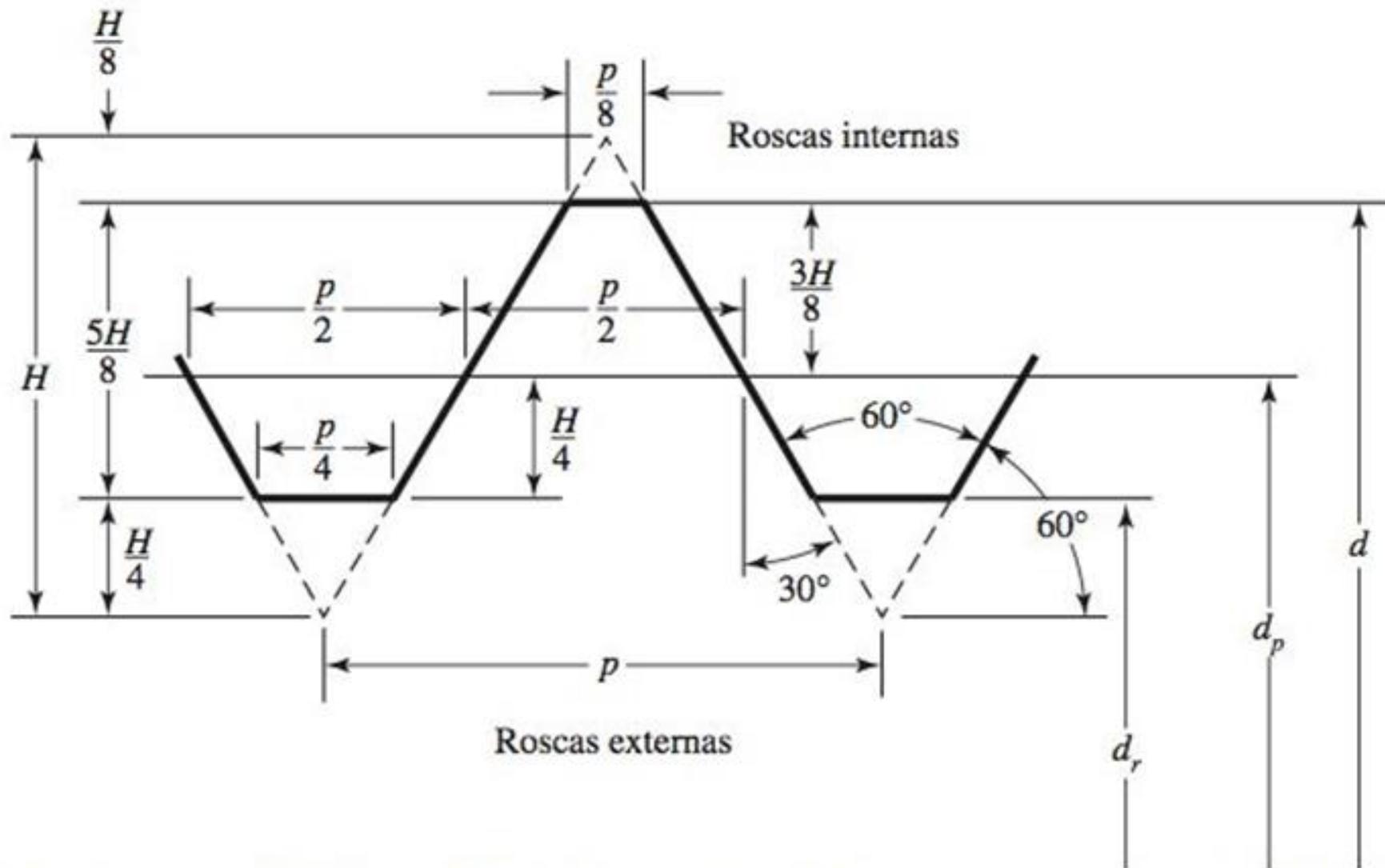
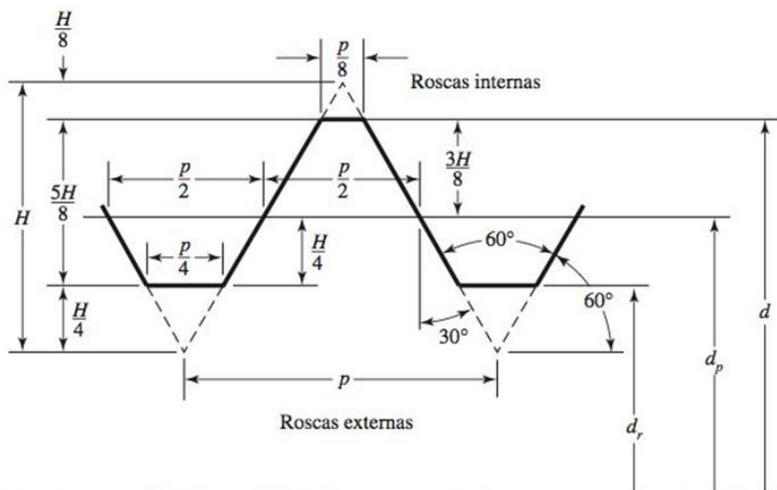


Tabela 8-1

Diâmetros e áreas de roscas métricas de passo grosso e passo fino.*

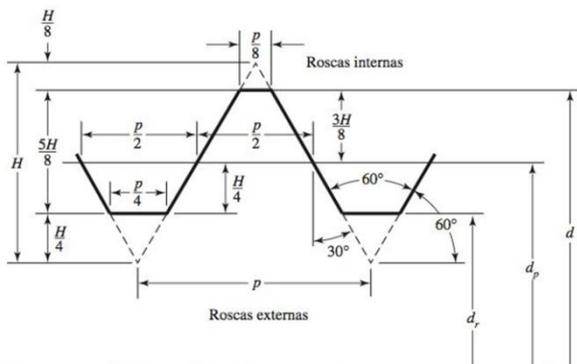


Diâmetro maior nominal d mm	Passo p mm	Série de passo grosso		Série de passo fino		
		Área de tensão de tração A_t mm ²	Área de diâmetro menor A_r mm ²	Passo p mm	Área de tensão de tração A_t mm ²	Área de diâmetro menor A_r mm ²
1,6	0,35	1,27	1,7			
2	0,40	2,07	1,79			
2,5	0,45	3,39	2,98			
3	0,5	5,03	4,47			
3,5	0,6	6,78	6,00			
4	0,7	8,78	7,75			
5	0,8	14,2	12,7			
6	1	20,1	17,9			
8	1,25	36,6	32,8	1	39,2	36,0
10	1,5	58,0	52,3	1,25	61,2	56,3
12	1,75	84,3	76,3	1,25	92,1	86,0
14	2	115	104	1,5	125	116
16	2	157	144	1,5	167	157
20	2,5	245	225	1,5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3,5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4,5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5,5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1,5	4850	4800
90	6	5590	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080

* As equações e os dados usados para desenvolver esta tabela foram cópiados do ANSI B1.1-1974 e B18.3.1-1978. O diâmetro menor foi encontrado por meio da equação $d_r = d - 1,226869p$, e o diâmetro de passo, por meio de $d_p = d - 0,649519p$. A média do diâmetro de passo e do diâmetro menor foi usada para computar a área de tensão de tração.

Tabela 8-2

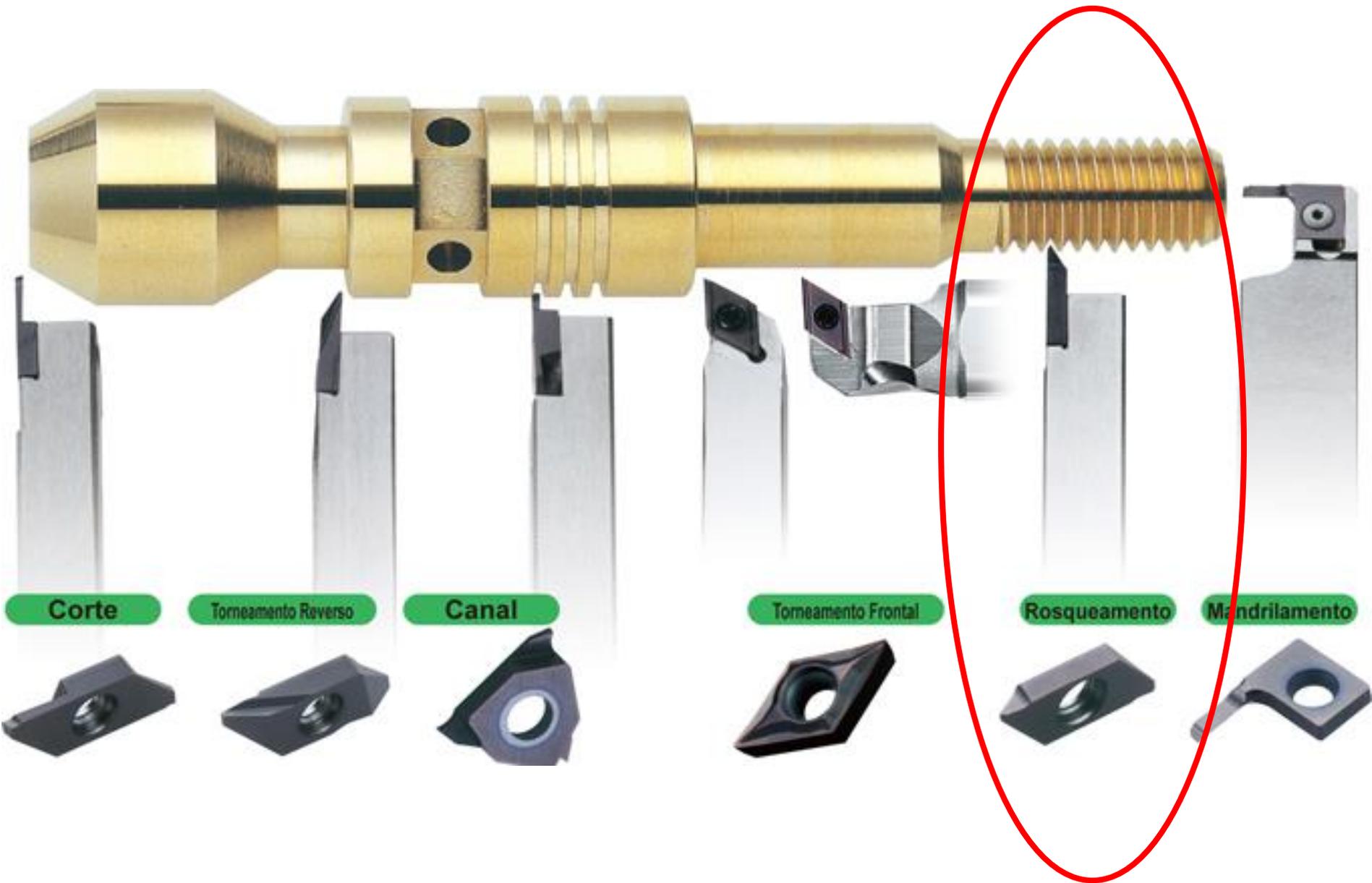
Diâmetros e área de roscas de parafusos unificados UNC e UNF.*



Designação de tamanho	Diâmetro maior nominal in	Roscas por polegada N	Série grossa - UNC		Série fina - UNF		
			Área de tensão A_t in ² de tração	Área de diâmetro menor A_r in ²	Roscas por polegada N	Área de tensão de tração A_t in ²	Área de diâmetro menor A_r in ²
0	0,600				80	0,001 80	0,001 51
1	0,0730	64	0,002 63	0,002 18	72	0,002 78	0,002 37
2	0,0860	56	0,003 70	0,003 10	64	0,003 94	0,003 39
3	0,0990	48	0,004 87	0,004 06	56	0,005 23	0,004 51
4	0,1120	40	0,006 04	0,004 96	48	0,006 61	0,005 66
5	0,1250	40	0,007 96	0,006 72	44	0,008 80	0,007 16
6	0,1380	32	0,009 09	0,007 45	40	0,010 15	0,008 74
8	0,1640	32	0,014 0	0,011 96	36	0,014 74	0,012 85
10	0,1900	24	0,017 5	0,014 50	32	0,020 0	0,017 5
12	0,2160	24	0,024 2	0,020 6	28	0,025 8	0,022 6
$\frac{1}{4}$	0,2500	20	0,031 8	0,026 9	28	0,036 4	0,032 6
$\frac{5}{16}$	0,3125	18	0,052 4	0,045 4	24	0,058 0	0,052 4
$\frac{3}{8}$	0,3750	16	0,077 5	0,067 8	24	0,087 8	0,080 9
$\frac{7}{16}$	0,4375	14	0,106 3	0,093 3	20	0,118 7	0,109 0
$\frac{1}{2}$	0,5000	13	0,1419	0,125 7	20	0,159 9	0,148 6
$\frac{9}{16}$	0,5625	12	0,182	0,162	18	0,203	0,189
$\frac{5}{8}$	0,6250	11	0,226	0,202	18	0,256	0,240
$\frac{3}{4}$	0,7500	10	0,334	0,302	16	0,373	0,351
$\frac{7}{8}$	0,8750	9	0,462	0,419	14	0,509	0,480
1	1,0000	8	0,606	0,551	12	0,663	0,625
$1\frac{1}{4}$	1,2500	7	0,969	0,890	12	1,073	1,024
$1\frac{1}{2}$	1,5000	6	1,405	1,294	12	1,581	1,521

* Esta tabela foi compilada com base na ANSI B1.1-1974. O diâmetro menor foi encontrado por meio da equação $d_r = d - 1,299\ 038p$, e o diâmetro de passo por meio da equação $d_p = d - 0,649\ 519p$. A média entre o diâmetro de passo e o diâmetro menor foi usado para computar a área da tensão de tração.

Fig. 8.2a: Fabricação de roscas





Macho nº1 - Cônico



Macho nº2 - 1/2 Cônico



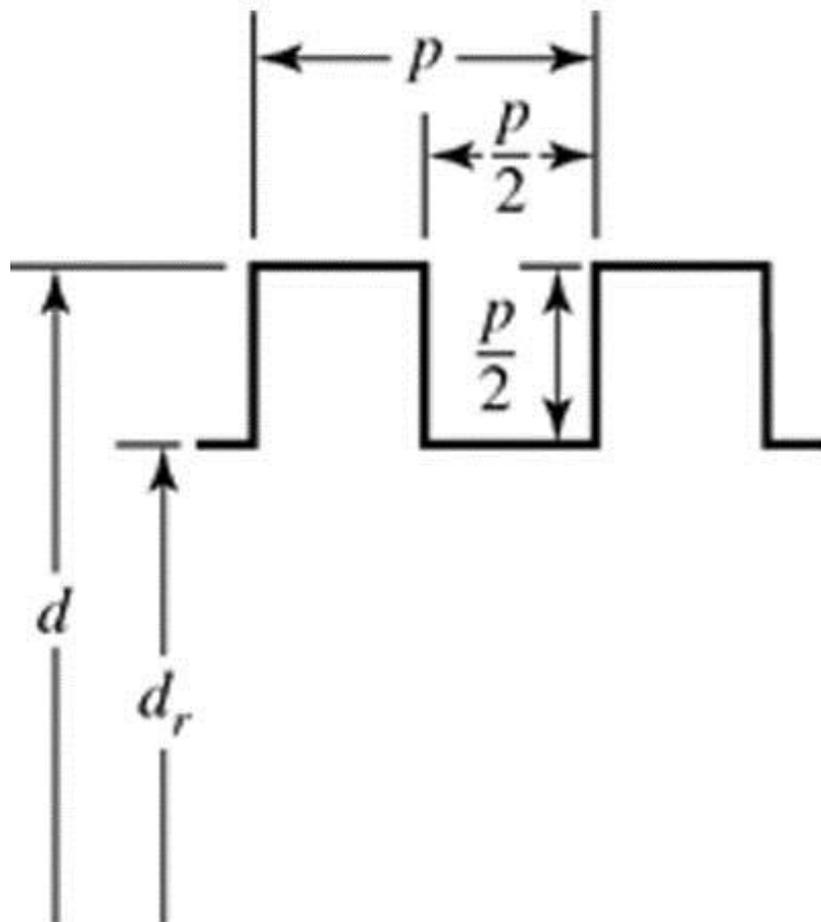
Macho nº3 - Direito

Fig. 8.2a: Fabricação de roscas

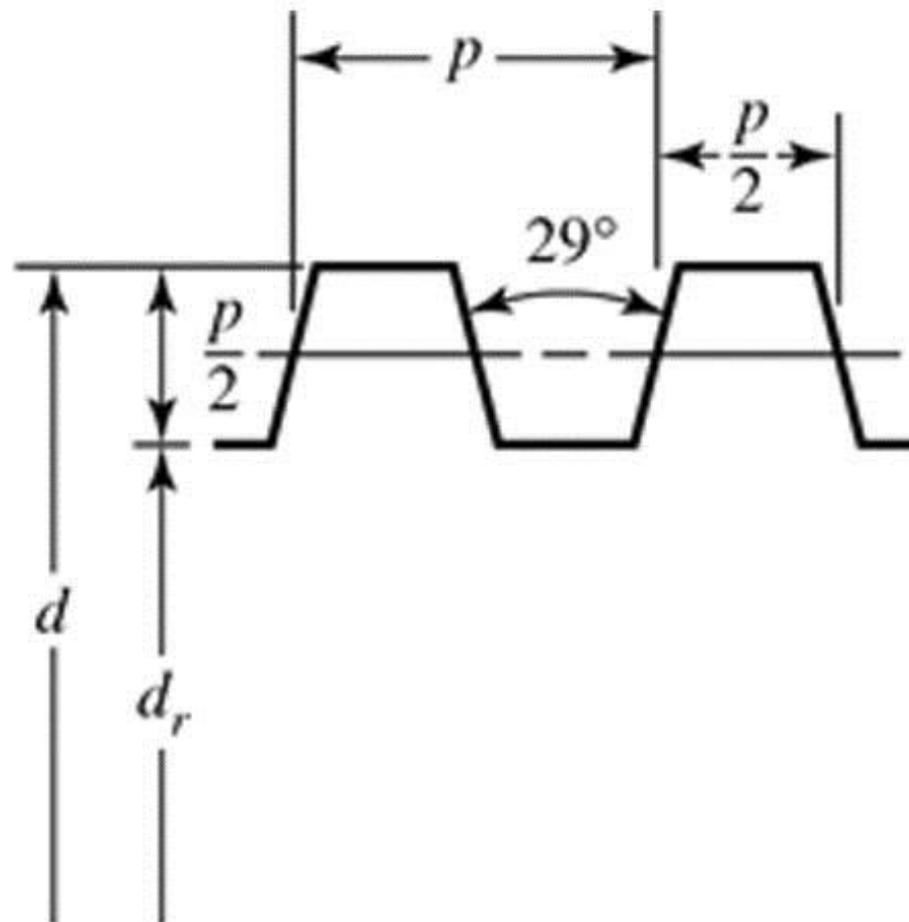


Fig. 8.3: (a) Rosca quadrada; (b) Rosca Acme

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)



(b)

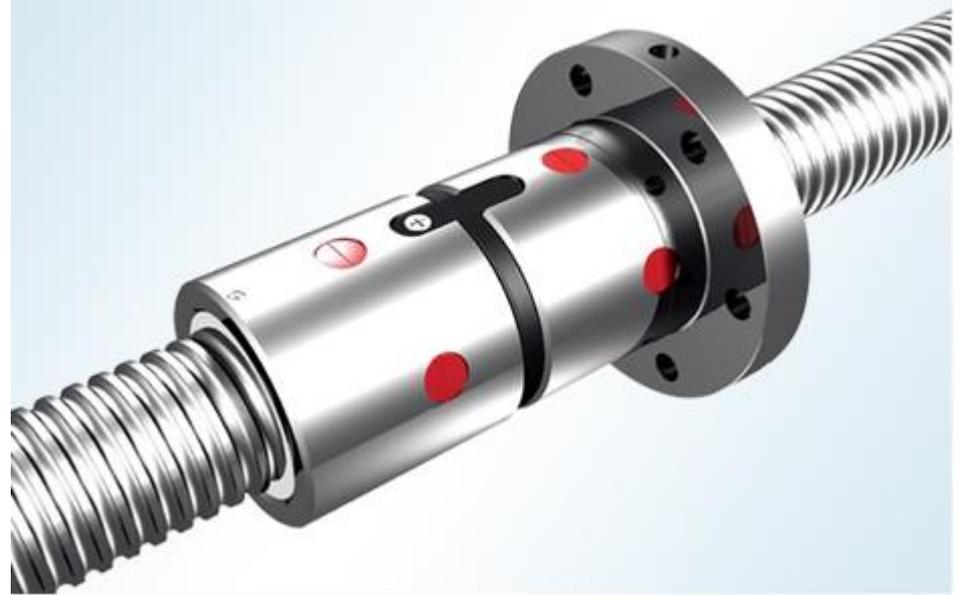
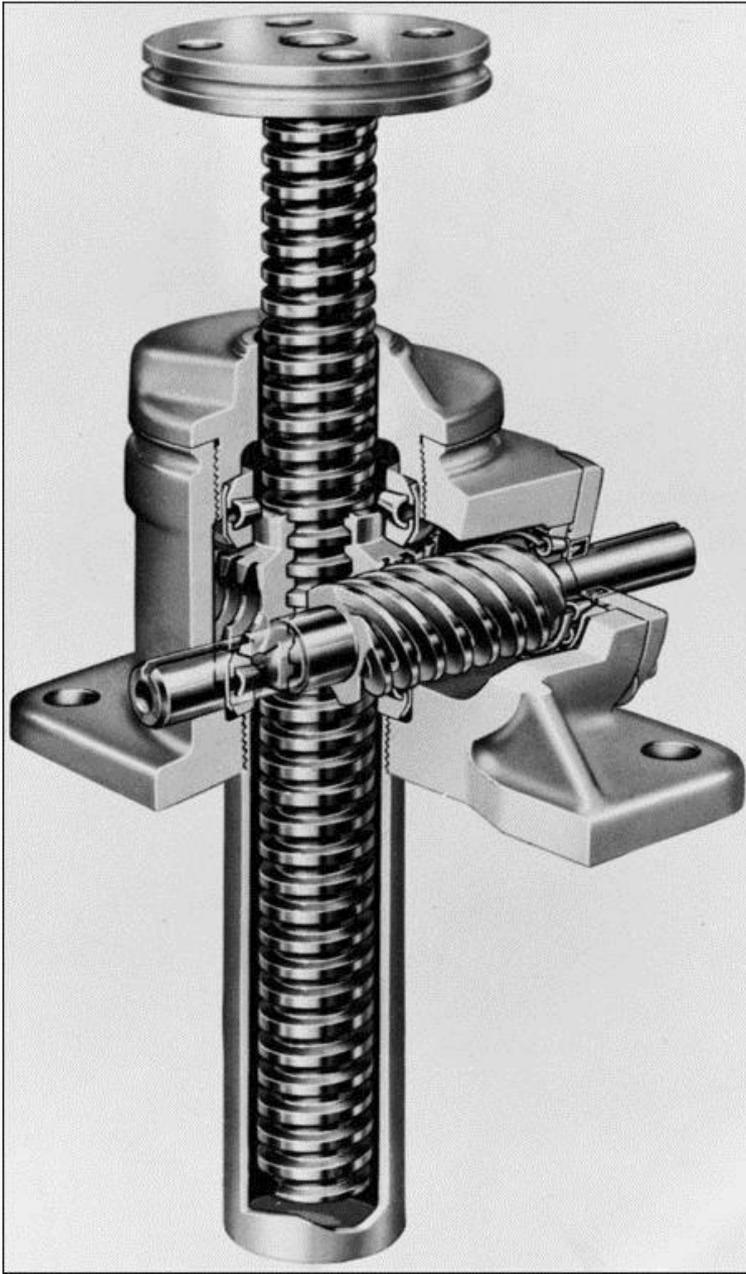
Tabela 8-3

Passos preferidos para roscas Acme.

d , in	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
p , in	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Fig. 8.4

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



PARAFUSOS DE POTÊNCIA
OU DE MOVIMENTO

Fig. 8.4a

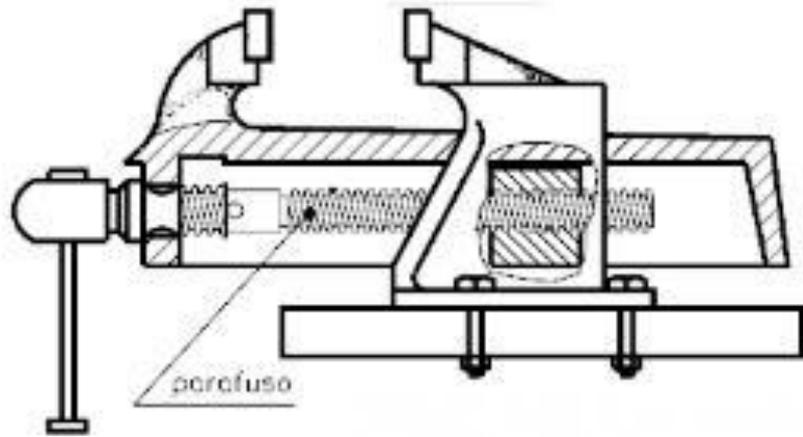


Fig. 8.4a



Fig. 8.4a



Fig. 8.5

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

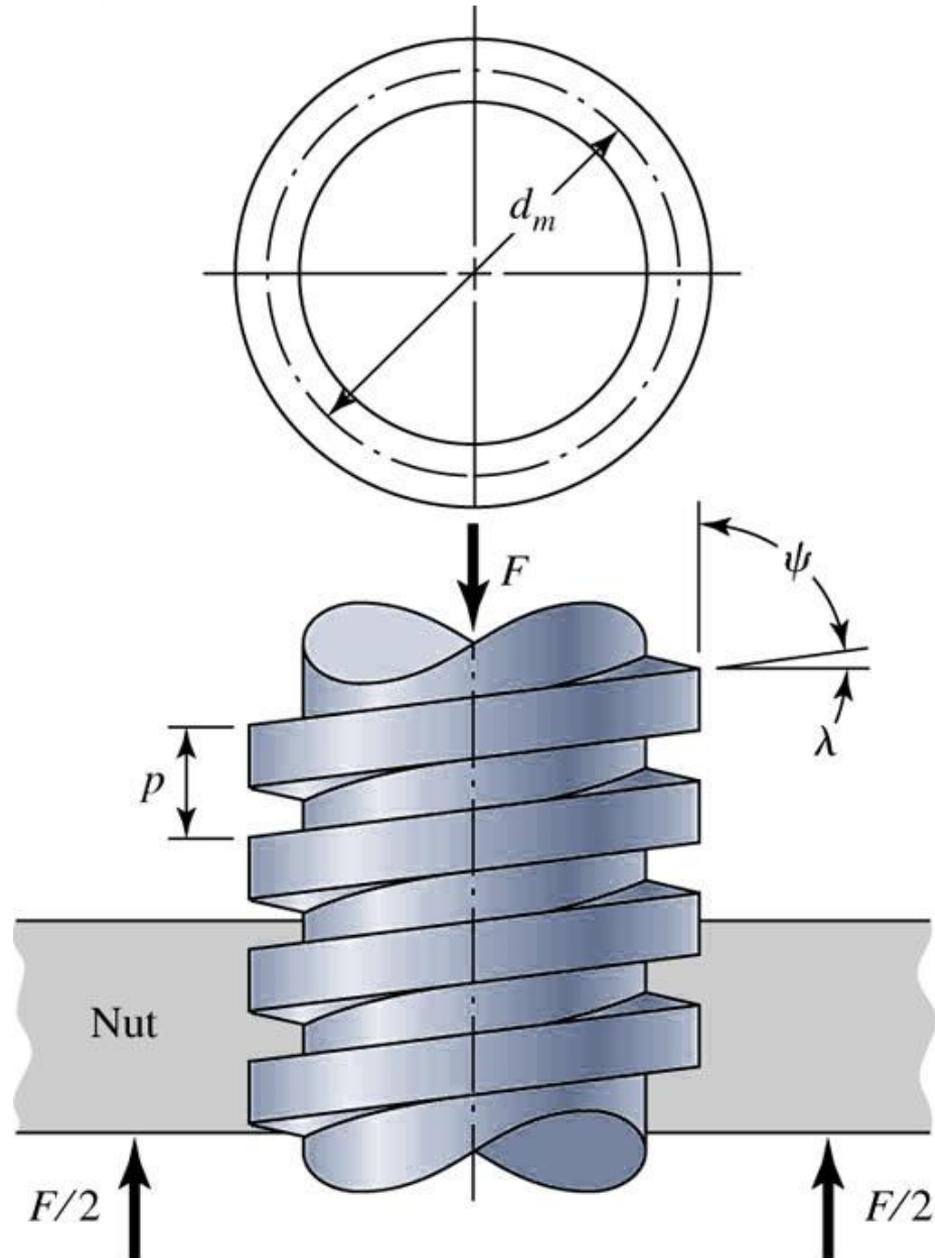
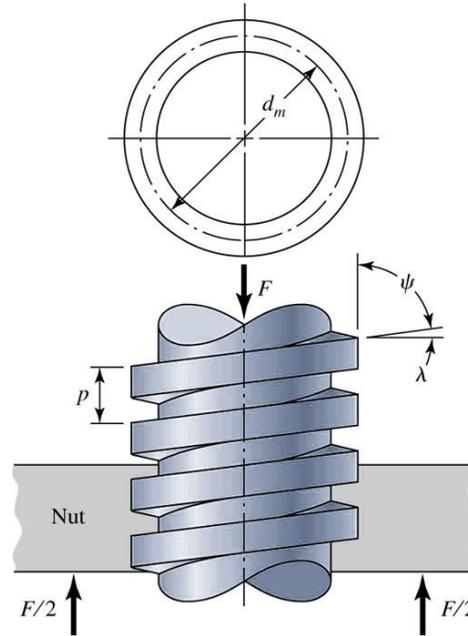
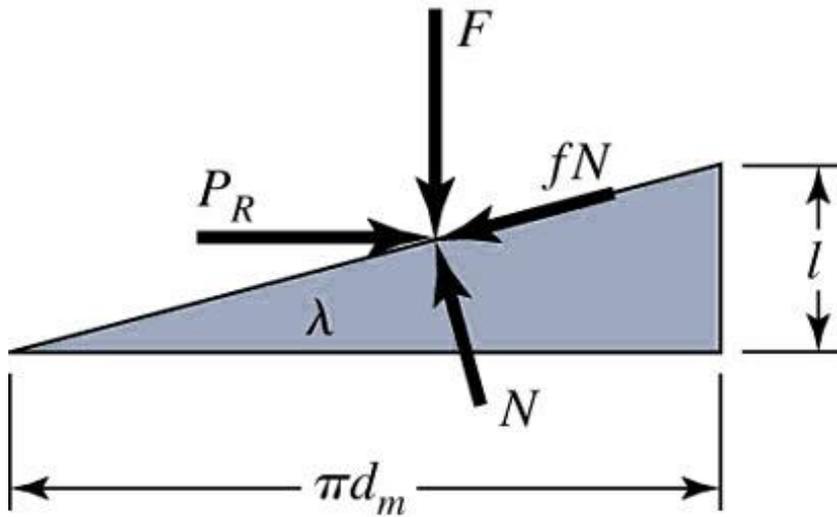


Fig. 8.5

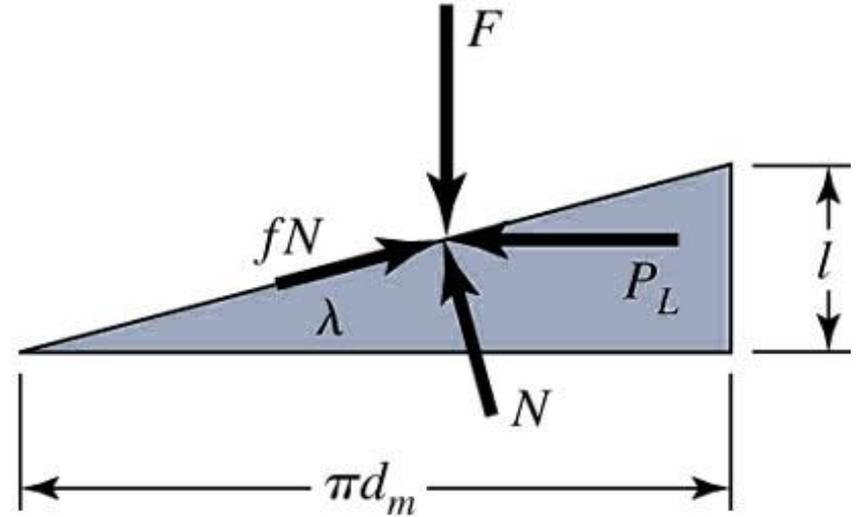
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



(a)



(b)

Fig. 8.6: Diagramas de força: (a) elevando a carga; (b) baixando a carga.

O sistema está em equilíbrio sob a ação dessas forças, assim, para elevar a carga, temos

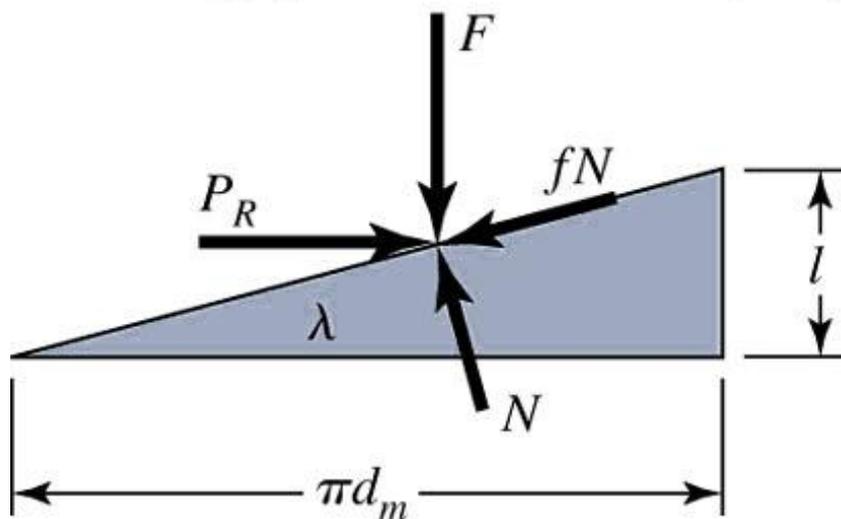
$$\sum F_H = P_R - N \operatorname{sen} \lambda - fN \cos \lambda = 0 \quad (a)$$

$$\sum F_V = F + fN \operatorname{sen} \lambda - N \cos \lambda = 0$$

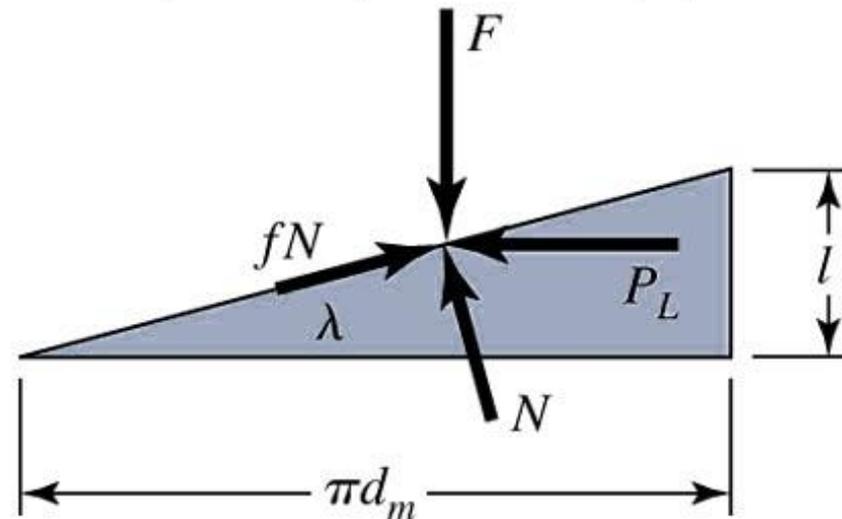
De maneira similar, para abaixar a carga, temos

$$\sum F_H = -P_L - N \operatorname{sen} \lambda + fN \cos \lambda = 0 \quad (b)$$

$$\sum F_V = F - fN \operatorname{sen} \lambda - N \cos \lambda = 0$$



(a)



(b)

Fig. 8.6: Diagramas de força: (a) elevando a carga; (b) baixando a carga.

Visto que não estamos interessados na força normal N , nós a eliminamos de cada um desses conjuntos de equações e solucionamos o resultado para P . Para elevar a carga, isso produz

$$P_R = \frac{F(\text{sen } \lambda + f \cos \lambda)}{\cos \lambda - f \text{ sen } \lambda} \quad (c)$$

e para baixar a carga

$$P_L = \frac{F(f \cos \lambda - \text{sen } \lambda)}{\cos \lambda + f \text{ sen } \lambda} \quad (d)$$

A seguir, divida o numerador e o denominador dessas equações por λ e use a relação $\tan \lambda = l/\pi d_m$ (Figura 8–6). Então, obtemos, respectivamente,

$$P_R = \frac{F[(l/\pi d_m) + f]}{1 - (fl)\pi d_m} \quad (e)$$

$$P_L = \frac{F[f - (l/\pi d_m)]}{1 + (fl/\pi d_m)} \quad (f)$$

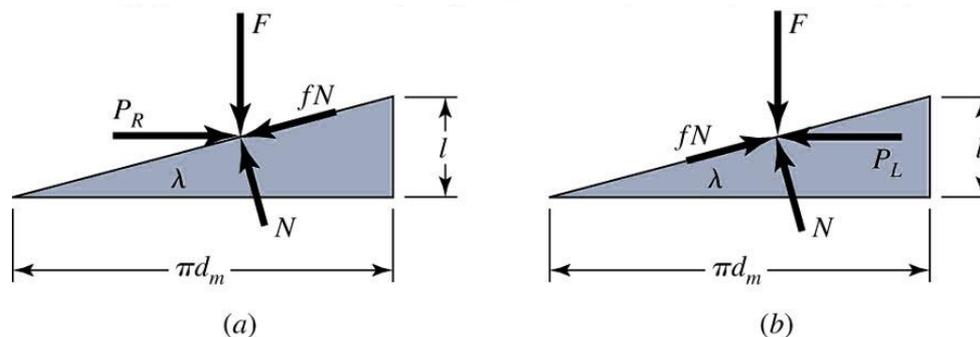


Fig. 8.6: Diagramas de força: (a) elevando a carga; (b) baixando a carga.

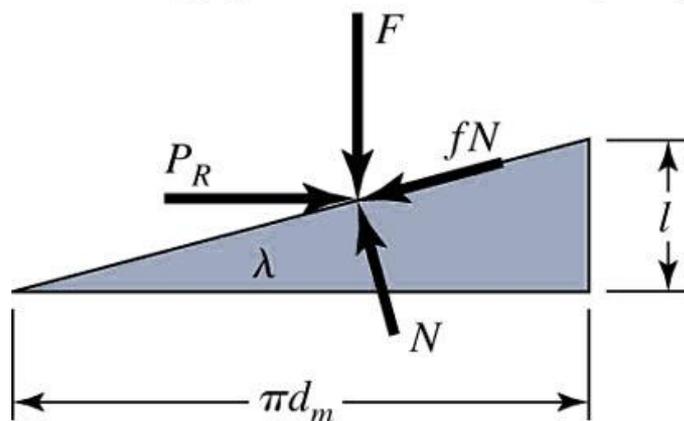
Finalmente, notando que o torque é o produto da força P pelo raio médio $d_m/2$, para elevar a carga podemos escrever

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l} \right) \quad (8-1)$$

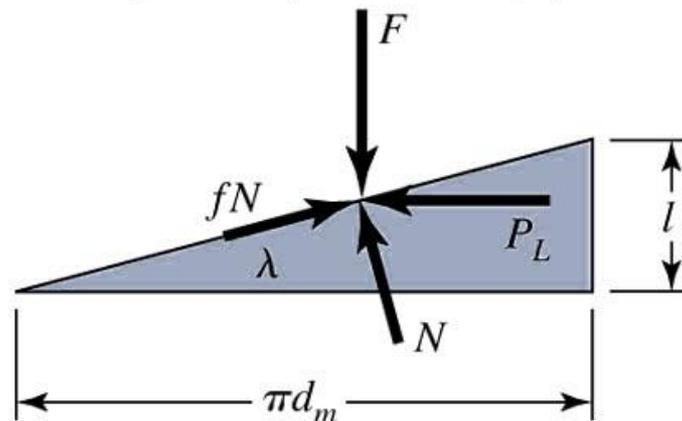
em que T_R é o torque requerido para dois propósitos: superar a fricção de rosca e elevar a carga.

O torque requerido para baixar a carga, por meio da Equação (f), é

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + f l} \right) \quad (8-2)$$



(a)



(b)

O torque requerido para baixar a carga, por meio da Equação (f), é

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + fl} \right) \quad (8-2)$$

Esse é o torque requerido para superar uma parte da fricção ao baixar a carga. Pode ocorrer, em casos específicos em que o avanço é grande ou a fricção é pequena, que a carga baixará a si mesma fazendo o parafuso rodar sem qualquer esforço externo. Em tais casos, o torque T_L da Equação (8-2) será negativo ou zero. Quando um torque positivo é obtido por meio dessa equação, o parafuso é dito ser autobloqueante. Assim, a condição para autobloqueio é

$$\pi f d_m > l$$

Agora divida ambos os lados dessa desigualdade por πd_m . Reconhecendo que $l/\pi d_m = \tan \lambda$, obtemos

$$f > \tan \lambda \quad (8-3)$$

Essa relação afirma que o autobloqueio é obtido sempre que o coeficiente de fricção de rosca for igual ou maior que a tangente do ângulo de avanço de rosca.

Uma expressão para a eficiência é também útil na avaliação de parafusos de potência. Se fizermos $f = 0$ na Equação (8-1), obtemos

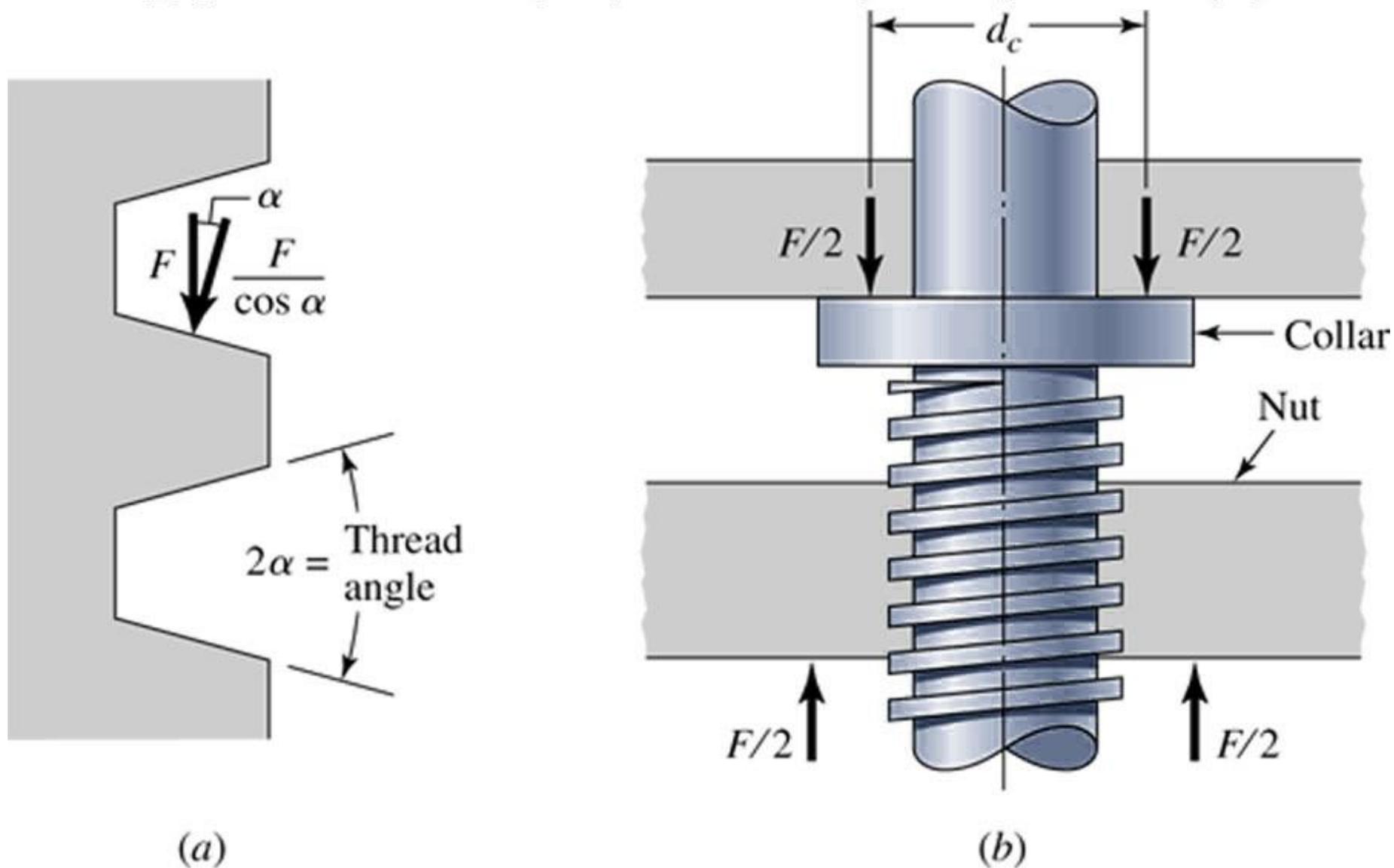
$$T_0 = \frac{Fl}{2\pi} \quad (g)$$

e, porque a fricção de rosca foi eliminada, o torque é requerido somente para elevar a carga. A eficiência é, portanto,

$$e = \frac{T_0}{T_R} = \frac{Fl}{2\pi T_R} \quad (8-4)$$

Fig. 8.7

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



As equações anteriores foram desenvolvidas para roscas quadradas em que as cargas de rosca normais estão paralelas ao eixo do parafuso. No caso de Acme ou outras roscas, a carga de rosca normal é inclinada em relação ao eixo por causa do ângulo de rosca 2α e do ângulo de avanço λ . Visto que os ângulos de avanço são pequenos, esta inclinação pode ser desprezada e somente o efeito do ângulo de rosca (Figura 8-7a) considerado. O efeito do ângulo α é aumentar a força de atrito friccional pela ação de cunha (de calço) das roscas. Por isso, os termos relacionados ao atrito na Equação (8-1) devem ser divididos por $\cos \alpha$. Para elevar uma carga, ou quando apertando um parafuso, isto produz

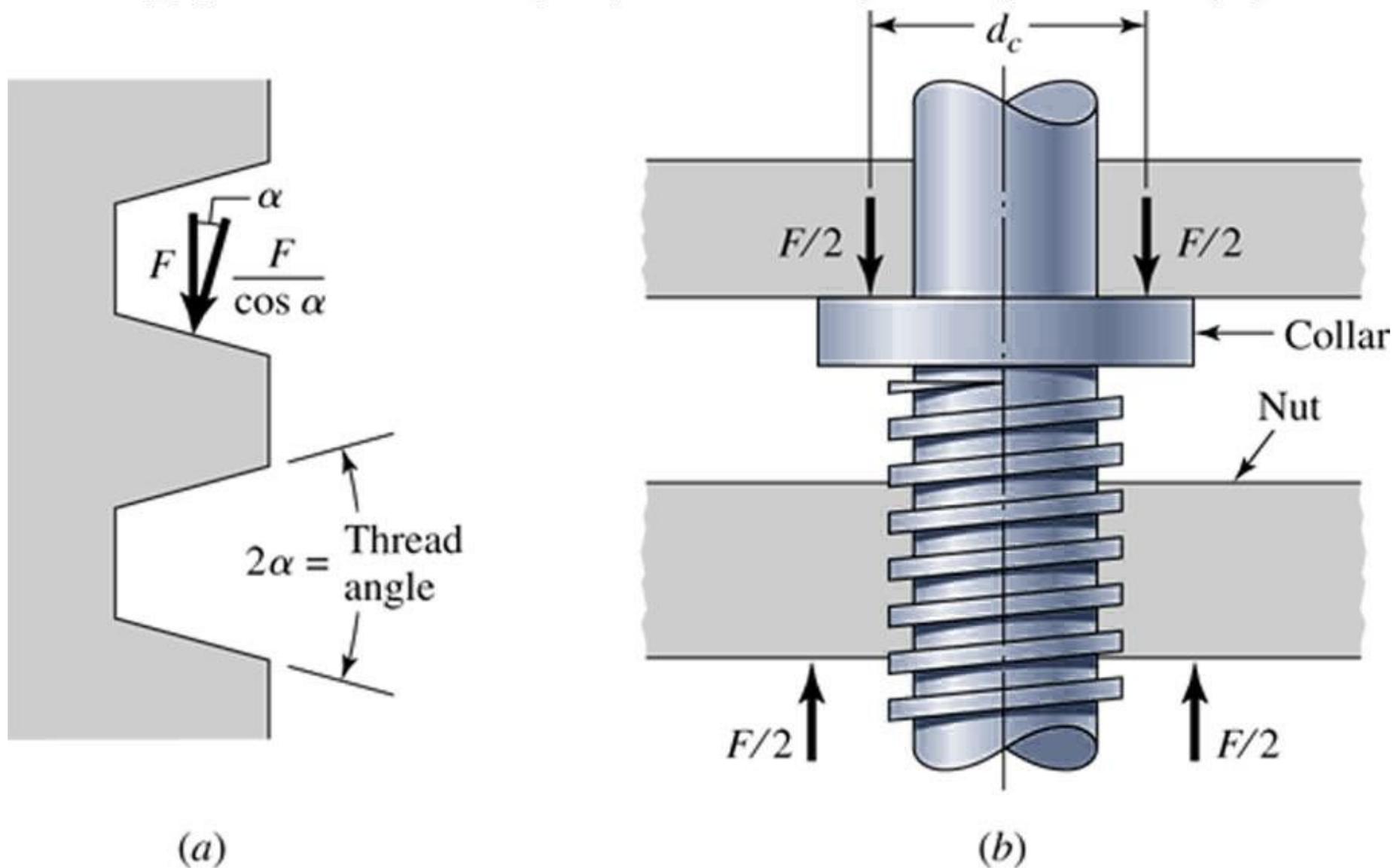
$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m \sec \alpha}{\pi d_m - f l \sec \alpha} \right) \quad (8-5)$$

Ao usar a Equação (8-5), lembre que é uma aproximação porque o efeito do ângulo de avanço foi desprezado.

Para parafusos de potência, a rosca Acme não é tão eficiente quanto as roscas quadradas, por causa do atrito adicional devido à ação de cunha, mas elas são frequentemente preferidas, porque é mais fácil de usinar e permite o uso de uma porca partida, que pode ser ajustada para compensar o desgaste.

Fig. 8.7

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Geralmente um terceiro componente de torque deve ser utilizado em aplicações de parafuso de potência. Quando o parafuso é carregado axialmente, um mancal axial ou colar tem de ser empregado entre os membros rotantes e estacionários a fim de carregar a componente axial. A Figura 8-7b mostra um colar axial típico no qual a carga é suposta estar concentrada no diâmetro médio do colar d_c . Se f_c é o coeficiente de atrito do colar, o torque requerido será

$$T_c = \frac{F f_c d_c}{2} \quad (8-6)$$

Para colares grandes, o torque provavelmente deve ser computado de uma maneira similar àquela empregada para embreagens de disco.

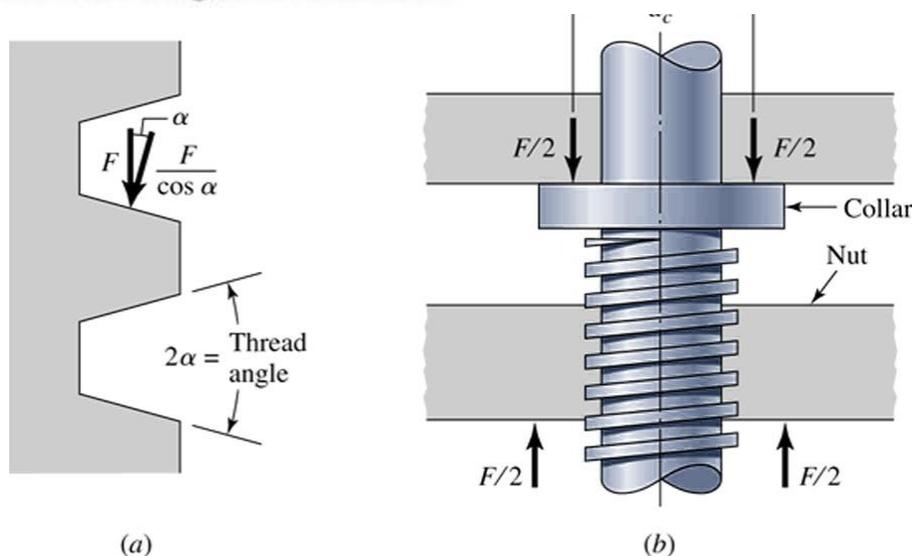
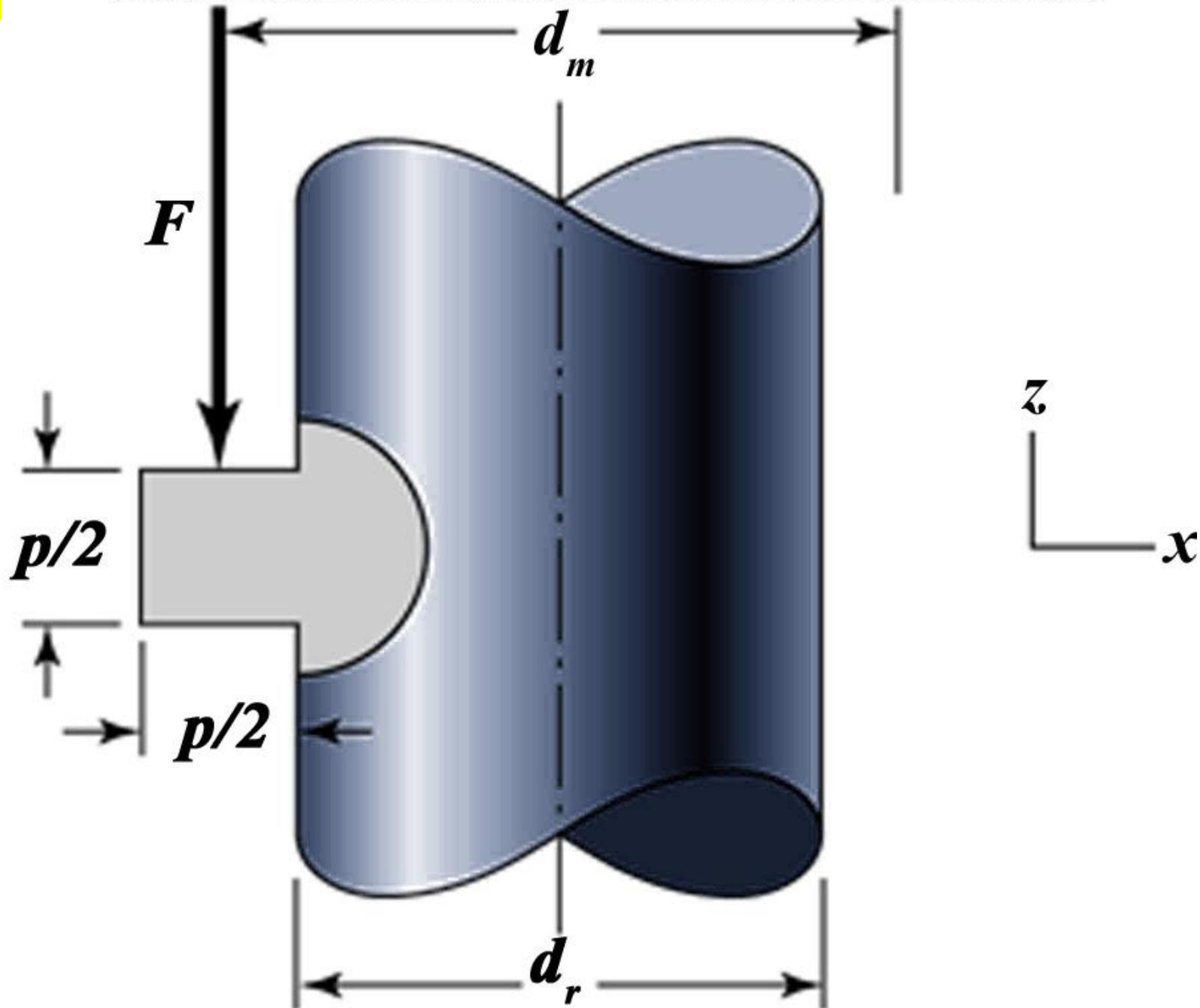
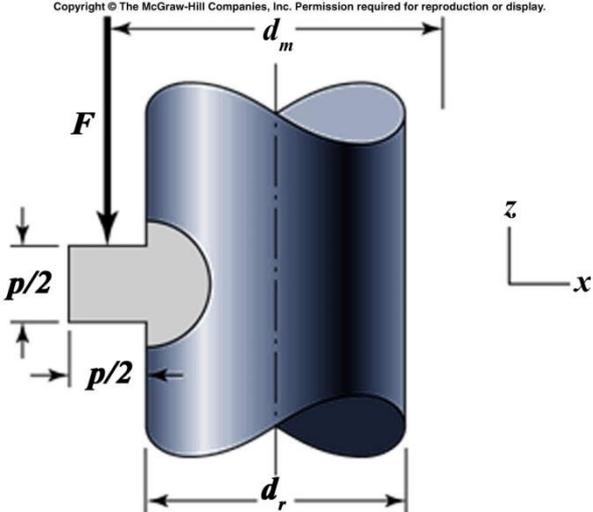


Fig. 8.8

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





Tensões nominais de corpo em parafusos de potência podem ser relacionadas aos parâmetros de rosca como se segue. A tensão nominal máxima de cisalhamento τ na torção do corpo do parafuso pode ser expressa como

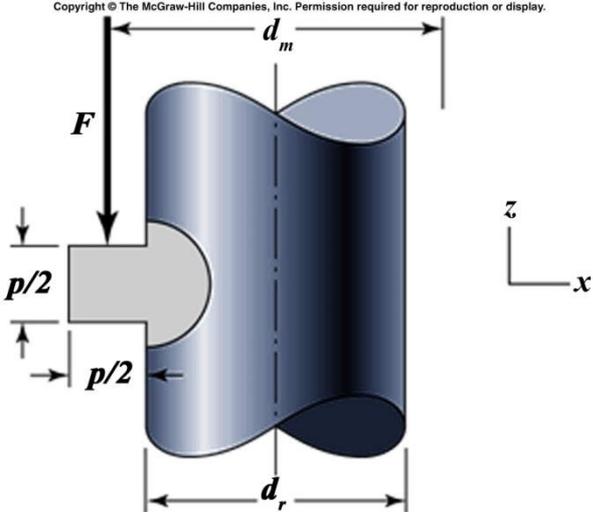
$$\tau = \frac{16T}{\pi d_r^3} \quad (8-7)$$

A tensão axial σ no corpo do parafuso devido à carga é

$$\sigma = -\frac{F}{A} = -\frac{4F}{\pi d_r^2} \quad (8-8)$$

na ausência de efeito de coluna. Para uma coluna curta, a fórmula de flambagem de J. B. Johnson é dada pela Equação (4-43), que é

$$\left(\frac{F}{A}\right)_{\text{crit}} = S_y - \left(\frac{S_y l}{2\pi k}\right)^2 \frac{1}{CE} \quad (8-9)$$



As tensões nominais de rosca em parafusos de potência podem ser relacionadas aos parâmetros de rosca como se segue. A tensão de apoio na Figura 8–8, σ_B , é

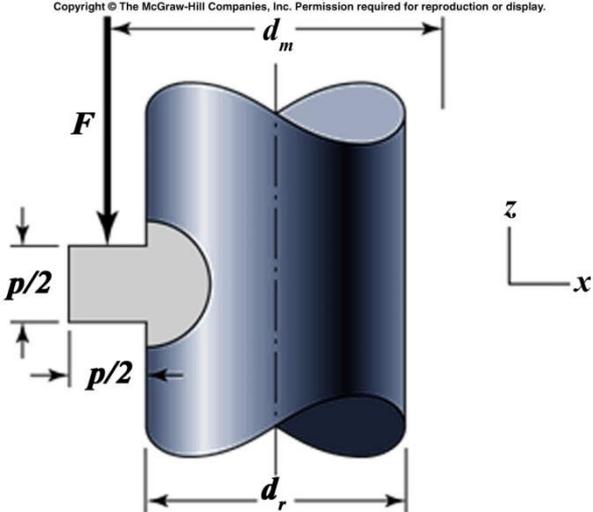
$$\sigma_B = - \frac{F}{\pi d_m n_t p/2} = - \frac{2F}{\pi d_m n_t p} \quad (8-10)$$

em que n_t é o número de roscas engajadas. A tensão de flexão na raiz da rosca σ_b é encontrada por meio de

$$\frac{I}{c} = \frac{(\pi d_r n_t) (p/2)^2}{6} = \frac{\pi}{24} d_r n_t p^2 \quad M = \frac{Fp}{4}$$

então

$$\sigma_b = \frac{M}{I/c} = \frac{Fp}{4} \frac{24}{\pi d_r n_t p^2} = \frac{6F}{\pi d_r n_t p} \quad (8-11)$$



A tensão transversal de cisalhamento τ no centro da raiz da rosca devido à carga F é

$$\tau = \frac{3V}{2A} = \frac{3}{2} \frac{F}{\pi d_r n_t p/2} = \frac{3F}{\pi d_r n_t p} \quad (8-12)$$

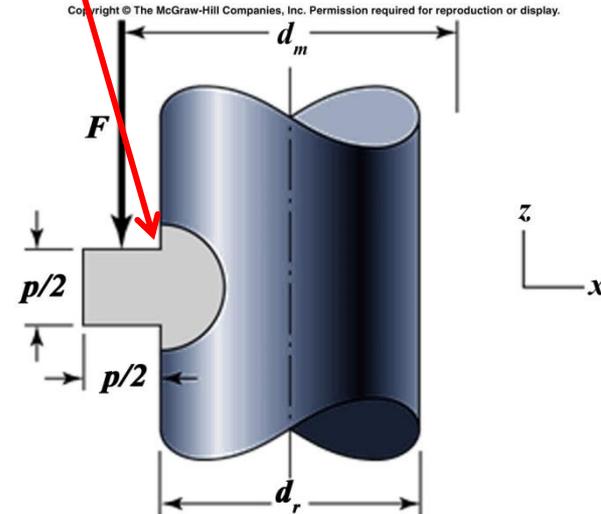
e no topo da raiz ela é zero. A tensão de von Mises σ' no topo do “plano” da raiz é encontrada primeiro identificando as tensões normais ortogonais e as tensões de cisalhamento.

Fig. 8.8

A tensão de von Mises σ' no topo do “plano” da raiz é encontrada primeiro identificando as tensões normais ortogonais e as tensões de cisalhamento.

Por meio do sistema de coordenadas da Figura 8–8, notamos

$$\begin{aligned} \sigma_x &= \frac{6F}{\pi d_r n_t p} & \tau_{xy} &= 0 \\ \sigma_y &= 0 & \tau_{yz} &= \frac{16T}{\pi d_r^3} \\ \sigma_z &= -\frac{4F}{\pi d_r^2} & \tau_{zx} &= 0 \end{aligned}$$



depois use a Equação (5–14) da Seção 5–5.

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2} \quad (5-14)$$

e para tensões planas

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (5-15)$$

EXEMPLO 8-1

Um parafuso de potência de rosca quadrada tem um diâmetro maior de 32 mm e um passo de 4 mm com roscas duplas, e deve ser usado em uma aplicação similar àquela na Figura 8-4. Os dados fornecidos incluem $f = f_c = 0,08$, $d_c = 40$ mm e $F = 6,4$ kN por parafuso.

(a) Encontre a profundidade de rosca, a largura de rosca, o diâmetro de passo, o diâmetro menor e o avanço.

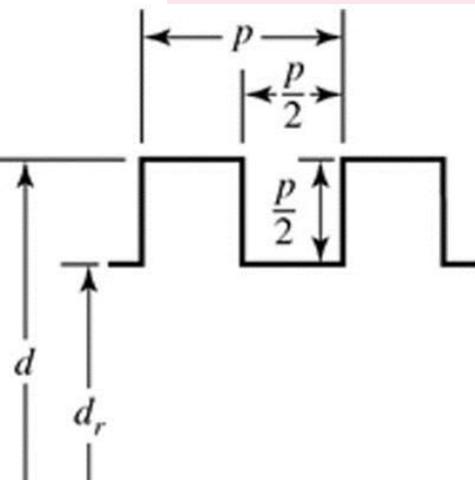
(b) Encontre o torque requerido para elevar e baixar a carga.

(c) Encontre a eficiência durante a elevação da carga.

(d) Encontre as tensões de corpo, torcional e compressiva.

(e) Encontre a tensão de apoio.

(f) Encontre as tensões de rosca flexionando na raiz, cisalhando na raiz, a tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máximo no mesmo local.

**Solução**

(a) Com base na Figura 8-3a a profundidade de rosca e largura são as mesmas e iguais à metade do passo, ou 2 mm. Além disso,

$$d_m = d - p/2 = 32 - 4/2 = 30 \text{ mm}$$

Resposta

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

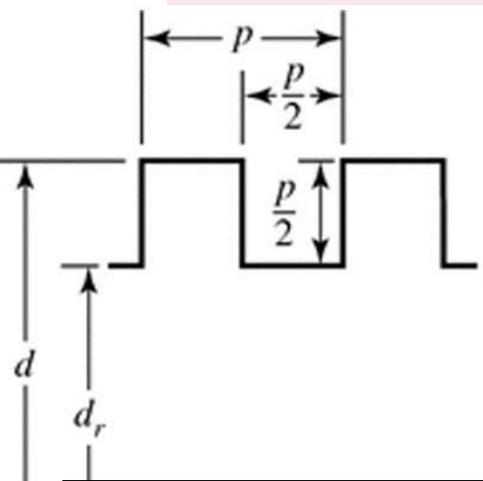
$$l = np = 2(4) = 8 \text{ mm}$$

(b) Utilizando as Equações (8-1) e (8-6), o torque requerido para girar o parafuso contra a carga é

$$\begin{aligned} T_R &= \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - fl} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} \\ &= \frac{6,4(30)}{2} \left[\frac{8 + \pi(0,08)(30)}{\pi(30) - 0,08(8)} \right] + \frac{6,4(0,08)40}{2} \end{aligned}$$

Resposta

$$= 15,94 + 10,24 = 26,18 \text{ N}\cdot\text{m}$$

EXEMPLO 8-1

Um parafuso de potência de rosca quadrada tem um diâmetro maior de 32 mm e um passo de 4 mm com roscas duplas, e deve ser usado em uma aplicação similar àquela na Figura 8-4. Os dados fornecidos incluem $f = f_c = 0,08$, $d_c = 40$ mm e $F = 6,4$ kN por parafuso.

- Encontre a profundidade de rosca, a largura de rosca, o diâmetro de passo, o diâmetro menor e o avanço.
- Encontre o torque requerido para elevar e baixar a carga.
- Encontre a eficiência durante a elevação da carga.
- Encontre as tensões de corpo, torcional e compressiva.
- Encontre a tensão de apoio.
- Encontre as tensões de rosca flexionando na raiz, cisalhando na raiz, a tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máximo no mesmo local.

Utilizando as Equações (8-2) e (8-6), encontramos que o torque de abaixamento da carga é

$$\begin{aligned}
 T_L &= \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} \\
 &= \frac{6,4(30)}{2} \left[\frac{\pi(0,08)30 - 8}{\pi(30) + 0,08(8)} \right] + \frac{6,4(0,08)(40)}{2} \\
 &= -0,466 + 10,24 = 9,77 \text{ N}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

Resposta

O sinal de menos no primeiro termo indica que o parafuso sozinho não é autobloqueante e giraria sob a ação da carga, exceto pelo fato de que a fricção de colar está presente e deve ser superada também. Assim o torque requerido para girar o parafuso “com” a carga é menor que o necessário para superar a fricção do colar sozinho.

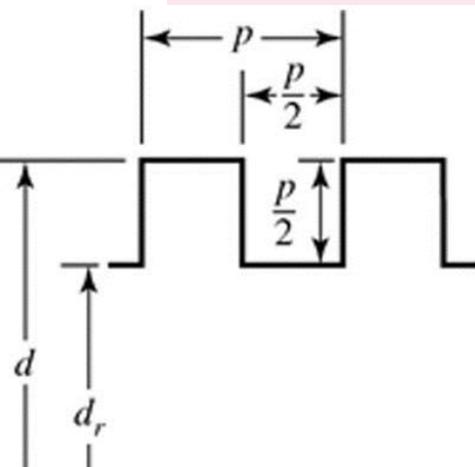
(c) A eficiência global ao elevar a carga é

Resposta

$$e = \frac{F l}{2\pi T_R} = \frac{6,4(8)}{2\pi(26,18)} = 0,311$$

EXEMPLO 8-1

Um parafuso de potência de rosca quadrada tem um diâmetro maior de 32 mm e um passo de 4 mm com roscas duplas, e deve ser usado em uma aplicação similar àquela na Figura 8-4. Os dados fornecidos incluem $f = f_c = 0,08$, $d_c = 40$ mm e $F = 6,4$ kN por parafuso.



- (a) Encontre a profundidade de rosca, a largura de rosca, o diâmetro de passo, o diâmetro menor e o avanço.
 (b) Encontre o torque requerido para elevar e baixar a carga.
 (c) Encontre a eficiência durante a elevação da carga.
 (d) Encontre as tensões de corpo, torcional e compressiva.
 (e) Encontre a tensão de apoio.
 (f) Encontre as tensões de rosca flexionando na raiz, cisalhando na raiz, a tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máximo no mesmo local.

(d) A tensão de cisalhamento τ de corpo devido ao momento de torção T_R no lado externo do corpo do parafuso é

Resposta

$$\tau = \frac{16T_R}{\pi d_r^3} = \frac{16(26,18)(10^3)}{\pi(28^3)} = 6,07 \text{ MPa}$$

A tensão nominal normal axial σ é

Resposta

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi d_r^2} = -\frac{4(6,4)10^3}{\pi(28^2)} = -10,39 \text{ MPa}$$

(e) A tensão de sustentação σ_B é, com uma rosca carregando $0,38F$,

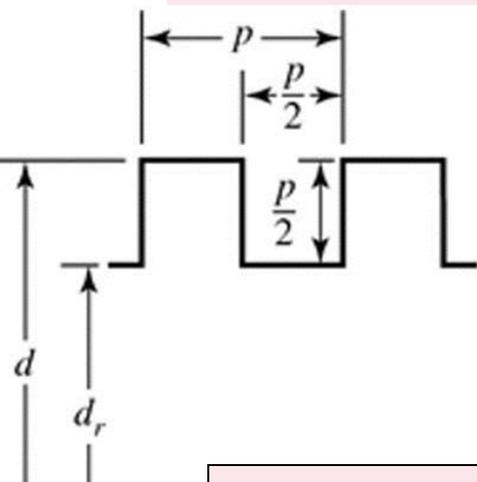
Resposta

$$\sigma_B = -\frac{2(0,38F)}{\pi d_m(1)p} = -\frac{2(0,38)(6,4)10^3}{\pi(30)(1)(4)} = -12,9 \text{ MPa}$$

EXEMPLO 8-1

Um parafuso de potência de rosca quadrada tem um diâmetro maior de 32 mm e um passo de 4 mm com roscas duplas, e deve ser usado em uma aplicação similar àquela na Figura 8-4. Os dados fornecidos incluem $f = f_c = 0,08$, $d_c = 40$ mm e $F = 6,4$ kN por parafuso.

- (a) Encontre a profundidade de rosca, a largura de rosca, o diâmetro de passo, o diâmetro menor e o avanço.
 (b) Encontre o torque requerido para elevar e baixar a carga.
 (c) Encontre a eficiência durante a elevação da carga.
 (d) Encontre as tensões de corpo, torcional e compressiva.
 (e) Encontre a tensão de apoio.
 (f) Encontre as tensões de rosca flexionando na raiz, cisalhando na raiz, a tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máximo no mesmo local.



(f) A tensão de flexão de raiz de rosca σ_b com uma rosca carregando $0,38F$ é

$$\sigma_b = \frac{6(0,38F)}{\pi d_r (1)p} = \frac{6(0,38)(6,4)10^3}{\pi(28)(1)4} = 41,5 \text{ MPa}$$

O cisalhamento transversal no extremo da seção transversal da raiz devido à flexão é zero. Contudo, existe uma tensão circunferencial de cisalhamento no extremo da seção transversal da raiz da rosca como mostra a parte (d) de 6,07 MPa. As tensões tridimensionais, depois da Figura 8-8, notando que a coordenada aponta para dentro da página, são

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 41,5 \text{ MPa} & \tau_{xy} &= 0 \\ \sigma_y &= 0 & \tau_{yz} &= 6,07 \text{ MPa} \\ \sigma_z &= -10,39 \text{ MPa} & \tau_{zx} &= 0 \end{aligned}$$

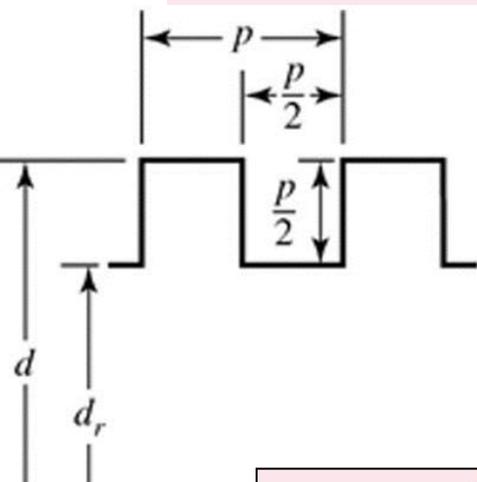
A Equação (5-14) da Seção 5-5 pode ser escrita como

Resposta

$$\begin{aligned} \sigma' &= \frac{1}{\sqrt{2}} \{ (41,5 - 0)^2 + [0 - (-10,39)]^2 + (-10,39 - 41,5)^2 + 6(6,07)^2 \}^{1/2} \\ &= 48,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

EXEMPLO 8-1

Um parafuso de potência de rosca quadrada tem um diâmetro maior de 32 mm e um passo de 4 mm com roscas duplas, e deve ser usado em uma aplicação similar àquela na Figura 8-4. Os dados fornecidos incluem $f = f_c = 0,08$, $d_c = 40$ mm e $F = 6,4$ kN por parafuso.



- (a) Encontre a profundidade de rosca, a largura de rosca, o diâmetro de passo, o diâmetro menor e o avanço.
 (b) Encontre o torque requerido para elevar e baixar a carga.
 (c) Encontre a eficiência durante a elevação da carga.
 (d) Encontre as tensões de corpo, torcional e compressiva.
 (e) Encontre a tensão de apoio.
 (f) Encontre as tensões de rosca flexionando na raiz, cisalhando na raiz, a tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máximo no mesmo local.

Alternativamente, você pode determinar as tensões principais e depois usar a Equação (5-12) para encontrar a tensão de von Mises; isso é útil quando se avalia τ_{\max} também. As tensões principais podem ser encontradas por meio da Equação (3-15); contudo, esboce o elemento de tensão e note que não existem tensões de cisalhamento na face x . Isso significa que σ_x é uma tensão principal. As tensões remanescentes podem ser transformadas usando-se a equação de tensão plana, Equação (3-13). Assim, as tensões principais remanescentes são

$$\frac{-10,39}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-10,39}{2}\right)^2 + 6,07^2} = 2,79, -13,18 \text{ MPa}$$

Ordenando as tensões principais temos: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 = 41,5, 2,79, -13,18$ MPa. Substituir essas na Equação (5-12) produz

Resposta

$$\sigma' = \left\{ \frac{[41,5 - 2,79]^2 + [2,79 - (-13,18)]^2 + [-13,18 - 41,5]^2}{2} \right\}^{1/2}$$

$$= 48,7 \text{ MPa}$$

A tensão máxima de cisalhamento é dada pela Equação (3-16), em que $\tau_{\max} = \tau_{1/3}$, produzindo

Resposta

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{41,5 - (-13,18)}{2} = 27,3 \text{ MPa}$$

Tabela 8-4

Pressão de suporte de parafuso p_b

Fonte: H. A. Rothbart, *Mechanical Design and Systems Handbook*, 2ª ed., McGraw-Hill, Nova York, 1985.

Material do parafuso	Material de porca	p_b , seguro, MPa	Notas
Aço	Bronze	17,2–24,1	Baixa velocidade
Aço	Bronze	11,0–17,2	50 mm/s
	Ferro fundido	6,9–17,2	40 mm/s
Aço	Bronze	5,5–9,7	100–200 mm/s
	Ferro fundido	4,1–6,9	100–200 mm/s
Aço	Bronze	1,0–1,7	250 mm/s

Tabela 8-5

Coefficientes de fricção f para pares rosqueados.

Fonte: H. A. Rothbart, *Mechanical Design and Systems Handbook*, 2ª ed., McGraw-Hill, Nova York, 1985.

Material do parafuso	Material de porca			Ferro fundido
	Aço	Bronze	Latão	
Aço, seco	0,15–0,25	0,15–0,23	0,15–0,19	0,15–0,25
Aço, óleo de máquina	0,11–0,17	0,10–0,16	0,10–0,15	0,11–0,17
Bronze	0,08–0,12	0,04–0,06	—	0,06–0,09

Tabela 8-6

Coefficientes de fricção de colar axial.

Fonte: H. A. Rothbart, *Mechanical Design and Systems Handbook*, 2ª ed., McGraw-Hill, Nova York, 1985.

Combinação	Funcionamento	Partida
Aço mole em ferro fundido	0,12	0,17
Aço duro em ferro fundido	0,09	0,15
Aço mole em bronze	0,08	0,10
Aço duro em bronze	0,06	0,08