

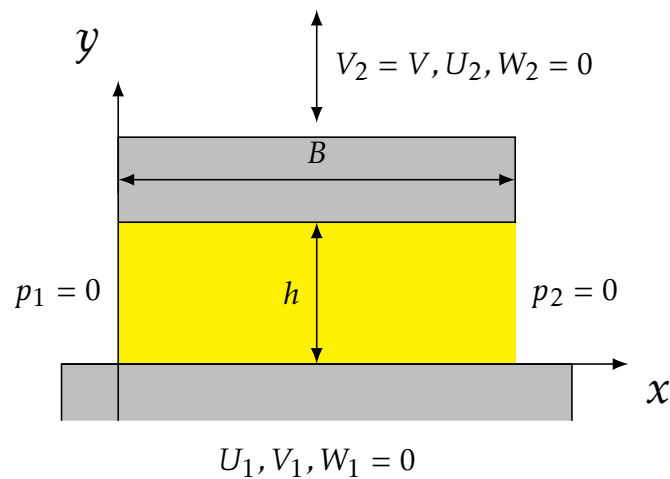
Tribologia

Exercícios

Carlos M. C. G. Fernandes

Exercício 1

Considere o escoamento entre duas placas paralelas de largura infinita (L) segundo oz . A placa inferior (1) está parada e a placa superior de comprimento B segundo ox está animada de uma velocidade $V_2 = V$ segundo oy , estando as duas placas constantemente paralelas. Considere que a viscosidade é constante e considere que o fluido é incompressível.

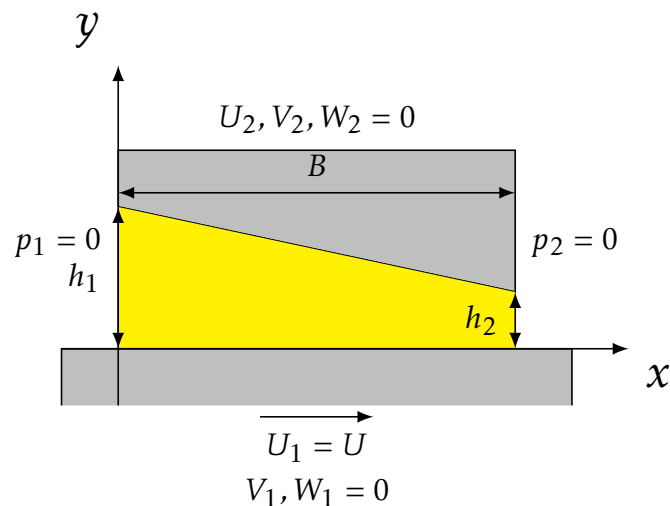


1. Obtenha a equação da distribuição de pressão no interior do contacto
2. Calcule a capacidade de carga e discuta os resultados para as situações de $V > 0$ e $V < 0$
3. Determine a velocidade do fluido no interior do contacto para os planos $x = 0$, $x = B/2$ e $x = B$ e discuta os resultados para as situações de $V > 0$ e $V < 0$

Exercício 2

A existência de um convergente juntamente com o movimento relativo dos maciços é o motor para a geração de capacidade de sustentação hidrodinâmica.

Considere o patim inclinado da figura seguinte de largura infinita (L) segundo oz . A placa inferior (1) está animada de uma velocidade $U_1 = U$ de valor constante e o patim de comprimento B segundo ox está parado. Considere que a viscosidade é constante e considere que o fluido é incompressível.



1. Obtenha a equação da distribuição de pressão no interior do contacto
2. Calcule a capacidade de carga do patim
3. Calcule o caudal na direção xx
4. Verifique o equilíbrio de forças no patim
5. Aplicação numérica*:

$$L = 5 \text{ mm}$$

$$B = 100 \text{ mm}$$

$$h_1 = 0.1 \text{ mm}$$

$$h_2 = 0.05 \text{ mm}$$

$$U = 1 \text{ m s}^{-1}$$

$$\eta = 40 \text{ mPa s}$$

* verifique novamente as simplificações da equação de Reynolds

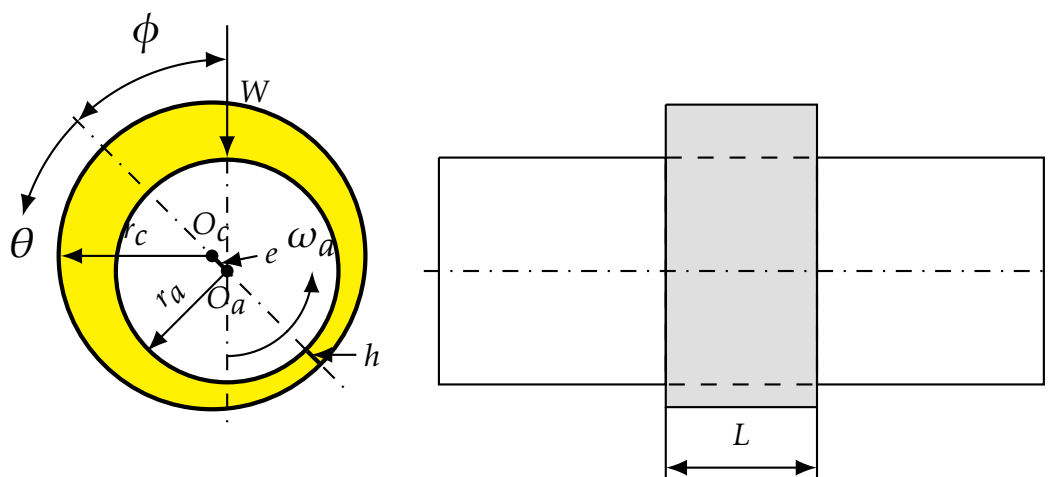
Exercício 3

Pretende-se uma chumaceira radial lisa para suportar uma carga de 5 kN a uma velocidade constante de 4000 rpm.

A chumaceira tem um diâmetro de 40 mm, e é usado um lubrificante ISO VG 46 à temperatura de 50 °C. Considere a direção de aplicação da carga constante e que o regime de funcionamento é isotérmico.

Considerando $c/R = 1/1000$ e $L/D = \frac{1}{4}$, calcule:

1. Altura mínima de filme - h_{min}
2. Ângulo de posicionamento - ϕ
3. Caudal de alimentação - Q
4. Binário de atrito no veio - C_a
5. Potência dissipada devido ao atrito



Nota: a relação c/R habitualmente encontra-se entre $1/2000 < c/R < 1/600$.

Exercício 4

Considere a chumaceira radial hidrodinâmica com as dimensões $D = 0.04\text{m}$, $L = 0.01\text{m}$, funcionando com a folga radial de $C = 20\mu\text{m}$ e a uma velocidade de rotação de $n = 4000\text{rpm}$. A carga aplicada, de direção constante, é de $W = 5000\text{N}$.

O lubrificante usado é um ISO VG 46 ($\rho = 875\text{kg m}^{-3}$, $c_p = 2000\text{J/(kgK)}$), sendo injetado à temperatura de $T_0 = 30^\circ\text{C}$. Considere que o coeficiente de dissipação nos maciços é $\alpha = 0.8$.

1. Determine a temperatura de funcionamento da chumaceira
2. Altura mínima de filme - h_{min}
3. Ângulo de posicionamento - ϕ
4. Caudal de alimentação - Q
5. Binário de atrito no veio - C_a
6. Potência dissipada devido ao atrito

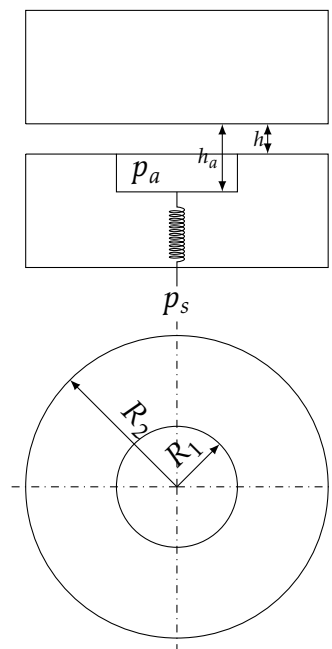
Nota: a temperatura típica de funcionamento habitualmente encontra-se entre os 40°C e os 100°C

Exercício 5

Considere a chumaceira axial hidrostática da figura alimentada com um lubrificante com a viscosidade μ . Considere que $h_a \gg h$ e que a pressão no alvéolo é p_a .

Para esta chumaceira calcule:

1. A pressão no interior da chumaceira
2. A capacidade de carga da chumaceira, W
3. O caudal de alimentação
4. As dimensões do capilar de alimentação (l_c e r_c), admitindo que a queda de pressão no capilar é $\Delta P = p_s - p_a = p_a$.

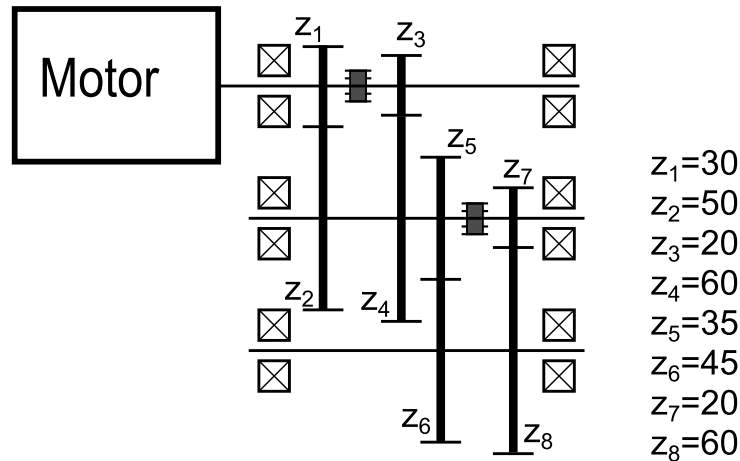


Nota: o caudal num capilar é determinado de acordo com a expressão

$$Q_c = \frac{\pi r_c^4}{8\mu l_c} \Delta P$$

Exercício 6

Considere o moto-reductor de dois andares da figura seguinte usado numa máquina ferramenta. Em cada andar de redução é possível selecionar uma das duas velocidades disponíveis através de um mecanismo de garfo seletor e crabot, tendo assim disponíveis um total de 4 velocidades de saída.



O moto-reductor apresenta as seguintes características:

- motor com uma potência de 1 kW rodando a uma velocidade constante de 2800 rpm;
- as engrenagens foram talhadas com uma ferramenta com um módulo nominal de 2 mm, ângulo de pressão de $\alpha = 20^\circ$ e têm uma largura de dentado de 20 mm;
- as engrenagens foram talhadas em aço de cementação com um módulo de Young de $E = 206 \text{ GPa}$ e um coeficiente de Poisson de $\nu = 0.3$;
- as engrenagens foram retificadas e possuem uma rugosidade composta $\sigma = 0.5 \mu\text{m}$;
- os veios são suportados por rolamentos de esferas.

Selecione o grau de viscosidade ISO VG do lubrificante a usar neste moto-reductor usando as equações de Cheng e admitindo que a temperatura de funcionamento do lubrificante é de 80°C .

Exercício 7

A transmissão por engrenagem da Figura 1 é acionada por um motor elétrico com uma potência nominal de 10 kW que roda à velocidade angular de 15 000 rpm.

O pinhão e a roda da engrenagem estão montados a meio-vão dos veios, fabricados em aço de construção Ck 45. A transmissão de momento torsor é assegurada através de um sistema escatel-chaveta em cada um dos veios.

Os veios estão apoiados em quatro chumaceiras radiais hidrodinâmicas lisas que operam em regime laminar, permanente e isotérmico.

Considere que o mecanismo utiliza um lubrificante com um grau de viscosidade ISO VG32 e opera a uma temperatura de 60°C.

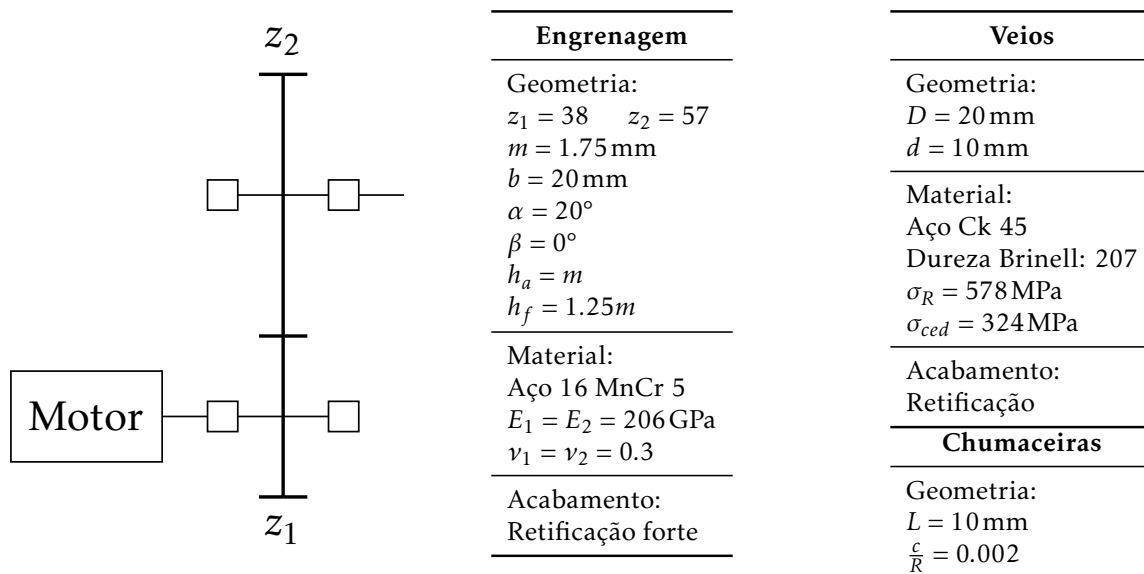


Figura 1: Transmissão por engrenagem.

1. Determine as condições de funcionamento das chumaceiras do veio de entrada.
2. Aplicando a formulação de Cheng, verifique se o grau de viscosidade do lubrificante utilizado no mecanismo assegura uma probabilidade de avaria da engrenagem inferior a 5%.

Exercício 8

A Figura 2 representa uma transmissão por engrenagem normal com arquitetura “power split” que é acionada por um motor elétrico com uma potência nominal de 40 kW que roda à velocidade angular de 2500 rpm.

O pinhão z_1 está montado na extremidade do veio do motor. As rodas z_2 e z_3 estão montadas a meio-vão dos veios 2 e 3, respectivamente, fabricados em aço de construção Ck 45. A transmissão de momento torsor é assegurada através de um sistema escatel-chaveta em cada um dos veios. O fator de concentração de tensões prático devido ao escatel do veio é $K_f = 1.6$ para solicitações de flexão.

Cada um dos veios (2 e 3) está apoiado em dois rolamentos de esferas 6006 que distam entre si de 0.4 m.

Cada ponta de veio está sujeita a um momento torsor constante correspondente à utilização de 50% da potência nominal do motor.

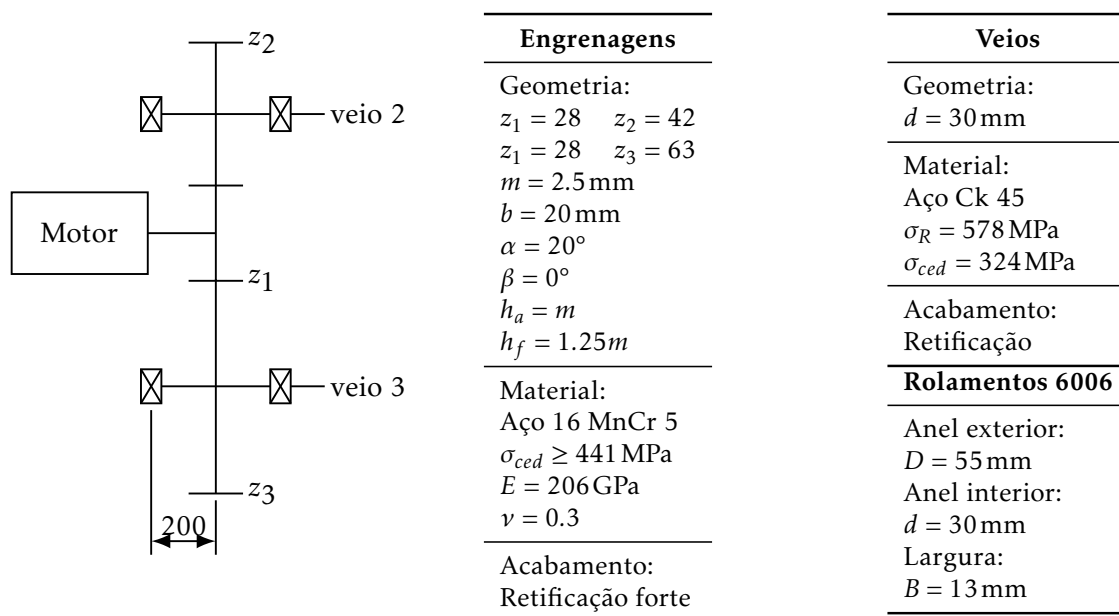


Figura 2: Transmissão por engrenagem.

Considere que o mecanismo utiliza um lubrificante com um grau de viscosidade ISO VG150. Aplicando a formulação de Cheng, escolha a temperatura de funcionamento do lubrificante que assegura uma probabilidade de avaria inferior a 5%.