

Łożysko ślizgowe tarcia płynnego- przykład 1

Wykonać obliczenia paramterów filmu olejowego w hydrodynamicznym łożysku składającym się z pełnej panewki, smarowanym pierścieniem, o chłodzeniu konwekcyjnym.

Łożysko pracuje przy obciążeniu: $F := 36000 \text{ N}$ z prędkością obrotową: $n := 200 \cdot \frac{1}{\text{min}}$

Panewkę wylano stopem Ł16 dla którego: $p_{dop} := 10 \text{ MPa}$ $pv_{dop} := 15 \text{ MPa} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Współczynnik rozszerzalności cieplnej panewki i czopa: $\alpha_p := 23 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{K}}$ $\alpha_{cz} := 11 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{\text{K}}$

Powierzchnia oddawania ciepła przez korpus: $A_{wym} := 0,45 \text{ m}^2$

Prząc współczynnik przekazywania ciepła: $k := 20 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Powierzchnie ślizgowe łożyska wykonano w technologii zapewniającej uzyskanie $Rz_{cz} := 1,6 \mu\text{m}$ $Rz_p := 3,6 \mu\text{m}$

Z odrębnych rozważań wynika $\lambda=L/D=1$. Dobrano tolerancje wykonania średnic panewki i czopa:

$$D_{min} := 120,05 \text{ mm}$$

$$d_{min} := 119,93 \text{ mm}$$

$$D_{max} := 120,07 \text{ mm}$$

$$d_{max} := 119,95 \text{ mm}$$

Dobrano olej ISO VG 100 o wskaźniku lepkości VI=100.

Założono temperaturę otoczenia: $t_{ot} := 20 \Delta^\circ\text{C}$

-----Rozwiązanie -----

1. Wymiary nominalne łożyska:

$$D := 120 \text{ mm}$$

$$\lambda := 1$$

$$L := \lambda \cdot D = 120 \text{ mm}$$

$$R := \frac{D}{2}$$

2. Sprawdzenie warunków pracy stopu łożyskowego

$$v := \pi \cdot D \cdot n = 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$p_{sr} := \frac{F}{L \cdot D} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$p_{dop} = 10 \text{ MPa}$$

Komentarz: Warunek spełniony

$$p_{sr} \cdot v = 3,1 \text{ MPa} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$pv_{dop} = 15 \text{ MPa} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Komentarz: Warunek spełniony

3. Średni luz względny (bezwymiarowy)

$$\Psi_{min} := \frac{D_{max} - d_{min}}{D} = 1,17 \%$$

$$\Psi_{max} := \frac{D_{min} - d_{max}}{D} = 0,83 \%$$

$$\Psi_{sr} := \frac{\Psi_{max} + \Psi_{min}}{2} = 1 \%$$

-----Pierwsza iteracja obliczeń -----

Dla przyjętej wstępnie temperatury $t_{B0} := 50 \Delta^\circ\text{C}$

Na podstawie wykresu (Rys.1), odczytano: $\eta := 0,055 \text{ Pa s}$

4.1. Korekta luzu ze względu na zmianę temperatury łożyska.

Temperatura montażu: $t_{mont} := t_{ot}$

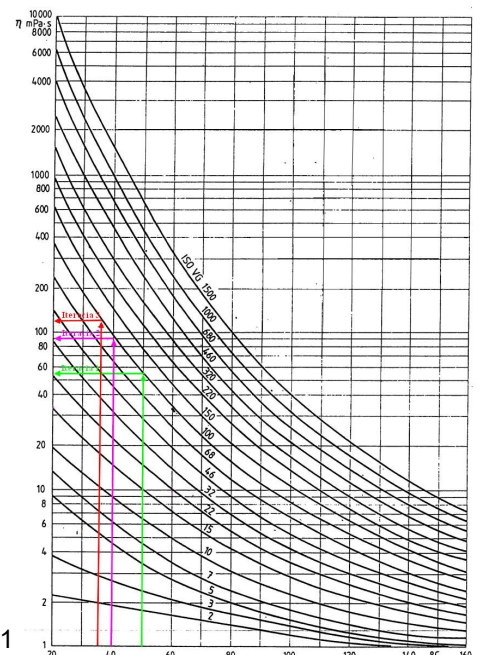
$$\Delta\Psi := (\alpha_p - \alpha_{cz}) \cdot (t_{B0} - t_{mont}) = 0,36 \%$$

5.1. Rzeczywist luz względny:

$$\Psi_{rz} := \Psi_{sr} + \Delta\Psi = 1,36 \%$$

6.1. Obliczenie wartości liczby Sommerfelda

$$S := \frac{\eta \cdot n}{p_{sr} \cdot \Psi_{rz}} = 0,0396$$



Rys.1

7.1. Wyznaczenie współczynnika tarcia

Dla wyznaczonej wartości liczby (S) z wykresu "mi do Psi" (Rys.2.)

odczytujemy wartość parametru: $\mu_{\Psi} := 1,47$

Stąd wartość współczynnika tarcia:

$$\mu := \mu_{\Psi} \cdot \Psi_{rz} = 0,002$$

8.1. Moc tracona w łożysku

W warunkach ustalonych moc strat tarcia w łożysku równa jest strumieniowi start ciepła do otoczenia.

Moc strat tarcia w łożysku wynosi:

$$N_T := \mu \cdot F \cdot v = 90,4 \text{ W}$$

Strumień ciepła oddawanego do otoczenia przez łożysko jest równa iloczynowi powierzchni czynnej korpusu łożyska, współczynnika wnikania ciepła oraz różnicy temperatury powierzchni korpusu łożyska i temperatury otoczenia.

Znając moc strat tarcia, powierzchnię czynną korpusu, wsp. wnikania ciepła oraz temp. otoczenia można zatem obliczyć temperaturę powierzchni łożyska.

Temperatura ta powinna być zbliżona do założonej wstępnie temperatury (t_{B0}). Jeżeli jednak obliczona na podstawie bilansu mocy temperatura łożyska znacząco różni się od wstępnie przyjętej (więcej niż o 3 K) wówczas należy powtórzyć obliczenia dla nowej uśrednionej temperatury.

9.1. Obliczenie rzeczywistej temperatury pracy łożyska na podstawie bilansu mocy

$$t_{B1} := \frac{N_T}{k \cdot A_{wym}} + t_{ot} = 30 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}$$

10.1. Obliczenie różnicy temperatury założonej i obliczonej

$$t_{B0} - t_{B1} = 20 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}$$

Komentarz: Ze względu na znaczną różnicę temperatur zostanie wykonana kolejna iteracja obliczeń

11.1. Obliczenie nowej wartości temperatury założonej

$$t_{B0new} := \left(\frac{t_{B0} + t_{B1}}{2} \right) = 40 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}$$

-----Druga iteracja obliczeń -----

Dla wyznaczonej wcześniej temperatury $t_{B0new} = 40 \text{ } \Delta^{\circ}\text{C}$

na podstawie wykresu (Rys.1), odczytano: $\eta := 0,090 \text{ Pa s}$

4.2. Korekta luzu ze względu na zmianę temperatury łożyska.

$$\Delta\Psi := (\alpha_p - \alpha_{cz}) \cdot (t_{B0new} - t_{mont}) = 0,24 \text{ } \text{‰}$$

5.2. Rzeczywisty luz względny:

$$\Psi_{rz} := \Psi_{sr} + \Delta\Psi = 1,24 \text{ } \text{‰}$$

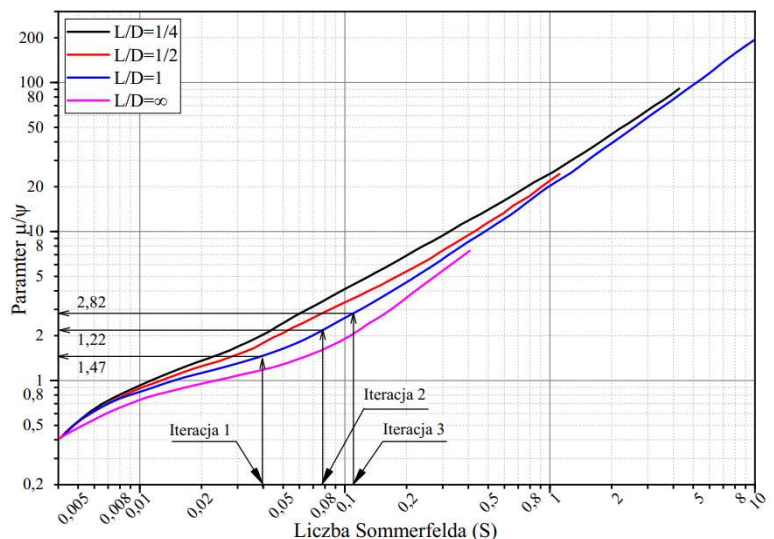
6.2. Obliczenie wartości liczby Sommerfelda

$$S := \frac{\eta \cdot n}{P_{sr} \cdot \Psi_{rz}} = 0,078$$

7.2. Wyznaczenie współczynnika tarcia

Odczytać z wykresu μ/ψ (Rys.2) $\mu_{\Psi} := 2,2$

$$\mu := \mu_{\Psi} \cdot \Psi_{rz} = 0,0027$$



Rys.2

8.2. Moc tracona w łożysku

$$N_T := \mu \cdot F \cdot v = 123,4 \text{ W}$$

9.2. Obliczenie rzeczywistej temperatury pracy łożyska

$$t_{B1} := \frac{N_T}{k \cdot A_{wym}} + t_{ot} = 33,7 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

10.2. Obliczenie różnicy temperatury założonej i obliczonej

$$t_{B0new} - t_{B1} = 6,3 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

Komentarz: Ze względu na znaczną różnicę temperatur zostanie wykonana kolejna iteracja obliczeń

11.2. Obliczenie nowej wartości temperatury założonej

$$t_{B0new2} := \left(\frac{t_{B0new} + t_{B1}}{2} \right) = 36,9 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

-----Trzecia iteracja obliczeń -----

Dla wyznaczonej w wcześniej temperatury $t_{B0new2} = 36,9 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$

na podstawie wykresu (Rys.1), odczytano: $\eta := 0,12 \text{ Pa s}$

4.3. Korekta luzu ze względu na zmianę temperatury łożyska.

$$\Delta\Psi := (\alpha_p - \alpha_{cz}) \cdot (t_{B0new2} - t_{mont}) = 0,2024 \text{ } \%$$

5.3. Rzeczywist luz względny:

$$\Psi_{rz} := \Psi_{sr} + \Delta\Psi = 1,202 \text{ } \%$$

6.3. Obliczenie wartości liczby Sommerfelda

$$S := \frac{\eta \cdot n}{P_{sr} \cdot \Psi_{rz}^2} = 0,1107$$

7.3. Wyznaczenie współczynnika tarcia

Odczytać z wykresu μ/ψ (Rys.2) $\mu_\Psi := 2,82$

$$\mu := \mu_\Psi \cdot \Psi_{rz} = 0,0034$$

8.3. Moc tracona w łożysku

$$N_T := \mu \cdot F \cdot v = 153,4 \text{ W}$$

9.3. Obliczenie rzeczywistej temperatury pracy łożyska

$$t_{B1} := \frac{N_T}{k \cdot A_{wym}} + t_{ot} = 37 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

10.3. Obliczenie różnicy temperatury założonej i wynikającej z bilansu cieplnego

$$t_{B0new2} - t_{B1} = -0,2 \text{ } \Delta^\circ\text{C}$$

Komentarz: Wobec małej różnicy temperatur procedurę iteracyjną uznano za zakończoną

-----Obliczenie pozostałych parametrów pracy łożyska -----

Wszystkie wartości parametrów wyznaczono dla: $S = 0,1107$

12. Obliczenie minimalnej grubości filmu smarnego

Odczytać z wykresu h_0/δ (Rys.3) $h_0_delta := 0,4$

Średni luz promieniowy: $\delta_{sr} := \Psi_{sr} \cdot R = 0,06 \text{ mm}$

$$h_0 := h_0_delta \cdot \delta_{sr} = 24 \text{ } \mu\text{m} \quad \text{Przy czym: } Rz_{cz} + Rz_p = 5,2 \text{ } \mu\text{m}$$

Komentarz: Minimalna grubość filmu smarnego jest większa od sumy wysokości chropowatości współpracujących powierzchni łożyska

13. Wyznaczenie wartości ekscentryczności względnej

$$\varepsilon := 1 - h_0_delta = 0,6$$

Komentarz: Wartość ekscentryczności względnej mieści się w zalecanym zakresie

14. Obliczenie zapotrzebowania na środek smary

Odczytać z wykresu $Q/R\delta nL$ (Rys.4) $Q_R\delta nL := 4,38$

$$Q := Q_R\delta nL \cdot R \cdot \delta_{sr} \cdot n \cdot L = 378,4 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$$

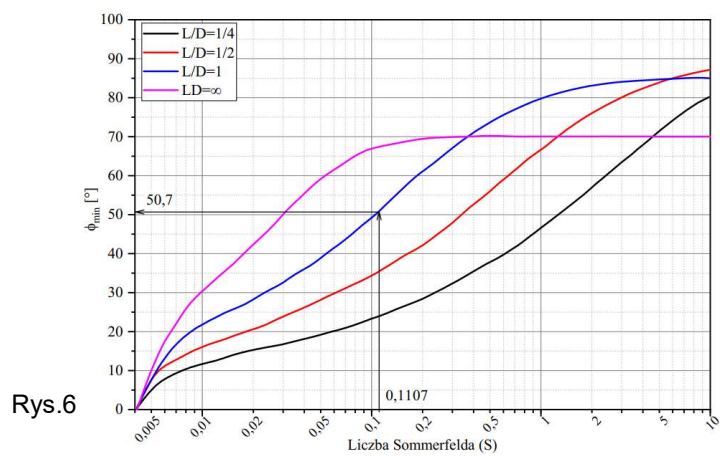
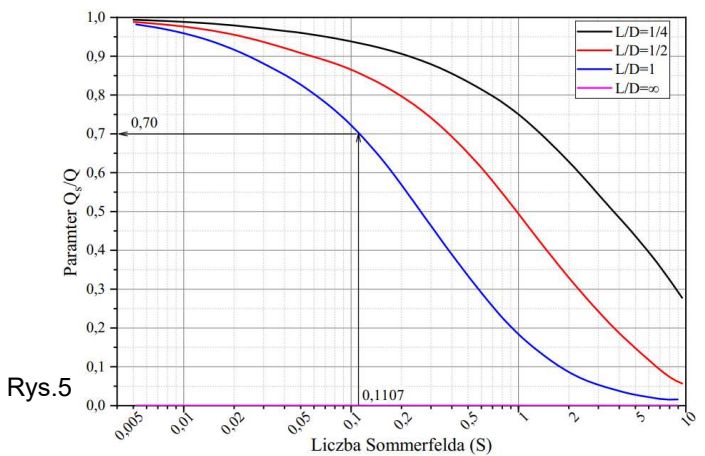
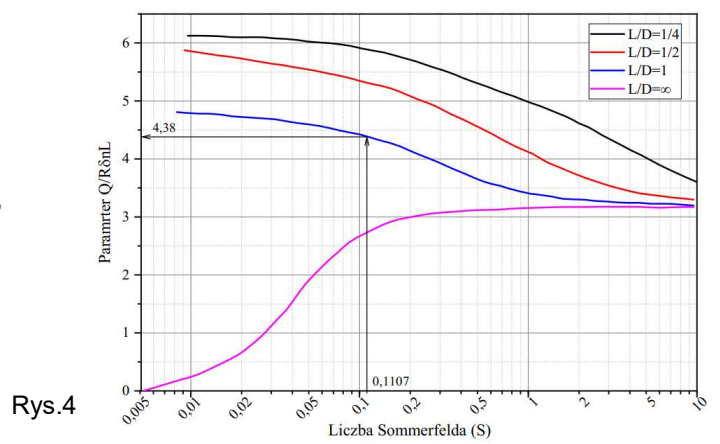
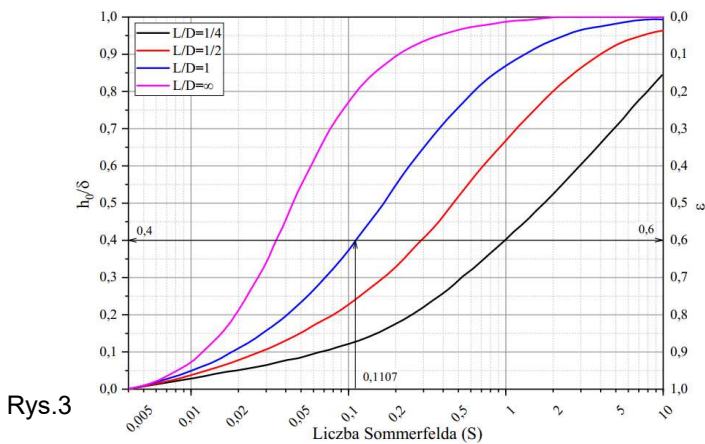
15. Obliczenie natężenia wpływów bocznych

Odczytać z wykresu Q_s/Q (Rys.5) $Qs_Q := 0,81$

$$Q_s := Qs_Q \cdot Q = 306,5 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$$

16. Wyznaczenie kąta minimalnej grubości filmu smarnego

Odczytać z wykresu ϕ_{min} (Rys.6) $\phi_{min} := 50,7 \text{ deg}$



Uwagi:

1. Kolorem żółtym wyróżniono parametry których wartość należy odczytano z wykresu.
2. Wykresy w pełnej skali zestawiono w materiałach pomocniczych.