

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Wybrane zagadnienia budowy
zespółów urządzeń precyzyjnych
- projekt**

Ćwiczenie 4

Obliczenia przekładni ślimakowej

Temat 14

Wykonał: Paweł Trześniewski

Prowadzący: dr inż. Wiesław Mościcki

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia było dobranie parametrów przekładni ślimakowej w taki sposób, aby była samohamowna. Warunki pracy określone zostały w danych indywidualnych.

2. Dane indywidualne

- Przełożenie $i_p = 40$
- Moment obciążenia $M_{obc} = 950 \text{ mNm}$
- Prędkość obrotowa ślimacznicy $n_2 = 35 \frac{\text{obr}}{\text{min}}$
- Materiał ślimaka: 107CrV3 (NW1)
- Materiał ślimacznicy: CB491K (B555)

3. Założenia ogólne

- Ślimak jest jednokrotny.
- Przekładnia pracuje w sposób ciągły.
- Obciążenie oraz prędkość obrotowa przekładni ślimakowej zmieniają się podczas pracy maksymalnie w zakresie $\pm 15\%$.
- Współczynnik tarcia ślizgowego ślimaka i ślimacznicy wynosi $\mu = 0,15$.

4. Obliczenia

4.1. Wyznaczenie wartości modułu osiowego

Moduł osiowy m_o wyraża się zależnością

$$m_o = 8,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_2}{\Psi \cdot c \cdot C_z \cdot Z_2 \cdot n_2}}, \quad (1)$$

przy czym:

- N_2 – moc na wałku ślimacznicy,
- Ψ – współczynnik szerokości wieńca ślimacznicy $\left(\frac{b}{m_o}\right)$,
- c – współczynnik obciążenia zależny od prędkości poślizgu,
- C_z – współczynnik zależny od liczby zębów ślimacznicy,
- Z_2 – liczba zębów ślimacznicy.

Moc N_2 obliczono z wzoru

$$N_2 = M_{obc} \cdot \omega_2 = M_{obc} \cdot \frac{2\pi \cdot n_2}{60} = 950 \text{ mNm} \cdot \frac{2\pi \cdot 35 \frac{\text{obr}}{\text{min}}}{60} = 3,48 \text{ W}, \quad (2)$$

gdzie ω_2 – prędkość kątowna w rad/s.

Przyjęto prędkość poślizgu poniżej 1 m/s, w związku z tym, dla przekładni o materiałach oraz charakterze pracy przyjętych w projekcie (ślimak – stal bez obróbki cieplnej, ślimacznica – brąz, praca ciągła), współczynnik $c = 0,3$ (tabela 1).

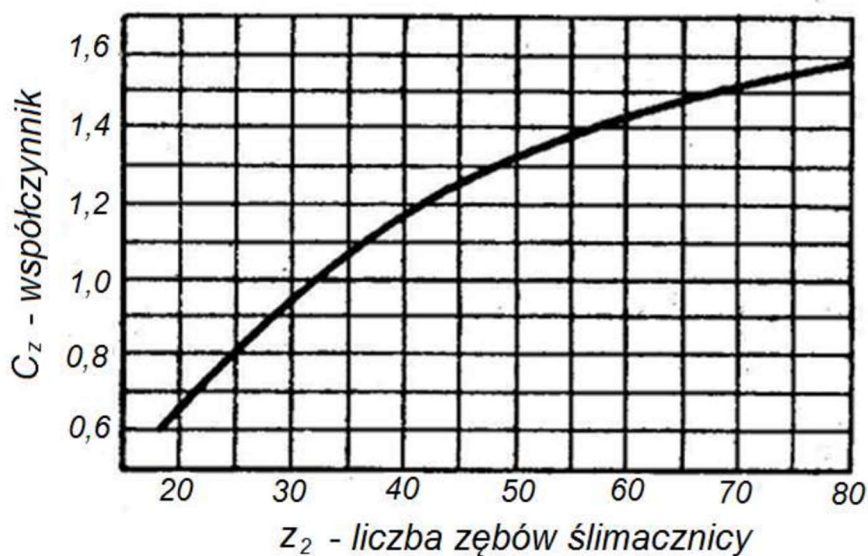
Tabela 1. Współczynniki obciążenia dla małych prędkości poślizgu [1].

Materiał ślimacznicy	Ślimak hartowany	Ślimak ulepszany cieplnie	Ślimak toczony (bez obróbki cieplnej)
mosiądz	0,6	0,4	0,3
brąz	0,6	0,4	0,3
stal miękka	0,7	0,45	0,35
delrin	-	-	0,2

Liczba zębów ślimacznicy Z_2 wynika z przełożenia oraz przyjętej liczby zwojów ślimaka. Przekształcając wzór na przełożenie otrzymano

$$Z_2 = i_p \cdot Z_1 = 40 \cdot 1 = 40. \quad (3)$$

Wartość C_z wyznaczono z odpowiedniej charakterystyki (rys. 1). Dla Z_2 poprzez interpolację odczytano wartość $C_z = 1,18$.



Rysunek 1. Charakterystyka współczynnika C_z .

Zalecany współczynnik szerokości wieńca ślimacznicy Ψ znajduje się w przedziale $7,5 \div 10$, zatem przyjęto $\Psi = 7,5$.

Po podstawieniu wyliczonych wartości do wzoru (1) otrzymano

$$m_o = 8,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{3,48}{7,5 \cdot 0,3 \cdot 1,18 \cdot 40 \cdot 35}} = 0,83 \text{ mm.}$$

Uzyskaną wartość zaokrąglono do większej znormalizowanej, otrzymując $m_o = 1$.

4.2. Dobór wartości wskaźnika średnicowego q ślimaka

W celu zapewnienia samohamowności należało spełnić warunek

$$\gamma \leq \rho',$$

gdzie γ – kąt wzniosu linii śrubowej ślimaka, ρ' – pozorny kąt tarcia, wyrażony przez

$$\rho' = \arctg\left(\frac{\mu}{\cos \alpha}\right) = \arctg\left(\frac{0,1}{\cos 20^\circ}\right) = 6,08^\circ, \quad (4)$$

przy czym $\alpha = 20^\circ$ – podziałowy kąt zarysu, μ – współczynnik tarcia, dla pary stal – brąz równy $0,1 \div 0,15$. Graniczna wartość kąta wzniosu linii śrubowej wynosi $\gamma_{max} = \rho' = 6,08^\circ$. Wskaźnik średnicowy przekładni q , zgodnie z jej geometrią, jest równy:

$$q = \frac{z_1}{\tg \gamma}. \quad (5)$$

Wartość minimalną q_{min} otrzymano przez podstawienie za kąt wzniosu γ_{max}

$$q_{min} = \frac{z_1}{\tg \gamma_{max}} = \frac{1}{\tg 6,08^\circ} = 9,39.$$

Ostatecznie, uwzględniając zapas w celu zagwarantowania samohamowności, wybrano wartość znormalizowaną $q = 12$. Dla takiego q , wartość γ jest równa

$$\gamma = \arctg\left(\frac{z_1}{q}\right) = \arctg\left(\frac{1}{12}\right) = 4,76^\circ,$$

natomiast sprawność η wynosi

$$\eta = \frac{\tg \gamma}{\tg (\gamma + \rho')} = \frac{\tg 4,76^\circ}{\tg (4,76^\circ + 6,08^\circ)} = 0,43. \quad (6)$$

4.3. Obliczenie wymiarów ślimaka

Średnicę podziałową d_1 określono z zależności

$$d_1 = m_o \cdot q = 1 \text{ mm} \cdot 12 = 12 \text{ mm}, \quad (7)$$

zaś średnicę wierzchołków z wzoru

$$d_{a1} = m_o \cdot (q + 2y) = 1 \text{ mm} \cdot (12 + 2 \cdot 1) = 14 \text{ mm}, \quad (8)$$

natomiast średnica podstaw d_{f1} wynosi

$$d_{f1} = m_o \cdot (q - 2u) = 1 \text{ mm} \cdot (12 - 2 \cdot 1,2) = 9,6 \text{ mm}, \quad (9)$$

przy czym y – współczynnik wysokości głowy równy 1, u – współczynnik wysokości stopy równy 1,2 dla modułów większych bądź równych 1.

Zalecana minimalna długość części uzwojonej ślimaka dla $Z_l = 1$ wyraża się przez

$$L \geq (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m_o = (11 + 0,06 \cdot 40) \cdot 1,0 \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}. \quad (10)$$

Otrzymaną wartość minimalną zaokrąglono w górę i powiększono o 1 mm, otrzymując $L = 15 \text{ mm}$.

4.4. Sprawdzenie minimalnej średnicy d_{trz} wałka stalowego ślimaka

Minimalna ze względów wytrzymałościowych średnica wałka określona jest wzorem

$$d_{trz} = 36,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{N_1}{n_1 \cdot k_s}}, \quad (11)$$

gdzie: N_1 – moc na wałku ślimaka, n_1 – prędkość obrotowa ślimaka, k_s – dopuszczalne naprężenie styczne. Moc obliczono z zależności

$$N_1 = \frac{N_2}{\eta} = \frac{3,48 \text{ W}}{0,43} = 8,09 \text{ W}, \quad (12)$$

prędkość obrotową z wzoru

$$n_1 = i_p \cdot n_2 = 40 \cdot 35 \frac{\text{obr}}{\text{min}} = 1400 \frac{\text{obr}}{\text{min}}, \quad (13)$$

a dopuszczalne naprężenia z wykorzystaniem formuły

$$k_s = R_e \cdot 0,3 = 150 \text{ MPa} \cdot 0,3 = 45 \text{ MPa}, \quad (14)$$

przy czym R_e – granica plastyczności ślimacznicy. Podstawiając otrzymane wartości do wzoru (11) otrzymano

$$d_{trz} = 36,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{8,09 \text{ W}}{1400 \frac{\text{obr}}{\text{min}} \cdot 45 \text{ MPa}}} = 1,84 \text{ mm.}$$

Obliczona średnica jest znacznie mniejsza od wstępnie wyliczonej średnicy stóp ślimaka

$$d_{trz} < d_{f1},$$

zatem nie ma potrzeby korekty parametrów ślimaka ze względów wytrzymałościowych.

4.5. Obliczenie wymiarów ślimacznicy

Średnice definiujące ślimacznicę obliczono za pomocą następujących wzorów:

- średnica podziałowa

$$D_2 = m_o \cdot Z_2 = 1 \text{ mm} \cdot 40 = 40 \text{ mm}, \quad (15)$$

- średnica wierzchołków

$$D_{a2} = m_o \cdot (Z_2 + 2y) = 1 \text{ mm} \cdot (40 + 2 \cdot 1) = 42 \text{ mm}, \quad (16)$$

- średnica podstaw

$$D_{f2} = m_o \cdot (Z_2 - 2u) = 1 \text{ mm} \cdot (40 - 2 \cdot 1,2) = 37,6 \text{ mm}. \quad (17)$$

Szerokość b uzębionej części wieńca ślimacznicy wynosi

$$b = 2 \cdot \sqrt{q+1} \cdot m_o = 2 \cdot \sqrt{12+1} \cdot 1 \text{ mm} = 7,21 \text{ mm}, \quad (18)$$

zaś całkowita szerokość b_c wieńca wynosi jest powiększona o moduł

$$b_c = b + m_o = 7,21 \text{ mm} + 1 \text{ mm} = 8,21 \text{ mm}. \quad (19)$$

4.6. Obliczenie odległości osi kół

Odległość osi współpracujących elementów a wyrażona jest przez

$$a = 0,5 (d_1 + D_2) = 0,5 (12 \text{ mm} + 40 \text{ mm}) = 26 \text{ mm}. \quad (20)$$

5. Literatura

1. Mościcki W. – *Przekładnie ślimakowe. Obliczenia* – instrukcja do zajęć projektowych przedmiotu *Wybrane zagadnienia budowy zespołów urządzeń precyzyjnych*, Warszawa 2024