

Marcin Prabucki

269282

Śr/TN 17:05

*Projekt nr 2*

# **SPRZĘGŁO ZĘBATE JEDNOSTRONNE**

Prowadzący dr inż. Janusz Rogula

*Wrocław 2023*

### Parametry sprzęgła:

- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. Moment nominalny        | $M_n = 350 \text{ Nm}$      |
| 2. Prędkość obrotowa       | $n = 1600 \text{ obr/min}$  |
| 3. Przesunięcia wału:      |                             |
| ♦ przesunięcie promieniowe | $\Delta r = 0,5 \text{ mm}$ |
| ♦ przesunięcie osiowe      | $\Delta a = 0,5 \text{ mm}$ |
| ♦ odchylenie kątowe        | $\Delta \alpha = 0,5^\circ$ |

### Ogólne wymagania sprzęgła zębatego :

Sprzęgła zębate ogólnego przeznaczenia stosuje się do przenoszenia momentu obrotowego przy kątowych, promieniowych i osiowych przesunięciach wałów.

W zmontowanym sprzęgle tuleje uzębione powinny mieć możliwość przesuwania poosiowego oraz wychylenia kątowego we wszystkich kierunkach w przedziałach dopuszczalnych dla sprzęgieł zębatych.

Sprzęgło to będzie pracowało pomiędzy **silnikiem spalinowym 4-cylindrycznym** a **urządzeniem wiertniczym**.

Zakładamy że sprzęgło będzie działało 5 godzin na dobę.

Odpowiednio dla tych urządzeń zostaną podane później w obliczeniach, wartości współczynników przeciążenia  $k_1$ ,  $k_2$ .

## Tok obliczeń:

DANE	OBLICZENIA	WYNIKI
<p><b>Obliczanie mocy nominalnej <math>P_n</math>:</b></p> <p><math>N</math> – moc [kW]</p> <p><math>M_n = 350 \text{ Nm}</math></p> <p><math>\omega</math> – prędkość kątowna [1/s]  <math>n = 1600 \text{ obr/min}</math></p>	$P_n = M_n \cdot \omega = M_n \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}$	<p><math>P_n = 58,6 \text{ kW}</math></p>
<p><b>Moment obrotowy obliczeniowy:</b></p> <p><math>k_1</math> – zachowanie się silnika <math>k_1 = 0,5</math>  <math>k_2</math> – zachowanie się maszyny <math>k_2 = 3,0</math></p>	$M_0 = k \cdot M_n = (k_1 \cdot k_2) \cdot M_n$ $M_0 = (0,5 \cdot 3) \cdot 350 = 1,35 \cdot 350 = 525 \text{ Nm}$	<p><math>M_0 = 525 \text{ Nm}</math></p>
<p><b>Obliczenie średnicy wału:</b></p> <p>Wał wykonany ze stali C45</p> <p>Parametry stali:</p> <p><math>k_{sj}</math> - naprężenia dopuszczalne na skręcanie</p> <p><math>k_{sj} = 95 \text{ MPa}</math></p>	$\tau_s = \frac{M_s}{W_s}$ $W_s = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ $d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_0}{\pi \cdot k_s}}$ $d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 525}{\pi \cdot 95}} = 30,4 \text{ mm}$	<p><math>d = 30,4 \text{ mm}</math></p> <p>Przyjmujemy średnicę wału 40 mm</p>

DANE	OBLICZENIA	WYNIKI
<p><b>Sprawdzenie warunku:</b></p> $\frac{M_s}{W_s} \leq k_s$ $\frac{16 \cdot 525}{3,14 \cdot 0,032^3} \leq 95$ $81,6MPa \leq 95MPa$		$81,6MPa \leq 95MPa$ Warunek został spełniony
<p><b>Obliczanie wpustu:</b></p> <p>W projekcie zostanie zastosowany wpust pryzmatyczny, zaokrąglony, pełny typu A  Wysokość i szerokość wpustu odczytana z tablic wynosi:</p> <p><b>B x h = 10 x 8</b></p> <p><b>Materiał E360</b></p> <p><b>Wyznaczymy długość wpustu z warunku na nacisk powierzchniowy:</b></p> <p>d - średnica wału  l<sub>0</sub> - długość wpustu  n – ilość wpustów n=3,5  h – wysokość wpustu pryzmatycznego h=6mm  p<sub>dop</sub> – nacisk dopuszczalny  z- współczynnik z  z=0,25  k<sub>c</sub>=175MPa</p> <p><b>p<sub>dop</sub> = 130 MPa</b></p>	$p = \frac{2F}{l_o \cdot h \cdot n} \leq p_{dop}$ $F = \frac{2M_o}{d}$ $p_{dop} = z \cdot k_c$ $l_o \geq \frac{4M_o}{d \cdot h \cdot n \cdot z \cdot k_c}$	<p>F = 32,8 kN</p> <p>l<sub>0</sub> = 30 mm</p> <p>Przyjmujemy długość wpustu 36mm</p>
<p><b>Obliczenie rzeczywistej długości wpustu:</b></p>	$l = l_0 + b$ $l = 36 + 10 = 46mm$	<p><b>l = 46mm</b></p>

DANE	OBLICZENIA	WYNIKI
<p><b>Warunek wytrzymałościowy wpustu na ścinanie:</b></p> <p><math>l_0</math> – czynna część wpustu  <math>b</math> – szerokość wpustu  <math>k_{tj}</math> – naprężenia na ścinanie  <math>k_{tj} = 85\text{MPa}</math></p>	$\tau = \frac{M_s}{r \cdot l_0 \cdot b} \leq k_{tj}$ $\tau = \frac{F}{l \cdot b} \leq k_{tj}$ $\tau = \frac{32800}{0,046 \cdot 0,01} \leq k_{tj}$ $\tau = 71,3\text{MPa}$ $\tau \leq k_{tj} = 85\text{MPa}$	$\tau = 71,3\text{MPa}$ $\tau \leq k_{tj}$ <p>Warunek został spełniony</p>
<p><b>Obliczenia zębów:</b></p> <p>Materiał z jakiego wykonany jest wieniec zębaty to <b>18CrMo4</b>.  Do obliczeń wartości modułu, szerokości wieńca zębatego i ilości zębów zostały założone.</p> <p><b>Obliczenie wysokości zęba:</b></p> <p><math>m</math>- moduł  <math>h</math>- wysokość zębów  <math>m = 3</math></p> <p><b>Obliczenie promienia i średnicy podziałowej wieńca zębatego:</b></p> <p><math>z</math>- ilość zębów  <math>z = 30</math></p>	$h = 1,8m$ $h = 1,8 \cdot 3 = 5,4\text{mm}$ $R_g = \frac{z \cdot m}{2}$ $R_g = \frac{30 \cdot 3}{2} = 45\text{mm}$ $D_p = 2 \cdot R_g = 90\text{mm}$	$h = 5,4\text{mm}$ $R_g = 45\text{mm}$ $D_p = 90\text{mm}$

<p><b>Obliczenie szerokości wieńca zębatego:</b></p> <p><b>P<sub>dop</sub>=40MPa</b>  <b>Z=30</b>  <b>h=5,4mm</b>  <b>d<sub>p</sub>=90mm</b></p> <p><b>Obliczenie czynnej liczby zębów:</b></p> <p><b>k<sub>g</sub> = 172 MPa</b>  <b>k<sub>c</sub> = 81 MPa</b>  <b>E=210GPa</b>  <b>ν=0,3</b></p> <p><b>Obliczenie maksymalnego obciążenia przyłożonego do zęba:</b></p> <p><b>k<sub>gj</sub> – naprężenia na zginanie</b>  <b>k<sub>gj</sub> = 172 MPa</b>  <b>α – kat przyporu</b>  <b>b – szerokość wieńca zębatego</b></p> <p>b = 12mm  α = 20°</p>	$F = \frac{2M_0}{d_p}$ $\frac{F}{n \cdot l_z \cdot z} \leq p_{dop}$ $\frac{2M_0}{d_p \cdot h \cdot b \cdot z \cdot 0,75} \leq p_{dop}$ $b \geq \frac{2M_0}{d_p \cdot h \cdot p_{dop} \cdot z \cdot 0,75}$ $b \geq 2,4mm$ <p>Dobieram szerokość wieńca zębatego b=12mm</p> $z_{cz} = \frac{1}{\pi} \frac{E}{1 - \nu^2} a \frac{b}{R_g} \frac{k_g}{k_c^2} \frac{1}{\sin^2 \alpha_0 \cos \alpha_0}$ $z_{cz} = 46,7$ $q = \frac{M_s K_1}{2\pi \cdot z_{cz} \cdot b \cdot R_g}$ $q = \frac{525 \cdot 0,5}{2 \cdot 3.14 \cdot 78 \cdot 0,012 \cdot 75} = 0,595N/mm$	<p>b=12mm</p> <p>Przyjmuję:  z<sub>cz</sub> = 48</p> <p>q = 0,48 N/mm</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Obliczenie momentu jaki może przenieść sprzęgło:</b></p>  <p><b>Obliczenie dopuszczalnych naprężeń na zginanie dla zębów hartowanych:</b></p> <p><b>R<sub>e</sub> = 880 MPa</b>  <b>R<sub>m</sub> = 1080 MPa</b></p>  <p><b>Obliczenie maksymalnego naprężenia przyłożonego do zębów:</b></p> <p>R<sub>z1-2</sub>- zastępczy promień krzywizny zęba piasty i tulei</p> <p>R<sub>z1-2</sub> = R<sub>g</sub> = 75mm</p> <p>k<sub>c</sub> = 200MPa</p>  <p><b>Obliczenie luzu międzyzębnych</b></p> <p><b>b – szerokość wieńca zębatego</b>  <b>Δα - odchylenie katowe</b>  <b>Δα = 0,5°</b></p>	$M_0 = \frac{2\pi \cdot z_{cz} q b R_g}{K_1}$ $M_0 = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 78 \cdot 0,595 \cdot 0,012 \cdot 45}{0,5}$ $= 314,8Nm$  $k_{gj} = 31 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot (R_m + R_e)}$ $k_{gj} = 31 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot 1960} = 31 \cdot 9,93 = 308MPa$  $\sigma_{cmax} = \sqrt{\frac{q_c \cdot E}{\pi \cdot R_{z1-2} \cdot (1 - v^2)}} \leq k_c$ $\sigma_{cmax} = \sqrt{\frac{0,48 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 75(1 - 0,3^2)}}$ $\sigma_{cmax} \leq k_c$  $l_0 = b \cdot \sin \Delta \alpha$ $l_0 = 15 \cdot \sin 0,5^\circ = 0,13mm$	<p>M<sub>0</sub> = 314,8Nm</p>  <p>k<sub>gj</sub> = 308MPa</p>  <p>σ<sub>cmax</sub> =21,7MPa</p> <p>Warunek został spełniony</p>  <p>l<sub>0</sub> = 0,13mm</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Obliczanie śrub łączące dwa kołnierze sprzęgła:**

Śruby wykonane ze stali **E335**  
Śruby są ciasno pasowane

**Obliczenie siły działającej na śrubę:**

**D** - Średnica rozmieszczenia śrub  
**D = 200mm**

**z** - liczba śrub  
**z = 6**

**k<sub>t</sub> = 80MPa**

**Obliczenie średnicy śruby z warunku na ścinanie:**

$$F = \frac{2M_0}{D \cdot z}$$

$$F = \frac{2 \cdot 529}{0,2 \cdot 6} = 875N$$

$$\tau = \frac{F}{A} \leq k_t$$

$$A = \frac{\pi d_3}{4}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{8F}{\pi \cdot k_t}}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{8 \cdot 881,7}{3,14 \cdot 80}} = 5,3mm$$

$$F=881,7 \text{ N}$$

$$D_3 = 5,3mm$$

Przyjmujemy średnicę śruby

$$D_3 = 6 \text{ mm}$$

**M6**