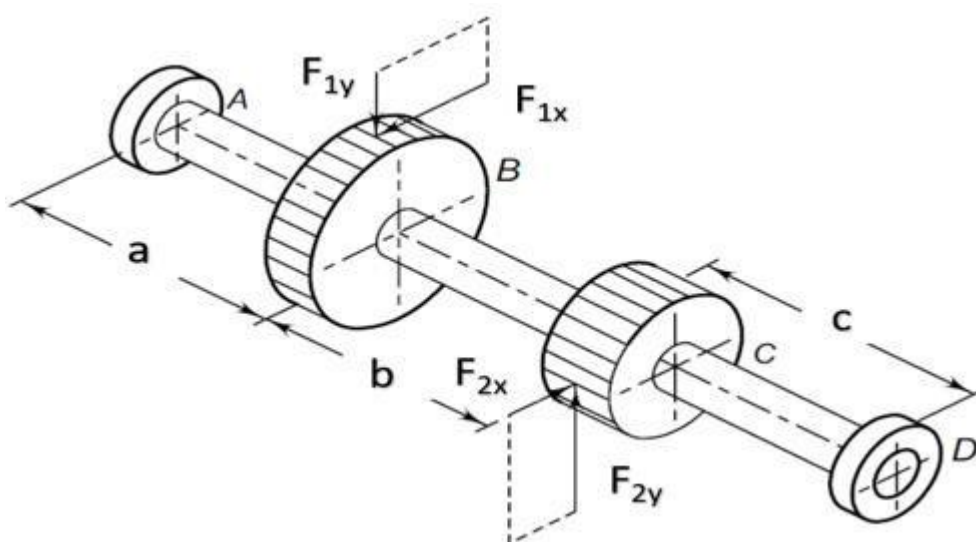


Projekt wału maszynowego

Dane do projektu:

N [kW]	6
a [mm]	100
b [mm]	75
c [mm]	75
n [rpm]	1000
m [mm]	5
Z1	13
Z2	38
β [°]	11

Rysunek poglądowy wału



Obliczenie średnic kół zębatach

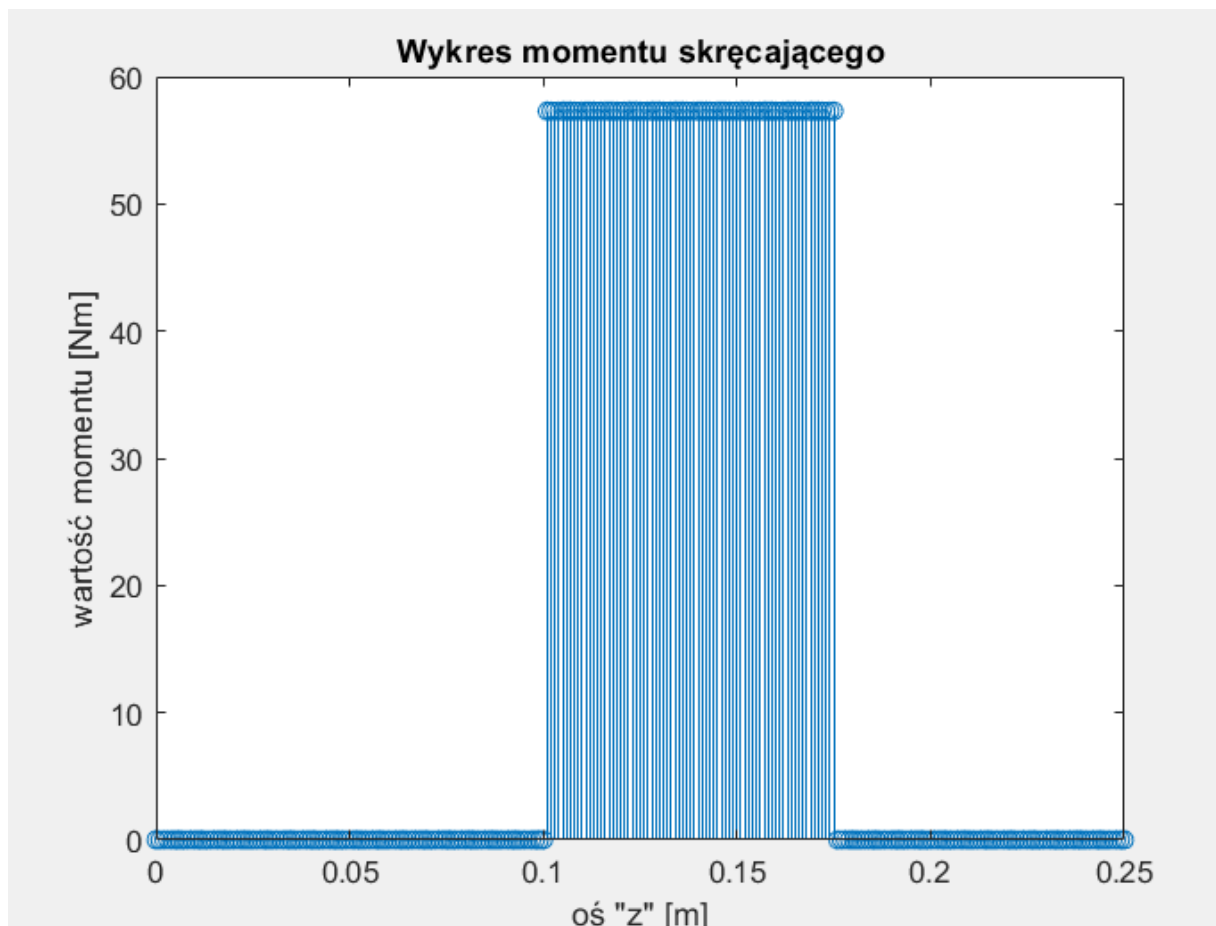
$$d_1 = Z_1 \frac{m}{\cos \beta} = 13 \frac{5}{\cos 11^\circ} = 74,2 \text{ mm}$$

$$d_2 = Z2 \frac{m}{\cos \beta} = 38 \frac{5}{\cos 11^\circ} = 198,6 \text{ mm}$$

Moment skręcający

$$M_s = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \frac{6}{1000} = 57,3 \text{ Nm}$$

Wykres momentu skręcającego



Siły obwodowe

$$F_{1x} = \frac{2M_s}{d_1} = \frac{2 * 57,3}{0,066} = 1730,7 \text{ N}$$

$$F_{2y} = \frac{2M_s}{d_2} = \frac{2 * 57,3}{0,1936} = 591,94 \text{ N}$$

Siły promieniowe

$$F_{1y} = F_{1x} \frac{\tan \alpha}{\cos \beta} = 1730,7 * \frac{\tan 20^\circ}{\cos 11^\circ} = 641,71 \text{ N}$$

$$F_{2x} = F_{2y} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = 591,94 * \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 11^\circ} = 219,48 \text{ N}$$

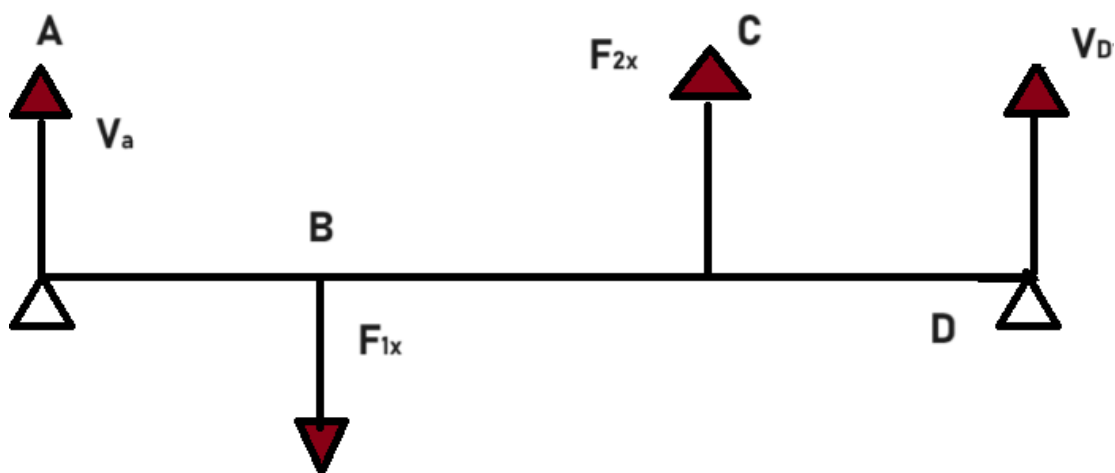
Siły osiowe

$$F_{01} = F_{1x} * \operatorname{tg} \beta = 1730,7 * \operatorname{tg} 11^\circ = 336,41 \text{ N}$$

$$F_{02} = F_{2y} * \operatorname{tg} \beta = 591,94 * \operatorname{tg} 11^\circ = 115,06 \text{ N}$$

Płaszczyzna X-Z

Rysunek poglądowy



Reakcje w podporach

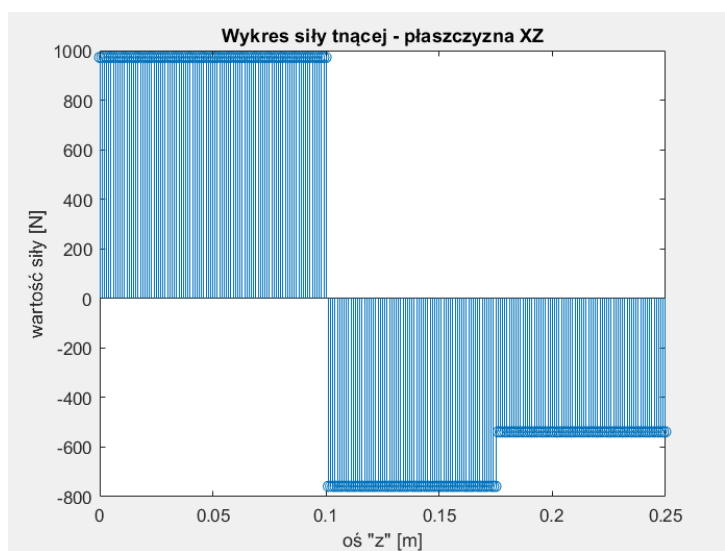
$$V_D = \frac{F_{1x}a - F_{2x}(a + b)}{a + b + c}$$

$$V_D = 538,644 \text{ N}$$

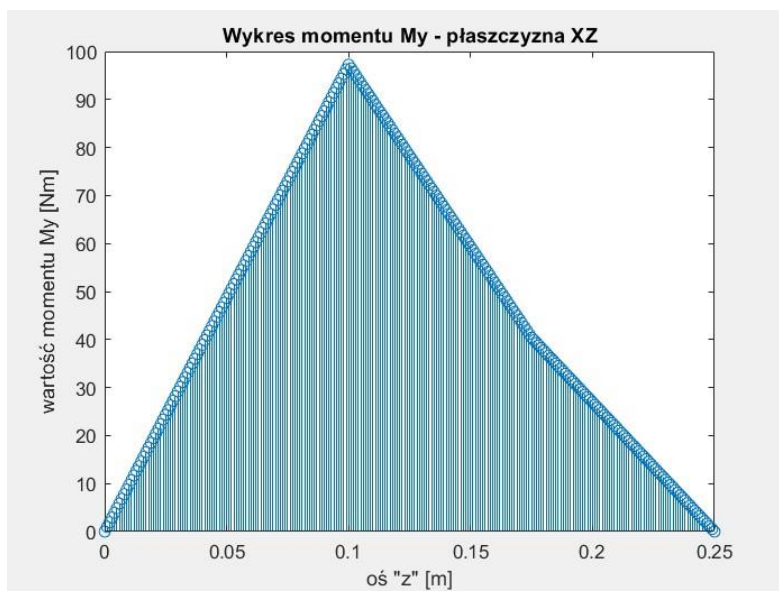
$$V_A = F_{1x} - V_D - F_{2x}$$

$$V_A = 972,576 \text{ N}$$

Wykres sił tnących w płaszczyźnie X-Z

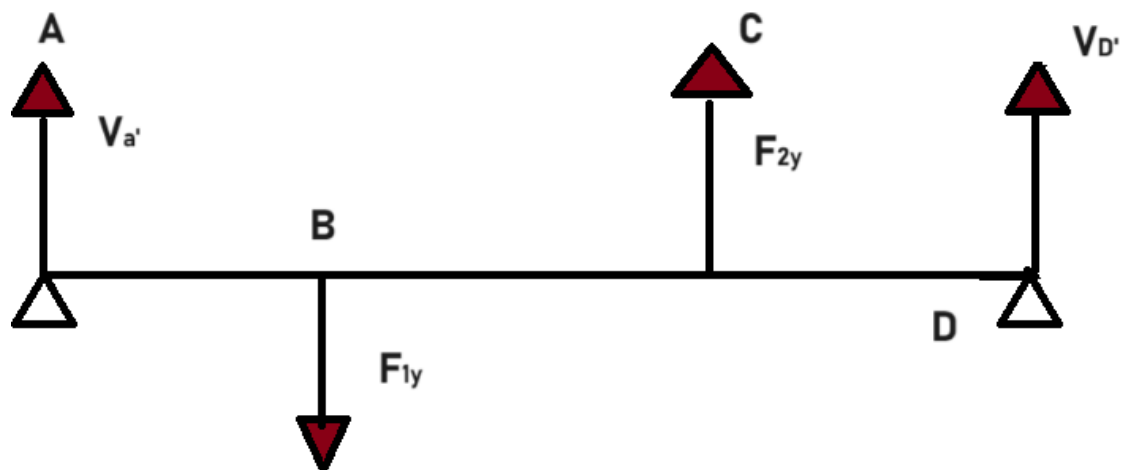


Wykres momentu M_y



Płaszczyzna Y-Z

Rysunek poglądowy



Reakcje w podporach

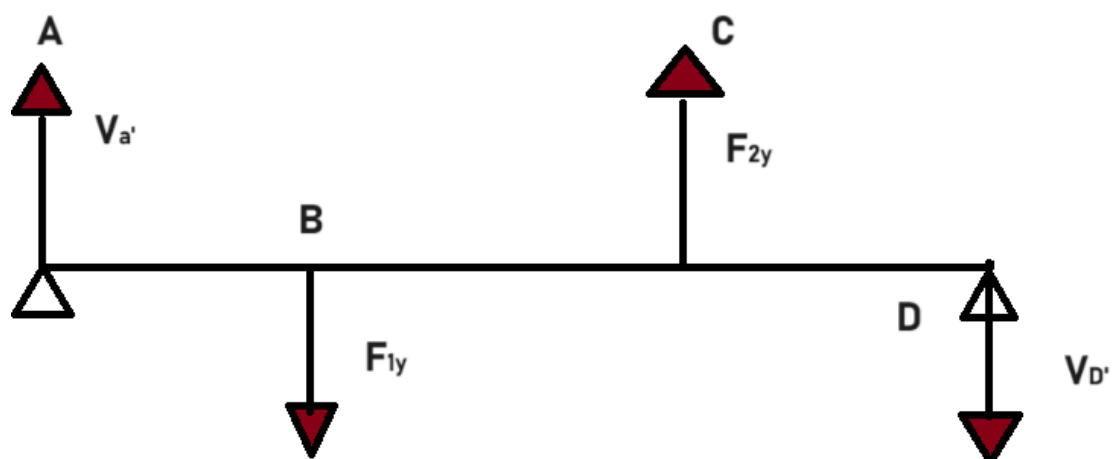
$$V_{D'} = \frac{F_{1y}a - F_{2y}(a + b)}{a + b + c}$$

$$V_{D'} = -157,674 \text{ N}$$

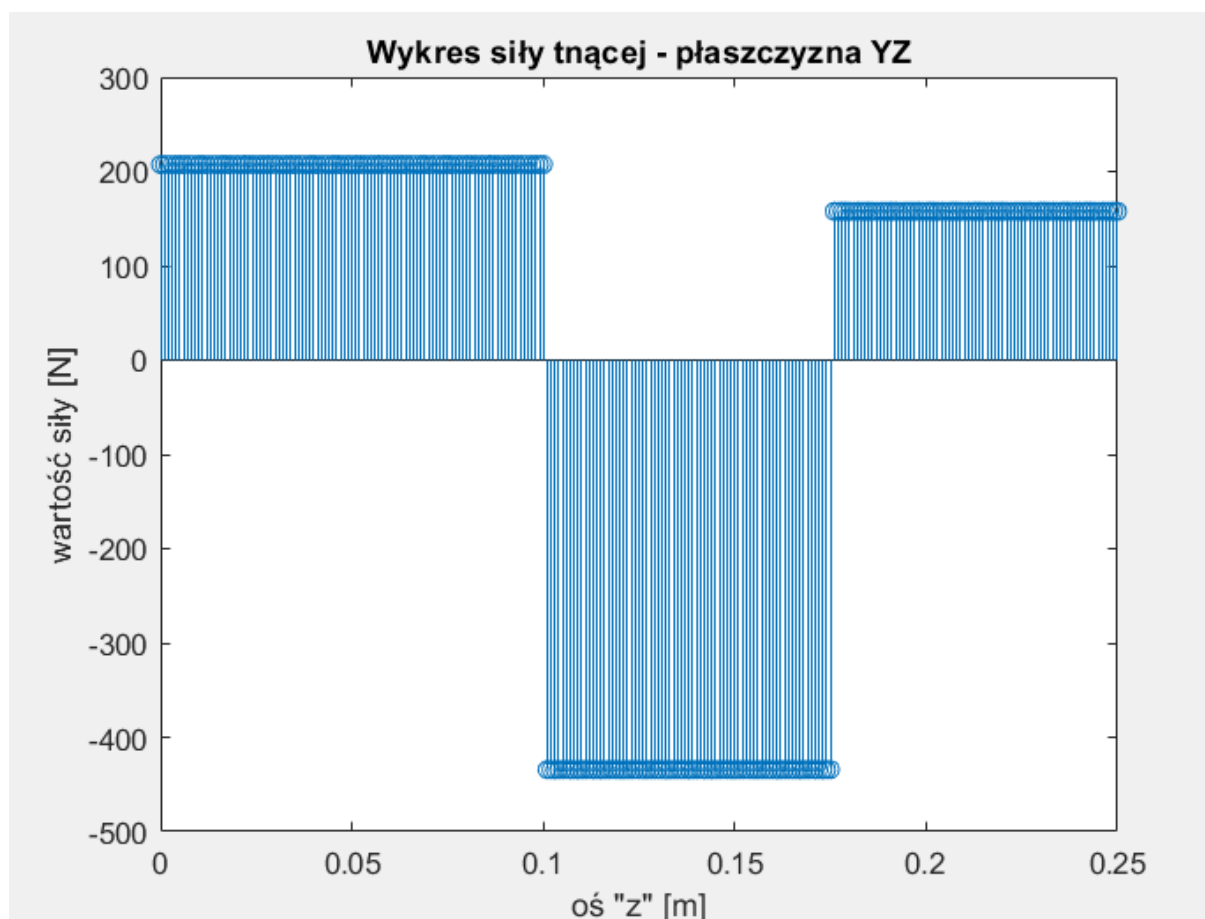
$$V_{A'} = F_{1y} - V_{D'} - F_{2y}$$

$$V_{A'} = 207,444 \text{ N}$$

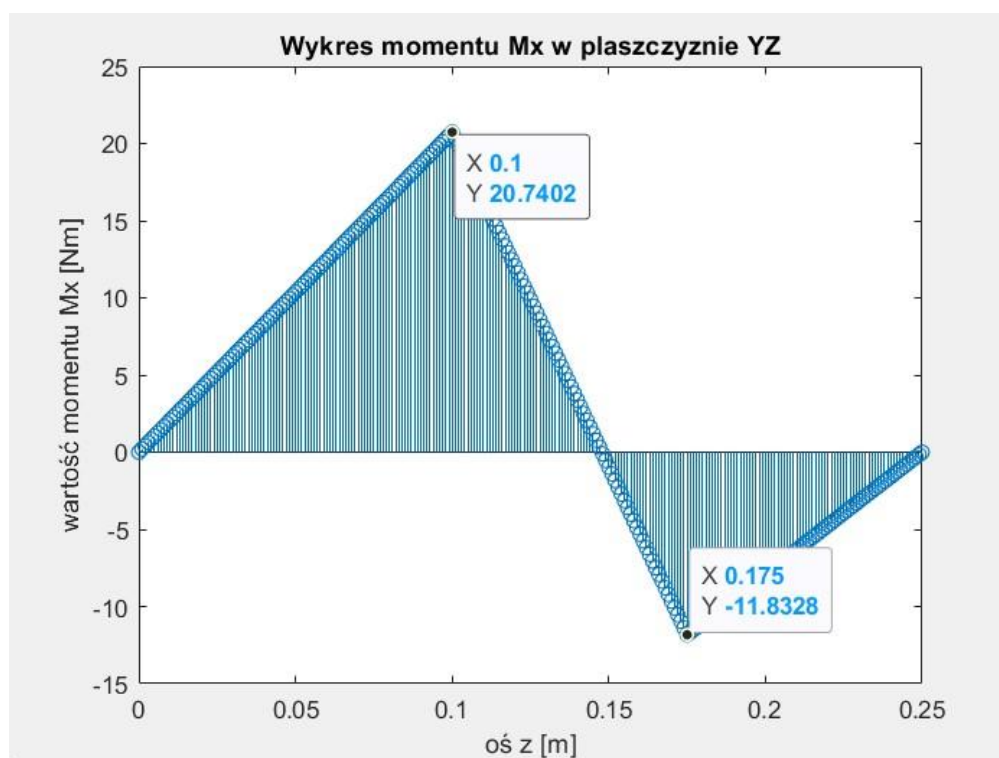
Rozmieszczenie sił wygląda w następujący sposób



Wykres sił tnących w płaszczyźnie Y-Z



Wykres momentu Mx



Moment gnący

$$M_g = \sqrt{M_y^2 + M_x^2}$$

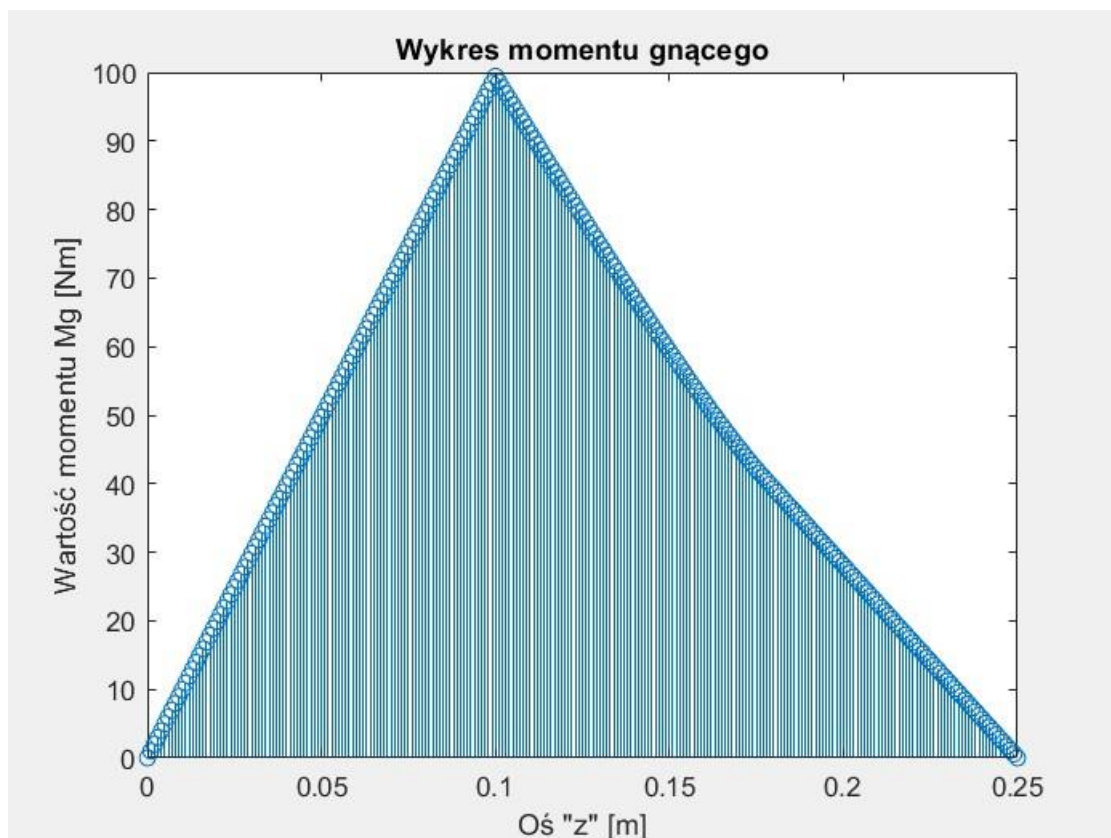
$$M_g(0) = 0 \text{ Nm}$$

$$M_g(a) = \sqrt{97,255^2 + 20,74^2} = 99,442 \text{ Nm}$$

$$M_g(a+b) = \sqrt{40,395^2 + (-11,833)^2} = 42,09 \text{ Nm}$$

$$M_g(a+b+c) = 0 \text{ Nm}$$

Wykres momentu gnącego



Moment zredukowany

$$M_{ZR}^{HMH} = \sqrt{M_g^2 + \frac{3}{4}M_s^2}$$

$$M_{ZR}^{HMH}(0) = 0$$

$$M_{ZR}^{HMH}(a) = 99,442 \text{ Nm}$$

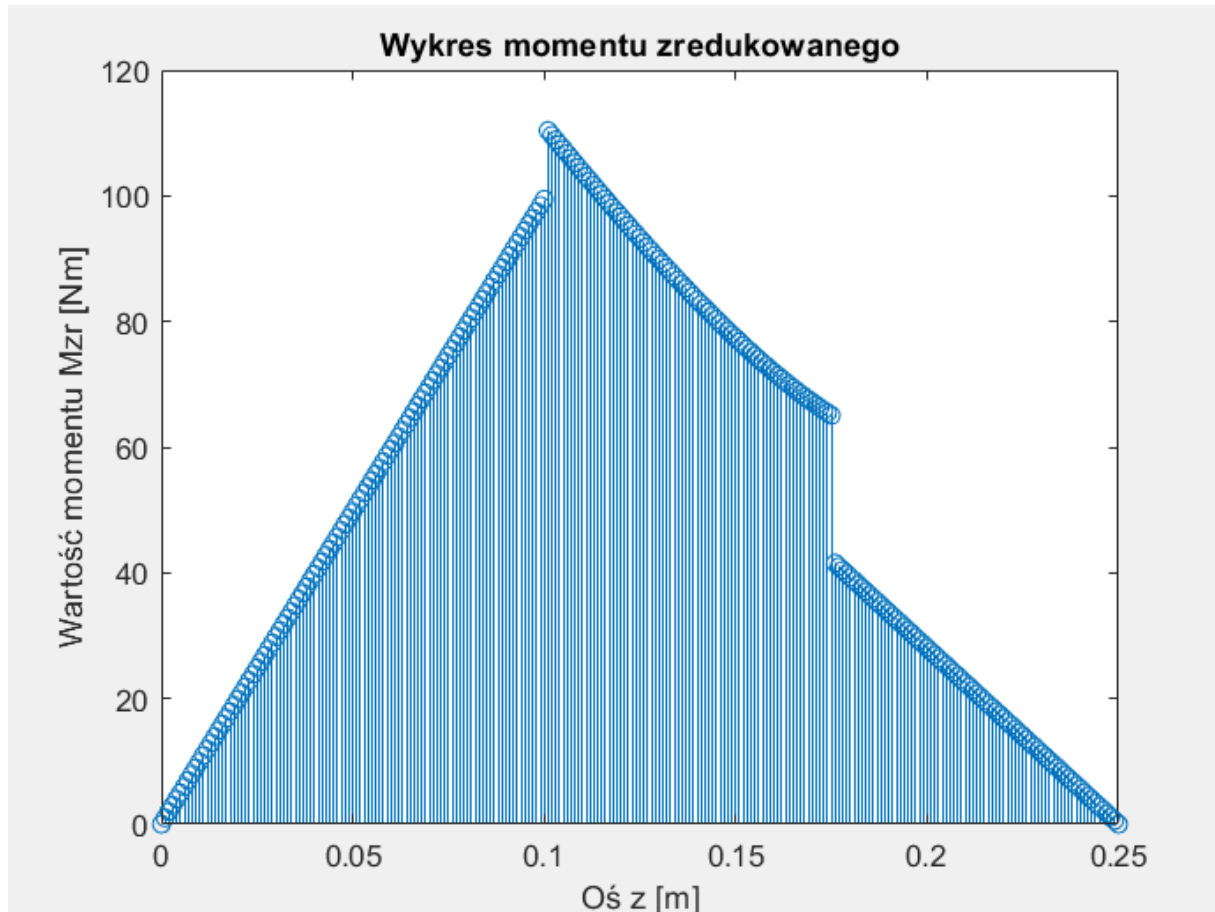
$$M_{ZR}^{HMH}(a'') = 110,39 \text{ Nm}$$

$$M_{ZR}^{HMH}(a+b'') = 65,07 \text{ Nm}$$

$$M_{ZR}^{HMH}(a+b') = 41,53 \text{ Nm}$$

$$M_{ZR}^{HMH}(a + b + c) = 0$$

Wykres momentu zredukowanego



Średnica wału

Dobrałem stal S35, uśredniając $R_e \sim 275 \text{ MPa}$, obliczając naprężenia dopuszczalne na zginanie $k_g = 160 \text{ MPa}$, natomiast współczynnik bezpieczeństwa $k=2$

Obliczenie średnicy wału

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * k * M_{ZR}^{HMH}}{\pi k_{go}}}$$

$$d_B \geq 24,5 \text{ mm}$$

$$d_C \geq 20,5 \text{ mm}$$

Stopniowanie wału

Ustalam naddatek 15% i określám średnicę w punkcie A, B, C oraz D

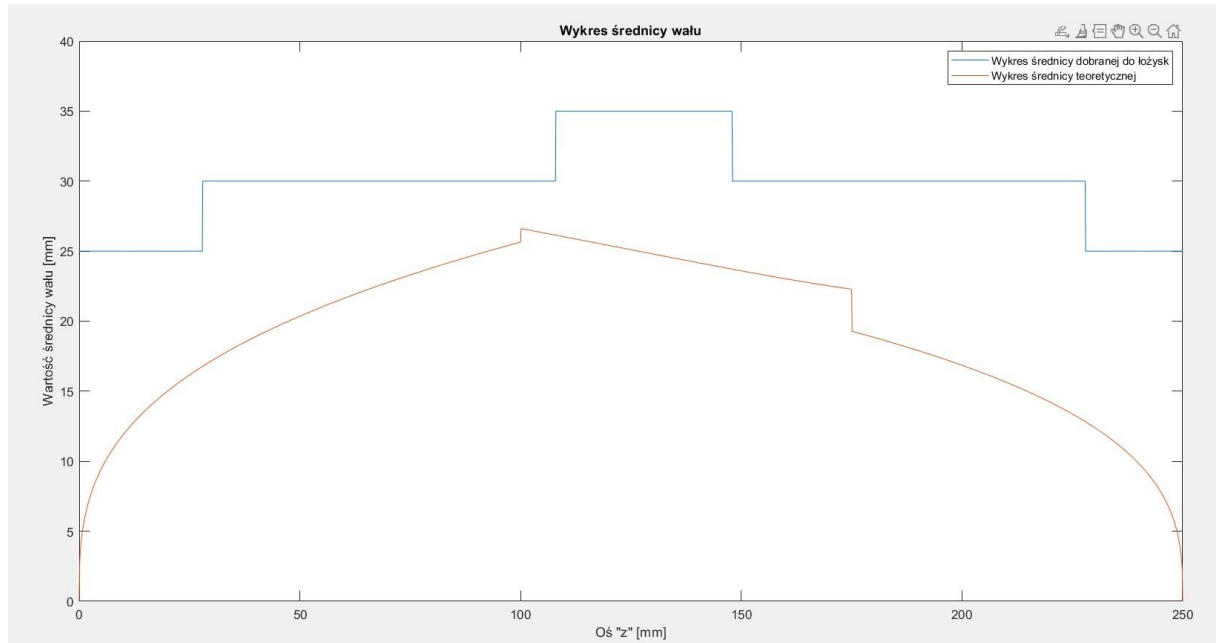
$$d(A) = 25 \text{ mm}$$

$$d(B) = 30 \text{ mm}$$

$$d(C) = 30 \text{ mm}$$

$$d(D) = 25 \text{ mm}$$

Wykreś średnic wału - dobranej i teoretycznej



Ugięcie statyczne wału

Ugięcie w płaszczyźnie YZ

Sprawdzam ugięcie dla najbardziej niebezpiecznego przekroju w moim wale - $d=25 \text{ mm}$.

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 7,85398 \cdot 10^{-9} \text{ [m}^4\text{]}$$

$$-EI\ddot{w} = V_{AF} * x|_{AB} - F_{1y} * (x - a)|_{BC} + F_{2y} * (x - (a + b))|_{CD}$$

$$-EI\dot{w} = V_{AF} * \frac{x^2}{2} |_{AB} - F_{1y} * \frac{(x - a)^2}{2} |_{BC} + F_{2y} * \frac{(x - (a + b))^2}{2} |_{CD} + C_1$$

$$-EIw = V_{AF} * \frac{x^3}{6} |_{AB} - F_{1y} * \frac{(x - a)^3}{6} |_{BC} + F_{2y} * \frac{(x - (a + b))^3}{6} |_{CD} + C_1x + C_2$$

Z warunków brzegowych wyznaczam wartości stałych:

$$w(0) = C_2 = 0$$

$$w(a + b + c) = -\frac{1}{EI} \left(V_{AF} * \frac{(a + b + c)^3}{6} - F_{1y} * \frac{(a + b + c - a)^3}{6} + F_{2y} * \frac{(a + b + c - (a + b))^3}{6} \right) + C_1(a + b + c) = 0$$

$$C_1 = \frac{1}{(a + b + c)} \left(-V_{AF} * \frac{(a + b + c)^3}{6} + F_{1y} * \frac{(a + b + c - a)^3}{6} - F_{2y} * \frac{(a + b + c - (a + b))^3}{6} \right)$$

$$C_1 = -0,8835$$

Podstawiając do równania:

$$-EIw = V_A * \frac{x^3}{6} |_{AB} - F_{1y} * \frac{(x-a)^3}{6} |_{BC} + F_{2y} * \frac{(x-(a+b))^3}{6} |_{CD} - 0,8835 * x$$

Ugięcie w płaszczyźnie XZ

Sprawdzam ugięcie dla najbardziej niebezpiecznego przekroju w moim wale - d=20 mm.

$$-EI\ddot{w} = V_A * x |_{AB} - F_{1x} * (x-a) |_{BC} + F_{2x} * (x-(a+b)) |_{CD}$$

$$-EI\dot{w} = V_A * \frac{x^2}{2} |_{AB} - F_{1x} * \frac{(x-a)^2}{2} |_{BC} + F_{2x} * \frac{(x-(a+b))^2}{2} |_{CD} + C_1$$

$$-EIw = V_A * \frac{x^3}{6} |_{AB} - F_{1x} * \frac{(x-a)^3}{6} |_{BC} + F_{2x} * \frac{(x-(a+b))^3}{6} |_{CD} + C_1x + C_2$$

Z warunków brzegowych wyznaczam wartości stałych:

$$w(0) = C_2 = 0$$

$$w(a+b+c) = -\frac{1}{EI} \left(V_A * \frac{(a+b+c)^3}{6} - F_{1x} * \frac{(a+b+c-a)^3}{6} + F_{2x} * \frac{(a+b+c-(a+b))^3}{6} + C_1(a+b+c) \right) = 0$$

$$C_1 = \frac{1}{a+b+c} \left(-V_A * \frac{(a+b+c)^3}{6} + F_{1x} * \frac{(a+b+c-a)^3}{6} - F_{2x} * \frac{(a+b+c-(a+b))^3}{6} \right)$$

$$C_1 = -6.2987$$

Podstawiając do równania:

$$-EIw = V_A * \frac{x^3}{6} |_{AB} - F_{1x} * \frac{(x-a)^3}{6} |_{BC} + F_{2x} * \frac{(x-(a+b))^3}{6} |_{CD} - 6,2987x$$

Dobór łożysk

Łożyska dobieierałem zgodnie z książką Kurmaz s.116, przyjmuje czas pracy łożyska na 20000h

1. Po wyliczeniu stosunku siły osiowej do poprzecznej otrzymuje współczynnik e = 0,4
2. Odczytuje X i Y dla punktu A, są to kolejno 1 i 1,57
3. Liczę obciążenie zastępcze punktu D oraz nośność dynamiczną

$$F_A = 1,52kN$$

$$C_A = 22,62kN$$

4. Wykonuję te same obliczenia dla punktu D, odczytuje X i Y jako kolejno 0,72 i 2,28
5. Obciążenie zastępcze punktu D oraz nośność dynamiczna dla tego punktu wynosi:

$$F_D = 1,17kN$$

$$C_D = 17,45kN$$

Znając nośności dynamiczne oraz wartości średnic dobieiera następujące łożyska:

Dla punktu A

Designation	Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	
				dynamic	static	Reference speed	Limiting speed
	d [mm]	D [mm]	B [mm]	C [kN]	i_1 C ₀ [kN]	[r/min]	[r/min]
☆ ■ 6305	25	62	17	23.4	11.6	24 000	16 000

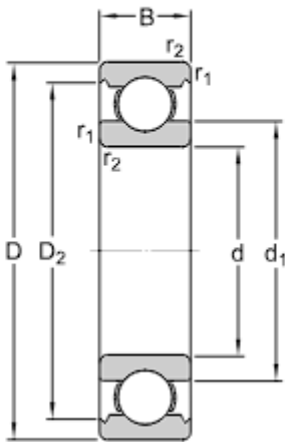
Dimensions

Bore diameter	25 mm
Outside diameter	62 mm
Width	17 mm

Performance

Basic dynamic load rating	23.4 kN
Basic static load rating	11.6 kN
Reference speed	24 000 r/min
Limiting speed	16 000 r/min
SKF performance class	SKF Explorer

Technical specification



Dimensions

d	25 mm	Bore diameter
D	62 mm	Outside diameter
B	17 mm	Width
d ₁	≈ 36.6 mm	Shoulder diameter
D ₂	≈ 52.7 mm	Recess diameter
r _{1,2}	min. 1.1 mm	Chamfer dimension

Dla punktu D

[← Back](#)



Image may differ from product. See technical specification for details.

W 6305

Stainless steel deep groove ball bearing

Stainless steel single row deep groove ball bearings provide greater chemical and corrosion resistance. As with deep groove ball bearings generally, they are particularly versatile, have low friction and are optimized for low noise and low vibration, which enables high rotational speeds. They accommodate radial and axial loads in both directions, are easy to mount, and require less maintenance than many other bearing types.

- Greater chemical and corrosion resistance
- Simple, versatile and robust design
- Low friction and high-speed capability
- Accommodate radial and axial loads in both directions
- Require little maintenance

Dimensions

Bore diameter	25 mm
Outside diameter	62 mm
Width	17 mm

Properties

Filling slots	Without
Number of rows	1
Locating feature, bearing outer ring	None
Bore type	Cylindrical
Cage	Sheet metal

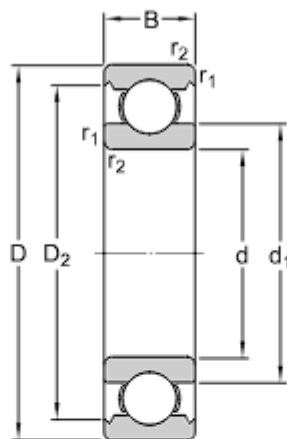
Performance

Basic dynamic load rating	17.8 kN
Basic static load rating	11.2 kN
Reference speed	26 000 r/min
Limiting speed	17 000 r/min

Logistics

Product net weight	0.232 kg
eClass code	23-05-08-01
UNSPSC code	31171504

Technical specification



Dimensions

d	25 mm	Bore diameter
D	62 mm	Outside diameter
B	17 mm	Width
d_1	≈ 38.1 mm	Shoulder diameter
D_2	≈ 53.22 mm	Recess diameter
$r_{1,2}$	min. 1.1 mm	Chamfer dimension

Dobór wpustów

Pierwszym punktem doboru wpustów jest dobór odpowiedniej stali. Dobrano stal z gat. 304 o granicy plastyczności równej 210MPa

Zgodnie ze wzorem

$$\frac{P}{\frac{h}{2} \cdot l_0 \cdot i} \leq k_d$$

Gdzie

$$k_d = 0.4 \cdot R_e = 84 \text{ MPa}$$

i – ilość wpustów (1)

Dobrano wpust na średnicy 30mm

$b \times h \times l_w = 8 \times 7 \times l_w$, gdzie $l_w \geq l_0 + b$

$$l_0 \geq \frac{4 \cdot M_s}{h \cdot d \cdot i \cdot k_d}$$

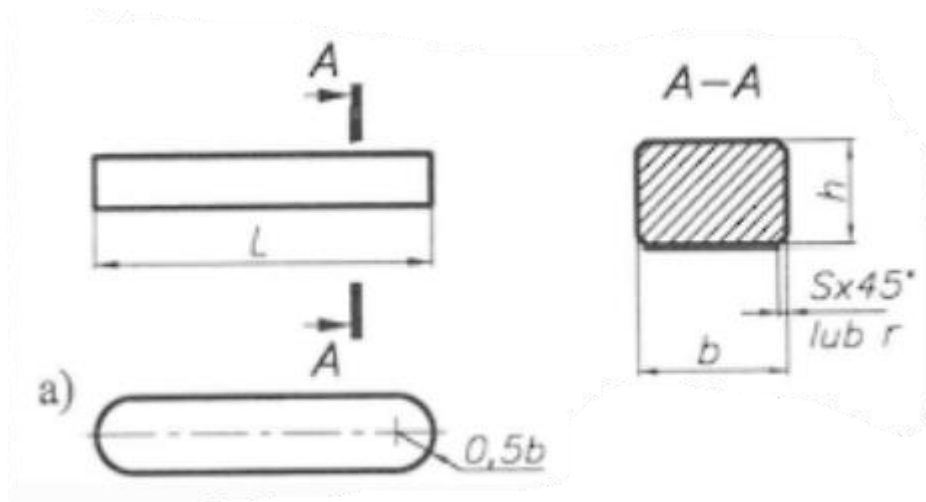
$$l_0 \geq 12,99 \text{ mm}$$

$$l_w \geq 20,99 \text{ mm}$$

Tabl. 11.1.2. Długości wpustów $l = f(b)$ PN-70/M-85005

$l = \begin{matrix} \boxed{6,} \\ b=2,3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{8,} \\ b=4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{10, 12,} \\ b=5 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{14, 16,} \\ b=6 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{18, 20,} \\ b=8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{22, 25,} \\ b=10 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{28, 32,} \\ b=12 \end{matrix}$
$\begin{matrix} \boxed{36,} \\ b=14 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{40,} \\ b=16 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{45,} \\ b=18 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{50,} \\ b=20 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{56,} \\ b=22 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{63,} \\ b=25 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{70,} \\ b=28 \end{matrix}$
$\begin{matrix} \boxed{80,} \\ b=32 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{90,} \\ b=36 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{100,} \\ b=40 \end{matrix}$				
$\begin{matrix} \boxed{110,} \\ b=45 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{125,} \\ b=50 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{140,} \\ b=56 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{160,} \\ b=63 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{180,} \\ b=70 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{200,} \\ b=80 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \boxed{220,} \\ b=90 \end{matrix}$
						$\begin{matrix} \boxed{250,} \\ b=100 \end{matrix}$

Zgodnie z tabelą dobieram $l_w = 22 \text{ mm}$



Zgodnie z tabelami doboru wpustów odczytuje:

$b=14 \text{ mm}$

$h=9 \text{ mm}$

$l_w=22 \text{ mm}$

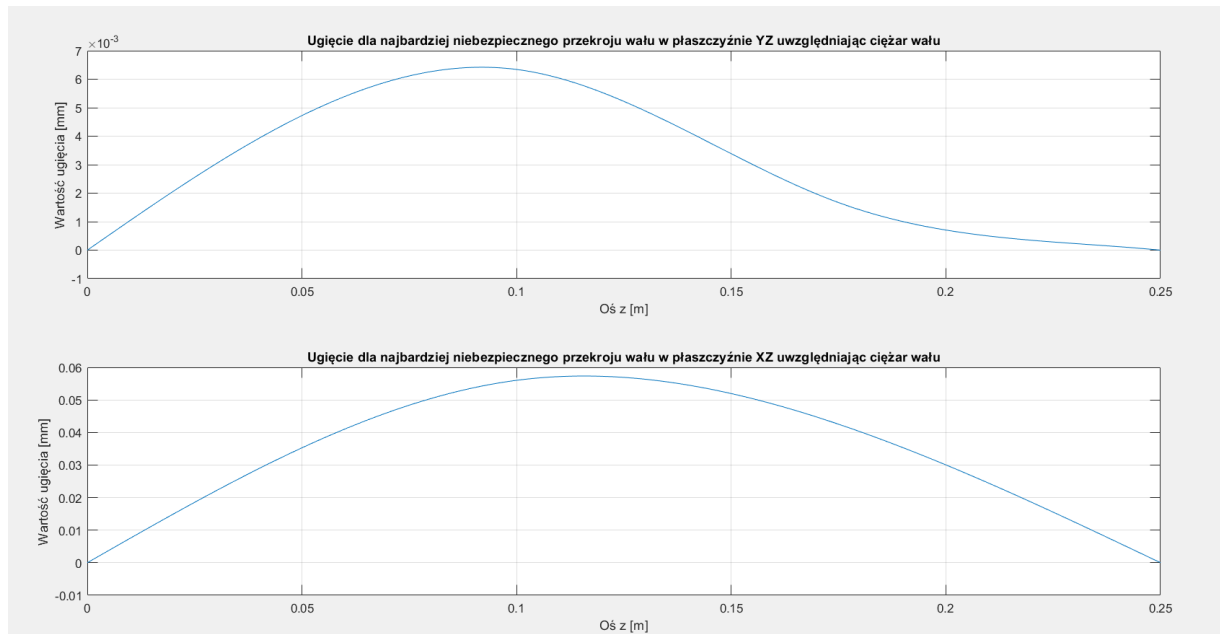
$r=0.4 \text{ mm}$

$t_1=4 \text{ mm}$



$R=0,16-0,25 \text{ mm} \sim 0,21 \text{ mm}$

Obliczanie prędkości krytycznej

Wykres ugięć dla d=25mm



Obliczając ugięcie w punkcie B i C dostajemy:

	wB_zciezarem	0.0564
	wC_zciezarem	0.0426

Tj. 0,0000564m dla punktu B i 0,0000426m dla punktu C

Podstawiając do wzoru na prędkość krytyczną:

$$\Omega_{1kr} = \sqrt{\frac{g \sum_{i=1}^n G_i y_i}{\sum_{i=1}^n G_i y_i^2}}$$

Dostajemy wynik

$$\Omega_{1kr} = 465,6297 \frac{1}{s}$$

Licząc krytyczną częstotliwość obrotową dostajemy następujący wynik:

$$n_{kr} = \frac{30}{\pi} \Omega_{1kr} = 4445,4361 \frac{obr}{min}$$

Warunek jest spełniony nasze n jest mniejsze od n_{kr}

Obliczenia zmęczenia

Dla dobranej stali możemy odczytać następujące wartości:

Granica plastyczności R_e - 275MPa

Wytrzymałość na rozciąganie 530MPa

Odcytujemy najbardziej niebezpieczne miejsce jako przejście ze średnicy 25mm na średnicę 30mm (przejście przy punkcie A)

$$S_e = 0.5R_m = 265MPa$$

$$K_a = 0.8$$

$$K_b = 0.85$$

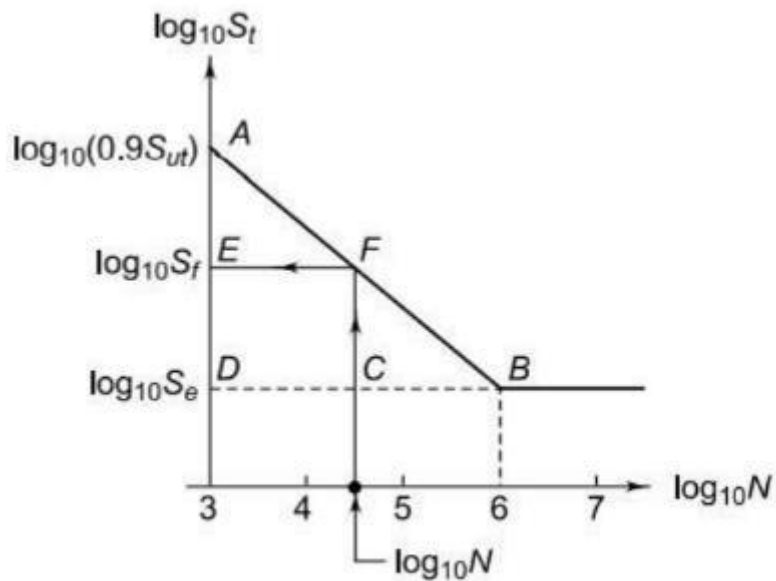
$$K_c = 0.897$$

$$K_d = \frac{1}{K_f} = 0.587$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) = 1.704$$

$$K_t = 2,1$$

$$S'_e = K_e^{0.72} * K_a * K_b * K_c * K_d * S_e = 94,882 MPa$$



Rys. 1. Uproszczona krzywa Wohlera

Zgodnie z krzywą Wohlera obliczam następujące wartości

$$\log_{10}(0.9R_m) = 2,67852$$

$$\log_{10}(S_e) = 1,97718$$

Oraz następujący stosunek

$$\frac{2,679 - 1,977}{3} = \frac{y}{1}$$

$$y = 0,234$$

$$2,679 - 0,234 = 2,445$$

$$\log_{10}(k_g) = 2,445$$

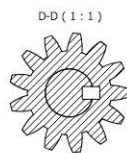
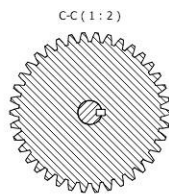
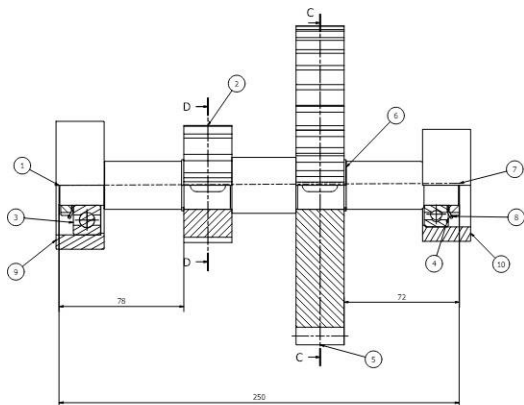
Z czego wynika moje $k_g = 278,61 \text{ MPa}$

Wyliczam średnice

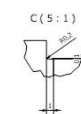
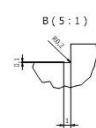
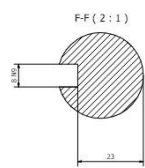
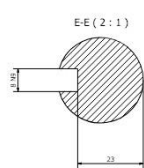
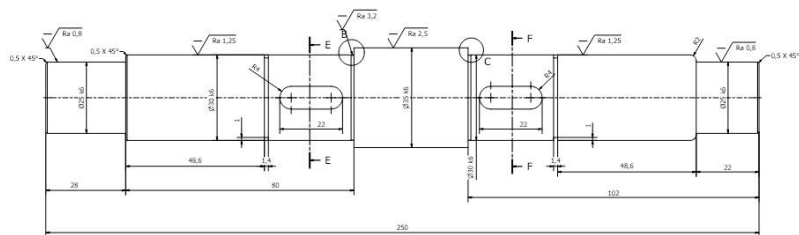
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32M_{zr_{max}}}{\pi k_g}} = 15,9 \text{ mm}$$

Rysunek wykonawczy oraz złożeniowy

(Rysunki są dołączone w mailu do lepszego przeanalizowania)



LISTA CZĘŚCI			
POZYCJA	ILOŚĆ	NUMER CZĘŚCI	NUMER NORMY
1	1	Wiat	
2	1	Kóło zębate 1	
3	1	Łożyisko 6305 - 25 x 62 x 17	PN-65/M-66100
4	1	Łożyisko - W 6305 - 25 x 50 x 15	PN-65/M-66100
5	1	Kóło zębate 2	
6	2	Wentylator lub wentylator	
7	2	OTN 961 - 405 5	Wentylator okrągły
8	2	OTN 5406 - M85	Przekładnia
9	1	Wentylator	Lub przepływający - Typ
10	1	Korpus 2	MB/MEL
Konsultował		Łukasz W.	14.06
Sprawdził		Michał K.	
Projektant		Nazwa	AGH
2:1		Rys. wykonawczy - wiat	Wiat
		Masa	Wzrost
		Material	Wzrost
		Wzrost	Wzrost



Konsultował		Łukasz W.	14.06	AGH		Wzrost
Sprawdził		Michał K.		Wzrost		Wzrost
Projektant		Nazwa		Wzrost		Wzrost
1:2		Rys. wykonawczy - wiat		Wzrost		Wzrost
		Masa		Wzrost		Wzrost
		Material		Wzrost		Wzrost
		Wzrost		Wzrost		Wzrost