



Podstawy Konstrukcji Maszyn

Wykład 6

Łożyska

Dr inż. Jacek Czarnigowski



Pojęcia podstawowe

Łożysko – element służący do przyjmowania sił działających na oś lub wał i przenoszący je na obudowę oraz służący do ustalania położenia ich względem podstawy

poprzeczne – obciążenie prostopadłe do osi obrotu

poprzeczno - wzdluzne

wzdłużne – obciążenie równoległe do osi obrotu



Pojęcia podstawowe

Łożyska

Ślizgowe – obciążenie przenoszone jest podczas ślizgania się dwóch powierzchni między sobą

Toczne – występuje dodatkowy element między dwoma czopami toczący się po nich



Łożyska toczne

Zalety:

Mały współczynnik tarcia $\mu = 0,001 - 0,003$

Opory podczas rozruchu są równie małe jak w czasie ruchu ustalonego

Duża sztywność i małe odkształcenia pod wpływem obciążenia

Prosty sposób smarowania, małe zużycie smaru

Duża nośność w odniesieniu do jednostki długości

Zmiana warunków pracy na mały wpływ na jakość pracy

Prosty montaż i demontaż

Małe koszty eksploatacji

Łożyska toczne

Wady:

Nie tłumią drgań, przenoszą je na korpus

Duży hałas podczas pracy

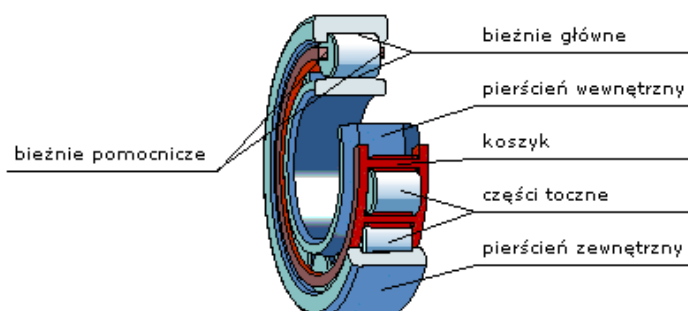
Pracują gorzej niż ślizgowe w warunkach dużych przyspieszeń

Duża cena łożysk o dużych wymiarach

Duże wymiary w kierunku poprzecznym do osi

Łożyska toczne

Konstrukcja:



Elementy toczne narażone są na duże obciążenia i naciski.
Wykonywane są zatem ze stali chromowej o twardości 59-65 HRC.
Dla zmniejszenia tarcia są szlifowane i czasami dogładzane oscylacyjnie

Łożyska toczne

Klasyfikacja łożysk - elementy toczne:

Kulka 

Waleczek 

Baryłka 

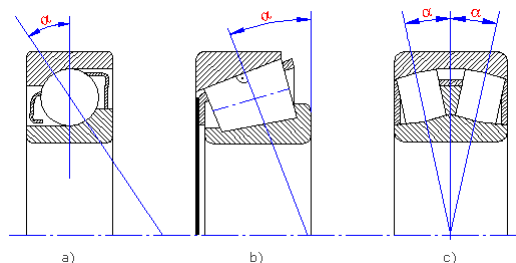
Igielka 

Stożek 

Łożyska toczne

Klasyfikacja łożysk – nominalny kąt działania:

α – nominalny kąt działania łożysk – kąt zawarty między punktami styku elementu tocznego z bieżniami a płaszczyzną prostopadłą do osi łożyska

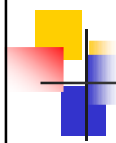


$$0^{\circ} \leq \alpha < 45^{\circ}$$

Poprzeczne

$$45^{\circ} \leq \alpha < 90^{\circ}$$

Wzdłużne



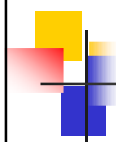
Łożyska toczne

Klasyfikacja łożysk – wzajemne odchylenie się pierścieni:

Zwykłe – bez możliwości odchylenia pierścieni

Wahliwe – z możliwością odchylenia jednego pierścienia

Samonastawne – z możliwością odchylenia obu pierścieni



Łożyska toczne

Klasyfikacja łożysk – uzupełniające cechy konstrukcyjne:

Liczba rzędów elementów tocznych –
jednorzędowe, dwurzędowe

Rozmieszczenie bieżni

Uszczelnienie

Łożyska toczne - typy

Łożysko kulkowe zwykłe:



Zastosowanie:

Obciążenia poprzeczne oraz niewielkie wzdłużne. Krótkie sztywne wały.

Łożyska toczne - typy

Łożysko kulkowe wahliwe:



Zastosowanie:

Obciążenia poprzeczne.

Ugięcie osie do 2-3°

Bardzo mały kąt działania α

Łożyska toczne - typy

Łożysko kulkowe skośne jednorzędowe:



Zastosowanie:

Obciążenia poprzeczne i wzdłużne.
Mogą dobrze ustalać wałki

Bardzo duży kąt działania $\alpha < 45^\circ$

Muszą pracować parami.
Układy X lub O.
Musi być zacisk wstępny.

Łożyska toczne - typy

Łożysko kulkowe skośne dwurzędowe:



Zastosowanie:

Obciążenia poprzeczne i wzdłużne.
Mogą dobrze ustalać wałki.
Przenoszenie obciążeń wzdłużnych w
obu kierunkach

Bardzo duży kąt działania $\alpha < 45^\circ$

Zacisk wstępny uzyskiwany w czasie
produkcji

Łożyska toczne - typy

Łożysko wałeczkowe:



Zastosowanie:

Wyłącznie siły poprzeczne

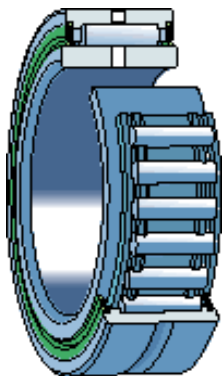
Bardzo czułe na na współosiowość.

Małe tarcie i duża nośność.

Konieczna specjalna konstrukcja aby ustalić wałki.

Łożyska toczne - typy

Łożysko igiełkowe:



Zastosowanie:

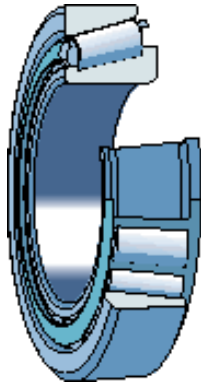
Wyłącznie siły poprzeczne. Duża nośność.

Bardzo czułe na na współosiowość.

Małe wymiary. Możliwość zabudowy bez bieżni.

Łożyska toczne - typy

Łożysko stożkowe:



Zastosowanie:

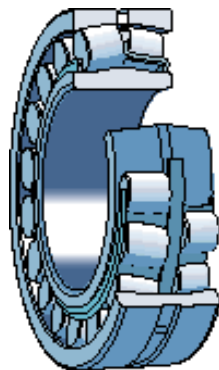
Obciążenia poprzeczne i wzdłużne.
Mogą dobrze ustalać wałki

Kąt działania $10 < \alpha < 35^\circ$

Muszą pracować parami.
Układy X lub O.
Musi być zacisk wstępny.

Łożyska toczne - typy

Łożysko baryłkowe:



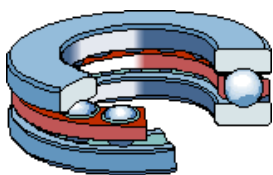
Zastosowanie:

Obciążenia poprzeczne i małe
wzdłużne. Łożyska wahliwe

Często tuleja środkowa jest stożkowa
w celu dobrego zamocowania

Łożyska toczne - typy

Łożysko wzdłużne:

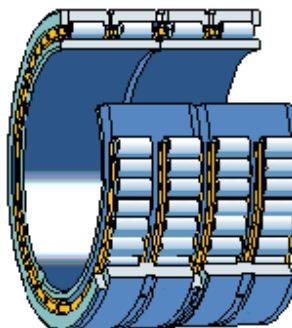
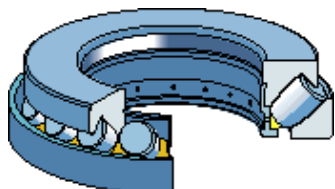


Zastosowanie:

Obciążenia wzdłużne. Poprzeczne mogą być przenoszone w zależności od konstrukcji.

Łożyska toczne - typy

Łożysko specjalne:



Łożyska toczne - zużycie

Przyczyny zużycia łożysk

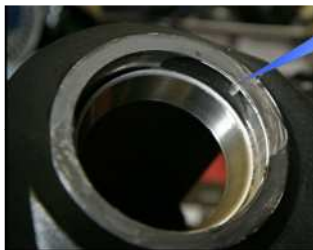
Procesy naturalne

Błędy

Łożyska toczne - zużycie

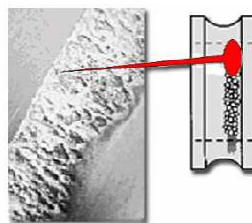
Naturalne zużycie łożysk

Zużycie ściernie



Największe w okresie docierania (1mln cykli).
Potem się stabilizuje.
Przy dużych luzach ponownie gwałtownie wzrasta

Zużycie zmęczeniowe



Pojawia się dopiero w końcowym okresie trwałości łożysk.
Widoczne jako wykruszenia (wżery).
Główna przyczyna awarii łożysk

Łożyska toczne - zużycie

Inne przyczyny zużycia łożysk

Błędny proces technologiczny

Zła konstrukcja węzła łożyskowego

Błędy w montażu i eksploatacji

Łożyska toczne - zużycie





Łożyska toczne - trwałość

Trwałość łożyska jest to ilość obrotów w milionach, które wykona **90%** łożysk danej partii zanim wystąpią pierwsze objawy zużycia.

Jest ona określona dla stałej prędkości obrotowej i stałego obciążenia.

L [mln obrotów]



Łożyska toczne - trwałość

Trwałość godzinowa – czas do wystąpienia pierwszych oznak zmęczenia.

$$L_h = \frac{10^6}{n \cdot 60} L \quad [h]$$

↑
Prędkość obrotowa [obr/min]



Łożyska toczne - trwałość

Trwałość jest zależna od obciążenia.

$$L \cdot P^q = \text{const.}$$

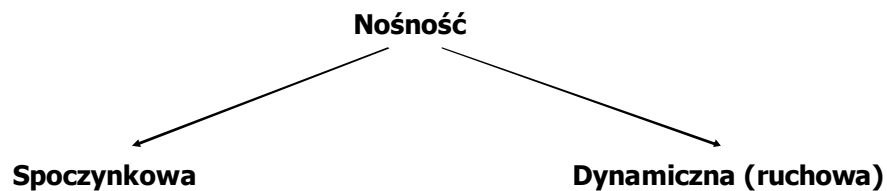
$q = 3$ łożyska kulkowe

$q = \frac{10}{3}$ łożyska wałeczkowe



Łożyska toczne - nośność

W celu porównywania i doboru łożysk przyjęto pojęcie **nośności**.





Łożyska toczne - nośność

Nośność spoczynkowa (C_0) – obciążenie łożyska, które nie wywołuje odkształcenia plastycznego w miejscu styku elementu tocznego z bieżnią większego niż 0,0001 średnicy elementu tocznego. Stosowane do łożysk obracających się z prędkością poniżej 10 obr/min lub łożysk jedynie się wychylających.



Łożyska toczne - nośność

Nośność dynamiczna (C) – obciążenie łożyska, które powoduje, że przy obracającym się pierścieniu **wewnętrznym 90%** łożysk z partii uzyskuje trwałość **1 mln obrotów**. Obciążenie w tym przypadku jest tylko poprzeczne lub wzdłużne (w zależności od typu obciążenia)

Zatem:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^q$$

Łożyska toczne – obciążenie zastępcze

Obciążenie zastępcze – jedna siła oddziałująca na łożysko tak samo jak dwie siły: wzdłużna i poprzeczna.

$$P = V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

F_r – siła poprzeczna obciążająca łożysko

F_a – siła wzdłużna obciążająca łożysko

V – współczynnik obrotu obciążenia względem łożyska

$V = 1$ - ruchomy wałek

$V = 1,2$ - ruchoma oprawa

Łożyska toczne – obciążenie zastępcze

Obciążenie zastępcze – jedna siła oddziałująca na łożysko tak samo jak dwie siły: wzdłużna i poprzeczna.

$$P = V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

X – współczynnik obciążenia poprzecznego

Y – współczynnik obciążenia wzdłużnego

Oba współczynniki dobiera się z katalogu łożysk. Są one określone indywidualnie dla łożyska. Występują w 2 parach.

Jeżeli dominuje siła poprzeczna

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} \leq e \quad \Rightarrow \quad \text{Pierwsza para}$$

Np. $X=1, Y=0$

Jeżeli dominuje siła wzdłużna

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} > e \quad \Rightarrow \quad \text{Pierwsza para}$$

Np. $X=0,56, Y=1,54$

Wielkość charakteryzująca konstrukcję wewnętrzną łożyska (katalog)



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

Trwałość i nośność efektywna wynikają ze zmian warunków pracy łożyska względem warunków nominalnych.

$$L_e = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C_e}{P_e} \right)^q$$



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

$$L_e = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C_e}{P_e} \right)^q$$

a_1 – współczynnik niezawodności

Niezawodność [%]	a_1
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

$$L_e = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C_e}{P_e} \right)^q$$

a_2 – współczynnik materiałowy

$a_2 = 1$ - materiały klasyczne dla łożysk

$a_2 > 1$ - materiały specjalne (wytapianie próżniowe)

a_3 – współczynnik warunków tarcia i smarowania

zależy przede wszystkim od warunków eksploatacji, to znaczy smarowania i czystości.

$a_3 = 0,5 - 5$



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

$$L_e = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C_e}{P_e} \right)^q$$

C_e – efektywna nośność

Uwzględnia temperaturę pracy łożyska

$$C_e = C \cdot f_t$$

Temperatura łożyska [°C]	Współczynnik f_t
150	0,98
200	0,90
250	0,75
300	0,60

Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

$$L_e = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C_e}{P_e} \right)^q$$

P_e – obciążenie efektywne

Uwzględnia możliwość wystąpienia sił dynamicznych i innych obciążeń trudnych do przewidzenia lub oszacowania w momencie projektowania maszyny.

$$P_e = P \cdot f_d$$

Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

f_d – współczynnik obciążenia dynamicznego

Koła zębate:	$f_d = f_{d1} \cdot f_{d2}$
docierane lub szlifowane $V=4-50\text{m/s}$	$f_{d1}=1,05-1,4$
strugane lub frezowane $V=2-10\text{m/s}$	$f_{d1}=1,1-1,6$
nieobrobione V do 3m/s	$f_{d1}=1,6-2,5$
praca pokojna bez uderzeń: np. maszyny elektryczne, normalne napędy przy stałym obciążeniu	$f_{d2}=1-1,2$
praca ze zmiennymi obciążeniami, przy działaniu sił masowych lub z uderzeniami: silniki tłokowe, napędy łańcuchowe	$f_{d2}=1,2-1,5$
praca z dużymi obciążeniami i uderzeniami	$f_{d2}=1,5-3$



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

f_d – współczynnik obciążenia dynamicznego

Napędy pasowe i linowe	f_d
pasy klinowe i liny konopne	2-2,5
pasy skórzane pojedyncze z naprężaczem oraz pasy z tkanin	2,5-3
pasy skórzane, gumowe taśmy stalowe	3,5-5
liny stalowe	5-6



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

f_d – współczynnik obciążenia dynamicznego

Koła samochodowe (i inne ogumione)	f_d
samochody osobowe lekkie	1,3
samochody osobowe ciężkie	1,4
samochody ciężarowe i traktory	1,4
samochody ciężarowe ciężkie i przyczepy	1,5-1,6
Koła pojazdów szynowych	
wagony dobrze resorowane	1,2-1,3
wagony nieresorowane lub źle resorowane lokomotywy oraz tendry	1,3-1,6
wagony tramwajowe	1,3-1,6



Łożyska toczne – trwałość i nośność efektywna

f_d – współczynnik obciążenia dynamicznego

Ogólna budowa maszyn	f_d
spokojna praca bez uderzeń	1
spokojna praca z możliwością przeciążenia do 25% lub małymi wstrząsami, np. lekkie obrabiarki, transportery	1-1,2
normalna praca z możliwością przeciążenia do 50% lub z wstrząsami i uderzeniami, np. średnie obrabiarki, lekkie dźwigi	1,2-1,8
praca przy dużych obciążeniach z uderzeniami, np. ciężkie obrabiarki, małe walcarki, bębny czyszczące, haki dźwigów	1,8-2,5
ciężka praca i duże uderzenia lub siły masowe, stoły walcarek, traki, łamacze kamienia i rudy	2,5-3,5



Łożyska toczne – prędkość graniczna

Prędkość graniczna n_{gr} – największa dozwolona prędkość obrotowa łożyska. Jest ona charakterystyczna dla każdego łożyska

Zależy ona od:

- typ i konstrukcja wewnętrzna łożyska,
- wielkość łożyska,
- konstrukcja i materiał koszyka,
- dokładność wykonania łożyska,
- obciążenie zewnętrzne łożyska,
- sposób smarowania i chłodzenia.

Łożyska toczne – prędkość graniczna

Prędkość graniczna n_{gr} – nie powinna być przekraczana.
Istnieją przypadki gdy należy ją obniżyć:

Dla łożysk silnie obciążonych gdy $C/P < 15$ $n_o = 0,8 n_{gr}$

Gdy kąt działania siły wypadkowej przekracza 10^0

$$n_o = k n_{gr}$$

- $k=0,8$ - łożyska kulkowe zwykłe
- $k=0,6$ - łożyska baryłkowe
- $k=0,45$ - łożyska stożkowe
- $k=0,35$ - łożyska kulkowe wahliwe

Łożyska toczne – tracie

Moment tarcia:

$$M = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2}$$

Średnica wewnętrzna łożyska

Umowny współczynnik tarcia

Rodzaj łożyska	Umowny współczynnik tarcia
kulkowe	0,0015
stożkowe	0,0020
baryłkowe	0,0025
Walcowe, igiełkowe	0,0040

Łożyska toczne – dobór łożysk

Kryteria doboru rodzaju łożysk:

Wartość, kierunek i charakter obciążenia
Prędkość obrotowa
Wymagana dokładność biegu i sztywności łożyska
Wolna przestrzeń do zabudowy
Współosiowość gniazda i czopa
Możliwości i warunki montażu i eksploatacji
Cena

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Dobrać łożyska do wałka z przykładu 5.01.

Dane:

$$R_A = 1674 \text{ N}$$

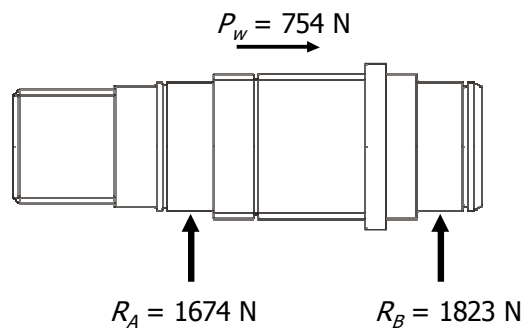
$$R_B = 1823 \text{ N}$$

$$P_w = 754 \text{ N}$$

$$L_h = 12\,000 \text{ h}$$

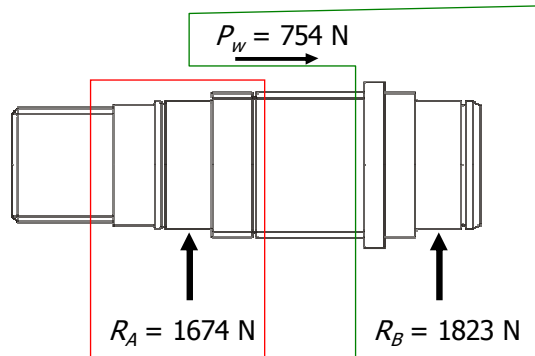
$$n = 1000 \text{ obr/min}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$



Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

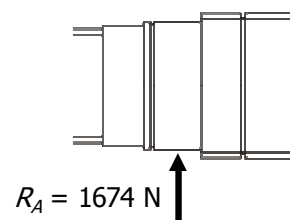
Zakładamy, że łożyska będą pracować niezależnie. Oznacza to, że jedno łożysko przenosi tylko siłę poprzeczną a drugie poprzeczną i wzdłużną.



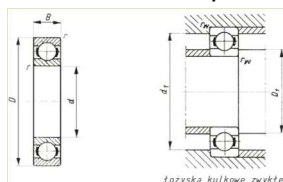
Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko A. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_A

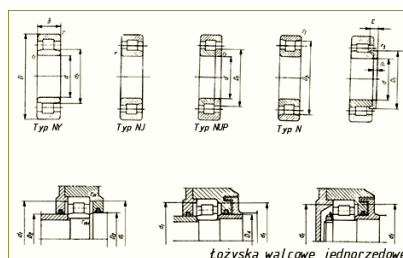
Możemy zastosować dwa typy łożysk



Kulkowe zwykłe



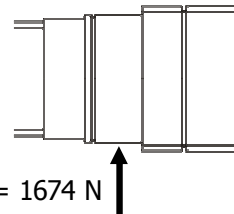
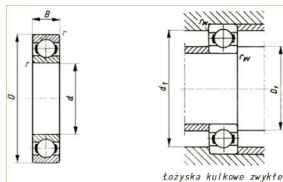
Walczkowe



Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko A. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_A

Kulkowe zwykłe



$$R_A = 1674 \text{ N}$$

$$C = P \cdot \left(\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{q}}$$

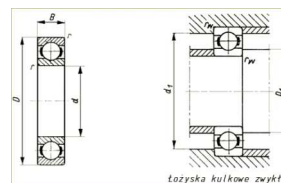
$$P = R_A \quad q = 3$$

$$C = 1674 \cdot \left(\frac{12000 \cdot 1000 \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 15004 \text{ N}$$

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko A. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_A

Kulkowe zwykłe



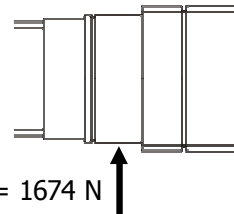
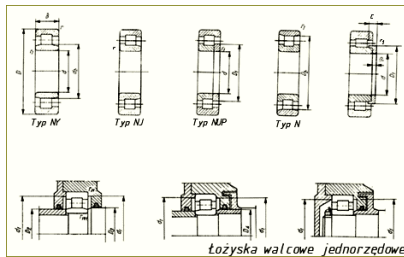
$$C = 15004 \text{ N}$$

Wymiary główne				Nośność		Graniczna prędkość obrotowa		Oznaczenie					Wymiary związane z zabudową			
d	D	B	r _s	dynamiczna	statyczna	smar	olej	Odmiana					min	max	mm	
				C	C ₀			Z	ZZ	RS	2RS	N	NR	d ₁	D ₂	r _{s0}
mm				N		obr/min							mm			
25	37	7	0.3	3400	2200	17000	20000	61805						27	35	0.3
	47	8	0.3	7250	4000	15000	18000	16005						27	43	0.3
	47	12	0.6	11000	5500	15000	18000	6005						28	43	0.6
	52	15	1.0	14000	6950	12000	15000	6205						30	47	1.0
	62	17	1.1	22400	11000	11000	14000	6305						31	55	1.1
80	21	1.5	35900	19000	9000	11000	6405						34	70	1.5	

Zatem łożysko: 6305

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko A. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_A
Walczkowe



$$R_A = 1674 \text{ N}$$

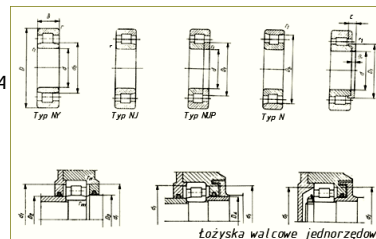
$$C = P \cdot \left(\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{q}}$$

$$P = R_A \quad q = \frac{10}{3}$$

$$C = 1674 \cdot \left(\frac{12000 \cdot 1000 \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{3}{10}} = 12049 \text{ N}$$

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko A. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_A
Walczkowe



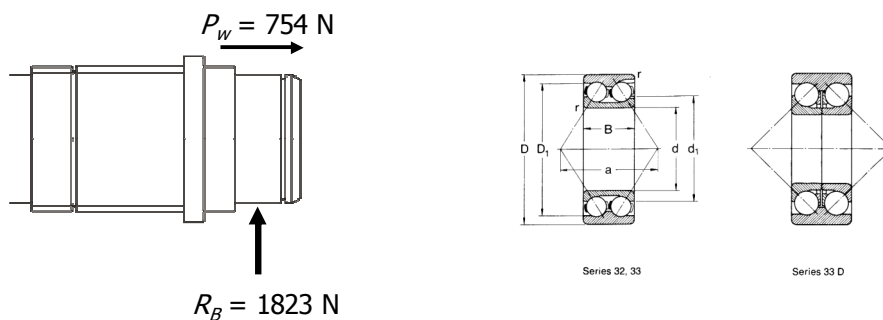
$$C = 12049 \text{ N}$$

Wymiary		Nośność łożyska		Maksymalna prędkość obrotowa		Oznaczenia			Wymiary										Wymiary pod zabudowę									
d	D	B	Dynamiczna C	Statyczna C ₀	smar	olej	Typ NU	Typ NJ	Typ NUP	Typ N	d ₁	D ₂	E	F	r	r ₁	d _{6a} min	d _{6a} max	d _{6b} min	d _{6b} max	d _{6c} min	d _{6c} max	D _{6a} max	D _{6a} min	r _{6a} max	r _{6a} min		
mm	mm	mm	N	N	obr/min	obr/min					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
20	47	14	13400	7350	15000	18000	NU204	NJ204	NUP 204	N 204	30	37,3	40	27	1	1,0	25	26	29	32	38	42	42	1	0,6			
47	18	18	18300	10800	13000	16000	NU2204	NJ2204	-	-	30	37,3	40	27	1	1,1	25	26	29	32	-	42	-	1	0,6			
52	15	15	20400	11600	12000	15000	NU304	NJ304	NUP 304	-	31,8	40,5	44,5	28,5	1	1,0	26,5	27	30	33	42	45,5	47	1	0,6			
25	52	15	15300	8800	12000	15000	NU205	NJ205	NUP 205	N 205	35	42,3	45	32	1	1,1	30	31	34	37	43	47	47	1	0,6			
52	18	18	20800	12900	11000	14000	NU 2205	NJ 2205	NUP 2205	-	35	42,3	45	32	1	1,1	30	31	34	37	-	47	-	1	0,6			
62	17	17	26000	15000	9500	12000	NU305	NJ305	NUP 305	N 305	39	48,7	53	35	2	1,3	31,5	33	37	40	51	55,5	55	1	1			
62	24	24	38000	24500	9000	11000	NU 2305	NJ 2305	NUP 2305	-	39	48,7	53	35	2	1,3	31,5	33	37	40	-	55,5	-	1	1			

Zatem łożysko: NU 205

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

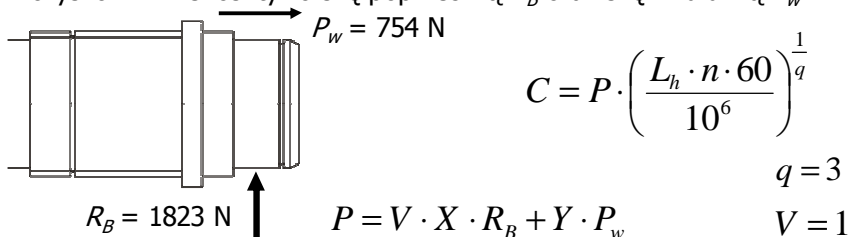
Łożysko B. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_B oraz siłę wzdłużną P_w



Zatem łożysko musi przenosić oba obciążenia.
Można zastosować **łożysko kulkowe skośne dwurzędowe**

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

Łożysko B. Przenosi tylko siłę poprzeczną R_B oraz siłę wzdłużną P_w



$$C = P \cdot \left(\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{q}}$$

$$q = 3$$

$$V = 1$$

$$P = V \cdot X \cdot R_B + Y \cdot P_w$$

Dla łożysk kulkowych skośnych dwurzędowych.

Seria 32 i 33:

$$X=1, Y=0,73; X=0,62, Y=1,17; e=0,68$$

$$\frac{P_w}{R_B} = \frac{754}{1823} = 0,41 < e = 0,68 \quad P = 1 \cdot 1 \cdot 1823 + 0,73 \cdot 754 = 2373 \text{ N}$$

Przykład 6.01 Proste łożyskowanie wałka

$$C = 2373 \cdot \left(\frac{12000 \cdot 1000 \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 21273 \text{ N}$$

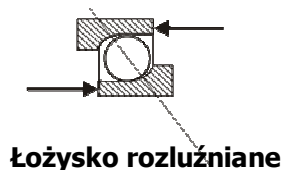
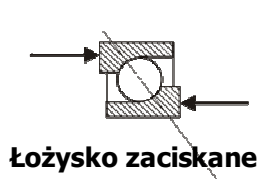
Wymiary podstawowe			Nośność łożyska		Maksymalna prędkość obrotowa		Masa	Oznaczenie	Wymiary					Wymiary pod zabudowę		
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	dynamiczna	Styczna	smar	olej			<i>d</i>	<i>d_i</i>	<i>D_i</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>d_e</i> min	<i>D_e</i> max	<i>r_e</i> max
mm	mm	mm	N	N					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15	35	15,9	8150	5500	13000	18000	0,072	3202	15	22,1	29	1	23	20	30	0,6
42	19	13700	9150	10000	15000	0,13	3302	25	35,2	1,5	27	21	36	1		
17	40	17,5	11400	8000	10000	15000	0,10	3303	17	25,6	34	1	27	22	35	0,6
47	22,2	19000	12700	9500	14000	0,19	3303	27,9	39,9	1,5	31	23	41	1		
20	47	20,6	15600	10800	9000	13000	0,17	3204	20	30	40,1	1,5	31	26	41	1
52	22,2	19000	13700	8500	12000	0,23	3304	32,5	43,8	2	34	27	45	1		
25	52	20,6	17000	12400	8000	11000	0,19	3205	25	35,5	45,6	1,5	35	31	46	1
62	25,4	26000	19600	7500	10000	0,37	3305	39,4	52,9	2	40	32	55	1		
62	25,4	22800	18000	7500	10000	0,38	3305D	40,2	51,8	2	37	32	55	1		

Zatem łożysko: **3305**

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Łożyska skośne jednorzędowe (kulkowe oraz stożkowe) zawsze pracują w zespołach odpowiednio ustawionych względnie łożysk.

Celem takiego podejścia jest zabezpieczenie przed rozłączeniem się łożyska pod wpływem siły wzdłużnej

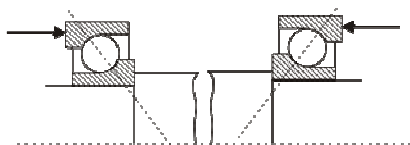


Łożyska toczne – zespoły łożysk

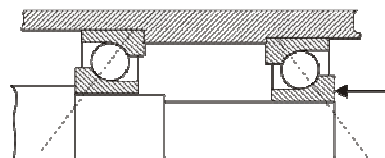
Aby zabezpieczyć się przed rozluźnieniem łożyska stosuje się takie ich ustawienie aby wzajemnie zabezpieczały się przed takim zjawiskiem.

Występują dwa układy:

Układ „X”

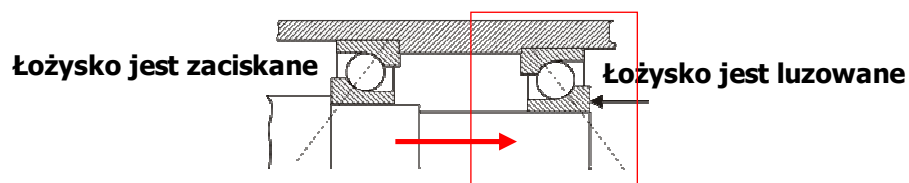
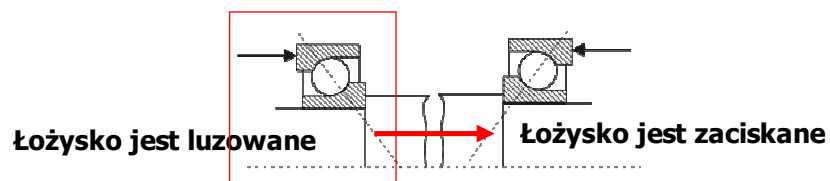


Układ „O”



Łożyska toczne – zespoły łożysk

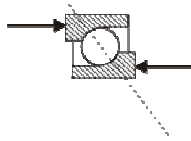
Przy pojawieniu się siły wzdłużnej



Wymagają zabezpieczenia

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Zabezpieczeniem jest siła napięcia wstępnego nazywana **siłą zacisku wstępnego**



Łożysko jest zaciskane tak dużą siłą aby w momencie pojawienia się siły wzdłużnej rozluźniającej je nie wystąpił brak styku na powierzchniach oporowych

Siła zacisku wstępnego zależy od konstrukcji łożyska i obciążenia osiowego

$$F_z = \frac{F_r}{2 \cdot Y}$$

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Siła zacisku wstępnego jest zatem dodatkowym obciążeniem wzdłużnym dla zespołu łożysk

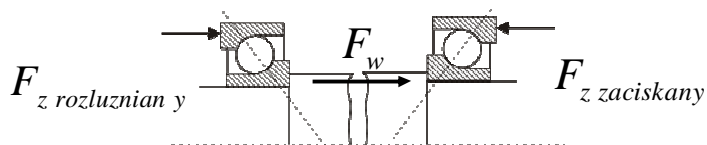
$$F_{zA} = \frac{F_{rA}}{2 \cdot Y_A} \qquad F_{zB} = \frac{F_{rB}}{2 \cdot Y_B}$$

Przy zastosowaniu dwóch różnych łożysk ich **siły zacisku wstępnego** są różne.

Ale układ może być zaciśnięty tylko jedną z tych sił

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Zacisk zależy od układu i wielkości sił



Jeżeli:

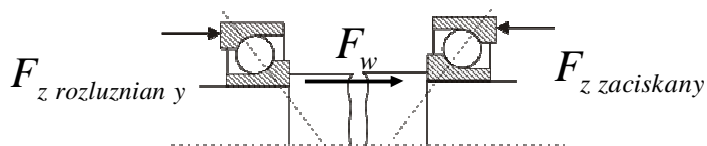
$$F_{z \text{ zaciskany}} < F_{z \text{ rozluźniany}}$$

To siła zacisku wstępnego układu wynosi:

$$F_{z \text{ układ}} = F_{z \text{ rozluźniany}}$$

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Zacisk zależy od układu i wielkości sił



Jeżeli:

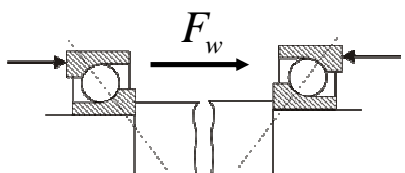
$$F_{z \text{ zaciskany}} > F_{z \text{ rozluźniany}} \text{ oraz: } F_w > F_{z \text{ zaciskany}} - F_{z \text{ rozluźniany}}$$

To siła zacisku wstępnego układu wynosi:

$$F_{z \text{ układ}} = F_{z \text{ rozluźniany}}$$

Łożyska toczne – zespoły łożysk

W obu powyższych przypadkach siła obciążenia wzdłużnego łożyska wynosi:

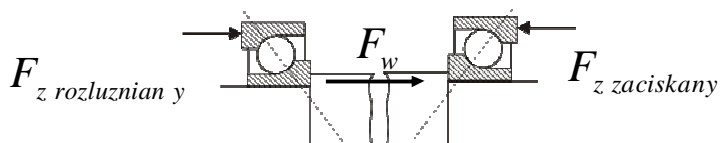


$$F_{aA} = F_{z \text{ rozluźniany}}$$

$$F_{aB} = F_{z \text{ rozluźniany}} + F_w$$

Łożyska toczne – zespoły łożysk

Zacisk zależy od układu i wielkości sił



Jeżeli:

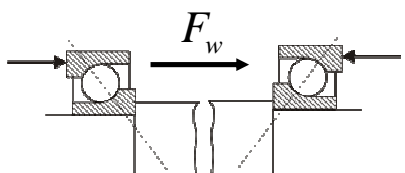
$$F_{z \text{ zaciskany}} > F_{z \text{ rozluźniany}} \text{ oraz: } F_w < F_{z \text{ zaciskany}} - F_{z \text{ rozluźniany}}$$

To siła zacisku wstępnego układu wynosi:

$$F_{z \text{ układ}} = F_{z \text{ zaciskany}}$$

Łożyska toczne – zespoły łożysk

W tym przypadku siła obciążenia wzdłużnego łożyska wynosi:



$$F_{aA} = F_{z \text{ zaciskany}} - F_w$$

$$F_{aB} = F_{z \text{ zaciskany}}$$

Przykład 6.02

Łożyskowanie wałka zespołem łożysk

Dobrać łożyska do wałka z przykładu 5.01. Zastosować układ łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych w układzie X.

Dane:

$$R_A = 1674 \text{ N}$$

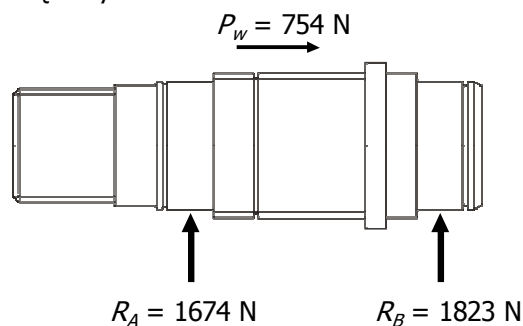
$$R_B = 1823 \text{ N}$$

$$P_w = 754 \text{ N}$$

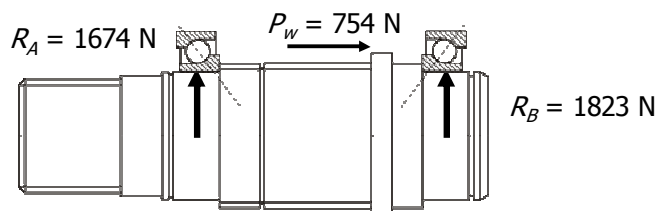
$$L_h = 12\,000 \text{ h}$$

$$n = 1000 \text{ obr/min}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$



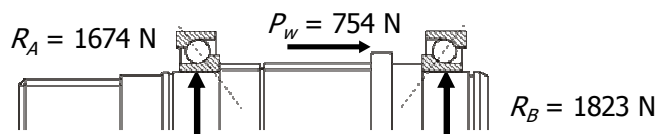
Przykład 6.02 Łożyskowanie wałka zespołem łożysk



Do obliczenia obciążenia potrzebujemy współczynnika Y dla każdego łożyska

Dla ułatwienia przyjmijmy zastosowanie dwóch jednakowych łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych

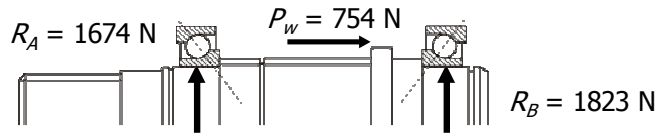
Przykład 6.02 Łożyskowanie wałka zespołem łożysk



Z katalogu łożysk dla tego typu mamy:

e	Współczynniki obciążeniowe			
	$F_R/F_T \leq e$		$F_R/F_T > e$	
	X	Y	X	Y
1,14	1	0	0,35	0,57

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk

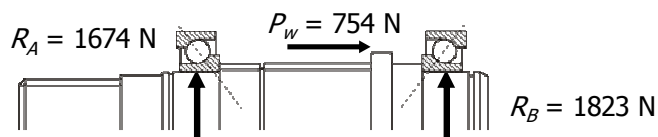


Wymagany zacisk wstępny łożysk wynosi:

$$F_{zA} = F_{z \text{ rozluźniany}} = \frac{R_A}{2 \cdot Y} = 1468 \text{ N}$$

$$F_{zB} = F_{z \text{ zaciskany}} = \frac{R_B}{2 \cdot Y} = 1599 \text{ N}$$

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk



Ponieważ:

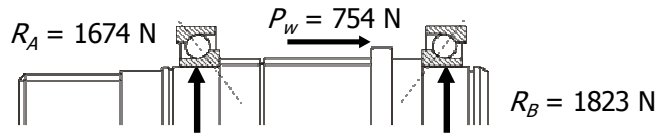
$$F_{zA} = 1468 \text{ N} < F_{zB} = 1599 \text{ N}$$

Zatem siły obciążające łożysko wynoszą:

$$F_{aA} = F_{zB} + F_w = 1599 + 754 = 2353 \text{ N}$$

$$F_{aB} = F_{zB} = 1599 \text{ N}$$

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk



Stąd obciążenia zastępcze łożysk

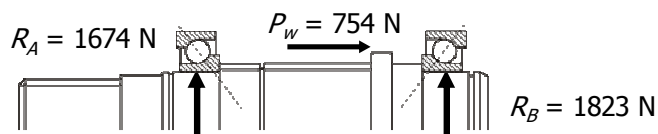
Łożysko A

$$\frac{F_{aA}}{R_A} = \frac{2353}{1674} = 1,41 > e = 1,14$$

$$P_A = V \cdot X \cdot R_A + Y \cdot F_{aA}$$

$$= 1 \cdot 0,35 \cdot 1674 + 0,57 \cdot 2353 = 1927 \text{ N}$$

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk



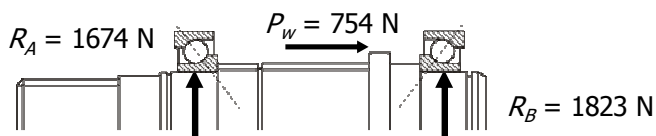
Łożysko B

$$\frac{F_{aB}}{R_B} = \frac{1599}{1823} = 0,88 < e = 1,14$$

$$P_B = V \cdot X \cdot R_B + Y \cdot F_{aB}$$

$$= 1 \cdot 1 \cdot 1823 + 0 \cdot 1599 = 1823 \text{ N}$$

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk

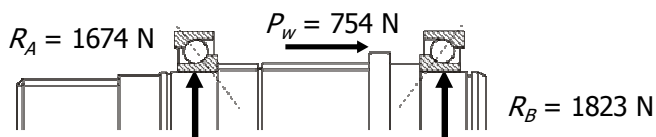


Zatem odpowiednio wymagane nośności łożysk:

$$C_A = P_A \cdot \left(\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{q}} = 1929 \cdot \left(\frac{12000 \cdot 1000 \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 17289 \text{ N}$$

$$C_B = P_B \cdot \left(\frac{L_h \cdot n \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{q}} = 1823 \cdot \left(\frac{12000 \cdot 1000 \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 16339 \text{ N}$$

Przykład 6.02 Łożskowanie wałka zespołem łożysk



Dobór łożysk:

$$C_A = 17289 \text{ N}$$

$$C_B = 16339 \text{ N}$$

Wymiary	Nośność łożyska		Maksymalna prędkość obrotowa		Oznaczenie	Wymiary pozostałe				Wymiary pod zabudowę					
	dynamiczna	statyczna	Smar	Olej		d_i	D_i	r	r_i	a	d_a	D_a	r_a		
	na C	C ₀	n	n		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
d	52	15	11400	7650	9500	14000	7205 B	36.3	42.3	1.5	0.8	24	31	46	1
	62	17	19000	12200	8500	12000	7305 B	39.6	48	2	1	27	32	55	1

Łożyska toczne - smarowanie

Łożyska toczne wymagają **małej** ilości smaru

Rola smarowania:

1. Zmniejszenie zużycia
2. Ochrona przed korozją
3. Odprowadzanie ciepła
4. Ochrona przed zanieczyszczeniami

Rodzaje smarów:

Olej

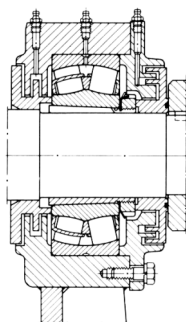
Smar plastyczny

Smar stały

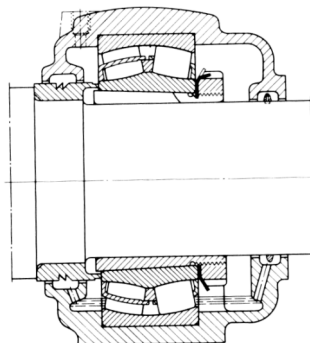
Łożyska toczne - smarowanie

Sposoby smarowania:

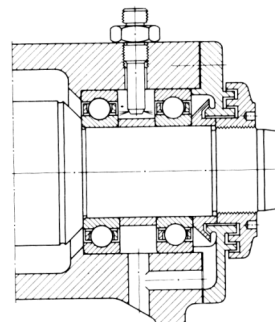
Kropelkowo

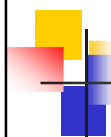


Zanurzeniowo



Mgłą olejową





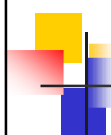
Łożyska toczne - uszczelnianie

Celem uszczelniania jest zabezpieczenie przed wydostawaniem się środka smarującego z obudowy oraz przenikaniem zanieczyszczeń do środka:

Rodzaje uszczelnień:

Bezstykowe

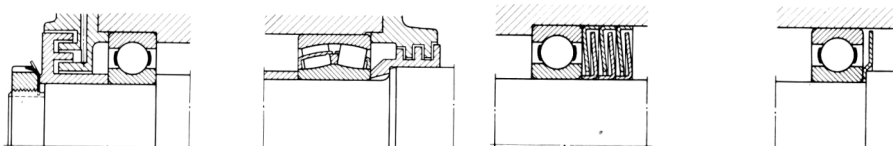
Stykowe



Łożyska toczne - uszczelnianie

Uszczelnienie bezstykowe

Tzw. Uszczelnienie labiryntowe

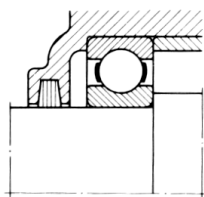


Stosowane przy mało zapylnych środowiskach i dużych prędkościach obrotowych. Zaletą jest brak tarcia.

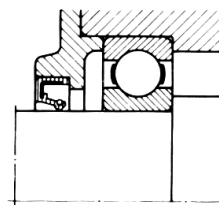
Łożyska toczne - uszczelnianie

Uszczelnienie stykowe

Pierścienie filcowe $V < 4 \text{ m/s}$

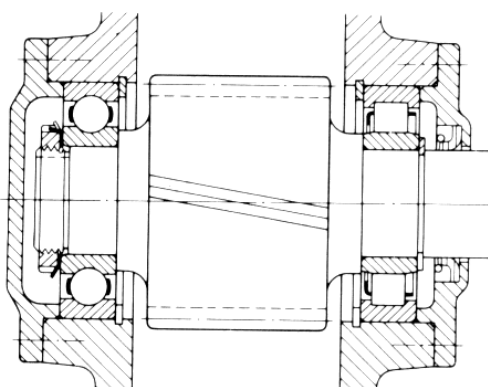


Pierścienie uszczelniające
 $V < 12 \text{ m/s}$



Łożyska toczne – zabudowa i osadzanie

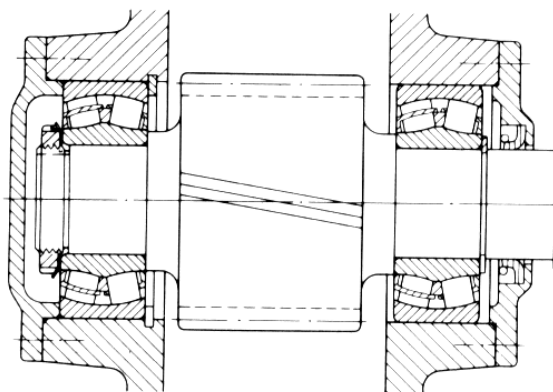
Osadzone



Luźne

Łożyska toczne – zabudowa i osadzanie

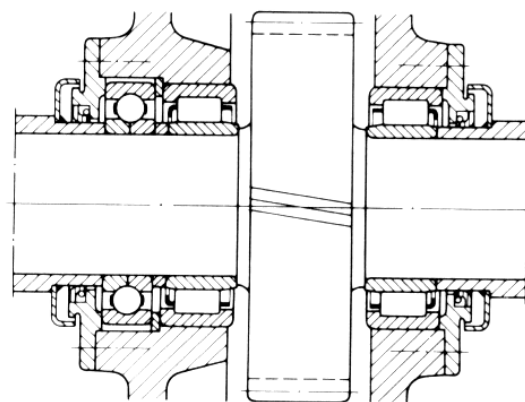
Osadzone



Luźne

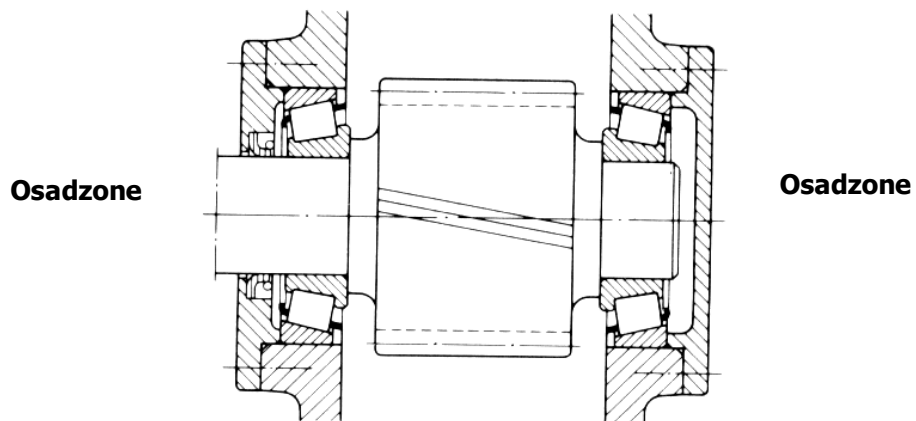
Łożyska toczne – zabudowa i osadzanie

Osadzone



Luźne

Łożyska toczne – zabudowa i osadzanie



Łożyska ślizgowe

Łożyska ślizgowe – łożyska w których powierzchnia czopa **ślizga się** po powierzchni panwi.

Łożyska niesmarowane

Łożyska smarowane

hydrodynamicznie

hydrostatycznie

Łożyska ślizgowe

Materiały na łożyska

Czopy są najczęściej elementami wałów zatem wykonane są ze **stali** i w zależności od materiału są lub nie utwardzane

Panew wykonane są z różnych materiałów w zależności od konstrukcji łożyska:

Stopy cyny i ołowiu:

SnSb8Cu4 – ciągła praca, duże prędkości pracy

PbSb15SnAs – średnie natężenie pracy

PbSb10Sn6 – łożyska samochodowe

Polimery termoplastyczne:

Poliamid PA6, PA12

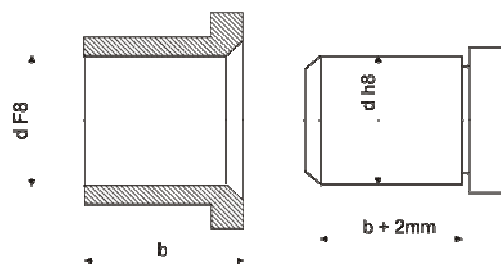
Polietylen PE-HD

Polistyren PS

Poliacetal POM

Politereafluoroetylen (teflon)

Łożyska ślizgowe niesmarowane



Współpraca możliwa dzięki odpowiedniemu zróżnicowaniu materiałów pod względem:

- Twardości elementów
- Rodzaju materiałów

Łożyska ślizgowe niesmarowane

Dobór i projektowanie łożysk opiera się na dwóch wielkościach:

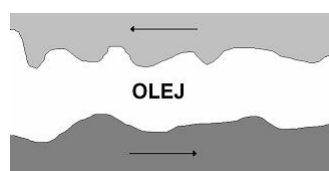
Nacisk dopuszczalny
 P_{dop}

Parametr Zeunera
 $(pv)_{dop}$

Materiały łożyska	P_{dop} [MPa]	$(pv)_{dop}$ [MPa m/s]
Stal - mosiądz	4	0,6 – 0,8
Stal - poliamid	5	0,4 – 0,7
Stal - poliacetal	10	0,05 – 0,15
Stal - teflon	56	0,6 – 1,0

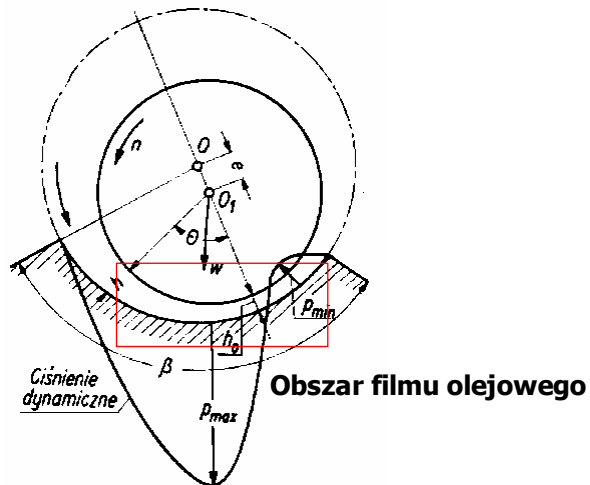
Łożyska ślizgowe smarowane hydrodynamiczne

Obniżenie tarcia poprzez uzyskanie tarcia płynnego:



Wtłoczenie warstwy rozdzielającej odbywa się poprzez dynamiczne „wtłoczenie” oleju w wyniku względnego ruchu dwóch powierzchni

Łożyska ślizgowe smarowane hydrodynamiczne



Łożyska ślizgowe smarowane hydrodynamiczne

Dobór i projektowanie łożysk opiera się także na dwóch wielkościach:

Nacisk dopuszczalny
 p_{dop}

Parametr Zeunera
 $(pv)_{dop}$

Z uwzględnieniem między innymi:

- lepkości dynamicznej oleju,
- temperatury pracy
- możliwości odchylenia się osi panwi i czopa