



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



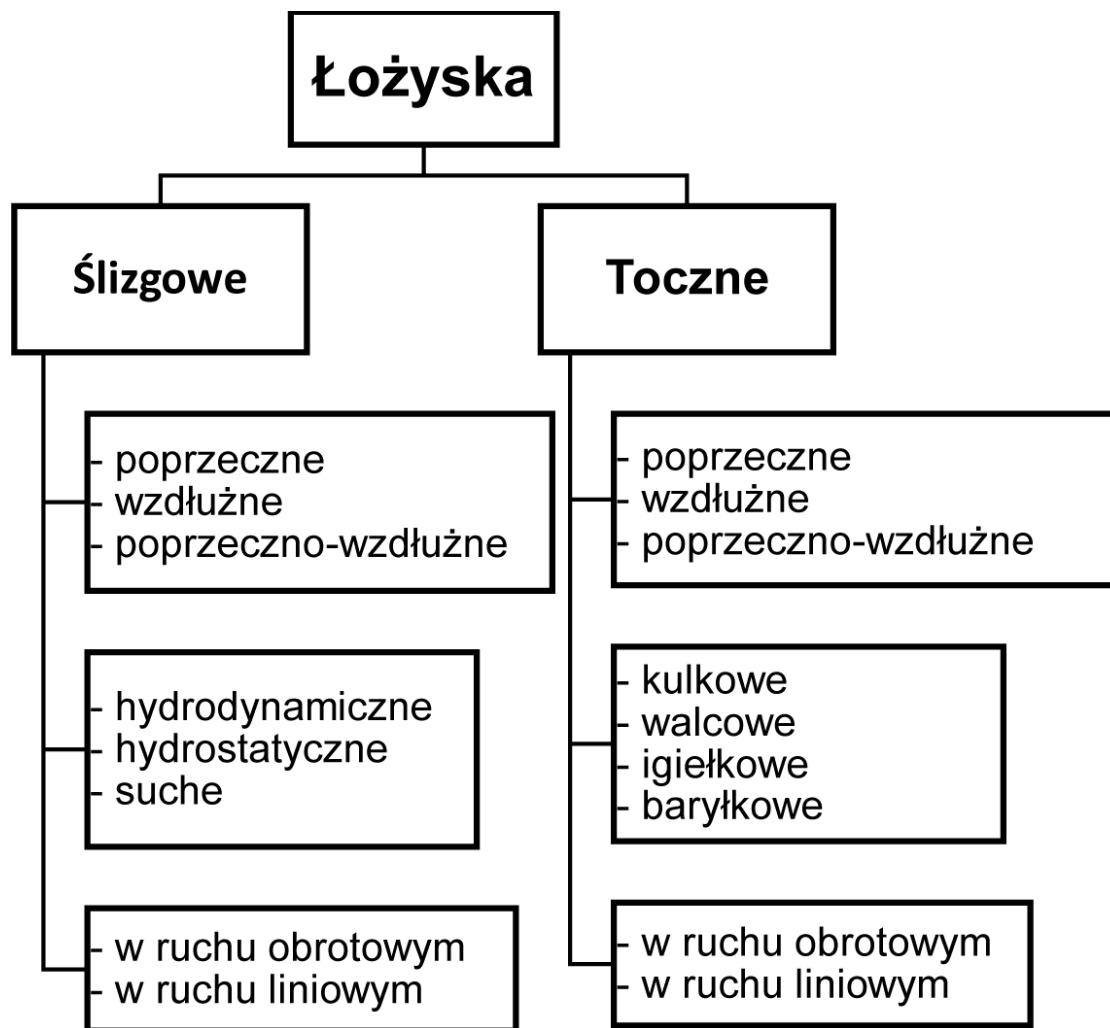
**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Łożyskowanie

dr inż. Michał Batsch

Podział łożysk

Elementy obracające się powinny być ustalone w korpusie. Realizowane jest to poprzez łożyska.

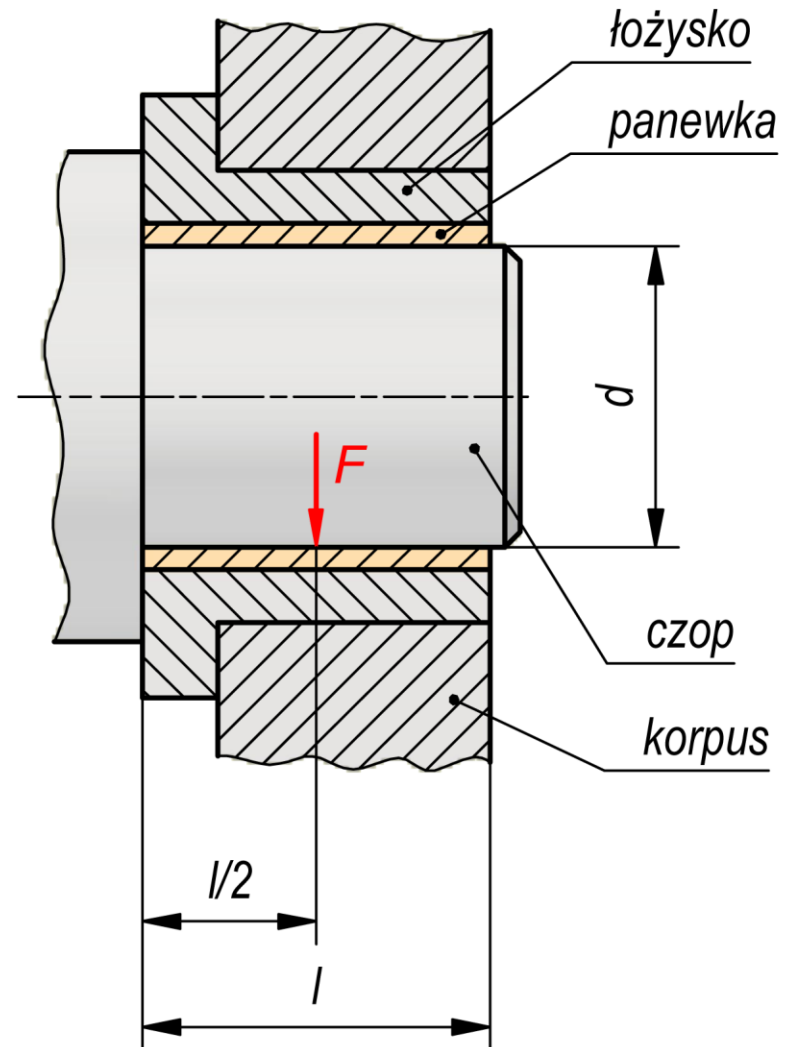


Łożyska ślizgowe - budowa

W łożyskach ślizgowych występuje tarcie ślizgowe pomiędzy powierzchnią wałka, a panewką.

Panewki wykonywane są z materiałów takich jak:

- stopy cynowe,
- stopy ołowiane,
- brązy odlewnicze,
- mosiądze,
- tuleje spiekane nasycone olejem,
- termo i duroplasty.



Łożyska ślizgowe - wytrzymałość

Czop wału pracuje na zginanie zatem powinna być spełniona nierówność:

$$\sigma_g = \frac{M_g}{W_x} \leq k_{go}$$

gdzie:

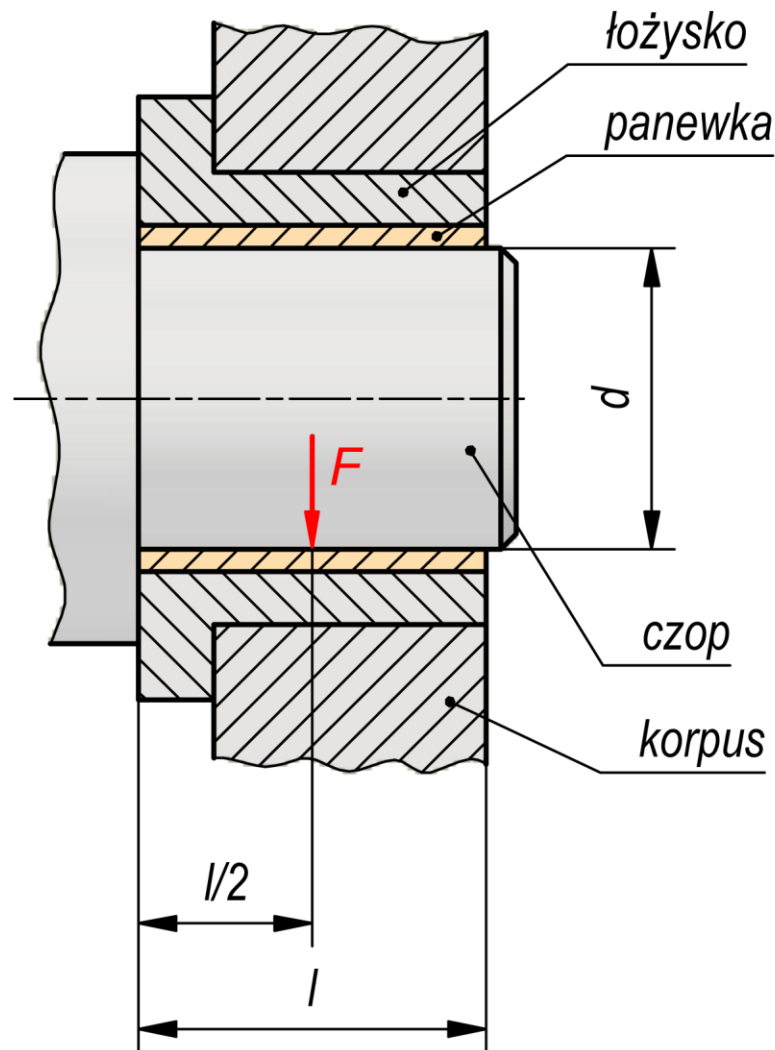
$$M_g = 0,5Fl \quad W_x = \frac{\pi d^3}{32}$$

Ponadto sprawdza się naciski pomiędzy panwią, a czopem:

$$\sigma_o = \frac{F}{dl} \leq k_o$$

Jako naciski dopuszczalne przyjmuje się wartość dla słabszego materiału, a więc najczęściej dla materiału panewki.

Orientacyjne wartości nacisków dopuszczalnych w przypadku zastosowania stalowego czopa wynoszą: panewka żeliwna - 2-3MPa, panewka z brązu/mosiądzu - 5MPa, panewka ze stopu łożyskowego - 6MPa.



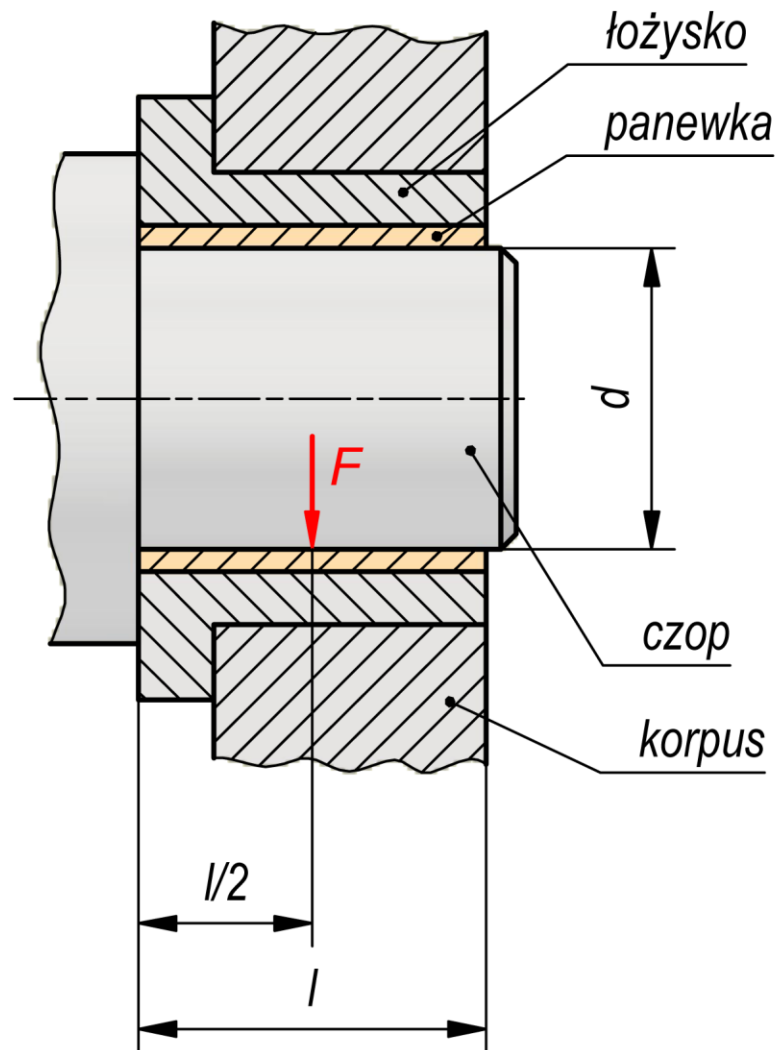
Łożyska ślizgowe - grzanie

Łożysko pracuje także na grzanie. W uproszczeniu jako miarę ciepła przyjmuje się iloczyn nacisków średnich i prędkości obwodowej $\sigma_o v$, który powinien być mniejszy od wartości dopuszczalnej:

$$(\sigma_o v) \leq (\sigma_o v)_{dop}$$

Iloczyn wyrażany jest w jednostce MN/(ms), a jego wartości dopuszczalne ustalone dla temperatury 60°C wynoszą przykładowo:

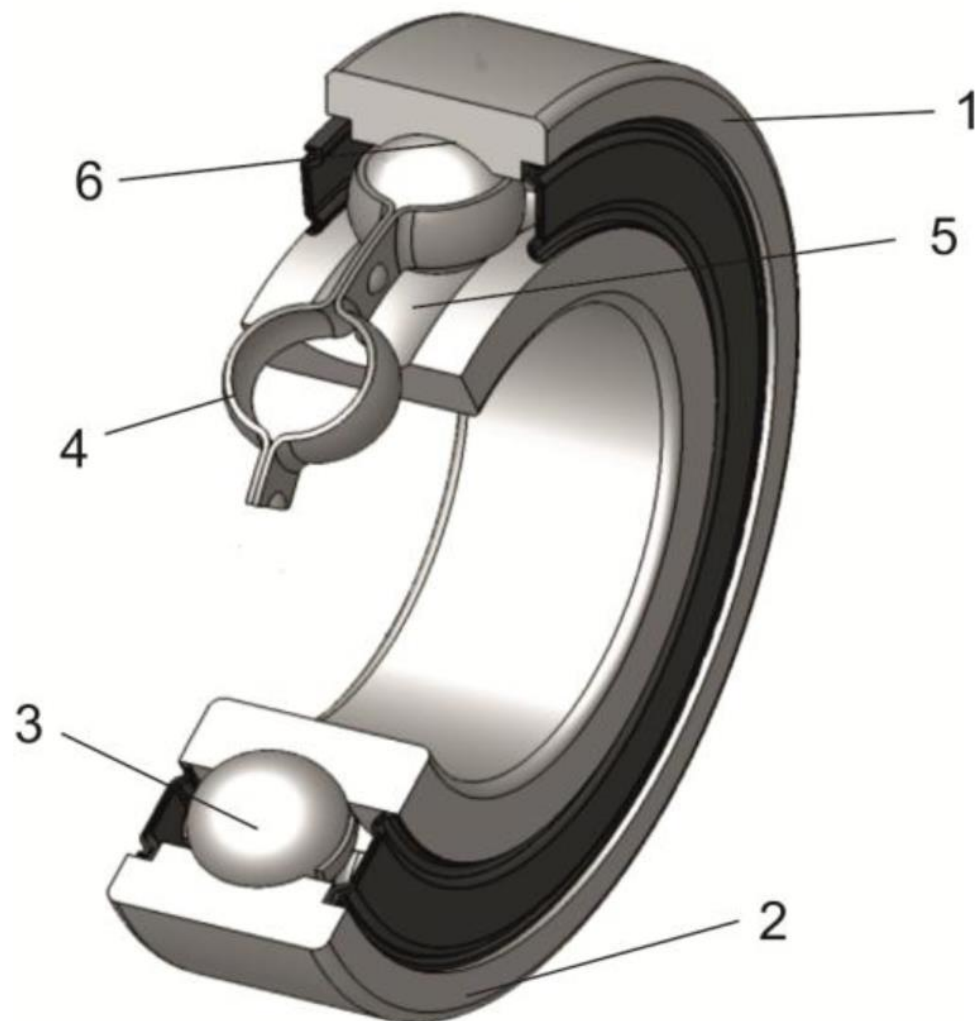
- łożyska wałów obrabiarek - 12.5,
- łożyska silników spalinowych 12,
- łożyska dźwignic 4-10.



Łożyska toczne - budowa

Budowę łożyska tocznego przedstawiono poniżej

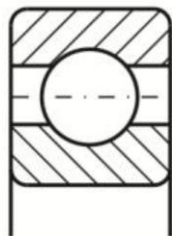
Pomiędzy powierzchniami pierścieni zewnętrznym (2) i wewnętrznym (1) znajdują się elementy toczne (3) - w tym przypadku kulki. Kulki utrzymywane są poprzez koszyk (4). Mogą również występować dodatkowe uszczelnienia w postaci gumowych lub stalowych pierścieni.



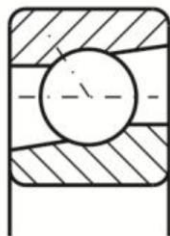
Łożyska toczne - rodzaje

Rodzaje łożysk tocznych: a) kulkowe zwykłe, b) kulkowe skośne, c) kulkowe wahliwe, d) walcowe, e) igiełkowe, f) stożkowe, g) baryłkowe, h) kulkowe wzdłużne, i) stożkowe wzdłużne, j) walcowe wzdłużne, k) baryłkowe wzdłużne, l) igiełkowe wzdłużne

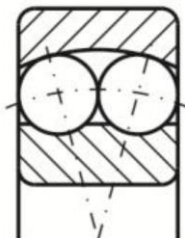
a)



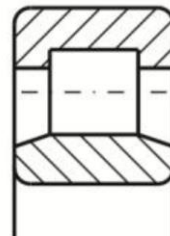
b)



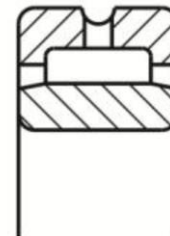
c)



d)



e)



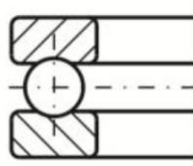
f)



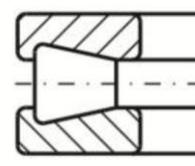
g)



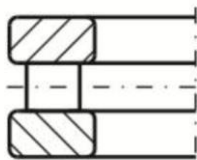
h)



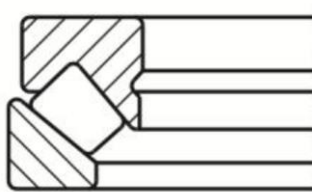
i)



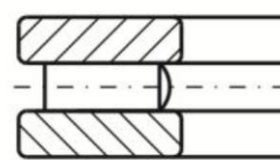
j)



k)



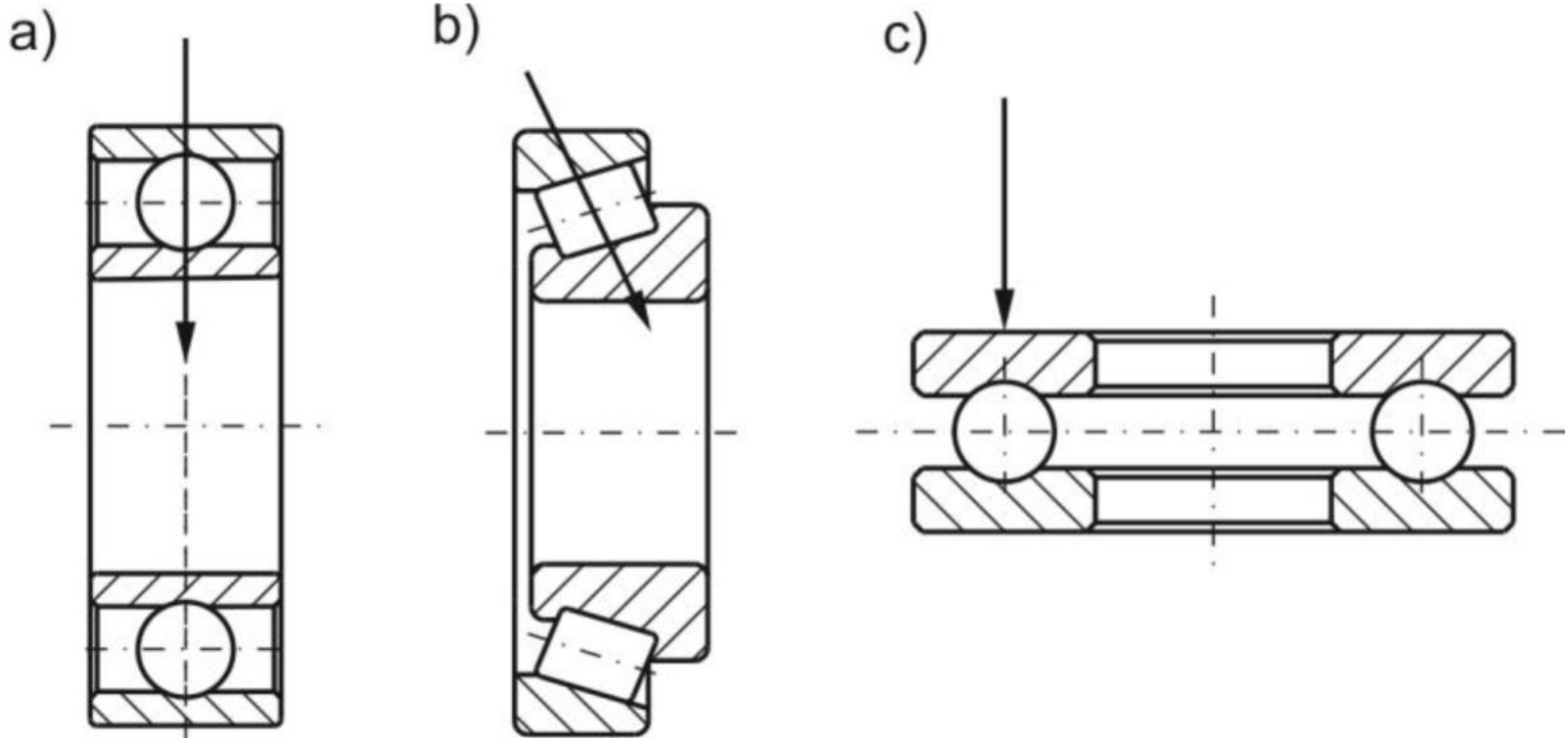
l)



Łożyska toczne - rodzaje

Rodzaje obciążenia łożysk tocznych:

- a) poprzeczne (obciążenie promieniowe),
- b) poprzeczno-wzdłużne (obciążenie promieniowe i osiowe),
- c) wzdłużne (obciążenie osiowe)



Łożyska toczne - dobór (obciążenie dynamiczne)

W przypadku dynamicznego obciążenia łożyska, jego dobór przeprowadzany jest na podstawie równania trwałości. Równanie to opisuje trwałość łożyska w funkcji obciążenia:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

L_{10} - to trwałość wyrażona w milionach obrotów,

C - to nominalna nośność dynamiczna łożyska dobierana wg katalogu/normy (wartość obciążenia, które powoduje, że dla pewnej grupy łożysk 90% osiągnie lub przekroczy liczbę 10^6 obrotów),

p - to wykładnik równania trwałości ($p = 3$ dla łożysk kulkowych, $p = 10/3$ dla łożysk walcowych),

P - to równoważne obciążenie dynamiczne, które uwzględnia wpływ kombinacji obciążenia poprzecznego oraz wzdłużnego na trwałość łożyska.

$$P = XF_r + YF_a$$

X, Y - to współczynniki przeliczeniowe dla obciążenia poprzecznego i wzdłużnego, F_r - to obciążenie poprzeczne (promieniowe), F_a - to obciążenie wzdłużne (osiowe). Jeżeli prędkość obrotowa jest stała można obliczyć trwałość w godzinach pracy jako:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10}$$

n - to prędkość obrotowa w obr/min, L_{10} - to trwałość w milionach obrotów.

Łożyska toczne - dobór (obciążenie statyczne)

W przypadku statycznego obciążenia łożyska jego dobór przeprowadza się na podstawie nośności statycznej. Nośność statyczna jest to obciążenie, przy którym w miejscu styku wystąpi trwałe odkształcenie równe ok. 1/10000 średnicy elementu tocznego. Powinien zostać spełniony warunek:

$$C_o \geq s_o P_o$$

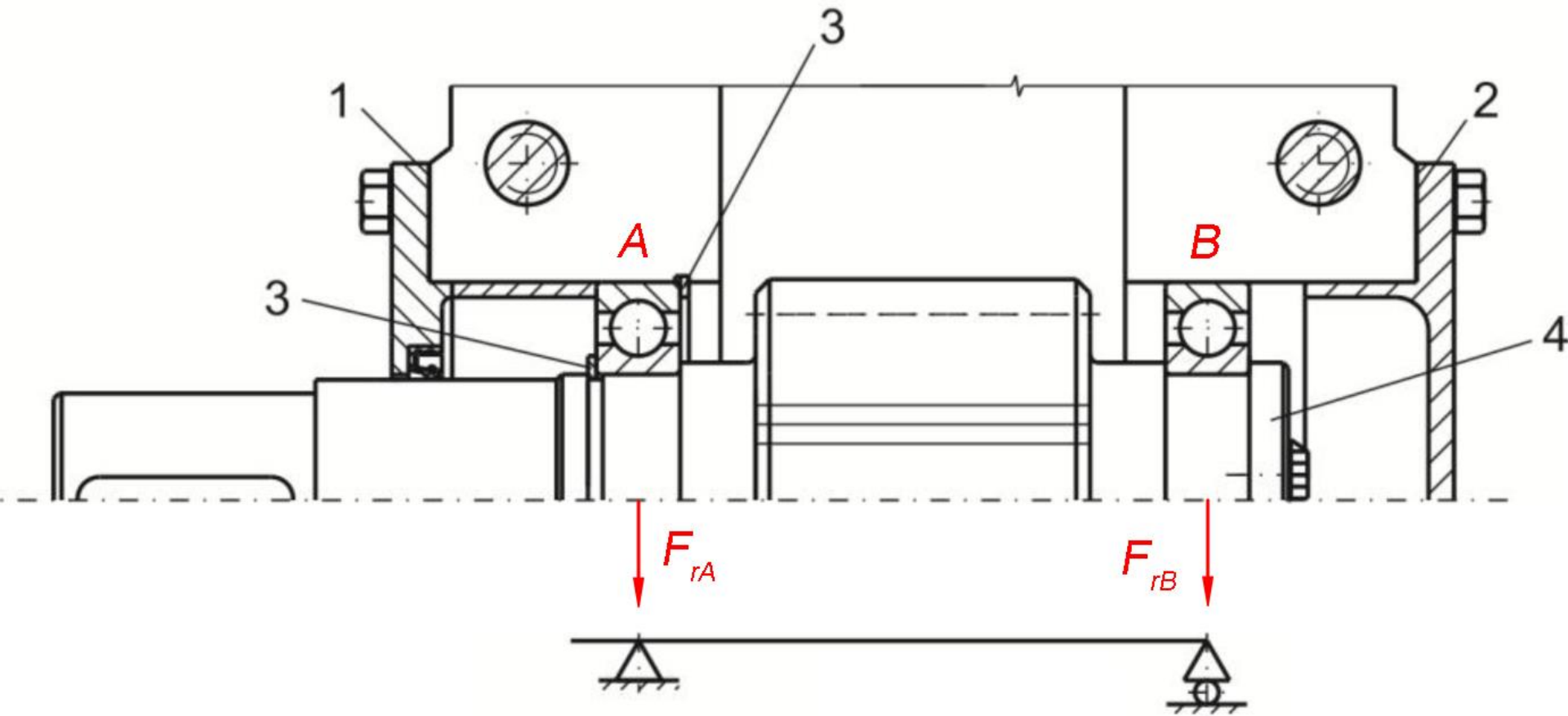
gdzie: C_o - to nośność statyczna łożyska (odczytywana z katalogu/normy), s_o - to współczynnik bezpieczeństwa ($s_o = 1-3$ dla spokojnej pracy, $s_o > 3$ dla dużych obciążeń), P_o - to równoważne obciążenie statyczne obliczane podobnie jak poprzednio:

$$P_o = X_o F_{or} + Y_o F_{oa}$$

gdzie: X_o , Y_o - to współczynniki przeliczeniowe dla statycznego obciążenia poprzecznego i wzdłużnego, F_{or} - to statyczne obciążenie poprzeczne (promieniowe), F_{oa} - to statyczne obciążenie wzdłużne (osiowe).

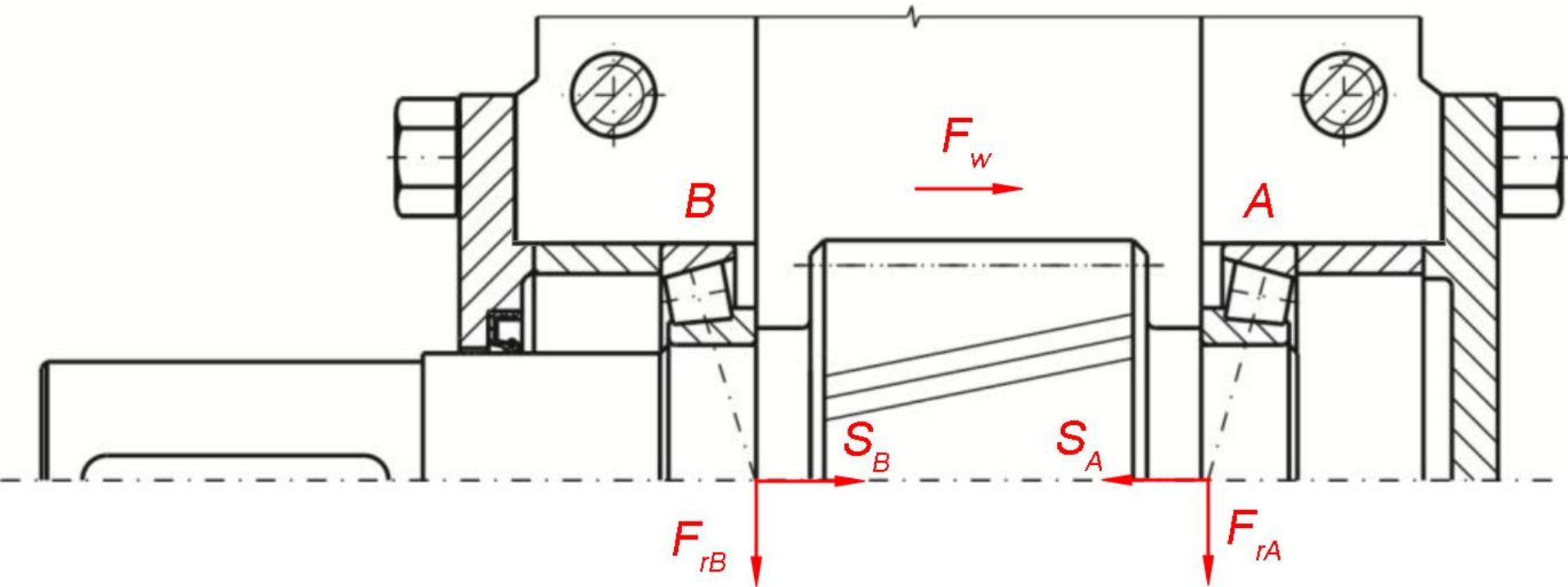
Łożyska toczne – układy łożyskowań

Układ węzół ustalający - węzeł swobodny



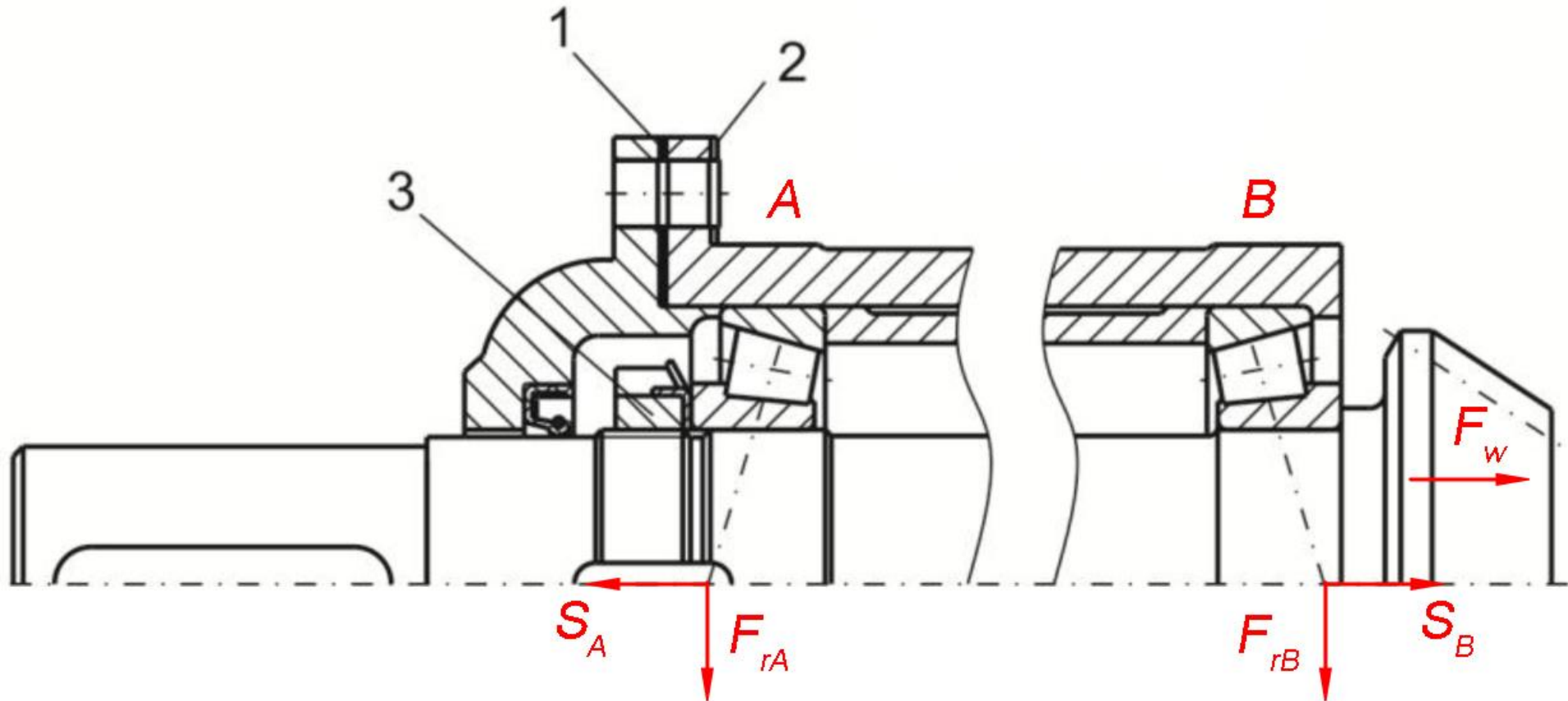
Łożyska toczne – układy łożyskowania

Układ nastawny "X"



Łożyska toczne – układy łożyskowań

Układ nastawny "O"



Łożyska toczne – układy łożyskowań

W układach nastawnych "O" lub "X" w wyniku obciążenia łożysk siłami poprzecznymi F_{rA} i F_{rB} pojawiają się dodatkowe siły osiowe S_A i S_B . Siły te wynikają z konstrukcji łożysk oraz ich "skośnego" ustawienia bieżni. Oblicza się je z zależności:

$$S_A = \frac{F_{rA}}{2Y_A} \quad S_B = \frac{F_{rB}}{2Y_B}$$

gdzie: Y_A, Y_B - to współczynnik obliczeniowy odczytywany z katalogu/normy dla łożyska w podporze odpowiednio A lub B.

Ponadto przyjmuje się, że wał obciążony jest zewnętrzną siłą wzdłużną F_w (pochodzącą np. od zazębienia). Aby oszacować trwałość łożysk należy określić wypadkową siłę wzdłużną jaka działa na każde łożysko F_{aA} i F_{aB} .

$\frac{F_{rA}}{Y_A} \leq \frac{F_{rB}}{Y_B}$	$F_w \geq 0$	$F_{aA} = F_w + S_B$	$F_{aB} = 0$
$\frac{F_{rA}}{Y_A} > \frac{F_{rB}}{Y_B}$	$F_w > S_A - S_B$	$F_{aA} = 0$	$F_{aB} = S_A - F_w$
	$F_w \leq S_A - S_B$	$F_{aA} = 0$	$F_{aB} = S_A - F_w$

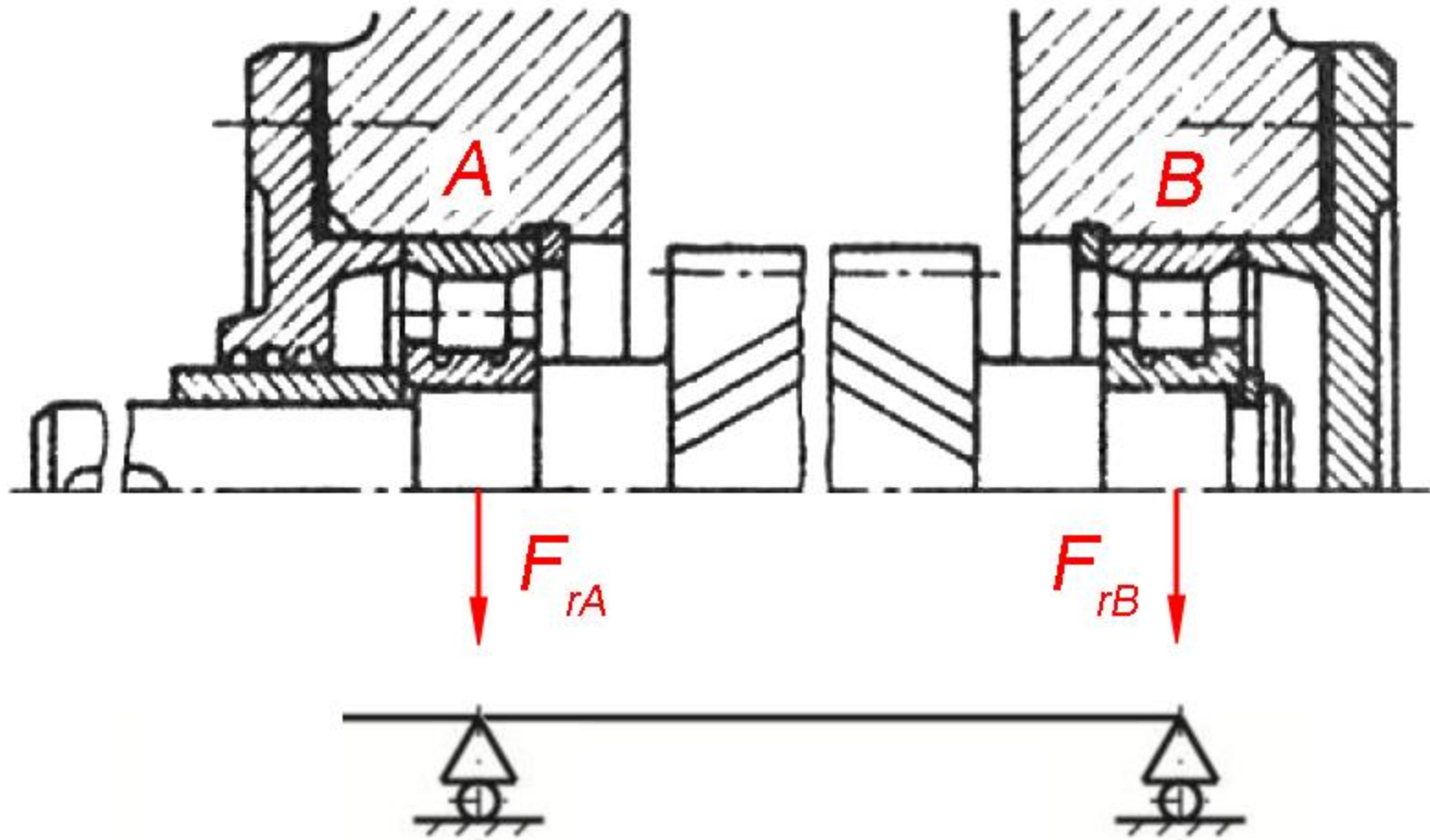
Równoważne obciążenia

dynamiczne dla łożysk stożkowych
zabudowanych w układzie "O" lub
"X" wg katalogu FAG
(e z katalogu)

$$P = \begin{cases} F_r + 1.12Y F_a , & \text{dla } \frac{F_a}{F_r} \leq e \\ 0.67F_r + 1.68Y F_a , & \text{dla } \frac{F_a}{F_r} > e \end{cases}$$

Łożyska toczne – układy łożyskowań

Układ pływający





**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWY MASZYN
I LOTNICTWA**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

Dziękuję za uwagę!

dr inż. Michał Batsch