

Łożyska - zasady doboru

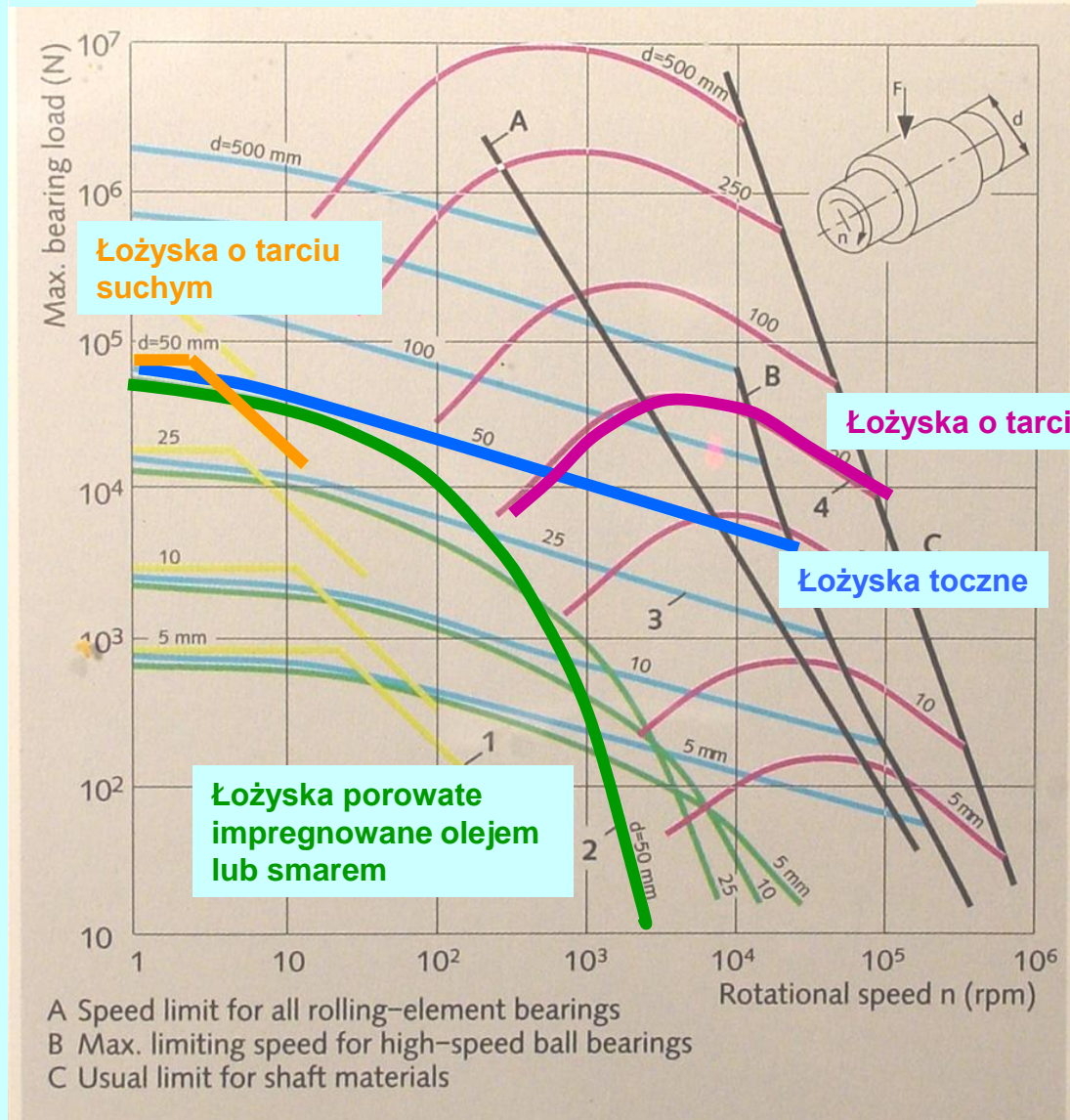
Dane wejściowe: Siła, średnica wału, prędkość obrotowa

Warunki pracy: środowisko (zanieczyszczenia, wilgoć),
drgania

Dodatkowe wymagania: charakter obciążenia, wymagana trwałość, cichobieżność, dokładność ruchu, charakter rozruchu, dopuszczalne koszty i t.p.

Łożyska - zasady doboru c. d.

Typowy zakres obciążeń różnych rodzajów łożysk



Łożyska - zasady doboru c. d.

Tablica 2

L.p.	Rodzaj łożyska	Spełnianie podanych wymagań					
		Dokładne centrowanie	Dodatkowe obciążenie wzdłużne	Małe opory rozruchu	Cichobieżność	Normalizacja	Prostota smarowania
1.	Niemetalowe łożyska o tarciu suchym lub mieszanym	Złe	Na ogół może być niewielkie	Złe	Przeciętne	Częściowe	Doskonałe
2.	Łożyska porowate ze spieków impregnowane olejem	Dobre	Może być niewielkie	Dobre	Doskonałe	Znaczne	Doskonałe
3.	Łożyska toczne	Dobre	W większości przypadków może być	Bardzo dobre	Na ogół zadowalające	Całkowite	Dobre przy smarowaniu plastycznym
4.	Łożyska hydrodynamiczne	Przeciętne	Na ogół wymaga osobnego łożyska wzdłużnego	Dobre	Doskonałe	Częściowe	Zwykle wymagany jest układ zasilający
5.	Łożyska hydrostatyczne	Doskonałe	Niedopuszczalne, wymagane osobne łożysko wzdłużne	Doskonałe	Doskonałe	Małe	Złe, konieczny specjalny układ

Tablica 1

L.p.	Rodzaj łożyska	Właściwości łożysk w podanych warunkach					
		Wysoka temperatura	Niska temperatura	Próżnia	Wilgoć	Bруд i pył	Drgania
1.	Niemetalowe łożyska o tarciu suchym lub mieszanym	Dobre aż do granicznej temp. dla danego materiału	Dobre	Doskonałe	Dobre, wał musi być niekorodujący	Dobre, pożądane uszczelnienie	Dobre
2.	Łożyska porowate ze spieków impregnowanych olejem	Złe, olej ulega utlenianiu	Przeciętne, duże opory rozruchu	Wymagają specjalnego oleju	Dobre	Wymagane uszczelnienie	Dobre
3.	Łożyska toczne	Powyżej 150°C wymagają specjalnych zabiegów	Dobre	Przeciętne ze specjalnym olejem	Dobre z odpowiednim uszczelnieniem	Wymagane uszczelnienie	Znośne dla niektórych typów łożysk
4.	Łożyska hydrodynamiczne	Dobre aż do granicznej temperatury dla danego oleju	Dobre, duże opory rozruchu	Wymagają specjalnego oleju	Dobre	Dobre, wymagają filtracji i uszczelnienia	Dobre
5.	Łożyska hydrostatyczne	Doskonałe przy smarowaniu gazowym	Dobre	Nie nadają się	Dobre	Dobre; doskonale przy smarowaniu gazowym	Doskonałe

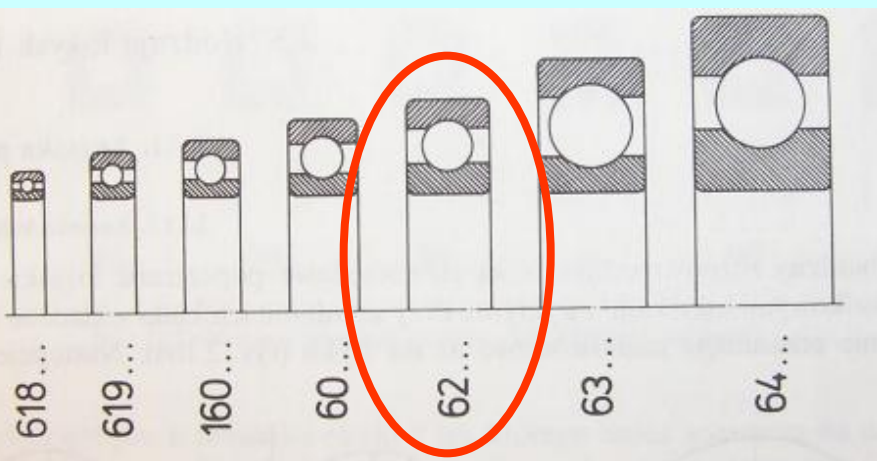
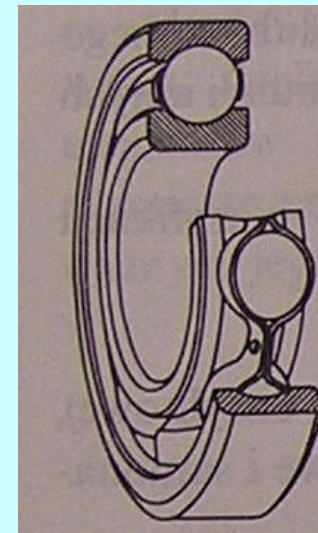
Łożyska toczne - oznaczenia

Większość rysunków z katalogu  – www.skf.com

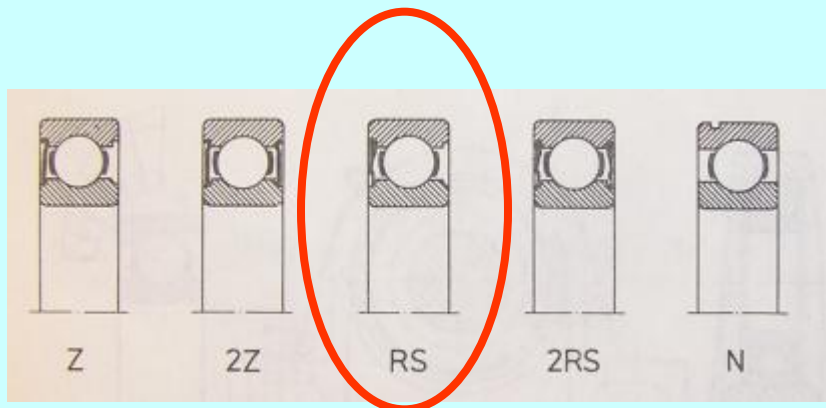
Oznaczenia – przykład: 62042RS

6 typ łożyska - kulkowe zwykłe

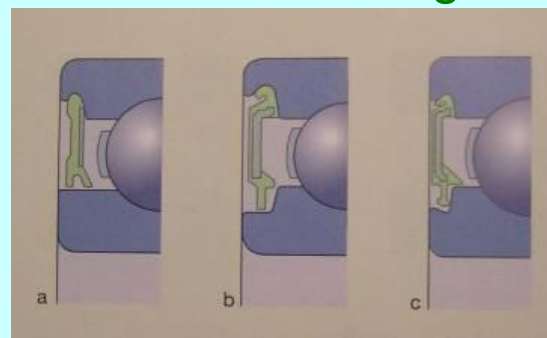
2 odmiana średnicowa - lekkie



04 średnica otworu ($5 \times 4 = 20\text{mm}$) – wg takiej zasady dla średnic 20-480 mm

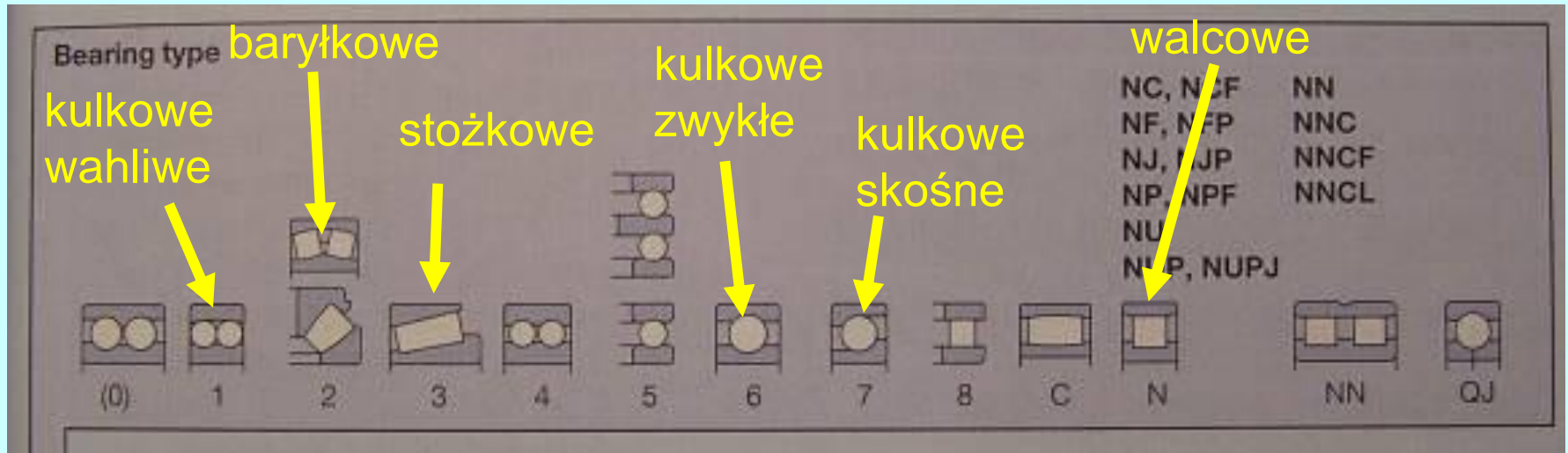


RS – uszczelka gumowa

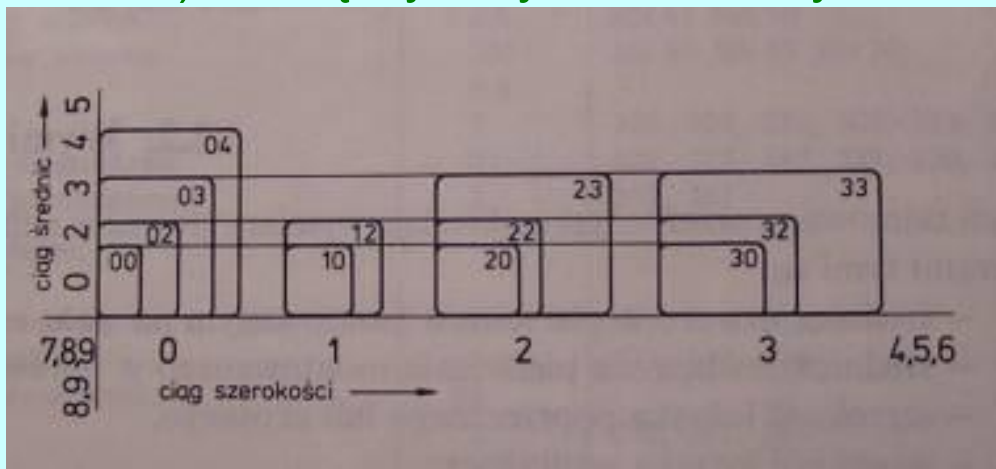


Łożyska toczne - oznaczenia

Początek oznaczenia – 1 cyfra lub litera(y) – typ łożyska



Dalsze 1 lub 2 cyfry odmiana szerokości i średnicy. Dla szer. 0 lub 1 oznaczenie często pomijamy. Łożyska o „kwadratowym” przekroju (np. kulkowe) nie są wykonywane w innych odmianach szerokości



Łożyska toczne - dobór

Krok 0: wybór rodzaju łożyska (już omówiony)

Krok1: wybór typu łożyska tocznego

Łożysko kulkowe

61808 40/52/7 4.9 kN 16000 obr/min

6208 40/80/18 32.5 kN 11 000 obr/min

6408 40/110/27 63.7kN 9000 obr/min

Walcowe

N208 40/80/18 62 kN 11000 obr/min

N408 40/110/27 96.8 kN 8500 obr/min

Stożkowe

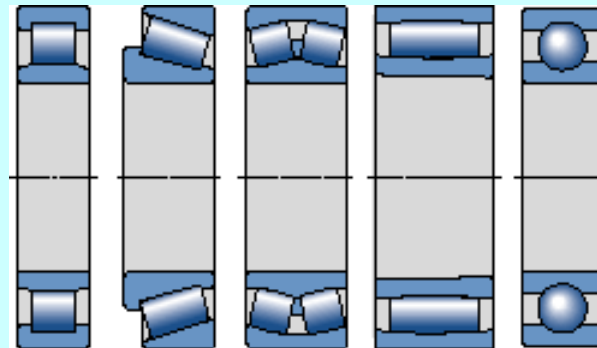
30208 40/80/19.75 71kN 8500 obr/min

33308 40/90/35.25 117kN 8000 obr/min

Baryłkowe

22208 40/80/23 96.5 kN 11000 obr/min

22308 40/90/33 150 kN 8000 obr/min



Łożyska toczne - dobór

Krok 1: wybór typu łożyska tocznego c.d.

Przydatność łożysk tocznych do zastosowań przemysłowych

Symbol	Nośność			Niewspółosiowość		Łożyskowanie				Odpowiednie do					Cechy konstrukcyjne				
	obciążenie promieniowe	obciążenie osiowe	obciążenie momentem	statyczna (spoczynkowa)	dynamiczna (kółka działających części stopnia)	ustalające	swobodne	nasławne	przewijające	duża ilość smaru	wysoka prędkość	małe tarcie	wysoka sztywność	niskie tarcie	uszczelnienie zintegrowane	niezależny montaż pierścieni	chwyt stożkowy	dostępność standardowych opraw i akcesoriów	
Łożyska kulkowe zwykłe		+	+ ↔	A-, B +	-	--	↔	□	X	✓	A+++ B++	A+++ B+	A+++ B++	+	+++	A✓	X	X	X
Łożyska kulkowe samonastawne		+	+ ↔	--	++	--	↔	↔	X	X	+++	++	A, B + C ++	+	++	✓	X	X	✓
Łożyska kulkowe skośnie, jednorzędowe		+1)	++ ←	--	--	--	X	X	✓	X	++	++	+++	++	++	✓	X	X	X
dopasowane jednorzędowe		A, B ++ C ++1)	A, B ++ ↔ C ++ ←	A ++, B + C --	A, C -- B -	--	A, B ↔ C ←	A, B □ C X	X	X	++	++	+++	++	++	X	X	X	X
dwurzędowe		++	++ ↔	++	--	--	↔	□	X	X	++	++	++	++	++	A✓	B✓	X	X
jednorzędowe dwukierunkowe		+1)	++ ↔	--	--	--	↔1)	--	--	--	+	+++	++	++	++	X	✓	X	X
Łożyska kulkowe wahliwe		+	-	--	+++	+2)	↔	□	X	✓	+++	++	++	+	+++	✓	X	✓	✓
Łożyska walcowe, z koszykiem		++	--	--	-	--	X	■	X	X	++	+++	+++	++	+++	X	✓	X	X
z pełną liczbą elementów tocznych, jednorzędowe		++	A, B ← C, D ↔	--	-	--	A, B ← C, D ↔	A, B ■ C, D X	X	A✓ B, C, D X	+++3)	+++	++	++	+++	X	✓	X	X
z pełną liczbą elementów tocznych, dwurzędowe		+++	+ ←	--	-	--	←	A, B ←	X	✓	-	+	+	+++	-	X	A X B ✓	X	X
Łożyska igielkowe, z pierścieniami stalowymi		++	--	--	A, B - C ++	--	X	■ ↔	X	X	++	++	+	++	+	A✓	✓	X	X
złożenia igielkowe / łożyska cienkościennie		++	A, B - C -	--	-	--	A, B X C ←	A, B ■ C ←	X	X	++	++	+	++	+	B, C ✓	✓	X	X
łożyska zespolone		++	A-, B + C ++	--	--	--	←	X	✓	X	+	+	++	+	X	✓	✓	X	X
Łożyska stożkowe, jednorzędowe		+++1)	++ ←	--	-	--	←	X	✓	X	+	++	+++	++	+	X	✓	X	X
dopasowane jednorzędowe		A, B +++ C +++1)	A, B ++ ↔ C ++ ←	A +, B ++ C --	A - B, C --	--	A, B ↔ C ←	A, B □ C X	A, B X C ✓	X	+	+	++	+++	+	X	✓	X	X
dwurzędowe		+++	++ ↔	A + B ++	A -, B --	--	↔	□	X	X	+	+	++	+++	+	✓	✓	B ✓	X
Łożyska barykowe		+++	+ ↔	--	+++	+2)	↔	□	X	✓	+	++	+++	++	+	✓	X	✓	✓
Łożyska toroidane CARB, z koszykiem		+++	--	-	++	-	X	■	X	X	+	++	+++	++	+	X	X	✓	✓
z pełną liczbą elementów tocznych		+++	--	-	++	-	X	■	X	X	-	+	+++	++	-	✓	X	✓	✓
Łożyska kulkowe wzdłużne		--	A + ← B + ↔	--	--	--	A + ← B + ↔	X	X	X	+	-	++	+	+	X	✓	X	X
z kulistym pierścieniem zewnętrznym		--	A + ← B + ↔	--	++	--	A + ← B + ↔	X	X	X	+	-	+	+	+	X	✓	X	X
Łożyska walcowe wzdłużne		--	++ ←	--	--	--	←	X	X	X	-	-	+	+++	+	X	✓	X	X
Łożyska igielkowe wzdłużne		--	++ ←	--	--	--	←	X	X	X	-	-	+	+++	+	X	✓	X	X
Łożyska barykowe wzdłużne		+1)	+++ ←	--	+++	+2)	←	X	✓	X	-	+	+	+++	+	X	✓	X	X

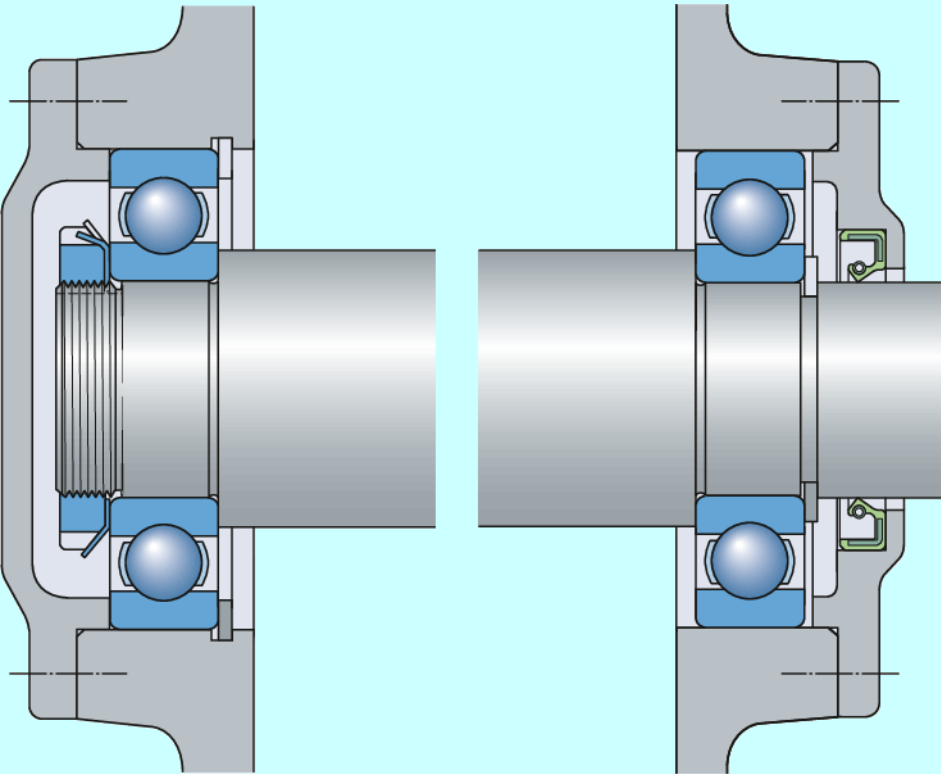
1) Pod warunkiem spełnienia wymogu dotyczącego stosunku F_p/F_r

2) Zredukowany kąt niewspółosiowości – skontaktuj się z SKF

3) Zależnie od koszyka oraz poziomu obciążenia osiowego

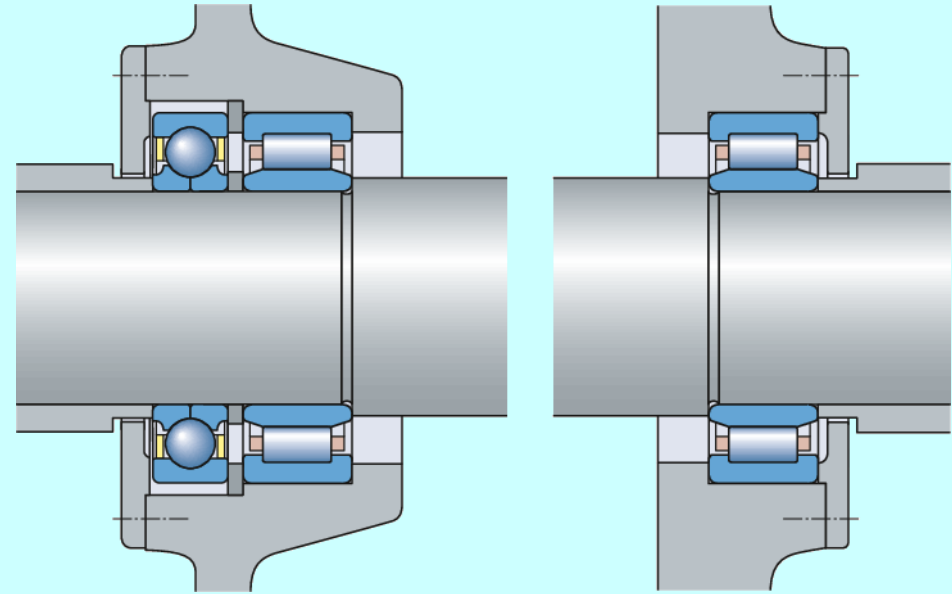
Symbole	Nośność			Niewspółosiowość		Łożyskowanie				
	obciążenie promieniowe	obciążenie osiowe	obciążenie momentem	statyczna (spoczynkowa)	dynamiczna (kilka dziesiętych części stopnia)	ustalające	swobodne	nastawne	plywające	
+++ doskonała przydatność	↔ w obu kierunkach									
++ dobra przydatność	← w jednym kierunku									
+ dostateczna przydatność	□ łożisko swobodne - przesuw osiowy w miejscu osadzenia									
- mała przydatność	■ łożisko swobodne - przesuw osiowy wewnątrz łożyska									
-- brak przydatności	✓ tak									
	✗ nie									
Rodzaj łożyska										
Łożyska kulkowe zwykłe		+	+ ↔	A-, B+	-	--	↔	□	✗	✓
Łożyska kulkowe samonastawne		+	+ ↔	--	++	--	↔	↔	✗	✗
Łożyska kulkowe skośne, jednorzędowe		+1)	++ ←	--	-	--	✗	✗	✓	✗
dopasowane jednorzędowe		A, B ++ C +++1)	A, B ++ ↔ C ++ ←	A ++, B + C --	A, C -- B -	--	A, B ↔ C ←	A, B □ C ✗	✗	✗
dwurzędowe		++	++ ↔	++	--	--	↔	□	✗	✗
jednorzędowe dwukierunkowe		+1)	++ ↔	--	--	--	↔1)	--	--	--
Łożyska kulkowe wahlliwe		+	-	--	+++	+2)	↔	□	✗	✓
Łożyska walcowe, z koszykiem		++	--	--	-	--	✗	■	✗	✗
z pełną liczbą elementów tocznych, jednorzędowe		++	A, B ← C, D ↔	--	-	--	A, B ← C, D ↔	A, B ■ ← C, D ✗	✗	A ✓ B, C, D ✗
z pełną liczbą elementów tocznych, dwurzędowe		+++	+ ←	--	-	--	←	A, B ←	✗	✓
Łożyska igielkowe, z pierścieniami stalowymi		++	A-, B+ C ↔	--	-	--	B ← C, D ↔	A ■ ↔ B ■ ←	✗	✗
złożenia igielkowe / łożyska cienkościenne		++	A, B -- C -	--	-	--	A, B ✗ C ←	A, B ■ C ■ ←	✗	✗
łożyska zespolone		++	A-, B+ C ++	--	--	--	←	✗	✓	✗
Łożyska stożkowe, jednorzędowe		+++1)	++ ←	--	-	--	←	✗	✓	✗
dopasowane jednorzędowe		A, B +++ C +++1)	A, B ++ ↔ C ++ ←	A+, B ++ C --	A - B, C --	--	A, B ↔ C ←	A, B □ C ✗	A, B ✗ C ✓	✗
dwurzędowe		+++	++ ↔	A+ B ++	A-, B --	--	↔	□	✗	✗
Łożyska baryłkowe		+++	+ ↔	--	+++	+2)	↔	□	✗	✓

Łożyskowanie ustalające



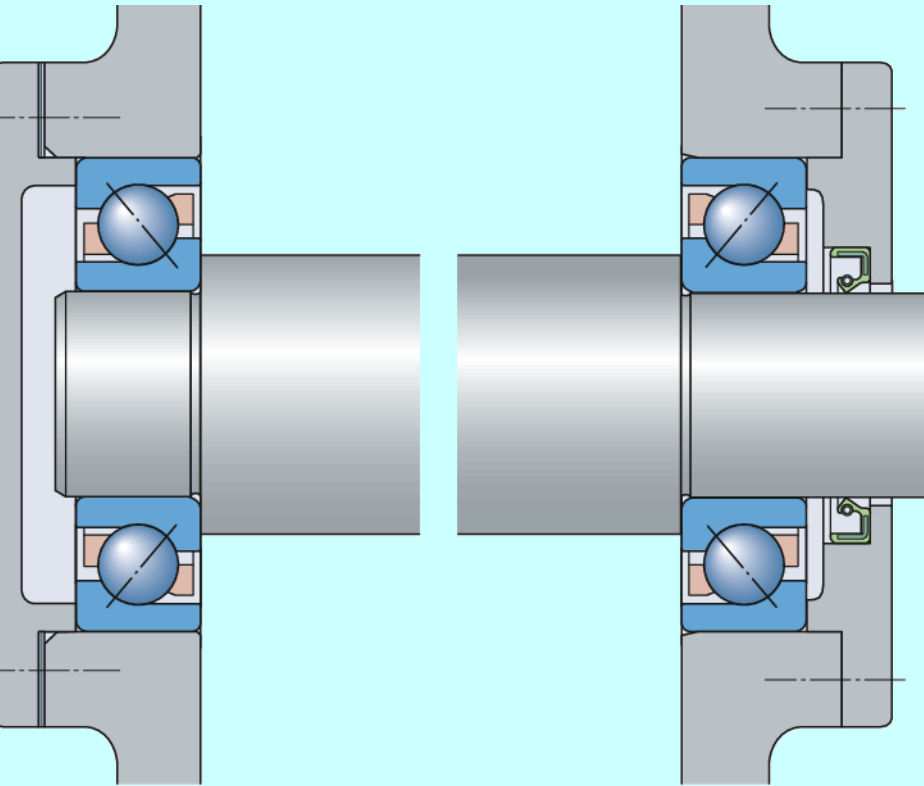
Swobodne w miejscu osadzenia
(względem wałka)

Łożyskowanie swobodne



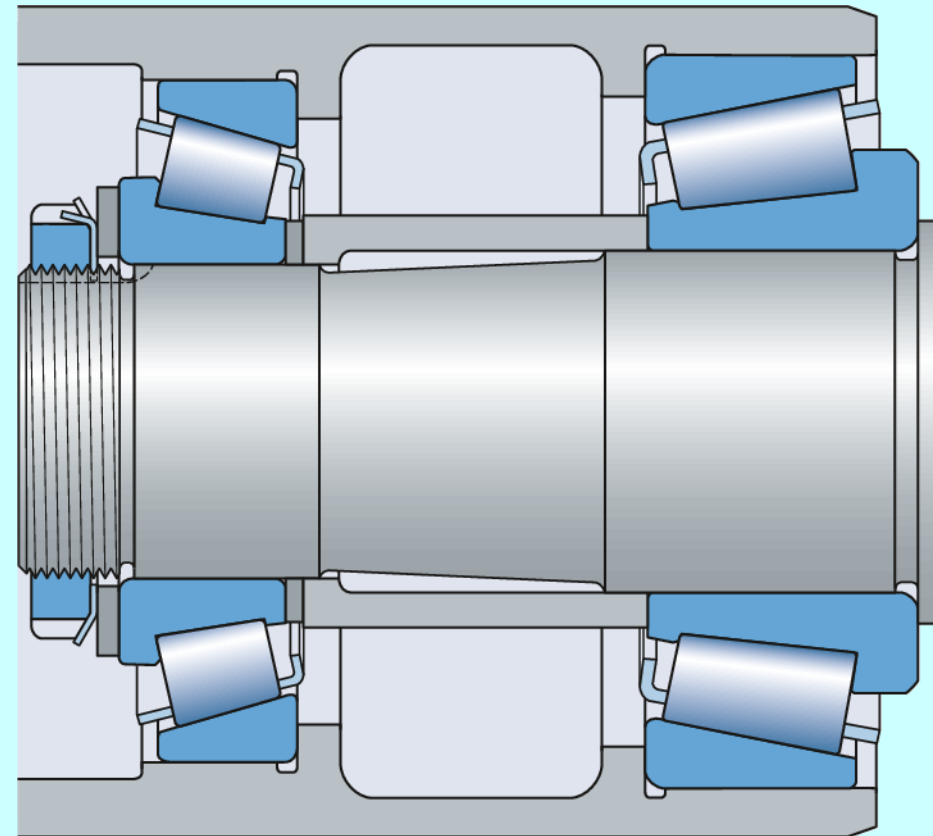
Swobodne wewnątrz łożyska
(wzajemne pierścieni)

Łożyskowanie nastawne



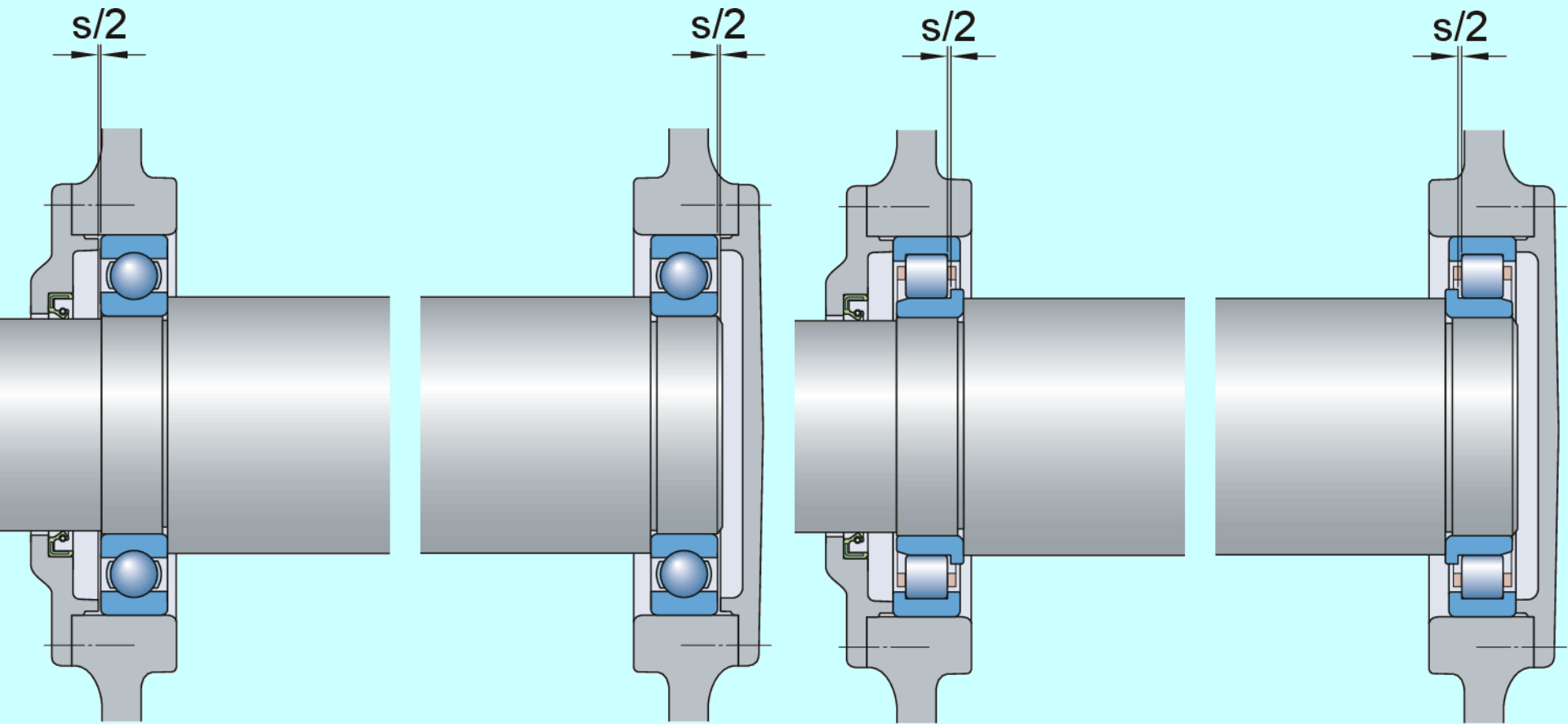
w układzie X

Łożyskowanie swobodne



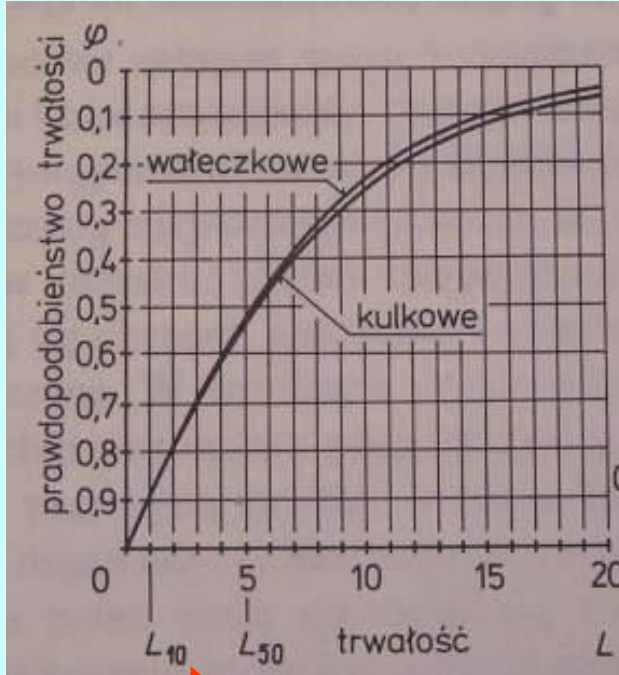
w układzie O

Łożyskowanie pływające



Symbole	+++ doskonała przydatność ++ dobra przydatność + dostateczna przydatność - mała przydatność -- brak przydatności ↔ w obu kierunkach ← w jednym kierunku □ łożisko swobodne - przesuw osiowy w miejscu osadzenia ■ łożisko swobodne - przesuw osiowy wewnątrz łożyska ✓ tak ✗ nie	Odpowiednie do					Cechy konstrukcyjne			
		duża trwałość smaru	wysoka prędkość	małe bicie	wysoka sztywność	niskie tarcie	uszczelnienie zintegrowane	niezależny montaż pierścieni	otwór stożkowy	dostępność standardowych opraw i akcesoriów
Rodzaj łożyska										
łożyska kulkowe zwykłe		A+++ B++	A+++ B+	A+++ B++	+	+++	A✓	✗	✗	✗
łożyska kulkowe samonastawne		+++	++	A, B+ C++	+	++	✓	✗	✗	✓
łożyska kulkowe skośne, jednorzędowe		++	++	+++	++	++	✓	✗	✗	✗
dopasowane jednorzędowe		++	++	+++	++	++	✗	✗	✗	✗
dwurzędowe		++	++	++	++	++	A✓	B✓	✗	✗
jednorzędowe dwukierunkowe		+	+++	++	++	++	✗	✓	✗	✗
łożyska kulkowe wahliwe		+++	++	++	+	+++	✓	✗	✓	✓
łożyska walcowe, z koszykiem		++	+++	+++	++	+++	✗	✓	✗	✗
		++3)	+++	++	++	+++	✗	✓	✗	✗
z pełną liczbą elementów tocznych, jednorzędowe		-	+	+	+++	-	✗	A✗ B✓	✗	✗
z pełną liczbą elementów tocznych, dwurzędowe		-	+	+	+++	-	D✓	✗	✗	✗
łożyska igielkowe, z pierścieniami stalowymi		++	++	+	++	+	A✓	✓	✗	✗
złożenia igielkowe / łożyska cienkościenne		++	++	+	++	+	B, C✓	✓	✗	✗
łożyska zespolone		+	+	+	++	+	✗	✓	✗	✗
łożyska stożkowe, jednorzędowe		+	++	+++	++	+	✗	✓	✗	✗
dopasowane jednorzędowe		+	+	++	+++	+	✗	✓	✗	✗
dwurzędowe		+	+	++	+++	+	✓	✓	B✓	✗
łożyska baryłkowe		+	++	+++	++	+	✓	✗	✓	✓

Łożyska toczne - trwałość



O trwałości prawidłowo zabudowanego, smarowanego i uszczelnionego węzła łożyskowego decydują procesy zmęczeniowe – dobór wymiaru łożyska oparty jest na kryterium zmęczenia. Proces uszkodzania jest losowy i obliczona trwałość ma charakter „statystyczny”

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

gdzie : L- trwałość [mln obrotów],

C - nośność ruchowa [kN],

P- obciążenie zastępcze [kN],

p - wykładnik potęgowy
dla łożysk kulkowych

wynoszący:
p = 3,

dla łożysk walczkowych

3.333 .

...ale....

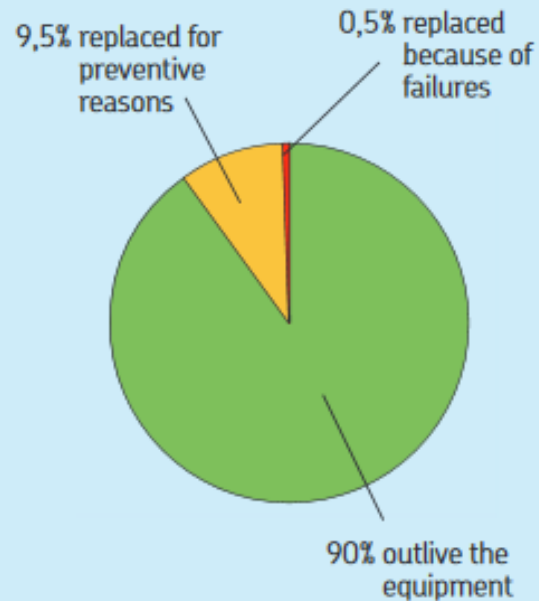
Every year an estimated 10 billion bearings are manufactured around the world. Only a small fraction of all bearings in use actually fail (→ **diagram 1**). Most of them (some 90%) outlive the equipment in which they are installed. A number of bearings (9,5%) are replaced prior to failure for security (preventive) reasons. Approximately 0,5% of bearings are replaced because they are damaged or fail. This means that some 50 000 000 bearings are replaced every year due to damage and failure.

There are several reasons why bearings can be damaged or fail. Generally speaking,:

- 1/3 fail due to fatigue
- 1/3 fail due to lubrication problems (wrong lubricant, wrong quantity, wrong lubrication interval)
- 1/6 fail due to contamination (ineffective seals)
- 1/6 fail for other reasons (improper handling and mounting, heavier or different loading than anticipated, wrong or inadequate fits)

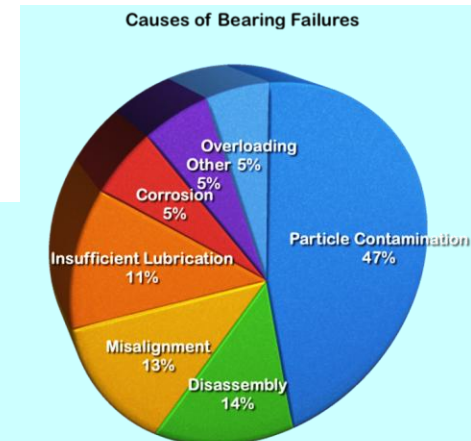
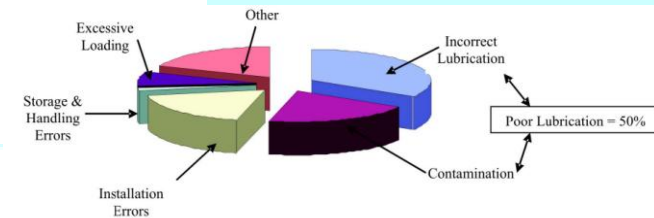
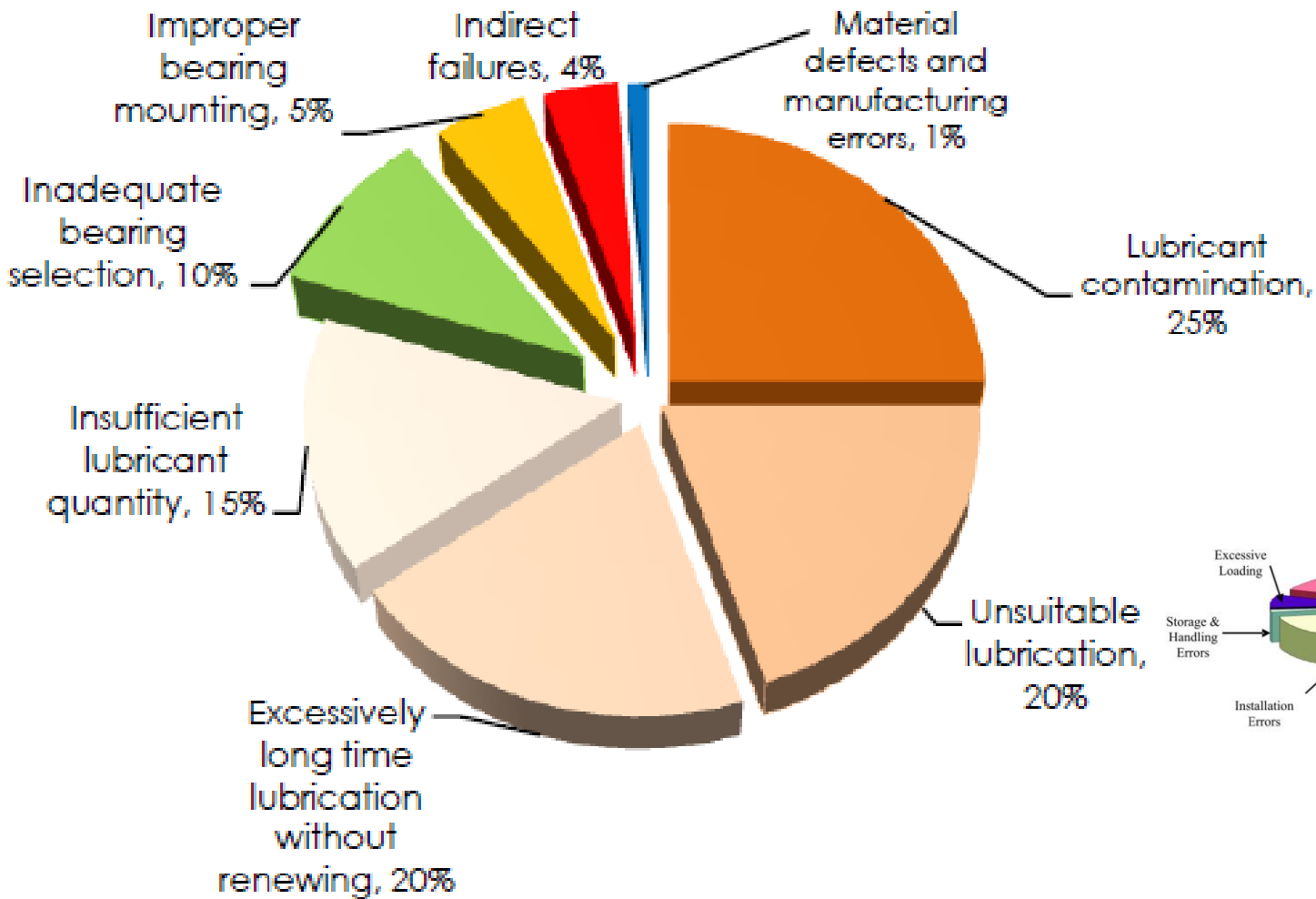
Diagram 1

Bearing life and failure



For example, take an application with ineffective seals. When contaminants in the form of particles get into the bearing through the seals, they can be over-rolled by the rolling elements. The over-rolling

Przyczyny uszkodzeń c.d.



2. Radu, Ciprian. *The Most Common Causes of Bearing Failure and the Importance of Bearing Lubrication; Technical Review*. s.l. : RKB Bearing Industries, 2010.

Łożyska toczne - dobór

Krok 2: dobór wymiaru łożyska c. d.

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

Wymagana inna niezawodność

Niezawodność [%]	90	95	96	97	98	99
a_1	1	0,62	0,52	0,44	0,33	0,21

Inne materiały (a_2)

Warunki smarowania (a_3)

Czasem producenci mają własne współczynniki np. a_{SKF} zamiast a_2 i a_3

Wpływ temperatury

$C_e = C$ do 120°C

$$C_e = f_t \cdot C$$

Temperatura łożyska [°C]	150	200	250	300
Współczynnik f_t	0,90	0,9	0,75	0,6

Wpływ obciążeń dynamicznych - f_w

$$P_e = f_w \cdot P$$

Warunki pracy	Typowe zastosowania	f_w
Spokojna praca wolna od wstrząsów i wibracji	Silniki elektryczne, obrabiarki, klimatyzatory	1 do 1.2
Normalne warunki pracy	Dmuchawy powietrzne, kompresory, dźwigi, żurawie, maszyny do produkcji papieru	1.2 do 1.5
Praca w obecności wstrząsów i wibracji	Narzędzia konstrukcyjne, miażdżarki, przesiewacze wibracyjne, młynki obrotowe	1.5 do 3

Łożyska toczne - dobór

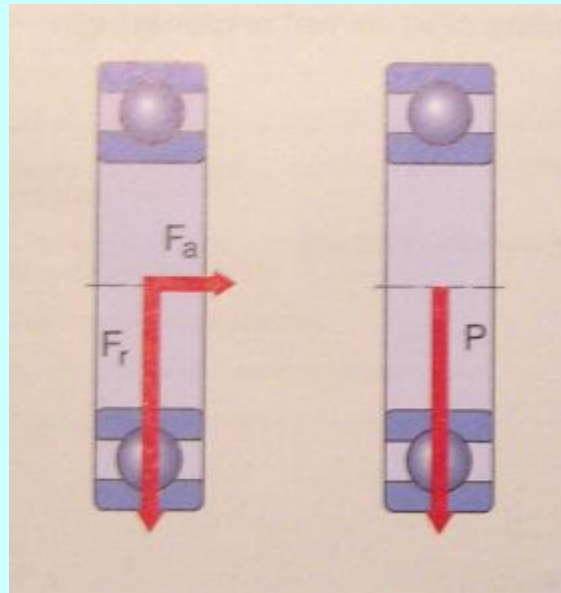
Krok 2: dobór wymiaru łożyska c. d.

Wyznaczanie obciążenia zastępczego:

Reakcje: R_x , R_y , R_z

Siła promieniowa F_r

Siła osiowa F_a



Obciążenie zastępcze - $P = XF_r + YF_a$

Rodzaj łożyska	$\frac{F_a}{C_o}$	Łożyska jednorzędowe			
		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
Łożyska kulkowe zwykłe*)	0,014				2,30
	0,028				1,99
	0,056				1,71
	0,084	1	0	0,56	1,55
	0,11				1,45
	0,17				1,31
	0,28				1,15
	0,42				1,04
	0,56				1,00

Prędkości graniczne

Prędkości graniczne podane są dla każdego łożyska w katalogu
Dla smarowania smarem plastycznym i olejem (wyższe)

Możliwe sposoby podwyższania prędkości:

- Olej zamiast smaru plastycznego
- Mgła olejowa zamiast zanurzenia
- Wyższe dokładności wykonania łożysk P0 (normalna) dalej P6, P5, P4
- Łożyska z powiększonymi luzami C3, C4, C5
- Łożyska o lepszej konstrukcji koszyków

Łożyska toczne – dobór nośność statyczna

Dla łożysk o małych prędkościach obrotowych $n < 10$ obr/min

$$s_0 = C_0 / P_0$$

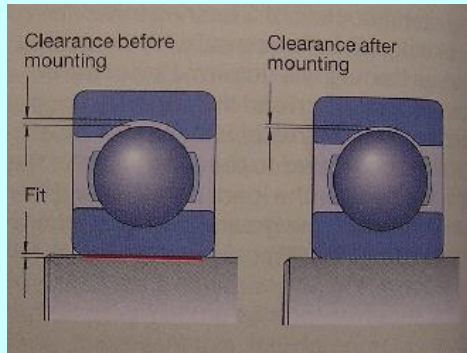
Type of operation	Rotating bearing					
	Requirements regarding quiet running unimportant		normal		high	
	Ball bearings	Roller bearings	Ball bearings	Roller bearings	Ball bearings	Roller bearings
Smooth, vibration-free	0,5	1	1	1,5	2	3
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5
Pronounced shock loads ¹⁾	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4

Obciążenie zastępcze - $P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$ (ale nie mniej niż F_r)

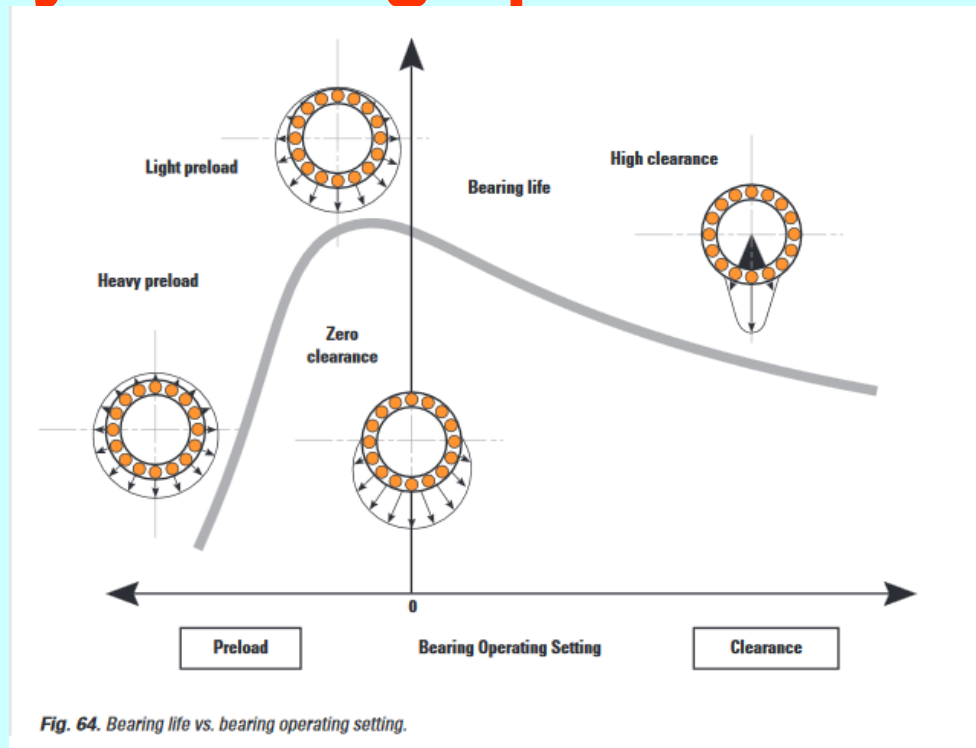
Dla przykładu dla łożysk kulkowych zwykłych $X_0 = 0.6$ a $Y_0 = 0.5$

Inne - patrz katalogi

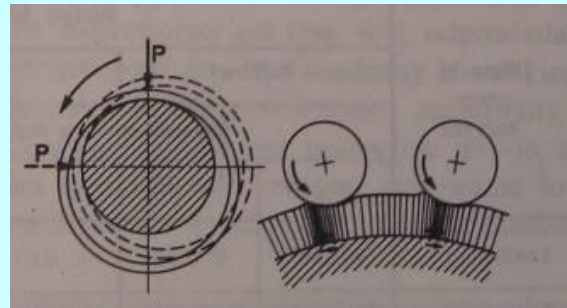
Zabudowa łożysk – waga pasowań



Odpowiedni luz roboczy w łożysku zapewnia: właściwy rozdział obciążenia na wiele elementów tocznych



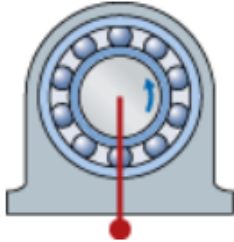
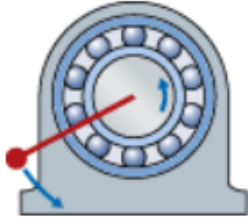
Oraz brak pełzania pierścieni pod wpływem ruchomego obciążenia



1. Dopiero właściwe pasowanie łożyska na wale i w oprawie zapewnia odpowiednie luzy robocze!!!!
2. Pierścienie łożyskowe są podatne i dostosowują się do kształtu wału i otworu w obudowie np. odwzorowują błędy kształtu!!!!

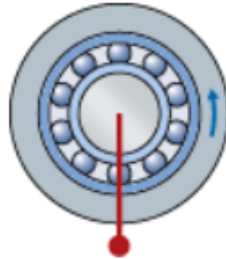
Zabudowa łożysk – waga pasowań

tabela 1 - Przypadki obrotu i obciążenia

Warunki pracy	Schematyczna ilustracja	Warunki obciążenia	Zalecane pasowania
Wirujący pierścień wewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pierścienia wewnętrznego	Pierścień wewnętrzny pasowany ciasno
Nieruchomy pierścień zewnętrzny		Obciążenie nieruchome względem pierścienia zewnętrznego	Dopuszczalne pasowanie luźne pierścienia zewnętrznego
Stały kierunek obciążenia			
Wirujący pierścień wewnętrzny		Obciążenie nieruchome względem pierścienia wewnętrznego	Dopuszczalne pasowanie luźne pierścienia wewnętrznego
Nieruchomy pierścień zewnętrzny		Obciążenie wirujące względem pierścienia zewnętrznego	Pierścień zewnętrzny pasowany ciasno
Obciążenie wirujące razem z pierścieniem wewnętrznym			

Zabudowa łożysk – waga pasowań

Nieruchomy pierścień wewnętrzny



Obciążenie nieruchome względem pierścienia wewnętrznego

Dopuszczalne pasowanie luźne pierścienia wewnętrznego

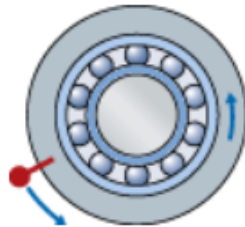
Wirujący pierścień zewnętrzny

Obciążenie wirujące względem pierścienia zewnętrznego

Pierścień zewnętrzny pasowany ciasno

Stały kierunek obciążenia

Nieruchomy pierścień wewnętrzny



Obciążenie wirujące względem pierścienia wewnętrznego

Pierścień wewnętrzny pasowany ciasno

Wirujący pierścień zewnętrzny

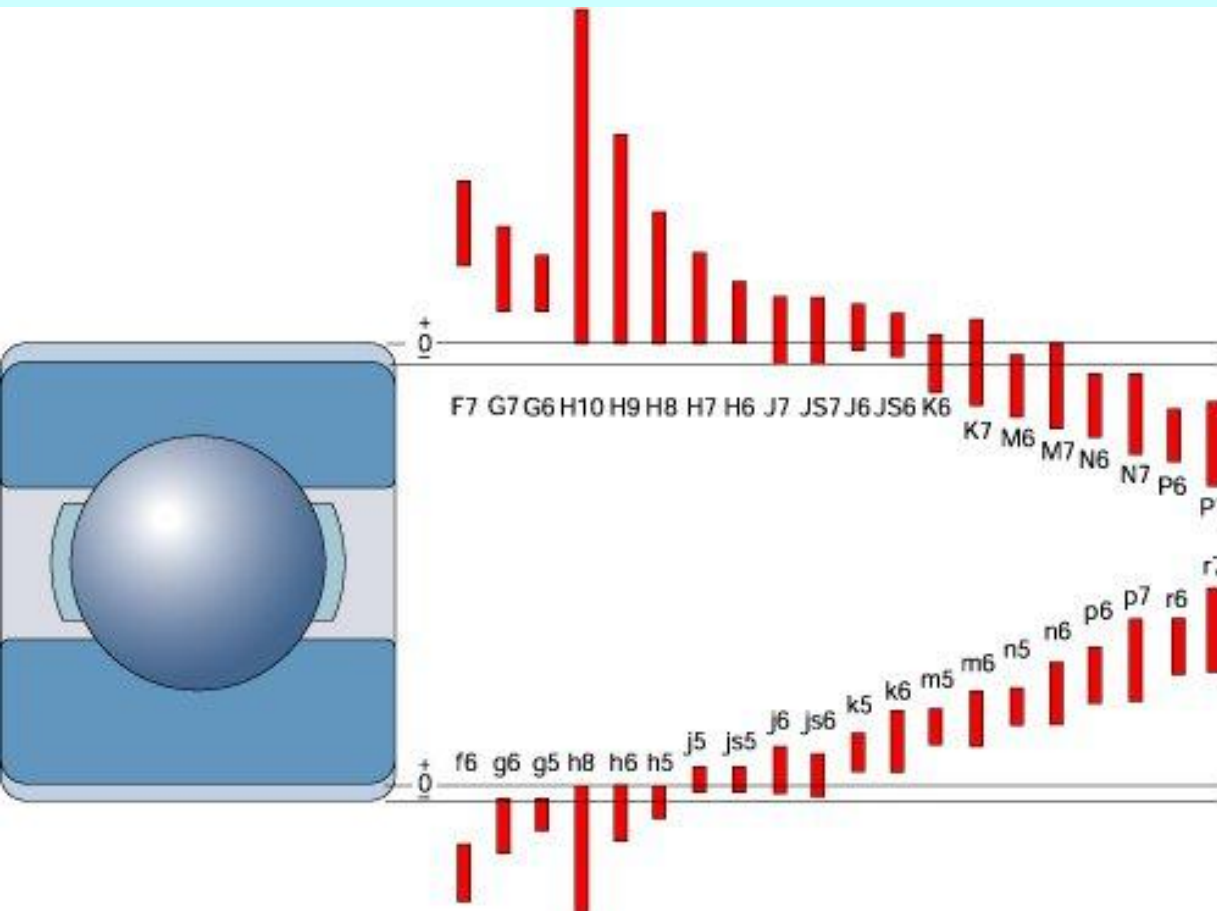
Obciążenie nieruchome względem pierścienia zewnętrznego

Dopuszczalne pasowanie luźne pierścienia zewnętrznego

Obciążenie wirujące razem z pierścieniem zewnętrznym

Zabudowa łożysk – waga pasowań

Stosowane pasowania



Zasada pasowania:
Wyższe obciążenie –
większy wcisk

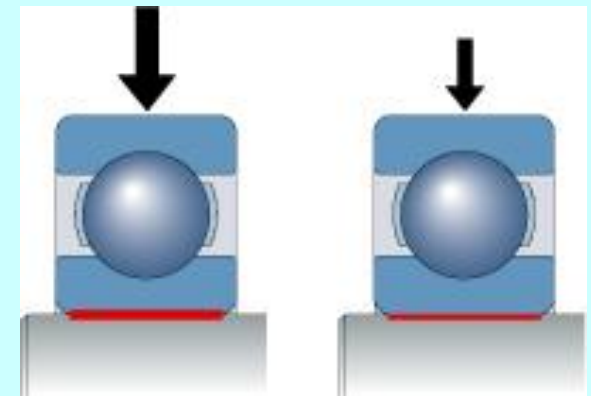


Tabela 9.2 Pasowania łożysk poprzecznych z wałkami

Warunki obciążenia	Przykłady	Średnica wałka (mm)			Tolerancja wałka	Uwagi	
		Łożyska kulkowe	Łożyska walcowe, łożyska stożkowe	Łożyska barytkowe			
Łożyska poprzeczne z otworami walcowymi							
Obciążenie wirujące pierścienia zewnętrznego	Pożądane łatwe osiowe przesunięcia pierścienia wewnętrznego na wale	Koła na stacjonarnych osiach	Wszystkie średnice wałków			g6	Gdzie wymagana jest dokładność należy zastosować g5 i h5. W przypadku dużych łożysk można stosować f6 dla uzyskania łatwego przesunięcia osiowego
	Nie wymagane łatwe osiowe przesunięcia pierścienia wewnętrznego na wale	Koła naprężające krążków linowych				h6	
Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego lub nieokreślony kierunek obciążenia	Lekkie lub zmienne obciążenia (<0.06C _r ⁽¹⁾)	Domowe urządzenia elektryczne, pompy, dmuchawy, urządzenia transportowe, maszyny precyzyjne, narzędzia elektryczne	<18	—	—	js5	Dla jednorzędowych łożysk stożkowych oraz jednorzędowych łożysk skośnych w miejsce k5 i m5 można stosować k6 i m6
			18 do 100	<40	—	js6(j6)	
			100 do 200	40 do 140	—	k6	
			—	140 do 200	—	m6	
	Obciążenia normalne (0.06 do 0.13C _r ⁽¹⁾)	Ogólne zastosowania łożysk, średnie i duże silniki elektryczne, turbiny, pompy, główne łożyska silników spalinowych, przekładnie, maszyny do obróbki drewna	<18	—	—	js5 lub js6 (j5 lub j6)	
			18 do 100	<40	<40	k5 lub k6	
			100 do 140	40 do 100	40 do 65	m5 lub m6	
			140 do 200	100 do 140	65 do 100	m6	
			200 do 280	140 do 200	100 do 140	n6	
			—	200 do 400	140 do 280	p6	
	Obciążenia ciężkie lub udarowe (>0.13C _r ⁽¹⁾)	Kolejowe maźnice, pojazdy przemysłowe, silniki trakcyjne, wyposażenie konstrukcyjne, kruszarki	—	50 do 140	50 do 100	n6	
			—	140 do 200	100 do 140	p6	
			—	ponad 200	140 do 200	r6	
—	—	200 do 500	r7				
Tylko obciążenia osiowe		Wszystkie średnice wałków			js6 (j6)	—	
Łożyska poprzeczne z otworem stożkowym i tulejami							
Wszystkie rodzaje obciążenia	Łożyska ogólnego stosowania, maźnice kolejowe	Wszystkie średnice wałków			h9/IT5	IT5 i IT7 oznacza, że odchylenia wałka od jego prawidłowej geometrii, to jest chropowatość i walcowość, powinny być odpowiednio do tolerancji IT5 i IT7.	
	Wałki transmisyjne, wrzeczona do obróbki drewna				h10/IT7		

Przypis: (1) C_r reprezentuje dynamiczną nośność bazową łożyska.

Uwaga: Tabela ta ma zastosowanie tylko do wałków stalowych pełnych.

Zabudowa łożysk – waga pasowań

Tabela 9.4 Pasowania łożysk poprzecznych z obudowami

Warunki obciążenia			Przykłady	Tolerancje otworu obudowy	Osiowe przemieszczenie pierścienia zewnętrznego	Uwagi
Obudowy pełne	Obciążenie wirujące pierścienia zewnętrznego	Ciężkie obciążenia łożysk w cienkościennych obudowach lub ciężkie obciążenie udarowe	Piasty kół samochodowych (łożyska wałeczkowe), wędrujące koła dźwigu	P7	Niemożliwe	—
		Obciążenia normalne lub ciężkie	Piasty kół samochodowych (łożyska kulkowe), ekrany wibracyjne	N7		
		Obciążenie lekkie lub zmienne	Przenośniki rolkowe, koła napędzające krążków linowych	M7		
Obudowy pełne lub dzielone	Nieokreślony kierunek obciążenia	Ciężkie obciążenia udarowe	Silniki trakcyjne	K7	Generalnie niemożliwe	Jeżeli przesunięcie pierścienia zewnętrznego nie jest wymagane
		Obciążenia normalne lub ciężkie	Pompy, łożyska główne wałków wykorbionych średnie i duże silniki			
		Obciążenia lekkie lub normalne		JS7 (J7)	Możliwe	Przesunięcie osiowe pierścienia zewnętrznego jest konieczne
Obudowa pełna	Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego	Obciążenia wszystkich rodzajów	Łożyska ogólnych zastosowań, maszyny kolejowe	H7	Łatwiejsze	—
		Obciążenia normalne lub lekkie	Łożyska dzielone	H8		
		Wysoki wzrost temperatury pierścienia wewnętrznego poprzez wał	Suszarnie papieru	G7		
Obudowa pełna	Nieokreślony kierunek obciążenia	Pożądanym dokładnym biegiem przy lekkich i normalnych obciążeniach	Tyłne łożyska kulkowe wrzeciona szlifierskiego, swobodne łożyska kompresora ośrodkowego o dużej prędkości obrotowej	JS6 (J6)	Możliwe	—
			Przednie łożyska kulkowe wrzeciona szlifierskiego, ustalające łożyska kompresora ośrodkowego o dużej prędkości obrotowej	K6	Generalnie niemożliwe	Dla ciężkich obciążeń jest stosowany wcisk większy niż K. Kiedy wymagana jest wysoka klasa dokładności, ściśle tolerancje powinny być stosowane dla pasowania
	Obciążenie wirujące pierścienia wewnętrznego	Pożądana wysoka sztywność i dokładny bieg przy zmiennych obciążeniach	Łożyska walcowe do wrzecion głównych maszyn narzędziowych	M6 lub N6	Niemożliwe	—
		Wymagany minimalny szum	Zastosowania w urządzeniach domowych	H6	Łatwiejsze	—

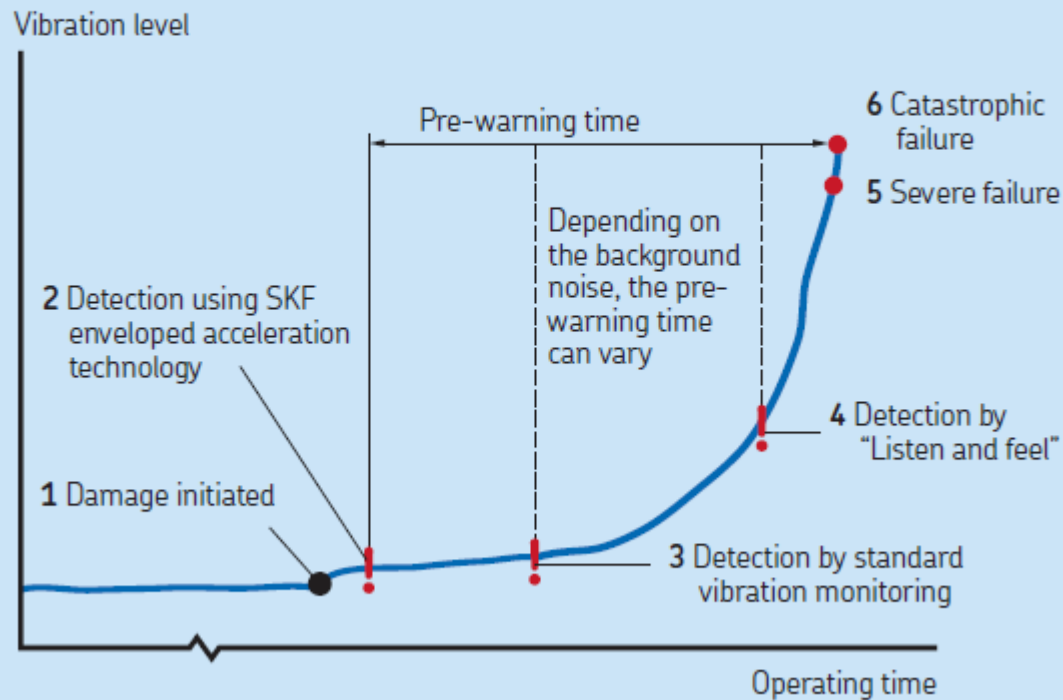
Uwaga: Tabela ta ma zastosowanie do obudów ze stali i żeliwa. Dla obudów wykonanych ze stopów lekkich wcisk powinien być większy niż podany w tabeli.

Łożyska toczne - diagnostyka

Przewidywanie awarii

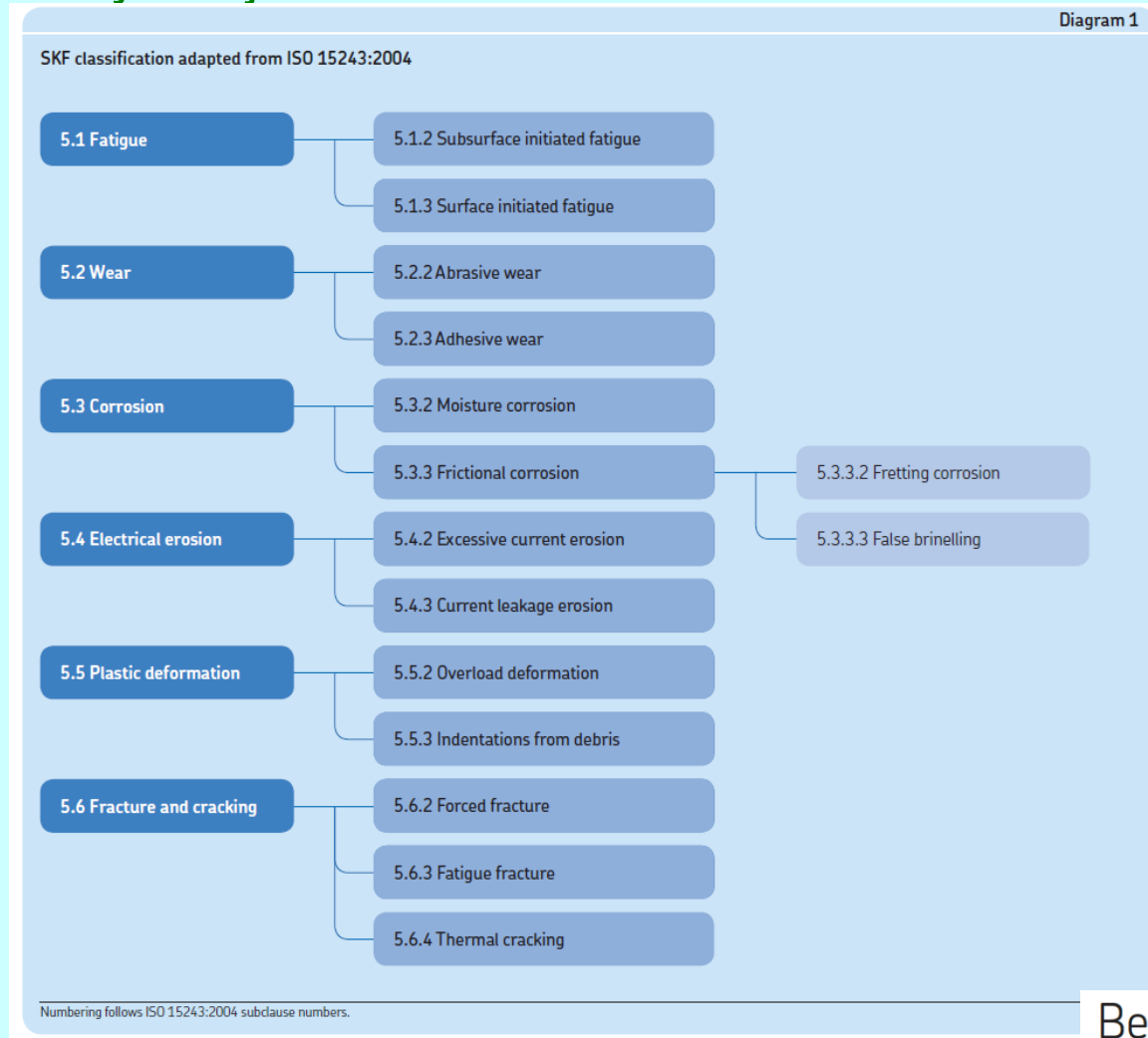
Diagram 1

The advantage of advanced condition monitoring



Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

Klasyfikacja uszkodzeń



Bearing damage and failure analysis

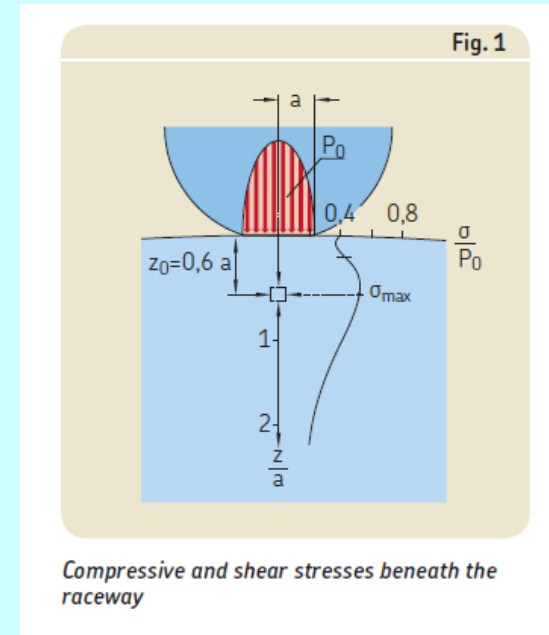
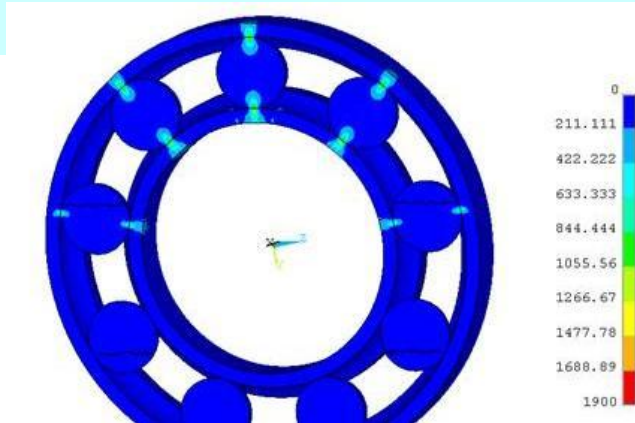


Materiały dotyczące uszkodzeń z:

<http://www.skf.com/binary/21-259464/14219-EN-Bearing-damage-and-failure-analysis.pdf>

Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

Klasyfikacja uszkodzeń



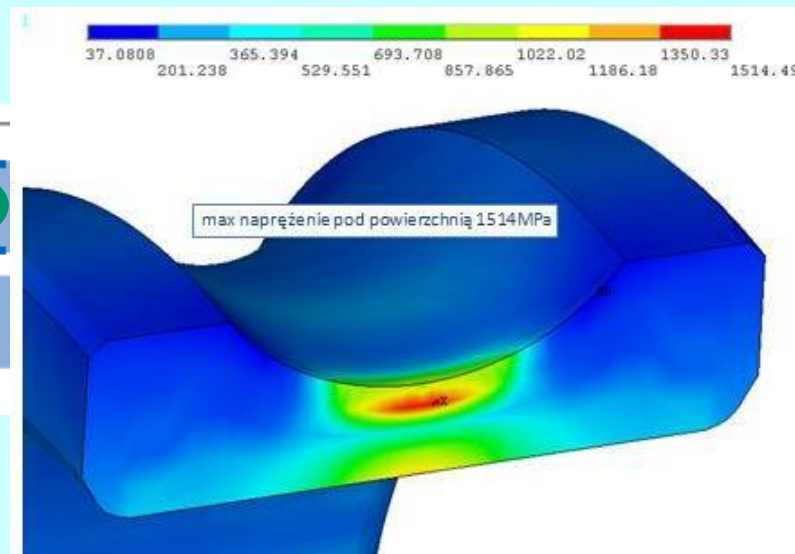
powtarzalne zmiany naprężeń ,
niejednorodność materiałowa,
mikropęknięcia podpowierzchniowe,
rozwój pęknięć z udziałem oleju (pitting),
odpryski



5.1 Fatigue

5.1.2 Subsurface initiated fatigue

5.1.3 Surface initiated fatigue



Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

Klasyfikacja uszkodzeń

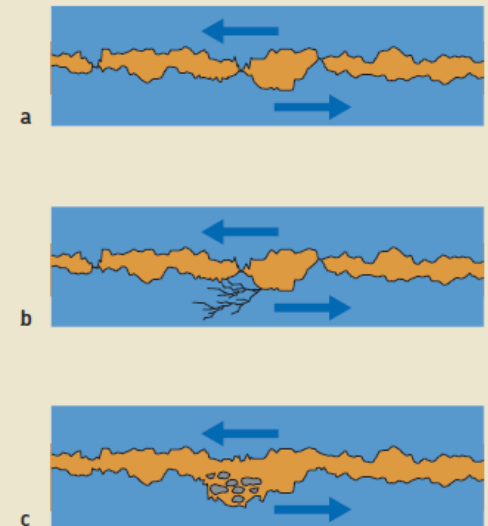
5.1 Fatigue

5.1.2 Subsurface initiated fatigue

5.1.3 Surface initiated fatigue

- surface distress
- reduced lubrication regime
- sliding motion
- burnishing, glazing
- asperity microcracks
- asperity microspalls

naprężenia styczne na powierzchniach,
słabe smarowanie,
powierzchnia wygląda jak po nagniataniu, jest wyślizgana,
ale są lokalne mikropęknięcia (odpryski) i drobne plamki
proszku z odprysków.



Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

Klasyfikacja uszkodzeń

w zasadzie dotyczy skojarzenia materiałów o różnej twardości
stopniowe usuwanie materiału,
niewłaściwe smarowanie,
wnikanie cząstek brudu (zanieczyszczenia),
matowe powierzchnie (głównie),
proces degeneracyjny (wzrost luzów powoduje dalszy wzrost luzów)

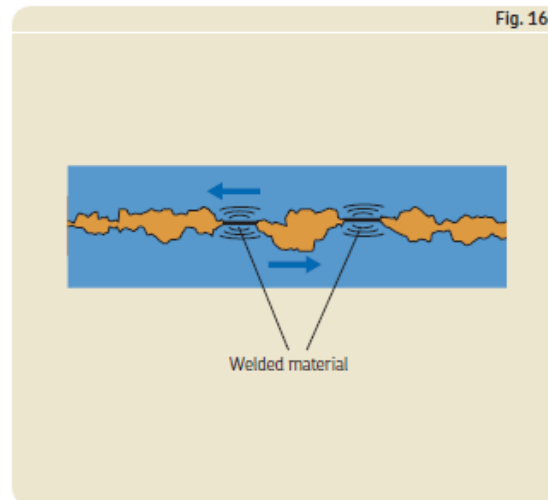
5.2 Wear

5.2.2 Abrasive wear

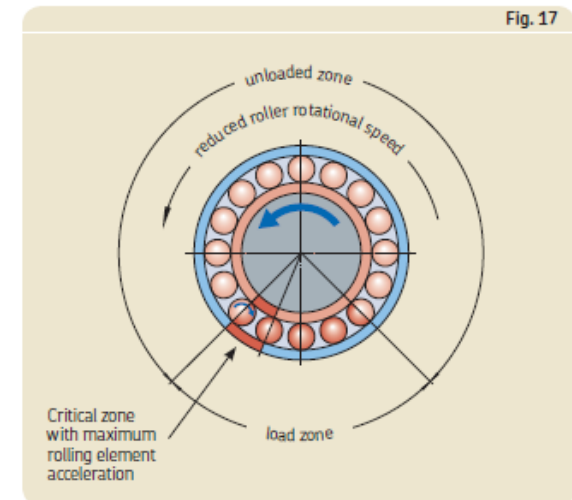
5.2.3 Adhesive wear

poślizg pomiędzy niesmarowanymi elementami przy małym obciążeniu, sczepianie i rozsmarowywanie (zacieranie), zdzieranie przenoszenie materiału (tlenków), ciepło tarcia lokalne odpuszczanie materiału, lokalne naprężenia termiczne (pękanie albo odpryski)

Principle of adhesive wear



Highest risk for adhesive wear when rolling elements accelerate as they enter the load zone

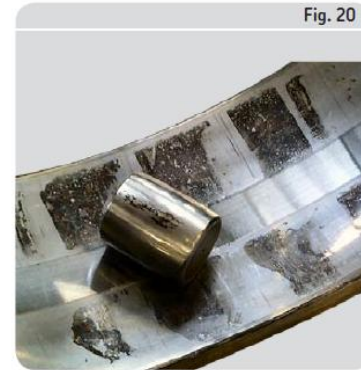


Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

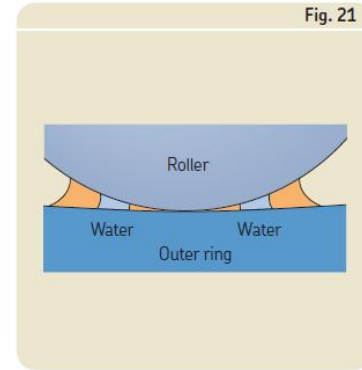
Klasyfikacja uszkodzeń

- oxidation/rust (corrosion)
- chemical reaction
- corrosion pits/flaking
- etching (water/oil mixture or chemicals)

Corrosion on the outer ring and roller of a spherical roller bearing



Free water in the lubricant accumulates at the bottom of the bearing



5.3 Corrosion

5.3.2 Moisture corrosion

5.3.3 Frictional corrosion

- micromovement between mating parts
- oxidation of asperities
- powdery rust / loss of material
- occurs at interfaces transmitting loads

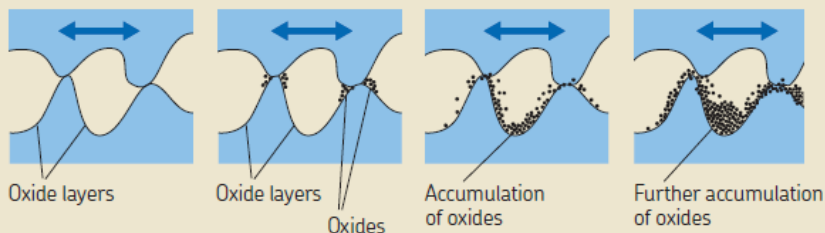
5.3.3.2 Fretting corrosion

5.3.3.3 False brinelling

Fig. 26



Fig. 23

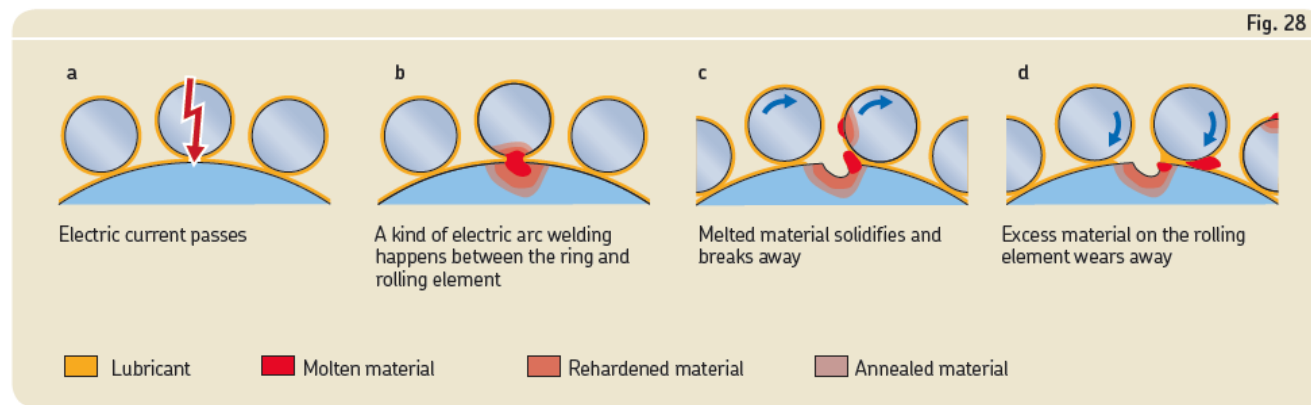


- rolling element / raceway contact areas
- micromovements / elastic deformation
- vibrations
- corrosion/wear → shiny or reddish depressions
- when stationary: at rolling element pitch
- when rotating: parallel "flutes"

Łożyska toczne – rodzaje uszkodzeń

Klasyfikacja uszkodzeń

- progressive removal of material
- high current: sparking
- localized heating at extremely short intervals: melting/welding
- craters up to 0,5 mm



5.4 Electrical erosion

5.4.2 Excessive current erosion

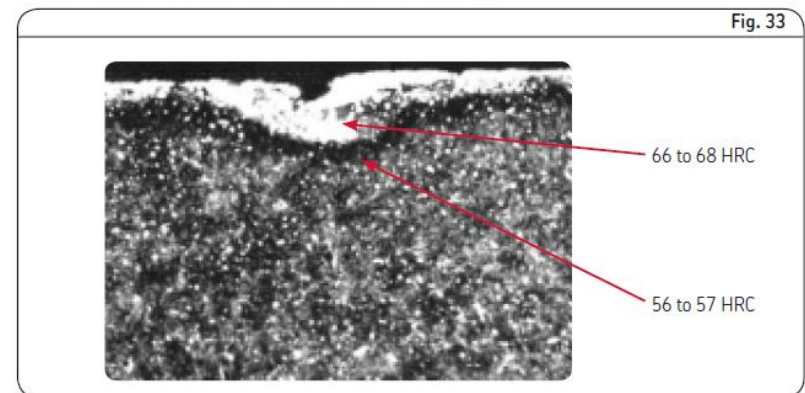
5.4.3 Current leakage erosion

- low current intensity
- shallow craters closely positioned
- development of flutes on raceways and rollers, parallel to rolling axis
- dull, light to dark grey discolouration

Washboarding caused by current leakage erosion



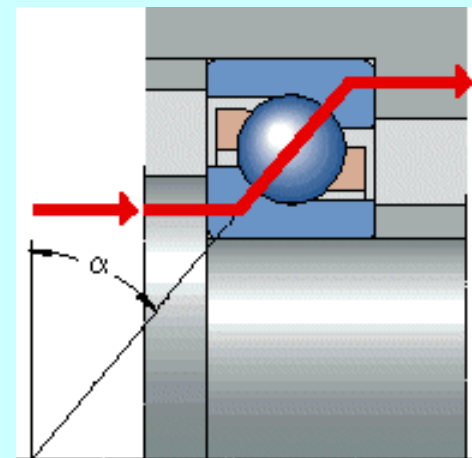
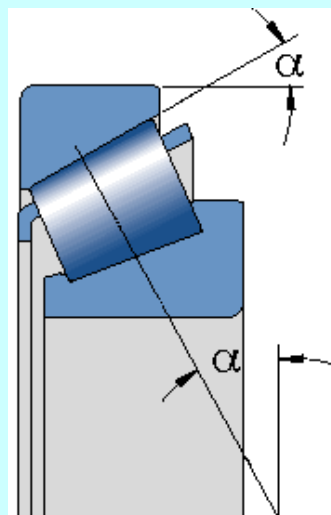
Changes in material hardness resulting from current leakage



Łożyska skośne

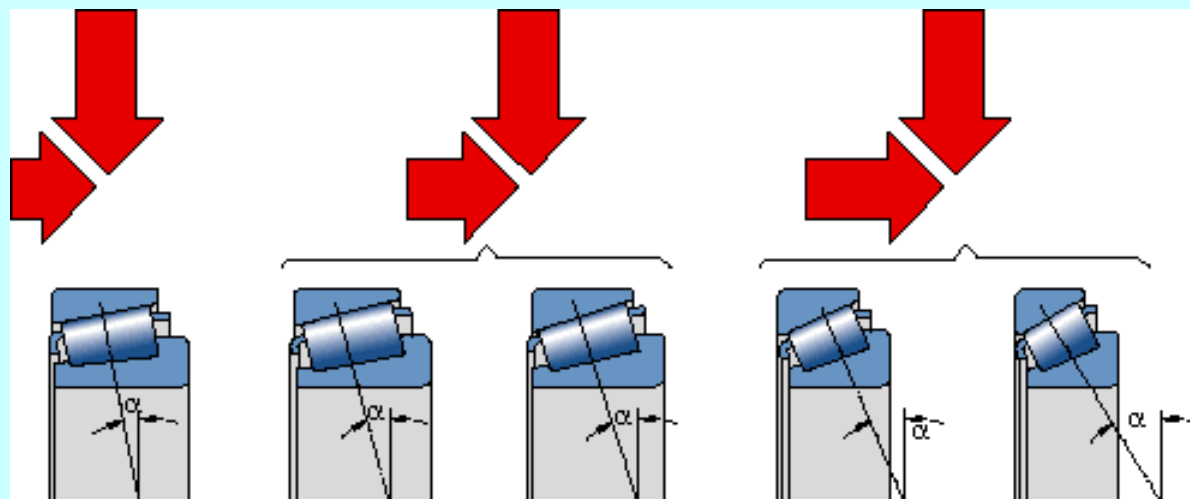


Stożkowe

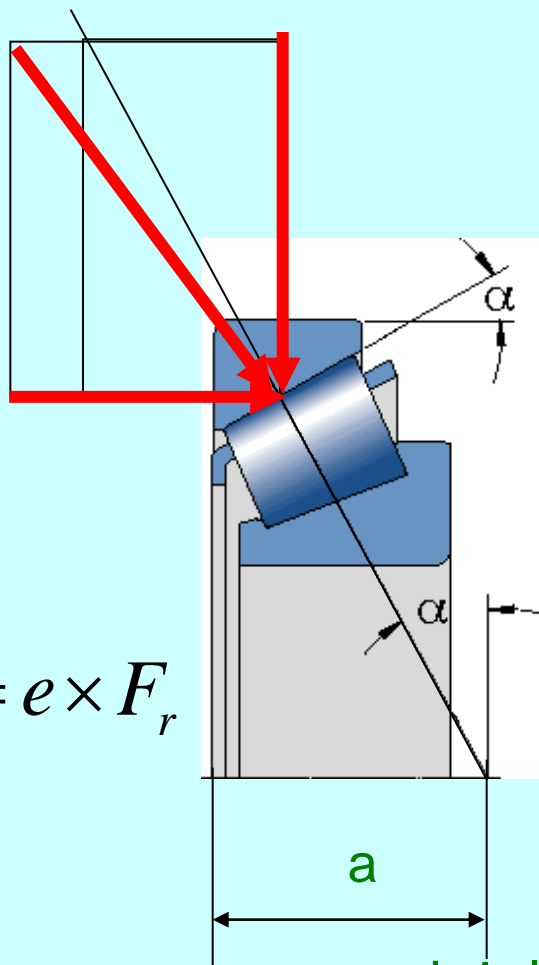


Kulkowe skośne

Zdolność przenoszenia siły wzdłużnej zależy od kąta działania łożyska



Łożyska skośne



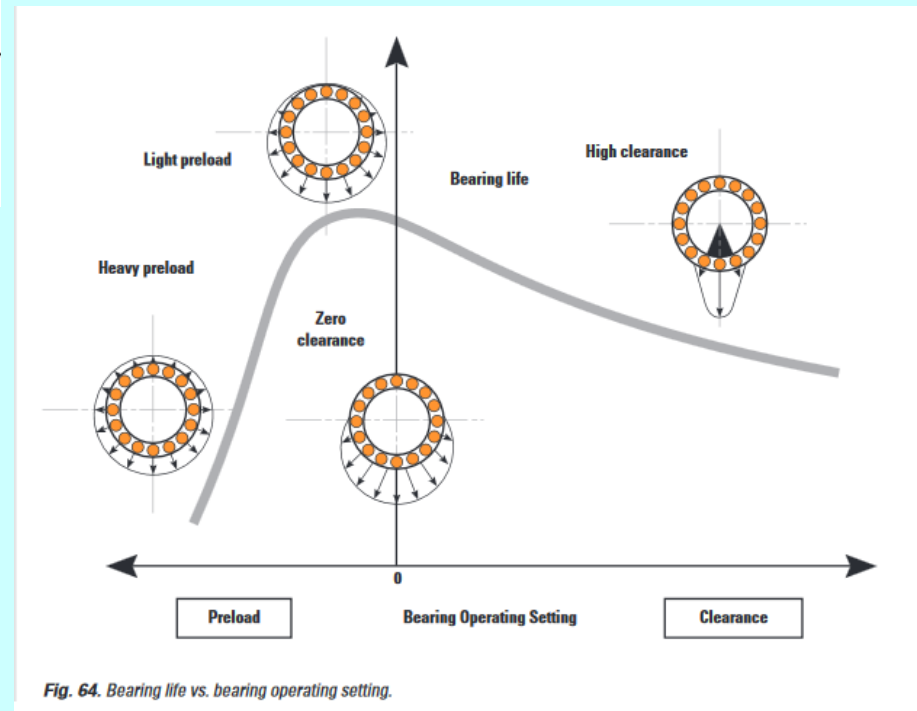
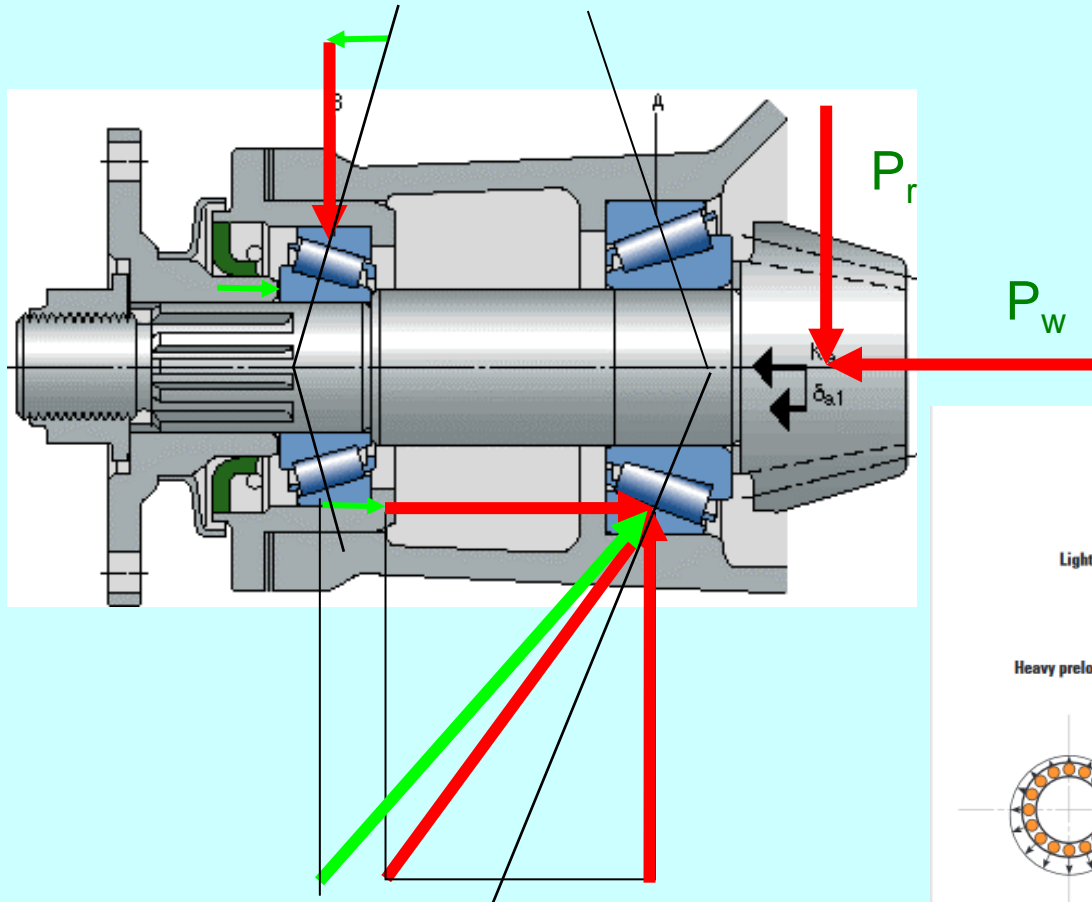
Wymagane obciążenie
pojedynczego łożyska

$$F_a = 1,25 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot F_r = e \times F_r$$

Jeżeli siła osiowa nie jest
wystarczająca należy zapewnić
napięcie wstępne o wymaganej
wartości

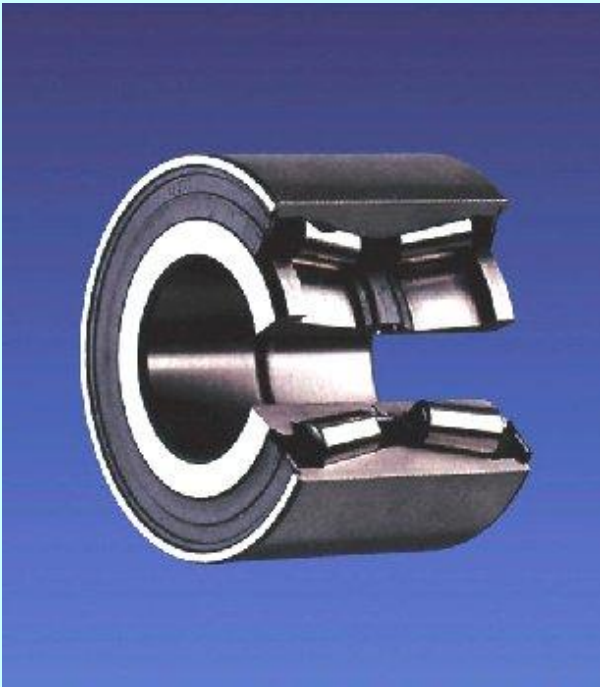
Układy łożysk skośnych- napięcie wstępne

Łożyska skośne stosujemy parami!!!!



Układy łożysk skośnych – uproszczone zapewnianie właściwych obciążeń

Łożyska podwójne o wewnętrznej konstrukcji zapewniającej właściwe napięcie wstępne lub luz



Łożyska kulkowe
skośne do zabudowy
parami
w trzech klasach
napięcia wstępnego

