



Łożyska do specjalnych zastosowań

Łożyska hybrydowe..... 895

Łożyska typu INSOCOAT®..... 911

Łożyska i zespoły łożyskowe
do wysokich temperatur 921

Łożyska typu NoWear® 943

Łożyska i zespoły łożyskowe
z wypełnieniem Solid Oil 949





Łożyska hybrydowe

Łożyska hybrydowe	896
Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe SKF	897
Łożyska uszczelnione i wypełnione smarem	897
Łożyska otwarte	898
Pozostałe łożyska hybrydowe SKF	898
Precyzyjne łożyska hybrydowe	898
Hybrydowe łożyska kulkowe i wałeczkowe, hybrydowe zespoły łożyskowe	898
Łożyska hybrydowe ze specjalnymi pierścieniami stalowymi i powłokami	898
Ogólne dane techniczne	899
Wymiary, tolerancje wymiarowe, luz wewnętrzny	899
Niewspółosiowość	899
Koszyki	900
Obciążenie minimalne	900
Osiowe napięcie wstępne	900
Obciążalność osiowa	900
Równoważne obciążenie dynamiczne łożyska	901
Równoważne obciążenie statyczne łożyska	901
Prędkości maksymalne	901
Właściwości azotku krzemu	901
Właściwości elektryczne	901
Oznaczenia dodatkowe	902
Dobór wielkości łożyska	903
Smarowanie	903
Tablice wyrobów	904
Uszczelnione i wypełnione smarem hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe	904
Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe	908

Łożyska hybrydowe

W łożyskach hybrydowych pierścienie są wykonane ze stali łożyskowej, a elementy toczne z azotku krzemu klasy łożyskowej (Si_3N_4). Poza tym, że łożyska hybrydowe są znakomitymi izolatorami, mogą pracować z wyższymi prędkościami obrotowymi i w większości wypadków charakteryzują się większą trwałością eksploatacyjną niż ich tradycyjne odpowiedniki wykonane w całości ze stali.

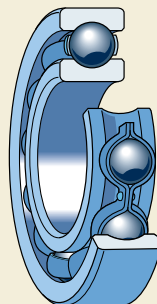
Bardzo dobre elektryczne właściwości izolacyjne są jedną z najważniejszych cech azotku krzemu. Zastosowanie elementów tocznych z tego materiału chroni pierścienie przed przepływem prądu przez łożysko i zwiększa tym samym trwałość eksploatacyjną łożyska.

Gęstość azotku krzemu jest równa tylko 40 % gęstości stali łożyskowej. Elementy toczne są więc lżejsze i mają mniejszą bezwładność. Konsekwencją tego są mniejsze naprężenia występujące w koszyku podczas gwałtownych zmian prędkości oraz mniejsze tarcie przy wysokich prędkościach, co zostało już opisane w rozdziale „Tarcie” na **stronie 102**. Mniejsze opory tarcia oznaczają z kolei niższą temperaturę roboczą i wydłużenie trwałości smaru. Łożyska hybrydowe nadają się więc do pracy z wysokimi prędkościami obrotowymi.

W warunkach niewystarczającego smarowania nie dochodzi do zacierania współpracujących powierzchni z azotku krzemu i stali. Pozwala to wydłużyć trwałość łożysk hybrydowych w zastosowaniach, w których pracują one w trudnych warunkach ze względu na dynamikę i smarowanie przy niskiej lepkości środka smarowego ($\kappa < 1$). W przypadku łożysk hybrydowych pracujących w warunkach, dla których $\kappa = 1$ często do obliczeń trwałości przyjmuje się $\kappa < 1$. Łożyska hybrydowe mogą też dobrze pracować, gdy są smarowane substancjami naturalnie tworzącymi cienką powłokę na powierzchni bieżni, jak np. czynniki chłodnicze. Pozwala to konstruować łożyskowania nie wymagające oleju, ale trzeba przy tym zachować szczególną ostrożność przy doborze materiałów. W takich przypadkach zalecamy zasięgnąć porady doradców technicznych SKF na etapie projektowania i przed złożeniem zamówienia.

Azotek krzemu jest twardszy i ma większy moduł sprężystości niż stal, dzięki czemu sztywność łożyska jest większa i ma ono większą

Rys. 1



trwałość eksploatacyjną w zanieczyszczonym środowisku.

Elementy toczne wykonane z azotku krzemu charakteryzują się mniejszą rozszerzalnością cieplną niż stalowe elementy toczne o podobnej wielkości. Oznacza to mniejszą wrażliwość na różnice temperatur występujące w łożysku i możliwość dokładniejszego ustalenia napięcia wstępnego. Przy projektowaniu łożyskowań do pracy w bardzo niskich temperaturach oraz przy obliczeniach zmniejszenia luzu w łożyskach hybrydowych prosimy kontaktować się z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe SKF

Standardowa oferta łożysk hybrydowych SKF obejmuje głównie hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe (→ **rys. 1**). Przyczyna jest bardzo prosta: łożyska kulkowe zwykłe są najczęściej stosowanymi łożyskami, zwłaszcza w silnikach elektrycznych, i doskonale nadają się do konstrukcji prostych łożyskowań z wykorzystaniem bezobsługowych łożysk fabrycznie wypełnionych smarem. Głębokie bieżnie oraz wysoki stopień przylegania kulek do bieżni pozwalają tym łożyskom na przenoszenie obciążeń promieniowych oraz obciążeń osiowych w obu kierunkach.

Oferta hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych SKF obejmuje łożyska o średnicy otworu od 5 do 110 mm co pokrywa potrzeby większości zastosowań. Większe łożyska mogą być wyprodukowane na życzenie.

Przykładowo, łożyska o średnicy otworu do 45 mm doskonale nadają się do silników elektrycznych o mocy od 0,15 do 15 kW, a także do generatorów, elektronarzędzi oraz szybkoobrotowych elementów napędowych.

Zakres zastosowań hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych jest bardzo szeroki, więc SKF wytwarza m.in.

- łożyska uszczelnione i fabrycznie wypełnione smarem
- łożyska otwarte.

Łożyska uszczelnione i wypełnione smarem

Uszczelnione i fabrycznie wypełnione smarem hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe (→ **rys. 2**) mogą być chronione z obu stron przez jeden z następujących typów uszczelnień

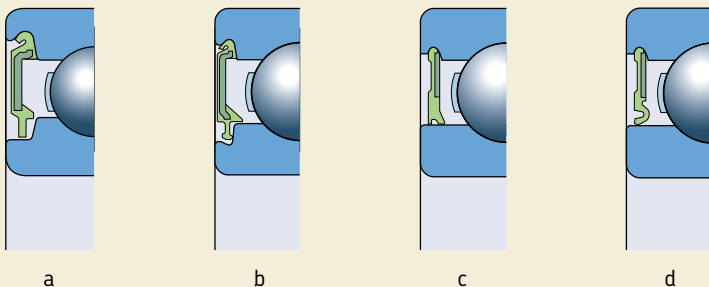
- uszczelnienia typu RSL o zmniejszonych oporach tarcia (**a**) montowane w łożyskach o średnicy zewnętrznej do 25 mm, w oznaczeniu przyrostek 2RSL
- uszczelnienia typu RSL o zmniejszonych oporach tarcia (**b**) montowane w łożyskach o średnicy zewnętrznej od ponad 25 mm do 52 mm włącznie, w oznaczeniu przyrostek 2RSL
- uszczelnienia typu RZ o zmniejszonych oporach tarcia (**c**) montowane w łożyskach o średnicy zewnętrznej ponad 52 mm, w oznaczeniu przyrostek 2RZ
- uszczelnienia stykowe typu RS1 (**d**), w oznaczeniu przyrostek 2RS1.

Szczegółowe informacje nt. przydatności poszczególnych typów uszczelnień do pracy w różnych warunkach roboczych można znaleźć w rozdziale „Łożyska kulkowe zwykłe”, zaczynającym się na **stronie 287**.

Uszczelnienia są wykonane z kauczuku butadienowoakrylonitrylowego (NBR) i mają wzmocnienia w postaci blaszek stalowych. Zakres dopuszczalnej temperatury pracy dla tych uszczelnień wynosi od -40 do +100 °, a chwilowo nawet do +120 °C.

Łożyska uszczelnione są standardowo wypełnione wysokiej jakości smarem na bazie synte-

Rys. 2



tycznego oleju estrowego z zagęszczaczem polimocznikowym, przyrostek WT w oznaczeniu. Smar ten wykazuje doskonałe właściwości smarowe w zakresie temperatur od +70 do +120 °C oraz charakteryzuje się bardzo wysoką trwałością, która jest znacznie wyższa niż dla innych smarów stosowanych w łożyskach uszczelnionych, a ponadto spełnia wymagania urządzeń elektrycznych. Najważniejsze parametry smaru WT są podane w **tablicy 1**.

Analizując przydatność łożysk do pracy w wysokich temperaturach należy wziąć pod uwagę dopuszczalny zakres temperatur dla koszyka i uszczelnień. W celu uzyskania informacji nt. łożysk hybrydowych SKF z uszczelnieniami z kauczuku fluorowego, które mogą pracować w temperaturze do 180 °C prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Łożyska otwarte

Poza łożyskami uszczelnionymi i wypchnionymi smarem. SKF oferuje także hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe w wykonaniu podstawowym bez uszczelnień. Jeżeli potrzebna jest niewielka partia małych łożysk otwartych, SKF zaleca zamówić uszczelnione łożyska hybrydowe i wyjąć z nich uszczelnienia, co jest stosunkowo prostą operacją.

Tablica 1

Podstawowe parametry smaru WT	
Parametr	Smarm WT
Kod wg DIN 51825	K2P-40
Zagęszczacz	polimocznik (dwumocznik)
Rodzaj oleju bazowego	syntetyczny estrowy
Klasa konsystencji wg NLGI	2-3
Zakres temperatur, °C ¹⁾	-40 do +160
Lepkość oleju bazowego, mm ² /s	
w 40 °C	70
w 100 °C	9,4

¹⁾ Bezpieczny zakres temperatury roboczej, → podrozdział „Zakres temperatury – koncepcja światła ulicznych SKF”, strona 232

Pozostałe łożyska hybrydowe SKF

Precyzyjne łożyska hybrydowe

Zakres produkcji SKF obejmuje także

- precyzyjne hybrydowe łożyska kulkowe skośne
- precyzyjne hybrydowe łożyska walcowe
- precyzyjne hybrydowe łożyska kulkowe skośne wzdłużne – jednokierunkowe i dwukierunkowe.

Szczegółowe informacje na temat powyższych rodzajów łożysk hybrydowych można znaleźć w katalogu SKF „Łożyska precyzyjne”.

Ponadto, możliwe jest wykonanie na specjalne zamówienie hybrydowych łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych lub dwurzędowych, a także hybrydowych łożysk kulkowych skośnych jednorzędowych dwukierunkowych. Więcej informacji na ten temat można uzyskać kontaktując się z doradcami technicznymi SKF.

Hybrydowe łożyska kulkowe i wałeczkowe, hybrydowe zespoły łożyskowe

SKF projektuje i produkuje na specjalne zamówienie w niektórych wymiarach standardowych także różne inne łożyska hybrydowe

- łożyska kulkowe skośne
- łożyska walcowe
- zespoły łożyskowe.

Pozwalają one optymalnie dobrać rozwiązanie pod względem osiągow, łatwości zabudowy i ekonomii. Więcej informacji można uzyskać kontaktując się z doradcami technicznymi SKF.

Łożyska hybrydowe ze specjalnymi pierścieniami stalowymi i powłokami

Standardowe łożyska hybrydowe SKF produkowane są z tej samej stali co ich odpowiedniki wykonywane w całości ze stali. Pierścienie łożysk są standardowo stabilizowane do temperatury 120 °C dla łożysk kulkowych zwykłych oraz do 150 °C dla łożysk kulkowych skośnych. W przypadku pracy ciągłej w wyższych temperaturach, zaleca się stosować łożyska, których pierścienie są stabilizowane wymiarowo do odpowiednio wyższej temperatury, np.

- do +150 °C, w oznaczeniu przyrostek S0 lub
- do +200 °C, w oznaczeniu przyrostek S1.

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe ze stabilizacją S0 lub S1 są zazwyczaj produkowane tylko na zamówienie.

Na specjalne zamówienie mogą też być wyprodukowane łożyska hybrydowe z pierścieniami ze stali nierdzewnej hartowanej na wskroś, które charakteryzują się dobrą odpornością na korozję, zużycie ściernie i utlenianie. Łożyska te mogą pracować w temperaturze do 300 °C.

W celu uzyskania informacji na temat łożysk hybrydowych z pierścieniami wykonanymi ze specjalnych stali nierdzewnych do zastosowań w ekstremalnie niskich temperaturach (kriogenicznych) lub stali narzędziowych odpornych na bardzo wysokie temperatury prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF

W celu zabezpieczenia przed korozją, pierścienie łożyskowe mogą być pokryte warstwą ochronną np. chromianu cynku lub ciężkiego chromu. W przypadku łożysk pracujących w próżni lub środowisku gazowym możliwe jest nałożenie specjalnych powłok na bazie molibdenu, które zmniejszają opory tarcia.

Ogólne dane techniczne

Wymiary, tolerancje wymiarowe, luz wewnętrzny

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe SKF są znormalizowane i produkowane

- zgodnie z wymiarami głównymi określonymi w ISO 15:1998
- w normalnej klasie dokładności wg ISO 492:2002
- standardowo z luzem wewnętrznym promieniowym C3 wg ISO 5753:1991 (→ **tablica 2**).

Niewspółosiowość

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe mogą kompensować błędy niewspółosiowości tylko w ograniczonym zakresie. Dopuszczalna niewspółosiowość kątowna pierścienia wewnętrznego względem zewnętrznego, która nie wywołuje nadmiernych dodatkowych naprężeń w łożysku zależy od

- wewnętrznego luzu roboczego promieniowego
- wielkości łożyska
- sił i momentów działających na łożysko.

W zależności od powyższych czynników, dopuszczalna niewspółosiowość kątowna wynosi od 2 do 10 minut kątowych. Każdy błąd niewspółosiowości zwiększa jednak poziom hałasu w łożysku i zmniejsza trwałość eksploatacyjną łożyska.

Tablica 2

Luz wewnętrzny promieniowy

Średnica otworu d		Luz wewnętrzny promieniowy C3	
ponad	do	min	max
mm		µm	
10	10	8	23
18	18	11	25
	30	13	28
30	40	15	33
40	50	18	36
50	65	23	43
65	80	25	51
80	100	30	58
100	120	36	66

Koszyki

W zależności od wielkości hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe SKF mogą być wyposażone w

- formowany wtryskowo koszyk typu zatrzaśkowego z poliamidu 6,6 wzmocnionego włóknem szklanym, prowadzony na kulkach, w oznaczeniu przyrostek TN9 (→ **rys. 3a**) lub
- nitowany koszyk z blachy stalowej, prowadzony na kulkach, brak przyrostka w oznaczeniu (→ **rys. 3b**).

Łożyska hybrydowe z koszykiem z poliamidu 6,6 mogą pracować w temperaturze do $+120^{\circ}\text{C}$.

Obciążenie minimalne

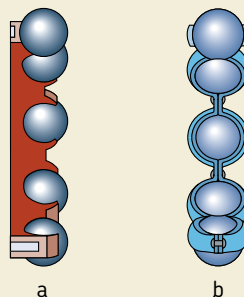
W celu zapewnienia prawidłowej pracy, hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe, podobnie jak standardowe łożyska, muszą być zawsze poddane działaniu pewnego obciążenia minimalnego. Więcej informacji można znaleźć w podrozdziale „Obciążenie minimalne” w części poświęconej łożyskom kulkowym zwykłym na **stronie 298**.

Łożyska hybrydowe są jednak generalnie bardziej odporne na uszkodzenia bieżni w wyniku poślizgów elementów tocznych lub zacierania spowodowane zbyt małym obciążeniem. Dzięki tej właściwości, łożyska hybrydowe stanowią alternatywę dla łożyskowań poddawanych zmiennym cyklom obciążeń, które obejmują lekkie obciążenia.

Osiowe napięcie wstępne

W celu zapewnienia cichobieżności i prawidłowej pracy z wysokimi prędkościami często stosuje się łożyskowania złożone z dwóch hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych poddanych osiowemu napięciu wstępnemu. Szczególnie prostym sposobem zapewnienia napięcia wstępnego jest zastosowanie podkładek sprężystych, co zostało opisane w podrozdziale „Napięcie wstępne za pomocą sprężyn” na **stronie 216**. Zalecane napięcie wstępne można wyznaczyć zgodnie z podanymi tam wytycznymi. Więcej informacji można znaleźć w rozdziale „Napięcie wstępne łożysk”, zaczynającym się na **stronie 206**.

Rys. 3



Obciążalność osiowa

Jeżeli hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe są poddane działaniu obciążenia ściśle promieniowego, obciążenie to nie powinno przekraczać wartości $0,5 C_0$. Małe łożyska (o średnicy otworu do około 12 mm) oraz lekkie łożyska należące do serii średnic 0 nie powinny przenosić obciążenia osiowego większego niż $0,25 C_0$. Większe obciążenia mogą spowodować znaczne zmniejszenie trwałości eksploatacyjnej łożyska.

Równoważne obciążenie dynamiczne łożyska

$$P = F_r \quad \text{gdy } F_a/F_r \leq e$$

$$P = 0,46 F_r + Y F_a \quad \text{gdy } F_a/F_r > e$$

Wartości współczynników e i Y zależą od wartości wyrażenia $f_0 F_a/C_0$, gdzie f_0 jest współczynnikiem obliczeniowym ($\rightarrow$ tablice wyrobów), F_a oznacza składową osiową obciążenia, a C_0 – nominalną nośność statyczną.

Ponadto, powyższe współczynniki zależą od luzu wewnętrznego promieniowego. Dla łożysk z luzem wewnętrznym C3 zamontowanych z najczęściej stosowanymi pasowaniami podanymi w **tablicach 2, 4 i 5** na **stronach 169 do 171**, obowiązują wartości e i Y podane w **tablicy 3** poniżej.

Równoważne obciążenie statyczne łożyska

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Jeżeli $P_0 < F_r$, należy przyjąć $P_0 = F_r$.

Tablica 3

Współczynniki obliczeniowe dla hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych z luzem wewnętrznym promieniowym C3

$f_0 F_a/C_0$	e	Y
0,172	0,29	1,88
0,345	0,32	1,71
0,689	0,36	1,52
1,03	0,38	1,41
1,38	0,40	1,34
2,07	0,44	1,23
3,45	0,49	1,10
5,17	0,54	1,01
6,89	0,54	1,00

Wartości pośrednie można wyznaczyć metodą interpolacji liniowej

Prędkości maksymalne

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe z koszykiem polimerowym mogą pracować z prędkościami większymi niż prędkości nominalne łożysk wykonanych w całości ze stali. Prędkości graniczne podane w tablicach wyrobów dotyczą łożysk z koszykiem standardowym, uszczelnieniami i smarem zakodowanym w oznaczeniu łożyska. Łożyska hybrydowe z koszykami eteroketonu polietereowego (PEEK) mogą pracować z większymi prędkościami i w wyższych temperaturach. W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Wartości podane w kolumnie „Prędkość nominalna” w tablicy łożysk uszczelnionych dotyczą łożysk otwartych i pokazują tylko maksymalną prędkość łożysk otwartych. W przypadku łożysk uszczelnionych nie należy przekraczać prędkości podanych w kolumnie „Prędkość graniczna”.

Łożyska hybrydowe doskonale spisują się w warunkach roboczych, w których występują drgania i ruchy oscylacyjne. Zwykle nie ma wówczas potrzeby stosowania specjalnych smarów lub napiecia wstępnego.

Właściwości azotku krzemu

Właściwości azotku krzemu klasy łożyskowej (Si_3N_4) zostały opisane w podrozdziale „Materiały na łożyska toczne”, zaczynającym się na **stronie 138**.

Właściwości elektryczne

Łożyska hybrydowe stanowią skuteczną ochronę przed degradacją smaru lub uszkodzeniami bieżni na skutek przepływu przez łożysko zarówno prądu stałego, jak i zmiennego. Łożyska hybrydowe zachowują wysoką impedancję nawet przy bardzo wysokich częstotliwościach, zapewniając doskonałą ochronę strefy styku kulka/bieżnia przed przepływem prądu o wysokiej częstotliwości lub gwałtownymi skokami jego natężenia. W przypadku małych łożysk hybrydowych z uszczelnieniami stykowymi z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) ze wzmocnieniami stalowymi ryzyko przeskoku iskry elektrycznej na styku uszczelnienia z łożyskiem pojawia się dopiero po przekroczeniu napięcia stałego 2,5 kV. W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Oznaczenia dodatkowe

Poniższa lista zawiera przyrostki stosowane do określania niektórych cech hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych SKF.

C3	Luz wewnętrzny promieniowy większy niż normalny
F1	Stopień wypełnienia smarem: 10–15 % wolnej przestrzeni w łożysku
HC5	Elementy toczne wykonane z azotku krzemu
2RS1	Uszczelnienie stykowe z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blaszką stalową po obu stronach łożyska
2RSH2	Uszczelnienie stykowe z kauczuku fluorowego (FKM) wzmocnione blaszką stalową po obu stronach łożyska
2RSL	Uszczelnienie o małym tarczu z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blaszką stalową po obu stronach łożyska
2RZ	Uszczelnienie o małym tarczu z kauczuku butadienowo-akrylonitrylowego (NBR) wzmocnione blaszką stalową po obu stronach łożyska
TNH	Formowany wtryskowo koszyk typu zatraskowego z eteroketonu polietereowego (PEEK) wzmocnionego włóknem szklanym, prowadzony na kulkach
TN9	Formowany wtryskowo koszyk typu zatraskowego z poliamidu 6,6 wzmocnionego włóknem szklanym, prowadzony na kulkach
WT	Smar polimocznikowy o konsystencji 2–3 wg NLGI do pracy w zakresie temperatur od –40 do +160 °C (normalny stopień wypełnienia)

Dobór wielkości łożyska

Przy doborze wielkości hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych należy postępować analogicznie, jak dla łożysk wykonanych w całości ze stali, zgodnie z algorytmem opisanym w rozdziale „Dobór wielkości łożyska”, zaczynającym się na **stronie 49**. Ze względu na większy moduł sprężystości dla kulek ceramicznych, należy przyjąć większą wartość statycznego współczynnika bezpieczeństwa S_0

$$S_0 \text{ hybrydowe} = 1,1 S_0 \text{ stalowe}$$

Zalecane wartości s_0 dla łożysk wykonanych w całości ze stali są podane w **tablicy 10** na **stronie 77**.

Smarowanie

Większość hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych SKF jest uszczelniona i nie wymaga obsługi. Do smarowania łożysk otwartych SKF zaleca smar plastyczny LGHP 2 przeznaczony do silników elektrycznych. W przypadku bardzo wysokich prędkości obrotowych i temperatury roboczej poniżej $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ zalecamy stosować smar LGLT 2. Więcej informacji nt. smarów SKF można znaleźć w rozdziale „Smarowanie”, zaczynającym się na **stronie 229**.

Łożyskowania, w których wymagana jest wysoka trwałość łożysk przy bardzo wysokich prędkościach obrotowych muszą być smarowane olejem. Zalecamy następujące metody smarowania olejowego

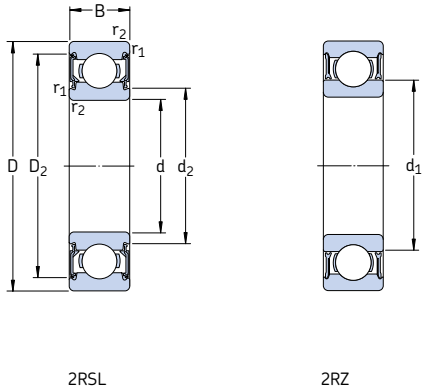
- smarowanie natryskowe
- smarowanie olejowopowietrzne.

Systemy smarowania olejowo-powietrznego, jak np. systemy serii VOGEL OLA ($\rightarrow$ **rys. 4**), zapewniają niezawodne smarowanie z wykorzystaniem bardzo małej ilości oleju, co obniża temperaturę roboczą, pozwala uzyskać wyższe prędkości i zmniejsza emisję oleju do środowiska.

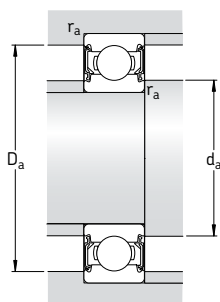
Więcej informacji nt. projektowania systemów olejowo-powietrznych można znaleźć w publikacji VOGEL nr 1-5012-3 pt. „Oil + Air Systems” lub na stronie internetowej www.vogelag.com.



Uszczelnione i wypełnione smarem
hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe
d 5 – 45 mm

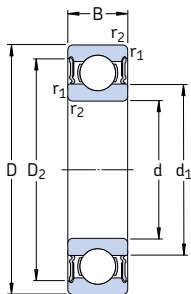


Wymiary główne			Nośność		Granica zmęcze- nia P_u	Prędkości		Masa	Oznaczenie
d	D	B	C	stat. C_0		Nomi- nalna	Gra- niczna		
mm			kN		kN	obr/min		kg	—
5	16	5	1,14	0,38	0,016	130 000	85 000	0,0050	625-2RZTN9/HC5C3WTF1
6	19	6	2,34	0,95	0,04	110 000	70 000	0,0080	626-2RSLTN9/HC5C3WTF1
7	19 22	6 7	2,34 3,45	0,95 1,37	0,04 0,057	110 000 95 000	70 000 63 000	0,0070 0,012	607-2RSLTN9/HC5C3WTF1 627-2RSLTN9/HC5C3WTF1
8	22	7	3,45	1,37	0,057	95 000	63 000	0,012	608-2RSLTN9/HC5C3WTF1
10	26 30	8 9	4,75 5,4	1,96 2,36	0,083 0,1	85 000 75 000	56 000 50 000	0,018 0,032	6000-2RSLTN9/HC5C3WT 6200-2RSLTN9/HC5C3WT
12	28 32	8 10	5,4 7,28	2,36 3,1	0,1 0,132	75 000 67 000	50 000 45 000	0,022 0,037	6001-2RSLTN9/HC5C3WT 6201-2RSLTN9/HC5C3WT
15	32 35	9 11	5,85 8,06	2,85 3,75	0,12 0,16	63 000 60 000	43 000 40 000	0,030 0,044	6002-2RSLTN9/HC5C3WT 6202-2RSLTN9/HC5C3WT
17	35 40	10 12	6,37 9,95	3,25 4,75	0,137 0,2	56 000 53 000	38 000 34 000	0,038 0,059	6003-2RSLTN9/HC5C3WT 6203-2RSLTN9/HC5C3WT
20	42 47	12 14	9,95 13,5	5 6,55	0,212 0,28	48 000 45 000	32 000 30 000	0,062 0,097	6004-2RSLTN9/HC5C3WT 6204-2RSLTN9/HC5C3WT
25	47 52	12 15	11,9 14,8	6,55 7,8	0,275 0,335	40 000 38 000	28 000 26 000	0,073 0,12	6005-2RSLTN9/HC5C3WT 6205-2RSLTN9/HC5C3WT
30	55 62	13 16	13,8 20,3	8,3 11,2	0,355 0,475	34 000 32 000	24 000 22 000	0,11 0,18	6006-2RZTN9/HC5C3WT 6206-2RZTN9/HC5C3WT
35	62 72	14 17	16,8 27	10,2 15,3	0,44 0,655	30 000 28 000	20 000 18 000	0,15 0,26	6007-2RZTN9/HC5C3WT 6207-2RZTN9/HC5C3WT
40	68 80	15 18	17,8 32,5	11,6 19	0,49 0,8	28 000 24 000	18 000 16 000	0,19 0,34	6008-2RZTN9/HC5C3WT 6208-2RZTN9/HC5C3WT
45	85 100	19 25	35,1 55,3	21,6 31,5	0,915 1,34	22 000 20 000	14 000 4 500	0,42 0,77	6209-2RZTN9/HC5C3WT 6309-2RS1TN9/HC5C3WT

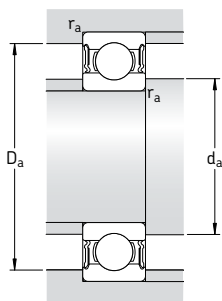


Wymiary					Wymiary związane z zabudową				Współczynnik obliczeniowy
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} min	d _a min	d _a max	D _a max	r _a max	f ₀
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5	8,4	–	13,3	0,3	7,4	–	13,6	0,3	8,4
6	–	9,5	16,5	0,3	8,4	9,4	16,6	0,3	13
7	–	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	13
	–	10,6	19,2	0,3	9,4	10,5	19,6	0,3	12
8	–	10,6	19,2	0,3	10	10,5	20	0,3	12
10	–	13	22,6	0,3	12	12,5	24	0,3	12
	–	15,2	24,8	0,6	14,2	15	25,8	0,6	13
12	–	15,2	24,8	0,3	14	15	26	0,3	13
	–	16,6	27,4	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	12
15	–	18,7	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	14
	–	19,4	30,4	0,6	19,2	19,4	30,8	0,6	13
17	–	20,7	31,4	0,3	19	20,5	33	0,3	14
	–	22,2	35	0,6	21,2	22	35,8	0,6	13
20	–	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	14
	–	26,3	40,6	1	25,6	26	41,4	1	13
25	–	29,7	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	14
	–	31,8	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	14
30	38,2	–	49	1	34,6	–	50,4	1	15
	40,4	–	54,1	1	35,6	–	56,4	1	14
35	43,8	–	55,6	1	39,6	–	57,4	1	15
	46,9	–	62,7	1,1	42	–	65	1	14
40	49,3	–	61,1	1	44,6	–	63,4	1	15
	52,6	–	69,8	1,1	47	–	73	1	14
45	57,6	–	75,2	1,1	52	–	78	1	14
	62,2	–	86,7	1,5	54	–	91	1,5	13

Uszczelnione i wypelnione smarem
hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe
d 50 – 75 mm

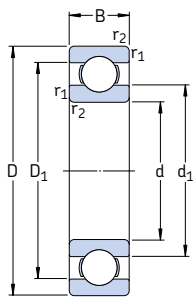


Wymiary główne			Nośność		Granica zmęczenia P_u	Prędkości		Masa	Oznaczenie
d	D	B	dynam. C	stat. C_0		Nomi- nalna	Gra- niczna		
mm			kN		kN	obr/min		kg	—
50	90	20	37,1	23,2	0,98	20 000	4 800	0,44	6210-2RS1/HC5C3WT
	110	27	65	38	1,6	18 000	4 300	0,92	6310-2RS1/HC5C3WT
55	100	21	46,2	29	1,25	19 000	4 300	0,59	6211-2RS1/HC5C3WT
	120	29	74,1	45	1,9	17 000	3 800	1,20	6311-2RS1/HC5C3WT
60	110	22	55,3	36	1,53	17 000	4 000	0,71	6212-2RS1/HC5C3WT
	130	31	85,2	52	2,2	15 000	3 400	1,50	6312-2RS1/HC5C3WT
65	120	23	58,5	40,5	1,73	16 000	3 600	0,92	6213-2RS1/HC5C3WT
	140	33	97,5	60	2,5	14 000	3 200	1,85	6313-2RS1/HC5C3WT
70	125	24	63,7	45	1,9	15 000	3 400	1,00	6214-2RS1/HC5C3WT
75	130	25	68,9	49	2,04	14 000	3 200	1,05	6215-2RS1/HC5C3WT

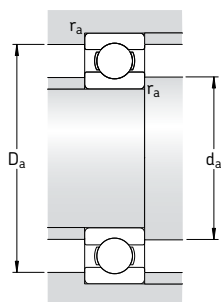


Wymiary				Wymiary związane z zabudową			Współczynnik obliczeniowy
d	d ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	f ₀
mm				mm			–
50	62,5	81,6	1,1	57	83	1	14
	68,8	95,2	2	59	101	2	13
55	69,1	89,4	1,5	64	91	1,5	14
	75,3	104	2	66	109	2	13
60	75,5	98	1,5	69	101	1,5	14
	81,9	112	2,1	72	118	2	13
65	83,3	106	1,5	74	111	1,5	15
	88,4	121	2,1	77	128	2	13
70	87,1	111	1,5	79	116	1,5	15
75	92,1	117	1,5	84	121	1,5	15

Hybrydowe łożyska kulkowe zwykłe
d 65 – 110 mm



Wymiary główne			Nośność		Granica zmęczenia P_u	Prędkości		Masa	Oznaczenie
d	D	B	dynam. C	stat. C_0		Nomi- nalna	Gra- niczna		
mm			kN		kN	obr/min		kg	–
65	100	18	31,9	25	1,06	18 000	10 000	0,41	6013/HC5C3
	120	23	58,5	40,5	1,73	16 000	8 500	0,92	6213/HC5C3
70	110	20	39,7	31	1,32	16 000	9 000	0,57	6014/HC5C3
	125	24	63,7	45	1,9	15 000	8 500	0,99	6214/HC5C3
75	160	37	119	76,5	3	12 000	6 700	2,60	6315/HC5C3
80	170	39	130	86,5	3,25	12 000	6 300	2,80	6316/HC5C3
95	200	45	159	118	4,15	9 500	5 300	4,90	6319/HC5C3
110	240	50	203	180	5,7	8 000	4 500	8,15	6322/HC5C3T



Wymiary				Wymiary związane z zabudową			Współczynnik obliczeniowy
d	d ₁ ~	D ₁ ~	r _{1,2} min	d _a min	D _a max	r _a max	f ₀
mm				mm			–
65	76,3 83,3	91,5 106	1,1 1,5	71 74	94 111	1 1,5	16 15
70	82,9 87,1	99,9 111	1,1 1,5	76 79	104 116	1 1,5	16 15
75	101	138	2,1	87	148	2	13
80	108	147	2,1	92	158	2	13
95	121	172	3	109	186	2,5	13
110	149	205	3	124	226	2,5	13



Łożyska typu INSOCOAT®

Rodzaje wykonń łożysk INSOCOAT®	913
Łożyska INSOCOAT® z powlekanym pierścieniem zewnętrznym	913
Łożyska INSOCOAT® z powlekanym pierścieniem wewnętrznym	913
Pozostałe łożyska INSOCOAT®	913
Ogólne dane techniczne	914
Wymiary.....	914
Tolerancje wymiarowe	914
Luz wewnętrzny	914
Koszyki	914
Obciążenie minimalne.....	914
Obciążalność osiowa	914
Obciążenia równoważne łożyska.....	914
Właściwości elektryczne	914
Konstrukcja elementów współpracujących	915
Montaż i obsługa	915
Dodatkowe informacje	915
Tablice wyrobów.....	916
Łożyska kulkowe zwykłe typu INSOCOAT®	916
Łożyska walcowe typu INSOCOAT®	918

Łożyska toczne stosowane w silnikach elektrycznych, generatorach lub innych urządzeniach elektrycznych są narażone na przepływ prądu elektrycznego przez łożysko, który może spowodować uszkodzenie powierzchni elementów tocznych i bieżni oraz przyspieszoną degradację smaru. Ryzyko uszkodzenia, zwanego erozją elektryczną, znacznie się zwiększa jeśli silnik jest sterowany przez przemiennik częstotliwości, co staje się coraz częściej spotykanym rozwiązaniem. W maszynach elektrycznych występuje zwiększone niebezpieczeństwo pojawienia się w łożysku prądów o wysokiej częstotliwości ze względu na naturalną reaktancję pojemnościową występującą w silniku i wywołującą powstawanie prądów błądzących.

W celu rozwiązania tego problemu i zabezpieczenia łożysk przed przepływem prądu elektrycznego firma SKF opracowała łożyska INSOCOAT – łożyska toczne izolowane elektrycznie (→ rys. 1). Zastosowanie łożyska INSOCOAT to bardzo tanie rozwiązanie w porównaniu z innymi metodami stosowanymi do ochrony łożyska. Dzięki zintegrowaniu izolacji elektrycznej z łożyskiem, firma SKF potrafiła zwiększyć niezawodność i trwałość maszyn eliminując praktycznie problemy związane z erozją elektryczną.

Powierzchnia zewnętrzna pierścienia zewnętrznego lub wewnętrznego łożyska INSOCOAT jest pokryta warstwą tlenku glinu o grubości nominalnej 100 m, która zapewnia izolację do napięcia 1 000 V prądu stałego. Opracowana przez SKF metoda plazmowego powlekania natryskowego gwarantuje znakomitą przyczepność i równomierną grubość powłoki, która jest następnie poddawana dalszej obróbce zapewniającej odporność na wilgoć.

Powłoka łożysk INSOCOAT charakteryzuje się też dobrą wytrzymałością na uszkodzenia mechaniczne, dzięki czemu łożyska te nie wymagają specjalnego traktowania.

Rys. 1



Rodzaje wykonan łożysk INSOCOAT®

Standardowa oferta łożysk INSOCOAT obejmuje

- łożyska kulkowe zwykłe jednorzędowe oraz
- łożyska walcowe jednorzędowe

w najczęściej spotykanych wariantach wykonania i wielkościach. Parametry techniczne oraz tolerancje wymiarowe i dokładność obrotu łożysk INSOCOAT są identyczne jak ich nieizolowanych odpowiedników.

Standardowy zakres produkcji SKF obejmuje łożyska otwarte z powlekanym pierścieniem zewnętrznym lub wewnętrznym. SKF może też dostarczyć łożyska kulkowe zwykłe z blaszkami ochronnymi typu Z lub uszczelnieniami stykowymi typu RS1. Przed wyborem konkretnego wariantu i złożeniem zamówienia prosimy skontaktować się z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Łożyska INSOCOAT® z powlekanym pierścieniem zewnętrznym

Najpopularniejsze są łożyska INSOCOAT z powłoką izolacyjną na powierzchni zewnętrznej pierścienia zewnętrznego. Wyróżnia je przyrostek VL0241 w oznaczeniu.

W przypadku zastosowań, w których potrzebne są mniejsze łożyska niż wymienione w tablicy wyrobów na **stronie 916**, SKF zaleca stosowanie hybrydowych łożysk kulkowych zwykłych (→ **strona 897**).

Łożyska INSOCOAT® z powlekanym pierścieniem wewnętrznym

Łożyska z powłoką izolacyjną na powierzchni zewnętrznej pierścienia wewnętrznego (→ **rys. 2**) zapewniają jeszcze lepszą ochronę przed uszkodzeniami na skutek przepływu prądu elektrycznego dzięki zwiększonej impedancji, wynikającej z mniejszego pola powlekanej powierzchni. W oznaczeniu tych łożysk występuje przyrostek VL2071.

Pozostałe łożyska INSOCOAT®

Jeżeli standardowy zakres produkcji łożysk kulkowych zwykłych i łożysk walcowych typu INSOCOAT jest nie wystarczający, prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF w celu uzyskania informacji o całym programie produkcyjnym łożysk INSOCOAT. Na życzenie mogą być wykonane inne rodzaje i wielkości łożysk oraz łożyska typu INSOCOAT z powłoką tlenku glinu o grubości 300 µm na pierścieniu zewnętrznym, które nie należą do standardowego zakresu produkcji.

Rys. 2



Ogólne dane techniczne

Wymiary

Wymiary główne łożysk kulkowych zwykłych oraz łożysk walcowych typu INSOCOAT są zgodne z ISO 15:1998.

Tolerancje wymiarowe

Łożyska INSOCOAT są wytwarzane w normalnej klasie dokładności. Niektóre łożyska kulkowe zwykłe są też dostępne w wyższej klasie dokładności P5. Dopuszczalne wartości odchyłek są zgodne z ISO 492:2002 i zostały podane w **tablicach 3 i 5 na stronach 125 i 127**.

Warstwa tlenku glinu naniesiona na powierzchnię pierścienia zewnętrznego lub wewnętrznego nie wpływa na dokładność wymiarów głównych.

Luz wewnętrzny

Łożyska kulkowe zwykłe i walcowe typu INSOCOAT są standardowo wytwarzane z luzem wewnętrznym promieniowym zgodnym z klasą luzu podaną w oznaczeniu łożyska. W przypadku łożysk z luzem niestandardowym należy przed zamówieniem sprawdzić ich dostępność.

Wartości graniczne luzu zostały podane

- dla łożysk kulkowych zwykłych w **tablicy 4 na stronie 297**
- dla łożysk walcowych w **tablicy 1 na stronie 513**.

Wartości te odnoszą się do łożysk niezabudowanych, przy obciążeniu pomiarowym równym zero.

Koszyki

Łożyska INSOCOAT mogą, zależnie od rodzaju łożyska i jego wielkości, być wyposażone w jeden z następujących typów koszyków

- formowany wtryskowo koszyk klatkowy z poliamidu 6,6 wzmocnionego włóknem szklanym, prowadzony na kulkach, w oznaczeniu przyrostek P
- nitowany tłoczony koszyk stalowy, prowadzony na kulkach, brak przyrostka w oznaczeniu
- dwuczęściowy masywny koszyk mosiężny, prowadzony na elementach tocznych, w oznaczeniu przyrostek M.

Bardziej szczegółowe informacje nt. tych koszyków można znaleźć w rozdziałach „Łożyska kulkowe zwykłe”, zaczynającym się na **stronie 287**, oraz „Łożyska walcowe”, zaczynającym się na **stronie 503**.

Obciążenie minimalne

W celu zapewnienia prawidłowej pracy, łożyska toczne INSOCOAT, podobnie jak łożyska nieizolowane, muszą być zawsze poddane działaniu pewnego obciążenia minimalnego. Zalecenia dotyczące obliczeń wymaganego obciążenia minimalnego są identyczne, jak dla standardowych łożysk bez izolacji i zostały podane dla

- łożysk kulkowych zwykłych na **stronie 298**
- łożysk walcowych na **stronie 517**.

Obciążalność osiowa

Obciążalność osiowa łożysk INSOCOAT jest identyczna, jak dla standardowych łożysk bez izolacji. Zalecenia zostały podane dla

- łożysk kulkowych zwykłych na **stronie 299**
- łożysk walcowych na **stronie 518**.

Obciążenia równoważne łożyska

Wytyczne dotyczące obliczeń równoważnego obciążenia dynamicznego lub statycznego dla łożysk INSOCOAT są identyczne, jak dla odpowiadających im standardowych łożysk. Informacje te zostały podane dla

- łożysk kulkowych zwykłych na **stronie 299**
- łożysk walcowych na **stronie 519**.

Właściwości elektryczne

Powłoka INSOCOAT zapewnia skuteczną ochronę przed przepływem prądu stałego i prądu przemiennego. Minimalna oporność powłoki izolacyjnej wynosi 50 MΩ przy napięciu 1 000 V prądu stałego. Testy przeprowadzone przez SKF wykazały, że przebicie warstwy izolacji występuje po przekroczeniu napięcia 3 000 V prądu stałego.

Konstrukcja elementów współpracujących

Ze względu na izolację elektryczną zaleca się, aby

- dla łożysk z powlekanym pierścieniem zewnętrznym, typu VL0241, średnica występu oporowego w oprawie lub tulei dystansowej nie była mniejsza niż wymiar $D_{a \min}$ (→ **rys. 3a**) podany w tablicach wyrobów
- dla łożysk z powlekanym pierścieniem wewnętrznym, typu VL2071, średnica odsadzenia na wale lub tulei dystansowej nie była większa niż wymiar $d_{a \max}$ (→ **rys. 3b**) podany w tablicach wyrobów.

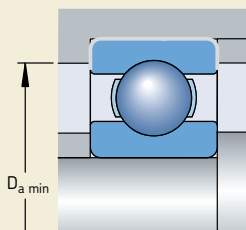
Montaż i obsługa

Sposób zabudowy łożysk INSOCOAT nie różni się od zabudowy standardowych łożysk nieizolowanych. Odpowiednie smarowanie jest warunkiem uzyskania wysokiej trwałości łożysk INSOCOAT. Najlepszą metodą jest częsta wymiana smaru.

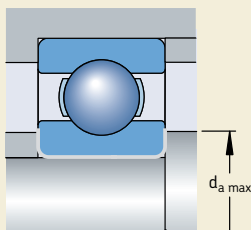
Dodatkowe informacje

W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji nt. łożysk INSOCOAT prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Rys. 3

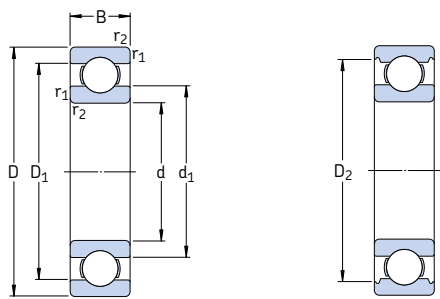


a

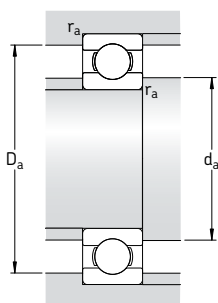


b

Łożyska kulkowe zwykłe typu INSOCOAT
d 70 – 150 mm

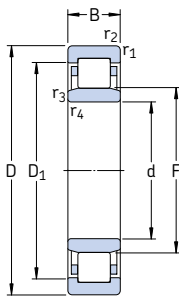


Wymiary główne			Nośność		Granica zmęczenia P_u	Prędkości		Masa	Oznaczenie
d	D	B	dynam. C	stat. C_0		Nomi- nalna	Gra- niczna		
mm			kN		kN	obr/min		kg	–
70	150	35	104	68	2,75	9 500	6 300	2,50	6314/C3VL0241
75	130	25	66,3	49	2,04	10 000	6 700	1,20	6215/C3VL0241
	160	37	114	76,5	3	9 000	5 600	3,05	6315/C3VL0241
80	140	26	70,2	55	2,2	9 500	6 000	1,40	6216/C3VL0241
	170	39	124	86,5	3,25	8 500	5 300	3,55	6316/C3VL0241
85	150	28	83,2	64	2,5	9 000	5 600	1,75	6217/C3VL0241
	180	41	133	96,5	3,55	8 000	5 000	4,10	6317/C3VL0241
90	160	30	95,6	73,5	2,8	8 500	5 300	2,40	6218/C3VL0241
	190	43	143	108	3,8	7 500	4 800	4,90	6318/C3VL0241
95	170	32	108	81,5	3	8 000	5 000	2,50	6219/C3VL0241
	200	45	153	118	4,15	7 000	4 500	5,65	6319/C3VL0241
100	180	34	124	93	3,35	7 500	4 800	3,15	6220/C3VL0241
	215	47	174	140	4,75	6 700	4 300	7,00	6320/C3VL0241
110	200	38	143	118	4	6 700	4 300	4,25	6222/C3VL0241
	240	50	203	180	5,7	6 000	3 800	9,65	6322/C3VL0241
120	215	40	146	118	3,9	6 300	4 000	5,20	6224/C3VL0241
	260	55	208	186	5,7	5 600	3 400	12,5	6324/C3VL02071
130	230	40	156	132	4,15	5 600	3 600	5,75	6226/C3VL02071
	280	58	229	216	6,3	5 000	3 200	15,2	6326/C3VL02071
140	300	62	251	245	7,1	4 800	4 300	21,8	6328 M/C3VL02071
150	270	45	174	166	4,9	5 000	3 200	9,80	6230/C3VL02071
	320	65	276	285	7,8	4 300	2 800	23,0	6330/C3VL02071



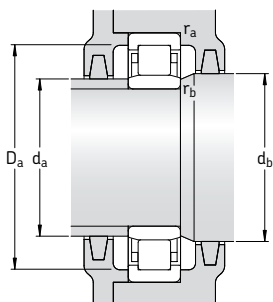
Wymiary					Wymiary związane z zabudową					Współczynniki obliczeniowe	
d	d ₁ ~	D ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min	d _a min	d _a max	D _a min	D _a max	r _a max	k _r	f ₀
mm					mm					–	
70	95	126	132	2,1	82	–	136	138	2	0,03	13
75	92 101	114 134	118 141	1,5 2,1	84 87	– –	121 146	121 148	1,5 2	0,025 0,03	15 13
80	101 108	127 143	122 149	2 2,1	91 92	– –	128 154	129 158	2 2	0,025 0,03	15 13
85	106 115	130 152	134 158	2 3	96 99	– –	139 163	139 166	2 2,5	0,025 0,03	15 13
90	112 121	139 160	145 166	2 3	101 104	– –	149 171	149 176	2 2,5	0,025 0,03	15 13
95	118 127	146 169	151 174	2,1 3	107 109	– –	156 179	158 186	2 2,5	0,025 0,03	14 13
100	125 135	155 181	160 186	2,1 3	112 114	– –	165 191	168 201	2 2,5	0,025 0,03	14 13
110	138 149	173 201	179 207	2,1 3	122 124	– –	184 213	188 226	2 2,5	0,025 0,03	14 13
120	151 164	184 216	189 –	2,1 3	132 134	– 158	194 –	203 246	2 2,5	0,025 0,03	14 14
130	160 177	199 233	205 –	3 4	144 147	154 171	– –	216 263	2,5 3	0,025 0,03	15 14
140	190	250	–	4	157	185	–	283	3	0,03	14
150	190 206	229 265	– –	3 4	164 167	185 200	– –	256 303	2,5 3	0,025 0,03	15 14

Łożyska walcowe typu INSOCOAT
d 75 – 120 mm



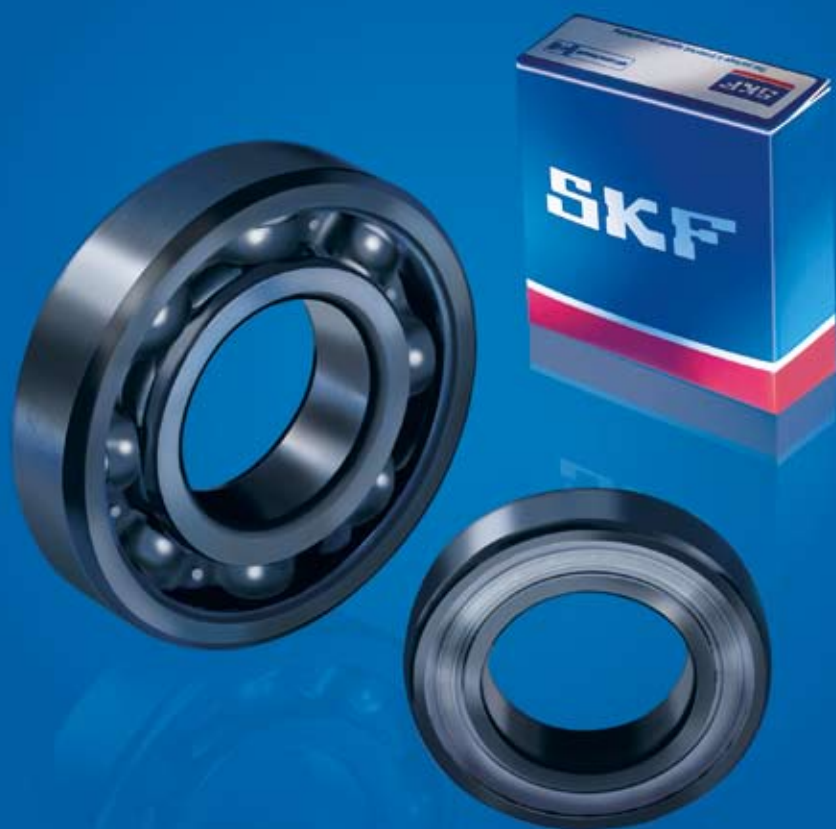
Wymiary główne			Nośność		Granica zmęczenia P _u	Prędkości		Masa	Oznaczenie
d	D	B	dynam. C	stat. C ₀		Nomi- nalna	Gra- niczna		
mm			kN		kN	obr/min		kg	–
75	160	37	280	265	33,5	4 500	5 300	3,30	* NU 315 ECP/VL0241
85	180	41	340	335	41,5	4 000	4 800	5,25	* NU 317 ECM/C3VL0241
90	160	30	208	220	27	4 500	5 000	2,75	* NU 218 ECM/C3VL0241
95	200	45	390	390	46,5	3 600	4 300	7,25	* NU 319 ECM/C3VL0241
110	240	50	530	540	61	3 000	3 400	12,0	* NU 322 ECM/C3VL0241
120	260	55	610	620	69,5	2 800	3 200	15,2	* NU 324 ECM/C3VL0241

* Łożysko SKF Explorer



Wymiary						Wymiary związane z zabudową							Współczynnik obliczeniowy
d	D ₁	F	r _{1,2} min	r _{3,4} min	s ¹⁾	d _a min	d _a max	d _b min	D _a min	D _a max	r _a max	r _b max	k _r
mm						mm							–
75	136	95	2,1	2,1	1,8	87	92	97	141	148	2	2	0,15
85	153	108	3	3	2,3	99	105	111	158	166	2,5	2,5	0,15
90	139	107	2	2	1,8	101	104	110	144	149	2	2	0,15
95	170	121,5	3	3	2,9	109	118	124	175	186	2,5	2,5	0,15
110	201	143	3	3	3	124	139	146	207	226	2,5	2,5	0,15
120	219	154	3	3	3,7	134	150	157	225	246	2,5	2,5	0,15

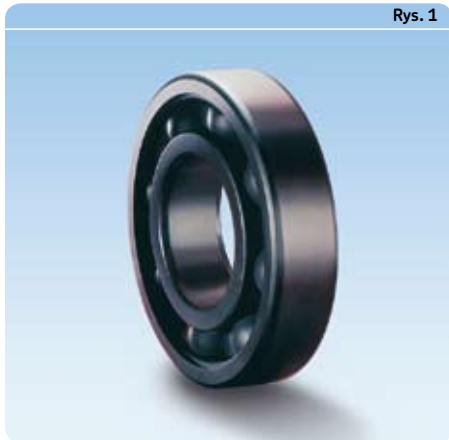
¹⁾ Dopuszczalne przemieszczenie osiowe jednego pierścienia względem drugiego w stosunku do położenia środkowego



Łożyska i zespoły łożyskowe do wysokich temperatur

Łożyska kulkowe zwykłe do wysokich temperatur	923
Wykonanie VA201 do powszechnych zastosowań	923
Wykonanie 2Z/VA201 z blaszками ochronnymi	923
Wykonanie 2Z/VA208 do bardziej wymagających zastosowań	923
Wykonanie 2Z/VA228 do najbardziej wymagających zastosowań	924
Wykonanie 2Z/VA216 do zastosowań w agresywnym środowisku	924
Łożyska typu Y do wysokich temperatur	924
Łożyska typu Y w wykonaniach VA201 i VA228	924
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur	925
Ogólne dane techniczne	926
Wymiary	926
Tolerancje wymiarowe	926
Luz wewnętrzny	926
Niewspółosiowość	926
Prędkości obrotowe	927
Konstrukcja elementów współpracujących	927
Dobór wielkości łożyska	928
Obsługa łożysk	929
Dodatkowe informacje	929
Tablice wyrobów	930
Łożyska kulkowe zwykłe jednorzędowe do wysokich temperatur	930
Łożyska typu Y do wysokich temperatur z wkrętami dociskowymi, na wały metryczne	934
Łożyska typu Y do wysokich temperatur z wkrętami dociskowymi, na wały calowe	935
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami stojącymi, na wały metryczne	936
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami stojącymi, na wały calowe	937
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierзовymi kwadratowymi, na wały metryczne	938
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierзовymi kwadratowymi, na wały calowe	939
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierзовymi owalnymi, na wały metryczne	940
Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierзовymi owalnymi, na wały calowe	941

Rys. 1



Do łożyskowań, które muszą pracować w ekstremalnych temperaturach w zakresie od -150 do $+350$ °C, lub są narażone na bardzo duże różnice temperatur, jak np. w wózkach piecowych, piecach lub systemach przenośników w lakierniach, normalne łożyska toczne nie nadają się. Firma SKF opracowała więc następujące produkty do zastosowań w wysokich temperaturach

- łożyska kulkowe zwykłe (→ rys. 1)
- łożyska typu Y (→ rys. 2)
- zespoły łożyskowe typu Y z oprawami stojącymi (→ rys. 3)
- zespoły łożyskowe typu Y z oprawami kołnierzowymi.

Pozwalają one spełnić tak trudne do pogodzenia wymagania konstruktorów, jak

- zmniejszenie kosztów operacyjnych związanych z pracą maszyn
- wydłużenie okresów międzyobsługowych
- oraz wysoki poziom niezawodności

w tak szerokim zakresie temperatur i trudnych warunkach pracy. Łożyska i zespoły łożyskowe do wysokich temperatur, należące do standardowej oferty SKF, zostały opisane w dalszej części niniejszego rozdziału i wymienione w odpowiednich tablicach wyrobów. Na specjalne zamówienie SKF może także wyprodukować łożyska do pracy w ekstremalnie niskich lub wysokich temperaturach, dostosowane do konkretnych wymagań klienta. W przypadku zapotrzebowania na tego typu produkty prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Rys. 2



Rys. 3



Łożyska kulkowe zwykłe do wysokich temperatur

Konstrukcja łożysk kulkowych zwykłych SKF do wysokich i niskich temperatur jest zbliżona do odpowiadających im standardowych łożysk kulkowych zwykłych jednorzędowych. Nie mają one kanałków do wkładania kulek i mogą przenosić, poza obciążeniami promieniowymi, umiarkowane obciążenia osiowe. Łożyska te charakteryzują się znacznie powiększonym luzem wewnętrznym promieniowym i specjalnymi rozwiązaniami koszyka. Luz wewnętrzny jest czterokrotnie większy niż luz C5, co pozwala zapobiec zakleszczeniu łożysk nawet wówczas, gdy są one gwałtownie chłodzone. Wszystkie powierzchnie tych łożysk oraz blaszki ochronne są fosforanowane manganowo. Powłoka ta zapewnia ochronę przed korozją i poprawia właściwości ruchowe łożyska.

Łożyska kulkowe zwykłe SKF do wysokich temperatur produkowane są wyłącznie w wersji z otworem walcowym i są dostępne w pięciu wariantach wykonania opisanych poniżej.

Wykonanie VA201 do powszechnych zastosowań

Łożyska w wykonaniu VA201 (→ rys. 4a) są nieuszczelnione i mają tłoczony koszyk stalowy. Ich smarowanie zapewnia mieszanka poliglikolu alkenowego i grafitu, która może pracować w temperaturze od -40 do $+250$ °C. W temperaturze powyżej $+200$ °C, występuje smarowanie suche.

Wykonanie 2Z/VA201 z blaszkami ochronnymi

Konstrukcja łożysk w wykonaniu 2Z/VA201 (→ rys. 4b) jest identyczna, jak w przypadku wykonania VA201, ale dodatkowo łożyska te mają blaszki ochronne z obu stron, które chronią wnętrze łożyska przed zanieczyszczeniami stałymi. Ponadto, łożyska w wykonaniu 2Z/VA201 są wypełnione dwukrotnie większą ilością smaru w postaci mieszanki poliglikolu alkenowego i grafitu niż łożyska otwarte w wykonaniu VA201.

Uwaga

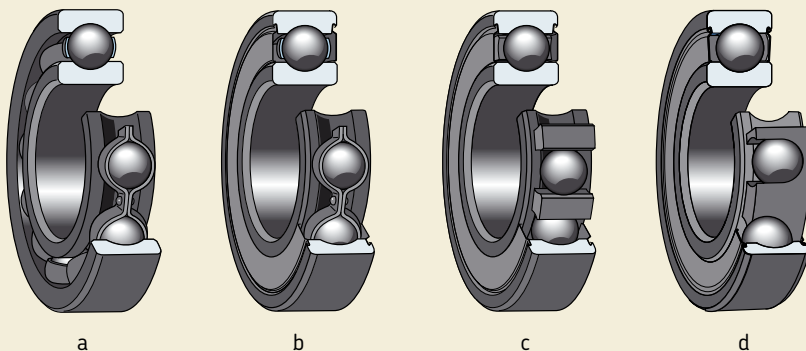
Łożyska w wykonaniu 2Z/VA201 nie są zalecane do zastosowań o charakterze głównie stacjonarnym.

Wykonanie 2Z/VA208 do bardziej wymagających zastosowań

Łożyska te (→ rys. 4c) mają dzielony koszyk grafitowy i mogą pracować w temperaturze od -150 do $+350$ °C. Wkładki grafitowe oddzielają kulki i zapewniają niezbędne smarowanie. Łożyska te są wyposażone w blaszki ochronne, które prowadzą elementy koszyka w kierunku osiowym i zapobiegają przedostawaniu się zanieczyszczeń stałych do wnętrza łożyska. Bardzo małe ilości pudru grafitowego, który oddziela się od wkładek pełniących rolę koszyka, zapewniają łożysku wystarczające smarowanie.

Dodatkową zaletą tych łożysk jest zupełna nieszkodliwość dla środowiska. Nawet w maksymalnej temperaturze pracy, łożyska te nie emitują szkodliwych gazów lub oparów.

Rys. 4



Wykonanie 2Z/VA228 do najbardziej wymagających zastosowań

Łożyska w wykonaniu 2Z/VA228 (→ rys. 4d) są najbardziej zaawansowanym rozwiązaniem SKF do pracy w wysokich temperaturach. Mają one koszyk typu koronowego wykonany z czystego grafitu, co otwiera całe pole nowych zastosowań dla tych łożysk do wysokich temperatur. Grafitowy koszyk koronowy jest unikalnym rozwiązaniem SKF, które pozwala na pracę łożysk z prędkościami do 100 obr/min.

Pozostałe cechy tych łożysk są identyczne, jak dla łożysk w wykonaniu VA208.

Wykonanie 2Z/VA216 do zastosowań w agresywnym środowisku

Do łożyskowań pracujących w szczególnie agresywnym środowisku dobrze nadają się łożyska w wykonaniu 2Z/VA216. Są one wypełnione kremowobiałym smarem do uniwersalnego stosowania na bazie fluorowego oleju polieterowego zmieszanego z PTFE, który może pracować w temperaturach od -40 do $+230$ °C. Pozostałe cechy tych łożysk są identyczne, jak dla łożysk w wykonaniu 2Z/VA201.

Standardowo, wolna przestrzeń w łożysku jest wypełniona smarem w 25 do 35 %. Na zamówienie mogą być dostarczone łożyska z innym stopniem wypełnienia smarem.

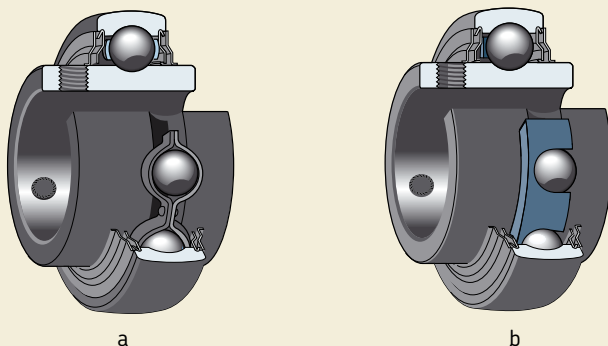
Łożyska typu Y do wysokich temperatur

Oferowane przez SKF łożyska typu Y (samona-stawne) do wysokich temperatur są zbliżone konstrukcyjnie do zwykłych łożysk typu Y serii YAR 2-2FW mocowanych na wale za pomocą wkrętów dociskowych. Łożyska przeznaczone do pracy w ekstremalnie wysokich temperaturach charakteryzują się znacznie powiększonym luzem wewnętrznym promieniowym oraz specjalnymi koszykami i blaszkami ochronnymi. Podobnie jak w przypadku łożysk kulkowych zwykłych do wysokich temperatur, wszystkie powierzchnie łożysk typu Y są fosforanowane manganowo. Powłoka ta zapewnia ochronę przed korozją i poprawia właściwości ruchowe łożyska. Łożyska SKF typu Y do wysokich i niskich temperatur są dostępne w dwóch wariantach wykonania.

Łożyska typu Y w wykonaniach VA201 i VA228

Łożyska typu Y w wykonaniach VA201 (→ rys. 5a) i VA228 (→ rys. 5b) są praktycznie identyczne konstrukcyjnie, jak łożyska kulkowe zwykłe oznaczone tym samym przyrostkiem VA. Inny jest jedynie luz wewnętrzny, który dla łożysk typu Y jest równy tylko dwukrotnemu luzowi C5. Łożyska typu Y są wyposażone w stalowe blaszki ochronne i tarcze odrzutnikowe z obu stron łożyska, które chronią łożysko przed wniknięciem zanieczyszczeń stałych.

Rys. 5



Rys. 6



Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur

Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur mają oprawy wykonane z żeliwa szarego i są dostępne w trzech wariantach wykonania

- jako zespoły z oprawami stojącymi (→ **rys. 6**)
- jako zespoły z oprawami kołnierзовymi kwadratowymi z czterema otworami montażowymi (→ **rys. 7**)
- jako zespoły z oprawami kołnierзовymi owalnymi z dwoma otworami montażowymi (→ **rys. 8**).

Łożyska typu Y wbudowane w te zespoły zostały opisane na poprzedniej stronie.

Oprawy zespołów do wysokich temperatur są zamienne ze standardowymi zespołami typu Y, poza nielicznymi wielkościami, w przypadku których część wymiarów może nieznacznie się różnić. W celu zapewnienia lepszej ochrony przed korozją oprawy są cynkowane i chromionowane na żółto.

Oprawy nie mają smarowniczek, gdyż wbudowane łożyska nie wymagają obsługi. Powierzchnia otworu oprawy jest pokryta pastą smarową, a odpowiednio dobrane tolerancje wymiarowe zapewniają samonastawność nawet w wysokich temperaturach przez cały czas pracy zespołu łożyskowego.

Rys. 7



Rys. 8



OGÓLNE DANE TECHNICZNE

Wymiary

Wymiary główne

- łożysk kulkowych zwykłych są zgodne z ISO 15:1998
- łożysk typu Y są zgodne z ISO 9628:1992
- zespołów łożyskowych typu Y są zgodne z ISO 3228:1993.

Tolerancje wymiarowe

Łożyska kulkowe zwykłe oraz łożyska typu Y są wytwarzane w normalnej klasie dokładności określonej odpowiednio w normach

- ISO 492:2002 (→ **tablica 3, strona 125**) i
- ISO 9628:1992 (→ **tablica 1**).

Ze względu na specjalną obróbkę powierzchnią stosowaną w celu ochrony przed korozją i poprawy właściwości ruchowych, mogą zdarzyć się nieco większe odchyłki niż standardowe. Wszelkie tego typu odchyłki nie mają wpływu na zabudowę i jakość pracy łożysk.

Łożyska typu Y na wały o wymiarach calowych są produkowane w takiej samej dokładności wykonania jak odpowiadające im łożyska na wały metryczne.

Tolerancja położenia osi wału nad powierzchnią podparcia opraw, wymiaru H_1 zespołu łożyskowego, wynosi 0/-0,25 mm.

Luz wewnętrzny

Łożyska kulkowe zwykłe SKF do wysokich temperatur są produkowane z luzem cztery razy większym niż luz C5. Łożyska typu Y oraz zespoły łożyskowe typu Y mają luz równy dwukrotności luzu C5 określonego w normie ISO 5753:1991.

Wartości graniczne luzu dla różnych typów łożysk do wysokich temperatur są podane w **tablicy 2** i odnoszą się do łożysk przed zabudową przy obciążeniu pomiarowym równym zero.

Niewspółosiowość

Dzięki dużemu luzowi wewnętrznemu, łożyska kulkowe zwykłe do wysokich temperatur mogą kompensować niewspółosiowości kątowe pierścienia zewnętrznego względem wewnętrznego rzędu 20 do 30 minut kątowych. Dotyczy to tylko łożysk obracających się powoli, gdyż warunki toczenia występujące w łożysku przy tak znacznej niewspółosiowości są niesprzyjające.

Zespoły łożyskowe typu Y są w stanie kompensować podczas montażu błędy osiowości nawet do 5°.

Tablica 1

Tolerancje wykonania łożysk typu Y

Wymiar nominalny d, D ponad do		Średnica otworu Odchyłka górna dolna		Średnica zewnętrzna Odchyłka górna dolna	
		μm		μm	
18	30	+18	0	-	-
30	50	+21	0	0	-10
50	80	+24	0	0	-10
80	120	+28	0	0	-15

Tablica 2

Luz wewnętrzny promieniowy

Średnica otworu d ponad do		Luz wewnętrzny promieniowy Łożyska kul- kowe zwykłe min max		Łożyska typu Y Zespoły typu Y min max	
		μm		μm	
10	18	80	148	-	-
18	24	100	180	-	-
		112	192	56	96
24	30	120	212	60	106
30	40	160	256	80	128
40	50	180	292	90	146
50	65	220	360	110	180
65	80	260	420	-	-
80	100	300	480	-	-
100	120	360	560	-	-

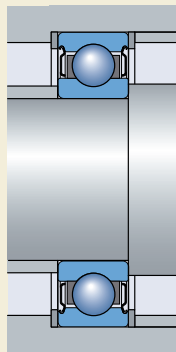
Prędkości obrotowe

Łożyska kulkowe zwykłe oraz łożyska typu Y do wysokich temperatur, produkowane przez SKF w wykonaniach VA201, VA208 i VA228, są przeznaczone do łożyskowań obracających się powoli, tj. z prędkościami rzędu kilku obrotów na minutę. Doświadczenie pokazuje, że łożyska te mogą pracować przez długi czas z prędkościami do 100 obr/min bez konieczności obsługi. Przed zastosowaniem łożysk do wysokich temperatur w łożyskowaniach obracających się z większymi prędkościami zalecamy skontaktować się z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Konstrukcja elementów współpracujących

Dobrze jest podeprzeć blaszki ochronne łożysk kulkowych zwykłych w wykonaniach 2Z/VA228 i 2Z/VA208, ponieważ zapewniają one prowadzenie koszyka grafitowego w kierunku osiowym (→ rys. 9). Zaleca się więc przewidzieć występ oporowy w oprawie lub tuleję dystansową o średnicy otworu mniejszej niż średnica wewnętrzna powierzchni czołowej pierścienia zewnętrznego D2 podana w tablicy wyrobów. Jeżeli nie ma możliwości zastosowania takiego rozwiązania, to należy wstawić, pomiędzy łożysko a występ oporowy w oprawie lub tuleję dystansową, podkładkę oporową o odpowiedniej średnicy wewnętrznej.

Rys. 9



Dobór wielkości łożyska

Wymagana wielkość łożysk i zespołów łożyskowych do wysokich temperatur jest wyznaczana w oparciu o nominalną nośność statyczną C_0 , gdyż łożyska te zwykle obracają się bardzo powoli podczas pracy.

W wysokiej temperaturze spada zdolność łożyska do przenoszenia obciążeń. Należy uwzględnić to zjawisko mnożąc nominalną nośność statyczną C_0 przez współczynnik temperatury f_T .

Wymaganą nominalną nośność statyczną można wyznaczyć ze wzoru

$$C_{0\text{ req}} = 2 P_0 / f_T$$

gdzie

$C_{0\text{ req}}$ = wymagana nominalna nośność statyczna, kN

P_0 = równoważne obciążenie statyczne łożyska, kN

f_T = współczynnik temperatury (→ **tablica 3**)

Równoważne obciążenie statyczne łożyska P_0 obliczamy z zależności

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

gdzie

F_r = rzeczywiste obciążenie promieniowe łożyska, kN

F_a = rzeczywiste obciążenie osiowe łożyska, kN

Tablica 3	
Współczynnik temperatury f_T	
Temperatura robocza	Współczynnik f_T
°C	–
150	1
200	0,95
250	0,9
300	0,8
350	0,64

Przy obliczaniu P_0 należy przyjąć maksymalne obciążenie, jakie może wystąpić i podstawić do powyższego równania jego składowe promieniową i osiową. Jeśli z obliczeń wynika, że $P_0 < F_r$, to należy przyjąć $P_0 = F_r$.

Wymagane wartości nominalnej nośności statycznej $C_{0\text{ req}}$ dla różnych obciążeń i temperatur są podane w **tablicy 4**. Na podstawie wymaganej nominalnej nośności statycznej, wyznaczonej z powyższych wzorów lub odczytanej z **tablicy 4**, można dobrać z tablic wyro-

Tablica 4					
Wymagana nominalna nośność statyczna dla różnych obciążeń i temperatur roboczych					
Obciążenie łożyska P ₀	Wymagana nominalna nośność statyczna C _{0 req} dla temperatury roboczej do				
	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C
kN	kN				
0,5	1	1,05	1,11	1,2	1,56
1	2	2,1	2,22	2,5	3,12
2	4	4,2	4,44	5	6,25
3	6	6,3	6,67	7,5	9,4
4	8	8,4	8,9	10	12,5
5	10	10,5	11,1	12,5	15,6
6	12	12,6	13,3	15	18,8
7	14	14,7	15,5	17,5	21,9
8	16	16,8	17,8	20	25
9	18	18,9	19,9	22,5	28,1
10	20	21	22,2	25	31,3
11	22	23,1	24,5	27,5	34,4
12	24	25,2	26,7	30	37,5
13	26	27,3	29	32,5	40,5
14	28	29,4	31,1	35	44
15	30	31,5	33,3	37,5	47
16	32	33,6	35	40	50
17	34	35,7	37,8	42,5	53
18	36	37,8	40	45	56
19	38	40	42	47,5	60
20	40	42	44,5	50	62,5
22	44	46	49	55	69
24	48	50,5	53	60	75
26	52	54,5	58	65	81
28	56	59	62	70	87,5
30	60	63	66,5	75	94
32	64	67	71	80	—
34	68	71,5	75,5	85	—
36	72	75,5	80	90	—
38	76	80	84,5	85	—
40	80	84	89	—	—
42	84	88,5	9,5	—	—
44	88	92,5	—	—	—

bów odpowiednie łożysko lub zespół łożyskowy typu Y.

Wybrane łożysko lub zespół łożyskowy typu Y powinno mieć wartość C_0 większą lub równą wartości wymaganej.

Obsługa łożysk

Łożyska i zespoły łożyskowe SKF do wysokich temperatur są nasmarowane na cały okres pracy łożyska i dlatego nie ma możliwości ich dosmarowywania. Tylko łożyska kulkowe zwykłe o konstrukcji otwartej w wykonaniu VA201 wymagają przeglądu po około sześciu miesiącach pracy. Wystarczy wówczas otworzyć oprawę, a w przypadku wózków piecowych zdjąć koło z powierzchni osadzenia na osi i usunąć zanieczyszczenia wydmuchując je za pomocą mieszka.

Jeżeli na powierzchni bieżni nie ma już warstewki suchego środka smarowego, o czym świadczy jasny metaliczny ślad, należy ponownie nasmarować łożysko oryginalną czarną pastą smarową do wysokich temperatur, która jest mieszaniną poliglikolu alkilenowego i grafitu.

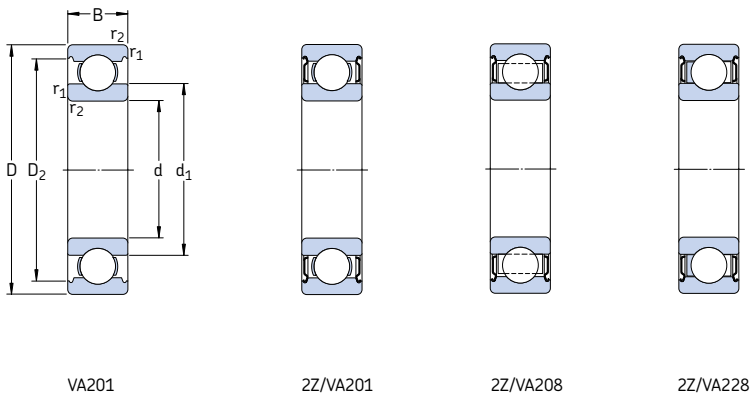
Dodatkowe informacje

W celu uzyskania dodatkowych informacji nt.

- doboru typu łożyska
- doboru wielkości łożyska
- konstrukcji łożyskowania
- montażu i demontażu lub
- obsługi łożysk

prosimy poprosić dystrybutora o odpowiednie materiały informacyjne lub skontaktować się z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

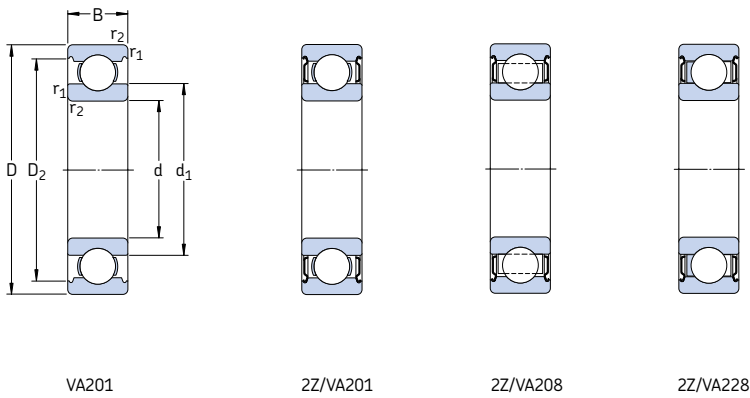
**Łożyska kulkowe zwykłe jednorzędowe
do wysokich temperatur
d 10 – 45 mm**



Wymiary						Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie
d	D	B	d ₁	D ₂	r _{1,2} min			
mm			~	~		kN	kg	–
10	35	11	17,5	28,7	0,6	3,4	0,053	6300-2Z/VA201
12	32	10	18,2	27,4	0,6	3,1	0,037	6201/VA201
	32	10	18,2	27,4	0,6	3,1	0,037	6201-2Z/VA201
	32	10	18,2	27,4	0,6	3,1	0,037	6201-2Z/VA228
15	35	11	21,5	30,4	0,6	3,75	0,045	6202/VA201
	35	11	21,5	30,4	0,6	3,75	0,045	6202-2Z/VA201
	35	11	21,5	30,4	0,6	3,75	0,043	6202-2Z/VA228
17	35	10	22,7	31,2	0,3	3,25	0,039	6003/VA201
	40	12	24,2	35	0,6	4,75	0,065	6203/VA201
	40	12	24,2	35	0,6	4,75	0,065	6203-2Z/VA201
20	40	12	24,2	35	0,6	4,75	0,060	6203-2Z/VA228
	42	12	27,2	37,2	0,6	5	0,068	6004-2Z/VA208
	47	14	28,5	40,6	1	6,55	0,11	6204/VA201
	47	14	28,5	40,6	1	6,55	0,11	6204-2Z/VA201
	47	14	28,5	40,6	1	6,55	0,10	6204-2Z/VA228
	52	15	30,3	44,8	1,1	7,8	0,13	6304/VA201
	52	15	30,3	44,8	1,1	7,8	0,13	6304-2Z/VA201
	52	15	30,3	44,8	1,1	7,8	0,13	6304-2Z/VA208
25	47	12	32	42,2	0,6	6,55	0,08	6005/VA201
	47	12	32	42,2	0,6	6,55	0,08	6005-2Z/VA201
	47	12	32	42,2	0,6	6,55	0,08	6005-2Z/VA208
	52	15	34	46,3	1	7,8	0,13	6205/VA201
	52	15	34	46,3	1	7,8	0,13	6205-2Z/VA201
	52	15	34	46,3	1	7,8	0,12	6205-2Z/VA228
	62	17	36,6	52,7	1,1	11,6	0,23	6305/VA201
	62	17	36,6	52,7	1,1	11,6	0,22	6305-2Z/VA228

Wymiary						Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie
d	D	B	d ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min			
mm						kN	kg	–
30	55	13	38,2	49	1	8,3	0,11	6006-2Z/VA208
	62	16	40,3	54,1	1	11,2	0,20	6206/VA201
	62	16	40,3	54,1	1	11,2	0,20	6206-2Z/VA201
	62	16	40,3	54,1	1	11,2	0,19	6206-2Z/VA208
	62	16	40,3	54,1	1	11,2	0,19	6206-2Z/VA228
	72	19	44,6	61,9	1,1	16	0,35	6306/VA201
	72	19	44,6	61,9	1,1	16	0,34	6306-2Z/VA208
	72	19	44,6	61,9	1,1	16	0,34	6306-2Z/VA228
	72	17	46,9	62,7	1,1	15,3	0,29	6207/VA201
	72	17	46,9	62,7	1,1	15,3	0,29	6207-2Z/VA201
	72	17	46,9	62,7	1,1	15,3	0,28	6207-2Z/VA208
	72	17	46,9	62,7	1,1	15,3	0,28	6207-2Z/VA228
35	80	21	49,5	69,2	1,5	19	0,46	6307/VA201
	80	21	49,5	69,2	1,5	19	0,44	6307-2Z/VA208
	68	15	49,2	61,1	1	11,6	0,17	6008-2Z/VA208
	80	18	52,6	69,8	1,1	19	0,37	6208/VA201
40	80	18	52,6	69,8	1,1	19	0,37	6208-2Z/VA201
	80	18	52,6	69,8	1,1	19	0,35	6208-2Z/VA208
	80	18	52,6	69,8	1,1	19	0,35	6208-2Z/VA228
	90	23	56,1	77,7	1,5	24	0,63	6308/VA201
	90	23	56,1	77,7	1,5	24	0,63	6308-2Z/V201
	90	23	56,1	77,7	1,5	24	0,61	6308-2Z/VA208
	90	23	56,1	77,7	1,5	24	0,61	6308-2Z/VA228
	85	19	57,6	75,2	1,1	21,6	0,41	6209/VA201
45	85	19	57,6	75,2	1,1	21,6	0,41	6209-2Z/VA201
	85	19	57,6	75,2	1,1	21,6	0,39	6209-2Z/VA208
	85	19	57,6	75,2	1,1	21,6	0,39	6209-2Z/VA228
	100	25	62,1	86,7	1,5	31,5	0,83	6309/VA201
	100	25	62,1	86,7	1,5	31,5	0,79	6309-2Z/VA208

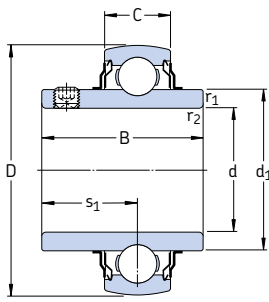
**Łożyska kulkowe zwykłe jednorzędowe
do wysokich temperatur**
d 50 – 120 mm



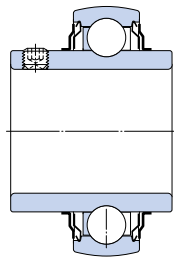
Wymiary						Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie
d	D	B	d ₁	D ₂	r _{1,2} min			
mm						kN	kg	–
50	90	20	62,5	81,7	1,1	23,2	0,46	6210/VA201
	90	20	62,5	81,7	1,1	23,2	0,46	6210-2Z/VA201
	90	20	62,5	81,7	1,1	23,2	0,45	6210-2Z/VA208
	90	20	62,5	81,7	1,1	23,2	0,45	6210-2Z/VA228
	110	27	68,7	95,2	2	38	1,05	6310/VA201
	110	27	68,7	95,2	2	38	1,05	6310-2Z/VA201
	110	27	68,7	95,2	2	38	1,04	6310-2Z/VA208
	110	27	68,7	95,2	2	38	1,04	6310-2Z/VA228
	90	18	66,3	81,5	1,1	21,2	0,38	6011-2Z/VA208
	100	21	69	89,4	1,5	29	0,61	6211/VA201
	100	21	69	89,4	1,5	29	0,61	6211-2Z/VA201
	100	21	69	89,4	1,5	29	0,59	6211-2Z/VA208
	100	21	69	89,4	1,5	29	0,59	6211-2Z/VA228
60	120	29	75,3	104	2	45	1,35	6311/VA201
	120	29	75,3	104	2	45	1,33	6311-2Z/VA208
	110	22	75,5	97	1,5	36	0,78	6212/VA201
	110	22	75,5	97	1,5	36	0,78	6212-2Z/VA201
	110	22	75,5	97	1,5	36	0,74	6212-2Z/VA208
	110	22	75,5	97	1,5	36	0,74	6212-2Z/VA228
	130	31	81,8	113	2,1	52	1,70	6312/VA201
	130	31	81,8	113	2,1	52	1,60	6312-2Z/VA208
65	120	23	83,3	106	1,5	40,5	0,99	6213/VA201
	120	23	83,3	106	1,5	40,5	0,94	6213-2Z/VA208
	120	23	83,3	106	1,5	40,5	0,94	6213-2Z/VA228
	140	33	88,3	122	2,1	60	2,10	6313/VA201
	140	33	88,3	122	2,1	60	2,00	6313-2Z/VA208
	125	24	87	111	1,5	45	1,05	6214/VA201
70	125	24	87	111	1,5	45	1,00	6214-2Z/VA208
	150	35	94,9	130	2,1	68	2,50	6314/VA201
	150	35	94,9	130	2,1	68	2,70	6314-2Z/VA208

Wymiary						Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie
d	D	B	d ₁ ~	D ₂ ~	r _{1,2} min			
mm						kN	kg	–
75	130	25	92	117	1,5	49	1,20	6215/VA201
	130	25	92	117	1,5	49	1,20	6215-2Z/VA201
	130	25	92	117	1,5	49	1,15	6215-2Z/VA208
	130	25	92	117	1,5	49	1,15	6215-2Z/VA228
	160	37	101	139	2,1	76,5	3,00	6315/VA201
	160	37	101	139	2,1	76,5	3,00	6315-2Z/VA208
80	140	26	101	127	2	55	1,35	6216-2Z/VA208
	170	39	108	147	2,1	86,5	3,55	6316-2Z/VA208
85	150	28	106	135	2	64	1,80	6217/VA201
	150	28	106	135	2	64	1,70	6217-2Z/VA208
90	160	30	112	143	2	73,5	2,15	6218-2Z/VA228
95	170	32	118	152	2,1	81,5	2,60	6219/VA201
	170	32	118	152	2,1	81,5	2,60	6219-2Z7/VA201
	170	32	118	152	2,1	81,5	2,45	6219-2Z/VA228
100	150	24	115	139	1,5	54	1,10	6020-2Z/VA208
	180	34	124	160	2,1	93	3,15	6220/VA201
	180	34	124	160	2,1	93	3,00	6220-2Z/VA208
	180	34	124	160	2,1	93	3,00	6220-2Z/VA228
120	180	28	139	166	2	80	1,90	6024-2Z/VA208

Łożyska typu Y do wysokich temperatur
z wkrętami dociskowymi, na wały metryczne
d 20 – 60 mm



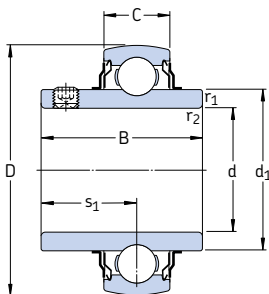
VA201



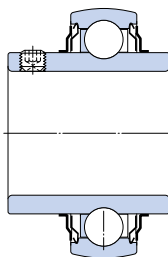
VA228

Wymiary							Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie	
d	D	B	C	d ₁ ~	s ₁	r _{1,2} min			Łożysko z tłoczonym koszykiem stalowym	jednoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
mm							kN	kg	–	
20	47	31	14	28,2	18,3	0,6	6,55	0,14	YAR 204-2FW/VA201	YAR 204-2FW/VA228
25	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	7,8	0,17	YAR 205-2FW/VA201	YAR 205-2FW/VA228
30	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	11,2	0,28	YAR 206-2FW/VA201	YAR 206-2FW/VA228
35	72	42,9	19	46,1	25,4	1	15,3	0,41	YAR 207-2FW/VA201	YAR 207-2FW/VA228
40	80	49,2	21	51,8	30,2	1	19	0,55	YAR 208-2FW/VA201	YAR 208-2FW/VA228
45	85	49,2	22	56,8	30,2	1	21,6	0,60	YAR 209-2FW/VA201	YAR 209-2FW/VA228
50	90	51,6	22	62,5	32,6	1	23,2	0,69	YAR 210-2FW/VA201	YAR 210-2FW/VA228
55	100	55,6	25	69,1	33,4	1	29	0,94	YAR 211-2FW/VA201	YAR 211-2FW/VA228
60	110	65,1	26	75,6	39,7	1,5	36	1,30	YAR 212-2FW/VA201	YAR 212-2FW/VA228

**Łożyska typu Y do wysokich temperatur
z wkrętami dociskowymi, na wały stalowe
d $\frac{3}{4}$ – $2\frac{7}{16}$ in**



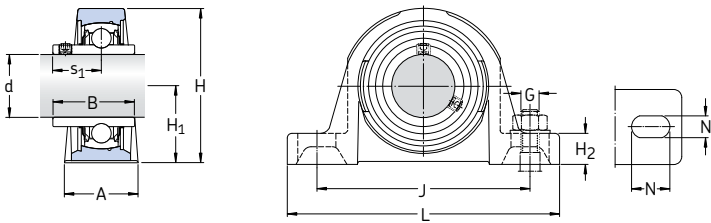
VA201



VA228

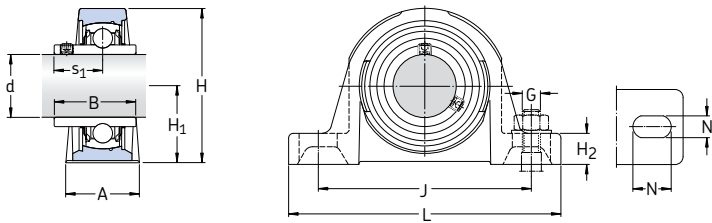
Wymiary							Nominalna nośność statyczna C ₀	Masa	Oznaczenie	
d	D	B	C	d ₁	s ₁	r _{1,2} min			łożysko z tłoczonym koszykiem stalowym	ednocześnie z koszykiem grafitowym typu koronowego
in	mm						kN	kg	–	
$\frac{3}{4}$	47	31	14	28,2	18,3	0,6	6,55	0,14	YAR 204-012-2FW/VA201	YAR 204-012-2FW/VA228
1	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	7,8	0,17	YAR 205-100-2FW/VA201	YAR 205-100-2FW/VA228
$1\frac{3}{16}$	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	11,2	0,27	YAR 206-103-2FW/VA201	YAR 206-103-2FW/VA228
$1\frac{1}{4}$	72	42,9	19	46,1	25,4	1	15,3	0,46	YAR 207-104-2FW/VA201	YAR 207-104-2FW/VA228
$1\frac{7}{16}$	72	42,9	19	46,1	25,4	1	15,3	0,38	YAR 207-107-2FW/VA201	YAR 207-107-2FW/VA228
$1\frac{1}{2}$	80	49,2	21	51,8	30,2	1	19	0,59	YAR 208-108-2FW/VA201	YAR 208-108-2FW/VA228
$1\frac{11}{16}$	85	49,2	22	56,8	30,2	1	21,6	0,66	YAR 209-111-2FW/VA201	YAR 209-111-2FW/VA228
$1\frac{3}{4}$	85	49,2	22	56,8	30,2	1	21,6	0,62	YAR 209-112-2FW/VA201	YAR 209-112-2FW/VA228
$1\frac{15}{16}$	90	51,6	22	62,5	32,6	1	23,2	0,71	YAR 210-115-2FW/VA201	YAR 210-115-2FW/VA228
2	100	55,6	25	69,1	33,4	1	29	0,94	YAR 211-200-2FW/VA201	YAR 211-200-2FW/VA228
$2\frac{3}{16}$	100	55,6	25	69,1	33,4	1	29	0,92	YAR 211-203-2FW/VA201	YAR 211-203-2FW/VA228
$2\frac{7}{16}$	110	65,1	26	75,6	39,7	1,5	36	1,30	YAR 212-207-2FW/VA201	YAR 212-207-2FW/VA228

**Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur
z oprawami stojącymi, na wały metryczne
d 20 – 60 mm**



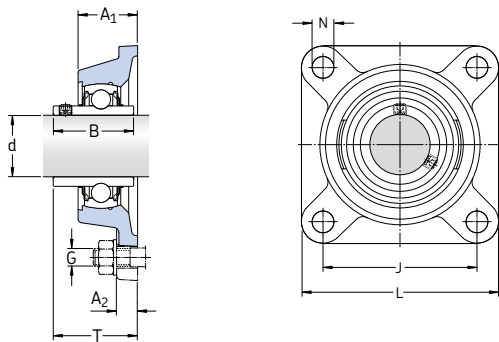
Wymiary													Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A	B	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁				Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	jednoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
mm													kN	kg	–	
20	32	31	64	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	6,55	0,57	0,57	SY 20 TF/VA201	SY 20 TF/VA228
25	36	34,1	70	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	7,8	0,73	0,73	SY 25 TF/VA201	SY 25 TF/VA228
30	40	38,1	82	42,9	16,5	117,5	152	23,5	14	12	22,2	11,2	1,10	1,10	SY 30 TF/VA201	SY 30 TF/VA228
35	45	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	15,3	1,45	1,45	SY 35 TF/VA201	SY 35 TF/VA228
40	48	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	19	1,80	1,80	SY 40 TF/VA201	SY 40 TF/VA228
45	48	49,2	107	54	20,6	143,5	187	22,5	14	12	30,2	21,6	2,20	2,20	SY 45 TF/VA201	SY 45 TF/VA228
50	54	51,6	114	57,2	22	157	203	26	18	16	32,6	23,2	2,70	2,70	SY 50 TF/VA201	SY 50 TF/VA228
55	60	55,6	127	63,5	23,8	171,5	219	27,5	18	16	33,4	29	3,60	3,60	SY 55 TF/VA201	SY 55 TF/VA228
60	60	65,1	139,7	69,9	26	190,5	240	29	18	16	39,7	36	4,45	4,45	SY 60 TF/VA201	SY 60 TF/VA228

**Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur
z oprawami stojącymi, na wały całowe**
d 3/4 – 2 7/16 in



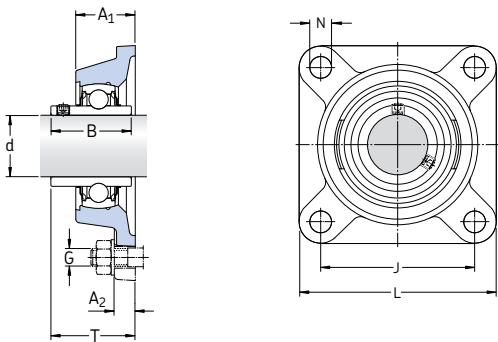
Wymiary													Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A	B	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁				Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	jednocześnie z koszykiem grafitowym typu koronowego
in	mm												kN	kg	–	
3/4	32	31	64	33,3	14	97	127	20,5	11,5	10	18,3	6,55	0,57		SY 3/4 TF/VA201	SY 3/4 TF/VA228
1	36	34,1	70	36,5	16	102	130	19,5	11,5	10	19,8	7,8	0,73		SY 1. TF/VA201	SY 1. TF/VA228
1 3/16	40	38,1	82	42,9	17	117,5	152	23,5	14	12	22,2	11,2	1,10		SY 1.3/16 TF/VA201	SY 1.3/16 TF/VA228
1 1/4	45	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	15,3	1,45		SY 1.1/4 TF/VA201	SY 1.1/4 TF/VA228
1 7/16	45	42,9	93	47,6	19	126	160	21	14	12	25,4	15,3	1,45		SY 1.7/16 TF/VA201	SY 1.7/16 TF/VA228
1 1/2	48	49,2	99	49,2	19	135,5	175	24,5	14	12	30,2	19	1,80		SY 1.1/2 TF/VA201	SY 1.1/2 TF/VA228
1 11/16	48	49,2	107	54	20,6	143,5	187	22,5	14	12	30,2	21,6	2,2		SY 1.11/16 TF/VA201	SY 1.11/16 TF/VA228
1 3/4	48	49,2	107	54	20,6	143,5	187	22,5	14,5	12	30,2	21,6	2,20		SY 1.3/4 TF/VA201	SY 1.3/4 TF/VA228
1 15/16	54	51,6	114	57,2	22	157	203	26	18	16	32,6	23,2	2,70		SY 1.15/16 TF/VA201	SY 1.15/16 TF/VA228
2	60	55,6	127	63,5	23,8	171,5	219	27,5	18	16	33,4	29	3,60		SY 2. TF/VA201	SY 2. TF/VA228
2 3/16	60	55,6	127	63,5	23,8	171,5	219	27,5	18	16	33,4	29	3,55		SY 2.3/16 TF/VA201	SY 2.3/16 TF/VA228
2 7/16	60	65,1	139,7	69,9	26	190,5	240	29	18	16	39,7	36	4,45		SY 2.7/16 TF/VA201	SY 2.7/16 TF/VA228

Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierzowymi kwadratowymi, na wały metryczne
d 20 – 60 mm



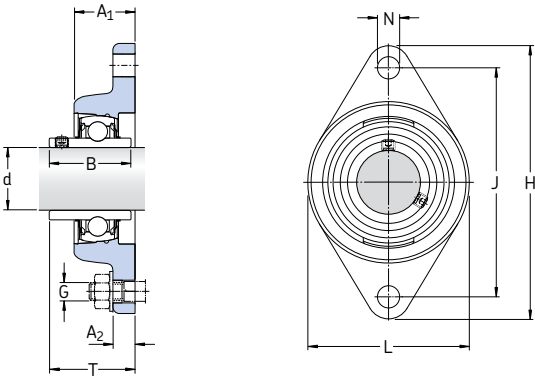
Wymiary									Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A ₁	A ₂	B	J	L	N	G	T			Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	jednoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
mm									kN	kg	–	
20	29,5	11	31	63,5	86	11,1	10	37,3	6,55	0,60	FY 20 TF/VA201	FY 20 TF/VA228
25	30	12	34,1	70	95	12,7	10	38,8	7,8	0,77	FY 25 TF/VA201	FY 25 TF/VA228
30	32,5	13	38,1	82,5	108	12,7	10	42,2	11,2	1,10	FY 30 TF/VA201	FY 30 TF/VA228
35	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 35 TF/VA201	FY 35 TF/VA228
40	38,5	14	49,2	101,5	130	14,3	12	54,2	19	1,90	FY 40 TF/VA201	FY 40 TF/VA228
45	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 45 TF/VA201	FY 45 TF/VA228
50	43	15	51,6	111	143	15,9	14	60,6	23,2	2,50	FY 50 TF/VA201	FY 50 TF/VA228
55	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,60	FY 55 TF/VA201	FY 55 TF/VA228
60	52	17	65,1	143	175	19	16	73,7	36	4,60	FY 60 TF/VA201	FY 60 TF/VA228

Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierзовymi kwadratowymi, na wały całowe
d 3/4 – 2 7/16 in



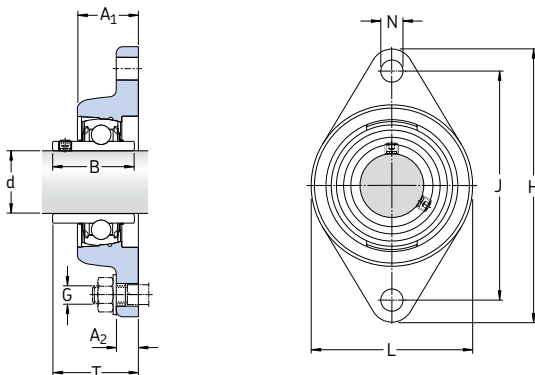
Wymiary									Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A ₁	A ₂	B	J	L	N	G	T			Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	jedenoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
in	mm								kN	kg	–	
3/4	29,5	11	31	63,5	86	11,1	10	37,3	6,55	0,60	FY 3/4 TF/VA201	FY 3/4 TF/VA228
1	30	12	34,1	70	95	12,7	10	38,8	7,8	0,77	FY 1. TF/VA201	FY 1. TF/VA228
1 3/16	32,5	13	38,1	82,5	108	12,7	10	42,2	11,2	1,10	FY 1.3/16 TF/VA201	FY 1.3/16 TF/VA228
1 1/4	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 1.1/4 TF/VA201	FY 1.1/4 TF/VA228
1 7/16	34,5	13	42,9	92	118	14,3	12	46,4	15,3	1,40	FY 1.7/16 TF/VA201	FY 1.7/16 TF/VA228
1 1/2	38,5	14	49,2	101,5	130	14,3	12	54,2	19	1,90	FY 1.1/2 TF/VA201	FY 1.1/2 TF/VA228
1 11/16	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 1.11/16 TF/VA201	FY 1.11/16 TF/VA228
1 3/4	39	14	49,2	105	137	15,9	14	54,2	21,6	2,10	FY 1.3/4 TF/VA201	FY 1.3/4 TF/VA228
1 15/16	43	15	51,6	111	143	15,9	14	60,6	23,2	2,50	FY 1.15/16 TF/VA201	FY 1.15/16 TF/VA228
2	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,75	FY 2. TF/VA201	FY 2. TF/VA228
2 3/16	47,5	16	55,6	130	162	19	16	64,4	29	3,70	FY 2.3/16 TF/VA201	FY 2.3/16 TF/VA228
2 7/16	52	17	65,1	143	175	19	16	73,7	36	4,50	FY 2.7/16 TF/VA201	FY 2.7/16 TF/VA228

Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami kołnierzowymi owalnymi, na wały metryczne
d 20 – 55 mm



Wymiary										Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A ₁	A ₂	B	H	J	L	N	G	T			Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	jednoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
mm										kN	kg	—	
20	24,6	11	31	112	89,7	60,3	11,1	10	32,6	6,55	0,50	FYT 20 TF/VA201	FYT 20 TF/VA228
25	30	12	34,1	124	98,9	70	12,7	10	38,8	7,8	0,63	FYT 25 TF/VA201	FYT 25 TF/VA228
30	32,5	13	38,1	141,5	116,7	83	12,7	10	42,2	11,2	0,93	FYT 30 TF/VA201	FYT 30 TF/VA228
35	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,25	FYT 35 TF/VA201	FYT 35 TF/VA228
40	38,5	14	49,2	171,5	143,7	102	14,3	12	54,2	19	1,65	FYT 40 TF/VA201	FYT 40 TF/VA228
45	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 45 TF/VA201	FYT 45 TF/VA228
50	43	15	51,6	189	157,2	116	15,9	14	60,6	23,2	2,15	FYT 50 TF/VA201	FYT 50 TF/VA228
55	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,30	FYT 55 TF/VA201	FYT 55 TF/VA228

**Zespoły łożyskowe typu Y do wysokich temperatur z oprawami
kołnierzowymi owalnymi, na wały całowe**
d $\frac{3}{4}$ – 2 $\frac{3}{16}$ in



Wymiary										Nomi- nalna nośność stat. C ₀	Masa	Oznaczenia	
d	A ₁	A ₂	B	H	J	L	N	G	T			Zespół łożyskowy typu Y z tłoczonym koszykiem stalowym	Y z jednoczęściowym koszykiem grafitowym typu koronowego
in	mm									kN	kg	–	
3/4	24,6	11	31	112	89,7	60,5	11,1	10	32,6	6,55	0,50	FYT 3/4 TF/VA201	FYT 3/4 TF/VA228
1	30	12	34,1	124	98,9	70	12,7	10	38,8	7,8	0,63	FYT 1. TF/VA201	FYT 1. TF/VA228
1 3/16	32,5	13	38,1	141,5	116,7	83	12,7	10	42,2	11,2	0,93	FYT 1.3/16 TF/VA201	FYT 1.3/16 TF/VA228
1 1/4	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,25	FYT 1.1/4 TF/VA201	FYT 1.1/4 TF/VA228
1 7/16	34,5	13	42,9	156	130,2	96	14,3	12	46,4	15,3	1,20	FYT 1.7/16 TF/VA201	FYT 1.7/16 TF/VA228
1 1/2	38,5	14	49,2	171,5	143,7	102	14,3	12	54,2	19	1,65	FYT 1.1/2 TF/VA201	FYT 1.1/2 TF/VA228
1 11/16	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 1.11/16 TF/VA201	FYT 1.11/16 TF/VA228
1 3/4	39	14	49,2	178,5	148,5	111	15,9	14	54,2	21,6	1,80	FYT 1.3/4 TF/VA201	FYT 1.3/4 TF/VA228
1 15/16	43	15	51,6	189	157,2	116	15,9	14	60,6	23,2	2,15	FYT 1.15/16 TF/VA201	FYT 1.15/16 TF/VA228
2	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,30	FYT 2. TF/VA201	FYT 2. TF/VA228
2 3/16	47,6	20,6	55,6	215,9	184,2	127	19	16	62,8	29	3,25	FYT 2.3/16 TF/VA201	FYT 2.3/16 TF/VA228



Łożyska typu NoWear®

Łożyska typu NoWear®	944
Łożyska NoWear® w wykonaniu L5DA	944
Łożyska NoWear® w wykonaniu L7DA	944
Zastosowania łożysk NoWear®	946
Wydłużenie trwałości dzięki łożyskom NoWear®	946
Ogólne dane techniczne	946
Wymiary, tolerancje wymiarowe, luz wewnętrzny	946
Obciążalność	947
Materiał na powłoki NoWear®	947
Smarowanie łożysk NoWear®	947

Łożyska typu NoWear

W dzisiejszych czasach, gdy zwiększanie wydajności pracy oznacza większe prędkości obrotowe, wyższe temperatury robocze oraz rzadziej przeprowadzane czynności obsługowe, oczekuje się od łożysk, że będą przekraczać kiedyś ustalone bariery. Nowe, zaawansowane zastosowania stawiają łożyskom coraz wyższe wymagania, zwłaszcza jeśli chodzi o ekstremalne warunki pracy, w których występuje niebezpieczeństwo zacierania, smarowania granicznego, nagłych zmian obciążenia, małych obciążeń lub wysokich temperatur roboczych.

Żeby sprostać tak trudnym warunkom pracy, powierzchnie styku w łożysku mogą być pokryte specjalną powłoką ceramiczną charakteryzującą się małym tarciem. Powłoka ta, o nazwie handlowej NoWear, została opracowana przez SKF specjalnie z myślą o łożyskach tocznych i jest chroniona patentem.

Łożyska typu NoWear®

Stosowanie łożysk typu NoWear ma sens wówczas, gdy zwykłe łożyska ulegają przedwczesnym uszkodzeniom ze względu na trudne warunki pracy. Łożyska NoWear są w stanie wytrzymać dłuższe okresy pracy w warunkach niewystarczającego smarowania, nagłe zmiany obciążenia i prędkości, drgania oraz ruchy oscylacyjne.

Łożyska NoWear otwierają zupełnie nowe perspektywy dla istniejących łożyskowań pracujących w ciężkich warunkach roboczych bez konieczności wprowadzania poważnych zmian konstrukcyjnych oraz dają konstruktorom większą swobodę przy projektowaniu nowych rozwiązań. Łożyska te sprawdziły się już w tak różnych ekstremalnych zastosowaniach, jak np.: maszyny papiernicze, urządzenia pracujące w warunkach morskich, wentylatory, sprężarki, pompy hydrauliczne i silniki.

Większość łożysk kulkowych i wałeczkowych SKF można wyprodukować w wykonaniach NoWear, opisanych poniżej i przedstawionych w **tablicy 1**. Na zamówienie dostępne są inne warianty wykonania.

Łożyska NoWear® w wykonaniu L5DA

Najbardziej popularnym wariantem wykonania łożysk NoWear jest L5DA. Łożyska te charakteryzują się powlekаныmi elementami tocznymi (→ **rys. 1**) i nadają się do zastosowań, w których

Rys. 1



Rys. 2



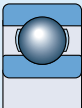
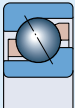
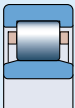
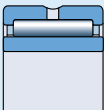
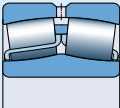
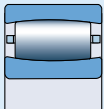
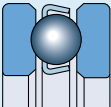
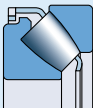
obciążenie łożyska jest małe lub średnie, lub występują drgania albo ruchy oscylacyjne.

Łożyska NoWear® w wykonaniu L7DA

W łożyskach NoWear w wykonaniu L7DA powlekane są elementy toczne oraz bieżnia (e) pierścienia wewnętrznego (→ **rys. 2**). Ten wariant wykonania szczególnie nadaje się do zastosowań, w których niezbędna jest odporność na zużycie ścierne lub występują duże obciążenia.

Tablice 1

Zakres produkcyjny łożysk typu NoWear

Rodzaj łożyska Symbol	Zakres ¹⁾	Dostępne warianty wykonania	
		Powlekane elementy toczne	Powlekane elementy toczne i bieżnie pierścienia wewnętrznego
	Łożyska kulkowe zwykłe – średnica otworu $d = 15 - 140$ mm	L5DA	L7DA
	Łożyska kulkowe skośne – średnica otworu $d = 15 - 140$ mm	L5DA	L7DA
	Łożyska walcowe – średnica otworu $d = 15 - 220$ mm – średnica otworu d ponad 220 mm	L5DA L5DA	L7DA –
	Łożyska igiełkowe – średnica otworu $d = 15 - 220$ mm – średnica otworu d ponad 220 mm	L5DA L5DA	L7DA –
	Łożyska baryłkowe – średnica otworu $d = 15 - 220$ mm – średnica otworu d ponad 220 mm	L5DA L5DA	L7DA –
	Łożyska toroidalne CARB – średnica otworu $d = 15 - 220$ mm – średnica otworu d ponad 220 mm	L5DA L5DA	L7DA –
	Łożyska kulkowe wzdłużne – średnica otworu $d = 15 - 110$ mm	L5DA	–
	Łożyska baryłkowe wzdłużne – cały zakres średnic otworu	L5DA	–

¹⁾ Podane zakresy średnic otworu są tylko orientacyjne. Rzeczywista dostępność może być inna dla różnych serii wymiarowych. Szczegółowych informacji udziela oddział SKF

Zastosowania łożysk NoWear®

W przypadku bardzo wymagających rozwiązań, w których mają zostać zastosowane łożyska NoWear, zazwyczaj przy doborze łożyska należy wziąć pod uwagę kilka parametrów roboczych. Łożyska powlekane typu NoWear należy więc dobierać w porozumieniu z doradcami technicznymi SKF.

Poniższe zalecenia mają na celu przedstawić nie rodzajów zastosowań, w których wykorzystanie łożysk typu NoWear może przynieść spodziewane korzyści.

W przypadku, gdy łożyska walcowe, igiełkowe, baryłkowe lub toroidalne pracują z bardzo dużymi prędkościami przy niezbyt dużych obciążeniach, zalecamy zastosować łożyska NoWear w wykonaniu L5DA wszędzie tam, gdzie trwałość obliczeniowa standardowych łożysk jest niewystarczająca.

Stosując łożyska NoWear w wykonaniu L5DA można wydłużyć okresy pracy smaru do wymiany bez negatywnego wpływu na trwałość eksploatacyjną łożyska. Zachowując dotychczasowe okresy pracy smaru do wymiany, można natomiast zwiększyć prędkość roboczą.

Łożyska wykonujące ruchy oscylacyjne lub narażone na drgania pochodzące z zewnątrz mogą ulec przedwczesnemu zużyciu z powodu niedostatecznego smarowania. W takich warunkach SKF także zaleca stosowanie łożysk w wykonaniu L5DA. W ekstremalnych przypadkach jeszcze lepsze rezultaty daje zastosowanie łożysk w wykonaniu L7DA.

W warunkach roboczych, w których lepkość środka smarowego jest zbyt mała ($\kappa < 1$) i nie można dobrać bardziej odpowiedniego środka smarowego, zastosowanie łożysk NoWear pozwala wydłużyć trwałość łożyskowania i uzyskać wymaganą niezawodność. Zazwyczaj wystarczają wówczas łożyska NoWear w wykonaniu L5DA. W przypadku bardzo specyficznych warunków smarowania, np. gdy łożyska smarowane są przetwarzanymi płynami, należy zastosować bardziej zaawansowane wykonanie L7DA.

W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji nt. łożysk NoWear prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Wydłużenie trwałości dzięki łożyskom NoWear®

Łożyska NoWear nadają się do zastosowań, w których grubość filmu smarowego jest niewystarczająca do prawidłowej pracy łożyska, tzn. gdy $\kappa < 1$. Do obliczania trwałości łożysk NoWear należy stosować ten sam algorytm, co dla zwykłych łożysk tocznych, przyjmując tylko $\kappa = 1$.

Poprawa trwałości eksploatacyjnej, wynikająca z przejścia na łożyska NoWear w warunkach małych obciążeń i wysokich prędkości obrotowych, zależy od konkretnego przypadku, ale z doświadczenia wiadomo, że można spodziewać się kilkukrotnego wydłużenia trwałości. Dokładne obliczenie trwałości eksploatacyjnej łożyska w tych warunkach jest jednak bardzo trudne.

Dla łożysk smarowanych smarami plastycznymi i pracujących z prędkościami bliskimi prędkości nominalnej a nawet wyższymi lub w wysokich temperaturach, powodujących skrócenie okresu żywotności smaru, zastosowanie łożysk w wykonaniu NoWear pozwala wydłużyć okresy pracy smaru do wymiany nawet do 15 razy w zależności od konkretnych warunków pracy.

Kiedy chcemy wydłużyć trwałość łożyskowania, w których występują duże obciążenia i śladowe smarowanie, zastosowanie łożysk NoWear może być dobrym rozwiązaniem. Powłoka NoWear nie może ochronić łożyska przed łuszczeniem się bieżni wynikającym ze zużycia zmęczeniowego pod wpływem stale działającego dużego obciążenia. Przy tego typu obciążeniach, maksymalne naprężenia ścinające w pierścieniu łożyskowym występują pod powierzchnią powlekanej bieżni. Sam pierścień nadal jest bowiem wykonany ze stali łożyskowej, której właściwości są zbliżone do zwykłych gatunków stali. W przypadku tego typu zastosowań prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Ogólne dane techniczne

Wymiary, tolerancje wymiarowe, luz wewnętrzny

Wymiary główne, tolerancje wymiarowe oraz luz wewnętrzny łożysk NoWear są identyczne, jak ich odpowiedników w wykonaniu standardowym.

Obciążalność

Nominalne nośności statyczna i dynamiczna łożysk NoWear są identyczne, jak dla łożysk standardowych.

Materiał na powłoki NoWear®

Proces naparowywania próżniowego umożliwia nałożenie ceramicznej powłoki, która charakteryzuje się małym tarcie. Powlekane w ten sposób powierzchnie łożyska zachowują sprężystość materiału rdzenia, ale jednocześnie charakteryzują się twardością, niskim współczynnikiem tarcia i odpornością na ścieranie, które to parametry są typowe dla powłok NoWear. Podczas pracy dochodzi do przenoszenia się mikroskopijnych ilości materiału powłoki na współpracującą powierzchnię. Zjawisko to oraz obojętność chemiczna materiału powłoki zmniejszają tarcie oraz poprawiają odporność na zużycie ścierne i zacieranie także w łożyskach, w których powlekane są tylko elementy toczne.

Najważniejsze właściwości powłoki NoWear zostały podane w **tablicy 2**.

Smarowanie łożysk NoWear®

Przy smarowaniu łożysk NoWear obowiązują zasadniczo takie same wytyczne, jak dla normalnych łożysk (→ rozdział „Smarowanie”, zaczynający się na **stronie 229**). Łożyska typu NoWear będą jednak pracować niezawodnie nawet wówczas, gdy nie istnieje film smarowy skutecznie oddzielający współpracujące powierzchnie ($\kappa < 1$). Powłoka NoWear zapobiega wówczas bezpośredniemu kontaktowi metal-metal w strefie styku elementów tocznych z pierścieniami łożyska. Warto wspomnieć, że stosując powłoki NoWear można ograniczyć zawartość dodatków typu EP i AW w środku smarowym, ponieważ sama powłoka skutecznie spełnia funkcję wspomnianych dodatków.

Łożyska NoWear nie są przeznaczone do zastosowań w warunkach próżni lub w łożyskowaniach pracujących na sucho.

Tablica 2

Właściwości warstwy NoWear

Materiał powłoki	NoWear
Twardość	1 200 HV10
Grubość powłoki – zależna od wielkości łożyska (µm)	1 ... 3
Współczynnik tarcia – poślizg na sucho po stali	0,1 ... 0,2
Maksymalna temperatura robocza ¹⁾ – powłoka NoWear	+350 °C

¹⁾ Powłoka NoWear wytrzymuje temperaturę do +350 °C. W większości wypadków o granicznej temperaturze pracy decydują parametry stali, z której wykonane jest łożysko. W celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji prosimy o kontakt z Działem Doradztwa Technicznego SKF



Łożyska i zespoły łożyskowe z wypełnieniem Solid Oil

Łożyska i zespoły łożyskowe z wypełnieniem Solid Oil	950
Cechy charakterystyczne Solid Oil	951
Dane techniczne	952
Wymiary, tolerancje wymiarowe i luz wewnętrzny.....	952
Obciążalność.....	952
Obciążenie minimalne.....	952
Prędkości graniczne	952
Właściwości oleju	953

W przypadku większości zastosowań tradycyjne smary plastyczne i oleje smarowe zapewniają prawidłowe smarowanie łożysk gwarantując jednocześnie akceptowalną trwałość eksploatacyjną. Są jednak takie przypadki, gdzie brak dostępu do łożyskowania sprawia, że praktycznie nie ma możliwości wymiany smaru lub wymagana jest dobra ochrona przed wnikiem zanieczyszczeń. Solid Oil – trzeci środek smarowy – może być wówczas odpowiedzią, gdyż zapewnia smarowanie na cały okres eksploatacji i dobre uszczelnienie łożyska.

Wypełnienie Solid Oil z powodzeniem sprawdziło się w urządzeniach podnośnikowych pracujących na zewnątrz, jak np. dźwigi i suwnice, w przypadku pionowo ustawionych wałów oraz w łożyskowaniach, do których dostęp w celu wymiany smaru jest niemożliwy.

Łożyska i zespoły łożyskowe z wypełnieniem Solid Oil

Większość łożysk kulkowych i wałeczkowych SKF oraz zespołów łożyskowych (→ **rys. 1**) może być dostarczona z wypełnieniem Solid Oil. W oznaczeniu tych wyrobów znajduje się przyrostek W64.

Łożyska, których koszyki wykonane z poliamidu lub mosiądzu zajmują dużą objętość gorzej nadają się do zastosowania wypełnienia Solid Oil. Ograniczenie to dotyczy także łożysk toroidalnych CARB, które po wypełnieniu Solid Oil tracą możliwość kompensacji przemieszczenia osiowego.

Rys. 1



Cechy charakterystyczne Solid Oil

Wypełnienie Solid Oil składa się z polimerowej matrycy, która jest nasączona olejem smarowym.

W strukturze materiału polimerowego występują bardzo liczne mikropory, które utrzymują olej smarowy. Zagłębienia te są tak małe, że olej pozostaje w nich dzięki zjawisku napięcia powierzchniowego. Wagowo, olej stanowi 70 % wypełnienia.

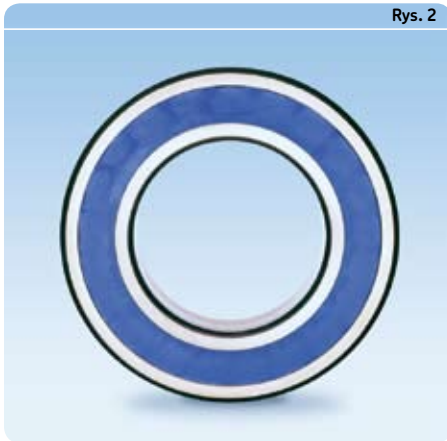
W wypełnieniu Solid Oil standardowo stosowany jest wysokiej jakości olej mineralny, który spełnia wymagania większości zastosowań.

Polimer nasączony olejem jest wtłaczany pod ciśnieniem do wnętrza łożyska. Podczas tego procesu tworzą się wąskie szczeliny wokół elementów tocznych i bieżni, dzięki którym elementy łożyska mogą swobodnie obracać się. Olej, którego niewielkie ilości przesączają się do tych szczelin, zapewnia prawidłowe smarowanie już od momentu rozruchu łożyska. Masa Solid Oil całkowicie wypełnia przestrzeń wewnątrz łożyska i zakrywa koszyk z elementami tocznymi. Wypełnienie Solid Oil wykorzystuje koszyk jako element wzmacniający i obraca się razem z nim.

Solid Oil utrzymuje olej wewnątrz łożyska i pozwala wydzielić do smarowania większą jego ilość niż smar plastyczny. Powierzchnie metalowe ślizgające się po wypełnieniu Solid Oil są oddzielone od tworzywa ciągłym filmem olejowym o równomiernej grubości. Niewielki wzrost temperatury powoduje wypychanie oleju z matrycy polimerowej na zewnątrz, ponieważ współczynnik rozszerzalności cieplnej oleju jest większy niż matrycy polimerowej. Wraz ze wzrostem temperatury spada też lepkość oleju. Gdy łożysko zatrzymuje się, matryca polimerowa wchłania nadmiar oleju.

Ponadto, wypełnienie Solid Oil jest przyjazne dla środowiska i nie dopuszcza zanieczyszczeń do wnętrza łożyska nawet wówczas, gdy łożysko nie ma uszczelnień (→ rys. 2). W przypadku zastosowań, w których szczególnie ważna jest ochrona przed zanieczyszczeniami zaleca się stosować łożyska z wypełnieniem Solid Oil i zintegrowanymi uszczelnieniami stykowymi. Niezależnie jednak od tego czy łożyska są uszczelnione, czy też nie, nie wymagają one obsługi, ponieważ nie ma potrzeby wymiany smaru.

Rys. 2



Dane techniczne

Wymiary, tolerancje wymiarowe i luz wewnętrzny

Wymiary główne, tolerancje wymiarowe i luz wewnętrzny łożysk lub zespołów łożyskowych z wypełnieniem Solid Oil są identyczne, jak ich odpowiedników w wykonaniu standardowym.

Obciążalność

Nominalne nośności statyczna i dynamiczna łożysk Solid Oil są identyczne, jak dla odpowiadających im łożysk standardowych.

Obciążenie minimalne

W celu zapewnienia prawidłowej pracy, łożyska lub zespoły łożyskowe z wypełnieniem Solid Oil, podobnie jak standardowe łożyska, muszą być zawsze poddane działaniu pewnego obciążenia minimalnego, które powinno być nieco większe niż dla standardowych łożysk lub zespołów łożyskowych. Zalecenia dotyczące obliczeń wymaganego obciążenia minimalnego dla różnych rodzajów łożysk zostały podane we wstępach do poszczególnych tablic wyrobów.

Prędkości graniczne

Prędkości graniczne dla łożysk Solid Oil można wyznaczyć na podstawie podanych w **tablicy 1** maksymalnych wartości współczynnika prędkości

$$A = n \cdot d_m$$

gdzie

A = współczynnik prędkości, mm/min

n = prędkość obrotowa, obr/min

d_m = średnia średnica łożyska
= 0,5 (d + D), mm

Prędkości graniczne wynikające z podanych wartości współczynnika A dotyczą łożysk otwartych (nieuszczelnionych). Dla łożysk uszczelnionych należy przyjąć prędkości równe 80 % podanych wartości.

Należy pamiętać, że im większa prędkość, tym wyższa temperatura robocza. W przypadku łożyska pracującego w wyższej temperaturze może zajść konieczność ograniczenia prędkości, aby nie została przekroczona maksymalna temperatura pracy wypełnienia Solid Oil.

Tablica 1

Prędkości graniczne	
Rodzaj łożyska	Współczynnik prędkości A
Łożyska kulkowe zwykłe	
– jednorzędowe	300 000
– dwurzędowe	40 000
Łożyska kulkowe skośne	
– z tłoczonym koszykiem stalowym	150 000
– z koszykiem z poliamidu 6,6	40 000
Łożyska kulkowe wahlwe	
– z tłoczonym koszykiem stalowym	150 000
– z koszykiem z poliamidu 6,6	40 000
Łożyska walcowe	
– z tłoczonym koszykiem stalowym	150 000
– z koszykiem z poliamidu 6,6	40 000
Łożyska stożkowe	45 000
Łożyska barytkowe	
– w wykonaniu E	42 500
– w wykonaniu CC	85 000
Łożyska i zespoły łożyskowe typu Y	40 000

W przypadku, gdy łożyska Solid Oil mają pracować w ekstremalnych warunkach, zasadniczo zalecamy zasięgnąć porady lub skorzystać ze wsparcia doradców technicznych SKF.

Właściwości oleju

W wypełnieniach typu Solid Oil stosowany jest wysokiej jakości olej syntetyczny. Jego najważniejsze właściwości zostały podane w **tablicy 2**.

Można też z powodzeniem stosować oleje o innej lepkości, np. specjalne oleje dla przemysłu spożywczego, do pracy w warunkach, w których występują bardzo duże obciążenia lub niskie temperatury. Do wypełnienia Solid Oil można też dodawać różnego typu dodatki, jak np. inhibitory korozji, zapewniające dodatkową ochronę.

Przed wyborem typu oleju i złożeniem zamówienia prosimy skontaktować się z Działem Doradztwa Technicznego SKF.

Tablica 2

Standardowy olej do wypełnień Solid Oil

Właściwość	Solid Oil
Lepkość kinematyczna	
w temp. 40 °C	140 mm ² /s
w temp. 100 °C	19 mm ² /s
Temperatury dopuszczalne¹⁾	
– przy pracy ciągłej	+85 °C
– przy pracy chwilowej	+95 °C
– minimalna przy rozruchu	–40 °C

¹⁾ Łożyska z wypełnieniem Solid Oil można podgrzewać podczas montażu do temperatury +100 °C