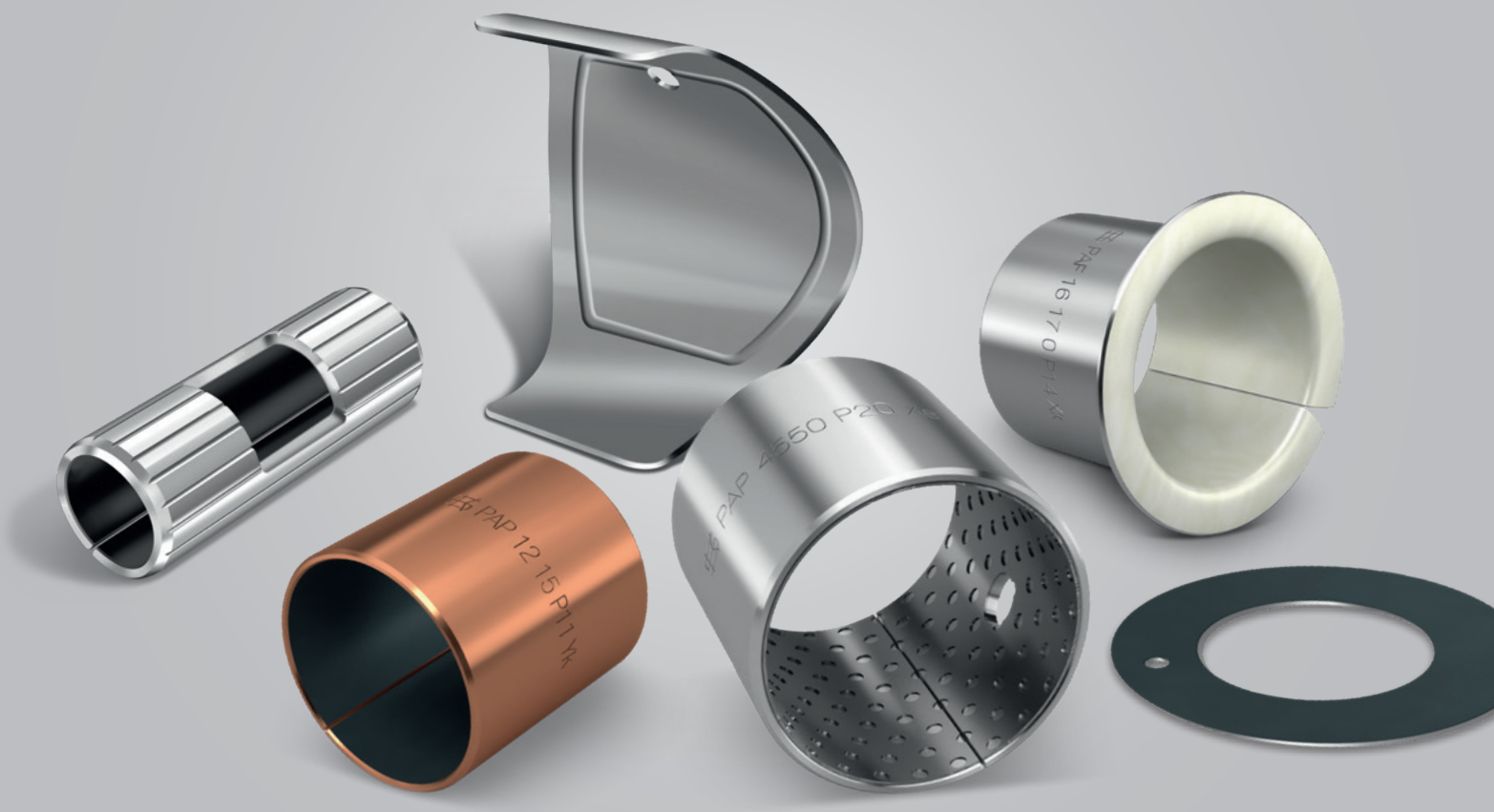
PERMAGLIDE®



PERFECT**RUNNING**

ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE®

KATALOG: MATERIAŁY, KSZTAŁTY KONSTRUKCYJNE, TABELE WYMIAROWE

OUR **HEART** BEATS FOR YOUR ENGINE.

MOTORSERVICE
RHEINMETALL AUTOMOTIVE

MOTORSERVICE

GRUPA MOTORSERVICE

JAKOŚĆ I SERWIS Z JEDNEJ RĘKI

Grupa Motorservice jest jednostką handlową działającego na globalnym rynku posprzedażnym koncernu Rheinmetall Automotive. Jest ona wiodącym dystrybutorem komponentów silnikowych na niezależnym rynku części zamiennych, oferującym marki klasy premium Kolbenschmidt, Pierburg i TRW Engine Components oraz markę BF. Poza tym firma Motorservice jest partnerem dystrybucyjnym w zakresie bezkonserwacyjnych i niskokonserwacyjnych łożysk ślizgowych KS PERMAGLIDE® i innych komponentów przeznaczonych dla przemysłu i specjalistycznego handlu technicznego.

KOLBENSCHMIDT

ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS

KS Gleitlager GmbH to w obrębie grupy KSPG specjalista w zakresie wysokoprecyzyjnych elementów ślizgowych. Wprowadzenie nowych technologii do produkcji i uszlachetniania powierzchni, innowacyjna inżynieria oraz zdecydowane nastawienie na potrzeby klientów sprawiły, że firma KS Gleitlager stała się czołowym światowym dostawcą łożysk ślizgowych do silników oraz łożysk bezsmarnych (KS Permaglide®).

RHEINMETALL AUTOMOTIVE

RHEINMETALL AUTOMOTIVE

RENOMOWANY DOSTAWCA CZĘŚCI NA POTRZEBY MIĘDZYNARODOWEGO PRZEMYSŁU SAMOCHODOWEGO

Rheinmetall Automotive to pion motoryzacyjny koncernu technologicznego Rheinmetall Group. Należące do koncernu Rheinmetall Automotive marki premium Kolbenschmidt, Pierburg i Motorservice dla systemów doprowadzania powietrza i redukcji emisji substancji szkodliwych oraz pomp, a także projektowanie, produkcja i dostawy takich części zamiennych jak tłoki, bliki silników i łożyska ślizgowe, zapewniają mu pozycję globalnego lidera na wszystkich rynkach. Niski poziom emisji substancji szkodliwych, niższe zużycie paliwa, niezawodność, jakość i bezpieczeństwo to decydujące motywy stojące za innowacjami koncernu Rheinmetall Automotive.

Permaglide® jest zarejestrowanym znakiem handlowym firmy KS Gleitlager GmbH

Redakcja:
Motorservice, aplikacje techniczne i marketing

Skład i produkcja:
Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

Przedruk, powielanie i tłumaczenie, również fragmentami, jest dozwolone tylko po uprzednim uzyskaniu naszej pisemnej zgody oraz podając źródło.

Możliwość zmian i niezgodności ilustracji zastrzeżona. Odpowiedzialność wykluczona.

Wydawca:
© MS Motorservice Deutschland GmbH

Odpowiedzialność
Wszystkie dane znajdujące się w niniejszej broszurze zostały zgromadzone i zestawione w drodze starannych badań. Mimo to mogą wystąpić błędy, nieprawidłowo przetłumaczone dane i braki informacji; niektóre z informacji mogły też w międzyczasie ulec zmianie. Nie możemy zatem zagwarantować poprawności, kompletności, aktualności i jakości udostępnionych przez nas informacji ani przyjąć za nie odpowiedzialności prawnej. Wszelka odpowiedzialność za szkody, w szczególności za szkody bezpośrednie i pośrednie, materialne i niematerialne wynikające z faktu wykorzystania lub niezgodnego z przeznaczeniem wykorzystania informacji, informacji niepełnych względnie informacji nieprawidłowych zawartych w niniejszej broszurze, o ile zostały one spowodowane umyślnym działaniem lub rażącym zaniedbaniem z naszej strony, jest wykluczona. Części oferowane w niniejszej broszurze nie są przeznaczone do stosowania w statkach powietrznych. Nazwy, opisy, numery produktów, producentów itd. są podane tylko do celów porównawczych.

SPIS TREŚCI		STRONA
1	**MOTORSERVICE – DOSTAWCA KLASY PREMIUM**	**5**
2	**PRZEGLĄD MATERIAŁÓW**	**6**
3	**OZNACZENIA I JEDNOSTKI**	**10**
4	**ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE®**	**12**
4.1	Wprowadzenie – materiał P1	12
4.2	Wprowadzenie – materiał P2	17
5	**DOBÓR MATERIAŁÓW, INFORMACJE O MATERIAŁACH**	**20**
5.1	Łożyska ślizgowe P1	22
5.2	Łożyska ślizgowe P2	29
6	**KALKULACJA ZNAMIONOWEJ ŻYWOTNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ**	**33**
6.1	Wzory służące do kalkulacji żywotności eksploatacyjnej	33
7	**TYPOWE USZKODZENIA ŁOŻYSK ŚLIZGOWYCH**	**41**
8	**KONSTRUKCJA PUNKTU ŁOŻYSKOWANIA**	**44**
8.1	Obudowa	44
8.2	Cechy ślizgowego elementu współpracującego	46
8.3	Luz łożyskowy, pasowanie wtłaczane	46
9	**MONTAŻ ŁOŻYSK ŚLIZGOWYCH**	**53**
10	**KSZTAŁTY KONSTRUKCYJNE I TABELE WYMIAROWE**	**57**
10.1	Tuleje KS Permaglide®, bezkonserwacyjne	59
10.2	Tuleje kołnierzowe KS Permaglide®, bezkonserwacyjne	65
10.3	Podkładki oporowe KS Permaglide®, bezkonserwacyjne	67
10.4	Taśmy KS Permaglide®, bezkonserwacyjne	68
10.5	Tuleje KS Permaglide®, niskokonserwacyjne	69
10.6	Podkładki oporowe KS Permaglide®, niskokonserwacyjne	71
10.7	Taśmy KS Permaglide®, niskokonserwacyjne	72
10.8	Łożyska specjalne KS Permaglide®	73
11	**METODY KONTROLNE**	**74**
11.1	Kontrola tulei zwijanych	74
11.2	Obróbka powierzchni ślizgowej	75

1 MOTORSERVICE – DOSTAWCA KLASY PREMIUM

WSPARCIE MARKETINGOWE I SERWIS TECHNICZNY

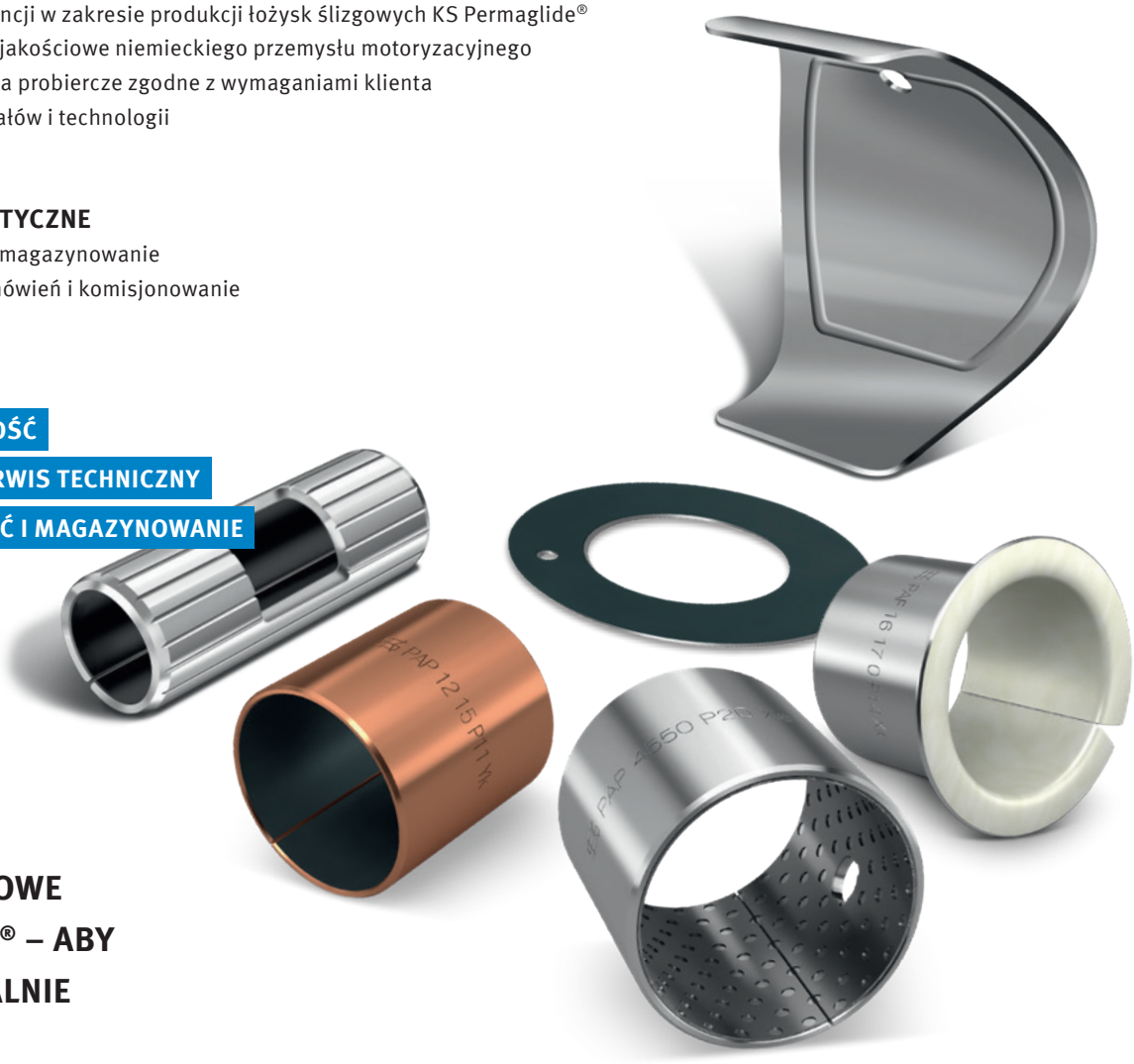
- Kompetentne doradztwo przy składaniu zamówień i realizacji dostaw
- Katalog internetowy z narzędziem kalkulacyjnym, rysunkami CAD i podglądami 3D
- Katalogi i informacje o produktach – na życzenie jako wersja indywidualna z adresem i logo klienta
- Marketing: prezentacje targowe, próbki produktów, artykuły reklamowe i przeznaczone do rozdawania
- Zawsze aktualny stan wiedzy dzięki biuletynowi informacyjnemu i stronie internetowej: www.permaglide.com
- Indywidualne doradztwo, kalkulacja i projektowanie łożysk ślizgowych
- Specjalne kształty konstrukcyjne zgodne z wymaganiami klienta

TWOJA KORZYŚĆ DZIĘKI NASZEMU DOŚWIADCZENIU

- Ponad 30 lat kompetencji w zakresie produkcji łożysk ślizgowych KS Permaglide®
- Najwyższe standardy jakościowe niemieckiego przemysłu motoryzacyjnego
- Praktyczne stanowiska probiercze zgodne z wymaganiami klienta
- Projektowanie materiałów i technologii

ŚWIADCZENIA LOGISTYCZNE

- Wysoka dostępność i magazynowanie
- Szybka realizacja zamówień i komisjonowanie



STAŁA I WYSOKA JAKOŚĆ

WSZECHSTRONNY SERWIS TECHNICZNY

WYSOKA DOSTĘPNOŚĆ I MAGAZYNOWANIE

ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE® – ABY WSZYSTKO IDEALNIE DZIAŁAŁO.

2 PRZEGLĄD MATERIAŁÓW

ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE® P1

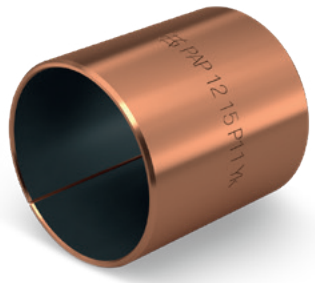
- bezkonserwacyjne
- przystosowane do pracy bezsmarowej

Parametry Właściwości	Jednostka	P10, P11	P14	P147*
nie zawiera ołowiu	**–**	nie	tak	tak
$pv_{maks.}$	**MPa · m/s**	1,8	1,6	1,4
$p_{maks.stat.}$	**MPa**	250	250	250
$p_{maks.dyn.}$	**MPa**	56 przy v ≤ 0,032 m/s	56 przy v ≤ 0,029 m/s	56 przy v = 0,025 m/s
$v_{maks.}$	**m/s**	2 przy p ≤ 0,90 MPa	1 przy p ≤ 1,60 MPa	0,8 przy p ≤ 1,75 MPa
T	**°C**	–200 do +280	–200 do +280	–200 do +280

MATERIAŁY KS PERMAGLIDE® P1

Materiał standardowy P10

- zawiera ołów
- bardzo niska skłonność do drgań ciernych
- wysoka odporność zużycie
- dobra odporność chemiczna
- niski współczynnik tarcia
- brak skłonności do zgrzewania z metalem
- praktycznie całkowita odporność na pęcznienie
- nie wchłaniają wody



Materiał standardowy P11

- zawiera ołów
- podwyższona odporność na korozję
- bardzo dobra przewodność termiczna, a więc zwiększona niezawodność
- antymagnetyczność
- wszystkie inne właściwości jak P10

Materiał standardowy P14

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- bardzo niska skłonność do drgań ciernych
- wysoka odporność zużycie
- niski współczynnik tarcia
- brak skłonności do zgrzewania z metalem
- praktycznie całkowita odporność na pęcznienie

Materiał standardowy P147*

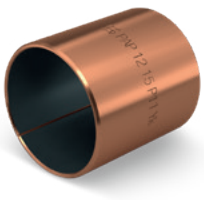
- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- bardzo dobra odporność na korozję
- wszystkie inne właściwości jak P14

* na zapytanie

KSZTAŁTY KONSTRUKCYJNE KS PERMAGLIDE® P1

Tuleje PAP

PAP P10

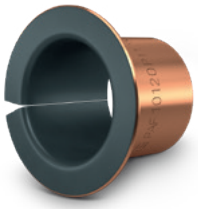


PAP P11

PAP P14, PAP P147*

Tuleje kołnierzowe PAF

PAF P10



PAF P11

PAF P14, PAF P147*

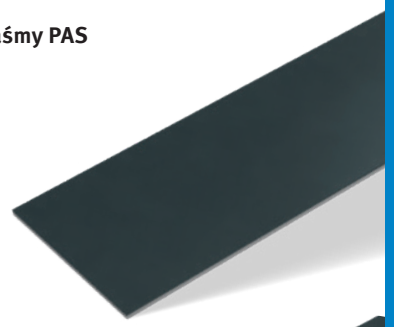
Podkładki oporowe PAW

PAW P10

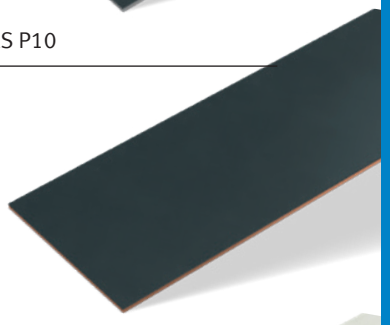
PAW P11

PAW P14, PAW P147*

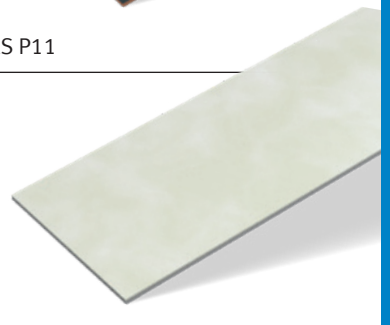
Taśmy PAS



PAS P10



PAS P11



PAS P14, PAS P147*

ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE® P2

- niskokonserwacyjne
- do aplikacji smarowanych stałym lub płynnym środkiem smarnym

Parametry Właściwości	Jednostka	P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
nie zawiera ołowiu	–	nie	tak
$pv_{maks.}$	**MPa · m/s**	3	3,3
$p_{maks.stat.}$	**MPa**	250	250
$p_{maks.dyn.}$	**MPa**	70 przy v ≤ 0,042 m/s	70 przy v ≤ 0,047 m/s
$v_{maks.}$	**m/s**	3 przy p ≤ 1,00 MPa	3,3 przy p ≤ 1,00 MPa
T	**°C**	–40 do +110	–40 do +110

MATERIAŁY KS PERMAGLIDE® P2

Materiał standardowy P20

- zawiera ołów
- posiada kieszenie smarowe, gotowy do bezpośredniego montażu
- możliwość permanentnego zaopatrzenia w smar na cały okres użytkowania
- wysoka odporność na zużycie
- niska wrażliwość na obciążenia krawędziowe
- dobra zdolność tłumienia
- niewrażliwość na wstrząsy i uderzenia
- dobra odporność chemiczna

Materiał specjalny P22*

- zawiera ołów
- gładka bieżnia, z naddatkiem obróbkowym
- wszystkie inne właściwości jak P20

Materiał specjalny P23*

- zawiera ołów
- gładka bieżnia, gotowy do bezpośredniego montażu
- wszystkie inne właściwości jak P20

Materiał standardowy P200

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- posiada kieszenie smarowe, gotowy do bezpośredniego montażu
- nasmarowane permanentnie na cały okres użytkowania
- wysoka odporność na zużycie
- bardzo dobre parametry pracy awaryjnej.
- niewrażliwość na obciążenia krawędziowe, wstrząsy i uderzenia
- dobra zdolność tłumienia
- dobra odporność chemiczna

Materiał specjalny P202*

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- gładka bieżnia, z naddatkiem obróbkowym
- wszystkie inne właściwości jak P20

Materiał specjalny P203*

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- gładka bieżnia, gotowy do bezpośredniego montażu
- wszystkie inne właściwości jak P20

* na zapytanie

KSZTAŁTY KONSTRUKCYJNE KS PERMAGLIDE® P2

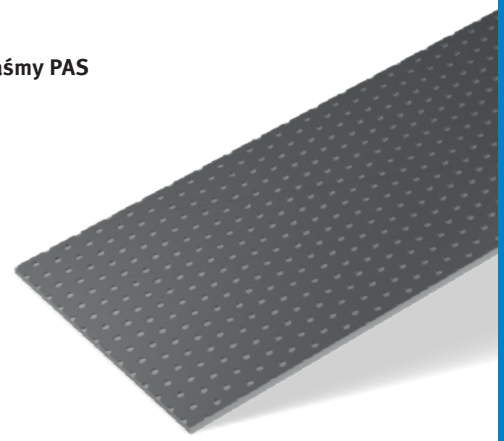
Tuleje PAP

PAP P20, PAP P22*, PAP P23*, PAP P200, PAP P202*, PAP P203*

Podkładki oporowe PAW

PAW P20, PAW P22*, PAW P23*, PAW P200, PAW P202*, PAW P203*

Taśmy PAS



PAS P20, PAS P22*, PAS P23*, PAS P200, PAS P202*, PAS P203*

3 OZNACZENIA I JEDNOSTKI

O ile w tekście nie podano jednoznacznie innych danych, wielkości używane w niniejszym katalogu posiadają wymienione niżej oznaczenia, jednostki i znaczenia.

Znak	Jednostka	Oznaczenie
B	mm	Szerokość tulei, całkowita szerokość taśmy
B_1	mm	Użyteczna szerokość taśmy
C_i	mm	Faza wewnętrzna tulei (ukos krawędzi wewnętrznej)
C_o	mm	Faza zewnętrzna tulei
D_{FL}	mm	Średnica kołnierza
D_i	mm	Średnica wewnętrzna tulei Średnica podkładki oporowej
D_{iE}	mm	Średnica wewnętrzna wtłoczonej tulei
D_O	mm	Średnica zewnętrzna tulei Średnica zewnętrzna podkładki oporowej
d_{ch}	mm	Średnica gniazda kontrolnego (trzpienia nastawczego)
d_G	mm	Średnica otworu ślepego obudowy
d_H	mm	Średnica wewnętrzna pierścienia montażowego
d_K	mm	Średnica trzpienia kalibracyjnego
d_L	mm	Średnica otworu smarowniczego
d_W	mm	Średnica wału
d_1	mm	Średnica otworu mocującego w podkładce oporowej
d_{Ga}	mm	Średnica otworu obudowy pod podkładkę oporową
F	N	Obciążenie łożyska, siła wtłaczania
F_{ch}	N	Siła kontrolna
F_E	N	Siła wtłaczania na mm szerokości tulei
$F_{całk}$	N	Całkowita siła wtłaczania
f_G	mm	Szerokość fazy obudowy
f_A	–	Współczynnik korekty obciążenia specyficznego
f_L	–	Współczynnik korekty ruchu liniowego
f_p	–	Współczynnik korekty obciążenia
f_R	–	Współczynnik korekty chropowatości
f_T	–	Współczynnik korekty temperatury
f_v	–	Współczynnik korekty szybkości ślizgu
f_W	–	Współczynnik korekty materiału

Znak	Jednostka	Oznaczenie
H	mm	Skok przy ruchu liniowym
J	mm	Średnica koła podziałowego podkładki oporowej
L	mm	Długość taśmy
L_N	h	Znamionowa żywotność eksploatacyjna
m	g	Masa
n	obr/min	Prędkość obrotowa
n_{osc}	obr/min	Częstotliwość drgań ruchu oscylacyjnego
p	MPa	Obciążenie jednostkowe łożyska
pv	MPa · m/s	Wartość pv, iloczyn obciążenia jednostkowego łożyska i szybkości ślizgu
R, r	mm	Promień
R_z, R_a	µm	Chropowatość
s_1	mm	Grubość grzbietu stalowego lub brązowego
s_3	mm	Grubość ściany tulei
s_{FL}	mm	Grubość pierścienia oporowego
T	°C	Temperatura
t_{Ga}	mm	Głębokość otworu obudowy
v	m/s	Szybkość ślizgu
x	mm	Odległość linii pomiaru
z	mm	Odległość między połowami gniazda kontrolnego
α_{br}	K^{-1}	Współczynnik rozszerzalności cieplnej brązu
α_{St}	K^{-1}	Współczynnik rozszerzalności cieplnej stali
Δs	mm	Teoretyczny luz łożyskowy
Δz	mm	Wartość zmierzona w gnieździe kontrolnym
λ_{Bz}	$W(mK)^{-1}$	Przewodność cieplna brązu
λ_{St}	$W(mK)^{-1}$	Przewodność cieplna stali
µ	–	Współczynnika tarcia
τ_S	N/mm^2	Wytrzymałość na ścinanie
φ	°	Kąt obrotu

Łożyska ślizgowe służą do przejmowania i przenoszenia sił między częściami wykonującymi względem siebie ruchy. Określane są przy tym pozycje ruchomych części względem siebie oraz dokładność prowadzenia ruchu. Łożyska ślizgowe muszą spełniać wiele wymagań. Powinny przenosić maksymalnie obciążenia mechaniczne, a jednocześnie wykazywać niski stopień zużycia w okresie całej swojej żywotności eksploatacyjnej. Jednocześnie powinny wytrzymywać duże szybkości ślizgu i być niewrażliwe na zakłócenia zewnętrzne. Możliwy stopień komplikacji układu trybologicznego, w którego centrum pracuje łożysko ślizgowe, pokazuje Rys. 1.

W odniesieniu do rodzaju eksploatacji rozróżnia się trzy systemy funkcyjne:

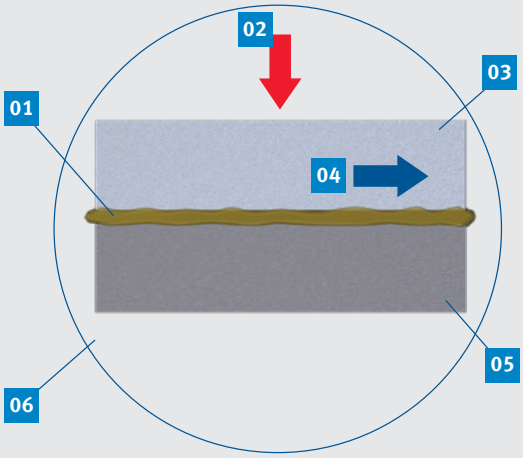
- pracujące bezsmarowo (na sucho), bezkonserwacyjne łożyska ślizgowe
- smarowane smarem stałym, niskokonserwacyjne łożyska ślizgowe
- łożyska ślizgowe pracujące na zasadzie hydrodynamicznej

Łożyska ślizgowe pracujące na zasadzie hydrodynamicznej spełniają dość dobrze różne wymagania. Przy użyciu nowoczesnych metod obliczeniowych możliwe jest dzięki temu optymalne i niezawodne dopasowanie łożysk ślizgowych, szczególnie smarowanych olejem, do warunków pracy. Niskokonserwacyjne łożyska ślizgowe są z reguły smarowane smarem. Ilość smaru wprowadzona przy montażu wystarcza normalnie na cały okres eksploatacji. Jeżeli smarowane smarem łożysko ślizgowe pracuje w utrudnionych warunkach, celowe może być jego dosmarowanie. Odpowiednio skonfigurowane interwały smarownicze mogą znacznie przedłużyć okres eksploatacji.

Kalkulacja żywotności eksploatacyjnej smarowanych smarem łożysk ślizgowych może być jednak, ze względu na wiele wchodzących w grę czynników, niedokładna i musi być traktowana tylko jako wartość orientacyjna. W wielu przypadkach smarowanie smarem stałym czy olejem jest niemożliwe lub niedopuszczalne. W takich sytuacjach stosuje się bezkonserwacyjne, bezsmarowe łożyska ślizgowe. Także w ich przypadku nie jest jednak możliwe dokładne obliczenie żywotności eksploatacyjnej. Powszechnie stosowane sposoby kalkulacji, oparte na zastosowaniu prostych metod obliczeniowych z uwzględnieniem występujących czynników (np. obciążenia jednostkowego, szybkości ślizgu, temperatury itp.), mogą dawać tylko przybliżone wyniki. W związku z tym zaleca się weryfikację koniecznych parametrów zarówno bezkonserwacyjnych i bezsmarowych, jak i niskokonserwacyjnych łożysk ślizgowych w ramach prób w przewidywanych warunkach eksploatacji.

Poniższe rozdziały omawiają specjalne modele funkcyjne bezkonserwacyjnych i niskokonserwacyjnych łożysk ślizgowych.

Czynniki działające w układzie trybologicznym



01 materiał pośredni
02 obciążenie
03 element współpracujący
04 ruch względem innych elementów
05 korpus
06 warunki otoczenia

Warunki otoczenia

- temperatura, medium, zanieczyszczenia

Obciążenie

- wartość obciążenia, rodzaj obciążenia (statyczne, dynamiczne)
- czas obciążenia (ciągłe, przerywane), obciążenie obwodowe, obciążenie punktowe

Element współpracujący

- materiał, twardość, chropowatość powierzchni, przewodność termiczna

Ruch względem innych elementów

- obrotowe, oscylujące, liniowe
- szybkość ślizgu, czas ruchu

Materiał pośredni

- stały środek smarny, smar, ciecz, lepkość
- odporność na starzenie

Korpus

- materiał, twardość, chropowatość powierzchni, odporność na zużycie, zdolność do pracy w trybie awaryjnym,
- odporność chemiczna

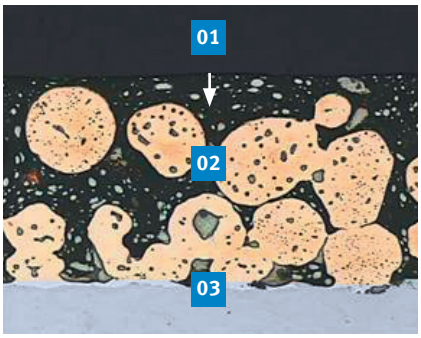
Rys. 1: Układ trybologiczny

4 ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE®

4.1 WPROWADZENIE – MATERIAŁ P1

4.1.1 INFORMACJE OGÓLNE

Grupa materiałowa P1 obejmuje materiały P10, P11, P14 i P147. Materiały P10 i P11 zawierają ołów osadzony w brązowej warstwie ślizgowej i masie środka smarnego. Materiały P14 i P147 nie zawierają ołowiu.



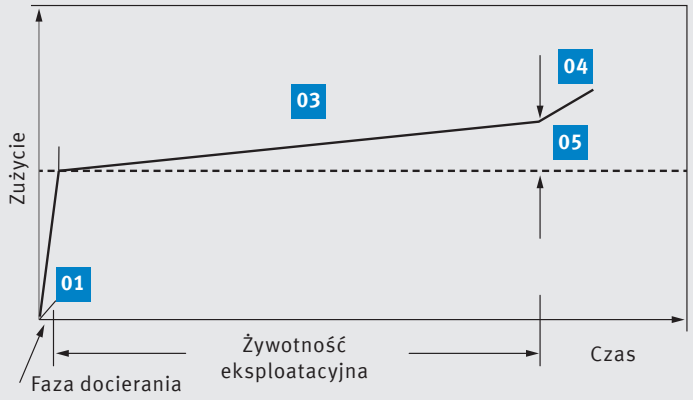
Rys. 2: System warstw P1
01 Stały środek smarny
02 Brązowa warstwa ślizgowa
03 Grzbiet łożyska

4.1.2 STRUKTURA MATERIAŁU

Materiały z grupy P1 składają się z grzbietu stalowego lub brązowego, nanoszonej metodą spiekania warstwy ślizgowej o grubości od 0,2 mm do 0,35 mm oraz stałego środka smarnego. Warstwa ślizgowa z brązu została naniesiona metodą spiekową w sposób zapewniający porowatość ok. 30 %. W puste przestrzenie porowatej warstwy ślizgowej z brązu wtłaczany jest stały środek smarny – przeważnie jest to tworzywo PTFE z wypełniaczami – który jest następnie utwardzany spiekowo. Stały środek smarny całkowicie wypełnia puste przestrzenie tworząc nad warstwą brązu warstwę docierającą o grubości 0,03 mm (Rys. 2).

4.1.3 OPIS DZIAŁANIA

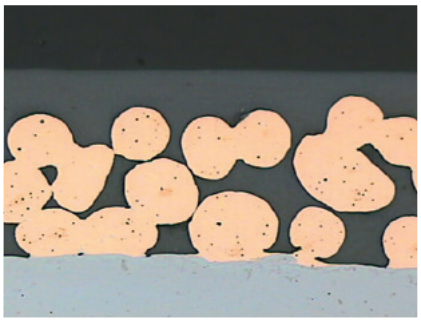
Bezkonserwacyjne, bezsmarowe łożyska ślizgowe P1 przechodzą w ciągu całego okresu eksploatacji cztery fazy (Rys. 3).



01 stan wyjściowy
02 koniec procesu docierania
03 w okresie eksploatacji
04 koniec okresu eksploatacji
05 maksymalne dopuszczalne zużycie

Rys. 3: Charakterystyka zużycia łożysk ślizgowych P1 (schemat) /1/

Stan wyjściowy
Puste przestrzenie brązowej powierzchni ślizgowej są całkowicie wypełnione środkiem smarnym, a warstwa docierająca powyżej brązowej powierzchni ślizgowej jest jeszcze nienaruszona (Rys. 4).



Rys. 4: Właściwości powierzchni ślizgowej w stanie wyjściowym

Proces docierania

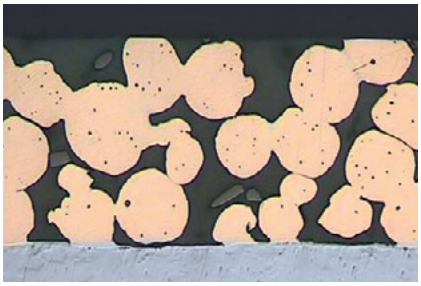
Na początku ruchu ślizgowego części warstwy docierającej przenoszone są na element współpracujący (Rys. 6). Na elemencie współpracującym powstaje przy tym zamknięty film smarny, które znacznie redukuje tarcie. Proces docierania powoduje starcie materiału warstwy ślizgowej łożyska na grubości wynoszącej z reguły od 0,005 mm do 0,030 mm. Stan powierzchni ślizgowej na końcu okresu docierania pokazuje Rys. 5.

Praca ciągła

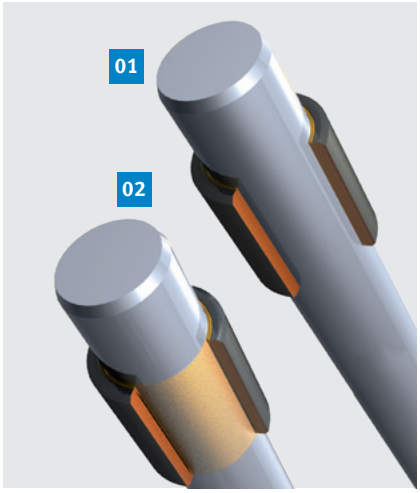
Po zakończeniu procesu docierania zaczyna się właściwy okres eksploatacji łożyska ślizgowego. Jest on określany przez sumę obciążeń, warunki otoczenia, ale także przez stosunek objętości brązowej warstwy ślizgowej do objętości stałego środka smarnego. W okresie eksploatacji nowy środek smarny dostaje się ciągle do strefy kontaktowej, gdzie zastępuje zużyte cząsteczki smaru. Jest to spowodowane przede wszystkich różnymi współczynnikami rozszerzalności brązowej warstwy ślizgowej i stałego środka smarnego (stosunek ok. 1: 5,5). Gdy warstwa ślizgowa rozgrzewa się wskutek tarcia występującego w strefie kontaktowej, stały środek smarny rozszerza się odpowiednio silniej, smarując element współpracujący. Obniża to współczynnik tarcia i temperaturę łożyska. Po zużyciu środka smarnego zaczyna się nowy cykl. Typową charakterystykę tego procesu pokazuje Rys. 7. Stan powierzchni ślizgowej w okresie eksploatacji pokazuje Rys. 8.

Koniec okresu eksploatacji

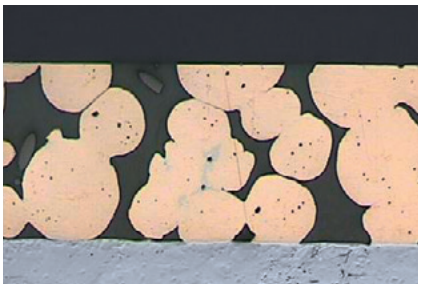
W systemie łożyska ślizgowego dostępna jest ograniczona ilość stałego środka smarnego (określona przez porowatość ogólną naniesionej spiekowo, porowatej warstwy ślizgowej z brązu). Jeżeli po dłuższej eksploatacji środek smarny zostanie zużyty, wzrasta współczynnik tarcia i intensywność zużycia. Przeważnie dochodzi w tej sytuacji do przekroczenia dopuszczalnej granicy zużycia. Normalnie w przypadku łożysk ślizgowych wykonanych z materiału P1 jest to wartość › 0,05 mm. Szczególnie przy dużej szybkości ślizgu może dojść do przegrzania łożyska i otarcia wału. Stan powierzchni ślizgowej na końcu okresu eksploatacji pokazuje Rys. 9.



Rys. 5: Właściwości powierzchni ślizgowej na końcu procesu docierania

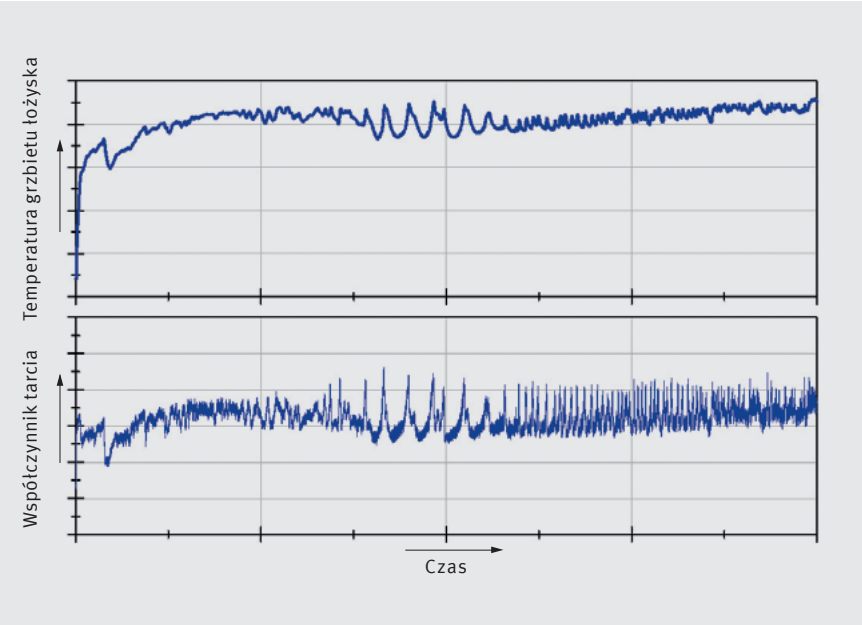


Rys. 6: Przeniesienie materiału
01 stan wyjściowy
02 koniec procesu docierania



Rys. 8: Właściwości powierzchni ślizgowej w okresie eksploatacji

Rys. 9: Właściwości powierzchni ślizgowej na końcu okresu eksploatacji



Rys. 7: Wahania współczynnika tarcia i temperatury

4.1.4 WARTOŚCI GRANICZNE I CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE

Żywotność eksploatacyjna i niezawodność zależne są od wielu czynników, które w dodatku wchodzą w interakcje między sobą. Poniżej podano najważniejsze czynniki i wartości graniczne.

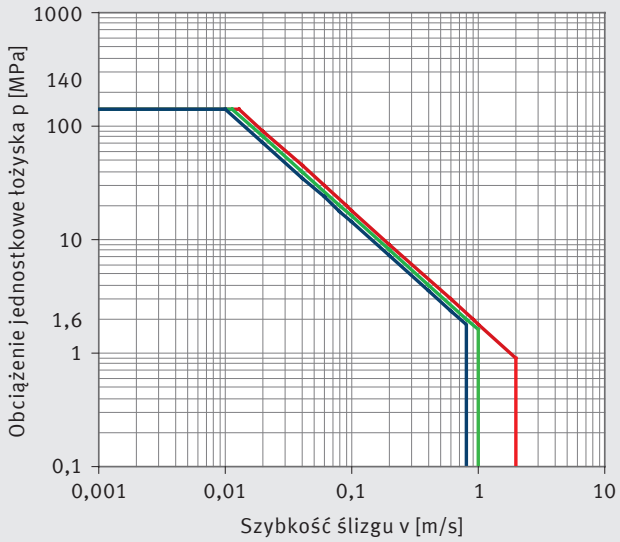
Maksymalna dopuszczalna wartość pv

Wartość pv to iloczyn obciążenia jednostkowego łożyska p[MPa] i szybkości ślizgu v [m/s]. Oba te czynniki są od siebie wzajemnie zależne. Na Rys. 10 przedstawiona jest maksymalna dopuszczalna wartość pv dla łożysk P1 jako wykres graniczny. Gdy obciążenie jednostkowe łożyska i szybkość ślizgu leżą w obrębie tego wykresu, należy zasadniczo przyjąć, że możliwe jest zastosowanie łożyska ślizgowego P1.

Wykres graniczny należy tu rozumieć w ten sposób, że przy danym obciążeniu jednostkowym łożyska $p_{maks.}$ [MPa] i odpowiedniej szybkości ślizgu v [m/s] podczas eksploatacji stabilizuje się termiczny stan stacjonarny, tj. system łożysk pracuje jeszcze niezawodnie. Jeżeli obciążenie lub szybkość ślizgu przekroczy wykres graniczny, nie będzie już możliwe uzyskanie równowagi termicznej. Wzrasta intensywność zużycia i temperatura. W ciągu bardzo krótkiego czasu może dojść do awarii łożyska ślizgowego.

Pozostałe wartości graniczne funkcji:

P10, P11			
0,03 m/s	< v ≤	2 m/s	
0,1 MPa	< p ≤	56 MPa	
P14			
0,03 m/s	< v ≤	1 m/s	
0,1 MPa	< p ≤	56 MPa	
P147			
0,03 m/s	< v ≤	0,8 m/s	
0,1 MPa	< p ≤	56 MPa	



Rys. 10: Współczynnik pv [MPa ·m/s], wykres graniczny (wartości ważne w temperaturze pokojowej)

Obciążenie jednostkowe łożyska

Przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu jednostkowym łożyska i maksymalnej dopuszczalnej szybkości ślizgu dla bezkonserwacyjnego, bezsmarowego łożyska P1 obowiązują następujące wartości graniczne:

Maksymalne jednostkowe obciążenie łożyska		Szybkość ślizgu v [m/s]		
		P10, P11	P14	P147
Statyczne	250 MPa	–	–	
Obciążenie punktowe spoczynkowe, ruch równomierny	140 MPa	≤ 0,013 m/s	≤ 0,011 m/s	≤ 0,010 m/s
Obciążenie punktowe spoczynkowe, oscylacja	56 MPa	≤ 0,032 m/s	≤ 0,029 m/s	≤ 0,025 m/s
Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, ruch obrotowy, oscylacyjny	28 MPa	≤ 0,064 m/s	≤ 0,057 m/s	≤ 0,050 m/s

Tab. 1: Wartości graniczne jednostkowego obciążenia łożyska

Szybkość ślizgu

Dla bezkonserwacyjnych, zawierających ołów łożysk ślizgowych P1 szybkość ślizgu v w trybie pracy bezsmarowej ograniczona jest do maks. 2 m/s. W przypadku niezawierających ołowiu łożysk ślizgowych P1 maksymalna szybkość ślizgu $v_{maks.}$ wynosi 1 m/s dla wariantu P14 i 0,8 m/s dla wariantu P147. W przypadku łożyska ślizgowego szybkość ślizgu rozumie się jako względną szybkość ruchu między łożyskiem i wałem w m/s. W systemie trybologicznym ma ona decydujące znaczenie i określa, razem z jednostkowym obciążeniem łożyska, zakres zastosowań łożyska ślizgowego. Patrz także Rys. 10: Wykres graniczny wartości pv. Duża szybkość ślizgu wpływa przede wszystkim na szybkość zużycia łożyska. Zwiększony odcinek ślizgu w okresie eksploatacji powoduje odpowiednio większe zużycie. Również temperatura łożyska jest wartością zależną od szybkości ślizgu. Jeżeli wskutek zbyt wysokiej szybkości ślizgu system trybologiczny nie znajduje się już w stanie równowagi termicznej, zostaje przekroczona graniczna dopuszczalnego obciążenia.

Tarcie, obciążenie łożyska, szybkość ślizgu

Te trzy czynniki są od siebie wzajemnie zależne. Występuje między nimi następujący związek tendencyjny:

Obciążenie jednostkowe łożyska p [MPa]			Szybkość ślizgu v [m/s]			Współczynnika tarcia μ [1]		
140	do 250	wartość wysoka		do 0,001	wartość niska	0,03		wartość niska
140	do 60		0,001	do 0,005		0,04	do 0,07	
60	do 10		0,005	do 0,05		0,07	do 0,1	
10	do 1		0,050	do 0,5		0,10	do 0,15	
	do 1	wartość niska	0,500	do 2	wartość wysoka	0,15	do 0,25	wartość wysoka

Tab. 2: Współczynnik tarcia (wszystkie wartości obowiązują przy 20 °C, powierzchnia współpracująca stalowa, chropowatość R_z od 0,8 do R_z 1,5)

Tarcie i element współpracujący (materiał i powierzchnia)

Niezawodność i żywotność eksploatacyjna bezkonserwacyjnego punktu łożyskowania nie są zależne od samej sumy obciążeń, lecz także od materiału i powierzchni elementu współpracującego. Materiały elementów współpracujących mają po części znaczny wpływ na szybkość zużycia, a więc na żywotność eksploatacyjną bezkonserwacyjnego i bezsmarowego łożyska ślizgowego P1. Zasadniczo z punktu widzenia żywotności eksploatacyjnej korzystne jest, gdy element współpracujący posiada hartowaną lub specjalnie powlekaną bieżnię. Jest to ważne szczególnie przy większych obciążeniach i szybkościach ślizgu.

Duże znaczenie dla niezawodności i żywotności eksploatacyjnej połączenia ślizgowego ma też chropowatość elementu współpracującego.

Optymalne warunki tarcia zapewnia chropowatość w przedziale od R_z 0,8 do R_z 1,5. Przy zbyt gładkiej powierzchni stały środek smarny nie może się gromadzić w dostatecznej ilości na elemencie współpracującym. W trakcie ruchu ślizgowego występuje adhezja, a wskutek niej drgania cierne, piszczące odgłosy i zakłócenia. Gdy powierzchnia elementu współpracującego jest zbyt chropowata, stały środek smarny dostępny w łożysku ślizgowym nie wystarcza do wytworzenia na elemencie współpracującym ciągłego filmu smarnego. Powstają punkty abrazji i zwiększonego tarcia, wzrasta temperatura i szybkość zużycia.

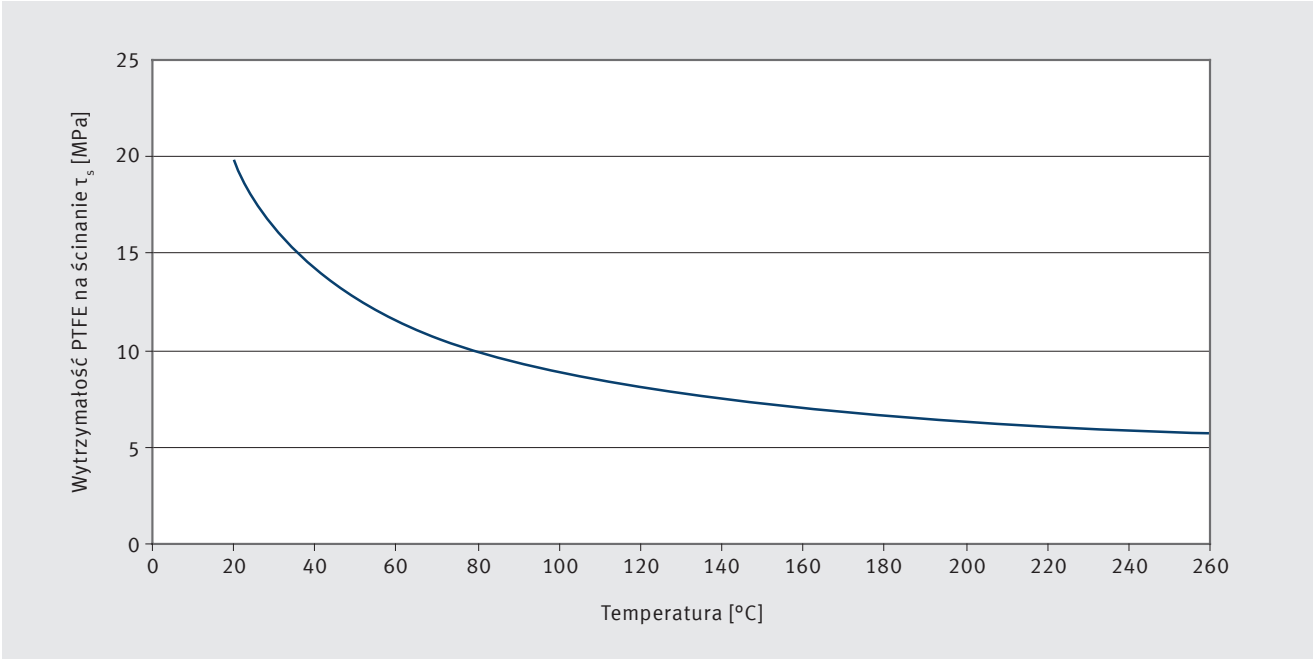
Tarcie i temperatura (temperatura otoczenia)
Z punktu widzenia niezawodności i żywotności eksploatacyjnej ważny jest przedział temperatur, w którym ma pracować bezkonserwacyjny system łożyskowania. Jest to ważne szczególnie z tego względu, że pod wpływem temperatury zmienia swoje właściwości mechaniczne smar stały, w istotny sposób warunkujący sprawność łożyska ślizgowego. Przy temperaturze roboczej do ok. 100 °C współczynnik tarcia jest nieznacznie niższy niż w temperaturze pokojowej. Jeżeli temperatura robocza znacznie przekracza 100 °C, efekt ten zostaje odwrócony. Współczynnik tarcia wzrasta i może być nawet do 50 % wyższy od wartości temperatury pokojowej. Zmienia się wskutek tego także temperatura łożyska, co z kolei powoduje zmianę właściwości mechanicznych stałego środka smarnego. Określającym wartość tarcia składnikiem stałego środka smarnego jest polimer PTFE. Za tworzenie i zachowywanie filmu smarnego na elemencie współpracującym odpowiada przede wszystkim wytrzymałość PTFE na ścinanie. Również wytrzymałość PTFE na ścinanie jest jednak zależna od temperatury (Rys. 11). Gdy rośnie temperatura robocza, maleje odpowiednio wytrzymałość na ścinanie. /2/

Jeżeli powstające wskutek tarcia w strefie kontaktowej naprężenie ścinające jest większe niż wytrzymałość PTFE na ścinanie, film smarny znajdujący się w strefie kontaktowej zostaje zerwany i może w którym czasie dojść do awarii łożyska.

Ruch ślizgowy i rodzaj obciążenia
W połączeniu z ruchem obrotowym lub wahadłowym znaczenie ma obciążenie specyficzne i obciążenie punktowe wzgl. obciążenie obwodowe. Obciążenie punktowe oznacza ruchomy wał i stacjonarną obudowę z tuleją łożyska. W przypadku obciążenia obwodowego obudowa wykonuje ruchy razem z tuleją łożyska dookoła nieruchomego wału lub osi. Ruchy obrotowe lub wahadłowe pod równomiernym obciążeniem powodują głównie zużycie, przy czym jego szybkość może być w przypadku łożysk obciążonych obwodowo znacznie niższy niż w przypadku łożysk obciążonych punktowo. Jeżeli punkt łożyskowania jest obciążany przez następujące z dużą częstotliwością zmiany obciążenia albo wibracje, może dodatkowo wystąpić zmęczenie materiału.

W przypadku ruchów liniowych łożysko pokonuje z reguły dłuższą strefę elementu współpracującego. Z tego powodu przez element współpracujący odprowadzana jest większa ilość ciepła powstającego wskutek tarcia. Możliwe jest więc uzyskiwanie wyższych szybkości ślizgu niż w przypadku ruchów obrotowych i wahadłowych.

Praca hydrodynamiczna
Łożyska ślizgowe P1 mogą też pracować w warunkach hydrodynamicznych. Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów pracy hydrodynamicznej jako usługę serwisową.



Rys. 11: Wytrzymałość PTFE na ścinanie τs zależnie od temperatury

4.2 WPROWADZENIE – MATERIAŁ P2

4.2.1 STRUKTURA MATERIAŁU

Materiał łożysk ślizgowych P2 składa się z grzbietu stalowego, warstwy łączącej o grubości 0,2 mm do 0,35 mm z brązu i termoplastycznego tworzywa sztucznego z wypełniaczami jako warstwy ślizgowej. Warstwa ślizgowa z tworzywa sztucznego jest związana w pustych przestrzeniach (porowatość ogólna ~ 50 %) brązowej warstwy łączącej i tworzy ponad tą warstwą, zależnie od przeznaczenia łożyska, powierzchnię ślizgową o grubości od 0,08 mm do 0,2 mm. W obrębie grupy materiałowej P2 występują dwa różne składy warstwy ślizgowej:

- P20, P22, P23 zawierające ołów
- P200, P202, P203 nie zawierające ołowiu

Zmienne są również grubość warstwy ślizgowej i jej profil. Szczegółowe informacje na ten temat znajdują się w niniejszym katalogu w arkuszach danych technicznych materiałów.

4.2.2 OPIS DZIAŁANIA

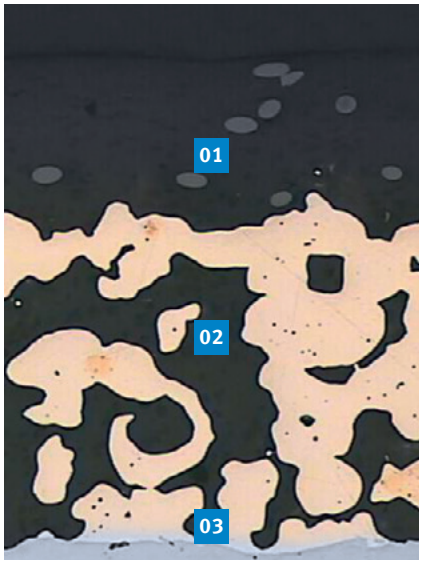
Niskokonserwacyjne łożyska ślizgowego P2 są z reguły nasmarowane permanentnie. W tym celu występujące w powierzchni ślizgowej kieszenie smarowe są całkowicie wypełniane środkiem smarnym (smarem).

Proces docierania

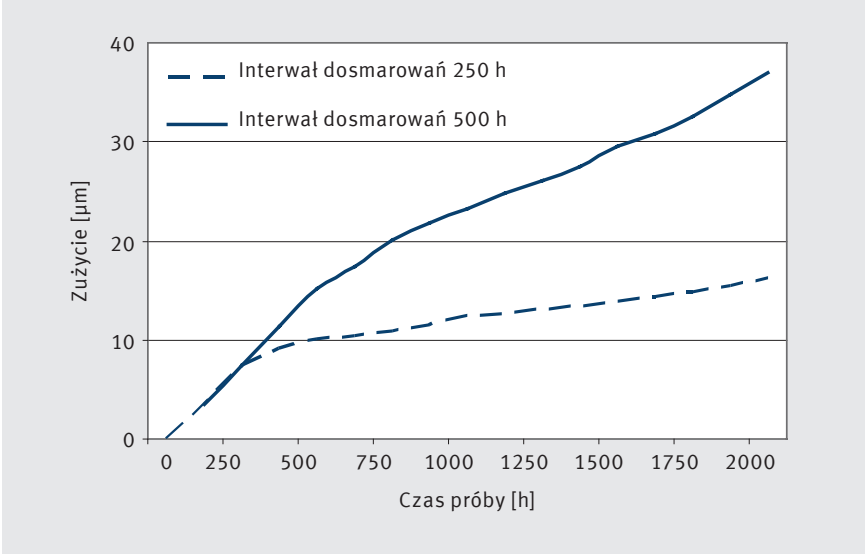
Na początku ruchu ślizgowego smar znajdujący się w powierzchni ślizgowej przenoszony jest na element współpracujący (wał). Obie powierzchnie ślizgowe są dzięki temu oddzielone od siebie przez cienką warstewkę smaru. W trakcie ruchu ślizgowego współczynnik tarcia maleje i może przyjmować wartości od 0,02 do 0,15. Jednocześnie powierzchnie ślizgowe łożyska i elementu współpracującego dopasowują się do siebie, tj. są niwelowane nierówności materiału. Ścier odkłada się przeważnie w kieszeniach smarowych i nie jest początkowo istotny z punktu widzenia zużycia.

Praca ciągła

Zależnie od konstrukcji kieszeni smarowych (zgodnej z normą ISO 3547) zapewniają one ilość środka smarnego wystarczającą na cały okres eksploatacji łożyska. Współczynnik tarcia i temperatura zachowują przez długi czas praktycznie stałe wartości. Szybkość zużycia jest niska. Dotyczy to niewielkich do średnich obciążeń. Przy większych obciążeniach lub w trudnych warunkach eksploatacji zaleca się regularne dosmarowania punktów łożyskowania. Odpowiednio dobrane interwały dosmarowań redukują szybkość zużycia. Wzrastają odpowiednio niezawodność i żywotność eksploatacyjna.



Rys. 12: System warstw P2
01 Warstwa ślizgowa
02 Warstwa łącząca
03 Grzbiet łożyska



Rys. 13: Charakterystyka zużycia łożysk ślizgowych P2 (schemat)

Koniec okresu eksploatacji

Po dłuższej eksploatacji i uzyskaniu odpowiedniej głębokości zużycia środek smarny w smarowanych permanentnie (jednorazowo) łożyskach ślizgowych zostaje zużyty. Zależnie od typu smaru i jakości otoczenia maleje też sprawność smaru (starzenie). Oznacza to nieproporcjonalny wzrost współczynnika tarcia, temperatury łożyska i zużycia. Dochodzi do przegrzania i awarii łożyska. Także w przypadku łożysk dosmarowywanych należy zasadniczo oczekiwać podobnej sytuacji. Co prawda dzięki dosmarowaniom żywotność eksploatacyjna łożyska znacznie się wydłuża, także w tej sytuacji pojemność kieszeni smarowych jest znacznie redukowana wskutek zużycia powierzchni. W kieszeniach nie jest już deponowana dostateczna ilość smaru. Dochodzi do tego ścier gromadzący się w kieszeniach smarowych i dodatkowo ograniczający ich pojemność. Dochodzi do awarii na podobnej zasadzie co w przypadku łożysk nasmarowanych permanentnie.

4.2.3 WARTOŚCI GRANICZNE I CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE

Żywotność eksploatacyjna i niezawodność niskokonserwacyjnego łożyska ślizgowego zależą nie tylko od warunków eksploatacji i otoczenia, ale także od jakości smarowania (smar, olej). Z reguły występuje tu kilka wpływających wzajemnie na siebie czynników jednocześnie. Poniżej podano najważniejsze czynniki i wartości graniczne.

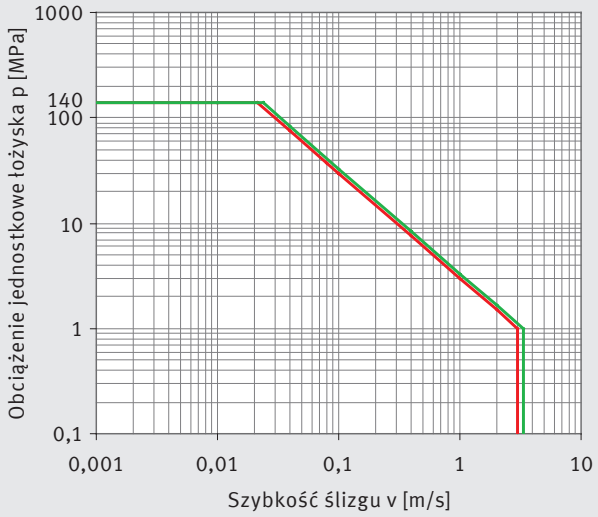
Maksymalna dopuszczalna wartość pv

Współczynnik pv to iloczyn obciążenia jednostkowego łożyska p [MPa] i szybkości ślizgu v [m/s]. Oba te czynniki są od siebie wzajemnie zależne. Na Rys. 14 przedstawiona jest maksymalna dopuszczalna wartość pv dla łożysk P2 jako wykres graniczny. Gdy obciążenie jednostkowe łożyska i szybkość ślizgu leżą w obrębie tego wykresu, należy zasadniczo przyjąć, że możliwe jest zastosowanie smarowanego smarem stałym łożyska ślizgowego P2.

Wykres graniczny należy rozumieć tak, że przy danym obciążeniu jednostkowym p łożyska [MPa] oraz przyporządkowanej mu szybkości ślizgu v [m/s] w trakcie eksploatacji stabilizuje się stacjonarny stan termiczny, tzn. system łożyska pracuje jeszcze niezawodnie. Jeżeli obciążenie lub szybkość ślizgu przekracza wykres graniczny, nie jest możliwe uzyskanie równowagi termicznej. Wzrasta intensywność zużycia i temperatura.
W ciągu krótkiego czasu dochodzi do awarii łożyska. Łożyska ślizgowe P2 wymagają smarowania. Odpowiednio dobrany środek smarny może wydłużyć ich żywotność eksploatacyjną. Przedstawiony wykres graniczny obowiązuje dla smaru litowego na bazie mineralnej i temperatury 20 °C.

Przedział ważności dla kalkulacji żywotności eksploatacyjnej:

P20			
0,04 m/s	< v ≤	3 m/s	
0,1 MPa	< p ≤	70 MPa	
P200			
0,04 m/s	< v ≤	3,3 m/s	
0,1 MPa	< p ≤	70 MPa	



Rys. 14: Wartości pv, wykresy graniczne P20, P200, smarowanie smarem przy temperaturze 20 °C

Obciążenie jednostkowe łożyska

Przy maksymalnym dopuszczalnym obciążeniu jednostkowym łożyska i maksymalnej dopuszczalnej szybkości ślizgu dla niskokonserwacyjnego łożyska P2 obowiązują następujące wartości graniczne:

Maksymalne jednostkowe obciążenie łożyska p[MPa]		Szybkość ślizgu v [m/s]	
		P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
Statyczne	250 MPa	–	–
Obciążenie punktowe spoczynkowe, ruch równomierny	140 MPa	≤ 0,021 m/s	≤ 0,024 m/s
Obciążenie punktowe spoczynkowe, oscylacja	70 MPa	≤ 0,043 m/s	≤ 0,047 m/s
Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, ruch obrotowy, oscylacyjny	35 MPa	≤ 0,086 m/s	≤ 0,094 m/s
Obciążenie graniczne (Rys. 14)	1,0 MPa	maks. 3,0 m/s	maks. 3,3 m/s

Tab. 3: Wartości graniczne jedn. obciążenia łożyska

Szybkość ślizgu

W przypadku niskokonserwacyjnych, zawierających ołów łożysk ślizgowych P2 maksymalna dopuszczalna szybkość ślizgu v ograniczona jest przy smarowaniu smarem stałym do 3,0 m/s. W przypadku niskokonserwacyjnych, niezawierających ołowiu łożysk ślizgowych P2 maksymalna dopuszczalna szybkość ślizgu wynosi 3,3 m/s. Szybkość ślizgu rozumie się tutaj jako względną szybkość ruchów występujących pomiędzy łożyskiem i elementem współpracującym. W systemie trybologicznym ma ona decydujące znaczenie i określa razem z jednostkowym obciążeniem łożyska zakres zastosowań łożyska ślizgowego. Duża szybkość ślizgu wpływa przede wszystkim na szybkość zużycia łożyska. Zwiększony odcinek ślizgu w okresie eksploatacji powoduje odpowiednio większe zużycie. Wzrost szybkości ślizgu powyżej dopuszczalnej wartości powoduje stratę równowagi termicznej w systemie łożyskowania ślizgowego. Może to powodować zakłócenia działania, a nawet awarię łożyska ślizgowego.

Smarowanie smarem stałym

Na żywotność eksploatacyjną łożyska ślizgowego P2 ma też wpływ używany smar. Od smaru zależne są szczególnie takie czynniki jak współczynnik tarcia, obciążalność i temperatura robocza. Wpływ na sprawność systemu łożyskowania ma też odporność na starzenie. Odpowiednie smary to zasadniczo:

- smary litowe (odporne na starzenie)
- smary barowe (dobra adhezja)
- smary aluminiowe (dobra zwilżalność)

Prawidłowo dobrane interwały dosmarowań wydłużają żywotność eksploatacyjną i poprawiają niezawodność łożyska (Rys. 13).

Tarcie i element współpracujący (materiał i powierzchnia)

Niezawodność i żywotność eksploatacyjna niskokonserwacyjnego punktu łożyskowania nie są zależne od samej sumy obciążeń i środka smarnego, lecz także od materiału i powierzchni elementu współpracującego. Materiały elementów współpracujących mają po części znaczny wpływ na żywotność eksploatacyjną (p. Tab. 24). Duże znaczenie dla niezawodności i żywotności eksploatacyjnej połączenia ślizgowego ma też chropowatość elementu współpracującego. Najlepsze warunki eksploatacji zapewniają chropowatości od R_z 0,8 do R_z 1,5. Przy większej chropowatości dochodzi, mimo obecności smaru jako środka smarnego, do zjawisk abrazyjnych powodujących przyspieszone zużycie.

Temperatura

Łożyska ślizgowe P2 są bardzo trwałe w temperaturach do ok. 70 °C. Gdy temperatury znacznie przekraczają tę wartość, sprawność łożyska szybko spada. Temperatura 110 °C stanowi praktyczną granicę ich stosowania. Łożysko może co prawda krótkotrwale wytrzymywać temperaturę eksploatacji 140 °C, ale tylko przy bardzo niskim obciążeniu. Należy też uwzględnić odporność termiczną stosowanego środka smarnego (np. typ smaru).

* na zapytanie

Ruch ślizgowy i obciążenie
W połączeniu z ruchem obrotowym lub wahadłowym znaczenie ma obciążenie specyficzne i obciążenie punktowe wzgl. obciążenie obwodowe. Obciążenie punktowe oznacza ruchomy wał i stacjonarną obudowę z tuleją łożyska. W przypadku obciążenia obwodowego obudowa wykonuje ruchy razem z tuleją łożyska dookoła nieruchomego wału. Ruchy obrotowe lub wahadłowe generują przy równomiernym obciążeniu głównie zużycie. Jeżeli punkt łożyskowania jest obciążany przez następujące z dużą częstotliwością zmiany obciążenia albo wibracje, może dodatkowo wystąpić zmęczenie materiału.

W przypadku ruchów liniowych łożysko pokonuje z reguły dłuższą strefę elementu współpracującego. Z tego powodu przez element współpracujący odprowadzana jest większa ilość ciepła powstającego wskutek tarcia. Możliwe jest więc uzyskiwanie wyższych szybkości ślizgu niż w przypadku ruchów obrotowych i wahadłowych.

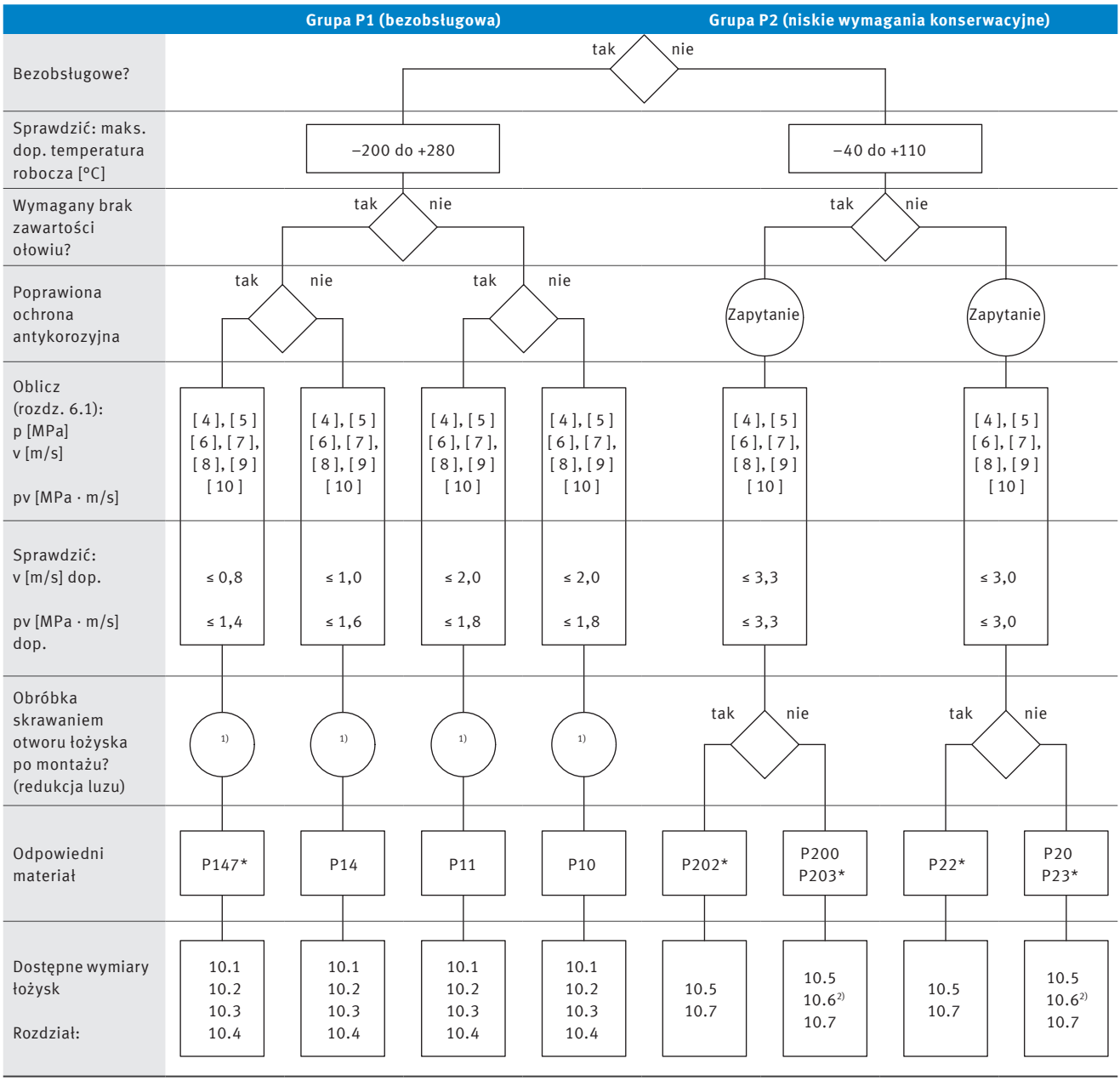
Praca hydrodynamiczna
Łożyska ślizgowe P2 mogą też pracować w warunkach hydrodynamicznych. Wymagana jest w tym celu warstwa ślizgowa bez kieszeni smarowych. Łożyska ślizgowe bez kieszeni smarowych mogą być dostarczane w stanie gotowym do montażu albo na zapytanie z obrobioną średnicą wewnętrzną. Ze względu na stopień komplikacji tego zadania firma Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów hydrodynamicznych łożysk ślizgowych jako usługę.

5 DOBÓR MATERIAŁÓW, INFORMACJE O MATERIAŁACH

Schemat doboru materiałów

Obowiązuje dla łożysk ślizgowych bezsmarowych lub smarowanych smarem stałym. W przypadku pracy hydrodynamicznej firma Motorservice oferuje obliczanie parametrów i dobór materiału jako usługę.

Parametry wejściowe		
Podane obok parametry wejściowe są zazwyczaj określane w katalogu obciążeń albo obliczane (wał). W ramach pierwszego przybliżenia w tym schemacie należy najpierw tymczasowo określić szerokość łożyska w zależności od wału.	• Obciążenie łożyska • Średnica wału • Prędkość obrotowa • Kąt obrotu • Częstotliwość wahań • Szerokość łożyska	[MPa] [mm] [min^{-1}] [°] [min^{-1}] [mm]



[1] Tulei z grupy P1 nie można obrabiać skrawaniem. Możliwa jest kalibracja bez obróbki skrawaniem, która jednak redukuje żywotność (tabela 37)
[2] Dotyczy tylko materiału P20/P200
* na zapytanie

5.1 ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE P1

5.1.1 P10, P11 ... BEZKONSERWACYJNE I TRWAŁE

Skrócony opis
P10 i P11 to zawierające ołów, trwałe materiały na łożyska ślizgowe o najwyższej sprawności trybologicznej. Są przeznaczone do aplikacji bezkonserwacyjnych i bezsmarowych, ale mogą być też stosowane w systemach smarowanych ciekłymi środkami smarnymi. Stosowanie smaru stałego jako środka smarnego wchodzącego w kontakt z materiałem P10 i P11 jest możliwe tylko warunkowo i nie jest zalecane.

Produkcja materiału
Stały środek smarny jest produkowany przy użyciu specjalnie skonfigurowanego procesu mieszalniczego Jednocześnie metodą spieku ciągłego na stalowy grzbiet nanoszona jest warstwa ślizgowa ze sproszkowanego brązu. Powstaje przy tym warstwa ślizgowa o grubości od 0,2 mm do 0,35 mm o porowatości ogólnej ok. 30 %. Następnie walce impregnacyjne wypełniają puste przestrzenie stałym środkiem smarnym. Ten etap technologiczny jest sterowany w sposób zapewniający wytworzenie nad warstwą ślizgową warstwy docierającej o grubości maks. 0,03 mm. Na dalszych etapach obróbki termicznej uzyskiwane są charakterystyczne właściwości systemu materiałowego, po czym sterowane pary walców zapewniają dokładną wymaganą grubość kompozytu.

Produkcja łożysk ślizgowych
Z materiałów P10 i P11 wytwarzane są metodami skrawania, wytłaczania i formowania elementy ślizgowe o najróżniejszych kształtach. Standardowymi kształtami konstrukcyjnymi są:
- Tuleje walcowe
- Tuleje kołnierzowe
- Podkładki oporowe
- Płytki

Łożyska ślizgowe wykonane z materiału P10 otrzymują na końcu powłokę antykorozyjną na grzbiecie, powierzchniach czołowych i powierzchniach styku.
Wersja standardowa: cyna
Grubość warstwy: ok. 0,002 mm

Ponadto na zamówienie dostępne są łożyska ślizgowe P10 o podwyższonej jakości warstwy antykorozyjnej „cynk, przezroczysty pasywowany“. Materiał P11 nie wymaga dodatkowej ochrony antykorozyjnej.

WSKAZÓWKA
Cyna zapewnia krótkotrwałą ochronę antykorozyjną i stanowi pomoc montażową.

Właściwości materiału P10
- bardzo niska skłonność do drgań ciernych
- wysoka odporność zużycie
- dobra odporność chemiczna
- niski współczynnik tarcia
- brak skłonności do zgrzewania z metalem
- praktycznie całkowita odporność na pęcznienie
- nie wchłaniają wody

Preferowane zastosowania
- systemy bezkonserwacyjne i bezsmarowe
- ruchy obrotowe i oscylacyjne do szybkości ślizgu 2 m/s
- ruchy liniowe
- zakres temperatur od –200°C do 280°C

Właściwości materiału P11
Materiał P11 zalecany jest w przypadku podwyższonych wymagań w zakresie ochrony antykorozyjnej lub używaniu agresywnych mediów. Posiada on kilka dodatkowych zalet w porównaniu z materiałem P10:
- bardzo dobra przewodność termiczna, a więc zwiększona niezawodność
- antymagnetyczność

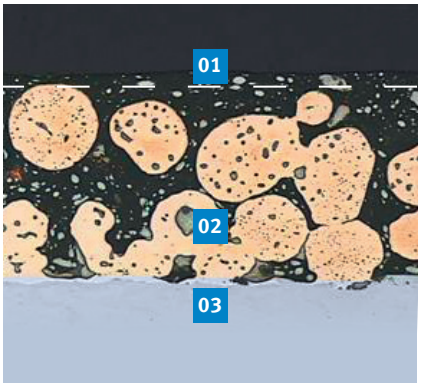
Praca hydrodynamiczna
Praca w warunkach hydrodynamicznych jest bezproblemowa do szybkości ślizgu 3 m/s. W przypadku ciągłej pracy z prędkością ślizgu przekraczającą 3 m/s istnieje niebezpieczeństwo erozji materiału wzgl. kawitacji. Firma Motorservice oferuje kalkulację charakterystyk hydrodynamicznych jako usługę.

Materiały P10 i P11 zawierają ołów i dlatego nie mogą być stosowane w kontakcie ze środkami spożywczymi.

Struktura materiału P10

01	**Warstwa docierająca**	
	Matryca PTFE z wypełniaczem [1]	
	Grubość warstwy [mm]:	maks. 0,03
02	**Warstwa ślizgowa**	
	Brąz cynowo-ołowiowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 30
03	**Grzbiet łożyska**	
	Stal	
	Grubość stali [mm]:	zmienna
	Twardość stali [HB]:	100–180

Tab. 4: Struktura systemu P10



Rys. 15: System warstw P10

Warstwa docierająca	
Komponenty	% wag.
PTFE	44
Pb	56
Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
Pb	9 do 11
Cu	Pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Stal	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 5: Skład chemiczny P10

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	1,8
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,013 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,032 m/s	$p_{dop.}$	MPa	56
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,064 m/s	$p_{dop.}$	MPa	28
Dopuszczalna szybkość ślizgu			
• Praca bezsmarowa przy p ≤ 0,90 MPa	$v_{dop.}$	m/s	2
• Praca hydrodynamiczna	$v_{dop.}$	m/s	3
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–200 do +280
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
• Stalowy grzbiet	α_{St}	K^{-1}	$11 \cdot 10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
• Stalowy grzbiet	λ_{st}	$W(mK)^{-1}$	40

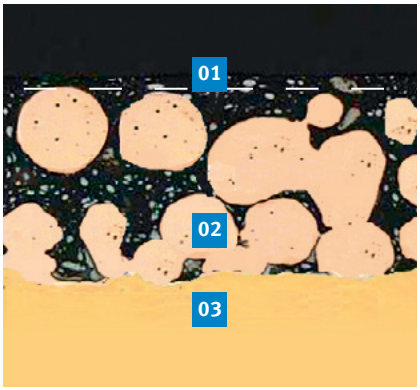
Tab. 6: Parametry materiału P10

[1] Masa środka smarnego wypełnia też pory warstwy ślizgowej.

Struktura materiału P11

01	Warstwa docierająca	
	Matryca PTFE z wypełniaczem[1)]	
	Grubość warstwy [mm]:	maks. 0,03
02	**Warstwa ślizgowa**	
	Brąz cynowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 30
03	**Grzbiet łożyska**	
	Brąz	
	Grubość brązu [mm]:	Zmienna
	Twardość brązu [HB]:	80–160

Tab. 7: Struktura systemu P11



Rys. 16: System warstw P11

Warstwa docierająca	
Komponenty	% wag.
PTFE	44
Pb	56
Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
Cu	pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Bronze	CuSn 6
	DIN 17662

Tab. 8: Skład chemiczny P11

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	1,8
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
• Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
• Dynamiczne	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,013 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,032 m/s	$p_{dop.}$	MPa	56
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,064 m/s	$p_{dop.}$	MPa	28
Dopuszczalna szybkość			
• Praca bezsmarowa przy p ≤ 0,90 MPa	$v_{dop.}$	m/s	2
• Praca hydrodynamiczna	$v_{dop.}$	m/s	3
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–200 do +280
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
• Brązowy grzbiet	α_{br}	K^{-1}	$17 \cdot 10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
• Brązowy grzbiet	λ_{Bz}	$W(mK)^{-1}$	≤ 70

Tab. 9: Parametry materiału P11

[1)] Masa środka smarnego wypełnia też pory warstwy ślizgowej.

5.1.2 P14 ... BEZKONSERWACYJNY I PRZYJAZNY DLA ŚRODOWISKA

Skrócony opis
P14 to niezawierający ołowiu, standardowy materiał na łożyska ślizgowe o wysokich parametrach trybologicznych. Jest przeznaczony do aplikacji bezkonserwacyjnych i bezsmarowych. Może być jednak także używany w systemach smarowanych ciekłymi środkami smarnymi. Stosowanie smaru stałego jako środka smarnego wchodzącego w kontakt z materiałem P14 jest możliwe tylko warunkowo i nie jest zalecane.

Produkcja materiału
Stały środek smarny jest produkowany przy użyciu specjalnie skonfigurowanego procesu mieszalniczego Jednocześnie metodą spieku ciągłego na stalowy grzbiet nanoszona jest warstwa ślizgowa ze sproszkowanego brązu. Powstaje przy tym warstwa ślizgowa o grubości od 0,2 mm do 0,35 mm o porowatości ogólnej ok. 30 %. Następnie walce impregnacyjne wypełniają puste przestrzenie stałym środkiem smarnym. Ten etap technologiczny jest sterowany w sposób zapewniający wytworzenie nad warstwą ślizgową warstwy docierającej o grubości maks. 0,03 mm. Na dalszych etapach obróbki termicznej uzyskiwane są charakterystyczne właściwości systemu materiałowego, po czym sterowane pary walców zapewniają dokładną wymaganą grubość kompozytu.

Produkcja łożysk ślizgowych
Z materiału P14 wytwarzane są metodami skrawania, wytłaczania i formowania elementy ślizgowe o najróżniejszych kształtach. Standardowymi kształtami konstrukcyjnymi są:

- Tuleje walcowe
- Tuleje kołnierzowe
- Podkładki oporowe
- Płytki

Łożyska ślizgowe wykonane z materiału P14 otrzymują na końcu powłokę antykorozyjną na grzbiecie, powierzchniach czołowych i powierzchniach styku.
Wersja standardowa: cyna
Grubość warstwy: ok. 0,002 mm

Właściwości materiału P14

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- bardzo niska skłonność do drgań ciernych
- wysoka odporność zużycie
- niski współczynnik tarcia
- brak skłonności do zgrzewania z metalem
- bardzo niska skłonność pęcznienia

Preferowane zastosowania

- bezkonserwacyjna praca w warunkach bezsmarowych tam, gdzie wymagany jest materiał bezołowiowy
- ruchy obrotowe i oscylacyjne do szybkości ślizgu 1 m/s
- ruchy liniowe
- zakres temperatur od –200°C do 280°C

Praca hydrodynamiczna
Praca w warunkach hydrodynamicznych jest bezproblemowa do szybkości ślizgu 3 m/s. W przypadku ciągłej pracy z prędkością ślizgu przekraczającą 3 m/s istnieje niebezpieczeństwo erozji materiału wzgl. kawitacji Firma Motorservice oferuje kalkulację charakterystyk hydrodynamicznych jako usługę.

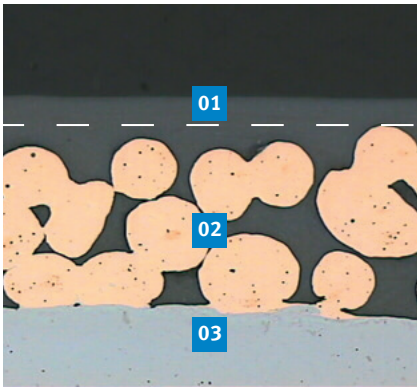
WSKAZÓWKA
Cyna zapewnia krótkotrwałą ochronę antykorozyjną i stanowi pomoc montażową.

Materiał P14 nie nadaje się do stosowania w wodzie (alternatywa: P10, P11, P147)

Struktura materiału P14

01	Warstwa docierająca	
	Matryca PTFE z wypełniaczem[1)]	
	Grubość warstwy [mm]:	maks. 0,03
02	**Warstwa ślizgowa**	
	Brąz cynowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 30
03	**Grzbiet łożyska**	
	Stal	
	Grubość stali [mm]:	zmienna
	Twardość stali [HB]:	100–180

Tab. 10: Struktura systemu



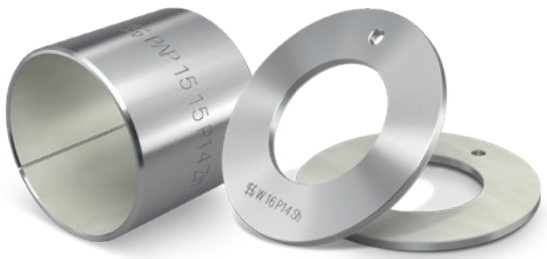
Rys. 17: System warstw

Warstwa docierająca	
Komponenty	% wag.
PTFE	62
ZnS	38
Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
Cu	pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Stal	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 11: Skład chemiczny

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	1,6
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
• Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,011 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,029 m/s	$p_{dop.}$	MPa	56
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,057 m/s	$p_{dop.}$	MPa	28
Dopuszczalna szybkość ślizgu			
• Praca bezsmarowa przy p ≤ 1,60 MPa	$v_{dop.}$	m/s	1
• Praca hydrodynamiczna	$v_{dop.}$	m/s	3
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–200 do +280
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
• Stalowy grzbiet	α_{St}	K^{-1}	$11 \cdot 10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
• Stalowy grzbiet	λ_{st}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 12: Parametry charakterystyczne materiału P14



[1)] Masa środka smarnego wypełnia też pory warstwy ślizgowej.

5.1.2 P147 ... BEZKONSERWACYJNY I ODPORNY NA KOROZJĘ

Skrócony opis

P147 to niezawierający ołowiu materiał specjalny na łożyska ślizgowe o wysokiej sprawności trybologicznej. Jest przeznaczony do bezkonserwacyjnych, bezsmarowych aplikacji, szczególnie w warunkach wysokiego zagrożenia korozją. Może być także stosowany w systemach smarowanych cieczą. Stosowanie smaru stałego jako środka smarnego wchodzącego w kontakt z materiałem P147 jest możliwe tylko warunkowo i nie jest zalecane.

Produkcja materiału

Stały środek smarny jest produkowany przy użyciu specjalnie skonfigurowanego procesu mieszalniczego Jednocześnie metodą spieku ciągłego na stalowy grzbiet nanoszona jest warstwa ślizgowa ze sproszkowanego brązu. Powstaje przy tym warstwa ślizgowa o grubości od 0,2 mm do 0,35 mm o porowatości ogólnej ok. 30 %. Następnie walce impregnacyjne wypełniają puste przestrzenie stałym środkiem smarnym. Ten etap technologiczny jest sterowany w sposób zapewniający wytworzenie nad warstwą ślizgową warstwy docierającej o grubości maks. 0,03 mm. Na dalszych etapach obróbki termicznej uzyskiwane są charakterystyczne właściwości systemu materiałowego, po czym sterowane pary walców zapewniają dokładną wymaganą grubość kompozytu.

Produkcja łożysk ślizgowych

Z materiału P147 wytwarzane są metodami skrawania, wytłaczania i formowania elementy ślizgowe o najróżniejszych kształtach. Standardowymi kształtami konstrukcyjnymi są:

- Tuleje walcowe
- Tuleje kołnierzowe
- Podkładki oporowe
- Płytki

Łożyska ślizgowe wykonane z materiału P147 otrzymują na zamówienie specjalną powłokę antykorozyjną na grzbiecie, powierzchniach czołowych i powierzchniach styku.
Wariant standardowy: Grubość warstwy cynowej: ok. 0,002 mm

- Podwyższona jakość ochrony antykorozyjnej (na zapytanie)
- Wersja: cynk, przezroczysty pasywowany
- Grubość warstwy: od 0,008 mm do 0,012 mm
- Większe grubości warstwy na zapytanie.

Właściwości materiału P147

- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)
- bardzo niska skłonność do drgań ciernych
- wysoka odporność zużycie
- dobra odporność chemiczna
- niski współczynnik tarcia
- brak skłonności do zgrzewania z metalem
- bardzo niska skłonność pęcznienia
- nie wchłaniają wody
- bardzo dobra odporność na korozję

Preferowane zastosowania

- w agresywnych mediach [1)]
- w strefach zewnętrznych maszyn i instalacji [1)]
- bezkonserwacyjna praca w warunkach bezsmarowych tam, gdzie wymagany jest materiał bezołowiowy
- ruchy obrotowe i oscylacyjne do szybkości ślizgu 0,8 m/s
- ruchy liniowe
- zakres temperatur od –200°C do 280°C

Praca hydrodynamiczna

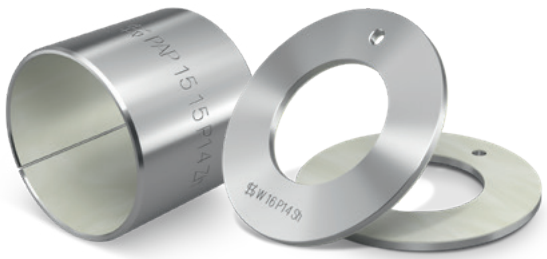
Praca w warunkach hydrodynamicznych jest bezproblemowa do szybkości ślizgu 3 m/s. W przypadku ciągłej pracy z prędkością ślizgu przekraczającą 3 m/s istnieje niebezpieczeństwo erozji materiału wzgl. kawitacji Firma Motorservice oferuje kalkulację charakterystyk hydrodynamicznych jako usługę.

WSKAZÓWKA

Przezroczysta pasywowana warstwa cynkowa stanowi szczególnie skuteczne zabezpieczanie przed korozją. Przy montażu tulei łożyskowych (metodą wciskania) należy wykluczyć ich przechyły. W przeciwnym razie może dojść do uszkodzenie powłoki cynkowej.

WSKAZÓWKA

Materiał P147 jest dostępny na zapytanie.

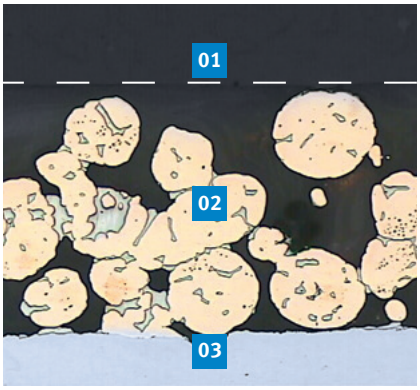


[1)] Materiał P147 spełnia wymogi odporności na mgłę słoną określone w normie DIN 50021

Struktura materiału P147

01	Warstwa docierająca	
	Matryca PTFE z wypełniaczem[1)]	
	Grubość warstwy [mm]:	maks. 0,03
02	**Warstwa ślizgowa**	
	Brąz cynowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 30
03	**Grzbiet łożyska**	
	Stal	
	Grubość stali [mm]:	zmienna
	Twardość stali [HB]:	100–180

Tab. 13: Struktura systemu



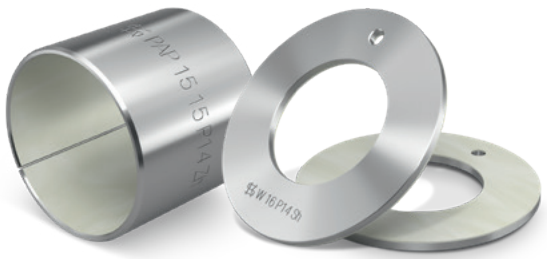
Rys. 18: System warstw

Warstwa docierająca	
Komponenty	% wag.
PTFE	82
$BaSO_4$	18
Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
Cu	pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Stal	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 14: Skład chemiczny

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	1,4
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
• Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,010 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,025 m/s	$p_{dop.}$	MPa	56
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,050 m/s	$p_{dop.}$	MPa	28
Dopuszczalna szybkość ślizgu			
• Praca bezsmarowa przy p ≤ 1,75 MPa	$v_{dop.}$	m/s	0,8
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–200 do +280
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
• Stalowy grzbiet	α_{St}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
• Stalowy grzbiet	λ_{st}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 15: Parametry charakterystyczne materiału P147



[1)] Masa środka smarnego wypełnia też pory warstwy ślizgowej.

5.2 ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE P2

5.2.1 P20, P22, P23 ... NISKOKONSERWACYJNE ROZWIĄZANIA STANDARDOWE

Skrócony opis
P20, P22 i P23 to zawierające ołów standardowe materiały na łożyska ślizgowe o wysokiej sprawności. Są przystosowane do stosowania w aplikacjach niskokonserwacyjnych, smarowanych stałym lub płynnym środkiem smarnym. Wersja standardowa P20 posiada kieszenie smarowe spełniające wymogi normy ISO 3547 w powierzchni bieżnej oraz grubość ściany przystosowaną do natychmiastowego montażu. Na zamówienie dostępne są także warianty P22 (gładka powierzchnia bieżna, przystosowana do obróbki końcowej) i P23 (gładka powierzchnia bieżna, gotowa do montażu).

Produkcja materiału
Przy użyciu metody spieku ciągłego na odpowiednio przygotowaną powierzchnię stalową (taśmę) nanosi się brązową warstwę łączącą tak, że przy grubości warstwy równej ok. 0,3 mm uzyskiwana że porowatość ogólna około 50 %. Następnie nanoszona jest proszkowo warstwa ślizgowa, która jest wtłaczana pod działaniem temperatury w puste przestrzenie warstwy łączącej przez walcowanie. Na warstwie łączącej powstaje w ten sposób, w zależności od przeznaczenia, warstwa ślizgowa o grubości ok. 0,08 mm wzgl. ok. 0,2 mm. Jednocześnie wykonywane są w razie potrzeby kieszenie smarowe. Na kolejnym etapie walcowana kalibracyjnego uzyskuje się dokładną grubość kompozytu.

Materiał	Warianty		
	Gotowość do montażu	Kieszenie smarowe	Naddatek obróbkowy
P20	•	•	
P22			•
P23	•		

Tab. 16: Wersje materiałowe P22 i P23 dostępne na zapytanie

Produkcja łożysk ślizgowych
Z materiału kompozytowego wytwarzane są metodami skrawania, wytłaczania i formowania elementy ślizgowe. Standardowymi kształtami konstrukcyjnymi są:

- Tuleje walcowe
- Podkładki oporowe
- Płytki

Łożyska ślizgowe wykonane z materiałów P20, P22 i P23 otrzymują powłokę antykorozyjną na grzbiecie, powierzchniach czołowych i powierzchniach styku.
Wersja standardowa: cyna
Grubość warstwy [mm]: ok. 0,002

WSKAZÓWKA
Cyna zapewnia krótkotrwałą ochronę antykorozyjną i stanowi pomoc montażową.

Właściwości

- możliwość permanentnego zaopatrzenia w smar na cały okres użytkowania
- wysoka odporność na zużycie
- niska wrażliwość na obciążenia krawędziowe
- dobra zdolność tłumienia
- niewrażliwość na wstrząsy i uderzenia
- dobra odporność chemiczna

Preferowane zastosowania

- niskokonserwacyjna praca ze smarowaniem
- ruchy obrotowe i oscylujące do szybkości 3 m/s
- ruchy liniowe do 6 m/s
- zakres temperatur od –40°C do 110°C

Materiały P20, P22 i P23 zawierają ołów i dlatego nie mogą być stosowane w kontakcie ze środkami spożywczymi.

Rys. 19: Łożysko ślizgowe P20 z kieszeniami smarowymi i otworem smarowym

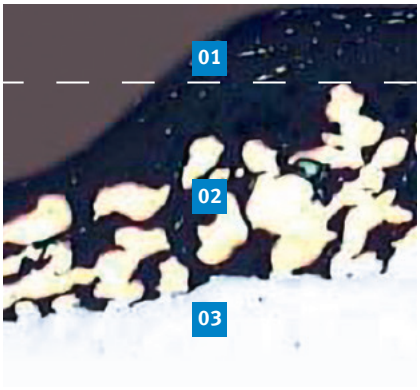
Materiały P22 i P23 mają gładkie powierzchnie bieżne i mogą być stosowane w warunkach hydrodynamicznych. Materiał P22 nadaje się do obróbki końcowej w otworze ślepym łożyska. Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów hydrodynamicznych jako usługę.

WSKAZÓWKA
Materiały P22 i P23 są dostępne na zapytanie.

Struktura materiału P20, P22, P23

01	Warstwa ślizgowa	
	Matryca PVDF z wypełniaczami[1)]	
	Grubość warstwy [mm]:	0,08–0,20
02	**Warstwa pośrednia**	
	Brąz cynowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 50
03	**Grzbiet łożyska**	
	Stal	
	Grubość stali [mm]:	zmienna
	Twardość stali [HB]:	100–180

Tab. 17: Struktura systemu



Rys. 20: System warstw

Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
PVDF	51
PTFE	8
Pb	41
Warstwa pośrednia	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
Cu	pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Stal	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 18: Skład chemiczny

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	3
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,021 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,043 m/s	$p_{dop.}$	MPa	70
Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,086 m/s	$p_{dop.}$	MPa	35
Dopuszczalna szybkość ślizgu			
Smarowanie smarem stałym, obrót, oscylacja	$v_{dop.}$	m/s	3
Smarowanie smarem stałym, ruch liniowy	$v_{dop.}$	m/s	6
Praca hydrodynamiczna	$v_{dop.}$	m/s	6
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–40 do +110
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
Stalowy grzbiet	α_{St}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
Stalowy grzbiet	λ_{st}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 19: Parametry charakterystyczne materiału P20, P22, P23

[1)] Masa środka smarnego wypełnia też puste przestrzenie warstwy ślizgowej.

5.2.2 P200, P202, P203 ... WARTUNGSARM, UNIVERSELL

Skrócony opis

P200, P202 i P203 to niezawierające ołowiu, przyjazne dla środowiska materiały ślizgowe o bardzo wysokiej sprawności. Dzięki specjalnemu połączeniu wypełniaczy uzyskuje się wysoką odporność na zużycie, a jednocześnie bardzo dobre parametry pracy w trybie awaryjnym. Materiały te nadają się więc bardzo dobrze na niskokonserwacyjne, smarowane stałym lub płynnym środkiem smarnym aplikacje, charakteryzujące się wysokimi obciążeniami. Wersja standardowa P200 posiada kieszenie smarowe spełniające wymogi normy ISO 3547 w powierzchni bieżnej oraz grubość ściany przystosowaną do natychmiastowego montażu. Na zamówienie dostępne są także warianty P202 (gładka powierzchnia bieżna, przystosowana do obróbki końcowej) i P203 (gładka powierzchnia bieżna, gotowa do montażu).

Produkcja materiału

Przy użyciu metody spieku ciągłego na odpowiednio przygotowaną powierzchnię stalową (taśmę) nanosi się brązową warstwę łączącą w taki sposób, że przy grubości warstwy równej ok. 0,3 mm uzyskiwana że porowatość ogólna około 50 %. Następnie nanoszona jest proszkowo warstwa ślizgowa, która jest wtłaczana pod działaniem temperatury w puste przestrzenie warstwy łączącej przez walcowanie. Na warstwie łączącej powstaje w ten sposób, w zależności od przeznaczenia, warstwa ślizgowa o grubości ok. 0,08 mm wzgl. ok. 0,2 mm. Jednocześnie wykonywane są w razie potrzeby kieszenie smarowe. Na kolejnym etapie walcowana kalibracyjnego uzyskuje się dokładną grubość kompozytu.

Materiał	Warianty		
	Gotowość do montażu	Kieszenie smarowe	Naddatek obróbkowy
P200	•	•	
P202			•
P203	•		

Tab. 20: Wersje materiałowe P202 i P203 są dostępne na zapytanie

Produkcja łożysk ślizgowych

Z materiału kompozytowego wytwarzane są metodami skrawania, wytłaczania i formowania elementy ślizgowe. Standardowymi kształtami konstrukcyjnymi są:

- Tuleje walcowe
- Podkładki oporowe
- Płytki

Łożyska ślizgowe wykonane z materiałów P200, P202 lub P203 otrzymują powłokę antykorozyjną na grzbiecie,powierzchniach czołowych i powierzchniach styku.
Wersja standardowa: cyna
Grubość warstwy [mm]: ok. 0,002

Ponadto na zamówienie dostępne są łożyska ślizgowe o podwyższonej jakości warstwy antykorozyjnej „cynk, przezroczysty pasywowany“.

WSKAZÓWKA

Cyna zapewnia krótkotrwałą ochronę antykorozyjną i stanowi pomoc montażową.

Właściwości

- nasmarowane permanentnie na cały okres użytkowania
- wysoka odporność na zużycie
- bardzo dobre parametry pracy awaryjnej.
- niewrażliwość na obciążenia krawędziowe, wstrząsy i uderzenia
- dobra zdolność tłumienia
- dobra odporność chemiczna
- nie zawiera ołowiu
- spełnia wymogi dyrektywy 2011/65/EU (RoHS II)

Preferowane zastosowania

- artykuły spożywcze
- specjalne wymagania w zakresie ochrony środowiska
- niskokonserwacyjna eksploatacja w warunkach sparowania, przy zwiększonych wymaganiach
- ruchy obrotowe i oscylacyjne do szybkości ślizgu 3,3 m/s
- ruchy liniowe do 6 m/s
- zakres temperatur od –40°C do 110°C

Rys. 21: Łożysko ślizgowe P200 z kieszenią smarową oraz otworem smarowym

Materiały P202 i P203 mają gładkie powierzchnie bieżne i mogą być stosowane w warunkach hydrodynamicznych. Materiał P202 nadaje się do obróbki końcowej. Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów hydrodynamicznych jako usługę.

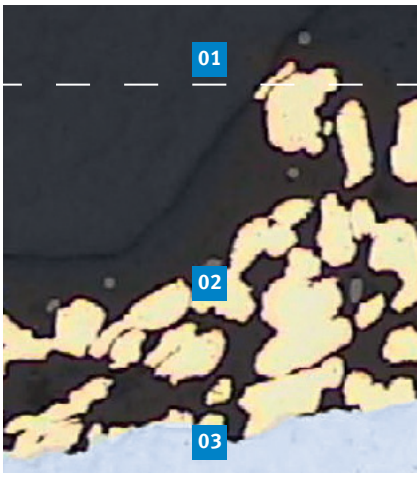
WSKAZÓWKA

Materiały P202 i P203 są dostępne na zapytanie.

Struktura materiału P200, P202, P203

01	Warstwa ślizgowa	
	Matryca PVDF z wypełniaczami[1)]	
	Grubość warstwy [mm]:	0,08–0,20
02	**Warstwa pośrednia**	
	Brąz cynowy	
	Grubość warstwy [mm]:	0,20–0,35
	Porowatość ogólna [%]:	ok. 50
03	**Grzbiet łożyska**	
	Stal	
	Grubość stali [mm]:	zmienna
	Twardość stali [HB]:	100–180

Tab. 21: Struktura systemu



Rys. 22: System warstw

Warstwa ślizgowa	
Komponenty	% wag.
PTFE	9 do 12
Wypełniacze redukujące zużycie i tarcie	22 do 26
PVDF	pozostałe
Warstwa pośrednia	
Komponenty	% wag.
Sn	9 do 11
P	maks. 0,05
Inne	maks. 0,05
Cu	Pozostałe
Grzbiet łożyska	
Materiał	Informacje o materiałach
Stal	DC04
	DIN EN 10130
	DIN EN 10139

Tab. 22: Skład chemiczny

Wartości charakterystyczne, obciążenie graniczne	Znak	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna wartość pv	$pv_{dop.}$	MPa · m/s	3,3
Dozwolone obciążenie jednostkowe łożyska			
• Statyczne	$p_{dop.}$	MPa	250
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,024 m/s	$p_{dop.}$	MPa	140
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe przy szybkości ślizgu ≤ 0,047 m/s	$p_{dop.}$	MPa	70
• Obciążenie punktowe, obciążenie obwodowe, wzbierające przy szybkości ślizgu ≤ 0,094 m/s	$p_{dop.}$	MPa	35
Dopuszczalna szybkość ślizgu			
• Smarowanie smarem stałym, obrót, oscylacja	$v_{dop.}$	m/s	3,3
• Smarowanie smarem stałym, ruch liniowy	$v_{dop.}$	m/s	6
• Praca hydrodynamiczna	$v_{dop.}$	m/s	6
Dopuszczalna temperatura	$T_{dop.}$	°C	–40 do +110
Współczynnik rozszerzalności cieplnej			
• Stalowy grzbiet	α_{St}	K^{-1}	$11*10^{-6}$
Przewodnictwo cieplne właściwe			
• Stalowy grzbiet	λ_{st}	$W(mK)^{-1}$	40

Tab. 23: Parametry charakterystyczne materiału P200, P202, P203

[1)] Masa środka smarnego wypełnia też puste przestrzenie warstwy ślizgowej.

6 KALKULACJA ZNAMIONOWEJ ŻYWOTNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ

6.1 WZORY SŁUŻĄCE DO KALKULACJI ŻYWOTNOŚCI EKSPLOATACYJNEJ

Na podstawie podanych wcześniej wartości czynników wpływających na żywotność eksploatacyjną i niezawodność łożysk ślizgowych KS Permaglide® można według poniższych wzorów wyprowadzić przybliżone wartości żywotności eksploatacyjnej łożysk.

Znamionowa żywotność eksploatacyjna L_N bezkonserwacyjnych łożysk ślizgowych P1

[1] ruch: obrotowy, oscylacyjny

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} \; f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_W \cdot f_R \quad [h]$$

[2] ruch: liniowy

$$L_N = \frac{400}{(pv)^{1,2}} \; f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_W \cdot f_R \cdot f_L \quad [h]$$

Znamionowa żywotność eksploatacyjna LN bezkonserwacyjnych łożysk ślizgowych, smarowanych smarem P2

[3] ruch: obrotowy, oscylacyjny

$$L_N = \frac{2000}{(pv)^{1,5}} \; f_A \cdot f_p \cdot f_v \cdot f_T \cdot f_w \cdot f_R \quad [h]$$

Ruch: liniowy

Kalkulacja znamionowej żywotności eksploatacyjnej w przypadku ruchów liniowych i smarowania smarem stałym jest niecelowa ze względu na działanie trudnych do dokładnego zdefiniowania czynników (np. brud, zestarzenie środka smarnego itp.). Firma Motorservice oferuje tu usługi doradcze oparte na doświadczeniach praktycznych.

[4] obciążenie jednostkowe łożyska, tuleja

$$p = \frac{F}{D_i \cdot B} \quad [MPa]$$

[5] obciążenie jednostkowe łożyska, podkładka oporowa

$$p = \frac{4 \cdot F}{(D_o^2 - D_i^2) \cdot \pi} \quad [MPa]$$

[6] szybkość ślizgu, tuleja obrotowa

$$v = \frac{D_i \cdot \Pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \quad [m/s]$$

[7] szybkość ślizgu, podkładka oporowa, obrotowa

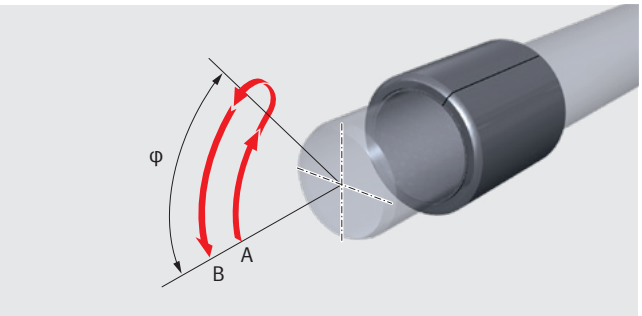
$$v = \frac{D_o \cdot \Pi \cdot n}{60 \cdot 10^3} \quad [m/s]$$

[8] szybkość ślizgu, tuleja, obrotowa

$$v = \frac{D_i \cdot \Pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{osc}}{360^\circ} \; [m/s]$$

[9] szybkość ślizgu, podkładka oporowa, oscylująca

$$v = \frac{D_o \cdot \Pi}{60 \cdot 10^3} \cdot \frac{2\varphi \cdot n_{osc}}{360^\circ} \; [m/s]$$



Rys. 23: Kąt obrotu φ
Częstotliwość wahań n_{osc} jest równa liczbie ruchów od A do B na minutę.

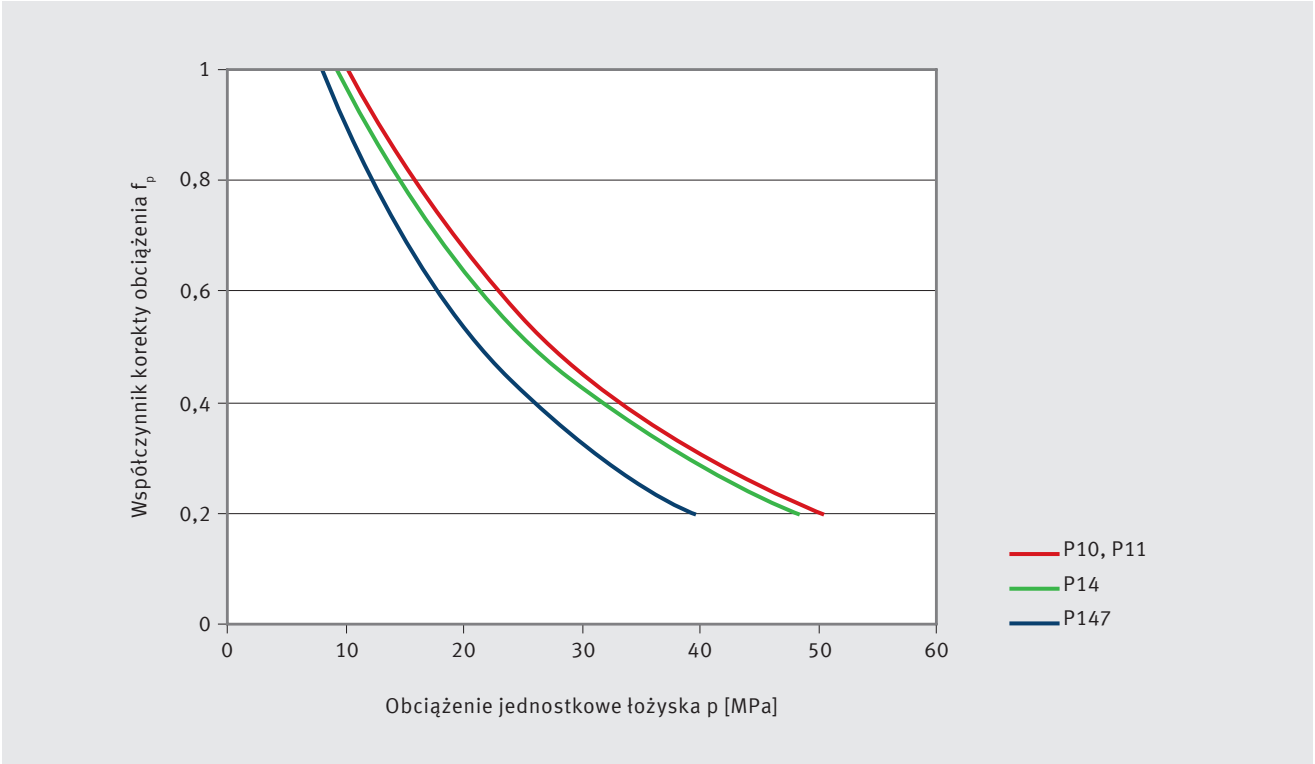
[10] Kalkulacja wartości pv

$$pv = p\,[MPa] \cdot v\,[m/s] \quad [MPa \cdot m/s]$$

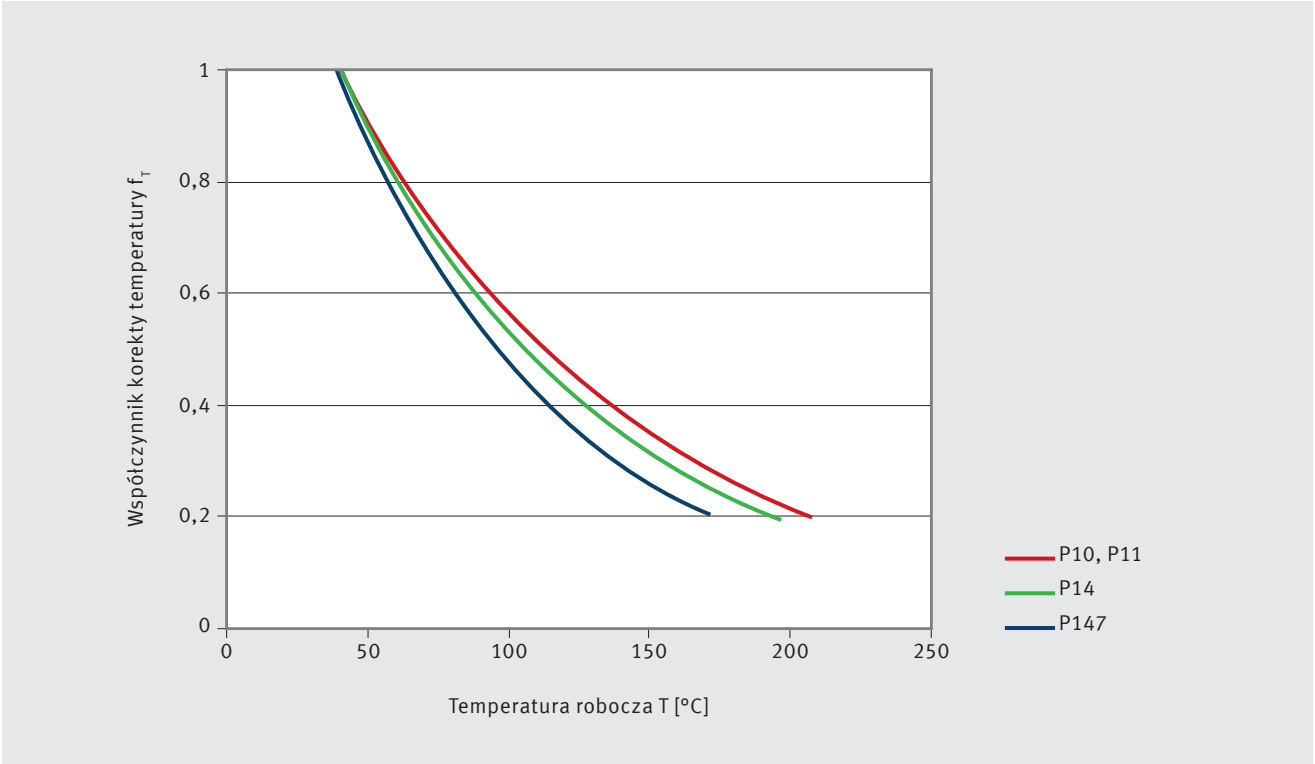
$pv_{dop.}$ dla	P10, P11	..... ≤ 1,8 MPa · m/s
	P14	..... ≤ 1,6 MPa · m/s
	P147	..... ≤ 1,4 MPa · m/s
	P20	..... ≤ 3,0 MPa · m/s
	P200	..... ≤ 3,3 MPa · m/s

Współczynniki korekty	P1	P2
f_p = obciążenie jednostkowe łożyska	Rys. 24	Rys. 28
f_t = temperatura	Rys. 25	Rys. 29
f_v = szybkość ślizgu	Rys. 26	Rys. 30
f_R = chropowatość	Rys. 27	Rys. 31
f_A = obciążenie specyficzne	Rys. 32	Rys. 32
f_w = materiał	Tab. 24	Tab. 24
f_L = ruch liniowy, [11]	Rys. 33	–

Współczynniki korekty dla materiałów P10, P11, P14 i P147*



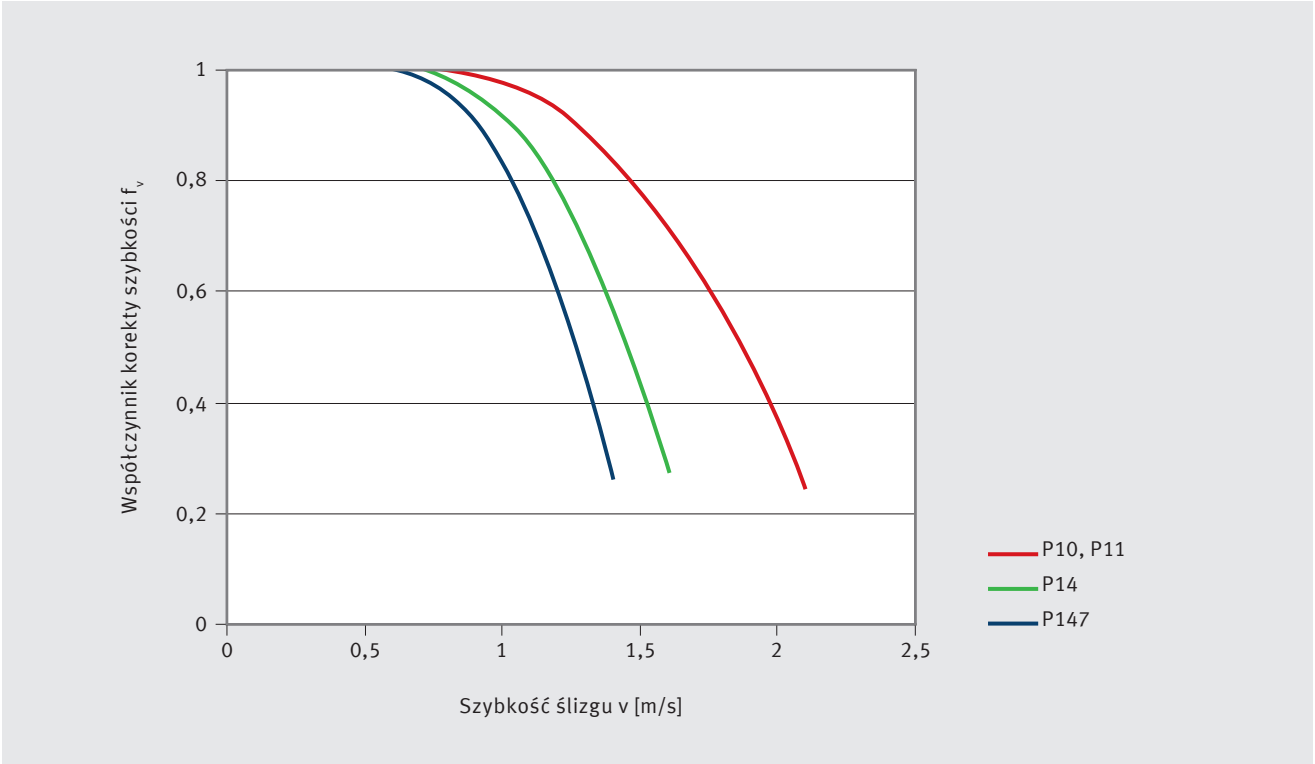
Rys. 24: Współczynnik korekty obciążenia f_p



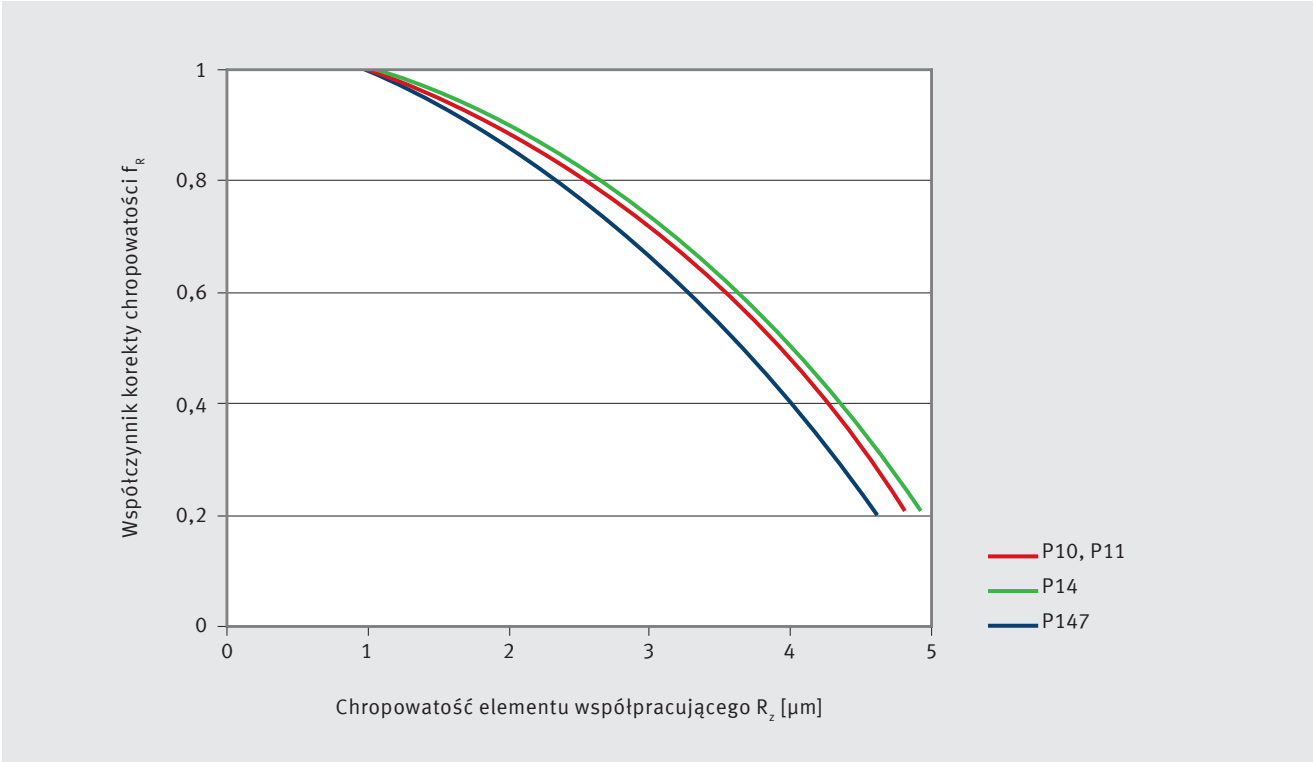
Rys. 25: Współczynnik korekty temperatury f_T

* na zapytanie

Współczynniki korekty dla materiałów P10, P11, P14 i P147*



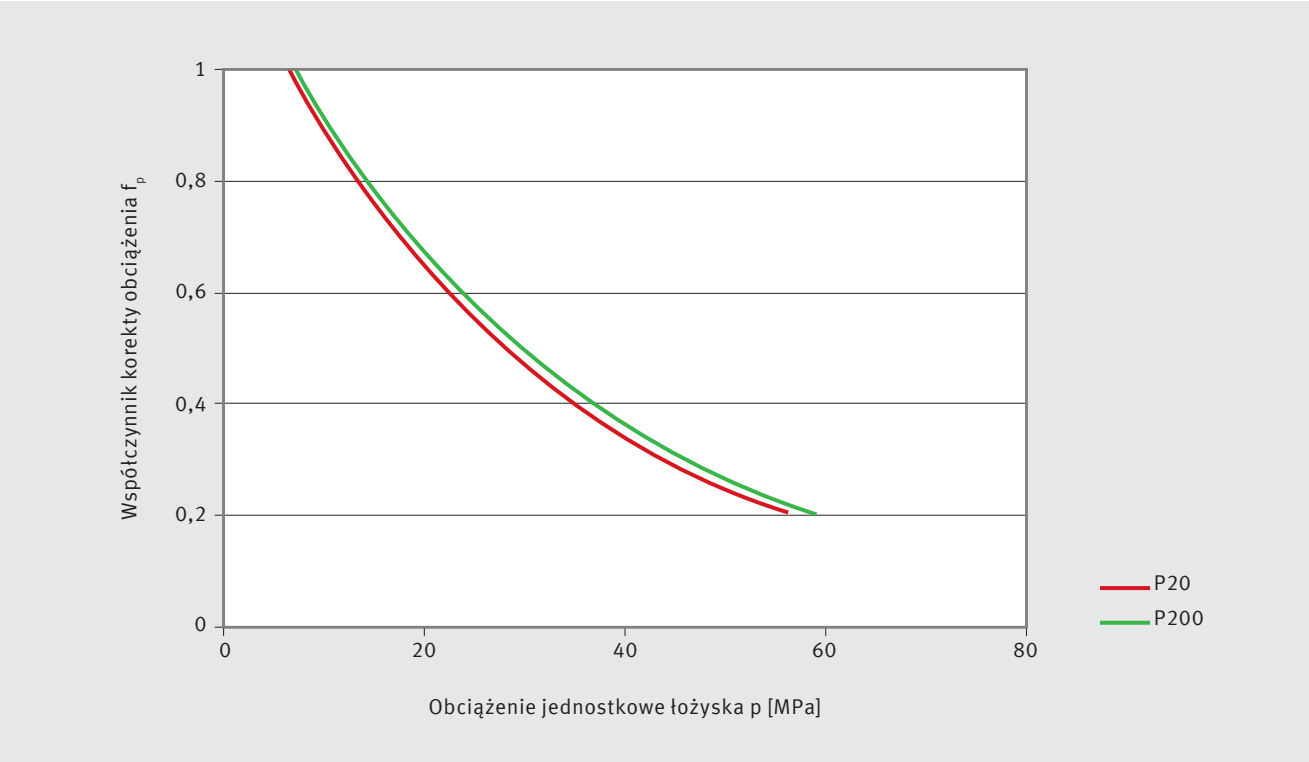
Rys. 26: Współczynnik korekty szybkości ślizgu f_v



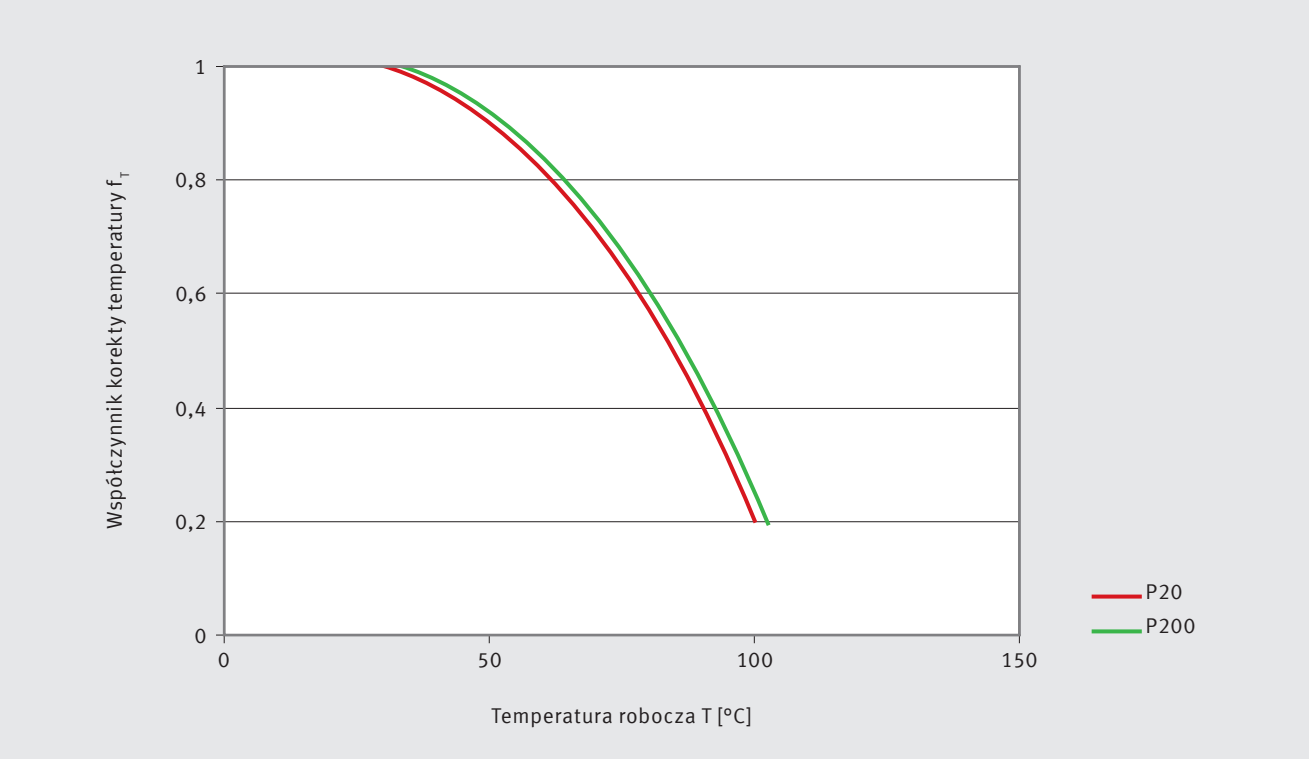
Rys. 27: Współczynnik korekty chropowatości f_R

* na zapytanie

Współczynniki korekty dla materiałów P20, P22*, P23* i P200, P202*, P203*



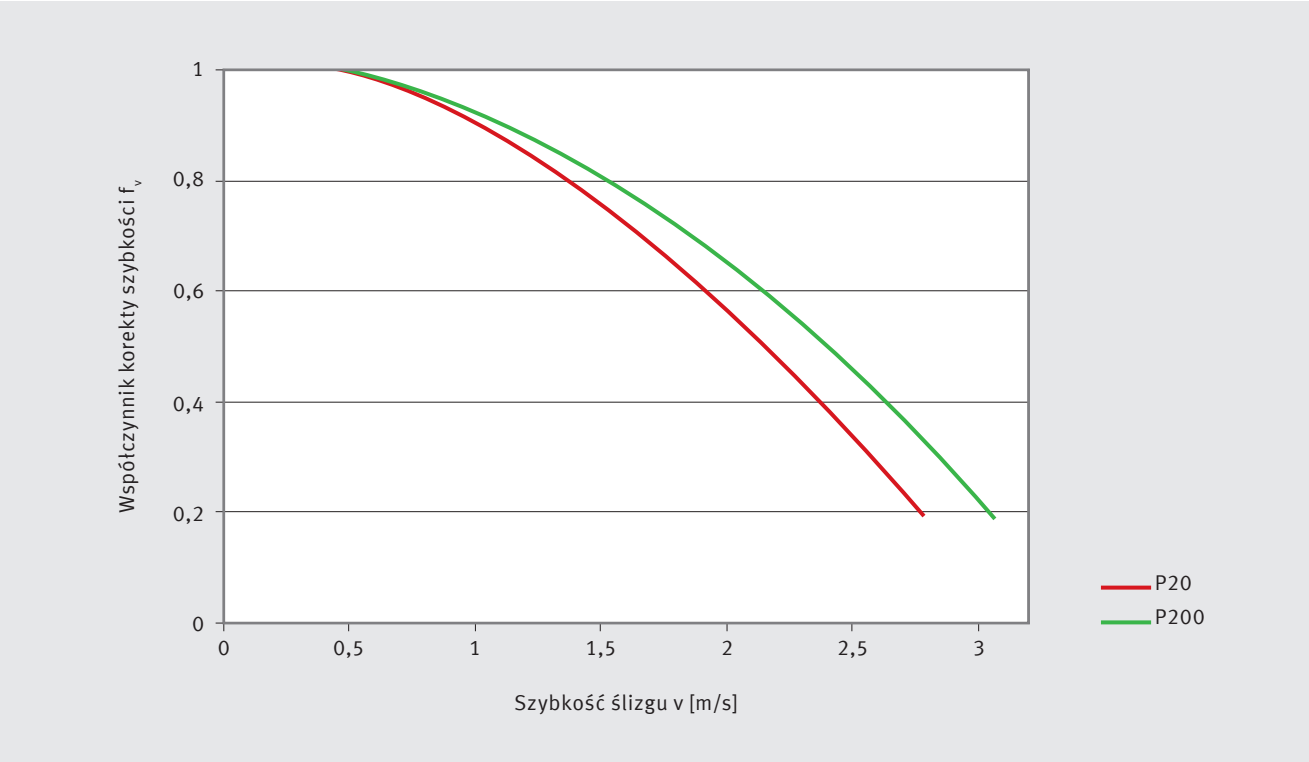
Rys. 28: Współczynnik korekty obciążenia f_p



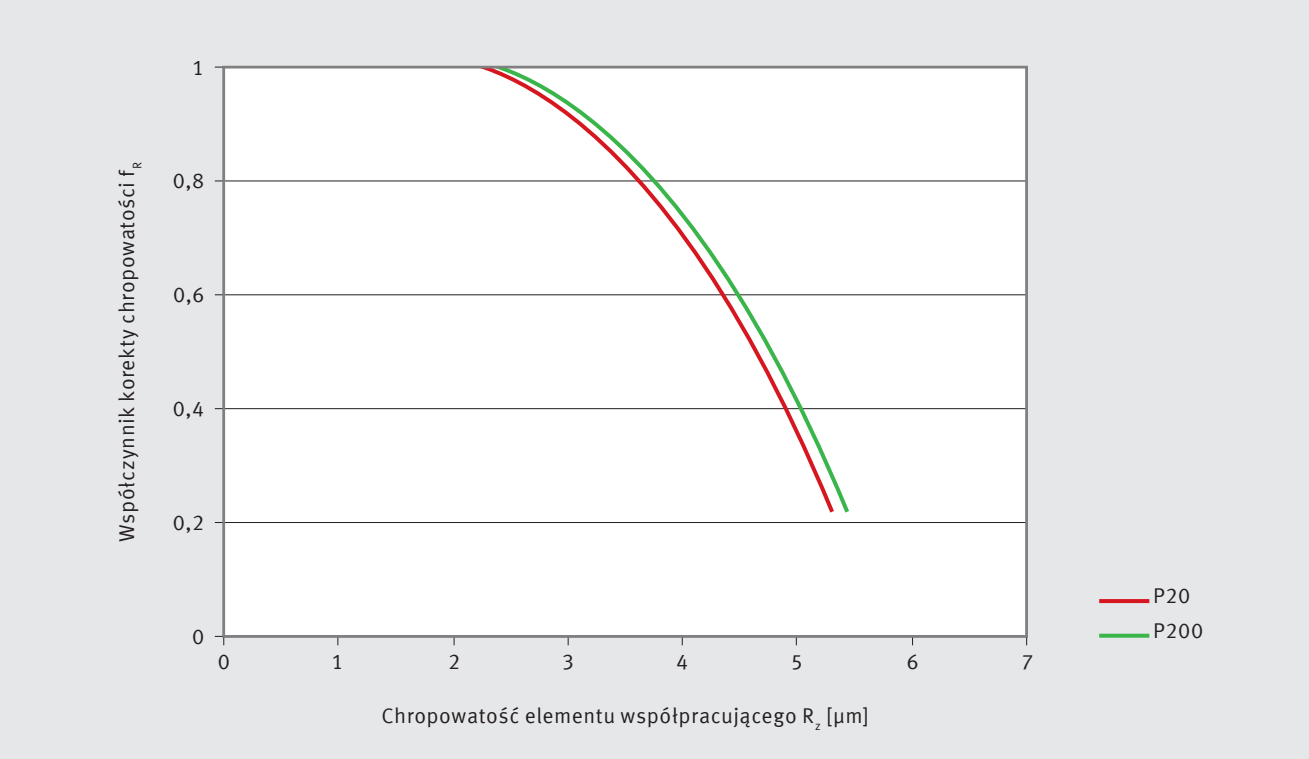
Rys. 29: Współczynnik korekty temperatury f_T

* na zapytanie

Współczynniki korekty dla materiałów P20, P22*, P23* i P200, P202*, P203*



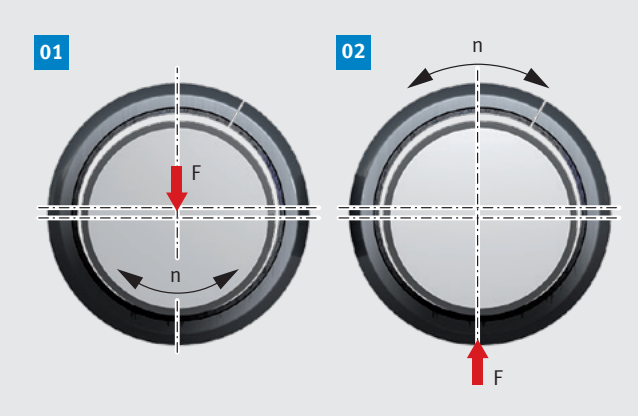
Rys. 30: Współczynnik korekty szybkości ślizgu f_v



Rys. 31: Współczynnik korekty chropowatości f_R

* na zapytanie

Współczynnik korekty obciążenia specyficznego



Rys. 32: Współczynnik korekty obciążenia f_A

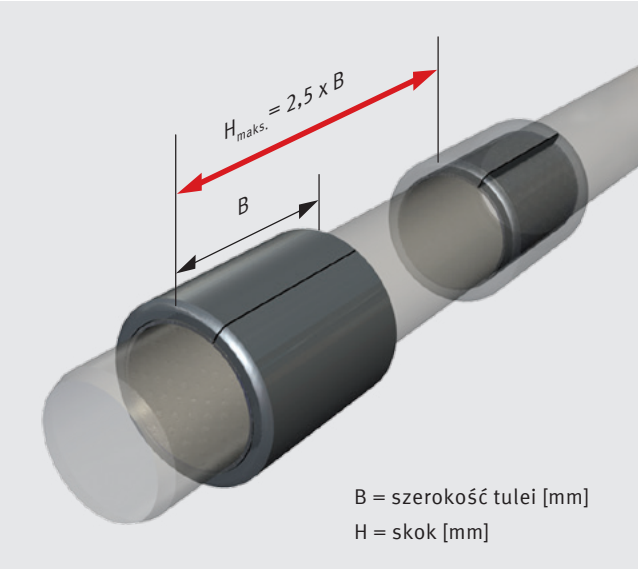
Nr (p. Rys. 32)	Rodzaj obciążenia	f_A
01	Obciążenie punktowe	1
02	Obciążenie obwodowe	2
–	Obciążenie osiowe	1
–	Ruch liniowy	1

Współczynnik korekty materiału elementu współpracującego

Materiał powierzchni współpracującej	f_w
Stal	1
Stal azotowana	1
Stal niskokorozyjna	2
Stal twardo chromowana (grubość warstwy min. 0,013 mm)	2
Stal ocynkowana (grubość warstwy min. 0,013 mm)	0,2
Stal fosfatyzowana (grubość warstwy min. 0,013 mm)	0,2
Żeliwo szare R_z 2	1
Aluminium anodowane	0,4
Aluminium anodowane na twardo (twardość 450 +50 HV; grubość 0,025 mm)	2
Stopy na bazie miedzi	0,1 do 0,4
Nikiel	0,2

Tab. 24: Współczynnik korekty materiału f_w (przy chropowatości R_z 0,8 do R_z 1,5)

Współczynnik korekty ruchu liniowego



Rys. 33: Ruch liniowy, skok $H_{maks.}$

[11] Obliczenia współczynnika korekty ruchu liniowego f_L:

$$f_L = 0,65 \frac{B}{H + B} \quad [1]$$

Nietypowe warunki eksploatacji

Nietypowe warunki eksploatacji mogą wydłużać lub skracać okres żywotności eksploatacyjnej. Często tego rodzaju czynników nie daje się dokładnie określić. Tab. 25 pokazuje typowe wartości oparte na doświadczeniach.

Ocena obliczonej żywotności eksploatacyjnej

Jak wspomniano już w rozdziale Podstawy, kalkulacja żywotności eksploatacyjnej materiałów P1/P2 jest niepewna. Jest to z jednej strony zależne od wielu czynników wpływających; z drugiej strony wpływ takich czynników jak korozja, zestarzenie środka smarnego, oddziaływania chemiczne, zanieczyszczenia na przewidywaną żywotność eksploatacyjną nie da się ściśle ująć matematycznie.

WSKAZÓWKA

Obliczoną żywotność eksploatacyjną można więc rozumieć tylko jako wartość orientacyjną. Zaleca się weryfikację przydatności łożysk ślizgowych KS Permaglide® na podstawie prób.

Warunki eksploatacji	Wpływ na żywotność eksploatacyjną	Uzasadnienie
Praca na sucho; czasowo przerywana	Wydłuża żywotność eksploatacyjną	Punkt łożyskowania może w międzyczasie stygnąć. Ma to pozytywny wpływ na oczekiwaną żywotność eksploatacyjną.
Praca na sucho, na zmianę z pracą w wodzie	Skraca żywotność eksploatacyjną	W wodzie możliwość osiągnięcia warunków hydrodynamicznych jest ograniczona. Ten fakt, a także zmiany między pracą w wodzie i pracą na sucho zwiększają zużycie.
Praca ciągła w płynnych środkach smarnych	Znacznie wydłuża żywotność eksploatacyjną	Występują tu stany tarcia półpłynnego albo stany hydrodynamiczne. Ciepło powstające wskutek tarcia jest odprowadzane przez środek smarny ze strefy kontaktowej. W stanie hydrodynamicznym łożysko ślizgowe pracuje praktycznie bezzużyciowo.
Praca ciągła w smarach (materiały KS Permaglide® P1)	Skraca lub wydłuża żywotność eksploatacyjną	Dodatki takie jak MoS_2 czy ZnS powodują tworzenie pasty i mogą skracać żywotność eksploatacyjną. Przez zastosowanie środków konstrukcyjnych (otwór lub rowki w strefie wylotowej) i regularne dosmarowania można wydłużyć znamionową żywotność eksploatacyjną (rozdział 7, „Smarowanie“).

Tab. 25: Nietypowe warunki eksploatacji

7 TYPOWE USZKODZENIA ŁOŻYSK ŚLIZGOWYCH

Oprócz różnych czynników eksploatacyjnych, takich jak obciążenie łożyska, szybkość ślizgu czy temperatura, materiał wału i powierzchnia wału łożyska ślizgowego są też narażone na inne obciążenia, z których część ma istotny wpływ na niezawodność ich pracy i żywotność eksploatacyjną.

Reakcja trybochemiczna, korozja
Łożyska ślizgowe Permaglide® są z zasady wytrzymałe na działanie wody (z wyjątkiem P14), alkoholi, glikoli i wielu olejów mineralnych. Niektóre media atakują jednak widocznie materiał kompozytowy, a szczególnie elementy wykonane z brązu. Zagrożenie występuje przeważnie w temperaturach przekraczających 100 °C. Może ono powodować ograniczenia sprawności. Grupa materiałowa P1 nie jest odporna na działanie mediów kwasowych (pH ‹ 3) i zasadowych (pH › 12).
Kwasy i gazy utleniające, takie jak wolne halogenki, amoniak lub siarkowodór, powodują uszkodzenia brązowego grzbietu materiału P11.

Jeżeli powierzchnia współpracującego elementu ślizgowego (wału) jest zagrożona korozją, celowe jest stosowanie następujących materiałów:
- stale niskokorozyjne
- stale chromowane na twardo
- Aluminium anodowane na twardo

Te odporne na korozję materiały dodatkowo zmniejszają szybkość zużycia.

Skłonność do pęcznienia
W obecności niektórych mediów i przy temperaturach roboczych ›100 °C, w przypadku materiałów z grupy materiałowej P1 może dochodzić do pęcznienia warstwy docierającej (stały środek smarny). Grubość ścianki łożyska ślizgowego może się zwiększyć, w zależności od działającego na nią medium, nawet o 0,03 mm.

Środek zaradczy:
- zwiększenie luzu łożyskowego;
- zastosowanie łożyska ślizgowego z materiału P14/P147. Jego skłonność do pęcznienia jest ‹ 0,01 mm, a więc znacznie mniejsza.

Należy pamiętać, że materiał P14 można stosować najwyżej do szybkości ślizgu 1 m/s, a materiał P147 najwyżej do szybkości ślizgu 0,8 m/s.

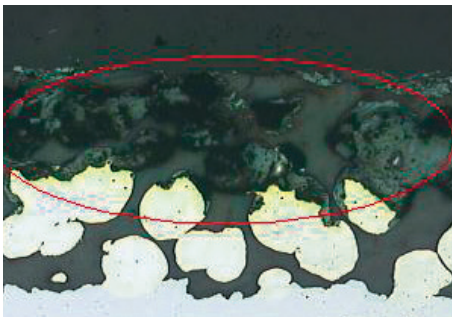
Elektrochemiczna korozja stykowa
W niekorzystnych warunkach mogą powstawać elementy lokalne ujemnie wpływające na niezawodność pracy łożyska.

Środek zaradczy:
Odpowiedni dobór pary materiałów składowych.

Mikroruchy ślizgowe
Jeżeli w trakcie cyklu ruchy wahadłowe lub liniowe odbywają się po bardzo małych odcinkach, w przypadku łożysk P1 nie jest możliwe wytworzenie filmu smarnego. Oznacza to, że po zakończeniu procesu docierania między warstwą ślizgową z brązu i powierzchnią wału powstają strefy kontaktu metalicznego. Powoduje to przyspieszone zużycie. Możliwe jest otarcie wału.

Środek zaradczy:
nasmarowanie punktu łożyskowania. Proszę się zapoznać z następnym punktem „Smarowanie“.

Smarowanie
W przypadku niektórych aplikacji może być konieczne smarowanie powierzchni kontaktu między łożyskiem ślizgowym P1 i elementem współpracującym smarem stałym lub olejem. Może to spowodować znaczenie odchylenia od oczekiwanej żywotności eksploatacyjnej. Zastosowanie smaru może zarówno wydłużyć, jak i skrócić żywotność eksploatacyjną. (Tab. 25: Nietypowe warunki eksploatacji). Żywotność eksploatacyjną skracają z jednej strony zakłócenia przenoszenia smaru stałego w trakcie procesu docierania. Z drugiej strony obecność smaru lub oleju ułatwia tworzenie pasty. Pod pojęciem pasty rozumie się mieszaninę smaru albo małych ilości oleju ze ścierem pochodzącym ze strefy kontaktowej. Pasta osadza się zgodnie z kierunkiem obrotu w strefie kontaktowej i zakłóca odprowadzanie ciepła. Części pasty są w ten sposób z powrotem wtłaczane do strefy kontaktowej i przyspieszają zużycie. Stałe środki smarne z dodatkami, np. siarczku cynku lub siarczku molibdenu, wzmacniają tendencję do tworzenia pasty. Jeżeli w przypadku łożysk ślizgowych P1 nie można wyeliminować konieczności smarowania smarem stałym, tworzeniu pasty można zapobiegać przez zastosowanie następujących środków zaradczych:
- regularne dosmarowania (np. smarem litowym)
- wykonanie otworów albo rowków w strefie wylotowej, w celu umożliwienia odkładania się pasty.



Rys. 34: Uszkodzenie wskutek działania czynników chemicznych

UWAGA

Otwory i rowki zmniejszają powierzchnię przekroju ściany tulei. Jeżeli ich udział w powierzchni jest >10 %, należy to uwzględnić w kalkulacji parametrów (pasowanie, pokrycie).

Łożyska ślizgowe P2 wymagają smarowania. Odpowiednie typy środków smarnych są podane w rozdziale 3.2 „Niskokonserwacyjne łożyska ślizgowe KS Permaglide® P2“, „Smarowanie smarem stałym“.

Kawitacja, erozja

Łożyska ślizgowe KS Permaglide® mogą pracować w warunkach hydrodynamicznych.

Zaleta:

- możliwe są wyższe szybkości ślizgu niż w przypadku pracy bezsmarowej lub smarowania smarem stałym.
- praktycznie bezzużyciowa eksploatacja, ponieważ powyżej prędkości obrotowej przejścia obie powierzchnie ślizgowe są od siebie oddzielone przez ciecz smarną. Powstaje więc tylko czyste tarcie płynne.
- efekt samosmarowania łożysk ślizgowych przy tarciu półpłynnym (poniżej prędkości obrotowej przejścia).

Mimo to w warunkach hydrodynamicznych mogą występować nietypowe uszkodzenia powierzchni ślizgowej łożyska, a szczególnie uszkodzenia kawitacyjne i erozyjne.

Kawitacja i erozja występują przeważnie wspólnie. Taki obraz uszkodzenia jest możliwy szczególnie przy wysokiej szybkości ślizgu.

Środek zaradczy:

- redukcja szybkości ślizgu (jeżeli to możliwe)
- zastosowanie innego środka smarnego (lepkość, obciążalność i temperatura)
- eliminacja zakłóceń przepływu przez szczelinę smarowniczą, spowodowanych np. przez rowki olejowe, otwory olejowe, kieszenie olejowe itp.).

Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów łożysk ślizgowych KS Permaglide® pracujących w trybie hydrodynamicznym jako usługę.

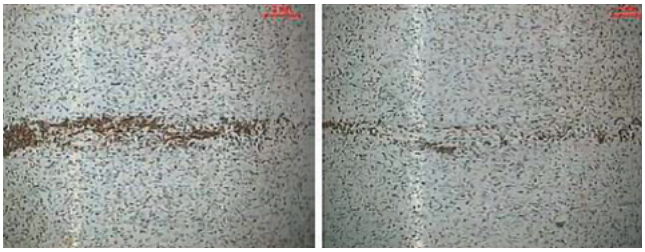
Uszkodzenia spowodowane przez kawitację

Pod pojęciem kawitacji rozumie się lokalne zniszczenia powierzchni ślizgowej wskutek działania ciśnienia. W łożysku ślizgowym pracującym w trybie hydrodynamicznym, w wykonującym szybkie ruchy filmie smarnym mogą powstawać pęcherzyki pary, ma to miejsce wskutek spadku ciśnienia. Gdy ciśnienie w cieczy rośnie, pęcherzyki pary implodują. Uwalniana w ten sposób energia atakuje powierzchnię ślizgową mechanicznie i tworzy lokalne wydrążenia materiału.

Rys. 35: Lokalne uszkodzenie spowodowane kawitacją

Uszkodzenia spowodowane przez erozję

Erozja to mechaniczne uszkodzenie powierzchni ślizgowej wskutek działania cieczy, która może też zawierać cząstki stałe. Rozkład ciśnienia w filmie smarnym łożyska ślizgowego pracującego w warunkach hydrodynamicznych jest zakłócany wskutek zawężenia przekroju i zawirowań, dochodzi do mechanicznego uszkodzenia bieżni.



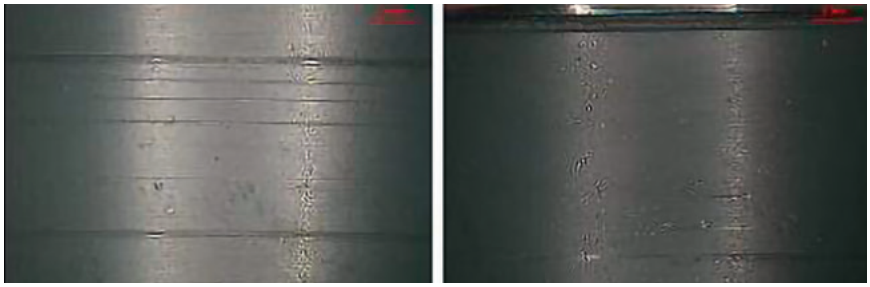
Rys. 36: Uszkodzenie warstwy docierającej wskutek erozji, łożysko ślizgowe P1

Uszkodzenia spowodowane zanieczyszczeniem
Jeżeli cząsteczki zanieczyszczeń dostaną się do strefy kontaktowej pomiędzy łożyskiem i wałem, bieżnia łożyska zostaje uszkodzona przez abrazję i blizny. Wpływa to ujemnie na żywotność eksploatacyjną i niezawodność łożyska.

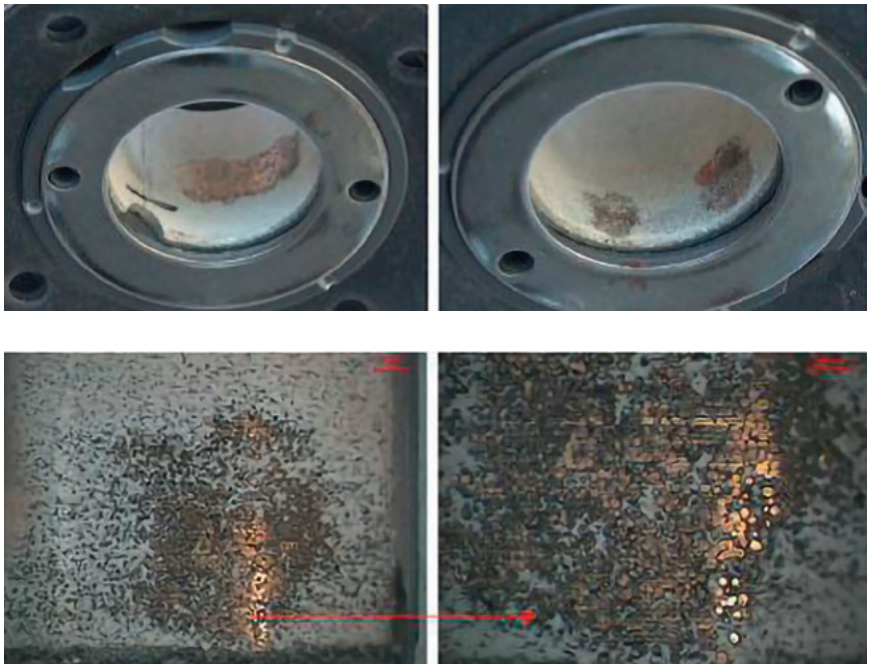
Środek zaradczy:
- uszczelnienie łożyska
- w przypadku smarowania ciekłym środkiem smarnym zastosować filtr wstępny

Uszkodzenia spowodowane błędami montażu
Przy wtłaczaniu tulei łożyska ślizgowego może dojść do uszkodzenia powierzchni bieżnej. Często powstają też otarcia między płaszczem łożyska i otworem ślepym obudowy. Powoduje to lokalne uwypuklenia w bieżni łożyska. Oba te typy uszkodzeń mogą znacznie skracać żywotność eksploatacyjną.

Środek zaradczy:
- narzędzia wtłaczające z elementem centrującym (pierścieniem montażowym)
- optymalizacja pokrycia między otworem ślepym obudowy i średnicą zewnętrzną łożyska
- wykluczenie zanieczyszczenia
- wykluczenie pochylenia tulei podczas wtłaczania
- zastosowanie odpowiedniego środka smarnego



Rys. 37: Łożysko ślizgowe P2, blizny w bieżni



Rys. 38: Znaczne lokalne uszkodzenie spowodowane przez błędy montażu

8 KONSTRUKCJA PUNKTU ŁOŻYSKOWANIA

8.1 OBUDOWA

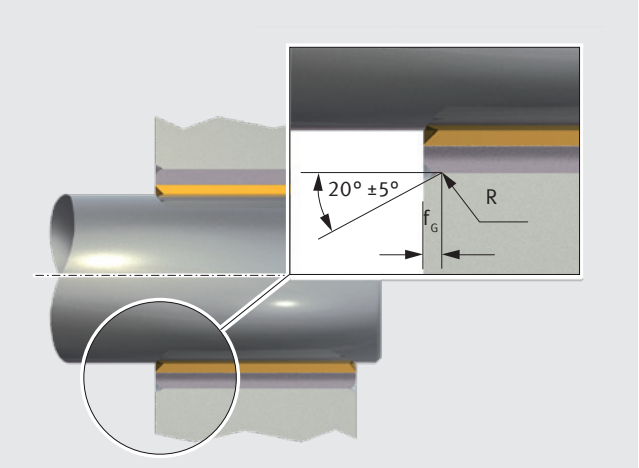
Tuleje

Tuleje KS Permaglide® są wtłaczane w obudowę, co zapewnia ich zamocowanie w płaszczyźnie promieniowej i osiowej. Nie jest tu konieczne żadne dodatkowe mocowanie. Zaleca się następujące parametry otworu ślepego obudowy:

- Chropowatość R_z 10
- Faza f_G 20° ±5°
  Faza ta ułatwia pasowanie wtłaczane.

Średnica otworu d_G	Szerokość fazy f_G
$d_G \leq 30$	0,8 ± 0,3
$30 < d_G \leq 80$	1,2 ± 0,4
$80 < d_G \leq 180$	1,8 ± 0,8
$180 < d_G$	2,5 ± 1,0

Tab. 26: Szerokość fazy f_G otworu ślepego obudowy pod tuleje (Rys. 38)



Rys. 39: Faza na obudowie tulei PAP

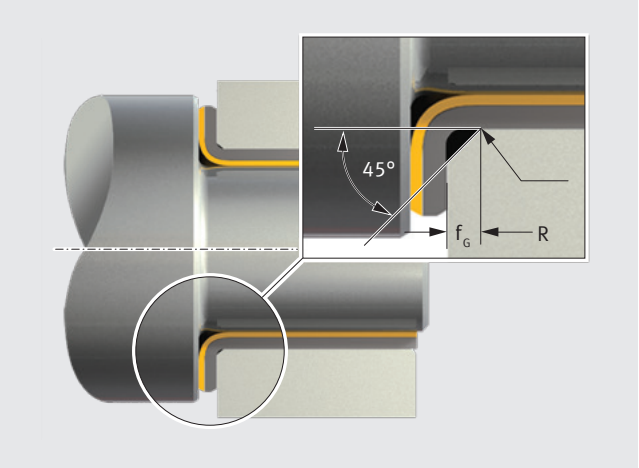
Tuleje kołnierzowe

W przypadku tulei kołnierzowych należy uwzględnić promień przejścia między częścią promieniową i częścią osiową.

- Tuleje kołnierzowe nie mogą przylegać do powierzchni w obszarze promieniowym.
- W przypadku obciążeń osiowych kołnierz musi mieć zapewnione dostateczne podparcie.

Średnica otworu d_G	Szerokość fazy f_G
$d_G \leq 10$	1,2 ± 0,2
$10 < d_G$	1,7 ± 0,2

Tab. 27: Szerokość fazy f_G otworu ślepego obudowy pod tuleje kołnierzowe (Rys. 40)



Rys. 40: Faza na obudowie tulei PAF

Mocowanie podkładek oporowych

Zalecenie:

- Koncentryczne osadzenie zapewnia wyfrezowanie w obudowie (Rys. 41)
  - średnica i głębokości wyfrezowań patrz tabele wymiarowe (rozdział 10)
- Niepożądany współobrót wykluczany jest przy użyciu bolca pasowanego lub wkrętu z łbem stożkowym płaskim (Rys. 41 i 42)
  - Łeb wkrętu lub bolec pasowany musi być obniżony o min. 0,25 mm w stosunku powierzchni bieżnej (Rys. 41 i 42)
  - Wielkości i rozmieszczenie otworów patrz tabele wymiarowe (rozdział 10).

- Jeżeli nie jest możliwe wykonanie wyfrezowania w obudowie,
  - należy wykonać zabezpieczenie przy użyciu kilku bolców pasowanych lub wkrętów, (Rys. 42)
  - należy zastosować inne techniki połączeń.

Zabezpieczenie przed obracaniem nie jest zawsze konieczne. W różnych sytuacjach tarcie statyczne między grzbietem podkładki i obudowy jest wystarczające.

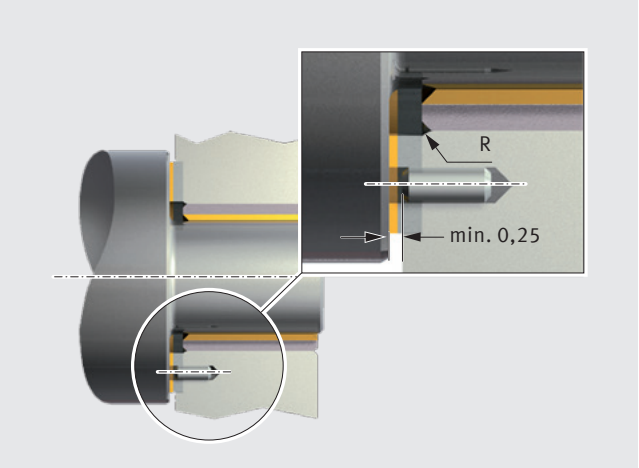
Inne techniki połączeniowe

Jeżeli jakość pasowania wtłaczanego tulei jest niedostateczna bądź jeżeli połączenie na bolec lub wkręt jest nieekonomiczne, można zastosować tanie alternatywne techniki połączeniowe:

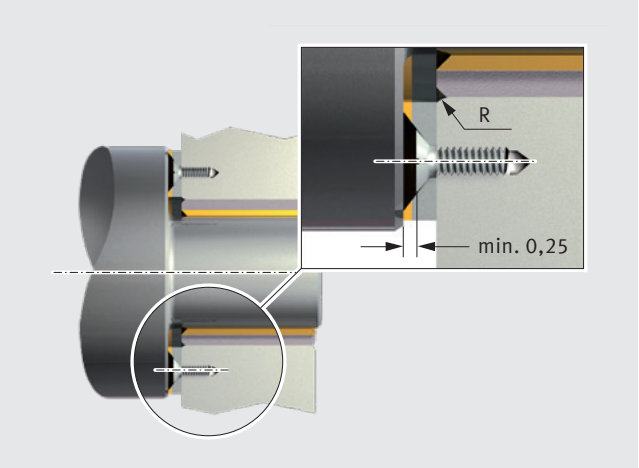
- spawanie laserowe
- lutowanie miękkie
- sklejanie, patrz wskazówkę poniżej

UWAGA

Temperatura warstwy docierającej lub ślizgowej nie może być wyższa niż +280 °C w przypadku modułu KS Permaglide® P1 i +140°C w przypadku modułu KS Permaglide® P2. Klej nie może się dostać na warstwę docierającą i ślizgową. Zalecenie: Zasięgnąć u producenta informacji na temat kleju, a w szczególności doboru kleju, obróbki wstępnej powierzchni, sposobu utwardzania, wytrzymałości, przedziału dopuszczalnych temperatur oraz rozszerzalności.



Rys. 41: Mocowanie podkładki oporowej PAW w wyfrezowaniu obudowy



Rys. 42: Mocowanie podkładki oporowej PAW bez wyfrezowania obudowy

8.2 CECHY ŚLIZGOWEGO ELEMENTU WSPÓŁPRACUJĄCEGO

Zasady ogólne:
W systemie trybologicznym, w celu zapewnienia maksymalnego udziału nośnego oraz wykluczenia powstania stopni w powierzchni ślizgowej w czasie docierania, długość wału (w przypadku łożyska promieniowego) względnie odsadzenia wału (w przypadku łożyska osiowego) powinna być większa od powierzchni ślizgowej.

Wał
Wały należy sfazować i zaokrąglić wszystkie ostre krawędzie, zapewnia to:
- ułatwienie montażu
- ochronę warstwy ślizgowej tulei

W strefie ślizgowej wały nie mogą zasadniczo wykazywać żadnych rowków ani wcięć.

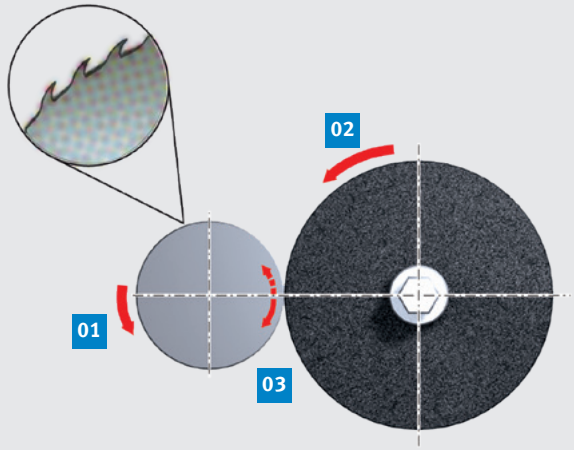
Powierzchnia współpracująca
Optymalna żywotność eksploatacyjna dzięki prawidłowej chropowatości
- Optymalną żywotnością eksploatacyjną zapewnia chropowatość powierzchni współpracującej w przedziale od R_z 0,8 do R_z 1,5:
  - w trybie bezsmarowym materiału KS Permaglide® P1
  - w trybie smarowanym materiału KS Permaglide® P2

UWAGA
Niższe parametry chropowatości nie wydłużają żywotności eksploatacyjnej, a nawet mogą powodować zużycie adhezyjne. Następuje znaczna redukcja wyższej chropowatości.

- Korozji powierzchni współpracującej zapobiega się w przypadku materiałów KS Permaglide® P1 i P2 przez:
  - uszczelnienie,
  - zastosowanie stali odpornej na korozję,
  - odpowiednią obróbkę powierzchni.

W przypadku materiału KS Permaglide® P2 dodatkową ochronę antykorozyjną zapewnia środek smarny.

Jakość powierzchni
- Należy preferować powierzchnie szlifowane lub ciągnione.
- Powierzchnie toczone dokładnie lub toczone dokładnie i dogniatane, także o wartościach od R_z 0,8 do R_z 1,5, mogą zwiększać zużycie (przy toczeniu dokładnym powstają spiralne rowki).



01 kierunek obrotu wału w ramach zastosowania
02 kierunek obrotu ściernicy
03 dowolny kierunek obrotu wału podczas szlifowania

Rys. 43: Szlifowanie wału żeliwnego

- Żeliwo sferoidalne (GGG) ma otwartą strukturę powierzchniową i wymaga oszlifowania do porowatości R_z 2 albo wyższej. Rys. 43 pokazuje kierunek obrotów wałów żeliwnych w ramach zastosowania. Powinien on być zgodny z kierunkiem obrotów ściernicy, ponieważ przy przeciwnym kierunku obrotów wzrasta zużycie.

Praca hydrodynamiczna
W przypadku pracy hydrodynamicznej chropowatość R_z powierzchni współpracującej powinna być mniejsza od minimalnej grubości filmu smarowego. Firma Motorservice oferuje kalkulację parametrów hydrodynamicznych jako usługę.

Uszczelki

W przypadku ekspozycji na większe zanieczyszczenia albo agresywne otoczenie korzystne jest uszczelnienie punktu łożyskowania. Rys. 44 pokazuje zalecane rodzaje uszczelnień:

- **01** konstrukcja otoczenia
- **02** uszczelnienie szczelinowe
- **03** uszczelka wału
- kołnierz smarowy

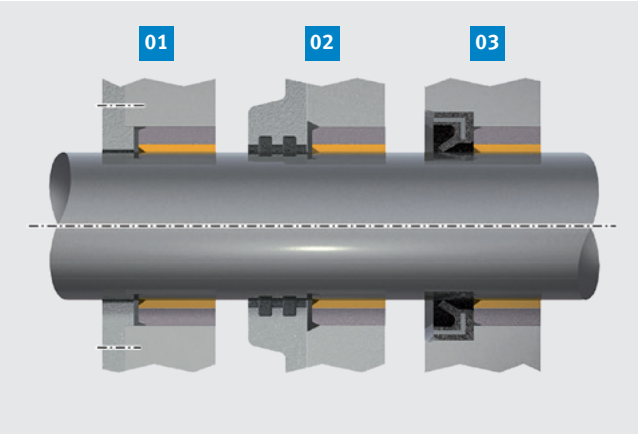
Odprowadzanie ciepła

Należy zapewnić niezawodne odprowadzanie ciepła.

- W trybie pracy hydrodynamicznej ciepło jest odprowadzane przeważnie przez ciecz smarną.
- W przypadku suchych i smarowanych smarem łożysk ślizgowych ciepło odprowadzane jest przez obudowę i wał.

Obróbka elementów łożyskujących

- Łożyska ślizgowe KS Permaglide® można obrabiać zarówno bezwiórowo, jak i skrawaniem (np. przez skracanie, gięcie lub wiercenie)
- Łożyska ślizgowe KS Permaglide® należy w miarę możliwości przecinać od strony pokrytej PTFE. Zadzior powstający przy przecinaniu zakłóca ruch na powierzchni bieżnej
- Następnie element łożyskujący należy wyczyścić
- Nagie powierzchnie stalowe (krawędzie przecięcia) należy zabezpieczyć przez korozją przy użyciu:
  - oleju albo
  - galwanicznych powłok ochronnych
    W przypadku większych przepływów jednostkowych albo dłuższych czasów powlekania należy przykryć wszystkie powierzchnie bieżne w celu wykluczenie osadów.



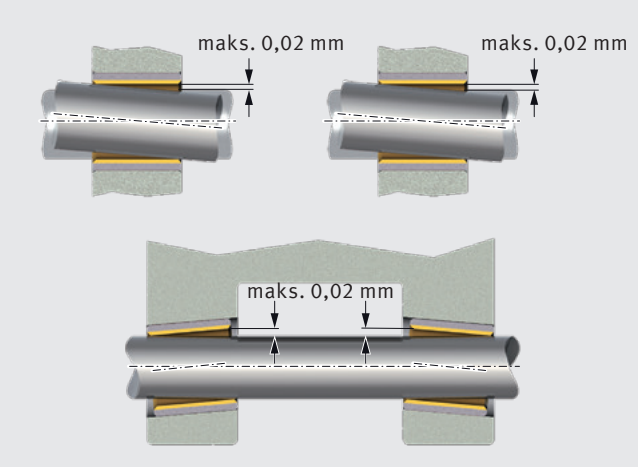
Rys. 44: Uszczelki

UWAGA

Temperatury robocze przekraczające podane niżej wartości graniczne zagrażają zdrowiu:
+280 °C w przypadku materiału KS Permaglide® P1
+140 °C w przypadku materiału KS Permaglide® P2
Wióry mogą zawierać ołów.

Orientacja osiowa (dokładna zbieżność)

Dokładna zbieżność jest ważna dla wszystkich promieniowych i osiowych łożysk ślizgowych. Dotyczy to szczególnie bezsmarowych łożysk ślizgowych. Wada zbieżności na całej szerokości tulei nie może w sumie przekroczyć 0,02 mm (patrz Rys. 45). Wartość ta obowiązuje tak samo dla całej szerokości tulei rozmieszczonych parami i podkładek oporowych. W przypadku tulei rozmieszczonych jedna z drugą korzystne może być zachowanie jednakowej szerokości obu tulei. Przy montażu spoiny powinny leżeć na jednej płaszczyźnie.



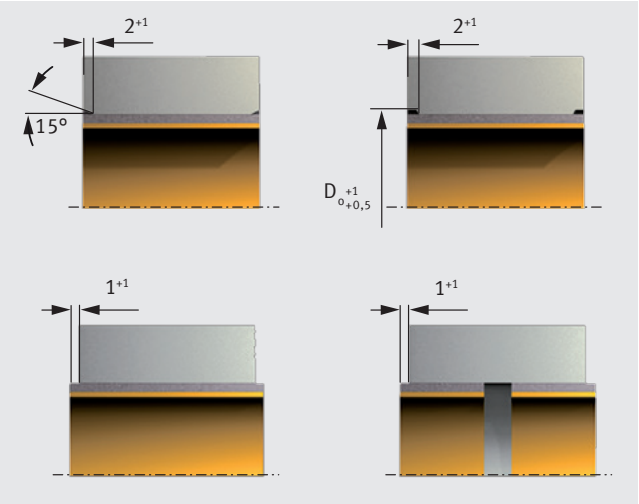
Rys. 45: Dopuszczalne wady zbieżności

Obciążenie krawędzi w zamontowanym łożysku ślizgowym

Geometryczne niedokładności lub szczególne warunki pracy mogą powodować niedopuszczalnie wysokie obciążenia stref krawędziowych łożyska ślizgowego. Tego typu „ciśnienie krawędziowe“ może spowodować zakleszczenie łożyska. Obciążenia te można zmniejszyć środkami konstrukcyjnymi (Rys. 46).

- Powiększone fazy na obudowie.
- Zwiększona średnica otworu w strefie brzegowej otworu ślepego obudowy.
- Szerokość tulei większa od szerokości obudowy.

Dodatkowa redukcja siły działających na krawędzie jest możliwa przez zastosowanie elastycznej obudowy.



Rys. 46: Redukcja szczytowych naprężeń krawędzi

8.3 LUZ ŁOŻYSKOWY, PASOWANIE WTŁACZANE

Teoretyczny luz łożyskowy

Tuleje z materiałów KS Permaglide® P1 i P2 są montowane w obudowie metodą pasowania wtłaczanego, co zapewnia ich stabilne zamocowanie promieniowe i osiowe. Nie jest tu konieczne żadne dodatkowe mocowanie. Tolerancje montażowe podane w tab. 28 dają dla obudów i wałów sztywnych:

- pasowania wtłaczane
- luz łożyskowy zgodny z tab. 33

Teoretyczny luz łożyskowy oblicza się w następujący sposób:

[12] $\Delta s_{maks.} = d_{Gmaks.} - 2 \cdot s_{3min.} - d_{Wmin.}$

[13] $\Delta s_{min.} = d_{Gmin.} - 2 \cdot s_{3maks.} - d_{Wmaks.}$

$\Delta s_{maks.}$	[mm]	maksymalny luz łożyskowy
$\Delta s_{min.}$	[mm]	minimalny luz łożyskowy
$d_{Gmaks.}$	[mm]	maksymalna średnica otworu ślepego obudowy
$d_{Gmin.}$	[mm]	minimalna średnica otworu ślepego obudowy
$d_{Wmaks.}$	[mm]	maksymalna średnica wału
$d_{Wmin.}$	[mm]	minimalna średnica wału
$s_{3maks.}$	[mm]	maksymalna grubość ścianki
$s_{3min.}$	[mm]	minimalna grubość ścianki (tab. 32)

Jakość pasowania wtłaczanego i luz łożyskowy

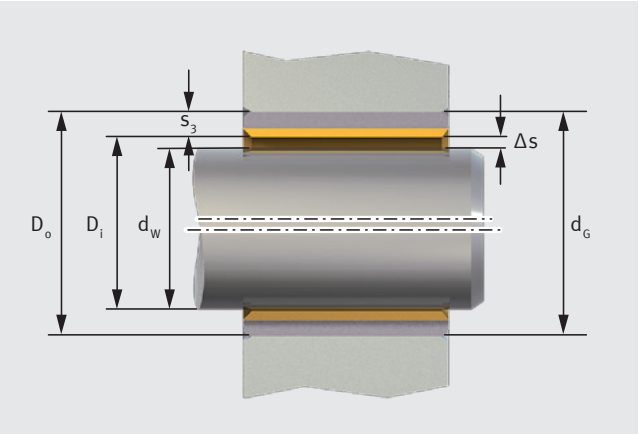
Jakość pasowania wtłaczanego i luz łożyskowy można modyfikować przy użyciu parametrów podanych w tab. 35:

- przy wysokich temperaturach otoczenia
- w zależności od materiału obudowy
- w zależności od grubości ścianki obudowy

Jeżeli mają obowiązywać mniejsze tolerancje luzu, mniejsze muszą też być tolerancje parametrów wału i otworu.

UWAGA

Przy stosowaniu wałów o polu tolerancji h luz łożyskowy dla $5 \leq d_W < 80$ (P10, P14, P147) i $d_W < 80$ (P11) należy sprawdzić zgodnie z równaniami [12] dla Δs_{maks} i [13] dla Δs_{min}.



Rys. 47: Teoretyczny luz łożyskowy Δs

Przedział średnic			KS Permaglide® P10, P14, P147*	P11	P20, P200
Wał					
	d_W	< 5	h6	f7	h8
5 ≤	d_W	< 80	f7	f7	h8
80 ≤	d_W		h8	h8	h8
Otwór ślepy obudowy					
	d_G	≤ 5,5	H6	–	–
5,5 <	d_G		H7	H7	H7

Tab. 28: Zalecane wartości tolerancji montażowych

UWAGA

Przy kalkulacji luzu łożyskowego nie zostało uwzględnione poszerzenie otworu ślepego obudowy.

Do obliczania pokrycia U służą wartości tolerancji otworu obudowy podane w tab. 28 oraz wymiary średnicy zewnętrznej tulei D_O w Tab. 29.

* na zapytanie

Średnica zewnętrzna tulei D_o			Odchyłki wymiarów (próba A wg ISO 3547-2)			
			P10, P14, P147*, P20, P200		P11	
			górna	dolna	górna	dolna
	$D_o \leq$	10	+0,055	+0,025	+0,075	+0,045
10	$< D_o \leq$	18	+0,065	+0,030	+0,080	+0,050
18	$< D_o \leq$	30	+0,075	+0,035	+0,095	+0,055
30	$< D_o \leq$	50	+0,085	+0,045	+0,110	+0,065
50	$< D_o \leq$	80	+0,100	+0,055	+0,125	+0,075
80	$< D_o \leq$	120	+0,120	+0,070	+0,140	+0,090
120	$< D_o \leq$	180	+0,170	+0,100	+0,190	+0,120
180	$< D_o \leq$	250	+0,210	+0,130	+0,230	+0,150
250	$< D_o \leq$	305	+0,260	+0,170	+0,280	+0,190

Tab. 29: Odchyłki średnicy zewnętrznej D_o

Średnica wewnętrzna tulei D_i			Grubość ścianki s_3	Odchyłki wymiarów wg DIN ISO 3547-1, tabela 3, szereg B			
				P10, P14, P147*		P11	
				górna	dolna	górna	dolna
	$D_i <$	5	0,75	0	−0,020	–	–
			1	–	–	+0,005	−0,020
5	$\leq D_i <$	20	1	+0,005	−0,020	+0,005	−0,020
20	$\leq D_i <$	28	1,5	+0,005	−0,025	+0,005	−0,025
28	$\leq D_i <$	45	2	+0,005	−0,030	+0,005	−0,030
45	$\leq D_i <$	80	2,5	+0,005	−0,040	+0,005	−0,040
80	$\leq D_i <$	120	2,5	−0,010	−0,060	−0,010	−0,060
120	$\leq D_i$		2,5	−0,035	−0,085	−0,035	−0,085

Tab. 30: Grubość ścianek s_3 dla tulei i tulei kołnierzowych P1

Chropowatość powierzchni	R_a (µm)	R_z (µm)
Otwór ślepy łożyska D_i	6,3	25,0
Grzbiet łożyska D_o	1,6	6,3
Pozostałe powierzchnie	25,0	100,0

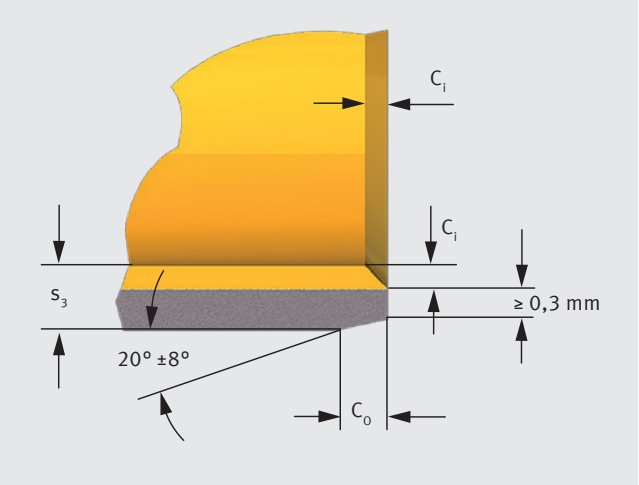
Tab. 31: Szorstkość powierzchni, chropowatość R_a i R_z

Średnica wewnętrzna			Grubość ścianki	Odchyłki wymiarów zgodne z normą ISO 3547-1, tabela 3, szereg D, P20, P200	
D_i			s_3	górna	dolna
8	$\leq D_i <$	20	1	−0,020	−0,045
20	$\leq D_i <$	28	1,5	−0,025	−0,055
28	$\leq D_i <$	45	2	−0,030	−0,065
45	$\leq D_i <$	80	2,5	−0,040	−0,085
80	$\leq D_i$		2,5	−0,050	−0,115

Tab. 32: Grubości ścianek s_3 dla tulei z materiału KS Permaglide® P20/P200

Grubość ścianki s_3	Faza zewnętrzna, bezwiórowa C_o	Ukos krawędzi wewn. C_i	
		min.	maks.
0,75	0,5 ± 0,3	0,1	0,4
1	0,6 ± 0,4	0,1	0,6
1,5	0,6 ± 0,4	0,1	0,7
2	1,0 ± 0,4	0,1	0,7
2,5	1,2 ± 0,4	0,2	1,0

Tab. 33: Faza zewnętrzna C_o i ukos krawędzi wewnętrznej C_i (Rys. 48) dla tulei metrycznych, wg ISO 3547-1, Tabela 2



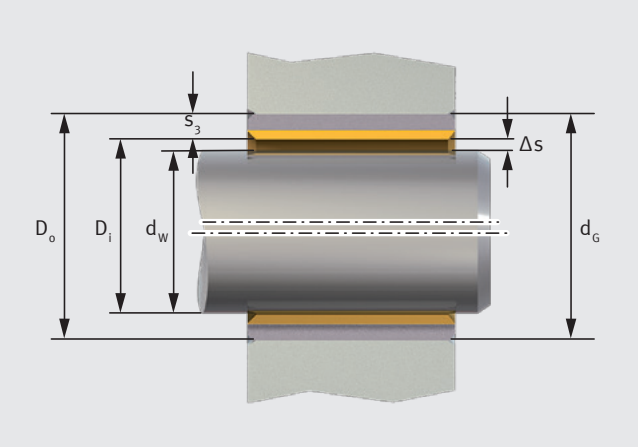
Rys. 48: Faza zewnętrzna C_o und ukos krawędzi wewnętrznej C_i dla wymiarów metrycznych

* na zapytanie

Teoretyczny luz łożyskowy

Średnica tulei		Luz łożyskowy Δs			
		P10, P11, P14, P147*		P20, P200	
D_i (mm)	D_o (mm)	$\Delta s_{min.}$ (mm)	$\Delta s_{maks.}$ (mm)	$\Delta s_{min.}$ (mm)	$\Delta s_{maks.}$ (mm)
2	3,5	0	0,054	–	–
3	4,5	0	0,054	–	–
4	5,5	0	0,056	–	–
5	7	0	0,077	–	–
6	8	0	0,077	–	–
7	9	0,003	0,083	–	–
8	10	0,003	0,083	0,040	0,127
10	12	0,003	0,086	0,040	0,130
12	14	0,006	0,092	0,040	0,135
13	15	0,006	0,092	–	–
14	16	0,006	0,092	0,040	0,135
15	17	0,006	0,092	0,040	0,135
16	18	0,006	0,092	0,040	0,135
18	20	0,006	0,095	0,040	0,138
20	23	0,010	0,112	0,050	0,164
22	25	0,010	0,112	0,050	0,164
24	27	0,010	0,112	0,050	0,164
25	28	0,010	0,112	0,050	0,164
28	32	0,010	0,126	0,060	0,188
30	34	0,010	0,126	0,060	0,188
32	36	0,015	0,135	0,060	0,194
35	39	0,015	0,135	0,060	0,194
40	44	0,015	0,135	0,060	0,194
45	50	0,015	0,155	0,080	0,234
50	55	0,015	0,160	0,080	0,239
55	60	0,020	0,170	0,080	0,246
60	65	0,020	0,170	0,080	0,246
65	70	0,020	0,170	–	–
70	75	0,020	0,170	0,080	0,246
75	80	0,020	0,170	0,080	0,246
80	85	0,020	0,201	0,100	0,311
85	90	0,020	0,209	–	–
90	95	0,020	0,209	0,100	0,319
95	100	0,020	0,209	–	–
100	105	0,020	0,209	0,100	0,319
105	110	0,020	0,209	–	–
110	115	0,020	0,209	–	–
115	120	0,020	0,209	–	–
120	125	0,070	0,264	–	–
125	130	0,070	0,273	–	–
130	135	0,070	0,273	–	–
135	140	0,070	0,273	–	–
140	145	0,070	0,273	–	–
150	155	0,070	0,273	–	–
160	165	0,070	0,273	–	–
180	185	0,070	0,279	–	–
200	205	0,070	0,288	–	–
220	225	0,070	0,288	–	–
250	255	0,070	0,294	–	–
300	305	0,070	0,303	–	–

Tab. 34: Teoretyczny luz łożyskowy po wtłoczeniu metrycznych tulei lub tulei kołnierzowych, bez uwzględnienia możliwego poszerzenia otworu



Rys. 49: Teoretyczny luz łożyskowy Δs

* na zapytanie

Jakość pasowania wtłaczanego i luz łożyskowy

Konstrukcja i wpływy otoczenia	Skutek	Wymagana czynność	zaradcza
Obudowa z metali lekkich albo obudowa cienkościenna	Znaczne poszerzenie Za duży luz	Zmniejszyć otwór ślepy obudowy d_G	Obudowa jest poddawana silniejszym obciążeniom; nie wolno przekroczyć dozwolonego naprężenia obudowy.
Obudowa ze stali lub żeliwa przy wysokich temperaturach otoczenia	Mniejszy luz	Zmniejszyć średnicę wału d_W na każde 100°C powyżej temperatury pokojowej o 0,008 mm	
Obudowa z brązu lub stopów miedzi przy wysokich temperaturach otoczenia	Zła jakość pasowania wtłaczanego	Zmniejszyć otwór ślepy obudowy d_G, zalecana zmiana średnicy co 100°C powyżej temperatury pokojowej: d_G –0,05 %	Zredukować średnicę wału d_W o tę samą wartość, aby został zachowany luz łożyskowy.
Obudowa ze stopów aluminium przy wysokich temperaturach otoczenia	Zła jakość pasowania wtłaczanego	Zmniejszyć otwór ślepy obudowy d_G, zalecana zmiana średnicy co 100°C powyżej temperatury pokojowej: d_G –0,1 %	Zredukować średnicę wału o tę samą wartość d_W, aby został zachowany luz łożyskowy. Przy temperaturach poniżej 0°C obudowa jest poddawana silniejszym obciążeniom; nie wolno przekroczyć dozwolonego naprężenia obudowy.
Tuleje z grubszą warstwą antykorozyjną	Średnica zewnętrzna D_o za duża Za mały luz	Zwiększyć otwór ślepy obudowy d_G Przykład: grubość warstwy 0,015 ± 0,003 mm stąd d_G +0,03 mm	Bez zastosowania odpowiednich środków zaradczych tuleja i obudowa byłyby poddawane większym obciążeniom.

Tab. 35: Błędy, ich skutki i środki zaradcze w zakresie jakości pasowania wtłaczanego i luzu łożyskowego przy wysokich temperaturach otoczenia, specjalnych materiałach obudów albo grubościach ścianek obudów

9 MONTAŻ ŁOŻYSK ŚLIZGOWYCH

Tuleje KS Permaglide® dają się łatwo wtłaczać w otwór ślepy obudowy łożyska. Wtłaczanie można ułatwić przez lekkie naoliwienie grzbietu tulei albo otworu ślepego obudowy.

Zalecane metody wtłaczania

Przy średnicy zewnętrznej DO do około 55 mm:

- wtłaczanie styczne z powierzchnią przy użyciu trzpienia bez pierścienia montażowego zgodnie z Rys. 51
- wtłaczanie obniżone przy użyciu trzpienia bez pierścienia montażowego zgodnie z Rys. 52.

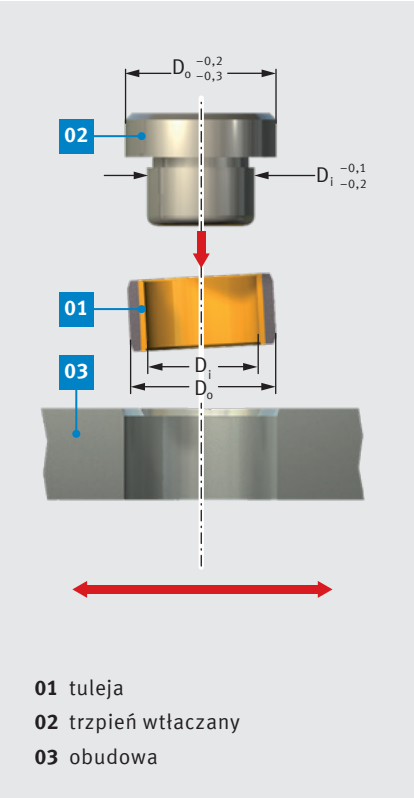
Przy średnicy zewnętrznej DO od około 55 mm:

- wtłaczanie przy użyciu trzpienia i przy użyciu pierścienia montażowego zgodnie z Rys. 53.

UWAGA

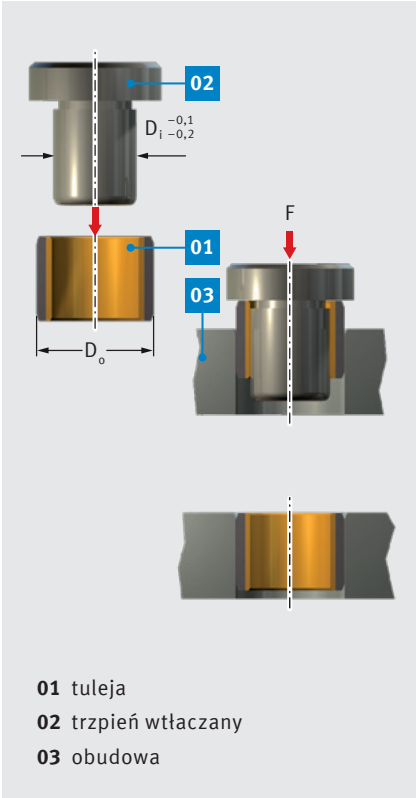
Przy montażu należy zachować czystość. Brud skraca żywotność eksploatacyjną układu łożyskowania. Nie wolno uszkodzić powierzchni ślizgowej. Należy uwzględnić wymaganą pozycję montażu, o ile została określona. Miejsce styku nie może leżeć w głównej strefie obciążenia.

Wykluczanie przechyleń i wad osiowości



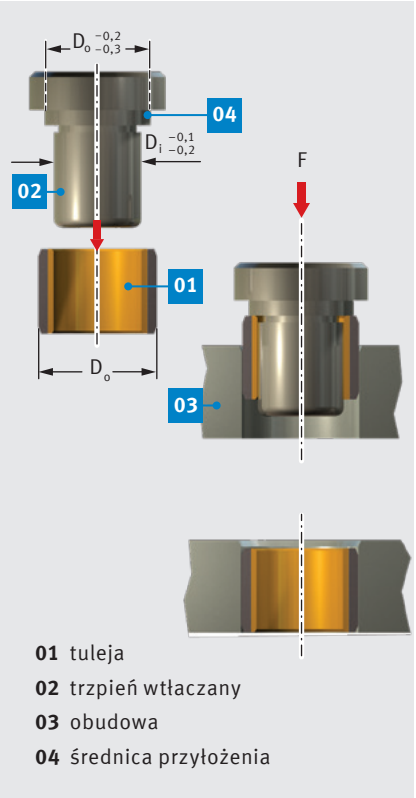
01 tuleja
02 trzpień wtłaczany
03 obudowa

Rys. 50: Wtłaczanie z użyciem ruchomej obudowy



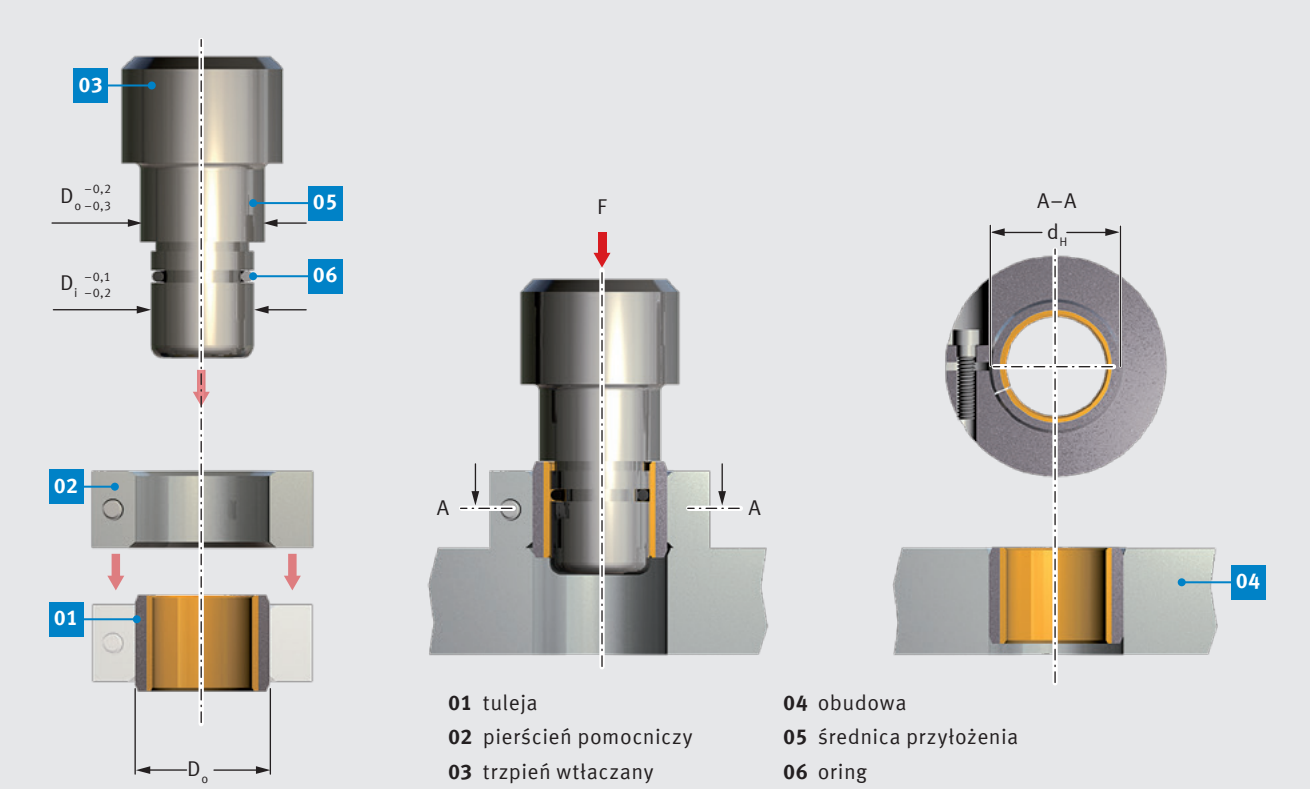
01 tuleja
02 trzpień wtłaczany
03 obudowa

Rys. 51: Wtłaczanie styczne z powierzchnią $D_0 \leq 55$ mm



01 tuleja
02 trzpień wtłaczany
03 obudowa
04 średnica przyłożenia

Rys. 52: Wtłaczanie obniżone $D_0 \leq 55$ mm



Rys. 53: Wtłaczanie tulei, $D_o \geq 55$ mm, przy użyciu pierścienia montażowego

Tab. 35 umożliwia określenie wymaganej średnicy wewnętrznej d_H pierścienia montażowego na podstawie średnicy zewnętrznej D_O tulei.

D_o (mm)	d_H (mm)	
$55 \leq D_o \leq 100$	D_o	+0,28
		+0,25
$100 < D_o \leq 200$	D_o	+0,40
		+0,36
$200 < D_o \leq 305$	D_o	+0,50
		+0,46

Tab. 36: Średnica wewnętrzna d_H pierścienia montażowego

Kalibracja otworu ślepego łożyska po montażu (dotyczy tylko łożysk ślizgowych P1)

Kalibracja

Nowe fabrycznie łożyska ślizgowe KS Permaglide® są gotowe do montażu i wymagają kalibracji tylko wtedy, jeżeli nie jest inaczej możliwe uzyskanie zredukowanej tolerancji luzu łożyskowego.

⚠ UWAGA

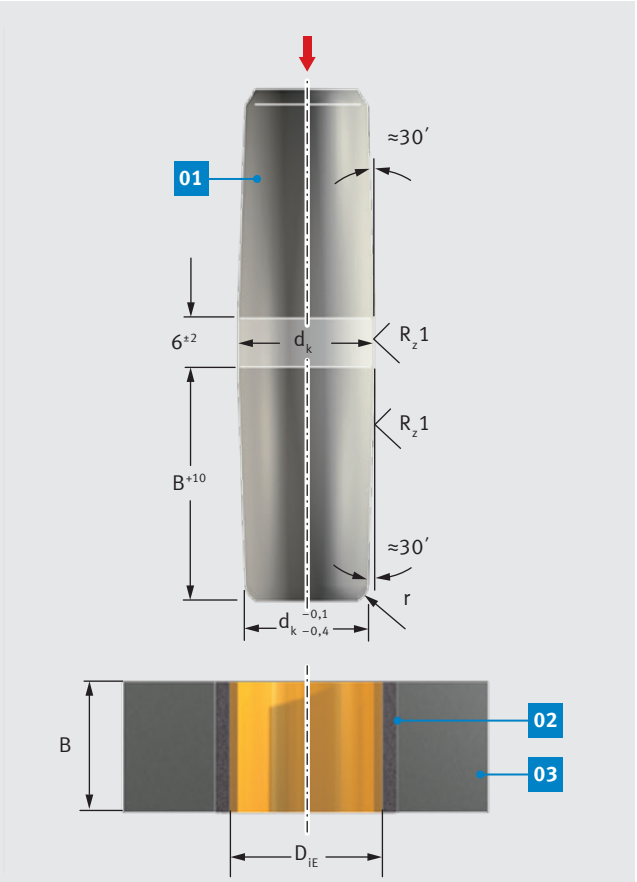
Kalibracja znacznie skraca żywotność eksploatacyjną tulei wykonanych z materiału KS Permaglide® P1 (Tab. 37).

Rys. 53 przedstawia kalibrację przy użyciu trzpienia. Tab. 36 zawiera orientacyjne wartości średnicy trzpienia kalibracyjnego d_K. Dokładne wartości można określić tylko empirycznie.

Lepsze możliwości

Tolerancję luzu łożyskowego można zredukować podanymi niżej sposobami, które nie mają wpływu na żywotnością eksploatacyjną:

- redukcja tolerancji otworu ślepego obudowy
- redukcja tolerancji wału



01 trzpień kalibracyjny, głębokość warstwy utwardzanej dyfuzyjnie Eht › 0,6, HRC 56 do 64
02 tuleja KS Permaglide® P10
03 obudowa
B szerokość tulei
D_{iE} średnica wtłoczonej tulei
d_K średnica trzpienia kalibracyjnego
r krawędź zaokrąglona

Rys. 54: Kalibracja

Żądana średnica wewnętrzna tulei	Średnica trzpienia kalibracyjnego [1] d_K	Żywotność eksploatacyjna[2]
D_{iE}	–	100 % L_N
D_{iE} +0,02	D_{iE} +0,06	80 % L_N
D_{iE} +0,03	D_{iE} +0,08	60 % L_N
D_{iE} +0,04	D_{iE} +0,10	30 % L_N

Tab. 37: Orientacyjne wartości średnicy trzpienia kalibracyjnego i redukcji żywotności eksploatacyjnej

D_{iE} średnica wewnętrzna wtłoczonej tulei
[1] wartość orientacyjna, odniesiona do obudowy stalowej.
[2] wartość orientacyjna dla pracy na sucho.

Siła wtłaczania i docisk na powierzchni styku

Wartości siły wtłaczania i docisku na powierzchni styku są od siebie wzajemnie zależne. Siła docisku na powierzchni styku działa między otworem ślepym obudowy i płaszczem tulei. Można ją uważać za wartość określającą jakość zamocowania tulei w obudowie. Siła docisku na powierzchni styku określa wraz z innymi czynnikami wartość siły wtłaczania.

Obliczanie siły wtłaczania

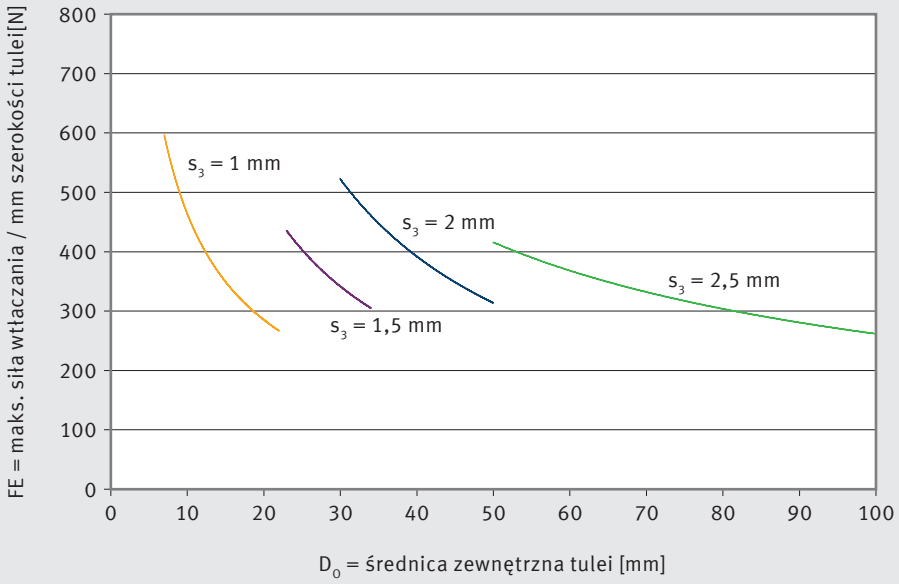
Siła wtłaczania jest zależna od wielu czynników, które trudno dokładnie zdefiniować, np.:

- rzeczywistego pokrycia
- współczynnika tarcia
- blizn
- szybkości wtłaczania.

Firma Motorservice oferuje kalkulację siły wtłaczania jako usługę serwisową. W większości przypadków wystarczająca jest przybliżona kalkulacja siły wtłaczania zgodnie z Rys. 55.

Obliczanie siły wtłaczania tulei

Poniższy Rys. 55 pokazuje maksymalną wymaganą siłę wtłaczania na mm szerokości tulei. Do poszczególnych krzywych przyporządkowane są średnica zewnętrzna tulei D_0 i grubość ściany tulei s_3 zgodnie z normą ISO 3547. Podstawę kalkulacji stanowi obudowa stalowa, której średnica D_G została dostosowana w odpowiednim stosunku do średnicy zewnętrznej tulei D_0. Wybrano stosunek D_G: $D_0 \approx 1{,}5...2$.



Obliczanie całkowitej siły wtłaczania $F_{całk}$

$F_{całk} = F_E \cdot B$ [N]
B = szerokość tulei [mm]

Rys. 55: Siła wtłaczania F_E

Przykład przybliżonego obliczenia siły wtłaczania $F_{całk}$

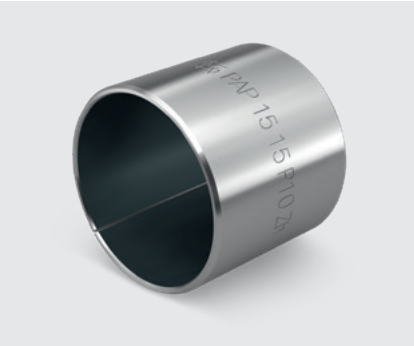
Dane:	tuleja	PAP 4030 P14
	średnica zewnętrzna tulei	D_o = 44 mm
	szerokość tulei	B = 30 mm
	grubość ściany tulei s_3	s_3 = 2 mm

[14] $F_{całk} = F_E - B = 340\ N/mm - 30\ mm = 10200\ N$

F_E = 340 N/mm (z Rys. 55, D_0 = 44 mm, s_3 = 2mm)

10 KSZTAŁTY KONSTRUKCYJNE I TABELE WYMIAROWE

Tuleje



Rys. 56: Tuleje

P10, P14, P147*
- dla wałów 2 mm do 300 mm

P11
- dla wałów 4 mm do 100 mm

P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*
- dla wałów 8 mm do 100 mm

Bezkonserwacyjne łożyska ślizgowe KS Permaglide® P10, P11, P14, P147*

Dane techniczne		P10, P11	P14	P147*
Znak	Jednostka			
$pv_{maks.}$	[MPa · m/s]	1,8	1,6	1,4
$p_{stat.}$	[MPa]	250	250	250
$p_{dyn.}$	[MPa]	56	56	56
$v_{maks.}$	[m/s]	2	1	0,8
T	[°C]	–200 do +280	–200 do +280	–200 do +280

KS Permaglide® P10 z grzbietem stalowym, KS Permaglide® P11 z grzbietem brązowym

Niskokonserwacyjne łożyska ślizgowe KS Permaglide® P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*

Dane techniczne		P20, P22*, P23*	P200, P202*, P203*
Znak	Jednostka		
$pv_{maks.}$	[MPa · m/s]	3	3,3
$p_{stat.}$	[MPa]	250	250
$p_{dyn.}$	[MPa]	70	70
$v_{maks.}$	[m/s]	3	3,3
T	[°C]	–40 do +110	–40 do +110

Tuleje kołnierzowe

Rys. 57: Tuleje kołnierzowe

P10, P11, P14, P147*
- dla wałów 6 mm do 40 mm

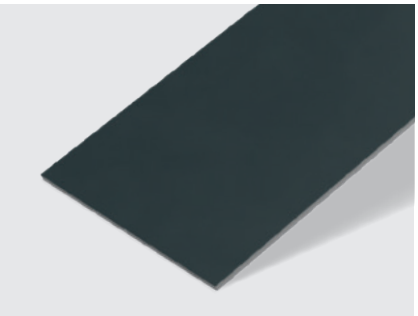
Podkładki oporowe

Rys. 58: Podkładki oporowe

P10, P11, P14, P147*
- o średnicy wewnętrznej od 10 mm do 62 mm

P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*
- o średnicy wewnętrznej od 12 mm do 52 mm

Płytki



Rys. 59: Płytki

P10, P11, P14, P147*
- długość 500 mm
- szerokości, patrz tabelę wymiarową
- grubości ścian, patrz tabelę wymiarową

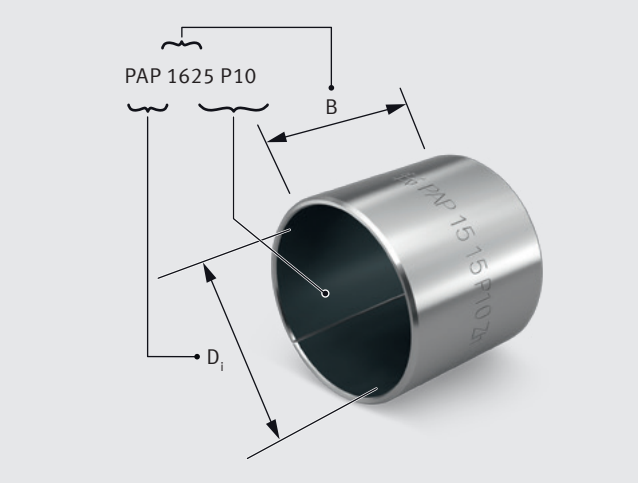
P20, P22*, P23*, P200, P202*, P203*
- długość 500 mm
- szerokość 250 mm
- grubości ścian, patrz tabelę wymiarową

* na zapytanie

Przykład zamówienia i oznaczenie

Tuleja z materiału KS Permaglide® P10 z grzbietem stalowym:

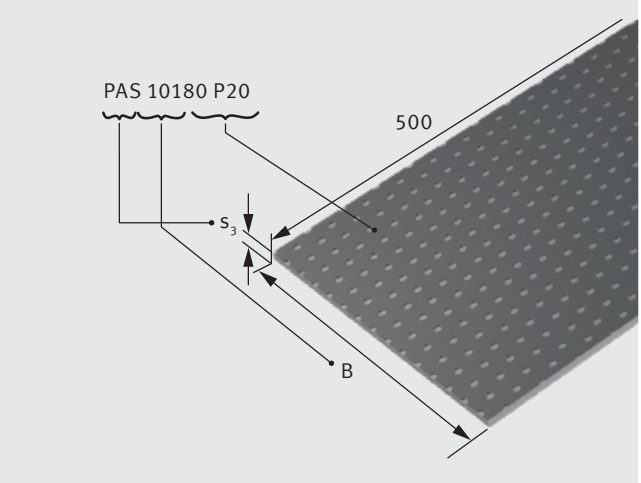
średnica wewnętrzna (D_i)	16 mm
szerokość (B)	25 mm
Oznaczenie zamawianego elementu:	PAP 1625 P10



Rys. 60: Przykład zamówienia, tuleja P10

Taśmy z materiału KS Permaglide® P20:

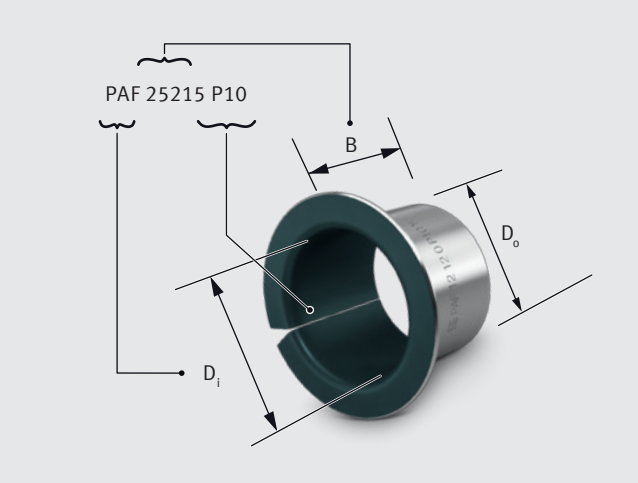
szerokość (B)	180 mm
grubość ściany (s_3)	1 mm
(parametr zamówienia: $s_3 \cdot 10$)	
Oznaczenie zamawianego elementu:	PAS 10180 P20



Rys. 61: Przykład zamówienia, taśma P20

Tuleja kołnierzowa z materiału KS Permaglide® P10:

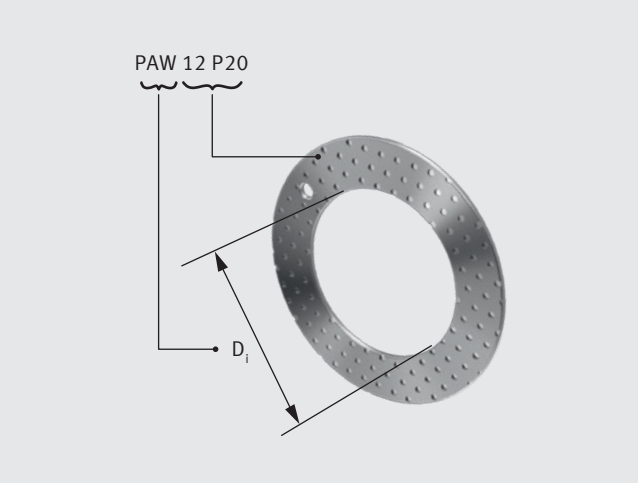
średnica wewnętrzna (D_i)	25 mm
szerokość (B)	21,5 mm
Oznaczenie zamawianego elementu:	PAF 25215 P10



Rys. 62: Przykład zamówienia, tuleja kołnierzowa P10

Podkładki oporowe z materiału KS Permaglide® P20:

średnica wewnętrzna (D_i)	12 mm
Oznaczenie zamawianego elementu:	PAW 12 P20



Rys. 63: Przykład zamówienia, podkładka oporowa P20

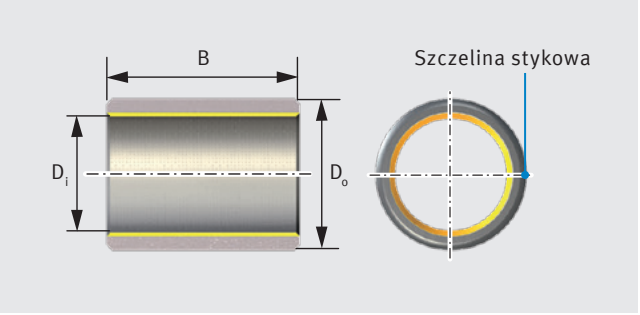
10.1 TULEJE KS PERMAGLIDE®, BEZKONSERWACYJNE

10.1.1 TYPOSZEREG P10, P14, P147* Z GRZBIETEM STALOWYM

Zalecana wartość tolerancji montażowej:

Wał			
	$d_W <$	5	h6
	$5 \leq d_W <$	80	f7
	$80 \leq d_W$		h8

Otwór ślepy obudowy			
	d_G	≤ 5,5	H6
$5,5 < d_G$			H7



Luzy łożyskowe, grubości ścian i tolerancje faz, patrz rozdział 8 „Konstrukcja punktu łożyskowania“, punkt „Teoretyczny luz łożyskowy“. Tuleje o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147*	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25
2	PAP 0203 ... P10/... P14/... P147*	0,15	2	3,5	3
	PAP 0205 ... P10/... P14*/... P147*	0,25	2	3,5	5
3	PAP 0303 ... P10/... P14/... P147*	0,2	3	4,5	3
	PAP 0304 ... P10/... P14/... P147*	0,26	3	4,5	4
	PAP 0305 ... P10/... P14/... P147*	0,33	3	4,5	5
	PAP 0306 ... P10/... P14/... P147*	0,4	3	4,5	6
4	PAP 0403 ... P10/... P14/... P147*	0,25	4	5,5	3
	PAP 0404 ... P10/... P14/... P147*	0,33	4	5,5	4
	PAP 0406 ... P10/... P14/... P147*	0,5	4	5,5	6
	PAP 0410 ... P10/... P14/... P147*	0,84	4	5,5	10
5	PAP 0505 ... P10/... P14/... P147*	0,72	5	7	5
	PAP 0508 ... P10/... P14/... P147*	1,1	5	7	8
	PAP 0510 ... P10/... P14/... P147*	1,4	5	7	10
6	PAP 0606 ... P10/... P14/... P147*	1	6	8	6
	PAP 0608 ... P10/... P14/... P147*	1,3	6	8	8
	PAP 0610 ... P10/... P14/... P147*	1,7	6	8	10
7	PAP 0710 ... P10/... P14/... P147*	1,9	7	9	10
8	PAP 0808 ... P10/... P14/... P147*	1,7	8	10	8
	PAP 0810 ... P10/... P14/... P147*	2,1	8	10	10
	PAP 0812 ... P10/... P14/... P147*	2,6	8	10	12
10	PAP 1008 ... P10/... P14/... P147*	2,1	10	12	8
	PAP 1010 ... P10/... P14/... P147*	2,6	10	12	10
	PAP 1012 ... P10/... P14/... P147*	3,1	10	12	12
	PAP 1015 ... P10/... P14/... P147*	3,9	10	12	15
	PAP 1020 ... P10/... P14/... P147*	5,3	10	12	20
12	PAP 1208 ... P10/... P14/... P147*	2,5	12	14	8
	PAP 1210 ... P10/... P14/... P147*	3,1	12	14	10
	PAP 1212 ... P10/... P14/... P147*	3,7	12	14	12
	PAP 1215 ... P10/... P14/... P147*	4,7	12	14	15
	PAP 1220 ... P10/... P14/... P147*	6,2	12	14	20
	PAP 1225 ... P10/... P14/... P147*	7,8	12	14	25
13	PAP 1310 ... P10/... P14/... P147*	3,3	13	15	10

* na zapytanie

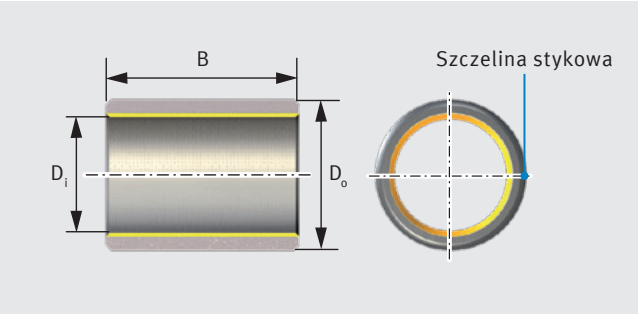


Tabela wymiarowa · c.d. (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147*	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25
14	PAP 1410 ... P10/... P14/... P147*	3,6	14	16	10
	PAP 1412 ... P10/... P14/... P147*	4,3	14	16	12
	PAP 1415 ... P10/... P14/... P147*	5,4	14	16	15
	PAP 1420 ... P10/... P14/... P147*	7,1	14	16	20
	PAP 1425 ... P10/... P14/... P147*	9	14	16	25
15	PAP 1510 ... P10/... P14/... P147*	3,8	15	17	10
	PAP 1512 ... P10/... P14/... P147*	4,6	15	17	12
	PAP 1515 ... P10/... P14/... P147*	5,7	15	17	15
	PAP 1520 ... P10/... P14/... P147*	7,6	15	17	20
	PAP 1525 ... P10/... P14/... P147*	9,5	15	17	25
16	PAP 1610 ... P10/... P14/... P147*	4	16	18	10
	PAP 1612 ... P10/... P14/... P147*	4,9	16	18	12
	PAP 1615 ... P10/... P14/... P147*	6,1	16	18	15
	PAP 1620 ... P10/... P14/... P147*	8,1	16	18	20
	PAP 1625 ... P10/... P14/... P147*	10,1	16	18	25
18	PAP 1810 ... P10/... P14*/... P147*	4,5	18	20	10
	PAP 1815 ... P10/... P14/... P147*	6,8	18	20	15
	PAP 1820 ... P10/... P14/... P147*	9,1	18	20	20
	PAP 1825 ... P10/... P14/... P147*	11,3	18	20	25
20	PAP 2010 ... P10/... P14/... P147*	7,8	20	23	10
	PAP 2015 ... P10/... P14/... P147*	11,7	20	23	15
	PAP 2020 ... P10/... P14/... P147*	15,6	20	23	20
	PAP 2025 ... P10/... P14/... P147*	19,5	20	23	25
	PAP 2030 ... P10/... P14/... P147*	23,4	20	23	30
22	PAP 2215 ... P10/... P14/... P147*	12,7	22	25	15
	PAP 2220 ... P10/... P14/... P147*	17	22	25	20
	PAP 2225 ... P10/... P14/... P147*	21,3	22	25	25
	PAP 2230 ... P10/... P14/... P147*	25,5	22	25	30
24	PAP 2415 ... P10/... P14/... P147*	13,8	24	27	15
	PAP 2420 ... P10/... P14/... P147*	18,5	24	27	20
	PAP 2425 ... P10/... P14/... P147*	23,1	24	27	25
	PAP 2430 ... P10/... P14*/... P147*	27,7	24	27	30
25	PAP 2510 ... P10/... P14/... P147*	9,6	25	28	10
	PAP 2515 ... P10/... P14/... P147*	14,4	25	28	15
	PAP 2520 ... P10/... P14/... P147*	19,2	25	28	20
	PAP 2525 ... P10/... P14/... P147*	24	25	28	25
	PAP 2530 ... P10/... P14/... P147*	28,8	25	28	30
	PAP 2540 ... P10/... P14*/... P147*	38,4	25	28	40
	PAP 2550 ... P10/... P14/... P147*	48	25	28	50
28	PAP 2820 ... P10/... P14/... P147*	29,1	28	32	20
	PAP 2830 ... P10/... P14/... P147*	43,7	28	32	30

* na zapytanie

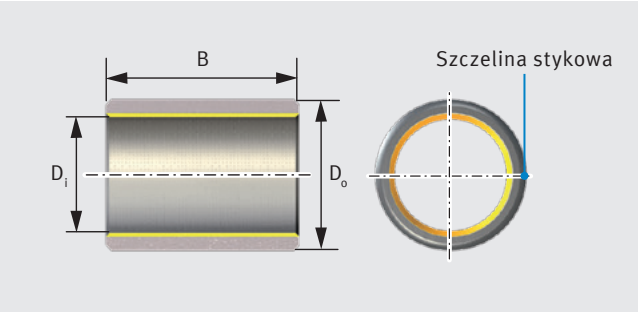


Tabela wymiarowa · c.d. (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147*	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25
30	PAP 3015 ... P10/... P14/... P147*	23,3	30	34	15
	PAP 3020 ... P10/... P14/... P147*	31,1	30	34	20
	PAP 3025 ... P10/... P14/... P147*	38,8	30	34	25
	PAP 3030 ... P10/... P14/... P147*	46,6	30	34	30
	PAP 3040 ... P10/... P14/... P147*	62,1	30	34	40
32	PAP 3230 ... P10/... P14/... P147*	49,5	32	36	30
	PAP 3240 ... P10/... P14/... P147*	66	32	36	40
35	PAP 3520 ... P10/... P14/... P147*	35,9	35	39	20
	PAP 3530 ... P10/... P14/... P147*	53,9	35	39	30
	PAP 3540 ... P10/... P14/... P147*	71,8	35	39	40
	PAP 3550 ... P10/... P14/... P147*	89,8	35	39	50
40	PAP 4020 ... P10/... P14/... P147*	40,8	40	44	20
	PAP 4030 ... P10/... P14/... P147*	61,2	40	44	30
	PAP 4040 ... P10/... P14/... P147*	81,5	40	44	40
	PAP 4050 ... P10/... P14/... P147*	102	40	44	50
45	PAP 4530 ... P10/... P14/... P147*	87	45	50	30
	PAP 4540 ... P10/... P14/... P147*	116	45	50	40
	PAP 4550 ... P10/... P14/... P147*	145	45	50	50
50	PAP 5020 ... P10/... P14/... P147*	64	50	55	20
	PAP 5030 ... P10/... P14/... P147*	96	50	55	30
	PAP 5040 ... P10/... P14/... P147*	128	50	55	40
	PAP 5060 ... P10/... P14/... P147*	192	50	55	60
55	PAP 5540 ... P10/... P14/... P147*	140	55	60	40
	PAP 5560 ... P10/... P14/... P147*	210	55	60	60
60	PAP 6030 ... P10/... P14/... P147*	114	60	65	30
	PAP 6040 ... P10/... P14/... P147*	152	60	65	40
	PAP 6060 ... P10/... P14/... P147*	228	60	65	60
	PAP 6070 ... P10/... P14/... P147*	266	60	65	70
65	PAP 6530 ... P10/... P14/... P147*	123	65	70	30
	PAP 6540 ... P10/... P14/... P147*	164	65	70	40
	PAP 6550 ... P10/... P14/... P147*	205	65	70	50
	PAP 6560 ... P10/... P14/... P147*	246	65	70	60
	PAP 6570 ... P10/... P14/... P147*	288	65	70	70
70	PAP 7040 ... P10/... P14/... P147*	176	70	75	40
	PAP 7050 ... P10/... P14/... P147*	221	70	75	50
	PAP 7070 ... P10/... P14/... P147*	309	70	75	70
75	PAP 7540 ... P10/... P14*/... P147*	189	75	80	40
	PAP 7550 ... P10/... P14/... P147*	236	75	80	50
	PAP 7560 ... P10/... P14/... P147*	283	75	80	60
	PAP 7580 ... P10/... P14*/... P147*	377	75	80	80

* na zapytanie

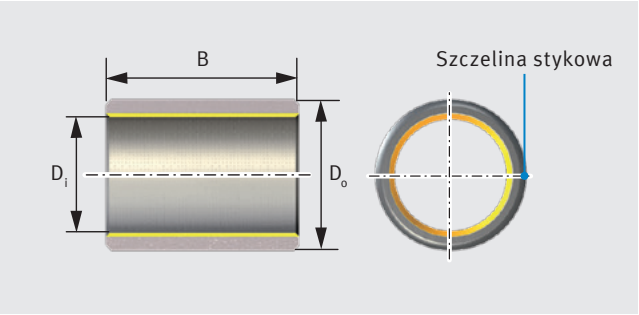


Tabela wymiarowa · c.d. (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147*		Masa	Wymiary		
			g	D_i	D_o	B ±0,25
80	PAP 8040	... P10/... P14/... P147*	201	80	85	40
	PAP 8060	... P10/... P14/... P147*	301	80	85	60
	PAP 8080	... P10/... P14/... P147*	402	80	85	80
	PAP 80100	... P10/... P14*/... P147*	502	80	85	100
85	PAP 8560	... P10/... P14/... P147*	319	85	90	60
	PAP 85100	... P10/... P14*/... P147*	532	85	90	100
90	PAP 9050	... P10/... P14*/... P147*	281	90	95	50
	PAP 9060	... P10/... P14/... P147*	338	90	95	60
	PAP 90100	... P10/... P14/... P147*	563	90	95	100
95	PAP 9560	... P10/... P14*/... P147*	356	95	100	60
	PAP 95100	... P10/... P14*/... P147*	593	95	100	100
100	PAP 10050	... P10/... P14/... P147*	312	100	105	50
	PAP 10060	... P10/... P14/... P147*	374	100	105	60
	PAP 100115	... P10/... P14/... P147*	717	100	105	115
105	PAP 10560	... P10/... P14*/... P147*	392	105	110	60
	PAP 105115	... P10/... P14*/... P147*	752	105	110	115
110	PAP 11060	... P10/... P14/... P147*	411	110	115	60
	PAP 110115	... P10/... P14/... P147*	787	110	115	115
115	PAP 11550	... P10/... P14*/... P147*	357	115	120	50
	PAP 11560	... P10/... P14*/... P147*	429	115	120	60
	PAP 11570	... P10/... P14*/... P147*	500	115	120	70
120	PAP 12060	... P10/... P14/... P147*	447	120	125	60
	PAP 120100	... P10/... P14*/... P147*	745	120	125	100
125	PAP 125100	... P10/... P14/... P147*	776	125	130	100
130	PAP 13060	... P10/... P14*/... P147*	484	130	135	60
	PAP 130100	... P10/... P14/... P147*	806	130	135	100
135	PAP 13560	... P10/... P14*/... P147*	502	135	140	60
	PAP 13580	... P10/... P14*/... P147*	669	135	140	80
140	PAP 14060	... P10/... P14/... P147*	520	140	145	60
	PAP 140100	... P10/... P14/... P147*	867	140	145	100
150	PAP 15060	... P10/... P14*/... P147*	557	150	155	60
	PAP 15080	... P10/... P14/... P147*	742	150	155	80
	PAP 150100	... P10/... P14/... P147*	928	150	155	100
160	PAP 16080	... P10/... P14/... P147*	791	160	165	80
	PAP 160100	... P10/... P14*/... P147*	989	160	165	100
180	PAP 180100	... P10/... P14/... P147*	1110	180	185	100
200	PAP 200100	... P10/... P14/... P147*	1232	200	205	100
220	PAP 220100	... P10/... P14*/... P147*	1354	220	225	100
250	PAP 250100	... P10/... P14*/... P147*	1536	250	255	100
300	PAP 300100	... P10/... P14/... P147*	1840	300	305	100

* na zapytanie

10.1.2 TYPOSZEREG P11 Z GRZBIETEM BRĄZOWYM

Zalecana wartość tolerancji montażowej:

Wał	Otwór ślepy obudowy
$5 \leq d_W < 80$ f7	H7
$80 \leq d_W$ h8	

Luzy łożyskowe, grubości ścian i tolerancje faz, patrz rozdział 8 „Konstrukcja punktu łożyskowania“, punkt „Teoretyczny luz łożyskowy“.

Tuleje o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

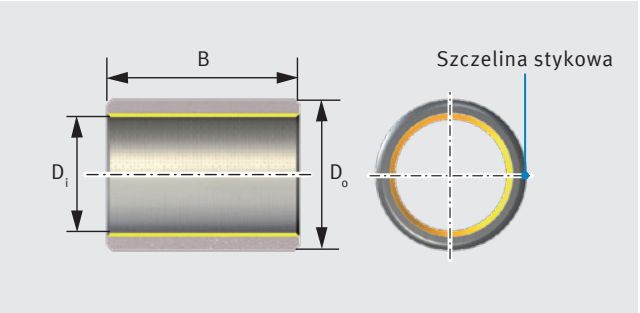


Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P11	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25
4	PAP 0406 P11	0,8	4	6	6
5	PAP 0505 P11	0,8	5	7	5
6	PAP 0606 P11	1,1	6	8	6
	PAP 0610 P11	1,8	6	8	10
8	PAP 0808 P11	1,9	8	10	8
	PAP 0810 P11	2,3	8	10	10
	PAP 0812 P11	2,8	8	10	12
10	PAP 1005 P11	1,4	10	12	5
	PAP 1010 P11	2,8	10	12	10
	PAP 1015 P11	4,2	10	12	15
	PAP 1020 P11	5,7	10	12	20
12	PAP 1210 P11	3,3	12	14	10
	PAP 1212 P11	4	12	14	12
	PAP 1215 P11	5,1	12	14	15
	PAP 1220 P11	6,7	12	14	20
	PAP 1225 P11	8,4	12	14	25
14	PAP 1415 P11	5,8	14	16	15
15	PAP 1515 P11	6,2	15	17	15
	PAP 1525 P11	10,3	15	17	25
16	PAP 1615 P11	6,6	16	18	15
	PAP 1625 P11	11	16	18	25
18	PAP 1815 P11	7,4	18	20	15
	PAP 1825 P11	12,3	18	20	25
20	PAP 2015 P11	12,8	20	23	15
	PAP 2020 P11	17	20	23	20
	PAP 2025 P11	21,3	20	23	25
	PAP 2030 P11	25,5	20	23	30
22	PAP 2215 P11	14	22	25	15
	PAP 2220 P11	18,6	22	25	20
	PAP 2225 P11	23,3	22	25	25
24	PAP2430 P11	30,3	24	27	30
25	PAP 2525 P11	26,2	25	28	25
	PAP 2530 P11	31,5	25	28	30
28	PAP 2830 P11	47,9	28	32	30

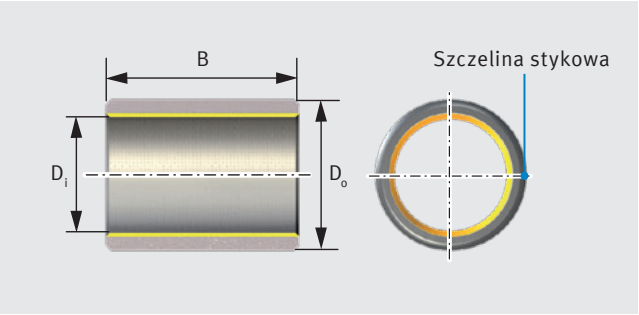
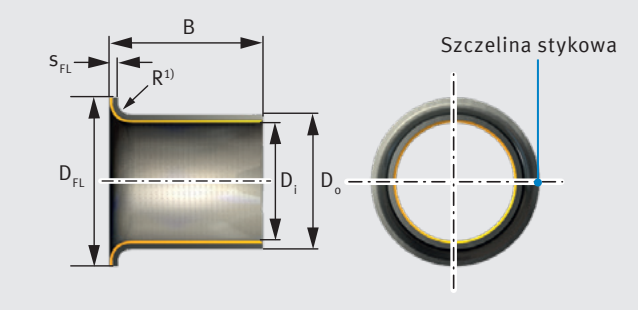


Tabela wymiarowa · c.d. (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P11	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25
30	PAP 3020 P11	34,1	30	34	20
	PAP 3030 P11	51,1	30	34	30
	PAP 3040 P11	68,2	30	34	40
35	PAP 3520 P11	39,4	35	39	20
	PAP 3530 P11	59,1	35	39	30
40	PAP 4050 P11	112	40	44	50
45	PAP 4550 P11	159	45	50	50
50	PAP 5030 P11	105	50	55	30
	PAP 5040 P11	140	50	55	40
	PAP 5060 P11	211	50	55	60
55	PAP 5540 P11	154	55	60	40
60	PAP 6040 P11	167	60	65	40
	PAP 6050 P11	209	60	65	50
	PAP 6060 P11	251	60	65	60
	PAP 6070 P11	293	60	65	70
70	PAP 7050 P11	242	70	75	50
	PAP 7070 P11	339	70	75	70
80	PAP 8060 P11	331	80	85	60
	PAP 80100 P11	552	80	85	100
90	PAP 9060 P11	371	90	95	60
	PAP 90100 P11	619	90	95	100
100	PAP 10060 P11	411	100	105	60
	PAP 100115 P11	788	100	105	115

10.2 TULEJE KOŁNIERZOWE KS PERMAGLIDE®, BEZKONSERWACYJNE

10.2.1 TYPOSZEREG P10, P14, P147* Z GRZBIETEM STALOWYM



1) średnica wewnętrzna D_i	promień R
≤ 8 mm	–0,5 mm
› 8 mm	±0,5 mm
	$R = s_3$

Tuleje o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147*	Masa	Wymiary				
		g	D_i	D_o	D_{FL} ±0,5	B ±0,25	s_{FL} –0,2
6	PAF 06040 ... P10/... P14/... P147*	0,9	6	8	12	4	1
	PAF 06070 ... P10/... P14/... P147*	1,4	6	8	12	7	1
	PAF 06080 ... P10/... P14/... P147*	1,6	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 ... P10/... P14/... P147*	1,7	8	10	15	5,5	1
	PAF 08075 ... P10/... P14/... P147*	2,1	8	10	15	7,5	1
	PAF 08095 ... P10/... P14/... P147*	2,5	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 ... P10/... P14/... P147*	2,5	10	12	18	7	1
	PAF 10090 ... P10/... P14/... P147*	3	10	12	18	9	1
	PAF 10120 ... P10/... P14/... P147*	3,8	10	12	18	12	1
	PAF 10170 ... P10/... P14/... P147*	5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 ... P10/... P14*/... P147*	3	12	14	20	7	1
	PAF 12090 ... P10/... P14*/... P147*	3,6	12	14	20	9	1
	PAF 12120 ... P10/... P14/... P147*	4,5	12	14	20	12	1
	PAF 12170 ... P10/... P14/... P147*	5,9	12	14	20	17	1
14	PAF 14120 ... P10/... P14/... P147*	5,1	14	16	22	12	1
	PAF 14170 ... P10/... P14/... P147*	6,9	14	16	22	17	1
15	PAF 15090 ... P10/... P14/... P147*	4,4	15	17	23	9	1
	PAF 15120 ... P10/... P14/... P147*	5,5	15	17	23	12	1
	PAF 15170 ... P10/... P14/... P147*	7,3	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 ... P10/... P14/... P147*	5,8	16	18	24	12	1
	PAF 16170 ... P10/... P14/... P147*	7,8	16	18	24	17	1
18	PAF 18120 ... P10/... P14/... P147*	6,5	18	20	26	12	1
	PAF 18170 ... P10/... P14/... P147*	8,7	18	20	26	17	1
	PAF 18220 ... P10/... P14/... P147*	10,9	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 ... P10/... P14/... P147*	11,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 ... P10/... P14/... P147*	15,1	20	23	30	16,5	1,5
	PAF 20215 ... P10/... P14/... P147*	18,9	20	23	30	21,5	1,5
25	PAF 25115 ... P10/... P14/... P147*	14	25	28	35	11,5	1,5
	PAF 25165 ... P10/... P14/... P147*	18,6	25	28	35	16,5	1,5
	PAF 25215 ... P10/... P14/... P147*	23,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 ... P10/... P14/... P147*	30,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 ... P10/... P14/... P147*	45,5	30	34	42	26	2
35	PAF 35160 ... P10/... P14/... P147*	35	35	39	47	16	2
	PAF 35260 ... P10/... P14/... P147*	53	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 ... P10/... P14/... P147*	61	40	44	53	26	2

* na zapytanie

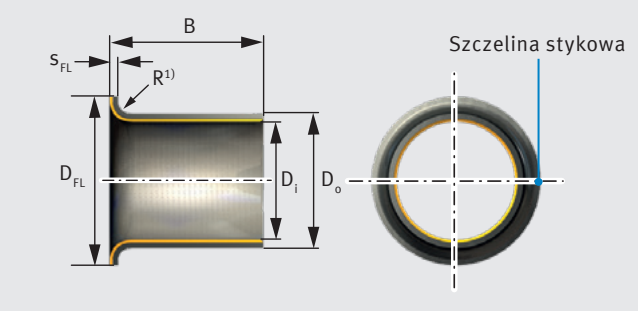
10.2.2 TYPOSZEREG P11 Z GRZBIETEM BRĄZOWYM

Zalecana wartość tolerancji montażowej:

Wał	Otwór ślepy obudowy
f7	H7

Luzy łożyskowe, grubości ścian i tolerancje faz, patrz rozdział 8 „Konstrukcja punktu łożyskowania“, punkt „Teoretyczny luz łożyskowy“.

Tuleje o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).



¹⁾ średnica wewnętrzna D_i	promień R
≤ 8 mm	−0,5 mm
› 8 mm	±0,5 mm
	$R = s_3$

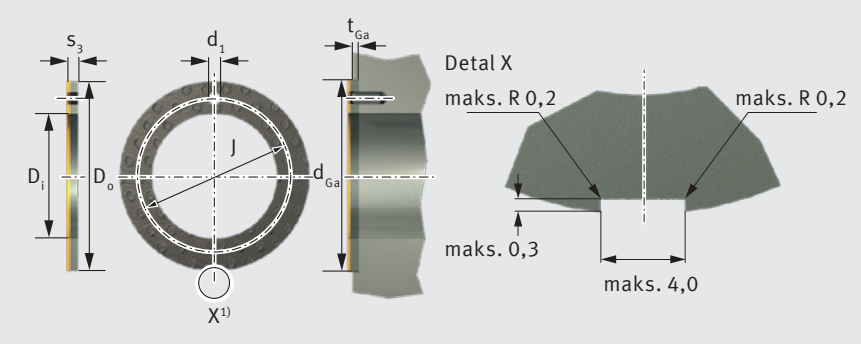
Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P11	Masa g	Wymiary D_i	D_o	D_{FL} ±0,5	B ±0,25	s_{FL} −0,2
6	PAF 06080 P11	1,8	6	8	12	8	1
8	PAF 08055 P11	1,8	8	10	15	5,5	1
	PAF 08095 P11	2,7	8	10	15	9,5	1
10	PAF 10070 P11	2,7	10	12	18	7	1
	PAF 10120 P11	4,1	10	12	18	12	1
	PAF 10170 P11	5,5	10	12	18	17	1
12	PAF 12070 P11	3,2	12	14	20	7	1
	PAF 12090 P11	3,9	12	14	20	9	1
	PAF 12120 P11	4,9	12	14	20	12	1
15	PAF 15120 P11	6	15	17	23	12	1
	PAF 15170 P11	8	15	17	23	17	1
16	PAF 16120 P11	6,3	16	18	24	12	1
18	PAF 18100 P11	6,1	18	20	26	10	1
	PAF 18220 P11	11,8	18	20	26	22	1
20	PAF 20115 P11	12,4	20	23	30	11,5	1,5
	PAF 20165 P11	16,6	20	23	30	16,5	1,5
25	PAF 25215 P11	25,5	25	28	35	21,5	1,5
30	PAF 30160 P11	33,5	30	34	42	16	2
	PAF 30260 P11	50	30	34	42	26	2
35	PAF 35260 P11	58	35	39	47	26	2
40	PAF 40260 P11	67	40	44	53	26	2

10.3 PODKŁADKI OPOROWE KS PERMAGLIDE®, BEZKONSERWACYJNE

10.3.1 TYPOSZEREG P10, P14, P147* Z GRZBIETEM STALOWYM I TYPOSZEREG P11 Z GRZBIETEM BRĄZOWYM

Podkładki oporowe o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).



[1] maksymalnie 4 wycięcia na średnicy zewnętrznej, pozycja dowolna

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P10, P11, P14, P147*	Masa g	Wymiary D_i +0,25	D_o −0,25	s_3 −0,05	J ±0,12	d_1 +0,4 +0,1	Wymiary złącza t_{Ga} ±0,2	d_{Ga} +0,12
PAW 10 ... P10/... P11/... P14/... P147*	2,7	10	20	1,5	15	1,5	1	20
PAW 12 ... P10/... P11/... P14/... P147*	3,9	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ... P10/... P11*/... P14/... P147*	4,3	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 16 ... P10/... P11/... P14/... P147*	5,8	16	30	1,5	22	2	1	30
PAW 18 ... P10/... P11/... P14/... P147*	6,3	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,1	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ... P10/... P11/... P14/... P147*	8,7	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ... P10/... P11/... P14/... P147*	11,4	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ... P10/... P11/... P14/... P147*	13,7	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ... P10/... P11/... P14/... P147*	17,1	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ... P10/... P11/... P14/... P147*	21,5	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ... P10/... P11/... P14/... P147*	23,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ... P10/... P11/... P14/... P147*	38,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ... P10/... P11/... P14/... P147*	41	52	78	2	65	4	1,5	78
PAW 62 ... P10/... P11/... P14/... P147*	52	62	90	2	76	4	1,5	90

* na zapytanie

10.4 TAŚMY KS PERMAGLIDE®, BEZKONSERWACYJNE

10.4.1 TYPOSZEREG P10, P14, P147* Z GRZBIETEM STALOWYM – TYPOSZEREG P11 Z GRZBIETEM BRĄZOWYM

Taśmy o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

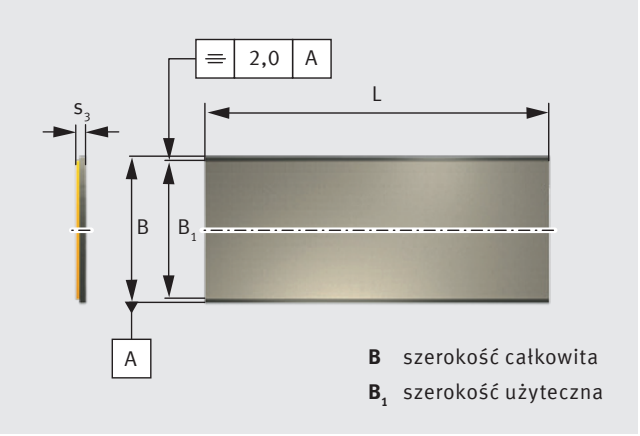


Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P10, P14, P147	Masa g	Wymiary s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 05180 ... P10/... P14/... P147*	330	0,5	180	168	500
PAS 07250 ... P10/... P14/... P147*	703	0,75	250	238	500
PAS 10250 ... P10/... P14/... P147*	948	1	250	238	500
PAS 15250 ... P10/... P14/... P147*	1439	1,5	250	238	500
PAS 20250 ... P10/... P14/... P147*	1930	2	250	238	500
PAS 25250 ... P10/... P14/... P147*	2420	2,5	250	238	500
PAS 30250 ... P10/... P14/... P147*	2970	3,06	250	238	500

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P11	Masa g	Wymiary s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10160 P11	658	1	160	148	500
PAS 15180 P11	1132	1,5	180	168	500
PAS 20180 P11	1523	2	180	168	500
PAS 25180 P11	1915	2,5	180	168	500

* na zapytanie

10.5 TULEJE KS PERMAGLIDE®, NISKOKONSERWACYJNE

10.5.1 TYPOSZEREG P20, P200

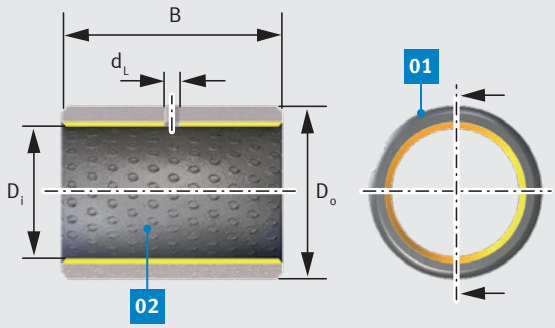
Zalecana wartość tolerancji montażowej:

Wał	Otwór ślepy obudowy
h8	H7

Luzy łożyskowe, grubości ścian i tolerancje faz, patrz rozdział 8 „Konstrukcja punktu łożyskowania“, punkt „Teoretyczny luz łożyskowy“.

Deformacja otworu smarowego przez zgięcie obrotowe jest dozwolona.

Tuleje nP22, P23, P202 i P203 na zapytanie. Tuleje o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

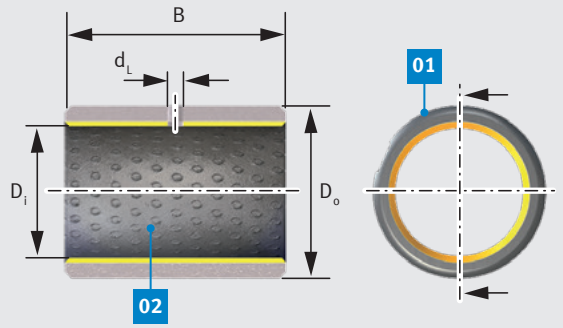


01 miejsce styku
02 kieszeń smarowa

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P20, P200*	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25	d_L
8	PAP 0808 ... P20/... P200*	1,6	8	10	8	– [1]
	PAP 0810 ... P20/... P200*	2	8	10	10	– [1]
	PAP 0812 ... P20/... P200*	2,4	8	10	12	– [1]
10	PAP 1008 ... P20/... P200*	2	10	12	8	– [1]
	PAP 1010 ... P20/... P200*	2,4	10	12	10	3
	PAP 1015 ... P20/... P200*	3,7	10	12	15	3
12	PAP 1210 ... P20/... P200*	2,9	12	14	10	3
	PAP 1212 ... P20/... P200*	3,5	12	14	12	3
	PAP 1215 ... P20/... P200*	4,4	12	14	15	3
	PAP 1220 ... P20/... P200*	5,9	12	14	20	3
14	PAP 1420 ... P20/... P200*	6,8	14	16	20	3
15	PAP 1510 ... P20/... P200*	3,6	15	17	10	3
	PAP 1515 ... P20/... P200*	5,4	15	17	15	3
	PAP 1525 ... P20/... P200*	9	15	17	25	3
16	PAP 1612 ... P20/... P200*	4,6	16	18	12	3
	PAP 1615 ... P20/... P200*	5,7	16	18	15	3
	PAP 1620 ... P20/... P200*	7,7	16	18	20	3
18	PAP 1815 ... P20/... P200*	6,4	18	20	15	3
	PAP 1820 ... P20/... P200*	8,6	18	20	20	3
20	PAP 2015 ... P20/... P200*	11,2	20	23	15	3
	PAP 2020 ... P20/... P200*	15	20	23	20	3
	PAP 2025 ... P20/... P200*	18,8	20	23	25	3
	PAP 2030 ... P20/... P200	23,1	20	23	30	3
22	PAP 2220 ... P20/... P200*	16,4	22	25	20	3

[1] bez otworu smarowego
* na zapytanie



01 miejsce styku

02 kieszeń smarowa

Tabela wymiarowa c.d. (wymiary w mm)

Średnica wału	Oznaczenie zamawianego elementu P20, P200*	Masa g	Wymiary D_i	D_o	B ±0,25	d_L
25	PAP 2515 ... P20/... P200*	13,9	25	28	15	4
	PAP 2520 ... P20/... P200*	18,5	25	28	20	4
	PAP 2525 ... P20/... P200*	23,1	25	28	25	4
	PAP 2530 ... P20/... P200*	27,8	25	28	30	4
28	PAP 2830 ... P20/... P200*	42,6	28	32	30	4
30	PAP 3020 ... P20/... P200*	30,3	30	34	20	4
	PAP 3025 ... P20/... P200*	37,8	30	34	25	4
	PAP 3030 ... P20/... P200*	45,4	30	34	30	4
	PAP 3040 ... P20/... P200*	60,6	30	34	40	4
32	PAP 3230 ... P20/... P200*	48,2	32	36	30	4
35	PAP 3520 ... P20/... P200*	35	35	39	20	4
	PAP 3530 ... P20/... P200*	52,5	35	39	30	4
	PAP 3550 ... P20/... P200*	87,5	35	39	50	4
40	PAP 4020 ... P20/... P200*	39,7	40	44	20	4
	PAP 4030 ... P20/... P200*	59,6	40	44	30	4
	PAP 4040 ... P20/... P200*	79,5	40	44	40	4
	PAP 4050 ... P20/... P200*	99,3	40	44	50	4
45	PAP 4540 ... P20/... P200*	113	45	50	40	5
	PAP 4550 ... P20/... P200*	142	45	50	50	5
50	PAP 5025 ... P20/... P200*	78	50	55	25	5
	PAP 5040 ... P20/... P200*	125	50	55	40	5
	PAP 5060 ... P20/... P200*	188	50	55	60	5
55	PAP 5540 ... P20/... P200*	137	55	60	40	5
60	PAP 6030 ... P20/... P200*	112	60	65	30	6
	PAP 6040 ... P20/... P200*	142	60	65	40	6
	PAP 6060 ... P20/... P200	224	60	65	60	6
	PAP 6070 ... P20/... P200*	254	60	65	70	6
70	PAP 7040 ... P20/... P200*	173	70	75	40	6
	PAP 7050 ... P20/... P200*	216	70	75	50	6
	PAP 7070 ... P20/... P200*	303	70	75	70	6
75	PAP 7540 ... P20/... P200*	185	75	80	40	6
	PAP 7580 ... P20/... P200*	370	75	80	80	6
80	PAP 8040 ... P20/... P200*	197	80	85	40	6
	PAP 8055 ... P20/... P200*	271	80	85	55	6
	PAP 8060 ... P20/... P200*	295	80	85	60	6
	PAP 8080 ... P20/... P200*	394	80	85	80	6
90	PAP 9060 ... P20/... P200*	331	90	95	60	6
100	PAP 10050 ... P20/... P200*	305	100	105	50	8
	PAP 10060 ... P20/... P200*	366	100	105	60	8

* na zapytanie

10.6 PODKŁADKI OPOROWE KS PERMAGLIDE®, NISKOKONSERWACYJNE

10.6.1 TYPOSZEREG P20, P200

Podkładki oporowe z materiałów P22, P23, P202 i P203 na zapytanie.
Podkładki oporowe o nietypowych wymiarach na zapytanie (patrz rozdział 10.8).

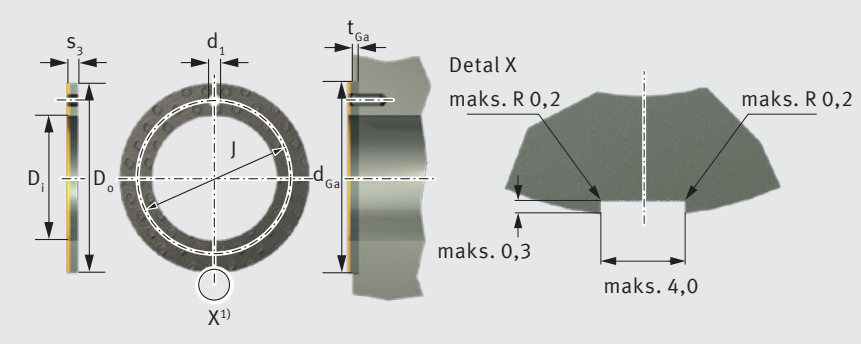


Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P20, P200*	Masa g	Wymiary D_i +0,25	D_o −0,25	s_3 −0,05	J ±0,12	d_1 +0,4 +0,1	Wymiary złącza t_{Ga} ±0,2	d_{Ga} +0,12
PAW 12 ... P20/... P200*	3,8	12	24	1,5	18	1,5	1	24
PAW 14 ... P20/... P200*	4,2	14	26	1,5	20	2	1	26
PAW 18 ... P20/... P200*	6,1	18	32	1,5	25	2	1	32
PAW 20 ... P20/... P200*	7,8	20	36	1,5	28	3	1	36
PAW 22 ... P20/... P200*	8,4	22	38	1,5	30	3	1	38
PAW 26 ... P20/... P200*	11	26	44	1,5	35	3	1	44
PAW 28 ... P20/... P200*	13,3	28	48	1,5	38	4	1	48
PAW 32 ... P20/... P200*	16,5	32	54	1,5	43	4	1	54
PAW 38 ... P20/... P200*	21	38	62	1,5	50	4	1	62
PAW 42 ... P20/... P200*	22,5	42	66	1,5	54	4	1	66
PAW 48 ... P20/... P200*	37,5	48	74	2	61	4	1,5	74
PAW 52 ... P20/... P200*	40	52	78	2	65	4	1,5	78

[1] maksymalnie 4 wycięcia na średnicy zewnętrznej, pozycja dowolna
* na zapytanie

10.7 TAŚMY KS PERMAGLIDE®, NISKOKONSERWACYJNE

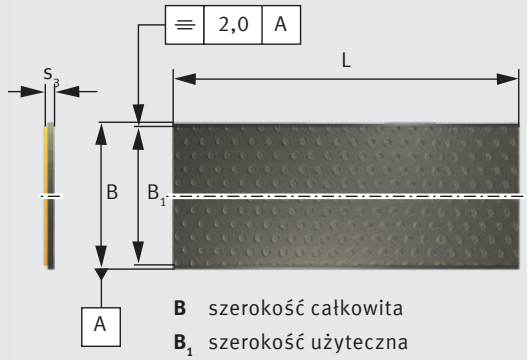
10.7.1 TYPOSZEREG P20, P200

P20 z kieszenią smarową, gotowe do bezpośredniego montażu
P22 bez kieszeni smarowej, z naddatkiem obróbkowym [1)]
P23 bez kieszeni smarowej, gotowe do montażu
P200 z kieszenią smarową, gotowy do bezpośredniego montażu
P202 bez kieszeni smarowej, z naddatkiem obróbkowym [1)]
P203 bez kieszeni smarowej, gotowe do montażu

Taśmy P22, P23, P200, P202 i P203 na zapytanie.

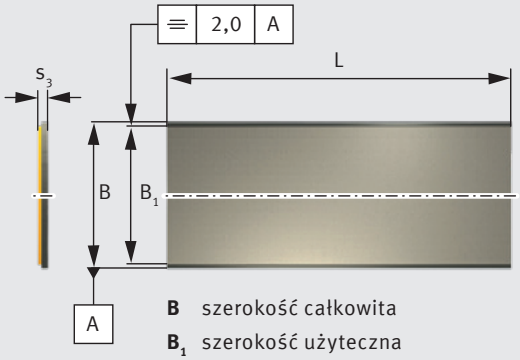
Taśmy o nietypowych wymiarach na zapytanie (rozdział 10.8).

z kieszeniami smarowymi



B szerokość całkowita
B_1 szerokość użyteczna

bez kieszeni smarowych



B szerokość całkowita
B_1 szerokość użyteczna

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P20, P200, P23, P203	Masa g	Wymiary s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10180 ... P20/... P200/... P23/... P203	640	0,99	180	168	500
PAS 15180 ... P20/... P200/... P23/... P203	986	1,48	180	168	500
PAS 20180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1332	1,97	180	168	500
PAS 25180 ... P20/... P200/... P23/... P203	1678	2,46	180	168	500

Tabela wymiarowa (wymiary w mm)

Oznaczenie zamawianego elementu P22, P202	Masa g	Wymiary s_3 −0,04	B +1,5	B_1	L +3
PAS 10180 ... P22/... P202	988	1,11	180	168	500
PAS 15180 ... P22/... P202	1375	1,61	180	168	500
PAS 20180 ... P22/... P202	1833	2,11	180	168	500
PAS 25180 ... P22/... P202	2279	2,63	180	168	500

Dostawa na zamówienie.

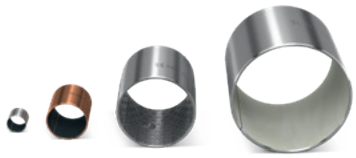
[1)] Naddatek obróbkowy: 0,15 mm.

10.8 ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE KS PERMAGLIDE® PRODUKOWANE NA ZAMÓWIENIE SPECJALNE ZGODNIE ZE SPECYFIKACJĄ KLIENTA

Firma Motorservice produkuje łożyska ślizgowe KS Permaglide® o indywidualnych szerokościach lub średnicach oraz ze specjalnym wyposażeniem, takim jak otwory smarownicze czy rowki wewnętrzne.

- Wykonania specjalne są dostępne ze wszystkich materiałów standardowych: P10/P11/P14/P147, P20/P22/P23/P200/P202/P203
- Materiały specjalne na zamówienie
- Produkcję prowadzimy zgodnie z najwyższymi standardami jakości oraz z zachowaniem tolerancji określonych normą DIN ISO 3547.
- Skorzystaj z naszej gromadzonej przez lata wiedzy fachowej w dziedzinie materiałów i technologii produkcji łożysk ślizgowych KS Permaglide®.

Nasz dział sprzedaży prowadzi doradztwo w zakresie produktów specjalnych i indywidualnych rozwiązań spełniających wymagania konkretnych zastosowań.

Możliwe specyfikacje	Specjalne łożyska ślizgowe	Obróbka
	Indywidualna szerokość, średnica od 8 do 160 mm.	Skrócone lub podzielone standardowe łożyska ślizgowe (tuleje łożysk ślizgowych i tuleje kołnierzowe)
	Indywidualna średnica, dowolne rozmiary pośrednie o średnicy od 80 do 650 mm.	Dogniatane blachy łożysk ślizgowych.
	Łożyska ślizgowe z otworami, takimi jak np. • otwory okrągłe • otwory podłużne • otwory smarownicze • rowki wewnętrzne • itd.	Frezowanie standardowych lub specjalnych łożysk ślizgowych, produkcja według rysunku technicznego klienta.
	Indywidualne wymiary kołnierzy, indywidualne grubości ścianek oraz kształty specjalne. W zależności od wymagań kołnierz i walcowa część tulei z wieńcem mogą być wykonywane z różnych materiałów.	Spawane tuleje z wieńcem.
	Indywidualne kształty i wymiary, delikatne kontury, części gięte, panewki łożyskowe, sferyczne elementy ślizgowe, elementy dopasowane do wymagań klienta.	Cięcie precyzyjne i obróbka blachy.
	Kształty specjalne z otworami mocującymi, wycięciami, indywidualnymi kształtkami i elementami ślizgowymi.	Cięcie wykrojów, wiercenie i pogłębianie, cięcie na wycinarce młoteczkowej lub wykrawanie kształtek, obróbka plastyczna przez gięcie, kantowanie i głębokie tłoczenie.

11 METODY KONTROLNE

11.1 KONTROLA TULEI ZWIJANYCH

W przeciwieństwie do walcowego odcinka rury tuleja zwijana wykonywana jest z równego fragmentu materiału przez formowanie. Posiada ona w związku z tym miejsce styku, które w stanie niezamontowanym daje się otworzyć. Zamknięcie miejsca styku oraz uzyskanie przez tuleję zwijaną wymaganej dokładności wymiarów i kształtów następuje dopiero po wtłoczeniu w obudowę łożyska. Przed montażem pomiar średnicy zewnętrznej D_o i średnicy wewnętrznej D_i tulei zwijanych możliwy jest tylko przy użyciu specjalnych metod i przyrządów kontrolnych.

Średnica zewnętrzna tulei D_o
Próba A, ISO 3547 część 2
W ramach tej próby tuleja zwijana umieszczana jest z miejscem styku skierowanym do góry w gnieździe kontrolnym o zdefiniowanej średnicy d_{ch}. Gniazdo kontrolne obciążane jest siłą kontrolną F_{ch}. Pod działaniem siły kontrolnej zmienia się odległość między połowami gniazda. Z wartości pomiarowej Δz oblicza się następnie średnicę D_o tulei.

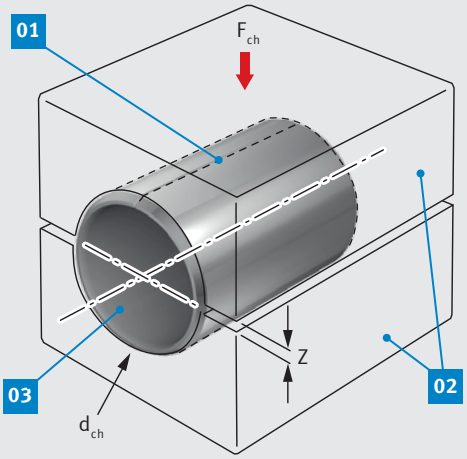
Próba D, ISO 3547 część 2
Tuleje zwijane o średnicy zewnętrznej
D_o› 180 mm są kontrolowane przy użyciu precyzyjnego przymiaru taśmowego. Przymiar jest przykładany do środka tulei i naciągany, aż zamknie miejsce styku. Zmierzona wartość obwodu Δz wskazuje różnicę między trzpieniem nastawczym i tuleją. Z tej wartości oblicza się średnicę zewnętrzną tulei D_o.

Średnica wewnętrzna tulei D_i
Próba C, odczytowa, ISO 3547 część 2
Tuleja zwijana umieszczana jest w sprawdzianie pierścieniowym, którego średnica kontrolna jest określona zgodnie z normą ISO 3547 część 1, Tab. 5. Średnica wewnętrzna D_i tulei jest mierzona przez przechodni-nieprzechodni sprawdzian trzpieniowy albo 3-punktową mackę mierniczą.

Kontrola grubości ścian tulei zwijanych (według uzgodnienia)
Sposób kontroli grubości ścian jest określony normą ISO 12036. Grubość ścian tulei s_3 sprawdzana jest w zależności od szerokości tulei B, na jednej, dwóch albo trzech liniach pomiarowych. Po uzgodnieniu kontrola może być przeprowadzana zgodnie z wyżej wymienioną normą:

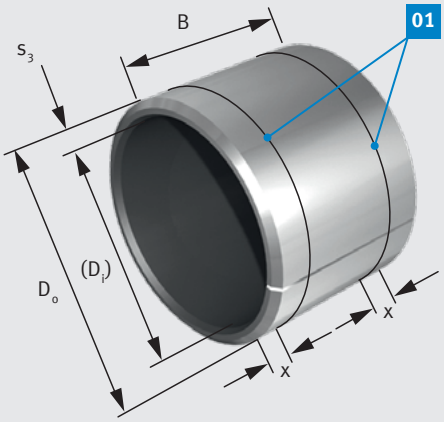
UWAGA
Grubości ścian s_3 i średnicy wewnętrznej tulei nie wolno podawać jednocześnie jako wymiarów kontrolnych.

WSKAZÓWKA
Informacje na temat kontroli tulei zwijanych opisują ogólnie najważniejsze czynności. Mają one tylko charakter informacyjny. Dokładny sposób postępowania opisany jest w obowiązujących normach. Norm tych należy używać wyłącznie do kontrolowania wymiarów i jakości tulei zwijanych.



01 miejsce styku
02 gniazdo kontrolne
03 tuleja

Rys. 64: Kontrola średnicy zewnętrznej tulei D_o



01 linie pomiarowe

Rys. 65: Linie pomiarowe do kontroli grubości ścian (przykład)

11.2 OBRÓBKA POWIERZCHNI ŚLIZGOWEJ

Powierzchnia ślizgowa łożysk ślizgowych KS Permaglide® P22 i P202 posiada naddatek obróbkowy wynoszący około 0,15 mm. Można go obrabiać przez toczenie lub tarcie, aby:

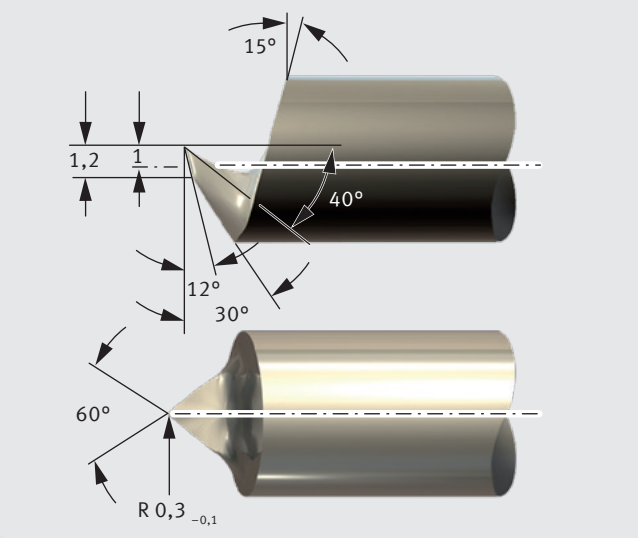
- uzyskać mniejsze tolerancje luzów
- wyrównać wady zbieżności.

Sprawdzonymi metodami jest toczenie i wiercenie z użyciem:

- skrawania suchego
- prędkości skrawania od 100 do 150 m/min
- posuwu 0,05 mm/obr
- maksymalnej głębokości skrawania 0,1 mm
- narzędzi z metali twardych (Rys. 66)

UWAGA

- Przy temperaturach obróbki przekraczających 140°C występuje zagrożenie zdrowia.
- Wióry materiału P22 zawierają ołów. Ołów jest szkodliwy dla zdrowia.
- Promieniowanie wysokoenergetyczne, np. ultrafioletowe, może powodować odbarwienia polimerowej warstwy ślizgowej. W celu zapewnienia ochrony powierzchni należy wykluczyć bezpośrednie nasłonecznienie.
- Większa głębokość obróbki redukuje okres eksploatacji.



Rys. 66: Narzędzie skrawające do łożysk z materiałów KS Permaglide® P22 i P202

- Nierównomierna obróbka wpływa ujemnie na okres eksploatacji i obciążalność.
- Po zakończeniu obróbki części należy wyczyścić.
- Nach dem Bearbeiten sind Teile zu reinigen.

OCHRONA ŚRODOWISKA; BEZPIECZEŃSTWO PRACY, LITERATURA

STAN FABRYCZNY, PRZECHOWYWANIE

Stan fabryczny

- produkt zapakowany w worek w kartonie albo
- produkt zapakowany w karton.

Przechowywanie

Łożyska ślizgowe KS Permaglide® należy przechowywać:

- w czystych i suchych pomieszczeniach
- w możliwie stałej temperaturze
- przy względnej wilgotności powietrza wynoszącej maksymalnie 65 %.

UWAGA

O ile to możliwe, opakowania trzymać zamknięte. Łożyska ślizgowe KS Permaglide® wyjmować z opakowania dopiero bezpośrednio przed montażem.

OCHRONA ŚRODOWISKA I BEZPIECZEŃSTWO PRACY

W interesie użytkownika leży przestrzeganie obowiązujących przepisów prawa i innych regulacji dotyczących

- ochrony środowiska
- bezpieczeństwa i higieny pracy oraz innych zakresów.

LITERATURA

/1/ Damm, Höne, Reinicke, Skiadas: Gleitlager im Automobil (Łożyska ślizgowe w samochodzie). Verlag Moderne Industrie, Band 322 (Wydawnictwo Moderne Industrie, tom 322, 2009

/2/ Berger: Untersuchungen an wartungsfreien Verbundgleitlagern (Badania na bezkonserwacyjnych łożyskach kompozytowych). Shaker Verlag (Wydawnictwo Shaker), Aachen, 2000

Dodatkowa literatura:

- Broichhausen: Schadenskunde, Analyse und Vermeidung von Schäden (Szkodoznawstwo, analiza i eliminowanie uszkodzeń). Hanser Verlag, München, Wien (Wydawnictwo Hanser, Monachium, Wiedeń, 1985
- Stork: Lebensdauervorhersage wartungsfreier, dynamisch belasteter Verbundgleitlager mit Hilfe neuronaler Netze (Przewidywanie okresów żywotności eksploatacyjnej bezkonserwacyjnych, obciążanych dynamicznie kompozytowych łożysk ślizgowych z wykorzystaniem sieci neuronowych) Shaker Verlag (Wydawnictwo Shaker), Aachen, 2003

HEADQUARTERS:
MS Motorservice International GmbH
Wilhelm-Maybach-Straße 14–18
74196 Neuenstadt, Germany
www.ms-motorservice.com

www.permaglide.com
© MS Motorservice Deutschland GmbH – 50003863-13 – PL – 02/16 (092019)

4 028977 849169