

SMARY DO ŁOŻYSK

MC POLSKA

ul. Poznańska 113, 60-185 Skórzewo k/Poznań, POLSKA

Tel : +48 61 822 65 61

(PL) NIP: 777 30 51 687

Regon: 300805540

KRS: 0000297008

E-mail : biuro@mcpolska.com.pl



1-ŁOŻYSKA

Z definicji łożysko jest zintegrowanym lub zainstalowanym elementem mechanicznym, często znormalizowanym i przeznaczonym do skutecznego przenoszenia ruchów, obciążeń, sił nacisku i momentów obrotowych.

Łożyska są zbudowane z elementów ruchomych (kulki, wałeczki, stożki, igiełki...), w szczelnych kocykach lub pierścieniach tocznych.

Typ łożyska (luz) dobieramy w zależności od temperatury pracy. Oznaczenia luzu wewnętrznego:

C3								
				C4				
							C5	
140	150	160	170	180	190	200	+ 200	

Tabela nr1: Luzy wewnętrzne łożysk. Parametry termiczne łożysk.

Koszyk jest najczęściej wykonany ze stali, ale może też być z tworzywa sztucznego lub stopów metali lekkich. Te ostatnie są większych rozmiarów i wywołują większe tarcie w łożysku.

Z drugiej strony są one częściej stosowane i ilość zastosowanego smaru musi być odpowiednio dobrana. Dotyczy to również łożysk bez koszyka.

Łożyska mogą być też wyposażone w uszczelnienia. Uszczelnienia te noszą odpowiednio nazwy: Z (blaszka ochronna z jednej strony) lub ZZ (blaszka ochronna z dwóch stron) dla uszczelnień metalowych i RS lub 2RS dla uszczelnień z materiałów syntetycznych (gumowych).



Wybór łożyska jest dokonywany przez projektanta w zależności od warunków funkcjonowania, montażu i dostępnego miejsca. Typ jest określony na podstawie wielkości obciążeń i prędkości obrotowej.

W zależności od temperatury pracy, dobieramy typ łożyska, które utrzymuje luz funkcjonalny w danym zakresie temperatur, pomimo rozszerzalności cieplnej materiałów.

Stosowana jest również obróbka termiczna pierścieni w celu zapewnienia stałej wielkości elementów przy obciążeniach termicznych.

Łożyska te podlegają różnego rodzaju obciążeniom fizycznym lub środowiskowym i muszą zapewnić dobre funkcjonowanie materiału, jak najdłuższy okres użytkowania, sprawność i niski poziom natężenia hałasu. W związku z tym, dobór smaru jest ważną czynnością, która ma na celu:

- Uformować warstwę smarną oddzielającą strefy kontaktu przy wszelkiego rodzaju obciążeniach
- Odprowadzić ciepło
- Uszczelnić łożysko w celu uniknięcia wnikania ciał obcych płynnych lub stałych
- Zredukować hałas pracy
- Ochronić łożysko przed korozją

S0					
S1					
S2					
S3					
S4					
<150	150	200	250	300	350

Tabela nr 2 : Oznaczenia stabilizacji łożysk do pracy w temperaturze.

2 – WPŁYW PARAMETRÓW FUNKCJONOWANIA NA SMAR

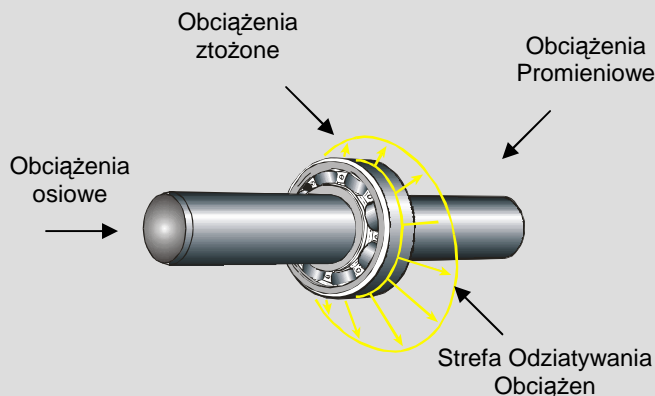
2.1 – Obciążenia

Warunki obrotowe określają ruch pierścienia w stosunku do kierunku działania obciążeń. Stąd podział na obciążenia obrotowe lub ustalone.

Obciążenie jest zmienne w przypadku ruchu względnego między pierścieniem i kierunkiem przenoszenia obciążeń. W przypadku obrotu łożyska każdy punkt drogi łożyska pierścienia jest obciążony.

Obciążenie jest stałe kiedy nie istnieje żaden ruch względny między pierścieniem i kierunkiem przenoszenia obciążeń.

Kiedy wartość $C/P \leq 10$ lub kiedy $v/v_1 \leq 1$, warstwa smarna może być przerwana i może się okazać niezbędne zastosowanie specjalnych dodatków EP.



Kiedy współczynnik $C/P < 4$, jest nawet konieczne dodanie smarów stałych takich jak grafit lub dwusiarczek molibdenu. Produkty te reagują chemicznie z metalowymi powierzchniami chroniąc je przed degradacją.

Testy Almen-Wieland, Timken lub 4-kulowy (EP) stanowią obraz wpływu zastosowania dodatków EP (Maksymalne Ciśnienie) ale nie powinny mieć decydującego wpływu na wybór smaru. Są one rzeczywiście użyteczne jeżeli chodzi o kontrolę jakościową produktów, głównie z uwagi na szybkość ich wykonania.

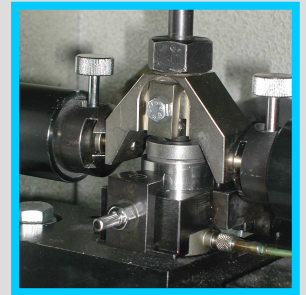


Kule testowe



Aparat 4-kulowy

Test 4-kulowy jest bardziej reprezentatywny jeżeli chodzi o właściwości przeciwzużyciowe smaru. Podobnie test SRV, który pozwala określić typ tarcia, zakres przesunięcia, częstotliwość, temperatury i obciążenia, co stanowi szczególnie interesujący sposób pomiaru właściwości przeciwzużyciowych i współczynnika tarcia.



TEST SRV

2.2 – Prędkość – współczynnik obrotów

Obliczanie dopuszczalnej prędkości obrotu łożyska jest oparte na bilansie cieplnym czyli równowadze pomiędzy mocą pobraną w zależności od szybkości obrotu i odprowadzenia ciepła w zależności od temperatury. Ta wartość nie powinna być przekroczona.

Przy wyborze smaru brany jest pod uwagę współczynnik obrotu. Jest to iloczyn średniej średnicy łożyska w [mm] i szybkości [obr/min] według:

Współczynnik obrotu smaru .

$$\text{Współczynnik} > \frac{D + d}{2} \cdot N$$

gdzie

D jest średnicą zewnętrzną łożyska w mm

d jest średnicą wewnętrzną łożyska

N szybkość obrotu łożyska w obr/min

Coef- Współczynnik korekcji określony poniżej:

Korekcja współczynnika obrotu			Współczynnik
Typ łożyska			
Łożysko toczne wałeczkowe	kulkowe lub		1
Łożysko kulkowe baryłkowe lub skośne			0,9
Łożysko igiełkowe			0,7
Łożysko walcowe lub toczne wahliwe dwuszeregowe			0,6

Tabela 3 : Współczynnik konwersji współczynnika obrotu

Współczynnik obrotu (rotacji) jest określony eksperymentalnie i odzwierciedla granicę dopuszczalnej szybkości smaru bez wytwarzania momentu oporowego, którego wartość spowodowałaby wzrost temperatury w czasie pracy łożyska.

2.3 –Prędkość – lepkość oleju bazowego

Olej bazowy smaru musi mieć odpowiednią lepkość, która zapewnia optymalne smarowanie w temperaturze pracy. Według teorii smarowania EHD (Elasto-Hydro-Dynamicznej) i praktycznych doświadczeń, lepkość minimalna v_1 jest otrzymywana na podstawie średniej średnicy łożyska i jego prędkości obrotu.

Chociaż wartość jest większa w przypadku olejów niż smarów, stosunek lepkości v / v_1 informuje o:

potrzebach stosowania dodatków do smaru. W przypadku średnich i wysokich prędkości należy wystrzegać się stosowania olejów o wysokiej lepkości ponieważ tarcia wewnętrzne powodują utratę skuteczności, przyrost temperatury i przedwczesne zniszczenie składników.

Tabela nr 4 przedstawia potrzeby stosowania dodatków w zależności od stosunku v / v_1 .

v / v_1	0,4	0,4 à 1	1	1 à 4
Potrzeba dodatków EP i wzmocnienia smaru	Niezbędna	Zalecana	Polepsza stan smarowania	Polecana w przypadku dużych ruchów i przy dużym tarcia
Wydajność smarowania	Praca ograniczona z chwilowym zerwaniem warstwy smarnej	Zwiększone obciążenia z ryzykiem zerwania warstwy smarnej	Warunki EHD wystarczające	Warunki EHD doskonałe

Tabela nr 4 : Potrzeba stosowania dodatków EP

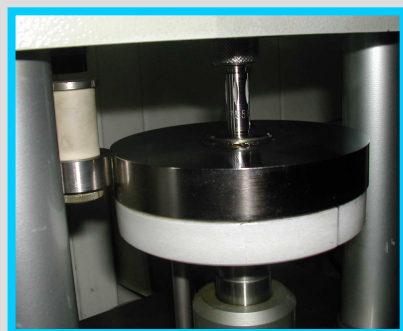
v oznaczający lepkość rzeczywistą oleju bazowego smaru
 v_1 oznaczający lepkość teoretyczną.

Lepkość oleju bazowego jest oznaczona w [cSt] lub [mm²/s] w temperaturze 40°C i równa jest prędkości przepływu płynu w lepkościomierzu kapilarnym w temperaturze 40°C lub 100°C przy niskim naprężeniu ścinającym.

2.4 –Prędkość – Lepkość dynamiczna

W czasie przerwy w pracy substancja smarująca zachowuje się jak ciało stałe. Pod wpływem wysokiego współczynnika naprężenia ścinającego, lepkość pozorna smaru zmniejsza się, mając tendencję do osiągnięcia wartości oleju bazowego.

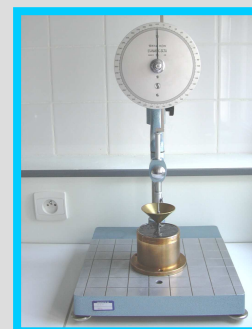
Własność ta jest mierzalna przy zaaplikowaniu pewnej ilości smaru między dwie powierzchnie i wprawiając jedną z nich w ruch obrotowy. Gradient prędkości powoduje naprężenia ścinające w smarze. Lepkość dynamiczna smaru jest w ten sposób mierzona i wyrażona w (mPa·s).



Aparat Haake-Rotovisco

2.5 – Konsystencja

Smary charakteryzowane są poprzez swą konsystencję wg NLGI. Pomiar polega na określeniu głębokości zanurzenia w smarze stożka o określonej masie w czasie 5 sekund po tym jak smar został poddany pracy mechanicznej (urządzenie Worker). Wartość ta to penetracja. Tabela nr 5 przedstawia zakresy odpowiedników:



Penetrometr

Stopień NLGI DIN 51818	Penetracja wypracowana NF T 60-132 (0,1 mm)	Wygląd
000	445 - 475	Wyjątkowo płynny
00	400 - 430	Bardzo płynny
0	355 - 385	Pół-płynny
1	310 - 340	Pół-miękki
2	265 - 295	Miękki
3	220 - 250	Pół-twardy
4	175 - 205	Twardy
5	130 - 160	Bardzo twardy
6	85 - 115	Wyjątkowo twardy (bryła)

Tabela 5 : Klasy NLGI

W przypadku smarowania łożysk używane są tylko smary o stopniu NLGI 0, 1, 2 i 3.

Najczęściej stosowany jest stopień NLGI 2, podczas gdy smary NLGI 3 stosowane są przeważnie w przypadku gdy wymagane są szczególne właściwości uszczelniające.

Stopnie niższe polecane są raczej w przypadkach ponownego smarowania przy zastosowaniu centralnego systemu smarowania.

Pod wpływem naprężenia ścinającego i w zależności od zagęszczenia, smary mogą podlegać dużym wahaniom konsystencji.

Odchylenia te są mierzone przy pomocy urządzenia Shell Roller test, który polega na ugniataniu smaru ruchem obrotowym.

Napełnione łożysko usytuowane wewnątrz podlega obciążeniom mechanicznym.



Aparat Shell Roller



Tłok Testowy Worker

Inny test polega na rozprowadzaniu smaru przy pomocy tłoka przewierconego. Typowo określa się penetrację po 100 000 cykli ugniatania.

2.6 –Temperatura

Zmiany temperatury stanowią bardzo ważne ograniczenie jeżeli chodzi o wybór oleju bazowego i zagęszczacza. Podobnie, niektóre dodatki ulegają znacznym zmianom temperatury i mogą w ten sposób skrócić trwałość smaru.

W niskiej temperaturze, należy zwrócić szczególną uwagę na lepkość oleju bazowego i jego punkt płynięcia, które to przyczyniają się do krzepnięcia smaru. Testy, wykonywane w celu ustalenia minimalnej temperatury pracy to :

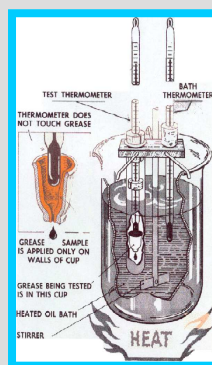
Test ASTM D-1478, który pozwala zmierzyć moment oporowy smaru w łożysku. Łożysko obraca się z prędkością 1 [obr/min] a moment oporowy mierzony jest przy rozruchu a następnie po 10 minutach pracy;

- Ciśnienie przepływu (według metody Kesternicha) odpowiada ciśnieniu maksymalnemu zastosowanemu na smar w celu jego przepływu przez kalibrowany otwór. Dostarcza ona informacji na temat przepływu smaru: jego zdolność impregnacji, ochrona przed zerwaniem warstwy smarnej, oporność przy rozruchu i potrzebna moc do rozruchu. Rezultat wyrażony jest w [mbar] lub w [Pa].
- Penetracja według normy NF T 60-132 przy temperaturach minusowych po tym jak smar został umieszczony w komorze chłodniczej.

Lepkość oleju ma wpływ na stabilność w wysokich temperaturach i punkt kroplenia smaru w zależności do rodzaju zagęszczacza. Test termiczny stabilności olejów bazowych.



Test Stabilności Olejów Bazowych



Zasada Działania Testu Stabilności Olejów Bazowych

Temperatura kroplenia określa punkt, w którym zaczyna się proces fizycznego rozdzielenia smaru na składniki podstawowe. Efektem rozkładu smaru będzie jego wypłynięcie lub wytopienie z łożyska, a co za tym idzie do nieprawidłowej jego pracy.

2.7 –Otoczenie

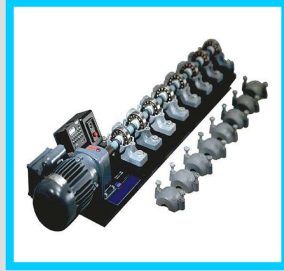
Trwałość łożysk jest często osłabiona przez zanieczyszczenie smaru.

W przypadku wpływu wody, słonej wody lub w przypadku absorpcji czy wmywania, niezbędne jest sprawdzenie jaki stopień ochrony antykorozyjnej gwarantuje smar powierzchniom metalowym łożyska.

Test SKF EMCOR pozwala na zmierzenie skuteczności smaru podczas gdy test na wmywanie (Water Washout) wykazuje raczej przyczepność smaru i jego zdolność do pozostania na powierzchniach metalowych.

Test SKF-EMCOR :

Poziomy wał z zamontowanym łożyskiem kulowym poddawany jest badaniu poprzez doprowadzenie 20 [g] wody (destylowanej lub słonej) i 10 [g] smaru. Doświadczenie trwa przez 3 dni kiedy to łożysko poddawane jest alternatywnie określonym cykłem zatrzymywania i włączania, przy prędkości 80 [obr/min].

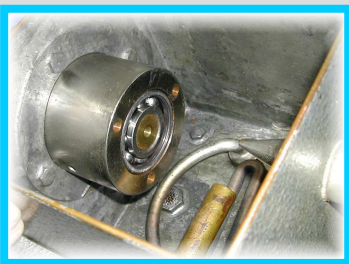


Aparat SKF-EMCOR

Wygląd zewnętrznej bieżni pierścienia odzwierciedla stopień korozji od 0 (niezmienny) do 5 (silna korozja). Jest to kontrola wzrokowa.

Test Water Washout : W ciągu 1 godziny, woda w temperaturze 38 lub 80°C jest wtryskiwana bezpośrednio do łożyska kulowego nasmarowanego 4 gramami smaru i wprowadzonego w ruch 600 [obr/min].

Straty smaru związane z wmywaniem są mierzalne. Ten test pozwala na wykazanie ubytku smaru w łożyskach schładzanych wodą.



Aparat Water Washout

2.8 – Szczelność – kompatybilność z elastomerami

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty, niezbędnym jest sprawdzenie jaki jest wpływ smaru na materiały, z którymi wejdzie on w kontakt.

Oprócz stali, z której wykonane są łożyska, smary mogą wchodzić w kontakt z elastomerami stanowiącymi uszczelnienie, ale również tworzywami sztucznymi niektórych koszyków.

Ogólnie uważa się, że zmiany smarów w objętości lub twardości w granicach 5%, kwalifikują je jako smary kompatybilne z innymi materiałami.

Poniższe tabele 8 i 9 przedstawiają tendencje kompatybilności.

Testy muszą być wykonywane przy użyciu materiałów zastosowanych, głównie z powodu ogromnej różnorodności składnikowej dla pewnego rodzaju kauczuku lub tworzyw sztucznych.

2.9 – Trwałość

Test trwałości FAG FE 9 łożyska kulowego skośnego FAG 529689-S2 (zbliżony do 7206 B) pracującego z prędkością od 3 000 do 6 000 [obr/min], aż do temperatury 250°C :

Ten test pozwala na wykonywanie dynamicznych prób na smarach w celu określenia ich zachowania w warunkach zbliżonych do tych znanych z praktyki.

Pozwala na określenie maksymalnej trwałości w określonych warunkach działania.

Usterka następuje, kiedy pobrana moc silnika przekracza 320 [W] przy 3000 [obr/min] lub 520 [W] przy 6000 [obr/min].

Test trwałości SKF R0F na łożyskach 6204 C3 dla prędkości 5 000, 10 000 lub 20 000 [obr/min] aż do temperatury 180°C :

Test ten pozwala wykonać dynamiczne próby na smarach do łożysk w celu określenia ich zachowania w warunkach zbliżonych do tych naturalnych.

Pozwala określić trwałość smaru w określonych warunkach działania.



Aparat SKF-ROF

2.10 - Podsumowanie

Aby osiągnąć pożądaną poziom skuteczności, należy wziąć pod uwagę wszystkie kryteria działania łożyska w celu określenia składników smaru. Poniższa tabela podsumowuje główne obciążenia, którym poddawane są łożyska i ich wpływ na składniki i właściwości smaru :

PARAMETRY WPŁYWU	CECHY SMARU	TESTY Pozwalające zmierzyć wydajność smaru
Rodzaj obciążenia: - Stałe - Zmienne (drgania) - Wstrząsy	- Lepkość oleju (v/v_1) - Wytrzymałość na naprężenia ścinające zagęszczacza - Stosowanie dodatków EP, jeśli $C/P \leq 10$ lub $v/v_1 \leq 1$ - Smary stałe	- Lepkość oleju (v/v_1) - Penetracja po 100 000 cykli ugniatania - Test 4-kulowy - Test Almen-Wieland - Test Timken (ASTM D-2509) - Test FAG FE 8 (DIN 51350)
Rodzaj prędkości: - Stała - Zmienna (oscylacyjna) - Rewersyjna/ odwracalna	- Lepkość oleju - Lepkość dynamiczna - Dopuszczalny współczynnik rotacji - Struktura smaru	- Lepkość kinematyczna oleju bazowego według NF T 60-100 - Lepkość dynamiczna na podstawie aparatu Rotovisco - Dopuszczalny współczynnik obrotu - Test SNR FEB
Temperatury - Niskie - Pracy - Wysokie - Szczytowa - Maksymalne	- Lepkość oleju - Wskaźnik lepkości oleju - Temperatura kroplenia zagęszczacza - Ciśnienie przepływu - Wytrzymałość na wodę skroploną - Dodawanie składników antykorozyjnych	- Lepkość oleju według NF T 60-100 - Wskaźnik lepkości oleju - Temperatura kroplenia smaru według NF T 60-102 - Ciśnienie przepływu według Kesternich DIN 51805 - Moment rozruchowy w ujemnej temperaturze (ASTM D-1478)
Wpływ otoczenia - Agresywność chemiczna - Zanieczyszczenie - Woda - Próżnia - Tlen - Promieniowanie jonizujące	- Typ oleju - Typ zagęszczacza - Dodatki	- Test SKF-EMCOR (DIN 51802) - Test wymywania (DIN 51807) - Test Water Washout (ASTM D-1264)
Budowa mechaniczna - Rodzaj łożyska - Oś pionowa - Pierścień zewnętrzny obrotowy - Odprowadzanie ciepła	- Dopuszczalny współczynnik obrotu - Stopień konsystencji - Przewodnictwo cieplne	- Dopuszczalny współczynnik obrotu - Penetracja wg NF T 60-132 - Przewodnictwo cieplne - Test Shell Roller według ASTM D-1831
Rodzaj uszczelnienia	- Kompatybilność z olejem - Konsystencja smaru	- Penetracja wypracowana wg NF T 60-132
Smarowanie jednorazowe lub cykliczne	- Konsystencja smaru - Lepkość dynamiczna - Ciśnienie przepływu	- Penetracja wg NF T 60-132 - Lepkość dynamiczna według ROTOVISCO - Ciśnienie przepływu według DIN 51805

Tabela nr 6 : Podsumowanie

3 – DOBÓR SMARU

3.1 – Definicja smaru

Smar jest produktem o konsystencji od ciekłej do stałej, otrzymanym poprzez dyspersję zagęszczacza w oleju. Aby udoskonalić niektóre właściwości smarów, w ich skład mogą również wchodzić inne składniki. Chodzi więc o system dwufazowy zawierający:

Składnik płynny :

- olej mineralny
- syntetyczna ciecz smarująca

Czynnik zagęszczający :

- mocznik aromatyczny (związek aromatyczny)
- mydła alkaliczne (związek metaloorganiczny)
- krzemiany, gliniany krzemu (związek nieorganiczny)

Aby otrzymać strukturę żelową, niezbędne jest aby cząstki elementarne zagęszczacza tworzyły spójny układ trójwymiarowy, z przestrzenną strukturą sieciową.

W takich warunkach, łatwiej byłoby określić smar jako smar plastyczny, otrzymany przez dyspersję, w postaci sieci stabilnego układu trójwymiarowe nierozpuszczalnego zagęszczacza w cieczy smarującej.



3.2 – Olej bazowy

Olej bazowy stanowi przeważnie między 70 a 95% masy smaru i jest głównym składnikiem smaru. Należy zwrócić szczególną uwagę na jakość tego oleju gdyż jego wybór stanowi w znacznej części o wydajności smaru.

Olej bazowy może być złożony z mieszaniny olejów o różnej naturze i lepkości aby osiągnąć pożądany efekt co do przyczepności do powierzchni, odporności na zanieczyszczenia przez ciała obce, ograniczenie zużycia, odporności warstwy smarnej na obciążenia, trwałości w całym zakresie temperatury pracy, kompatybilności z tworzywem sztucznym i elastomerami....

Nie należy mylić smarów z pewnymi produktami zagęszczonymi znanymi pod nazwą «pasty smarne» otrzymywanymi poprzez zwykłą dyspersję mechaniczną sproszkowanego ciała stałego (grafit, PTFE...) w cieczy bez tworzenia jednorodnego układu trójwymiarowego.

W przypadku smarów, związek zagęszczający jest nierozpuszczalny w cieczy smarującej i tworzy system rozproszony typu koloidalnego.

Stabilność roztworu zagęszczacza zależy od:

- rozmiaru cząsteczek
- gęstości cząsteczek
- lepkości (prawo Stokes'a)
- sił międzycząsteczkowych (utrzymuje system w równowadze)

W niektórych przypadkach produkty pomocnicze o charakterze biegunowym (woda, aceton,...) są wprowadzane równocześnie aby stworzyć siły wiązań drugorzędowych i polepszyć stabilność dyspersji (dotyczy smarów z mydłem wapniowym, smarów na bazie bentonitu.).

Konsystencja smaru zależy od:

- zawartości czynnika zagęszczającego (pomiędzy 5% dla stopnia NLGI 0 i 40% dla stopnia NLGI 7) ;
- rozmiarów cząsteczek zagęszczacza (istnieje w formie włókien, kryształów, cząstek płytkowych lub sferycznych) ;
- sił dyspersji (tworzą układ trójwymiarowy zagęszczenia).

Główne oleje bazowe stosowane w smarach łożyskowych to:

3.2.1 Oleje mineralne

Chociaż oleje parafinowane są najczęściej stosowane dzięki swej stabilności w wysokich temperaturach, oleje naftenowe są polecane w przypadku pracy w niskich temperaturach.

Oleje te zużywają się poprzez utlenianie i tworzą kwasy korodujące w obecności katalizatorów metalicznych.

Są one ograniczone do temperatury 120°C dla małej i średniej lepkości i 160°C przy wysokiej lepkości.

W tych temperaturach tworzą one dużą ilość zwęglonych osadów, które uniemożliwiają ich stosowanie gdy jest konieczna najwyższa jakość smarów. Wymagane jest wówczas częste dosmarowanie.

			Mineralny (parafinowany)																				
		Mineralny (naftenowy)																					
	Polialfaolefiny																						
		Polialkilenoglikole																					
	Estry																						
	Silikony																						
			Polifenyloetery																				
	Perfluolopolialkiloetery																						
- 100	- 60	- 40	-20	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260						

Tabela nr 7 : Stabilność termiczna olejów

3.2.2 Oleje polialfaolefinowe (PAO)

Te syntetyzowane oleje są wynikiem polimeryzacji alkenów i nie zawierają składników siarkowych ani azotowych, ani też domieszek metalicznych.

Ich ciężar cząsteczkowy jest kontrolowany w trakcie procesu ich fabrykacji. Różnią się w ten sposób od olejów mineralnych rafinowanych, które są mieszaninami polidispersyjnymi.

Pozbawione wiązań aktywnych i związków aromatycznych, posiadają odporność na utlenianie dużo wyższą niż oleje mineralne i tworzą mniej zwęglonych osadów w obecności wysokich temperatur.

Oleje te posiadają dużo lepszy stosunek lepkości/temperatury (VI) niż oleje mineralne i punkt płynięcia, który może osiągnąć -60°C w przypadku najniższych lepkości.

3.2.3 Diestry

Powstają poprzez estryfikację alkoholu z kwasami tłuszczowymi mono- i dikarboksyłowymi. Te oleje posiadają właściwości rozpuszczalnikowe, dużą odporność na obciążenia, trwałość, punkt płynięcia

może osiągać -73°C. Tworzą one bardzo mało osadów przy wysokich i bardzo wysokich temperaturach.

Jednakże są agresywne w stosunku do farb, niektórych gatunków elastomerów i są czułe na hydrolizę, a więc nie są polecane do pracy przy dużej wilgotności.

Stosuje się je często w połączeniu z olejami PAO, aby zapewnić równowagę jeżeli chodzi o wpływ na materiały i aby poprawić rozpuszczalność niektórych dodatków.

3.2.4 Estry (poliestry, estry złożone, ...)

Oleje te są dostępne w szerokim zakresie lepkości i są stosowane najczęściej przy wysokich temperaturach (temp. maksymalna od 180 do 230°C w zależności od typu i możliwości regeneracji produktu, który jest poddawany obciążeniom termicznym).

W zależności od typu, oleje te zastępują diestry i umożliwiają ich stosowanie w dużo większym zakresie temperatur.

3.2.5 Oleje polialkilenoglikolowe

Chodzi o polieter alifatyczny otrzymany poprzez utlenienie olefin (etylen lub propylen), a następnie reakcję z alkoholem.

Oleje te posiadają wyjątkowe właściwości smarujące, w obecności dużych naprężeń (ruchy ślizgowe) i wysokie przewodnictwo termiczne, które może stanowić atut w przypadku dużych różnic temperatur pomiędzy pierścieniem wewnętrznym a zewnętrznym.

Oleje te charakteryzują się brakiem agresywności korozyjnej w stosunku do metali i dużą odpornością na obciążenia i zużycie.

Posiadają wysoki współczynnik lepkości, pokrywają szeroki zakres temperatury pracy i tworzą bardzo mało osadów przy temperaturze od 150 do 200°C.

Ich główne wady dotyczą rozpuszczalności niektórych rodzajów polietylenoglikoli w wodzie, niemożliwości mieszania się z olejami innego typu, negatywnego działania na elastomery i najczęściej stosowane tworzywa sztuczne.

◆ = Dobra ○ = Dopuszczalna < = Słaba

	NBR	HNBR	FKM FPM	EPDM	ACM	AU	CR	NR	SBR	MFQ MPQ MVFQ
Olej mineralny	◆	◆	◆	<	◆	◆	○	<	<	◆
Polialfaolefiny	◆	◆	◆	<	◆	○	○	<	<	◆
Estry	○	○	◆	<	○	○	<	<	<	○
Poliglikole	○	○	◆	◆	◆	○	<	◆	<	<
Silikony	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	<
Perfluoropolietyry	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆

Tabela nr 8 : Zgodność / kompatybilność z elastomerami

3.2.6 Polibuteny

Oleje otrzymywane w procesie polimeryzacji węglowodoru nienasyconego bogatego w izobuteny.

Są one stosowane w smarach głównie aby zwiększyć ich przyczepność i odporność na działanie wody.

3.2.7 Oleje silikonowe

Oleje stworzone wokół wiązania Si – O – Si – O, w którym atomy krzemu połączone są poprzez atomy tlenu, a do atomów krzemu są przyłączone grupy metylowe (CH₃) lub fenyłowe (C₆H₅).

W przypadku łożysk, polecane są oleje fenyłometylosiloksanowe z powodu ich lepszych właściwości smarujących w stosunku do stali.

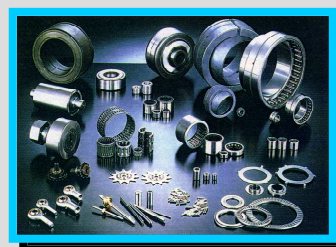
Chociaż wzrost stężenia związków fenyłowych zmniejsza wskaźnik lepkości jak i temperaturę płynięcia oleju, oleje te sprawdzają się w przypadku szczególnie wysokich temperatur, silnego wpływu wody i wysokiej próżni.

3.2.8 Perfluorowany olej polialkiloeterowy

Oleje te, niepalne, są niezaprzeczalnie najlepsze na rynku dzięki ich odporności chemicznej i termicznej, która stawia je ponad wszystkimi wymienionymi wcześniej.

Posiadające wskaźniki lepkości zmienne w zależności od ich struktury (linearna lub rozgałęziona), oleje te pokrywają zakres temperatur od -90 do 300°C posiadają bardzo długi okres trwałości, nawet w temperaturze powyżej 200°C bez tworzenia osadów mających wpływ na żywotność łożysk.

Wadę stanowi cena, która jest podniesiona z racji na ich wysoką gęstość.



3.2.9 Stabilność termiczna olejów

Stabilność termiczna olejów bazowych stosowanych w smarach jest przedstawiona w **tabela nr 7**.

3.2.10 Kompatybilność z elastomerami

Należy pamiętać, aby wziąć pod uwagę kompatybilność z elastomerami stosowanymi w uszczelnieniach.

Tabela nr 8 przedstawia kompatybilność z elastomerami, aczkolwiek należy przeprowadzać testy dla każdego oleju bazowego i elastomeru, gdyż ich składy mogą różnić się w zależności od pochodzenia.

◆ = Dobra ○ = Dopuszczalna < = Słaba

	POM	PA	PE	PC	ABS	PTFE	PFT PBT	PP	PUR	PVC
Olej mineralny	◆	◆	○	<	◆	◆	◆	◆	○	◆
Olej biały	◆	◆	○	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆
Polialfaolefiny	◆	◆	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Estry	◆	◆	○	<	<	◆	<	○	<	<
Poliglikole	◆	◆	◆	◆	○	◆	<	○	<	<
Silikony	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Perfluoropolietyry	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆

Tabela nr 9 : Kompatybilność z tworzywami sztucznymi

3.2.11 Kompatybilność z tworzywami sztucznymi

W ten sam sposób **tabela nr 9** określa kompatybilność pomiędzy olejami bazowymi i najczęściej stosowanymi tworzywami sztucznymi.

3.2.12 Mieszalność olejów

Oprócz kompatybilności pomiędzy zagęszczaczami (**tabela nr 10**), należy wziąć pod uwagę mieszalność olejów bazowych w przypadku kiedy przewidywana jest zmiana smaru.

Jeśli nie jest możliwe oczyszczenie łożyska, usunięcie starego smaru i okaże się, że smary nie są mieszalne, należy przystąpić do kolejnych smarowań w jak najkrótszym czasie wypierając stary smar.

◆ = Dobra ○ = Dopuszczalna < = Słaba

Olej bazowy	Mineralny	PAO	Estry	Poliglikole	Silikony (metyl)	Silikony (fenyl)	Polifenylo etery	Perfluory
Mineralny	◆	◆	◆	<	<	○	◆	<
PAO	◆	◆	◆	<	<	<	◆	<
Estry	◆	◆	◆	◆	<	◆	◆	<
Poliglikole	<	<	◆	◆	<	<	<	<
Silikony (metyl)	<	<	<	<	◆	○	<	<
Silikony (fenyl)	○	<	◆	<	○	◆	◆	<
Polifenyloetery	◆	◆	◆	<	<	◆	◆	<
Perfluory	<	<	<	<	<	<	<	◆

Tabela nr 10 : Mieszalność olejów

3.3 – Dodatki

Dodatki stosowane do smarów są przedmiotem szczególnych badań, mających na celu określenie ich wpływu na właściwości eksploatacyjne smaru a zarazem określenie skutków niepożądanych wynikających z interakcji z innymi dodatkami i substancjami zanieczyszczającymi.

Dlatego też, ogólnie odradza się mieszania z innymi smarami.

Nie są one stosowane przez producentów w dużych ilościach ponieważ ich degradacja pod wpływem obciążeń doprowadza często do ogólnego starzenia się smaru i w związku z tym do skrócenia jego żywotności.

Należy je stosować takich ilościach, aby przekroczyć naturalne granice trwałości smaru i przedłużyć jego wytrzymałość w rzeczywistych warunkach pracy, a nie w warunkach laboratoryjnych.

Dodatki rozpuszczalne są stosowane najczęściej i pozwalają zwiększyć właściwości olejów. Dodatki dzielimy na:

- Anty-korozyjne (neutralizacja kwasów. Molekuły polarne powodują ich absorpcję z powierzchni metalicznych)
- Anty-zużyciowe (tworzenie warstwy smarnej na powierzchniach metalicznych)
- Wysokociśnieniowe EP (tworzenie nowych wiązań poprzez reakcję z powierzchniami metalicznymi)
- Anty-utleniające (zmniejszanie ilości tworzących się kwasów poprzez zmniejszenie absorpcji tlenu w oleju)
- Inhibitory korozji (tworzenie warstwy ochronnej przed kwasami lub nadtlenkami) zmiana tarcia (molekuły polarne są absorbowane na powierzchniach metalicznych i separują te powierzchnie) Redukujące punkt płynięcia
- Polepszające wskaźnik lepkości
- Polepszające przyczepność



Możliwe też jest dodanie dodatków smarów stałych. Często stosowane są:

- Sproszkowany grafit, zawierający minimum popiołu
- Dwusiarczek molibdenu (MoS_2)
- Politertrafluoroetylen - teflon (PTFE)

Substancje te wypełniają szczeliny i skazy występujące na smarowanej powierzchni, wygładzając ją i oddzielając od drugiej współpracującej powierzchni.

Smary te w istotny sposób zmniejszają siłę tarcia oraz zwiększają odporność na obciążenia i zatarcia.

3.4 – Zagęszczacze

Rola zagęszczacza w smarze polega na tworzeniu struktury sieciowej, która wiąże fazę ciekłą i dodatki w jednym obszarze bez potrzeby stosowania dodatkowych uszczelnień.

Jednocześnie dodaje on smarom właściwości amortyzacyjne i właściwą dla niego strukturę, odpowiednią w zależności od warunków jego przeznaczenia.

I wreszcie, służy jako ochrona przed penetracją substancji zanieczyszczających.

Jego proporcja w smarze wpływa bezpośrednio na stopień konsystencji określony w punkcie 2.5.

Zagęszczacze te dzielą się na różne typy, o których będzie mowa w kolejnych rozdziałach:

3.4.1 Mydła metaliczne

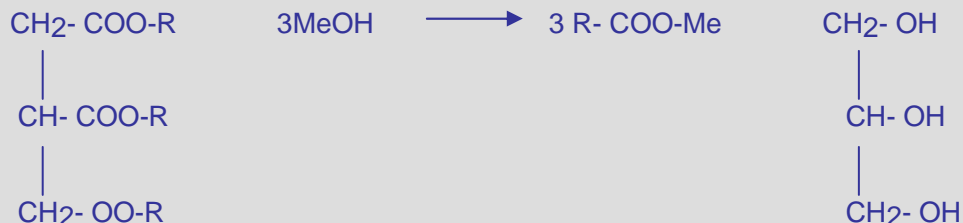
Smary z mydłami metalicznymi otrzymywane są albo poprzez neutralizację kwasów tłuszczowych albo przez zmydlanie substancji tłuszczowej (trójgliceryd) przez zasady (wapniowe, litowe, sodowe, wodorotlenek glinu).

Reakcja jest następująca:

- Kwas tłuszczowy + wodorotlenek lub tlenek metalu = Mydło + Woda



- Tłuszcz + baza zasadowa = Mydło + Gliceryna



W przypadku smarów wapniowych lub glinowych na przykład, woda lub gliceryna wytworzone w czasie reakcji posiadają rolę czynnika peptyzującego niezbędnego do żelatynowania mydła.

Charakter biegunowy jego składników może tworzyć wiązania drugorzędowe pomiędzy włóknami podstawowymi i zapewnić stabilność układu.

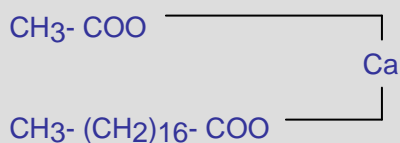
Reakcja neutralizacji może dokonywać się w temperaturze otoczenia i ciśnieniu atmosferycznym.

Tymczasem aby reakcja zmydlenia była kompletna, należy pracować pod ciśnieniem (2 do 7 [bar]) i w wysokiej temperaturze (100 - 180 °C) aby przesunąć równowagę reakcji w stronę tworzenia się mydła.

Kwasy tłuszczowe i tłuszcze używane w przemyśle smarów są pochodzenia zwierzęcego (tój, kwas stearynowy, stearyna) lub roślinnego (kwas hydroksystearynowy, otrzymany poprzez uwodornianie oleju rycynowego).

Mydło złożone (kompleksowe) jest mydłem zawierającym 2 kwasy asymetryczne, powiązane z tym samym metalem lub w tej samej cząsteczce (związek kompleksowy Ca-Al), lub na dwóch molekułach oddzielnych (kompleks litu).

Przykład : kompleksowe mydło wapniowe (octowy stearynian wapnia)



3.4.2 Mydła mieszane

Smar mieszany może być określany jako smar zawierający dwa lub kilka oddzielnych zagęszczaczy, stworzonych równocześnie in situ, w trakcie produkcji.

Nie należy mylić ich ze smarami otrzymanymi poprzez zmieszanie dwóch smarów innego mydła.

Najbardziej rozpowszechnione handlowo są smary mieszane: mydła litowe/wapniowe i mydła wapniowe/sodowe.

To połączenie mydeł zmienia niektóre właściwości smarów wynikające z właściwości poszczególnych mydeł (stabilność mechaniczna) poprzez stworzenie sieci łańcuchów o różnych długościach.

3.4.3 Żele

Smary te otrzymywane są poprzez dyspersję związków nieorganicznych (grafit, węgiel, krzemionka) lub organicznych (mocznik aromatyczny, tereftalan sodowy) w roztworze smarującym.

Związki te są nierozpuszczalne w fazie ciekłej w każdej temperaturze.

Są to proszki, których cząsteczki elementarne mają rozmiary około kilku mikronów i kilkadziesiąt mikronów w przypadku węgla.

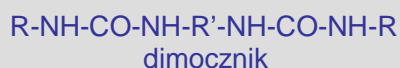
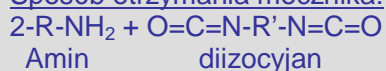
Dla krzemionek koloidalnych lub gorączkotwórczych o bardzo dużej porowatości (powierzchnia ok 170 [m²/g]), rozmiary jednostkowe są niewielkie ponieważ wielkości cząstek mogą być niższe niż 100 [Angstromów].

Lit															
Stearynian wapnia															
Hydroksystearynian wania															
Sód															
Glin															
Bar															
Związek Litowo - wapniowy															
Kompleks litowy															
Kompleks sodowy															
Kompleks wapnia															
Kompleks glinu															
Kompleks baru															
Zagęszczacz mocznikowy (polimocznikowy)															
Krzem															
Bentonit															
PTFE															
0 et -	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300

Tabela nr 11 : Punkt kroplenia zagęszczaczy

3.4.4 Zagęszczacze mocznikowe

Sposób otrzymania mocznika:



Struktura jest następująca :



3.4.5 Kompatybilność zagęszczaczy (zdolność do mieszania się zagęszczaczy)

Jak już wspomniane było w paragrafie 3.2.12, w przypadku zmiany rodzaju smaru, należy wziąć pod uwagę kompatybilność zagęszczaczy.

◆ = Dobra ○ = Dopuszczalna < = Słaba

Zagęszczacz	Mydła proste				Mydła złożone					Inne	
	Al	Ca	Li	Na	Al	Ba	Ca	Li	Na	Be	Pu
Glin	◆	○	◆	○	◆	○	◆	◆	○	◆	◆
Wapń	○	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	◆	◆
Lit	◆	◆	◆	<	◆	◆	◆	◆	<	○	○
Sód	○	◆	<	◆	◆	◆	○	○	◆	<	◆
Kompleks Glinu	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○	◆	○	○	○
Kompleks Baru	○	◆	◆	◆	◆	◆	○	○	◆	◆	○
Kompleks Wapnia	◆	◆	◆	○	○	○	◆	◆	◆	○	◆
Kompleks Litu	◆	○	◆	○	◆	○	◆	◆	○	◆	○
Kompleks Sodu	○	◆	<	◆	○	◆	◆	○	◆	<	◆
Bentonit	◆	◆	○	<	○	◆	○	◆	<	◆	◆
Polikarbamid	◆	◆	○	◆	○	○	◆	○	◆	◆	◆

Tabela 12 : kompatybilność zagęszczaczy

UWAGA: W przypadku gdy planowane jest mieszanie smarów trzeba wziąć pod uwagę zarówno kompatybilność olejów bazowych jak i zagęszczaczy. Ponadto należy pamiętać, że niektóre dodatki mogą wpływać na stabilność struktury zagęszczacza.

4 – GAMA SMARÓW IKV

Mydło litowe

Charakteryzujące się punktem kroplenia między 180 a 200°C, mydło to jest najczęściej używane przez producentów smarów dzięki swym dobrym ogólnym właściwościom i niskim kosztom produkcji. Zapewnia smarom dobrą odporność na wodę aż do temperatur w przedziale od 80 do 120°C jak i do brą stabilność mechaniczną. Należy nadmienić, że nie jest on odporny na parę wodną i że jego odporność na wodę zmniejsza się wraz z występowaniem sił ścinających. Może być absorbowana duża ilość wody.

Produkt	stopień NLGI	Natura oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Inne właściwości	Zalety
IKV-AGUILA EP 0	0	Mineralny	150	-20 do 120	185	1700	300 000	beżowy	▲	▲▲		Przeznaczony do łożysk, które pracują w normalnej temperaturze, ze średnią prędkością do wysokiej i przy dużych obciążeniach
IKV-AGUILA EP 1	1	Mineralny	150	-20 do 120	185	4000	300 000	beżowy	▲	▲▲		
IKV-AGUILA EP 2	2	Mineralny	150	-20 do 120	185	5000	300 000	beżowy	▲	▲▲		
IKV-AGUILA EP 3	3	Mineralny	150	-20 do 120	185	8000	300 000	beżowy	▲	▲▲		
IKV-GAN 85	2	Mineralny	100	-20 do 120	185	4500	500 000	beżowy	▲	▲		Do łożysk samochodowych
IKV-PLEX SEL-2/S	2	PAO	20	-55 do 150	180	3000	600 000	beżowy	▲			Przeznaczony do wszystkich łożysk działających w szerokim zakresie temperatur, prędkości od średnich do wysokich
IKV-PLEX SL-2/S	2	PAO	32	-50 do 150	185	2750	600 000	beżowy	▲			
IKV-PLEX 778 TF	2	PAO	32	-50 do 150	185	4041	600 000	beżowy	▲		Zawiera dodatkowo PTFE (właściwości amortyzujące) i lepszą odporność na wodę.	
IKV-PLEX TL-2/S	2	Mineralny + PAO	90	-45 do 125	180	5010	500 000	beżowy	▲	▲		Przeznaczony do wszystkich łożysk pracujących w niskich temperaturach i przy średnich prędkościach obrotu.
IKV-BESSIL L-2	2	Fenylometylo Sylikony	80	-73 do 180	200	4000	300 000	biały	▲▲			Przeznaczony do łożysk mechanizmów precyzyjnych lub łożysk kulkowych słabo obciążonych i pracujących w niskich i wysokich temperaturach.

Mydło wapniowe

Stearyniany wapnia z powrotem mogą być stosowane w zakresie temperatur od ujemnych do 80°C, natomiast hydroksystearyniany pozwalają osiągnąć 130-140°C. Mydła te polecane są zwłaszcza dzięki dobrej odporności na wodę, doskonałej ochronie antykorozyjnej i gwarantują wysoki poziom skuteczności w przypadku niskich amplitud drgań i słonej wody.

Produkt	Stopień NLGI	Typ oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Odporność	Zalety
BIOGREASE M-2/WR	2	Roślinny	220	-25 do 80	> 120	5000	300 000	żółty	▲▲	▲▲	rozpuszczalniki, benzyna	Przeznaczony do łożysk, które wymagają smaru biodegradowalnego.
AGUILA A-420 LXR	2	Mineralny	100	-20 do 90	135	5000	400 000	czerwony				
AGUILA N.31	2	Mineralny	22	-45 do 125	145	3200	500 000	brązowy				Przeznaczony do łożysk pracujących w niskich temperaturach.
BESLUX ATOX BT-2	2	Diester	15	-70 do 100	130	2500	500 000	biały				Przeznaczony do łożysk pracujących w bardzo niskich temperaturach.

Mydło mieszane litowo-wapniowe

Smary w ten sposób otrzymywane, charakteryzują się dobrą stabilnością mechaniczną, dobrą odpornością na wodę i zapewniają ochronę antykorozyjną.

Produkt	stopień NLGI	Natura oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Inne właściwości	Zalety
IKV-AUREA 1	1	mineralny	220	-20 do 130	185	3500	400 000	Beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-AUREA 2	2	mineralny	220	-20 do 130	185	6000	400 000	Beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-AUREA 3	3	mineralny	220	-20 do 130	185	7500	400 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-AGUILA JET 70	2	mineralny	800	-10 do 110	150	8000		beżowy	▲▲	▲▲		

Mydło kompleksowe litowe

Charakteryzuje się punktem kroplenia wyższym niż 240°C a nawet do 300°C. Mydło to zapewnia smarom bardzo dobrą odporność na wodę jak i dobrą stabilność mechaniczną. Najczęściej stosowany stopień NLGI = 2 , jego średnia zawartość w smarze wynosi 20% a w przypadku mydła prostego litu 8 do 10%. Lepkość oleju bazowego identyczna, lepkość dynamiczna jest trochę wyższa.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Inne właściwości	Zalety
IKV-PLEX M-1	1	mineralny	220	-20 do 150	> 245	5000	400 000	beżowy	▲▲	▲▲		Przeznaczony do wszystkich łożysk pracujących w wysokich temperaturach, przy średnich prędkościach do wysokich i silnych obciążeniach. Do łożysk narażonych na silne obciążenia i silne wymywanie wodą. Do łożysk narażonych na bardzo silne obciążenia i silne wymywanie wodą.
IKV-PLEX M-2	2	mineralny	220	-20 do 150	> 245	5500	400 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-PLEX H-1	1	mineralny	460	-20 do 150	> 240	9000	250 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-PLEX H-2	2	mineralny	460	-20 do 150	> 240	10 000	250 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-PLEX EH-1	1	mineralny	1500	-15 do 150	> 240	11 500	150 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-PLEX EH-2	2	mineralny	1500	-15 do 150	> 240	14 000	150 000	beżowy	▲▲	▲▲		
IKV-PLEX H-2/G	2	mineralny	460	-20 do 150	> 240	5000	250 000	czarny	▲▲	▲▲▲		
IKV-PLEX EH-2/G	2	mineralny	1500	-10 do 150	> 245	13 500	150 000	czarny	▲▲	▲▲▲		
IKV-PLEX L-2/S	2	Diester + PAO	22	-50 do 130	220	2500	1 000 000	żółty	▲			Do wszystkich łożysk bardzo wysokoobrotowych gdy wymagany jest niski moment oporowy.
IKV-PLEX H-2/S	2	ester	320	-20 do 180	> 240	5000	300 000	żółty	▲	▲		Do łożysk poddanych wysokim temperaturom, długiemu okresowi smarowania. Nie tworzy osadów zwęglania.
IKV-BESSIL AT-2	2	Fenylometylosylikony		-40 do 220	> 250	6000	200 000	kość słoniowa	▲▲			Do łożysk kulkowych mało obciążonych i pracujących w wysokich temperaturach.
IKV-FLUOPLEX H-2	2	ester + perfluor	400	-30 do 200	> 240	5908	300 000	Żółty	▲▲	▲		Do łożysk pracujących w bardzo wysokich temperaturach.

Mydło kompleksowe sodowe

Charakteryzujące się temperaturą kroplenia wyższą niż 220°C, mydło to posiada dobrą stabilność termiczną i odporność na wodę aż do 90°C. Nie jest natomiast odporne na parę wodną.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Inne właściwości	Zalety
IKV-PLEXNA M-2/BM	2	mineralny	220	-20 do 160	220	5000	500 000	Czarny	▲	▲▲▲		Przeznaczony do wysokich temperatur i wysokich obciążeń. Zawiera MoS2, który zapewnia smarowanie w przypadku zerwania powłoki smarej.
IKV-BESSIL M-2	2	Fenyl-metyl Silikony	150	-40 do 200	> 205	6000	200 000	Biały	▲▲			Do łożysk mechanizmów precyzyjnych lub słabo obciążonych, wystawionych na działanie wysokich temperatur.

Mydło kompleksowe wapnia

Posiada punkt kroplenia wyższy niż 250°C, mydło to zapewnia smarom bardzo dobrą odporność na wodę, parę wodną i obciążenia. Polecany jest szczególnie w przypadku korozji ciernej (fretting-corrosion) i działania solanek. Jego wadą jest twardnienie pod wpływem wysokich temperatur i gęstnienie po długim okresie magazynowania.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Inne właściwości	Zalety
IKV-CAPLEX L-1	1	mineralny	68	-40 do 150	280	2250	500 000	Brązowy	▲▲	▲		Do łożysk średnio i wysoko obrotowych, pracujących w obecności wody i wilgoci.
IKV-CAPLEX M-2/SID	2	mineralny	220	-25 do 150	> 250	3500	400 000	Brązowy	▲▲▲	▲▲		Przeznaczony do łożysk średnio obrotowych w przemyśle metalurgicznym, pracujących w obecności wody
IKV-CAPLEX EH-2	2	mineralny	1000	-20 do 150	> 280	8000	200 000	Brązowy	▲▲▲	▲▲		Do łożysk wolnoobrotowych narażonych na silne wymywanie wodą.

Mydło kompleksowe barowe

Posiadające punkt kroplenia wyższy od 220°C. Mydło to zapewnia smarom bardzo dobrą odporność na wodę jak i dobrą stabilność mechaniczną. Dla konsystencji NLGI=2 najczęściej stosowany w zagęszczeniu 40%. Jego użycie jest ograniczone ze względu na trudności związane z jego produkcją i środkami ostrożności, które należy przestrzegać przy jego stosowaniu.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Odporność chemiczna	Zalety
IKV-PLEXBAR L-2/S	2	Diester + PAO	22	-40 do 150	> 200	4500	1 000 000	Kość słoniowa	▲▲	▲	Chłodziwa i płyny do obróbki metali	Do wszystkich łożysk wysokobrotowych i gdy wymagany jest niski moment. Do wszystkich łożysk wymagających smaru o silnej przyczepności i wysokiej odporności na wodę i na korozję.
IKV-PLEXBAR L-2	2	mineralny	100	-30 do 150	220	6000	500 000	Kość słoniowa	▲▲▲	▲▲	Ługi i rozcieńczone kwasy	
IKV-PLEXBAR M-2	2	mineralny	220	-25 do 150	220	9000	350 000	Kość słoniowa	▲▲▲	▲▲		
IKV-PLEXBAR H-2	2	mineralny	460	-10 do 160	220	12 000	150 000	Kość słoniowa	▲▲▲	▲▲		

Żel bentonitowy

Posiadający temperaturę kroplenia mogącą osiągnąć 300°C, zagęszczacz ten daje smarom bardzo dobrą odporność na wodę jak i dobrą stabilność mechaniczną. Żele bentonitowe są mało wrażliwe na zmiany temperatur i zapewniają smarom największą stabilność lepkości dynamicznej i stabilność termiczną.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Odporność chemiczna	Zalety
IKV-ARMIGRAS H-2	2	mineralny	460	-20 do 160	> 260	6799	300 000	Brunatny	▲▲	▲		Przeznaczony do łożysk w wysokich temperaturach.
IKV-ARMIGRAS H-2/BM	2	mineralny	460	-20 do 160	bez	6577	300 000	Czarny	▲▲	▲▲▲		Do łożysk w wysokich temperaturach i przy wysokich obciążeniach.
IKV-ARMIGRAS BT-2	2	PAO	46	-50 do 170	> 300	2750	600 000	Brunatny	▲	▲		Do łożysk wysokoobrotowych lub gdy wymagany jest niski moment oporowy.
IKV-ARMIGRAS MT-2	2	PAO	100	-40 do 200	> 260	2500	500 000	Brunatny	▲▲	▲		Do łożysk pracujących w wysokich temperach.
IKV-ARMIGRAS VHT/S	2	Ester	140	-25 do 200	bez	5000	300 000	czarny		▲▲▲		Do łożysk poddanych bardzo silnym obciążeniom i bardzo wysokim temperaturom.

Zagęszczacz mocznikowy

Posiadający wysoką temperaturę kroplenia mogącą osiągać 270°C. Właściwości tych zagęszczaczy zależą od zastosowanych aminów i izocyjanów. Odporność na wodę, stabilność mechaniczna, pocenie się zmienia się w zależności od ich kombinacji. We wszystkich przypadkach, brak jonów metalicznych zapewnia lepszą stabilność smarom polimocznikowym.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Odporność chemiczna	Zalety
IKV-UREATIC EL-2/S	1/2	PAO	32	-50 do 150	> 260	3000	600 000	Beżowy	▲▲			Do łożysk wysokoobrotowych. Dysponuje wyjątkowo niskim poziomem pocenia, szczególnie przystosowany do łożysk z osią pionową.
IKV-UREATIC M-0	0	mineralny	220	-20 do 150	> 220	2000	400 000	Brązowy	▲▲▲	▲▲		Przeznaczony do łożysk poddawanych silnym wpływom wody jak i łożyska pracujące w wodzie.
IKV-UREATIC M-1	1	mineralny	220	-20 do 150	> 220	4000	400 000	Brązowy	▲▲▲	▲▲		
IKV-UREATIC M-2	2	mineralny	220	-20 do 150	> 220	5000	400 000	Brązowy	▲▲▲	▲▲		
IKV-UREATIC H-1	1	mineralny	460	-20 do 150	> 220	4000	300 000	brązowy	▲▲▲	▲▲		
IKV-UREATIC M-2/S	2	PAO	100	-45 do 180	> 220	2150	500 000	Niebieski	▲▲▲	▲		
IKV-KOMPLEX M-2/1STF	2	PAO	100	-40 do 150	> 270	4000	400 000	Biały	▲	▲▲		Polecany głównie w przypadkach uszczelnień EPDM.
IKV-UREATIC H-2/S	2	PAO	460	-35 do 160	> 250	7000	350 000	Beżowy	▲▲▲	▲▲		Wykazuje słabe tendencje do pocenia, przeznaczony do łożysk z osią pionową.
IKV-UREATIC L-2/ES	2	Ester	170	-40 do 180	> 250	2150	450 000	Beżowy	▲	▲		Smar długoterminowy do łożysk poddanych wysokim temperaturom.
IKV-UREATIC H-2/ES	2	Ester	320	-30 à 200	> 250	6000	350 000	Kość słoniowa	▲	▲▲		Smar długoterminowy do łożysk poddanych wysokim temperaturom.

Zagęszczacz PTFE

Zagęszczacz ten nie ma punktu kroplenia i zapewnia smarom bardzo dobrą odporność na wodę i związki chemiczne. PTFE posiada zdolność do zmniejszania tarcia i jest polecany przy występowaniu przyspieszeń. Odporność na obciążenia jest typowa z powodu pełzania tworzywa sztucznego; lecz wzrasta gdy zmniejsza się rozmiar cząsteczek.

Produkt	stopień NLGI	Rodzaj oleju bazowego	Lepkość oleju bazowego w temp. 40°C	Zakres temperatur °C	Punkt kroplenia °C	Lepkość dynamiczna mPa.s	Współczynnik obrotu	Kolor	Odporność na wodę	Odporność na obciążenia	Odporność	Zalety
IKV-FLUOR MPA 2 EL	2	PFPE	32	-40 do 155	brak	1714	600 000	biały	▲▲	▲	Tlen, promieniowanie, wszystkie agresywne związki chemiczne.	Smar do niskich temperatur o niskich siłach oporowych.
IKV-FLUOR MP 2 TL	2	PFPE	70	-40 do 180	brak	4439	500 000	biały	▲▲	▲		
IKV-FLUOR MP 2 L	2	PFPE	150	-40 do 220	brak	6000	500 000	biały	▲▲	▲		
IKV-FLUOR MPA 2 M	2	PFPE	240	-30 do 280	brak	8000	400 000	biały	▲▲	▲		
IKV-FLUOR MPA 2 H	2	PFPE	500	-30 do 300	brak	10 820	300 000	biały	▲▲	▲▲		Smar do wysokich obciążeń i wysokich temperatur
IKV-FLUOR MPM 2 H	2	PFPE	500	-30 do 300	brak	11 180	300 000	czarny	▲▲	▲▲▲		
IKV-FLUOR DML-2	2	PFPE	200	-50 do 280	brak	4909	400 000	biały	▲▲	▲▲		
ZAROX DXB 32	2	PFPE	32	-60 do 180	brak	2000	600 000	biały	▲▲	▲▲		
ZAROX TYA 142	2	PFPE	150	-40 do 180	brak	3058	500 000	biały	▲▲	▲		
ZAROX TXA 322	2	PFPE	320	-60 do 250	brak	6325	350 000	biały	▲▲	▲▲		

Nota : W tabeli prezentowane są tylko smary ze stopniem NLGI = 2 tymczasem smary **IKV-FLUOR** lub **IKV-ZAROX** występują również w stopniach 0, 1 i 3.

5 – ZASTOSOWANIE I FUNKCJONOWANIE

5.1 – Czyszczenie łożyska

Przy dostawie, łożyska są pokryte powłoką tłuszczową lub woskową tak, aby uniknąć wszelkiej korozji w trakcie magazynowania.

W obecności smarów lub olejów syntetycznych, uprzednie czyszczenie łożyska jest niezbędne z powodu nie mieszania się tych produktów.

Nie dotyczy to smarów lub olejów powstałych na bazie mineralnej.

Warstwa antykorozyjna odgrywa rolę czynnika oddzielającego i szkodzi połączeniu smaru i powierzchni metalicznej.

Trwałość łożyska staje się w ten sposób automatycznie pomniejszona.

Należy więc w tym momencie wyczyścić łożysko dokładnie, rozpuszczalnikiem suchym bez chloru jak na przykład **IKV-SOLV 932** lub **960**.

Należy też uważać aby nie dostał się nigdzie kurz.

Ponowne natychmiastowe smarowanie jest niezbędne aby uniknąć ryzyka późniejszej korozji.

5.2 – Określenie teoretycznej trwałości użytkowej

Trwałość użytkowa łożyska nie może być obliczona w dokładny sposób, ale przybliżenie matematyczne nazywane «trwałością nominalną = L_{10} » zostało ustalona; jest to prawdopodobieństwo jakie ma 90% łożysk aby osiągnąć tę trwałość użytkowania przy milionach obrotów.

Jest ona obliczona przy pomocy wzoru :

$$L_{10} = \left[\frac{C}{P} \right]^n$$

gdzie $n = 3$ w przypadku łożysk kulkowych
 $n = 10/3$ w przypadku łożysk walcowych

$$L_{10} \text{ (w godzinach)} = \left[\frac{C}{P} \right]^n \times \frac{10^6}{60 N}$$

gdzie N jest prędkością w [obr/min]

Wzór ten bierze pod uwagę tylko uszkodzenia wynikające ze zużycia kontaktowego, tymczasem doświadczenie pokazuje, że istnieje wiele innych awarii, dla których ten sposób liczenia nie jest satysfakcjonujący.

Wartości w ten sposób obliczone muszą być zweryfikowane w zależności od jakości smaru.

To właśnie dlatego zostały wprowadzone współczynniki korekcyjne takie jak a_1 czynnik niezawodności i a_{23} jako współczynnik materiałowy (łożysko i smar).

$$L_{10} \text{ staje się zatem} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left[\frac{C}{P} \right]^n$$

Poniższa tabela pozwala określić wartości a_1 i a_{23} .

Niezawodność %	Trwałość	Współczynnik a_1
50	L 50	3.51
90	L 10	1
95	L 5	0.62
96	L 4	0.53
97	L 3	0.44
98	L 2	0.33
99	L 1	0.21

Czynnik a_{23} zależy od jakości stali, z której wykonane jest łożysko i stosunku lepkości smaru v / v_1 .

Gdzie:

- a = stal przekształcona w próżni
- b = stal standardowa dla łożyska
- v_1 = lepkość kinematyczna wymagana [cSt]
- v = lepkość kinematyczna proponowanego smaru [cSt]
- i $v \geq v_1$!

5.3 – Częstotliwość smarowania

Dostępne wzory i wykresy nie biorą pod uwagę jakości smaru.

Należy więc ekstrapolować te wartości w zależności od praktycznego doświadczenia zdobytego w ciągu wielu lat i parametrów zauważonego wpływu.

S.K.F. daje tymczasem następujący wzór :

$$T_{(\text{godz.})} = K \cdot \frac{(14 \cdot 10^6 - 4 d)}{N \cdot d^{1/2}} \quad \text{gdzie}$$

	Łożyska Dm < 50 [mm]	Łożyska Dm ≥ 50 [mm]
łożyska kulkowe	K = 20 do 40	K = 10
Łożyska walcowe i iglicowe	K = 15	K = 5
Łożysko toczne wahliwe stożkowe lub oporowe	K = 2	K = 1

Dm = średnia średnica [mm]

D = średnica wewnętrzna [mm]

N = prędkość obrotu [obr/m]

5.4- Określenie ilości

5.4.1 Przypadek jednorazowego smarowania

Objętość wypełnienia łożyska jest funkcją prędkości obrotu zgodnie z poniższą tabelą :

Stosunek N/Ng	Wskaźnik wypełnienia
< 0,2	100 %
≥ 0,2 i ≤ 0,8	20 do 30 %
> 0,8	5 %

N = prędkość obrotu [obr/m]

Ng = *limiting speed with grease lubrication* [obr/m]

Zależy również od warunków otoczenia takich jak woda i ryzyko zanieczyszczenia.

Objętość teoretyczna próżni łożyska jest często określona za pomocą przybliżonego wzoru:

$$V = d \times B \times 0,03 \quad [\text{cm}^3]$$

Inny wzór jest tymczasem dużo bardziej przystosowany, głównie w przypadku stalowych koszyków :

$$V_{(\text{cm}^3)} = \pi \cdot B \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4000} - \frac{M \cdot 10^3}{7,8}$$

gdzie

D = średnica zewnętrzna łożyska [mm]

d = średnica wewnętrzna łożyska [mm]

B = szerokość łożyska [mm]

M = masa łożyska [kg]

5.4.2 Smarowanie cykliczne

W przypadku smarowania olejem, konstruktorzy wskazują w katalogach wydajność przepływu urządzeń smarujących i dozujących.

Wartości te mogą zmieniać się jednak w zależności od temperatury pracy, zdolności objętościowych i mocy urządzeń chłodzących.

W przypadku smarowania smarem poprzez system smarowania centralnego, zaleca się przestudiować plan instalacji, aby sprawdzić gdzie znajdują się otwory przewodów smarujących jeśli chodzi o łożysko.

Często stwierdzamy błędy koncepcyjne, które nie pozwalają na całkowite odnowienie smaru w częściach ruchomych przy dosmarowaniu.

Nowy smar musi oczyścić stary produkt (czasami stwardniały od temperatury) zanim dojdzie do części ruchomych.

Musimy także wziąć pod uwagę potencjalne ryzyko łatwiejszego przejścia nowego smaru (często bardziej miękkiego) przez łożysko. Ten ruch nie może całkowicie regenerować smaru zużytego.

Dlatego polecamy smarować sukcesywnie dozując małe ilości smaru w trakcie pracy łożyska.

Po zastosowaniu tych środków ostrożności, polecamy następujące ilości uzupełnienia:

- X [g] objętości teoretycznej w czystym otoczeniu
- (X x 1,5) [g] objętości teoretycznej w otoczeniu zakurzonym
- (X x 2) [g] objętości teoretycznej w obecności wody
- (X x 2,5) [g] objętości teoretycznej w otoczeniu woda+kurz

Wiedząc, że:

$$X = 5 \times D \times B \times 10^{-5}$$

gdzie:

D = średnica zewnętrzna [mm]

B = szerokość pierścienia wewnętrznego łożyska [mm].

na godzinę, pod warunkiem, że smar został odpowiednio dobrany, aby sprostać wszelkim wymaganiom pracy łożyska.

Wartości te są określone dla smarów konwencjonalnych i muszą być zweryfikowane, gdy stosujemy smary wyższej jakości.

5.5 Magazynowanie

Smary są najczęściej dostarczone w opakowaniach całkowicie otwieranych, tak aby ułatwić ich zastosowanie.

Muszą być one magazynowane w pozycji pionowej pod dachem aby nie pozwolić na dostanie się wody ani zanieczyszczeń.

Dla lepszej ochrony i aby zmniejszyć koszty recyklingu, niektóre smary są dostarczane w opakowaniach foliowych.

W niektórych przypadkach i po długim magazynowaniu, zmiany temperatury mogą prowadzić do utworzenia się warstwy oleju na powierzchni produktu. Zjawisko to jest normalne i nazywa się separacją oleju lub poceniem.

Wystarczy zmieszać produkt przy powierzchni aby olej połączył się na nowo z zagęszczaczem.

5.6 Zdrowie, bezpieczeństwo i środowisko

Smary nie są produktami płynnymi i w związku z tym ich niekorzystny wpływ na środowisko jest ograniczony.

Jednak są one stworzone głównie z substancji oleistych, które nie powinny przedostawać się do środowiska naturalnego.

Ponadto dodatki i zanieczyszczenia, które powstały w czasie ich funkcjonowania, mogą stanowić potencjalne ryzyko dla środowiska naturalnego.

Biorąc pod uwagę reglamentację francuską, smary nazywane są produktami traconymi, czyli zużywają się całkowicie i normalnie nie powodują powstania odpadów. Tymczasem zużyta część smaru może być zebrana i musi być uznana jako odpad przemysłowy.

Ich recykling nie jest możliwy, usunięcie nastąpi przez spalenie.

Niektóre smary ulegają biodegradacji i mogą być używane w przypadkach, kiedy nie można określić ryzyka skażenia środowiska.

Smary nie są uważane za produkty niebezpieczne z wyjątkiem składników naturalnych stanowiących problem w kontakcie ze skórą lub przy ich wdychaniu.

Okazuje się, że w niektórych warunkach smary mogą stanowić ryzyko wypadku.

Tak jest w przypadku instalacji centralnego smarowania, gdzie wytryski smaru pod ciśnieniem mogą pojawić się głównie w momencie zerwania przewodów.

Większość smarów jest palna i wymaga magazynowania z dala od źródeł elektrycznych, ciepła lub produktów silnie utleniających.

Niektóre smary posiadają zezwolenia oficjalnych instytucji, biorąc pod uwagę ich nieszkodliwość dla organizmu ludzkiego szczególnie w przypadku kontaktu z żywnością.

6 – KARTA INFORMACYJNA

Abyśmy mogli lepiej przeanalizować zastosowanie smaru, w przypadku niewłaściwego działania urządzenia wymagającego naszej interwencji, będziemy wdzięczni za uzupełnienie poniższej karty informacyjnej. W danym przypadku nasi inżynierowie, doradcy techniczni są do Państwa dyspozycji, aby spełnić wszelkie oczekiwania, biorąc pod uwagę urządzenie i ograniczenia związane ze środowiskiem pracy.

Łożysko	Wartości
Typ łożyska(kulkowe, walcowe...)	
Oznaczenie	
Luz [C] + odporność termiczna [S]	

Charakterystyka	Jedn.	Wartości
Średnica wewnętrzna	mm	
Średnica zewnętrzna	mm	
Szerokość łożyska	mm	
Prędkość obrotu	obr/min	
Obciążenie osiowe	N	
Obciążenie promieniowe	N	
Temperatura przy rozruchu	°C	
Temperatura min pracy	°C	
Temperatura max pracy	°C	
Temperatura szczytowa	°C	
Czas trwania temp.szczytowej	min	
Częstotliwość drgań	1/s	

Ograniczenia	Wartości
Typ uszczelnienia	
Materiał uszczelnienia	
Otoczenie	
Zanieczyszczenie	
Środowisko naturalne	
Sposób smarowania	
Obecny smar	

<u>Problemy</u>	<u>Uwagi</u>



IKV TRIBOLOGIE - ZI de la Gare - F-26260 Saint-Donat
Tel : 00 334.75.45.06.45 - Fax : 00 334.75.45.28.09
E-mail : mailbox@ikv.fr - Web site : www.ikvtribologie.com