

Large Hi-TF Bearings

Duże łożyska typu Hi-TF o wysokiej twardości

Idealna równowaga pomiędzy długą żywotnością a umiarkowanymi kosztami



Wyjątkowa wytrzymałość, wyniki i efekty ekonomiczne Technologia NSK ustanowiła nowy standard długiej żywotności.



Wyjątkowe wyniki

Duże łożyska NSK typu Hi-TF zostały skonstruowane po to, aby uzyskać wyjątkową wytrzymałość w surowym reżimie pracy, przewyższając one wytrzymałością nawet łożyska NSK typu TF. Przez wprowadzenie nowych materiałów oraz nowej obróbki cieplnej uzyskano długą żywotność przy zanieczyszczonym środku smarującym co w połączeniu z dobrą odpornością na ścieranie i zatarcia daje wyjątkowe efekty kosztowe. W porównaniu z łożyskami wykonanymi z konwencjonalnych materiałów łożyska typu Hi-TF oferują:

- 7 razy dłuższy okres użytkowania przy zanieczyszczonym środku smarującym,
- 1,5 razy dłuższy okres użytkowania przy czystym środku smarującym
- mniejszy niż połowę wskaźnik zużycia i o 20% poprawiona odporność na zatarcia oraz
- stabilność wymiarową lepszą od tej jaką uzyskuje się przy stosowaniu stali łożyskowej SUJ2 według JIS (Japońskie normy przemysłowe) lub stali łożyskowej 52100 według ASTM.

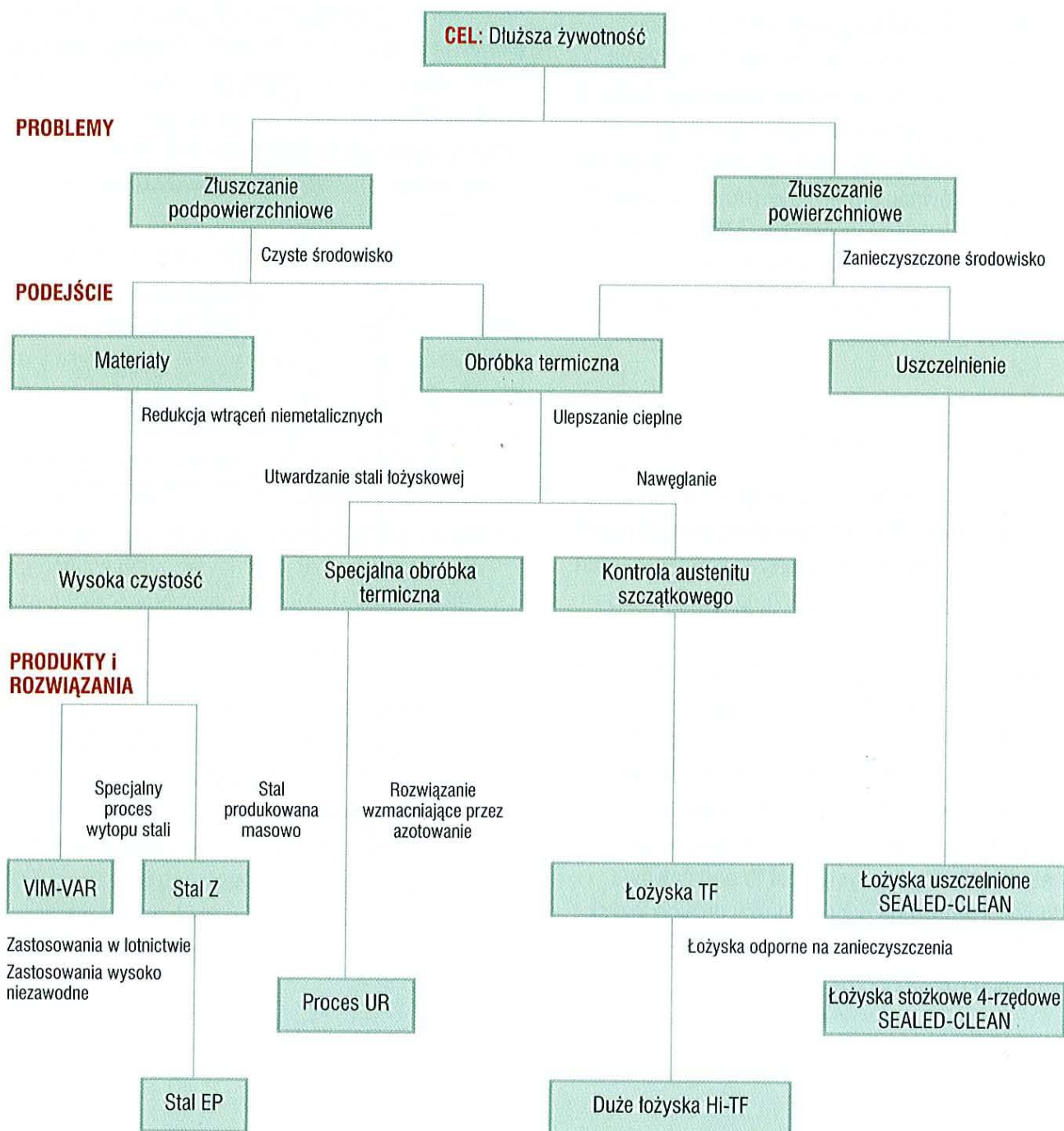
Zastosowanie dużych łożysk typu Hi-TF o wysokiej twardości

Duże łożyska typu Hi-TF idealnie nadają się do szerokiego zakresu zastosowań wymagających długiego okresu użytkowania w warunkach zanieczyszczonego środka smarującego ze względu na swoją wysoką odporność na ścieranie i zatarcia. Typowe zastosowanie to walcarki do stali i metali nieżelaznych.

Duże łożyska typu Hi-TF oraz technologia TF

W trakcie badań nad łożyskami o długim okresie użytkowania, NSK poświęciło wiele lat analizując mechanizmy uszkodzeń w łożyskach oraz badając i doskonaląc materiały, procesy obróbki termicznej i warunki pracy. Zakres prac i sposób postępowania dla osiągnięcia długiej żywotności podjęty przez nasz zespół badawczy pokazano na rysunku 1. Technologia wdrożona w naszych dużych łożyskach typu Hi-TF pozwala uzyskać maksymalny okres użytkowania w warunkach gdzie normalne łożyska podlegają zluszczeniu powierzchniowemu.

Rys. 1 Podejście dla uzyskania dłuższej żywotności łożysk



Rozwój łożysk typu Hi-TF

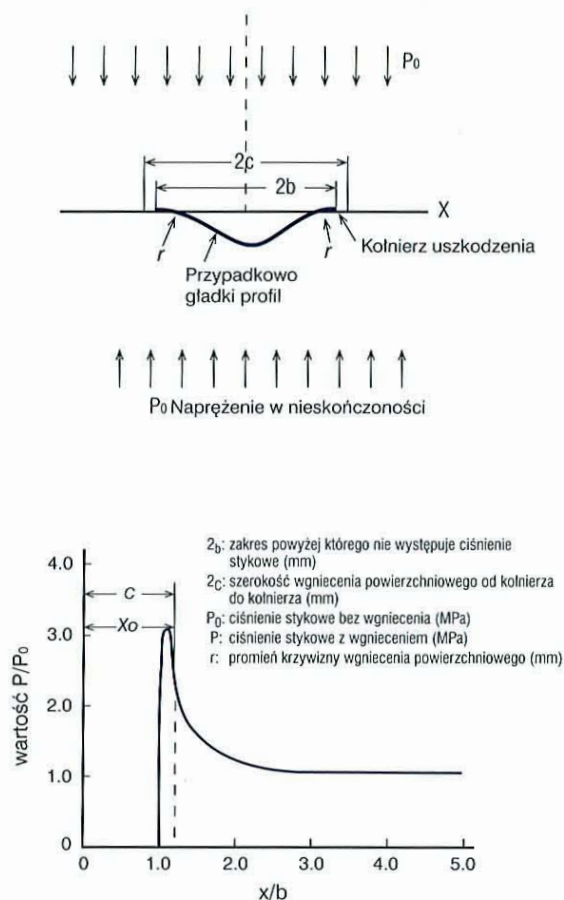
Problem: Smarowanie zanieczyszczonym środkiem smarującym

Od łożysk może wymagać się pracy w czystym środowisku lub w środowisku zanieczyszczonym; w przypadku pracy w środowisku zanieczyszczonym olej smarujący może się łatwo zanieczyścić. Cząsteczki metalu lub piasku odlewniczego w oleju smarującym powodują wgniecenia na powierzchniach stykających się. Jak pokazano na rysunku 2 naprężenia koncentrują się wokół tych wgnieceń i w konsekwencji prowadzą do pęknięć i do powierzchniowego złuszczenia. Koncentracja naprężeń wokół wgniecenia wyrażona jest równaniem $[P/P_0 \propto (r/c)^{-0,24}]$, gdzie "r" jest promieniem kołnierza wgniecenia, a "2c" szerokością wgniecenia od kołnierza do kołnierza. Im większa wartość "r/c" tym mniejsza koncentracja naprężeń i dłuższa żywotność łożyska.

Rozwiązanie: Technologia TF

NSK jest światowym liderem w badaniach i doskonaleniu właściwości materiałów prowadzących do zmniejszenia koncentracji naprężeń wokół wgnieceń powierzchniowych. Jak pokazano na rys. 3 nasze prace wykazały, że wysoki poziom austenitu szczytkowego jest niezmiernie efektywnym sposobem maksymalizacji wartości r/c wokół wgnieceń powierzchniowych w materiałach łożyskowych. Technologia TF jest unikalnym procesem obróbki termicznej doskonalonym przez NSK celem optymalizacji poziomu austenitu szczytkowego w materiałach łożyskowych. Jest to podstawowa technologia wdrożona przy produkcji dużych łożysk typu Hi-TF i jest opatentowana w USA (USP4904094) i Niemczech (DE3922720C2).

Rys. 2 Koncentracja naprężeń wokół wgniecenia powierzchni



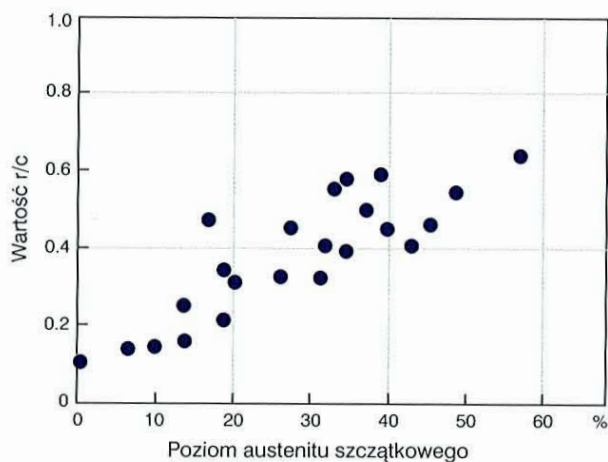
Źródło: Y.P. Chiu i J.Y.Liu, Trans-ASME, Ser-F (1970).

Właściwości materiałów stosowanych na duże łożyska typu Hi-TF

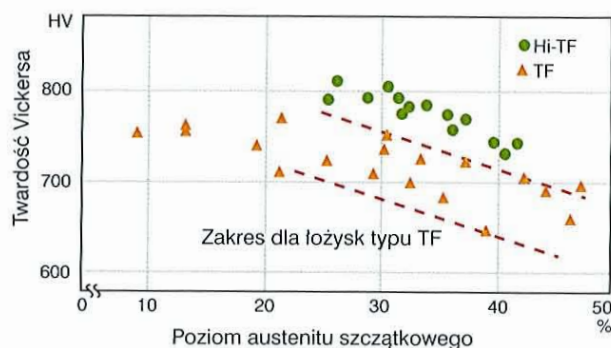
Jak widzimy, podejście dla osiągnięcia długiej żywotności przyjęte w przypadku łożysk NSK typu Hi-TF jest minimalizacja koncentracji naprężeń wokół kołnierzy wgnieceń powierzchniowych. Wysoki poziom austenitu szczątkowego pomaga maksymalizować wartość r/c i redukować koncentrację naprężeń wokół wgnieceń. Jednakże austenit jako taki posiada miękką strukturę i zmniejsza twardość materiałów łożyskowych. W celu pogodzenia sprzecznych potrzeb, to jest większej twardości materiałów łożyskowych i wyższego poziomu austenitu szczątkowego zdecydowano zastosować technikę która zapewnia jednorodność rozkładu, a zmniejsza średnicę cząsteczek węglików i węglikoazotków w materiałach łożyskowych. W wyniku tych prac nasi naukowcy wprowadzili nowy typ stali nazwany SAC1, zawierający właściwą ilość chromu, który jest jednym z elementów stosowanym przy tworzeniu węglików oraz wprowadzili nowe techniki obróbki cieplnej nawęglania i cyjanowania w czasie których powstają cząsteczki węglików i węglikoazotków. NSK posiada 10 patentów zarejestrowanych w Japonii i za granicą dotyczących tych technik włączając w to dwa zarejestrowane w USA, USP4871268 i USP5137375.

Jak pokazano na rys. 4 powstanie cząsteczek węglików i węglikoazotków umożliwia łożyskom typu Hi-TF osiągnięcie większej twardości i wyższego poziomu austenitu szczątkowego niż było to możliwe w konwencjonalnych łożyskach typu TF. W wyniku tego duże łożyska typu Hi-TF osiągają wysokie wartości r/c (rys. 5)

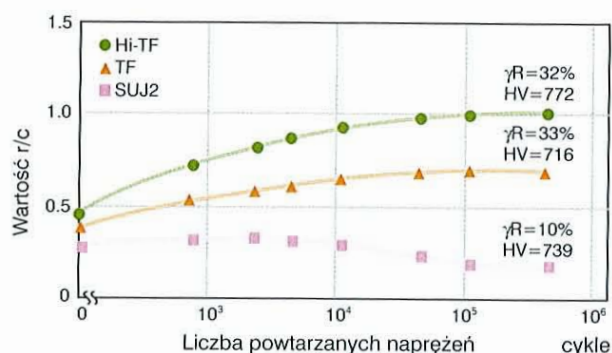
Rys. 3 Zależność wartości r/c od poziomu austenitu szczątkowego



Rys. 4 Zależność pomiędzy twardością materiału a poziomem austenitu szczątkowego



Rys. 5 Zmiana wartości r/c wskutek powtarzania naprężeń



Charakterystyki dużych łożysk typu Hi-TF

Duże łożyska typu Hi-TF nie tylko osiągają długą żywotność ale zapewniają także wysoką odporność na zluszczenie, ścieranie, zatarcia i gorąco. Dodatkowo uzyskuje się wyjątkowe efekty kosztowe.

Żywotność w warunkach zanieczyszczonego środka smarującego

Tabela 1 i rys. 6 podają wyniki testów żywotności prowadzonych w warunkach zanieczyszczonego środka smarującego dla łożyska stożkowego NSK L44649/10. Jeżeli przyjmą żywotność tego łożyska wykonanego ze stali normalnie nawęglanej za 1, wtedy żywotność L10 dla łożysk typu TF i Hi-TF będzie odpowiednio 4.5 i 7.1 (Tabela 1). Duże łożyska NSK typu Hi-TF oferują zatem więcej niż siedmiokrotnie dłuższą żywotność niż łożyska z normalnie nawęglanej stali. Na żywotność generalnie mają wpływ zarówno warunki w jakich łożyska są eksploatowane, jak również wielkość zanieczyszczeń czynnika smarującego. W ciężkich warunkach eksploatacyjnych żywotność może spaść aż do 1/5 katalogowej trwałości. Duże łożyska typu Hi-TF są pierwszymi łożyskami, które w warunkach smarowania zanieczyszczonym środkiem smarującym zapewniają przekroczenie katalogowej trwałości istniejących produktów. (Rys. 7)

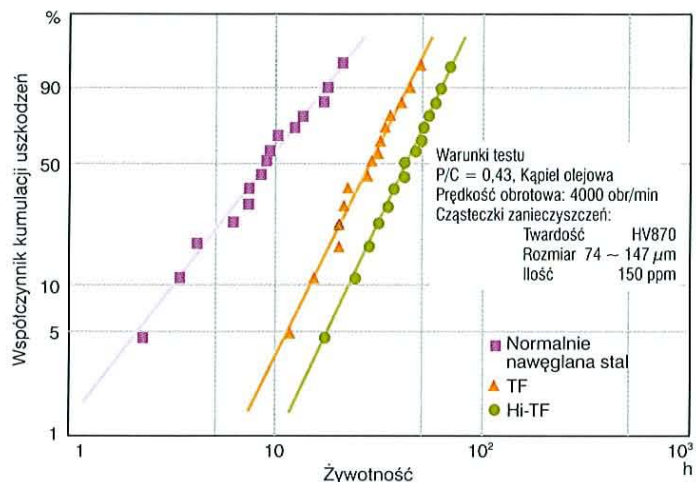
Tabela 1 Porównanie żywotności łożysk stożkowych typu L44649/10

Material na łożysko	Stal normalnie nawęglana	TF	Hi-TF
Współczynnik trwałości	1	4.5	7.1

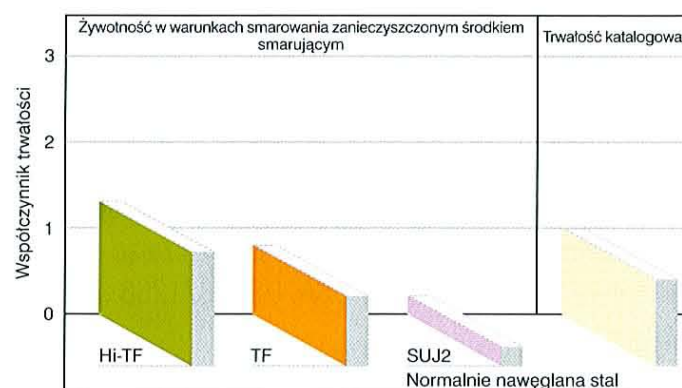
Żywotność w warunkach smarowania czystym środkiem smarującym

Rys. 8 pokazuje wyniki testów żywotności prowadzonych w warunkach smarowania czystym środkiem smarującym dla łożyska kulkowego poprzecznego. W warunkach smarowania czystym środkiem smarującym łożyska typu Hi-TF prezentują trochę dłuższą żywotność niż wykonane ze stali SUJ2, ale różnice nie są tak wielkie jak w przypadku smarowania zanieczyszczonym środkiem smarującym. Najważniejszym czynnikiem determinującym żywotność przy smarowaniu czystym środkiem smarującym jest czystość stali, z której łożysko jest wykonane, materiały o większym stopniu czystości zapewniają dłuższą żywotność.

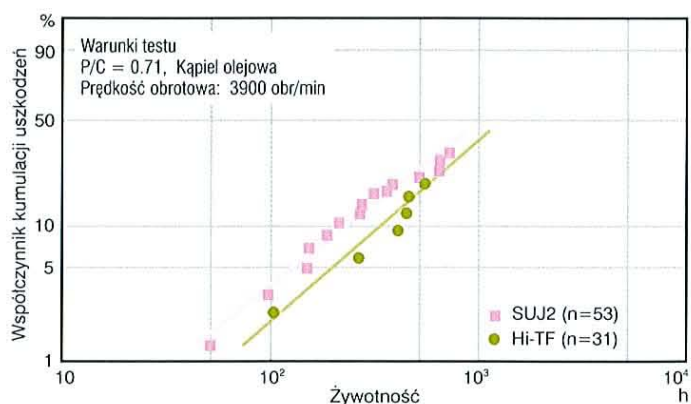
Rys. 6 Żywotność łożysk L44649/10 przy smarowaniu zanieczyszczonym środkiem smarującym



Rys. 7 Porównanie żywotności w warunkach smarowania zanieczyszczonym środkiem smarującym



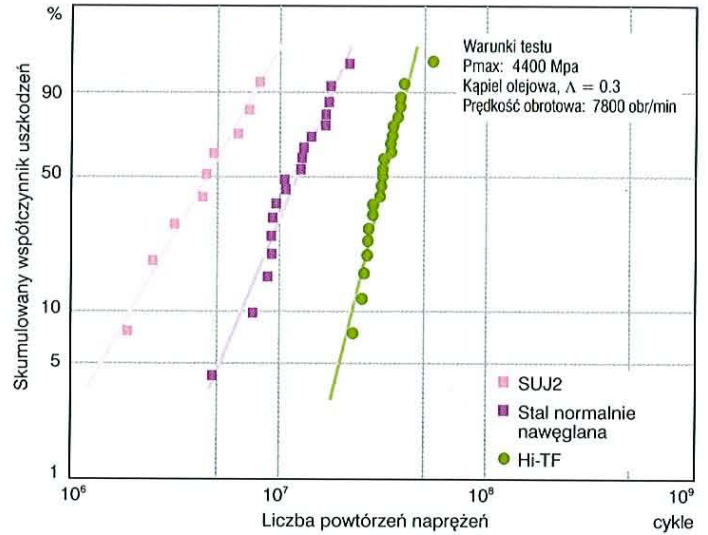
Rys. 8 Testy żywotności łożysk 6206 w warunkach smarowania czystym środkiem smarującym



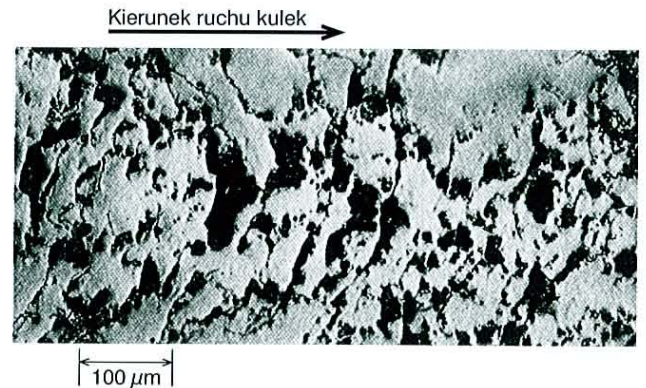
Żywotność w granicznych warunkach smarowania

W granicznych warunkach smarowania istnieje niewystarczająca warstwa filmu olejowego EHL, dochodzi do bezpośredniego kontaktu powierzchni metalowych i następuje skrócenie trwałości łożyska. Rys. 9 pokazuje wyniki testów żywotności prowadzonych w warunkach gdzie parametr Λ filmu olejowego, który reprezentuje stosunek grubości filmu olejowego do chropowatości powierzchni jest bardzo mały ($\Lambda = 0.3$). Jeżeli Λ jest bardzo mały pojawiają się uszkodzenia typu złuszczenia (Rys. 10), jednakże w łożyskach dużych typu Hi-TF koncentracja naprężeń w obszarze styku jest zredukowana dając w przybliżeniu około 4.7 razy większy okres żywotności niż w przypadku łożysk z normalnie nawęglanej stali.

Rys. 9 Testy żywotności w granicznych warunkach smarowania



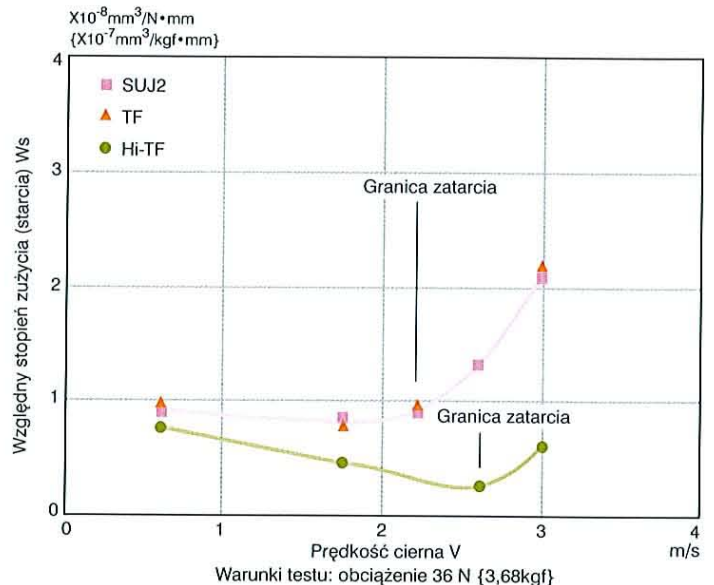
Rys. 10 Uszkodzenia typu złuszczenia



Odporność na ścieranie i zatarcia

Poza zwiększoną żywotnością w warunkach smarowania zanieczyszczonym środkiem smarującym innym celem jest zwiększenie odporności łożyska na ścieranie i zatarcia poprzez zapewnienie dobrego rozproszenia dużej liczby węglików i azotków w materiale łożyskowym. Rys. 11 prezentuje wyniki testu na zużycie przez ścieranie, pokazuje stopień zużycia wskutek ścierania i granicę zatarcia dla różnych typów materiałów łożyskowych. Test wykazuje, że duże łożyska typu Hi-TF posiadają lepszą odporność na ścieranie od pozostałych dwóch typów łożysk, to jest od łożysk ze stali SUJ2 i od łożysk typu TF. Łożyska Hi-TF są także o 20% bardziej odporne na zatarcia niż łożyska ze stali SUJ2 łożyska typu TF.

Rys. 11 Porównanie odporności na ścieranie





NSK Ltd. prowadzi politykę nie eksportowania żadnych produktów czy technologii, które zostały określone jako zastrzeżone pozycje w eksporcie odpowiednimi ustawami.
Kiedy eksportowane są produkty takie, jak pokazane w tej broszurze musi być przestrzegane prawo kraju eksportującego.

Parametry wyrobów podlegają zmianie bez powiadamiania i bez żadnych zobowiązań ze strony producenta. Zostały podjęte wszelkie środki dla zapewnienia ścisłości danych zawartych w tym katalogu, ale nie bierze się odpowiedzialności za żadne straty lub uszkodzenia wynikłe z pomyłek lub przeoczeń. Będziemy wdzięczni za zwrócenie nam uwagi na potrzebę dodatkowych informacji czy dokonanie jakiegokolwiek korekty.

Nr kat. 0103 106 P BRO (E1202)