

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź, 15–16 maja 1997 r.

Tadeusz Kałdoński
Wojskowa Akademia Techniczna

WPLYW NIEKONWENCJONALNYCH DODATKÓW: α -BN, SFR I POLY-TFE NA WŁAŚCIWOŚCI SMARNOŚCIOWE I REOLOGICZNE OLEJU BAZOWEGO

SŁOWA KLUCZOWE

dodatki smarnościowe, azotek boru

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości smarnościowych olejów bazowych zawierających azotek boru (produkcji Wojskowej Akademii Technicznej) lub inne dodatki o bardzo dobrych właściwościach przeciwzużyciowych i przeciwzatarciowych. Badania przeprowadzono na standardowym aparacie czterokulowym Stanhope Seta Ltd. Na podstawie wyników badań dobrano dwie próbki oleju bazowego (1 z azotkiem boru, 2 z SFR) do oceny skuteczności funkcjonowania w procesie samosmarowania łożysk porowatych.

WSTĘP

Problem stosowania dodatków uszlachetniających, w tym dodatków smarnościowych, jest bardzo ważnym i równocześnie złożonym zagadnieniem, mającym ogromny wpływ na rozwój technologii wytwarzania substancji smarujących węzły tribologiczne maszyn i urządzeń technicznych. Jednym z takich dodatków jest produkowany w Wojskowej Akademii Technicznej azotek boru α -BN [1]. Równocześnie, na krajowym rynku oferowane są przez zagranicznych producentów różne dodatki smarnościowe, zachwalane jako panaceum dla wszystkich bez wyjątku rodzajów węzłów tribologicznych, co jest oczywistym nieporozumieniem. Z wcześniejszych badań prowadzonych w ramach realizowanego projektu badawczego Grant wynika, że azotek boru produkcji WAT może być zastosowany do smarowania m.in. łożysk porowatych [2, 3, 4]. Zaistniała potrzeba porównania właściwości smarnościowych azotku boru α -BN z właściwościami smarnościowymi innych, renomowanych dodatków (obecne opracowanie) i oceny wpływu tych dodatków na przebieg procesu samosmarowania łożyska porowatego (kolejny referat w niniejszych materiałach [5]).

ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania tribologiczne przeprowadzono na aparacie czterokulowym firmy Stanhope Seta Ltd wg metodyki opartej na PN-76/C-04147 i doświadczeniach własnych. Określono wg normy: wartość obciążenia niezacierającego (P_n , [daN]), obciążenia zespawania (P_z , [daN]) i granicznego obciążenia zużycia (G_{oz} , [daN/mm²]). Ponadto przeprowadzono biegi czasowe wg warunków określania normatywnego G_{oz} , lecz w czasie 5, 10, 15, 20 i 30 minut oraz takie same biegi dla obciążenia mniejszego od najmniejszego obciążenia niezacierającego wśród oznaczonych dla poszczególnych próbek badanych olejów. Pozwoliło to na wykreślenie charakterystyk zużyciowych $d = f(t)$ przy $P = const$. Badania takie miały m.in. na celu określenie optymalnej zawartości azotku boru w oleju bazowym i porównanie właściwości smarnościowych oleju zawierającego inne, bardzo skuteczne dodatki przeciwzużyciowe i przeciwzatarciowe, tj.:

- SFR – Superior Friction Reduction (USA) - specyfik zawierający m.in. chlor (ok. 22%) [6],
- Poly-TFE (RPA) — specyfik zawierający drobnodispersyjne (< 0,1 μ m) cząstki policzterofluoroetylenu.

W tablicy 1 przedstawiono wykaz badanych próbek olejów bazowych zawierających α -BN, SFR lub Poly-TFE.

Tablica 1.
Wykaz badanych próbek

Nr próbki	Baza	Dodatek	Zawartość dodatku [% mas.]	Przyjęty skrót obiektu badań
1.	Olej Transformatorowy	—	—	Tr
2.	Olej Transformatorowy	α -BN	0,5	Tr + 0,5% BN
3.	Olej Transformatorowy	α -BN	2	Tr + 0,2% BN
4.	Olej Transformatorowy	α -BN	4	Tr + 0,4% BN
5.	Olej Transformatorowy	Poly-TFE	9,9	Tr + 9,9% PTFE
6.	Olej Transformatorowy	SFR	4,5	Tr + 4,5% SFR
7.	Hydrorafinat-5	—	—	H
8.	Hydrorafinat-5	α -BN	0,5	H + 0,5% BN
9.	Hydrorafinat-5	α -BN	2	H + 0,2% BN
10.	Hydrorafinat-5	α -BN	4	H + 0,4% BN
11.	Hydrorafinat-5	Poly-TFE	9,8	H + 9,8% PTFE
12.	Hydrorafinat-5	SFR	4,5	H + 4,5% SFR

Jako bazy olejowe przyjęto: olej Transformatorowy i Hydrorafinat-5. Skomponowano próbki olejów bazowych zawierających azotek boru w trzech różnych stężeniach i po jednym stężeniu z Poly-TFE i SFR. Badaniom poddano także czyste oleje bazowe. Stężenie azotku boru w olejach wynosiło 0,5%, 2% i 4% wagowo. Stężenie Poly-TFE i SFR przyjęto wg zaleceń producentów tych specyfików, tj.: dla Poly-TFE 9,9% z olejem Transformatorowym i 9,8% z Hydrorafinatem-5 oraz dla SFR 4,5% w mieszaninie z obydwojoma olejami bazowymi. Przeprowadzone badania tribologiczne umożliwiły wybranie próbki oleju o najlepszych właściwościach smarnościowych oraz oleju z optymalną zawartością azotku boru. W kolejnym etapie badań olejami tymi nasączono łożyska porowate i przeprowadzono ocenę ich funkcjonowania w procesie samosmarowania tych łożysk [5].

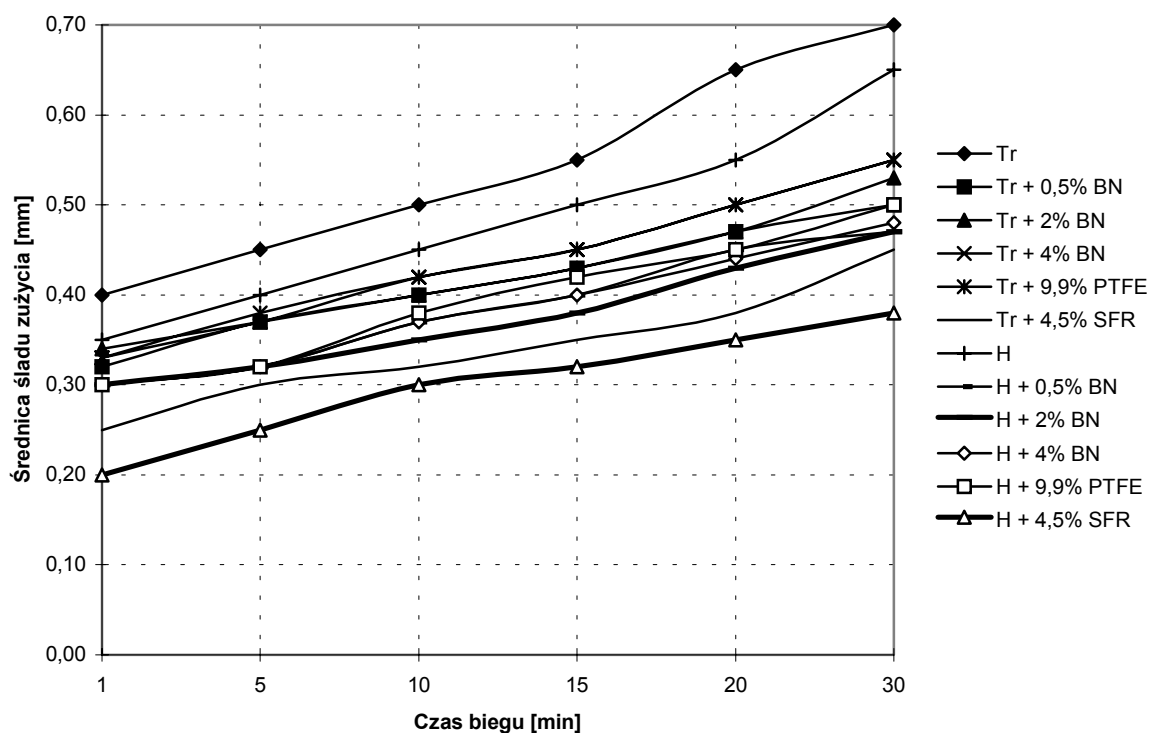
W celu określenia podstawowych właściwości reologicznych próbek olejów (sprawdzenia wpływu zawartości dodatków na zmianę tych właściwości) przeznaczonych do nasączania łożysk porowatych oznaczono: zgodnie z PN-81/C-04011 lepkość kinematyczną w temperaturach 40°C i 100°C, zgodnie z PN-81/C-04013 wskaźnik lepkości WL, oraz dokonano oceny lepkości dynamicznej w temperaturach ujemnych i naprężeń ścinających metodą Brookfielda.

WYNIKI BADAŃ

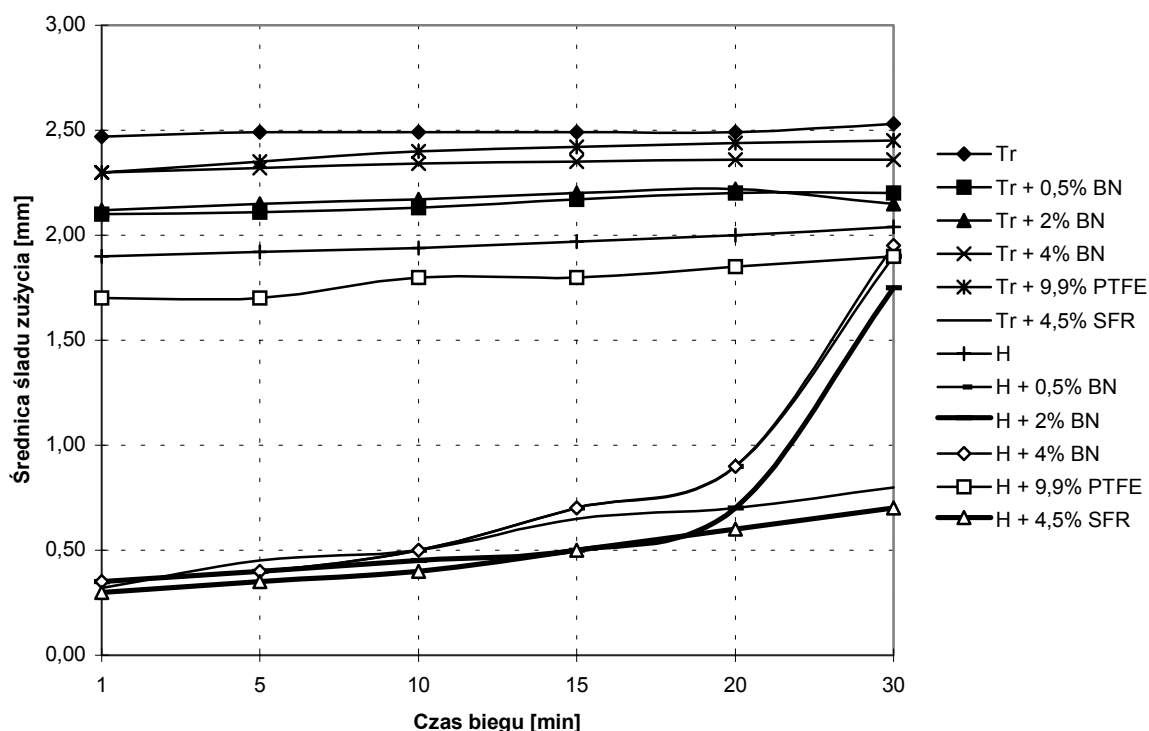
W tabelicy 2 zestawiono wartości P_z , P_n i G_{oz50} , natomiast na rys. 1 i 2 przedstawiono przebiegi $d = f(t)$ dla obciążeń $P_1 = 32$ daN i $P_2 = 50$ daN.

Tablica 2.
Wartości P_z , P_n i G_{oz50} badanych olejów

Próbka oleju	Tr	Tr + 0,5 % BN	Tr + 0,2% BN	Tr + 0,4% BN	Tr + 9,9% PTFE	Tr + 4,5% SFR	H	H + 0,5% BN	H + 0,2% BN	H + 0,4% BN	H + 9,9 % PTFE	H + 4,5% SFR
P_z [daN]	125	130	135	130	135	165	130	140	145	145	135	165
P_n [daN]	40	40	40	40	40	63	40	50	50	63	40	63
G_{oz50} [daN/mm ²]	3,56	5,89	5,78	4,91	4,91	253,9	7,20	212,2	212,2	212,2	9,00	212,2



Rys. 1. Przebiegi czasowe dla obciążenia $P_1 = 32$ daN



Rys. 2. Przebiegi czasowe dla obciążenia $P_2 = 50$ daN

Jak widać z przedstawionych wyników badań, najlepsze efekty smarnościowe uzyskano dla olejów bazowych zawierających dodatek SFR. Bardzo dobre wyniki uzyskano również w przypadku Hydrorafinatu-5 zawierającego 2% azotku boru (tablica 3). Duża skuteczność SFR jest zrozumiała, ponieważ dodatek ten jest substancją powierzchniowo-czynną (CI). Jak widać Hydrorafinat-5 zawierający 2% azotku boru również odznacza się bardzo dobrymi właściwościami smarnościowymi, niewiele ustępując olejowi zawierającemu SFR i działając skuteczniej od oleju zawierającego Poly-TFE. Gorsze wyniki (w warunkach badania na aparacie czterokulowym) dla oleju Transformatorowego zawierającego dodatek α -BN są rezultatem mniejszej lepkości tego oleju i łatwiejszego sedymentowania oraz odwirowywania (spowodowanego obracającą się górną kulką aparatu czterokulowego) cząsteczek azotku boru poza strefę tarcia.

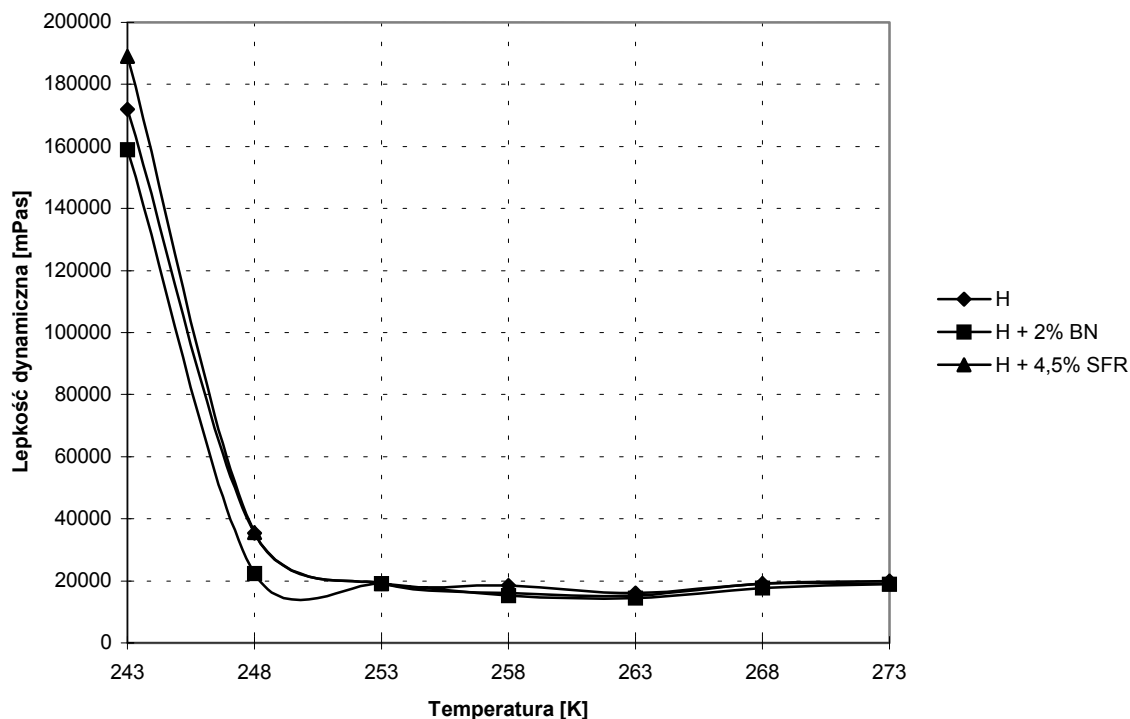
Tablica 3.
Lepkość kinematyczna ν i wskaźnik lepkości WL

Badana próbka oleju	Temperatura [°C]	Lepkość kinematyczna ν [mm ² /s]	Wskaźnik lepkości WL
H-5	40	31,40	97
	100	5,30	
H-5 + 2% BN	40	33,23	99
	100	5,48	
H-5 + 4,5% SFR	40	32,64	100
	100	5,42	

Do dalszych badań mających na celu określenie wpływu rodzaju dodatku na przebieg procesu samosmarowania łożyska porowatego wybrano Hydrorafinat-5 zawierający 2% azot-

ku boru i Hydrorafinat-5 zawierający 4,5% SFR. Upřednio należało sprawdzić jaki jest wpływ tych dodatków na podstawowe właściwości reologiczne oleju bazowego.

W tablicy 3 przedstawiono wyniki oceny lepkości kinematycznej i wskaźnika lepkości czystego Hydrorafinatu-5 oraz zawierającego odpowiednio 2% azotku boru α -BN i 4,5% SFR. Natomiast na rys. 3 pokazano przykładową zmienność lepkości dynamicznej w ujemnych temperaturach, oceniana metoda Brookfielda. Jak widać z przedstawionych wyników wpływ obydwu dodatków (α -BN i SFR) na właściwości reologiczne oleju bazowego jest znikomy.



Rys. 3. Zależność lepkości dynamicznej od temperatury dla prędkości ścinania $0,066 \text{ s}^{-1}$

WNIOSKI

- Badania na aparacie czterokulowym wykazały, że wśród ocenianych dodatków najlepsze właściwości przeciwzużyciowe i przeciwzatarciowe (niezależnie od oleju bazowego) miał SFR, nieco gorsze α -BN dodany do Hydrorafinatu-5 i najgorsze Poly-TFE.
- Do dalszych badań mających na celu ocenę wpływu dodatków na przebieg procesu samo-smarowania łożyska porowatego wybrano Hydrorafinat-5 z powierzchniowo-czynnym dodatkiem SFR w stężeniu zalecanym przez producenta tego specyfiku, tj. 4,5% oraz Hydrorafinat-5 zawierający 2% α -BN [5].
- Oznaczenie lepkości kinematycznej, wskaźnika lepkości i lepkości dynamicznej w ujemnych temperaturach, Hydrorafinatu-5 zawierającego SFR (4,5%) lub BN (2%), wykazało pomijalny wpływ tych specyfików na zmianę właściwości reologicznych oleju bazowego.

LITERATURA

1. Patenty polskie: 153588–31.10.1991, 155646–31.07.1992.
2. Kałdoński T., Krzemiński K., Szczawnicka E., Włodarczyk E.: Charakterystyki pracy łożysk porowatych smarowanych olejem z dodatkiem azotku boru. *Tribologia* 6/95, str. 702-714.
3. Kałdoński T., Krzemiński K., Kulczycki A., Włodarczyk E.: Wpływ stężenia azotku boru w oleju na własności tribologiczne łożyska porowatego. *Tribologia* 6/95, str. 715-714.
4. Kałdoński T., Krzemiński K.: Właściwości eksploatacyjne łożysk konwencjonalnych i porowatych zasilanych olejem z dodatkiem azotku boru (niniejsze materiały konferencyjne).
5. Kałdoński T.: Wpływ rodzaju dodatku uszlachetniającego olej na przebieg procesu samosmarowania łożyska porowatego (niniejsze materiały konferencyjne).
6. Kałdoński T.: Teoria i praktyka doboru substancji smarujących. Materiały Sympozjum *Paliwa płynne i produkty smarowe w gospodarce morskiej*. Jachranka, 12–14 grudnia 1995 r.

**THE INFLUENCE OF NON-CONVENTIONAL ADDITIVES:
 α -BN, SFR AND POLY-TFE ON LUBRICITY AND RHEOLOGICAL
PROPERTIES OF BASE OIL**

Summary

The test results on lubricity properties of base oils, which were contained the boron nitride (made in Military University of Technology) or other additives for very good antiwear and antiseizure properties, are presented in this work. The tests were realised on the standard Four-Ball Test Machine – Stanhope Seta Ltd. On the basis of test results were selected two sample of the base oil (1st – with the boron nitride, 2nd with SFR) for assessment of the effective work in the self-lubricating process of porous bearings.

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego Grant - PB OTOOA01408, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Recenzent: Prof. dr inż. Zbigniew Lawrowski