

Ewa PAWELEC*, Jolanta DRABIK*

**WPŁYW RODZAJU FAZY DYSPERGUJĄCEJ
SMARU NA SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA
NIEORGANICZNYCH NAPEŁNIACZY
W ŚLIZGOWYCH SKOJARZENIACH TRĄCYCH**

**INFLUENCE OF DISPERSING PHASE TYPE
ON THE EFFICIENCY OF INORGANIC FILLERS
IN SLIDING FRICTION COUPLES**

Słowa kluczowe:

smar plastyczny, właściwości smarne, synergizm, antagonizm, nieorganiczny dodatek

Key-words:

grease, lubricity, synergism, antagonism, inorganic additive

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badania interakcji pomiędzy rodzajem fazy dyspergującej smaru plastycznego a nieorganicznymi napełniaczami stosowanymi jako dodatki smarne.

* Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy (ITeE – PIB),
ul. Pułaskiego 6/10, 26–600 Radom.

Oceniono przeciwzużyciową i przeciwzatarciową efektywność działania zastosowanych komponentów w ślizgowych węzłach tarcia w skojarzeniu stal–stal.

Odporność przeciwzużyciową wyznaczono w warunkach stałego obciążenia, zaś skuteczność przeciwzatarciową przy liniowo narastającym obciążeniu czterokulowego węzła tarcia.

Uzyskane rezultaty badań pozwalają na jakościowy dobór fazy dyspergującej i ilościowo-jakościowy dobór nieorganicznych modyfikatorów zapewniających uzyskanie kompozycji smarowej o właściwościach trybologicznych wymaganych wymuszeniami rzeczywistych węzłów tarcia.

WPROWADZENIE

Smary plastyczne są wieloskładnikowymi układami koloidalnymi zawierającymi oprócz fazy rozpraszającej i rozpraszanej szereg dodatków zapewniających wymagany zastosowaniem poziom właściwości funkcjonalnych. Pomędzy komponentami istnieje szereg złożonych zależności, często niemożliwych do przewidzenia bez badań empirycznych. Dlatego też w ostatnich latach coraz większego znaczenia nabierają prace badawcze nad doбором nietoksycznych, a jednocześnie efektywnych składników zapewniających wysokie parametry funkcjonalne smarom plastycznym. Oprócz wymagań technicznych istotne kryterium stanowi aspekt bezpieczeństwa ekologicznego wymagany dla środków smarowych stosowanych w wielu gałęziach przemysłu. Obszar poszukiwania nowych komponentów zawęża się więc do składników nietoksycznych i biodegradowalnych, a jednocześnie kompatybilnych względem siebie i gwarantujących uzyskanie produktu finalnego o oczekiwanym poziomie właściwości funkcjonalnych.

W technice istnieje duża grupa dodatków smarowych zwanych napełniaczami. Są one definiowane jako stałe substancje smarowe, praktycznie nierozpuszczalne w fazie rozpraszającej smaru, charakteryzujące się małymi siłami spójności, ulegające łatwemu odkształceniu. Zgodnie z adsorpcyjną teorią Bragga [L. 1] w tarcu smarów stałych zasadniczą rolę przypisuje się procesom adsorpcji i utleniania, nie negując wpływu defektów strukturalnych. Stosunkowo dokładnie zostały rozpoznane i opisane w literaturze kompozycje smarowe z napełniaczami krystalicznymi o strukturze warstwowej, jak: grafit, dwusiarczek molibdenu i politetrafluoroetylen [L. 2, 3]. Istnieje również grupa dodatków określanych

jako niekonwencjonalne dodatki smarowe (NDS) [L. 4] lub tak zwane dodatki pasywne, działające na zasadzie tworzenia skutecznych antyzużyciowych i antyzatarciowych powłok [L. 5]. To właśnie dodatki z tej grupy będą przedmiotem badań, których wyniki zostaną zaprezentowane w niniejszym artykule.

METODYKA BADAŃ

Środki smarowe

Do badań przygotowano dwie modelowe kompozycje smarowe. W jednej jako fazę rozpraszającą zastosowano olej mineralny, w drugiej zaś olej roślinny, fazą rozpraszaną było mydło litowe wyższych kwasów tłuszczowych. Ilościowy udział zagęszczacza został ustalony eksperymentalnie na poziomie zapewniających otrzymanie kompozycji smarowych o właściwościach fizyczno-chemicznych wymaganych dla smarów łożyskowych [L. 6]. Otrzymane kompozycje oznaczono odpowiednio (P-0) i (R-0).

Kształtowanie właściwości tribologicznych realizowano z udziałem nieorganicznych napełniaczy które nie pogarszają właściwości fizyko-chemicznych, jak i ekologicznych modyfikowanych kompozycji smarowych [L. 7, 8]. Jeden z zastosowanych napełniaczy charakteryzujący się płytkową anizotropową budową, zawiera w składzie głównie związki krzemu, glinu i magnezu. Kompozycje z jego udziałem w ilości 2, 5, 10% oznaczono z literą T. Drugi z zastosowanych dodatków zawiera głównie związki boru i azotu. Przygotowano kompozycje z jego udziałem (oznaczone B) w ilości 2, 5 i 10% wagowych.

Materiał badawczy otrzymano używając tej samej ilości dodatków do kompozycji na obu rodzajach faz dyspergujących. Postępowanie takie miało na celu określenie wpływu rodzaju fazy dyspergującej na zmianę właściwości tribologicznych kompozycji smarowych. Ilościowy udział poszczególnych modyfikatorów wynikał z badań rozpoznawczych prowadzonych na aparacie czterokulowym, jak również z zaleceń producenta.

Badania tribologiczne

Pomiar właściwości przeciuzużyciowych i przeciwtarciowych wykonano z zastosowaniem aparatu czterokulowego (tester T-02) produkcji ITeE Radom.

Odporność na przeciuzużyciowe oddziaływania oceniono na podstawie wartości granicznego obciążenia zużycia (Goz). Oznaczenie prowa-

dzono zgodnie z metodyką zawartą w PN-76/C-04147, z modyfikacją opisaną w WTWT -94/MPS-025 przy zachowaniu następujących warunkach: obciążenie 392 N, czas – 3600 s, prędkość obrotowa – 500 obr./min.

Właściwości przeciwzatarciowe badano również w ślizgowym skojarzeniu trącym. Scharakteryzowano je za pomocą następujących parametrów: obciążenie zacierające Pt, graniczne obciążenie zatarcia (Poz) i graniczny nacisk zatarcia (poz).

Obciążenie zacierające wyznaczono zgodnie z metodyką badania środków smarowych w warunkach liniowego wzrostu obciążenia węzła tarcia [L. 9, 10].

Parametr Pt odpowiada krytycznemu obciążeniu, które zapoczątkowuje proces zacierania; stanowi miarę trwałości warstwy smarowej.

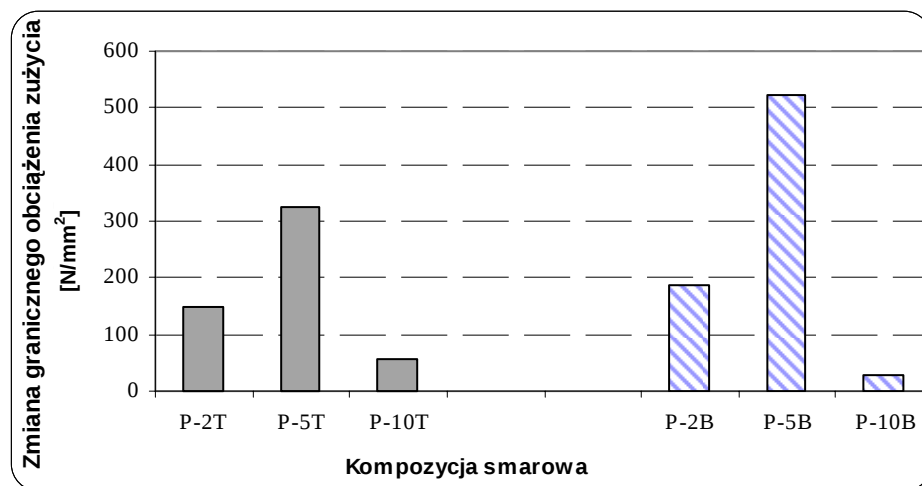
Graniczny nacisk zatarcia (poz) charakteryzuje zachowanie środka smarowego w warunkach zacierania. Wyznaczając wartość liczbową parametru uwzględnia się średnicę śladu zużycia węzła tarcia i wartość obciążenia powodującego zatarcie węzła (graniczne obciążenie zatarcia Poz). Im wyższa wartość badanego parametru, tym skuteczniejsze działanie środka smarowego po przerwaniu filmu smarowego [L. 9].

Wyniki badań zostały poddane obróbce statystycznej. Do odrzucenia wartości skrajnych zastosowano test Dixona. Za wynik oznaczenia przyjęto średnią arytmetyczną wyników z co najmniej 3 niezależnych biegów badawczych nie różniących się więcej niż o 10%.

Wyniki badań

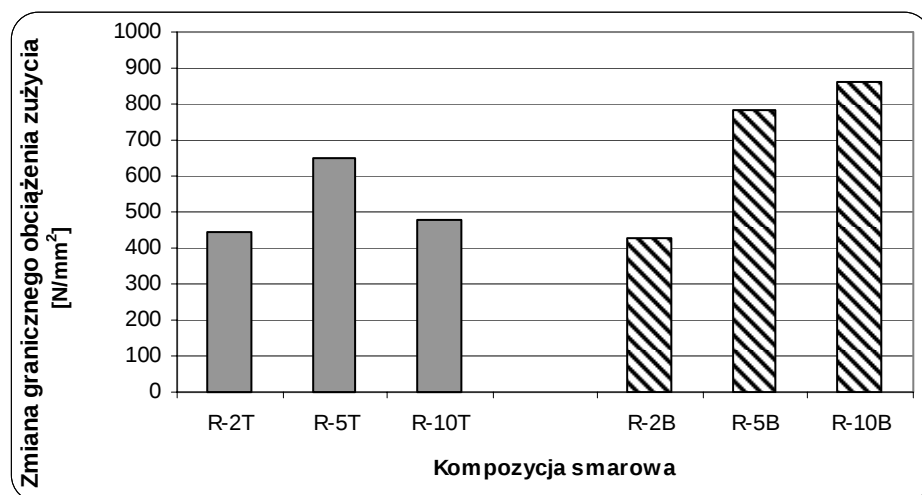
W celu określenia skuteczności działania zastosowanych dodatków nieorganicznych na poniższych rysunkach zamieszczono wyniki będące różnicą pomiędzy wartością badanego parametru dla zmodyfikowanej kompozycji smarowej a wartością parametru dla kompozycji bez dodatku.

Na podstawie wyników pomiaru granicznego obciążania zużycia – Goz (**Rys. 1**) uzyskanych dla kompozycji smarowych na bazie oleju mineralnego stwierdzono, że każda ze zmodyfikowanych kompozycji smarowych osiągnęła wzrost skuteczności przeciwzużyciowej. Najskuteczniejszy efekt oddziaływania stwierdzono dla kompozycji zawierającej 5% dodatku T. Kompozycje zawierające zmienną ilość dodatku B również w całym zakresie stężeń wykazują pozytywny efekt współdziałania wszystkich składników kompozycji smarowej.



Rys. 1. Zmiana granicznego obciążenia zużycia kompozycji smarowych na bazie olejumineralnego

Fig. 1. Change of limiting load of wear of lubricant compositions on the base of mineral oil



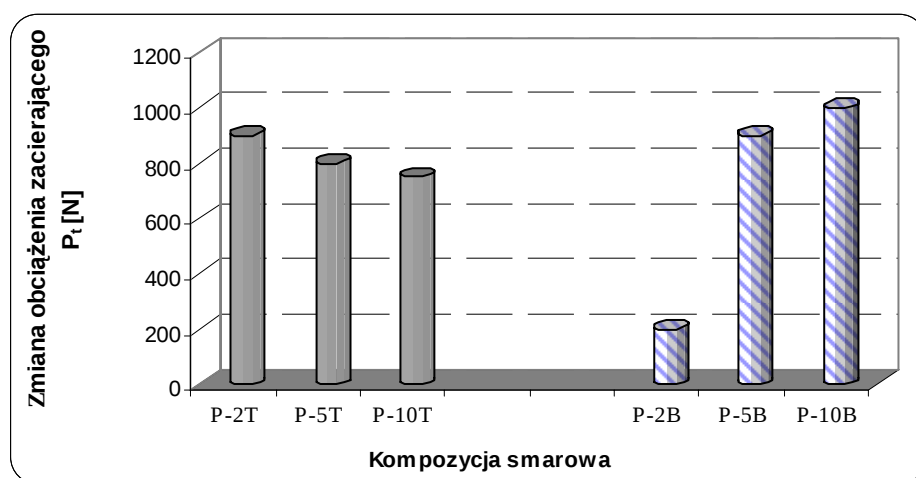
Rys. 2. Zmiana granicznego obciążenia zużycia kompozycji smarowych na bazie oleju roślinnego

Fig. 2. Change of limiting load of wear of lubricant compositions on the base of vegetable oil

W przypadku zastosowania oleju roślinnego jako faza dyspergująca stwierdzono również synergistyczne oddziaływanie zastosowanych dodatków nieorganicznych. Wzrost koncentracji dodatku T nie sprzyja poprawie skuteczności przeciwzużyciowej, natomiast ze wzrostem ilości dodatku B następuje wzmocnienie przeciwzużyciowego efektu w zakresie przebadanych stężeń (**Rys. 2**).

W kompozycjach na bazie oleju roślinnego przeciwzużyciowa skuteczność zastosowanych dodatków jest wyższa niż w kompozycjach na bazie oleju mineralnego.

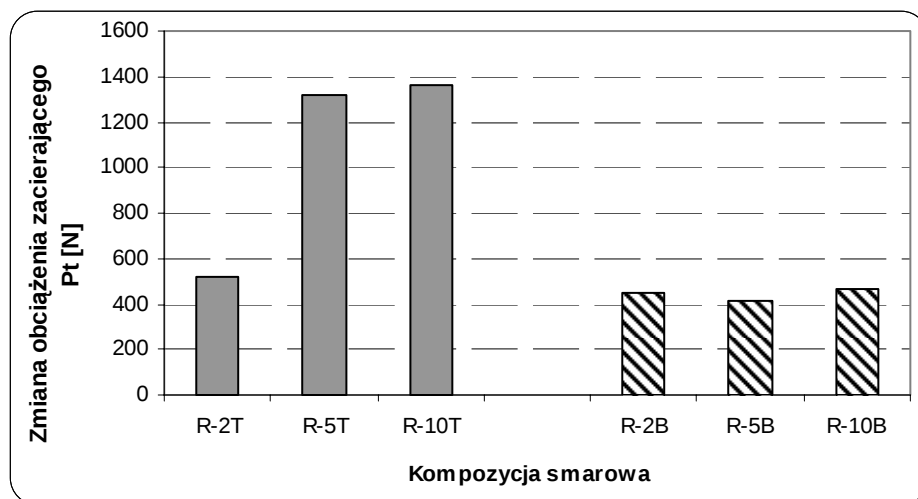
Skuteczność dodatków nieorganicznych sprawdzono również w warunkach liniowo narastającego obciążenia. Przeprowadzone badania wykazały, że zmodyfikowane kompozycje smarowe podwyższają trwałość warstw smarowych powstałych w warunkach zacierania (**Rys. 3 i 4**).



Rys. 3. Zmiana obciążenia zacierającego kompozycji smarowych na bazie oleju mineralnego

Fig. 3. Change of scuffing load of lubricant compositions on the base of mineral oil

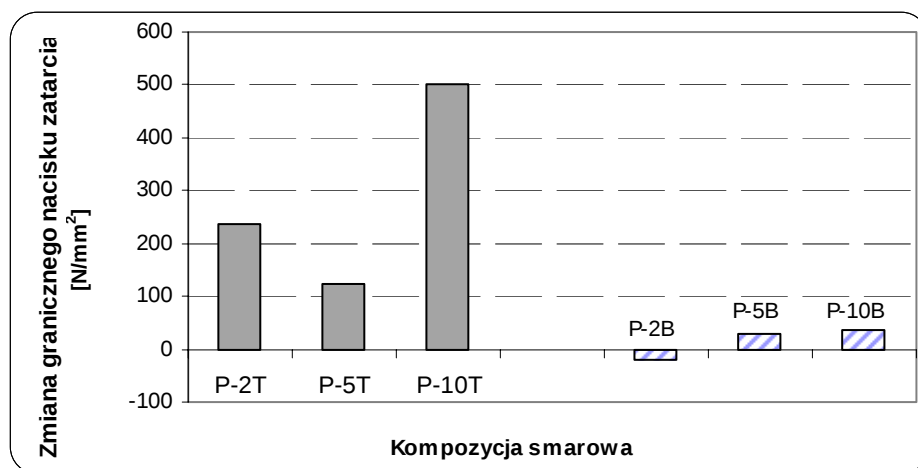
W przypadku kompozycji na bazie oleju mineralnego ze wzrostem koncentracji dodatku T zmienia się charakter przebiegu zmian momentu tarcia. Niższa zawartość dodatku sprzyja wzrostowi trwałości warstwy smarowej. Natomiast wzrost koncentracji dodatku B gwarantuje tworzenie warstw smarowych o wyższej nośności.



Rys. 4. Zmiana obciążenia zacierającego kompozycji smarowych na bazie oleju roślinnego

Fig. 4. Change of scuffing load of lubricant compositions on the base of vegetable oil

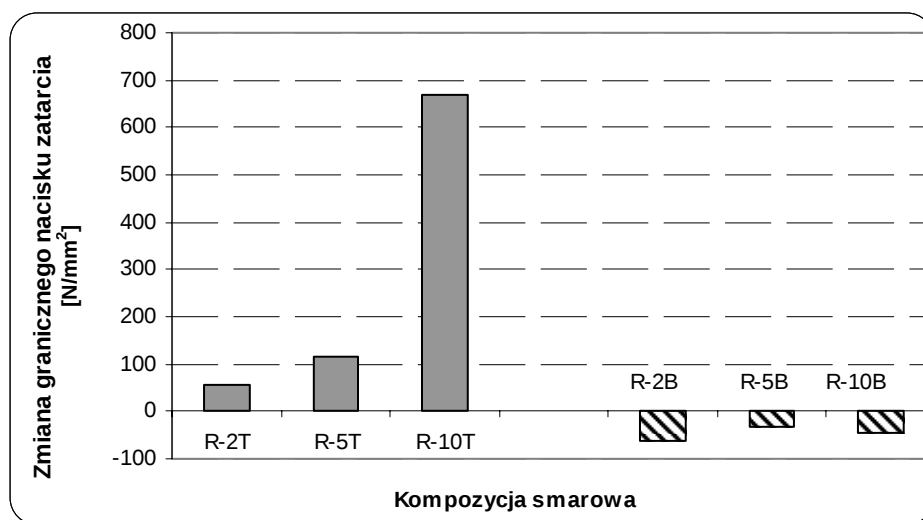
W roślinnych kompozycjach smarowych ze wzrostem ilości dodatku T wzrasta trwałość warstwy smarowej. Zastosowany w tej kompozycji zmienny ilościowy udział dodatku B nie skutkuje widoczną zmianą obciążenia zacierającego zmodyfikowanych kompozycji smarowych (Rys. 4).



Rys. 5. Zmiana granicznego nacisku zatarcia kompozycji smarowych na bazie oleju mineralnego

Fig. 5. Change limiting pressure of seizure of lubricant compositions on the base of mineral oil

Na **Rys. 5 i 6** przedstawiono wykresy zależności zmiany granicznego nacisku zatarcia w funkcji rodzaju i stężenia dodatków.



Rys. 6. Zmiana granicznego nacisku zatarcia kompozycji smarowych na bazie oleju roślinnego

Fig. 6. Change limiting pressure of seizure of lubricant compositions on the base of vegetable oil

W przypadku kompozycji smarowych na obu rodzajach faz dyspergujących stwierdzono synergistyczne oddziaływanie dodatku T ze składnikami modyfikowanej kompozycji smarowej. Dla roślinnej bazy olejowej wzrost koncentracji dodatku sprzyja podwyższeniu odporności kompozycji na skuteczność smarowania w warunkach zacierania.

Zastosowany dodatek B w przypadku kompozycji na bazie oleju roślinnego powoduje obniżenie wartości granicznego nacisku zatarcia w całym zakresie stężeń. Uwidacznia się antagonistyczne oddziaływanie składników smaru w warunkach zacierania.. Natomiast w przypadku oleju parafinowego wzrost koncentracji dodatku B zmienia się z antagonistycznego przy stężeniu 2% na synergistyczny (**Rys. 5**).

PODSUMOWANIE

1. Na podstawie testów tribologicznych w warunkach stałego obciążenia węzła tarcia stwierdzono, że zastosowane dodatki nieorganiczne zapewniają redukcję śladu zużycia. Wyższa skuteczność przeciwozużyciowa jest udziałem zmodyfikowanych kompozycji na bazie oleju roślinnego.
2. W warunkach zacierania następuje wyraźny wpływ rodzaju fazy dyspergującej na skuteczności działania zastosowanych dodatków.

W mineralnych kompozycjach smarowych zastosowanie dodatku B zapewnia wzrost trwałości warstwy smarowej w większym stopniu niż w kompozycjach na bazie oleju roślinnego. W roślinnych kompozycjach stwierdzono wzrost trwałości warstwy smarowej ze wzrostem koncentracji dodatku T. Zawartość tego dodatku podwyższa również odporność na zacieranie kompozycji smarowych na obu rodzajach baz olejowych. W roślinnych kompozycjach smarowych zastosowany dodatek B pogorszył właściwości przeciwwzatarciowe w całym zakresie przebadanych stężeń. Stwierdzono natomiast, że w mineralnych kompozycjach smarowych istnieje możliwość ustalenia ilościowego udziału tego dodatku na poziomie zapewniającym podwyższenie właściwości przeciwwzatarciowych.
3. Skuteczność stosowania tzw. nieorganicznych dodatków pasywnych jest zależna od rodzaju fazy dyspergującej smaru, jak również od warunków pracy smarowanych węzłów tarcia.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego pn. „Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.

LITERATURA

1. Hebda M., Wachal A.: Trybologia. WNT, Warszawa 1980.
2. Laber A., Laber S.: Modyfikowanie warunków pracy węzłów tarcia niekonwencjonalnymi dodatkami niskotarciowymi – mechanizm działania. Prace Wydziału Mechanicznego w zakresie Eksploatacji Maszyn, Zielona Góra 1998.
3. Krawiec S., Lawrowski Z.: Badania porównawcze kompozycji smar plastyczny–smar stały. Materiały XVII Sympozjum PKM, Lublin–Nałęczów 1995.

4. Junxiu Dong at all: A new concept – formation of permeating layers from nonactive antiwear additives. Journal of the Society of Tribologists and Lubrication Engineers nr 1/1994.
5. Płaza S.: Fizykochemia procesów tribologicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 1997.
6. PN-72/C-96134. Smary plastyczne ŁT ogólnego stosowania do łożysk tocznych.
7. Bartz W. J.: Lubricants and the environmenta survey. Technical Research Centre of Finland Espoo 1998.
8. Kulczycki A. i inni: Możliwości stosowania α BN produkcji WAT w technice smarowniczej. III Ogólnopolska Konferencja „Poltrib 95.
9. Piekoszewski W., Szczerek M., Tuszyński W.: Method for Scuffing Propagation Assessment. Tribotest Journal 2001, 7–3, s. 219–227.
10. Szczerek M., Tuszyński W.: Badania tribologiczne. Zacieranie. ITeE, Radom 2000.

Recenzent:
Stanisław PYTKO

Summary

It has been investigated interactions between different dispersing phases of plastic greases and inorganic fillers used as lubricating additives. AW and EP properties of the particular components were investigated in a steel-steel system of sliding friction couples. The antiwear resistance was evaluated under stable load conditions whereas antiseizure efficiency – under linear-increasing load of four-ball tribosystem.

Obtained results enable qualitative selection of dispersing phase as well as quantitative and qualitative selection of inorganic modifiers which assures that tribological characteristics of prepared greases are adequate for real friction systems.