

Ewa PAWELEC*, Elżbieta SIWIEC*

SKUTECZNOŚĆ PRZECIWZUŻYCIOWA KOMPOZYCJI SMAROWYCH ZAWIERAJĄCYCH DODATKI TYPU CHO

THE ANTIWEAR EFFECTIVENESS OF LUBRICANTS CONTAINING CHO-TYPE ADDITIVES

Słowa kluczowe:

dodatki CHO, kompozycje olejowe, właściwości przeciwzużyciowe, współczynnik tarcia

Key words

CHO additives, antiwear properties, oil compositions, coefficient of friction

Streszczenie

Celem pracy było zbadanie możliwości zastosowania dodatków CHO, otrzymanych z surowców porafinacyjnych oleju rzepakowego, jako skutecznych modyfikatorów właściwości przeciwzużyciowych kompozycji olejowych.

Przeprowadzone badania wykazały dominujący wpływ budowy chemicznej oleju, w którym są rozpuszczane dodatki, a w mniejszym stopniu metody ich otrzymywania na efektywność przeciwzużyciową kompozycji.

* Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, ul. K. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom.

Stwierdzono wyższą skuteczność przeciwzużyciową dodatków CHO w oleju poli(α)olefinowym (PAO4) niż w oleju poliestrowym (Priolube).

WPROWADZENIE

Wzrost zainteresowania nietoksycznymi środkami smarowymi sprawia, że prowadzone są prace badawcze nad poszukiwaniem nietoksycznych i biodegradowalnych komponentów, które pozwolą na otrzymanie produktu bezpiecznego pod względem ekologicznym i jednocześnie zabezpieczającego węzeł tarcia przed zużyciem.

Podstawowymi składnikami środków smarowych są: olej bazowy, stanowiący od 75 do 90% każdego środka smarowego, oraz dodatki uszlachetniające. Do otrzymywania biodegradowalnych środków smarowych stosuje się dwa typy olejów bazowych: roślinne oraz produkty syntetyczne np. poliglikole, węglowodory, estry kwasów dikarboksylowych [L. 1–4]. Wymienione oleje nie spełniają, pod względem właściwości reologicznych i eksploatacyjnych, wymagań stawianych środkom smarowym komponowanym na bazie olejów ropopochodnych, stąd wynika konieczność poprawy ich niekorzystnych właściwości poprzez wprowadzenie dodatków uszlachetniających. Do powszechnie stosowanych dodatków należą: inhibitory utleniania, korozji, wiskozatory oraz dodatki poprawiające właściwości smarne olejów (przeciwzużyciowe, przeciwzartarciowe, modyfikatory tarcia). Niektóre z nich – przede wszystkim dodatki smarne – zawierają w swojej cząsteczce siarkę, chlor, fosfor i metale ciężkie, a więc pierwiastki szkodliwe dla zdrowia ludzkiego. Większość wykazuje niską biodegradowalność, co jest jednoznaczne z ich koncentracją w środowisku naturalnym zarówno podczas eksploatacji, jak i po utracie właściwości funkcjonalnych kiedy stają się odpadem trudnym do utylizacji [L. 5]. Dlatego też dąży się do minimalizacji ich zawartości w środkach smarowych lub zastępuje się je nową generacją nietoksycznych, biodegradowalnych dodatków uszlachetniających. Potencjalnym surowcem do otrzymania ekologicznych dodatków uszlachetniających mogą być oleje roślinne i produkty uboczne powstające podczas rafinacji olejów naturalnych [L. 6, 7].

Autorzy przeprowadzili prace badawcze mające na celu zbadanie skuteczności działania dodatków CHO (węgiel, wodór, tlen) otrzymanych z surowców porafinacyjnych oleju rzepakowego jako modyfikatorów właściwości przeciwzużyciowych kompozycji opartych na olejach biodegradowalnych.

PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Do badań przygotowano kompozycje smarowe na bazie syntetycznych olejów: estrowego (Priolube) i węglowodorowego (PAO4), w których rozpuszczono dodatki CHO otrzymane w wyniku porafinacyjnej obróbki oleju rzepakowego. Dodatek otrzymany ze szlamów pohydratacyjnych oznaczono S, dodatek

otrzymany w wyniku destylacji próżniowej technicznych kwasów tłuszczowych oznaczono T. W oparciu o te dodatki przygotowano modelowe kompozycje smarowe zawierające 1%, 2% i 5% wag. dodatków. W celu porównania skuteczności przeciwzużyciowej otrzymanych kompozycji porównano je z kompozycjami zawierającymi, w wytypowanych olejach, komercyjny dodatek Acorox880 (ACX) w rekomendowanym przez producenta stężeniu 2% wag.

Badania właściwości przeciwzużyciowych otrzymywanych kompozycji wykonano z zastosowaniem aparatu czterokulowego (tester T-02) produkcji ITeE Radom. Przyjęto wartość granicznego obciążenia zużycia (G_{oz}) jako parametr kryterialny przy wyznaczaniu przeciwzużyciowych właściwości kompozycji smarowych. Testy przeprowadzono na aparacie czterokulowym zgodnie z metodyką zawartą w normach: PN-76/C-04147 oraz WTWT-04/MPS-025 przy następujących parametrach:

- obciążenie – 40 kG (392 N),
- czas biegu – 3600 s,
- prędkość obrotowa – 500 obr/min.
- skojarzenie stal–stal.

Wartość granicznego obciążenia zużycia jest funkcją zadanego obciążenia i średniej średnicy śladu tarcia (d) i jest obliczona z zależności:

$$G_{oz40} = 0,52 \frac{392}{d^2} [N / mm^2].$$

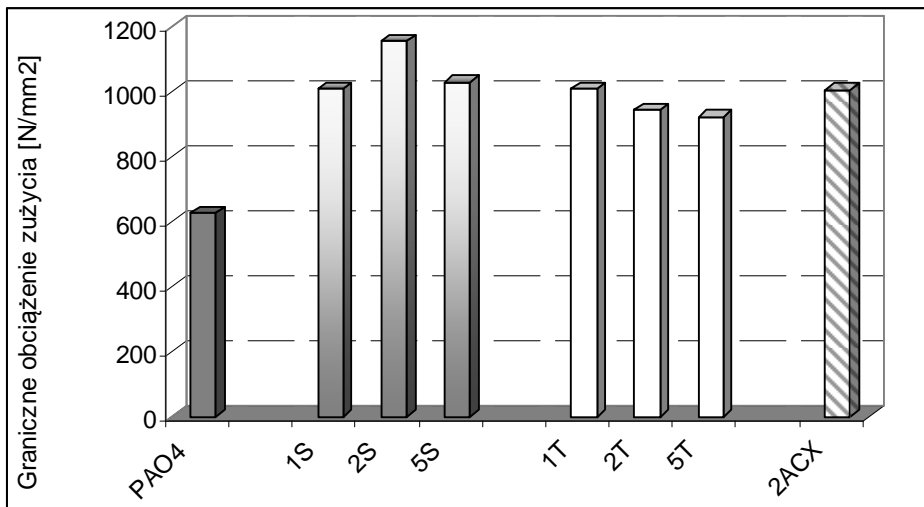
Dla każdej kompozycji smarowej wykonano co najmniej trzy biegi badawcze. Za wynik pomiaru przyjmowano średnią arytmetyczną z trzech biegów nieróżniących się od średniej arytmetycznej więcej niż o 10% S.

W celu określenia wpływu dodatków CHO na mikrostrukturę roboczych powierzchni wężła tarcia przeprowadzono badanie z użyciem mikroskopu interferometrycznego Talysurf CC firmy Taylor Hobson. Badanie wykonano w Zakładzie Tribologii ITeE – PIB w Radomiu.

WYNIKI BADAŃ

Na **Rys. 1** przedstawiono wyniki badania wpływu zawartości dodatku S i T oraz dodatku komercyjnego ACX w kompozycji oleju PAO4 na wartość granicznego obciążenia zużycia. Liczbowe wartości przed symbolem dodatku oznaczają jego procentową zawartość w oleju.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono wzrost skuteczności przeciwzużyciowej, określonej wartością granicznego obciążenia zużycia, wszystkich kompozycji olejowych zawierających dodatki CHO w porównaniu z wartością badanego parametru dla oleju PAO4. Z uzyskanych danych wynika, że już 1% zawartość dodatku S powoduje wzrost wartości G_{oz} o około 60% w stosunku do oleju bazowego. Wzrost stężenia dodatku do 2% podwyższa



Rys. 1. Graniczne obciążenie zużycia wężła tarcia smarowanego olejem PAO4 i jego kompozycjami z dodatkami

Fig. 1. Limiting load of wear of tribosystem lubricated with PAO4 oil and his compositions with additives

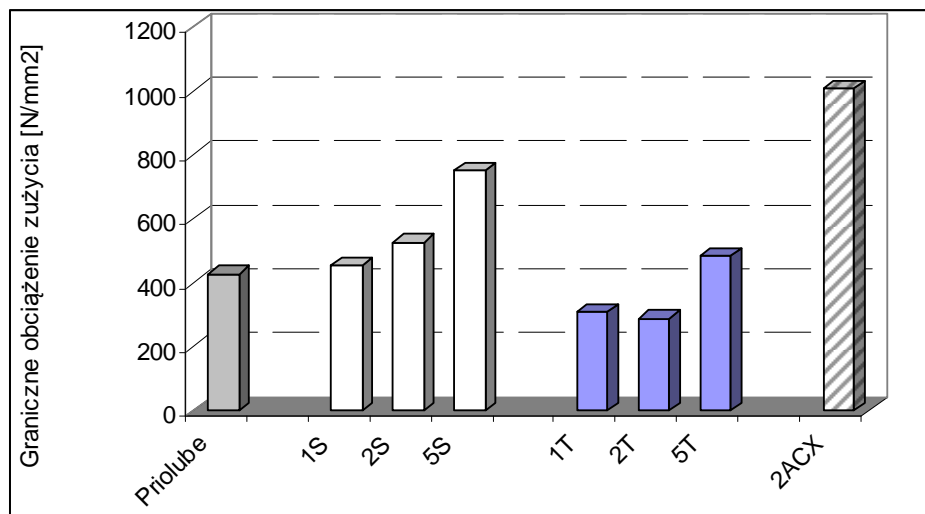
wartość badanego parametru o ponad 80%. Zwiększanie stężenia tego dodatku powoduje obniżenie skuteczności przeciwzużyciowej badanej kompozycji.

W przypadku zastosowania dodatku T otrzymano szereg kompozycji smarowych o korzystniejszych właściwościach przeciwzużyciowych niż olej PAO4. Stwierdzono, że już 1% zawartość tego dodatku podwyższa wartość G_{oz} o około 60%.

Kompozycje smarowe otrzymane na bazie oleju PAO4 i dodatków CHO, w zakresie przebadanych stężeń, wykazują właściwości przeciwzużyciowe porównywalne lub lepsze (kompozycja z 2% zawartością dodatku S) niż właściwości przeciwzużyciowe kompozycji zawierającej komercyjny dodatek ACX.

Zbadano również wpływ zawartości dodatków CHO na właściwości przeciwzużyciowe kompozycji olejowych otrzymanych na bazie syntetycznego oleju estrowego Priolube. Uzyskane wartości granicznego obciążenia zużycia w funkcji stężenia dodatków przedstawiono na **Rys. 2**.

Na podstawie otrzymanych wyników możemy stwierdzić, że jedynie dodatek S wykazuje skuteczność przeciwzużyciową w oleju Priolube w całym zakresie przebadanych stężeń. Ze wzrostem zawartości dodatku wzrasta wartość granicznego obciążenia zużycia zmodyfikowanych kompozycji olejowych i dla 5% dodatku S redukcja śladu zużycia wynosi ponad 70%.



Rys. 2. Graniczne obciążenie zużycia wężła tarcia smarowanego olejem Priolube i jego kompozycjami z dodatkami

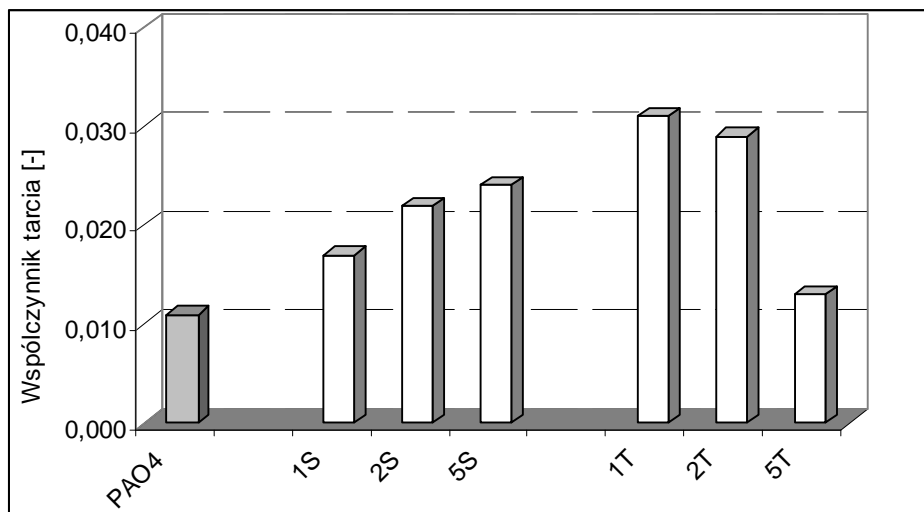
Fig. 2. Limiting load of wear of tribosystem lubricated with Priolube oil and his compositions with additives

W przypadku wprowadzenia do oleju dodatku T w stężeniu 1 i 2% wag. otrzymane kompozycje olejowe wykazują obniżenie skuteczności przeciwzużyciowej w porównaniu z olejem Priolube. Jednak wzrost stężenia dodatku do 5% pozwala na otrzymanie kompozycji smarowej o wyższej skuteczności przeciwzużyciowej niż olej bez dodatku. Z przedstawionych danych wynika, że żaden z dodatków otrzymanych z surowców porafinacyjnych oleju rzepakowego wprowadzonych do oleju Priolube nie wykazuje tak wysokiej skuteczności przeciwzużyciowej jak kompozycja z dodatkiem ACX.

Tribologiczną skuteczność dodatków CHO w kompozycji oleju PAO4 i oleju Priolube oceniono także w oparciu o analizę współczynnika tarcia zarejestrowanego podczas badania właściwości przeciwzużyciowych (**Rys. 3**).

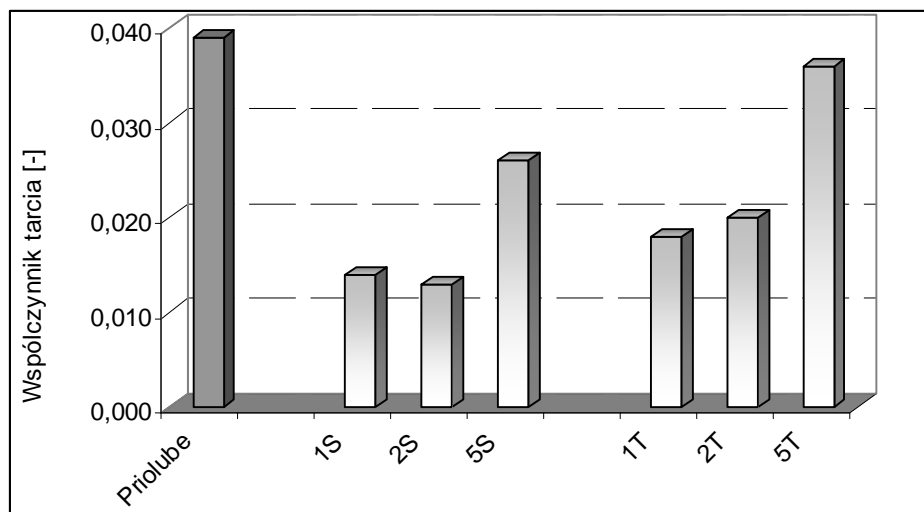
Z przedstawionych danych wynika, że wprowadzenie do oleju węglowodorowego (PAO4) dodatków CHO skutkuje wzrostem wartości współczynnika tarcia (**Rys. 3**). Niemniej jednak osiągnięte wartości mieszczą się w zakresie wymaganym do zaistnienia tarcia płynnego, w którym nie dochodzi do bezpośredniego styku powierzchni trących, a więc najbardziej pożądanego w eksploatacji [**L. 8**]. Znajduje to potwierdzenie zarówno w małych rozmiarach śladów zużycia i co za tym idzie w wysokich wartościach granicznego obciążenia zużycia wężła tarcia po teście w kontakcie z olejem z dodatkami CHO (**Rys. 1**).

Wprowadzone do oleju Priolube dodatki CHO, w zakresie badanych stężeń, powodują znaczące obniżenie wartości współczynnika tarcia kompozycji olejowych (**Rys. 4**).



Rys. 3. Współczynnik tarcia węzła tarcia smarowanego olejem PAO4 i jego kompozycjami z dodatkami CHO

Fig. 3. Friction coefficient of tribosystem lubricated with PAO4 oil and his compositions with additives CHO



Rys. 4. Współczynnik tarcia węzła tarcia smarowanego olejem Priolube i jego kompozycjami z dodatkami CHO

Fig. 4. Friction coefficient of tribosystem lubricated with Priolube oil and his compositions with additives CHO

Zróznicowane wartości współczynników tarcia zmodyfikowanych kompozycji olejowych znajdują odzwierciedlenie w badaniach powierzchni śladów zużycia wężła tarcia po testach w warunkach stałego obciążenia. W **Tabeli 1** zamieszczono wartości chropowatości powierzchni śladu zużycia kulek po teście z udziałem oleju PAO4 i Priolube oraz ich kompozycji z dodatkami CHO.

Stwierdzono, że wprowadzenie do oleju PAO4 dodatku S w stężeniu 2% i 5% skutkowało zarówno obniżeniem zużycia, jak i obniżeniem chropowatości powierzchni śladu tarcia w porównaniu z wynikami uzyskanymi dla oleju bez dodatku. Kompozycje smarowe zawierające dodatek T przejawiają skuteczność przeciwsuzyciową; redukcja śladu zużycia nie zależy od zawartości dodatku w oleju PAO4, natomiast wzrost zawartości dodatku w kompozycji wpływa na wygładzenie powierzchni śladu tarcia.

Tabela 1. Chropowatość i średnica śladu zużycia kulek po testach przeciwsuzyciowych z udziałem oleju PAO4 i Priolube i ich kompozycji z dodatkami CHO

Table 1. The roughness and diameter of the ball wear scar after friction lubricated with PAO-4, Priolube and their compositions with CHO-type additives

OLEJ PAO4							
Dodatek	0	1S	2S	5S	1T	2T	5T
Chropowatość Ra [μm]	0,254	0,287	0,233	0,216	0,445	0,358	0,333
Średnica śladu zużycia [mm]	0,58	0,47	0,43	0,45	0,46	0,47	0,47
OLEJ PRIOLUBE							
Dodatek	0	1S	2S	5S	1T	2T	5T
Chropowatość Ra [μm]	1,10	0,646	0,694	0,161	0,782	0,744	0,681
Średnica śladu zużycia [mm]	0,69	0,67	0,62	0,52	0,81	0,84	0,65

W przypadku oleju estrowego (Priolube) kompozycje zawierające dodatek S, w zakresie badanych stężeń, obniżają chropowatość śladu tarcia; 5% zawartość tego dodatku powoduje 6-krotne obniżenie wartości Ra w porównaniu z chropowatością powierzchni smarowanej olejem Priolube. Dla tego stężenia

dotatku stwierdzono również najwyższą skuteczność przeciwzużyciową kompozycji.

Dodatek T jedynie w maksymalnie zastosowanym stężeniu (5%) powoduje wzrost skuteczności przeciwzużyciowej kompozycji olejowej, chropowatość powierzchni śladu tarcia maleje ze wzrostem zawartości dodatku.

PODSUMOWANIE

Stwierdzono, że efektywność przeciwzużyciowa dodatków CHO, otrzymanych z surowców porafinacyjnych oleju rzepakowego, zależy w głównej mierze od rodzaju bazy olejowej, do której są aplikowane, ale także od sposobu ich otrzymywania.

W przypadku syntetycznego oleju estrowego (Priolube) dodatek S w stężeniu 5% wag. wykazuje najwyższą skuteczność przeciwzużyciową i wpływa na złagodzenie przebiegu ściernego zużycia tribologicznego, co przejawia się bardzo niską chropowatością śladu tarcia.

Zdyspergowane w syntetycznym oleju węglowodorowym (PAO4) dodatki, w zakresie badanych stężeń, pozwalają na otrzymanie kompozycji smarowych o wyższej skuteczności ochrony wężła tarcia przed zużyciem niż olej bez dodatku.

Dodatek S, otrzymany ze szlamów pohydratacyjnych oleju rzepakowego, jest skuteczniejszym dodatkiem przeciwzużyciowym niż dodatek T otrzymany w wyniku destylacji próżniowej technicznych kwasów tłuszczowych.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że zastosowane dodatki CHO w syntetycznym oleju węglowodorowym wykazują bardzo dobre właściwości przeciwzużyciowe porównywalne z komercyjnym dodatkiem Acorox.

W celu kompleksowej oceny otrzymanych wyników przewiduje się przeprowadzenie badania śladów zużycia techniką SEM/EDS i FTIR.

Praca naukowa wykonana w ramach realizacji Programu Strategicznego pn. „Innowacyjne systemy wspomagania technicznego zrównoważonego rozwoju gospodarki” w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka.

LITERATURA

1. Płaza S., Celichowski G., Margielewski L., Korczak E.: Środki smarowe a środowisko. Mat. konf. „Problemy ochrony środowiska związane z użytkowaniem produktów naftowych”, Kraków 1999.
2. Battersby N.S.: Environmentally acceptable lubricants: current status and future opportunities. Proc. of World Tribology Congress III, Washington (USA), 2005.
3. Gryglewicz S.: Syntetyczne oleje estrowe. Wiadomości Chemiczne 2003, 57, 1–2, 75–97.
4. Beran E.: Biodegradowalność jako nowe kryterium w ocenie jakości olejów smarowych. Przemysł Chemiczny, 2005, 5(84), 320–328.

5. Kossowicz L.: Granica ekologii w przerobieniu ropy naftowej a ekologiczność przetworów naftowych. Mat. Konferencji Naukowej „Problemy ochrony środowiska związane z użytkowaniem produktów naftowych”, Kraków, 1999, 23–34
6. Adhvaryu A., Erlan S.Z., Perez J.M.: Tribological studies of thermally and chemically modified vegetable oils for use as environmentally friendly lubricant. *Wear*, 2004, 257, 359–367.
7. Weller D.E., Perez J.M.: A Study of the effect of chemical structure on friction and wear: Part 2 - Vegetable oils and esters. *Lubrication Engineering*, 2001, 5, 20–25.
8. Legutko S.: Podstawy eksploatacji maszyn i urządzeń. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna, Warszawa 2004.

Summary

The aim of this study was to investigate the possibility of application of CHO-type substances, derived from rapeseed oil refining, as effective antiwear modifiers in lubricants.

The study showed a dominant influence of the chemical structure of base oil on the antiwear efficiency of lubricant and insignificant influence of method for the modifiers' preparation. It was found that the CHO-type additives are more effective in poly- α -olefins (PAO4) than ester oils (Priolube).

