

**Rafał KOZDRACH\***

## **WPLYW RODZAJU FAZY DYSPERGUJĄCEJ NA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE SMARÓW PLASTYCZNYCH**

### **THE INFLUENCE OF A TYPE OF DISPERSION PHASE ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF LUBRICATING GREASES**

#### **Słowa kluczowe:**

smar plastyczny, właściwości smarne, właściwości przeciwzużyciowe, właściwości przeciwzatarciowe, zagęszczacze, faza zdyspergowana, faza dyspergująca

#### **Key words:**

lubricating grease, lubricating properties, antiwear properties, antiscuffing properties, thickeners, dispersed phase, dispersion phase

#### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju fazy dyspergującej na właściwości smarne wybranych kompozycji smarowych. Do wytworzenia smarów plastycznych użyto mineralnej, syntetycznej oraz roślinnej bazy olejowej, które następnie zagęszczono modyfikowaną krzemionką w postaci Aerosilu<sup>R</sup>.

---

\* Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom, tel. (048)36-442-41, fax (048) 36-447-65, e-mail: rafal.kozdrach@itee.radom.pl.

Wykonano badania właściwości tribologicznych objęte normą dla smarów plastycznych wytworzonych na różnych olejach bazowych, a uzyskane wyniki porównano ze sobą i oceniono, jaki wpływ ma rodzaj zastosowanej fazy dyspergującej na wartość badanych parametrów. Do oceny właściwości tribologicznych wykorzystano wyniki badań granicznego obciążenia zużycia, obciążenia zespawania, obciążenia zacierającego, granicznego obciążenia zatarcia oraz granicznego nacisku zatarcia.

Na podstawie wyników badań tribologicznych stwierdzono, że najkorzystniej na właściwości przeciwzużyciowe badanych smarów plastycznych wpływa olej rzepakowy, natomiast najskuteczniejszą ochronę przeciwzatarciową pełni olej parafinowy o czystości farmaceutycznej.

## WPROWADZENIE

Właściwości smarów plastycznych są kształtowane poprzez ich budowę strukturalną, która wynika z procentowego udziału fazy dyspergującej, zagęszczacza i dodatków uszlachetniających. Faza dyspergująca (olej bazowy) stanowi przeważnie 70–90% objętości produktu końcowego i jest ona wykorzystywana wraz z substancją zagęszczającą do wytworzenia smaru plastycznego [L. 1–3]. Oleje bazowe są pochodzenia mineralnego (produkty przerobu ropy naftowej), syntetycznego (produkty syntezy chemicznej olejów węglowodorowych i niewęglowodorowych) oraz roślinnego.

Jako główny składnik smaru plastycznego olej bazowy decyduje o szeregu właściwości użytkowych otrzymanych kompozycji smarowych. Jego zadaniem jest zapewnienie smarom dobrych właściwości smarnych, odporności na utlenianie i działanie temperatury, odpowiednich właściwości reologicznych oraz minimalnej reaktywności chemicznej (nie powinny reagować z innymi składnikami smaru). Rosnące wymagania dotyczące jakości olejów bazowych spowodowały, że zaczęto wprowadzać do nich dodatki uszlachetniające w celu poprawienia ich właściwości [L. 4].

Smary plastyczne przeznaczone dla przemysłu spożywczego powinny wykazywać ekologiczny charakter, który oparty jest na znacznym ograniczeniu zawartości toksycznych substancji chemicznych, ponieważ produkty te muszą się charakteryzować brakiem toksyczności i wysoką biodegradacją. Wytworzenie środków smarowych o odpowiednich właściwościach wymaga zastosowania komponentów, w szczególności baz olejowych, które zapewnią produktowi końcowemu takie właściwości, aby nie stwarzał zagrożenia dla środowiska naturalnego [L. 5–9].

Obecnie wzrasta zainteresowanie możliwością wykorzystania olejów roślinnych do produkcji środków smarowych, głównie ze względu na ochronę środowiska. Obserwuje się wzrost tendencji do zastępowania słabo biodegradowalnych produktów naftowych zanieczyszczających środowisko naturalne

nietoksycznymi produktami roślinnymi o wysokiej biodegradacji. Oleje roślinne mają bardzo dobre właściwości lepkościowo-temperaturowe oraz smarne, które warunkują ich przydatność do smarów plastycznych. Do podstawowych wad tych produktów należy niska odporność na hydrolizę, a przede wszystkim mała odporność termiczna i oksydacyjna [L. 10–13].

Celem pracy było zbadanie wpływu różnych olejów bazowych przy tej samej ilości i rodzaju zagęszczacza, na zmianę podstawowych parametrów tribologicznych dla kompozycji smarowych, mających zastosowanie w przemyśle spożywczym, opracowanych w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu.

## PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Opracowano grupę modelowych kompozycji smarowych z zastosowaniem nietoksycznych składników, stanowiących fazę dyspergującą i zdyspergowaną. Substancje stanowiące fazę dyspergującą podzielono na trzy grupy: mineralną, syntetyczną oraz roślinną. Z każdej grupy wytypowano olej o najlepszych właściwościach tribologicznych oraz fizykochemicznych. Jako fazę zdyspergowaną zastosowano modyfikowaną krzemionkę w postaci Aerosilu<sup>R</sup>. Na tej podstawie wytworzono smary na bazie: oleju parafinowego o czystości farmaceutycznej (smar A), oleju syntetycznego PAO (smar B) [L. 14–17] oraz oleju rzepakowego (smar C). We wszystkich kompozycjach smarowych wprowadzono 10% [m/m] ww. zagęszczacza. Tak wytworzone kompozycje smarowe oznaczono następnie symbolami A, B, C i poddano badaniom właściwości tribologicznych (smarnych).

Metylowana krzemionka jest hydrofobową odmianą ditlenku krzemu, modyfikowaną dimetylodichlorosilanem. Zabieg ten znacznie zmniejsza zjawisko aglomeracji ziaren, pozwalając na łatwiejsze i bardziej skuteczne wbudowanie cząsteczek w strukturę smaru plastycznego, nawet przy łagodnych warunkach mieszania. Tworzy ona rozbudowane struktury przestrzenne, w których każdy atom krzemu jest połączony z czterema atomami tlenu, a każdy atom tlenu łączy się z dwoma atomami krzemu. W sieci krystalicznej występuje wiele defektów, ponadto powierzchnia krzemionki zawiera także atomy wodoru czy grupy hydroksylowe. Jest substancją o wysokiej temperaturze topnienia i wrzenia oraz niezwykle odporna chemicznie, ponadto nietoksyczna, co jest niezwykle ważne przy komponowaniu biodegradowalnych środków smarowych. Stosuje się ją jako doskonały środek zagęszczający, tiksotropujący oraz antysedymentacyjny o czystości farmaceutycznej. Dzięki swojemu charakterowi polarnemu łatwo wiąże się z cząsteczkami olejów w wyniku sił van der Waalsa [L. 18–23].

**Tabela 1. Skład chemiczny badanych smarów plastycznych**

Table 1. The chemical composition of lubricating greases

Oznakowanie badanego smaru	Baza olejowa	Zagęszczacz
A	olej parafinowy	Aerosil 300
B	olej polialfaolefinowy	Aerosil 300
C	olej rzepakowy	Aerosil 300

Do wyznaczenia właściwości przeciwwzartarciowych i przeciwwżyciowych badanych kompozycji smarowych wykorzystano aparat czterokulowy T-02. Właściwości smarne badanych kompozycji zostały określone poprzez pomiar granicznego obciążenia zużycia ( $G_{oz/40}$ ), obciążenia zespawania ( $F_z$ ), obciążenia zacierającego ( $F_t$ ), granicznego obciążenia zatarcia ( $F_{oz}$ ) oraz granicznego nacisku zatarcia ( $f_{oz}$ ) na aparacie czterokulowym. Pomiar granicznego obciążenia zużycia ( $G_{oz/40}$ ) wykonano przy obciążeniu węzła tarcia siłą 392,4 N przez cały czas trwania testu (3600 s) oraz przy prędkości obrotowej kulki wynoszącej 500 obr./min. Pomiar obciążenia zespawania przeprowadzono zgodnie z normą PN-76/C-04147. Oznaczenie to polegało na przeprowadzeniu 10-sekundowych biegów zespołu czterech kulek w obecności środka smarowego, pod coraz większym obciążeniem, aż do zespawania kulek. Natomiast pomiar właściwości smarnych w warunkach zacierania (tj. pod ciągle wzrastającym obciążeniem w czasie biegu badawczego) prowadzono zgodnie z metodyką opracowaną przez ITeE – PIB. Badanie wykonano przy liniowo wzrastającym obciążeniu od 0 do 7200 N w czasie 18 s przy prędkości wrzeciona 500 obr./min. i prędkości narastania obciążenia 409 N/s. Gdy następuje nagły wzrost momentu tarcia, to poziom obciążenia węzła określany jest jako obciążenie zacierające  $F_t$ . Pomiar prowadzono do momentu osiągnięcia granicznego momentu tarcia 10 Nm lub maksymalnego obciążenia aparatu 7200 N. Ten punkt określono jako graniczne obciążenie zatarcia  $F_{oz}$ . Za wynik końcowy przyjmowano średnią arytmetyczną z co najmniej trzech oznaczeń nieróżniących się od siebie więcej niż 10%.

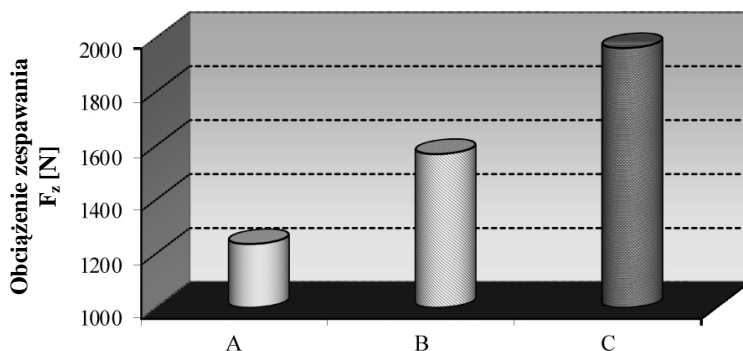
Graniczny nacisk zatarcia jest miarą właściwości przeciwwzartarciowych środków smarowych w warunkach zacierania. Oznaczenie tego parametru polegało na wyliczeniu jego wartości zgodnie ze wzorem:  $f_{oz} = 0,52 * F_{oz} / d_{oz}^2$ , gdzie  $F_{oz}$  – graniczne obciążenie zatarcia, a  $d_{oz}$  – średnica skazy powstałej na kulkach stalowych użytych do badania.

Dla wyznaczenia wielkości śladu zużycia powierzchni kulek testowych zastosowano mikroskop optyczny. Uzyskane wyniki posłużyły do określenia wielkości  $G_{oz/40}$  oraz  $f_{oz}$ , czyli oceny właściwości przeciwwżyciowych i przeciwwzartarciowych smarów plastycznych poddanych badaniom tribologicznym [L. 24–27].

## WYNIKI BADAŃ TRIBOLOGICZNYCH SMARÓW PLASTYCZNYCH

Poniżej przedstawiono wyniki badań tribologicznych (właściwości przeciwzatarciowych i przeciwzużyciowych) smarów plastycznych wytworzonych na różnych olejach bazowych.

Dla wybranych kompozycji smarowych wyznaczono obciążenie zespawania  $F_z$ . Uzyskane wyniki przedstawiono na **Rys. 1**.

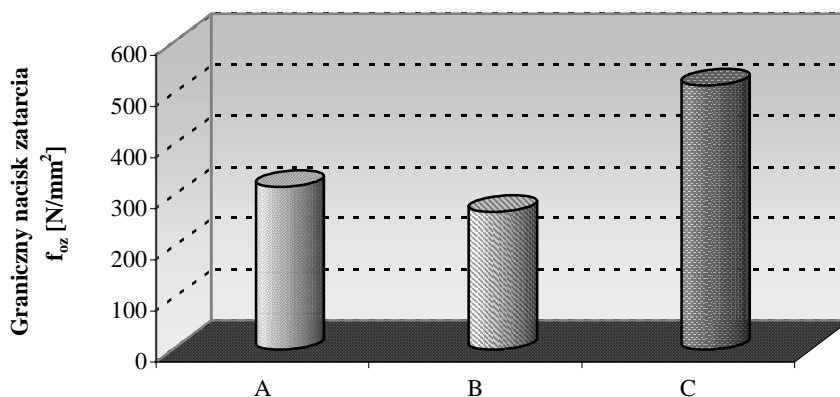


**Rys. 1. Obciążenie zespawania węzła tarcia smarowanego kompozycjami z różnymi olejami bazowymi**

Fig. 1. Welding load of tribosystem lubricated compositions with different basis oils

Właściwości przeciwzatarciowe przy skokowo narastającym obciążeniu węzła tarcia dla smarów plastycznych poddanych badaniom, zależą od rodzaju oleju bazowego, który wpływa w znaczący sposób na właściwości smarne wytworzonego produktu. Najlepszymi właściwościami przeciwzatarciowymi charakteryzuje się smar C, który wytworzono na oleju rzepakowym (roślinna baza olejowa), natomiast najslabsze właściwości posiada smar A, w którym jako olej bazowy zastosowano parafinę o wysokiej czystości (mineralna baza olejowa). Różnica w obciążeniu zespawania między smarem A i smarem C wynosi 58,7% na korzyść produktu wytworzonego na roślinnej bazie olejowej. Także lepsze właściwości przeciwzatarciowe od smaru A, w którym jako bazę olejową zastosowano mineralny olej parafinowy, posiada smar B wytworzony na syntetycznym oleju PAO. Z przeprowadzonej analizy wynika więc, że najkorzystniejsze właściwości przeciwzatarciowe posiada środek smarowy, w którym zastosowano roślinną bazę olejową, a najmniej korzystne właściwości stwierdzono w przypadku smaru wytworzonego na mineralnym oleju bazowym.

Miarą właściwości przeciwzatarciowych badanych kompozycji smarowych w warunkach zacierania jest graniczny nacisk zatarcia  $f_{oz}$ . Uzyskane wyniki badania tego parametru przedstawiono na **Rys. 2**.



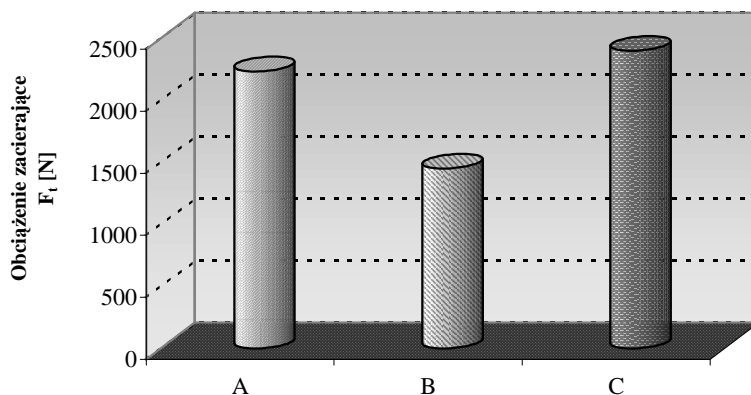
**Rys. 2. Graniczny nacisk zatarcia węzła tarcia smarowanego kompozycjami z różnymi olejami bazowymi**

Fig. 2. Limiting pressure of seizure of tribosystem lubricated compositions with different basis oils

Wyznaczone wartości granicznego nacisku zatarcia wykazały, że zastosowanie oleju roślinnego w postaci rzepaku jako bazy olejowej ekologicznych smarów plastycznych, najkorzystniej wpływa na poprawę właściwości przeciwzatarciowych. Najwyższą wartością  $f_{oz}$  charakteryzuje się kompozycja C, gdzie jako fazę dyspergującą zastosowano olej rzepakowy. Natomiast najniższą wartość tego parametru posiada smar B, który został wytworzony na oleju syntetycznym PAO. Różnica właściwości przeciwzatarciowych między smarami A i B, które wytworzono na parafinie (A) i polialfaolefinie (B) wynosi 18%, natomiast między kompozycją A a kompozycją C wynosi 62% na korzyść tej drugiej. Zastosowanie roślinnej bazy olejowej w smarach plastycznych wykazało większy wpływ tych olejów na wzrost odporności warstwy wierzchniej na zacieranie, niż zastosowanie olejów mineralnych czy syntetycznych.

Dla wszystkich sporządzonych kompozycji smarowych wyznaczono właściwości przeciwzatarciowe w warunkach liniowo wzrastającego obciążenia, charakteryzowane obciążeniem zacierającym  $F_t$ . Uzyskane wyniki przedstawia **Rys. 3**.

W zależności od rodzaju zastosowanego oleju bazowego, wartość obciążenia zacierającego ulegała zmianom. Najniższą wartość  $F_t$  zaobserwowano dla smaru B, natomiast najwyższą dla smaru C. Różnica między najwyższą a najniższą wartością omawianego parametru wynosiła 40%. Najlepsze właściwości

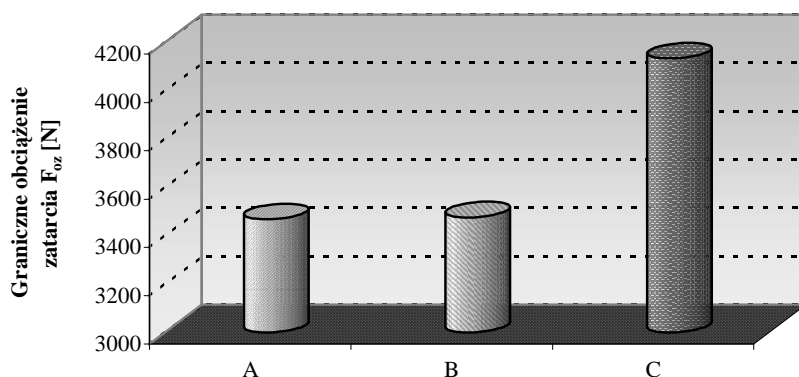


**Rys. 3. Obciążenie zacierające węzeł tarcia smarowany kompozycjami z różnymi olejami bazowymi**

Fig. 3. Scuffing load of tribosystem lubricated compositions with different basis oils

przeciwzatarciowe posiada smar wytworzony na oleju rzepakowym. Nieznacznie gorsze właściwości charakteryzujące zdolność filmu smarnego do przeniesienia obciążeń posiada kompozycja oparta na mineralnej bazie olejowej (smar A). Natomiast najgorsze właściwości charakteryzujące trwałość filmu smarnego posiada kompozycja smarowa, w której jako olej bazowy zastosowano polialfaolefinę (smar B). Rodzaj użytego oleju bazowego ma wpływ na zmianę właściwości przeciwzatarciowych badanych kompozycji smarowych. Najwyższą trwałość filmu smarnego zapewnia zastosowanie oleju rzepakowego jako bazy olejowej smarów plastycznych, który umożliwi uzyskanie smaru o największej wartości  $F_t$ .

Wyznaczono także graniczne obciążenie zatarcia węzła tarcia smarowanego badanymi kompozycjami smarowymi. Uzyskane wyniki przedstawia **Rys. 4**.

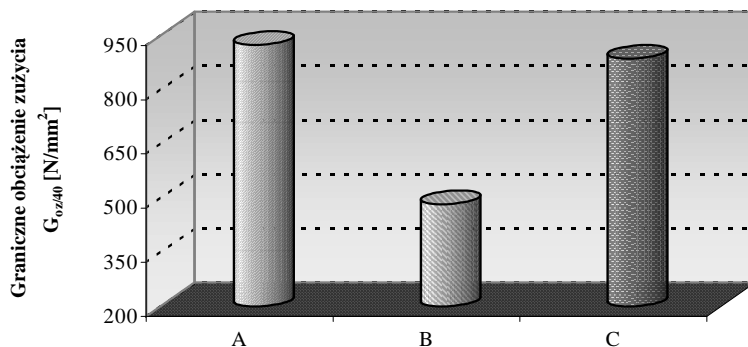


**Rys. 4. Graniczne obciążenie zatarcia węzła tarcia smarowanego kompozycjami z różnymi olejami bazowymi**

Fig. 4. Limiting load of scuffing of tribosystem lubricated compositions with different basis oils

Graniczne obciążenie zatarcia  $F_{oz}$  pozwala określić poziom właściwości przeciwzatarciowych badanych smarów plastycznych. Najwyższą wartość tego parametru zaobserwowano dla kompozycji C, natomiast smary A i B charakteryzują się porównywalnymi wartościami granicznego obciążenia zatarcia. Różnica w wartości wyżej wymienionego parametru między smarem C a smarami A i B wynosi 16% na korzyść kompozycji C. Zastosowanie oleju roślinnego w postaci rzepaku spowodowało poprawę właściwości przeciwzatarciowych badanych kompozycji smarowych w stosunku do smarów plastycznych, w których jako olej bazowy zastosowano polialfaolefinę lub parafinę.

Właściwości przeciwzużyciowe badanych smarów plastycznych zweryfikowano poprzez wyznaczenie granicznego obciążenia zużycia  $G_{oz/40}$  wężła tarcia smarowanego ocenianymi kompozycjami. Uzyskane wyniki przedstawia **Rys. 5.**



**Rys. 5. Graniczne obciążenie zużycia wężła tarcia smarowanego kompozycjami z różnymi olejami bazowymi**

Fig. 5. Limiting load of wear of tribosystem lubricated compositions with different basis oils

Najwyższą wartość granicznego obciążenia zużycia posiada kompozycja A, która została wytworzona poprzez wprowadzenie krzemionki modyfikowanej w postaci Aerosilu<sup>R</sup> do mineralnej bazy olejowej. Natomiast najniższą wartość parametru  $G_{oz/40}$  posiada kompozycja B, w której jako bazę olejową zastosowano syntetyczny olej w postaci polialfaolefiny. Kompozycja smarowa wytworzona na oleju mineralnym posiada większą o 91% ochronę przeciwzużyciową niż smar plastyczny wytworzony na oleju syntetycznym. Natomiast kompozycja wytworzona na oleju roślinnym posiada bardzo dobre właściwości przeciwzużyciowe, porównywalne z kompozycją, w której jako olej bazowy zastosowano parafinę o czystości farmaceutycznej. Stwierdzono, że najkorzystniejszy wpływ na właściwości przeciwzużyciowe badanych kompozycji smarowych mają oleje mineralne i roślinne. Natomiast stosowanie syntetycznych olejów bazowych do



wytworzenia smarów plastycznych dla przemysłu spożywczego nie warunkuje skutecznej ochrony przeciwzużyciowej.

Kryteria jakości środków smarowych, szczególnie dla przemysłu spożywczego, są ustalane indywidualnie przez producentów maszyn. W wyniku przeprowadzonej analizy rynku można stwierdzić, że kompozycje smarowe, które posiadają  $G_{oz/40} \geq 600 \text{ N/mm}^2$ , mają bardzo dobre właściwości przeciwzużyciowe, te, których graniczne obciążenie zużycia mieści się w przedziale 400–600  $\text{N/mm}^2$ , zapewniają skuteczną ochronę przeciwzużyciową, natomiast jeśli  $G_{oz/40} < 400 \text{ N/mm}^2$ , to mówimy wtedy o niedostatecznych właściwościach przeciwzużyciowych.

Rodzaj zastosowanego oleju bazowego w kompozycjach smarowych, a szczególnie jego lepkość, ma duży wpływ na wartość podstawowych parametrów tribologicznych badanych smarów plastycznych. Im wyższa lepkość fazy dyspergującej, tym mniejsza skłonność do zużywania tribologicznego. Można to tłumaczyć zwiększeniem grubości filmu olejowego, co pozwala zmniejszyć częstotliwość styku nierówności powierzchni.

Zawartość w oleju roślinnym kwasów w formie nasyconej i nienasyconej oraz dodatek witamin wpływa pozytywnie na wartości poszczególnych parametrów określających właściwości tribologiczne badanych kompozycji smarowych. Rozbudowana powierzchnia cząstek krzemionki amorficznej zapewnia wysoką absorbowalność fazy olejowej, co sprzyja efektywności zagęszczania oraz skutecznemu modyfikowaniu właściwości tribologicznych wytworzonej kompozycji smarowej.

Zastosowanie oleju syntetycznego spowodowało zmniejszenie trwałości filmu smarowego, o czym świadczą niższe wartości parametrów określających poziom odporności warstwy wierzchniej na zużycie i zacieranie. Można zakładać, że skuteczność przeciwdziałania zacieraniu będzie zależeć od struktury warstwy granicznej tworzonej przez cząsteczki oleju. Poszczególne cząsteczki oleju w filmie smarowym są luźniej upakowane, co wpływa na zmniejszenie ich wzajemnych oddziaływań, a tym samym na zmniejszenie odporności na zacieranie. Inne zachowanie zaobserwowano w przypadku kompozycji smarowych wytworzonych na oleju roślinnym i mineralnym. Zastosowanie tych olejów spowodowało zwiększenie trwałości filmu smarowego, gdyż poszczególne cząsteczki tych olejów w filmie smarowym są ściślej upakowane, co wpływa na zwiększenie ich wzajemnych oddziaływań, a tym samym na zwiększenie odporności na zacieranie.

W trakcie procesu zacierania wzrastające ciśnienie w strefie tarcia powoduje, że na współpracujących powierzchniach nie ma już filmu smarowego. Działanie ochronne przed unieruchomieniem węzła tarcia są w stanie zapewnić substancje mogące wejść w reakcję z materiałem pary ciernej takie jak krzemionka. Efektem jest uplastycznienie warstwy wierzchniej i ograniczenie możliwości powstawania szepów adhezyjnych.

Parametr  $f_{oz}$  dostarcza informacji o ciśnieniu panującym w strefie tarcia w momencie zatarcia. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że zastosowane oleje bazowe nie wpływają na tworzenie wysokoodpornych na zacieranie warstw wierzchnich. Jednak wyższy parametr  $f_{oz}$  dla kompozycji wytworzonych na oleju roślinnym i mineralnym wskazuje, że charakter tworzonych filmu sprzyja redukcji zużycia.

Zmniejszenie trwałości filmu smarowego kompozycji wytworzonych na oleju polialfaolefinowym, który zazwyczaj tworzy warstwy smarowe o bardzo dużej trwałości, może być spowodowane produktami reakcji tribochemicznych między kompozycją smarową a powierzchnią węzła tarcia.

## PODSUMOWANIE

Przedstawione badania właściwości tribologicznych smarów plastycznych wskazują na istotny wpływ rodzaju oleju na właściwości tribologiczne kompozycji smarowych. Smary plastyczne sporządzone na oleju mineralnym, który posiada niski stopień biodegradacji (ok. 40%), zapewniają skuteczną ochronę przeciwozużyciową, lecz nie zapewniają skutecznej ochrony przeciwzatarciowej w warunkach zacierania. Kompozycje smarowe sporządzone na oleju syntetycznym, którego stopień biodegradacji jest na poziomie 10%, posiadają bardzo słabe właściwości przeciwzatarciowe w warunkach liniowo wzrastającego obciążenia, natomiast właściwości przeciwozużyciowe, mimo że są 2-krotnie słabsze od smarów wytworzonych na oleju mineralnym, to zapewniają skuteczną ochronę przed zużyciem.

Natomiast kompozycja, do wytworzenia której wykorzystano olej roślinny, posiada szereg zalet związanych z łatwością pozyskiwania, nietoksycznością i wysoką biodegradacją (ok. 90%) oleju bazowego. Kompozycja na bazie oleju rzepakowego wykazywała wysoką efektywność ochrony elementów testowych przed zużyciem i zacieraniem. Wyznaczone wartości wskaźników określających właściwości przeciwozużyciowe tej kompozycji były porównywalne do wartości uzyskanych po badaniu kompozycji na oleju mineralnym. Natomiast właściwości przeciwzatarciowe kompozycji na oleju roślinnym były przeszło 2-krotnie lepsze od kompozycji sporządzonych na oleju mineralnym czy syntetycznym.

Uzyskane rezultaty pozwalają na stwierdzenie, że właściwości smarne badanych kompozycji ulegają istotnej zmianie w zależności od zastosowanego oleju bazowego. Niektóre z olejów bazowych są bardzo skuteczne przeciwozużyciowo (olej parafinowy i rzepakowy), inne są niezwykle odporne na zacieranie (olej rzepakowy). Wynika z tego, że kompozycje smarowe wytworzone na olejach roślinnych posiadają najkorzystniejsze właściwości smarne i z powodzeniem można je stosować jako fazę dyspergującą smarów plastycznych.

Celowe jest prowadzenie badań nad wyjaśnieniem mechanizmu tak skutecznego działania olejów mineralnych i roślinnych w krzemionkowych smarach plastycznych. Wymaga to badań stanu warstwy wierzchniej oraz zmian zachodzących po testach tribologicznych w głębszych warstwach badanych kompozycji smarowych na spektrometrze fotoelektronowym XPS. Należy także przeprowadzić badania nad smarami zagęszczanymi, np.: 12-hydroksystearynianem litu, stearynianem wapnia czy politetrafluoroetylenem.

## WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych badań tribologicznych pozwalają stwierdzić, że:

- zastosowanie oleju roślinnego do wytwarzania kompozycji smarowych wykazuje dużą skuteczność ochrony wężła tarcia przed zużyciem i zacieraaniem,
- zastosowanie oleju mineralnego do wytwarzania kompozycji smarowych zapewnia skuteczną ochronę przeciwzużyciową, lecz nie zapewnia skutecznej ochrony przeciwzatarciowej w warunkach zacierania,
- kompozycje smarowe na bazie oleju syntetycznego charakteryzują się bardzo słabymi właściwościami przeciwzatarciowymi w warunkach liniowo wzrastającego obciążenia oraz właściwościami przeciwzużyciowymi ponad 2-krotnie słabszymi od smarów wytworzonych na oleju mineralnym czy roślinnym,
- zmiana właściwości tribologicznych badanych smarów plastycznych zależy od budowy chemicznej fazy dyspergującej oraz oddziaływań między składnikami kompozycji smarowej a elementami konstrukcyjnymi maszyn,
- tworzona przez cząsteczki oleju roślinnego i mineralnego ściśle upakowana warstwa adsorpcyjna, obecna na powierzchni stali, przeciwdziała zużyciu,
- produkty reakcji tribochemicznych między kompozycją smarową a powierzchnią wężła tarcia wpływają w znaczący sposób na właściwości tribologiczne badanych kompozycji smarowych,
- lepkość fazy dyspergującej wpływa na wartość parametrów charakteryzujących właściwości tribologiczne badanych kompozycji smarowych.

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

## LITERATURA

1. Bartyzel A., Niekonwencjonalne oleje bazowe, Nafta-Gaz 9/2008, s. 619–626.
2. Steinmec F., Kierunki rozwoju jakości olejów bazowych smarowych, Nafta-Gaz 12/2003, s. 607–616.

3. Mang T., Dresel W., *Lubricants and lubrication*. Weinheim, Germany: Wiley VCH; 2001.
4. Czarny R., *Smary plastyczne*, WNT, Warszawa 2004, s. 40–41.
5. Janecki J., Drabik J., Pawelec E., Bajer J., *Sprawozdanie z realizacji działalności statutowej nt: Badanie wpływu biodegradowalnych baz olejowych na właściwości smaru plastycznego*, Radom 1998.
6. Janecki J., Drabik J., Pawelec E., Bajer J., *Uruchomienie produkcji nietoksycznych środków smarowych przeznaczonych do maszyn i urządzeń przemysłu spożywcze-go*. Program celowy, ITeE, Radom 1997–2000.
7. Bajer J., Janecki J., *Syntetyczny ekologiczny smar łożyskowy*, *Problemy Eksploatacji* 4/2000.
8. Bartz W.J., *Lubricants and the environment*, *Tribology International*, 31, 1998, s. 35–47.
9. Havet L., Blouet J., Robbe Valloire F., Brasseur E., Słomka D., *Tribological characteristics of some environmentally friendly lubricants*, *Wear*, 248, 2001, s. 140–146.
10. Fiszer S., Szałajko U., *Oleje roślinne jako substytuty środków smarowych pochodzenia naftowego – Nafta-Gaz* 3/2000, s. 181–186.
11. Wiggins G., *Biodegradable vegetable oil grease – Journal of Cleaner Production*, 1,2/1997, s. 180.
12. Erhan S. Z., Asadauskas S., *Lubricant basestocks from vegetable oils*, *Industrial Crops and Products*, 2,3/2000, s. 277–282.
13. Beran E., *Experience with evaluating biodegradability of lubricating base oils*, *Tribology International* 12/2008, s. 1212–1218.
14. Pettersson A., *High-performance base fluids for environmentally adapted lubricants – Tribology International*, 40, 2007, s. 638–645.
15. Moon M., *How clean are your lubricants?*, *Trends in Food Science & Technology*, 18, 2007, s. 74–88.
16. Beran E., *Structurally Modified Polyglycols as Biodegradable Basestock for Lubricants*. 13<sup>th</sup> International Colloquium Tribology Esslingen 2002.
17. Janecki J., Bajer J., Drabik J., Pawelec E., *Wpływ syntetycznej fazy dyspergującej na charakterystyki tribologiczne plastycznego środka smarowego*. POLTRIB'99, Szczyrk 1999.
18. *Nanonauka i nanotechnologia. Narodowa strategia dla Polski-raport-MNiSzW*, Warszawa 2006.
19. Malesa M., *Nanonapełniacze kompozytów polimerowych. Cz. II Krzemionka, Elastomery* 2/2006, s. 10–15.
20. Rodgers B., Dekker M., *Rubber Compounding Chemistry and Applications*, Inc. New York 2004.
21. Żarczyński A., Dmowska A., *Napełniacze mieszanek gumowych*, WNT, Warszawa 1970.
22. De S.K., White J.R., *Poradnik technologa gumy (wydanie polskie)* Instytut Przemysłu Gumowego „Stomil”, 2003.
23. Olejnik M., *Nanokompozyty polimerowe – rola nanododatków*, *Techniczne Wyroby Włókiennicze*, 2008, s. 25–31.

24. Górską K., Właściwości smarne. Część 2 – Maszyna czterokilowa, Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji 19/1995, s. 19–24.
25. Górską K., Właściwości smarne i przeciwzużyciowe. Część 3 – Maszyny do badania zjawisk w strefie tarcia, Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji 27/1996, s. 22–26.
26. Piekoszewski W., Szczerek M., Tuszyński W., Modyfikacja czterokulowego testu tribologicznego, Tribologia 5, 6/1997.
27. Leśniewski T., Krawiec S., The effect of ball hardness on four-ball wear test results, Wear, 264, 2008, s. 662–670.

## Summary

**In this article, the author presents the results of investigations on the influence of the dispersion phase on the lubricating properties of selected lubricated compositions. For production lubricating greases, mineral, synthetic, and vegetable oil bases are thickened with modified silica to form Aerosil<sup>R</sup>.**

**The investigation of tribological properties were carried out for lubricating greases made on different oils bases and the obtained results were compared to account for the influence of the kind of dispersion phase on the value of research parameters. The results of investigations on the limiting load of wear, weld point, scuffing load, the limiting load of scuffing, and the limiting pressure of seizure were used for the estimation of tribological properties.**

**Using the results of the tribological investigations, we were able to ascertain the most advantageous compositions for the antiwear properties of lubricating greases that influence vegetable oil; however, the best protections against anti-scuffing are mineral oils of pharmaceutical purity.**

