

Jolanta DRABIK*

WPLYW DODATKÓW NA CHARAKTERYSTYKI TRIBOLOGICZNE SMARÓW PLASTYCZNYCH

THE EFFECT OF ADDITIVES ON THE TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GREASES

Słowa kluczowe:

smary plastyczne, dodatki, odporność oksydacyjna, właściwości smarne

Key words:

greases, additives, oxidation stability, lubricating properties

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań tribologicznych realizowanych w obecności modyfikowanych smarów plastycznych. Zbadano wpływ warunków tarcia oraz dodatków typu polimerowego i fulerenowych nanostruktur węglowych na charakterystyki tribologiczne smarów plastycznych. Testy zużyciowe realizowano w warunkach izotermicznych, w trzech różnych temperaturach. Po testach oceniono wpływ warunków tarcia na zmiany zachodzące na powierzchni tarcia oraz na zmianę jakości badanych smarów. Do identyfikacji zmian zachodzących w warstwie wierzchniej pod wpływem tarcia zastosowano technikę SEM/EDS. Natomiast do oceny zmian odporności oksydacyjnej sma-

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

rów wykorzystano różnicową kalorymetrię skaningową DSC. Zastosowane dodatki wyraźnie wpłynęły na stabilność oksydacyjną oraz na skuteczność działania smarów w warunkach testu, szczególnie w podwyższonej temperaturze.

WPROWADZENIE

Zapewnienie trwałości eksploatacyjnej skojarzeń trących, odpowiedniej do warunków pracy węzłów kinematycznych jest jednym z ważniejszych aspektów eksperymentalnych badań tribologicznych, które uwzględniają między innymi zagadnienia kształtowania warstwy wierzchniej poprzez dobór materiałów konstrukcyjnych, specjalną obróbkę ich powierzchni, nanoszenie cienkich powłok w celu zwiększenia trwałości węzła tarcia czy dobór odpowiednich środków smarowych, w tym również o mniejszej uciążliwości dla środowiska naturalnego [L. 1–4]. Ważną rolę w systemie tribologicznym spełniają środki smarowe, które w zależności od rodzaju materiałów węzłów tarcia i warunków ich pracy mogą w istotny sposób przyczynić się do modyfikacji technologicznej warstwy wierzchniej i ukonstytuowania się eksploatacyjnej warstwy wierzchniej. Środki smarowe na bazie surowców naftowych charakteryzują się korzystnymi właściwościami eksploatacyjnymi, jednak mogą one stanowić istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego poprzez emisję do otoczenia szkodliwych produktów przemian powstających w trakcie użytkowania. W związku z tym wzrosło zainteresowanie olejami naturalnymi jako zamiennikami olejów ropopochodnych ze względu na poszukiwanie baz surowcowych wysokiej jakości zarówno pod względem eksploatacyjnym, jak i ekologicznym [L. 5–10]. Podejmowane działania na rzecz ochrony środowiska naturalnego w produkcji środków smarowych związane są z modernizacją procesu przeróbki ropy naftowej w celu wytwarzania głęboko rafinowanych olejów naftowych jak również z rozwojem technologii otrzymywania nietoksycznych środków smarowych na bazie olejów odnawialnych, wykazujących jednocześnie zdolność do rozkładu przez mikroorganizmy [L. 11–13].

Zgodnie z wymaganiami ustawodawczymi dotyczącymi ochrony środowiska perspektywny jest rozwój proekologicznych środków smarowych, co wiąże się z ich eksploatacją w warunkach, w których ich przenikanie do gleby i wód jest nieuniknione, np. rolnictwo czy leśnictwo [L. 14–15]. Kluczowym zagadnieniem jest kształtowanie ich właściwości eksploatacyjnych poprzez ilościowy i jakościowy dobór komponentów, w tym nietoksycznych i biodegradowalnych baz olejowych czy dodatków uszlachetniających [L. 16–18]. Trwałość eksploatacyjna smarowanych węzłów trących zależy między innymi od zawartości dodatków funkcjonalnych, których zadaniem jest ochrona przed nadmiernym zużyciem powierzchni roboczych [L. 19–20]. Identyfikacja mechanizmu oddziaływania komponentów aktywnych z roboczą powierzchnią

tarcia umożliwia odpowiedni dobór ilościowy i jakościowy dodatków do środków smarowych zdeterminowany rodzajem wymuszeń mechanicznych. Dodatki zawierają aktywne pierwiastki, które podczas pracy węzła tarcia pod wpływem oddziaływania czynników środowiska mogą ulegać przemianom chemicznym w kontakcie z materiałem podłoża [L. 21–23].

Zmiany zachodzące w środkach smarowych podczas eksploatacji związane są przede wszystkim z warunkami pracy węzłów tarcia, a w szczególności z oddziaływaniem wymuszeń mechanicznych czy czynników utleniających, co w konsekwencji może prowadzić do uszkodzenia współpracujących elementów trących. W tym kontekście zasadne jest podejmowanie badań dotyczących oceny kinetyki zmian jakości nowo opracowanych środków smarowych zachodzących pod wpływem wymuszeń cieplnych i mechanicznych. Wymaga to przeprowadzenia testów w modelowych węzłach tarcia, w zróżnicowanych warunkach oraz zastosowania wielu metod analitycznych do identyfikacji zachodzących zmian pod wpływem czynników destrukcyjnych oddziałujących na system tribologiczny.

Celem pracy było zbadanie wpływu warunków tarcia na charakterystyki tribologiczne modyfikowanych smarów plastycznych, które zawierały dodatki uszlachetniające. Zaprezentowano wyniki testów tribologicznych realizowanych w warunkach wymuszeń mechanicznych i cieplnych. Zbadano i oceniono wpływ temperatury pracy węzła tarcia smarowanego smarami plastycznymi na zużycie elementów węzła tarcia oraz na zmianę odporności oksydacyjnej badanych smarów.

PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były smary plastyczne opracowane na bazie litowego zagęszczacza mydlanego i atestowanego oleju mineralnego typu *Finavesta*, modyfikowane dodatkami polimerowym (T) i fulerenowymi nanostrukturami węglowymi (F). Zastosowany polimerowy dodatek (T) stanowi mieszaninę *Tarflennu* i krzemionki płomieniowej, która przeciwdziała aglomeracji polimeru oraz umożliwia jego równomierne zdyspergowanie w smarze plastycznym. Polimer zastosowano jako dodatek przeciwzużyciowy, natomiast fulerenowych nanostruktur węglowych (F) użyto jako dodatek smarny i jednocześnie jako dodatek poprawiający odporność smaru plastycznego na proces utleniania. Skład wytworzonych smarów plastycznych oraz oznaczenia smarów zamieszczono w **Tabeli 1**.

Do oceny odporności na utlenianie badanych smarów plastycznych zastosowano różnicową kalorymetrię skaningową DSC, prowadząc pomiary w warunkach dynamicznych, przy liniowo wzrastającej temperaturze. Warunki prowadzenia oznaczeń były jednakowe dla wszystkich próbek, a mianowicie: zakres temperatury pomiaru od 20 do 400°C, szybkość nagrzewania 10°C/min, stały przepływ tlenu O₂. Na podstawie uzyskanych krzywych DSC wyznaczono

temperaturę początku utleniania (OOT) ocenianych smarów, co umożliwiło zbadanie wpływu rodzaju zastosowanych dodatków na odporność oksydacyjną smarów.

Testy tribologiczne prowadzono na testerze T11, w skojarzeniu typu kul-tarcza, w warunkach izotermicznych, w trzech różnych temperaturach $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $t_3 = 120^\circ\text{C}$, przy stałym obciążeniu wężła tarcia 50 N i prędkości poślizgu 0,25 m/s, na drodze tarcia 3000 m. Elementy testowego wężła tarcia, zarówno tarcza, jak i kulka wykonane były ze stali łożyskowej 100Cr6.

Tabela 1. Przedmiot badań i oznaczenie smarów plastycznych

Table 1. The subject of research and designation of greases

Smar plastyczny	Rodzaj dodatku		Metoda badań				
			technika DSC		test tribologiczny – tester T11		
	polimerowy T	nanostruktury węglowe F	Oznaczenie próbek smaru				
			przed	po teście	t_1 20°C	t_2 60°C	t_3 120°C
Smar P	-	-	P	P _{t₁} P _{t₂} P _{t₃}	P _{t₁}	P _{t₂}	P _{t₃}
Smar PT	x	-	PT	PT _{t₁} PT _{t₂} PT _{t₃}	PT _{t₁}	PT _{t₂}	PT _{t₃}
Smar PF	-	x	PF	PF _{t₁} PF _{t₂} PF _{t₃}	PF _{t₁}	PF _{t₂}	PF _{t₃}
Smar PTF	x	x	PTF	PTF _{t₁} PTF _{t₂} PTF _{t₃}	PTF _{t₁}	PTF _{t₂}	PTF _{t₃}

W celu zbadania wpływu dodatków na skuteczność działania smarów plastycznych w warunkach testu wyznaczono zależność pomiędzy temperaturą testu a zmianą śladu zużycia stalowego wężła tarcia. Pod wpływem wymuszeń realizowanych podczas testów tribologicznych następują zmiany właściwości smaru, jak również zmianie ulega warstwa wierzchnia współpracujących elementów trących. Oceniono morfologię powierzchni tarcia za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM/EDS), która umożliwia zdiagnozowanie pierwiastków zaadsorbowanych na powierzchni tarcia. Po testach wyznaczono również odporność oksydacyjną smarów za pomocą techniki DSC, co umożliwiło ocenę wpływu temperatury pracy wężła tarcia na zmianę odporności na proces utleniania badanych smarów.

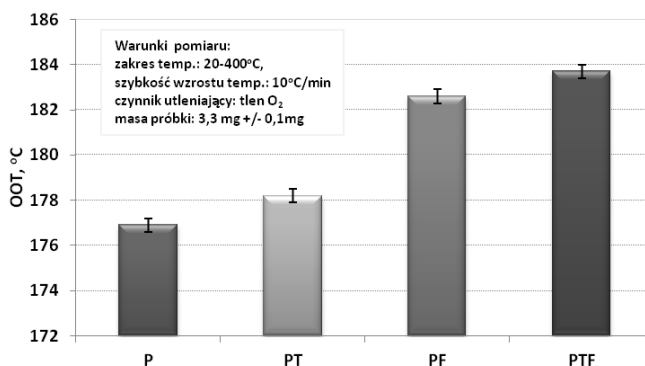
WYNIKI BADAŃ

Na podstawie analizy termicznej oceniono wpływ rodzaju zastosowanego dodatku na odporność oksydacyjną badanych smarów plastycznych.

Z uzyskanych krzywych DSC wyznaczono dla każdego badanego smaru temperaturę początku utleniania OOT, która świadczy o odporności smaru na proces utleniania (**Rys. 1**). Przy czym im wyższa temperatura, tym smar charakteryzuje się wyższą odpornością oksydacyjną, co świadczy o wyższej odporności na destrukcyjne działanie czynników utleniających. Parametr ten jest szczególnie ważny w przypadku smarów plastycznych przeznaczonych do eksploatacji w warunkach oddziaływania podwyższonej temperatury.

Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że smary zawierające fulereny (PF i PTF) wykazują wyższą odporność oksydacyjną niż smar P bez dodatku oraz smar PT zawierający wyłącznie dodatek polimeru. Uzyskane rezultaty potwierdziły skuteczność działania fulerenowych nanostruktur węglowych w zakresie przeciwdziałania utlenianiu badanych smarów plastycznych, co skutkowało podwyższeniem ich odporności oksydacyjnej.

Wyniki tych oznaczeń stanowiły podstawę do oceny zmiany odporności oksydacyjnej smarów pod wpływem wymuszeń cieplnych i mechanicznych realizowanych w testach tribologicznych.

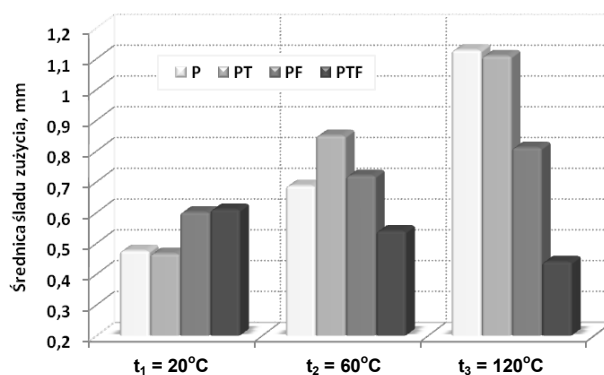


Rys. 1. Wpływ rodzaju dodatku na odporność oksydacyjną smaru plastycznego

Fig. 1. Influence of the type of additive on oxidation of resistance grease

Charakterystyki tribologiczne smarów plastycznych wyznaczono za pomocą testera T11, w temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $t_3 = 120^\circ\text{C}$ przy stałym obciążeniu, prędkości oraz zachowując jednakową drogę tarcia. Po testach oceniono wielkość śladów zużycia na kulkach skojarzenia trącego typu kula-tarcza w zależności od temperatury pracy węzła tarcia smarowanego badanymi smarami plastycznymi (**Rys. 2**). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury nastąpił wyraźny wzrost zużycia w przypadku elementów węzła tarcia

smarowanego zarówno smarem bez dodatków (smar P), jak i smarami zawierającymi tylko polimer (smar PT) czy fulerenowe nanostruktury węglowe (smar PF). Natomiast, gdy zastosowano smar PTF zawierający łącznie te dwa dodatki, w temperaturze pracy węzła tarcia t_2 oraz t_3 zaobserwowano spadek zużycia, co świadczy o skuteczniejszej ochronie węzła tarcia przed zużyciem niż w przypadku pozostałych badanych smarów.



Rys. 2. Wpływ temperatury pracy smarowanego węzła tarcia na wielkość zużycia kulki – stosowane smary P, PT, PF, PTF

Fig. 2. Influence of temperature of operating friction on wear of the balls – used lubricants P, PT, PF, PTF

W przypadku zastosowania pojedynczych dodatków w smarze zawierających tylko polimer (smar PT) lub tylko fulerenowe nanostruktury węglowe (smar PF) oraz dla smaru bez dodatków nie obserwowano takiego efektu. W każdym przypadku warunki prowadzonych testów były jednakowe, stąd obserwowane różnice mogą wynikać z korzystnego współdziałania polimeru z fulerenami, na który istotny wpływ ma wyższa temperatura. Efekt ten prawdopodobnie uzyskano dzięki zachodzącym pod wpływem temperatury (t_2 , t_3) reakcjom chemicznym między dodatkami, a powstające produkty zmodyfikowały warstwę wierzchnią i tym samym zwiększyły jej odporność na zużycie.

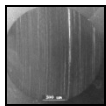



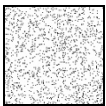
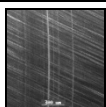


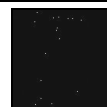
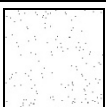
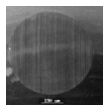

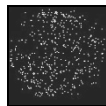

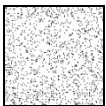
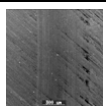


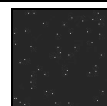
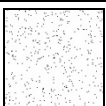
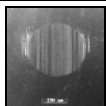

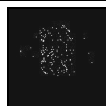

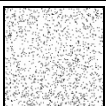
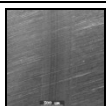
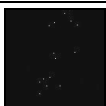
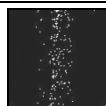
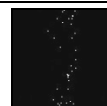
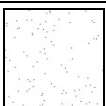
W celu zdiagnozowania zaadsorbowanych na powierzchni śladów zużycia pierwiastków chemicznych wykorzystano mikroanalizę rentgenowską z dyspersją energii SEM/EDS. Po testach z udziałem badanych smarów plastycznych, realizowanych w temperaturze $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $t_3 = 120^\circ\text{C}$, bez i z dodatkami funkcjonalnymi, przeprowadzono analizę powierzchni tarcia elementów skojarzenia kula–tarcza. W **Tabeli 2** przedstawiono przykładowe obrazy SEM oraz mapy EDS rozmieszczenia na powierzchni tarcia zidentyfikowanych pierwiastków po testach prowadzonych w najwyższej temperaturze t_3 .

Na podstawie analizy rentgenograficznej EDS, porównując zawartość pierwiastków zaadsorbowanych na ocenianych powierzchniach stwierdzono, że

wprowadzenie dodatków do badanych smarów powoduje zmianę ilości żelaza na powierzchniach z jednoczesną zmianą zawartości procentowej badanych pierwiastków węgla, tlenu, krzemu, co może świadczy o przenoszeniu składników zastosowanych dodatków uszlachetniających na powierzchnię kulki i tarczy.

Tabela 2. Przykładowe obrazy skaningowe SEM powierzchni śladów tarcia z analizą EDS rozmieszczenia pierwiastków na powierzchni kulki i tarczy po testach prowadzonych w temperaturze 120°C

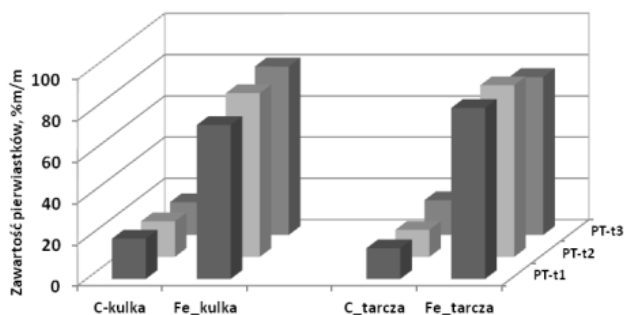
Table 2. Examples of an SEM images of the surface of the friction tracks of EDS analysis of the distribution of elements on the surface of the ball and disc after tests carried out at 120°C

Rodzaj smaru	Obraz SEM śladu tarcia		Rozkład pierwiastków w śladzie tarcia			
			Węgiel C	Tlen O	Krzem Si	Żelazo Fe
P-t ₃	kula					
	tarcza					
PT-t ₃	kula					
	tarcza					
PTF-t ₃	kula					
	tarcza					

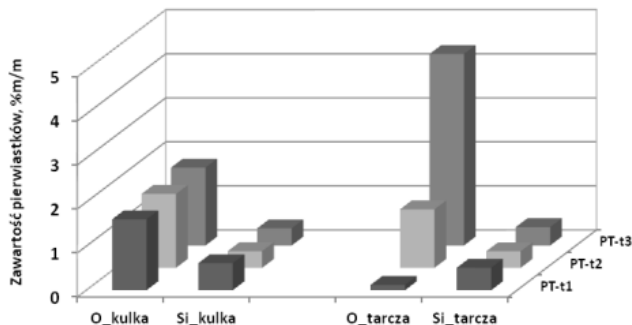
W przypadku smaru plastycznego modyfikowanego polimerem (smar PT) badania techniką EDS powierzchni kulki i tarczy po testach potwierdziły zwiększenie sygnałów tlenu, krzemu i węgla, co wskazuje na obecność pierwiastków pochodzących od zastosowanego dodatku polimerowego T zmodyfikowanego krzemionką (**Tab. 2**). Prawdopodobnie warunki testu spowodowały, że na powierzchni kulki i tarczy zostały one zaadsorbowane. Najwyższą zawartość tych pierwiastków zidentyfikowano po teście wykonanym w temperaturze t₃,

co skutkowało zwiększeniem zużycia kulki w porównaniu ze zużyciem występującym w niższych temperaturach pracy węzła tarcia t_1 i t_2 (Rys. 2, 3). Analizując powierzchnie śladów tarcia smarowanych smarem PT, stwierdzono, że wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się zawartość tlenu na tarczy, co może mieć wpływ na zwiększenie zużycia (Rys. 2).

a)



b)



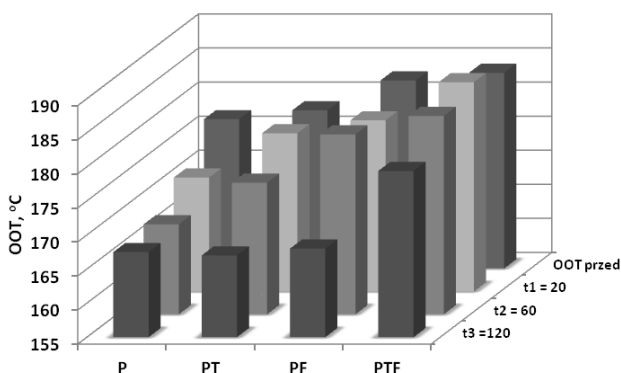
Rys. 3. Przykładowe wyniki analizy EDS z powierzchni kulki i tarczy po teście prowadzonym w środowisku smaru PT; analiza a) węgla i żelaza, b) tlenu i krzemu

Fig. 3. Examples of the results of EDS analysis of the surface of the ball and disc after a test conducted in an environment of grease PT; Analysis a) coal and iron, b) of oxygen and silicon

W przypadku smaru (PTF) zawierającego polimer i fulerenowe nanostruktury węglowe analiza powierzchni śladu tarcia kulki i tarczy metodą EDS wykazała, że na smarowanych powierzchniach zaadsorbowany został przede wszystkim tlen i krzem (Tab. 2). Sygnały tych pierwiastków mogą pochodzić od dodatku krzemionki zastosowanej do modyfikacji polimeru. Natomiast niewielka zawartość w śladach tarcia węgla i jednocześnie zmniejszona zawartość żelaza może świadczyć o naniesieniu na tych powierzchniach produktów o zmienionej strukturze chemicznej powstających w warunkach testu, w tempe-

raturze pracy wężła t_2 i t_3 . Prawdopodobnie powstające podczas testu produkty reakcji chemicznych zmodyfikowały warstwę wierzchnią, co wpłynęło na zwiększenie jej odporności na zużycie (**Rys. 2**). Problem ten wymaga wyjaśnienia i kontynuacji szczegółowych badań dotyczących analizy składu chemicznego zaadsorbowanych na powierzchni tarcia produktów.

Po testach tribologicznych oceniono wpływ temperatury testu ($t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $t_3 = 120^\circ\text{C}$) na zmianę odporności oksydacyjnej smarów plastycznych. Na podstawie uzyskanych krzywych DSC dla każdego z badanych smarów wyznaczono temperaturę początku utleniania OOT (**Rys. 4**).



Rys. 4. Zmiana odporności oksydacyjnej badanych smarów plastycznych po testach prowadzonych w warunkach izotermicznych, w temperaturze t_1 , t_2 , t_3

Fig. 4. Change of oxidation resistance of tested greases after tests conducted under isothermal conditions at a temperature t_1 , t_2 , t_3

Porównując odporność oksydacyjną badanych smarów plastycznych przed i po testach tribologicznych, zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury pracy wężła tarcia wyraźnie obniża się odporność oksydacyjna smarów niezawierających fulerenowych nanostruktur węglowych. Badania wykazały, że dodatek ten umożliwił podwyższenie odporności na proces utleniania smarów i dopasowanie jakości tych smarów do trudnych warunków oddziaływania wymuszeń cieplnych i mechanicznych w procesie tarcia. Smar PTF zawierający łącznie polimer i fulerenowe nanostruktury węglowe wykazuje najwyższą odporność na proces utleniania, jak również na działanie temperatury pracy wężła tarcia. Stwierdzono, że wymuszenia cieplne i mechaniczne w niewielkim stopniu zmieniły odporność oksydacyjną modyfikowanego smaru PTF, co świadczy o jego odporności na destrukcyjne działanie temperatury.

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, że możliwe jest kształtowanie charakterystyk tribologicznych smarów plastycznych poprzez modyfikację odpowiednio dobranymi dodatkami uszlachetniającymi, szczególnie stosując polimer PTFE z dodatkiem fulerenowych nanostruktur węglowych. Przeprowadzone badania działania przeciwzużyciowego smarów plastycznych względem elementów węzła tarcia potwierdziły skuteczność ich działania. Wykazano, że smar zawierający jednocześnie dodatek polimeru i fulerenowych nanostruktur węglowych charakteryzuje się korzystniejszymi właściwościami przeciwzużyciowymi niż smar zawierający pojedyncze dodatki. Poza tym zaobserwowano pozytywny wpływ tych dodatków na odporność oksydacyjną smaru, jak i na jej utrzymanie podczas działania wymuszeń cieplnych i mechanicznych w realizowanych testach. Eksperymenty wykazały, że temperatura pracy węzła tarcia może być czynnikiem stymulującym działanie dodatków, które, modyfikując warstwę wierzchnią, zwiększają jej odporność na zużycie, co bezpośrednio przekłada się na skuteczną ochronę węzła tarcia.

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

LITERATURA

1. Michalczewski R., Piekoszewski W., Szczerek M.: Wpływ rodzaju cienkich powłok na charakterystyki tribologiczne modelowych węzłów tarcia. Tribologia 5/2004, s. 171–180.
2. Szczerek M., Tuszyński W.: Badania tribologiczne. Zacieranie. ITeE, Radom 2000.
3. Gatzert M.M. et al.: Correlation between performance and boundary layers in high speed bearings lubricated with polymer-enhanced greases. Tribology International, 43 (2010) 981–989.
4. Tuszyński W., Piekoszewski W.: Effect of the type and concentration of lubricating additives on the antiwear and extreme pressure properties and rolling fatigue life of a four-ball tribosystem. Lubrication Science, 2006, t. 18, nr 4, s. 309–328.
5. Drabik J.: Charakterystyki tribologiczne smarów plastycznych wytworzonych na modyfikowanych olejach roślinnych. Tribologia 2015, nr 2, s. 31–40.
6. Kleinova A., Fodran P., Brncalova L., Cvangros J.: Substituted esters of stearic acid as potential lubricants. Biomass Bioenergy. 2008; 32; 366–371.
7. Adhvaryu A., Erhan S.Z., Perez J.M.: Preparation of soybean oil-based greases: effect of composition and structure on physical properties. J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 6456–6459.
8. Sharma B.K., Adhvaryu A., Perez J.M., and Erhan S.Z.: Soybean oil based greases: influence of composition on thermo-oxidative and tribochemical behavior. J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 2961–2968 2961.

9. Lawal S.A.: A review of application of vegetable oil-based cutting fluids in machining non-ferrous metals. *Indian Journal of Science and Technology* Vol: 6 Issue: 1 January 2013.
10. Iłowska J., Gniady J., Kozupa M., Drabik J.: Stabilizacja ekologicznych środków smarowych otrzymywanych na bazie oleju rzepakowego. *Przem. Chem.*, 2011, 90 (10), s. 1818–1822.
11. Bartz W.J., *Ecotribology: Environmentally acceptable tribological practices*. *Tribol. Int.*, 2006, 39, 728–733.
12. Matthew T.S., Nader S., Bigyan A., Lambert A.D.: Influence of fatty acid composition on the tribological performance of two vegetable-based lubricants. *Journal of Synthetic Lubrication* 2007; 24:101–10.
13. Lawal S.A.: A review of application of vegetable oil-based cutting fluids in machining non-ferrous metals. *Indian Journal of Science and Technology* Vol: 6 Issue: 1 January 2013.
14. Rogoś E., Urbański A.: Biodegradowalny olej hydrauliczny o podwyższonych właściwościach smarnych. *Tribologia* nr 2/2009, s. 201–211.
15. Nagendramma P., Kaul S.: Study of complex esters as automotive gear lubricants. *Journal of Synthetic Lubrication*, 25 (May) (2008), pp. 131–136.
16. Bystrzejewski M., Huczko A., Lange H., Drabik J., Pawelec E.: Influence of C60 and fullerene soots on the oxidation resistance of vegetable oils. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* (2007), 15:6, pp. 427–438.
17. Drabik J., Trzos M.: Improvement of the resistance to oxidation of the ecological greases by the additives. *J Therm Anal Calorim* 2013, 10.1007/s10973-013-3090-7.
18. Krawiec S.: On the mechanism of the synergistic effect of PTFE and copper in lithium grease lubricant. *Industrial Lubrication and Tribology*. Vol. 63, no 3, 2011.
19. Drabik J.: Trwałość użytkowa i stabilność oksydacyjna modyfikowanych smarów plastycznych. *Tribologia* 4/2014, s. 33–41.
20. Shiller P.: The effect of boron additives in grease on fretting wear. *NLGI Spokesman*, Vol. 72, No 11, 2009.
21. Matuszewska A., Grądkowski M., Makowska M.: Optymalizacja zawartości dodatków smarnych w modelowych kompozycjach smarowych. *Tribologia*, 2/2013, s. 169–182.
22. Aswath P., Patel K., Munot S., Elsenbaumer R.L.: Development of a high performance low molybdenum disulfide grease. *NLGI Spokesman* Vol. 70, No. 11, 2007.
23. Jiang S., Li S., Liu L., Wang L.: The tribological properties and tribochemical analysis of blends of poly alpha-olefins with neopentyl polyol esters. *Tribology International*, January, 2015.

Summary

The article presents the results of tribological investigations carried out in the presence of modified greases. The effects of friction conditions and additives like polymers and fullerene carbon nanostructures on the tribological characteristics of greases were investigated. The testing was carried out using a tester under isothermal conditions. After tests, changes in the friction surface and changes in the quality of greases were evaluated. To identify changes in the surface layer due to the friction, SEM/EDS analysis was applied. The change in the oxidation resistance of lubricants was determined by differential scanning calorimetry, DSC. Based on the results, the possible uses of lubricants under mechanical and thermal conditions were evaluated. The additives investigated have clearly changed the properties of the grease and their effects depend on the test temperature.