

## MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA BIODEGRADOWALNYCH SMARÓW PLASTYCZNYCH W EKSPLOATACJI MASZYN ROBOCZYCH

### Streszczenie

*W referacie omówiono podstawowe wymagania jakie powinien spełniać smar plastyczny przeznaczony do nowoczesnych maszyn roboczych. Przedstawiono wstępne wyniki badań nowo opracowanego biodegradowalnego, wysokojakościowego smaru spełniającego parametry założone w projekcie. Podano również założenia do dalszych prac mających na celu otrzymanie w skali produkcyjnej stabilnego pod względem jakościowym biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych*

### WSTĘP

Współczesne maszyny robocze stawiają szereg szczególnych wymagań jakościowych dla smarów plastycznych, takich jak:

- wyjątkowo duża różnorodność skojarzeń trących, która powoduje pewne komplikacje przy stosowaniu smarów plastycznych,
- szeroki zakres temperatur roboczych - w naszej strefie klimatycznej jest to zakres temperatur od  $-35\text{ oC}$  do  $+35\text{ oC}$ . Zakres temperatur pracy poszczególnych mechanizmów jest znacznie szerszy i graniczna temperatura wzrasta nawet do  $+160\text{ oC}$  w wyniku tarcia lub kontaktu z elementami podgrzewanymi,
- dążenie do wydłużenia okresów wymiany smaru, który ma na celu ograniczenie zakresu i częstotliwości obsługi maszyn,
- ograniczenie asortymentu stosowanych smarów plastycznych w celu uproszczenia procesu obsługi i eliminowania możliwości zastosowania niewłaściwego smaru do skojarzenia trącego,

Dodatkowym, lecz coraz częściej stosowanym wymaganiem dla substancji smarujących jest ich biodegradowalność. Biodegradowalność, jak również nietoksyczność produktów smarowych to parametry, które stają się głównym kryterium przy doborze substancji do smarowania węzłów tarcia mających bezpośrednią styczność z żywnością i roślinnością, a także pracujących w środowisku wody i gleb.

### 1. WYMAGANIA MINIMALNE STAWIANE SMAROM PLASTYCZNYM PRZEZNACZONYM DO SMAROWANIA SKOJARZEŃ TRĄCYCH MASZYN ROBOCZYCH

Wymagania minimalne dla smarów przeznaczonych do stosowania w maszynach roboczych można sformułować następująco [1, s. 183]:

- najniższa temperatura robocza –  $35\text{ oC}$ ,
- najwyższa temperatura robocza +  $160\text{ oC}$  (w przypadku wielokrotnego „ostrego” hamowania kół
- z hamulcami tarczowymi temperatura pracy łożyska piasty może wzrosnąć do  $160\text{ oC}$ ),
- trwałość użytkowa – co najmniej  $6\ 000\text{ h}$  pracy w temperaturze  $80\text{ oC}$  (praktycznie maksymalna temperatura pracy większości skojarzeń trących w pojazdach mechanicznych),
- podwyższone właściwości smarne (pożądane np. przy arowaniu łożysk stożkowych, przegubów homokinetycznych lub łożysk przegubów Kardana),
- ochrona przed korozją w obecności wody i solanki,
- dobra adhezja do powierzchni metalu,
- odporność na wymywanie wodą,

- kompatybilność z materiałami konstrukcyjnymi,
- biodegradowalność na poziomie min  $70\%$  np. według testu CEC L-33-A-93
- inne wymagania, na przykład właściwości przeciwfrettingowe, eliminacja zjawiska Bruneilla (rodzaj zużycia, który zachodzi w trakcie transportu pojazdu na lawecie).

Jak wynika z powyższego, zbiór wymagań jest liczny. Dochodzą do tego dążenia rynku aby stosować jeden rodzaj smaru o dobrej przetracalności w przewodach smarowniczych do wszystkich skojarzeń ciernych. Stały wzrost wymagań użytkowników, przemysłu i serwisów kreuje praktycznie jeden kierunek działań – stosowanie wysokiej jakości smaru wielofunkcyjnego. Dąży się do uzyskania smaru o wysokiej stabilności chemicznej, mechanicznej i termicznej oraz wysokim poziomie biodegradowalności, który będzie zdolny do skutecznego smarowania praktycznie wszystkich mechanizmów współczesnej techniki.

Obecnie większość specjalistów uważa, że takie rozwiązanie jest możliwe w oparciu o technologię kompleksowych smarów litowych. Smary kompleksowe litowe są znane od początku lat sześćdziesiątych. Zwykle smary litowe powstają przez zagęszczenie oleju mydłem litowym wysokocząsteczkowych kwasów tłuszczowych [5]. Natomiast smary kompleksowe litowe zawierają sole litowe niskocząsteczkowych kwasów organicznych lub kwasów nieorganicznych. Takie rozwiązanie pozwala w lepszym stopniu dobrać zagęszczacz do oleju bazowego, dzięki czemu znacznie wzrasta stabilność smaru. Początkowo smary te nie były atrakcyjne ze względu na ich wysoką cenę, jednak obecnie są produkowane na coraz szerszą skalę, co również obniża koszty wytwarzania.

Mając na uwadze powyższe aspekty oraz warunki formułowane przez konstruktorów maszyn roboczych, użytkowników oraz wymagania w zakresie utrzymania jakości smarów w procesie ich przechowywania opracowano zbiór wymagań, które przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Wymagania dla biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych

Nazwa wymagania	Jednostka miary	Wymaganie	Metody badań
Temperatura kroplenia, nie niższa niż	°C	230	ASTM D 2265
Penetracja po ugniataniu w temperaturze 25 °C	1/10 mm	od 265 do 295	PN-C-04133
Działanie korodujące na płytce z miedzi w temperaturze 100 °C, w czasie 24 h, stopień korozji max	stopień korozji	1	ASTM D 4048
Odparowalność w czasie 22 h przy temperaturze 122 °C, nie większa niż	% (m/m)	8	ASTM D 972
Odporność na utlenianie w tempera-turze 99 °C, spadek ciśnienia, max: - w czasie 100 h - w czasie 500 h	kPa kPa	50 150	PN-C-04143
Właściwości smarne, wskaźnik zużycia pod obciążeniem, $I_h$ , nie mniejszy niż (bieg 10 s)	kN	0,60	PN-C-04147
Właściwości przeciwzużyciowe, średnia średnica skaz, $d$ , nie większa niż	mm	0,7	MB-MPS-002
Wymywanie wodą w temp. 40 °C, nie więcej niż	%	5	ASTM D 1264
Stabilność mechaniczna, zmiana penetracji po ugniataniu w temperaturze 25 °C po wałkowaniu w temperaturze 60 °C w czasie 24 h	1/10 mm	od -15 do +45	PN-C-04144
Stabilność pracy w obecności - 10 % wody, po 100 000 podwójnych cykli ugniatania, zmiana penetracji - w obecności 2% wody	1/10 mm	od -10 do +50 od -10 do +50	MB-MPS-042
Lepkość dynamiczna w temperaturze -30 °C przy średniej prędkości ścinania 25 s <sup>-1</sup> , nie więcej niż	Pa · s	2 000	ASTM D 1092
Przeciwkorozyjne właściwości ochronne	-	wytrzymuje	ASTM D 1743
Wydzielanie oleju, ubytek: - w czasie 24 h, nie więcej niż - w czasie 168 h, nie więcej niż	% (m/m) % (m/m)	4 6	IP121
Trwałość smaru w temperaturze 140 °C przy prędkości 10 000 obr/min, nie mniejsza niż	h	900	ASTM D 3336
Wydzielanie smaru z piasty koła samochodowego w temperaturze 105 °C w czasie 6 h, nie więcej niż	g	5	ASTM D 1263
Trwałość w temp. 160 h, nie mniej niż	h	40	ASTM D 3527
Moment obrotowy w temp. -30°C dla smaru z 10% wody, nie więcej niż: - moment rozruchowy - moment pracy po 60 min.	mNm mNm	250 150	ASTM D 1478
Stabilność w czasie przechowywania	-	wytrzymuje	MB-MPS-013
Mieszalność: - działanie korodujące na płytce z miedzi w temperaturze 100 °C, w czasie 24 h, stopień korozji nie wyższy niż, - penetracja po ugniataniu w temperaturze 25 °C, - temperatura kroplenia, nie niższa niż, - stabilność pracy, po 100 000 podwójnych cykli ugniatania, zmiana penetracji	stopień korozji 1/10 mm °C 1/10 mm	1 od 240 do 300 130 od -25 do +45	MB-MPS-010
Biodegradowalność, nie wyższa niż	%	70	CEC L-33-A-93

## 2. WYNIKI PRAC BADAWCZYCH

Badania nad opracowaniem biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych rozpoczęte zostały w 2014 roku w ramach Programu Badań Stosowanych w ścieżce B pt. „Badania nad technologią wytwarzania biodegradowalnych środków smarowych o zwiększonej odporności na utlenianie i polepszonych właściwościach niskotemperaturowych”, umowa Nr PBS2/B1/6/2013.

W wyniku realizacji projektu w Zakładzie Materiałów Pędnych i Smarów Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych opracowano wstępną technologię produkcji ww. smaru oraz wymagania użytkowe.

W Tab. 2 przedstawiono wyniki badań dla partii laboratoryjnej ww. smaru, która spełnia wymagania dla biodegradowalnego smaru plastycznego stosowanego w skojarzeń trących maszyn roboczych.

Opracowany w skali laboratoryjnej smar nie posiada wszystkich właściwości fizykochemicznych zapewniających stabilną jakość tego produktu w procesie produkcyjnym, w szczególności w zakresie: penetracji po ugniataniu w temperaturze 25 °C, odparowalności, odporności na utlenianie, właściwości smarnych i przeciwzużyciowych, odporności na wymywanie wodą, lepkości dynamicznej, wydzielania oleju ze smaru.

W trakcie dalszej realizacji projektu zostanie dokonana optymalizacja składu smaru plastycznego w zakresie ww. właściwości.

**Tab. 2.** Wyniki badań właściwości fizykochemicznych partii laboratoryjnej smaru, która spełnia wymagania dla biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych

Nazwa wymagania	Jednostka miary	Wymaganie	Próbka laboratoryjna	Metody badań
Temperatura kroplenia	°C	min 230	249	ASTM D 2265
Penetracja po ugniataniu w temperaturze 25 °C	1/10 mm	od 265 do 295	267	PN-C-04133
Działanie korodujące na płycie z miedzi w temperaturze 100 °C, w czasie 24 h, stopień korozji	stopień korozji	max 1	1a	ASTM D 4048
Odparowalność w czasie 22 h przy temperaturze 122 °C	% (m/m)	max 8	7	ASTM D 972
Odporność na utlenianie w temperaturze 99 °C, spadek ciśnienia, - w czasie 100 h - w czasie 500 h	kPa kPa	max 50 max 150	44 138	PN-C-04143
Właściwości smarne, wskaźnik zużycia pod obciążeniem, I <sub>s</sub>	kN	min 0,60	0,62	PN-C-04147
Właściwości przeciwzużyciowe, średnia skazy, d	mm	max 0,7	0,68	MB-MPS-002
Wymywanie wodą w temperaturze 40 °C	%	max 5	4,4	ASTM D 1264
Stabilność mechaniczna, zmiana penetracji po ugniataniu w temperaturze 25 °C po wałkowaniu w temperaturze 60 °C, w czasie 24 h	1/10 mm	od -15 do +45	+34	PN-C-04144
Lepkość dynamiczna w temperaturze -30 °C przy średniej prędkości ścinania 25 s <sup>-1</sup>	Pa · s	max 2 000	1 898	ASTM D 1092
Wydzielanie oleju, ubytek: - w czasie 24 h - w czasie 168 h	% (m/m) % (m/m)	max 4 max 6	3,3 5,24	IP121
Stabilność pracy w obecności: -10 % wody, po 100 000 podwójnych cykli ugniatania, zmiana penetracji, max - w obecności 2% wody po 100 000 podwójnych cykli ugniatania, zmiana penetracji, max	1/10 mm	od -10 do +50 od -10 do +50	+40 +42	MB-MPS-042
Właściwości ochronne przed zużyciem typu fretting, ubytek masy łożyska	mg	max 10	8	ASTM D 4170
Przeciwkorozyjne właściwości ochronne	-	wytrzymuje	wytrzymuje	ASTM D 1743
Właściwości ochronne metodą dynamiczną	stopień korozji	max 0-0	0-0	PN-C-04175
Wydzielanie smaru z piasty koła samochodowego w temp. 105 °C w czasie 6 h	g	max 5	4	PN-C-04102
Trwałość w temp. 160 h	h	min 40	40	ASTM D 3527
Moment obrotowy w temp. -30°C dla smaru z 10% wody: - moment rozruchowy - moment pracy po 60 min	mNm mNm	max 250 max 150	239 62	ASTM D 1478
Biodegradowalność	%	min 70	74	CEC L-33-A-93

Optymalizacja ta będzie prowadzona przez sporządzenie modelowych mieszanek smaru z wariantową ilością mieszaniny olejów bazowych (polialfaolefin i olejów estrowych) oraz fazy zdyspergowanej w celu poprawy właściwości fizykochemicznych, tj.:

- penetracji po ugniataniu w temperaturze 25 oC,
- odparowalności,
- odporności na wymywanie wodą, lepkości dynamicznej (przełtaczalności),
- wydzielania oleju ze smaru,
- biodegradowalności.

Optymalizacja będzie prowadzona również z zastosowaniem wariantowej ilości dodatków uszlachetniających: smarnościowych, przeciwzużyciowych i antyutleniających w celu zapewnienia stabilnych właściwości w zakresie:

- odporności na utlenianie,
- właściwości smarnych,
- właściwości przeciwzużyciowych.

Po zakończeniu procesu optymalizacji składu biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych zostaną przeprowadzone pełne badania właściwości fizykochemicznych smaru według wymagań zawartych w Tab. 1.

## WNIOSKI

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań, zrealizowanych w ramach Programu Badań Stosowanych w ścieżce B pt. „Badania nad technologią wytwarzania biodegradowalnych środków smarowych o zwiększonej odporności na utlenianie i polepszonych właściwościach niskotemperaturowych”, umowa Nr PBS2/B1/6/2013 można stwierdzić, że opracowany biodegradowalny smar plastyczny przeznaczony do skojarzeń trących maszyn roboczych spełnia wymagania jakościowe ustalone w Tab.1 w zakresie wykonanych badań właściwości fizykochemicznych.

W celu otrzymania, w skali produkcyjnej, biodegradowalnego smaru plastycznego przeznaczonego do smarowania skojarzeń trących maszyn roboczych o stabilnych właściwościach fizykochemicznych należy przeprowadzić optymalizację składu chemicznego smaru plastycznego.

Dotychczas uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że istnieje możliwość opracowania i stosowania w maszynach roboczych wysokojakościowego smaru plastycznego o wysokim poziomie biodegradowalności.

## LITERATURA

1. Gołębiowski T., Smar plastyczny o podwyższonej odporności na wymywanie wodą. Politechnika Warszawska, Prace naukowe, Transport, z.98, Warszawa 2013.
2. Zembrowski K., Dubowski A., Wojtkowiak R.: Biodegradowalne środki smarne dla urządzeń technicznych do pozyskiwania drewna. Technika rolnicza ogrodnicza leśna 1/2010.
3. Skrzyńska E., Wilk A.: Porównanie właściwości estrów otrzymanych z niskocząsteczkowych alkoholi oraz oleju rzepakowego. Chemia 10/2011. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
4. Kozdrach R.: Wpływ wymuszeń mechanicznych na zmianę właściwości smarnych biodegradowalnego smaru plastycznego wytworzonego na bazie roślinnej. Nafta – Gaz 11/2012.
5. Żmudzińska – Żurek B., Żółty M.: Badanie wpływu charakteru bazy olejowej na właściwości smarów litych. Chemia 10/2011. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
6. Beran E.: Wpływ budowy chemicznej bazowych olejów smarowych na ich biodegradowalność i wybrane właściwości eksplo-

atacyjne. Prace naukowe Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2008.

## POSSIBILITY OF USING OF BIODEGRADABLE PLASTIC GREASES IN MACHINE MAINTENANCE

### Abstract:

*The paper presents basic requirements that should be met by plastic greases intend to modern machines. The initial results of research of high quality and biodegradable grease were presented. These were compared with assumption. The aim of next research is obtaining the stabilized and biodegradable plastic grease and future assumption to high scale production was presented.*

Autorzy:

**Gołębiowski Tomasz** - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, 01-494 Warszawa ul. Księcia Bolesława , tel.261 851 435

**Nowiński Emil** - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych , Zakład Materiałów Pędnych i Smarów, 01-163 Warszawa ul. Ostroga 35A, tel.261851448