

Wojciech POPRAWSKI¹

BIODEGRADOWALNE SMARY W ZASTOSOWANIU DO WĘZŁÓW ŁOŻYSKOWYCH ELEMENTÓW WYKONAWCZYCH MASZYN ROBOCZYCH

Artykuł przedstawia możliwość zastosowania smarów biodegradowalnych do smarowania węzłów łożyskowych mechanizmów wykonawczych maszyn roboczych pracujących na terenach leśnych, ujęciach wodnych, kopalniach odkrywkowych, terenach rolnych i innych, w których istnieje duże ryzyko zanieczyszczenia środowiska produktami ropopochodnymi. Przedstawiono przegląd dostępnych na rynku biodegradowalnych smarów, w tym smarów zawierających estry roślinne, możliwych do wykorzystania w smarowaniu połączeń w elementach wykonawczych maszyn roboczych. Artykuł zawiera również przegląd metod określania biodegradowalności środków smarnych.

1. WSTĘP

W ostatnich kilkunastu latach znacząco wzrosła świadomość ekologiczna społeczeństwa, obejmująca wiele dziedzin życia. Zmianom uległy również uwarunkowania prawne wymuszające zgodną z zasadami ochrony środowiska eksploatację maszyn i urządzeń. Konieczność proekologicznych zasad eksploatacji dotyczy zwłaszcza środków smarnych do maszyn roboczych pracujących w szczególnych, wrażliwych na zanieczyszczenia warunkach. Jako przykład można podać powszechne już stosowanie do smarowania prowadnic pilarek łańcuchowych olejów wytwarzanych na bazie surowców roślinnych.

Proekologiczne zachowania dotyczą przede wszystkim obsługi maszyn i urządzeń, które pracują w terenach leśnych, w pobliżu ujęć wodnych, kopalń odkrywkowych, terenów rolnych i podobnych, których zanieczyszczenie materiałami ropopochodnymi mogłoby przynieść negatywne skutki. Przyczyną uwolnienia zanieczyszczeń do środowiska jest często stan techniczny sprzętu używanego w tych miejscach. Jak wiadomo, wykorzystywane maszyny często są wyeksploatowane i bardzo często zdarzają się wycieki, czy to oleju z silnika, czy oleju z układu hydraulicznego, jak również smarów używanych do smarowania różnego rodzaju przekładni (łańcuchowe, zębate itp.), a także węzłów łożyskowych elementów wykonawczych.

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Wrocław

* E-mail: wojciech.poprawski@pwr.edu.pl

Dbłość o stan techniczny sprzętu spoczywa na użytkowniku. Jednak nie wszyscy użytkownicy mają świadomość, że nawet niewielka ilość środków smarnych, która może wydostać się z węzłów łożyskowych członów wykonawczych maszyn roboczych może powodować niekorzystne zmiany w środowisku. Dla przykładu, jeden litr oleju mineralnego może zanieczyścić aż 5 milionów litrów wód powierzchniowych.

2. SMAROWANIE UKŁADÓW WYKONAWCZYCH MASZYN A ŚRODOWISKO

Jednym z elementów układu wykonawczego maszyn roboczych, używanych w miejscach, w których zanieczyszczenie smarami ropopochodnymi przyniesie negatywne skutki dla środowiska są tuleje i sworznie. w wielu maszynach elementy te są smarowane z wykorzystaniem układów centralnego smarowania. Układ taki najczęściej dozuję dawkę smaru co określony czas użytkowania maszyny. Bardzo często zdarza się, że zużyty smar wydostaje się na zewnątrz węzła łożyskowego i do środowiska, w którym użytkowana jest maszyna.

Zapobieganie zanieczyszczeniu środowiska użytym smarem może przebiegać w dwóch kierunkach:

- zmiany konstrukcyjne węzłów łożyskowych polegające na zaprojektowaniu odpowiedniego uszczelnienia zapobiegającego wydostawaniu się smaru na zewnątrz,
- zastosowanie środków smarnych biodegradowalnych, których przedostanie się do środowiska nie spowoduje negatywnego wpływu.

W przypadku wielu maszyn zmiany konstrukcyjne mogą okazać się bardzo drogie. Naturalną więc wydaje się droga zamiany środków smarnych na takie, które w razie przedostania się do środowiska nie będą powodowały trwałego zanieczyszczenia [1],[2].

3. WYMAGANIA STAWIANE SMAROM STOSOWANYM DO SWORZNI MASZYN ROBOCZYCH ORAZ DOBÓR SMARÓW

Podstawowym celem smarowania jest zmniejszenie współczynnika tarcia, ograniczenie strat energii związanej z pokonaniem tarcia oraz zapobieganie przedwczesnemu i intensywnemu zużyciu. Dodatkową cechą smarowania jest również polepszenie odprowadzenia ciepła ze strefy tarcia, ochrona przed korozją smarowanych powierzchni podczas postojów, a także odprowadzenie ze strefy współpracy dwóch elementów, produktów zużycia.

Człony wykonawcze maszyn roboczych, na przykład ramiona koparek czy ładowarek, połączone są przegubowo z wykorzystaniem połączeń sworzniowych. Najczęściej są to połączenia bez dodatkowych uszczelnień, w których smarowanie odbywa się na zasadzie stratnej (nowy smar usuwa stary). Zużyty smar wydostaje się na zewnątrz połączenia. w zależności od gabarytów maszyny oraz zapotrzebowania użytkownika, smarowanie odbywa się ręcznie, lub z wykorzystaniem centralnych układów smarowania. w wielu

przypadkach zużyty smar nie jest usuwany przez użytkownika i jego nadmiar pozostaje na ramieniu koparki albo przedostaje się do środowiska. Często koparki używane są do pracy w wodzie, w takim przypadku nadmiar środków smarnych po prostu przedostaje się do wód. W przypadku zastosowania zwykłych smarów opartych o oleje mineralne, zanieczyszczenie wód może być ogromne i nieodwracalne.

Maszyny budowlane oraz stosowane w górnictwie skalnym używane są do urabiania materiałów o przeróżnych właściwościach mechanicznych i chemicznych. Niektóre pracują w kopalniach kruszyw, niektóre podczas prac hydrotechnicznych, gdy elementy wykonawczy – łyżka, pracuje w wodzie, inne na budowach, inne jeszcze obsługują składy opałów, a także nawozów, soli i innych materiałów.

Warunki, w których pracują maszyny stawiają różne wyzwania stosowanym środkom smarnym. w niektórych przypadkach połączenie należy zabezpieczyć przed działaniem wody, innym przed przedostaniem się do środka pyłów, a w innym przed środkami, mogącymi przyspieszać korozję, np. solą czy wodą morską. Smary powinny cechować się stabilnością mechaniczną, odpornością na starzenie – utlenianie oraz powinny zabezpieczać przed korozją smarowane powierzchnie.

Dobierając smar do konkretnego zastosowania należy między innymi uwzględnić:

- temperaturę, w jakiej ma pracować maszyna, oraz jej zmienność,
- obecność wody, (woda słodka czy woda morską),
- obecność pyłów w atmosferze,
- kontakt z rozpuszczalnikami,
- rodzaj obciążenia (np. praca przy urabianiu urobku, przeładunek materiałów, praca z zastosowaniem dodatkowego osprzętu, np. młota itp.),
- cykliczność wykorzystania maszyny.

4. SMARY STOSOWANE DO SMAROWANIA WĘZŁÓW ŁOŻYSKOWYCH CZŁONÓW WYKONAWCZYCH MASZYN ROBOCZYCH

Do smarowania połączeń sworzniowych członów wykonawczych stosuje się smary plastyczne.

Smary plastyczne są zagęszczonymi olejami, tworzącymi układy koloidalne, w których fazą rozpraszającą jest olej, a fazą rozproszoną są zagęszczacze (najczęściej sole – mydła wyższych kwasów tłuszczowych takich metali jak wapń, sód, potas, lit, ołów i glin).

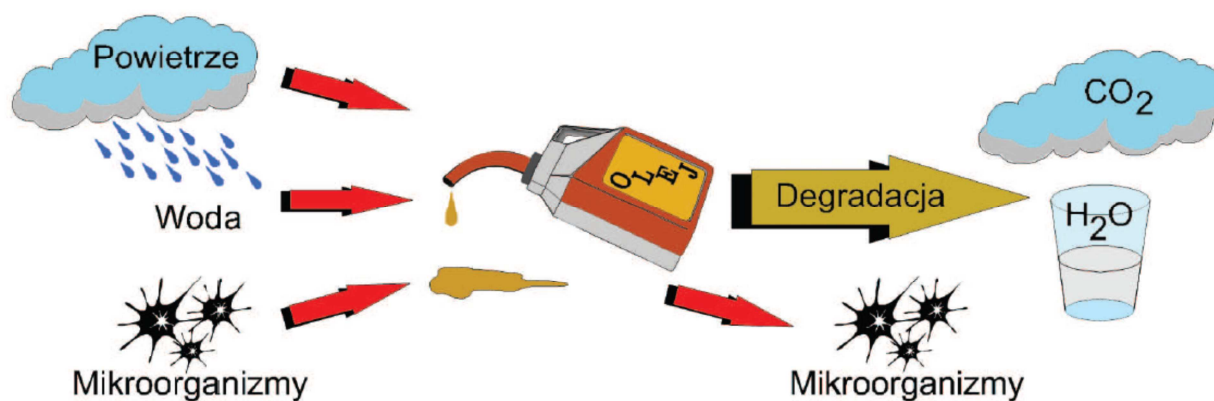
Do produkcji smarów najczęściej stosuje się oleje mineralne, ale coraz częściej także oleje syntetyczne oraz w szczególnych przypadkach (np. przemysł spożywczy, farmaceutyczny, górnictwo) głęboko rafinowane oleje (tzw. oleje białe), estry, silikony, tłuszcze zwierzęce lub oleje roślinne.

Rodzaj smaru określa się często symbolem tworzoną według ISO 6743/9:1987, który uwzględnia m.in. zakres temperatury pracy, odporność na działanie wody, odporność na obciążenia oraz konsystencję.

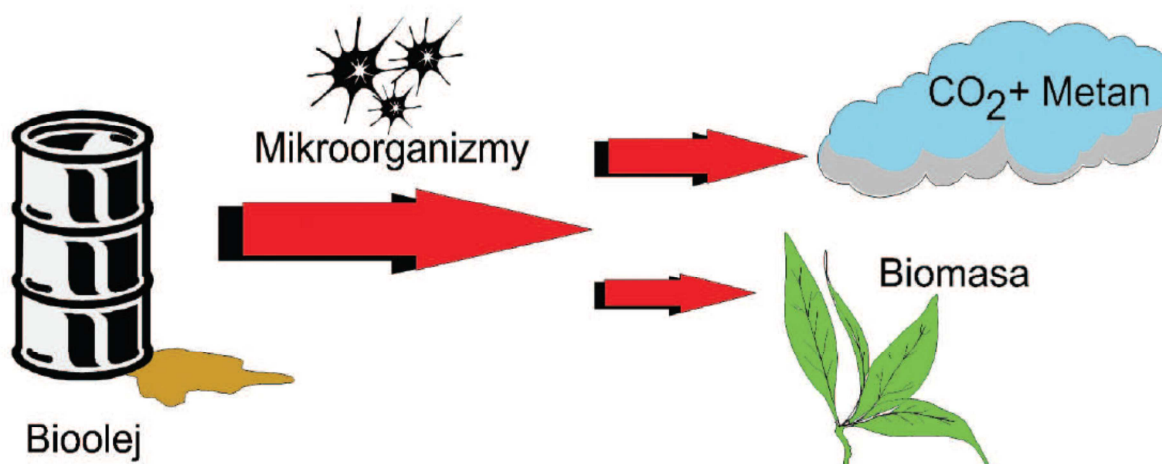
5. METODY OKREŚLANIA BIODEGRADOWALNOŚCI ŚRODKÓW SMARNYCH

Biodegradacja substancji organicznej (naturalnych lub syntetycznych związków węglowodorów) jest właściwie biochemicznym utlenianiem. Jest inicjowana i wykonywana przez enzymy mikroorganizmów takich jak algi i grzyby. W odróżnieniu od spalania proces biodegradacji jest powolny, odbywa się małymi krokami zaczynając od długich łańcuchów węglowodorowych poprzez cięższe alkohole i kwasy karboksylowe, do końcowych produktów jakim jest kwas octowy a później dwutlenek węgla. Proces ten dostarcza mikroorganizmom energii, powodując również ich rozmnażanie [3].

Biodegradacja może zachodzić w środowisku tlenowym (rys. 1.) jak i beztlenowym (rys. 2.).

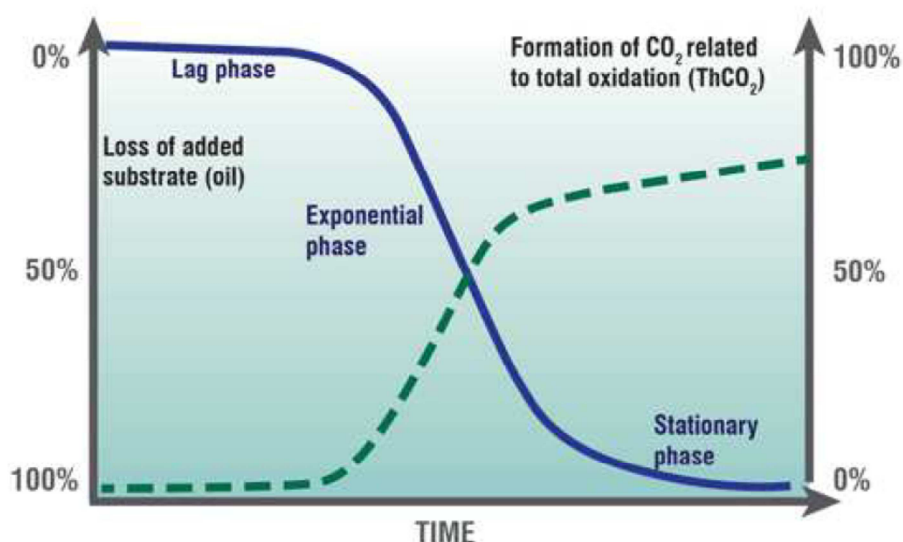


Rys. 1. Biodegradacja tlenowa [10]
Fig. 1. Biodegradability with oxygen [10]



Rys. 2. Biodegradacja beztlenowa [10]
Fig. 2. Biodegradability without oxygen [10]

W momencie przedostania się smaru do gleby lub wód, zawierających mikroorganizmy żyjące w naturalnym środowisku, początkowa prędkość biodegradacji jest niewielka (ilość mikroorganizmów zdolnych do biodegradacji takich substancji jest ograniczona) – rys. 3. Wraz z postępem czasu, mikroorganizmy sprzyjające biodegradacji rozmnażają się, do momentu całkowitego rozkładu substancji. Po zakończeniu procesu biodegradacji mikroorganizmy obumierają.



Rys. 3. Kinetyka biodegradacji [3]
Fig. 3. Kinetics of biodegradability process [3]

Metoda CEC-L-33-A-93

Do niedawna najczęściej stosowaną metodą określania biodegradowalności środków smarnych był test CEC-L-33-A-93 [7]. Metoda ta była opracowana do badania biodegradowalności olejów używanych do przygotowywania mieszanek paliw do silników spalinowych dwusuwowych, jednak zaadoptowana została ona również do badania biodegradowalności innych środków smarnych. Metoda ta wymaga przygotowania "medium mineralnego" [3],[4], które zawiera sole mineralne oraz naturalne mikroorganizmy. Wymagane jest w niej przygotowanie aż 15 zlewek z materiałem (próbki zawierające badany olej, próbki zawierające olej referencyjny, próbki "zatrute" oraz próbki neutralne). w początkowej fazie testu badanych jest 5 zlewek, kolejne 10 badanych jest po 21 dniach degradacji.

Metoda ta była powszechnie krytykowana z powodu stosowania rozpuszczalników zawierających freony (CFC). Część z próbek (tzw. zatrute) przygotowywana była z użyciem toksycznego chlorku rtęci. Dodatkową trudnością było zastosowanie metod porównawczych spektroskopii w podczerwieni – porównywano absorpcję światła przez próbkę poddaną biodegradacji oraz próbkę niepoddaną biodegradacji. Dodatkową trudnością było to, że smary są bardzo trudno rozpuszczalne w wodzie, a materiał biologiczny znajduje się właśnie w wodzie używanej do przeprowadzenia testu, stąd trudności związane z przygotowaniem próbek do przeprowadzenia badań. Uzyskanie powtarzalności tej metody było jednak trudne.

Metoda OECD 301

Kolejną metodą stosowaną do określania biodegradowalności smarów jest metoda OECD 301 [9]. Stosowana jest głównie do badania substancji rozpuszczalnych w wodzie. Adaptacja tej metody dla substancji nierozpuszczalnych w wodzie wymaga stosowania się do ISO 10634 [6], które określa sposób przygotowania próbek. Metoda OECD 301 daje bardzo niską powtarzalność przeprowadzanych badań, gdyż na przykład prędkość biodegradacji zależy m.in. od dyspersji [5]. Metoda ta jest metodą pośrednią określania stopnia biodegradacji, w jednym wariantcie mierzona jest ilość tlenu zużyta podczas biodegradacji (OECD 301 C), a w drugim przypadku mierzona jest ilość wytworzonego dwutlenku węgla (OECD 301 B).

Metoda CEC-L-103-12

Metoda CEC-L-33-A-93 (opisana powyżej) została zastąpiona metodą CEC-L-103-12 [6]. Nowa metoda została ona opracowana do badania środków smarnych. w odróżnieniu od starszej metody badania biodegradowalności, zastąpiono wykorzystanie w niej rozpuszczalników wykorzystujących freony innymi, bezpiecznymi dla środowiska środkami. Zastąpiono spektroskopię w podczerwieni chromatografią gazową, przy pomocy której określana jest ilość nieprzetworzonej substancji oraz ilości substancji przejściowych biodegradacji. Ten test symuluje biodegradację środków smarnych w wodach naturalnych takich jak wody gruntowe, rzeki, jeziora, morza. Istnieje również wysoka korelacja tej metody z biodegradacją w wilgotnym gruncie w obecności powietrza, jak to ma miejsce w biologicznych oczyszczalniach ścieków [3].

Badane środki smarne są najpierw wstępnie rozpuszczane w specjalnym rozpuszczalniku. Po 21 dniach biodegradacji, zawartość oleju w próbkach poddawanych biodegradacji jest porównywana do zawartości oleju próbek "zatrutych", w których zastosowano środki biobójcze. Następnie ten materiał badany jest z wykorzystaniem wysokotemperaturowej chromatografii gazowej w celu określenia stopnia biodegradacji. w tym wypadku produkty pośrednie biorozkładu traktowane są w końcowym wyniku jako materiał niezdegradowany.

Zastosowanie nowej metody, opracowanej specjalnie do badania biodegradowalności środków smarnych, zwiększa wiarygodność oraz powtarzalność prowadzonych badań [3].

6. PORÓWNANIE CECH WYBRANYCH PLASTYCZNYCH SMARÓW BIODEGRADOWALNYCH W ZASTOSOWANIU DO WĘZŁÓW TRIBOLOGICZNYCH CZŁONÓW WYKONAWCZYCH MASZYN ROBOCZYCH

Najczęściej stosowane smary do smarowania sworzni elementów wykonawczych maszyn roboczych mają klasę konsystencji NLGI 2. Smary o tej konsystencji, w zależności od rodzaju oleju bazowego oraz zastosowanych zagęszczaczy mogą pracować w bardzo szerokim zakresie temperatur, od -50°C nawet do 250°C . w przypadku sworzni zakres temperatury nie będzie miał aż tak wielkiego znaczenia, gdyż maszyny robocze w większości przypadków nie pracują w tak wysokich temperaturach. Większość maszyn pracuje w normalnych warunkach atmosferycznych; w węzłach tribologicznych nie wydziela się dużo ciepła.

Ważnym kryterium przy doborze smaru plastycznego będzie odporność na działanie wody. Jeśli podczas analizy warunków, w których eksploatowana będzie maszyna okaże się, że elementy wykonawcze będą pracowały w zanurzeniu w wodzie lub w przypadku dużej wilgotności, to konieczne będzie zastosowanie smarów opartych o zagęszczacze na bazie mydeł wapiennych. w przypadku, gdy wilgoć nie będzie stanowiła zagrożenia, w takim wypadku można stosować z powodzeniem smary na bazie mydeł litowych.

W przypadku wielu maszyn budowlanych i maszyn w górnictwie skalnym, jako jedno z ważniejszych kryteriów przy doborze środków smarnych należy przyjąć właśnie biodegradowalność.

Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów smarów biodegradowalnych (niektóre z nich są wykonane z wykorzystaniem olejów roślinnych) w różnych klasach konsystencji NLGI. w tabeli 1 przedstawiono porównanie podstawowych parametrów kilku wybranych środków smarnych biodegradowalnych. Część z nich wytworzona jest również z olejów roślinnych.

Tabela 1. Porównanie ważniejszych parametrów wybranych biodegradowalnych środków smarnych
Table 1. Comparison of main parameters of biodegradable lubricants

nazwa smaru	producent	konsyst. NLGI	Rodzaj mydła	Rodzaj oleju bazowego	zakres temperatur [st C]	Właściwości smarne, obc. Zesp. (apar. 4-kulowy, wg ASTM D 2596, wg DIN 51350)	Metoda określania biodegradowalności	Stopień biodegradacji	Odporność na wodę
LGGB 2	SKF	2	Litowo-wapniowe	estry syntetyczne	od -40 do 90	bd		zakłada się, że jest biodegradowalny	średnio
Eco Grease CA2	Sunoco	2	wapniowe	olej rzepakowy	od -40 do 90	180	CEC L 33-A-93	>78% po 21 dniach	tak
Eco Grease S 000	Sunoco	0	Litowo-wapniowe	olej syntetyczny estrowy	od -40 do 120	bd	CEC L 33-A-93	>78% po 21 dniach	średnio
Klüberbio LG 39-700	Klueber	0	wapniowe	Estry naturalne	Od -30 do 100	650	CEC-TDL-L-103	>70% po 21 dniach	tak
Unitex 1	Orlen	1	wapniowe	mieszanka syntetycznego oleju estrowego i oleju roślinnego		200	CEC L-33-A-93	ok 90%	tak
Unitex 00	Orlen	00	wapniowe	mieszanka syntetycznego oleju estrowego i oleju roślinnego		200	CEC L-33-A-93	ok 90%	tak
Biomultis EP 2	Total	2	litowe	oleje syntetyczne	Od -30 do 140	315	OECD301B	81,6	średnio
Biomultis SEP 2	Total	2	Litowo-wapniowe	oleje syntetyczne	Od -35 do 150	260-280	OECD301B	>60%	średnio
Biomerkan EP 0	Total	0	wapniowe	olej roślinny	Od -10 do 100	>250	CEC-L-33 T82	>80	tak
PLANTOGEL 2-N	Fuchs	2	wapniowe	olej rzepakowy	Od -20 do 70	300	CEC-L-33-A-95	>60%	tak

Znajomość biodegradowalności smarów plastycznych pozwala na dobór odpowiedniego proekologicznego smaru do smarowania węzłów tribologicznych członów wykonawczych maszyn roboczych, pracujących w różnych warunkach środowiskowych.

7. KIERUNKI ROZWOJU PROEKOLOGICZNEGO SMAROWANIA MASZYN ROBOCZYCH

Smary plastyczne wytwarzane są w dużej mierze na bazie olejów mineralnych oraz olejów syntetycznych. Pewna część smarów plastycznych wytwarzana jest również na bazie olejów i estrów roślinnych. Rozwój technologii przetwarzania surowców pochodzenia roślinnego oraz odpadowych tłuszczów zwierzęcych może w znacznym stopniu przyczynić się do ochrony środowiska, nie tylko ze względu na biodegradowalność smarów, ale

również fakt, że główne surowce oraz ważniejsze dodatki uszlachetniające wytwarzane są ze źródeł odnawialnych.

Właściwości biodegradowalnych środków smarnych muszą spełniać często sprzeczne ze sobą wymagania, szczególnie dotyczy to trwałości i biodegradowalności. Smar musi zachować przez możliwie długi okres czasu swoje właściwości smarne, posiadać odpowiednią stabilność mechaniczną, zabezpieczać przed korozją. Równocześnie musi w określonym czasie, stosunkowo krótkim czasie ulegać biodegradacji.

Surowce pochodzenia roślinnego, w szczególności estry kwasów tłuszczowych, mogą znaleźć wiele różnych zastosowań jako surowce do produkcji środków wykorzystywanych w budowie maszyn. Mogą służyć jako zmywacze, jako środki zabezpieczające czasowo części zamienne przed korozją, jako ciecze hydrauliczne, smary plastyczne a także smary do infrastruktury kolejowej (zwrotnice i rozjazdy). Smary biodegradowalne mogą być również z powodzeniem stosowane do smarowania (w niektórych przypadkach) łożysk tocznych [11].

Maszyny robocze są złożonymi urządzeniami, łączącymi wiele różnych technologii przekazywania napędu, od silników spalinowych, poprzez układy hydrauliczne, przekładnie mechaniczne do członów wykonawczych. Każdy z wymienionych wyżej układów wymaga smarowania środkami odpowiednimi dla poszczególnych rodzajów urządzeń. Inne środki są używane do smarowania silników, inne przekładni, a jeszcze inne środki stosowane są jako ciecze w układach hydraulicznych. Układy hydrauliczne są elementami maszyn, których awarie polegające na rozszczelnieniu węży, złączy, zaworów czy rozdzielaczy zachodzi stosunkowo często. w takich przypadkach ciecz hydrauliczna przedostaje się do środowiska.

Pojazdy poruszające się po drogach publicznych muszą przechodzić regularne, obligatoryjne badania techniczne, oceniające ich stan techniczny. w przypadku pojazdów wolnobieżnych, do których można zaliczyć między innymi maszyny robocze takie jak koparki, ładowarki itp. nie ma obowiązku oceny stanu technicznego tych urządzeń. Jedynym ograniczeniem stosowania maszyn i urządzeń w złym stanie technicznym jest świadomość ekologiczna użytkownika. w takich przypadkach celowe wydaje się okresowe dopuszczanie maszyn do prac w miejscach, które mogą być narażone na trwałe zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi oraz promowanie biodegradowalnych środków smarnych.

8. PODSUMOWANIE

Rosnąca świadomość i odpowiedzialność ekologiczna społeczeństwa powinna wymóc powszechne stosowanie biodegradowalnych środków smarnych, nie tylko w zastosowaniu do urządzeń pracujących w miejscach, których zanieczyszczenie powoduje nieodwracalne szkody dla środowiska, ale również w innych dziedzinach działalności, jak rolnictwie i transport.

- Analiza cech wybranych smarów biodegradowalnych dostępnych na rynku wskazuje, że winny być one stosowane do smarowania węzłów sworzeń-tuleja członów wykonawczych maszyn roboczych w szerszym zakresie.
- Do smarowania maszyn i urządzeń pracujących w warunkach dużej wilgotności

właściwe są smary wykonane na bazie zagęszczaczy wapiennych.

- Właściwości wybranych smarów plastycznych wytwarzanych na bazie surowców pochodzenia roślinnego wskazują celowość bardziej powszechnego zastosowania do smarowania maszyn roboczych.
- Najkorzystniejszą metodą określania biodegradowalności środków smarnych jest metoda CEC-L-103-12, cechująca się większą wiarygodnością, powtarzalnością otrzymywanych rezultatów badań, a także w porównaniu z wcześniej stosowanymi metodami, wyeliminowaniu szkodliwych substancji pomocniczych.
- Dotychczasowy stan wiedzy z zakresu biodegradowalnych cieczy eksploatacyjnych wskazuje na celowość dalszego prowadzenia badań w zakresie cieczy hydraulicznych i pozostałych środków smarnych używanych w maszynach roboczych.

LITERATURA

- [1] KOZDRACH R., 2012, *Wpływ nanododatków ceramicznych na charakterystyki tribologiczne biodegradowalnych smarów plastycznych*, Tribologia : tarcie, zużycie, smarowanie, 4, 75–88.
- [2] ROGOŚ E., URBĄŃSKI A., 2008, *Biodegradowalny olej hydrauliczny o podwyższonych właściwościach smarnych*, Tribologia : tarcie, zużycie, smarowanie, 2, 201–212
- [3] VÖLTZ M., 2014, *New Test Method for Lubricant Biodegradability*, Machinery Lubrication.
- [4] VÖLTZ M., 2012, *New CEC Test Method for Lubricant Biodegradability*, 18th International Colloquium Tribology, January.
- [5] MÜELLER-ZERMINI B., 2013, *New Test Method for Determining Biodegradability of Lubricants*, Society of Tribologists and Lubrication Engineers, April.
- [6] SO 10634:1995, *Guidance for the preparation and treatment of poorly water soluble organic compounds for the subsequent evaluation of their biodegradability in an aqueous medium*.
- [7] CEC-L-33-A-93., *Test Method: Biodegradability of Two-Stroke Cycle Outboard Engine Oils in Water* (CEC-L-33-T-82 do 1995).
- [8] CEC-L-103-12 *Test Method: Biological Degradability of Lubricants in Natural Environment*.
- [9] OECD 301., 1992, *Ready Biodegradability, OECD GUIDELINE FOR TESTING OF CHEMICALS*, Adopted by the Council on 17th July.
- [10] IOZEMBROWSKI K., DUBOWSKI A. P., WOJTKOWIAK R., 2010, *Biodegradowalne środki smarne dla urządzeń technicznych do pozyskiwania drewna*, Technika Rolnicza ogrodnicza leśna, 1
- [11] KOLCZYŃSKI J., GOŁĘBIEWSKI T., DZIĘGIELEWSKI W., 2003, *Możliwości wykorzystania FAME w eksploatacji pojazdów, maszyn i urządzeń*, Journal of KONES Internal Combustion Engines, 10/1–2.

BIODEGRADABLE GREASES APPLIED FOR BEARINGS OF MOBILE MACHINERY

Paper presents environmental aspects of greasing applied for machines, which work in pollution sensitive areas. Lubrication methods of pin-bushing joints is presented, as well as requirements of used greases. Paper contains also a review of mostly used methods to determine biodegradability. Examples of the market available, biodegradable greases are presented, including greases based on vegetable oils, which may be used for lubrication of machinery.

Keyword: lubrication, machinery, biodegradability