

Wojciech HORAK<sup>1</sup>, Adrian KLUCZNY<sup>2</sup>, Józef SALWIŃSKI<sup>3</sup>

## ALTERNATYWNY ŚRODEK SMARNY DLA PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

**Streszczenie.** W pracy zaprezentowano wyniki badań nad alternatywnym środkiem smarnym, jakim może być gliceryna. Badania prowadzono na klasycznej maszynie czterokulowej. Analiza wyników badań wstępnych pozwala stwierdzić, że rozważane może być zastosowanie gliceryny do smarowania węzłów tarcia. Przedstawiono wyniki badań w przypadku zastosowania wodnych roztworów gliceryny o różnych stężeniach oraz dla celów porównawczych przedstawiono wyniki badań wybranych smarów przemysłowych.

**Słowa kluczowe:** gliceryna, przemysł spożywczy, maszyna czterokulowa, smar, zużycie

## ALTERNATIVE LUBRICATION MEDIUM FOR FOOD INDUSTRY

**Summary.** The paper presents the results of research about alternative grease - glycerin. Tests were made on four-ball apparatus. Analysis of results confirms that glycerin can be used for lubrication in friction nodes. This work includes results of wear tests in case of using a few glycerin water solutions with different concentration and comparison with typical greases.

**Keywords:** glycerin, food industry, four-ball apparatus, grease, wear

### 1. WPROWADZENIE

Stosowanie smarów w celu zmniejszenia oporów ruchu było znane już w starożytności. Zmniejszenie zużycia węzłów tarcia i mniejszy wydatek energetyczny pracy maszyn są celem, do którego dążą zarówno producenci, jak i użytkownicy maszyn. Obecnie rynek oferuje szeroką gamę dostępnych środków smarnych o właściwościach ściśle dobranych i przeznaczonych do konkretnych zastosowań. Często zdarza się, że środki smarne o bardzo dobrych właściwościach tribologicznych nie nadają się do użytku ze względu na ich skład chemiczny.

Współczesny przemysł spożywczy wymaga zastosowania różnych maszyn i urządzeń technicznych, te zaś wymagają smarowania węzłów tarcia. W przypadku produkcji żywności

---

<sup>1</sup> AGH University of Science and Technology, Department of Machine Design and Terotechnology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: horak@agh.edu.pl.

<sup>2</sup> AGH University of Science and Technology, Department of Machine Design and Terotechnology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: akluczny@agh.edu.pl.

<sup>3</sup> AGH University of Science and Technology, Department of Machine Design and Terotechnology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: jsalwin@agh.edu.pl.

istotne jest, aby stosowane medium smarujące nie stanowiło zagrożenia dla życia lub zdrowia konsumentów. Nie można wykluczyć zupełnie możliwości przedostania się środka smarnego z węzła tarcia do produktu spożywczego w wyniku drobnego i niezauważalnego wycieku. W takim przypadku oczywiste jest, że musi być on zupełnie nieszkodliwy dla człowieka lub szkodliwy dopiero przy stężeniu tak dużym, że nie jest możliwe, by na skutek wycieku taka ilość znalazła się w produkcie spożywczym.

Poza wymogami co do szkodliwości dla człowieka, środek smarny musi oczywiście cechować się tym, co leży w istocie jego stosowania. Zużycie węzła tarcia oraz opory ruchu muszą być mniejsze po jego zastosowaniu. Środek taki musi mieć dostatecznie dużą temperaturę zapłonu. Pożądane jest, aby substancja nie ulegała szybkiemu starzeniu, nie zmieniała stanu skupienia podczas pracy – w szczególności nie była substancją intensywnie parującą. Musi ona także spełniać wymogi co do lepkości i napięcia powierzchniowego dla danego jej zastosowania.

## 2. GLICERYNA JAKO POTENCJALNY ŚRODEK SMARNY

Gliceryna (glicerol) jest prostym związkiem organicznym – trójwodorotlenowym alkoholem. Ma postać przezroczystej, gęstej i tłustej w dotyku cieczy. Jest silnie higroskopijna. Gliceryna jest rozpuszczalna w wodzie i etanolu bez ograniczeń, sama bardzo dobrze rozpuszcza tłuszcze. Gęstość w temperaturze 20°C wynosi 1,26 [g/cm<sup>3</sup>] [2]. Istotną własnością gliceryny jest obniżanie temperatury zamarzania jej roztworów. [3]

Temperatura zapłonu gliceryny wynosi 195-199°C, natomiast temperatura samozapłonu 370°C. Substancja w myśl dyrektywy 1999/45/EEG nie jest klasyfikowana jako niebezpieczna na podstawie karty charakterystyki substancji niebezpiecznej (MSDS) a także wg klasyfikacji GHS (Global Harmonized System).

W przemyśle znajduje wiele zastosowań do syntezy związków chemicznych.

### 2.1. Źródła gliceryny

Źródłem gliceryny są tłuszcze roślinne i zwierzęce. Tłuszcze te ulegają hydrolizie do gliceryny i mydła. Największą ilość gliceryny dostarcza produkcja biopaliw. Jako produkt uboczny z każdej tony paliwa powstaje ok. 100 kg tej substancji [4]. Największe ilości absorbują przemysł kosmetyczny i przemysł farmaceutyczny [5], co stanowi jedynie niewielką część całkowitej produkcji tego odpadu. W związku z powyższym istnieje potrzeba znalezienia dodatkowych obszarów, gdzie można by go wykorzystać.

### 2.2. Wykorzystanie gliceryny w przemyśle

Gliceryna, ze względu na swoje właściwości, jest używana głównie w przemyśle kosmetycznym i przemyśle farmaceutycznym jako nawilżacz, środek zmiękczający, rozpuszczalnik, składnik kremów, pomadek, maści, płynów do płukania ust, mydeł i wielu innych. Stanowi to ok. 28% udziału rynkowego w wykorzystaniu tej substancji [5]. Udział przemysłu spożywczego to ok. 12%, chemicznego 10%, tytoniowego ok. 4%. Gliceryna jest używana także do produkcji emulgatorów, plastyfikatorów, farb, lakierów oraz materiałów wybuchowych. W przemyśle samochodowym wykorzystuje się ją jako składnik płynów hamulcowych i chłodniczych. Znane są także aplikacje jako dodatki antystatyczne, smarne oraz jako

wypełnienia manometrów. Znajduje ona wiele zastosowań w przemyśle cukierniczym. Chroni nasienie ssaków przed zamrożeniem – stosowana jest do przechowywania spermy ludzkiej i zwierzęcej. Przemysł tytoniowy używa gliceryny do spryskiwania liści tytoniu celem zapobiegania ich kruszeniu a także do filtrów papierosów. Na większą skalę wykorzystywana jest jako dodatek paliwowy w przemyśle energetycznym [6], przy produkcji biomasy. Używana jest także do produkcji wodoru w procesie fermentacji glicerolu [7]. Znane są sporadyczne przypadki jej użycia jako środka smarnego.

Wymienione powyżej formy zastosowania nie stanowią wszystkich możliwych i pomimo ich mnogości, wciąż istnieje nadwyżka produkcyjna. Opisane wyżej właściwości gliceryny, przytoczone przykłady jej stosowania, a zwłaszcza ograniczenia dotyczące zastosowania klasycznych środków smarnych w przetwórstwie środków spożywczych, nasuwają na myśl tezę, że nadaje się ona do wykorzystania jako alternatywny środek smarny w przemyśle spożywczym.

### 3. BADANIA PILOTAŻOWE

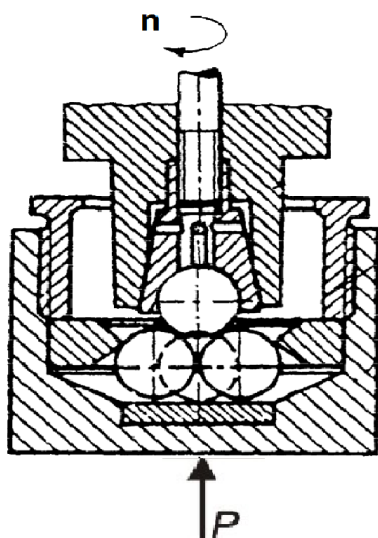
Celem pracy było przeprowadzenie badań porównawczych wybranych właściwości smarnych wodnych roztworów gliceryny oraz środków smarnych wytworzonych na bazie olejów mineralnych.

Badania zostały przeprowadzone w Laboratorium Płynów Eksploatacyjnych i Biotribologii oraz Laboratorium Reologii i Reometrii Katedry Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn AGH w Krakowie.

Dla badań realizowanych na maszynie czterokulowej przyjęto następujące parametry:

- czas badania  $t=30$  min,
- obciążenie  $F=420$  N,
- prędkość obrotowa ruchomej kulki  $n=1200$  obr/min,
- temperatura otoczenia  $25^{\circ}\text{C}$ .

Dla każdej badanej cieczy eksperyment powtórzono trzykrotnie.



Rys. 1. Maszyna czterokulowa – schemat obciążenia

Fig. 1. Four-ball apparatus – load scheme

Dobór cieczy do badań uwarunkowany był zamiarem zbadania cieczy o zbliżonych właściwościach reologicznych. Wykonano badania porównawcze roztworów wodnych gliceryny o różnym stopniu stężenia oraz środków smarnych o znanych parametrach technicznych.

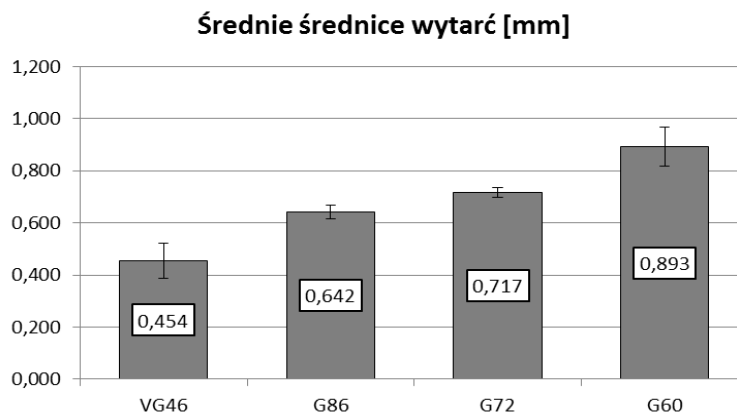
Próbkom przypisano następujące oznaczenia symboliczne:

- G86 – 86% roztwór wodny gliceryny,
- G72 – 72% roztwór wodny gliceryny,
- G60 – 60% roztwór wodny gliceryny,
- VG46 – olej hydrauliczny VG46,
- SN100 – olej bazowy SN-100.

Współczynniki lepkości dynamicznej badanych próbek wynosiły odpowiednio:  $\eta=94$  mPa·s dla G86,  $\eta=41$  mPa·s dla G72,  $\eta=20$  mPa·s dla G60,  $\eta=105$  mPa·s dla VG46,  $\eta=32$  mPa·s dla SN-100. Badania lepkości przeprowadzono na reometrze rotacyjnym MCR 301, dostarczonym przez firmę Anton Paar.

#### 4. WYNIKI BADAŃ

Na rys. 2 zestawiono średnie średnice skaz (wytarć kulek) otrzymane w wyniku prowadzonych eksperymentów.



Rys. 2. Średnie średnice wytarć  
Fig. 2. Average diameters of scars

Pełny, 30-minutowy pomiar udało się przeprowadzić jedynie dla próbek VG46, G86, G72, G60. Dla wszystkich przeprowadzonych prób z wykorzystaniem SN-100 kulki ulegały zatarciu w czasie krótszym niż 1 minuta, dlatego też pomiary średnic zostały w tym przypadku pominięte.

Najmniejsze średnice skaz występowały w przypadku użycia oleju VG46. Dla wodnych roztworów gliceryny zaobserwowano tym większe średnie średnice skazy, im mniejszy był objętościowy udział gliceryny w badanej próbce.

Należy zwrócić uwagę na to, że dla wszystkich badanych próbek wytworzonych na bazie gliceryny przeprowadzono pełny, 30-minutowy cykl badań – w żadnej z prób nie zanotowano zniszczenia próbek w krótszym czasie.

W przypadku G86 i G72 odnotowano znacznie mniejszy rozrzut wartości średnic wytarć niż w przypadku VG46. Dla G60 jest on większy, jednak jego wartość względna (odniesiona do średniej średnicy wytarć) jest nadal mniejsza niż dla VG46.

Obserwacje zużytych powierzchni wykonano przy użyciu świetlnego mikroskopu optycznego, przy powiększeniu 50x. Z puli wszystkich wykonanych zdjęć wybrano i przedstawiono wyłącznie te, które wnoszą istotne informacje na temat przebiegu zużycia w węzle tarcia.

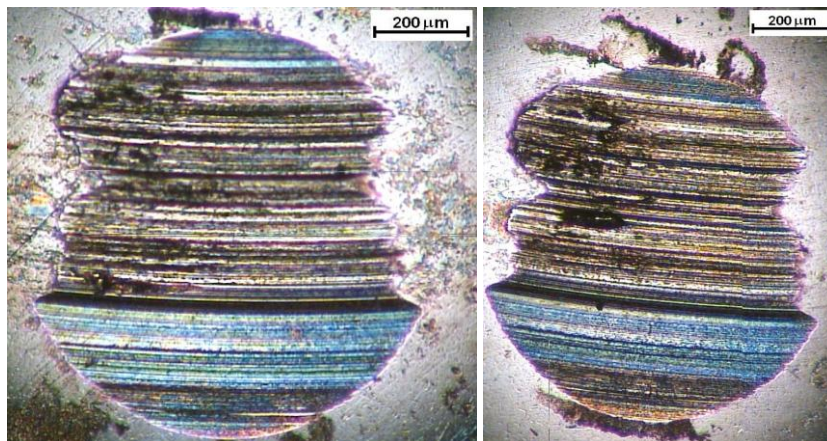
Zdjęcia dla G72 zostały pominięte, gdyż powierzchnia kulek była zbliżona wyglądem do G86.

Obserwacje śladów wytarć na powierzchni kulek pozwalają stwierdzić, że dominującą formą zużycia dla VG46 i G86 było zużycie ściernie. W przypadku G60 można zauważyć, poza formą zużycia ściernego, występowanie wyrwań, charakterystycznych dla adhezyjnego zużycia materiału.

Na rys. 6 przedstawiono powierzchnię kulki pochodzącej z badania oleju SN-100, która została zniszczona w czasie poniżej 1 min. Krótki czas do zniszczenia jest charakterystyczny dla zastosowania oleju bazowego jako środka smarnego.

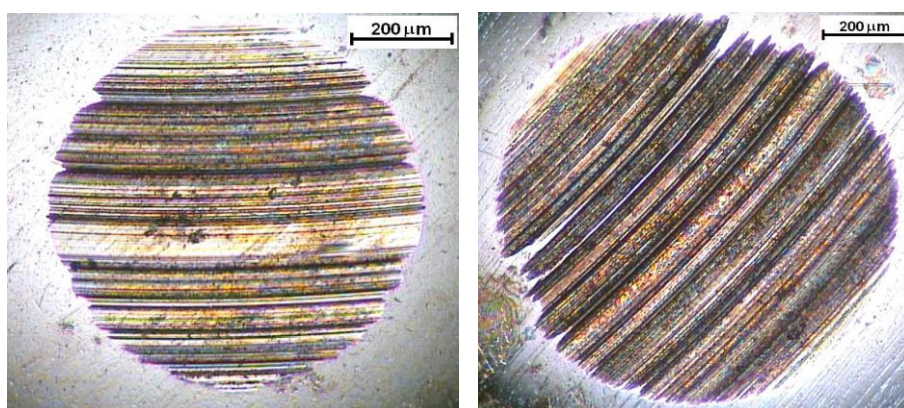
Porównując wyłącznie powierzchnie kulek z wszystkich powtórzeń eksperymentu dla G86, stwierdzić można, że w strefach wejścia i wyjścia kształt wytarcia był równomierny. Rzut obrazu wytarcia w każdym z przypadków można przybliżyć jako powierzchnię koła. Analogiczna sytuacja ma miejsce w testach G72 i VG46.

Porównanie próbek pochodzących wyłącznie z puli badań dla G60 pokazuje, że strefy wyjścia i wejścia mają nierównomierny kształt dla każdej z obserwowanych kulek. Kształt zarysu może mieć związek z występowaniem mniej lub bardziej rozwiniętych adhezyjnych form zużycia widocznych na rys. 3. Występowanie adhezyjnych form zużycia rzutuje nie tylko na samą trwałość elementów maszyn, ale zwiększa również niepewność co do stopnia ich zużycia w trakcie eksploatacji.



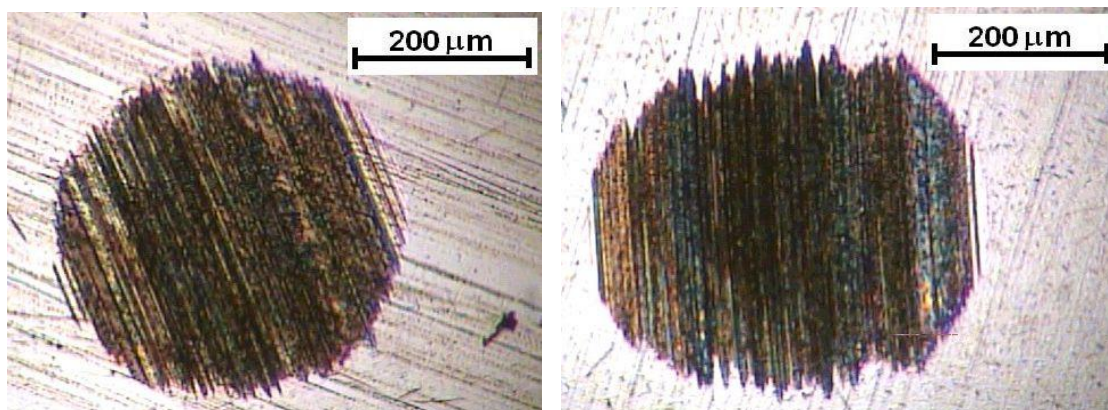
Rys. 3. Obraz wytarcia kulek – G60, powiększenie 50x

Fig. 3. Image of ball scar area – G60, zoom 50x



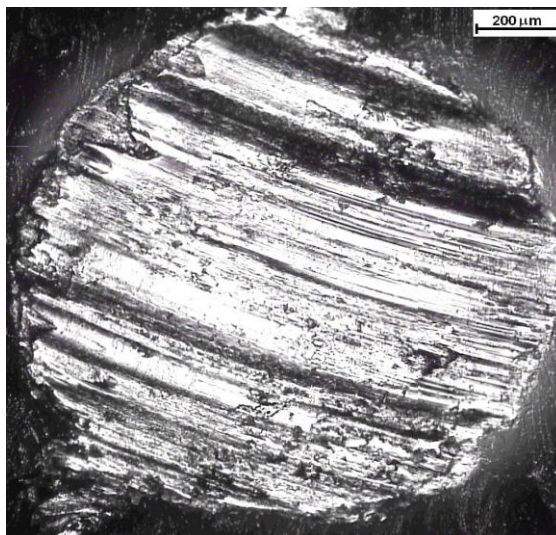
Rys. 4. Obraz wytarcia kulek – G86, powiększenie 50x

Fig. 4. Image of ball scar area – VG46, zoom 50x



Rys. 5. Obrazy wytarcia kulek – VG 46, powiększenie 50x

Fig. 5. Image of ball scar area – VG46, zoom 50x



Rys. 6. Obraz wytarcia kulki – SN-100, powiększenie 50x, t=1 min  
Fig. 6. Image of ball scar area – SN-100, zoom 50x, t=1min

## 5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania pilotażowe pozwalają wysnuć następujące wnioski:

- właściwości tribologiczne i fizykochemiczne gliceryny mogą być podstawą rozważań na temat jej zastosowania jako środka smarnego lub jego składnika. Dodatkowo, z uwagi na fakt, że gliceryna nie jest klasyfikowana jako substancja niebezpieczna (na podstawie MSDS), można rozważać jej zastosowanie w przemyśle spożywczym,
- intensywność zużycia była większa dla roztworów gliceryny niż dla VG46 i spadała wraz ze wzrostem udziału fazy glicerynowej w roztworze.
- w celu optymalizacji właściwości pod kątem konkretnych zastosowań, należy podjąć dodatkowe badania, mające na celu sprecyzowanie składu chemicznego smarów opartych na glicerynie

## Bibliografia

1. ASTM D2266-01 (2008) – Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Grease (Four-Ball Method).
2. Hassa R., Mrzigod J., Nowakowski J.: Podręczny słownik chemiczny. Videograf II, Katowice 2004, s. 147.
3. Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej GLICERYNA 86%. Wydanie I. Zakład Farmaceutyczny „Amara” Sp. z o.o., Kraków 2007, s. 1-5.
4. McNeil J., Day P., Sirovski F.: Glycerine from biodiesel: The perfect diesel fuel. Process Safety and Environmental Protection, No. 90, 2012, p. 180-188.
5. Melcer A., Klugmann-Radziemska E., Ciunel K.: Zagospodarowanie fazy glicerynowej z produkcji biopaliw. Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, Vol. 13, nr 1, 2011, s. 1-20.

6. Węglarzy K., Skrzyżala I.: Ekologiczne i ekonomiczne aspekty produkcji energii elektrycznej z biomasy na przykładzie agrobiogazowni w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki PIB Grodziec Śląski. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 57(4), 2012.
7. Szewczyk K.W., Nowakowski T.: Mikrobiologiczne wytwarzanie wodoru z glicerolu. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, t. 3, 2009, s. 113-114.
8. Kučinskas V., Jasinskas A., Strakšas A.: Research on possibilities of using by-products of biodiesel production for biofuel. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, Vol. 57(4), 2012.