

## OCENA WŁAŚCIWOŚCI SMARNYCH WYBRANYCH PALIW POCHODZENIA ROŚLINNEGO I NAFTOWEGO

Bartłomiej Batko, Tomasz K. Dobek

*Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych, Akademia Rolnicza w Szczecinie*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań smarności wybranych paliw naftowych oraz estrów metylowych oleju rzepakowego i rafinowanego oleju roślinnego. Właściwości smarne określono na podstawie oporów tarcia występujących w skojarzeniu tarciovym oraz temperatury paliwa. Z badań wynika, że paliwa pochodzenia roślinnego charakteryzują się lepszymi właściwościami smarnymi od paliw naftowych.

**Słowa kluczowe:** paliwa pochodzenia roślinnego, paliwa naftowe, smarność

### Wstęp

W Polsce parametry oleju napędowego (ON) przeznaczonego do zasilania silników ZS muszą spełniać wymagania normy PN-EN 590:2005. Proces wytwarzania ON w taki sposób, by spełniał on wymagania tej normy jest bardzo złożony i kosztowny. Ponadto w wyniku ograniczonej ilości podstawowego surowca, jakim jest ropa naftowa, konieczne jest poszukiwanie nowych źródeł jej wydobycia, co wpływa na wzrost ceny ON w sprzedaży detalicznej. Jednym z głównych parametrów oleju napędowego, który ma zasadniczy wpływ na właściwe i bezawaryjne funkcjonowanie instalacji paliwowej jest jego smarność. Dotyczy to w szczególności par precyzyjnych (rozpylaczy i sekcji tłoczących pomp rotacyjnych) pracujących w obecności paliwa w warunkach znacznych nacisków oraz małych luzów. Smarność z punktu widzenia tribologii jest cechą zespołową substancji smarującej oraz powierzchni smarowanej, głównie jej stanu energetycznego. Określa się ją jako zdolność do wytworzenia trwałej warstwy smarnej (granicznej) na powierzchni trących materiałów w wyniku adsorpcji (chemisorpcji) [Baczewski i in. 2004; Laber i in. 1997; Majzner i in. 1998].

Kraje będące członkami Unii Europejskiej obowiązują postanowienia Dyrektywy 2003/30/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 8 maja 2003 roku w sprawie wspierania użycia w transporcie biopaliw lub innych paliw odnawialnych. Zasadniczym celem wprowadzenia tego rozporządzenia było ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) pochodzącego ze spalania paliw naftowych. Dodatkową korzyścią jest przeciwdziałanie bezrobociu w rolnictwie oraz poprawa bezpieczeństwa energetycznego krajów członkowskich. Ponadto w Polsce obowiązuje ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 roku o biopaliwach i biokomponentach, która nakłada na przedsiębiorców obowiązek zapewnienia w ogólnej ilości sprzedawanych paliw minimalną ilość biokomponentów lub innych paliw odnawialnych poprzez wprowadzenie Narodowego Celu Wskaźnikowego

(NCW). Według NCW minimalna ilość wprowadzonych do obrotu paliw odnawialnych musi wynieść 3,45% w 2008 roku oraz 5,75% w 2010 roku. Do zasilania silników ZS najbardziej odpowiednim biopaliwem są estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych (FAME – Fatty Acid Methyl Esters), którymi najczęściej są estry metylowe oleju rzepakowego (RME – Rapeseed Oil Methyl ester). W celu ujednoczenia jakości estrów stosowanych jako biopaliwa samoistne lub biokomponenty wprowadzono normę PN-EN 14214:2003 [Baczewski i in. 2004].

Wprowadzenie biokomponentów do oleju napędowego w ilości do 5% objętości jest dopuszczalne przez normę PN-EN 590:2005. Zwiększenie ilości tego dodatku skutkuje zmianą parametrów nowopowstałej mieszaniny, wykraczającą poza wartości określone w tej normie. W wielu krajach Unii Europejskiej dostępny jest już w sprzedaży olej napędowy zawierający 20 lub 80% objętości biokomponentów lub estry oleju rzepakowego jako samoistne paliwo. Ta sytuacja stawia przed producentami silników ZS nowe wymagania dotyczące budowy i funkcjonowania instalacji paliwowych.

Z badań przeprowadzonych przez innych badaczy wynika, że dodatek już niewielkiej ilości estrów oleju rzepakowego do niskosiarkowego oleju napędowego powoduje znaczną redukcję zużycia [Majzner i in. 1998, Kubowicz 2001]. Brak jest jednak informacji o właściwościach smarnych innych alternatywnych paliw pochodzenia roślinnego i naftowego.

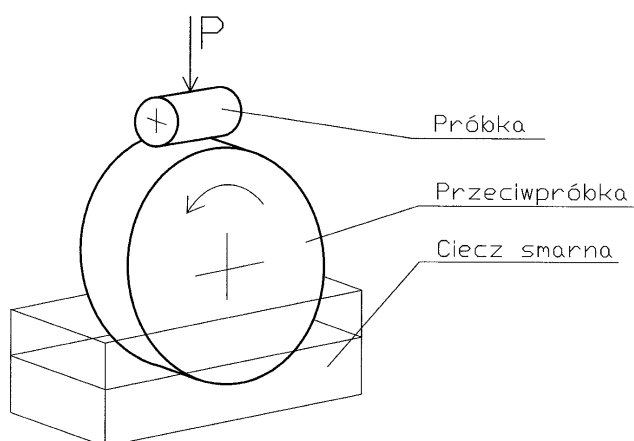
## Cel pracy

Celem niniejszej pracy był określenie właściwości smarnych wybranych paliw pochodzenia naftowego i roślinnego w aspekcie przydatności do zasilania silników ZS jako paliw alternatywnych.

## Przedmiot i metodyka badań

Badania smarnościowe przeprowadzono przy użyciu maszyny tarciowej T 05 o zmodyfikowanym układzie pomiaru oporów tarcia, wyrażonych jako moment tarcia [N·cm] w skojarzeniu tarciowym. Testy przeprowadzono w warunkach tarcia ślizgowego przy punktowym styku skoncentrowanym w układzie pary trącej pierścień-wałek z zastosowaniem smarowania zanurzeniowego. Nieruchoma próbka w formie wałeczka o średnicy 10 mm, wykonana ze stali ŁH 15, o twardości wg skali Rockwella wynoszącej 58 HRC, wykończona powierzchniowo do chropowatości wyrażonej parametrem  $R_a$  równej 0,32  $\mu\text{m}$ , dociskana była siłą 115 N w kierunku prostopadłym do obracającego się pierścienia. Pierścień o średnicy 35 mm wykonany był ze stali ŁH 15 o chropowatości powierzchni trącej wynoszącej  $R_a = 0,32 \mu\text{m}$  i twardości 60 HRC i obracał się z liniową prędkością na jego obwodzie równą 1  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Schemat układu tarciowego przedstawiający sposób ustawienia próbki, jej obciążenia i smarowania zaprezentowano na rys. 1. Do badań użyto następujące rodzaje paliw: olej napędowy „Verva” spełniający wymagania normy PN-EN 590:2005 (VERVA), lekki olej opałowy „Ekoterm Plus” spełniający wymagania normy PN-C-96024:2001 (LOO), estry metylowe oleju rzepakowego odpowiadające wymaganiom normy PN-EN 14214:2003 (ESTRY) oraz estry metylowe oleju rzepakowego wyko-

nane w warunkach gospodarstwa rolnego wg metodyki zaproponowanej przez producenta urządzenia do estryfikacji oleju (ROL), a także rafinowany olej rzepakowy o nazwie handlowej „Kujawski” wyprodukowany przez ZT „Kruszwica” S.A. (RAF). Lekki olej opałowy oraz rafinowany olej rzepakowy ze względów fiskalnych i ekologicznych nie powinny być stosowane jako paliwa silnikowe a użycie ich do badań smarnościowych ma jedynie charakter informacyjny i porównawczy.



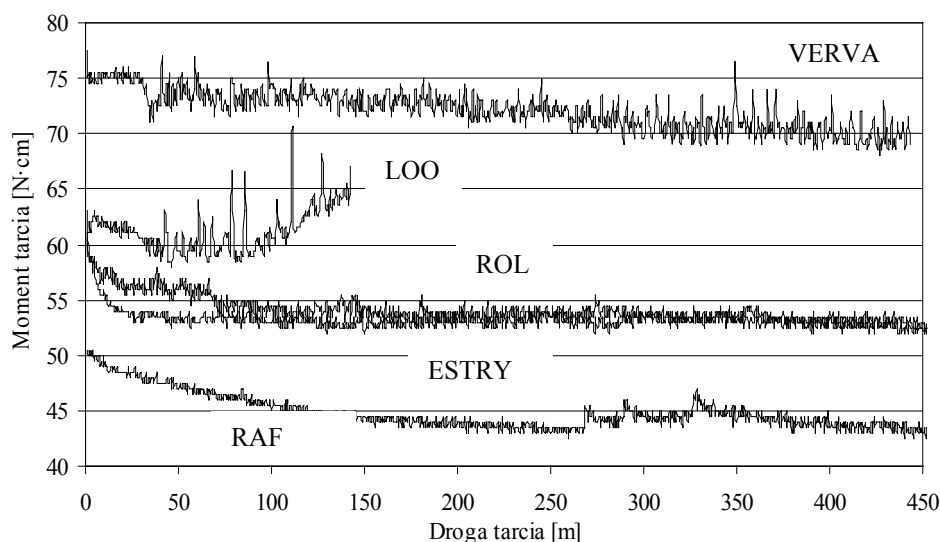
Rys. 1. Schemat układu tarcowego  
Fig. 1. Friction system diagram

Eksperyment wykonano wg metodyki określonej normą ASTM G77 na drodze tarcia równej 450 m. Wartościami mierzonymi w sposób ciągły były moment tarcia oraz temperatura badanego paliwa, które zostały zapisane w komputerze klasy PC w celu dalszej ich obróbki.

## Wyniki badań

Zgromadzone dane umożliwiły graficzne przedstawienie na rys. 2 przebiegu wartości momentu tarcia w funkcji przebytej drogi tarcia dla wszystkich zastosowanych paliw. Na wykresie tym można zaobserwować różnice w wartości momentu tarcia dla poszczególnych paliw oraz w charakterze tego przebiegu. W przypadku oleju napędowego VERVA średnia wartość moment tarcia wyniosła 72,1 N·cm. Jego przebieg ma charakter malejący proporcjonalnie do przebytej drogi tarcia, jednak znaczny rozrzut chwilowych pomiarów świadczy o stosunkowo niestabilizowanym przebiegu procesu tarcia. W przypadku oleju opałowego początkowa wartość momentu tarcia była niższa od oleju napędowego o 13 N·cm. Po przebyciu ok. 50 m drogi tarcia doszło do gwałtownych, niekontrolowanych wzrostów oporów tarcia aż do zatarcia skojarzenia. Średnia wartość momentu tarcia mierzona do momentu zatarcia była niższa od średniej dla ON i wyniosła 61,3 N·cm (redukcja o 15,0%).

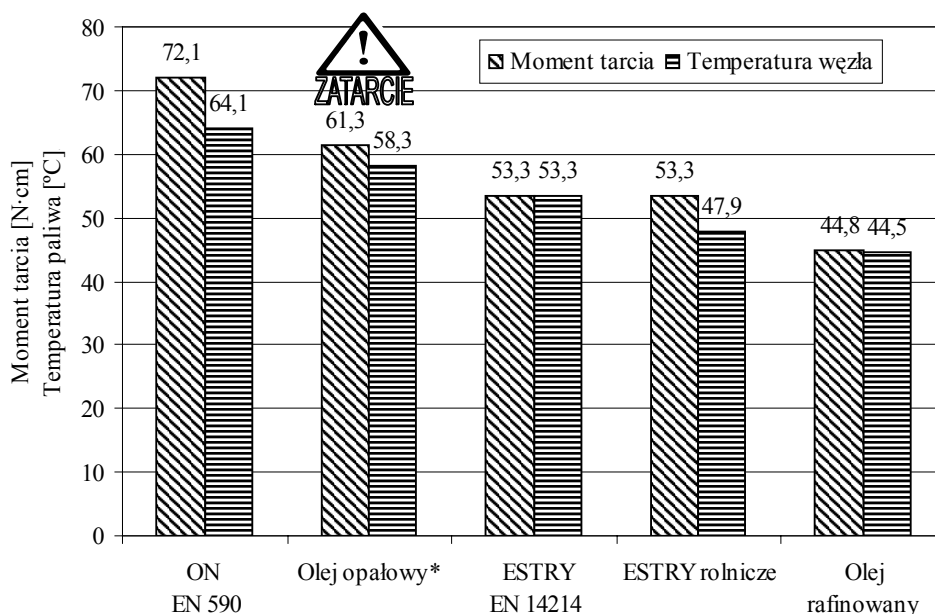
Zatarcie skojarzenia spowodowane było niewątpliwie zbyt słabą warstwą graniczną zaadsorbowaną na powierzchniach trących elementów, która nie była w stanie trwale rozdzielić obu trących powierzchni. Przerwanie warstwy granicznej powodowało bezpośredni styk trących elementów, co przy występujących naciskach w miejscu kontaktu skutkowało występowaniem niekontrolowanych i gwałtownych reakcji zużycia i zniszczenia powierzchni trącej [Szczerek i in. 2000].



Rys. 2. Przebieg momentu tarcia w funkcji drogi tarcia

Fig. 2. Course of the friction moment in the function of friction path

W przypadku użycia estrów o normatywnych parametrach, jak i estrów wytworzonych w warunkach gospodarskich o niezidentyfikowanych jednoznacznie właściwościach dochodzimy do wniosku, że wartości oporów tarcia jak i charakter przebiegu tych oporów w trakcie trwania testu są zbliżone do siebie. Dla obu rodzajów estrów średnia wartość momentu tarcia była jednakowa i wyniosła 53,3 N·cm (redukcja zużycia o 26,1%). Jednocześnie wartość ta jest znacznie niższa od oleju napędowego a sam przebieg charakteryzuje się zdecydowanie bardziej łagodnym przebiegiem. Świadczy to o lepszych właściwościach smarnych estrów w porównaniu do oleju napędowego. Analizując przebieg krzywej opisującej opory tarcia z zastosowaniem rafinowanego oleju rzepakowego dostrzegamy zdecydowanie najniższe wartości tych oporów (44,8 N·cm, redukcja o 37,9%) oraz bardzo wygładzony przebieg oporów w czasie trwania testu. Olej rafinowany posiada niewątpliwie lepsze właściwości smarne w porównaniu do pozostałych użytych paliw. Należy jednak pamiętać o tym, że olej ten posiada znacznie większą (ok. 10-krotnie) lepkość kinematyczną niż pozostałe paliwa, co zdecydowanie poprawia jego właściwości smarne poprzez ułatwioną zdolność do rozdzielania trących powierzchni. Na rys. 3 przedstawiono graficzne zestawienie średnich wartości momentów tarcia oraz średnich wartości temperatury dla poszczególnych paliw.



\*) – Przedstawiono wartości zapisane do momentu zatarcia na ok. 140 m drogi tarcia

Rys. 3. Zestawienie średnich wartości momentów tarcia oraz temperatury paliwa dla zastosowanych paliw

Fig. 3. Mean values of friction moments and fuel temperatures for the fuels used

Uśrednione wartości momentów tarcia oraz temperatury we wszystkich zastosowanych paliwach wykazują tę samą zależność tzn. temperatura jest ściśle powiązana z wartością momentu tarcia. Jest to uzasadniona zależność, gdyż ilość wydzielającego się ciepła w czasie tarcia jest proporcjonalna do ilości pracy, jaka należy włożyć do pokonania oporów tego tarcia [Szczerek i in. 2000]. Mając na uwadze fakt, że olej VERVA spełnia wymagania smarnościowe określone w normie PN-EN 12156:2001 można przypuszczać, że pozostałe paliwa, charakteryzujące się niższą wartością oporów tarcia oraz bardziej wygładzonym przebiegiem procesem tarcia, mogłyby również spełnić wymagania tej normy. Oznaczałoby to, że estry oleju rzepakowego oraz olej rafinowany odznaczają się zadowalającą smarnością i stosowanie ich do napędu silników ZS nie powinno powodować przyspieszonego zużycia elementów układu zasilania. Przypuszczenia te znajdują potwierdzenie w wielu pracach naukowych innych badaczy [Baczewski i in. 2004; Kudowicz 2001; Laber i in. 1997; Majzner i in. 1998; Szlachta 2002]. W przypadku oleju opałowego stwierdzono, że posiada on gorsze właściwości smarne niż ON i może być użyty wyłącznie do celów grzewczych zgodnie z jego przeznaczeniem.

## Wnioski

1. Estry oleju rzepakowego oraz rafinowany olej rzepakowy wykazują lepsze właściwości smarne niż olej napędowy. W przypadku obu rodzaju estrów redukcja oporów tarcia w odniesieniu do ON wyniosła 26,1%, natomiast w przypadku oleju rafinowanego redukcja ta wyniosła 37,9%.
2. Lekki olej opałowy charakteryzuje się gorszymi właściwościami smarnymi niż olej napędowy, o czym świadczy zatarcie węzła tarcowego. Jednak do momentu zatarcia skojarzenia średnia wartość momentu tarcia była niższa o 15% od ON.

## Bibliografia

- Baczewski K., Kałdoński T.** 2004. Paliwa do silników o zapłonie samoczynnym. WKŁ. Warszawa. ISBN 83-206-1510-0.
- Laber S., Laber A.** 1997. Wybrane zagadnienia tribologiczne związane z problematyką tarcia bez-zużyciowego. Zielona Góra. Politechnika Zielonogórska. Monografie nr 85. ISSN 0239-7390.
- Majzner M., Kajdas C., Okulicz W.** 1998. Problemy smerności olejów napędowych nowej generacji. Tribologia. Nr 2. s. 109-129.
- Kudowicz W.** 2001. Dodatki smernościowe do niskosiarkowych olejów napędowych i metody oceny ich działania. Paliwa, oleje i smary w eksploatacji. Nr 87. s. 28-33.
- Szczerek M., Wiśniewski M.** 2000. Tribologia i tribotechnika. ITE, Radom. ISBN 83-7204-199-7
- Szlachta Z.** 2002. Zasilanie silników wysokopreżnych paliwami rzepakowymi. WKŁ Warszawa. ISBN 83-206-1459-7.

## ASSESSMENT OF LUBRICATING PROPERTIES OF SELECTED VEGETABLE AND KEROSENE FUELS

**Abstract.** The paper presents the results of testing the lubricating properties of selected kerosene fuels and methyl esters of rape oil and refined vegetable oil. The lubricating properties were determined on the basis of frictional resistance occurring during friction test, and fuel temperature. It has been found that vegetable fuels are characterized by better lubricating properties compared to kerosene fuels.

**Key words:** vegetable fuels, kerosene fuels, lubricating ability

### Adres do korespondencji:

Bartłomiej Batko; e-mail: bbatko@agro.ar.szczecin.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych  
Akademia Rolnicza w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI nr 3  
71-459 Szczecin