

Małgorzata WRONA*, Andrzej URBAŃSKI*

BADANIE WŁAŚCIWOŚCI PRZECIWZUŻYCIOWYCH KOMPOZYCJI SMAROWYCH ZAWIERAJĄCYCH SUROWCE ROŚLINNE

INVESTIGATION OF ANTIWEAR PROPERTIES OF LUBRICANT CONTAINING VEGETABLE RAW MATERIALS

Słowa kluczowe:

surowce roślinne, kompozycje olejowe, właściwości przeciwzużyciowe

Key words:

vegetable raw materials, lubricants, antiwear properties

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań właściwości przeciwzużyciowych kompozycji smarowych, w których jako dodatki zostały zastosowane produkty pochodzenia roślinnego. Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych przy użyciu aparatu czterokulowego. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że efekty działania produktów roślinnych zależą od ich struktury chemicznej i stężenia oraz rodzaju bazy olejowej. Dodatek do oleju

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

mineralnego i oleju poli(α)olefinowego odpowiedniej ilości tych produktów może wpływać na zmniejszenie intensywności zużywania.

WPROWADZENIE

W ostatnich latach coraz szerzej w praktyce przemysłowej stosowane są surowce ze źródeł naturalnych. Są one łatwo odnawialne i nie obciążają środowiska naturalnego. Prowadzone przez ośrodki naukowe różnych krajów poszukiwania nowych roślin oleistych mają na celu znalezienie surowców o takim składzie, który przedstawiałby szczególną wartość pod względem technicznym. Dużą uwagę zwraca się na oleje roślinne w aspekcie ich wykorzystania jako źródła surowców do produkcji paliw do silników wysokoprężnych i olejów smarowych [L. 1–16]. Aktualnie do produkcji komponentów paliw i/lub olejów smarowych stosuje się głównie: rzepak, soję, palmę i słonecznik. O przydatności do celów techniki paliwowo-smarowniczej olejów z upraw roślinnych decyduje przede wszystkim jakość oraz ilości estrów wyższych kwasów tłuszczowych i gliceryny – glicerydów oraz w mniejszym stopniu innych związków. Składniki te mają wpływ na właściwości użytkowe uzyskanych materiałów eksploatacyjnych, m.in. stabilność termooksydacyjną i smarność. Estry i kwasy tłuszczowe występujące naturalnie w olejach roślinnych wykazują zdolność do wytwarzania związanej ze smarowaną powierzchnią warstwy granicznej, która stanowi zabezpieczenie powierzchni przed zużyciem [L. 2, 4, 5].

Celem podjętych badań było wyznaczenie właściwości przeciwzużyciowych kompozycji olejów bazowych z dodatkiem wybranych produktów roślinnych: oleju ostropestowego, amarantusowego, herbacianego zimnotłoczonego, wyciągu herbacianego i oleju z kielków pszennych oraz dokonanie oceny ich przydatności do wytwarzania środków smarowych. Właściwości przeciwutleniające wyżej wymienionych kompozycji zbadano w pracy [L. 15].

METODA BADAŃ

Badaniom poddawano handlowe produkty roślinne: olej ostropestowy, amarantusowy, herbaciany zimnotłoczony, herbaciany – wyciąg i z kielków pszennych oraz oleje bazowe, do których wprowadzono pojedynczo wymienione produkty w ilościach 0,5, 1, 5 i 10% (wag.). Olej ostropestowy zawiera duże ilości kwasu linolowego. Oleje z amarantusa i kielków pszenicy należą do olejów bogatych w kwas linolowy i oleinowy. Olej herbaciany zimnotłoczony, wytwarzany z nasion zielonej herbaty, zawiera bardzo duże ilości kwasu oleinowego. Olej herbaciany – wyciąg łączy w sobie właściwości bazowego oleju słonecznikowego, w którego składzie przeważają kwas linolowy i oleinowy oraz ekstraktu roślinnego z liści zielonej herbaty. Badane oleje roślinne odznaczają się wysoką zawartością przeciwutleniaczy, takich jak: polifenole, tokoferole, tokotrienole,

fitosterole, fosfolipidy, skwalen. Jako oleje bazowe zastosowano: olej mineralny SAE 30/95, poli(α)olefinowy o nazwie handlowej Spectrasyn 6, poliestrowy (Priolube 3970), które reprezentują ważniejsze grupy olejów bazowych stosowanych w środkach smarowych.

Właściwości przeciwzużyciowe produktów roślinnych i kompozycji olejowych badano przy użyciu aparatu czterokulowego wg PN-EN ISO 20623:2010. Elementami testowymi były standardowe kulki o średnicy 1/2" wykonane ze stali łożyskowej ŁH15 o twardości 60 HRC. Podczas testu kulka zamocowana w górnym uchwycie obracała się z prędkością 1500 obr/min pod obciążeniem 400 N. Test trwał 60 min. Przed badaniami uchwyty i elementy badawcze myto w benzynie ekstrakcyjnej, a następnie suszono. Zużycie tribologiczne kulek oceniano na podstawie pomiaru średnicy śladów zużycia. Wyniki testów tribologicznych stanowiły średnie arytmetyczne z trzech biegów badawczych.

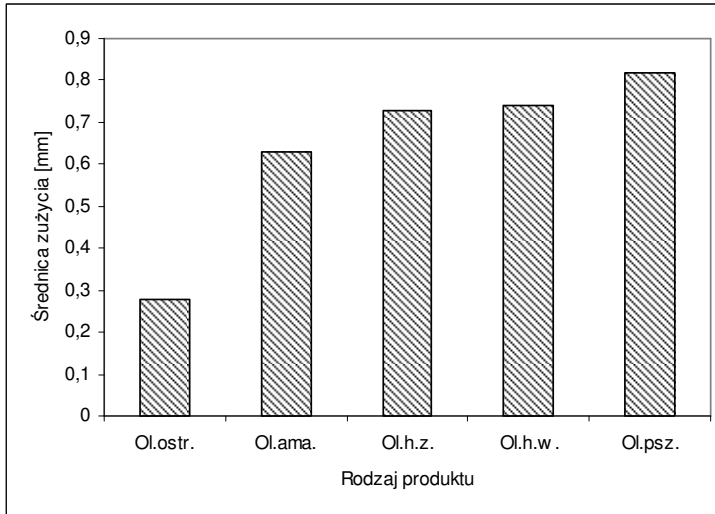
WYNIKI BADAŃ

Na **Rysunku 1** przedstawiono wyniki badań właściwości przeciwzużyciowych wybranych produktów roślinnych, ocenianych na podstawie średnicy śladu zużycia. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że produkty roślinne wpływają na przebieg procesów zużycia w strefie tarcia. Średnica śladu zużycia osiągnęła największą wielkość dla oleju z kielków pszennych i wynosiła 0,82 mm. Natomiast najmniejszą wielkość średnicy śladu zużycia, wynoszącą 0,28 mm, uzyskano dla oleju ostropestowego.

Wpływ produktów roślinnych na właściwości przeciwzużyciowe olejów bazowych przedstawiono na **Rys. 2–4**. Spośród kompozycji oleju mineralnego z produktami roślinnymi największą wielkość średnicy zużycia stwierdzono dla kompozycji zawierających olej amarantusowy i wyciąg herbaciany o stężeniu 1%. Średnia wielkość średnicy zużycia wynosiła odpowiednio 1,52 i 1,50 mm. Dodatek oleju amarantusowego zastosowany w kompozycji z olejem mineralnym w stężeniu 5 i 10% zmniejszył wielkość średnicy zużycia w porównaniu z olejem mineralnym bez tego dodatku do poziomu odpowiednio 0,55 i 0,58 mm (zmniejszenie intensywności zużycia o 29,5% i 25,6%). Z kolei wyciąg herbaciany dodany do oleju mineralnego w stężeniu 0,5, 5 i 10% spowodował obniżenie wielkości średnicy zużycia do – odpowiednio – 0,63, 0,60 i 0,70 mm.

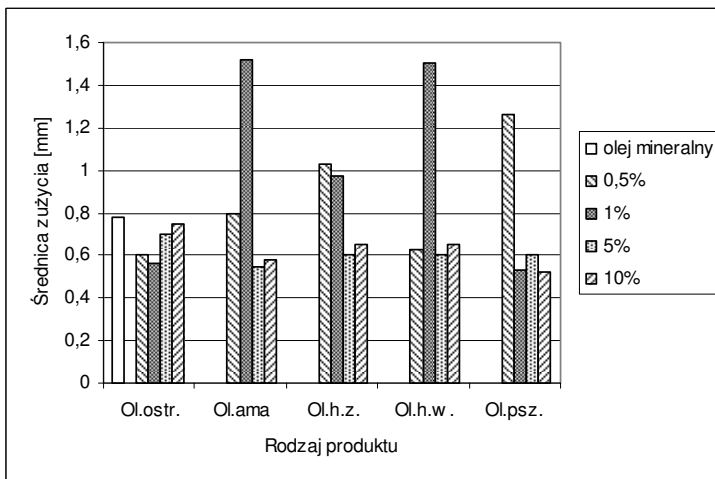
Dużą wielkość średnicy zużycia, wynoszącą 1,26, 1,03 i 0,97 mm, stwierdzono dla kompozycji oleju mineralnego z olejem z kielków pszennych o stężeniu 0,5% oraz kompozycji oleju mineralnego z olejem herbacianym zimnotłoczonym o stężeniu 0,5 i 1%. Zastosowanie wyższych stężeń produktów roślinnych w oleju mineralnym pozwoliło na obniżenie wielkości średnicy zużycia. W grupie kompozycji olejowych zawierających olej mineralny najmniejszą wielkość średnicy zużycia uzyskano w przypadku kompozycji oleju mineralne-

go i oleju z kielków pszennych o stężeniu 10%. Wynosiła ona 0,52 mm (zmniejszenie intensywności zużycia o 33,3%).



Rys. 1. Wielkość średnicy śladów zużycia kulek dla produktów roślinnych: OL. ostr. – olej ostropestowy, OL. amar. – olej amarantusowy, OL. h.z. – olej herbaciany zimnotłoczony, OL. h.w. – olej herbaciany – wyciąg, OL. psz. – olej z kielków pszennych

Fig. 1. The size of the wear scar diameter of the balls for vegetable products: Ol.ostr. – thistle oil, Ol.amar. – amaranth oil, Ol.h.z. – cold-pressed tea oil, Ol.h.w. – tea oil – extract, Ol.psz.– wheat germ oil

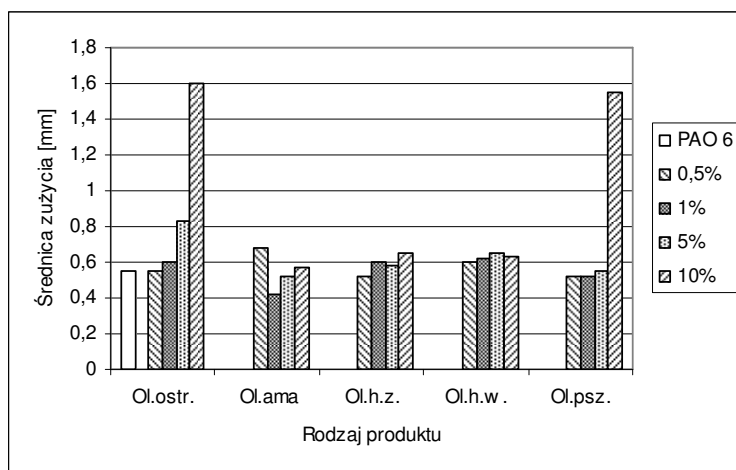


Rys. 2. Wielkość średnicy śladów zużycia kulek dla produktów roślinnych rozpuszczonych w oleju mineralnym. Znaczenie użytych skrótów jest takie samo jak na Rys. 1

Fig. 2. The size of the wear scar diameter of the balls for vegetable products dissolved in mineral oil. Meaning of used abbreviations is the same as in Fig. 1

Wyniki badań kompozycji oleju poli(α)olefinowego z dodatkami produktów roślinnych wykazały, że wielkość śladu zużycia była największa w przypadku kompozycji z 10% dodatkiem oleju z kielków pszennych (1,55 mm) i oleju ostropestowego (1,60 mm). Najmniejsza wielkość śladu zużycia odpowiadała 1% kompozycji oleju amarantusowego w oleju poli(α)olefinowym i wynosiła 0,42 mm (zmniejszenie intensywności zużycia o 23,6%). W pozostałych przypadkach wielkość śladów zużycia wahała się od 0,52 mm dla kompozycji zawierających: olej herbaciany zimnotłoczony o stężeniu 0,5%, olej z kielków pszennych o stężeniu 0,5 i 1% i olej amarantusowy o stężeniu 5% do 0,83 mm dla kompozycji z dodatkiem oleju ostropestowego o stężeniu 5%.

Porównując zmiany średnicy zużycia dla kompozycji produktów roślinnych z olejem poliestrowym stwierdzono, że badane dodatki nie zawsze wpływają na zmniejszenie zużycia. W większości przypadków wyznaczone średnice zużycia były na podobnym poziomie jak dla oleju poliestrowego (0,72–0,85 mm). Wyższą wielkością parametru zużycia (0,87–1,00 mm) charakteryzowały się kompozycje oleju poliestrowego z olejem ostropestowym o stężeniach od 0,5 do 5% i z olejem herbacianym zimnotłoczonym o stężeniu 10%.

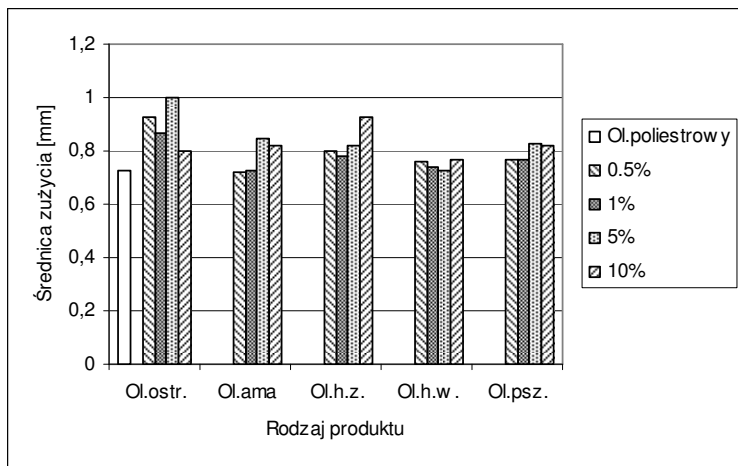


Rys. 3. Wielkość średnicy śladów zużycia kulek dla produktów roślinnych rozpuszczonych w oleju poli(α)olefinowym – PAO 6. Znaczenie użytych skrótów jest takie samo jak na Rys. 1

Fig. 3. The size of the wear scar diameter of the balls for vegetable products dissolved in poli(α)olefin oil – PAO 6. Meaning of used abbreviations is the same as in Fig. 1

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że pod względem właściwości przeciwzużyciowych najkorzystniejsze okazały się kompozycje oparte na oleju mineralnym, zaś najmniej efektywne kompozycje oparte na oleju poliestrowym. Różnice we właściwościach kompozycji otrzymanych z różnych

olejów bazowych związane są m.in. z budową wewnętrzną tych olejów. Olej mineralny stanowi mieszaninę węglowodorów parafinowych, naftenowych (cykloparafinowych) i aromatycznych. Obok węglowodorów mogą w nim być obecne związki heterocykliczne zawierające w cząsteczce tlen, siarkę, azot. Oleje syntetyczne są jednorodnymi chemicznie związkami organicznymi otrzymanymi na drodze syntez.



Rys. 4. Wielkość średnicy śladów zużycia kulek dla produktów roślinnych rozpuszczonych w oleju poliesterowym. Znaczenie użytych skrótów jest takie samo jak na Rys. 1

Fig. 4. The size of the wear scar diameter of the balls for vegetable products dissolved in polyester oil. Meaning of used abbreviations is the same as in Fig. 1

Nie wszystkie produkty roślinne odznaczają się jednakowymi właściwościami przeciwzużyciowymi. Wynika to z faktu, że różnią się one w zależności od pochodzenia jak i składu chemicznego. Ważną cechą tych produktów jako dodatków polepszających właściwości przeciwzużyciowe jest to, że zawarte w nich estry, kwasy tłuszczowe i inne związki polarne, przy odpowiednich stężeniach, mają właściwość adsorbowania się na współpracujących powierzchniach skojarzenia trącego. Działanie ochronne polarnych cząsteczek dodatku w stosunku do powierzchni metalu tłumaczy się tworzeniem granicznej warstewki smarowej.

PODSUMOWANIE

Wyniki przeprowadzonych badań wykazują, że oleje bazowe i ich kompozycje z dodatkiem surowców roślinnych różnią się między sobą w zakresie właściwości przeciwzużyciowych. Efektywność przeciwzużyciowa badanych kompozycji zależała od rodzaju i składu chemicznego surowca roślinnego, jego stężenia

oraz rodzaju oleju bazowego (mineralny, syntetyczny). Surowce pochodzenia roślinnego wprowadzone jako dodatki do oleju mineralnego istotnie poprawiały właściwości przeciwzużyciowe wyjściowego oleju bazowego w układzie tarciovym stal–stal. Pozytywne rezultaty osiągnięto również w przypadku oleju poli(α)olefinowego. Natomiast wprowadzenie tych dodatków do oleju poliestrowego spowodowało większe zużycie badanego układu tarciovego niż dla oleju bazowego. Z przeprowadzonych badań wynika, że odpowiedni wybór surowców roślinnych rozpatrywanych jako składniki środków smarowych stwarza możliwość poprawy właściwości użytkowych olejów bazowych. Oprócz działania antyoksydacyjnego mogą one przyczynić się do ochrony stalowych powierzchni współpracujących elementów przed zużyciem. Aby uzyskać więcej informacji dotyczących możliwości zastosowania badanych kompozycji olejowych konieczne jest sprawdzenie ich oddziaływania na powierzchnie elementów węzłów tarcia wykonanych z materiałów innych niż stal, np. stopów na osnowie cyny, ołowiu, miedzi, cynku, aluminium.

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

LITERATURA

1. Abidakun O.A., Koya O.A.: Dika nut oil as base oil for lubricants – effect of processing conditions on physicochemical properties. *Lubrication Science* 2013, 25, s. 29–38.
2. Adhvaryu A., Biresaw G., Sharma B.K., Erhan S.Z.: Friction behavior of some seed oils: biobased lubricant applications. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2006, 45, s. 3735–3740.
3. Allawzi M., Abu-Arabi M.K., Al-zoubi H.S., Tamimi A.: Physicochemical Characteristics and Thermal Stability of Jordanian Jojoba Oil. *JAOCS* 1998, 75, 1, s. 57–62.
4. Biresaw G., Adhvaryu A., Erhan S.Z., Carriere C.J.: Friction and adsorption properties of normal and high-oleic soybean oils. *JAOCS* 2002, 79, 1, s. 53–58.
5. Biresaw G., Adhvaryu A., Erhan S.Z.: Friction properties of vegetable oils. *JAOCS* 2003, 80, 7, s. 697–704.
6. Bliht R.P.S., Sivasankaran G.A., Bhatia V.K.: Additive properties of jojoba oil for lubricating oil formulations. *Wear* 1993, 161, s. 193–197.
7. Carlsson A.S., Yilmaz J.L., Green A.G., Stymne S., Hofvander P.: Replacing fossil oil with fresh oil – with what and for what?. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2011, 113, s. 812–831.
8. Demirbas A.: Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management* 2009, 50, s. 14–34.
9. Dyer J.M., Stymne S., Green A.G., Carlsson A.S.: High-value oils from plants. *The Plant Journal* 2008, 54, s. 640–655.

10. Górski W., Ostaszewski R., Wiślicki B.: Skład chemiczny olejów roślinnych jako potencjalnej biomasy do produkcji paliw i środków smarowych. *Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji* cz. 1, 2002, 96, s. 14–18; cz. 2, 2002, s. 97, 28–31; cz. 3, 2002, 98, s. 17–20, cz. 4, 2002, 99, s. 32–34.
11. Jetter R., Kunst L.: Plant surface lipid biosynthetic pathways and their utility for metabolic engineering of waxes and hydrocarbon biofuels. *The Plant Journal* 2008, 54, s. 670–683.
12. Patil A.S., Pattanshetti V.A., Dwivedi M.C.: Functional fluids and additives based on vegetable oils and natural products: A Review of the Potential. *Journal of Synthetic Lubrication* 1998, 15, s. 193–212.
13. Wang Y., Cao X.: Enzymatic synthesis of fatty acid ethyl esters by utilizing camellia oil soapstocks and diethyl carbonate. *Bioresource Technology* 2011, 102, s. 10173–10179.
14. Vanhercke T., Wood C.C., Stymne S., Surinder P.S., Green A.G.: Metabolic engineering of plant oils and waxes for use as industrial feedstocks. *Plant Biotechnology Journal* 2013, 11, s. 197–210.
15. Wrona M., Dziosa K.: Badanie przemian chemicznych olejów smarowych wytwarzanych z udziałem surowców roślinnych. *Tribologia* 2011, 5, s. 249–257.
16. Zubr J.: Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products* 1997, 6, s. 113–119.

Summary

The article presents the results of an investigation of antiwear properties of lubricants which contained additives made of vegetable-originated products. Research was carried out in laboratory conditions using a four-ball apparatus. Based on the conducted research, it was found that action effect of vegetable products depends on their chemical structure and concentration and type base oils. The addition to the mineral oil and poli(α)olefin oil of a suitable amount of the products can have an effect on decreasing the intensity of wear.