

WPŁYW SMAROWYCH MIESZANIN OLEJOWO-ESTROWYCH
NA TEMPERATURĘ UKŁADU TNĄCEGO PILARKI SPALINOWEJ*

Tadeusz Rudko¹, Rafał Rybczyński¹, Roman Wojtkowiak²

¹Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

²Katedra Techniki Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy

ul. Wojska Polskiego 71 c, 60-625 Poznań

e-mail: t.rudko@ipan.lublin.pl

Streszczenie. Praca układu tnącego pilarki łańcuchowej związana jest z procesami, które pozwalają na jakościową jej ocenę. Jedną z metod oceny pracy pilarki jest pomiar temperatury nagrzewania się jej elementów. Układ smarowania pilarek jest układem otwartym dlatego całość użytego oleju zostaje wyrzucona do środowiska. Problem wprowadzania do środowiska trudno rozkładalnych węglowodorów skłania do prowadzenia prac badawczych nad zastosowaniem roślinnych olejów biodegradowalnych. Jednocześnie nowy, nieobciążający środowiska produkt smarowy nie powinien negatywnie wpływać na sprawność pracy układu tnącego pilarek. Badaniami objęto mieszaniny olejoestrowe: A₀ – surowy olej gorczycowy tłoczony na zimno, A₂₅ – olejoester o 25% zawartości estrów metylowych oleju gorczycowego, A₅₀ – olejoester o 50% zawartości estrów, A_p – olej mineralny. Określono właściwości fizyczne i chemiczne badanych środków smarowych oraz ich wpływ na temperaturę układu tnącego pilarki spalinowej. W oparciu o uzyskane wyniki można stwierdzić, że zdolność chłodzenia elementów tnących pilarek łańcuchowych przez mieszaniny wytwarzane na bazie oleju gorczycowego była zbliżona do uzyskanych dla oleju mineralnego.

Słowa kluczowe: smarowe mieszaniny olejowo-estrowe, układ tnący pilarek, temperatura

WSTĘP

Praca układu tnącego pilarki łańcuchowej związana jest z procesami takimi jak: hałas, drgania, odkształcenia i nagrzewanie się jej elementów, które pozwalają na jakościową jej ocenę. Jedną z metod oceny pracy tego urządzenia jest pomiar temperatury nagrzewania się jej elementów (Ciesielczuk i in. 1980, Maciak 2004, 2009).

* Praca zrealizowana w projekcie badawczym pt. „Opracowanie sposobu wytwarzania i zastosowania technicznego oleju gorczycowego do smarowania motorowych pił łańcuchowych do cięcia drewna” nr 12633 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Spalinowa pilarka łańcuchowa ma określoną sprawność mechaniczną zależną od jej konstrukcji. Badania przeprowadzone na hamowni małych silników spalinowych wykazały, że sprawność mechaniczna pilarki spalinowej waha się od 45 do 94%. Ten sposób pomiaru sprawności mechanicznej jest czasochłonny oraz możliwy do przeprowadzenia tylko w warunkach laboratoryjnych (Maciak 2009).

Pomiędzy przemieszczającą się piłę łańcuchową a prowadnicę jest wprowadzany olej smarowy, którego zadaniem jest niedopuszczenie do tarcia suchego lub granicznego. Silnemu nagrzewaniu ulegają bieżnie prowadnicy, co związane jest z przesuwaniem się ogniw łączących piłę łańcuchową po bieżni. Nagrzewa się również końcówka prowadnicy co jest wynikiem zmiany kierunku ruchu piły łańcuchowej i oddaleniem od miejsca podawania oleju smarującego zespół tnący. Wychodząc z założenia, że tracona energia zamieniana jest najczęściej na ciepło, które powoduje nagrzewanie się elementów układu tnącego pilarki, należy przypuszczać, że pomiar temperatury elementów układu tnącego może służyć pośrednio do oceny sprawności tribologicznej tego układu. Wśród metod pomiaru temperatury najwygodniejsza jest metoda termowizyjna, pozwalająca na dokonywanie bezdotykowego pomiaru temperatury (Dubowski i in. 2009, Maciak 2009).

Układ smarowania pilarek jest układem otwartym dlatego całość użytego oleju zostaje wyrzucona do środowiska. Szacuje się, iż przy pozyskiwaniu drewna w Polsce w ilości 30 mln m³ rocznie do środowiska przedostaje się około 6 mln dm³ oleju zarówno oryginalnego jak również powtórnie użytego (przepracowanego) po uprzednim uzdatnieniu. Skażenie środowiska olejami jest szczególnie niebezpieczne w przypadku stosowania zużytych olejów w związku z ich silnymi własnościami toksycznymi (Giefing 1991, Rudko i Rybczyński 2010). Zastąpienie smarów pochodzenia mineralnego produktami wytworzonymi z oleju roślinnego powoduje biologiczny rozkład (biodegradację) wycieków powstających na terenach rolniczych i leśnych w czasie 3 tygodni w 87-90%, podczas gdy w tym samym czasie zostaje rozłożone tylko 15-25% produktów ropopochodnych i 10-15% syntetyków. Biooleje można mieszać z różnymi dodatkami uszlachetniającymi, łatwo przewozić i przetrzymywać w zbiornikach. Jednak przy obecnie stosowanych technologiach jego wytwarzania często nie ma gwarancji stabilności składu i podstawowych cech ze względu na wpływ zmian jakości surowca (Roszkowski 2003, Rudko i in. 2008, 2009, Rudko i Rybczyński 2010). Według Zembrowskiego i in. (2010) w technice leśnej należy stosować wyłącznie dobrej jakości biodegradowalne środki smarne, które powinny posiadać odpowiednie świadectwa jakości.

Zastosowanie olejów pochodzenia roślinnego wymaga uszlachetnienia ich pod kątem właściwości smarnych, zmiany niekorzystnej cechy zestalania się w ujemnych temperaturach i ograniczenia zjawiska lakowania polegającego na wytwarzaniu lepkiej zestalającej się powłoki na elementach metalowych zwanej „filmem” (Giefing 1991, Klvač i in. 2002, Wojtkowiak i Tomczak 2003, Rudko i in. 2008,

2009, Tomášková 2002). Oleje roślinne są dobrymi rozpuszczalnikami smarów, farb, gum, tworzyw sztucznych i zanieczyszczeń organicznych, co powoduje wytwarzanie lepkoścniących powłok (Rudko i Wojtkowiak 2010). Powstaje problem dodatków uszlachetniających, jak również wpływu zastosowanego środka smarowego na jakość pracy pilarki spalinowej (Dubowski i in. 2009, Maciak 2009, Rudko i Rybczyński 2010, Zembrowski i in. 2010)).

Problem wprowadzania do środowiska trudno rozkładalnych węglowodorów wymusza prowadzenie prac badawczych nad zastosowaniem olejów biodegradowalnych, w tym pochodzenia roślinnego. Jednocześnie nowy, nieobciążający środowisko produkt smarowy nie powinien negatywnie wpływać na sprawność pracy układu tnącego pilarek spalinowych.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były środki smarowe na bazie gorczycowych mieszanin olejowo-estrowych oraz olej mineralny:

- A₀ – surowy olej gorczycowy tłoczony na zimno,
- A₂₅ – olejoester o 25% zawartości estrów metylowych oleju gorczycowego,
- A₅₀ – olejoester o 50% zawartości estrów metylowych,
- A_p – olej mineralny Pilar (kontrola).

Do określenia właściwości fizycznych i chemicznych mieszanin olejowych zastosowano metody określone w europejskich i polskich normach. Określono: lepkość kinematyczną w różnych temperaturach, gęstość, temperaturę zapłonu, mętnienia, płynięcia i krzepnięcia, zawartość zanieczyszczeń stałych, siarki i wody i liczbę kwasową poszczególnych środków smarowych.

Przeprowadzono pomiar nagrzewania się prowadnicy pilarki wykorzystując do tego celu kamerę termowizyjną - model FLIR SC620 [(7-13μm), 640x480 pikseli, czułość = 0,065K]. Badania te wykonano po zakończeniu cyklu pomiarowego określającego zużycie zespołu tnącego.

Właściwy pomiar nagrzewania się elementów układu tnącego pilarki spalinowej, przeprowadzono na specjalnie skonstruowanym do tych badań stanowisku badawczym SBS-2 opracowanym w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu. Badania prowadzono według opracowanej metodyki, w sposób ciągły podczas przemieszczania się łańcucha po prowadnicy, chłodzonej badanymi środkami smarnymi. Badania nagrzewania się prowadnicy przez pomiar temperatury dokonywane były za pomocą pirometru optycznego OPTEx PT 3s w wyznaczonym punkcie pomiarowym. Temperatura rejestrowana była w wybranych momentach, na początku wolnych i szybkich obrotów i na końcu wolnych i szybkich obrotów. Pomiarzy prowadzono do momentu względnego ustabilizowania się temperatury w sześciu sesjach pomiarowych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wiślicki i in. (1995), Wachal i Majoch (2000) oraz Erhan i in. 2006 wskazują na korzystną wysoką biodegradowalność (95%) produktów smarowych na bazie olejów roślinnych jak również na nietoksyczność i brak drażniącego oddziaływania na skórę i drogi oddechowe człowieka. Jednak w wielu przypadkach niska stabilność i nietrwałość chemiczna utrudnia ich zastosowanie. Wykorzystywane oleje roślinne do smarowania powinny charakteryzować się minimalną ilością kwasów wielonienasyconych. Te wymagania spełnia wysokoerukowy olej rzepakowy (Wojtkowiak i Tomczak 2003). Skład i zawartość kwasów tłuszczowych przy znacznej ilości kwasu erukowego, jako głównego składnika oleju (38%), wskazuje na możliwość wykorzystania oleju gorczycowego jako dobrej bazy do produkcji bioolejów smarowych (Rudko i Rybczyński 2010).

Badania porównawcze produktów smarowych opierają się na porównaniu takich parametrów fizykochemicznych jak: gęstość, lepkość dynamiczna, kinematyczna w różnych temperaturach, temperatury: zapłonu, płynięcia i mętnienia, zawartość wody, ciał obcych, itp. (Wiślicki i in. 1995, Wojtkowiak i Tomczak 2003, Rudko i in. 2008, 2009, http://www.naszlas.pl/publikacje/oleje_do_maszyn_lesnych).

W tabeli 1 przedstawiono właściwości fizyczne i chemiczne próbek gorczycowych mieszanin olejowych i oleju mineralnego A_p . Najmniejszą gęstością, poniżej $900 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, charakteryzowała się mieszanina o dużej zawartości estrów metyloowych. W przypadku trzech pozostałych środków parametr ten zawierał się w zakresie od 902 do $914 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Zaobserwowano duże zróżnicowanie wartości lepkości kinematycznej w badanych kombinacjach. W temperaturze 15°C dla mieszaniny A_0 (olej surowy) parametr ten był dwa razy mniejszy od wartości uzyskanej dla oleju mineralnego A_p i trzykrotnie wyższy w stosunku do olejoestrów. Dla temperatury 40°C lepkość kinematyczna olejoestrów ulega obniżeniu. W temperaturze 100°C parametr ten dla gorczycowego oleju surowego i oleju mineralnego przyjął zbliżoną wartość w zakresie $9,2$ - $9,4 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$, a olejoestry osiągnęły $A_{25} - 6,2 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ i $A_{50} - 4,7 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. W każdym przypadku większa zawartość estrów w mieszaninie skutkowała zmniejszeniem wartości lepkości kinematycznej. Zarówno olej gorczycowy jak i olejoestry charakteryzowały się niskim poziomem (25 - $26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) zawartości siarki. Mała zawartość tego pierwiastka w badanych mieszaninach wskazuje na przyjazny charakter dla środowiska oraz wysoki potencjał biodegradowalności produktu. Potwierdzają to badania Rudki i Rybczyńskiego (2010) w których stwierdzili, iż oleje mineralne zawierały wielokrotnie (do 400 razy) więcej siarki w porównaniu z olejami roślinnymi (25 - $39 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Badane produkty charakteryzowały się również niską zawartością zanieczyszczeń stałych w zakresie od $51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $109 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ jak i wody 130 - $480 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Mieszanina A_{50} wykazała się najniższą temperaturą zapłonu (203°C).

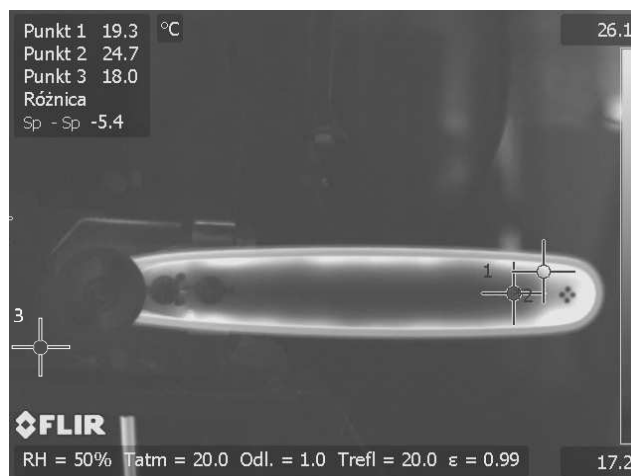
Tabela 1. Właściwości fizyczne i chemiczne gorczycowych mieszanin olejowych do smarowania układu tnącego pilarek**Table 1.** Physical and chemical properties of mustard oil mixes for lubrication of the cutting mechanism of chainsaws

Cecha – Feature	Metoda Method	A ₀	A ₂₅	A ₅₀	A _P
Gęstość Density (kg·m ⁻³)	PN EN ISO 12185:2002	914	902	896	903
Lepkość kinematyczna w 15°C Kinematic viscosity at 15°C (mm ² ·s ⁻¹)	PN EN ISO 3104:2004	122,3	46,2	35,2	261,1
Lepkość kinematyczna w 40°C Kinematic viscosity at 40°C (mm ² ·s ⁻¹)	PN EN ISO 3104:2004	41,9	24,7	14,9	61,8
Lepkość kinematyczna w 100°C Kinematic viscosity at 100°C (mm ² ·s ⁻¹)	PN EN ISO 3104:2004	9,2	6,2	4,7	9,4
Zawartość siarki Sulphur content (mg·kg ⁻¹)	ASTM D.5453-06	26	–	25	10200
Zawartość wody Water content (mg·kg ⁻¹)	PN-EN ISO 12937:2005	480	–	460	130
Zawartość zanieczyszczeń stałych Solid dirt content (mg·kg ⁻¹)	PN EN 12662:2003	60	–	109	51
Temperatura zapłonu Flash point (°C)	PN-82/ C-04008	280	–	203	254
Temperatura mętnienia Muddy temperature (°C)	PN-ISO 3015:1997	-13	-8	-7	-10
Temperatura płynięcia Flow temperature (°C)	PN-ISO 3016: 2005	-19	-16	-16	-10
Temperatura krzepnięcia Freezing temperature (°C)	PN-55/ C-04016	-16	–	-16	–
Liczba kwasowa Acidity (mg KOH·g ⁻¹)	PN-EN 14104:2004	5,13	3,86	2,69	–

Temperatura mętnienia badanych cieczy zawierała się w przedziale wartości ujemnych od -13°C do -7°C . W przypadku wartości temperatury płynięcia i krzepnięcia otrzymanych dla badanych kombinacji to ich poziom był podobny

i mieścił się w zakresie od -19°C do -10°C . Liczba kwasowa wyznaczona dla mieszaniny A_0 ($5,13 \text{ mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$) była około 2 razy większa od wartości tego parametru uzyskanego dla mieszaniny A_{50} ($2,69 \text{ mg KOH}\cdot\text{g}^{-1}$). Związane jest to z zawartością wolnych kwasów tłuszczowych w oleju roślinnym (Wojtkowiak i Tomczak 2003, Rudko i Rybczyński 2010) i procentowym udziałem tych kwasów w badanych produktach.

Temperatura elementów tnących pilarki w momencie startu przy pomiarach z wykorzystaniem dwóch przyrządów pomiarowych była identyczna. Nieznaczna różnica temperatury końcowej, do jakiej nagrzała się prowadnica podczas badania różnymi metodami, wynikała z procedury pomiaru. W przypadku pomiaru pirometrem odczyt dokonywany był w punkcie otworu w zamontowanej osłonie układu tnącego. Natomiast obserwacje z wykorzystaniem kamery prowadzone były dla całego układu przestrzennego – bez osłony ograniczającej rozchodzenie się ciepła, gdyż w tej metodzie chodziło o uchwycenie zmian temperatury zachodzących równocześnie we wszystkich elementach – na całej powierzchni prowadnicy, piły łańcuchowej i korpusu, jak i zmieniających się w czasie. Przykładowy rozkład temperatury na badanych elementach pilarki z wykorzystaniem kamery termowizyjnej przedstawiono na fotografii 1.



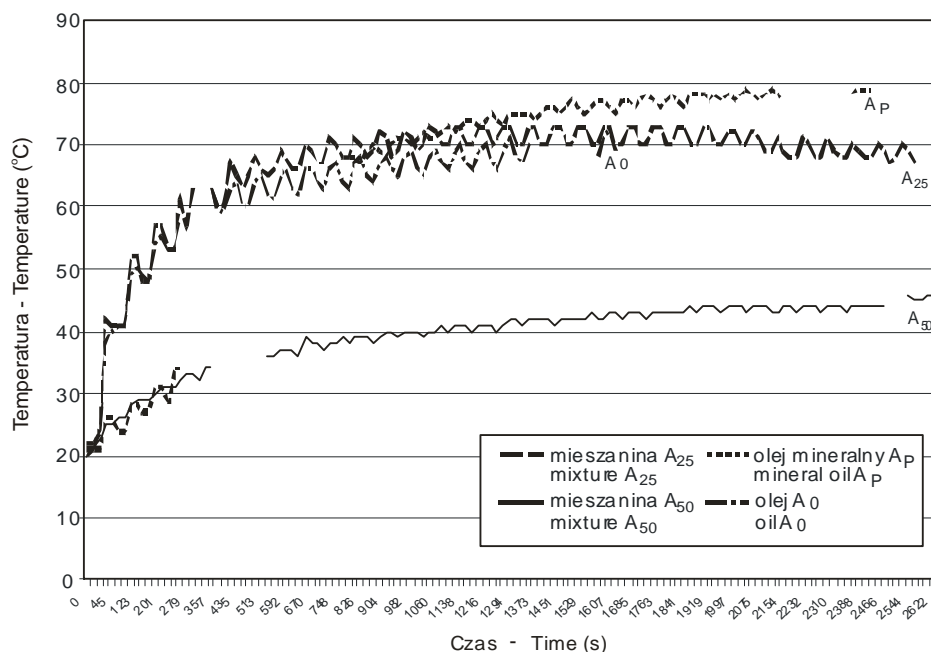
Fot. 1. Przykładowy rozkład temperatury na elementach układu tnącego pilarki łańcuchowej podczas swobodnego przemieszczania się po prowadnicy piły łańcuchowej po 25 minutach od startu

Photo. 1. Temperature distribution on elements of cutting mechanism of chainsaws during free movement of chain on saw guide after 25 minutes from start

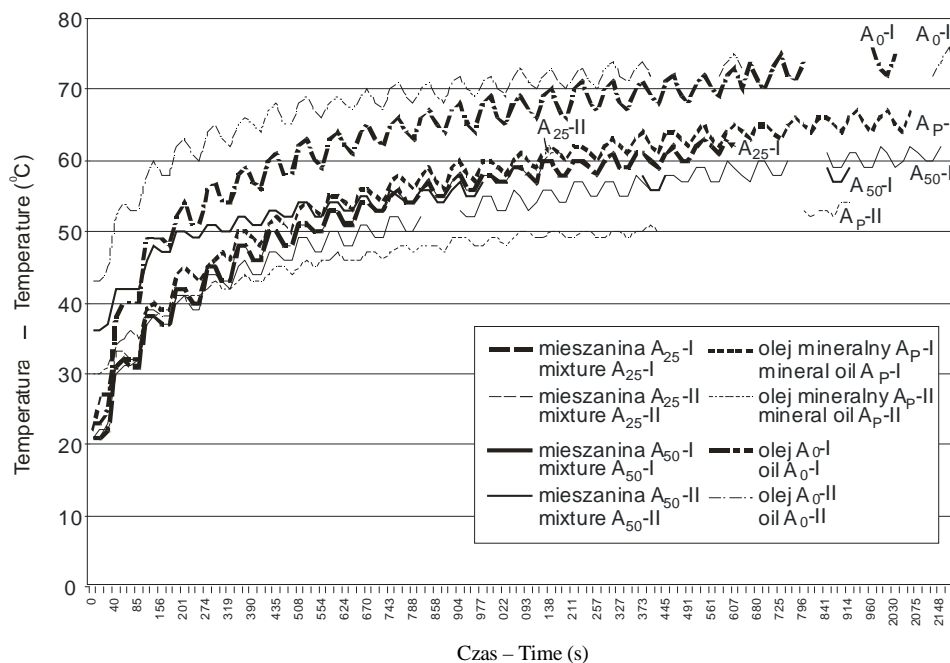
Temperatura układu tnącego zmienia się w zależności od wilgotności i średnicy obrabianego drewna oraz napięcia wstępnego i intensywności smarowania piły. Wraz

ze wzrostem napięcia wstępnego oraz zmniejszeniem intensywności smarowania piły łańcuchowej wzrasta temperatura przewodnic co związane jest głównie z gorszym odprowadzaniem ciepła od układu tnącego przez produkt smarowy (Maciak 2005, 2009). Powyższy proces może skutkować pogorszeniem jakości pracy układu tnącego pilarek spalinowych.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych pomiarów procesu nagrzewania się przewodnicy z użyciem pirometru optycznego w czasie przesuwania się po niej piły łańcuchowej chłodzonej badanymi środkami smarnymi, stwierdzono stosunkowo dobre chłodzenie tego układu. Wykresy przebiegu nagrzewania się przewodnicy w wybranych sesjach pomiarowych: pierwszej, czwartej i szóstej przedstawiono na rysunkach 1, 2 i 3. Różnice w temperaturach początkowych (startu) dla tych samych olejów w poszczególnych sesjach (oznaczone symbolami I i II) wynikają z metodyki pomiaru (rys. 2 i 3). W przypadku dłuższych sesji po 2 godzinach zatrzymywano silnik i dokonywano regulacji napięcia piły łańcuchowej co było przyczyną, że temperatura przy ponownym starcie nie zawsze odpowiadała temperaturze otoczenia.



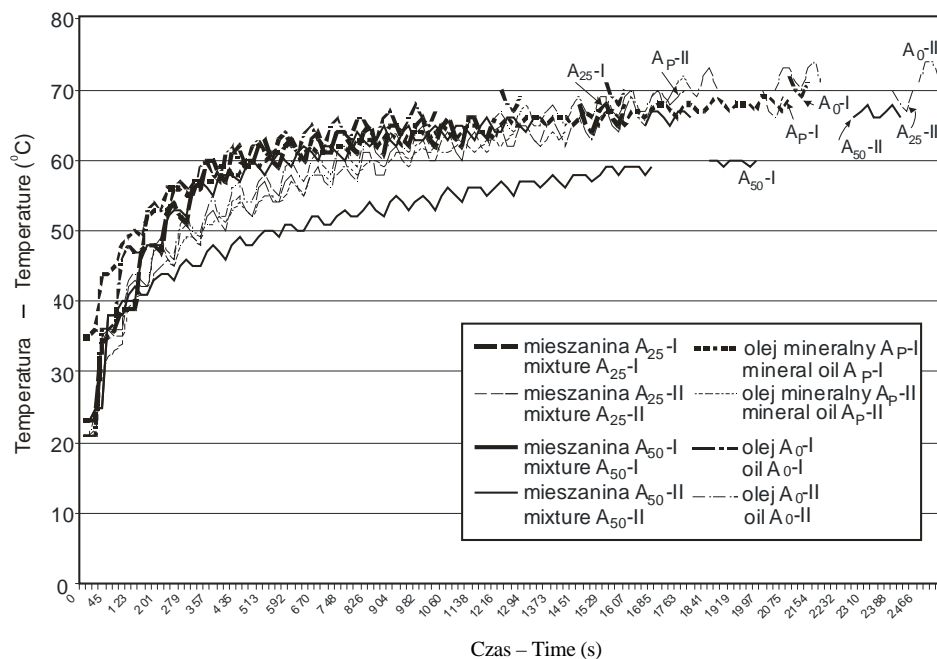
Rys. 1. Przebieg nagrzewania się przewodnicy piły łańcuchowej podczas pierwszej sesji pomiarowej
Fig. 1. Heating course of chainsaw guide at the first measurement session



Rys. 2. Przebieg nagrzewania się prowadnicy piły łańcuchowej podczas czwartej sesji pomiarowej
Fig. 2. Heating course of chainsaw guide at the fourth measurement session

Pomiary prowadzono do momentu względnego ustabilizowania się temperatury. W celu sprawdzenia temperatury w dalszym etapie badań, dokonywano wybiórczo pomiarów w różnych kolejnych okresach.

Analizując przebiegi poszczególnych wykresów można stwierdzić, że prowadnice chłodzone badanymi olejami nagrzewają się do temperatury rzędu 40-80°C. Przy czym trudno jednoznacznie określić, który z badanych produktów charakteryzuje się istotnie lepszymi właściwościami chłodzącymi od innych. Podczas gdy w pierwszym cyklu pomiarowym najintensywniej chłodził olej A₅₀ to już w pozostałych cyklach nie zaobserwowano aż tak znacznej różnicy, choć można zauważyć, że wykazuje on nieco większą skuteczność chłodzenia niż pozostałe. Co prawda podczas pomiarów w cyklu czwartym, nieco intensywniej chłodził olej A_P w drugiej godzinie pomiarowej. Wydaje się, że najmniejszą skuteczność chłodzenia wykazywał surowy olej gorczycowy A₀, choć w pierwszej sesji jego skuteczność chłodzenia była niemal identyczna jak oleju A₂₅. Stosunkowo duże różnice w przebiegu chłodzenia badanych olejów można zaobserwować w sesji czwartej. Nakładanie się linii świadczy o identycznej intensywności chłodzenia prowadnicy w pewnych okresach przez różne mieszaniny.



Rys. 3. Przebieg nagrzewania się prowadnicy piły łańcuchowej podczas szóstej sesji pomiarowej
Fig. 3. Heating course of chainsaw guide at the sixth measurement session

WNIOSKI

1. Prowadnice pilarki chłodzone badanymi olejami nagrzewały się do temperatury 40-80°C, zatem poziom odprowadzania ciepła przez badane mieszanki smarowe był zadawalający.
2. Najmniejszą skuteczność chłodzenia wykazywała mieszanka olejowo-estrowa A₀, zaś największą charakteryzowała się mieszanka A₅₀.
3. Zdolność chłodzenia elementów tnących spalinowych pilarek łańcuchowych przez mieszanki wytwarzane na bazie oleju gorczycowego była zbliżona do oleju mineralnego.
4. Niska zawartość siarki (25-26 mg·kg⁻¹) oraz zanieczyszczeń stałych (60-109 mg·kg⁻¹) w badanych mieszankach wskazuje na ich przyjazny charakter dla środowiska oraz wysoki potencjał biodegradowalności.

PIŚMIENNICTWO

Ciesielczuk P., Kucemba P., Łukomski Ł., 1980. Badanie rozkładów temperatury na powierzchniach pilarki spalinowej. Zeszyty Naukowe SGGW AR, Leśnictwo, 28.

- Dubowski A. P., Kromulski J., Wojtkowiak R., Zembrowski K., Żurowski K., 2009. Badania oleju gorczycowego do smarowania układu tnącego pilarki łańcuchowej. Raport PIMR-7666, Nr 81/2008/BE, Poznań, 1-45.
- Erhan S., Sharma B., Perez J., 2006. Oxidation and low temperature stability of vegetable oil-based lubricants. *Industrial Crops and Products*, 24, 292-299.
- Giefing D. F., 1991. Biooleje przeznaczone do smarowania układu tnącego pilarek. *Sylvan Rok*, CXXXV, 12, 23-27.
- Klvač R., Kanali C., Skoupý A., 2002. Low temperature pumping characteristics of biodegradable chainsaw oils. *Res. Agr. Eng.*, 48, 2, 78-83.
- Maciak. A., 2004. Próba wykorzystania metody termograficznej w badaniach pilarek spalinowych, *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, 2.
- Maciak. A., 2005. Influence of intensity of lubrication of the chain saw link on cutting effects. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie*, 419, 91.
- Maciak. A., 2009. Możliwość wykorzystania pomiaru temperatury układu tnącego w analizie sprawności pracy pilarki spalinowej. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, 1.
- Roszkowski A., 2003. Perspektywy wykorzystania biomasy jako źródła paliw silnikowych. <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/Motrol5/Roszkowski.pdf>
- Rudko T., Rybczyński R., Rusinek R., Tys J., 2008. Właściwości fizyczne olejów roślinnych przeznaczonych do wykorzystania jako oleje smarne. *Nowe trendy w agrofizyce*, Wyd. Nauk. FRNA, KA PAN, ISBN-13: 978-83-60489-07-9, 171-172.
- Rudko T., Rybczyński R., Tys J., 2009. Ocena olejów na bazie mineralnej i roślinnej używanych do smarowania układu tnącego pilarek. III Konferencja Naukowa „Agrofizyka w badaniach surowców i produktów roślinnych”. Kraków 23-25.09.2009. Referaty i doniesienia, 50.
- Rudko T., Rybczyński R., 2010. Właściwości smarne olejów roślinnych i mineralnych stosowanych w układach tnących pilarek. *Acta Agrophysica*, 15(1), 145-154.
- Rudko T., Wojtkowiak R., 2010. Wybrane właściwości fizyko-chemiczne gorczycowych mieszanin olejoestrowych jako bazy oleju smarnego. XXX Konferencja Naukowa Rośliny Oleiste, IHAR, Poznań 2010.
- Tomášková I., 2002. Jsou neaditivované rostlinné oleje vhodné k mazání řezacích částí motorových pil? *Lesnická práce*, ISSN 1212-8449, 07/2002, 81.
- Wachal A., Majoch A., 2000. Działanie olejów smarowych na organizm ludzki. *Paliwa, Oleje i Smary w Eksploatacji*, 70.
- Wiślicki B., Krzyżanowski R., Pągowski Z., 1995. Oleje roślinne – surowcem dla proekologicznych paliw silnikowych i olejów smarowych. *Rośliny Oleiste*, tom XVI, 2, 323-331.
- Wojtkowiak R., Tomczak R. J., 2003. Analiza porównawcza wybranych właściwości olejów smarujących układ tnący pilarki łańcuchowej. *Rośliny oleiste*, tom XXIV, 317-325.
- Zembrowski K., Dubowski A., Wojtkowiak R., 2010. Biodegradowalne środki smarne dla urządzeń technicznych do pozyskiwania drewna. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna*, 1. http://www.naszlas.pl/publikacje/oleje_do_maszyn_lesnych

**INFLUENCE OF LUBRICATION MIXTURE OF OILS AND ESTERS
ON TEMPERATURE OF CUTTING MECHANISM OF CHAINSAWS***Tadeusz Rudko¹, Rafał Rybczyński¹, Roman Wojtkowiak²*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

²Faculty of Forestry, Poznań University of Life Sciences

ul. Wojska Polskiego 71 c, 60-625 Poznań

e-mail: t.rudko@ipan.lublin.pl

Abstract. The work of chainsaw cutting mechanism is connected with processes which are useful in estimating the quality value of the machinery. One of the estimation method is temperature measurement of set hot parts. The lubrication mechanism of a chainsaw is an open system and waste oil is thrown out. Inserting into the environment hard to dissolve hydrocarbons is the reason for the attempts to study biodegradable oils, also vegetable oils. An environment-friendly lubricating product could be efficient and give good quality of chainsaw cutting mechanism work. The following lubrication mixture of vegetable oils and esters was studied: A₀ – pure mustard oil, A₂₅ – mixture with 25% of esters, A₅₀ – mixture with 50% of esters, A_p – mineral oil (Pilar). The physical and chemical properties of mixtures of vegetable oils and esters as well as their influence on temperature of cutting mechanism of chainsaws are presented. Obtained results showed that the ability of mustard oils and esters mixtures for cooling chainsaw cutting mechanism was at the some level as that of the mineral oil. This feature is very important as it has an influence on machinery efficiency.

Keywords: lubrication mixture of oils and esters, temperature, cutting mechanism of chainsaws