

Elżbieta Rogoś

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy

Zmiana właściwości smarnych olejów przemysłowych w wyniku uzdatniania

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wybranych procesów oczyszczania na właściwości smarne i fizykochemiczne olejów sprężarkowych. Były to oleje odpadowe pochodzące z centralnego układu odolejania amoniaku. Oleje poddano procesowi oczyszczania w polu sił grawitacyjnych i odśrodkowych oraz filtracji, koagulacji i adsorpcji. Badano zmiany właściwości przeciwzatarciowych i przeciwzużyciowych w warunkach ekstremalnych wymuszeń, przy zastosowaniu aparatu czterokulowego T-02, oraz wybrane właściwości fizykochemiczne olejów. Stwierdzono korzystny wpływ oczyszczania na oceniane właściwości olejów sprężarkowych. W wyniku zastosowanych procesów zwiększyła się trwałość filmu smarowego tworzonego przez oleje oraz zmniejszyły skutki zacierania. Poprawiły się właściwości fizykochemiczne olejów. Było to efektem usunięcia z olejów zanieczyszczeń, w tym metalicznych produktów zużycia elementów trących. Poziom badanych właściwości smarnych i fizykochemicznych oczyszczonych olejów nie odbiegał od poziomu wyznaczonego dla olejów świeżych.

Słowa kluczowe: oczyszczanie olejów, oczyszczanie w polu sił odśrodkowych, filtracja, sedymentacja, koagulacja, adsorpcja, właściwości smarne, właściwości fizykochemiczne.

The change in the lubricating properties of industrial oils as a result of their treatment

The results of the influence of selected purification processes on the lubricating and physico-chemical properties of compressor oils were tested. Oils used were from the ammonia de-oiling central system. The oils were treated with sedimentation, purification in the centrifuge, filtration, coagulation and adsorption. The antiwear and extreme-pressure properties were investigated, by means of the four-ball test device T-02. In addition selected physico-chemical properties were determined, according to standards for compressor oils. The conclusion was, beneficial influence of the treatment with purification processes, on the properties of the compressor oils. The lubricating and physico-chemical properties of oils were improved. Which happened as a result the removal of pollutants, in this metallic wear products. This was due to the removal of pollutants, including products from metallic wear of friction elements. The level of the investigated properties of the purified oils was the same as the unused oils.

Key words: purification oils, centrifuge, filtration, sedimentation, coagulation, adsorption, lubricating properties, physico-chemical properties.

Wprowadzenie

Oleje przemysłowe są integralnym elementem konstrukcyjnym maszyn i urządzeń. W dużej części decydują o ich niezawodności i trwałości [7, 12]. Podczas eksploatacji w urządzeniach, na skutek działania sprzężonych ze sobą wymuszeń termicznych, chemicznych i mechanicznych, następuje starzenie olejów. Przejawia się to wzrastającym fizycznym i chemicznym zanieczyszczeniem, prowadzącym do pogorszenia właściwości olejów, utraty ich zdolności eksploatacyjnej i – w efekcie – wymiany [1, 3]. Oleje przepracowane mają

negatywny wpływ na środowisko, dlatego zostały zaliczone do odpadów niebezpiecznych, wymagających odpowiednich procedur związanych z ich zagospodarowaniem [15]. Zgodnie z wymaganiami prawnymi z obszaru ochrony środowiska, wytwórca odpadów jest zobowiązany do zmniejszenia ich ilości lub utrzymania na niezmiennym poziomie [10]. W odniesieniu do przepracowanych olejów przemysłowych można to osiągnąć m.in. poprzez maksymalne wydłużenie czasu ich eksploatacji. Służy temu monitorowanie kluczowych

właściwości funkcjonalnych olejów oraz systematyczne poddawanie ich zabiegom oczyszczania i uzdatniania [5, 11, 13].

Efektom działania wymuszeń eksploatacyjnych jest obniżenie jakości olejów, przejawiające się głównie obecnością zanieczyszczeń i pogorszeniem niektórych właściwości funkcjonalnych: smarnych, przeciwkorozyjnych, lepkości i innych. Pojawiają się w nich zanieczyszczenia chemiczne, mechaniczne i woda [7, 8, 12]. Z zewnątrz przedostają się do olejów zanieczyszczenia technologiczne, pyły z atmosfery, oraz utworzone zanieczyszczenia przewodów i zbiorników olejowych. W skład przenikającego do olejów z powietrza pyłu wchodzi związek charakteryzujący się wysoką twardością, m.in. krzemionka i kwarc (do 80%), tlenek glinu (do 17%), kalcyt i inne [6]. Zanieczyszczenia tworzące się wewnątrz układów smarowania mają swoje źródło w procesach fizycznych i chemicznych zachodzących podczas eksploatacji olejów. Są to produkty zużycia elementów trących, korozji, starzenia tworzyw sztucznych, oddziaływania chemicznego olejów na powłoki ochronne i elementy gumowe oraz produkty przemian termooksydacyjnych składników olejów [3, 12]. Woda może przenikać do olejów z zewnątrz lub być generowana w nich jako produkt uboczny przekształceń chemicznych składników olejów. Przenikając do olejów, częściowo się w nich rozpuszcza, zaś jej nadmiar występuje w postaci odrębnej fazy lub, w sprzyjających warunkach, zostaje zemulgowana [7, 12]. Specyficzny charakter użytkowania niektórych olejów powoduje obecność w nich zanieczyszczeń charakterystycznych dla pracujących urządzeń, np. paliwo i produkty spalania w olejach silnikowych, gazy w olejach transformatorowych i sprężarkowych [7].

Praktyka wykazuje, że zmiany w eksploatowanych olejach często można zaliczyć do odwracalnych i po względnie prostych zabiegach oczyszczania lub uzdatniania mogą one odzyskać pełną przydatność eksploatacyjną. Korzystnym rozwiązaniem jest prowadzenie takich zabiegów w miejscu eksploatacji olejów. Systematyczne usuwanie zanieczyszczeń, wykazujących katalityczne działanie w procesach fizycznego i chemicznego starzenia, pozwala na bardziej efektywne i dłuższe użytkowanie olejów [7, 9, 12]. Wykorzystywana w tym celu technika to przede wszystkim filtracja za pomocą filtrów powierzchniowych, stosowanych przeważnie w pełnym przepływie, i objętościowych – używanych najczęściej jako przegrody boczniowe. Stosowane jest też rozdzielanie w polu sił odśrodkowych (wirówki, filtry odśrodkowe) umożliwiające usunięcie zanieczyszczeń stałych, wody i innych produktów o gęstości większej od gęstości oleju. Wykorzystywana jest także sedymentacja zawieszonych w oleju zanieczyszczeń i wody pod wpływem sił grawitacji. Do usuwania wody stosowane są filtry działające najczęściej na zasadzie koalescencji lub adsorpcji objętościowej oraz techniki próżniowe. Produkty starzenia, zwłaszcza rozpuszczalne lub częściowo rozpuszczalne w oleju, usuwane są np. za pomocą specjalnych wkładów filtracyjnych pochłaniających substancje kwaśne. Często w procesach uzdatniania olejów stosuje się techniki kontaktowania z adsorbentami oraz wykorzystywania środków chemicznych do koagulacji drobno zdyspergowanych zanieczyszczeń [5, 7, 11, 13].

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wybranych metod oczyszczania na właściwości smarne i fizykochemiczne olejów sprężarkowych.

Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań były mineralne oleje sprężarkowe eksploatowane w amoniakalnych, tłokowych sprężarkach chłodniczych. Oleje pochodziły z centralnego układu odolejania amoniaku, do którego trafiły po przejściu przez wielostopniowy układ oczyszczania czynnika chłodniczego. Wstępnie oleje poddano procesowi aeracji i sedymentacji (temp. 50÷60°C, przepływ powietrza 10 dm³/h). Następnie zastosowano oczyszczenie w polu sił odśrodkowych, filtrację przegrodową, koagulację lub adsorpcję. Wirowanie realizowano za pomocą agregatu wirówkowego o wydajności 3 m³/h, pojemności zbiornika 200 dm³, wyposażonego w ssący filtr siatkowy o dokładności filtracji 100 µm. Do filtracji wykorzystano polipropylenowe przegrody włókninowe o dokładności filtracji 3÷5 µm. Łączna powierzchnia filtracji wynosiła 2,4 m². Wirowanie prowadzono do chwili osiągnięcia przez olej klasy czystości 16/12÷20/18, natomiast cyrkulację przez przegrody filtracyjne klasy czystości

rzędu 13/9÷15/10. Koagulację realizowano w temp. 80÷85°C, przy zastosowaniu 1% koagulantu kationowego. W procesie adsorpcji wykorzystano ziemię bielącą w ilości 5% (temp. procesu 120÷130°C).

Zbadano zmianę właściwości smarnych i fizykochemicznych olejów w wyniku oczyszczania. Właściwości smarne oceniono metodą opracowaną w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB, realizowaną przy zastosowaniu zmodyfikowanego urządzenia czterokulowego T-02, przy wzrastającym w sposób ciągły obciążeniu [14]. Elementami testowymi były kulki o średnicy ½”, wykonane ze stali łożyskowej 100Cr6. Badania prowadzono przy prędkości obrotowej wrzeciona 500 obr./min, prędkości narastania obciążenia 409 N/s, początkowym obciążeniu węzła tarcia 0 N, w temperaturze 20°C. Podczas badań rejestrowano przebieg zmian momentu tarcia. Wyznaczano wartość obciążenia zacierającego P_c , przy którym następuje przerwanie smarowej warstwy

granicznej oraz granicznego nacisku zatarcia p_{oz} , odpowiadającego jednostkowemu naciskowi na powierzchnię śladu zużycia przy zatarciu wężła. Równoległe zbadano zmiany wybranych właściwości fizykochemicznych olejów: liczby kwasowej (według PN ISO 6618:2011), lepkości (według PN-EN ISO 3104:2004), działania korodującego na miedź (według PN-EN ISO 2160:2004) oraz zawartości zanieczyszczeń sta-

łych i wody (PN-C-04087:1989), klasy czystości (ISO 4406) i metalicznych produktów zużycia (metoda ASA). Były to właściwości, których zmiany podczas eksploatacji większości olejów przemysłowych następują najszybciej [9].

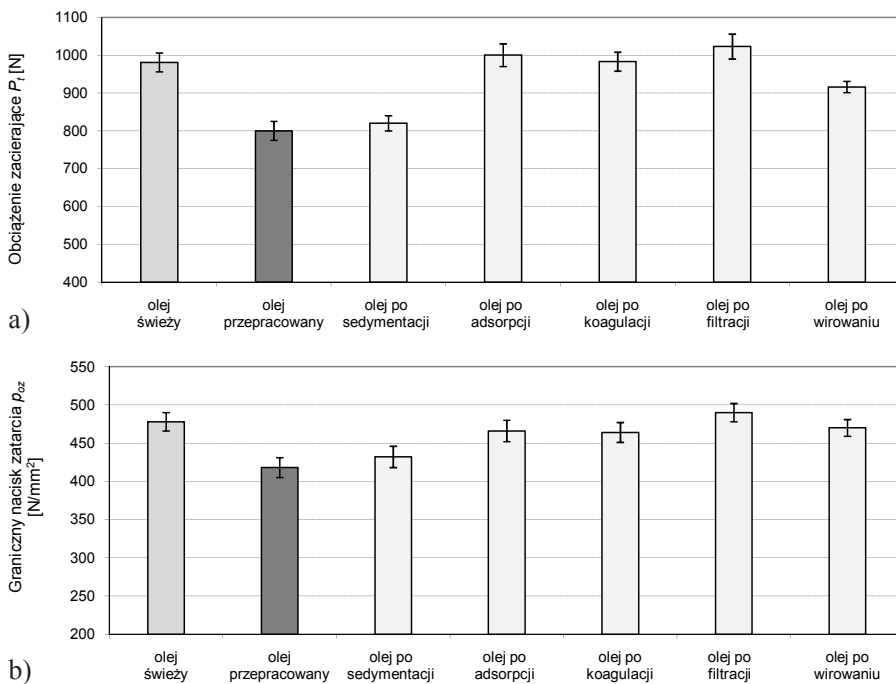
Do obróbki statystycznej wyników zastosowano test Q-Dixona przy poziomie istotności 95%. Wyniki przedstawiono jako średnią arytmetyczną z trzech powtórzeń.

Wyniki badań i dyskusja

Każda zastosowana metoda oczyszczania, poza sedymentacją, przyniosła efekt w postaci poprawy właściwości przeciwarzarciowych olejów sprężarkowych. Dla olejów poddanych badanym procesom wyznaczono wyższe wartości obciążenia zacierającego P_i i granicznego nacisku zatarcia p_{oz} niż dla oleju przepracowanego (rysunek 1). Wskazywało to na zwiększenie trwałości filmu smarowego tworzonego przez oleje oraz ich właściwości przeciwwuzyciowych w warunkach zacierania.

dacyjnego starzenia. Tego rodzaju związki mogą poprawiać właściwości smarne olejów. Najmniejszy wzrost obciążenia zacierającego nastąpił po oczyszczeniu oleju w polu sił odśrodkowych – efekt zwiększenia trwałości warstwy smarowej oleju był o 50% mniejszy od uzyskanego po oczyszczeniu oleju metodą filtracji (rysunek 1a).

Badane procesy oczyszczania miały też korzystny wpływ na graniczny nacisk zatarcia olejów. Po każdym badanym procesie nastąpiło zwiększenie wartości wskaźnika, co wskazywało na poprawę właściwości przeciwwuzyciowych w warunkach zacierania oczyszczonych olejów, czego efektem był łagodniejszy przebieg i mniejsze skutki zacierania elementów trących.



Rys. 1. Zmiana wartości: a) obciążenia zacierającego, b) granicznego nacisku zatarcia olejów sprężarkowych, w wyniku oczyszczania różnymi metodami

Największy wzrost obciążenia zacierającego, w odniesieniu do wartości wyznaczonej dla oleju przepracowanego, stwierdzono dla oleju oczyszczonego metodą filtracji i adsorpcji. Zbliżoną efektywnością charakteryzowała się koagulacja. Po oczyszczeniu tymi metodami oleje osiągnęły, a nawet przekroczyły, wartość obciążenia zacierającego wyznaczoną dla oleju świeżego. Wyższa niż dla oleju świeżego wartość parametru może wynikać z obecności związków polarnych, pojawiających się w oleju w wyniku procesów termooksy-

Wpływ badanych metod oczyszczania na właściwości fizykochemiczne olejów przedstawiono w tabelcy 1. Oceniono właściwości, które najbardziej zmieniły się podczas eksploatacji [9].

Efektom zastosowania każdej z metod oczyszczania była poprawa zbadanych właściwości fizykochemicznych olejów. Zwiększyła się czystość, zmniejszyła wartość liczby kwasowej, wskazującej na obecność w oleju kwaśnych produktów oksydacyjnego starzenia, oraz poprawiły właściwości przeciwkorozyjne. Najmniej skuteczną metodą była sedymentacja. Usuwanie zanieczyszczeń w polu sił odśrodkowych (wirowanie) było bardziej efektywne, jednak nie zapewniło uzyskania wysokiej klasy czystości oleju. Pozostałe badane metody: koagulacja, adsorpcja i filtracja, umożliwiły osiągnięcie przez każdy

Tablica 1. Zmiana właściwości fizykochemicznych olejów sprężarkowych w wyniku oczyszczania różnymi metodami

Badana właściwość	Olej świeży	Olej przepracowany	Sedymentacja	Filtracja	Wirowanie	Koagulacja	Adsorpcja
Działanie korodujące na miedź, stopień korozji	1b	3a	1b	1b	1b	1b	1b
Liczba kwasowa [mg KOH/g]	0,040	0,049	0,044	0,025	0,042	0,022	0,012
Zawartość stałych ciał obcych i wody [%]	–**	0,14	0,10	–**	–**	–**	–**
Klasa czystości	15/10	–**	–**	14/9	17/10	15/10	14/9
Zawartość Fe [ppm]	–*	69,0	62,0	4	30,0	–*	–*
Cu	–*	10,0	9,1	1	3,0	–*	–*
Pb	–*	1,7	1,6	–*	0,5	–*	–*

* nie wykryto

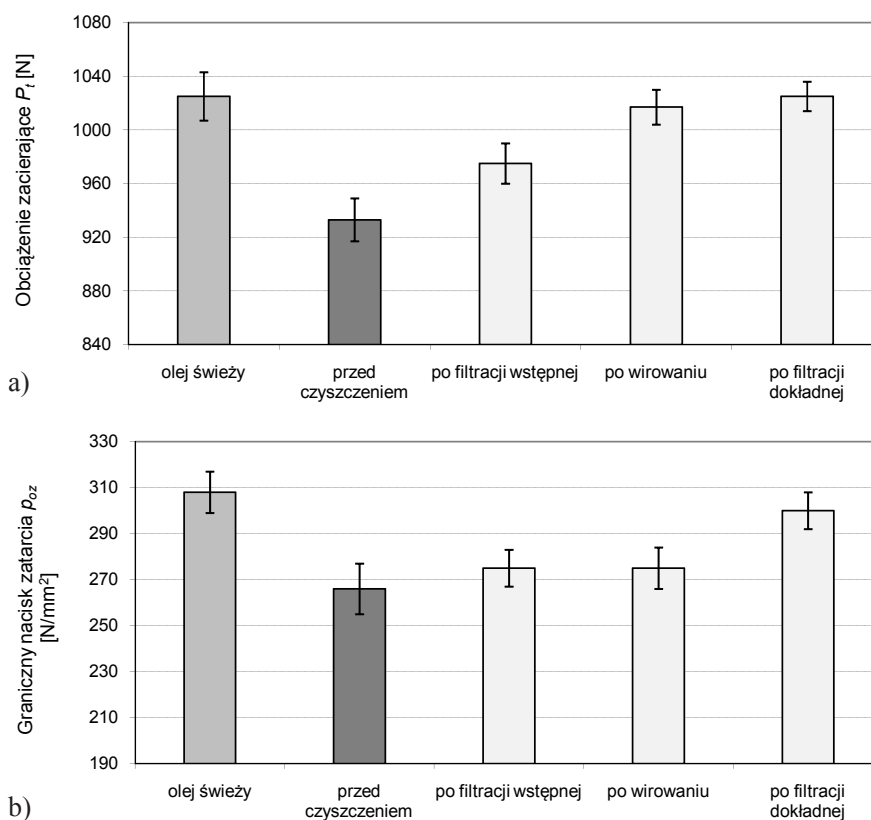
** nie oznaczano

z oczyszczonych olejów klasy czystości na poziomie oleju świeżego. Efektem oczyszczenia tymi metodami było bardzo skuteczne usunięcie cząstek metali pochodzących ze zużycia elementów trących lub innych części instalacji olejowej. Mniejsza skuteczność usuwania metali w polu sił odśrodkowych mogła wskazywać, że znaczna część metalicznych produktów zużycia występowała w olejach w postaci drobno zdyspergowanych cząstek o gęstości mniejszej niż gęstość oleju lub substancji rozpuszczonych (soli metali i kwaśnych produktów starzenia). Każda z zastosowanych metod zapewniła poprawę właściwości przeciwkorozyjnych oleju.

Ponieważ w warunkach eksploatacji często stosowane jest oczyszczanie olejów metodami fizycznymi, realizowanymi za pomocą stacjonarnych lub mobilnych układów bocznikowych, zbadano zmianę właściwości smarnych oleju sprężarkowego poddane go kolejno stosowanym procesom: filtracji wstępnej przez filtr o dokładności 100 μm , usuwaniu zanieczyszczeń w polu sił odśrodkowych oraz filtracji dokładnej przez filtr o dokładności 5 μm . Podczas oczyszczania olej cyrkulował pomiędzy urządzeniem a zbiornikiem olejowym maszyny. Proces zakończono po uzyskaniu klasy czystości oleju nie gorszej od wyznaczonej dla oleju świeżego. Stwierdzono, że kolejno stosowane procesy miały korzystny wpływ na właściwości przeciwzatarciowe i przeciwzużyciowe w warunkach wysokich obciążeń oczyszczanego oleju, na co wskazywało systematyczne zwiększanie wartości obciążenia zacierającego P_t i granicznego nacisku zatarcia p_{oz} (rysunek 2).

Zastosowanie filtracji wstępnej zapewniło zwiększenie obciążenia zacierającego P_t oleju o około 5%, metody wirowkowej o kolejne 5%, a następującej po niej filtracji dokładnej o około 3%. Świadczy to o stopniowym zwiększeniu trwałości warstwy smarowej tworzonej przez oczyszczany olej. Sumaryczny efekt zwiększenia wartości wskaźnika P_t wyniósł 13%. Jego poziom końcowy osiągnął wartość wyznaczoną dla oleju świeżego.

Procesy wirowania i dwuetapowej filtracji miały też korzystny wpływ na graniczny nacisk zatarcia olejów p_{oz} (rysunek 2b).



Rys. 2. Zmiana: a) obciążenia zacierającego, b) granicznego nacisku zatarcia oleju sprężarkowego, po kolejno stosowanych procesach oczyszczania

Po wstępnym oczyszczeniu stwierdzono zwiększenie wartości wskaźnika o ponad 3%, po wirowaniu graniczny nacisk zatarcia oleju nie uległ zmianie, a po filtracji dokładnej zwiększył się o około 12%. Łączne zastosowanie badanych metod oczyszczania przyniosło efekt w postaci ponad 16-procentowego zwiększenia wartości granicznego nacisku zatarcia oleju i osiągnięcia poziomu wyznaczonego dla oleju świeżego. Świadczy to o poprawie właściwości przeciwzużyciowych oczyszczonych olejów w warunkach ekstremalnych wymuszeń, co z kolei wskazuje na zwiększenie trwałości warstwy powierzchniowej, a tym samym – na łagodzenie przebiegu i skutków zacierania.

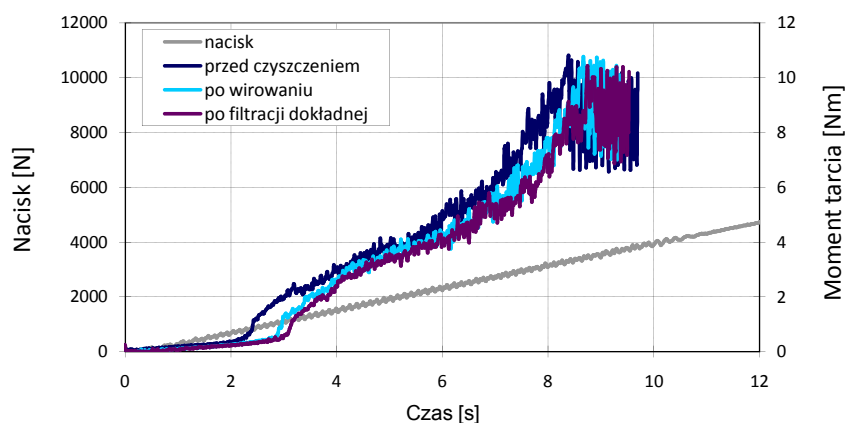
Efektywne oddziaływanie metody wirówkowej i filtracji przegrodowej w odniesieniu do właściwości smarnych oczyszczonego oleju potwierdzają przebiegi krzywych momentu tarcia wyznaczone dla olejów po kolejnych etapach oczyszczania (rysunek 3).

Kolejno stosowane procesy wirowania i filtracji przegrodowej korzystnie wpłynęły na możliwość stopniowego zwiększenia obciążenia, przy którym następował gwałtowny wzrost momentu tarcia, oraz obciążenia powodującego zatarcie. Wskazywało to na zwiększenie zdolności oczyszczonego oleju do przeciwzatarciowej ochrony węzła tarcia oraz opóźnienia procesu zacierania. Oczyszczony olej charakteryzował się przebiegiem krzywej momentu tarcia zbliżonym do przebiegu wyznaczonego dla oleju świeżego (rysunek 4). Oba oleje wykazywały zbliżone właściwości przeciwzużyciowe i przeciwzatarciowe.

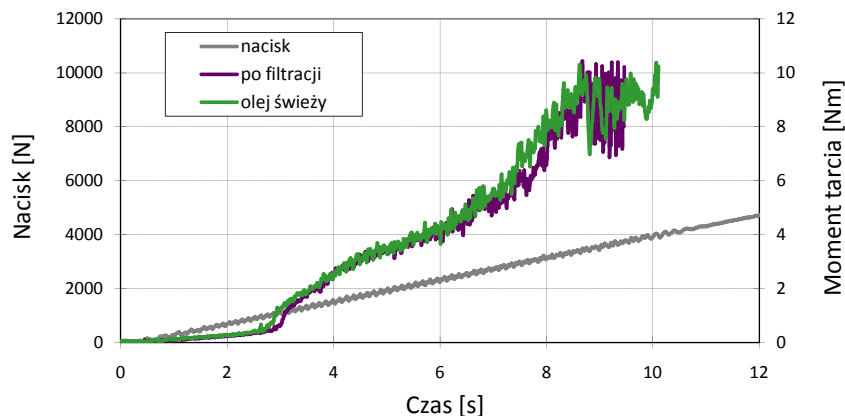
Kolejno stosowane procesy oczyszczania miały także korzystny wpływ na właściwości fizykochemiczne oleju (tablica 2).

Badania czystości potwierdziły skuteczne usunięcie z oleju zanieczyszczeń stałych,

wody i metalicznych produktów zużycia. Uzyskana w wyniku oczyszczania klasa czystości oleju osiągnęła poziom wyznaczony dla oleju świeżego. Skutecznie usunięte zostały również metaliczne produkty zużycia, będące istotną przyczyną zużycia ściernego elementów trących. Pozytywnym efektem oczyszczania było również stopniowe obniżanie wartości liczby kwasowej, co świadczyło o usunięciu z oleju zanieczyszczeń chemicznych, będących produktami zachodzących w nim przemian termooksydacyjnych. Nie zmieniły się właściwości przeciwkorozyjne i lepkość oleju.



Rys. 3. Zmiana przebiegu momentu tarcia oleju sprężarkowego w wyniku wirowania i filtracji



Rys. 4. Przebieg momentu tarcia świeżego i oczyszczonego oleju sprężarkowego

Tablica 2. Zmiany właściwości oleju sprężarkowego w wyniku oczyszczania

Właściwość	olej świeży	olej przed procesem	olej po procesie
Lepkość w 40°C [mm ² /s]	44,67	43,34	43,61
Zawartość stałych ciał obcych i wody [%]	–**	0,28	–**
Klasa czystości	14/9	–**	13/9
Liczba kwasowa [mg KOH/g]	0,015	0,083	0,019
Działanie korodujące na miedź, stopień korozji	1a	1b	1a
Zawartość Fe [mg/kg]	–*	28,9	5,7
Cu	–*	2,6	1,4
Pb	–*	8,6	1,3

* nie wykryto

** nie oznaczano

Wnioski

Przedstawione wyniki badań wykazały, że oczyszczanie metodami fizycznymi i fizykochemicznymi ma korzystny wpływ na właściwości przeciwwzrostowe i przeciwzużyciowe w warunkach zacierania olejów sprężarkowych. Efektem każdej ze stosowanych metod oczyszczania (poza sedimentacją) była poprawa trwałości warstwy smarowej tworzonej przez oczyszczone oleje oraz opóźnienie inicjacji zacierania i wystąpienia zatarcia wężła smarowanego tymi olejami. Poprawa właściwości smarnych była następstwem usunięcia z olejów zanieczyszczeń generowanych podczas eksploatacji, w tym metalicznych produktów zużycia elementów trących. Zastosowanie badanych metod oczyszczania miało też korzystny wpływ na fizykochemiczne właściwości olejów.

Zadowolające zmiany właściwości smarnych i fizykochemicznych stwierdzono także po oczyszczeniu oleju metodą filtracji wstępnej, wirowania i filtracji dokładnej, zestawionymi w odpowiednią sekwencję. Wskazuje to na celowość stosowania tego rodzaju zabiegów. Ponieważ wirowanie i filtracja należą do prostych, fizycznych metod oczyszczania, można je stosować w warunkach eksploatacji olejów. Uwzględniając fakt, że czystość, liczba kwasowa, właściwości przeciwkorozyjne najszybciej zmieniają się podczas użytkowania, oczyszczanie powinno być prowadzone systematycznie i obejmować oleje będące w eksploatacji. Pozwoli to na poprawę właściwości fizykochemicznych i smarnych olejów, a tym samym przyczyni się do zmniejszenia zużycia elementów trących i wydłużenia czasu eksploatacji olejów.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2016, nr 2, s. 102–107, DOI: 10.18668/NG.2016.02.04

Artykuł nadesłano do Redakcji 9.11.2015 r. Zatwierdzono do druku 18.01.2016 r.

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

Literatura

- [1] Bartz W. J.: *Ecotribology: environmentally acceptable tribological practices*. Tribology International 2006, vol. 39, s. 728–733.
- [2] Bhaskar T., Uddin M. A., Muto A.: *Recycling of waste lubricant oil into chemical feedstock or fuel oil over supported iron oxide catalysts*. Fuel 2004, vol. 83, s. 9–15.
- [3] Dachang D., Seock-Sam K., Woo-Sik M., Song-Bo J., Wan-Seop K.: *Oxidation performance of oils containing ZnDTC, ZnDDP and their mixture after oxidation test by PDSC*. Thermochimica Acta 2003, vol. 407, nr 1–2, s. 17–23.
- [4] Listwan A., Baic I., Luksa A.: *Podstawy gospodarki odpadami niebezpiecznymi*. Politechnika Radomska, Radom 2009.
- [5] Mohammed R. R., Ibrahim A. R. I., Taha H. A., McKay G.: *Waste lubricating oil treatment by extraction and adsorption*. Chemical Engineering Journal 2013, nr 220, s. 343–351.
- [6] Pawlak Z., Urbaniak W., Kałdoński T., Styp-Rekowski M.: *Energy conservation through recycling of used oil*. Ecological Engineering 2010, vol. 36, s. 1761–1764.
- [7] Podniadło A.: *Paliwa, oleje i smary w ekologicznej eksploatacji*. WNT, Warszawa 2002.
- [8] Rogoś E., Grądkowski M., Urbański A.: *Eksploatacyjne zmiany właściwości oleju sprężarkowego*. Problemy Eksploatacji 1999, nr 4, s. 103–114.
- [9] Rogoś E., Winiarski A., Stępień A.: *Urządzenia do uzdatniania przemysłowych olejów smarowych*. Problemy Eksploatacji 2003, nr 3, s. 157–166.
- [10] Rogoś E., Zbrowski A.: *Perspektywy rozwoju systemów zwiększających bezpieczeństwo ekologiczne*. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2010, nr 4, s. 47–58.
- [11] Sirotkina E. E., Novoselova L. Yu.: *Aftbrous sulfonic acid materials for regeneration of used oils*. Chemistry and Technology of Fuels and Oils 2007, nr 3, s. 395–399.
- [12] Zwierzycki W.: *Oleje, paliwa i smary dla motoryzacji i przemysłu*. Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2001.
- [13] Zwierzyński A.: *Pielęgnacja oleju hydraulicznego do wtryskarek*. Mechanik 2008, nr 4, s. 316–323.

Akty prawne i normatywne

- [14] Patent Nr 179123-B1-G01N 33/30 *Sposób oceny przeciwwzrostowych własności środków smarowych na aparacie 4-kulowym*.
- [15] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów* (Dz. U. z 2011 roku nr 112, poz. 1206).



Dr inż. Elżbieta ROGOŚ
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Pułaskiego 6/10
26-600 Radom
E-mail: Elzbieta.Rogos@itee.radom.pl