

Regeneracja olejów hydraulicznych metodą filtracji przez specjalistyczne materiały polimerowe

*A.V. Klimov, S.B. Panov, V.V. Serdiuk, L.A. Ashkinazi
Akademia Badań Stosowanych, Sankt-Petersburg, Rosja*

1. Wstęp

Trwałość i niezawodność pracy systemów hydraulicznych, jak również mechanizmów, w których one działają, w znacznej mierze zależy od jakości stosowanego oleju hydraulicznego. Występowanie w oleju wody, domieszek mechanicznych, kwasów, zanieczyszczeń biologicznych itp. powoduje przyspieszone zużycie mechaniczne, korozję mechanizmów, zakłócenia w funkcjonowaniu systemu hydraulicznego.

Powstający na skutek tego zły stan wyposażenia stwarza problemy zarówno organizacyjne, jak i finansowe, wynikające nie tylko z konieczności naprawy sprzętu, ale również ze straty czasu na usunięcie awarii, w którym nie uzyskuje się produkcji.

Z drugiej strony, utylizacja i unieszkodliwianie zużytych olejów hydraulicznych stanowi poważny problem ekologiczny, z uwagi na oddziaływanie na środowisko naturalne, jak i ogromne ilości tych płynów stosowanych w różnych dziedzinach współczesnej techniki. Nawet oleje uznane za ulegające biodegradacji nierzadko stanowią poważny problem dla oczyszczalni ścieków. Dlatego regeneracja olejów hydraulicznych jest obecnie ważnym kierunkiem badań naukowych, również w spokrewnionych dziedzinach: technice maszyn hydraulicznych i ekologii stosowanej.

2. Filtracja olejów przez złoża polimerowe

Występujące w olejach hydraulicznych zanieczyszczenia działają kompleksowo i mogą wzajemnie nasilać swoje oddziaływanie, pogarszając jakość oleju w procesie jego transportowania, przechowywania i eksploatacji. Na przykład, istnienie wody sprzyja utlenianiu oleju, a także rozwojowi w nim mikroorganizmów, które aktywnie powstają właśnie na granicy faz olej-woda. Domieszki mechaniczne, w skład których w większości przypadków wchodzi tlenki metali będące produktami korozji, katalizują proces utleniania. Z kolei w trakcie utleniania powstają kwasy i różnego rodzaju związki smolisto-asfaltowe.

W wyniku zanieczyszczeń biologicznych (grzybów i bakterii) zachodzi nie tylko gromadzenie szkodliwej biomasy, powodującej zakłócenia w pracy systemu hydraulicznego, ale także biodegradacja oleju, powstawanie kwasów organicznych, co przyspiesza korozję metali.

Oleje hydrauliczne można skutecznie regenerować filtrując je przez złoża z porowatych kompozytów polimerowych [1,2].

Duża ilość przeprowadzonych eksperymentów i szerokie zastosowanie filtrów marek TPVF-2, TPVF-3, TPVF-3BF w flocie rzecznej wykazała dobrą zdolność tego materiału do usuwania wody i zanieczyszczeń stałych z różnych olejów. Jednak wadą tego złoża filtrującego jest nierównomierność porowatej struktury oraz zniekształcenie i utrata wymiarów wkładów filtrujących po regeneracji z następnym suszeniem.

Tych wad pozbawione jest, opracowane przez autorów, nowe złożo filtrujące otrzymywane metodą wymycia rozpuszczalnych w wodzie strukturotwórczych dodatków z ogólnej masy podłoża. Taki materiał charakteryzuje się wysoką równomiernością porowatej struktury, możliwością formowania z niego wkładów filtrujących o dowolnym kształcie i rozmiarach. Na etapie wytworzenia wkładów możliwe jest optymalizowanie wartości wskaźników, takich jak: wodochłonność, wielkość porów, ogólna porowatość, wytrzymałość, sprężystość itp.

Materiał „APRISORB” nie tylko efektywnie sorbuje z oleju wodę i zatrzymuje zanieczyszczenia stałe, ale również zdolny jest do ciągłej desorpcji wody. Ideowy schemat funkcjonowania filtru pokazano na rysunku 1.

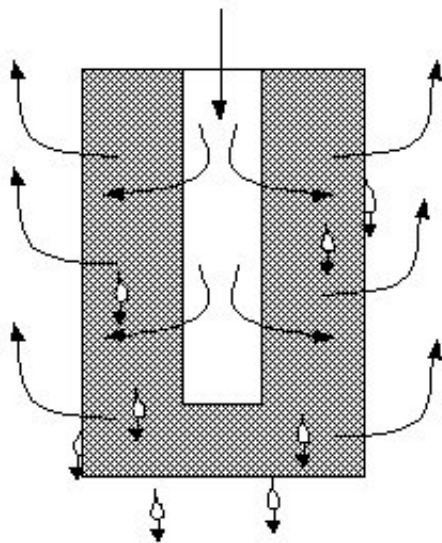
Wchodzące w skład filtrów serii APRIS wkłady filtrujące wykonane z porowatego materiału polimerowego APRISORB zostały poddane testom na bezsilnikowym stanowisku hydraulicznym, atestowanym przez Ośrodek Testów i Certyfikacji „Test - Sankt-Petersburg”. Badania zostały wykonane według metodyki zgodnej ze standardem międzynarodowym ISO 4548/1/3.

3. Warunki i wyniki badań

W celu dokonania oceny skuteczności usuwania zanieczyszczeń stałych zastosowano pył kwarcowy o powierzchni właściwej $5600 \text{ cm}^2/\text{g}$. Ze względu na różnicę ciśnienia niepowodującą destrukcji materiału filtrującego wkłady filtrujące uznane zostały za zgodne z kategorią 4 GOST 14146-88 (Standard Państwowy Federacji Rosyjskiej), a mianowicie: $\Delta P_d > 400 \text{ kPa}$.

W zależności od konkretnej odmiany badanych wkładów filtrujących różnica ciśnienia, przy nominalnym natężeniu przepływu, wynosiła od 10,6 do 17,6 kPa, natomiast skuteczność zatrzymania fazy stałej wyniosła $81 \div 90\%$.

W trakcie badań ustalono, że wraz z wodą i zanieczyszczeniami mechanicznymi za pomocą materiału APRISORB z oleju skutecznie były separowane pewne cząstki koloidalne. Cząstki te adsorbują się na granicy faz woda-olej i tworzą z czasem dość gęstą warstwę.



Rys. 1. Wkład filtrujący – separator wody
Fig. 1. Filtering element – water separator

Na podstawie badania stwierdzono, że są to cząstki koloidalne zawierające duże ilości mikroorganizmów oraz ich produkty przemiany materii. Zostało zidentyfikowanych 17 rodzajów mikroorganizmów, w tym 12 odmian grzybow-pierwotniaków i 5 szczepów bakterii, między innymi *Gladosporium resinae*, *Aspergillus versicolor*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* i inne, czyli tradycyjne mikroorganizmy, biorące udział w biodegradacji olejów.

Filtracja próbek oleju zanieczyszczonych przez mikroorganizmy za pomocą filtra APRIS, ze złożem APRISORB zapewnia oczyszczanie olejów z efektywnością $99,4 \div 99,9\%$.

Filtry APRIS ze złożem APRISORB przetestowano także w przemysłowych warunkach eksploatacyjnych na oleju hydraulicznym Univis N32 wykorzystywanym w technice ładunkowej Sankt-Petersburskiego portu morskiego. W czasie jednego cyklu obróbki oleju w filtrze APRIS zawartość w nim wody zmniejszyła się z 150 do 20 ppm, natomiast klasa czystości (według ISO 4406) została podwyższona z 15 do 10.

Jedną z negatywnych cech olejów hydraulicznych zawierających zagęszczające substancje jest skłonność do tworzenia trwałych emulsji wodno-olejowych. Materiał filtrujący APRISORB wykazał dobrą zdolność do niszczenia takich emulsji. Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcia uwodnionego oleju I20A wykorzystywanego w systemie hydraulicznym prasy do tłoczenia złomu metalowego: przed i po oczyszczeniu.



Rys. 2. Wizualne porównanie próbek oleju I20A przed (po prawej), a po oczyszczeniu (po lewej)

Fig. 2. Visual comparison of oil I20A samples before (on the right) and after cleaning (on the left)

Zdjęcie wyraźnie pokazuje, że filtracja zemulgowanego oleju przez materiał APRISORB w całości niszczy strukturę emulsji i regeneruje olej do jego pierwotnego stanu.

Zdolność wkładów filtrujących do usuwania z paliwa zanieczyszczeń biologicznych została zbadana metodą liczenia komórek mikroorganizmów zawartych w paliwie przed oczyszczaniem i po procesie filtracji. Paliwo zostało sztucznie skażone kulturami *Pseudomonas aeruginosa*, *Cladosporium reinae* i *Candida*.

Charakterystyka testowanego oleju napędowego była następująca:

- olej napędowy – 96,05%,
- mikroorganizmy – 1,95%,
- woda – 2,0%.

Skażone paliwo zawiera kultury bakterii ($4 \cdot 10^4$ KOE/ml) i grzybów micelarnych ($2,5 \cdot 10^4$ KOE/ml). Poza żywymi komórkami mikrobów w próbkach zanieczyszczonego paliwa, przez metodę bezpośredniej mikroskopii (x1250), ujawniono dużą ilość martwych komórek bakterii i grzybów. Osad po filtrowaniu i suszeniu przy 25°C wyniósł 16 mg/l.

Ilość mikroorganizmów (bakterii i grzybów) określono metodą posiewu (Kocha) na następujących pożywkach:

- mięsny agar (MPA),
- suchy agar (SPA) zawierający 2% mas. glukozy,
- substancja Capeka zawierająca 2% mas. glukozy,
- substancja Saburo.

W czasie filtracji paliwa i wody przez wkład filtrujący woda gromadziła się w dolnej jego części, odrywała się od powierzchni w postaci grubych kropli i osadzała się na dnie korpusu filtra. Paliwo po filtracji było czyste i przezroczyste. Wypływania wody z paliwem nie obserwowano. Zawartość wody w oczyszczonym paliwie wynosiła 0,0035%.

Filtrat paliwa jest przezroczysty, ilość zanieczyszczeń mikrobiologicznych zmalała: do 12 KOE/ml i 25 KOE/ml (odpowiednio bakterie i grzyby micelarne). Filtrowanie zanieczyszczonego paliwa przez filtry „APRIS” zapewnia usunięcie mikroorganizmów z efektywnością 99,97÷99,99%.

Oddzielona w filtrze woda cechuje się wysoką zawartością komórek bakterii – $12 \cdot 10^5$ KOE/ml, jednak micelarnych grzybów w próbce brakuje. Na powierzchni próbki występuje warstwa w kolorze białym. Przy badaniu warstwy pod mikroskopem stwierdzono występowanie w niej cząstek bezpostaciowych o naturze nie biologicznej i zespołów komórek bakterii. Z tego wynika, że oddzielana w filtrze woda wymywa mikroorganizmy i inne zawiesiny. Posiew osadu na podłożu organicznym wykazał, że zawiera kultury bakterii, natomiast grzyby w nim nie występują. Zależność ta koreluje z rozmiarami bakterii (0,5÷10 μm), drożdży (długość 2÷50 μm, szerokość 1,5÷10 μm) i grzybów (5÷30 μm). Rozmiar porów w filtrze jest taki, aby zatrzymywały się stosunkowo duże grzyby i drożdże, ale częściowo przepuszczane były małe bakterie.

Sprawność usuwania z produktów naftowych zanieczyszczeń biologicznych została potwierdzona doświadczalną eksploatacją urządzenia serii „APRIS-800” ze specjalnie dobranymi wkładami filtrującymi „APRIS”. Oczyszczaniu

ulegało gazo-kondensatowe paliwo spirytusowe do silników gaźnikowych, zawierające do 20% wody i mające na granicy faz dwucentymetrową ciemną warstwę z zanieczyszczeniami bakteryjnymi. W procesie filtracji nastąpiło rozdzielanie paliwa i wody, przy czym na wewnętrznej powierzchni filtra powstał ciemny osad, który łatwo się usuwał podczas regeneracji wkładu filtrującego.

4. Wnioski

Wyniki wykonanych badań i testów filtrów APRIS z kompozytu polimerowego APRISORB wskazują na możliwość ich zastosowania do oczyszczania płynów technologicznych stosowanych w systemach hydraulicznych, jak i do regeneracji olejów stosowanych w procesie eksploatacji maszyn i mechanizmów.

Zastosowanie przedstawionych filtrów zapewni zakładom znaczne wydłużenie czasu pracy olejów hydraulicznych, podwyższenie sprawności i niezawodności eksploatacji sprzętu. Wynikiem zastosowania filtrów będzie również zmniejszenie nakładów eksploatacyjnych i wydatków na unieszkodliwianie zużytych olejów.

Literatura

1. *Kraking frakcji naftowych na katalizatorach zawierających zeolity*. Pod red. S.N.Hadżyjewa. Wyd. Himija. Moskwa 1982.
2. **Haschimoto K. et al.**: Journ. Jap. Petrol. Inst., v. 39, N 2. 1996. 166÷169.
3. **Braslawski M.I., Ivanov I.A.**: *Perspektywiczne środki oczyszczania paliwa*. Transport rzeczny. Moskwa 1986, nr 4.
4. **Jonson R.T., Stoffer J.O.**: Soc. Automot. Eng. (Spec. publ.), 1983, S.P. 542. 91÷104.
5. **Selivestrov V.M., Braslawski M.I.**: *Oszczędzanie paliwa na flocie rzecznej*. Wyd. Transport. Moskwa 1983.
6. **Mathur H.B., Babu M.K.**: Indian Inst. Techn. Journ. Therm. Eng., 1988, N 2(3). 63÷72.

Improvement in the Quality of Hydraulic Oils by the Filtration Through the Special Polymeric Materials

Abstract

Longevity and reliability of the work of hydraulic mechanisms in many aspects are determined by the quality of the used hydraulic oil. The presence of water, mechanical impurities, acids and biological pollution in oil leads to the increased mechanical

and corrosion wear, to the failures of the hydraulic system. At the same time recycling and neutralization of the used hydraulic oil is a serious environmental problem. This is caused both by possible environmental pollution, and with huge quantity of these liquids used in technology.

The problem of the complex cleaning of oils can be solved most effectively by the use of porous polymeric compositions as the filtering material. Disadvantages of this material are non-uniformity of porous structure, and also infringement of the form and the sizes of a filtering element after regeneration with the subsequent drying.

The new kind of a filtering material has none of those disadvantages. It is obtained in technology of washing away water-soluble structural additives from reactionary mass. This material is characterized by stable porous structure, possibility of obtaining the filtering elements of any forms and sizes. It gives the possibility to operate such characteristics as water absorption, size of pores, general porosity, strength, elasticity, etc.

The material "APRISORB", created in this technology, not only effectively absorbs water and mechanical impurities, but also continuously cleans itself from the accumulated water (Fig. 1).

For determining the completeness of sifting quartz dust with the specific surface area of 5600 g/sm^2 was used. Depending on the type of the filtering element a pressure differential with the nominal charge varied from 10,6 to 17,6 kPa, and the completeness of sifting from 81 to 90%.

Research showed that on the border water-oil the steady colloidal structures are formed. These systems contain plenty of microorganisms and products of their activity. There were isolated 17 cultures of microorganisms, including 12 cultures of the simplest fungi and 5 cultures of bacteria. Among them are *Gladosporium Resinae*, *Aspergillus Versicolor*, *Pseudomonas Aeruginosa* and *Bacillus Subtilis*. Specifically, these microorganisms participate in worsening of the quality of oils. The filtration of oils polluted by microorganisms through the filter bed made of APRISORB material ensures effective cleaning at level of 99,4÷99,9%.

Filters were used also for cleaning Univis N32 hydraulic oil used in the loading technology of the St. Petersburg trade port. Per cycle of cleaning the water content in oil was reduced from 150 to 20 ppm, and the oil class of cleanliness changed from 15 to 10 (ISO 4406).

Tendency toward the formation of steadfast emulsions is one of the special features of the hydraulic oils, which contain the thickening additives. The filtering material APRISORB actively destroys such emulsions. Fig. 2 presents the photographs of water-contained oil used in the hydraulic press before and after cleaning. These photographs show that the filtration completely destroys emulsion and restores oil.

The results of the tests of new filters convincingly prove the perspectives of their use for cleaning of hydraulic oils in the technological hydraulic systems.