

Tadeusz SIUTA
Zygmunt SZLACHTA

ANALIZA MOŻLIWOŚCI POPRAWY JAKOŚCI OCZYSZCZANIA OLEJU W UKŁADZIE SMAROWANIA SILNIKA SPALINOWEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu stężenia, rodzaju i składu granulometrycznego zanieczyszczeń na zużycie elementów silnika spalinowego. Wskazano na spotykane rozwiązania systemów dokładnego filtrowania oleju w silniku oraz zebrano odpowiednie wyniki badań dotyczące wpływu rozwiązań systemowych oraz filtrów dokładnych na trwałość silnika. W wyniku dokonanej analizy przedłożono wnioski zmierzające do uproszczenia rozwiązań systemowych filtrowania oleju w silniku oraz poprawy jakości oczyszczania oleju.

THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF IMPROVING THE QUALITY OF OIL PURIFICATION IN THE LUBRICATION SYSTEM OF COMBUSTION ENGINE

Summary. In the presentation the results of numerous studies (carried out by various authors) of the effect of concentration, type and granulometric composition of the contaminations upon the wear of the engine components are discussed. The existing systems of the effective oil filtration in the engine and the results of the studies of the influence of the use of various filtration systems and effective filters on the stability of engines are collected and presented. Based on the analysis of the above data some possibilities of simplifying the systems of oil filtration in the engine and improving the quality of oil purification are proposed.

1. WSTĘP

Podstawowe oleje silnikowe, inaczej nazywane bazowymi [1], są to przeważnie oleje mineralne, złożone z mieszaniny wysokocząsteczkowych węglowodorów, głównie o strukturze parafinowo - naftenowej. Oprócz olejów mineralnych stosowane są w silnikach oleje syntetyczne.

Olej spełnia w silniku wiele ważnych zadań. Najważniejsze z nich polegają na [5.1]:

- smarowaniu współpracujących części i mechanizmów;
- chłodzeniu elementów o wysokiej temperaturze;
- ochronie smarowanych części przed korozyjnym działaniem gazów spalinowych i powietrza atmosferycznego;
- uszczelnianiu luzów w smarowanych skojarzeniach, w tym o szczególnym znaczeniu parztłok - cylinder;
- zmywaniu i usuwaniu z powierzchni części silnika osadów, produktów zużycia i innych zanieczyszczeń, w tym pochodzenia nieorganicznego.

Aby olej spełniał należycie swoje funkcje, musi charakteryzować się szeregiem określonych właściwości, do których należą jego cechy: lepkościowe, smarnościowe, nisko- i wysokotemperaturowe, antykorozyjne, dyspersyjne, detergencyjne, przeciwutleniające i przeciwpienne [1].

Celem uzyskania w olejach silnikowych ww. pożądanych właściwości stosuje się uszlachetnianie oleju bazowego poprzez zastosowanie odpowiednich dodatków, modyfikujących jego cechy. Są to dodatki lepkościowe, smarnościowe, przeciwutleniające i przeciwpienne, przeciwkorozyjne, a także depresatory, dyspergatory i detergenty [1].

Ze względu na specyfikę procesu roboczego silnika spalinowego olej smarujący ulega podczas pracy silnika ciągłemu zanieczyszczaniu substancjami pochodzenia nieorganicznego i organicznego, w tym w szczególności produktami utleniania, termicznego rozkładu i spalania samego oleju oraz produktami niepełnego spalania paliwa - przedostającymi się do oleju z komory spalania [5].

Z reguły większość zanieczyszczeń oleju pogarsza jego właściwości użytkowe. Stąd też zachodzi bezwzględna konieczność ich usuwania z oleju.

2. WPŁYW ZANIECZYSZCZEŃ OLEJU NA ZUŻYCIE SILNIKA

Zanieczyszczenia oleju smarującego oddziałują szkodliwie na trwałość i pracę silnika, powodując m.in. [1]:

- zużycie ściernie w obszarach tarcia współpracujących powierzchni;
- pogorszenie własności użytkowych oleju;

- intensyfikację procesów tworzenia laków i nagarów, co prowadzi do przegrzewania elementów grupy tłokowo - korbowej;
- unieruchamianie zakoksovanych pierścieni tłokowych;
- zatykanie przewodów oleju itp.

Zużycie ściernie elementów silnika zależy w istotnym stopniu od stężenia i składu granulometrycznego zanieczyszczeń zawartych w oleju, niezależnie od ich składu chemicznego.

Na rys. 1 przedstawiono wyniki badań modelowych, dotyczących wpływu stężenia zanieczyszczeń w oleju [% masy] na zużycie elementów silnika [μg] [1]. Jak widać, ze wzrostem stężenia zanieczyszczeń w oleju powyżej dopuszczalnego (< 1 [%] [1]) następuje intensywny wzrost zużycia elementów silnika.

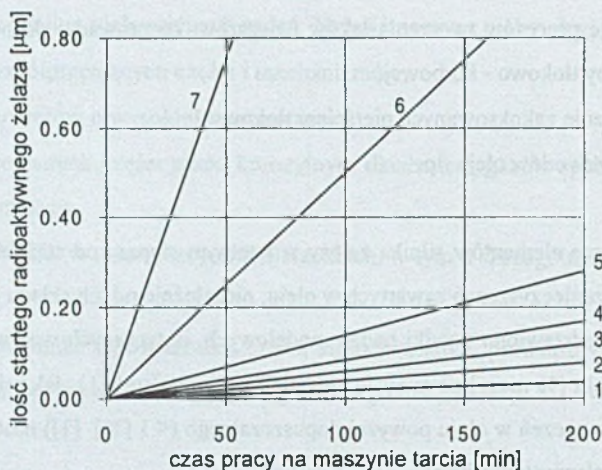
Wielu autorów przyjmuje, że graniczne stężenie zanieczyszczeń oleju w silnikach o zapłonie iskrowym wynosi 0,4 do 0,6 [%], zaś w silnikach o zapłonie samoczynnym $1 \div 2$ [%] [1,2,5]. Wyższe – od wymienionych - stężenia zanieczyszczeń w oleju wyraźnie przyspieszają zużycie ściernie suwliwi - obrotowych, współpracujących ze sobą powierzchni trących silnika.



Rys. 1. Wpływ stężenia zanieczyszczeń w oleju na zużycie elementów silnika [1]

Fig.1. The influence of the contaminations concentration in oil on the wear of the engine components [1]

Do czynników determinujących zużycie ściernie elementów silnika należą także rodzaje i wielkości zanieczyszczeń oleju smarującego. Zaprezentowano to na rys.2., przedstawiającym wyniki badań nad wpływem rodzaju i wielkości zanieczyszczeń zawartych w oleju (zależności 1 do 7) na zużycie elementów silnika (przy użyciu specjalnej maszyny tarcia) [4].



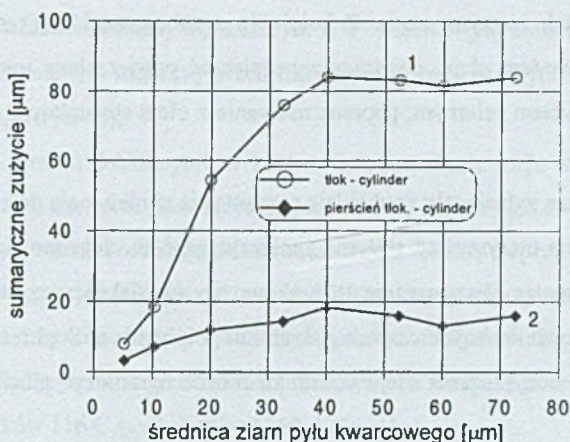
Rys. 2. Wpływ różnych zanieczyszczeń oleju na zużycie elementów silnika [4]

Fig.2. The influence of various oil contaminations on the wear of the engine components [4]

W czasie badań stosowano odpowiednio następujące dodatki do oleju wzorcowego: 1 - 0,15 % sadzy, 2 - 0,15 % domieszek organicznych, 3 - bez dodatków, 4 - 0,15 % osadu z filtru tekturowego, 5 - 0,15 % pyłu gruntowego z cząstkami o wielkości do 1 μm , 6 - 0,15 % pyłu gruntowego z cząstkami o wielkości do 5 μm , 7 - 0,15 % pyłu gruntowego z cząstkami o wielkości do 10 μm .

Jak widać na tym rysunku, dodanie do oleju silnikowego niewielkich ilości niektórych składników pochodzenia organicznego (proste 1 i 2) zmniejsza zużycie części nawet w stosunku do wzorcowego, czystego oleju (prosta 3). Wyjaśnić to można poprawą smarności oleju [5]. Natomiast dodanie do tego oleju osadów z filtru tekturowego, czy też pyłu gruntowego - powoduje wzrost zużycia elementów silnika (proste 4, 5, 6 i 7). Dodanie cząstek pyłu gruntowego o rozmiarach do 1 μm już powoduje zwiększenie zużycia części (prosta 5), przy czym ze wzrostem przedziału wymiarowego cząstek od 1 do 5 μm oraz od 1 do 10 μm następuje intensyfikacja tego zużycia (proste 6 i 7). Wskazuje to na silny wpływ wielkości cząstek zanieczyszczeń zawartych w oleju na zużycie silnika.

Podobne wnioski można wyciągnąć na podstawie wyników innych badań, przedstawionych na rys. 3, dotyczących zależności zużycia par trących silnika: tłok (ze stopu lekkiego) - cylinder (żeliwo) oraz pierścień tłokowy - cylinder (oba elementy wykonane z żeliwa), od rozmiarów użytych do badań ziarn piasku kwarcowego (badania przeprowadzono również przy użyciu maszyny tarcia) [6].



Rys. 3. Wpływ średnicy ziarn pyłu kwarcowego na zużycie par trących [6]

Fig.3. The influence of the quartz dust diameter on the wear of the friction pairs [6]

Jak można zauważyć na tym rysunku, zużycie wymienionych par trących zwiększa się do pewnych granic ze wzrostem wymiarów cząstek piasku w zakresie od 30 do 40 [µm]. Użycie w badaniach ziarn o większych wymiarach nie powodowało już zwiększenia zużycia współpracujących ze sobą par trących. Wyjaśnia się to tym, że począwszy od pewnych wielkości nie wszystkie ziarna kwarcu dostają się w luzu pomiędzy ruchome powierzchnie elementów silnika [5].

Na podstawie tych przykładowych wyników badań stanowiskowych można sądzić, iż w zasadzie wszystkie zanieczyszczenia mineralne, niezależnie od ich wielkości, powodują ścierne zużycie współpracujących ze sobą powierzchni mechanizmów silnika. Rozmiary zanieczyszczeń w istotnym stopniu oddziałują natomiast na wielkość tego zużycia. Mając to na uwadze, oczywista staje się konieczność usuwania z oleju smarującego silnika zawartych w nim zanieczyszczeń.

3. WPŁYW FILTRU OLEJU NA ZMNIEJSZENIE ZUŻYCIA SILNIKA

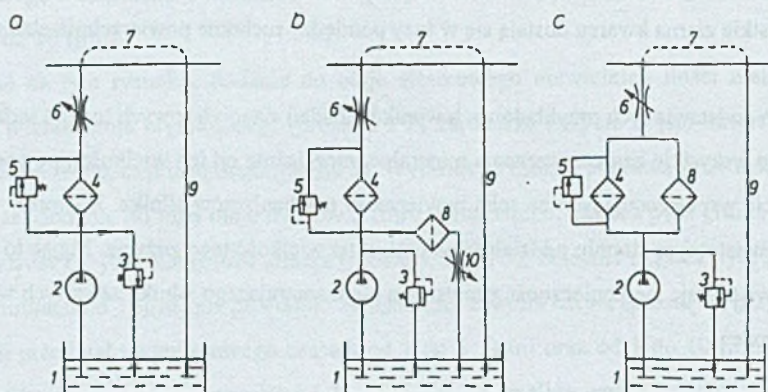
W układzie smarowania silnika mogą być zainstalowane: filtr wstępny, zgrubny i dokładny, przy czym stosowane są również rozwiązania z dwoma filtrami dokładnymi [1,5].

Zadaniem filtra wstępnego, umieszczonego po stronie ssącej pompy oleju, jest przede wszystkim jej ochrona przed niszczącym działaniem zanieczyszczeń o największych rozmiarach.

rach, poprzez ich zatrzymywanie. Z kolei filtr zgrubny, znajdujący się pomiędzy pompą a głównym przewodem oleju, powinien zabezpieczać powierzchnie trące silnika przed przedwczesnym zużyciem ściernym, poprzez usuwanie z oleju stosunkowo dużych jeszcze cząstek zanieczyszczeń.

Najważniejszą jednak rolę w układzie smarowania silnika mają do spełnienia filtry dokładne. Powinny one utrzymywać stężenie zanieczyszczeń w oleju możliwie na najniższym poziomie, zapewniając równocześnie stosunkowo wysoką jakość oczyszczania cieczy, tj. usuwanie z niej nawet drobnych cząstek stałych lub półpłynnych. Stąd też rozpatrywanie problematyki jakości oczyszczania oleju w silniku można ograniczyć głównie do filtrów dokładnych.

Na rys. 4 przedstawiono przykłady włączania dokładnych filtrów oleju do układu smarowania silnika [1]. W poszczególnych rozwiązaniach można wyróżnić następujące elementy: 1 - miska oleju, 2 - pompa oleju, 3 - zawór przelewowy pompy oleju, 4 - filtr pełnoprzepływowy, 5 - zawór przelewowy filtru, 6 - zawór regulacyjny, 7 - główny przewód oleju i punkty smarowania, 8 - filtr boczny, 9 - przewód spływowy, 10 - dysza dławiąca.



Rys. 4. Systemy dokładnego filtrowania oleju w układzie smarowania silnika [1]

Fig.4. Systems of the effective oil filtration in the lubrication system of the engine [1]

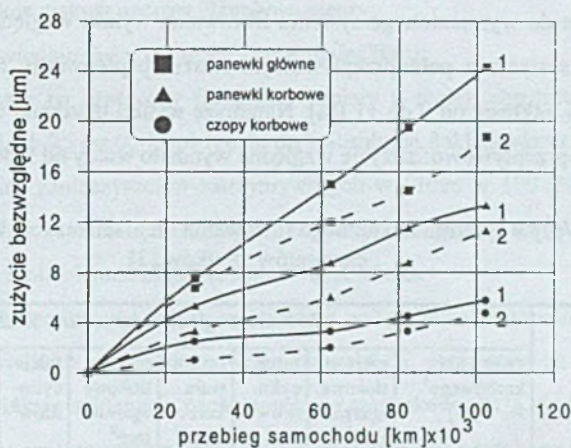
Jak można zauważyć, na rysunku tym pokazano trzy sposoby włączania filtrów dokładnych do układu smarowania silnika:

- powszechnie stosowany system z pełnoprzepływowym, pojedynczym filtrem dokładnym (rys. 4a);

- system z dwoma filtrami dokładnymi, w którym filtr boczny o stosunkowo dużej dokładności oczyszczania jest włączony przed filtrem pełnoprzepływowym, na odgałęzieniu przewodu głównego (rys. 4b);
- system z dwoma filtrami dokładnymi, w którym dwa strumienie oleju płyną równolegle przez obydwa filtry, a następnie jako oczyszczone łączą się i przenikają do obszarów tarcia (rys. 4c). System ten stanowi odmianę układu bocznikowo - pełnoprzepływowego.

Wśród filtrów pełnoprzepływowych, jak również bocznikowych spotykane są filtry przegrodowe – papierowe oraz o działaniu odśrodkowym, przeważnie hydroreakcyjnym [1].

Wpływ filtru dokładnego na zużycie silnika przedstawiono na rys. 5, odnosząc się do wyników badań silników 116 C samochodów FIAT 125p [1].



Rys. 5. Wpływ przebiegu samochodu na średnie zużycie elementów silnika [1]

Fig. 5. The effect of the car mileage on the average wear of the engine components [1]

Na rysunku tym uwidoczniło się średnie wartości zużycia bezwzględnego (promieniowego) elementów silników w funkcji przebiegu samochodów w tych samych warunkach eksploatacji (jako taksówki). Jeden z silników miał zainstalowany, oprócz szeregowo włączonej wirówki, na wale korbowym (w zasadzie jako filtru zgrubnego) boczny filtr papierowy, zaś drugi nie posiadał filtru bocznikowego.

Jak można zauważyć na rysunku, zainstalowanie w silniku bocznikowego filtru dokładnego (krzywe nr 2 - przerywane) przyniosło wyraźne efekty w postaci zmniejszonego zużycia panewek i czopów wału korbowego.

Celem lepszego wglądu w obszar wpływu systemu filtrowania oleju na zużycie poszczególnych elementów silnika zestawiono w tabeli I wyniki badań stanowiskowych silników samochodów ciężarowych o zapłonie iskrowym, przy dozowaniu pyłu kwarcowego do oleju smarującego [3].

Z analizy danych zawartych w tej tabeli można wyciągnąć wniosek, iż spośród trzech systemów dokładnego filtrowania oleju - tj. z zastosowaniem: pełnoprzepływowego filtra papierowego, wirówki włączonej pełnoprzepływowo oraz pełnoprzepływowego filtra papierowego i wirówki włączonej bocznikowo - najlepsze efekty oczyszczania oleju wyrażone najmniejszym zużyciem względnym elementów silnika w różnych warunkach jego pracy uzyskano dla systemu: pełnoprzepływowy filtr papierowy i wirówka włączona bocznikowo. Zużycie to w zależności od rodzaju elementu silnika i temperatury oleju waha się w granicach od 5 do 8 [%]. Zbliżone do wymienionego systemu filtrowania wyniki względnego zużycia silników osiągnięto dla systemu z pełnoprzepływowym filtrem papierowym, dla którego zużycie to utrzymało się w zakresie od 9 do 11 [%]. Najgorsze wyniki uzyskano dla systemu z wirówką włączoną pełnoprzepływowo: zużycie względne wynosiło wtedy od 9 do 46 [%].

Tabela I

Wpływ systemu dokładnego filtrowania oleju na zużycie względne elementów silników [3]

System filtrowania oleju	Zużycie względne elementów silnika								
	czopy wału korbowego ¹ [%]	pierśc. tłokowe zgarniająca ¹ [%]	tuleje cylindrów ¹ [%]	czopy wału korbowego ² [%]	pierśc. tłokowe zgarniająca ² [%]	tuleje cylindrów ² [%]	czopy wału korbowego ³ [%]	pierśc. tłokowe zgarniająca ³ [%]	tuleje cylindrów ³ [%]
Bez filtrów	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pełnoprzepływowy filtr papierowy	11	10	10	11	9	10	11	9	10
Wirówka włączona pełnoprzepływ.	10	9	9	17	15	14	50	41	46
Pełnoprzepływ. filtr papierowy i wirówka włącz. bocznikowo	5,9	7,0	7,5	7	6	5	7,5	7	8

¹ - Praca silnika w warunkach nominalnych przy temp. oleju 80 °C,
² - Praca silnika w warunkach nominalnych przy temp. oleju 50 °C,
³ - Praca silnika przy zimnym rozruchu i podgrzewaniu przy temp. otoczenia 0 °C.

Z powyższej analizy nasuwa się wniosek, iż, nie negując słuszności różnych rozwiązań systemowych dokładnego filtrowania oleju w układach smarowania silników spalinowych, należałoby jednak skupić się nad możliwością poprawy jakości oczyszczania oleju w silniku przy wykorzystaniu systemu z pojedynczym, pełnoprzepływowym filtrem przegrodowym. Wynika to zarówno z potrzeby ograniczenia liczby filtrów oleju w silniku ze względów ekonomicznych (większa ilość filtrów zwiększa koszty produkcji i eksploatacji silników), jak również z obecnych tendencji do uzyskania zwartej konstrukcji silnika.

Dotychczas, przy uwzględnieniu takich wyróżników pracy pełnoprzepływowego filtra oleju, jak m.in.:

- umożliwienie dla tłoczonego przez pompę pełnego przepływu oleju o stosunkowo dużym natężeniu;
- stwarzanie względnie niskich oporów przepływu cieczy;
- zapewnienie odpowiednio dużej trwałości i żywotności filtra;

stosowano powszechnie na przegrody filtracyjne papiery o małej, absolutnej dokładności oczyszczania oleju; $d_{za} = 25$ do 60 [μm] (gdzie d_{za} - absolutna dokładność oczyszczania cieczy, wyrażana średnicą zanieczyszczeń zatrzymywanych w filtrze w 100 [%])[1]. Stąd też pełnoprzepływowe filtry papierowe z takimi przegrodami filtracyjnymi nie zapewniały pożądanej jakości oczyszczania oleju w układzie smarowania silnika.

W ostatnich latach opanowano jednak technologie wytwarzania materiałów porowatych, tworzonych z odpowiednich mieszanin włókien naturalnych, syntetycznych i szklanych, a nawet wyłącznie z włókien szklanych, cechujących się stosunkowo dużą chłonnością i jakością w zatrzymywaniu zanieczyszczeń, przy dość niskich oporach przepływu cieczy. Wydaje się więc celowe zbadanie możliwości ich wykorzystania na filtry pełnoprzepływowe do oczyszczania oleju w układzie smarowania silnika.

4. WNIOSKI

1. Spośród stosowanych dotychczas różnych systemów dokładnego filtrowania oleju w układach smarowania silników spalinowych największe rozpowszechnienie zyskał system z jednym, pełnoprzepływowym, papierowym filtrem dokładnego oczyszczania cieczy.
2. System ten nie zapewnia jednakże pożądanej, wysokiej jakości oczyszczania oleju, ze względu na określone własności stosowanych na przegrody porowate papierów filtracyjnych.

3. Celem osiągnięcia w takim systemie filtrowania oleju wyższej niż dotychczas jakości oczyszczania cieczy zachodzi potrzeba przeprowadzenia badań, odnoszących się do możliwości wykorzystania w filtrach oleju nowych porowatych materiałów cechujących się pożądanymi własnościami w usuwaniu z cieczy zawartych w niej zanieczyszczeń.

Literatura

1. Baczewski K., Hebda M.: Filtracja płynów eksploatacyjnych. Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego. Radom 1991/1992.
2. Grigoriew M.A.: Oczystka masła i topliwa w awtotraktornych dwigatieljach. Maszynostrojenije, Moskwa 1970.
3. Grigoriew M.A.: Oczystka masła w dwigatieljach wnutriennego sgoranija. Maszynostrojenije, Moskwa 1983.
4. Ittinskaja I.I., Nowikow N.P.: Issledowanije wlijanija produktow starienija masel na izmienenije protiwoznosnych swoistw metodom radioaktywnych indikatorow. Chimija i Technologia Topliwa, 1956, nr 8.
5. Siuta T.: Filtry oleju trakcyjnych silników spalinowych. WKi Ł, Warszawa 1976.
6. Watson C.E., Hanly F.Y., Burchell B.W.: How piston rings wear out. SAE, 1955, nr 6.