

## Influence of production technology on the filtration properties of automotive oil filters

*The modern combustion engine is a complex structure and its components are very sensitive to pollution. For the protection the engine various filter materials are used in the lubrication systems. They should remove from the oil any abrasive particles resulting from the combustion process and from interacting elements. Given the very scarce information on the properties of filters for motor oil purification, the paper presents the assessment results of the influence of car oil filters production techniques on selected properties of the product. Physical and filtration properties (porosity, pore size distribution, penetration of 0,3  $\mu\text{m}$  particles), has been studied of selected three automotive oil filters. Based on the results, the filters have been evaluated in terms filtration efficiency and flow resistance. In the research used standard filters made of paper pulp, of paper mixed with synthetic fibers impregnated with special phenolic resins and a modern oil filter obtained from melt-blown nonwoven fabric.*

Key words: lubrication, oil filter, filtration efficiency

### Wpływ techniki wytwarzania na właściwości filtracyjne samochodowych filtrów oleju

*Nowoczesny tłokowy silnik spalinowy jest konstrukcją skomplikowaną, a jego części składowe są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia. W celu ochrony silnika w układach smarowania stosowane są różne materiały filtracyjne. Powinny one usuwać z oleju wszelkie cząstki ściernie powstające w wyniku procesu spalania jak i współpracy elementów. W związku z bardzo znikomymi informacjami dotyczącymi właściwości filtrów do oczyszczania oleju silnikowego, w artykule przedstawiono wyniki badań oceny wpływu techniki wytwarzania samochodowych filtrów oleju na wybrane właściwości wyrobu. Przeprowadzono badania właściwości fizycznych i filtracyjnych (porowatość, rozkład frakcyjny porów, penetracja cząstek o wielkości 0,3 mm), wybranych 3 samochodowych filtrów oleju. W oparciu o uzyskane wyniki filtry oceniono pod względem skuteczności filtracji oraz oporów przepływu. Do badań wykorzystano standardowe filtry zbudowane z bibuły celulozowej, z bibuły zmieszanej z włóknami syntetycznymi impregnowanymi specjalnymi żywicami fenolowymi oraz nowoczesny filtr oleju otrzymany z włókniny melt-blown.*

Słowa kluczowe: układ smarowania, filtr oleju, skuteczność filtracji

### 1. Wprowadzenie

Nowoczesne filtry samochodowe to podzespoły, które zapewniają długotrwałą eksploatację współczesnych silników spalinowych. Pracujący w zamkniętym układzie smarowania filtr oleju ma za zadanie usuwać zanieczyszczenia dostające się do układu oraz powstające w procesie spalania i w wyniku zmniejszać zużycie współpracujących ze sobą elementów. Podstawowym zadaniem każdego filtra, bez względu na jego budowę, jest usuwanie zanieczyszczeń z układu smarowania, zasilania paliwem i powietrzem. [1]

Puszkowe, przykręcane filtry oleju to w chwili obecnej najbardziej rozpowszechnione rozwiązanie stosowane w samochodach osobowych. Wyroby te na pozór podobne do siebie pod względem budowy, dopiero wewnątrz różnią się między sobą zarówno parametrami eksploatacyjnymi, do których zaliczyć można między innymi: typ zaworów wewnętrznych, ciśnienie pracy czy skuteczność filtracji jak i rodzajem wkładu filtracyjnego. [2, 3].

Obecnie dostępne metody oczyszczania cieczy w tym oleju silnikowego oraz modyfikowane tech-

nologie produkcji filtrów, w których znaczącą rolę odgrywają włókniny, dają możliwość opracowania coraz to skuteczniejszych metod oczyszczania oleju, a ponadto wpływają na poszerzenie asortymentu wyrobów stosowanych do filtracji.

Coraz częściej producenci samochodowych filtrów oleju stosują jako wkład filtracyjny, zamiast bibuły filtracyjnej na bazie włókien celulozowych impregnowanych żywicami, mieszanki włókien syntetycznych z celulozowymi bądź włókniny otrzymywane techniką melt-blown.

Proces technologiczny wytwarzania włókien metodą melt-blown jest jednym z najnowocześniejszych sposobów otrzymywania włókien otrzymanych z mikrowłókien. Metoda ta polega na rozdmuchiwaniu strumieniem gorącego, sprężonego powietrza strużek stopionego polimeru wychodzących z głowicy wytłaczarki przez wielootworową dyszę i odbieraniu powstających cieniotkich, krótkich, włókienek na urządzeniu odbierającym. Zapewnia to uzyskiwanie włókien o bardzo znacznej jednorodności struktury i porowatości co wpływa na ich wysokie właściwości filtracyjne.

W związku z bardzo znikomymi informacjami dotyczącymi właściwości filtrów do oczyszczania oleju silnikowego, w artykule przedstawiono wyniki badań oceny wpływu techniki wytwarzania samochodowych filtrów oleju na wybrane cechy wyrobu.

## 2. Materiał badawczy

Do badań oceny właściwości filtracyjnych samochodowych filtrów oleju silnikowego wytypowano 3 wyroby tego samego producenta, które oznaczono symbolami A, B i C.

Charakterystyka materiału badawczego zamieszona została poniżej :

- Filtr A – puszkowy filtr oleju wykonany z bibuły filtracyjnej na bazie włókien celulozowych impregnowanych żywicami. Filtr nie posiadał domieszek włókien syntetycznych. Stosowany jest między innymi w samochodach marki Audi, Volkswagen.
- Filtr B – wkład filtra oleju wykonany jest z materiału filtracyjnego na bazie włókien celulozowych z domieszką niewielkiej ilości włókien polipropylenowych. Filtr tego typu wykorzystywany jest między innymi w samochodach marki BMW.



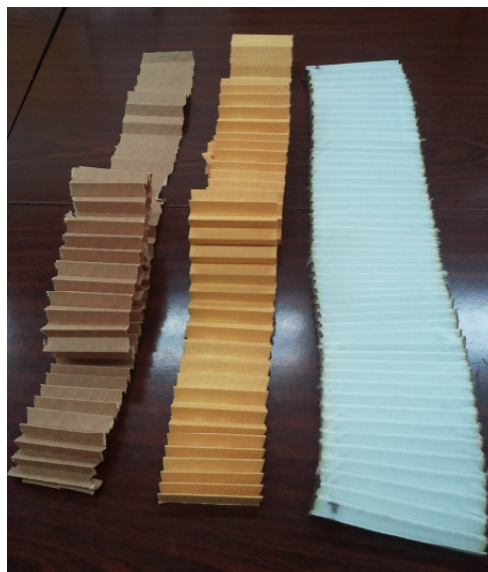
Rys. 1. Widok filtrów przed wymontowaniem warstwy filtracyjnej:

a) filtr typu A, b) filtr typu B, c) filtr typu C

- Filtr C – puszkowy filtr oleju, w którym materiał filtracyjny zbudowany jest w całości z włókniny polipropylenowej typu melt-blown. Filtry tego typu stosowane są jako filtry dokład-

nego oczyszczania. Filtr ten stosowany jest między innymi w samochodach marki IVECO [3].

Wykorzystane do badań fabrycznie nowe filtry zostały przygotowane pod kątem przeprowadzanych oznaczeń, tzn. materiał filtracyjny został pozyskany do badań metodą wycinania z trwale przylegających elementów obudowy. Z uwagi na fakt, że filtry samochodowe osadzone są w obudowach na kształt harmonii, materiał filtracyjny został doprowadzony do kształtu zbliżonego do płaskiej powłoki (rys.2) co wynikało z konieczności przygotowania płaskich próbek do badań.



Rys. 2. Warstwy filtracyjne samochodowych filtrów oleju przygotowane do badań [3]

## 3. Metodyka badań

Badania oceny właściwości samochodowych filtrów oleju rozpoczęto od określenia właściwości fizycznych wyrobów, do których zaliczyć należy: masę powierzchniową wkładu filtracyjnego jego grubość oraz gęstość pozorną. Dla każdego z wytypowanych filtrów oleju wycięto po 10 próbek, które przebadano zgodnie z obowiązującymi normami. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabeli 1 [4, 5].

Po określeniu właściwości fizycznych dokonano badań właściwości filtracyjnych, do których zaliczyć należy :

- oznaczenie penetracji i skuteczności filtracji,
- oznaczenie oporu przepływu,
- wyznaczenie rozkładu frakcyjnego porów we wkładzie filtracyjnym.

Badania penetracji, skuteczności filtracji i oporu przepływu olejowych wkładów filtracyjnych przeprowadzono z wykorzystaniem urządzenia TDA – 100P firmy ATI AIR TECHNIQUES przedstawionego na rysunku 3. Tester wytwarza aerozol ole-

TABELA 1. Parametry fizyczne samochodowych filtrów oleju [3]

Nazwa filtra oleju	Masa powierzchniowa [g/m <sup>2</sup> ]	Grubość [mm]	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]
A	141,6	0,91	154,8
B	196,8	1,18	166,2
C	264,8	1,59	166,3

jowy, który przepuszczany jest przez badany materiał. Wyniki pomiarów penetracji oraz oporów przepływu pojawiają się na wyświetlaczach cyfrowych [6].

Pomiarów dokonano przy następujących ustawieniach testera:

- ✓ prędkość przepływu aerozolu – 50 m/s ,
- ✓ wielkość cząstek aerozolu – 0,03 μm.[6].



Rys. 3. Tester TDA – 100P firmy ATI AIR TECHNIQUES [3]

Dla każdego filtra oleju wykonano po 10 pomiarów oraz dodatkowo po 5 pomiarów materiału złożonego (podwójnego). Kolejnym krokiem było określenie skuteczności filtracji, którą wyznaczono wg wzoru:

$$Sf = 100 - P \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

Sf- skuteczność filtracji [%]

P- penetracja [%]

Następnie wykonano pomiar rozkładu frakcyjnego porów w olejowych wkładach filtracyjnych. Badania te pozwalają na określenie jakie wielkości

cząstek zanieczyszczeń zostaną zatrzymane na filtrze w czasie jego użytkowania. Ma to istotne znaczenie z punktu widzenia żywotności filtra oraz wzrostu oporów przepływu w trakcie eksploatacji. Pomiar przeprowadzono na porometrze kapilarnym firmy PMI, który pozwala na uzyskanie charakterystyki porowatości materiałów poprzez wyznaczenie:

- rozmiaru największych porów,
- przeciętnej wielkości porów,
- krzywej charakteryzującej udział frakcji porów o określonym zakresie porów,
- krzywej stosunku zmian przekroju powierzchni pora o określonej średnicy do zmian odnoszących się do średniej wartości wielkości porów [8].



Rys.4. Porometr kapilarny firmy PMI [8]

W badaniach wykorzystano możliwości aparatu do określenia wielkości porów w zakresie od 0,2 mikrometra do 3000 mikrometrów oraz wyznaczenia rozrzutu wielkości porów. Proces rozdziału porów na odpowiednie frakcje przebiega automatycznie i określany jest w oparciu o program komputerowy, który nie tylko rejestruje dane, ale dostarcza również odpowiednie wykresy.

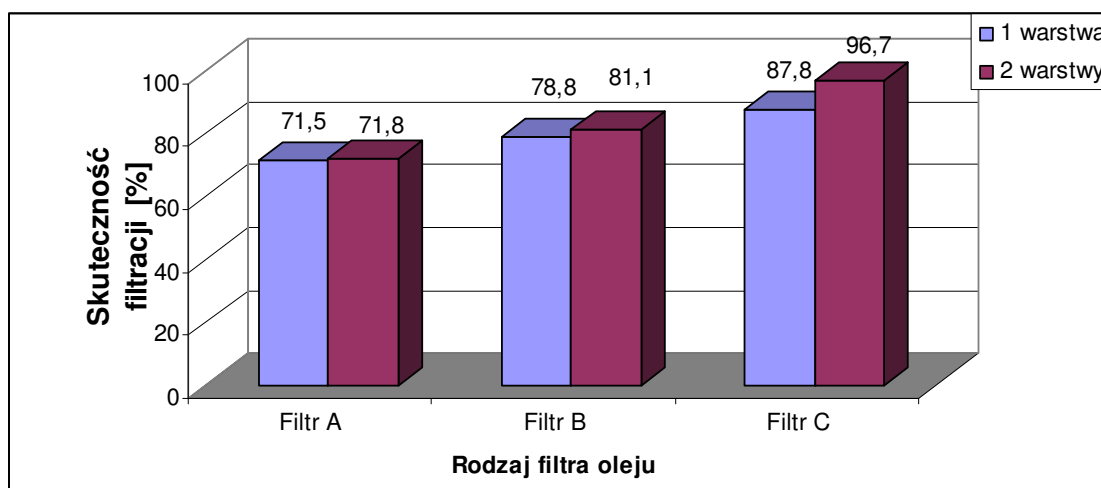
W celu przeprowadzenia badania z każdego rodzaju filtra wycięto po 3 kołowe próbki o średnicy 5 cm. Każdą próbkę zanurzono w cieczy o niskim napięciu powierzchniowym, który całkowicie wypełnił wolne przestrzenie. Następnie próbkę umieszczono w głowicy pomiarowej, gdzie od dołu włączane było powietrze o stale wzrastającym, ściśle kontrolowanym ciśnieniu. W początkowym

okresie powietrze nie przepływa przez nasączoną próbkę, aż do momentu, gdy poprzez wzrastające ciśnienie powietrza zostaną przewyżczone siły adhezji na granicy faz ciecz – włókno. Punkt ten nazywany jest jako „bubble point” tzn. punkt pęcherzyka i odpowiada on porom o największych rozmiarach. W miarę usuwania cieczy z coraz to mniejszych i liczniejszych porów wzrasta objętościowy przepływ powietrza przez włókninę, który jest podstawową wielkością do scharakteryzowania porowatości włókniny [8].

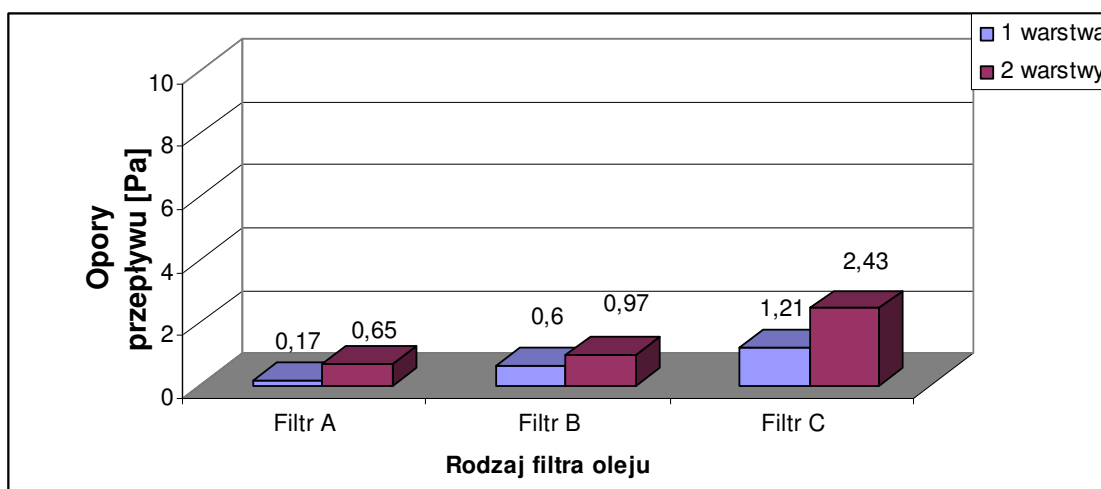
Uzyskane wyniki badań wpływu rodzaju wkładu na wybrane właściwości filtracyjne zamieszczono w tabeli 2 oraz zilustrowano na rysunkach 5-7.

TABELA 2. Wyniki badań właściwości samochodowych filtrów oleju

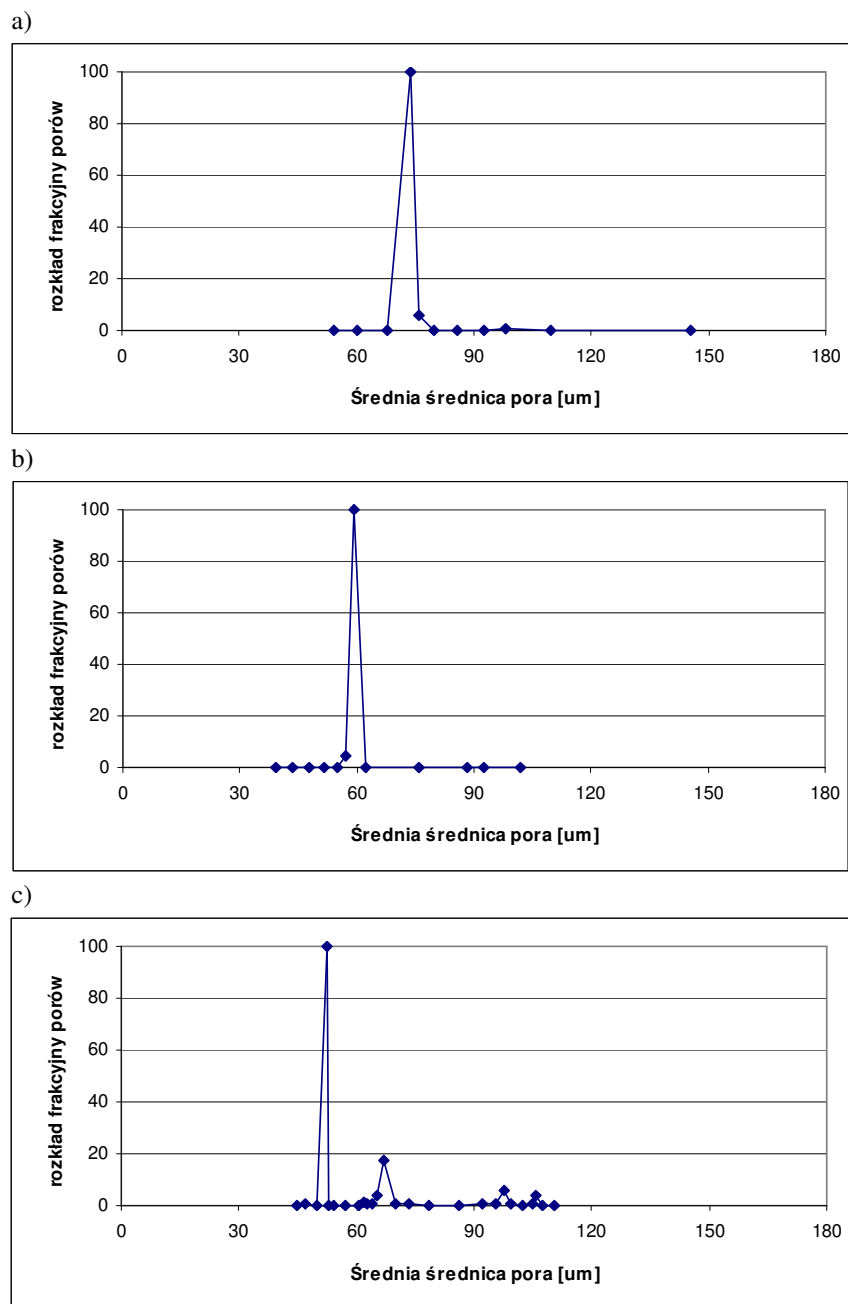
Parametr	Filtr A	Filtr B	Filtr C
Penetracja [%]			
• warstwa pojedyncza	28,5	21,2	12,2
• warstwa podwójna	28,2	18,9	3,2
Skuteczność filtracji [%]			
• warstwa pojedyncza	71,5	78,8	87,8
• warstwa podwójna	71,8	81,1	96,8
Opory przepływu [Pa]			
• warstwa pojedyncza	0,17	0,60	1,21
• warstwa podwójna	0,65	0,97	2,43
Rozkład frakcyjny porów [μm]			
• średnica największych porów [μm]	171,2	107,7	110,5
• średnia średnica porów [μm]	73,8	59,1	52,3



Rys. 5. Wpływ rodzaju wkładu filtra oleju na skuteczność filtracji



Rys. 6. Wpływ rodzaju wkładu filtra oleju na opory przepływu



Rys. 7. Rozkład frakcyjny porów wyznaczony dla olejowych filtrów samochodowych:  
a) filtr typu A, b) filtr typu B, c) filtr typu C

Największą skutecznością filtracji równą 87,8%, charakteryzuje się włókninowy materiał filtracyjny wykonany z włókien polipropylenowych (filtr C). Należy w tym miejscu zaznaczyć, iż w przypadku podwójnego złożenia tego wkładu filtracyjnego (fragment harmonijki) skuteczność wzrasta o prawie 10%. Badania przeprowadzone na podwójnych warstwach materiałów filtracyjnych otrzymanych z włókien celulozowych napawanych żywicą wykazały nieznaczny wzrost skuteczności w stosunku do pojedynczych warstw. I tak dla warstwy pojedynczej filtra A omawiany parametr wynosi 71,5% i jest o 0,3 % mniejszy od wartości wyznaczonej dla

dwóch warstw. Świadczyć to może o tym, iż zwiększenie grubości materiału nie poprawia właściwości filtracyjnych filtrów oleju otrzymanych z bibuły filtracyjnej [4].

Badając warstwy podwójne dowiedziono, że papierowy materiał filtracyjny A wykonany z włókien celulozowych wykazuje prawie czterokrotny wzrost oporu, natomiast dla filtra typu B wartość omawianego parametru jest 1,5 razy większa od warstwy pojedynczej.

Jednym z najistotniejszych parametrów filtracyjnych olejowych wkładów filtracyjnych jest skuteczność filtracji, która ściśle związana jest z roz-

---

kładem frakcyjnym porów w wyrobie. Największy rozmiar porów równy 73,8  $\mu\text{m}$  posiada filtr A zbudowany w 100% z włókien celulozowych impregnowanych żywicami. Udział włókien syntetycznych w mieszance z włóknami celulozowymi spowodował poprawę skuteczności filtracji i zmniejszenie przeciętnej wielkości porów o 14,7  $\mu\text{m}$ . Najmniejszą średnią średnicę porów posiada włókninowy, samochodowy filtr oleju otrzymany techniką melt-blown (52,3  $\mu\text{m}$ ).

#### 4. Wnioski

Badania przeprowadzone na samochodowych filtrach oleju potwierdziły, zależność wpływu technologii wytwarzania oraz składu surowcowego na cechy fizyczne jak i właściwości filtracyjne

wyrobu, w tym na skuteczność filtracji. Nawet niewielki dodatek włókien syntetycznych w materiałach filtracyjnych znacząco wpływa na poprawę właściwości filtracyjnych.

Dzięki tym nowoczesnym technologiom zapewnia się coraz lepsze warunki smarowania silników czystym olejem. (wolnym od najmniejszych drobin, zanieczyszczeń o własnościach bardzo silnie ściernych). Ma to istotne znaczenie w poprawie warunków smarowania, przy montażu współpracujących elementów silnika z małym luzem i dokładnej obróbce ich powierzchni. Dzięki temu do minimum ograniczone jest ryzyko przedwczesnego zużycia a nawet zatarcia silnika.

---

#### Bibliography/Literatura

- [1] TECNECO FILTERS, [www.kolpax.pl](http://www.kolpax.pl)
- [2] Albrecht W., Fuchs H., Kittelmann W., Nonwoven fabrics: Raw Materials, Manufacture, Applications, Characteristics, Testing Processes. Wiley-VCH, Weinheim 2002
- [3] „Test filtrów oleju - czyli ile jest filtra w filtrze”, Poradnik Test Produktu, Auto Świat, 2/09, 16.02.2009, [www.autoswiat.pl](http://www.autoswiat.pl)
- [4] Kulik. M., „Zastosowanie włókien i tekstyliów w przemyśle motoryzacyjnym”, praca dyplomowa, ATH, WNoMiŚ, 2011
- [5] PN-EN 29073-1:1994 , Tekstylnia - Metody badania włókien - Wyznaczanie masy powierzchniowej
- [6] PN-EN ISO 9073-2:2002 Tekstylnia - Metody badania włókien - Część 2: Wyznaczanie grubości
- [7] [www.atitest.com](http://www.atitest.com)
- [8] Jena A., Gupta K., Characterization of Pore Structure of Filtration Media, Fluid Particle Separation Journal, Vol. 14, No. 3, 2002, p.227-241

Mrs Joanna Grzybowska-Pietras, DEng doctor in Institute of Textile Engineering and Polymer Materials University of Bielsko-Biala

*dr inż. Joanna Grzybowska-Pietras – adiunkt na Wydziale Nauk o Materiałach i Środowisku Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej*

