



## Filtracja płynu ATF w automatycznych skrzyniach biegów samochodów osobowych (ASB)

TADEUSZ DZIUBAK, PAWEŁ SZCZEPANIAK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny,  
Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, tdziubak@wat.edu.pl

**Streszczenie.** Przedstawiono funkcje oraz warunki pracy filtrów ssawnych płynu ATF w automatycznych skrzyniach biegów (ASB). Przeanalizowano wymagania stawiane filtrom płynu ATF. Określono źródła zanieczyszczeń płynu ATF. Scharakteryzowano system filtracji płynu ATF. Przedstawiono klasyfikację filtrów płynów ATF oraz ich wybrane rozwiązania konstrukcyjne. Przedstawiono i scharakteryzowano materiały filtracyjne używane do produkcji filtrów ssawnych płynów ATF. Omówiono charakterystyki hydrauliczne i filtracyjne filtrów ssawnych płynu ATF.

**Słowa kluczowe:** ASB — automatyczna skrzynia biegów, płyn ATF, filtry płynu ATF

### 1. Wstęp

Podczas użytkowania automatycznej skrzyni biegów wyposażonej w układ hydrauliczny ciecz robocza (płyn ATF) podlega procesom starzenia, obejmujących jej utlenianie, rozkład termiczny, zanieczyszczanie produktami zużycia części oraz zanieczyszczanie substancjami przedostającymi się do cieczy roboczej z zewnątrz [10]. Zanieczyszczenia powodują zmianę właściwości cieczy roboczej, pogarszają smarowanie i intensyfikują zużywanie tribologiczne oraz korozyjne elementów sterowniczych, a w efekcie powodują nieprawidłowości w działaniu hydraulicznego układu sterowania. Konieczne jest więc ciągle utrzymywanie odpowiedniej czystości cieczy roboczej. Funkcję tę spełnia filtr przegrodowy zainstalowany w przewodzie ssawnym pompy. W dostępnej literaturze brakuje informacji na temat właściwości materiałów filtracyjnych stosowanych na przegrody porowate filtrów ssawnych. Wraz

ze wzrostem masy zanieczyszczeń zatrzymanych na filtry zmieniają się jego charakterystyki (wzrasta opór przepływu), co powoduje trudności w zasysaniu cieczy roboczej i nie jest bez wpływu na prawidłową pracę układu hydraulicznego. Eksploatatorowi współczesnego pojazdu mechanicznego niezbędna jest wiedza z zakresu warunków pracy filtrów ssawnych płynu ATF (ASB) i ich wpływu na pracę automatycznych skrzyń biegów oraz wpływu zanieczyszczeń na przyspieszone zużycie elementów ASB, a także znajomość podstawowych charakterystyk filtrów ssawnych.

## 2. Funkcje i warunki pracy filtrów płynów ATF

Podstawową funkcją filtrów płynów ATF jest zapewnienie odpowiedniej czystości płynu ATF, a więc i układu hydraulicznego automatycznej skrzyni biegów. Działanie urządzeń sterujących (jakim jest sterownik elektrohydrauliczny ASB) zależy głównie (przy właściwie dobranym płynie) od stopnia ich czystości. Sterownik elektrohydrauliczny jest układem złożonym z wielu rozdzielaczy hydraulicznych kilkupołożeniowych sterowanych elektromagnetycznie. Bardzo często szkodliwy wpływ zanieczyszczeń płynu w układzie hydraulicznym jest lekceważony, co wiąże się z błędami w sterowaniu, a w konsekwencji uszkodzeniami elementów wykonawczych [7]. Zanieczyszczenie płynu ATF występuje i stale wzrasta w wyniku [7, 10, 11]:

- ściernego zużywania się elementów (cząstki metaliczne i tworzyw sztucznych, tworzyw naturalnych — celulozy [3]),
- erozji wywołanej przepływem płynu (cząstki metaliczne),
- normalnego zużywania się części ruchomych (cząstki metaliczne, z tworzyw sztucznych),
- przyspieszonego (występowaniem zanieczyszczeń) zużycia części ruchomych,
- reakcji płynu ATF z materiałami konstrukcyjnymi (cząstki w postaci tlenków metali),
- niszczenia uszczelnień (cząstki tworzyw sztucznych),
- przedostawania się pyłu z otoczenia (pyły mineralne).

W płynie ATF pracującym w sprawnych układach automatycznej skrzyni biegów można spotykać wszystkie typy zanieczyszczeń, poczynając od koloidalnych aż po zanieczyszczenia o rozmiarach  $d_z = 30 \mu\text{m}$ . Ponadto płyny do układów hydraulicznych zawierają dodatki syntetyczne, co sprzyja powstawaniu aglomeratów zanieczyszczeń z mniejszych cząstek [7, 10].

W związku z tym filtry ssawne płynu ATF spełniają dwie funkcje:

1. filtracja płynu ATF z zanieczyszczeń z maksymalnie dużą skutecznością i dokładnością;
2. umożliwianie zasysania płynu ATF do pompy hydraulicznej przy małych oporach przepływu.

Warunki pracy filtrów ssawnych płynów ATF determinowane są przez:

- wartość strumienia (prędkość) płynu ATF,
- temperaturę pracy płynu ATF.

Temperatura eksploatacyjna płynu ATF utrzymywana jest w zakresie 80-90°C przez około 80% czasu pracy automatycznej skrzyni biegów. Wartość strumienia płynu ATF dla danego układu hydraulicznego można oszacować na podstawie pola powierzchni czynnej materiału filtracyjnego oraz wartości strumienia jednostkowego. Strumień maksymalny  $Q_{\max}$  dla filtra siatkowego oczkowego w zależności od powierzchni  $A$  materiału filtracyjnego i strumienia jednostkowego  $q_s$  dla określonego wymiaru boku oczka (porów) można obliczyć z zależności [1]:

$$Q_{\max} = \frac{A \cdot q_s}{60} [\text{dm}^3 / \text{min}], \quad (1)$$

gdzie:  $A$  — pole powierzchni czynnej materiału filtracyjnego obejmujące całość materiału, wraz z powierzchnią oczek i drutu [ $\text{cm}^2$ ],  
 $q_s$  — strumień jednostkowy (umowne natężenie przepływu) filtra zależny od rodzaju materiału filtracyjnego oraz wymiarów porów wyznaczony doświadczalnie [ $\text{dm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$ ] [1].

Dla filtra siatkowego AF40 automatycznej skrzyni biegów o polu powierzchni czynnej  $A = 115 \text{ cm}^2$  i strumieniu jednostkowym  $10 \text{ dm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$  przyjętym dla siatki o wymiarze oczka  $90 \mu\text{m}$  strumień maksymalny  $Q_{\max}$  ma wartość:

$$Q_{\max} = \frac{115 \cdot 10}{60}$$

$$Q_{\max} = 19,17 \text{ dm}^3/\text{min}.$$

TABELA 1

Wartości umownego natężenia przepływu oleju przez filtry siatkowe (wg danych firmy Mann) [1]

|  |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wymiar siatki [mm]                                   | 0,010 | 0,016 | 0,025 | 0,040 | 0,063 | 0,1   |
| $q_s$ [ $\text{dm}^3/(\text{h} \cdot \text{cm}^2)$ ] | 0,5-1 | 1,5-3 | 3-6   | 6-9   | 8-12  | 10-15 |

Obliczone w powyższy sposób wartości strumienia maksymalnego nie są dokładne. Wynika to z założeń, na jakim poziomie ma się kształtować opór przepływu filtra — dla wyższego dopuszczalnego oporu przepływu są większe wartości strumieni jednostkowych.

Wielkość strumienia maksymalnego można wyznaczyć dokładniej na podstawie wielkości geometrycznych pompy z wykorzystaniem zależności konstrukcyjnych. Dla wyporowych pomp zębatych o zazębieniu wewnętrznym strumień maksymalny  $Q_p$  oblicza się z zależności:

$$Q_{\max} = \frac{q_p}{10^6} \cdot n_p \cdot \eta_{vp} \quad [\text{dm}^3/\text{min}], \quad (2)$$

gdzie:  $q_p$  — wydajność jednostkowa pompy (pojemność geometryczna) [ $\text{mm}^3$ ];  
 $n_p$  — prędkość obrotowa pompy (równa prędkości obrotowej silnika) [ $\text{min}^{-1}$ ];  
 $\eta_{vp}$  — sprawność wolumetryczna pompy.

Wydajność jednostkową  $q_p$  określa się z zależności [8]:

$$q_p = \pi \cdot m \cdot z \cdot b \cdot h \quad [\text{mm}^3], \quad (3)$$

gdzie:  $m$  — moduł zębów [mm];  
 $z$  — liczba zębów;  
 $b$  — szerokość koła zębatego [mm];  
 $h$  — wysokość zęba [mm].

a)



b)



Rys. 1. Pompa zębata automatycznej skrzyni biegów AISIN WARNER: a) AF40; b) A604

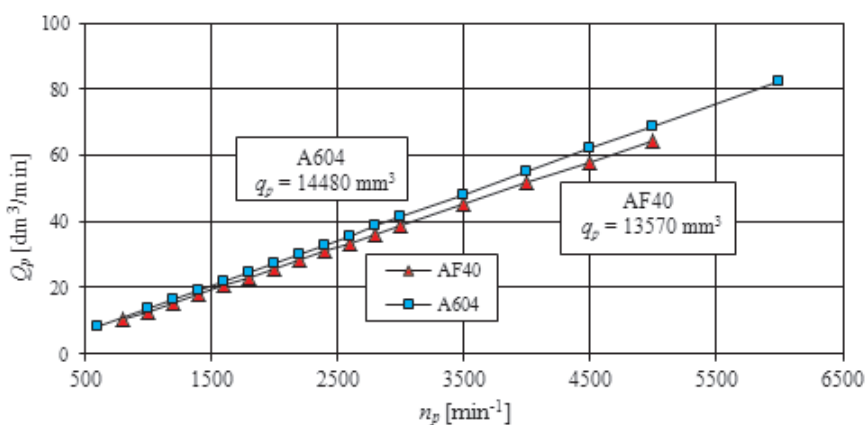
Wykorzystując powyższe zależności, wykonano obliczenia strumieni maksymalnych  $Q_p$  dla dwóch typów filtrów zabudowanych w automatycznych skrzyniach biegów samochodów osobowych: do obliczeń przyjęto stałą wartość sprawności wolumetrycznej  $\eta_{vp}$  na poziomie 0,85 [9].

TABELA 2

Charakterystyka omawianych filtrów ssawnych płynów ATF automatycznych skrzyń biegów

| Numer filtra | Marka samochodu, model, rocznik | Oznaczenie skrzyni biegów | Rodzaj materiału filtracyjnego |
|--------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1            | Chrysler Voyager 3,8 b, 1998    | A604                      | włóknina                       |
| 2            | Opel Vectra 2,2 DTi, 2004       | AF40                      | siatka                         |

W wyniku pomiarów parametrów kół zębatach i obliczeń uzyskano charakterystyki prędkościowe  $Q_p = f(n_p)$  pomp zębatach układów hydraulicznych automatycznych skrzyń biegów AISIN WARNER: AF40 i A604. Strumień maksymalny wytwarzany przez pompę skrzyni biegów AF40 przyjmuje wartość  $Q_{pmax} = 64,48 \text{ dm}^3/\text{min}$ , a dla A604  $Q_{pmax} = 82,54 \text{ dm}^3/\text{min}$  (chwilowo, przy maksymalnych prędkościach obrotowych silnika). W warunkach eksploatacji pojazdów prędkość obrotowa silnika (pompy skrzyni biegów) zawiera się w zakresie  $800\text{-}4000 \text{ min}^{-1}$ , a więc strumień płynu ATF będzie przyjmował wartości z zakresu  $10\text{-}50 \text{ dm}^3/\text{min}$ .



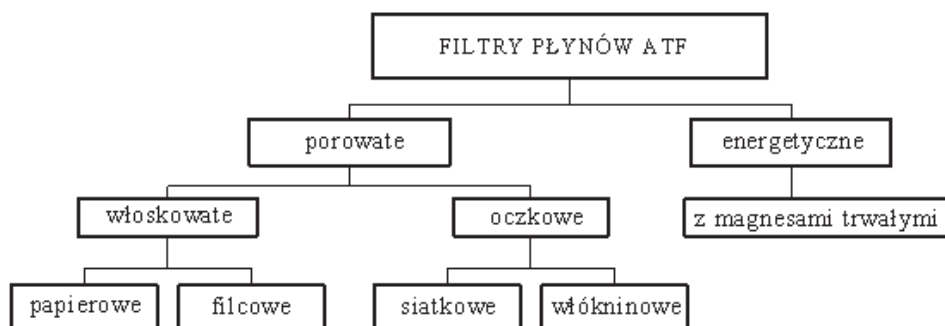
Rys. 2. Charakterystyki prędkościowe  $Q_p = f(n_p)$  pomp hydraulicznych automatycznych skrzyń biegów AF 40 i A604 uzyskane na podstawie pomiarów wielkości geometrycznych oraz obliczeń

Wielkość strumienia płynu ATF w automatycznej skrzyni biegów zdeterminowana jest nie tylko chłonnością elementów układu hydraulicznego, lecz także potrzebą intensywnego chłodzenia płynu ATF w celu utrzymania temperatury eksploatacyjnej.

### 3. Charakterystyka systemu filtracji płynu ATF

Podstawowym elementem systemu filtracji płynu ATF w układzie hydraulicznym automatycznej skrzyni biegów jest filtr. Jego głównym zadaniem jest usuwanie z płynu ATF wszystkich zanieczyszczeń, szczególnie mineralnych, o wymiarach większych od minimalnej wartości filmu olejowego w obszarach tarcia, tak aby utrzymać stężenie zanieczyszczeń na możliwie najniższym poziomie, a tym samym wydłużyć czas pracy płynu ATF.

Ogólny podział filtrów płynów ATF przedstawiono na rysunku 3. Tworząc go, oparto się na podziale ogólnym filtrów płynów roboczych [7].



Rys. 3. Klasyfikacja ogólna filtrów płynów ATF automatycznych skrzyń biegów

Systemy filtracji płynu ATF w automatycznych skrzyniach biegów mogą występować w następujących wariantach:

- filtra porowatego na przewodzie ssawnym,
- filtra porowatego na przewodzie ssawnym i filtra energetycznego w zbiorniku płynu ATF,
- filtra porowatego na przewodzie ssawnym, filtra porowatego na przewodzie tłocznym w odgałęzieniu dla sterownika elektrohydraulicznego oraz filtra energetycznego w zbiorniku płynu ATF.

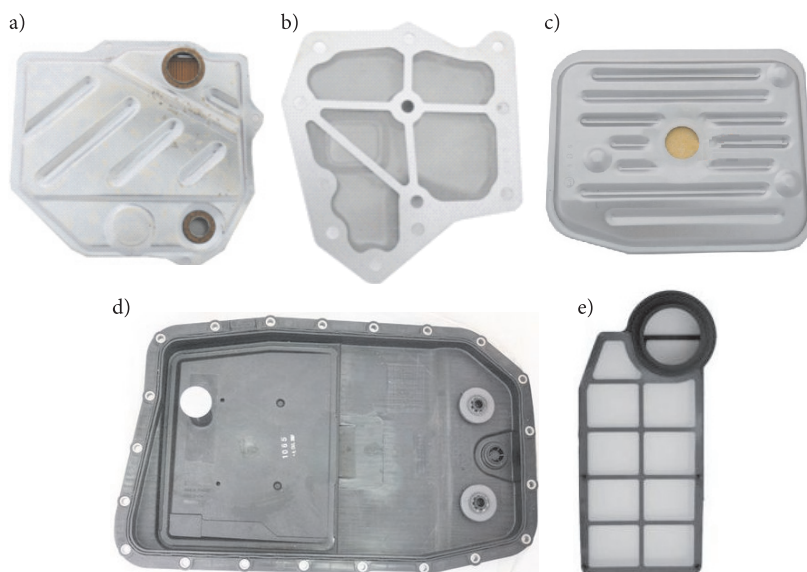
W większości rozwiązań konstrukcyjnych systemów filtracji płynu ATF automatycznych skrzyń biegów filtr jest zainstalowany w przewodzie ssawnym pompy hydraulicznej. Filtry ssawne mają większą powierzchnię czynną przegrody filtracyjnej niż filtry znajdujące się po stronie tłoczenia, czego wynikiem jest uzyskiwanie małych oporów przepływu. Działanie układu polidispersyjnego zanieczyszczeń na przegrodę odsączającą powoduje wzrost oporu przepływu filtra zależnie od stężenia zanieczyszczeń w płynie oraz dokładności i skuteczności filtracji. Opory przepływu filtra znajdującego się w przewodzie ssawnym pompy nie powinny być większe niż 0,01-0,015 MPa [6]. W praktyce jest to bardzo trudne do uzyskania, gdyż nawet małe zanieczyszczenie przegrody filtracyjnej powoduje, że opory przepływu filtra mogą zwiększyć się w stopniu uniemożliwiającym zasysanie cieczy do pompy. Nawet niewielkie zanieczyszczenie filtra (zwiększenie oporu przepływu) może zwiększać hałaśliwość pompy hydraulicznej, co jest spowodowane niedoskonałościami procesu przeniesienia cieczy roboczej z obszaru ssącego do tłoczącego [6]. W układach filtracji płynu ATF w automatycznych skrzyniach biegów proces filtracji (oczyszczania mechanicznego) wspomagany jest działaniem filtra energetycznego w postaci magnesów trwałych zabudowywanych w korkach spustowych płynu ATF lub umieszczonych swobodnie w misce olejowej. Położenie, kształt i forma elementów systemów filtracji mogą różnić się w zależności od marki i typu pojazdu, producenta skrzyni biegów oraz od typu układu napędowego pojazdu. Zwykle filtr ssawny umiejscowiony jest w misce olejowej, gdzie obudowa filtra przykręcona jest śrubami do sterownika elektrohydraulicznego.

Jeden króciec ssawny umieszczony jest w przewodzie ssawnym pompy ukształtowanym w kadłubie automatycznej skrzyni biegów, drugi w dolnej części zbiornika płynu ATF w sposób umożliwiający zasysanie płynu przy jego minimalnym poziomie. Istnieją również (rzadziej) rozwiązania konstrukcyjne systemów filtracji, gdzie dodatkowo zainstalowano filtr po stronie tłocznej pompy w odgałęzieniu dla elektrohydraulicznego układu sterowania, który jest szczególnie wrażliwy na zanieczyszczenia płynu ATF.

#### 4. Rozwiązania konstrukcyjne filtrów płynu ATF

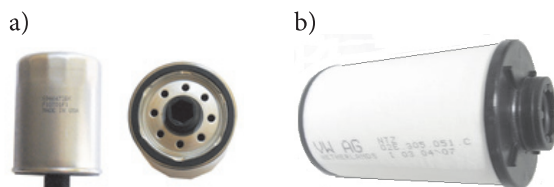
W zależności od typu, marki i producenta skrzyni biegów zarówno rozwiązania konstrukcyjne, jak i użyte materiały mogą się znacznie różnić. Różnice polegają na zastosowaniu różnych materiałów filtracyjnych: papieru filtracyjnego, filcu, siatki metalowej lub z tworzyw sztucznych, włóknin, oraz materiałów na obudowy filtrów: blachy stalowej, tworzyw sztucznych lub kombinacji tych materiałów. Należy zwrócić uwagę na różnorodne kształty obudów filtrów oraz ich formy: filtr tradycyjny, filtr zintegrowany ze zbiornikiem płynu ATF (miską olejową).

Na rysunku 4 przedstawiono kilka najpopularniejszych rozwiązań konstrukcyjnych filtrów ssawnych zabudowywanych w systemach filtracji automatycznych skrzyń biegów samochodów osobowych.



Rys. 4. Filtry ssawne ASB w obudowach z blachy stalowej i tworzyw sztucznych z materiałem filtracyjnym w postaci: a) pleksowanego papieru filtracyjnego; b) siatki metalowej; c) włókniny; d) włókniny (obudowa zintegrowana ze zbiornikiem płynu ATF); e) siatki z tworzywa sztucznego

W celu poprawienia jakości filtracji płynu ATF dla układów sterowania elektrohydraulicznego, w odgałęzieniu linii tłocznej (w niektórych systemach filtracji) stosuje się filtr bocznikowy. Filtry te mogą posiadać własną obudowę (typu spin-on) lub postać cylindrycznego wkładu filtracyjnego zabudowanego w korpusie będącym integralną częścią automatycznej skrzyni biegów.



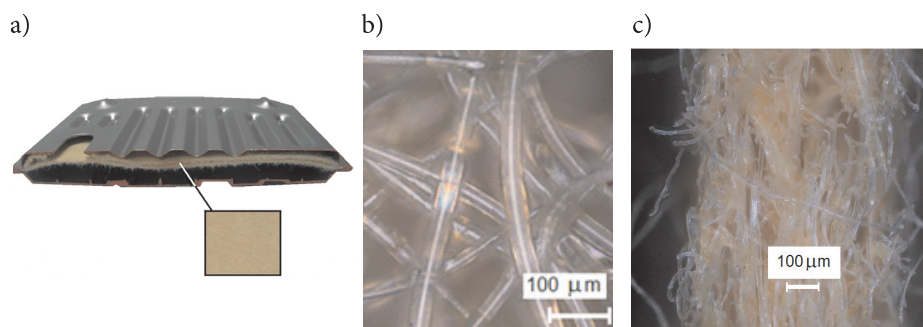
Rys. 5. Filtry bocznikowe: a) filtr typu spin-on z wkładem papierowym; b) cylindryczny wkład filtracyjny z włókniny

W filtrach ssawnych automatycznych skrzyń biegów jako materiał filtracyjny na przegrody porowate stosuje się włókniny i siatki (filtry oczkowe) oraz papiery filtracyjne i filc (filtry włosowate). Według autora [7] wszystkie materiały chłonne (pracujące w procesie filtrowania powierzchniowo i wgłębnie) będące wyrobami włóknistymi o małej gęstości właściwej i dużej porowatości, niezależnie od składu chemicznego włókien, są papierami filtracyjnymi. Filce i włókniny są wykonywane z włókien naturalnych: bawełny, wełny, jedwabiu naturalnego oraz włókien sztucznych: poliamidu, poliestru, poliakrylonitrylu, polietylenu. Filc jest produktem otrzymywanym z włókien wełny, które pod wpływem czynników mechanicznych i chemicznych ulegają spłśnianiu. Polega ono na ścisaniu i rozluźnianiu luźnej masy włókien przy działaniu wilgoci, środków spęczających, ciepła. Włókna filcu układają się nieregularnie, a ich sprężystość powoduje, że mają skłonność do wzajemnego odpychania, czego skutkiem są duże wolne przestrzenie pomiędzy nimi. Włóknina to materiał wytworzony z masy luźnych włókien łączonych w płaski wyrób przy zastosowaniu środków wiążących (klejenie) lub zabiegów mechanicznych, które powodują związanie włókien w postaci runa (igłowanie, przerywanie). Zaletą włóknin jako materiału filtracyjnego jest ich luźna struktura, upakowanie przestrzenne, mały opór przepływu, duża skuteczność filtracji. Wadą jest mała wytrzymałość mechaniczna. Charakterystyki przepływowe i filtracyjne włóknin są zdeterminowane: gęstością upakowania włókien, wymiarami geometrycznymi i kształtem włókien, układem włókien w runie, sposobem łączenia włókien, grubością włókniny, sposobem formowania runa i stopniem jego zagęszczenia [1].

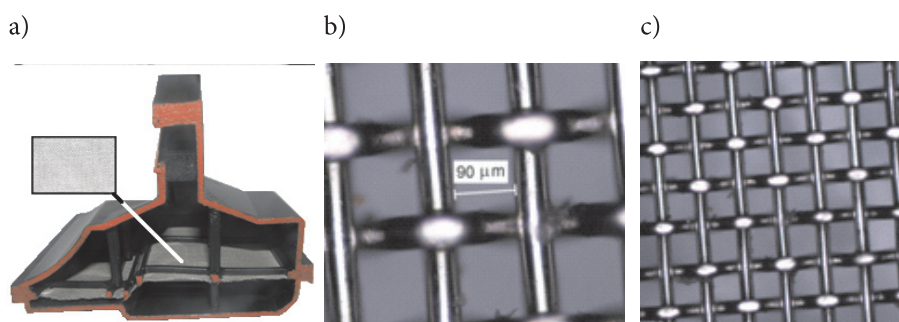
W filtrze przedstawionym na rysunku 4c wkład filtracyjny złożony jest z dwóch warstw włókniny o praktycznie jednakowej gęstości upakowania w całym przekroju poprzecznym. Grubość jednej warstwy wynosi około 1 mm. W filtrze przedstawionym na rysunku 4b materiałem filtracyjnym jest siatka metalowa. Przeprowadzono



analizę mikroskopową obu materiałów filtracyjnych, która polegała na pomiarach średnicy włókien, średnicy drutu i wymiaru boku oczka z wykorzystaniem interfejsu i oprogramowania mikroskopu. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Średnice włókien zawierają się w zakresie 12-32  $\mu\text{m}$ .



Rys. 6. Filtr ssawny płynu ATF automatycznej skrzyni biegów AISIN WARNER A604: a) przekrój; b) mikrofotografia przekroju poprzecznego materiału filtracyjnego w powiększeniu  $\times 20$ ; c) mikrofotografia przekroju poprzecznego materiału filtracyjnego w powiększeniu  $\times 5$



Rys. 7. Filtr ssawny płynu ATF automatycznej skrzyni biegów AISIN WARNER AF40: a) przekrój; b) mikrofotografia powierzchni materiału filtracyjnego w powiększeniu  $\times 20$ ; c) mikrofotografia powierzchni materiału filtracyjnego w powiększeniu  $\times 5$

Poddany analizie mikroskopowej oczkowy filtr siatkowy (rys. 7) wykonany jest splotem prostym, płóciennym, o strukturze regularnej, z drutu o poprzecznym przekroju okrągłym i średnicy 45  $\mu\text{m}$  oraz oczkach kwadratowych o wymiarze 90  $\mu\text{m}$ . Materiał metaliczny użyty na sito tego filtra jest nieznan, wyklucza się natomiast występowanie stopów żelaza (stwierdzono brak właściwości magnetycznych). Do budowy siatek filtracyjnych są stosowane następujące materiały metaliczne: brąz cynowo-fosforowy, tombak, miedź, nikiel, brąz, wolfram, molibden, monel, stal nierdzewna oraz inne [7]. Spotyka się również siatki tkane z tworzyw sztucznych.

Geometrycznie siatkę filtracyjną o danym splocie określa się przez podanie: wymiaru oczka, prześwitu użytecznego, liczby oczek na jednostkę powierzchni siatki, średnicy drutu wążku i osnowy, liczby oczek na jednostkę długości siatki. Charakterystyki przepływowe i filtracyjne siatki determinują: wymiar oczka (rozumiany jako średnica największej kuli wpisanej w oczko) oraz prześwit użyteczny [1].

W przypadku siatek o oczkach kwadratowych jako wymiar oczka przyjmuje się odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi elementami osnowy i wążku (wymiar boku oczka). Prześwit użyteczny  $F_0$  takiej siatki oblicza się ze wzoru [1]:

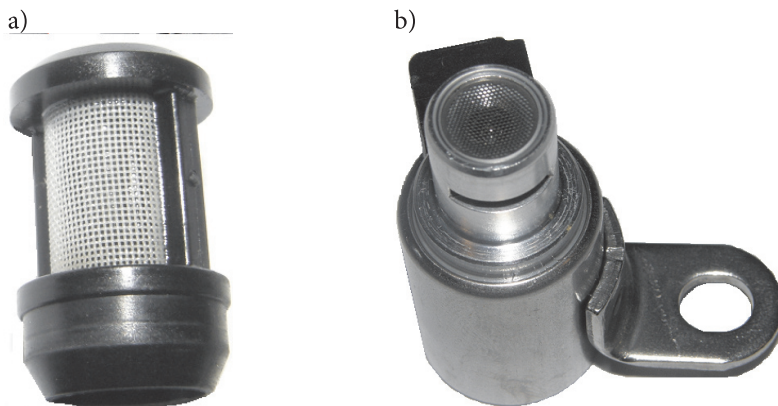
$$F_0 = \frac{w^2}{(w+d)^2} \cdot 100\%, \quad (4)$$

gdzie:  $w$  — wymiar boku oczka;  
 $d$  — średnica drutu.

Zgodnie z powyższą zależnością prześwit użyteczny  $F_0$  dla filtra siatkowego automatycznej skrzyni biegów AF40 o wymiarze boku oczka  $w = 0,09$  mm i średnicy drutu  $d = 0,045$  mm ma wartość:

$$F_0 = \frac{0,09^2}{(0,09+0,045)^2} \times 100\%, \quad F_0 = 44,4\%.$$

Siatka metalowa o splocie płóciennym prostym charakteryzuje się najmniejszym oporem przepływu spośród innych splotów stosowanych do filtracji płynów eksploatacyjnych, największym prześwitem użytecznym (25-75%) i jest najczęściej stosowana [1].



Rys. 8. Elementy filtracyjne zabudowywane wewnątrz sterownika elektrohydraulicznego: a) cylindryczny; b) w postaci sita z blachy bezpośrednio w kanale zasilającym zawór elektromagnetyczny

W niektórych typach automatycznych skrzyń biegów spotyka się elementy filtracyjne w sterowniku elektrohydraulicznym zabudowane bezpośrednio przed elementem sterującym, które chronią ten element przed szkodliwym wpływem zanieczyszczonego płynu ATF. Mogą to być małe filtry cylindryczne (średnica około 10 mm) z materiałem filtracyjnym jak dla filtrów oczkowych siatkowych zabudowanych w kanale sterownika elektrohydraulicznego (rys. 8a) lub w postaci sita z blachy bezpośrednio w kanale wlotowym zaworu elektromagnetycznego (rys. 8b).

## 5. Charakterystyki filtrów ssawnych płynów ATF

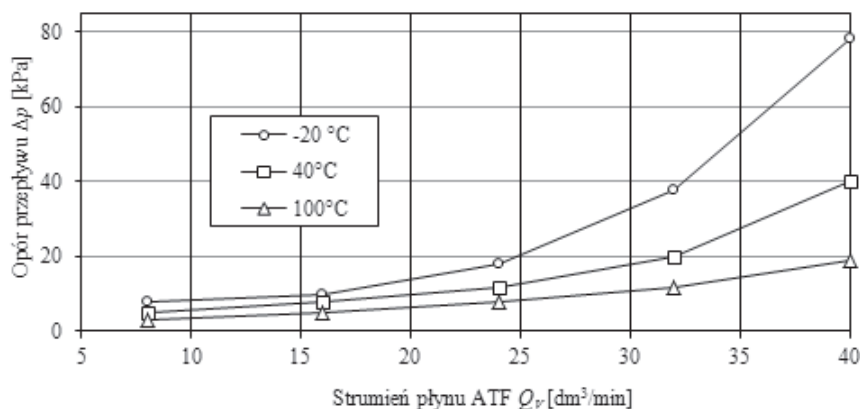
Do oceny efektywności działania filtrów ssawnych płynów ATF automatycznych skrzyń biegów stosuje się następujące charakterystyki, które wynikają z wymagań eksploatacyjnych stawianych tym filtrom [2].

1. Hydrauliczna (przepływowa)  $\Delta p = f(Q)$ , gdzie opór przepływu  $\Delta p$  określony jest podciśnieniem płynu ATF mierzonym w przewodzie ssawnym pompy za filtrem płynu ATF. Norma przewiduje badania przy temperaturach 40 i 100°C. Podczas badania zwiększa się strumień płynu ATF aż do uzyskania oporu przepływu filtra  $\Delta p = 500$  mm Hg (około 67 kPa) [2]. Wyznacza się również charakterystykę hydrauliczną przy niskich (-20°C) temperaturach płynu ATF. Specyfika badania jest zupełnie inna niż w przypadku tradycyjnej charakterystyki hydraulicznej. Badanie polega na zasysaniu przez filtr ssawny pewnej ilości płynu ATF za pomocą odpowiednio dobranego siłownika hydraulicznego lub pneumatycznego [2].
2. Skuteczności filtracji  $\beta_x = f(d_z)$  lub  $E = f(d_z)$ , gdzie  $\beta_x$  jest bezwymiarowym współczynnikiem skuteczności filtracji,  $E$  jest skutecznością filtracji wyrażoną w %,  $d_z$  rozmiarem ziaren wyrażonym w  $\mu\text{m}$  [2, 5, 12]. Charakterystyka ta jest wyznaczana metodą wieloprzepływową (Steady — State Multi Pass Test) i pozwala określić skuteczność filtracji (Multi — Pass Filter Efficiency). Współczynnik skuteczności filtracji  $\beta_x$  jest ilorazem stężenia liczby ziaren  $l_z$  większych niż górny ich wymiar  $X_g$  i stężenia liczby ziaren  $l_z$  większych niż dolny wymiar  $X_d$ , które przedostały się przez filtr podczas badania.

$$\beta_x = \frac{l_z > X_g}{l_z > X_d}. \quad (5)$$

Występują dwie metody badania charakterystyki skuteczności filtracji płynu ATF: ciśnieniowa (*pressure mode*) i podciśnieniowa (*suction mode*) [2]. Metoda ciśnieniowa wzbudza wiele wątpliwości autorów, gdyż zabudowanie badanego filtra w instalacji badawczej w linii tłoczenia pompy hydraulicznej odbiega całkowicie od rzeczywistych warunków pracy. Takie założenie jest nietrafne

ze względu na konstrukcje filtrów ssawnych, dla których zasady projektowania są inne niż dla filtrów zabudowywanych w linii tłoczenia. Badanie charakterystyki skuteczności filtracji przeprowadza się przy temperaturze płynu ATF wynoszącej 40°C. Wielkość strumienia badawczego płynu ATF oraz liczbę cykli badań określa się na podstawie pola powierzchni materiału filtracyjnego. Badanie charakterystyki skuteczności filtracji prowadzi się do uzyskania oporu przepływu filtra  $\Delta p = 500 \text{ mm Hg}$  (około 67 kPa). Warunki badań tą metodą przedstawiono w tabeli 3.



Rys. 9. Charakterystyki hydrauliczne  $\Delta p = f(Q)$  filtra płynu ATF dla różnych temperatur płynu ATF [2]

TABELA 3

Warunki badań charakterystyk skuteczności filtracji  $\beta_x = f(d_z)$  lub  $E = f(d_z)$  [2]

| Opór przepływu $\Delta p$ [kPa] | Testowy płyn ATF | Temperatura płynu ATF $t_p$ [°C] | Powierzchnia materiału filtracyjnego $A$ [cm <sup>2</sup> ] | Strumień płynu ATF $Q$ [dm <sup>3</sup> /min] | Liczba cykli badań | Norma pyłu testowego |
|---------------------------------|------------------|----------------------------------|---|---|--------------------|----------------------|
| 67                              | MIL H 5606 — G   | 40                               | < 250   | 5,0   | 1                  | ISO 12103 — 1 A4     |
| 67                              | MIL H 5606 — G   | 40                               | 250-500   | 10,0  | 1                  | ISO 12103 — 1 A4     |
| 67                              | MIL H 5606 — G   | 40                               | 500-1000  | 15,0  | 2                  | ISO 12103 — 1 A4     |
| 67                              | MIL H 5606 — G   | 40                               | > 1000  | 20,0  | 2                  | ISO 12103 — 1 A4     |

Współczynnik  $\beta_x$  w przypadku dużej dokładności filtracji lepiej ilustruje różnice wydajności filtracji między poszczególnymi materiałami filtracyjnymi [5].

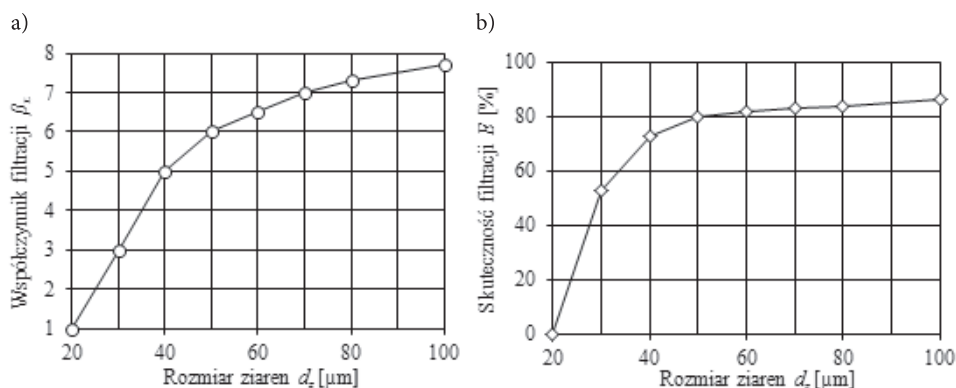
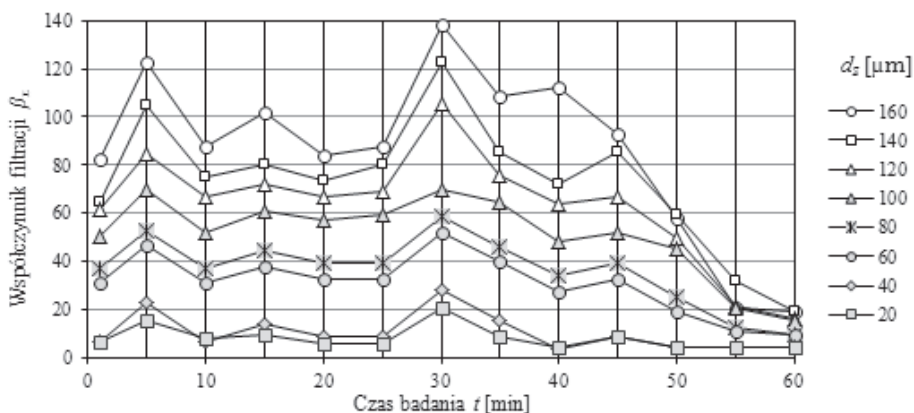
Rys. 10. Charakterystyki skuteczności filtracji filtrów płynów ATF: a)  $\beta_x = f(d_2)$ ; b)  $E = f(d_2)$  [2]

TABELA 4

Zależność skuteczności filtracji  $E$  i współczynnika skuteczności filtracji  $\beta_x$  [5]

|           |     |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| $E$ [%]   | 0,0 | 50,0 | 80,0 | 90,0 | 95,0 | 98,0 | 99,0 | 99,50 | 99,80 | 99,90 | 99,98 |
| $\beta_x$ | 1   | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | 200   | 500   | 1000  | 5000  |

- Skuteczności filtracji przy pulsującym strumieniu  $\beta_x = f(t)$ , której wyznaczenie polega na określeniu zmian skuteczności filtracji przy zmiennym (pulsującym — o określonym kształcie impulsu) strumieniu płynu ATF przepływającym przez materiał filtracyjny i przy określonej zawartości pyłu testowego dla danych wielkości ziaren pyłu testowego. Badanie przeprowadza się przy temperaturze płynu ATF wynoszącej  $40^\circ\text{C}$ . Wyniki badania w krótkim czasie trwania (60 minut) odwzorowują najtrudniejsze warunki pracy filtra ssawnego płynu ATF automatycznej skrzyni biegów, czyli uderzenia hydrauliczne i ich wpływ na skuteczność filtracji dla ziaren pyłu o różnych rozmiarach cząstek. Charakterystyka przedstawia, jak zmienia się skuteczność filtracji w czasie badania oraz pozwala wnioskować, jaki wpływ na materiał filtracyjny i jego parametry mogą mieć warunki pracy i czystość płynu ATF.



Rys. 11. Charakterystyka skuteczności filtracji przy pulsującym strumieniu  $\beta_x = f(t)$  [2]

## 6. Podsumowanie

Czystość płynu ATF w układzie hydraulicznym automatycznej skrzyni biegów determinuje jej prawidłową i bezawaryjną pracę. Płyn ATF o możliwie małej liczbie zanieczyszczeń może występować tylko w układzie hydraulicznym, w którym pracuje filtr o odpowiednich właściwościach eksploatacyjnych i stanie zdatności. Dla prawidłowej pracy układu filtr w przewodzie ssawnym pompy musi odznaczać się możliwie małymi oporami przepływu [4] oraz odpowiednio dużą skutecznością i dokładnością filtracji. Systemy filtracji płynu ATF automatycznych skrzyń biegów różnią się rozwiązaniem konstrukcyjnym oraz rodzajem materiałów filtracyjnych, mimo że warunki pracy filtrów oraz płynu ATF są zbliżone. W automatycznych skrzyniach biegów stosowane są najczęściej filtry, gdzie materiałem filtracyjnym jest włóknina lub siatka. Średnice włókien zawierają się w zakresie 12-32  $\mu\text{m}$ , co jest zgodne z informacjami na ten temat. Filtr zastosowany w skrzyni Aisin Warner A604 posiada wkład z dwukrotnie złożonej włókniny o praktycznie jednakowej gęstości upakowania w całym przekroju poprzecznym. Grubość jednej warstwy wynosi około 1 mm. Poddany analizie mikroskopowej oczkowy filtr siatkowy zastosowany w automatycznej skrzyni biegów Aisin Warner AF40 charakteryzuje się siemem tkanym o splecie prostym z materiału metalicznego. Profil drutu jest o przekroju okrągłym i średnicy 45  $\mu\text{m}$ . Oczka są o kształcie kwadratowym i wymiarze 90  $\mu\text{m}$ . Rodzaje charakterystyk filtrów ssawnych płynów ATF wynikają ze stawianych im wymagań eksploatacyjnych. Normatywne metody badań filtrów ssawnych automatycznych skrzyń biegów nie zawsze odzwierciedlają rzeczywiste warunki pracy automatycznej skrzyni biegów.

## LITERATURA

- [1] K. BACZEWSKI, M. HEBDA, *Filtracja płynów eksploatacyjnych*, MCNEMT, Radom, 1991/92.
- [2] Society of Automotive Engineers, *Automatic Transmission Intake Filter Test Procedure*, SAE J2312, SAE, 755 W. Big Beaver, Suite 1600, Troy MI 48084 USA, 2005.
- [3] H. MOROZUMI, Y. SHOUJI, *Development of test procedures for wet friction materials compatibility with automatic transmission fluid*, Materials Engineering Department, Nissan Motor Co., Ltd., Japan, 2000.
- [4] W. SOBIERAJ, *Poradnik Serwisowy — automatyczne skrzynie biegów*, Instalator Polski, Warszawa, 2005.
- [5] M. DURST, G.M. KLEIN, N. MOSER, *Filtracja w pojazdach silnikowych*, Verlag moderne industrie, 2002.
- [6] J. LIPSKI, *Napędy i sterowanie hydrauliczne*, WKŁ, Warszawa, 1977.
- [7] S. BOROWIK, *Filtry płynów roboczych*, WNT, Warszawa, 1974.
- [8] Z. SZYDELSKI, *Napęd i sterowanie hydrauliczne w ciągnikach samojezdnych i maszynach roboczych*, WNT, Warszawa, 1970.
- [9] W. KOLLEK, *Wpływ parametrów eksploatacyjnych na sprawność pomp zębatych. Sterowanie i Napęd Hydrauliczny*, 1983.
- [10] T. DZIUBAK, P. SZCZAWIŃSKI, P. SZCZEPANIAK, *Wpływ przebiegu eksploatacyjnego płynu ATF na jakość pracy i trwałość automatycznych skrzyń biegów (ASB) samochodów osobowych*, Biul. WAT, 62, 2, 2013.
- [11] Filter Manufacturers Council, *Automotive Transmission Fluid Evacuation Service*, Technical Service Bulletin 98-2, North Carolina, USA, 2011.
- [12] Filter Manufacturers Council, *Hydraulic Filter Performance Criteria*, Technical Service Bulletin 97-1, North Carolina, USA, 2009.

T. DZIUBAK, P. SZCZEPANIAK

**Filtration ATF in automatic transmissions (AT) of cars**

**Abstract.** Functions and conditions of work of suction ATF filters are presented. Requirements of ATF filters are discussed. Sources of contaminations ATF are presented. ATF filtration system was characterized. Classification of ATF filters and their selection of design solutions are presented. Filter materials used for the production of ATF suction filters are presented and characterized. Conditions of the work of suction ATF filters were analyzed. Hydraulic and filtration characteristics are discussed.

**Keywords:** AT — automatic transmissions, ATF — automatic transmission fluid, ATF filter

