

ACHIEVEMENTS IN THE DEVELOPMENT OF THE FILTER MEDIA FOR CAR CABINS AIR CLEANING

Zofia Podsiadła-Bulsa

Radom Technical University
ul. Chrobrego 45, 26-600 Radom
tel.: +48 48 3617655, fax: +48 48 3617644
e-mail: zpbulsa@tkdami.net

Abstract

The main function of car cabin filters is to control the harmful particles concentration in the operator's cabin. High efficiency filters should be used in cabin ventilation systems to remove particle contaminants like: dust, silica, coal, fungi, bacteria, viruses, cigarette smoke etc. The basic requirements of cabin filters are: high efficiency, low pressure drop, resistance to temperature (-40 °C to +85 °C), humidity (100%), light weight and small size. This paper presents recent trends in the development of the filter media for cabins air cleaning. There are shown tests results of single blown no woven webs on the polypropylene base. Recent researches say the most interesting for cabins air cleaning are multilayer filter materials. The article presents J.C. Binzer's Company multilayer no woven webs advantages. There are also discussed electro statically charged materials and media with activated carbon as the main layer. Activated carbon has a very big inside area with many small pores. It causes that there very small particles of contaminant, which are especially harmful for peoples health can be captured. Because of complexity of filtration process in multilayer materials it is necessary to work out new, more reliable models and method for filter design and ratings.

Keywords: transport, filtration, cabin filters, synthetic no woven webs, multilayer filter media

OSIĄGNIĘCIA W ROZWOJU MATERIAŁÓW FILTRACYJNYCH DO OCZYSZCZENIA POWIETRZA W KABINACH SAMOCHODOWYCH

Streszczenie

Głównym zadaniem filtrów kabinowych jest kontrola stężenia szkodliwych cząstek w kabinach pasażerskich. Ażeby usunąć takie cząstki jak: pył, krzemionka, sadza, grzyby, bakterie, wirusy, dym papierosowy powinny być stosowane w systemach wentylacji, filtry wysokiej skuteczności.

Do podstawowych wymagań filtrów kabinowych należą: wysoka skuteczność, niski spadek ciśnienia, odporność na temperatury (-40 °C, +85 °C), wilgotność rzędu 100%. Ponadto filtry te powinny charakteryzować się małymi rozmiarami i być lekkie.

W artykule zaprezentowano najnowsze kierunki rozwoju materiałów filtracyjnych do oczyszczania powietrza w kabinach samochodowych. Przedstawiono rezultaty testów jednowarstwowych włóknin pneumatycznych na bazie polskiego polipropylenu Malen S-702, wytworzonych w Instytucie Eksploatacji Pojazdów i Maszyn.

Ostatnie badania pokazują, że najbardziej interesującymi materiałami do oczyszczania powietrza w kabinach samochodowych są materiały wielowarstwowe.

W artykule przedstawiono zalety wielowarstwowych materiałów pneumatycznych firmy J.C. Binzer, także materiały z włókien naładowanych elektrycznie i z węglem aktywnym stanowiącym główną warstwę materiału.

Węgiel aktywny posiada bardzo rozwiniętą powierzchnię właściwą, z wieloma małymi otworami, w których zatrzymywane są najbardziej szkodliwe dla zdrowia człowieka cząstki.

W przypadku materiałów wielowarstwowych ze względu na złożoność procesu filtracji koniecznym stale się opracowanie nowych bardziej odpowiednich modeli i metod do projektowania i oceny filtrów niż znane do tej pory.

Słowa kluczowe: transport, filtracja, filtry kabinowe, syntetyczne włókny pneumatyczne, wielowarstwowe materiały filtracyjne

1. Wstęp

Podstawowym zadaniem filtrów kabinowych jest ochrona kierowców i pasażerów przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń obecnych w powietrzu i przedostających się wraz z nim do wnętrza pojazdu.

Odseparowaniu powinny więc podlegać: pyły, cząstki metali ciężkich, krzemionka, dymy, wirusy, bakterie, pyłki i zarodniki roślin itp.

Badania udowodniły, że w kabinie samochodu bez skutecznie działającego systemu filtracji zasysanego powietrza, stężenie unoszących się substancji szkodliwych jest 6 razy większe niż na zewnątrz samochodu [10]. Może to prowadzić do obniżenia koncentracji, wystąpienia zmęczenia, bólu głowy i szeregu różnych groźnych chorób.

Rozkłady wymiarowe, stężenie i skład chemiczny cząstek występujących w otaczającym powietrzu jest bardzo zróżnicowany. Według Jaroszczyka [8] cząstki te posiadają wymiary od 0,002 do 100 μm (większość stanowią cząstki poniżej 30 μm) i są przenoszone w różny sposób.

Stężenie zanieczyszczeń w powietrzu uzależnione jest od warunków lokalnych i w większości przypadków mieści się w granicach od 0,01 mg/m³ do 200 mg/m³ (warunkach ekstremalnych wartość ta jest znacznie przekroczona) [1]. Wszystkie zanieczyszczenia mają szkodliwy wpływ na zdrowie człowieka. Cząstki duże (większe od 10 μm) są eliminowane z powietrza przez osiadanie, natomiast cząstki bardzo małe (mniejsze od 0,1 μm) mogą być przenoszone ze strumieniem powietrza na znaczne odległości.

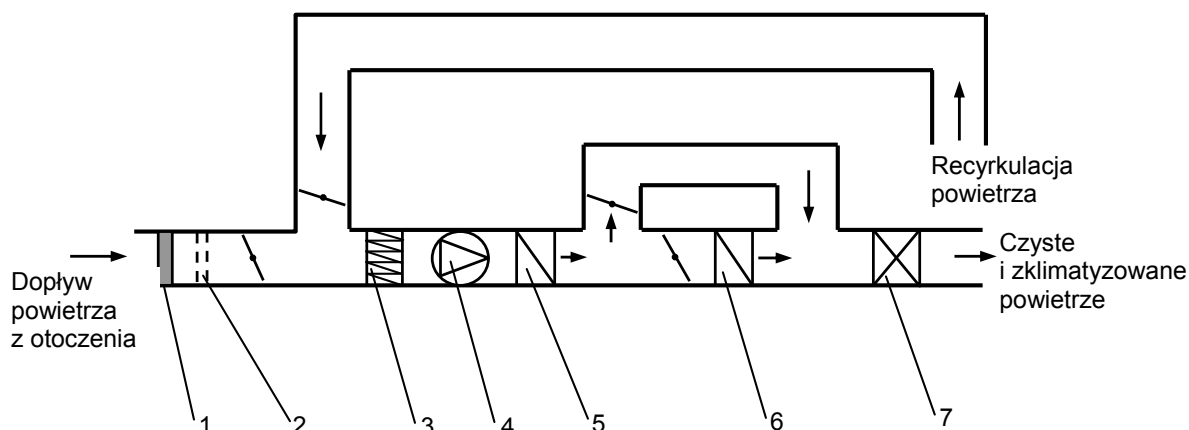
Przyjmuje się, że cząstki większe niż 3 μm (pył drogowy, pyłki roślin) osiadają w górnych drogach oddechowych, natomiast cząstki mniejsze niż 2,5 μm [8] (bakterie, wirusy, dymy spalinowe) przedostają się do płuc i mają szczególnie destrukcyjny wpływ na zdrowie człowieka. Odseparowanie tych właśnie cząstek jest głównym zadaniem filtrów kabinowych.

2. System wentylacji kabin pasażerskich

Najczęściej stosowanym systemem wentylacji kabin samochodowych jest system oznaczany w skrócie HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning System), którego schemat przedstawia rys.1.

Prawidłowo działający system wentylacji powinien spełniać następujące wymagania [8].

- maksymalny przepływ powietrza $Q=500\text{m}^3/\text{h}$ przy spadku ciśnienia na filtrze poniżej 100kPa,
- wysoka większa od 99% i stała skuteczność filtracji dla cząstek większych od 5 μm ,
- najniższa skuteczność oczyszczania dla cząstek mniejszych od 1 μm powinna wynosić około 50%
- żywotność wkładu filtracyjnego – 500 godzin lub 20 000km przy spadku ciśnienia nie wyższym niż 250 Pa przy prędkości przepływu powietrza 500 m³/h,
- wkład filtracyjny powinien posiadać zabezpieczenie przed migracją do otoczenia włókien materiału filtracyjnego.



Rys. 1. Schemat systemu wentylacji kabin samochodowych – HVAC
 1-kratka wlotowa, 2-eliminacja kropli wody, 3-wkład filtracyjny, 4-wentylator,
 5-chłodnica powietrza, 6-nagrzewnica, 7-komora mieszania
 Fig. 1. Scheme of car ventilations system – HVAC
 1-inlet grid, 2-droplets water elimination, 3-filter cartridge,
 4-fan, 5-air cooler, 6-heater, 7-mixing chamber

Głównym elementem systemu wentylacji jest wkład filtracyjny. Powinien on charakteryzować się: niskim oporem przepływu, wysoką skutecznością filtracji, być lekki i małych rozmiarów, zaś materiał filtracyjny z którego zbudowana jest przegroda powinna być odporna na temperatury ekstremalne (-40, +85°C), wysoką wilgotność (100%) i oczywiście nie powinna być źródłem generowania do otoczenia pleśni, grzybów, wirusów, bakterii itp.

Najprostsze konstrukcyjnie i charakteryzujące się wysoką skutecznością oczyszczania i chłonnością przy jednocześnie relatywnie niskich oporach przepływu są filtracyjne wkłady włókninowe wykonane z materiałów zbudowanych z włókien o średnicy <math><1\mu\text{m}</math> i włókien kilkudziesięciu mikrometrów otrzymane techniką „melt blown”.

3. Nowoczesne media na przegrody filtracyjne filtrów kabinowych

W ostatnich latach ogólną tendencją jest stopniowe odchodzenie od klasycznych materiałów filtracyjnych jakimi są papiery filtracyjne (choć te ostatnie przede wszystkim ze względów ekonomicznych nadal są stosowane do budowy wielu rodzajów filtrów samochodowych) w kierunku włóknin filtracyjnych wytwarzanych różnymi technikami z tworzyw sztucznych.

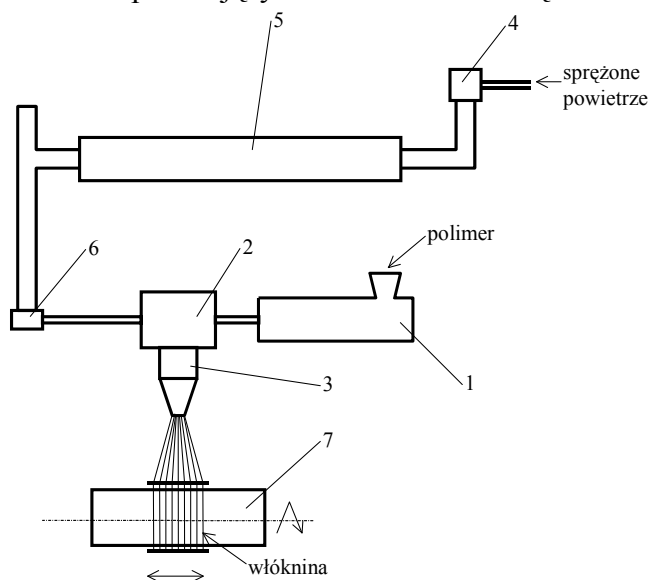
Powszechnie wiadomym jest, że właściwości filtracyjne materiału zależą od jego struktury, a ta z kolei w dużej mierze od grubości tworzących ją włókien; im cieńsze włókna, tym korzystniejsze właściwości filtracyjne materiału [7].

Jedną z metod wytwarzania włóknin z tworzyw sztucznych jest znana od lat 50-tych ubiegłego wieku, ale ciągle doskonalona i stosowana technika pneumatyczna.

Oczekuje się, że wprowadzenie nowych polimerów także biodegradowalnych [35,30], formowanie z nich coraz cieńszych włókien (nanowłókien) [7], stosowanie włóknin z włókien naładowanych elektrycznie [11] oraz materiałów wielowarstwowych [12], pozwoli spełnić wymagania stawiane nowoczesnym filtrom do oczyszczania płynów silnikowych i filtrom kabinowym.

3.1 Włókniny pneumatyczne

Technologia pneumatyczna znana w literaturze „melt blown” powstała w Morskim Laboratorium Badawczym Marynarki w USA [2], a następnie została rozwinięta przez firmę Esso Research and Engineering. Jest zintegrowaną technologią łączącą proces formowania włókien z procesem wytwarzania runa [2, 3]. Polega na rozdmuchiwaniu strumieniem gorącego, sprężonego powietrza strużek stopionego polimeru wychodzących z głowicy wytłaczarki przez wielootworową dyszę i odbieraniu powstających włókienek na urządzeniu odbierającym (rys.2).



Rys. 2. Schemat urządzenia do wytwarzania włókien pneumatycznych
1-wytłaczarka, 2-głowica, 3-dysza rozwłókniająca, 4-kolektor
powietrza zimnego, 5-nagrzewnica powietrza, 6-kolektor powietrza
gorącego, 7-urządzenie odbiorcze

Fig. 2. Scheme of device producing blown no woven webs
1 - extruder, 2 - head, 3 - melt blowing die, 4 - cool air collector,
5 - air heater, 6 - hot air collector, 7 - receiving device

W metodzie tej na przebieg procesu oraz na właściwości końcowych produktów mają wpływ następujące parametry:

- typ polimeru (masa cząsteczkowa, poldispersyjność, wskaźnik szybkości płynięcia),
- temperatura przetwórstwa,
- temperatura i wydatek sprężonego powietrza,
- stosunek masy gorącego powietrza do masy polimeru,
- średnica otworów przedziałniczych w dyszy urządzenia,
- sposób odbioru tworzonego runa.

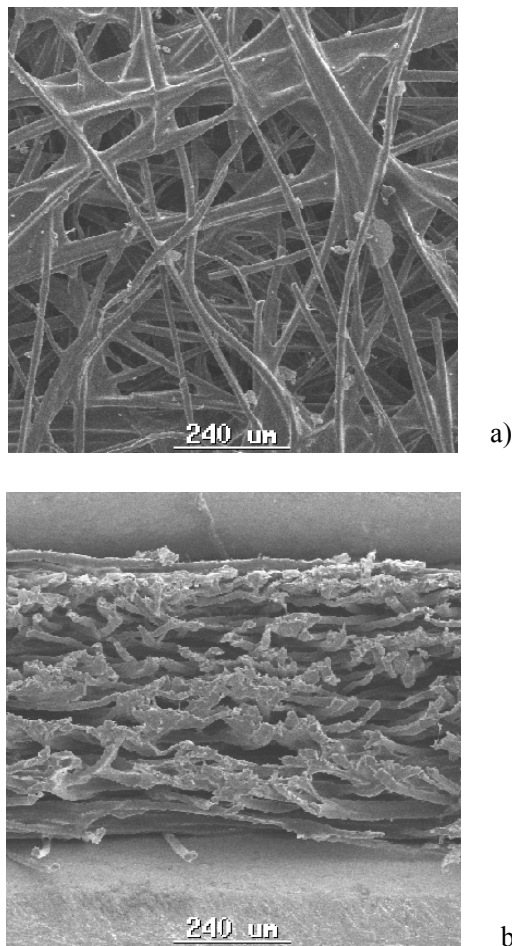
Surowcami stosowanymi w technice pneumatycznej są polimery termoplastyczne. Do niedawna najczęściej wykorzystywanym tworzywem był polipropylen, z uwagi na dobre właściwości przetwórcze i niską cenę. Ponadto posiada on takie korzystne w technologii pneumatycznej cechy jak: niski ciężar cząsteczkowy, niska polimolekularność i hydrofobowość [11,13]. Obecnie wykorzystywane są w tej technice również: poliestry, poliwęglany, poliamidy, poliolefiny [10] i inne.

Biorąc pod uwagę zwiększające się zainteresowanie technologiami i materiałami przyjaznymi środowisku wydaje się, że najbliższe lata należeć będą do polimerów bidegradalnych. Można tu

wymienić biodegradowalne poliestry otrzymywane na bazie monomerów takich jak: kwas mlekowy, kwas hydroksooctowy, kwas kaprolaktamowy, kwas masłowy [1].

W IEPiM od szeregu lat prowadzone są próby otrzymania polskich włókien pneumatycznych do budowy filtrów silnikowych i kabinowych.

Rysunek 3 przedstawia strukturę włókniny wytworzonej na bazie polskiego polipropylenu Malen typ S-702 o gęstości $0,92 \text{ g/cm}^3$, wskaźniku izotaktyczności 95%, punkcie płynięcia 155°C i wskaźniku płynięcia 18g/min.



*Rys. 3. Syntetyczna włóknina pneumatyczna na bazie polipropylenu
a) strona czołowa włókniny b) przekrój włókniny*

*Fig. 3. Synthetic blown nonwoven web on the polypropylene base
a) frontal side of the web b) cross-section of the web*

Próbki tych włókien otrzymano przy zachowaniu parametrów technologicznych przedstawionych w tabeli 1.

W celu określenia przydatności otrzymanych materiałów filtracyjnych, określono ich podstawowe parametry filtracyjne i strukturalne. Rezultaty tych oznaczeń przedstawia tab. 2.

Do budowy filtrów kabinowych mogą być także stosowane materiały wielowarstwowe (kompozytowe) utworzone z dwóch lub więcej włókien pneumatycznych, bardzo często wytwarzanych z różnych polimerów. Zwykle takie materiały charakteryzują się zmienną porowatością i malejącą wielkością kapilar. Powoduje to, że większe cząstki zanieczyszczeń zatrzymywane są w warstwach wierzchnich, natomiast mniejsze przenikają do wnętrza materiału i dopiero tam są wychwytywane. Poprawia to znacznie chłonność materiału i wydłuża „żywość” wkładu filtracyjnego. Tego typu materiały oferuje między innymi firma J.C. Binzer-Niemcy [3].

Rezultaty przeprowadzonych badań materiałów dwuwarstwowych (każdą warstwę materiału tworzy inna włóknina pneumatyczna na bazie polipropylenu) tej firmy przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 1. Wartości parametrów technologicznych włóknin pneumatycznych na bazie polipropylenu Malen S-702

Tab. 1. Technological parameter values of blown nonwoven webs on the base of propylene Malen S-702

Lp.	Nazwa parametru technologicznego	Jednostka miary	Wartości parametrów technologicznych	
			Dla próbki ZP-B1A	Dla próbki ZP-B1B
1.	Temperatura wytłaczania polimeru	°C	305	360
2.	Wydatek polimeru określany liczbą obrotów ślimaka wylączarki w jedn. czasu	obr/min	4,5	10
3.	Wydatek powietrza rozdmuchującego stopiony polimer	m ³ /h	4,0	8,5
4.	Temperatura sprężonego powietrza	°C	300	300
5.	Prędkość liniowa urządzenia odbiorczego	m/min	22	40
6.	Odległość odbioru formowanej włókniny od głowicy	cm	5,0	20,0

Tab. 2. Wartości parametrów włóknin pneumatycznych na bazie polipropylenu typ: Malen S-702

Tab. 2. Values of parameters of nonwoven webs on the base of polypropylene Malen S-702

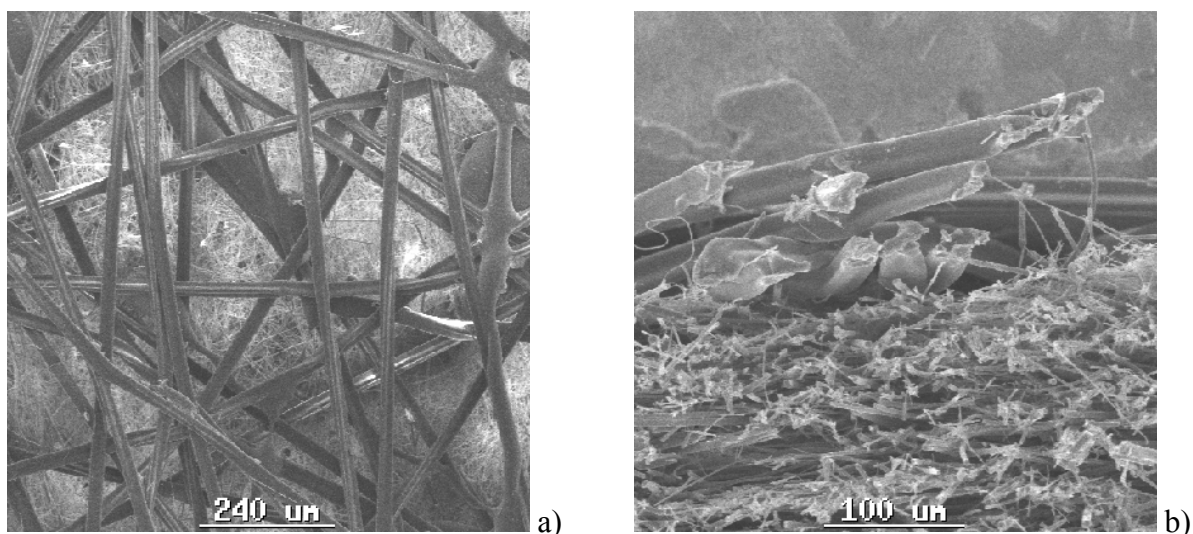
Lp.	Badany parametr	Jednostka miary	Wartości parametrów charakteryzujących włókninę	
			ZP-B1A	ZP-B1B
1.	Gramatura	g/m ²	132,5	56,8
2.	Grubość	mm	0,72	0,30
3.	Przepuszczalność powietrza przy $\Delta p=200$ H ₂ O	dm ³ /m ² s	1230,0,0	858,0
4.	Średnica pory maksymalnej przeciętnej	μm	91,0	80,0
		μm	56,2	52,0
5.	Porowatość	%	88,4	85,8

Tab. 3. Wartości parametrów dwuwarstwowych materiałów firmy J.C. Binzer

Tab. 3. Values of parameters of J.C. Binzer Company double layers filter materials

Lp.	Badany parametr	Jednostka miary	Typ materiału	
			1392-VH202-KF1	1392-VH202-KF2
1.	Gramatura	g/m ²	135,0	135,0
2.	Grubość	mm	0,67	0,68
3.	Przepuszczalność powietrza	dm ³ /m ² s	1050,0	850,0
4.	Średnica pory			
	maksymalnej	μm	105,0	90,0
	przeciętnej	μm	81,0	60,0
5.	Porowatość	%	85,5	88,0

Strukturę materiałów wielowarstwowych przedstawiają mikrofotografie na rysunku 4.



Rys. 4. Wielowarstwowa syntetyczna włóknina filtracyjna
a) strona czołowa włókniny b) przekrój włókniny

Fig. 4. Multilayer synthetic web
a) frontal side of the material b) cross-section of the material

3.2 Materiały filtracyjne naładowane elektrycznie

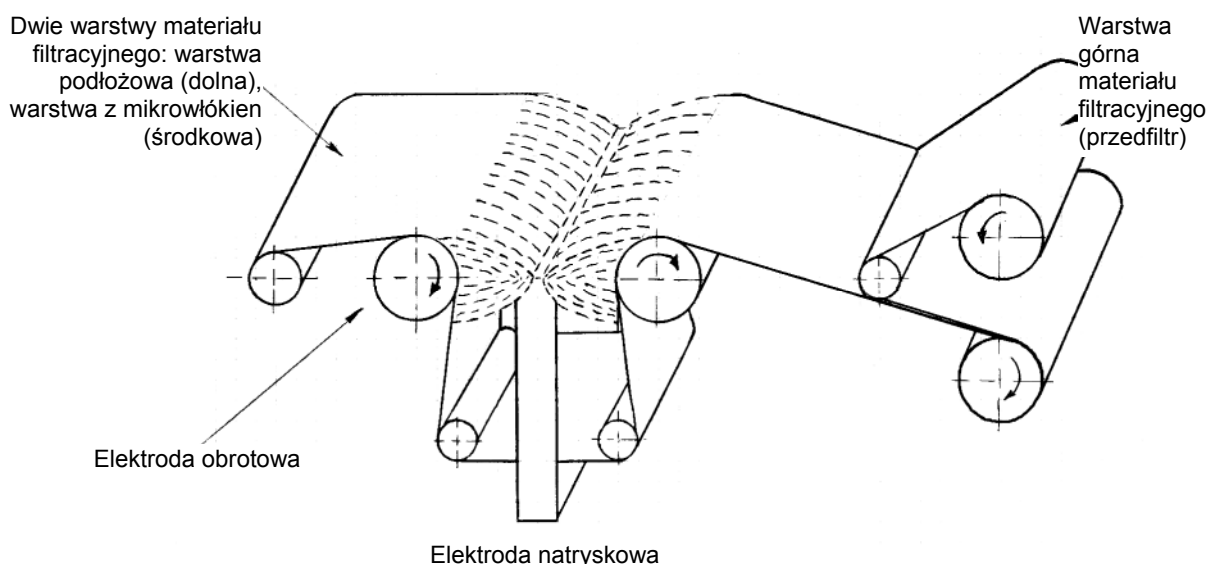
Prace badawcze nad podwyższeniem skuteczności oczyszczania powietrza w kabinach pasażerskich bez wzrostu oporów przepływu doprowadziły do opracowania metod otrzymywania włókien (i materiałów z nich zbudowanych) naładowanych elektrycznie.

Gromadzenie się cząstek zanieczyszczeń na włóknach naładowanych elektrycznie następuje na skutek oddziaływania elektrostatycznego i efektów mechanicznych.

Rozróżnia się trzy zasadnicze typy filtrów z włóknistą przegradą filtracyjną naładowaną elektrycznie:

1. Przegrodę otrzymuje się z elektrycznie naładowanych arkuszy materiału filtracyjnego. Polimerowy arkusz materiału przechodzi najpierw przez „pierścień wyładowania”, który przenosi ładunki „+” i „-” na przeciwległe strony arkusza. Kolejnym etapem jest rozszczępienie arkusza na włókna, z których następnie formowana jest mata filtracyjna przy użyciu konwencjonalnych technologii. Ten typ materiału oferuje firma N.V.Verto Co – Rotterdam
2. Materiały zbudowane z włókien, których powierzchnia pokryta jest żywicznymi cząstkami naładowanymi elektrycznie.
3. Materiały typu Freundberg składają się z trzech warstw. Warstwa górna stosowana jest jako przedfiltr, warstwa dolna pełni rolę nośnika dla podtrzymywania i wzmocnienia warstwy środkowej zbudowanej głównie z mikrowłókien. Warstwy te są ze sobą złączone strukturalnie.

Zasadę wytwarzania włókien naładowanych elektrycznie przedstawiono schematycznie na rysunku 7.



Rys. 5. Zasada wytwarzania materiału z włókien naładowanych elektrycznie
Fig. 5. Principle of generation of filter material with electrostatically charged fibres

Warstwa mikrowłókien poddawana jest działaniu wysokonapięciowego pola elektrycznego przy użyciu roztworu poliwęglanowego.

Niehomogeniczne pole elektryczne jest generowane przez przyłożenie napięcia pomiędzy elektrody obrotową i elektrodę natryskową zwilżaną poliwęglanem. Pod wpływem pola elektrycznego o kilkudziesięciu kV/cm^2 są formowane krople i przyciągane przez elektrodę obrotową, tworząc strukturę podobną do nici.

Materiały naładowane elektrycznie charakteryzują się strukturą wgłębną, stopniowo zagęszczającą się jak również:

- własnościami hydrofobowymi,
- wysoką stabilnością termiczną i chemiczną,
- wysoką wytrzymałością,
- bezpieczeństwem pod względem mikrobiologicznym,
- zabezpieczeniem przed migracją włókien,
- wysoką $>90\%$ objętością por.

Badania wkładów filtracyjnych z przegrodą zbudowaną z włókien naładowanych elektrycznie wykazały, że [10]:

- cząstki powodujące alergiczne reakcje organizmu i stwarzające zagrożenie dla zdrowia są usuwane z powietrza z wysoką skutecznością podczas całego okresu żywotności filtra,
- oddzielenie przez filtr cząstek pochodzących ze spalin silnikowych zmniejsza nieprzyjemny zapach w kabinie samochodu,
- wkłady są odporne na wysokie wydatki powietrza, wysoki poziom wilgoci, zmiany temperatury,
- w zależności od warunków eksploatacyjnych żywotność wkładów filtracyjnych wynosi od 15 000 do 25 000 km,
- wzrost efektywności zatrzymywania cząstek poprzez oddziaływanie elektrostatyczne występuje w zakresie wymiarowym cząstek większych niż $0,01\mu\text{m}$ i mniejszych od $3\mu\text{m}$,
- funkcjonowanie wkładów z przegrodą z włókien naładowanych elektrycznie w funkcji czasu charakteryzuje się:
 - kompensacją (wyrównaniem) elektrycznych ładunków włókien, co prowadzi do obniżenia efektywności filtracji przy stałym spadku ciśnienia na filtrze,
 - zmianami geometrii materiału filtracyjnego, które powodują wzrost skuteczności oczyszczania i wzrost oporów przepływu.

3.3 Wielowarstwowe włókniny filtracyjne z węglem aktywnym

Filtr kabinowy, którego przegrodę filtracyjną stanowi wielowarstwowy materiał filtracyjny z węglem aktywnym dysponuje wszystkimi zaletami, jakie powinien posiadać nowoczesny filtr. W 100% usuwa zanieczyszczenia stałe takie jak: sadza, cząstki pyłu, brudu, pyłki roślin, bakterie. Dodatkowo warstwa zawierająca węgiel aktywny pochłania szkodliwe gazy takie jak ozon, węglowodory, związki siarki i azotu nie dopuszczając ich do kabiny kierowcy [2].

Materiał filtracyjny z węglem aktywnym składa się z kilku warstw węgla oraz włókniny (zazwyczaj pneumatycznej) spełniającej rolę filtra wstępnego oraz materiału nośnego.

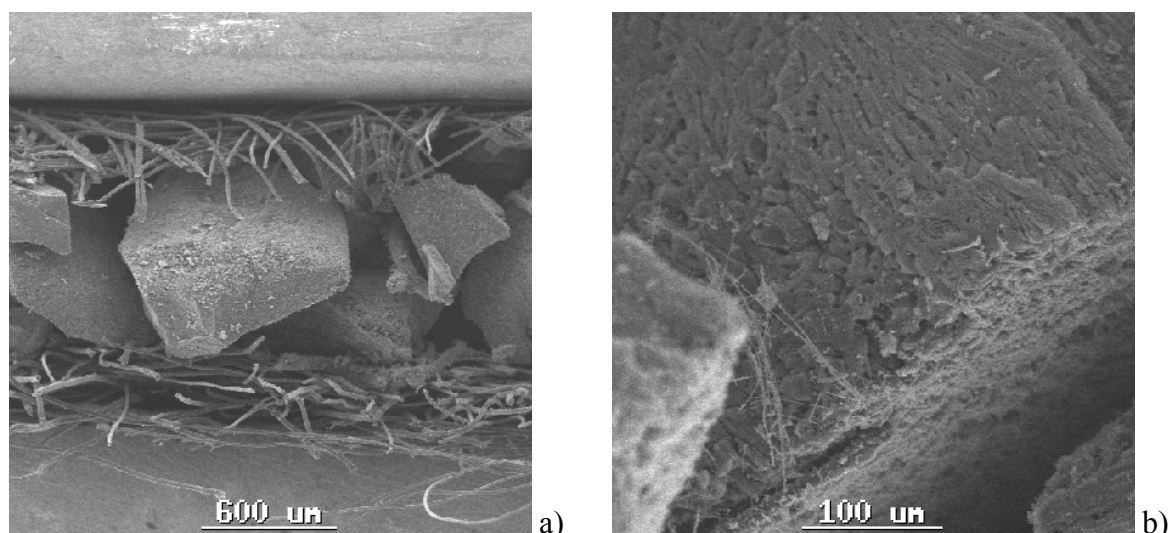
Warstwa węgla aktywnego działa jak gąbka, wiąże gazy w najdrobniejszych porach, w ten sposób usuwa nieprzyjemne zapachy.

Węgiel aktywny (aktywowany) to substancja składająca się z węgla pierwiastkowego w formie bezpostaciowej (sadza) i częściowo w postaci drobnokrystalicznego grafitu. Charakteryzuje się bardzo dużą powierzchnią w przeliczeniu na jednostkę masy ($500 - 2500\text{m}^2/\text{g}$). Tak duża powierzchnia właściwa jest wynikiem istnienia wewnętrznej struktury porowatej odziedziczonej w dużym stopniu po materiale wyjściowym, a rozwiniętej w procesie wygrzewania w wysokiej temperaturze, przy ograniczonym dostępie powietrza (proces aktywacji węgla). W wyniku tego procesu powstaje struktura wewnętrzna węgla, tworzona przez liczne kanały – pory. W zależności od ich wielkości możemy mówić o makro – ($>50\text{nm}$), mezo- ($2-50\text{nm}$) lub mikroporach (2nm) [2].

Strukturę materiału filtracyjnego z węglem aktywnym przedstawia rysunek 6.

Zdolność do oddzielania różnego typu cząstek w tych materiałach zależy od właściwości strukturalnych i filtracyjnych poszczególnych warstw włóknistych i od właściwości warstwy węgla aktywnego, wielkości ziaren i sposobu jego aktywacji.

Z punktu widzenia pracy filtra kabinowego ważny jest również sposób naniesienia węgla na warstwę włókniny (nośnik). Cząsteczki węgla powinny być rozproszone we włókninie równomiernie i tak, aby były w niej trwale zamocowane (nie wysypywały się z filtra). Z tego względu w materiałach wysokiej jakości zastosowano wysokociśnieniowy natrysk węgla aktywnego [2].



Rys. 6. Wielowarstwowy materiał filtracyjny z węglem aktywnym
 a) przekrój materiału b) struktura węgla aktywnego

Fig. 6. Multilayer filter material with active carbon
 a) cross-section of the material b) structure of the active carbon structure

Z powodu złożoności procesu filtracji w materiałach wielowarstwowych w ogóle, a w szczególności z węglem aktywnym, materiały te zwykle charakteryzuje się poprzez podanie gramatury poszczególnych warstw, grubości materiału i przepuszczalności powietrza nie ma bowiem opracowanych odpowiednich metod do oszacowania skuteczności oczyszczania powietrza przez te materiały [9]. Na przykład materiał , którego strukturę przedstawia rysunek 8 charakteryzuje się następującymi parametrami :

- Grubość (1Kpa-100cm ²)	- 2,3 mm
- Przepuszczalność powietrza ($\Delta p= 200\text{Pa H}_2\text{O}$)	- 1550 dm ³ /m ² s
- Gramatura warstwy stanowiącej przedfiltr	- 50,0 g/m ²
- Gramatura warstwy węglowej	- 430g/m ²
- Gramatura nośnika	- 22g/m ²

4. Podsumowanie

Do budowy filtrów kabinowych powinny być stosowane materiały filtracyjne charakteryzujące się bardzo dobrą skutecznością oczyszczania powietrza doprowadzanego do wnętrza samochodu (powinny zatrzymywać nie tylko cząstki pyłu, brudu, zarodniki i pyłki roślin, ale także różnego rodzaju szkodliwe gazy, dymy, w tym dym papierosowy, bakterie, wirusy itp.), wysoką przepuszczalnością, odpornością na temperatury rzędu: -40, +85°C i wilgotność względną 100%, dużą żywotnością (25 000km), nie generować do środowiska pleśni, grzybów, bakterii itp.

Standardem do budowy filtrów kabinowych stały się włókniny i mikrowłókniny pneumatyczne i wzrasta zainteresowanie włókninami z włókien naładowanych elektrycznie i materiałami wielowarstwowymi z warstwą węgla aktywnego.

Dla właściwej klasyfikacji i prawidłowej konstrukcji filtra kabinowego z przegrodą zbudowaną z materiału wielowarstwowego koniecznym jest opracowanie odpowiednich modeli i metod oceny skuteczności oczyszczania powietrza przez tego typu materiały

Literatura

- [1] Baczewski, K., Hebda, M., *Filtracja płynów eksploatacyjnych*, Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majałtku Trwałego, Radom 1991/92

- [2] Binzer, J. C., *Filter Media with Activated Carbon*, Materiały firmy J.C. Binzer- Germany.
- [3] Binzer, J.C. :*AFM-Adsorptive Filterwerkstoffe* – Materiały firmy J.C.Binzer.
- [4] Buntin, R.R.: Lohkomp D.T., *TAPPI*, 1973,5(4)74.
- [5] Fołtynowicz, Z., Jakubiak, P., *Poli(kwasmlękowy)-biodegradowalny polimer otrzymany z surowców roślinnych*, *Polimery*, 2002,11-12,796.
- [6] Goodisch, T., *Air Quality*, Lewis Publishers, Inc, Chelsea, Michigan, 1991.
- [7] Hee Ju Yoo, *Pp(Homo) Resins for SB&MB Applications*, III TANDEC Conference, University of Tennessee-Knoxville, USA 1993.
- [8] Jaroszczyk, T., Wake, J., Fallon, Stephen L., Connor, Michael J., *Development of Motor Vehicle Ventilation System Particulate Air Filters*, SAE Technical Paper 962241.
- [9] Lathrache, R., *Car interior air supply filters- Development and Field Evaluation*, Materiały firmy Carl Frundberg – Germany.
- [10] Matsui, M., *Biodegradable fibres made of poly-lactic acid*, Chemical Fibres International, 1996,46,318.
- [11] Rubow, K. L., Liu, B. Y. H., Hu, J., *Method and Apparatus for testing Automotive Cabin Filters*, Proceedings of 6th World Filtration Congress, Nagoya, pp.799-803,1993.
- [12] Snorada, R., *Spunbonded and Melt Blown Nonwovens: The Basic*, Nonwovens Industry, 1996,10,48.
- [13] Ward, G., *Nanofibres: media at the nanoscale*, Filtration and Separation, September
- [14] 2005.
- [15] Wcisło, P., Nowicka, Cz., *Zastosowanie polimerów termoplastycznych w technice pneumatycznej*, *Przegląd włókienniczy*, 2000,2,9.
- [16] Wentz, Van A., *Superfine thermoplastic fibres*, *IND. and Chem.*, 1956,8,1342.
- [17] Van de Velde, K., Kickens, P., *Biopolimers overview of several properties and consequences on they applications*, *Polymer Testing*, 2002,21(4),433-442.
- [18] www.technica.net/NF/NF3/Biodegradable.htm.

