

Wzorce do badania penetracji materiałów filtracyjnych

mgr KRZYSZTOF MAKOWSKI
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule przedstawiono opracowane wzorce filtracji służące do oceny powtarzalności wskazań aparatury pomiarowej stosowanej do wyznaczania penetracji aerozoli testowych przez materiały filtracyjne stosowane w sprzęcie ochrony układu oddechowego. Wzorce mogą być stosowane do oceny rezultatów z użyciem zarówno aerozolu chlorku sodu, jak i mgły oleju parafinowego.

Standard filters for penetration tests of filtering materials

This article presents developed standard filters that can be used for assessing the repeatability of tests stands for performing penetration tests of standard aerosols through filtering materials which are used in the manufacture of respiratory protective devices. Standard filters can be used for estimating test results obtained with the use of both sodium chloride and paraffin oil mist.

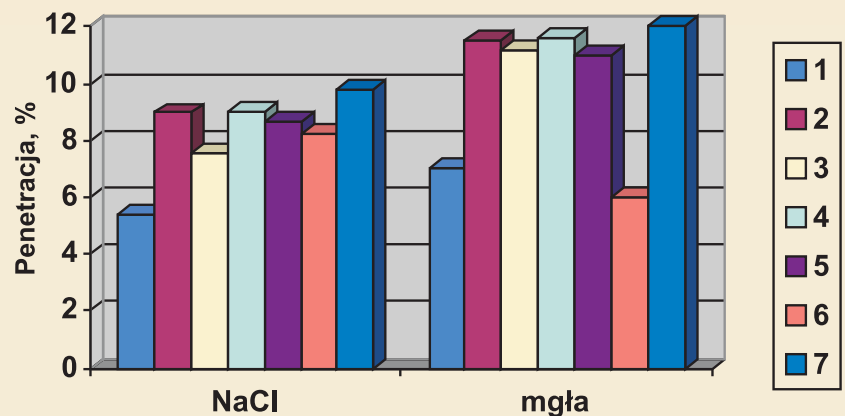
Wstęp

Postęp techniki, rozwój oraz zmiany w zakresie warunków i stanowisk pracy, a także rosnące wymagania użytkowników wymuszają stały rozwój techniczny środków ochrony indywidualnej i metod ich badań. Postęp ten sprawia również, że pojawiają się nowe zagrożenia, w odniesieniu do których brak jest ustalonych metod badań środków ochrony indywidualnej odpowiednich do wymaganego poziomu ochrony. Konieczne staje się zatem prowadzenie prac zmierzających do doskonalenia potencjału badawczego ośrodków zajmujących się badaniami, certyfikacją i opracowywaniem nowych rozwiązań środków ochrony indywidualnej, a równolegle, także wzorców lub obiektów badań zapewniających powtarzalność i odzwierciedlanie wyników oraz ocenę poprawności działania aparatury badawczej, którą te ośrodki stosują do badań.

Jednym z podstawowych badań decydujących o klasyfikacji filtrującego sprzętu ochrony układu oddechowego jest skuteczność filtracji wyznaczana za pomocą aerozoli testowych. Ważne jest zatem, aby otrzymywane wyniki badań penetracji były w pełni powtarzalne tak, aby uniknąć nieprawidłowej oceny i zaklasyfikowania sprzętu do nieprawidłowej klasy ochrony.

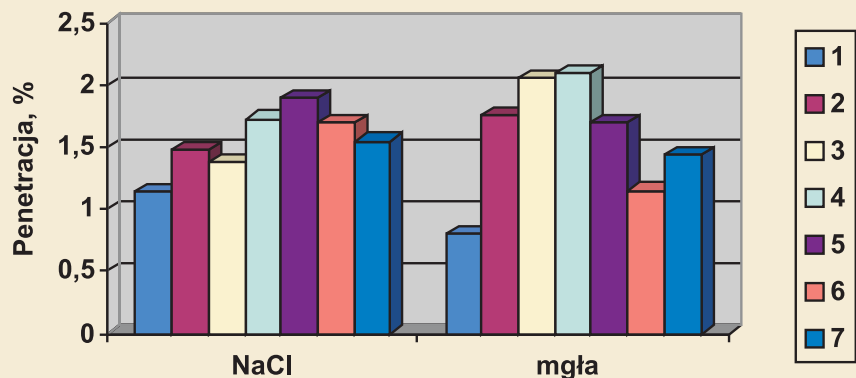
Badania międzylaboratoryjne

Dobra praktyka laboratoryjna przewiduje prowadzenie i uczestniczenie laboratoriów badawczych w badaniach międzylaboratoryjnych służących stwierdzeniu poprawności wykonywania badań, walidacji nowych metod badawczych oraz doskonaleniu umiejętności personelu badawczego.



Rys. 1. Wyniki badań międzylaboratoryjnych penetracji aerozoli NaCl i mgły oleju parafinowego uzyskane w 7 akredytowanych laboratoriach UE – materiał filtracyjny nr 1.

Fig. 1. Results of Round Robin Tests of sodium chloride aerosol penetration and paraffin oil mist penetration obtained from 7 accredited EU laboratories – filtering material No. 1.

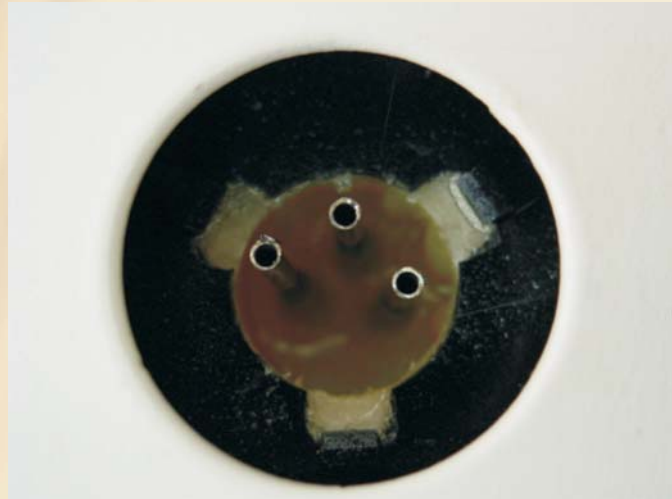


Rys. 2. Wyniki badań międzylaboratoryjnych penetracji aerozoli NaCl i mgły oleju parafinowego uzyskane w 7 akredytowanych laboratoriach UE – materiał filtracyjny nr 2.

Fig. 2. Results of Round Robin Tests of sodium chloride aerosol penetration and paraffin oil mist penetration obtained from 7 accredited EU laboratories – filtering material No. 2.



Rys. 3. Budowa wewnętrzna filtra wykonanego z plisowanej włókniny szklanej
Fig. 3. Internal construction of a filter made of glass fibre



Rys. 4. Sposób montażu stalowych rurek w filtrach
Fig. 4. Installation of steel tubes inside the filters

W Unii Europejskiej były prowadzone tego typu badania w odniesieniu do skuteczności elementów filtrujących sprzętu ochrony układu oddechowego. Jednakże, pomimo wieloletniej praktyki laboratoryjnej i metod badań dosyć szczegółowo opisanych w normach oraz stosowania w większości przypadków aparatury badawczej tego samego producenta, obserwuje się znaczne rozbieżności w uzyskiwanych wynikach pomiarów penetracji. Ilustrują to rys. 1. i 2. przedstawiające wyniki badań porównawczych penetracji mgły oleju parafinowego i aerozoli chlorku sodu uzyskane w 7 akredytowanych laboratoriach jednostek notyfikowanych UE.

Z dotychczas prowadzonych prac w CIOP-PIB [1, 2] i danych literaturowych [3, 4, 5] wynika, że przyczyną obserwowanych rozbieżności może być duża liczba wpływających na wyniki badań parametrów, których utrzymanie na stabilnym poziomie (określonym w normie) jest często trudne do uzyskania. Rozbieżności mogą być również związane z czynnikiem ludzkim.

Dlatego niezwykle istotne było opracowanie wzorca do badania penetracji materiałów filtracyjnych umożliwiającego weryfikację powtarzalności wskazań aparatury.

Założenia i materiały do badań

Do najważniejszych parametrów decydujących o wyniku pomiaru penetracji aerozoli testowych należą:

- rozkład wymiarowy generowanego aerozolu
- natężenie przepływu przez atomizer
- ciśnienie powietrza w atomizerze
- średnice dysz atomizera
- czas badania – w przypadku badania wielokrotnego

- natężenie przepływu powietrza osuszającego
- ładunek elektrostatyczny cząstek aerozolu
- stężenie aerozolu
- natężenie przepływu aerozolu przez badaną próbkę
- szczelność zamontowania próbek.

Wpływ tych parametrów na wynik badań został uwzględniony przy projektowaniu wzorca służącego do oceny powtarzalności wskazań aparatury pomiarowej do wyznaczania penetracji aerozoli.

Uwzględniając metodykę badań penetracji aerozoli chlorku sodu i mgły oleju parafinowego przez elementy filtrujące, opisaną w normie PN-EN 143:2004 [6] oraz wpływ wymienionych wyżej parametrów na wynik badania, przeanalizowano szereg materiałów filtracyjnych pod kątem możliwości ich wykorzystania do konstrukcji wzorca. Zbadano i przeanalizowano materiały wykonane między innymi z pianek poliuretanowych i bulprenowych, włóknin igłowanych, włóknin pneumatycznych oraz szklanych.

Ostatecznie wybrano włókniny szklane, jako umożliwiające wytworzenie wzorców charakteryzujących się stałą penetracją w czasie, zachowaniem parametrów filtracji po kondycjonowaniu termicznym i przechowywaniu oraz małym wpływem ładunków elektrostatycznych na ich skuteczność filtracji.

Konstrukcja wzorcowego elementu filtrującego

Do budowy wzorców wykorzystano wysoko skuteczne filtry o konstrukcji umożliwiającej zatopienie rurek ze stali kwasoodpornej w przestrzeni wolnej od materiału filtracyjnego (rys. 3. i 4.). Zatopienie różnej liczby rurek o zróżnicowanych średnicach

i długościach okazało się najlepszym sposobem uzyskania stałej – zadanej wartości penetracji.

W celu weryfikacji wzorców w odniesieniu do przyjętych założeń konstrukcyjnych, stosując opracowaną technologię zatopienia stalowych rurek w filtrach z włókniny szklanej o skuteczności filtracji na poziomie 99,99%, wykonano serie prototypów z zastosowaniem 6 typów rurek stalowych o różnych średnicach i długościach.

Każdy wariant został ponadto wykonany w wersji z 1, 2, 3, 4 i 5 rurekami. Przed montażem rurek wszystkie filtry poddano badaniom penetracji wobec obu aerozoli testowych oraz wyznaczono opory przepływu.

Wykonane wzorce charakteryzują się oporem przepływu na poziomie wartości porównywalnej z elementami filtrującymi powszechnie stosowanymi w sprzęcie ochrony układu oddechowego – zgodnie z wymaganiami PN-EN 143:2004 [6]. Dzięki wykorzystaniu standardowego łącznika z gwintem okrągłym Rd 40x1/7" (rys. 5. – str. 14.), zgodnego z wymaganiami PN-EN 148-1 [7], istnieje możliwość pewnego i gwarantującego szczelność montażu wzorca w standardowym uchwycie do badania próbek, zgodnym z normami serii EN. Umożliwi to prowadzenie badań w wielu laboratoriach bez konieczności projektowania dodatkowych uchwytów.

Wyniki badań

Dla opracowanych wzorców do oceny powtarzalności wskazań aparatury do wyznaczania penetracji aerozoli przez elementy filtrujące, wykonano serię badań potwierdzających zgodność z przyjętymi założeniami i prawidłowe funkcjonowanie tych wzorców.



Rys. 5. Łącznik elementu filtrującego
Fig. 5. A filter connector

• Odporność termiczna i mechaniczna

Badania odporności termicznej i mechanicznej miały na celu sprawdzenie odporności wzorca na warunki przechowywania i transportu. W tym celu wykonano badania odporności termicznej polegające na przechowywaniu filtrów w temperaturze +70 i -30 °C, oraz badania wytrzymałości mechanicznej polegające na utrząsaniu filtrów z zastosowaniem wytrząsarki zgodnie z metodą opisaną w PN-EN 143:2004 [6].

Przed i po przeprowadzeniu tych cykli kondycjonowania wzorców sprawdzono penetrację aerozolem NaCl i mgłą oleju parafinowego zgodnie z PN-EN 143:2004 [6]. Różnice w uzyskiwanych rezultatach mieściły się w granicach błędów pomiaru, co świadczy o tym, że opracowane modele elementów filtrujących są odporne na zmiany temperatury i transport.

• Zmiana penetracji w czasie

Dla wybranych wzorców przeprowadzono badania zmiany penetracji w czasie. Badania te zostały przeprowadzone w odniesieniu do kilku różnych średnic zastosowanych rurek oraz przy różnej ich liczbie i długości.

We wszystkich przypadkach uzyskano rezultaty potwierdzające pełną stabilność w czasie 2-godzinnych badań penetracji. Oznacza to, że zaprojektowane elementy mogą być wielokrotnie badane bez zmiany skuteczności filtracji wobec aerozoli testowych.

• Konstrukcja i projektowanie zadanych wartości penetracji wzorców

W badanych zakresach średnic, długości i liczby zamontowanych rurek w prototypach wzorców, we wszystkich przypadkach zaobserwowano liniowe zależności penetracji od liczby zamontowanych rurek i ich długości. Uzyskane wyniki umożliwiają zatem dokładne wyliczenie wymaganej penetracji

w odniesieniu do poszczególnych zakresów pomiarowych i wykonanie odpowiedniego wzorcowego elementu filtrującego.

W otrzymanych równaniach prostych typu $y = ax + b$, gdzie y – penetracja, x – liczba rurek, współczynnik b związany jest z pierwotną (przed montażem rurek) penetracją filtrów, a współczynnik a jest związany z polem powierzchni przekroju poprzecznego i długością zastosowanych rurek

• Wpływ ładunku elektrostatycznego

Z wcześniej prowadzonych prac [9, 4, 1] wynika, że wypadkowy ładunek elektrostatyczny aerozolu testowego mgły oleju parafinowego jest zbliżony do zera, natomiast wypadkowy ładunek aerozolu NaCl jest dodatni. Dlatego w ramach weryfikacji parametrów wzorcowego elementu filtracyjnego wykonano badania wpływu ładunku aerozolu na wynik penetracji aerozolem NaCl.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że przed i po neutralizacji aerozolu wyniki pomiarów penetracji przez wzorce mieszczą się w granicach błędów pomiaru. Można zatem przyjąć, zgodnie z wcześniejszym założeniem, że powstający w rozpatrywanym układzie doświadczalnym ładunek elektrostatyczny aerozolu nie ma wpływu na wyniki pomiaru z użyciem modelowych elementów filtracyjnych.

• Rozkład wymiarowy

Wyniki przeprowadzonych badań jednoznacznie wskazują, że dzięki zastosowaniu rurek umożliwiających swobodny przepływ części aerozolu, rozkład wymiarowy aerozoli chlorku sodu i mgły oleju parafinowego za i przed filtrem jest analogiczny.

Wnioski

W wyniku prowadzonych prac został opracowany wzorec służący do oceny powtarzalności wskazań aparatury do wyznaczenia penetracji aerozoli chlorku sodu i mgły oleju parafinowego oraz zweryfikowane zostały jego podstawowe parametry pracy. Rezultaty przeprowadzonych badań pozwalają na stwierdzenie, że parametry opracowanego modelu elementu wzorcowego w pełni odpowiadają przyjętym założeniom i charakteryzują się:

- stałą wartością penetracji aerozoli testowych w czasie
- odpornością termiczną w zakresie od -30 do +70 °C i mechaniczną

- brakiem widocznego wpływu ładunku elektrostatycznego aerozolu na skuteczność filtracji elementu w badanym zakresie

- oporami przepływu na poziomie powszechnie stosowanego sprzętu ochrony układu oddechowego

- możliwością wykonania serii identycznych elementów

- możliwością uniwersalnego i szczelnego montażu w uchwycie

- możliwością konstrukcji filtru o dowolnej skuteczności i dowolnego zakresu pomiarowego

- niezmiennością rozkładu wymiarowego przechodzącego aerozolu.

Można zatem stwierdzić, że zaprojektowane i wykonane wzorce umożliwiają ocenę badań powtarzalności wskazań stanowisk pomiarowych służących do wyznaczenia penetracji aerozoli NaCl i mgły oleju parafinowego oraz prowadzenie międzylaboratoryjnych badań porównawczych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] K. Makowski *Badanie zjawisk zachodzących w trakcie przepływu agresywnych aerozoli przez materiał filtracyjny przeznaczony do ochrony układu oddechowego*, Grant 3T09C 001 10, CIOP, 30.06.1997 r.
- [2] K. Makowski, S. Zakrzewski *Ochrona układu oddechowego przed aerozolami – filtry i ich skuteczność*, „Bezpieczeństwo Pracy”, nr 3(284)1995
- [3] D.C. Walsh and J.I.T. Stenhouse – *Parameters Affecting the Loading Behavior and Degradation of Electrically Active filter materials*, „Aerosol Science and Technology” 29:419-432, 1998
- [4] D.C. Walsh and J.I.T. Stenhouse *The effect of particle size, charge, and composition on the loading characteristics of an electrically active fibrous filter material*, „J.Aerosol Sci.” Vol. 2, pp. 307-321, 1997
- [5] R.C. Brown *Air filtration, An Integrated Approach to the Theory and Applications of Fibrous Filters*, Pergamon Press 1993
- [6] PN-EN 143:2004 *Sprzęt ochrony układu oddechowego. Filtry. Wymagania, badanie, znakowanie*
- [7] PN-EN 148-1:2002 *Sprzęt ochrony układu oddechowego. Gwinty do części twarowych. Część 1: Łącznik z gwintem okrągłym*
- [8] PN-EN 149:2004 *Sprzęt ochrony układu oddechowego. Półmaski filtrujące do ochrony przed cząstkami. Wymagania, badanie, znakowanie*
- [9] K. Makowski *The effect of selected aerosols on the electrostatic filtering materials for respiratory protective devices*, „Journal of the International Society for Respiratory Protection” – Conference Book, 11th International Conference, October 2002, Edinburgh

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadania zrealizowanego w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej w latach 2005-2007. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy