

Tomasz JANKOWSKI

e-mail: tojan@ciop.pl

Pracownia Aerologii, Filtracji i Wentylacji, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Badania filtracji pyłów i aerozoli cieczy w kontekście analizy zagrożeń związanych z ich emisją w procesach przemysłowych

Wstęp

Zanieczyszczenia powietrza na przemysłowych stanowiskach pracy w postaci aerozoli z ciekłą (mgła olejów mineralnych) i stałą (pyły) fazą rozproszoną to uboczne efekty procesów z użyciem chłodziw olejowych. W warunkach rzeczywistych prowadzenia procesów przemysłowych, w szczególności z użyciem chłodziw olejowych, nadrzędnym celem jest zapewnienie użytkownikom pomieszczeń pracy ochrony przed ryzykiem związanym z jednoczesnym narażeniem na cząstki pyłów i aerozoli cieczy.

Liczne badania naukowe prowadzone na świecie, jak i w Polsce skupiały się przede wszystkim na mechanizmach filtracji pyłów [1, 2]. Aktualnie jest prowadzonych szereg badań w zakresie szkodliwego działania cząstek aerozoli cieczy na człowieka [3, 4]. Z dostępnych informacji wynika, że mechanizm filtracji aerozoli z ciekłą fazą rozproszoną jest odmienny w porównaniu z mechanizmem filtracji pyłów. Stąd istotne jest prowadzenie badań nad poznaniem zależności i zjawisk zachodzących podczas jednoczesnej emisji i zatrzymywania cząstek aerozoli z ciekłą i stałą fazą rozproszoną.

Do ochrony przed ryzykiem związanym z narażeniem na cząstki pyłów i aerozoli cieczy są stosowane różne układy oczyszczające, których podstawowym elementem konstrukcyjnym są włókniny filtracyjne. Włókniny filtracyjne charakteryzują się rozbudowaną strukturą przestrzenną, dzięki czemu cząstki pyłów i aerozoli cieczy mogą deponować się wewnątrz struktury na pojedynczych włóknach.

W pracy przedstawiono metody badawcze i wyniki badania procesu filtracji pyłu i aerozolu cieczy w układach filtracji, które znajdują zastosowanie w systemach wychwytywania, oczyszczania i separacji podczas obróbki mechanicznej z zastosowaniem chłodziw olejowych.

Metody badań

W CIOP-PIB są prowadzone badania procesu filtracji pod kątem ochrony pracowników przed szkodliwymi cząstkami pyłów i aerozoli cieczy przez zastosowanie układów filtracji. Metoda badawcza polega na badaniu sprawności filtracji przez układy filtracji złożone z włókien wytworzonych z włókien syntetycznych o różnej morfologii. Badania są wykonywane testem pyłu atmosferycznego i aerozolu estru bis

(2-etyloheksylu) kwasu sebacynowego (DEHS) z zastosowaniem systemu analizy wymiarowej cząstek *SMPS Model 3936 (TSI Inc, USA)*, składającego się z analizatora ruchliwości elektrycznej cząstek (*LDMA, Model 3080L*) i kondensacyjnego licznika cząstek (*CPC, Model 3022A*). Widok stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1.

Sprawność filtracji w funkcji wymiarów cząstek dla każdego badanego układu filtracji jest określana na podstawie pomiaru stężenia liczbowego cząstek aerozolu cieczy i pyłu atmosferycznego przed i za badaną próbką warstwy filtrującej. Badania są prowadzone podczas generowania aerozolu cieczy z użyciem generatorów atomizacyjnych m.in. *AGF 2.0 iP (Palas, Niemcy)* i pyłu atmosferycznego pobieranego z czepni znajdującej się na zewnątrz laboratorium.

Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono dla przykładowego układu filtracji złożonego z włókniny *melt-blown* o parametrach strukturalnych opisanych w tab. 1.

Tab. 1. Charakterystyka strukturalna włókniny *melt-blown*.

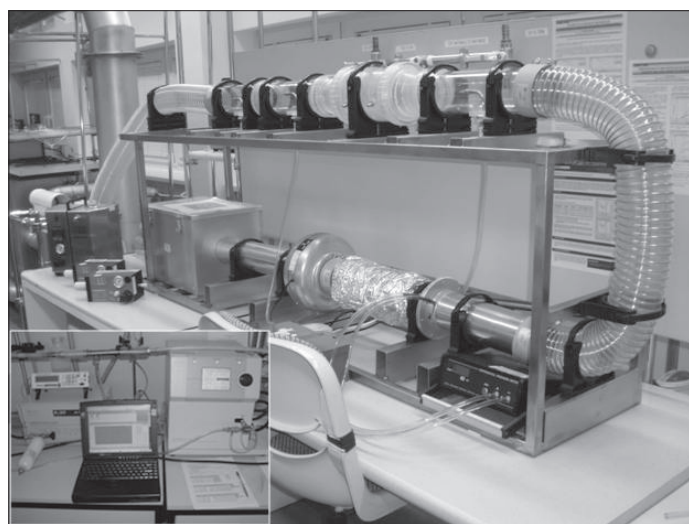
Grubość układu	Średnia średnica włókien	Porowatość	Przeciętna wartość rozmiarów głównej frakcji porów
[mm]	[μm]	[%]	[μm]
2,86	2,94	96,45	5,38

Wytwarzanie włókniny metodą *melt-blown* polegało na rodmuchiwaniu roztopionego polimeru na elementarne włókna o zróżnicowanej grubości i długości. Włóknina wytworzona metodą *melt-blown* charakteryzuje się zwartą budową strukturalną, zapewniającą jej większą pierwotną gęstość upakowania.

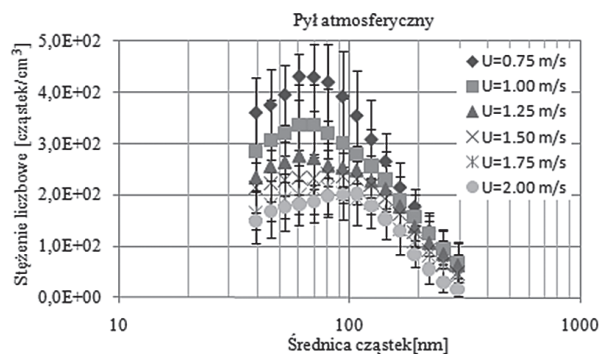
Na rys. 2 i 3 przedstawiono rozkłady wielkości cząstek pyłu atmosferycznego i aerozolu cieczy DEHS w zależności od zadanej prędkości przepływu powietrza przez badany układ filtracji.

Stężenia liczbowe mają charakter nominalny, gdyż przy zwiększaniu prędkości przepływu powietrza następuje naturalne rozcieńczenie układu. Oznacza to, że przy większych wartościach strumienia objętości powietrza rzeczywiste stężenie cząstek napływających na układ filtracji jest proporcjonalnie mniejsze.

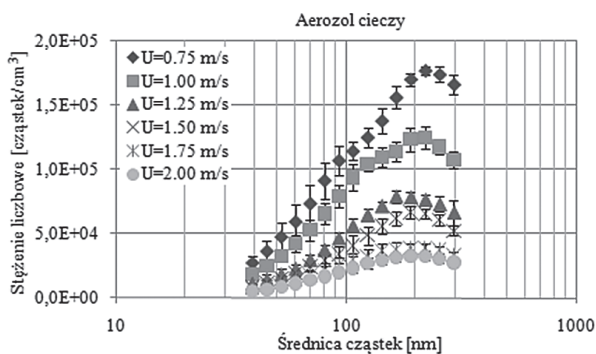
Mikroskopowe obserwacje badanego układu filtracji wytworzonego metodą *melt-blown* umożliwiły zaobserwowanie depozycji cząstek pyłu i aerozolu DEHS na powierzchni włókien polipropylenowych. Cząstki pyłu atmosferycznego deponowały się na włóknach tworząc łańcuchy dendrytów, których rozgałęzienia ulegały łączeniu. Zjawisko depozycji cząstek aerozolu cieczy występowało na powierzchni włókien na skutek



Rys. 1. Stanowisko badawcze



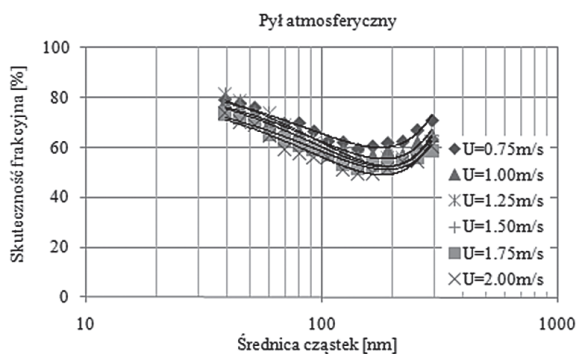
Rys. 2. Rozkłady wielkości cząstek pyłu syntetycznego dla różnych prędkości przepływu powietrza



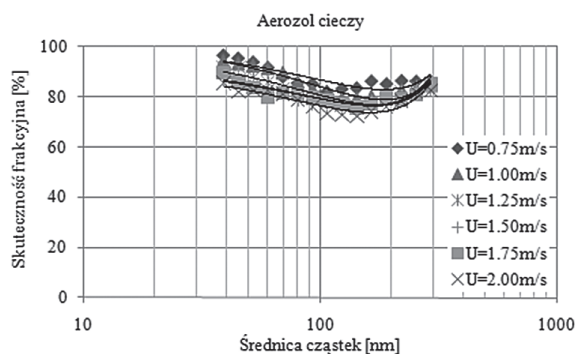
Rys. 3. Rozkłady wielkości cząstek aerozolu cieczy dla różnych prędkości przepływu powietrza

zwilżania ciała stałego przez ciecz oraz w miejscach krzyżowania się włókien lub pomiędzy dwoma włóknami w wyniku efektu kapilarnego.

Zmiany sprawności filtracji w zależności od średnicy cząstek pyłu atmosferycznego i aerozolu cieczy DEHS dla różnych wartości prędkości przepływu powietrza przedstawiono odpowiednio na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Zmiany sprawności filtracji pyłu syntetycznego w funkcji średnicy cząstek

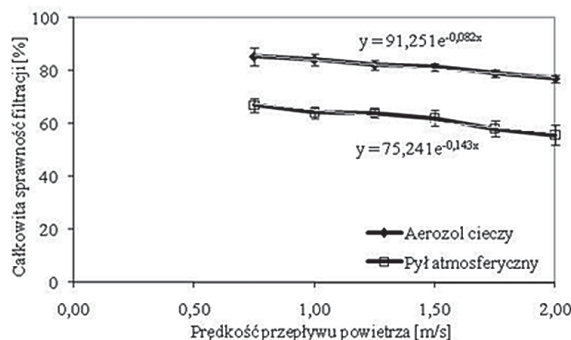


Rys. 5. Zmiany sprawności filtracji aerozolu cieczy w funkcji średnicy cząstek

Wyniki z pomiarów stężenia liczbowego cząstek pyłu atmosferycznego i aerozolu cieczy DEHS wskazują na funkcyjną zależność sprawności filtracji od prędkości przepływu powietrza i średnicy cząstek. Z przedstawionych danych dotyczących relacji pomiędzy zmianami sprawności filtracji a wymiarami cząstek pyłu i aerozolu cieczy wynika, że:

- sprawność filtracji cząstek najbardziej penetrujących (MPPS) maleje niezależnie od rodzaju aerozolu testowego w czasie zwiększania przepływu powietrza przez układ filtracji;
- pył atmosferyczny – spadek sprawności filtracji cząstek MPPS od 59,54 do 49,50%;
- aerozol DEHS - spadek sprawności filtracji cząstek MPPS od 82,14 do 72,22%;

- istnieją różnice między wymiarami cząstek MPPS dla poszczególnych rodzajów aerozoli w ustalonych pozostałych warunkach procesowych;
- zakres wielkości cząstek pyłu atmosferycznego najbardziej penetrujących: 143 ÷ 191 nm,
- zakres wielkości cząstek aerozolu cieczy najbardziej penetrujących: 107 ÷ 143 nm.



Rys. 6. Zmiany całkowitej sprawności filtracji pyłu syntetycznego i aerozolu cieczy w funkcji prędkości przepływu powietrza

Na rys. 6 przedstawiono wyniki badania zmian całkowitej sprawności filtracji pyłu atmosferycznego i aerozolu cieczy DEHS dla różnych warunków przepływu powietrza przez układ filtracji *melt-blown*.

Z tych danych wynika, że wzrost prędkości przepływu powietrza przez układ filtracji powoduje spadek całkowitej sprawności filtracji:

- od 67,04 do 55,70% dla pyłu atmosferycznego,
 - od 85,44 do 77,10% dla aerozolu cieczy DEHS.
- Stwierdzono, że zmiany sprawności filtracji w zmiennych warunkach przepływowych miały charakter funkcji wykładniczej:

$$\eta = be^{-cU} \quad (1)$$

gdzie:

- η – całkowita sprawność filtracji [%],
- U – prędkość przepływu powietrza [m/s],
- b – stały współczynnik,
- c – stały współczynnik.

Wnioski

Wyniki badań potwierdzają prawidłowość zastosowanej metody badawczej w odniesieniu do jednoczesnej filtracji pyłów i aerozoli cieczy w procesach przemysłowych.

W oparciu o przeprowadzone badania możliwe jest określenie zasad oceny sprawności układów filtracji w zakresie ograniczania lub eliminowania ryzyka związanego z jednoczesnym narażeniem na cząstki aerozoli cieczy i ciał stałych.

Może to pozwolić na określenie kierunków wspomagania prognozowania ich zastosowania do zatrzymywania cząstek aerozoli cieczy i ciał stałych, przy zachowaniu najkorzystniejszych warunków filtracji.

LITERATURA

- [1] A. Podgórski, A. Balazy: J. Aerosol Sci. **II**, 1197 (2003).
- [2] A. Lisowski, E. Jankowska, A. Thorpe, R. C. Brown: Powder Technol. **118** (1-2), 149 (2001).
- [3] B. J. Mullins, I. E. Agranovski, R. D. Braddock: J. Aerosol Sci. **II**, 1239 (2004)
- [4] H. Anlauf: Drying Technol. **24**, 1235 (2006).

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadania nr I.B.11 realizowanego w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2011–2013 w zakresie prac badawczo-rozwojowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.