

Tomasz JANKOWSKI

e-mail: tojan@ciop.pl

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

Badania ruchu powietrza i rozkładu stężenia nanocząstek podczas obróbki nanomateriałów

Wstęp

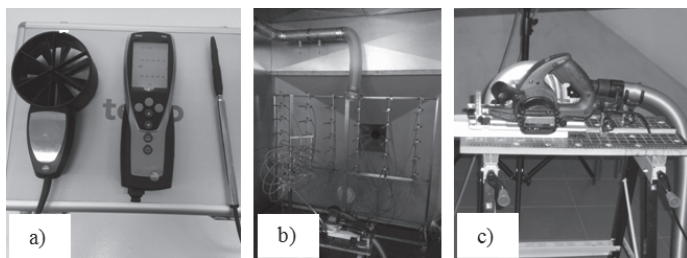
Jednym z aspektów bezpiecznej pracy podczas obróbki nanomateriałów jest zapobieganie występowaniu zagrożenia zanieczyszczeniami pyłowymi w pomieszczeniach [Jankowska, 2011]. Wylimowanie lub ograniczenie narażenia na szkodliwe pyły powstające w procesach produkcyjnych powinno być realizowane poprzez stosowanie efektywnych urządzeń do wychwytywania pyłów bezpośrednio ze źródła ich emisji oraz takiego rozdziału powietrza, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w strefie pracy.

Aktualnie istnieje zapotrzebowanie na rozwój metod i środków ochrony zdrowia przed zagrożeniem emisją nanoobjektów, w szczególności podczas obróbki nanomateriałów. Zmiana podejścia do ochrony przed zagrożeniem na cząstki o wymiarach nanometrycznych powinna być związana z modelowaniem rozdziału powietrza przez wentylację miejscową [Lee i in., 2007]. Szereg badań skupia się przede wszystkim na ocenie szkodliwego działania nanoobjektów na człowieka w procesach obróbki nanomateriałów [IOSH, 2007].

W pracy przedstawiono metody badawcze i wyniki badania ruchu powietrza, emisji zanieczyszczeń powietrza i skuteczności działania wentylacji ogólnej i miejscowej stosowanej w procesach obróbki mechanicznej nanomateriałów.

Metody badań

W CIOP-PIB są prowadzone badania ukierunkowane na modelowanie rozdziału powietrza w odniesieniu do zmniejszenia zagrożenia nanocząstkami. Do przeprowadzenia oceny ruchu powietrza i emisji pyłów w źródle emisji nanocząstek stosowano aparaturę zgodną z metodami znacznikowymi i anemometrii termicznej (Rys. 1).



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego do pomiaru prędkości powietrza (a), stężenia znacznika gazowego (b) i symulowania ruchu powietrza w źródle emisji (c)

W ramach realizacji badań zostało wykonane stanowisko wyposażone w dwa moduły pomiarowe. Pierwszy moduł obejmuje układ przygotowania i kontrolowania charakterystyki przepływowej powietrza w otoczeniu źródeł emisji pyłów. Zmiany prędkości przepływu powietrza są określane w drugim module z użyciem zestawu termoanemometrów *Testo* i *Vivo*. Pomiar masowego stężenia zanieczyszczeń powietrza w zakresie od 0,001 do 100 mg·m⁻³ i znacznika gazowego (heksafluorku siarki – SF₆) w zakresie od 0,006 do 24 mg·m⁻³ wykonuje się z użyciem miernika *DustTrak 8520* (*TSI Inc.*) i analizatora *MIRAN SaphIRe 100E* (*Thermo/Foxboro*).

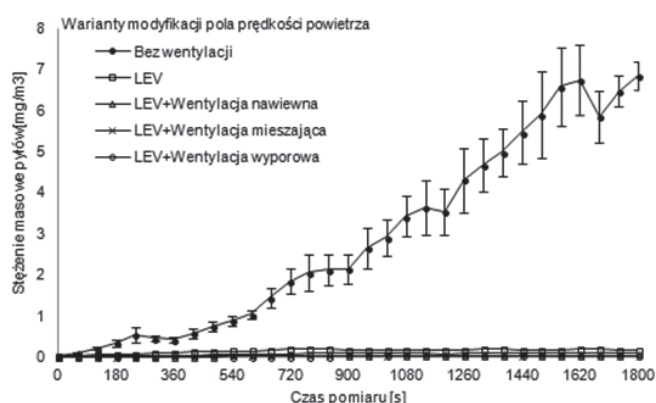
Wyniki badań

W badaniach stosowano następujące źródła emisji nanocząstek:

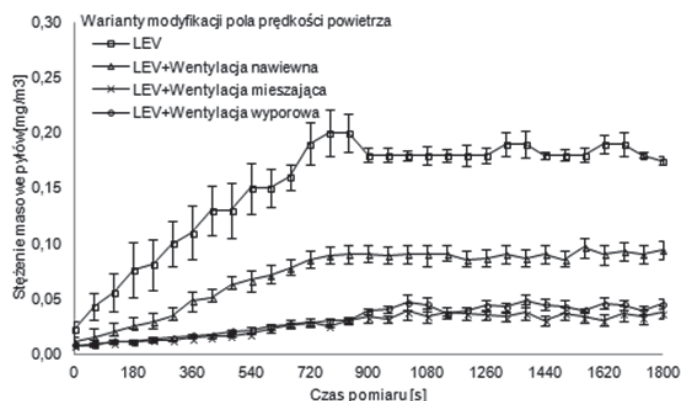
a) punktowe, symulowane za pomocą otwartych rur wytwarzających strumienie o zmiennych charakterystykach aerodynamicznych lub z użyciem spieków rozpraszających (wiercenie),

b) płaszczynowe i objętościowe, które mogą być symulowane przy użyciu układu źródeł punktowych lub rur perforowanych, odpowiednio rozmieszczonych (cięcie i szlifowanie).

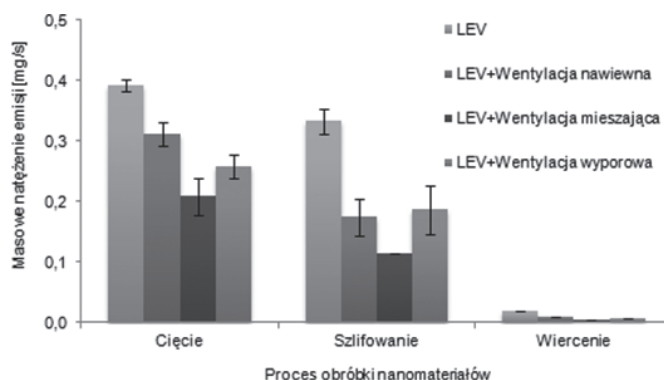
Na rys. 2–4 przedstawiono rozkłady stężenia masowego pyłów oraz masowego natężenia ich emisji z różnych źródeł w zależności od zadanego modelu modyfikującego turbulentne pole prędkości przepływu powietrza.



Rys. 2. Rozkład stężenia pyłów w otoczeniu procesu cięcia nanomateriałów dla modelu przepływowego bez włączonej wentylacji ogólnej i miejscowej



Rys. 3. Rozkład stężenia pyłów w otoczeniu procesu cięcia nanomateriałów dla czterech modeli przepływowych wentylacji ogólnej i miejscowej

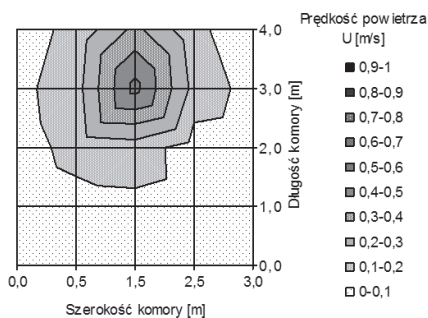


Rys. 4. Zbiornicze zestawienie średnich masowych natężeń emisji zanieczyszczeń z badanych źródeł dla poszczególnych modeli przepływowych wentylacji

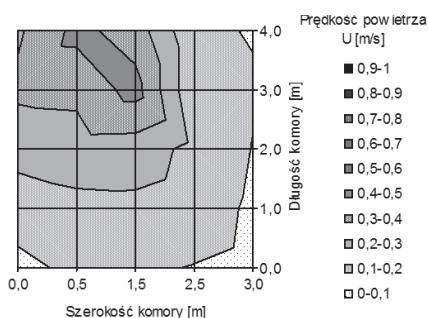
We wszystkich modyfikacjach pola prędkości przepływu powietrza uzyskano zmniejszenie masowego stężenia pyłów podczas obróbki nanomateriałów (Rys. 2). Krzywe ilustrujące zmiany masowego stężenia pyłów w otoczeniu pilarki, szlifierki i wiertarki miały podobny charakter bez względu na zastosowaną modyfikację przepływową w komorze testowej (Rys. 3). Najmniejsze natężenia emisji pyłów stwierdzono podczas współdziałania mieszającej wentylacji ogólnej z miejscową wywiewną (Rys. 4). Podczas obróbki nanomateriałów stanowiło to od 2 do 5-krotnie mniejsze wartości w porównaniu do działania tylko wentylacji miejscowej wywiewnej.

Przykładowe rozkłady prędkości powietrza przy źródle emisji nanocząstek podczas cięcia pilarką tarczową w zależności od modelu przepływowego wentylacji przedstawiono na rys. 5–8.

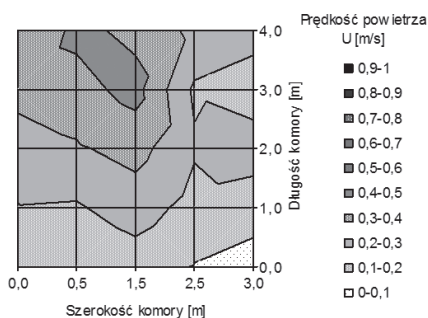
Rys. 5. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu obróbki cięcia nanomateriałów przy włączonej wentylacji miejscowej wywiewnej



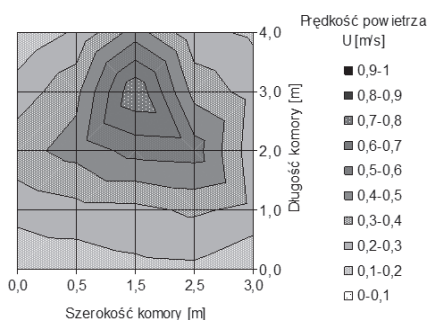
Rys. 6. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu obróbki cięcia nanomateriałów przy włączonej wentylacji miejscowej wywiewnej i ogólnej wentylacji nawiewnej



Rys. 7. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu obróbki cięcia nanomateriałów przy włączonej wentylacji miejscowej wywiewnej i ogólnej wentylacji mieszającej

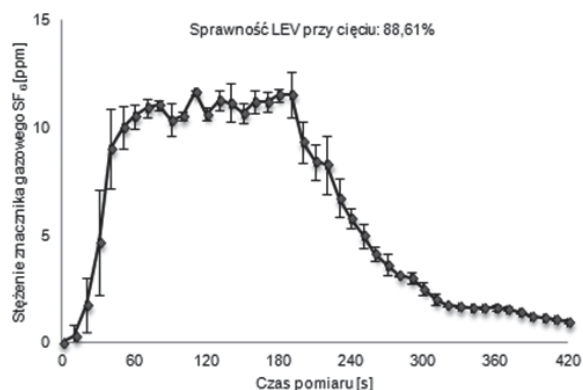


Rys. 8. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu obróbki cięcia nanomateriałów przy włączonej wentylacji miejscowej wywiewnej i ogólnej wentylacji wyporowej

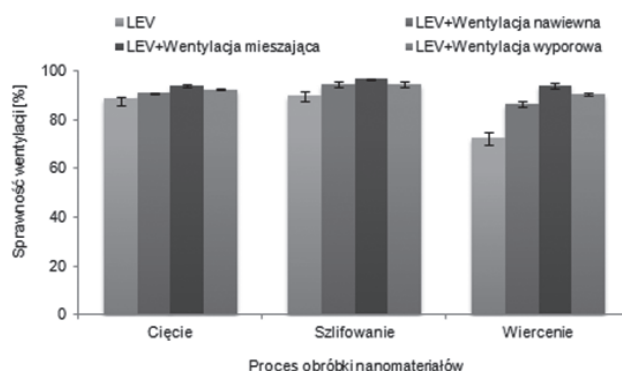


Dla każdego modelowego przepływu powietrza obliczono średnie stężenie SF₆ dla czasu badania od 0 do 420 sekund (Rys. 9), a następnie określano sprawność wychwytu wentylacji (Rys. 10).

Z przeprowadzonych badań ruchu powietrza w otoczeniu źródeł emisji nanocząstek wynika, że na wzrost zagrożenia emisją pyłów wpływa rodzaj maszyny, wymiary materiału skrawającego i prędkość elementów ruchomych. Stwierdzono, że kształtując ruch powietrza współdzia-



Rys. 9. Wykres zależności zmian stężenia znacznika gazowego od czasu pomiaru dla modelu przepływu powietrza w otoczeniu miejscowej wentylacji wywiewnej



Rys. 10. Zbiorcze zestawienie sprawności wychwytu zanieczyszczeń powietrza z badanych źródeł dla poszczególnych modeli przepływowych wentylacji

aniem mieszającej wentylacji ogólnej z miejscową wywiewną można wychwytywać pyły ze sprawnością 96,7%. Najmniej sprawnym wariantem okazało się wychwytywanie zanieczyszczeń z użyciem tylko wentylacji miejscowej wywiewnej (72,5%).

Zastosowanie wentylacji miejscowej wywiewnej spowodowało zróżnicowanie prędkości w pobliżu działania maszyny i odciagu. Ukierunkowany przepływ powietrza ze źródła emisji do odciagu został silnie zmodyfikowany przez współdziałanie z wentylacją ogólną, co spowodowało większe zróżnicowanie prędkości powietrza w szerokim zakresie płaszczyzn pomiarowych w otoczeniu źródła.

Wnioski

Prędkość powietrza w otoczeniu źródła emisji oraz intensywność turbulencji strumienia odprowadzanego ze strefy emisji ma wpływ na parametry związane z natężeniem emisji pyłów i sprawnością działania ogólnej i miejscowej wentylacji w pomieszczeniu.

Przedstawione metody badawcze i wyniki badania mogą umożliwić wspomaganie projektowania i sprawdzanie skuteczności działania wentylacji w sposób zapewniający efektywną ochronę pracowników przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń powietrza emitowanych ze źródeł obróbki nanomateriałów.

LITERATURA

- Jankowska E., 2011. Nanoobiekty w środowisku pracy. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, nr 4(70), 7-20
- Lee, M., McClellan, W., Candela, J., 2007. Reduction of nanoparticle exposure to welding aerosols by modification of the ventilation system in a workplace. *J. Nanopart. Res.*, 9, 127–136. DOI: 10. 1007/978-1-4020-5859-2_13
- IOSH, 2007. *Capture efficiency of ventilation system for nanoparticles*. Institute of Occupational Safety and Health of the Council of Labor Affairs (IOSH of CLA), Taipei City, Taiwan

Praca przygotowana na podstawie wyników projektu nr II.P.03 realizowanego w ramach III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowywanego w latach 2014–2016 w zakresie prac badawczo-rozwojowych przez MNiSW. Główny koordynator: CIOP-PIB.