

DOROTA KONDEJ

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

TOMASZ R. SOSNOWSKI

Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej, Warszawa

Wpływ pyłów emitowanych przy obróbce metali na aktywność powierzchniową surfaktantu płucnego

Wprowadzenie

Metale i ich związki stanowią znaczącą grupę czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy w Polsce. Według danych GUS przy produkcji wyrobów z metali w 2007 r. zatrudnionych było ponad 290 tys. osób [1]. W warunkach przemysłowych pracownicy narażeni są przede wszystkim na metale i ich związki występujące w postaci pyłów emitowanych np. podczas obróbki mechanicznej elementów ze stopów metali lub dymów powstających np. podczas spawania [2]. W wyniku przewlekłego narażenia inhalacyjnego na pyły zawierające metale i ich związki u pracowników może nastąpić zaburzenie funkcji układu oddechowego [3, 4]. Zmiany w układzie oddechowym występujące na skutek ekspozycji zawodowej na pyły zależą zarówno od rodzaju czynnika chemicznego, jak również od stopnia rozdrobnienia i budowy cząstek zawieszonych w powietrzu stanowisk pracy [5].

Istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania układu oddechowego ma układ surfaktantu płucnego [6, 7], stanowiący pierwszą barierę, która oddziela wdychane powietrze od tkanki przegrody międzypęcherzykowej zawierającej kapilary krwionośne. Substancje powierzchniowo czynne obecne w surfaktancie płucnym, adsorbując się na powierzchni międzyfazowej ciecz/gaz wyściółki pęcherzykowej, znacząco obniżają napięcie powierzchniowe w układzie. Charakterystyczne jest występowanie histerezy napięcia powierzchniowego w cyklu ekspansja-kompresja (wdech-wydech) [8], przy czym potwierdzono zależność prawidłowego przebiegu procesów fizjologicznych (m.in. mechanika oddychania, wymiana gazowa, procesy obronne) od jej wielkości [9, 10]. Wpływ czynników zewnętrznych, np. pyłów wdychanych przez pracowników na stanowiskach pracy, na zdrowie może więc wiązać się ze spadkiem aktywności surfaktantu płucnego, manifestującym się m.in. częściowym zanikiem histerezy [11–13]. W pracy omówiono wyniki badań oddziaływania wybranych pyłów na dynamiczne napięcie powierzchniowe modelowego surfaktantu płucnego.

Materiały i metody

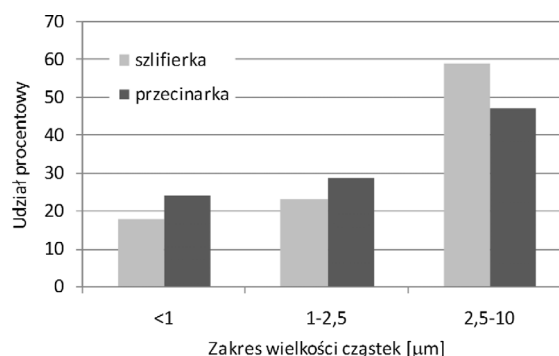
Badaniami objęto pyły emitowane w wyniku obróbki mechanicznej wyrobów metalowych. Zostały one pobrane na rzeczywistych stanowiskach pracy, a ich separację na frakcje wymiarowe przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych przy zastosowaniu fluidalnego generatora aerozolu oraz impektora kaskadowego PCIS (SKC Inc.) [14]. Ocenę aktywności powierzchniowej modelowego surfaktantu płucnego po kontakcie z cząstkami pyłów prowadzono metodą tensjome-

trii dynamicznej w warunkach symulujących oscylacje pęcherzyka płucnego podczas oddychania (tensjometr pęcherzykowy PBS, *Electronetics Corp.*). Jako surfaktant płucny zastosowano rekonstruowany surfaktant cielęcy zawarty w preparacie SURVANTA (*Abbott*, Francja). Preparat rozcieńczano do stężenia 1,25 mg fosfolipidów/ml za pomocą roztworu soli fizjologicznej, zawierającego znaną masę cząstek pyłu. Badania polegały na wyznaczeniu zmian napięcia powierzchniowego podczas dynamicznych oscylacji (15 min^{-1}) pęcherzyka powietrznego wytworzonego w roztworze modelowego surfaktantu w temperaturze 37°C . Wyniki podlegającym dalszej analizie była znormalizowana wartość pola pętli histerezy, HA_n . Odniesienie wartości HA_n z pomiarów przeprowadzonych z użyciem mieszanin surfaktantu i badanych pyłów do wartości kontrolnej (dla roztworu czystego surfaktantu) jest ilościową miarą wpływu pyłów na dynamiczne własności powierzchniowe surfaktantu.

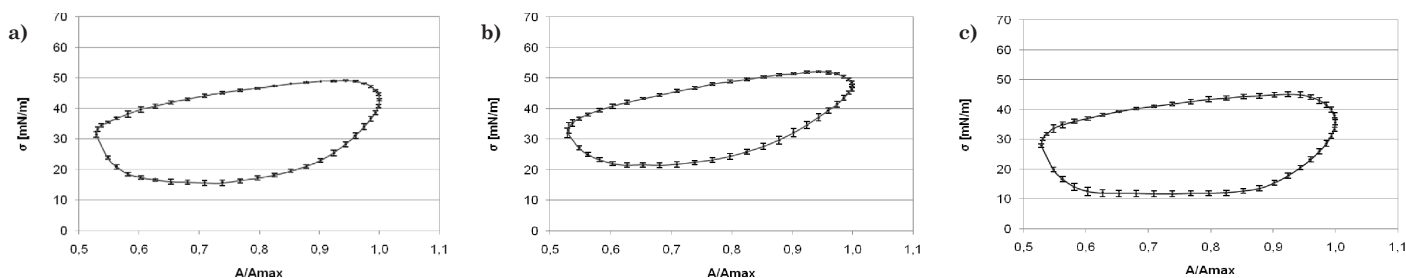
Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono porównanie rozkładów granulometrycznych pyłów emitowanych z dwóch maszyn: szlifierki tarczowej oraz przecinarki tarczowej, uzyskanych przez analizę stężeń masowych frakcji pyłów zdeponowanych w impektorze PCIS. Z porównania wynika, że pył emitowany z przecinarki zawiera więcej cząstek mniejszych od $2,5 \mu\text{m}$, a więc takich, które łatwiej penetrują do głębokich obszarów płuc i mogą oddziaływać na surfaktant. Oba pyły różnią się również morfologią cząstek oraz zawartością poszczególnych pierwiastków metalicznych [14].

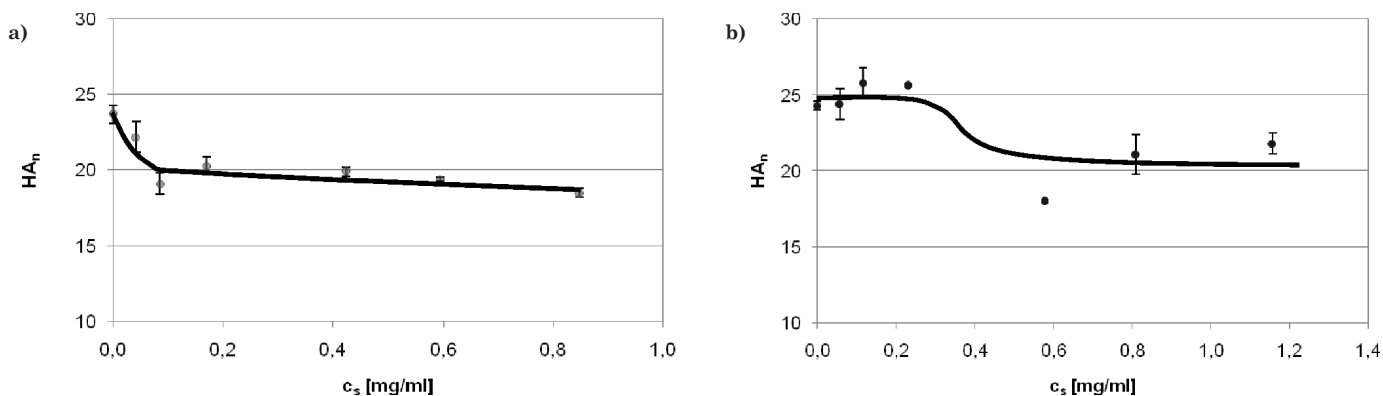
Na rys. 2 przedstawiono przykładowe histerezy napięcia powierzchniowego wyznaczone dla surfaktantu w warunkach kontrolnych oraz po kontakcie z pyłami o wymiarach cząstek mniejszych od $1 \mu\text{m}$ i o stężeniu odpowiadającym 6-godzinnej ekspozycji na pyły o stężeniu 4 mg/m^3 , emitowanymi z obu



Rys. 1. Rozkład granulometryczny aerozoli emitowanych z dwóch stanowisk pracy



Rys. 2. Porównanie histerez napięcia powierzchniowego przy oscylacjach powierzchni ciecz-gaz w układzie zawierającym modelowy surfaktant: a) pomiar kontrolny, b) po kontakcie z pyłami emitowanymi ze szlifierki, c) po kontakcie z pyłami emitowanymi z przecinarki



Rys. 3. Zmiany wartości pola histerezy napięcia powierzchniowego w funkcji stężenia pyłu w cieczy zawierającej modelowy surfaktant płucny: a) pył ze szlifierki, b) pył z przecinarki

maszyn. Można zaobserwować zmiany kształtu pętli histerezy po kontakcie surfaktantu z pyłami, które sugerują wpływ pyłów na właściwości powierzchniowo czynne surfaktantu. Ilościowe zmiany pola histerezy w funkcji stężenia pyłu w roztworze surfaktantu przedstawiono na rys. 3. Wynika z nich, że obserwowana redukcja aktywności powierzchniowej (zmniejszenie wartości HA_n) zależy od stężenia cząstek zawierających metale i ich związki, przy czym, o ile dla pyłów emitowanych ze szlifierki obserwuje się spadek aktywności już przy niewielkich stężeniach, to w przypadku pyłów emitowanych z przecinarki do wystąpienia efektu wymagane jest przekroczenie granicznego poziomu stężenia cząstek w cieczy na poziomie ok. 0,2–0,4 mg/ml.

Wnioski

W przedstawionych badaniach stwierdzono zależną od stężenia redukcję dynamicznych właściwości powierzchniowo czynnych modelowego surfaktantu płucnego przez pyły o wymiarach poniżej 1 μm zawierające metale i ich związki, występujące na wybranych stanowiskach pracy. Różne zależności uzyskane dla pyłów emitowanych ze szlifierki tarczowej oraz przecinarki tarczowej wynikają ze specyfiki rozmiaru granulometrycznego, morfologii i składu chemicznego cząstek pyłów. Uzyskane wyniki wskazują na możliwą rolę zmian fizykochemicznych w układzie surfaktantu płucnego w rozwoju chorób zawodowych układu oddechowego.

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach zadania badawczego realizowanego w zakresie działalności statutowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego.

LITERATURA

1. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa, Zakład Wydawnictw Statystycznych (2008).
2. F.G. Nordberg, B.A. Fowler, M. Nordberg, L.T. Friberg (Eds.): Handbook on the toxicology of metals. New York, Elsevier (2007).
3. H.W. Ruediger. Respiration, **67**, 137 (2000).
4. P. Gehr, J. Heyder (Eds.): Particle-lung interactions. New York, Marcel Dekker Inc. (2000).
5. D.B. Warheit, W.J. Brock, K.P. Lee, T.R. Webb, K.L. Reed: Toxicol. Sci. **88**, 514 (2005).
6. S. Saxena: Resonance **10**, 91 (2005).
7. J.R. Wright. J. Clin. Invest. **111**, 1453 (2003).
8. R.H. Notter, J.N. Finkelstein: J. Appl. Physiol. **57**, 1613 (1984).
9. F. Possmayer: W: Surfactant and the respiratory tract. Amsterdam, Elsevier, 39 (1989).
10. A. Podgórski, L. Gradoń: Ann. Occup. Hyg. **37**, 347 (1993).
11. T.R. Sosnowski, L. Gradoń, A. Podgórski: Aerosol Sci. Technol. **32**, 52 (2000).
12. T.R. Sosnowski, A. Podgórski: J. Aerosol Sci. **29**, Suppl. 1: 307 (1998).
13. W.E. Wallace, M.J. Keane, D.K. Murray, W.P. Chisholm, A.D. Maynard, T. Ong.: J. Nanopart. Res. **9**, 23 (2007).
14. D. Kondej, T.R. Sosnowski: European Aerosol Conference 2008, Thessaloniki, Abstract T09A029P (2008).
15. D. Kondej, T.R. Sosnowski: Int. J. Occup. Safety. Ergon. - submitted (2009).