

TOMASZ R. SOSNOWSKI  
LEON GRADON  
KATARZYNA KRAJEK-ROMANOWSKA

Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Politechnika Warszawska, Warszawa

# Utrata aktywności powierzchniowej składników surfaktantu płucnego po kontakcie z modelowymi cząstkami spalin silników *Diesla*

## Wprowadzenie

Cząstki aerozolowe obecne w spalinach emitowanych z silników *Diesla* stanowią udokumentowane zagrożenie dla zdrowia, wynikające w głównej mierze z ich oddziaływania na układ oddechowy i przenikania za jego pośrednictwem do innych narządów [1–3]. Cząstki zawarte w spalinach mają rozmiary nanometryczne i tworzą agregaty charakteryzujące się złożoną fraktalopodobną geometrią [4]. Z takiej budowy cząstek wynika wysoka wartość ich powierzchni właściwej, co ma wpływ na ich toksyczność, ułatwiając wprowadzanie do organizmu zaadsorbowanych na cząstkach lotnych związków organicznych VOC, wykazujących często działanie rakotwórcze (m.in. związki policykliczne PAH) [5]. Wdychane cząstki osadzając się na powierzchni płuc wchodzi w kontakt z surfaktantem płucnym, który stanowi naturalną barierę w dolnych drogach oddechowych, pełniąc jednocześnie szereg funkcji fizjologicznych, m.in. w regulacji mechaniki płuc i odpowiedzi immunologicznej [6]. Uzasadnia to podjęcie badań mających na celu określenie możliwości zaburzania właściwości fizykochemicznych surfaktantu i jego składników pod wpływem działania nanocząstek węgla, modelujących zanieczyszczenia stałe obecne w spalinach silników *Diesla*.

## Materiały i metody

Istotne informacje w odniesieniu do układu oddechowego mogą dać jedynie pomiary dynamicznego napięcia powierzchniowego, gdyż surfaktant płucny funkcjonuje w cyklu oddechowym, podczas którego pole powierzchni cieczy powlekaającej pęcherzyki płucne podlega ciągłym zmianom.

Dynamiczną aktywność powierzchniową składników surfaktantu płucnego badano w dwóch układach [7, 8]:

- tensjometrze pęcherzykowym BP2 (*Kruss – RFN*), mierzącym dynamiczne napięcie powierzchniowe osiągane w czasach 0,01–40 s przy wykorzystaniu metody ciśnienia maksymalnego,
- wadze *Langmuira-Wilhelmy'ego* (*KSV – Finlandia*), mierzącej ciśnienie powierzchniowe podczas kompresji powierzchni woda-powietrze zawierającej badany surfaktant. Zależność między napięciem powierzchniowym ( $\sigma$ ) i ciśnieniem powierzchniowym ( $\pi$ ) podaje równanie 1:

$$\pi = \sigma_w - \sigma \quad (1)$$

gdzie  $\sigma_w$  oznacza napięcie powierzchniowe czystej wody.

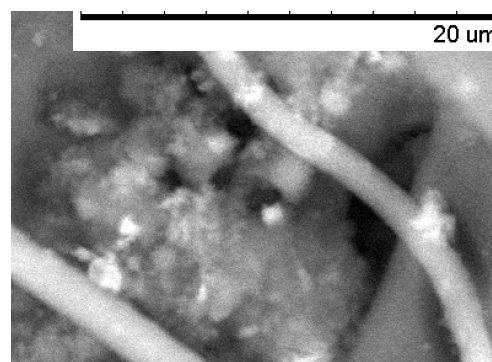
Surfaktant płucny w pomiarach tensjometrem pęcherzykowym stanowił preparat *Survanta* (*Abbott Laboratories – Francja*) będący skoncentrowanym surfaktantem płucnym pochodzenia zwierzęcego. Stosowano go po rozcieńczeniu do stężenia 0,125 mg/ml. W pomiarach z użyciem wagi *Langmuira-Wilhelmy'ego* stosowano fosfolipid DPPC (*dipalmitylofosfatydylocholina*), będący głównym powierzchniowo czynnym składnikiem surfaktantu płucnego. DPPC nanoszono na powierzchnię cieczy z roztworu w chloroformie (1 mg/ml). Badania prowadzono w temperaturach 25 i 37°C.

Nanocząstki węgla, które kontaktowano ze związkami surfaktantu wytwarzano w zasilanym argonem generatorze iskrowym GFG1000 (*Palas – RFN*) i zbierano na filtrze bibułowym. Filtr poddawano odmyciu w wodzie w trakcie 10-minutowej sonikacji. Uzyskaną zawieszinę cząstek stosowano do sporządzenia mieszaniny ze składnikami surfaktantu bądź jako fazę wodną w wadze LW.

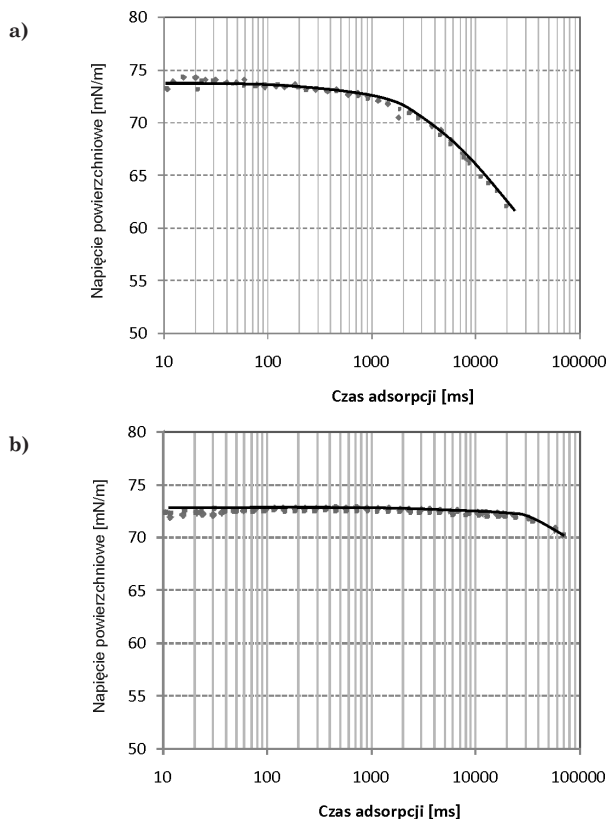
## Wyniki i dyskusja

Na rys. 1 ilustrującym obraz SEM cząstek węgla zebranych na filtrze widać złożoną strukturę agregatów utworzonych z nanocząstek pierwotnych.

Rys. 2. przedstawia porównanie zależności dynamicznego napięcia powierzchniowego rejestrowanego w trakcie adsorpcji surfaktantu na powierzchni cieczy-gaz w dwóch układach: roztwór preparatu *Survanta* o stężeniu fosfolipidów 0,125 mg/ml oraz ten sam roztwór po kontakcie z nanocząstkami węgla wytwarzanych w generatorze iskrowym GFG. Po kontakcie z cząstkami węgla, zdolność związków surfaktantu płucnego do redukcji napięcia powierzchniowego w warunkach dynamicznych ulega istotnemu obniżeniu.



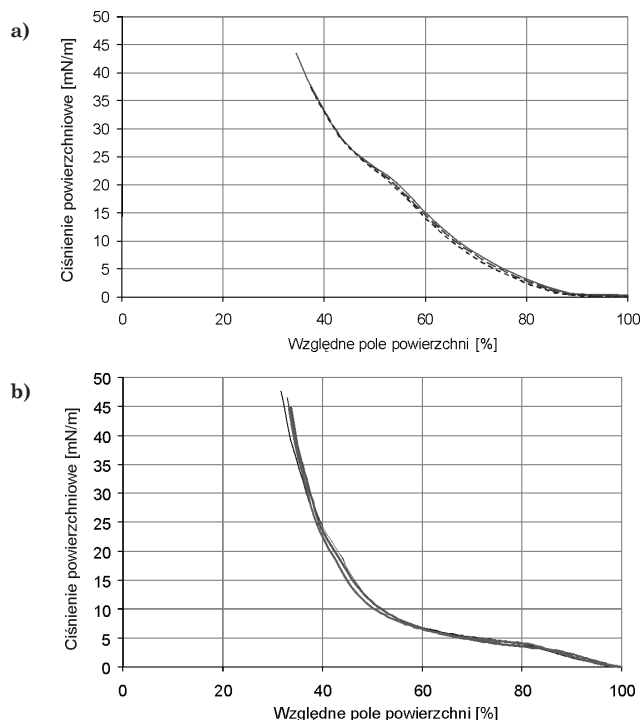
Rys. 1. Zdjęcie SEM (*Hitachi*) nanocząstek węgla produkowanych przez generator iskrowy GFG



Rys. 2. Porównanie dynamicznego napięcia powierzchniowego (25 °C) dla układu roztwór wodny *Survanta* (0,125 mg/ml) – powietrze w warunkach kontrolnych (a) i po kontakcie nanocząstkami węgla (b)

Dla kontrolnego roztworu preparatu *Survanta* (Rys. 2a) w czasie kilku sekund wartość napięcia spada wyraźnie poniżej wartości 70 (mN)/m, zaś po kilkudziesięciu sekundach zbliża się do 60 (mN)/m. W przypadku surfaktantu kontaktowanego z nanocząstkami dopiero po 20–30 sekundach adsorpcji daje się zaobserwować nieznaczny spadek napięcia powierzchniowego do wartości ok. 70 (mN)/m. Zaobserwowany efekt wynika najprawdopodobniej z faktu, że surfaktant obecny w roztworze preparatu *Survanta* uległ adsorpcji na powierzchni cząstek stałych, stąd jego ilość dostępna dla adsorpcji na powierzchni cieczech-gaz (a więc mogąca wpływać na wartość napięcia powierzchniowego w układzie) uległa obniżeniu. Podobne efekty obserwowano we wcześniejszych badaniach przeprowadzonych metodą oscylującego pęcherzyka dla preparatów surfaktantu płucnego kontaktowanego z cząstkami sadzy [9] i nanoporowatymi cząstkami krzemionki [10]. Zmiany własności powierzchniowo czynnych głównego składnika surfaktantu (DPPC) po kontakcie z nanocząstkami węgla zarejestrowano również w pomiarach przeprowadzonych w wadze *Langmuira-Wilhelmy'ego*. Porównanie izoterm kompresji monowarstwy DPPC przed i po kontakcie z nanocząstkami węgla przedstawiono na rys. 3.

Przy umiarkowanej kompresji powierzchni (względne pole powierzchni powyżej 50%) DPPC w obecności cząstek węgla ma zdolność go jedynie nieznacznej redukcji napięcia powierzchniowego, o mniej niż 10 (mN)/m. W takich samych warunkach DPPC na powierzchni czystej wody obniża napięcie powierzchniowe o blisko 20 (mN)/m, a więc czysty fosfolipid wykazuje zdecydowanie wyższą aktywność powierzchniową.



Rys. 3. Porównanie izoterm kompresji monowarstwy DPPC na powierzchni woda-powietrze w warunkach kontrolnych (a) i w obecności nanocząstek węgla (b)

Oba warianty wykonanych pomiarów jednoznacznie wskazują na niekorzystne oddziaływanie nanocząstek węgla na składniki surfaktantu, powodujące istotną utratę aktywności powierzchniowej.

### Wnioski

Wyniki badań wskazują, że nanocząstki węgla kontaktując się ze składnikami surfaktantu płucnego są w stanie istotnie zaburzyć dynamiczne właściwości powierzchniowo czynne tych składników. Wskazuje to na możliwość fizykochemicznej inaktywacji naturalnego surfaktantu obecnego w płucach pod wpływem wdychanych cząstek aerozolowych zawartych w spalinach silników *Diesla*, osadzających się na powierzchni płuc. Może to doprowadzić do niekorzystnych zmian funkcjonowania układu oddechowego, w tym do osłabienia naturalnych procesów obronnych uzależnionych od aktywności powierzchniowej surfaktantu płucnego.

**Praca finansowana w ramach projektu zamawianego nr PBZ-MEiN-3/2/2006 pt. „Inżynieria procesów ograniczania emisji oraz utylizacji gazów szkodliwych i ciepłarnianych”**

### LITERATURA

1. E. Garshick et al: Environ. Health Perspect. **112**, 1539 (2004).
2. B. Rudell et al.: Occup. Environ. Med., **56**, 527 (1999).
3. G. Oberdörster et al.: Inhal. Toxicol. **16**, 437 (2004).
4. A. Moskal, Ł. Makowski, T.R. Sosnowski, L. Gradoń: Inhal. Toxicol. **18**, 725 (2006).
5. J.C. Seagrave et al.: Toxicol. Sci. **70**, 212 (2002).
6. T.R. Sosnowski: Inż. Chem. Proces **22**, 251 (2001).
7. M. Łyczek: Praca magisterska WICHiP PW (2004).
8. T.R. Sosnowski, A. Podgórski: Int J. Occup Safety Ergon. **5**, 433 (1999).
9. T.R. Sosnowski, L. Gradoń, A. Podgórski: Aerosol Sci. Techn. **32**, 52 (2000).
10. T.R. Sosnowski, L. Gradoń, F. Iskandar, K.W. Okuyama: Optimization of aerosol drug delivery, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 205 (2003).