



DOROTA KONDEJ

**ZAGROŻENIA
STWARZANE
PRZEZ CZĄSTKI
NANOSTRUKTURALNE
WYSTĘPUJĄCE
W ŚRODOWISKU
PRACY**

CIOP  PIB

Materiały informacyjne CIOP-PIB

Zagrożenia stwarzane przez cząstki nanostrukturalne występujące w środowisku pracy

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Zadanie II.N.10: Ocena wpływu cząstek nanostrukturalnych na reologię powierzchni modelowych błon biologicznych

Autor:

dr inż. Dorota Kondej – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy,
Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Pracownia Zagrożeń Chemicznych

Zdjęcie na okładce: bigstock-Inner-Life-Of-Dna-102120038.jpg

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

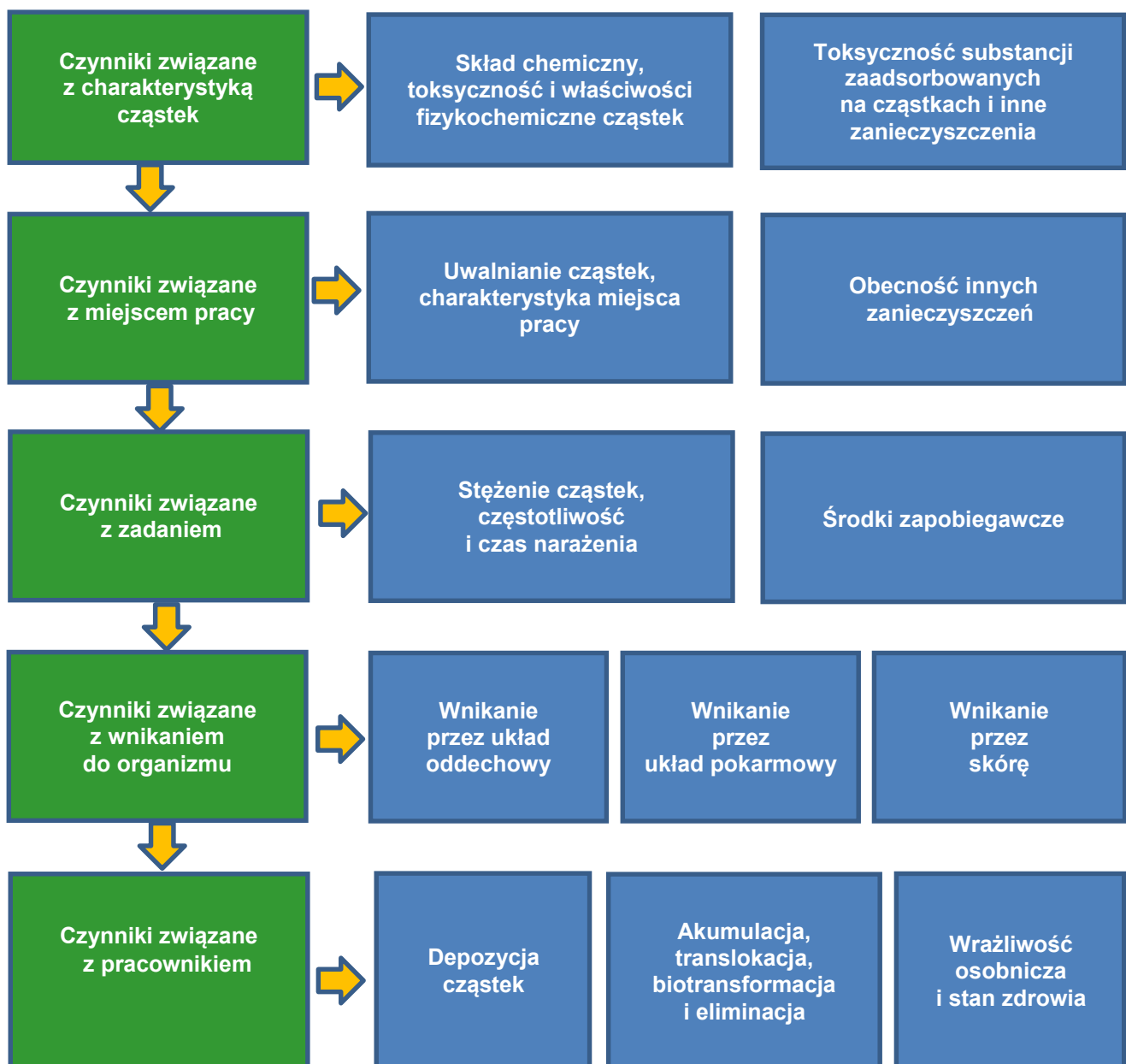
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Cząstki o budowie nanostrukturalnej dzięki swoim specyficznym właściwościom przyczyniają się do poprawy parametrów użytkowych wytwarzanych produktów, ale mogą również stwarzać zagrożenie w miejscu pracy. Doniesienia wskazują na ich niekorzystne oddziaływanie na organizm człowieka [3, 6].

Na rysunku 1 przedstawiono czynniki, które mogą się przyczynić do rozwoju negatywnych skutków zdrowotnych wynikających z narażenia na działanie cząstek nanostrukturalnych w środowisku pracy.



Rys. 1. Czynniki wpływające na zagrożenie stwarzane przez cząstki nanostrukturalne występujące w środowisku pracy [9]

Czynniki związane z charakterystyką cząstek

Cząstki nanostrukturalne mogą stwarzać zagrożenie ze względu na budowę i szczególne właściwości, np. toksyczność, łatwopalność, wybuchowość i reaktywność. Na toksyczność cząstek nanostrukturalnych wpływa: skład chemiczny, rozkład wielkości cząstek, morfologia (kształt fizyczny, porowatość), stopień agregacji oraz aglomeracji, właściwości powierzchniowe (powierzchnia właściwa, defekty powierzchni, chemia powierzchni) oraz rozpuszczalność [10]. W przypadku niektórych nanomateriałów odnotowano poważniejsze skutki zdrowotne niż w przypadku produktów o podobnym składzie chemicznym, ale większych rozmiarach. Zdolność przenikania cząstek nanostrukturalnych przez błony biologiczne powoduje, że docierają one do peryferyjnego obszaru płuc, oddziałują z komórkami, kwasami nukleinowymi i białkami [2]. Badania przeprowadzone na zwierzętach wykazują znaczne nagromadzenie cząstek nanostrukturalnych w płucach, mózgu, wątrobie, śledzionie oraz kościach. Zgodnie z doniesieniami niektóre metale i tlenki metali występujące w postaci cząstek nanostrukturalnych wywołują stres oksydacyjny, uszkodzenia DNA, spadek żywotności komórek i ich śmierć [12]. Toksyczność nanomateriału jest specyficzna dla konkretnego nanomateriału i może się zmieniać m.in. w zależności od metody syntezy, wprowadzonych grup funkcyjnych, a także od hydrofilowości/hydrofobowości nanomateriału.

Czynniki związane z miejscem pracy

Zarówno w warunkach przemysłowych, jak i w laboratoriach naukowych cząstki nanostrukturalne mogą występować w postaci proszków, żeli, granulek i zawiesin. W przypadku stosowania nieodpowiednich metod pracy i nieprawidłowego przebiegu procesów istnieje ryzyko przedostawania się ich do organizmu człowieka przez układ oddechowy, układ pokarmowy lub skórę. Charakter procesu, w którym nanomateriały są stosowane lub produkowane, ma duży wpływ na potencjalną emisję cząstek nanostrukturalnych do powietrza. Stosowanie cząstek nanostrukturalnych w fazie ciekłej i systemach zamkniętych przyczynia się do ograniczenia narażenia zawodowego, natomiast praca z cząstkami nanostrukturalnymi w postaci proszków na nieobudowanych stanowiskach pracy sprzyja rozprzestrzenianiu się cząstek nanostrukturalnych w miejscu pracy. Cząstki unoszące się

w powietrzu mogą agregować lub aglomerować między sobą lub z innymi obecnymi zanieczyszczeniami, a ich rozprzestrzenianie się zależy częściowo od charakterystyki miejsca pracy: powierzchni, objętości, wentylacji, liczby pracowników itp. [5]. Niektóre operacje w fazie ciekłej (np. metody natryskowe) mogą również skutkować aerolizacją cząstek nanostrukturalnych.

Czynniki związane z zadaniem

Pracownik może być narażony na kontakt z różnymi stężeniami cząstek nanostrukturalnych w zależności od wykonywanych zadań, metod pracy i wprowadzonych środków zapobiegawczych. Duże znaczenie ma lokalizacja i charakter realizowanego zadania: pracownik może np. przebywać w pomieszczeniu zlokalizowanym w pewnej odległości od miejsca, w którym realizuje się proces z udziałem cząstek nanostrukturalnych, lub może być bezpośrednio narażony na te cząstki, np. podczas prac konserwacyjnych w otwartym reaktorze. Należy wziąć pod uwagę nie tylko stężenie cząstek nanostrukturalnych, ale również częstotliwość i czas trwania narażenia. Jest to bezpośrednio związane z charakterem zadania i czasem koniecznym do jego wykonania. Trzeba również uwzględnić stosowane środki ochrony indywidualnej oraz metody pracy ograniczające narażenie [8].

Czynniki związane z wnikaniem do organizmu

Główną drogą narażenia na cząstki nanostrukturalne występujące w środowisku pracy jest układ oddechowy. Po inhalacji mogą one ulegać aglomeracji, depozycji w różnych częściach dróg oddechowych lub mogą być wydalane z wydychanym powietrzem. Depozycja cząstek zależy od ich rozmiaru. Na podstawie doniesień wiemy, że cząstki większe niż 7 nm ulegają depozycji w pęcherzykach płucnych, natomiast mniejsze są przechwytywane w nosie, ustach i krtani. Ponad 50% wdychanych cząstek o wymiarach 15–20 nm jest deponowanych w pęcherzykach płucnych [3].

Wnikanie poprzez skórę może stanowić zagrożenie szczególnie dla pracowników stykających się z cząstkami nanostrukturalnymi w postaci koloidalnej. Badania wskazują, że mniejsze wymiary cząstek zwiększają możliwość penetracji poprzez skórę. Do tego może się przyczynić również rozpuszczalność cząstek w tłuszczach, a także potliwość dłoni, miejscowe zmiany chorobowe, powtarzające

się zginanie i nacisk wywierany przez narzędzia robocze. Cząstki nanostrukturalne mogą również wywoływać reakcje alergiczne i stany zapalne skóry [1].

Wnikanie cząstek nanostrukturalnych poprzez układ pokarmowy jest rzadko spotykane w środowisku pracy, czemu sprzyja bezwzględny zakaz spożywania posiłków na stanowisku pracy i stosowanie dobrych praktyk w zakresie higieny osobistej. Niemniej cząstki nanostrukturalne mogą się znaleźć w układzie pokarmowym w wyniku połknięcia cząstek, które wcześniej przedostały się do układu oddechowego i były z niego usuwane na drodze oczyszczania śluzowo-rzęskowego [4].

Czynniki związane z pracownikiem

Na funkcjonowanie dróg oddechowych pracownika może mieć wpływ szereg czynników, takich jak: obciążenie pracą, wiek, palenie tytoniu i choroby układu oddechowego. To z kolei ma wpływ na depozycję, a także proces samooczyszczania z cząstek nanostrukturalnych [7, 11]. Wdychane cząstki w większym stopniu ulegają depozycji podczas intensywnej aktywności oraz u osób z astmą lub przewlekłą obturacyjną chorobą płuc. Cząstki nanostrukturalne ze względu na bardzo mały rozmiar nanocząstek i ich tendencję do wiązania się z białkami po przedostaniu się do organizmu mogą pokonywać bariery ochronne i ulegać translokacji. U zdrowego pracownika naturalne mechanizmy obronne pozwalają na ograniczenie tego zjawiska. W przypadku pracownika np. palącego tytoń i cierpiącego na choroby układu oddechowego translokacja cząstek nanostrukturalnych może mieć istotne znaczenie.

Potencjalne zagrożenia dla zdrowia spowodowane obecnością cząstek nanostrukturalnych w środowisku pracy należy ograniczyć przez właściwe i bezpieczne postępowanie oraz ograniczanie narażenia. Ze względu na niepełne dane dotyczące poszczególnych nanomateriałów trzeba podjąć wszelkie środki ostrożności – ścisłe środki zapobiegawcze w celu zminimalizowania narażenia, zapewnienia pracownikom ochrony i zapobiegania rozwojowi chorób zawodowych.

Bibliografia

1. Charitidis C.A., Trompeta A.F., Vlachou N., Markakis V. (2016). Risk management of engineered nanomaterials in EU – The case of carbon nanotubes and carbon nanofibers: A review. *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 41, 1–11.
2. Gehr P. (2018). Interaction of nanoparticles with biological systems. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 172, 395–399.
3. Gupta R., Xie H. (2018). Nanoparticles in daily life: applications, toxicity and regulations. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 37, 209–230.
4. Iyiegbuniwe E.A., Nwosu U.U., Kodali S. (2016). A review of occupational health implications of exposure and risk management of carbon nanotubes and carbon nanofibers. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(11), 849–855.
5. Jankowska E. (2015). Zasady zarządzania ryzykiem zawodowym związanym z narażeniem na nanoobiekty, ich aglomeraty i agregaty (NOAA). *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 2(84), 17–36.
6. Jeevanandam J., Barhoum A., Chan Y.S., Dufresne A., Danquah M.K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilste in Journal of Nanotechnology*, 9, 1050–1074.
7. Kobayashi N., Izumi H., Morimoto Y. (2017). Review of toxicity studies of carbon nanotubes. *Journal of Occupational Health*, 59, 394–407.
8. Oksel C., Hunt N., Wilkins T., Wang X.Z. (2017). Risk management of nanomaterials. Guidelines for the safe manufacture and use of nanomaterials. University of Leeds, Leeds, UK.
9. Ostiguy C., Debia M., Roberge B., Dufresne A. (2015). Best practices guidance for nanomaterial risk management in the workplace. REPORTR-899. IRSST, Québec, Canada.
10. Schmid O., Stoeger T. (2016). Surface area is the biologically most effective dose metric for acute nanoparticle toxicity in the lung. *Journal of Aerosol Science*, 99, 133–143.
11. Sosnowski T.R. (2018). Particles on the lung surface – physicochemical and hydrodynamic effects. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 36, 1–9.
12. Zapór L. (2016). Effects of silver nanoparticles of different sizes on cytotoxicity and oxygen metabolism disorders in both reproductive and respiratory system cells. *Archives of Environmental Protection*, 42(4), 32–47.