

Występowanie pyłów w powietrzu otaczającym człowieka

dr inż. ELŻBIETA JANKOWSKA
dr MAŁGORZATA POŚNIAK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Wprowadzenie

W powietrzu otaczającym człowieka w pomieszczeniach pracy (np. produkcyjnych, usługowych, biurowych) oraz życia (w pomieszczeniach mieszkalnych, użyteczności publicznej, środkach lokomocji itd.), a także w powietrzu na zewnątrz pomieszczeń są zawieszone cząstki, które mogą wywoływać negatywny wpływ na zdrowie człowieka. Rodzaj, wielkość i skład chemiczny cząstek w powietrzu jest ściśle uzależniony od źródeł ich emisji (źródła naturalne, źródła sztuczne wynikające z działalności człowieka). Istotny wpływ na utrzymywanie się cząstek przez dłuższy czas w powietrzu (cząstki zawieszone) lub możliwość ich przechodzenia w stan zawieszony w pobliżu miejsca ich osadzenia (pył osiadły) mają prędkości powietrza, a także jego wilgotność i temperatura.

Zakres wymiarowy cząstek emitowanych do powietrza jest bardzo szeroki. W zależności od sposobu zachowywania się tych cząstek w powietrzu atmosferycznym i układzie oddechowym człowieka, jest dzielony na podzakresy wymiarowe. W tabeli przedstawiono nazwy cząstek zawieszonych w powietrzu, zgodnie z podziałem przyjętym przez Environmental Protection Agency (EPA) [1].

Pyły zawieszone w powietrzu w pomieszczeniach pracy

Stężenia pyłów zawieszonych w powietrzu pomieszczeń, w których nie występują punktowe źródła ich emisji (np. w pomieszczeniach pracy biurowej) są z reguły mniejsze od stężeń pyłów w powietrzu na zewnątrz pomieszczeń [2, 3]. Ilości i rozkłady wymiarowe cząstek przedostających się do pomieszczeń z zewnątrz są zdeterminowane sposobami ich wentylowania (wentylacja naturalna lub mechaniczna) oraz dbałością o jakość powietrza dostarczanego do pomieszczeń (np. stosowanie odpowiednich filtrów powietrza, czyszczenie systemów wentylacyjnych). Źródłami emisji cząstek, szczególnie drobnych i bardzo drobnych, może być człowiek, materiały wykończenio-

w powietrzu otaczającym człowieka

W artykule przedstawiono metody badania stężeń pyłów zawieszonych w powietrzu pomieszczeń pracy oraz omówiono procesy, w których są emitowane największe ilości cząstek drobnych.

Dusts suspended in ambient air

This article presents methods of investigating concentrations of fine particles suspended in the air of working rooms and discusses the processes in which the largest numbers of fine particles are emitted.

w i wyposażenie pomieszczeń, rodzaj wykonywanej pracy (np. prace kancelaryjne), palenie papierosów, cząstki przedostające się z powietrza zewnętrznego itd. Jakkolwiek stężenia cząstek w pomieszczeniach biurowych są znacznie mniejsze niż w pomieszczeniach produkcyjnych, to badanie wpływu ich emisji ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych oraz parametrów powietrza (prędkości, wilgotności i temperatury) na stężenie i rozkład wymiarowy cząstek oraz skład chemiczny jest zagadnieniem bardzo ważnym, gdyż w kontekście *syndromu budynku chorego* pyły są jednym z czynników szkodliwych występujących w środowisku pracy biurowej.

CZĄSTKI ZAWIESZONE W POWIETRZU *Particles suspended in the air*

Nazewnictwo cząstek	Średnica aerodynamiczna cząstek ^{*)}
Cząstki bardzo grube	$d_a > 10 \mu\text{m}$
Cząstki grube	$2,5 \mu\text{m} < d_a \leq 10 \mu\text{m}$
Cząstki drobne	$0,1 \mu\text{m} < d_a \leq 2,5 \mu\text{m}$
Cząstki bardzo drobne	$d_a \leq 0,1 \mu\text{m}$

^{*)} Średnica aerodynamiczna cząstki jest średnicą kuli o gęstości 1 g/m^3 , mającej taką samą jak dana cząstka (o dowolnym kształcie i gęstości) prędkość opadania w powietrzu nieruchomym i w powietrzu przepływającym laminarnie.

W pomieszczeniach, w których występują punktowe źródła emisji pyłów (pomieszczenia produkcyjne i niektóre pomieszczenia usługowe) z reguły są stosowane instalacje wentylacji miejscowej odciągające zanieczyszczenia u źródeł ich emisji oraz wspomagająca wentylacja ogólna. Jednak część zanieczyszczeń pochodzących ze źródeł punktowych rozprzestrzenia się w całym pomieszczeniu, szczególnie cząstki drobne i bardzo drobne, co może być powodem narażenia na stężenia pyłów (z reguły większe niż stężenia pyłów w powietrzu atmosferycznym) nie tylko pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których jest emitowany pył, ale również pracujących na innych stanowiskach lub przechodzących przez to pomieszczenie. Szczególnej uwagi wymagają pomieszczenia z punktowymi źródłami emisji pyłów, w których brak jest instalacji wentylacji miejscowej, gdyż w zależności od procesu produkcyjnego są one źródłem cząstek o znacznych stężeniach, obecnych w pomieszczeniach zarówno w postaci pyłu zawieszonego, jak i w postaci pyłu osiadłego.

W najnowszych badaniach wiele uwagi poświęca się zagadnieniom związanym z narażeniem na cząstki o wymiarach nanometrycznych, które powstają w procesach nanotechnologicznych, jak również w procesach pracy od dawna stosowanych, np. spawania czy lutowania. Za nanocząstki zwykle uważa się cząstki o wymiarach poniżej 100 nm . Cząstki te, wytworzone w sposób sztuczny, mogą – jak się przypuszcza – indukować odczyn zapalny w pęcherzykach płucnych i prowadzić do zaburzeń krzepnięcia krwi. Po kilkunastu godzinach od przedostania się tych cząstek do organizmu człowieka, głównie przez układ oddechowy, stwierdzono ich obecność w wątrobie i mózgu. Zagadnienia związane ze szkodliwym oddziaływaniem nanocząstek są obecnie przedmiotem dyskusji podczas

wielu konferencji i sympozjów oraz badań prowadzonych w wielu instytucjach, m.in. zajmujących się problemami związanymi z ochroną człowieka w procesie pracy.

Metody badania pyłów zawieszonych w powietrzu

Ilości pyłów (określone jako masowe stężenia pyłów lub jako liczbowe stężenia cząstek) przedostających się do układu oddechowego człowieka z frakcji zawieszonych zależą od właściwości cząstek, prędkości i kierunku ruchu powietrza w otoczeniu człowieka, szybkości oddychania i od tego czy cząstki są wdychane przez nos, czy usta.

W Polsce do oceny narażenia na pyły są wykonywane pomiary stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu w otoczeniu człowieka (pyłu całkowitego) i pyłu osadzającego się w pęcherzykach płucnych (pyłu respirabilnego) z wykorzystaniem metody filtracyjno-wagowej [4, 5]. Za pył całkowity jest uważany zbiór wszystkich cząstek otoczonych powietrzem w określonej objętości [6]. Pył respirabilny to zbiór cząstek przechodzących przez selektor wstępny o charakterystyce przepuszczalności według wymiarów cząstek, opisanej logarytmiczno-normalną funkcją prawdopodobieństwa ze średnią wartością średnicy aerodynamicznej $3,5 \pm 0,3 \mu\text{m}$ i z odchyleniem standardowym $1,5 \pm 0,1$ [6].

Również w krajach UE oraz USA do oceny narażenia na pyły są stosowane metody filtracyjno-wagowe, tym niemniej przyjęto, że oznaczone stężenia masowe muszą być odnoszone do wymiarów cząstek, gdyż tylko wtedy można określić szkodliwe działanie cząstek na człowieka z uwagi na ich depozycję w różnych odcinkach układu oddechowego. W normie europejskiej [7] i międzynarodowej [8] są zdefiniowane frakcje wymiarowe cząstek stosowane do oceny możliwych skutków zdrowotnych, wynikających z wdychania cząstek zawieszonych w powietrzu na stanowiskach pracy. Zgodnie z normami [7, 8] frakcje te są zdefiniowane jako:

- frakcja wdychana – udział masowy wszystkich cząstek zawieszonych, wdychanych przez nos i usta
- frakcja tchawiczna – udział masowy cząstek frakcji wdychanych wnikających poza krtań
- frakcja respirabilna (pęcherzykowa) – udział masowy cząstek frakcji wdychanych docierających (wnikających) aż do bezręskowych dróg oddechowych.

Na rysunku przedstawione są frakcje wymiarowe pyłu wdychanego, tchawicznego i respirabilnego [7, 8, 9].

Pobieranie próbek poszczególnych frakcji powinno być zgodne z następującymi zasadami [7]:

- frakcja wdychana – zawartość procentowa E_w cząstek zawieszonych o średnicy aerodynamicznej d_a (μm), jaką należy pobrać wynika ze wzoru: $E_w = 50(1 + \exp[-0,06d_a])$

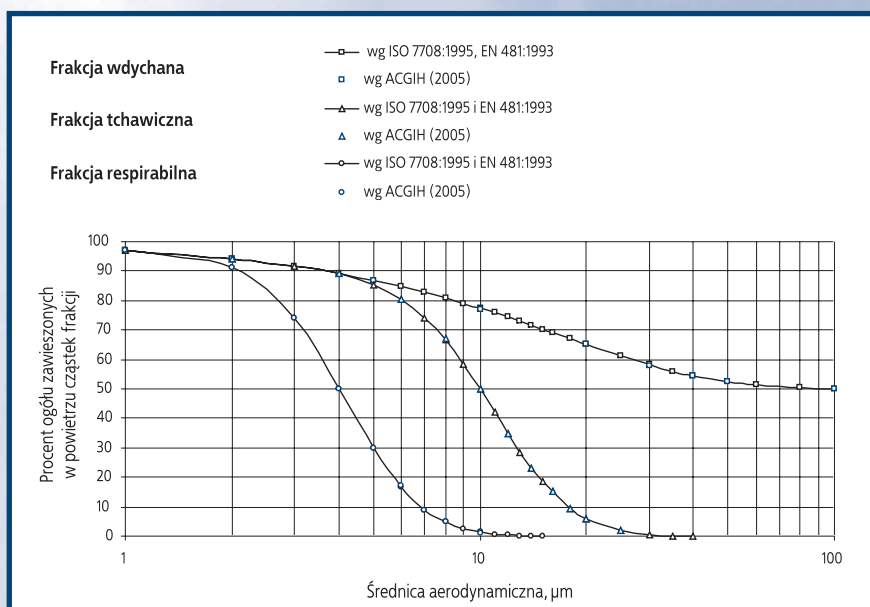
- frakcja tchawiczna – zawartość procentowa E_t frakcji wdychanej o średnicy aerodynamicznej d_a (μm) jaką należy pobrać, wynika ze skumulowanego rozkładu normalnego o wartości mediany $11,64 \mu\text{m}$ i geometrycznym odchyleniu standardowym $1,5$

- frakcja respirabilna – zawartość procentowa E_r frakcji wdychanej, jaką należy pobrać przy średnicy aerodynamicznej d_a (μm), wynika ze skumulowanego rozkładu logarytmiczno-normalnego o wartości mediany $4,25 \mu\text{m}$ i geometrycznego odchylenia standardowego $1,5$.

Pobieranie próbek frakcji $PM_{2,5}$ i PM_{10} zapewni spełnienie standardów jakości powietrza i uzyskanie informacji o źródłach cząstek i ich wpływie na środowisko [1].

żana za specyficzny rodzaj zanieczyszczeń, ponieważ ten zakres wymiarowy jest rozważany jako zbiór cząstek, które mogą penetrować do obszaru wymiarowej płuc. Cząstki z zakresu wymiarowego pomiędzy $0,1$ i $10 \mu\text{m}$ są szczególnie ważne w badaniach zanieczyszczeń powietrza, gdyż znaczna część cząstek generowanych w zakładach przemysłowych jest właśnie z tego zakresu wymiarowego.

Frakcja $PM_{2,5}$ to cząstki o średnicy do $2,5 \mu\text{m}$ pobierane z 50-procentową skutecznością z zastosowaniem przyrządów do pobierania frakcji $PM_{2,5}$ [1]. Omawiając zagadnienia związane z frakcją $PM_{2,5}$ często przyjmuje się – jak w przypadku frakcji PM_{10} – że jest to frakcja zawierająca cząstki o średnicy aerodynamicznej mniejszej lub równej $2,5 \mu\text{m}$. Wymiar cząstek $2,5 \mu\text{m}$ został wybrany jako dzielący cząstki na grube i drobne (tabela). Metody badania emisji i kontroli zanieczyszczeń powietrza w odniesieniu do cząstek frakcji $PM_{2,5}$ różnią się od metod do badania cząstek grubych. Cząstki frakcji $PM_{2,5}$ osadzają się wolniej niż cząstki grube. W zależności od pogody cząstki te mogą być zawieszony w powietrzu atmosferycznym



Rys. Udział procentowy frakcji wdychanej, tchawicznej i respirabilnej w ogóle zawieszonych w powietrzu cząstek
Fig. The inhalable, thoracic and respirable conventions as percentages of total airborne particles

Frakcja PM_{10} to cząstki o średnicy do $10 \mu\text{m}$ pobierane z 50-procentową skutecznością za pomocą przyrządów do pobierania frakcji PM_{10} [1]. Omawiając zagadnienia związane z frakcją PM_{10} często przyjmuje się, że jest to frakcja zawierająca cząstki o średnicy aerodynamicznej równej lub mniejszej niż $10 \mu\text{m}$. Frakcja PM_{10} jest uwa-

od kilku godzin do kilkunastu dni, co może mieć istotny wpływ na ich występowanie w powietrzu pomieszczeń, w zależności od rodzaju zastosowanej wentylacji. Cząstki frakcji $PM_{2,5}$ mogą być przyczyną problemów zdrowotnych z powodu możliwości ich długotrwałego przebywania w stanie zawieszonym w powietrzu i wnikań do układu

oddechowego człowieka. Ponadto, skład chemiczny cząstek frakcji $PM_{2,5}$ może być inny niż cząstek grubych i bardzo grubych. Cząstki te zawierają różne związki organiczne i nieorganiczne, między innymi metale i ich związki, które mogą być szkodliwe dla człowieka [1].

Cząstki o średnicy mniejszej niż $1 \mu m$ są nazywane cząstkami submikronowymi i bardzo trudno je zebrać. Cząstki o wymiarach z zakresu $0,2$ do $0,5 \mu m$ są zwykle wytwarzane w procesach spalania i metalurgicznych, cząstki o wymiarach $0,1$ do $1 \mu m$ w różnych procesach produkcyjnych, natomiast cząstki o wymiarach do $100 nm$ w procesach nanotechnologicznych.

O ile w odniesieniu do takich frakcji cząstek, jak: pył całkowity i pył respirabilny (Polska), frakcja wdychana, frakcja tchawiczna i frakcja respirabilna (UE i USA) oraz frakcja PM_{10} i frakcja $PM_{2,5}$ mogą być stosowane – z wystarczającą dokładnością – metody filtracyjno-wagowe (szczególnie w przypadku występowania w pomieszczeniach punktowych źródeł emisji zanieczyszczeń lub przez zbieranie cząstek pyłu na filtr przez długi czas), o tyle w odniesieniu do cząstek o mniejszych wymiarach (np. poniżej $1 \mu m$ oraz cząstek wytwarzanych w procesach nanotechnologicznych) metody te z reguły nie są wystarczająco dokładne i uniemożliwiają odnoszenie zebranych mas pyłów do wymiarów cząstek. Do określania stężeń i rozkładu wymiarowego tych cząstek są stosowane inne niż filtracyjno-wagowe metody badawcze wykorzystywane w aparaturze pomiarowej, np. fotometri (pomiar stężenia masowego pyłu), liczniki optyczne i liczniki kondensacyjne (pomiar stężenia liczbowego i rozkładu wymiarowego cząstek pyłu).

Jakkolwiek wyniki pomiarów stężeń i rozkładów wymiarowych cząstek określonych z zastosowaniem różnej aparatury – opartej na różnych zasadach działania – nie mogą być ze sobą bezpośrednio porównywane, to umożliwiają uzyskiwanie informacji o parametrach pyłów zawieszonych w powietrzu dla danego badanego zakresu wymiarowego cząstek oraz wskazują na rodzaj występującej w powietrzu frakcji: cząstek drobnych i grubych.

Podczas badania stężeń i rozkładów wymiarowych pyłów powinny być określone podstawowe parametry powietrza, przede wszystkim jego prędkość, która może mieć najbardziej istotny wpływ na ruch i ilość cząstek, szczególnie drobnych, zawieszonych w powietrzu. Badania te powinny również obejmować pomiary głównych niebezpiecznych substancji chemicznych we frakcji pyłów drobnych.

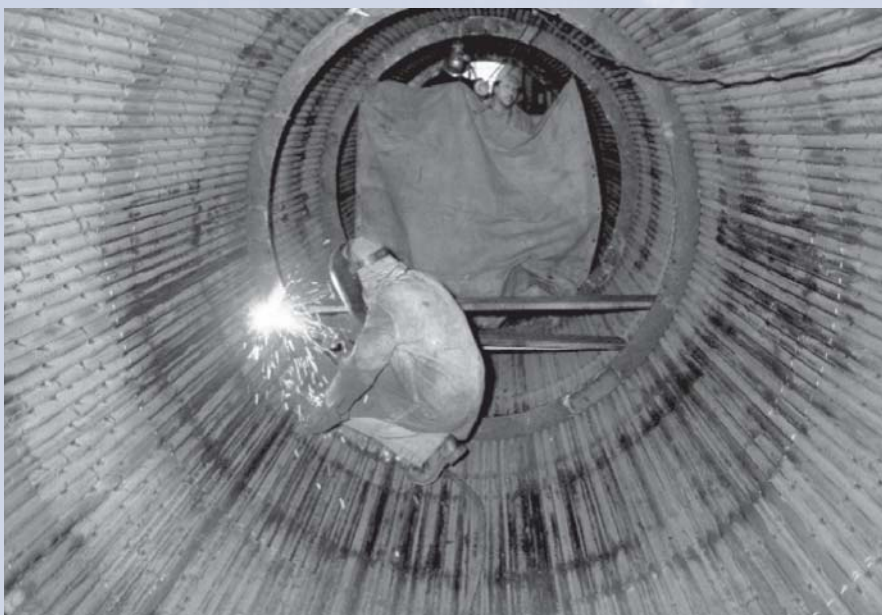
Skład chemiczny pyłów drobnych

Jak wspomniano wcześniej, frakcja pyłów drobnych różni się od cząstek grubych składem chemicznym, a zatem istotnym elementem badania pyłów w odniesieniu do ich szkodliwego działania na zdrowie człowieka jest zidentyfikowanie oraz ilościowe określenie zawartości głównych niebezpiecznych substancji chemicznych w poszczególnych frakcjach cząstek zawieszonych w powietrzu.

Chemiczne zanieczyszczenia, emitowane do powietrza stanowisk pracy podczas różnych procesów technologicznych, mogą występować w fazie gazowej oraz w postaci cząstek stałych. Opublikowane dane wskazują, że w wyniku zjawiska adsorpcji lub kondensacji znaczące ilości gazów czy też lotnych substancji organicznych

stitute of Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Administration (OSHA) i Health and Safety Executive (HSE) tego rodzaju sposób wydzielenia oznaczanych substancji z badanego powietrza jest zastosowany podczas oznaczania m.in. metali i ich związków, dymów asfaltu, mgły olejów mineralnych, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz innych związków organicznych emitowanych do powietrza w procesach technologicznych jako pyły, dymy czy mgły.

Możliwość przedostawania się pyłów drobnych (mniejszych od $2,5 \mu m$) do strefy wymiany gazowej płuc, tj. pęcherzyków płucnych powoduje, że biodostępność substancji chemicznych w nich zawartych jest znacznie większa od biodostępności substancji zawartych w cząstkach większych.



mogą osadzać się na cząstkach stałych, np. formaldehyd na cząstkach pyłu drewna, lotne związki organiczne na cząstkach węgla, dioksyny na sadzy.

Istniejące metody pomiaru do oceny narażenia na substancje chemiczne występujące w powietrzu w postaci pyłów lub osadzone na cząstkach stałych wykorzystują metodę filtracyjno-wagową lub łączoną metodę filtracji z metodą adsorpcji w celu wydzielenia badanego analitu z powietrza, co umożliwia oznaczanie całkowitej frakcji wdychanej badanej substancji. Zarówno w normach polskich z zakresu ochrony czystości powietrza na stanowiskach pracy, jak również w normach międzynarodowych i metodach zalecanych przez National In-

Dlatego też w ostatnich latach coraz częściej ocena narażenia zawodowego na substancje chemiczne, występujące w powietrzu na stanowiskach pracy w postaci pyłów, jest przeprowadzana na podstawie pomiarów stężeń cząstek drobnych, z wykorzystaniem odpowiednich próbników do pobierania próbek powietrza, np. metali i ich związków, pestycydów oraz w odniesieniu do ustalonych wartości normatywnych higienicznych dla drobnej frakcji pyłów [9].

Przed wszystkim interesująca jest ilościowa ocena głównych niebezpiecznych substancji chemicznych zawartych w poszczególnych frakcjach pyłów emitowanych do powietrza stanowisk pracy, a szczególnie w procesach pracy związanych z emisją

cząstek drobnych i bardzo drobnych, m.in. spawania oraz podczas pracy urządzeń i pojazdów z silnikami Diesla.

W procesie spawania, który jest procesem termicznym cząstki stałe tworzą się na skutek kondensacji par częściowo połączonej z procesami chemicznymi (np. utlenianie) lub przez niepełne spalanie substancji organicznych. Cząstki stałe powstające w tym procesie mają kształt kulisty, średnicę aerodynamiczną mniejszą od 1 μm . Występują w postaci bardzo drobnych cząstek pojedynczych oraz łańcuchów i aglomeratów. Szczególnie drobne cząstki powstają w procesach lutowania i spawania w osłonie gazów ochronnych (elektrodą nietopliwą). Większe cząstki powstają w metodach spawania elektrodą otuloną i drutem proszkowym z odparowania żużla, zwykle większe od 1 μm [10].



W procesach spawania, w wyniku kondensacji par lub w reakcjach chemicznych powstają również mgły, tj. aerozole cieczy – zawieszone w powietrzu cząstki substancji ciekłych. Są to najczęściej skondensowane pary substancji wydzielających się przy spawaniu materiałów pokrytych różnego rodzaju powłokami ochronnymi. Skład chemiczny dymów spawalniczych jest uzależniony od wielu czynników, przede wszystkim od typu stosowanego spawania oraz spawanych materiałów (tzw. materiałów podstawowych). Żelazo, mangan, chrom, nikiel i ich związki stanowią główne składniki cząstek stałych wydzielających się w procesie spawania.

Poza wymienionymi metalami i ich związkami, w procesach spawania wydzielają się związki organiczne powstające podczas spawania materiałów pokrytych powłokami ochronnymi, takimi jak: farby, lakiery, tworzywa sztuczne, poliuretany i inne powłoki antykorozyjne. W wyniku cięcia tlenowego palnikiem metali pokrytych powłokami antykorozyjnymi zawierającymi chlor mogą się wydzielać dioksyny i dibenzofurany (PCDDs/PCDFs). Wszystkie te związki mogą adsorbować się na cząstkach stałych.

Również spaliny silników Diesla są to mieszaniny związków chemicznych powstające w wyniku niedoskonałego spalania oleju napędowego i silnikowego, a także zawartych w nich modyfikatorów i zanieczyszczeń. Te niepożądane produkty spalania wydzielają się do atmosfery w postaci gazów i par, jak również w postaci cząstek stałych. Emisja cząstek stałych o różnych wymiarach i kształcie jest zjawiskiem charakterystycznym dla silników Diesla. Ponad 90% cząstek powstających w wyniku spalania oleju napędowego ma średnicę aerodynamiczną mniejszą od 1 μm , najczęściej w zakresie 0,1–0,5 μm . Na wielkość emisji tych cząstek ma wpływ wiele czynników, między innymi – zawartość siarki w paliwie, liczba cetanowa oraz gęstość paliwa. Trzonem tych cząstek jest węgiel elementarny, na którym są zaadsorbowane związki organiczne stanowiące fazę rozpuszczalną w rozpuszczalnikach organicznych oraz szereg związków nie ulegających ekstrakcji. W skład organicznej frakcji rozpuszczalnej wchodzi frakcje: parafinowa, aromatyczna, kwasowa i zasadowa. Frakcja nierozpuszczalna – poza węglem – zawiera również związki siarki, metale (ołów, platynę, glin, wapń, bar) oraz wodę związaną z siarczanami [11, 12].

Podsumowanie

Siła działania szkodliwego pyłów – w tym takich pyłów antropogennych, jak spaliny Diesla czy dymy spawalnicze, dymów emitowanych w procesach spalania, m.in. odpadów stanowiących mieszaniny substancji chemicznych o różnych właściwościach fizykochemicznych i toksycznych – wzrasta wraz ze zmniejszaniem się średnicy aerodynamicznej pyłów wdychanych przez człowieka [13, 14]. W związku z tym w CIOP-PIB są prowadzone obecnie

badania fizycznych i chemicznych parametrów pyłów o różnych wymiarach cząstek, które mogą przedostawać się do różnych odcinków układu oddechowego człowieka, a nawet – w przypadku nanocząstek – przez krwiobieg do innych narządów. Jednocześnie są określane stężenia masowe pyłu (pył całkowity, frakcja PM_{10} i frakcja $\text{PM}_{2,5}$ pyłu), stężenia liczbowe (w zakresie wymiarowym cząstek od 0,02 do 10 μm) oraz stężenia niebezpiecznych substancji chemicznych w poszczególnych frakcjach pyłów emitowanych do powietrza stanowisk pracy w różnych procesach technologicznych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] <http://www.epa.gov>
- [2] Jankowska E., Jankowski T. *Influence of ventilation on dust and carbon dioxide concentration in office air*. European Aerosol Conference, Gent, Editor W. Maenhaut, p. 702, 2005
- [3] Hämeri K., Lähde T., Niemelä R., Korhonen P. *Fine aerosols indoors and outdoors in downtown Helsinki*. Journal of Aerosol Science, Vol II, S1359-S1360, 2003
- [4] PN-91/Z-04030/05 *Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową*
- [5] PN-91/Z-04030/06 *Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową*
- [6] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. (DzU nr 217, poz. 1833, zm. DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769)
- [7] EN 481:1993. *Workplace atmospheres – Size fraction definitions for measurement of airborne particles*. PN-EN 481:1998. *Atmosfera miejsca pracy. Określenie składu ziarnowego dla pomiaru cząstek zawieszonych w powietrzu*
- [8] ISO 7708:1995. *Air quality – Particle size fraction definitions for health-related sampling*. PN-ISO 7708:2001. *Jakość powietrza. Definicje frakcji pyłu stosowane przy pobieraniu próbek do oceny zagrożenia zdrowia*
- [9] *Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices*. Cincinnati, OH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) 2005
- [10] Matczak W., Gromiec J. P. *Zasady oceny narażenia spawaczy na dymy i gazy*. IMP, Łódź 2003
- [11] Pośniak M., Makhniashvili I., Kozielec E., Kowalska J. *Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons during Diesel combustion*. JOSE, 2003, vol. 9, No 1, 17-26
- [12] Leberchert G., Czerczak S. *Spaliny silnika Diesla. Wytyczne szacowania ryzyka zdrowotnego dla czynników rakotwórczych*. IMP, Łódź 1997, 6, 42-84
- [13] BIA-Workshop *Ultrafine aerosols at workplaces*. BIA Sankt Augustin, Germany, 2004
- [14] *Nanoparticles: An occupational hygiene review*. Health and Safety Executive, 2004

Publikacja opracowana na podstawie wyników uzyskanych w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie badań naukowych przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy