

Dorota Kondej

Ewa Gawęda

NARAŻENIE NA PYŁ CAŁKOWITY I RESPIRABILNY GLINU I JEGO ZWIĄZKÓW W ZAKŁADACH STOSUJĄCYCH STOPY ALUMINIUM*

EXPOSURE TO TOTAL AND RESPIRABLE DUST OF ALUMINUM AND ITS COMPOUNDS

Centralny Instytut Ochrony Pracy — Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Zakład Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych

STRESZCZENIE

Wstęp: Przedmiotem artykułu jest ocena narażenia zawodowego na pył całkowity i respirabilny glinu oraz jego związków w zakładach stosujących podczas produkcji wyrobów stopy aluminium. **Materiał i metody:** Badania przeprowadzono na 37 stanowiskach w 5 zakładach pracy. Próbkę pobierano na stanowiskach wytapiania i odlewania stopów, a także na stanowiskach obróbki mechanicznej wyrobów. Przy pobieraniu próbek powietrza stosowano zasady dozymetrii indywidualnej. Stężenia glinu (pył całkowity i respirabilny) oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z kuwetą grafitową i korekcją tła Zeemana. **Wyniki i wnioski:** Stwierdzono, że na stanowiskach wytapiania, odlewania i stanowiskach obróbki mechanicznej występuje zróżnicowane narażenie na pył całkowity i pył respirabilny glinu oraz jego związków. Na większości objętych badaniami stanowisk pracy zarówno stężenia pyłu całkowitego, jak i pyłu respirabilnego glinu były większe od 0,1 odpowiedniej wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia, ale na żadnym z nich nie przekraczały 0,4 tych wartości NDS. Med. Pr. 2008;59(5):381–386

Słowa kluczowe: narażenie zawodowe, pył całkowity glinu, pył respirabilny glinu

ABSTRACT

Background: The aim of this study was to assess occupational exposure to total and respirable dust of aluminum and its compounds in several plants, which use aluminum alloys in their production processes. **Material and Methods:** The investigations were conducted at 37 workplaces in 5 plants. Air samples were collected at three groups of workplaces: smelting, founding and mechanical working of products. Air samples were taken according to the principles of personal dosimetry. Aluminum concentrations (total and respirable dust) were determined by atomic absorption spectrometry with a graphite tube and Zeeman background correction. **Results and Conclusions:** It was found that differential exposure to total and respirable dust of aluminum and its compounds occurred at all investigated workplaces. At the majority of workplaces, concentrations of aluminum total dust and aluminum respirable dust were higher than 0.1 of the relevant value of maximum admissible concentration (MAC), but at none of these workplaces 0.4 of this value was exceeded. Med Pr 2008;59(5):381–386

Key words: occupational exposure, aluminum total dust, aluminum respirable dust

Adres autorek: Centralny Instytut Ochrony Pracy — PIB, Zakład Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych, Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: dokon@ciop.pl, ewgaw@ciop.pl

Nadesłano: 15 września 2008

Zatwierdzono: 1 października 2008

WSTĘP

W latach 2005–2007 w CIOP-PIB realizowany był projekt, którego celem była ocena narażenia zawodowego na stanowiskach pracy w zakładach produkujących okucia budowlane i inne akcesoria metalowe. W wybranych zakładach przemysłu metalowego na

wybranych stanowiskach pracy prowadzono pomiary stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia. W szczególności wykonywane były pomiary stężeń metali (m.in. glinu) i ich związków, stężeń pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę i natężenia hałasu. Tematyka dotycząca narażenia na metale na stanowiskach pracy jest kontynuowana w obecnie realizowanym projekcie, którego celem jest przeprowadzenie oceny wielkości narażenia na metale i ich związki zawarte we frakcjach pyłów emitowanych w procesach obróbki metali.

W artykule opublikowanym w czasopiśmie Medycyna Pracy w 2006 roku (1) przedstawiono analizę zagrożeń czynnikami fizycznymi i chemicznymi na stanowiskach produkcji różnego rodzaju wyrobów metalowych,

* Publikacja przygotowana na podstawie badań przeprowadzonych w ramach realizacji zadania nr 5.12 pt. „Ocena narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki chemiczne i fizyczne przy produkcji okuć budowlanych i galanterii metalowej” (kierownik zadania: dr Ewa Gawęda; 2. etap programu wieloletniego pt. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”) oraz zadania nr 4.S.25 pt. „Badania narażenia na metale i ich związki zawarte we frakcjach pyłów emitowanych w procesach obróbki metali” (kierownik zadania: mgr inż. Dorota Kondej; 1. etap programu wieloletniego pt. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”). Główny koordynator obu programów: Centralny Instytut Ochrony Pracy — Państwowy Instytut Badawczy.

przeprowadzoną na podstawie danych uzyskanych z wojewódzkich stacji sanitarno-epidemiologicznych, a także wyniki badań dotyczących m.in. poziomu hałasu oraz stężeń pyłu całkowitego i pyłu respirabilnego zawierającego wolną krystaliczną krzemionkę w powietrzu na stanowiskach pracy dla procesów odlewania oraz obróbki mechanicznej. Z kolei ocenę ryzyka zawodowego związanego m.in. z narażeniem na metale i ich związki w procesach obróbki mechanicznej wyrobów metalowych zaprezentowano w artykule opublikowanym w 2007 r. (2). Przedstawiono w nim wyniki pomiarów stężeń glinu, miedzi oraz tlenku cynku w pyłe całkowitym zawieszonym w powietrzu stanowisk obróbki mechanicznej.

Niniejszy artykuł dotyczy oceny narażenia na glin i jego związki z uwzględnieniem zmian, jakie wprowadzono w 2005 r. w odniesieniu do wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) substancji. W Rozporządzeniu 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 (3) podana była jedynie wartość NDS dla tritlenku glinu, która wynosiła 2 mg/m^3 . W zmianie do ww. rozporządzenia (3) podane są wartości NDS dla pyłu/dymu całkowitego glinu, tritlenku glinu i wodorotlenku glinu oraz odpowiednio dla frakcji respirabilnej pyłu/dymu. Obecnie obowiązujące wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń glinu i jego związków przedstawiono w tabeli 1. Dla wymienionych czynników nie ustalono wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń chwilowych.

W związku z przyjęciem nowych wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla glinu i jego związków konieczne stało się zmodyfikowanie sposobu pobierania próbki powietrza na stanowisku pracy

oraz opracowanie metody umożliwiającej selektywne oznaczanie zarówno pyłu całkowitego glinu oraz związków glinu, jak i odpowiednio ich frakcji respirabilnej. W CIOP-PIB opracowano metodę oznaczania glinu i jego związków w pyłe (dymie) całkowitym oraz respirabilnym z zastosowaniem techniki absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej z kuwetą grafitową (4), znacznie bardziej czułej niż technika płomieniowa ASA zalecana w PN-Z-04263-1:2000 (5).

Opracowana metoda oznaczania glinu została wykorzystana w badaniach mających na celu ocenę narażenia na pył całkowity i respirabilny glinu i jego związków, przeprowadzonych w zakładach stosujących w swojej produkcji stopy aluminium.

MATERIAŁ I METODY

Przy pobieraniu próbek powietrza w celu oznaczenia glinu i jego związków (pył całkowity i respirabilny) stosowano zasady dozymetrii indywidualnej podane w normie PN-Z-04008-7:2002 (6). Zgodnie z metodą opracowaną w CIOP-PIB, znaną objętość badanego powietrza przepuszczano przez nitrocelulozowe filtry membranowe w celu osadzenia na nich glinu i związków glinu — pyłu (dymu) całkowitego oraz respirabilnego. Frakcję całkowitą pobierano na filtr umieszczony w otwartej głowicy pomiarowej wykonanej z tworzywa sztucznego. Równolegle pobierano próbkę frakcji respirabilnej na filtr umieszczony w głowicy pomiarowej (również z tworzywa sztucznego) zawierającej mikrocyklon będący selektorem wstępnym. Powietrze zasysano ze strumieniem objętości $1,9 \text{ l/min}$, umożliwiającym prawidłową separację frakcji respirabilnej w stosowanym mikrocyklonie. próbki powietrza pobierano na nitrocelulozowe filtry membranowe o średnicy porów $0,85 \mu\text{m}$.

Tabela 1. Wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń dla glinu i związków glinu (3)

Table 1. Maximum admissible concentration of aluminum and its compounds (3)

| Numer pozycji w wykazie Item | Substancja Substance | Wartość NDS MAC/value [mg/m^3] |
|---------------------------------|---|---|
| 425 | Tritlenek glinu (nr CAS: 1344-28-1) w przeliczeniu na Al / Aluminum oxide (CAS #: 1344-28-1) as Al: – dymy, pył całkowity / fumes, total dust, – dymy, pył respirabilny / fumes, respirable dust. | 2,5 1,2 |
| 459 | Glin metaliczny, glin proszek (niestabilizowany) (nr CAS: 7429-90-5) / Aluminum metal, metal powder (not stabilized) (CAS #: 7429-90-5) – dymy, pył całkowity / fumes, total dust, – dymy, pył respirabilny / fumes, respirable dust. | 2,5 1,2 |
| 479 | Wodorotlenek glinu (nr CAS: 21645-51-2) w przeliczeniu na Al / Aluminum hydroxide (CAS #: 21645-51-2) as Al: – dymy, pył całkowity / fumes, total dust, – dymy, pył respirabilny / fumes, respirable dust. | 2,5 1,2 |

Filtry z pobranymi próbkami umieszczano w zlewkach teflonowych i mineralizowano na płycie grzejnej z użyciem kwasu azotowego, w temperaturze około 140°C. Zmineralizowaną pozostałość przenoszono ilościowo z użyciem rozcieńczonego roztworu kwasu azotowego do kolb pomiarowych i uzupełniano do kreski rozcieńczonym roztworem kwasu azotowego, uzyskując roztwory po mineralizacji. Roztwory badanych próbek sporządzano przez pobranie określonych objętości roztworów po mineralizacji i uzupełnienie do zadanej objętości wodą. Krotność rozcieńczenia uwzględniano w końcowych obliczeniach. Oznaczanie glinu w roztworach badanych próbek przeprowadzono z zastosowaniem techniki absorpcji atomowej z kuetą grafitową i korekcją tła Zeemana. W celu zapewnienia wymaganej czułości i precyzji oznaczania przyjęto następujące warunki pracy aparatu:

- długość fali 396,2 nm,
- objętość wstrzykiwanej próbki — 10 µl,
- temperatura spopielania próbki — 1000°C,
- temperatura atomizacji — 2500°C, czas atomizacji — 2 sek.

Pozostałe parametry pracy — natężenie prądu lampy, szerokość szczeliny, przepływy argonu, szczegółowy program temperaturowy pracy kuetki (z uwzględnieniem powyższych wymagań) — dobierano w zależności od indywidualnych możliwości aparatu i zaleceń producenta.

Najmniejsze stężenie glinu, jakie można było oznaczyć w warunkach pobierania próbek powietrza i wykonania oznaczania wynosiło:

- 0,167 mg/m³ — pył (dym) całkowity,
- 0,083 mg/m³ — pył (dym) respirabilny.

Stosowane wyposażenie

Do pobierania próbek powietrza stosowano głowice otwarte o średnicy 37 mm (do gromadzenia na filtrze pomiarowym frakcji całkowitej) oraz głowice o średnicy 37 mm z separatorem cyklonowym (do pobierania frakcji respirabilnej) produkcji TWO-MET (Polska). Wymagany strumień objętości zasysanego powietrza zapewniały aspiratory indywidualne AP-2 firmy TWO-MET (Polska).

Do oznaczania glinu w pobranych próbkach stosowano spektrofotometr absorpcji atomowej SpectrAA 880 firmy Varian (Australia), w pełni zautomatyzowany, wyposażony w:

- automatyczny dozownik próbek,
- lampę z katodą wnątkową do oznaczania glinu,
- kuetę grafitową pokrywaną pirolitycznie.

WYNIKI POMIARÓW

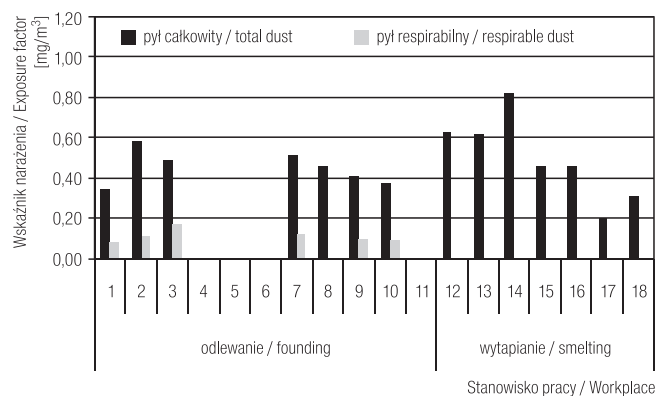
Badania przeprowadzono w 5 zakładach pracy produkujących wyroby ze stopów aluminium. W celu zapewnienia poufności wyników badań nazwy tych zakładów zakodowano, oznaczając je literami A, B, C, D i E.

Badaniami objęto łącznie 37 stanowisk pracy. Próbkę pobierano podczas wytapiania stopów i odlewania detali, a także podczas obróbki mechanicznej elementów, tj. podczas gradowania, toczenia, frezowania, gwintowania, drążenia, polerowania i szlifowania.

W tabeli 2. przedstawiono wyniki pomiarów stężeń glinu w pył całkowitym i pył respirabilnym przeprowadzonych na stanowiskach wytapiania i odlewania z podziałem na zakłady pracy, w których prowadzono badania. Wartości stężeń odniesiono do wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) obowiązujących dla glinu i związków glinu (pył/dym całkowity i pył/dym respirabilny).

W tabeli 3. zamieszczono wyniki pomiarów stężeń glinu w pył całkowitym i pył respirabilnym pobranym na stanowiskach obróbki mechanicznej wyrobów wykonanych ze stopów aluminium oraz podano dla nich krotności NDS. W zestawieniu wyników uwzględniono dane uzyskane w zakładzie A, B i C. W zakładzie D i E etap obróbki mechanicznej nie był realizowany.

Na rycinach 1.–3. zestawiono wartości wskaźników narażenia (wartości średnich ważonych w czasie stężeń) dla frakcji całkowitej i respirabilnej glinu dla wybranych grup stanowisk. Na rycinie 1. zobrazowano wielkości narażenia na omawiane czynniki na stanowiskach odlewania (stanowiska nr 1–11) oraz wytapiania (nr 12–18). Na wykresie uwzględniono wszystkie stanowiska w grupie stanowisk odlewania i grupie stanowisk wytapiania, na których przeprowadzano pomiary



Ryc. 1. Narażenie na glin na stanowiskach odlewania i wytapiania.
Fig. 1. Exposure to aluminum at founding and smelting workplaces.

Tabela 2. Stężenie glinu na stanowiskach wytapiania i odlewania
Table 2. Aluminum concentration at smelting and founding workplaces

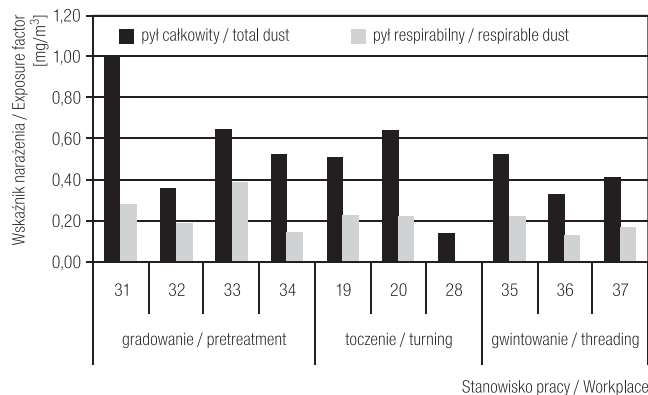
| Zakład Plant | Stanowisko pracy Workplace | Czynności Activities | Wskaźnik narażenia Exposure factor [mg/m ³] | | Krotność NDS MAC multiplicity | | |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | | pył całkowity total dust | pył respirabilny respirable dust | pył całkowity total dust | pył respirabilny respirable dust | |
| A | 1 | odlewanie / founding | 0,35 | 0,08 | 0,14 | 0,07 | |
| | 2 | | 0,58 | 0,11 | 0,23 | 0,09 | |
| | 3 | | 0,49 | 0,17 | 0,20 | 0,14 | |
| B | 4 | odlewanie / founding | p.o. | p.o. | — | — | |
| | 5 | | p.o. | p.o. | — | — | |
| | 6 | | p.o. | p.o. | — | — | |
| C | 7 | odlewanie / founding | 0,51 | 0,12 | 0,20 | 0,10 | |
| | 8 | | 0,46 | p.o. | 0,18 | — | |
| | 9 | | 0,41 | 0,10 | 0,16 | 0,08 | |
| | 10 | | 0,38 | 0,09 | 0,15 | 0,08 | |
| D | 11 | odlewanie / founding | p.o. | p.o. | — | — | |
| E | 12 | wytapianie / smelting | 0,63 | p.o. | 0,25 | — | |
| | 13 | | 0,62 | p.o. | 0,25 | — | |
| | 14 | | 0,82 | p.o. | 0,33 | — | |
| | 15 | | 0,46 | p.o. | 0,18 | — | |
| | 16 | | 0,46 | p.o. | 0,18 | — | |
| | 17 | | wytapianie-sownicowy / smelting-craneman | 0,20 | p.o. | 0,08 | — |
| | 18 | | wytapianie-wozak / smelting-putter | 0,31 | p.o. | 0,12 | — |

p.o. — poniżej oznaczalności metody / below the limit of detection.

Tabela 3. Stężenie glinu na stanowiskach obróbki mechanicznej
Table 3. Aluminum concentration at mechanical working workplaces

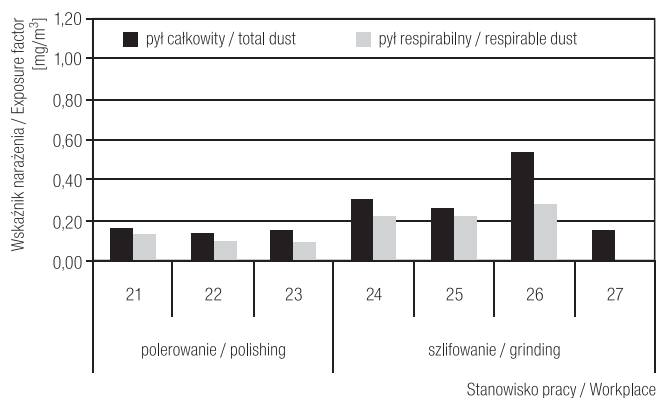
| Zakład Plant | Stanowisko pracy Workplace | Czynności Activities | Wskaźnik narażenia Exposure factor [mg/m ³] | | Krotność NDS MAC/multiplicity | |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| | | | pył całkowity total dust | pył respirabilny respirable dust | pył całkowity total dust | pył respirabilny respirable dust |
| A | 19 | toczenie / turning | 0,51 | 0,23 | 0,20 | 0,19 |
| | 20 | | 0,64 | 0,22 | 0,26 | 0,18 |
| B | 21 | szlifowanie / grinding | 0,19 | 0,13 | 0,08 | 0,11 |
| | 22 | | 0,17 | 0,10 | 0,07 | 0,08 |
| | 23 | | 0,16 | 0,09 | 0,06 | 0,08 |
| | 24 | | 0,30 | 0,22 | 0,12 | 0,18 |
| | 25 | | 0,26 | 0,22 | 0,10 | 0,18 |
| | 26 | | 0,54 | 0,28 | 0,22 | 0,23 |
| | 27 | | 0,17 | 0,09 | 0,07 | 0,05 |
| | 28 | | 0,17 | p.o. | 0,07 | — |
| C | 29 | gwintowanie / threading | 0,18 | p.o. | 0,07 | — |
| | 30 | | 0,26 | p.o. | 0,10 | — |
| | 31 | | 1,00 | 0,28 | 0,40 | 0,23 |
| | 32 | | 0,36 | 0,19 | 0,14 | 0,16 |
| | 33 | | 0,65 | 0,39 | 0,26 | 0,33 |
| | 34 | | 0,52 | 0,15 | 0,21 | 0,13 |
| | 35 | | 0,52 | 0,22 | 0,21 | 0,18 |
| | 36 | | 0,33 | 0,13 | 0,13 | 0,11 |
| | 37 | | 0,41 | 0,17 | 0,16 | 0,14 |

p.o. — poniżej oznaczalności metody/below the limit of detection.



Ryc. 2. Narażenie na glin na stanowiskach gradowania, toczenia i gwintowania.

Fig. 2. Exposure to aluminum at pretreatment, turning and threading workplaces.



Ryc. 3. Narażenie na glin na stanowiskach szlifowania i polerowania.

Fig. 3. Exposure to aluminum at grinding and polishing workplaces.

stężeń glinu (frakcja całkowita i respirabilna). Również te, na których stężenie glinu w pobranych próbkach znajdowało się poniżej oznaczalności zastosowanej metody analitycznej, stąd brak słupków na wykresie — np. stanowiska odlewania nr 4, 5, 6, 11. Przedstawiono tu także wyniki pomiarów stężeń glinu we frakcji całkowitej na stanowiskach wytapiania (czarne słupki). Na stanowiskach tych oznaczono też niewielkie ilości glinu we frakcji respirabilnej, ale były to ilości poniżej oznaczalności zastosowanej metody (brak szarych słupków na wykresie).

Ryciny 2. i 3. ilustrują narażenie na glin w wybranych grupach stanowisk obróbki mechanicznej. Na rycinie 2. przedstawiono dane dla stanowisk gradowania (stanowiska nr 31–34), toczenia (nr 19, 20, 28) i gwintowania (nr 35–37), natomiast na rycinie 3. podano wyniki dla stanowisk polerowania (stanowiska nr 21–23) i szlifowania (nr 24–27).

OMÓWIENIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że na objętych badaniami stanowiskach pracy występuje zróżnicowane narażenie na pył całkowity i pył respirabilny glinu i jego związków. Na stanowiskach wytapiania stopów aluminium (stanowiska nr 12 i 13), na których do obowiązków pracowników należy obsługa pieców do wytapiania stopów aluminium, wskaźniki narażenia na pył całkowity glinu były wyższe i wahały się od $0,46 \text{ mg/m}^3$ do $0,82 \text{ mg/m}^3$. Z kolei na stanowisku nr 17 (wytapianie — suwnicowy) i nr 18 (wytapianie — wozak), tj. na tych stanowiskach, które nie były bezpośrednio związane z procesem wytapiania, ale na których miejsce pracy znajdowało się w hali pieców, wskaźniki narażenia były o połowę niższe. Na wszystkich objętych badaniami stanowiskach z grupy wytapiania stężenie glinu we frakcji respirabilnej było poniżej oznaczalności stosowanej metody badawczej.

Stanowiska odlewania, na których oznaczano stężenie glinu, znajdowały się w 4 zakładach pracy. W zakładzie B i D stężenia glinu zarówno dla frakcji całkowitej, jak i respirabilnej były poniżej oznaczalności metody (stanowiska nr 4–6 i 11). W zakładzie A i C stwierdzono obecność glinu w powietrzu na stanowiskach odlewania, jednak wskaźniki narażenia dla frakcji całkowitej glinu nie przekraczały 1/4 wartości NDS. Wskaźniki narażenia dla frakcji respirabilnej były zwykle jeszcze niższe i nie przekraczały $0,20 \text{ mg/m}^3$, czyli 1/6 wartości NDS dla tej frakcji glinu.

Największe narażenie na glin występowało podczas obróbki wstępnej wyrobów ze stopów aluminium. Na stanowiskach gradowania zanotowano największe wartości wskaźników narażenia zarówno na glin w pył całkowitym, jak i w pył respirabilnym. Na stanowisku nr 31 wskaźnik narażenia na pył całkowity glinu wynosił 1 mg/m^3 , ale znajdował się nadal poniżej 1/2 wartości NDS. Z kolei największe narażenie na pył respirabilny glinu stwierdzono na stanowisku nr 33 (wskaźnik narażenia — $0,39 \text{ mg/m}^3$), jednak wartość ta znajdowała się poniżej 1/3 wartości NDS dla frakcji respirabilnej glinu. Znacznie niższe stężenia glinu występowały na stanowiskach szlifowania i stanowiskach obróbki wykańczającej — polerowania.

Podsumowując, należy stwierdzić, że zgodnie z obowiązującymi przepisami, do przeprowadzenia pełnej oceny narażenia na glin konieczne jest przeprowadzenie pomiarów stężeń frakcji całkowitej i respirabilnej glinu. Badania przeprowadzone na stanowiskach wytapiania stopów aluminium i odlewania detali oraz na stanowiskach obróbki mechanicznej wyrobów wykonanych

z tych stopów wykazały, że występuje tam zróżnicowane narażenie na frakcję całkowitą i respirabilną glinu. W niektórych zakładach pracy stężenia glinu w powietrzu części stanowisk pracy są na bardzo niskim poziomie — nawet poniżej oznaczalności metod stosowanych do oznaczania glinu i związków glinu w powietrzu stanowisk pracy podczas przeprowadzania kontroli warunków sanitarno-higienicznych. Na większości jednak stanowisk pracy objętych badaniami zarówno stężenia pyłu całkowitego, jak i respirabilnego glinu były większe od 0,1 odpowiedniej wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia dla glinu, ale na żadnym z objętych badaniami stanowisk nie przekraczały 0,4 odpowiedniej wartości NDS.

PIŚMIENNICTWO

1. Gawęda E., Kondej D.: Zagrożenia środowiska pracy w procesach produkcji okuć budowlanych i detali metalowych. *Med. Pr.* 2006;57(1):1–6
2. Gawęda E., Kondej D.: Narażenie na szkodliwe czynniki w procesach obróbki mechanicznej wyrobów metalowych. *Med. Pr.* 2007;58(3):223–229
3. 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 z 2002 r. nr 217, poz. 1833* ze zmianami z 10 października 2005 r. *DzU z 2005 r. nr 212, poz. 1769* oraz z 30 sierpnia 2007 r. *DzU z 2007 r. nr 161, poz. 1142*
4. Gawęda E.: Metale i metaloidy oraz ich związki — rozszerzona metoda oznaczania. *Podst. Met. Oceny Środ. Pr.* 2007;4(54):69–78
5. PN-Z-04263-1:2000: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości glinu i jego związków. Oznaczanie glinu i jego związków na stanowiskach pracy metodą płomieniową absorpcyjnej spektrometrii atomowej
6. PN-Z-04008-7:2002: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników