

Ewa Gawęda  
Dorota Kondej

## NARAŻENIE NA SZKODLIWE CZYNNIKI W PROCESACH OBRÓBKI MECHANICZNEJ WYROBÓW METALOWYCH\*

EXPOSURE TO HARMFUL HAZARDS IN MECHANICAL PROCESSING OF METAL ACCESSORIES

Zakład Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych, Centralny Instytut Ochrony Pracy — Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

### STRESZCZENIE

**Wstęp:** Przedmiotem artykułu jest ocena narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki środowiska pracy na stanowiskach obróbki mechanicznej elementów okuć budowlanych, galanterii i innych wyrobów metalowych, a przede wszystkim ocena ryzyka zawodowego związanego z narażeniem na metale i ich związki. **Materiał i metody:** Badaniem objęto 16 stanowisk obróbki mechanicznej wyrobów metalowych (szlifowanie, gradowanie, gwintowanie, polerowanie). Stężenia metali w powietrzu stanowisk pracy oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z kuletą grafitową oraz z płomieniem powietrze-acetylen. Do oznaczania pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę zastosowano metody podane w normach PN-91/Z-04030/05, PN-91/Z-04030/06 i PN-91/Z-04018/04. Próbkę pobierano zgodnie z zasadami dozimetrii indywidualnej. Pomiary hałasu przeprowadzono zgodnie z PN-N-1307:1994. **Wyniki i wnioski:** Stwierdzono, że główne metale stopowe, a więc glin oraz cynk mogą stanowić pewne zagrożenie na objętych badaniami stanowiskach pracy. Również miedź występuje w badanym powietrzu na mierzalnym poziomie. Nie stwierdzono natomiast praktycznie w powietrzu obecności innych metali stopowych (Fe, Pb, Ni, Cd). Na żadnym z objętych badaniami stanowisku wskaźnik łącznego narażenia na metale nie był większy niż 1. Poważny problem na większości stanowisk obróbki mechanicznej, w szczególności na stanowiskach szlifowania i gradowania detali metalowych, stanowi natomiast hałas. Jedynie na dwóch stanowiskach stwierdzono przekroczenie wartości NDS dla pyłu całkowitego krzemionki. Stwierdzono również przekroczenia NDS frakcji respirabilnej tam, gdzie występowały pyły o zawartości wolnej krystalicznej krzemionki powyżej 2% (3 stanowiska). Med. Pr. 2007;58(3):223–229

Słowa kluczowe: wyroby metalowe, procesy obróbki mechanicznej, pyły metali, zagrożenia na stanowiskach pracy

### ABSTRACT

**Background:** The aim of this paper is to assess occupational exposure to harmful hazards at workposts where fittings and metal accessories are mechanically processed with particular reference to occupational exposure to metals and their compounds. **Material and Methods:** The studies covered 16 workposts of mechanical processes of metal accessories (grinding, deburring, threading, polishing). Metal air concentrations at the workposts were determined by atomic absorption spectrometry (AAS) with a graphite tube and by AAS with air-acetylene flame. To determine free crystalline silica-containing dusts, standard methods (PN-91/Z-04030/05, PN-91/Z-04030/06, and PN-91/Z-04018/04) were applied. Air samples were collected according to the principles of personal dosimetry and noise measurements were conducted according to PN-N-1307:1994. Results and **Conclusions:** It was found that the main alloy metals, aluminum and zinc, can be hazardous at studied workposts. Copper was also found in the ambient air of the workposts at the measurable level. Other alloy metals (Fe, Pb, Ni, Cd) were not found. The rate of combined exposure at all workposts was lower than 1. Noise was a serious problem at the majority of workposts of mechanical processing, especially at grinding and deburring ones. The Maximum Admissible Concentration (MAC) for total dust containing free crystalline silica was exceeded only at two workposts. It was observed that MACs for respirable dust containing free crystalline silica above 2% were exceeded (3 workposts). Med Pr 2007;58(3):223–229

Key words: metal fittings, mechanical processing, metal dusts, hazards at work

Adres autorki: ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa, e-mail: ewgaw@ciop.pl

Nadesłano: 16.04.2007

Zatwierdzono: 18.05.2007

### WSTĘP

Celem projektu, którego dotyczy niniejszy artykuł, jest ocena narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki środowiska pracy występujące podczas produkcji

okuć budowlanych i galanterii metalowej. W artykule opublikowanym w czasopiśmie „Medycyna Pracy” w 2006 r. (1) przedstawiono analizę zagrożeń czynnikami fizycznymi i chemicznymi na stanowiskach produkcji różnego rodzaju wyrobów metalowych, przeprowadzoną na podstawie danych uzyskanych z wojewódzkich stacji sanitarно-epidemiologicznych, a także wyniki wstępnych pomiarów stężeń pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę, oraz hałasu na wybranych

\* Praca wykonana w ramach 2. etapu programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej” dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2005–2007. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy — Państwowy Instytut Badawczy. Zadanie badawcze nr 05.12 pt. „Ocena narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki chemiczne i fizyczne przy produkcji okuć budowlanych i galanterii metalowej”. Kierownik zadania: dr Ewa Gawęda.

stanowiskach pracy, w 6 zakładach przemysłowych, zatrudniających od 9 do 128 pracowników. Analiza danych nt. prowadzonych procesów i operacji w produkcji akcesoriów metalowych pod kątem zagrożeń występujących na stanowiskach pracy wykazała, że najmniej zbadane są w tym w zakresie stanowiska pracy, na których wykonywana jest obróbka detali (szlifowanie, toczenie, frezowanie, polerowanie, przycinanie, piaskowanie itp.) oraz stanowiska przy odlewaniu detali z innych niż żeliwo surowców (np. stopy aluminium, mosiądz, stale). Oprócz narażenia na hałas i na pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę występuje tam narażenie na czynniki chemiczne, w szczególności na metale i ich związki. Do wytwarzania wyrobów takich, jak okucia budowlane i galanteria metalowa stosuje się stopy aluminium, stale (w ich skład mogą oprócz żelaza wchodzić miedź, cynk, nikiel, mangan, magnez i wiele innych pierwiastków), mosiądze (stopy miedzi i cynku z dodatkiem: cyny, ołowiu, żelaza, manganu itd.), mosiądze niklowe, ZnAl (znany raczej pod nazwą 'nowe srebro'), brązy, itp. Praktycznie wszystkie metale wchodzące w skład materiału użytego do produkcji określonego detalu mogą znajdować się w powietrzu na stanowisku pracy. Dlatego też w celu przeprowadzenia pełnej oceny narażenia zawodowego należy wykonywać pomiary stężeń również i tych czynników. O ile pomiary natężenia hałasu i stężeń pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę są z reguły wykonywane w celu oceny warunków pracy, o tyle rzadko prowadzi się ocenę ryzyka związanego z narażeniem na pyły metali.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki pomiarów stężeń metali i ich związków w powietrzu, przeprowadzonych na stanowiskach obróbki mechanicznej różnego rodzaju wyrobów metalowych. Na wybranych stanowiskach detale poddawane obróbce były wykonane ze stopu aluminium Ak-11, zawierającego Al w ilości ponad 90% i stopów cynku: Z-41 i ogólnie zwanego ZnAl, które zawierały ponad 90% Zn i do 5% Al, a różniły się przede wszystkim zawartością dodatków stopowych (miedź, ołów, kadm, żelazo, nikiel). W powietrzu oznaczano zarówno główne metale stopowe, jak i inne wyżej wymienione metale wchodzące w skład stopów. Na stanowiskach wykonywano również pomiary innych czynników szkodliwych, w szczególności hałasu i pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę. Przedmiotem niniejszego artykułu jest jednak przede wszystkim ocena ryzyka związanego z narażeniem na metale i ich związki na stanowiskach obróbki elementów okuć budowlanych i galanterii metalowej.

W projekcie zrealizowanym w latach 2002–2004 badano narażenie na metale i metaloidy oraz ich związki emitowane w procesach rafinacji metali ciężkich (2). Procesy te, w odróżnieniu od będących przedmiotem rozważań w obecnie realizowanym projekcie, można zaliczyć do procesów wielkoprzemysłowych — problem dotyczy bowiem tylko dużych zakładów i niewielkiej ich liczby, co nie znaczy, że grupa pracowników narażonych zawodowo jest mała. W grupie przedsiębiorstw zajmujących się produkcją wyrobów metalowych (a działa ich w tej branży w Polsce kilkaset) dominują z kolei małe i bardzo małe zakłady (1). Zakładów zatrudniających po kilkaset osób jest zaledwie kilkanaście. Jest jeszcze inna podstawowa różnica — na stanowiskach produkcji metali ciężkich nie występowały takie metale, jak np. glin czy mangan, które tu z kolei, szczególnie glin, występują powszechnie.

## MATERIAŁ I METODY

Pomiary stężeń metali i ich związków w powietrzu na wybranych stanowiskach pracy przeprowadzono z zastosowaniem tzw. metody zalecanej, opublikowanej w czasopiśmie Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynnników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy — „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy” (3). Metoda ta obejmowała początkowo 13 pierwiastków, które można oznaczać z jednej próbki powietrza. W ramach projektu, którego przedmiotem są badania czynników szkodliwych na stanowiskach produkcji wyrobów metalowych (okucia budowlane i galanteria metalowa) metodę tę uzupełniono o dalsze 2 pierwiastki — mangan i glin. Opracowana metoda umożliwia oznaczanie poszczególnych pierwiastków przynajmniej od poziomu 1/10 wartości NDS (dla objętości pobranego powietrza 250 l). Pobierając większą objętość powietrza, można osiągnąć jeszcze mniejsze poziomy oznaczanych stężeń. Metoda oznaczania miedzi jest dostosowana do oznaczania 1/12 poziomu NDS dymów tlenków, co odpowiada 10-krotnie mniejszemu poziomowi w stosunku do NDS pyłów tlenków.

Zgodnie z przepisem analitycznym, próbki powietrza pobiera się na filtry membranowe o średnicy porów 0,85  $\mu\text{m}$ . Roztwory analizowanych próbek przygotowuje się w następujący sposób: filtr z pobraną próbką umieszcza się w zlewce teflonowej o pojemności około 50 ml i mineralizuje na płycie grzejnej z użyciem kwasu azotowego w temperaturze około 140°C. Zmineralizowaną pozostałość przenosi się ilościowo z użyciem

rozcieńczonego kwasu azotowego do kolby o pojemności 25 ml. Następnie pobiera się określone objętości roztworu i sporządza roztwory do oznaczania poszczególnych metali w rozcieńczonym roztworze kwasu azotowego. Poszczególne pierwiastki oznacza się w przygotowanym roztworze metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z płomieniem powietrze-acetylen lub z kuetą grafitową.

Opracowując metodę oznaczania glinu i jego związków, uwzględniono istotną zmianę, jaka zaszła w polskich przepisach w odniesieniu do wartości normatywów higienicznych dla tego czynnika (4). Obecnie została ustalona inna wartość NDS dla pyłu całkowitego glinu i dwóch jego związków — tritlenku oraz wodorotlenku ( $2,5 \text{ mg/m}^3$ ), a inna dla frakcji respirabilnej ( $1,2 \text{ mg/m}^3$ ). W celu przeprowadzenia oceny narażenia zawodowego na glin należy wykonywać zarówno pomiary frakcji całkowitej substancji, jak i respirabilnej, przy czym próbki powietrza powinny być pobierane równoległe — w tym samym czasokresie. Wspomnianą wyżej metodę oznaczania metali uzupełniono więc o glin — pył całkowity oraz respirabilny. Do oceny narażenia zawodowego na pył respirabilny glinu pobiera się zatem drugą próbkę, z zastosowaniem filtra membranowego umieszczonego w górnej części mikrocyklonu (jak przy pobieraniu frakcji respirabilnej pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę).

Poszczególne pierwiastki oznaczano w roztworze rozcieńczonego kwasu azotowego ( $0,1 \text{ mol/l}$ ) metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). I tak:

- glin, miedź, kadm, nikiel, ołów — metodą ASA z kuetą grafitową i korekcją tła Zeemana;
- cynk, żelazo, mangan — metodą ASA z płomieniem powietrze-acetylen.

Do oznaczania pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę zastosowano metody podane w następujących normach: PN-91/Z-04030/05 (5), PN-91/Z-04030/06 (6). Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe całkowitym i respirabilnym oznaczano z zastosowaniem metody podanej w PN-91/Z-04018/04 (7).

Próbki powietrza na stanowiskach pracy pobierane były zgodnie z zasadami dozimetrii indywidualnej podanymi w normie PN-Z-04008-7:2002 (8) ze zmianą PN-Z-04008-7:2002/AZ1:2004 dotyczącą pobierania próbek 15-minutowych — do oceny warunków pracy w odniesieniu do NDSCh.

Pomiary hałasu przeprowadzano metodą pośrednią, która polega na jego pomiarze w czasie krótszym niż podlegający ocenie oraz zastosowaniu odpowiednich zależności matematycznych według PN-N-1307:1994 (9).

## Stosowana aparatura

1. Spektrofotometr absorpcji atomowej AA firmy Thermo Electron Corporation SOLAAR M Series, wyposażony w lampy z katodą wnątkową do oznaczania cynku, manganu i żelaza.
2. Spektrofotometr absorpcji atomowej SpectrAA 880 firmy Varian (Australia), w pełni zautomatyzowany, wyposażony w:
  - automatyczny dozownik próbek,
  - lampy z katodą wnątkową do oznaczania poszczególnych pierwiastków,
  - kuwety grafitowe pokrywane pirolitycznie.
3. Aspiratory indywidualne: AP-2, firmy TWO-MET (Polska); GilAir, firmy Gilian (USA).
4. Miernik poziomu dźwięku SON-50, klasa dokładności 1, wyposażony w mikrofon WK-21 i kalibrator K-10 — produkcji SONOPAN (Polska).

Pomiary mające na celu higieniczną ocenę środowiska pracy w zakładach produkujących wyroby metalowe w ramach realizacji projektu są wykonywane od 2005 r. w 7 zakładach, na różnych stanowiskach pracy, m.in. na stanowiskach obróbki mechanicznej detali. Krótką charakterystykę sześciu z nich podano w poprzednim artykule (1), siódmy zakład należy do największych w kraju zakładów branży metalowej — zatrudnia ponad 500 osób, z czego prawie 300 to pracownicy zatrudnieni przy produkcji okuć budowlanych.

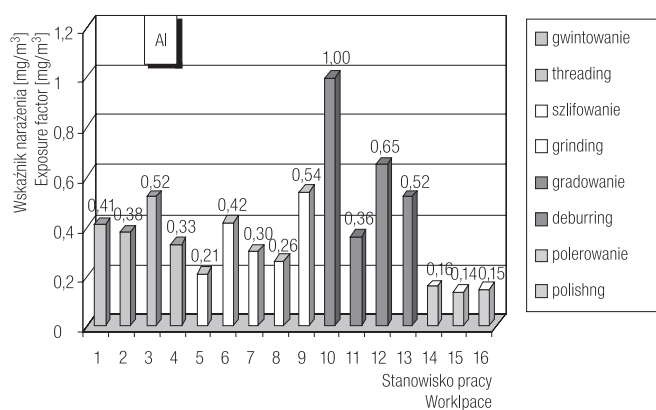
Nowe wartości NDS dla glinu i jego związków zostały wprowadzone pod koniec 2005 r., następnie opracowano metodę oznaczania pyłu całkowitego i respirabilnego pierwiastka. W pomiarach wykonywanych początkowo oznaczano więc tylko glin i jego związki w pyłe całkowitym. Frakcję respirabilną uwzględniały dopiero późniejsze pomiary. Z tego powodu w przeprowadzonych dalej rozważaniach nie omawiano zagadnień związanych z narażeniem na tę frakcję pyłu glinu.

## WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów stężeń metali w próbkach powietrza pobranych na kilkunastu wybranych stanowiskach obróbki mechanicznej detali metalowych przedstawiono dla glinu, miedzi i cynku odpowiednio na rycinach 1., 2. i 3. Na wykresach pogrupowano stanowiska ze względu na rodzaj prowadzonego procesu: gwintowanie, szlifowanie, gradowanie i polerowanie. Poszczególne słupki odpowiadają różnym stanowiskom w obrębie tego samego procesu (ten sam proces, ale inny zakład, urządzenie, na którym jest realizowana obróbka detalu, inny materiał itd.). Na każdym takim stanowisku badaniami

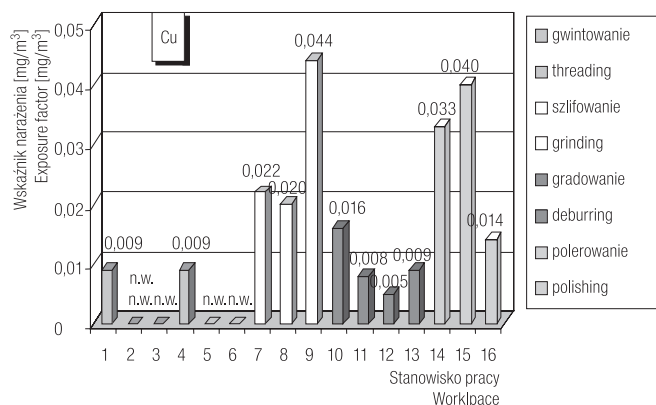
objęto po 2–3 pracowników (wykonujących takie same czynności, z użyciem tego samego urządzenia i na tym samym materiale). Przedstawione na wykresach wartości średnich ważonych w czasie stężeń (wskaźniki narażenia) są średnimi z pomiarów dla objętych badaniami na danym stanowisku pracowników. Należy jednak wskazać, że w obrębie jednego stanowiska w żadnym przypadku nie stwierdzono dużego rozrzutu oznaczonych stężeń poszczególnych metali — uzyskane wyniki były zbliżone.

Jak już wskazano, oznaczano również inne metale wchodzące w skład materiałów. Tylko jednak dla tych trzech metali uzyskano mierzalne wartości stężeń w badanym powietrzu. Obecności pozostałych w zasadzie nie stwierdzono, jedynie w kilku przypadkach występowały one w ilościach, które umownie można nazwać „śladowymi”.



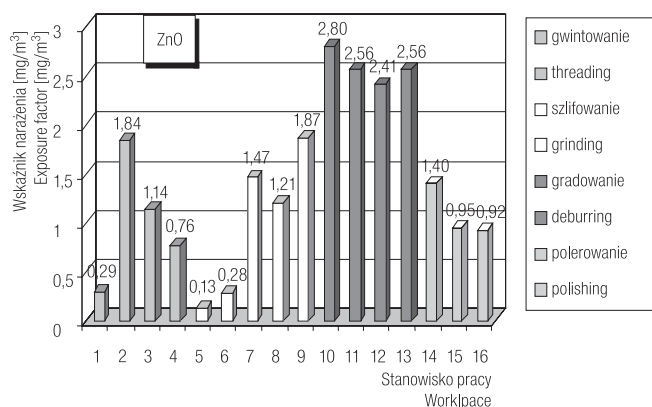
Ryc. 1. Narażenie na glin w procesach obróbki mechanicznej.

Fig. 1. Exposure to aluminium in mechanical processing.



Ryc. 2. Narażenie na miedź w procesach obróbki mechanicznej.

Fig. 2. Exposure to copper in mechanical processing.

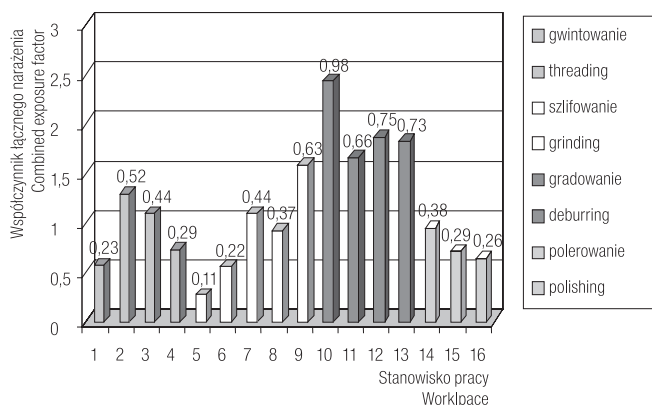


Ryc. 3. Narażenie na tlenek cynku w procesach obróbki mechanicznej.

Fig. 3. Exposure to zinc oxide in mechanical processing.

W tego rodzaju produkcji można mówić o „przypisaniu pracownika do miejsca”. Pracownik obsługuje bowiem określone urządzenie, np. tokarkę czy frezarkę, i wykonuje czynności zawodowe o jednorodnym charakterze. Oczywiście detal czy wyrób poddawany obróbce może się różnić zarówno pod względem kształtu, jak i materiału, ale wykonywane czynności mają przez całą zmianę roboczą taki sam charakter.

W procesach będących przedmiotem analizy, tak jak i w innych procesach, w których występują jednocześnie różne metale, należy rozważać łączne narażenie. W tabeli 1. przedstawiono wskaźniki (współczynniki) łącznego narażenia obliczone dla wartości średnich  $C_w^{sr}$  dla danego stanowiska, z uwzględnieniem trzech oznaczonych na każdym stanowisku metali, dla których oznaczone stężenia były na mierzalnym poziomie (jako suma ilorazów tych wartości i odpowiadających im war-



Ryc. 4. Narażenie łączne na metale w procesach obróbki mechanicznej.

Fig. 4. Combined exposure to metals in mechanical processing.

**Tabela 1.** Narażenie zawodowe w procesach obróbki mechanicznej  
**Table 1.** Occupational exposure in mechanical processing

Stanowisko pracy Workplace	Czynności Activities	Stop Alloy	Współczynnik łącznego narażenia Combined exposure factor	Krotność NDS MAC multiplicity		Krotność NDN MAC multiplicity
				pył całkowity total dust	pył respirabilny respirable dust	hałas noise
1		ZnAl	0,23	0,39	–	0,19
2	gwintowanie	ZnAl	0,52	0,44	–	0,11
3	threading	ZnAl	0,44	0,36	–	0,21
4		ZnAl	0,29	0,31	–	0,20
5		Ak-11	0,11	0,50	1,91	2,73
6	szlifowanie	Ak-11	0,22	0,48	1,86	1,63
7	grinding	Z-41	0,44	0,15	–	2,04
8		Z-41	0,37	0,26	–	0,91
9		Z-41	0,63	0,32	–	2,64
10		ZnAl	0,98	1,20	–	2,31
11	gradowanie	ZnAl	0,66	2,17	–	5,29
12	deburring	ZnAl	0,75	0,79	–	2,34
13		ZnAl	0,73	0,71	–	2,24
14	polerowanie	Z-41	0,38	0,52	–	0,91
15	polishing	Z-41	0,29	0,44	–	0,91
16		Z-41	0,26	0,97	2,30	0,93

tości NDS). Łączną ocenę narażenia na metale przedstawiono również na rycinie 4.

W tabeli 1. dodatkowo zamieszczono wyniki pomiarów stężeń pyłów zawierających wolną krystaliczną krzemionkę oraz natężenia hałasu. Celem takiego zestawienia wyników nie była próba znalezienia korelacji między różnymi rodzajami zagrożeń, a jedynie próba wskazania, jakie zagrożenia na stanowiskach typowej obróbki mechanicznej są istotne.

Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe na większości stanowisk była mniejsza niż 2%, a jedynie na 3 stanowiskach wyższa niż 2% (w zakresie 2–50%). Ponieważ w polskich przepisach nie ma podanej wartości normatywu higienicznego dla pyłu respirabilnego w przypadku pyłów o zawartości wolnej krystalicznej krzemionki mniejszej niż 2%, frakcję respirabilną oznaczano jedynie dla tych trzech stanowisk.

Przeprowadzona tu ocena narażenia na cynk została odniesiona do tlenku cynku. W przepisach krajowych

nie ma bowiem wartości NDS dla cynku, a wartość podana w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy dotyczy jedynie tlenku cynku (4). W powietrzu podczas obróbki mechanicznej detali należy się spodziewać raczej obecności cynku metalicznego, ale również jego związków, przy czym udział poszczególnych indywidualów w mieszaninie może zależeć od różnych czynników, może się też zmieniać w czasie prowadzenia procesu. Zastosowana metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej, powszechnie stosowana do pomiarów stężeń metali nie tylko w powietrzu, umożliwia oznaczanie sumarycznej zawartości metalu. Dlatego odniesienie uzyskanych wyników do NDS tlenku cynku jest pewnym przybliżeniem. Nie zmienia to jednak w istotny sposób wniosków z pomiarów. Tego problemu nie ma, gdy wartość NDS dotyczy określonego metalu i jego związków, w przeliczeniu na ten metal.

Dla miedzi i jej związków obowiązują w Polsce dwie wartości NDS. W powietrzu podczas obróbki mechanicznej występują pyły miedzi. Dlatego w dalszych rozważaniach przyjęto jako wartość odniesienia NDS pyłów tlenków —  $1 \text{ mg/m}^3$ .

### Próbki chwilowe (15-minutowe)

Wykonując pomiary na stanowiskach pracy, pobierano również próbki do oceny zgodności warunków pracy z najwyższymi dopuszczalnymi stężeniami chwilowymi (NDSCh). Próbki takie pobrano zgodnie z aktualnie obowiązującą definicją NDSCh (4), a więc pobierano po dwie próbki 15-minutowe w odstępie nie mniejszym niż 1 godzina. W pobranych próbkach oznaczano tylko cynk (w przeliczeniu na  $\text{ZnO}$ ) oraz miedź, a więc te czynniki, dla których w krajowych przepisach są podane wartości NDSCh. Dla glinu ani dla jego związków takich wartości nie ma.

## OMÓWIENIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, że główne metale stopowe, a więc w tym przypadku glin oraz cynk, mogą stanowić pewne zagrożenie na stanowiskach pracy objętych badaniami. Również miedź występuje w badanym powietrzu na mierzalnym poziomie. Nie stwierdzono natomiast w zasadzie w powietrzu obecności innych metali, które wchodziły w skład materiałów użytych do produkcji detali w bardzo małych ilościach — Fe, Pb, Ni i Cd.

Największe ilości cynku (w przeliczeniu na  $\text{ZnO}$ ) występują na stanowiskach gradowania, ale jedynie nieznacznie przewyższają one  $1/2$  wartości NDS substancji. Poziomy stężenia w różnych stanowiskach gradowania są zbliżone i wynoszą  $2,4\text{--}2,8 \text{ mg/m}^3$ . Dla pozostałych rodzajów stanowisk uzyskano dosyć duże różnice, np. dla stanowisk szlifowania —  $0,1\text{--}1,9 \text{ mg/m}^3$ . Poziomy stężenia tlenku cynku były jednak niższe niż  $1/2$  wartości NDS.

Narażenie na glin (pył całkowity) na wszystkich typach stanowisk jest zróżnicowane. Największe średnie stężenie ważone glinu oznaczono na stanowiskach gradowania, w jednym przypadku było ono zbliżone do wartości NDS i w jednym nieznacznie wyższe niż  $1/2$  tej wartości. W pozostałych przypadkach stężenia glinu zawarte były w zakresie od  $1/10$  do  $1/2$  wartości NDS.

Stwierdzono znikome narażenie na pyły związków miedzi. Na tych stanowiskach, na których miedź w ogóle oznaczono, stężenia miedzi stanowią

ułamki NDS — maksymalnie około  $1/25$  wartości dla pyłów tlenków.

W próbkach pobranych w celu przeprowadzenia oceny warunków pracy z NDSCh nie stwierdzono ani obecności cynku, ani miedzi.

Na stanowiskach obróbki mechanicznej wyrobów metalowych również narażenie łączne na metale nie jest duże. Na żadnym z objętych badaniami stanowisk wskaźnik łącznego narażenia na metale nie jest większy niż 1. Jedynie na jednym stanowisku gradowania jest prawie równy tej wartości i dla tego rodzaju stanowisk osiąga największe wartości. Na pozostałych stanowiskach, i w procesach, obliczone wskaźniki łącznego narażenia bardzo się różnią, ale nie są specjalnie wysokie, warunki pracy należy więc uznać za bezpieczne, nie można jednak powiedzieć, że narażenie na pyły metali (przynajmniej głównych metali stopowych) nie występuje.

Jak widać z wyników pomiarów przedstawionych w tabeli 1., wszystkie trzy analizowane czynniki — metale rozważane łącznie, hałas i pyły — są ważne. Poważny problem, w odniesieniu do niektórych procesów obróbki mechanicznej, co potwierdzają wstępne ustalenia (1), może stanowić hałas. Szczególnie na stanowiskach szlifowania i gradowania występują znaczne przekroczenia wartości NDN. Małe natężenie hałasu występuje jedynie przy gwintowaniu.

Stwierdzono również przekroczenia wartości NDS dla pyłu respirabilnego tam, gdzie była potrzeba jego oznaczania (3 stanowiska). Na 2 stanowiskach gradowania przekroczone były wartości NDS dla pyłu całkowitego (o zawartości wolnej krystalicznej krzemionki poniżej 2%).

Reasumując, można stwierdzić, że w procesach obróbki wyrobów metalowych występuje zróżnicowane narażenie na szkodliwe czynniki środowiska pracy — pyły metali, pyły zawierające wolną krystaliczną krzemionkę, oraz hałas. Najmniejsze zagrożenia są na stanowiskach gwintowania (tu nawet hałas nie stwarza problemu), największe zaś na stanowiskach gradowania. Wszystkie będące przedmiotem rozważań rodzaje zagrożeń są jednak istotne i należy je uwzględnić przy ocenie warunków pracy.

Do przeprowadzenia pełnej oceny narażenia na glin konieczne jest wykonanie również pomiarów stężeń frakcji respirabilnej glinu. Badania takie są obecnie wykonywane. Prowadzone są również pomiary stężeń mgły olejowej w powietrzu. Ten czynnik też występuje na niektórych stanowiskach obróbki mechanicznej wyrobów metalowych.

**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.: Narażenie zawodowe na metale i metaloidy oraz ich związki w procesach rafinacji metali ciężkich. *Med. Pr.* 2004;55(4):307–312
3. Gawęda E.: Metale i metaloidy oraz ich związki — metoda oznaczania. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2003;4(38):111–119
4. 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 (DzURP z 2002 r. nr 217, poz. 1833) oraz zm. z 10 października 2005 r. (DzURP z 2005 r. nr 212, poz. 1769)
5. PN-91/Z-04030/05: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową
6. PN-91/Z-04030/06: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową
7. PN-91/Z-04018/04: Ochrona czystości powietrza. Badania zawartości wolnej krystalicznej krzemionki. Oznaczanie wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe całkowitym i respirabilnym w obecności krzemianów na stanowiskach pracy metodą kolorymetryczną
8. PN-Z-04008-7:2002: Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników
9. PN-N-1307:1994: Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów