

Ivan Makhniashvili  
Małgorzata Szewczyńska  
Elżbieta Ekiert

## NARAŻENIE ZAWODOWE NA SUBSTANCJE RAKOTWÓRCZE W PROCESACH ODLEWNICZYCH ŻELIWA\*

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO CARCINOGENIC SUBSTANCES DURING IRON FOUNDRY PROCESSES

Z Zakładu Zagrożeń Chemicznych i Pyłowych

Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie

### STRESZCZENIE

**Wstęp.** W artykule przedstawiono wyniki oceny narażenia zawodowego na substancje o działaniu rakotwórczym w krajowych odlewniach żeliwa. **Materiał i metody.** Podstawą tej oceny były oznaczone stężenia wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), benzenu oraz formaldehydu. **Wyniki i wnioski.** Przeprowadzone badania wykazały, że pracownicy zatrudnieni na różnych etapach produkcji odlewów są narażeni na substancje rakotwórcze, przede wszystkim na stanowiskach zalewacza form oraz wybijacza odlewów. Tę grupę pracowników należy zaliczyć do grupy pracowników o zwiększonym ryzyku zawodowym i objąć specjalnym nadzorem. Med. Pr., 2006;57(2):133–138

Słowa kluczowe: odlewnictwo żeliwa, substancje rakotwórcze, WWA, ocena narażenia zawodowego, środowisko pracy

### ABSTRACT

**Background:** This article presents the results of an assessment of occupational exposure to carcinogenic compounds in workers of iron foundries. **Material and Methods:** The assessment was based on the determined concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), benzene and formaldehyde. **Results and Conclusions:** The investigation showed that workers engaged at different stages of the production of iron casts are exposed to carcinogenic substances. This is particularly true for casters of moulds and cast strikers. Med Pr 2006;57(2):133–8

Key words: iron foundries, carcinogenic compounds, PAH, occupational exposure assessment, working environment

Adres autorów: Czerniakowska 16,00-701 Warszawa, e-mail: iwmac@ciop.pl

Nadesłano:12.04.2005

Zatwierdzono: 2.02.2006

## WSTĘP

Odlewnictwo żeliwa jest to dział przemysłu metalurgicznego, który obejmuje między innymi wykonywanie rdzeni i form odlewniczych, topienie żeliwa i zalewanie form stopionym metalem oraz wybijanie odlewów z form, a następnie ich oczyszczanie. Różnorodność operacji i materiałów oraz specyficzne cechy procesu odlewania powodują, że często warunki pracy w poszczególnych oddziałach odlewni stanowią poważne zagrożenie. Pracownicy narażeni są na różnego rodzaju czynniki szkodliwe i niebezpieczne, między innymi na substancje chemiczne. Substancje te mogą być przyczyną chorób zawodowych.

Substancje chemiczne występują w powietrzu na wszystkich stanowiskach pracy, poczynając od transpor-

tu, przygotowania surowców i materiałów wyjściowych, a kończąc na stanowisku wybijania i oczyszczania odlewów, gdyż wydzielają się podczas procesów produkcji odlewów (1–7).

Podczas zalewania form, gdy temperatura roztopionego żeliwa wynosi około 1300–1500°C, materiały organiczne, które są składnikami masy formierskiej i rdzeniowej, ulegają rozkładowi i do powietrza uwalniane są różnego rodzaju szkodliwe substancje. Wśród substancji powstających w wyniku termicznego rozkładu największe zagrożenie powodują wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), które stanowią grupę związków o działaniu rakotwórczym – Kategoria 2 (6–8). Badania toksyczności mas formierskich i rdzeniowych pod względem emisji WWA wykazały, że związki te są emitowane podczas zalewania form z zastosowaniem 12 różnych mas stosowanych w odlewnictwie. Stwierdzono, że najwięcej WWA było emitowane z masy składającej się z bentonitu i pyłów węgla kamiennego. Na ilość emitowanych wie-

\* Praca wykonana w ramach Programu Wieloletniego „Dostosowanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”. Zadanie nr I-3.03 pt. „Identyfikacja i ocena zagrożeń czynnikami niebezpiecznymi i szkodliwymi w procesach odlewniczych żeliwa oraz opracowanie zaleceń do profilaktyki”. Kierownik zadania: mgr I. Makhniashvili.

**Tabela 1.** Charakterystyka badanych zakładów odlewniczych  
**Table 1.** Characteristic of the study iron foundries

Zakład Plant	Liczba zatrudnionych na produkcji No. of production workers	Rodzaj wykonywanych odlewów Kind of produced casts	Rodzaj procesu odlewniczego Type of iron founding processes
A	150	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ rury i kształtki bezkielichowe Pipe and pipe fittings without socket</li> <li>■ wpusty mostowe Bridge keys</li> <li>■ włazy Hatches</li> <li>■ skrzynki uliczne Street cases</li> </ul>	Linia automatyczne typu FKT oraz wykonanie odlewów ręcznie The FKT type automatic line and manual casts producing
B	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ odlewy do silników spalinowych Casts for compression-ignition engines</li> </ul>	Linia automatyczne typu FKT The FKT type automatic line
C	103	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ odlewy klocków hamulcowych dla taboru kolejowego Scotch block casts for rolling stock</li> <li>■ odlewy kanalizacyjne Sewage casts</li> <li>■ odlewy do maszyn rolniczych Casts for agricultural machines</li> <li>■ obciążniki do pralek i wind Sinker bars for washing machines and lifts</li> <li>■ odlewy maszynowe i piecowe Casts for machines and ovens</li> </ul>	Linie automatyczne typu FKT The FKT type automatic line
D	320	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ armatura przemysłowa Industrial armature</li> <li>■ odlewy maszyn i urządzeń rolniczych Casts for agricultural machines and equipments</li> <li>■ odlewy do przemysłu motoryzacyjnego Casts for motor industry</li> <li>■ galanteria odlewnicza Casting accessories</li> </ul>	Linie automatyczne typu FKT The FKT type automatic line
E	170	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ odlewy maszynowe Machine casts</li> <li>■ osprzęt maszyn i urządzeń rolniczych Accessories of agricultural machine and devices</li> <li>■ armatura wodociągowo-kanalizacyjna Water-supply and sewage armature</li> <li>■ odlewy ozdobne Decorative casts</li> </ul>	Linia automatyczne typu FKT The FKT type automatic line

lopierścieniowych węglowodorów aromatycznych ma duże znaczenie zawartość wody w pyłe węgla. Wilgotna masa formierska, zawierająca około 5% wody, emituje około trzykrotnie więcej WWA w porównaniu do takiej samej suchej masy (8). Wielkość emisji toksycznych ga-

zów i WWA zależy również od zawartości pyłu węgla kamiennego w masie i dlatego dodatek pyłu nie powinien przekraczać ustalonej, minimalnej ilości zapewniającej uzyskanie odlewów o wymaganej jakości powierzchni.

Liczne badania epidemiologiczne wskazują na występowanie zwiększonego ryzyka raka płuca i nowotworów przewodu pokarmowego, prostaty, nerek i układu hematologicznego wśród pracowników odlewni żeliwa. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) uznała, że istnieją wystarczające dowody działania rakotwórczego u ludzi zatrudnionych w odlewnictwie żeliwa i zalicza ten przemysł do grupy 1 – procesy rakotwórcze dla ludzi (9). Unia Europejska zalicza procesy technologiczne związane z narażeniem na działanie WWA obecnych w sadzy węglowej, smołach węglowych i pakach węglowych do procesów, w toku których dochodzi do uwolnienia czynników rakotwórczych lub mutagennych (10).

Celem przeprowadzonych badań była ocena narażenia zawodowego, na substancje chemiczne, pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa. Badaniem zastali objęci pracownicy zatrudnieni na stanowiskach wytapiania żeliwa, formierza maszynowego, obciążenia form, zalewacza form, wybijacza form, rdzeniarza maszynowego, rdzeniarza ręcznego w pięciu zakładach odlewniczych żeliwa (Zakłady A÷E), których charakterystykę przedstawiono w tabeli 1. Szczególnie istotne było ustalenie w jakich stężeniach występują w strefie oddychania pracowników, substancje rakotwórcze – benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz formaldehyd (11–12), które były zidentyfikowane w powietrzu na stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa.

## MATERIAŁ I METODY

### Pobieranie próbek powietrza

Próbki powietrza do badań pobierano bezpośrednio w strefie oddychania pracowników, stosując zasady dozymetrii indywidualnej (13). Substancje chemiczne emitowane do powietrza stanowisk pracy adsorbowano w rurkach pochłaniających wypełnionych węglem aktywnym o granulacji 0,7–1,0 mm oraz na filtrach z włókna szklanego firmy Whatman o średnicy porów 0,65 µm połączonych z rurkami pochłaniającymi OR-BO-43 firmy Supelco.

### Warunki analiz chromatograficznych

Oznaczanie benzenu zaadsorbowanego na węglu aktywnym przeprowadzono w następujących warunkach: chromatograf gazowy firmy Hewlett-Packard model

HP 6890 z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym oraz programem sterującym ChemiStation, kolumna kapilarna HP-1 o długości 50 m i średnicy wewnętrznej 0,32 mm wypełniona usieciowaną metylosilikonową żywicą o grubości filmu 0,52  $\mu\text{m}$ , temp. kolumny programowana 35°C/5 min/ $\Delta$ 5°C/min/140°C/1 min/ $\Delta$ 5°C/min/300°C, temperatura dozownika – 300°C, temperatura detektora – 300°C, przepływ helu przez kolumnę – 1,0 ml/min, dzielnik próbki – 5:1.

Oznaczalność metody przy pobraniu 50 l powietrza wynosiła 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

Oznaczanie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w pobranych próbkach powietrza oznaczano metodą HPLC (14) w następujących warunkach: chromatograf cieczowy firmy Gynkotek GINA 50 z detektorem fluorescencyjnym wyposażonym w oprogramowanie sterujące Chromeleon oraz autosampler, kolumna SUPELCOSIL™ LC-PAH (10 cm • 4,6 mm) z prekolumną, temperatura kolumny – 25°C; faza ruchoma acetonitryl : woda o składzie programowanym:

Czas min	Acetonitryl	Woda
0,0	50	50
5,0	50	50
25,0	100	0
30,0	100	0

przepływ fazy ruchomej – 2,5 ml/min, długość fali analitycznej detektora fluorescencyjnego programowana : wzbudzenie od 246 do 300 nm, emisja od 370 do 500 nm.

Najmniejsze ilości poszczególnych WWA, jakie można było oznaczać przy pobieraniu 720 l badanego powietrza, wynosiły 0,0001  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Warunki oznaczania formaldehydu: chromatograf cieczowy firmy Gynkotek GINA 50 z detektorem spektrofotometrycznym UVD 340U, oprogramowaniem sterującym oraz autosamplerem, kolumna stalowa ULTRA C18 5  $\mu\text{m}$  o długości 25 cm i średnicy wewnętrznej 4,6 mm, temperatura kolumny – 40°C, faza ruchoma – acetonitryl : tetrahydrofuran : woda o składzie programowanym:

Czas min	Acetonitryl	Tetrahydrofuran	Woda
0,0	30	20	50
15,0	65	5	30
20,0	65	5	30
25,0	30	20	50

przepływ fazy ruchomej – 1 ml/min, długość fali analitycznej – 365 nm.

Oznaczalność metody przy pobraniu 50 l powietrza wynosiła dla formaldehydu 0,001 mg/m<sup>3</sup>.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

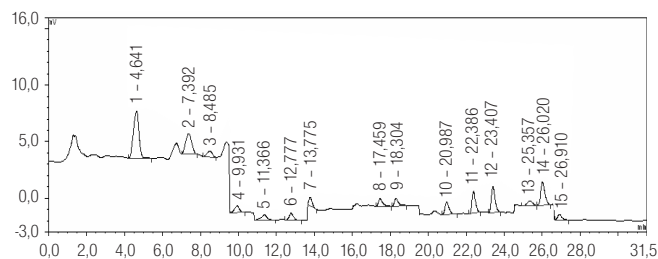
W celu oceny narażenia zawodowego na substancje rakotwórcze w odlewniach żeliwa przeprowadzono badania ilościowe benzenu (kat. 1), wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (kat. 2) oraz formaldehydu (kat. 3), które stanowiły grupę związków rakotwórczych wśród kilkudziesięciu zidentyfikowanych związków chemicznych.

Do oceny narażenia pracowników na WWA przeprowadzono pomiary dibenzo(a,h)antracenu, benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-c,d)pirenu, antracenu, benzo(g,h,i)perylenu i chryzenu, ponieważ dla tych 9. WWA została ustalona w przepisach krajowych wartość najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) – 0,002 mg/m<sup>3</sup>, jako suma iloczynów średnich stężeń ważonych poszczególnych WWA i odpowiednich wskaźników kancerogenności (15,16).

Formaldehyd wg „Wykazu substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem” oraz Rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie substancji, preparatów, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagennym (11,12) zaliczany jest do substancji rakotwórczych kategorii 3 – substancji, dla których nie ma wystarczających dowodów działania rakotwórczego dla ludzi, chociaż związek ten do nowelizacji wykazu zaliczany był do substancji prawdopodobnie rakotwórczych dla ludzi. Należy tu wspomnieć o tym, że formaldehyd wg Międzynarodowej Organizacji Badań nad Rakiem (IARC) zaliczany jest do grupy 1, tj. do substancji o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla ludzi.

Próbki powietrza do badań pobierano w strefie oddychania 156 pracowników wykonujących swoje czynności w halach odlewni (zakładów A–E). Stanowiska w odlewniach były wyposażone w systemy wentylacji mechanicznej ogólnej i miejscowej.

Wyniki pomiarów stężeń substancji rakotwórczych na badanych stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa oraz wartości uzyskanych wskaźników narażenia przedstawiono w tabeli 2, a na ryc. 1 typowy chromatogram mieszaniny WWA w próbce powietrza pobranej w strefie oddychania pracownika.



- |  |  |                                  |
|--|--|----------------------------------|
| 1 – Naftalen;<br>Naphthalene;                      | 2 – Acenaften;<br>Acenaphthene;                        | 3 – Fluoren;<br>Fluorene;        |
| 4 – Fenantren;<br>Phenanthrene;                    | 5 – Antracen;<br>Anthracene;                           | 6 – Fluoranten;<br>Fluoroantene; |
| 7 – Piren;<br>Pirene;                              | 8 – Benzo(a)antracen;<br>Benzo(a)anthracene;           | 9 – Chryzen;<br>Chrysene;        |
| 10 – Benzo(b)fluoranten;<br>Benzo(b)fluorantene;   | 11 – Benzo(k)fluoranten;<br>Benzo(k)fluorantene;       |                                  |
| 12 – Benzo(a)piren;<br>Benzo(a)pirene;             | 13 – Dibenzo(a,h)antracen;<br>Dibenzo(a,h)anthracene;  |                                  |
| 14 – Benzo(g,h,i)perylen;<br>Benzo(g,h,i)perilene; | 15 – Ideno(1,2,3-c,d)piren;<br>Ideno(1,2,3-c,d)pirene; |                                  |

Ryc. 1. Chromatogram próbki powietrza pobranej na filtrze z włókna szklanego i ORBO-43 na stanowisku wytapiacza.

Fig. 2. Chromatogram of air sample on glass fibre filter and ORBO-43 of iron melting operator.

Przeprowadzone badania wykazały, że benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz formaldehyd występowały na 42 z 52 objętych badaniami stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa. Związki te nie występowały w próbkach powietrza pobranych podczas wykańczania odlewów oraz ich malowania.

Wskaźniki narażenia – średnie stężenia ważone dla 126 pracowników odlewni obliczone na podstawie stężeń 9. WWA (dibenzo(a,h)antracenu, benzo(a)pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, indeno(1,2,3-c,d)pirenu, antracenu, benzo(g,h,i)perylenu, chryzenu) były w zakresie od 0,0008 do 0,29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

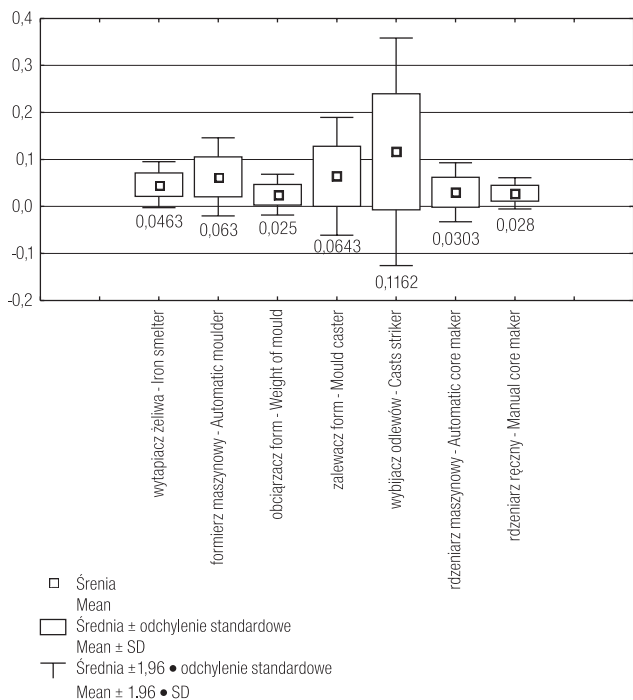
Maksymalny wskaźnik narażenia dla WWA odnotowano na stanowisku wybijacza odlewów w Zakładzie E i był na poziomie ok. 1/7 wartości NDS. Tylko w tym jednym przypadku wskaźnik narażenia dla WWA przekraczał wartość 1/10 NDS, w pozostałych próbkach powietrza stężenia były poniżej tej wartości. Natomiast po uśrednieniu wskaźników narażenia uzyskanych dla

Tabela 2. Narażenie zawodowe na substancje rakotwórcze pracowników odlewni żeliwa

Table. 2. Occupational exposure to carcinogenic compounds of iron foundries workers

Stanowisko pracy Workplace	Nazwa substancji Substance								
	WWA PAHs			Benzen Benzene			Formaldehyd Formaldehyde		
	Wskaźnik narażenia Exposure factor $c_w$ min-max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NDS MAC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Krotność NDS NDS MAC multiplicity min-max	Wskaźnik narażenia Exposure factor $c_w$ min-max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NDS MAC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Krotność NDS NDS MAC multiplicity min-max	Wskaźnik narażenia Exposure factor $c_w$ min-max $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NDS MAC $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Krotność NDS NDS MAC multiplicity min-max
Wytapiacz żeliwa Iron smelter	0,012–0,08	2*	0,006–0,04	0,002–0,51	1,6	0,0013–0,3	0,0029–0,02	0,5	0,006–0,04
Formierz maszynowy Automatic moulder	0,01–0,1		0,005–0,05	0,037–0,19		0,02–0,12	0,0039–0,04		0,008–0,08
Obciążacz form Weight of mould	0,008–0,05		0,004–0,025	0,048–0,21		0,03–0,13	0,004–0,008		0,008–0,016
Zalawacz form Mould caster	0,0027–0,15		0,0013–0,08	0,013–1,56		0,008–1	0,0037–0,07		0,008–0,14
Wybijacz odlewów Casts striker	0,005–0,29		0,0025–0,15	0,14–0,42		0,09–0,26	0,0038–0,04		0,008–0,08
Rdzeniarka maszynowa Automatic core maker	0,0008–0,09		0,0004–0,05	0,0051–0,13		0,003–0,08	0,008–0,037		0,016–0,074
Rdzeniarka ręczna Manual core maker	0,016–0,04		0,008–0,02	0,03–0,1		0,02–0,06	0,01–0,03		0,02–0,06

\* Suma iloczynów średnich stężeń ważonych poszczególnych 9 WWA i odpowiednich wskaźników kancerogenności (13,14);  
The sum of products of weighed average concentrations of individual PAHs and corresponding carcinogenic indices (13,14);  
WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne; NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie.  
PAHs – polycyclic aromatic hydrocarbons; MAC – Maximum Allowable Concentration.



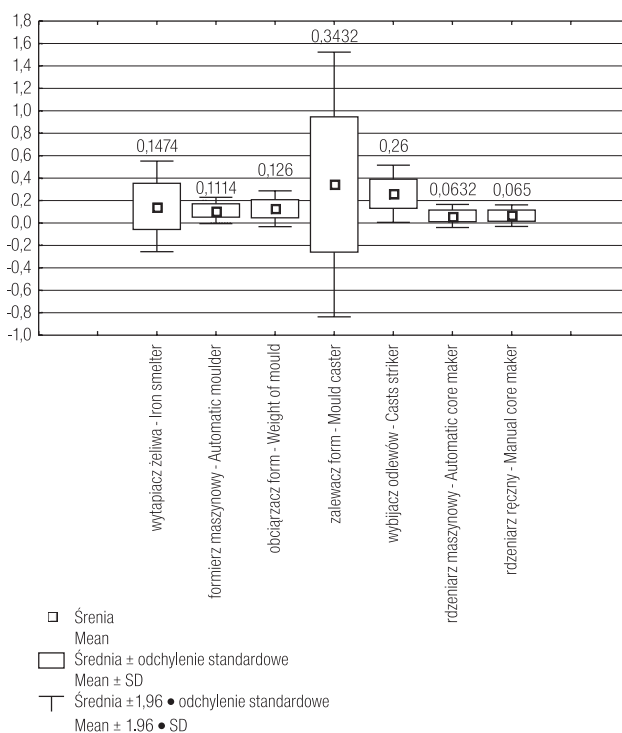
Ryc. 2. Średnie stężenia ważone WWA (µg/m³) na stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa.

Fig. 2. Weigh average concentration of PAHs (µg/m³) at workplace air in iron foundries.

danego typu stanowiska pracy w poszczególnych zakładach stwierdzono, że uzyskane wartości nie przekraczały 1/10 wartości NDS (ryc. 2), a dla stanowiska wybijaacza odlewów otrzymano największą wartość wskaźnika narażenia – 0,12 µg/m³.

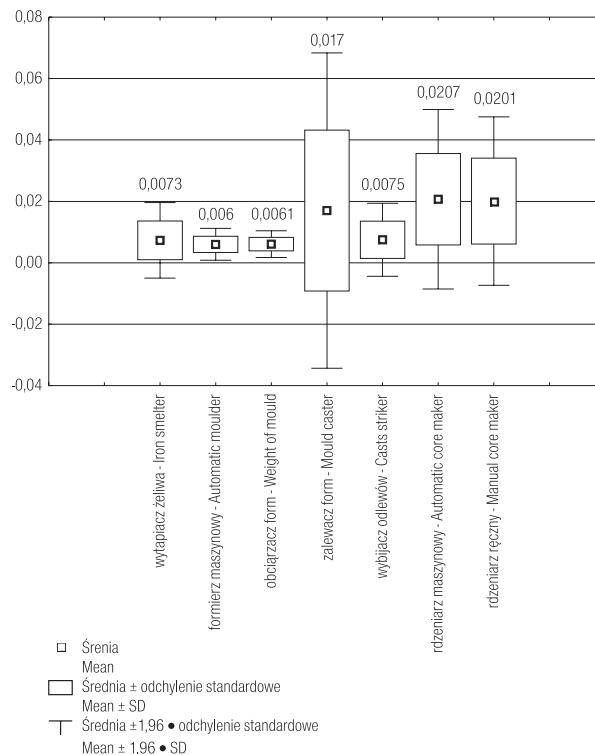
Maksymalne stężenie kolejnej substancji o działaniu rakotwórczym - benzenu wynosiło 1,56 mg/m³ na stanowisku zalewacza form w Zakładzie B (1 NDS). Zakres stężeń tego związku na stanowiskach zalewacza form wynosił od 0,013 mg/m³ do 1,56 mg/m³ (tab. 2). W sześciu przypadkach stwierdzono, że wskaźnik narażenia dla benzenu przekraczał 1/10 wartości NDS. Na stanowiskach wybijaaczy odlewów zaobserwowano najmniej rozrzut w uzyskanych stężeniach benzenu i były one w zakresie 0,14–0,42 mg/m³. Natomiast otrzymane uśrednione wyniki wskaźników narażenia wskazują, że na benzen najbardziej są narażeni pracownicy zatrudnieni na stanowiskach zalewania form oraz wybijania odlewów (ryc. 3).

Trzecim czynnikiem rakotwórczym (kat. 3), który występował na ok. 80% badanych stanowisk pracy był formaldehyd. Największą wartość wskaźnika narażenia dla formaldehydu uzyskano na stanowisku zalewacza odlewów w Zakładzie B i wynosiła ona 0,07 mg/m³, co stanowi około 1/7 wartości NDS. Natomiast na stanowisku rdzeniarsza maszynowego zaobserwowano naj-



Ryc 3. Średnie stężenia ważone benzenu (mg/m³) na stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa

Fig. 3. Weigh average concentration of benzene (mg/m³) at workplace air in iron foundries.



Ryc 4. Średnie stężenia ważone formaldehydu (mg/m³) na stanowiskach pracy w odlewniach żeliwa.

Fig. 4. Weigh average concentration of formaldehyde (mg/m³) at workplace air in iron foundries.

mniejszy rozrzut w uzyskanych stężeniach formaldehydu i były one w zakresie 0,013–0,037 mg/m<sup>3</sup>. Z kolei obliczone średnie wartości wskaźników narażenia dla danego stanowiska pracy w poszczególnych zakładach wskazują, że wartości te nie przekraczały 1/10 wartości NDS (ryc. 4), a dla stanowisk wytwarzania rdzeni maszynowo i ręcznie otrzymano największe wartości wskaźnika narażenia i wynosiły 0,02 mg/m<sup>3</sup>.

## WNIOSKI

Przedstawione wyniki badań substancji chemicznych w 5 krajowych odlewniach żeliwa wskazują, że pracownicy zatrudnieni na różnych etapach produkcji odlewów, przede wszystkim na stanowiskach zalewacza form oraz wybijacza odlewów, są narażeni na substancje rakotwórcze – benzen, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Z tego względu pracowników zatrudnionych w odlewniach żeliwa należy zaliczyć do grupy pracowników o zwiększonym ryzyku zawodowym i objąć specjalnym nadzorem, zgodnie z zaleceniami krajowych przepisów (12,17).

## PIŚMIENNICTWO

1. Knecht U., Elliehausen H. J., Weitowitz H. J.: Gaseous and adsorbed PAH in an iron foundry. *Br. J. Ind. Med.*, 1986;43:834–838
2. Mosher G.E.: Nickel and chromium exposure in foundries melting pouring alloy containing low or trace levels of nickel or chrome. *Am. Foundrymen's Soc. Trans.*, 1980;88:515–518
3. Renman L., Sangö C., Skarping G.: Determination of isocyanate and aromatic amine emission from thermally degraded polyurethanes in foundries. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1986;47:621–628
4. Tossavainen A.: Metal fumes in foundries. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1976;2 (Suppl. 1):42–49
5. Warren D. Jr., Dale F.S.: An industrial hygiene appraisal of triethylamine and dimethylethylamine exposure limits in the foundry industry. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1988;49(12):630–634
6. Schimberg R.W., Pfäffli P., Tossavainen A.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in foundries. *J. Toxicol. Environ. Health*, 1994;6:1187–1194
7. Verma D.K., Muir D.C.F., Cunliffe S., Julian J.A., Vogt J. H., Rosenfeld J., i wsp.: Polycyclic aromatic hydrocarbons in Ontario foundry environments. *Ann. Occup. Hyg.*, 1982;25:17–25
8. Solarski W., Zawada J., Lewandowski J.L.: Znaczenie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych dla oceny toksyczności mas formierskich. *Przeegl. Odlewnictwa*, 1994;7–8:234–239
9. IARC Monographs on the evaluation of carcinogen risk of chemicals to humans. International Agency for Research on Cancer, Lyon 1987;7:224–225
10. Dyrektywa Rady i Parlamentu Europejskiego 2004/37/WE z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie ochrony pracowników przed zagrożeniem dotyczącym narażenia na czynniki rakotwórcze lub mutagenne w pracy (szósta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy Rady 89/391/EWG) [cytowany 12 kwietnia 2005 r.]. Urząd Komitetu Integracji Europejskiej, Warszawa. Adres: <http://www1.ukie.gov.pl>
11. Wykaz substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem – załącznik do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. DzU 2003, nr 199, poz. 1948
12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 1 grudnia 2004 r. w sprawie substancji, preparatów, czynników lub procesów technologicznych o działaniu rakotwórczym lub mutagenym. DzU 2004, nr 280, poz. 2771
13. PN-Z-04008-7:2002/Az1:2004 Ochrona czystości powietrza – Pobieranie próbek – Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2004
14. Brzeźnicki S.: Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne – metoda oznaczania. *Podstawy Metody Oceny Środow.* Pr., 2000;3(25):95–102
15. Sapota A.: Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1998 [praca niepublikowana]
16. 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 2002, nr 217, poz. 1833
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2005 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2005, nr 73, poz. 645