

**BADANIA EMISJI PRODUKTÓW ZGAZOWANIA MODELU
STYROPIANOWEGO W TECHNOLOGII LOST FOAM W ASPEKCIE
ŚRODOWISKA PRACY**

**STUDYING THE EMISSION OF PRODUCTS FORMED DURING
EVAPORATION OF POLYSTYRENE PATTERNS IN THE LOST FOAM
PROCESS IN TERMS OF THE WORK ENVIRONMENT**

*Maria Żmudzińska, Janusz Faber, Katarzyna Perszewska, Zdzisław Żółkiewicz,
Zbigniew Maniowski*

Instytut Odlewnictwa, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków

Streszczenie

W artykule zaprezentowano aspekt ekologiczny technologii modeli zgazowywanych. Przedstawiono wyniki badań środowiskowych przeprowadzonych na stanowisku doświadczalnym zalewania form ciekłym metalem oraz wybijania odlewów w procesie lost foam. Określono wpływ technologii modeli zgazowywanych na środowisko pracy.

Słowa kluczowe: modele zgazowywane, technologia lost foam, środowisko pracy, NDS

Abstract

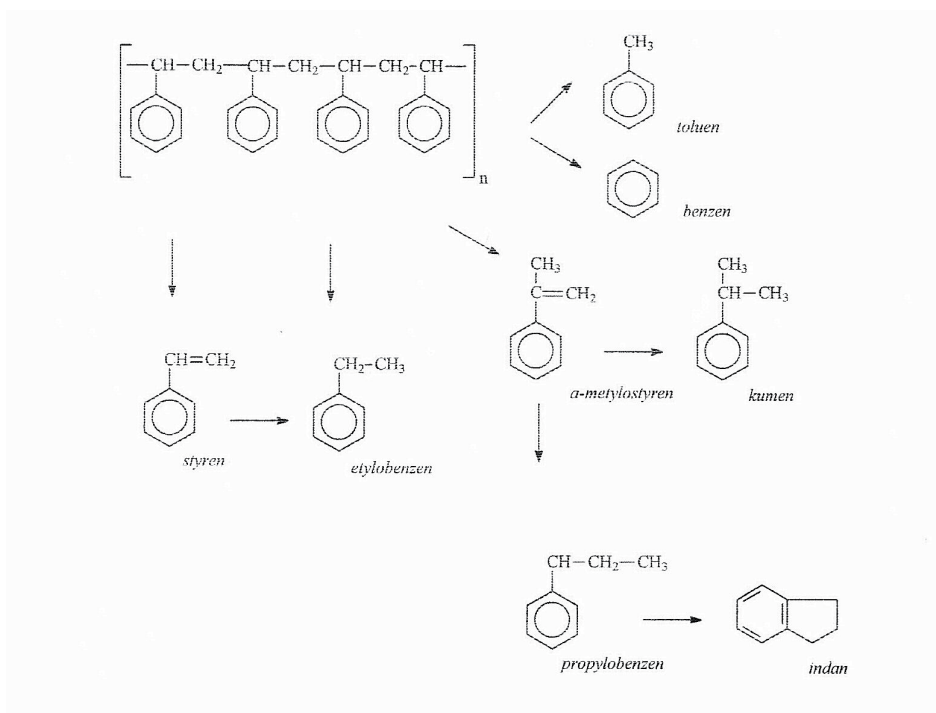
The article presents the ecological aspects of the lost foam technology. The results of environmental tests carried out on an experimental stand for pouring of moulds with liquid metal and knocking out of castings in the lost foam process were presented. The influence of the lost foam technology on the work environment was determined.

Keywords: lost foam patterns, lost foam technology, work environment, MAC

Wstęp

W procesie *lost foam* ciekły metal wlany do formy zgazowuje model styropianowy (polistyren spieniony), odtwarzając go doskonale w postaci odlewu. Produkty powstałe w wyniku destrukcji cieplnej modelu styropianowego przechodzą przez powłokę ogniotrwałą i piasek na zewnątrz formy.

Jednym z zasadniczych czynników, które wpływają na stopień rozkładu termicznego jest energia wiązań między atomami. Tworzywo ulega rozkładowi, jeżeli dostarczona jest odpowiednia energia, wystarczająca do rozerwania wiązań pomiędzy poszczególnymi atomami. O przebiegu rozkładu decyduje wielkość energii aktywacji polimeru, która dla polistyrenu wynosi 230 kJ/mol. Związek ten ulega degradacji termicznej począwszy od temperatury 350°C. Główne produkty rozpadu cząsteczki polistyrenu powstają na skutek pęknięcia wiązań C-C. Poniżej zamieszczono schemat możliwości rozpadu makrocząsteczki polistyrenu [1]:



Przeprowadzone badania wpływu temperatury, rodzaju atmosfery (azotu lub powietrza) oraz szybkości ogrzewania polistyrenu na jego rozkład termiczny [2] wykazały, że przebieg destrukcji tego związku w badanym zakresie temperatur (300–600°C) zależy od rodzaju atmosfery. Metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią masową zidentyfikowano 64 związki wydzielające się podczas tego procesu, przy czym w produktach rozkładu dominowały związki aromatyczne.

Badania własne

Badania przeprowadzone w Instytucie Odlewnictwa obejmowały określenie stężeń produktów zgazowania modelu styropianowego, emitowanych w procesie *lost foam* na stanowisku doświadczalnym podczas:

- zalewania formy ciekłym metalem,
- wybijania odlewów z form [3].

Przeprowadzono dwie serie badań. W I serii formy z modelem styropianowym zalewano ciekłym żeliwem (temp. zalewania: 1380°C), natomiast w II serii formy zalewano ciekłą stalą (temp. zalewania: 1450°C).

Metody badań (I i II seria)

Pobieranie próbek powietrza na ww. stanowisku dla oznaczenia stężeń wybranych związków chemicznych wydzielających się podczas zgazowywania modeli polistyrenowych oraz interpretację wyników badań przeprowadzono według Procedury TBO/001/02 i normy PN-Z-04008-7:2002 ze zmianą: PN-Z-04008-7:2002/Az1:2004 (oznaczanie benzenu, ksylenu, toluenu oraz styrenu) oraz zgodnie z wytycznymi J.P. Gromiec: „Pomiary i ocena stężeń czynników chemicznych i pyłów w środowisku pracy” (oznaczanie tlenku węgla) [4]. Do poboru próbek powietrza zastosowano aspiratory A-1 oraz miernik stężeń tlenku węgla MG-7. Próby powietrza pobrano w strefie oddychania pracowników obsługujących doświadczalne stanowisko zalewania form ciekłym metalem oraz wybijania odlewów.

Oznaczenie stężeń tlenku węgla wykonano metodą bezpośredniego odczytu, natomiast stężenia pozostałych związków chemicznych (benzenu, ksylenu, toluenu oraz styrenu) metodą spektrofotometryczną według polskich norm.

Podstawy prawne

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. [5] najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS) oraz najwyższe dopuszczalne stężenia chwilowe (NDSCh) dla oznaczanych związków chemicznych w środowisku pracy wynoszą:

benzen	NDS	1,6 mg/m ³
	NDSCh	--- mg/m ³
ksylen - mieszanina izomerów 1,2-; 1,3-; 1,4-	NDS	100 mg/m ³
	NDSCh	--- mg/m ³
toluen	NDS	100 mg/m ³
	NDSCh	200 mg/m ³
styren	NDS	50 mg/m ³
	NDSCh	200 mg/m ³
tlenek węgla	NDS	23 mg/m ³
	NDSCh	117 mg/m ³

Określenie wskaźników narażenia

Jako wyniki przeprowadzonych pomiarów stężeń związków chemicznych na badanym doświadczalnym stanowisku pracy podano wskaźniki narażenia, tj. górną GG_w i dolną DG_w granicę przedziałów ufności stężeń średnich ważonych, średnią ważoną średnich geometrycznych X_{gw} (dla 8 h pracy podano średnią geometryczną wyników oznaczeń X_g , górną GG i dolną DG granicę przedziału ufności dla średniej z wyników pomiarów) oraz wartości współczynników łącznego narażenia dla 8-godzinnej zmiany roboczej, przyjmując czas pracy na doświadczalnym stanowisku pomiarowym kolejno: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 godzin w ciągu zmiany roboczej. Obliczenia przeprowadzono dla przyjętych czasów pracy.

Wskaźnik narażenia GG_w - wskaźnik liczbowy charakteryzujący ekspozycję pracownika na substancję szkodliwą, obliczony na podstawie jej oznaczeń (stężeń) na stanowisku pracy, w celu porównania z wartością normatywu higienicznego (NDS). Wskaźnik ten obliczono według wzoru:

$$GG_w = \frac{GG \cdot t}{8}$$

t - czas trwania okresu pomiarowego (czas wykonywania prac na badanym doświadczalnym stanowisku pracy) w godz./zmianę,

GG - górna granica przedziału ufności dla średniej z wyników pomiarów.

Analogicznie obliczono wskaźnik DG_w (dolną granicę przedziału ufności stężeń średnich ważonych).

Stężenia chwilowe określono, pobierając dwie 15-minutowe próbki w okresie pomiarowym, w którym oczekiwano szczególnie wysokich stężeń oznaczanych substancji.

W związku z występowaniem na badanym doświadczalnym stanowisku pracy narażenia złożonego określono również współczynnik łącznego narażenia według wzoru:

$$\frac{GG_{w1}}{NDS_1} + \frac{GG_{w2}}{NDS_2} + \dots + \frac{GG_{wn}}{NDS_n} \leq 1$$

Obliczona wartość współczynnika łącznego narażenia nie powinna być większa od 1.

Wyniki badań podano w tabelach: 1, 2 (I seria) oraz w tabelach 3, 4 (II seria).

Tabela 1. Wyniki pomiarów środowiskowych na stanowisku doświadczalnym zalewania form żeliwem według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) – seria I

Table 1. The results of environmental measurements at the experimental stand for lost foam mould pouring with cast iron - Series I

Miejsce pomiarów	Czas pracy h/zm	Oznaczany związek chemiczny	Wskaźnik narażenia GG _w mg/m ³	Wskaźnik narażenia DG _w mg/m ³	NDS mg/m ³	Przekroczenie NDS	Stężenie chwilowe	NDSch	Przekroczenie NDSch	Współczynnik łącznego narażenia
Stanowisko doświadczalne zalewania form według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) - zalewanie modeli styropianowych żeliwem	a) 1 h b) 2 h c) 3 h d) 4 h e) 5 h f) 6 h g) 7 h h) 8 h	benzen	a. 2,0	a. 1,5	1,6	a. 1,3	16,00 14,00	--	---	a. 1,8 b. 3,4 c. 5,3 d. 7,0 e. 8,7 f. 10,5 g. 12,2 h. 13,9
			b. 3,9	b. 2,9		b. 2,4				
			c. 5,9	c. 4,4		c. 3,7				
			d. 7,9	d. 5,8		d. 4,9				
			e. 9,8	e. 7,3		e. 6,1				
			f. 11,8	f. 8,7		f. 7,4				
			g. 13,7	g. 10,2		g. 8,6				
			h. 15,7	h. 11,6		h. 9,8				
	ksylen	---	---	---	100	---	---	---	---	---
		a. 1,8	a. 1,3	a. ---	100	a. ---	14,00 12,00	200	---	a. 1,8 b. 3,4 c. 5,3 d. 7,0 e. 8,7 f. 10,5 g. 12,2 h. 13,9
		b. 3,7	b. 2,6	b. ---						
		c. 5,5	c. 3,9	c. ---						
d. 7,3	d. 5,2	d. ---								
e. 9,1	e. 6,5	e. ---	50	e. ---	7,5 7,5	200	---	a. 1,8 b. 3,4 c. 5,3 d. 7,0 e. 8,7 f. 10,5 g. 12,2 h. 13,9		
f. 11,0	f. 7,8	f. ---								
g. 12,8	g. 9,1	g. ---								
h. 14,6	h. 10,4	h. ---								
a. 1,0	a. 0,8	a. ---	23	a. ---	136,0 130,3	117	---	a. 1,8 b. 3,4 c. 5,3 d. 7,0 e. 8,7 f. 10,5 g. 12,2 h. 13,9		
b. 1,9	b. 1,5	b. ---								
c. 2,9	c. 2,3	c. ---								
d. 3,9	d. 3,1	d. ---								
e. 4,8	e. 3,8	e. ---								
f. 5,8	f. 4,6	f. ---								
g. 6,7	g. 5,3	g. ---								
h. 7,7	h. 6,1	h. ---								
a. 11,1	a. 8,1	a. ---	23	a. ---	136,0 130,3	117	---	a. 1,8 b. 3,4 c. 5,3 d. 7,0 e. 8,7 f. 10,5 g. 12,2 h. 13,9		
b. 22,1	b. 16,1	b. ---								
c. 33,2	c. 24,2	c. 1,4								
d. 44,2	d. 32,2	d. 1,9								
e. 55,3	e. 40,3	e. 2,4								
f. 66,3	f. 48,3	f. 2,9								
g. 77,4	g. 56,4	g. 3,4								
h. 88,4	h. 64,4	h. 3,8								
itenek węgla									1,2 1,1	

Tabela 2. Wyniki pomiarów środowiskowych na stanowisku doświadczalnym wybijania odlewów żelwnych wykonanych według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) – seria I

Table 2. The results of environmental measurements at the experimental stand for lost foam casting knocking out - Series I

Miejsce pomiarów	Czas pracy h/zm	Oznaczany związek chemiczny	Wskaźnik narażenia GG _w mg/m ³ DG _w mg/m ³	NDS mg/m ³	Przekroczenie NDS	Stężenie chwilowe	NDSCh	Przekroczenie NDSCh	Współczynnik łącznego narażenia	
Stanowisko doświadczalne wybijania odlewów wykonanych według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) - wybijanie odlewów z form	a. 1h b. 2h c. 3h d. 4h e. 5h f. 6h g. 7h h. 8h	benzen	i. 1,6	1,6	a. ---	12,0	---	---	a. 1,4	
			j. 3,2		b. 2,0					b. 2,7
			k. 4,7		c. 3,7					c. 4,0
			l. 6,3		d. 4,9					d. 5,4
			m. 7,9		e. 6,1					e. 6,8
			n. 9,5		f. 7,4					f. 8,2
	ksylen	100	o. 11,0	g. 8,6	g. 9,5					
			p. 12,6	h. 9,8	h. 10,8					
			---	---	---					
			a. 2,0	1. ---	1. 1,4					
			b. 3,9	2. ---	2. 2,7					
			c. 5,9	3. ---	3. 4,0					
	toluen	100	d. 7,9	d. 5,8	4. ---	4. 5,4				
			e. 9,8	e. 7,3	5. ---	5. 6,8				
			f. 11,8	f. 8,7	6. ---	6. 8,2				
			g. 13,7	g. 10,2	7. ---	7. 9,5				
			h. 15,7	h. 11,6	8. ---	8. 10,8				
			---	---	---					
	styren	50	a. 1,1	a. 0,7	a. ---	8,5				
			b. 2,2	b. 1,4	b. ---	8,0				
			c. 3,3	c. 2,1	c. ---	---				
			d. 4,4	d. 2,9	d. ---	---				
			e. 5,5	e. 3,6	e. ---	---				
			f. 6,6	f. 4,3	f. ---	---				
tlenek węgla	23	g. 7,7	g. 5,0	g. ---	---					
		h. 8,8	h. 5,7	h. ---	---					
		---	---	---						
		a. 7,6	a. 4,2	a. ---	83,8					
		b. 15,1	b. 8,4	b. ---	72,5					
		c. 22,7	c. 12,5	c. ---	---					
d. 30,3	d. 16,7	d. 1,3	---							
e. 37,8	e. 20,9	e. 1,6	---							
f. 45,4	f. 25,1	f. 2,0	---							
g. 52,9	g. 29,1	g. 2,3	---							
h. 60,5	h. 33,4	h. 2,6	---							

Tabela 3. Wyniki pomiarów środowiskowych na stanowisku doświadczalnym zalewania form stalwem według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) - seria II

Table 3. The results of environmental measurements at the experimental stand for lost foam mould pouring with cast steel - Series II

Miejsce pomiarów	Czas pracy h/zm	Oznaczone związki chemiczne	Wskaźnik narażenia GG _w mg/m ³	Wskaźnik narażenia DG _w mg/m ³	NDS mg/m ³	Przekroczenie NDS	Stężenie chwilowe	NDSCh	Przekroczenie NDSCh	Współczynnik łącznego narażenia	
Stanowisko doświadczalne zalewania form według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) - zalewanie modeli styropianowych stalwem	a. 1h b. 2h c. 3h d. 4h e. 5h f. 6h g. 7h h. 8h	benzen	a. 1,8	a. 1,5	1,6	a. 1,1	14,0	---	---	a. 1,3 b. 2,7 c. 4,1 d. 5,5 e. 6,8 f. 8,1 g. 9,6 h. 10,9	
			b. 3,7	b. 3,0		b. 2,3					
			c. 5,5	c. 4,4		c. 3,4					
			d. 7,3	d. 5,9		d. 4,6					
	e. 9,1	e. 7,4	e. 5,7	f. 6,8							
	f. 10,9	f. 8,9	f. 8,0	g. 9,1							
	g. 12,8	g. 10,3	g. 8,0	h. 9,1							
	h. 14,6	h. 1,8	h. 9,1	h. 9,1							
	---	---	100	---							
	toluen	a. 1,5	a. 1,2	a. ---	100	a. ---	12,0	---	200	---	a. 1,3 b. 2,7 c. 4,1 d. 5,5 e. 6,8 f. 8,1 g. 9,6 h. 10,9
		b. 3,1	a. 2,4	b. ---							
		c. 4,6	a. 3,6	c. ---							
d. 6,1		a. 4,8	d. ---								
e. 7,6	a. 5,9	e. ---	f. ---								
f. 9,2	a. 7,1	f. ---	g. ---								
g. 10,7	a. 8,3	g. ---	h. ---								
h. 12,2	a. 9,5	h. ---	h. ---								
a. 1,0	a. 0,9	a. ---	50	a. ---	7,5	---	200	---	a. 1,3 b. 2,7 c. 4,1 d. 5,5 e. 6,8 f. 8,1 g. 9,6 h. 10,9		
b. 2,0	b. 1,8	b. ---									
c. 3,0	c. 2,7	c. ---									
d. 4,0	d. 3,7	d. ---									
e. 4,9	e. 4,6	e. ---	f. ---								
f. 5,9	f. 5,5	f. ---	g. ---								
g. 6,9	g. 6,4	g. ---	h. ---								
h. 7,9	h. 7,3	h. ---	h. ---								
a. 4,4	a. 3,8	a. ---	23	a. ---	37,5	---	117	---	a. 1,3 b. 2,7 c. 4,1 d. 5,5 e. 6,8 f. 8,1 g. 9,6 h. 10,9		
b. 8,8	b. 7,7	b. ---									
c. 13,1	c. 11,5	c. ---									
d. 17,5	d. 15,4	d. ---									
e. 21,9	e. 19,2	e. ---	f. 1,1								
f. 26,3	f. 23,0	f. ---	g. 1,3								
g. 30,6	g. 26,9	g. ---	h. 1,5								
h. 35,0	h. 30,7	h. ---	h. ---								
tlenek węgla											

Tabela 4. Wyniki pomiarów środowiskowych na stanowisku doświadczalnym wybijania odlewów stalowych wykonanych wg technologii modeli zgazowywanych (lost foam) – seria II

Table 4. The results of environmental measurements at the experimental stand for lost foam casting knocking out - Series II

Miejsce pomiarów	Czas pracy h/zm	Oznaczany związek chemiczny	Wskaźnik narażenia GG _w mg/m ³	Wskaźnik narażenia DG _w mg/m ³	NDS mg/m ³	Przekroczenie NDS	Stężenie chwilowe	NDSCh	Przekroczenie NDSCh	Współczynnik łącznego narażenia
Stanowisko doświadczalne wybijania odlewów wykonanych według technologii modeli zgazowywanych (lost foam) - wybijanie odlewów z form	a. 1h b. 2h c. 3h d. 4h e. 5h f. 6h g. 7h h. 8h	benzen	a. 2,5	a. 2,0	1,6	1,6	20,0 18,0	---	---	a. 1,7 b. 3,3 c. 4,9 d. 6,7 e. 8,3 f. 10,1 g. 11,7 h. 13,4
			b. 5,0	b. 4,1		3,1				
			c. 7,4	c. 6,1		4,6				
			d. 9,9	d. 8,2		6,2				
			e. 12,4	e. 10,2		7,7				
			f. 14,9	f. 12,2		9,3				
			g. 17,3	g. 14,3		10,8				
			h. 19,8	h. 16,3		12,4				
	---	---	100	---	---					
	ksylen	a. 2,2	a. 1,6	100	a. ---	16,0 16,0	---	---	---	---
		b. 4,3	b. 3,2		b. ---					
		c. 6,5	c. 4,7		c. ---					
d. 8,6		d. 6,3	d. ---							
e. 10,8		e. 7,9	e. ---							
f. 12,9		f. 9,5	f. ---							
g. 15,1		g. 11,0	g. ---							
h. 17,2		h. 12,6	h. ---							
---	---	50	---	---						
styren	a. 1,2	a. 1,1	50	a. ---	9,5 9,0	---	---	---	---	
	b. 2,4	b. 2,2		b. ---						
	c. 3,5	c. 3,2		c. ---						
	d. 4,7	d. 4,3		d. ---						
	e. 5,9	e. 5,4		e. ---						
	f. 7,1	f. 6,5		f. ---						
	g. 8,2	g. 7,5		g. ---						
	h. 9,4	h. 8,6		h. ---						
---	---	23	---	---						
tlenek węgla	a. 1,9	a. 1,8	23	a. ---	17,5 16,3	---	---	---	---	
	b. 3,8	b. 3,5		b. ---						
	c. 5,7	c. 5,3		c. ---						
	d. 7,7	d. 7,1		d. ---						
	e. 9,6	e. 8,8		e. ---						
	f. 11,5	f. 10,6		f. ---						
	g. 13,4	g. 12,3		g. ---						
	h. 15,3	h. 14,1		h. ---						

Interpretacja wyników badań

Seria I:

- Na stanowisku zalewania form żeliwem według technologii zgazowywanych modeli stwierdzono przekroczenie NDS benzenu oraz NDS tlenu węgla dla przyjętego czasu pracy w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej. Dla pozostałych związków chemicznych tj. toluenu i styrenu nie stwierdzono przekroczeń wartości NDS. Natomiast zastosowaną metodą nie wykryto ksyłenu. Na stanowisku tym zostało przekroczone najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) tlenu węgla. Ponadto stwierdzono przekroczenie wartości współczynnika łącznego narażenia dla przyjętego czasu pracy.
- Na stanowisku wybijania odlewów z form stwierdzono przekroczenie NDS benzenu oraz NDS tlenu węgla dla przyjętego czasu pracy w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej. Dla pozostałych związków chemicznych, tj. toluenu i styrenu nie stwierdzono przekroczeń wartości NDS. Natomiast zastosowaną metodą nie wykryto ksyłenu. Stwierdzono również przekroczenie wartości współczynnika łącznego narażenia dla przyjętego czasu pracy. Najwyższe dopuszczalne stężenia (NDSCh) dla oznaczanych związków chemicznych nie były przekroczone.

Analiza wartości współczynnika łącznego narażenia w aspekcie wkładu każdej oznaczanej substancji pozwoliła stwierdzić, które związki chemiczne miały największy wpływ na jego wielkość. Dla badanego stanowiska doświadczalnego był to tlenek węgla.

Reasumując, na badanym stanowisku doświadczalnym: zalewania form oraz wybijania odlewów według technologii modeli zgazowywanych stwierdzono przekroczenie NDS benzenu i tlenu węgla oraz łącznego narażenia.

Seria II:

- Na stanowisku zalewania form staliwem według technologii zgazowywanych modeli stwierdzono przekroczenie NDS benzenu oraz NDS tlenu węgla dla przyjętego czasu pracy w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej. Dla pozostałych związków chemicznych tj. toluenu i styrenu nie stwierdzono przekroczeń wartości NDS. Natomiast zastosowaną metodą nie wykryto ksyłenu. Na stanowisku tym nie zostało przekroczone najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) dla żadnego z oznaczanych związków chemicznych. Przekroczona została natomiast wartość współczynnika łącznego narażenia dla przyjętego czasu pracy.
- Na stanowisku wybijania odlewów z form stwierdzono przekroczenie NDS benzenu dla przyjętego czasu pracy w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej. Dla toluenu, styrenu i tlenu węgla nie stwierdzono przekroczeń wartości NDS. Na tym stanowisku nie wykryto zastosowaną metodą obecności ksyłenu. Najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) nie zostało przekroczone dla oznaczanych związków chemicznych. Stwierdzono natomiast przekroczenie wartości współczynnika łącznego narażenia dla przyjętego czasu pracy.

Reasumując, na badanym stanowisku doświadczalnym wykonywania odlewów według technologii modeli zgazowywanych stwierdzono przekroczenie NDS benzenu i tlenu węgla oraz łącznego narażenia podczas zalewania form ciekłym metalem oraz wybijania odlewów. Obecność gazowych produktów rozkładu polistyrenu w powietrzu na stanowisku wybijania odlewów świadczy o częściowym gromadzeniu się tych związków w formie.

Podsumowanie

1. W procesie *lost foam* temperatura ciekłego metalu powoduje zgazowanie modelu styropianowego. Produkty powstałe w wyniku destrukcji cieplnej modelu styropianowego przechodzą przez powłokę ogniotrwałą i piasek na zewnątrz formy. Emitowane zanieczyszczenia mogą pogarszać jakość powietrza na stanowiskach pracy w odlewni.
2. W celu oceny technologii zgazowywanych modeli w aspekcie środowiska pracy przeprowadzono badania na stanowisku doświadczalnym podczas zalewania formy ciekłym metalem oraz wybijania odlewów.
3. Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników stwierdzono:
 - większe stężenia emitowanych związków chemicznych przy zalewaniu form ciekłym żeliwem (seria I) w odniesieniu do ich wartości w przypadku zalewania form ciekłą stalą,
 - mniejszą emisję zanieczyszczeń w trakcie wybijania odlewów żeliwnych niż podczas wybijania odlewów stalowych, z wyjątkiem tlenu węgla, którego stężenia były wyższe dla odlewów żeliwnych,
 - przekroczenie NDS benzenu i tlenu węgla oraz wartości łącznego narażenia podczas zalewania form ciekłym metalem oraz wybijania odlewów.
4. Benzen jest substancją toksyczną, rakotwórczą, uszkodza układ krwiotwórczy; tlenek węgla jest toksyczny, wiążąc się z hemoglobina krwinek hamuje oddychanie tkankowe. W technologii *lost foam* stanowisko zalewania form ciekłym metalem oraz wybijania odlewów powinno być wyposażone w skuteczną wentylację.

Podziękowania

Publikację opracowano na podstawie wyników realizacji projektu badawczego N N507 270736 pt.: „Wpływ własności materiałów modelowych i formierskich na przebieg procesu odlewania w metodzie modeli zgazowywanych” oraz projektu celowego: 69 2007 C/06941 pt.: „Opracowanie technologii i uruchamianie ekologicznej produkcji ciężkich odlewów ze stopów żelaza z wykorzystaniem modeli zgazowywanych”.

Literatura

1. Sokołowski J., Marczewski M., Rokicki G.: Recykling termiczno-katalityczny poliolefin i polistyrenu, www.mos.gov.pl/gz/big/2009_07.
2. Krauze M., Trzeszczyński J., Dziecioł M.: Wpływ temperatury i rodzaju atmosfery na rozkład termiczny polistyrenu, *Polimery*, 2003, T. 48, nr 10, s. 701–708.
3. Ocena ekologiczna procesu zalewania form oraz wybijania odlewów wg technologii modeli zgazowywanych – *lost foam*. Praca nauk.-bad., Instytut Odlewnictwa, 2008 (zł. 7206/08; zł. 7206/10).
4. Gromiec J.P.: Pomiary i ocena stężeń czynników chemicznych i pyłów w środowisku pracy. CIOP-PIB, Warszawa, 2004.
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. - Dziennik Ustaw Nr 217, poz.1833, zał. 1A oraz zmiany: Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 10 października 2005 r. – Dziennik Ustaw Nr 212, poz. 1769; Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 30 sierpnia 2007 r. - Dziennik Ustaw Nr 161, poz. 1142; Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 16 czerwca 2009 r. - Dziennik Ustaw Nr 105, poz. 873; Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 lipca 2010 r. – Dziennik Ustaw Nr 141, poz. 950.

