

Janusz GAJDA, Grzegorz PUCKA,  
Aleksander SMOLINSKI

Instytut Inżynierii Materiałowej

Jerzy BUŁA, Eugeniusz BEDNARSKI

F.O.C. Zawiercie

## BADANIA GAZOTWÓRCZOŚCI WYBRANYCH MAS FORMIERSKICH I RDZENIOWYCH

Streszczenie. W artykule opisano zaprojektowany i wykonany aparat do pośrednich badań gazotwórczości mas formierskich i rdzeniowych, eliminujący niedogodności dotychczasowych stosowanych metod. Przeprowadzone badania porównawcze pozwoliły na uszeregowanie mas ze spoiwami organicznymi i nieorganicznymi pod względem ich zdolności do wydzielania gazów.

### 1. Wprowadzenie

Podstawowym zjawiskiem występującym podczas zapełniania wnęki piaskowej formy ciekłym metalem jest bezpośrednie i pośrednie działanie strumienia metalu powodujące uderzenia, omywanie oraz napromieniowanie wnęki formy. Po zapełnieniu wnęki piaskowej formy odlewniczej ciekłym metalem pod wpływem nieustalanej wymiany ciepła zachodzi w niej kierunkowa zmiana wilgotności. Zmiana ta wpływa na przepływ par i gazów w formie. Skłonność masy do wydzielania gazów pod wpływem temperatury metalu jest związana ściśle z nią oraz z ilością i rodzajem materiałów ulegających rozkładowi termicznemu.

Ilość gazów oraz kinetyka ich wydzielania przy określonej przepuszczalności masy decydują o zdolności odprowadzania gazów przez formę. Przepływ gazów w piaskowych formach jest uwarunkowany szeregiem czynników. Poznanie zagadnień dotyczących charakteru wydzielania i przepływu gazów w formach odlewniczych stwarza możliwość opracowania technologii wykonania odlewów pozbawionych wad spowodowanych nadmierną gazotwórczością mas.

Dla określenia gazotwórczości mas formierskich i rdzeniowych powszechnie stosowane są dwie metody pomiaru:

- 1 - pośrednia: wykorzystująca jako źródło ciepła potrzebnego do nagrzania badanej masy elementy grzewcze pieca;
- 2 - bezpośrednia: wykorzystująca jako źródło ciepła do nagrzania badanej masy ciekły metal.

Większość metod przedstawionych w pracy [1] dotyczy badań gazotwórczości materiałów formierskich metodą pośrednią. Główną przyczyną wyboru tej metody w celu wyjaśnienia podstawowych procesów powstawania i wydzielania gazów jest jej prostota i łatwość prowadzenia badań. Jedną z metod określenia części lotnych w masach formierskich polega na wygrzaniu określonej naważki próbki w danej temperaturze i czasie w kontrolowanej atmosferze. Wskaźnikiem gazotwórczości w tej metodzie jest ubytek masy próbki.

Drugą grupą metod, które znalazły powszechne zastosowanie do oznaczania gazotwórczości przede wszystkim mas olejowych lub innych mas z dodatkiem substancji organicznych są metody polegające na wprowadzeniu próbki do nagrzanego komory pieca, którą następnie szczelnie zamyka się, a ilość wydzielonych gazów odmierza się za pomocą biurety. Ilość powstałych gazów w  $\text{cm}^3$  przeliczona na 1 g masy daje wskaźnik gazotwórczości.

Analizując poszczególne metody, daje się zauważyć niemożliwość porównania wskaźnika gazotwórczości.

Celowe wydaje się opracowanie takiej metody, która zapewniałaby określenie ilości wydzielonych gazów wraz z kinetyką wydzielania oraz analizą podstawowych składników gazu.

W Instytucie Inżynierii Materiałowej przeprowadzono badania na skalę laboratoryjną i półtechniczną aparatu spełniającego powyższe wymogi.

## 2. Aparat do badania gazotwórczości

Do badań zdolności wydzielania gazów z materiałów formierskich wraz z określeniem ich składu oraz kinetyki zastosowano aparat składający się z czterech zasadniczych części:

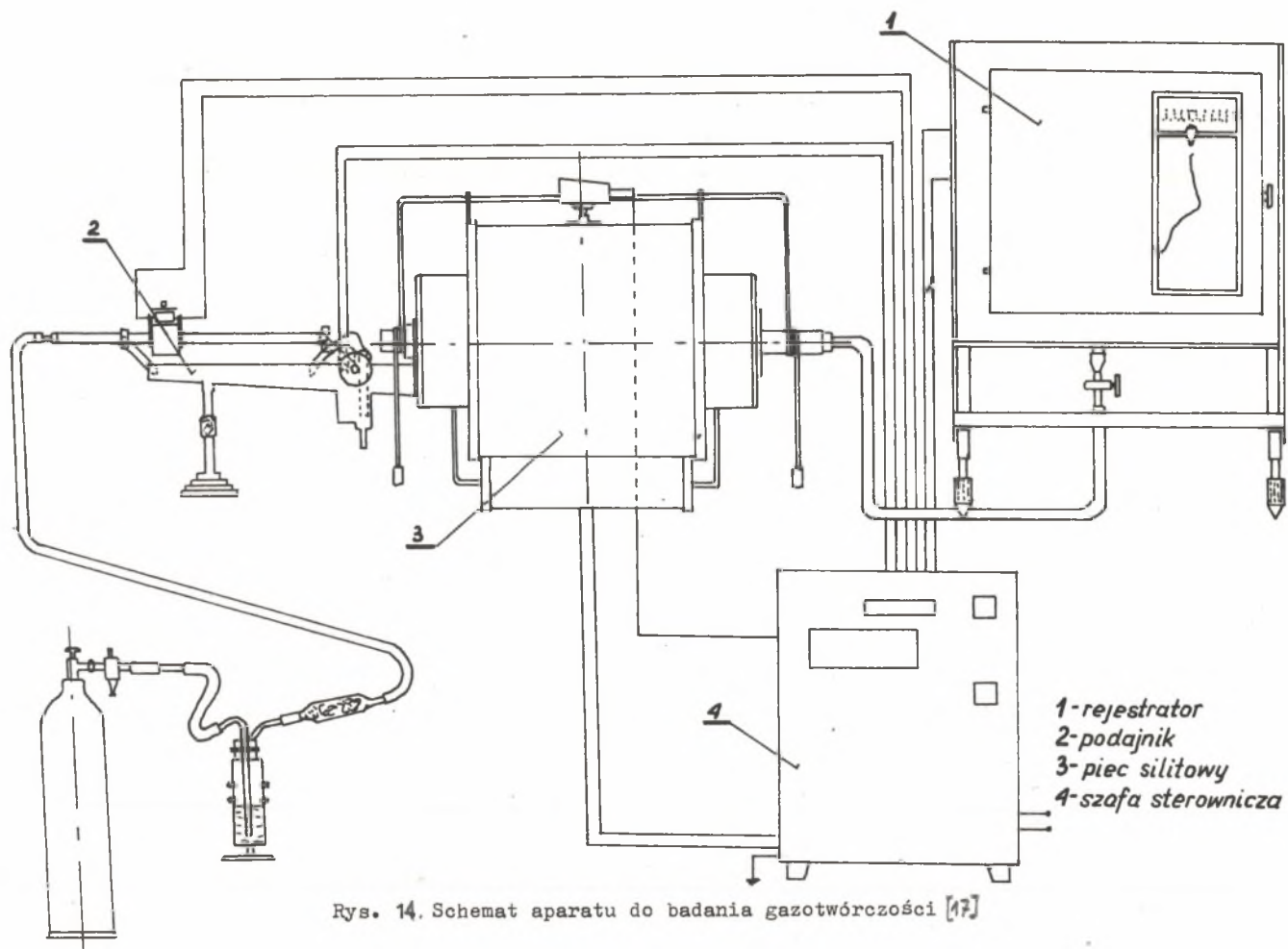
- 1) pieca do nagrzewania próbki typu PSR-1A z regulatorem temperatury;
- 2) rejestratora ilości i kinetyki wydzielanych gazów;
- 3) podajnika próbek;
- 4) analizatora gazu.

Schemat urządzenia przedstawiono na rys. 1.

Konstrukcję aparatu oparto na bazie pieca silitowego PSR-1A z rurą kwarcową o pojemności  $630 \text{ cm}^3$ . Próbki do strefy badań podawano w żaroodpornych metalowych rynienkach za pomocą podajnika elektromagnetycznego.

W celu wyeliminowania dotychczasowych niedogodności w rejestratorze ilości i kinetyki wydzielonych gazów w omawianym aparacie zastosowano zmodyfikowaną wagę pierścieniową typu PNR, która umożliwia ciągłą rejestrację badanych parametrów.

Po wzorcowaniu, sprawdzeniu szczelności aparatu i nagraniu do żądanej temperatury badania umieszczoną w rynienkach próbkę wkładano do rury kwarcowej, którą następnie uszczelniono. Pomiarów gazotwórczości dokonywano w atmosferze  $\text{CO}_2$ , którym przedmuchiowano cały układ pomiarowy. Przedtem wprowadzono próbki do strefy badań za pomocą podajnika elektromagnetycznego.



Rys. 14. Schemat aparatu do badania gazotwórczości [17]

Szybkość wydzielania się gazów z badanej próbki rejestrowana jest w sposób ciągły na taśmie o szybkości przesuwu 40 mm/min. Po uzyskaniu stałej wartości ciśnienia wydzielonych gazów można kierować je do analizatora gazów typu Orsata.

Omówiony aparat umożliwia badanie gazotwórczości wszystkich mas formierskich i rdzeniowych zarówno w stanie niezagęszczonym i zagęszczonym standardowo; maksymalna temperatura badania 1300°C.

### 3. Badania gazotwórczości mas formierskich i rdzeniowych

Aparat do badania gazotwórczości, którego opis i zasadę działania przedstawiono w poprzednim rozdziale wykorzystano do pomiarów ilości i kinetyki wydzielonych gazów z mas formierskich i rdzeniowych:

- 1 - CMS z żywicą moczniowo-formaldehydową 114,
- 2 - CMS ze szkłem wodnym,
- 3 - CMS z żywicą "KARBAFUR Z",
- 4 - termoutwardzalną kwarcową masą fosforanową.

Do badań używano próbek mas o wymiarach  $\varnothing$  20x30 mm. Ilość wydzielonych gazów odczytywano z taśmy rejestratora, wykorzystując do tego celu wykres wzorcowania urządzenia.

Najczęściej stosowanym miernikiem gazotwórczości jest objętość gazów ( $\text{cm}^3$ ), jaka wydzielili się z jednostki masy (g) badanego materiału. Taśma rejestracyjna wagi pierścieniowej wykorzystanej w aparacie ma równomierną podziałkę od 0 do 1 lub od 0 do 100%. Dlatego też postanowiono wycechować urządzenie w ten sposób, aby uzyskać zależność objętości wydzielonych gazów od wychylenia rejestratora. W pierwszej kolejności wykonano wykres zależności ciśnienia wyrażonego w mm  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{CO}_2$ , U-rurka) od położenia na podziałce procentowej aparatu; ciśnienie znamionowe aparatu - 20 mm  $\text{H}_2\text{O}$ . W dalszym ciągu wzorcowania postępowano w ten sposób, że zadawano kolejno różne ciśnienia dwutlenkowi węgla, rejestrowano zmiany położenia na taśmie rejestracyjnej, a następnie całą jego objętość kierowano do pochłaniacza, którym jest wodorotlenek wapnia  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . W wyniku reakcji:



wytrącał się węglan wapnia.

Po odparowaniu wody oznaczano ilość  $\text{CaCO}_3$ , co z kolei po wykorzystaniu powyższego równania stechiometrycznego pozwoliło na obliczenie ilości dwutlenku węgla. Do obliczenia objętości ilości dwutlenku węgla według zależności:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}$$

gdzie:

$V_1$  - objętość gazu ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{cm}^3$ ,

$G_1$  - masa gazu, g,

$\rho_1$  - gęstość gazu,  $\text{g/cm}^3$ ,

niezbędna jest znajomość gęstości  $\rho_1$  w temperaturze badania.

W tym celu wykorzystano równanie Clapeyrona, które po przekształceniach przybiera postać:

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot \frac{T_2 \cdot P_1}{T_1 \cdot P_2}$$

gdzie:

$\rho_1$  - gęstość gazu ( $\text{CO}_2$ ) w temperaturze badania  $T_1$  i ciśnieniu sumarycznym  $P_1$ ,

$\rho_2$  - gęstość gazu ( $\text{CO}_2$ ) = 0,001954  $\text{g/cm}^3$  w temperaturze  $T_2 = 50^\circ\text{C}$  i ciśnieniu  $P_2 = 1$  bar [3].

Ciśnienie sumaryczne  $P_1$  obliczono z zależności

$$P_1 = 9,807 \cdot p_w + p_{\text{atm}}$$

gdzie:

$p_w$  - ciśnienie gazu w czasie wzorcowania (dla danego punktu pomiarowego) w mm  $\text{H}_2\text{O}$ ,

$p_{\text{atm}}$  - ciśnienie atmosferyczne; w trakcie wzorcowania ciśnienie  $p_{\text{atm}}$  było stałe i wynosiło 730 mm Hg.

Temperatura gazu  $T$  w czasie wzorcowania była stała i wynosiła  $27^\circ\text{C}$ .

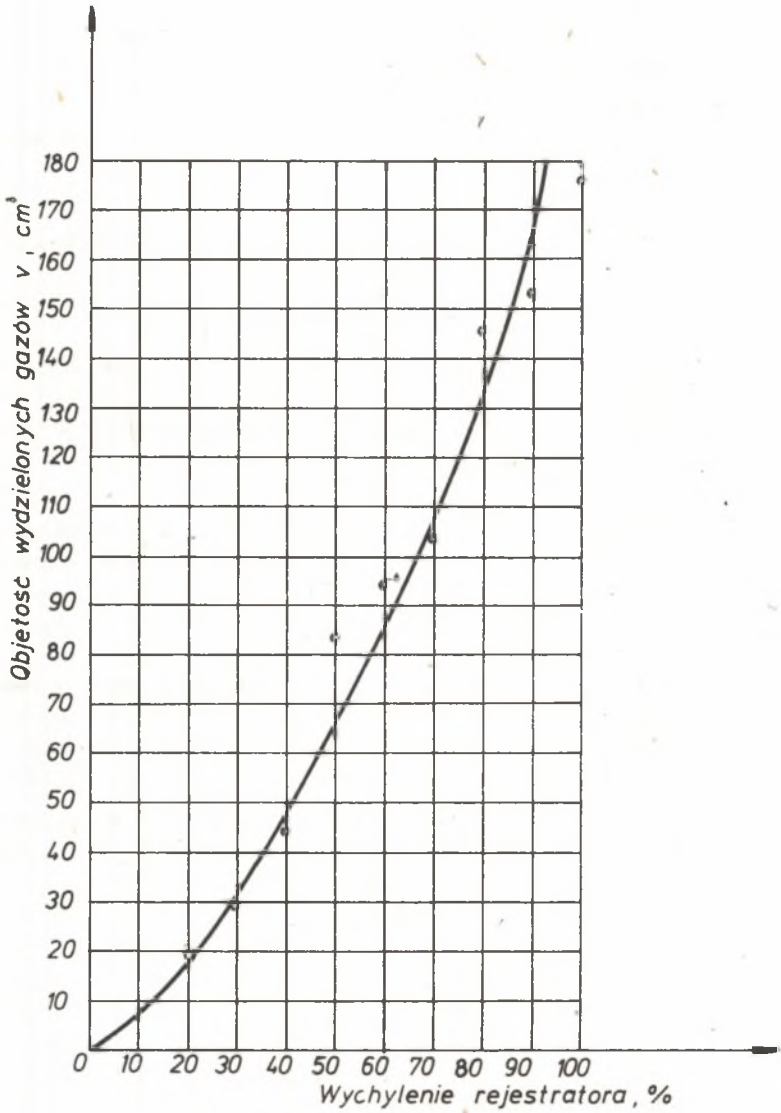
Po przyjęciu powyższych warunków wzór na gęstość gazu  $\rho_1$  w zależności od jego ciśnienia przybiera postać:

$$\rho_1 = K \cdot P_1$$

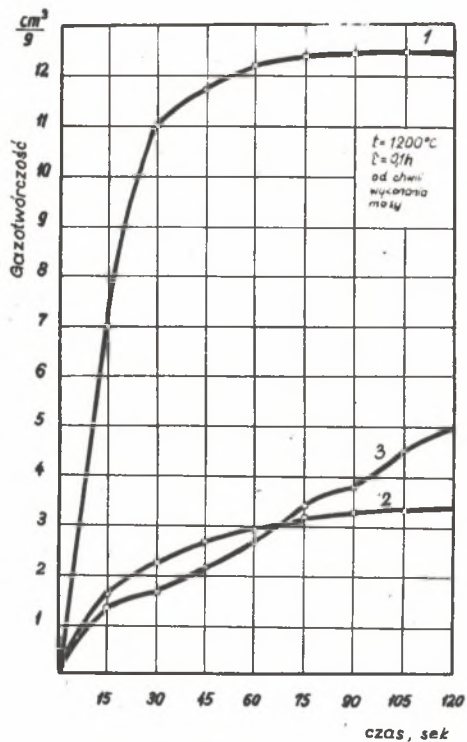
$$K = \rho_2 \cdot \frac{T_2}{T_1 \cdot P_2}$$

Znajomość ilości dwutlenku węgla  $G_1$  i jego gęstości  $\rho_1$  przy ciśnieniach zadanych od 0 do 20 mm  $\text{H}_2\text{O}$  pozwala na obliczenie objętości gazu w danych warunkach pomiarowych. Uzyskane w ten sposób punkty pomiarowe umożliwiły wykreślenie zależności objętości wydzielonych gazów w temperaturze  $27^\circ\text{C}$  od wychylenia rejestratora.

W tablicy 1 zamieszczono wyniki pomiarów i obliczeń w czasie wzorcowania, natomiast na rysunku 2 przedstawiono wykres wzorcowania aparatu. Wykres ten sporządzony jest dla następujących warunków: ciśnienie atmosferyczne

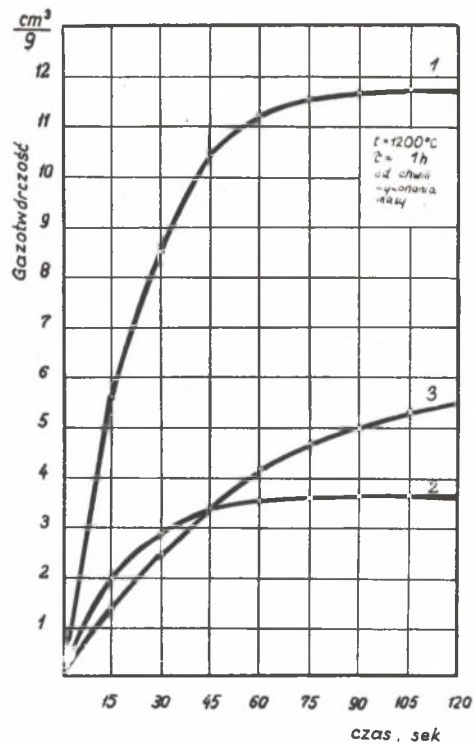


Rys. 2. Wykres wzorcowania aparatu



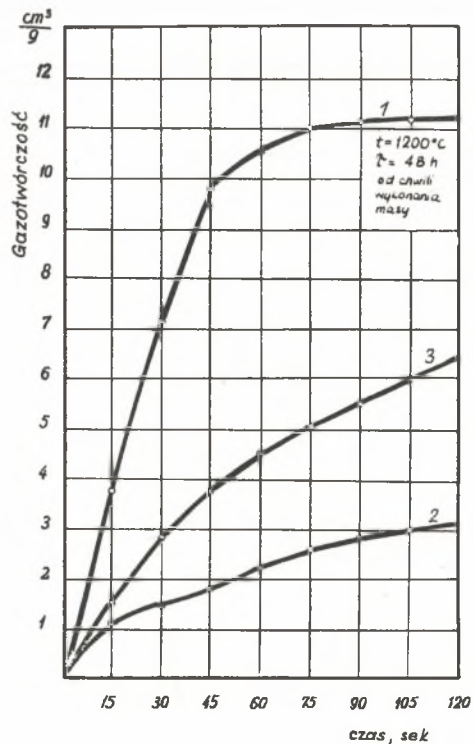
- 1 - CMS z żywicą mącznikowo-formaldehdową 1:4
- 2 - CMS ze szkłem wadnym
- 3 - SMS z żywicą „Karbafor Z”

Rys. 3. Kinetyka wydzielania gazów z mas formierskich w temperaturze 1200°C



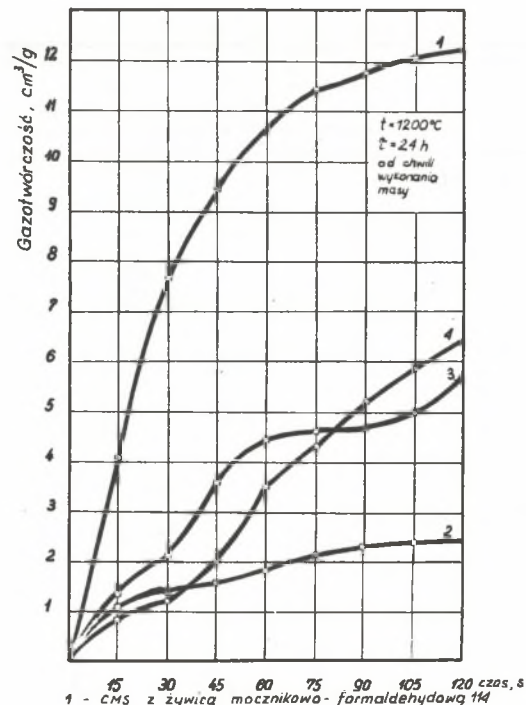
- 1- CMS z żywicą mącznikowo-formaldehdową 1:4
- 2- CMS ze szkłem wadnym
- 3- SMS z żywicą „Karbafor Z”

Rys. 4. Kinetyka wydzielania gazów z mas formierskich w temperaturze 1200°C



- 1 - CMS z żywicą mocznikowo-formaldehydową 114
- 2 - CMS ze szkłem wodnym
- 3 - SMS z żywicą „Karbafur Z”

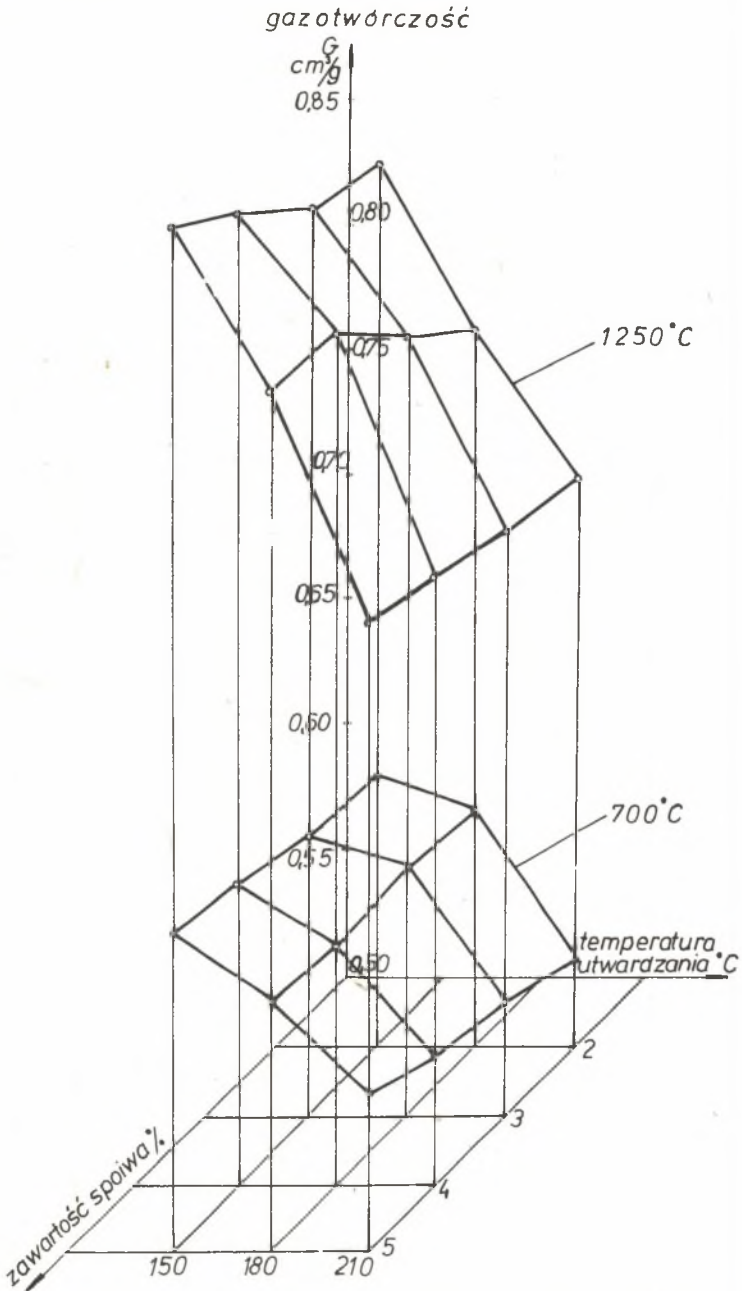
Rys. 5. Kinetyka wydzielania gazów z mas formierskich w temperaturze  $1200^{\circ}\text{C}$



- 1 - CMS z żywicą mocznikowo-formaldehydową 114
- 2 - CMS ze szkłem wodnym
- 3 - SMS z żywicą „Karbafur Z”
- 4 - masa syntetyczna gliniasta

Rys. 6. Kinetyka wydzielania gazów z mas formierskich w temperaturze  $1200^{\circ}\text{C}$





Rys. 7. Gazotwórczość mas kwarcowych wiązanych spoiwem fosforanowym glinowym stabilizowanym tlenkami chromu w zależności od zawartości spoiwa, temperatury utwardzania i temperatury badania

Tablica 1

## Wyniki pomiarów i obliczeń przy wzorcowaniu aparatu

Lp.	Wychył. reje-str. %	Ilość CaCO <sub>3</sub> g	Ilość CO <sub>2</sub> g	Gęstość gazu $Q_1 \cdot 10^3$ g/cm <sup>3</sup>	Ciśnienie sumaryczne p <sub>1</sub> bar	Objętość wydzielonych gazów (p <sub>atm</sub> = 760 mmHg, t = 27°C) cm <sup>3</sup>
1	100	0,81645	0,35924	2,051	0,97505	175,50
2	90	0,71905	0,31639	2,056	0,97491	153,88
3	80	0,67960	0,29902	2,057	0,97460	145,36
4	70	0,47720	0,20997	2,0569	0,97446	102,65
5	60	0,44015	0,19367	2,0563	0,97426	94,17
6	50	0,39000	0,17150	2,0554	0,97395	83,48
7	40	0,20560	0,09046	2,0537	0,97373	44,01
8	30	0,15730	0,06041	2,055	0,97353	29,34
9	20	0,09030	0,03972	2,054	0,97316	19,34

ryczne 730 mm Hg, temperatura 27°C. Wykonanie wykresów wzorcowania dla innych temperatur badania i innego ciśnienia atmosferycznego odbywa się również wg metody wyżej opisanej. Pomiar przerywano po upływie 120 s. Badania ilości i kinetyki wydzielanych gazów przeprowadzono w temperaturach: 700°C (stopy Al), 1000°C (stopy Cu) i 1250°C (stopy Fe). Wyniki pomiarów ilości i kinetyki wydzielonych gazów przedstawiono na rysunkach 3 do 7.

#### 4. Analiza wyników badań laboratoryjnych

Badania ilości i kinetyki wydzielanych gazów z przebadanych mas wykazały, że najniższą gazotwórczością charakteryzują się termoutwardzalne kwarcowe masy formierskie; całkowita ilość gazów wydzielonych z tych mas w temperaturze 1250°C przy zawartości spoiwa równej 4 cz.c. wynosi 0,841ml/g. W dalszej kolejności ze względu na ilość wydzielonych gazów w temperaturze 1200°C i po upływie 120 s znajdują się następujące masy: CMS ze szkłem wodnym, SMS z żywicą "KARBAFUR Z" oraz CMS z żywicą mocznikowo-formaldehydową 114. W odlewnictwie istotne znaczenie odgrywa ilość gazów wydzielonych w pierwszych 5 sekundach od momentu zalania formy ciekłym metalem; po upływie tego czasu skrzepnięta warstewka metalu stanowi barierę dla gazów wydzielanych z formy lub rdzenia i nie mogą one być źródłem zagazowania odlewu; przy bardzo ciężkich odlewach o grubych ściankach czas ten może być dłuższy. Po przyjęciu tego kryterium kolejność mas od najmniejszej gazotwórczości jest następująca: kwarcowa masa fosforanowa, SMS z ży-

wicią KARBAFUR Z, CMS ze szkłem wodnym, CMS z żywicą mocznikowo- formaldehydową 114.

Autorzy pracy [4] zamieścili wykres wydzielalności gazów z mas dla technologii SYNCOR, gorących rdzennic i formowania skorupowego. Ze względu na identyczny wskaźnik gazotwórczości ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) istnieje możliwość porównania gazotwórczości wszystkich mas. Pod względem gazotwórczości - licząc od najmniejszej - kolejność mas jest następująca:

- kwarcowa masa fosforanowa -  $0,85 \text{ cm}^3/\text{g}$
- CMS ze szkłem wodnym -  $3,70 \text{ cm}^3/\text{g}$
- SMS z żywicą "KARBAFUR Z" -  $6,50 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa ze spoiwem SYNCOR (4 cz.c) -  $7,50 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa z żywicą nowolakową KHD II -  $9,50 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa z żywicą FO-80 -  $10,50 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa ze spoiwem SYNCOR (5 cz.c.) -  $11,00 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa z żywicą karbafuryl G25 -  $11,50 \text{ cm}^3/\text{g}$
- masa z żywicą mocznikowo-formaldehydową 114 -  $12,50 \text{ cm}^3/\text{g}$ .

Badania gazotwórczości przeprowadzone na zaprojektowanym i wykonanym aparacie wykazały pełną jego przydatność w pośrednich badaniach gazotwórczości mas formierskich i rdzeniowych, m.in. przez wprowadzenie takich udogodnień jak elektromagnetyczne podawanie próbek do komory pieca, ciągła rejestracja ilości wydzielanych gazów w czasie.

#### LITERATURA

- [1] Miedwiediew J.I.: Gazy w litiejszej formie, Moskwa, 1965
- [2] Sakwa W., Wachelko T.: Teoria i praktyka technologii materiałów formierskich, Wyd. Śląsk, Katowice 1970
- [3] Głodo M.: Tablice i wykresy cieplne + przykładanie w jednostkach SI i tradycyjnych.
- [4] Harpuła J. i inni: Nowy sposób wykonywania rdzeni - technologia SYNCOR; Przegląd Odlewnictwa 1975, nr 3, s. 77.
- [5] Gierek A., Pucka G.: Termoutwardzalne kwarcowe masy rdzeniowe wiązane fosforanem glinu stabilizowanym tlenkami chromu. 42 Międzynarodowy Kongres Odlewników, Lizbona, 1975, ref. 15.

#### АППАРАТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОТВОРНОСТИ И ИТОГИ ИЗМЕРЕНИЯ ЕГО СВОЙСТВА ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### Р е з ю м е

В статье представлены применяемые до сих пор методы исследований газотворности в формовочных материалах, в дальнейшей части статьи представлена конструкция и принцип действия нового аппарата, в котором изъяты неудобства до сих пор применяемых методов. Измерения количества и кинетики выделяемых газов из восьми формовочных стержневых масс показали, что наименьшей га-

зотворностью характеризуются термоотвердительные кварцево-фосфатные массы а наибольшим жидкие самоотвердительные массы с мочевино-формальдегидной живицей.

#### THE GAS FORMING TESTING OF SELECTED MOULDING AND CORE MATERIALS

##### S u m m a r y

The hitherto applied testing methods of gaz forming of the moulding materials have been presented in the article. In the futher part of the article they presented the construction and principle of work of the new instrument in which all the previons drawbades of measuring methods have been eliminatted. The measure ment of quantity and kinetics of the evoluted gasen from eight moulding sands and core nands proved that the thermo-hardening quartz phosphate sands are characterized by the smallestgas forming, and the liquid self-curing sands with urea-formaldehyderesin are characterized by the greatest.