

Eugeniusz KRZEMIENIĆ

Instytut Inżynierii Materiałowej  
Politechnika Śląska

#### SPEROIDYZACJA ŻELIWA W FORMIE ODLEWNICZEJ

**Streszczenie.** Opisano wyniki badań otrzymywania grafitu kulkowego przez sferoidyzację żeliwa w formie odlewniczej. Grafit kulkowy otrzymano w próbkach odlewanych przy użyciu wkładek w postaci tulejek, wykonanych ze sferostopu Si i modyfikatora CaSi28 oraz szkła wodnego jako spoiwa wiążącego.

Amerykańska firma International Mechanite Metal Co, Limited opatentowała nowy sposób otrzymywania grafitu kulkowego w żeliwie, polegający na umieszczeniu magnezu, a ściślej odpowiednio rozdrobnionej zaprawy magnezowej w kanale doprowadzającym w formie. Jest to metoda "Inmold" [1, 2, 3].

Sferoidyzacja w formie zapewnia wysoki (80-100%) współczynnik wykorzystania magnezu, dzięki czemu znacznie można obniżyć dodatek sferoidyzatora, eliminację zjawiska desferoidyzacji i demodyfikacji, uniknięcie efektów pirotechnicznych i wydzielenia dymnych.

W publikacji [2] podano również, że uzyskano wyższe (średnio o 4 kg/mm<sup>2</sup>) wartości wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia (średnio o 2,8%) w żeliwie sferoidalnym wytworzonym metodą "Inmold" w stosunku do żeliwa otrzymanego metodą konwencjonalną.

Przy sferoidyzacji żeliwa w formie konieczne jednak jest zwrócenie uwagi na następujące niedogodności i wady:

- sferoidyzator musi rozpuszczać się szybko i równomiernie przez cały okres zalewania formy,
- pozostałość nierozpuszczonego stopu nie powinna przedostać się do odlewu,
- konieczność wytopienia żeliwa o bardzo niskiej zawartości siarki,
- konieczność daleko sięgającej stabilizacji procesu technologicznego.

Piaskowski [4], analizując zalety i wady metody "Inmold", rozważa możliwość wprowadzenia tego procesu do krajowych odlewni.

Oprócz trudności natury technologicznej autor podnosi sprawę ewentualnych zobowiązań finansowych w stosunku do amerykańskiej firmy, wynikłych z faktu, że metoda jest chroniona patentem.

Badania procesu modyfikacji żeliwa szarego i sferoidyzacji w formie, omijające zastrzeżenia patentowe, przeprowadziła firma Fiat [5]. Uzyskano

o wiele większy efekt sferoidyzacji w formie w zestawieniu z efektami sferoidyzacji w kadzi przy użyciu tych samych sferoidyzatorów.

#### BADANIA WŁASNE

Badania nad otrzymaniem żeliwa z grafitem kulkowym przez sferoidyzację w formie oparto na niskomagnezowych zaprawach oraz modyfikatorach, których skład chemiczny, temperaturę topnienia i gęstość podano w tablicy 1.

Tablica 1

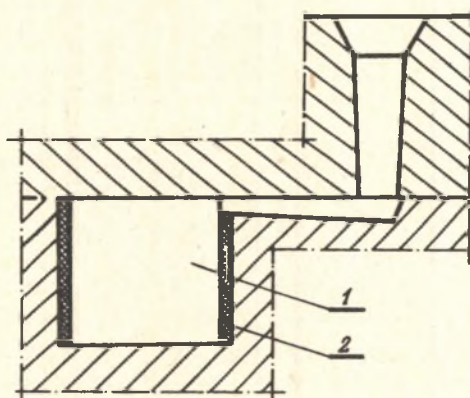
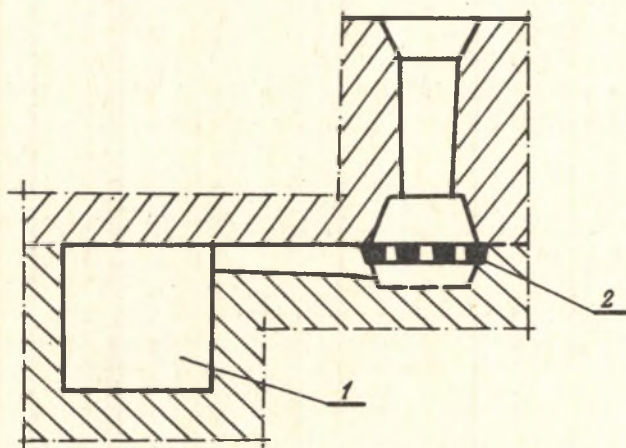
Skład chemiczny, temperatura topnienia i gęstość stosowanych zapraw magnezowych i modyfikatorów

| Rodzaj zaprawy<br>lub<br>modyfikatora | Zawartość w % |       |             |        |             |             |        | Temp.<br>topnienia<br>°C | Gęst.<br>g/cm <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------|-------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|--------------------------|----------------------------|
|                                       | Mg            | Si    | Ca          | Cu     | Si+Ca       | Al          | Fe     |                          |                            |
| FeSiMg5                               | 5             | 46    | -           | -      | -           | -           | Reszta | 950±1275                 | 4,3                        |
| Sferostop C1                          | 8±11          | -     | -           | Reszta | -           | -           | -      | ok. 740                  | 6,6                        |
| Sferostop S1                          | 9±12          | 40±47 | 0,5-2,5     | -      | -           | -           | Reszta | ok. 1000                 | 4,3                        |
| Żelazokrzem<br>Si75T                  | -             | 72±80 | max.<br>1,5 | -      | -           | max.<br>1,5 | Reszta | 1215±1315                | ok.<br>2,8                 |
| Wapniokrzem<br>SiCa28                 | -             | -     | min.<br>28  | -      | min.<br>0,0 | max.<br>2,5 | Reszta | 980±1200                 | ok.<br>2,5                 |

Tablica 2

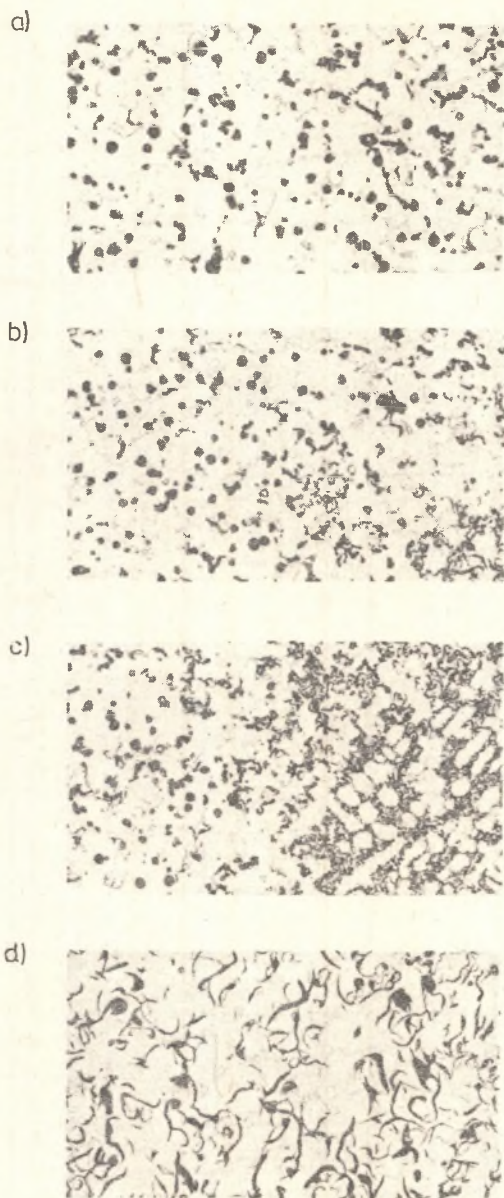
Procentowy skład wkładek

| Lp. | Zawartość w %     |                 |       |        |                |
|-----|-------------------|-----------------|-------|--------|----------------|
|     | SiMg <sub>5</sub> | Sferostop<br>S1 | Si75T | SiCa28 | Szkló<br>wodne |
| 1   | 98                | -               | -     | -      | 2              |
| 2   | 88                | -               | 10    | -      | 2              |
| 3   | 88                | -               | -     | 10     | 2              |
| 4   | 78                | -               | 10    | 10     | 2              |
| 5   | -                 | 98              | -     | -      | 2              |
| 6   | -                 | 88              | 10    | -      | 2              |
| 7   | -                 | 88              | -     | 10     | 2              |
| 8   | -                 | 78              | 10    | 10     | 2              |
| 9   | -                 | 68              | 15    | 15     | 2              |
| 10  | -                 | 58              | 20    | 20     | 2              |
| 11  | -                 | 48              | 25    | 25     | 2              |



Rys. 1. Schemat form odlewniczych z umiejscowioną wkładką lub rdzeniem sitkowym

1 - próbka, 2 - wkładka lub rdzeń sitkowy



Rys. 2. Zdjęcia mikrostruktur

a) grafit sferoidalny w osnowie ferrytycznej, traw. nitałem, pow. 100x,  
 b) w osnowie ferrytycznej wydzielienia grafitu sferoidalnego o różnym stopniu koagulacji, traw. nitałem, pow. 100x, c) w osnowie ferrytycznej widoczne wyraźne zróżnicowanie postaci grafitu w strefie przejściowej, traw. nitałem, pow. 100x, d) grafit o zróżnicowanej postaci i wielkości w osnowie ferrytycznej, traw. nitałem, pow. 100x

Badania przeprowadzono w 2 etapach.

Pierwszy etap obejmował próby, w których rozdrobnioną zaprawę magnezową z ewentualnym dodatkiem modyfikatora umieszczano w różnych miejscach formy odlewniczej. W przypadku stosowania zaprawy FeSiMg5 dodawano jej w ilościach 2,4 i 6%, natomiast sferostopów S1 i C1 dodawano w ilościach 1,2 i 3% łącznie z modyfikatorem Si75T lub SiCo28 w ilościach 0,2, 0,5 i 1%.

W drugim etapie z zapraw magnezowych i modyfikatorów wykonano specjalne wkładki, przy czym jako spoiwa wiążącego użyto 2% szkła wodnego o module 2,5 i gęstości 1,489 g/cm<sup>3</sup>.

Skład procentowy wkładek przedstawia tablica 2.

Wkładki w postaci tulejek lub rdzenia sitkowego usytuowywano w formie, jak pokazuje rysunek 1.

Żeliwo wytapiano w żeliwiaku  $\varnothing$  900 z zimnym dmuchem oraz w piecu indukcyjnym o częstotliwości 2500 Hz, kwaśnym wyłożeniu tygla i pojemności 100 kg. Żeliwo wytapiane w żeliwiaku odsiarczono elektronem w szczelnej kadzi do zawartości max. 0,02% S.

Skład chemiczny żeliwa wyjściowego utrzymywano w granicach:

- z żeliwiaka: 3,3±3,8% C; 1,8±2,8% Si; 0,4±0,5% Mn; do 0,05% P, 0,01±0,02% S
- z pieca indukcyjnego: 2,8±3,2% C; 2,8±3,4% Si; 0,1±0,2% Mn, do 0,05% P; max. 0,015% S.

Temperaturę zalewania (mierzone pirometrem optycznym) utrzymywano w zakresie 1360-1440°C.

Dla stwierdzenia postaci grafitu oraz struktury żeliwa z próbek wykonano zglądy, które po trawieniu Nitalem poddano obserwacjom na mikroskopie optycznym "Neophot" przy powiększeniu 100x. W wyniku prób objętych pierwszym etapem badań nie uzyskano grafitu kulkowego w żeliwie.

Grafit kulkowy otrzymano w próbkach odlanych przy użyciu wkładek w postaci tulejek wykonanych ze sferostopu S1 i modyfikatora CaSi28, przy czym najlepsze wyniki zapewniły wkładki o składzie 88% sferostopu S1 + 10% CaSi28 + 2% szkła wodnego (tabl. 2).

Grafit kulkowy występuje w próbkach na głębokości do około 4 mm od powierzchni, przy czym do około 2 mm kulkowa postać grafitu zajmuje do 100% jego objętości, natomiast w warstwie od 2-4 mm obok grafitu kulkowego pojawiają się inne postacie grafitu. W warstwie od około 6 mm od powierzchni nie stwierdzono występowania grafitu kulkowego. Zdjęcia mikrostruktur poszczególnych warstw próbki przedstawiają rysunki 2a-d.

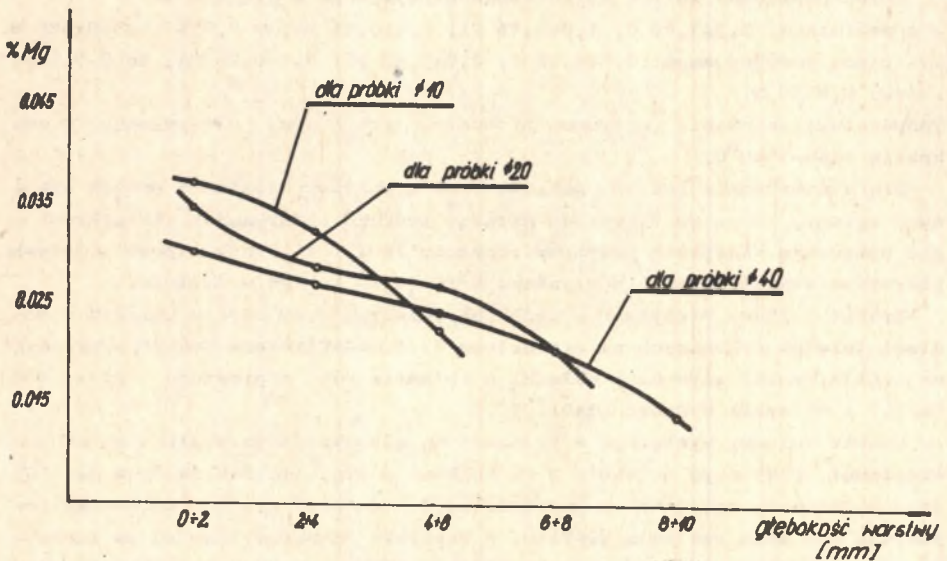
W celu wykazania czy reagujący z żeliwem magnez przechodzi do próbki w całym przekroju dokonano analizy chemicznej magnezu w warstwach 2 milimetrów od powierzchni w próbkach o  $\varnothing$  10, 20 i 40 mm.

Zawartość Mg w zależności od głębokości warstwy zestawiono w tablicy 3 oraz przedstawiono na rysunku 3. Rysunek ten potwierdza obserwacje przeprowadzone pod mikroskopem; ilość grafitu kulkowego maleje od powierzchni do środka próbki i podobnie zmniejsza się zawartość magnezu.

Tablica 3

## Zawartość Mg w poszczególnych warstwach próbki

| Średnica próbki (mm) | Głębokość warstwy w głęb próbki (mm) | Zawartość magnezu w % |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| 10                   | 0-2                                  | 0,038                 |
|                      | 2-4                                  | 0,033                 |
|                      | 4-6                                  | 0,022                 |
| 20                   | 0-2                                  | 0,035                 |
|                      | 2-4                                  | 0,029                 |
|                      | 4-6                                  | 0,027                 |
|                      | 6-8                                  | 0,021                 |
| 40                   | 0-2                                  | 0,031                 |
|                      | 2-4                                  | 0,028                 |
|                      | 4-6                                  | 0,025                 |
|                      | 6-8                                  | 0,021                 |
|                      | 8-10                                 | 0,015                 |



Rys. 3. Zawartość Mg w zależności od głębokości warstwy

## WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdza się, że:

- istnieje możliwość uzyskania grafitu kulkowego przy zastosowaniu wkładek wykonanych ze sferostopu S1 i modyfikatora CaSi, przy użyciu szkła wodnego jako materiału wiążącego,
- żeliwo przeznaczone do sferoidyzacji w formie winno zawierać poniżej 0,02% S, a zalewane nie powinno być poniżej 1360°C,
- otrzymane odlewy w formie prętów są ze względu na postać grafitu odlewami o warstwowej strukturze. Struktura taka może być korzystna w przypadku oszczędności maszyn, od których wymaga się zwiększonej odporności na ścieranie jej warstwy wierzchniej, przy jednocześnie odpowiedniej odporności na tłumienie drgań.

## LITERATURA

- [1] Inmold-Verfahren, Giesserei-Praxis, 1970, nr 2, s. 29.
- [2] Mc Caulay I.L.: Production of nodular-graphite iron castings by the Inmold Process. Foundry Trade Journal 1971, t. 130, nr 2836, s. 327.
- [3] Mannion G., Bunks C.M.: Experiences with the production of Mechanite nodular iron castings with the Inmold process. Foundry Trade Journal 1974, t. 137, nr 3009, s. 139.
- [4] Piaskowski J.: Nowa metoda produkcji żeliwa sferoidalnego (proces Inmold) i możliwości jej zastosowania w krajowych odlewniach. Przegląd odlewnictwa 1972, nr 12, s. 450.
- [5] Remondino M., Pilastro F., Natale E., Costa P., Peretti G.: Inoculation and spheroidizing treatments directly inside the mold. Mod.Casting 1974, t. 64, nr 10, s. 49.
- [6] Drabozek K.: Otrzymywanie żeliwa sferoidalnego przez sferoidyzację w formie odlewniczej. Praca dyplomowa prowadzona pod kierunkiem autora w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej, Katowice 1975.

## СТЕРЕОИДИЗАЦИЯ ЧУГУНА В ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ

## Резюме

В работе представлены результаты исследований получения шаровидного графита путем стереоидизации чугуна в литейной форме. Шаровидный графит был получен в образцах, отливаемых при помощи вставок в виде втулок, выполненных из стереосплава Si и модификатора CaSi<sub>28</sub>, а также жидкого стекла, выступающего в качестве вяжущего вещества.

## CAST IRON STEREOIDIZATION IN A CASTING MOULD

## S u m m a r y

The results of research on production of modular graphite by means of cast iron stereoidization in a casting mould were described. Modular graphite was produced in samples cast by means of mould plugs in form of bushings, made of sphereo-alloy S1 and CaSi28 modifier (inoculant) and water-glass as a binding material.