

## FILTRY MODYFIKUJĄCE DLA ŻELIWA SZAREGO I SFEROIDALNEGO

J. GAWROŃSKI<sup>1</sup>, J. SZAJNAR<sup>2</sup>, B. STACHOŃ<sup>3</sup>

Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, 44-100 Gliwice, ul. Towarowa 7

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań filtrów modyfikujących piankowych wbudowanych do układu wlewowego dla odlewni z żeliwa szarego i sferoidalnego. Materiał modyfikatora może być luźny- ziarnisty i znajduje się wówczas pomiędzy dwoma filtrami ceramicznymi, oraz jako pianka modyfikująca i znajduje się ona na filtrze ceramicznym. Wyniki wszechstronnych badań mechanicznych, metalograficznych i technologicznych wskazują na przydatność tego typu modyfikowania zwłaszcza odlewów cienkościennych.

*Key words: modifying foam filters, gray cast iron, ductile cast iron*

### 1. WPROWADZENIE

Jedną z głównych i najistotniejszych przyczyn pojawiania się wad w odlewach jest występowanie wtrąceń niemetalicznych, którymi są najczęściej cząstki żużla, elementy wyłożenia ogniotrwałego pieca, pozostałości topników, siarczki oraz tlenki.

Obecność w metalu tych zanieczyszczeń ma bardzo istotny wpływ na końcową jakość powierzchni odlewu, wady zewnętrzne, właściwości mechaniczne oraz skrawalność.

Sposoby zapobiegania wewnętrznym wtrąceniom niemetalicznym w odlewach, polegają nie tylko na odpowiednio prowadzonym procesie metalurgicznym i ulepszaniu technologii odlewniczych, ale przede wszystkim na możliwie jak najefektywniejszym usunięciu zanieczyszczeń, stosując w tym celu proces filtracji.

---

<sup>1</sup> prof. zw. dr inż., [sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl](mailto:sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl)

<sup>2</sup> dr hab. inż., [sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl](mailto:sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl)

<sup>3</sup> mgr inż., [sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl](mailto:sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl)

Obecnie na rynku istnieje szeroki wybór filtrów przeznaczonych do tego właśnie celu, różniących się między sobą kształtem, wymiarami a przede wszystkim zastosowaniem (filtry do żeliwa, stopów metali nieżelaznych itd.).

Celem pracy jest opracowanie rozwiązania umożliwiającego połączenie w jeden proces zabiegów modyfikowania i filtrowania ciekłego żeliwa, dotychczas wykonywanych oddzielnie. Służą ku temu systemy modyfikująco-filtrujące.

Wprowadzenie takiego rozwiązania pozwoli na uzyskanie całego szeregu korzyści, a między innymi:

- zmniejszeniem ilości braków, w głównej mierze spowodowanych nieprawidłową strukturą, lokalnymi zabieleniami itp.,
- poprawą właściwości wytrzymałościowych i plastycznych odlewów,
- wyeliminowaniem wad wewnętrznych i powierzchniowych odlewów wynikających z wtrąceń niemetalicznych,
- zmniejszeniem pracochłonności i uproszczeniu procesu technologicznego.

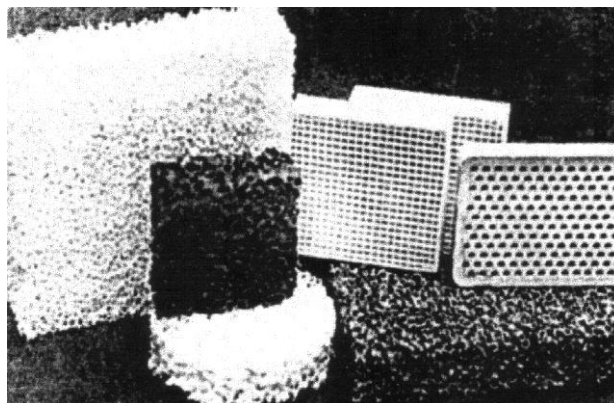
Pierwsze ceramiczne filtry piankowe wyprodukowano w 1977r. w USA. Początkowo używane one były tylko do produkcji wysokiej jakości odlewów ze stopów Al., stosowanych w przemyśle lotniczym. W miarę jak następował rozwój technologii wytwarzania filtrów, zaczęto je używać również do żeliwa szarego i sferoidalnego.

Dużą popularność zdobyły one w odlewniach produkujących odlewy dla przemysłu motoryzacyjnego. W przypadku produkcji odlewów ze staliwa, z uwagi na wysokie wartości temperatury zalewania, filtrowanie stosuje się dopiero od kilku lat. W wyniku reakcji pierwiastków żeliwa z fazą gazową otoczenia i z pierwiastkami gazowymi rozpuszczonymi w metalu tworzą się, poza gazami, CO i CO<sub>2</sub>- tlenkowe i azotkowe wtrącenia niemetaliczne, z których najważniejsze są: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, CeO, ZrN, TiN i AlN. W trakcie procesów odsiarczania, a szczególnie w procesie sferoidyzacji, tworzą się ponadto siarczki MnS, CaS, Na<sub>2</sub>S, MgS oraz CeS. Pomijając wtrącenia rozpuszczalne w ciekłym żelwie (FeO, MnO), pozostałe mogą się w odpowiednim stopniu samoczynnie eliminować z kąpeli metalowej, wypływając ku zwierciadłu kąpeli i przechodząc do żużla. Zjawisko wypływania wtrąceń niemetalicznych występuje również w metalu wypełniającym formę odlewniczą po jej wypełnieniu i w pierwszym okresie procesu krzepnięcia; można zatem wyeliminować z metalu jeszcze i w tym etapie określoną ilość wtrąceń, które gromadzą się pod górną powierzchnią odlewu i pod rdzeniami, skąd można je usuwać przez obróbkę mechaniczną odlewów.

Żeliwo sferoidalne jest narażone na zanieczyszczenie bardzo trudnymi do usunięcia błonkami krzemianów magnezu o dużej lepkości. Szczególną postacią wtrąceń w odlewach z żeliwa sferoidalnego są wydzielania siarczku magnezu MgS, będące głównym składnikiem, tzw. czarnych plam. Wtrącenia MgS mają małą gęstość w porównaniu z żelwem, co ułatwia ich wypływanie na powierzchnię kąpeli.

Istnieje wiele metod filtracji metali, jedną z nich jest metoda FIRAM polegająca na wprowadzeniu do układu wlewowego filtra z tkaniny żaroodpornej (z włókna szklanego, odpornego na wysoką temperaturę do 1450°C). Zwykle są to filtry podatne, rzadziej sztywne.

W USA firmy FOSECO i Corning Glass Works opracowały wspólnie filtry ceramiczne komórkowe w kształcie płytek z określoną liczbą otworów (zwykle 16 otworów na  $1\text{ cm}^2$ ) o różnej średnicy, przechodzących na wskroś (rys. 1). Znajdują one zastosowanie przede wszystkim przy filtracji żeliwa szarego sferoidalnego.



Rys. 1. Filtry komórkowe i piankowe  
Fig. 1. Cellular and foam filters

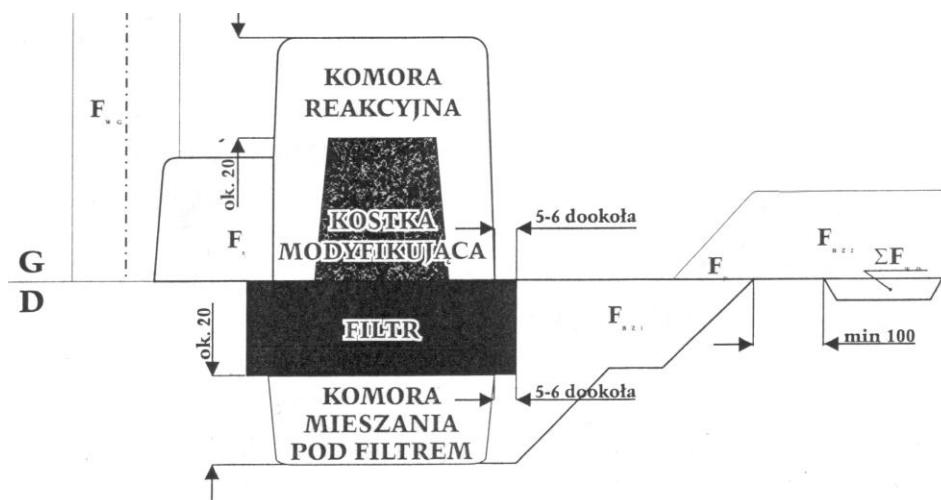
Innym rodzajem filtra, stosowanym do rafinowania ciekłego żeliwa, jest filtr piankowy (rys. 1), wykonany z żaroodpornego materiału ceramicznego, o bardzo dużej skuteczności działania. W przeciwieństwie do filtrów komórkowych, które nadają się do filtrowania głównie żeliwa sferoidalnego, filtry piankowe stosujemy przy filtracji wszystkich innych rodzajów żeliw. Poza usunięciem znacznej ilości wtrąceń niemetalicznych z ciekłego żeliwa i uzyskaniem dzięki temu znacznej poprawy właściwości wytrzymałościowych i plastycznych odlewów (zwłaszcza odlewów z żeliwa sferoidalnego) stosowanie filtrów pozwala na ograniczenie rozmiarów układu wlewowego (który wówczas spełnia jedynie rolę układu doprowadzającego metal do wnętrza formy). Zwiększa się dzięki temu uzysk dobrych odlewów; ponadto poprawia się skrawalność odlewów i zmniejsza się wskaźnik braków, ujawnianych podczas obróbki mechanicznej [2].

Połączenie modyfikowania i filtrowania w jedną operację ma na celu opracowanie i zbadanie skuteczności modyfikowania żeliwa w formie z zastosowaniem zespołu modyfikująco-filtrującego. FERRO-TERM proponuje do wykorzystania rozwiązanie umożliwiające połączenie tych właśnie zabiegów, dotychczas wykonywanych oddzielnie.

Służą temu piankowe filtry ceramiczne złączone trwale z kostką modyfikującą rys. 2 i rys. 3.



Rys. 2. Filtr ceramiczny piankowy z kostką modyfikującą  
Fig. 2. Ceramic foam filter with modifying cube



Rys. 3. Proponowany przez firmę FERRO-TERM układ wlewowy z zastosowanym systemem modyfikująco-filtrującym

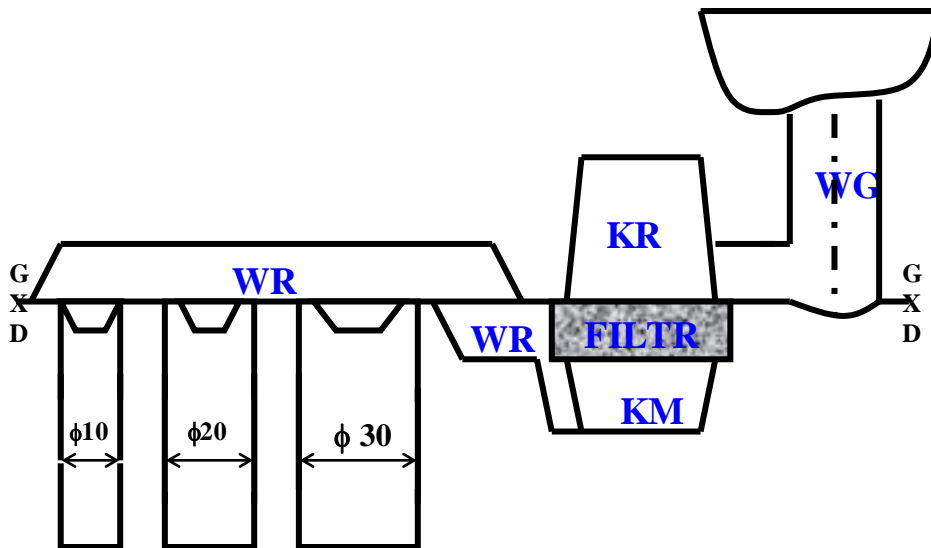
Fig. 3. Gating system with modifying elements proposed by FERRO – TERM

2. BADANIA WŁASNE

2.1. Propozycja nowych rodzajów filtrów modyfikujących

Obecnie w odlewnictwie wykorzystuje się szereg różnego rodzaju filtrów, w celu usunięcia wtrąceń niemetalicznych. Jednak niewielką grupę z nich stanowią filtry modyfikujące, których zadaniem jest nie tylko przefiltrowanie ciekłego metalu, ale również zmodyfikowanie.

Proponowane filtry (badane w Odlewni Teksid w Skoczowie) są nowością w odlewnictwie i mają za zadanie wstępne przefiltrowanie metalu przez górny filtr z następną modyfikacją w złożu luźnego modyfikatora, oraz ponowne przefiltrowanie zmodyfikowanego w sposób ciągły żeliwa, dla usunięcia z niego ewentualnych zanieczyszczeń żużlowych oraz błonek tlenkowych. Propozycja nowych filtrów usuwa niebezpieczeństwo odlekania się kostki kodyfikującej, zaś komora reakcyjna spełnia rolę zbiornika metalu z zapasem ciepła do wygrzania górnej części filtra ceramicznego. Dolna komora mieszania stabilizuje stężenie modyfikatora w żeliwie (rys. 4).



Rys. 4. Schemat układu wlewowego wraz z odlewami prętowymi

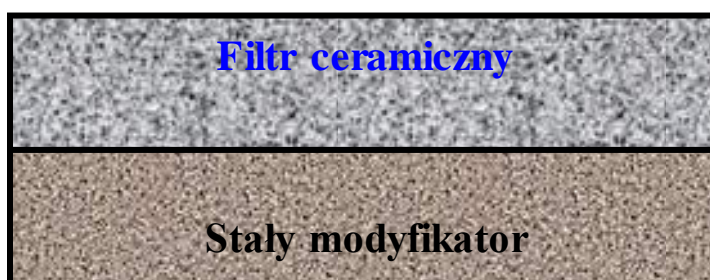
Fig. 4. Gating system diagram with rod castings

Poniżej przedstawiona jest propozycja nowych rodzajów filtrów modyfikujących:

1. Luźny modyfikator pomiędzy dwoma filtrami ceramicznymi.



2. Stały modyfikator jako pianka wraz z filtrem na górze lub na dole.



3. Stały modyfikator jako pianka pomiędzy dwoma ceramicznymi filtrami piankowymi.



Celem prowadzonych badań było sprawdzenie efektywności i skuteczności działania nowych zestawów filtrująco-modyfikujących, wykonanych z dwóch ceramicznych filtrów piankowych z luźnym pomiędzy nimi modyfikatorem (FeSi75).

Ze względu na brak firmowych filtrów z pustą przestrzenią na modyfikator lub sferoidyzator, zestawy takie wykonano z istniejących firmowych filtrów ciętych i klejonych, dla uzyskania żądanej objętości komory na luźne modyfikatory i sferoidyzatory.

Przygotowanie i wykonanie takiego zestawu filtrująco-modyfikującego polegało na:

- odpowiednim dobraniu porowatości filtra piankowego- w zależności od gatunku żeliwa, i tak: dla żeliwa szarego szczególnie zalecana jest porowatość filtra 10 ppi oraz 15 ppi (dopuszczalna jest również porowatość 20 ppi), natomiast dla żeliwa sferoidalnego - 10 ppi (dopuszczalna- 15 ppi),
- ustaleniu wymiarów ceramicznych filtrów piankowych, pomiędzy którymi zostanie umieszczony modyfikator- szczególnie pod kątem masy modyfikatora, (w przypadku żeliwa sferoidalnego- sferoidyzatora),
- stworzeniu pomiędzy dwoma filtrami wolnej przestrzeni na luźny modyfikator.

Próbki  $\phi 10$ ,  $\phi 20$  i  $\phi 30$  mm zalewano układem wlewowym pokazanym na rys. 4 wg następującej kolejności:

|                           | Modyfikator       |                 |                  |                   | Sferoidyzator     |
|---------------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                           | 0%                | 0,5%            | 1%               | 1,5%              | 5%                |
| <b>Żeliwo szare</b>       | Klin<br>HB<br>ATD | Klin<br>HB<br>- | Klein<br>HB<br>- | Klin<br>HB<br>ATD | -                 |
| <b>Żeliwo sferoidalne</b> | -                 | -               | -                | -                 | Klin<br>HB<br>ATD |

Jako modyfikator stosowano drobno ziarnisty FeSi75, jako sferoidyzator- zaprawę niskomagnezową FeSiMg5. Zróżnicowanie średnic próbek miało na celu pokazanie wpływu szybkości stygnięcia odlewu i ilości modyfikatora na efekt modyfikacji. Skład chemiczny żeliwa szarego i sferoidalnego przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Skład chemiczny żeliwa szarego i sferoidalnego

Table 1. Composition of gray and ductile cast iron

| Żeliwo      | C   | Si  | Mn   | P    | S    |
|-------------|-----|-----|------|------|------|
| szare       | 3,3 | 1,8 | 0,11 | 0,12 | 0,1  |
| sferoidalne | 3,8 | 2,9 | 0,09 | 0,03 | 0,06 |

Dla wszystkich średnic próbek wykonano zglądy metalograficzne.

### 3. WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Próba klina we wszystkich przypadkach wykazała zgodność z oczekiwaniami. Żeliwo szare niemodyfikowane posiadało znaczne zabielenie (do połowy wysokości klina), żeliwa modyfikowane- już od zawartości 0,5% FeSi wykazywały zabielenie resztkowe i przełom czysty, koloru stalowego. Pomiary twardości wykonano wg metody HRB kulką stalową o średnicy 1/16 cala.

Pomiar polegał na dwustopniowym wciskaniu w próbkę wgłębnika i wyznaczeniu trwałego przyrostu głębokości odcisku. Wyniki badań zamieszczono w tabelach 2 i 3.

Tabela 2. Wyniki pomiarów twardości żeliwa szarego w zależności od zawartości modyfikatora

Table 2. Hardness results for gray cast iron in modifier content function

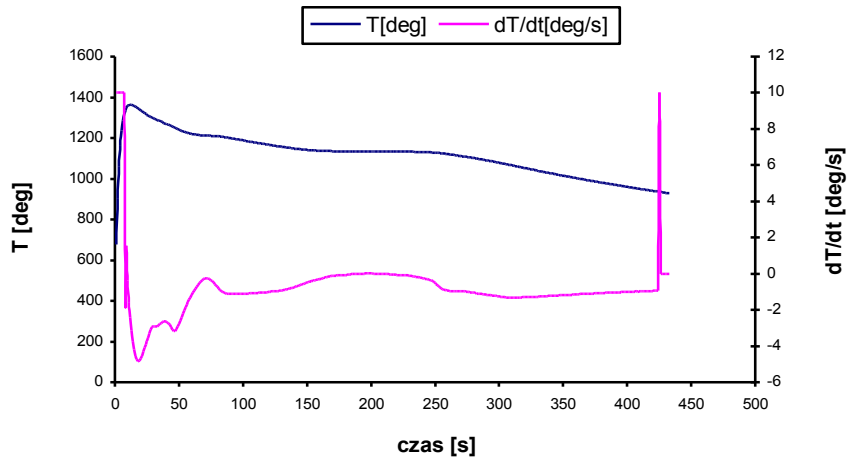
|                 |             | <b>Zawartość modyfikatora</b> |             |           |             |
|-----------------|-------------|-------------------------------|-------------|-----------|-------------|
|                 |             | <b>0%</b>                     | <b>0,5%</b> | <b>1%</b> | <b>1,5%</b> |
| <b>Twardość</b> | <b>φ 10</b> | 47 HRC                        | 42 HRC      | 40 HRC    | 36 HRC      |
|                 | <b>φ 20</b> | 39 HRC                        | 29 HRC      | 31 HRC    | 26 HRC      |
|                 | <b>φ 30</b> | 25,5 HRC                      | 25,5 HRC    | 28 HRC    | 23 HRC      |



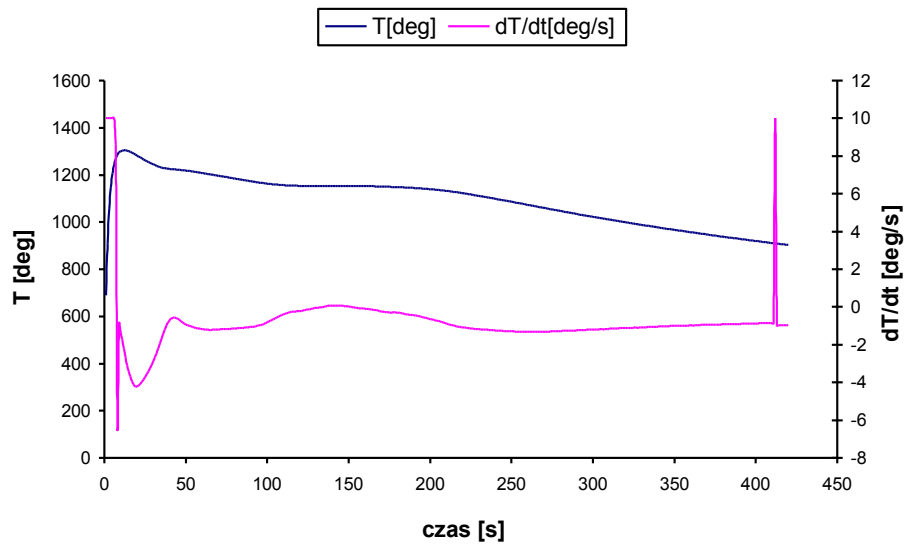
Tabela 3. Twardości żeliwa sferoidalnego w zależności od zawartości modyfikatora  
 Table 3. Hardness results for ductile cast iron in modifier content function

| Zawartość sferoidyzatora |      |        |        |
|--------------------------|------|--------|--------|
|                          |      | Surowe | 5%     |
| Twardość                 | ϕ 10 | 200 HB | 185 HB |
|                          | ϕ 20 | 185 HB | 171 HB |
|                          | ϕ 30 | 171 HB | 148 HB |

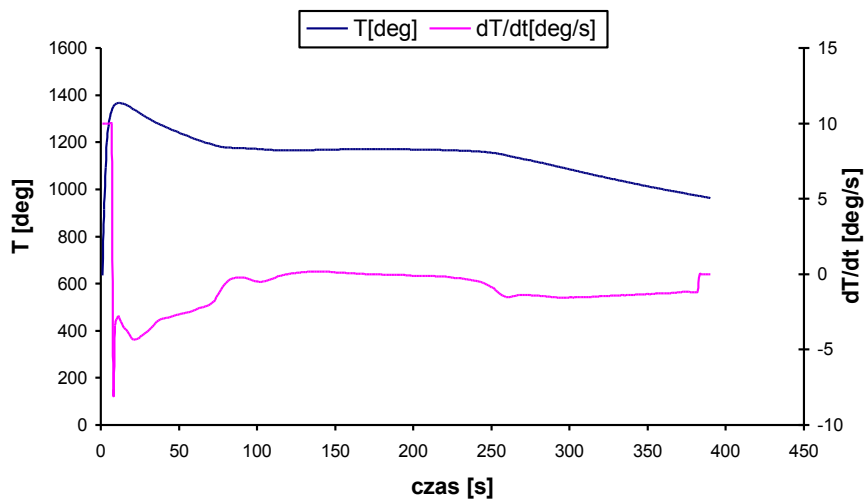
ATD dla obu żeliw pokazała wyższy efekt cieplny procesu modyfikacji i sferoidyzacji. Przykładowe wykresy dla żeliwa szarego (rys. 5 i 6) i sferoidalnego (rys. 7 i 8) wskazują na korzystne efekty krystalizacji grafitu.



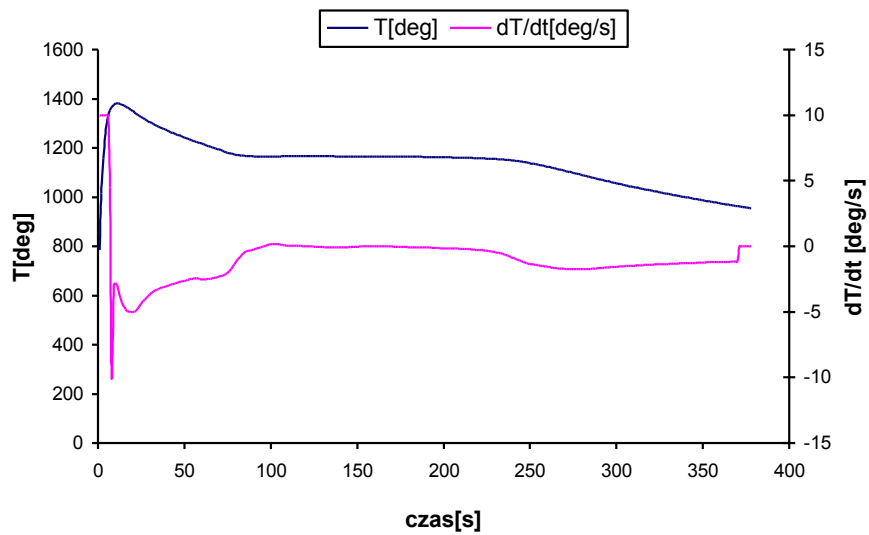
Rys. 5. Wykres ATD dla żeliwa wyjściowego szarego  
 Fig. 5. DTA diagram for gray cast iron



Rys. 6. Wykres ATD dla żeliwa szarego zmodyfikowanego- 1% FeSi75  
 Fig. 6. DTA diagram for modified gray cast iron 1% FeSi75

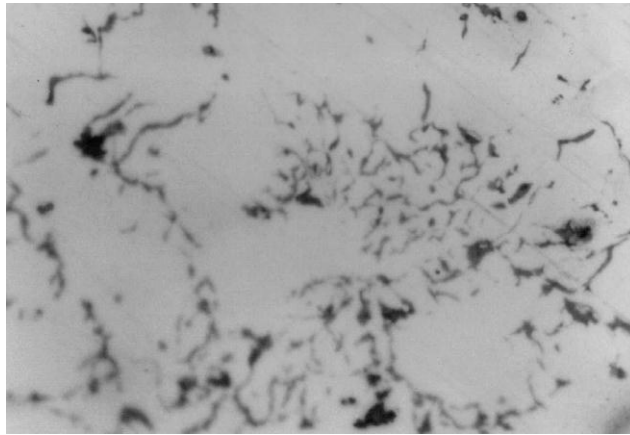


Rys. 7. Wykres ATD dla żeliwa wyjściowego do sferoidyzacji  
 Fig. 7. DTA diagram for cast iron for spheroidization



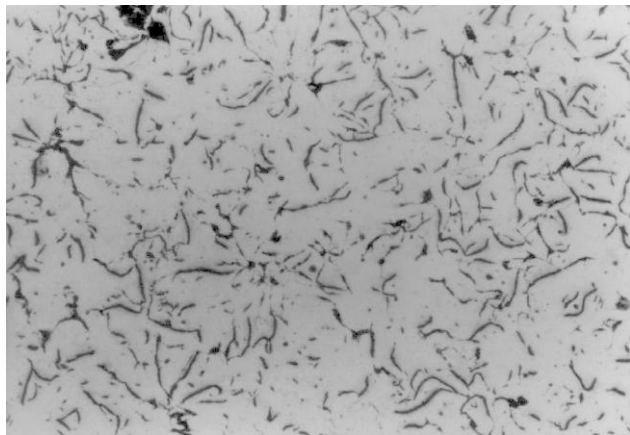
Rys. 8. Wykres ATD dla żeliwa sferoidalnego- 5% zaprawy sferoidyzującej  
 Fig. 8. DTA diagram for ductile cast iron – 5% spheroidizing master alloy

Badania mikrostrukturalne dla żeliwa szarego zobrazowano na rys. 9 i 10, zaś dla żeliwa sferoidalnego na rys. 11 i 12.



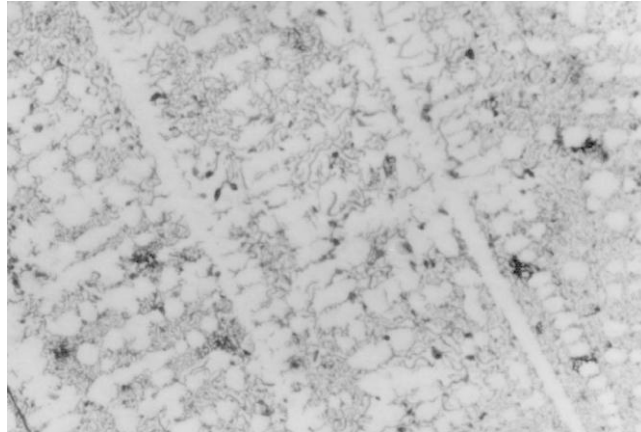
Rys. 9. Grafit w żeliwie szarym zmodyfikowanym o strukturze - 0,5% FeSi75, próbka  $\phi$  10

Fig. 9. Graphite in modified gray cast iron with 0,5% FeSi75, dia 10 sample

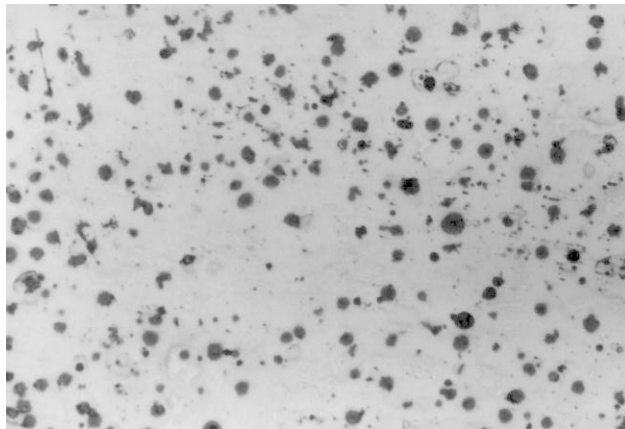


Rys. 10. Grafit płatkowy w żeliwie szarym zmodyfikowanym - 1,5% FeSi75, próbka  $\phi$  10

Fig. 10. Flake graphite in modified gray cast iron with 1,5% FeSi75, dia 10 sample



Rys. 11. Grafit w żeliwie wyjściowym do sferoidyzacji – ledeburyt - próbka  $\phi 10$   
Fig. 11. Graphite in cast iron for spheroidization – ledeburite, dia 10 sample



Rys. 12. Grafit kulkowy w żeliwie sferoidalnym ferrytycznym - próbka  $\phi 10$   
Fig. 12. Nodular graphite in ductile ferritic cast iron

W oparciu o przedstawione wyniki badań, wykonano w Odlewni Żeliwa TEKSID odlewy przemysłowe- bębny hamulcowe z żeliwa szarego i wahacze zawieszania z żeliwa sferoidalnego. Efekty badań potwierdziły przydatność metody podwójnej filtracji z jednoczesną modyfikacją. Obecnie trwają badania skuteczności filtracji i modyfikacji za pomocą filtracji- badania ilości i jakości wtrąceń.

#### **LITERATURA:**

- [1] K. Piech, M. Asłanowicz, J. Danek, J. Stachańczyk, *Praktyczne zastosowanie ceramicznych filtrów piankowych*. Biuletyn Instytutu Odlewnictwa 1998, nr 1, s. 35.
- [2] Cz. Podrzucki, *Żeliwo*, Wyd. ZG STOP, Kraków 1991.
- [3] A. Konieczny, *Modyfikowanie żeliwa w formie odlewniczej z zastosowaniem systemu modyfikująco-filtrującego INFERR*, Przegląd Odlewnictwa 2002, nr 7-8, s. 42.

#### **MODIFYING FILTERS FOR GRAY AND DUCTILE CAST IRON**

#### **SUMMARY**

The article shows results of modifying foam filters studies for gray and ductile cast iron foundry. Modifying material can be loose and located between two ceramic filters or placed on the filter surface as a modifying foam. The mechanical, metallographic and technological studies show that this kind of modification can be very useful, especially for thin – walled castings.

Recenzował: prof. dr hab.inż. Stanisław Pietrowski