

**FILTRACJA STALIWA – SYMULACJA PROCESU  
NA PRZYKŁADZIE ODLEWU O MASIE 700 KG**S. PYSZ<sup>1</sup>, J. STACHAŃCZYK<sup>2</sup>  
Instytut Odlewnictwa w Krakowie

## STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wybrany zakres prac badawczych i technologicznych dotyczących filtracji staliwa. Na przykładzie wybranego odlewu ogniwa gaśniczy maszyny budowlanej opisano symulację komputerową wypełniania wnęki formy poprzez układ wlewowy, w którym zainstalowano filtry ceramiczne piankowe. Potwierdzono celowość stosowania filtracji dla poprawy jakości wytwarzanego odlewu.

*Key words: Cast steel filtration, computer simulation*

**1. WPROWADZENIE**

Wtrącenia niemetaliczne to jedna z najbardziej rozpowszechnionych wad w odlewach, ich obecność ma wpływ na jakość powierzchni, wady wewnętrzne, wytrzymałość mechaniczną itp.

Proces filtracji uwalnia nas od tych problemów, a tym samym gwarantuje wysoką jakość wyrobów. Dobór i zastosowanie filtrów w procesie filtracji zależy od warunków odlewania, gatunku tworzywa metalowego, efektywności filtracji i uzysku. [1]

Optymalizacja układów wlewowych, w których montowane są filtry ukierunkowana jest na produkcję wysokiej jakości odlewów przy maksymalnym uzysku tworzywa metalowego. Stosowane techniki symulacji komputerowej pozwalają na opracowanie

---

<sup>1</sup> Z-ad Prototypowania Odlewów i Projektowania Zaawansowanych Technologii w Instytucie Odlewnictwa, magister inżynier, e-mail: pysz@iod.krakow.pl

<sup>2</sup> Z-ad Prototypowania Odlewów i Projektowania Zaawansowanych Technologii w Instytucie Odlewnictwa, docent doktor inżynier, e-mail: jstach@iod.krakow.pl

optymalnych układów uwzględniających warunki zalewania, usytuowania filtra, czystość tworzywa metalowego i wydajność procesu.

Filtracja ciekłego staliwa pozwala na poprawę jakości odlewów bez znacznego podnoszenia kosztów produkcji i bez wzrostu zużycia energii i materiałów. [2]

## 2. SYMULACJA KOMPUTEROWA PROCESU FILTRACJI

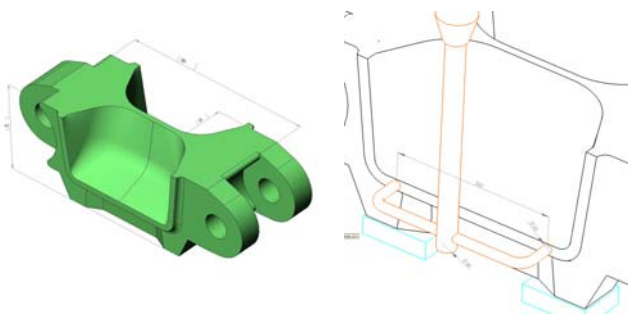
### 2.1 WSTĘP

Wykorzystanie nowoczesnych metod badań, w tym symulacji komputerowej pozwala przybliżyć zjawiska i procesy zachodzące podczas przepływów ciekłego metalu. Ze względu na ekstremalne warunki panujące w zamkniętej przestrzeni wnętrza formy wynikające z wysokich temperatur wykorzystanie tej metody badań do poznania zjawisk przepływu pozwala bliżej poznać i zrozumieć ten proces. [4]

Dla oceny zjawisk zachodzących w czasie filtracji określonego odlewu buduje się model geometryczny z wyznaczonymi wielkościami układu wlewowego i prowadzi obliczenia numeryczne. Analiza ma na celu sprawdzenie w jakim stopniu zmieniają się parametry przepływu (czas zalewania, prędkość przepływającego metalu, rozkład temperatury) po wprowadzeniu filtrów. [1, 3]

### 2.2 SYMULACJA PRZEPIYU STALIWA W ODLEWIE OGNIWA GĄSIENICY

Analizę przepływu metalu w formie w której zastosowano filtr ceramiczny piankowy przeprowadzono na odlewie wykonanym ze stali stopowej GX120Mn13 (ogniwo gąsienicy do maszyn budowlanych). Odlew waży około 550 kg natomiast z nadlewami oraz układem wlewowym około 700kg. W analizie główną uwagę zwrócono na dobór odpowiedniego układu wlewowego. Ze względu na sposób formowania oraz zastosowane kształtki ceramiczne, wielkość przekrojów dobierano do istniejących typoszeregów kształtek ceramicznych.

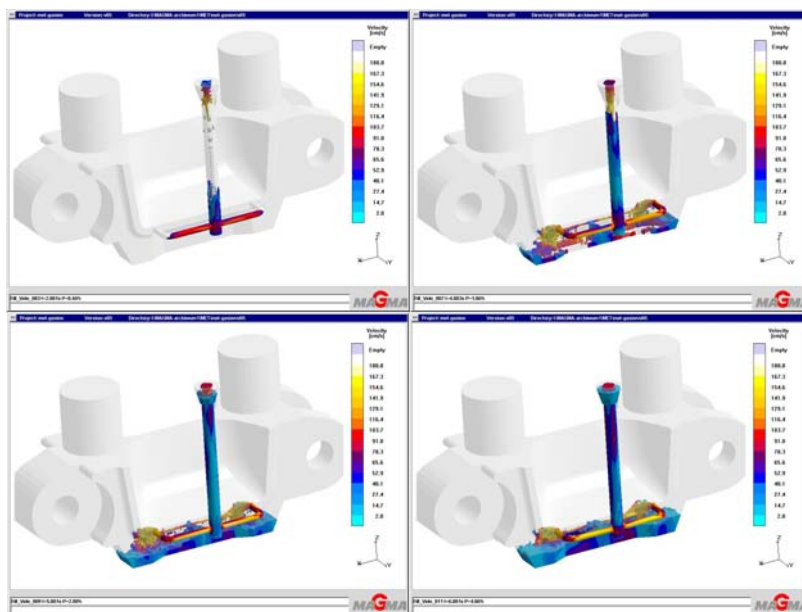


Rys. 1. Odlew ogniwa wraz z technologią

Rys. 1. Casting of caterpillar link and the technology of its manufacture

Wstępnie układ wlewowy zbudowano z kształtek o średnicy 20 mm dla wlewu doprowadzającego oraz 40 mm dla wlewu głównego. Suma przekrojów wlewów do-

przewodzących wynosi  $620 \text{ mm}^2$ , natomiast przekrój wlewu głównego  $1240 \text{ mm}^2$ . Taki układ pozwala na doprowadzenie metalu do najcieńszej ścianki w odlewie. Przeprowadzona symulacja zalewania wyklucza takie rozwiązanie ponieważ już po 7 sekundach zalewania następuje wzrost poziomu metalu w wlewie głównym do jego górnej powierzchni (rys. 2).



Rys. 2. Kolejne fazy odlewania odlewu  
Rys. 2. Successive stages of casting pouring

Analiza przepływu z wykorzystaniem symulacji komputerowej przyjmuje następującą kolejność działań: zaprojektowanie układu wlewowego, rysowanie narysowanie technologii w systemie CAD, wprowadzenie zaprojektowanej geometrii do obliczeń, proces obliczeń oraz analiza wyników. Dla wyznaczenia wstępnych parametrów układu wlewowego skorzystano z ogólnie stosowanych zależności analitycznych (3). Jednym z wzorów powszechnie stosowanych do wyznaczenia wielkości układu wlewowego jest następująca zależność (1):

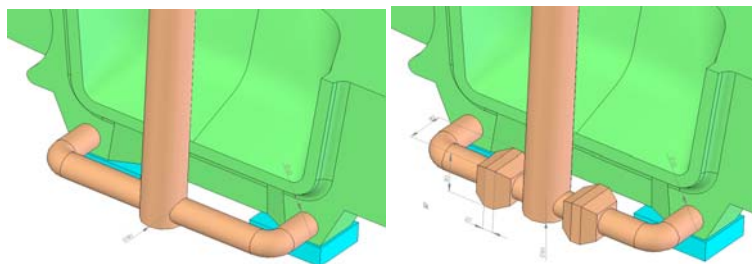
$$F_{dop} := \frac{Ma \cdot 10000}{\mu \cdot \rho \cdot \tau \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot Hsr \cdot 10^{-2}}} \quad (1) \quad \tau := S1 \cdot \sqrt[3]{gsr \cdot Ma} \quad (2)$$

gdzie:  $Ma$  – masa odlewu wraz nadlewami,  $\rho$  – gęstość stopu,  $\mu$  – sprawność układu wlewowego,  $g$  – wartość przyspieszenia ziemskiego,  $Hsr$  = ciśnienie metalostatyczne,  $\tau$

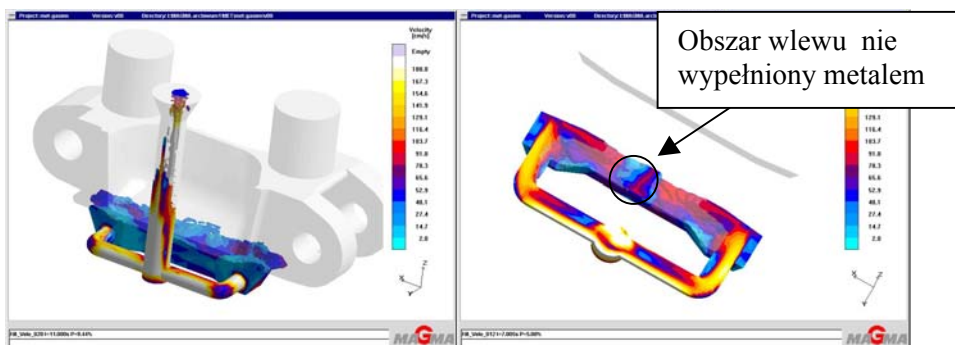
- czas zalewania wyznaczony z zależności (2),  $S1$  – współczynnik;  $g_{sr}$  – średnia grubość ścianki w odlewie

Dla przykładowego odlewu ogniwa stosując w/w wzór uzyskano sumę przekrojów wlewu doprowadzającego dla przyjętej wartości  $\mu = 0.6$  i współczynnika  $S1 = 2.5$  równą około  $1100\text{mm}^2$ . Jak widać jest to wartość zbliżona do opisanej w symulacji i która nie zapewnia dobrego zapełnienia wnęki formy.

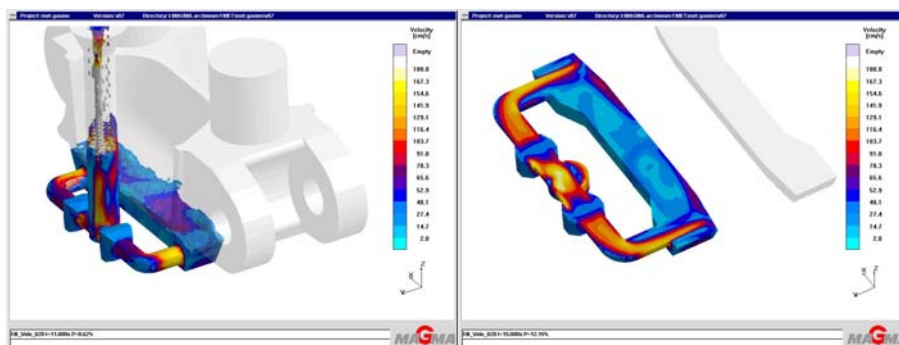
Zwiększono wielkość przekrojów wlewów doprowadzających (rys.3). Przeprowadzone obliczenia z takim układem wlewowym wykazały iż metal przepływa przez układ wlewowy spokojnie (rys.4). Jednak podczas zalewania w początkowej fazie przepływu metalu wlew nie jest całkowicie wypełniony. Jest to niekorzystne gdyż powietrze w wlewie jest zamknięte powodując utlenianie ciekłego metalu. Zastosowanie filtrów 10ppi w układzie (rys. 5) nie wprowadza zasadniczych zmian w wypełnieniu wlewu. Dlatego wydaje się konieczne jego zmniejszenie do średnicy 60mm. Zdecydowanie zmniejszyła się prędkość przepływu w wlewie za filtrem jak i prędkość wpływającego metalu do wnęki formy.



Rys. 3. Układ wlewowy bez filtrów oraz z filtrami  
Rys. 3. Gating system without filter and with filter installed

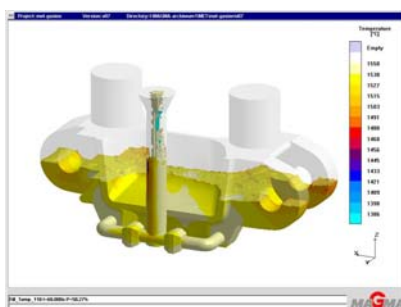


Rys. 4. Początkowe etapy przepływu w układzie bez filtra  
Rys. 4. Initial stages of metal flow in the gating system without filter



Rys. 5. Rozkład prędkości w wlewie z wprowadzonymi filtrami  
 Rys. 5. Metal flow velocity distribution in the gating system with filter

Wysoka temperatura zalewania sprawia iż filtry muszą wytrzymywać wysokie temperatury. Na rysunku 6 przedstawiono rozkład temperatury podczas zalewania. Temperatura filtra przekracza 1500°C. Podczas symulacji nie jest uwzględniona możliwość blokady filtra. W odlewaniu staliwa jest to niestety częste zjawisko. Dlatego wydaje się celowe prowadzenie prac z wykorzystaniem symulacji przepływu ciekłego staliwa z zastosowaniem filtrów, pozwalających na analizę częściowego zatykania się filtra.



Rys. 6. Rozkład temperatury podczas zalewania  
 Rys. 6. Temperature distribution during pouring

### 3. PRÓBY PRZEMYSŁOWE

Efektywność filtracji w przypadku odlewu ogniwa opisuje:

- ocena zastosowanych filtrów ceramicznych; przekrój po zalaniu ciekłym metalem bez uszkodzeń, co świadczy o wymaganej wytrzymałości termicznej i mechanicznej, a tym samym jest gwarancją właściwego przebiegu procesu filtracji,
- badania radiologiczne i ultradźwiękowe oceniające wady wewnętrzne i powierzchniowe; odlew praktycznie bez wad,

- ocena wizualna; dobra jakość powierzchni odlewu,
- stopień filtracji.

Uzyskane wyniki wstępnych prób technologicznych potwierdziły możliwość wykonywania odlewów ogniwa gaśienicy zgodnie z warunkami technicznymi odlewania.

#### 4. PODSUMOWANIE

Zastosowany (opracowany w Instytucie Odlewnictwa) program symulacji komputerowej pozwalający na projektowanie układów wlewowo-zasilających, w których zastosowane są filtry ceramiczne piankowe pozwala na optymalizację procesu wypełniania wnęki formy ciekłym metalem i gwarantuje uzyskanie odlewów o wymaganej przez odbiorców jakości.

#### LITERATURA

- [1] M. Asłanowicz, A. Ościłowski, J. Stachańczyk: *Polskie doświadczenia w procesie filtracji tworzyw metalowych*. Przegląd Odlewnictwa, nr 9-10, Kraków 2002.
- [2] J. Stachańczyk, A. Ościłowski, S. Pysz: *Wykorzystanie symulacji komputerowej do oceny przepływu metalu w układach wlewowych z i bez filtru ceramicznego*. Archiwum Odlewnictwa PAN, maj 2004.
- [3] E. Moryan: *Analyzing Steel Alloy Filtration*. Modern Casting, September 2003.
- [4] Saint – Gobain Advanced Ceramics Hamilton: *Molten metal filtration – An engineering balance*. Internal Report 2001, Vesuvius Foundry, Buffalo USA.

#### CAST STEEL FILTRATION – A SIMULATION OF THIS PROCESS ON THE EXAMPLE OF A 700 KG WEIGHTING CASTING

##### SUMMARY

In the article a chosen scope of research and technological work concerning the filtration of cast steel is presented. On the example of a chosen casting of the building machine caterpillar a simulation of the process of filling the mould cavity through a gating system with the installed ceramic foam filters was carried out. The beneficial effect of the filters on casting quality improvement was confirmed.

Recenzował: Prof. Andrzej Białobrzeski