

**DOBÓR NADLEWÓW W ODLEWACH BIMETALOWYCH
BLACHA STALOWA – ŻELIWO CHROMOWE**

A. STUDNICKI¹, J.SUCHOŃ²,
Zakład Odlewnictwa
Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej
44-100 Gliwice ul. Towarowa 7

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono analizę technologii wytwarzania wybranego odlewu bimetalowego. Główną uwagę zwrócono na problem zasilania odlewów bimetalowych. Porównano nadlewy stosowane w odlewni z nadlewami obliczonym wg znanych metod. Na zakończenie przeprowadzono symulację komputerową uwzględniającą wnioski z praktyki przemysłowej i metod obliczeniowych.

Key words: bimetallic cast, riser, chromium cast iron

1. WPROWADZENIE

Odlewy bimetalowe [1,2,3,4] stanowią specyficzną grupę odlewów, w których połączono w jeden element (odlew) dwa różne materiały charakteryzujące się określonymi własnościami użytkowymi, np. w odlewie bimetalowym blacha stalowa-żeliwo chromowe część odlewu wykonana z blachy stalowej ma umożliwić połączenie przez spawanie z innym elementem oraz zwiększyć odporność na udary, natomiast część wykonana z żeliwa chromowego ma zwiększyć odporność na zużycie ściernie. Trwałe połączenie dwóch różnych materiałów w odlewach bimetalowych może powstać w różny sposób. W niniejszym artykule omówiono typową metodę odlewniczą połączenia, która bazuje na dyfuzyjnym połączeniu blachy z żeliwem. Proces łączenia zachodzi w formie odlewniczej, w której wcześniej umieszczono blachę stalową, następnie wstępnie ją podgrzano ciekłym metalem (żeliwem) z jednej strony. Po

¹ dr inż., andrzej.studnicki@polsl.pl

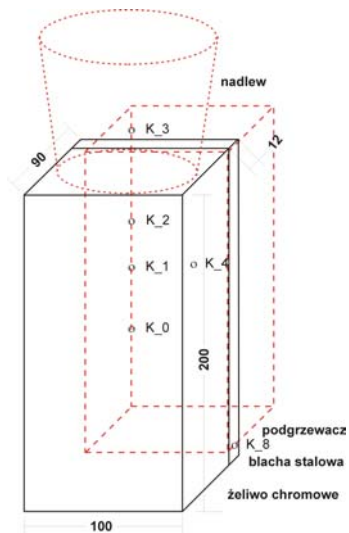
² dr inż., jacek.suchon@polsl.pl

podgrzaniu blachy właściwą wnątkę formy z drugiej strony blachy zalewa się ciekłym żeliwem. Dzięki tym zabiegom powstaje połączenie dyfuzyjne między blachą stalową a stygnącym żeliwem chromowym. Złożoność procesu powstawania odlewu bimetalowego znacząco wpływa na dobór właściwej i optymalnej technologii wytwarzania tych elementów. Zastosowanie klasycznych metod doboru układów zasilających i wlewowych najczęściej się nie sprawdza.

Autorzy w prezentowanym artykule przeprowadzili analizę wytwarzania konkretnego odlewu bimetalowego w warunkach przemysłowych, gdzie dokonano obliczeń układu zasilającego i wlewowego głównie w oparciu o doświadczenie technologa zdobyte przy wytwarzaniu odlewów klasycznych z żeliwa chromowego. W kolejnym kroku autorzy podjęli próbę doboru układu zasilającego w oparciu o znane metody obliczeniowe i porównali je ze stosowanym w odlewni. Ostatnim etapem pracy było przeprowadzenie symulacji komputerowej procesu odlewania bimetalu z uwzględnieniem wszystkich wniosków z praktyki przemysłowej i metod obliczeniowych. Komputerowa wizualizacja procesu odlewania bimetalu umożliwiła opracowanie końcowych zaleceń do technologii wytwarzania odlewów bimetalowych.

2. PROCES ZALEWANIA I STYGNIECIA ODLEWU BIMETALOWEGO

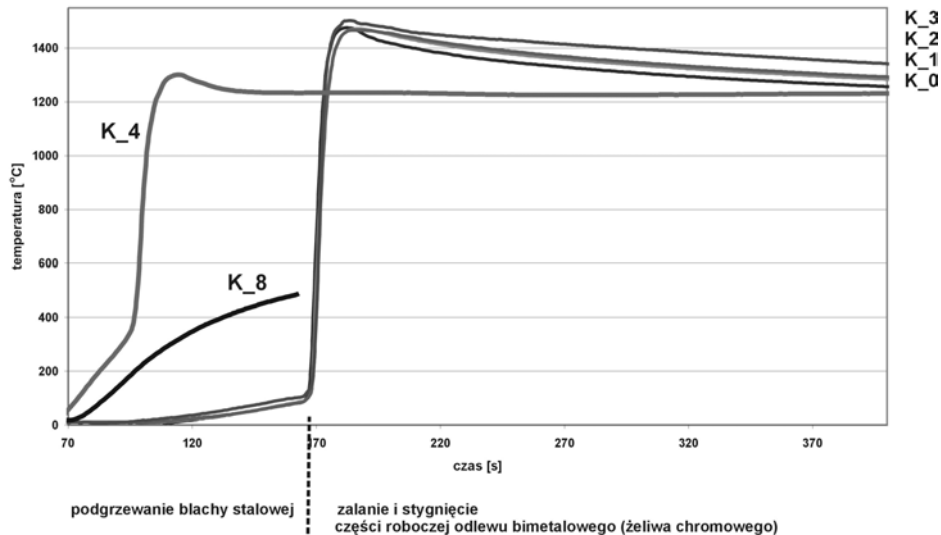
Proces wykonania elementów bimetalowych metodą odlewniczą jest procesem bardzo skomplikowanym i wymaga dużej dyscypliny technologicznej. Odlewnie z oczywistych względów nie chcą się dzielić swoimi sukcesami, swoją wiedzą.



Rys.1. Odlew bimetalowy.
Fig. 1. Bimetallic casting.

Powaznym problemem przy wytwarzaniu bimetalu jest układ zasilający, czyli optymalny dobór nadlewów. Jedna z odlewni wytwarzająca odlewy bimetalowe zwróciła się z problemem zasilania konkretnego odlewu bimetalowego. Na rys.1 przedstawiono konstrukcje tego odlewu.

Producenci założyli otrzymywanie z jednej formy odlewniczej 4 odlewów bimetalowych belki. Na odlewni przygotowano stanowisko do rejestracji procesu krzepnięcia bimetalu. Wykorzystano do tego celu aparaturę Crystalidigraph-PC umożliwiającą długoczasową rejestrację temperatury. Po analizie krzywych stygnięcia w wybranych punktach odlewu można domniemywać, że odlew bimetalowy był źle zasilony. Badania defektoskopowe również to potwierdziły. Na rys. 2 przedstawiono przebieg krzywych stygnięcia w wybranych punktach formy odlewniczej (w odlewie, w nadlewie, w podgrzewaczu, w blasze stalowej). Miejsca lokalizacji termoelementów pokazano na rys.1.



Rys.2. Krzywe stygnięcia w wybranych punktach formy odlewniczej (K_0, K_1, K_2 – w odlewie, K_3 – w nadlewie, K_4 – w podgrzewaczu, K_8 – w blasze stalowej)

Fig.2. Cooling curves in select points of casting mould (K_0, K_1, K_2 – in casting, K_3 – in riser, K_4 – in heater, K_8 – in steel sheet)

3. DOBÓR NADLEWU WG KLASYCZNYCH METOD OBLICZENIOWYCH

Żeliwo chromowe charakteryzuje się znacznym skurczem odlewniczym zbliżonym do skurczu staliwa. Z tego względu wielu znawców tego tworzywa odlewniczego uznaje, że należy układy zasilające i wlewowe dobierać zgodnie z zasadami stosowanymi dla staliwa. Nieliczni autorzy, między innymi J. Gawroński i B. Krajczy [5] w swojej publikacji zalecają korzystać z doświadczeń właściwych dla żeliwa ciągliwego i staliwa, nie zapominając przy tym o specyficznych cechach żeliwa chromowego, a szczególnie skłonności do tworzenia się błonek tlenkowych na powierzchni ciekłego metalu. Regułą, więc powinno być stosowanie układu syfonowego z szybkim, równomiernym i spokojnym wypełnianiem wnętrza formy. Do zasilania odlewów z żeliwa chromowego korzysta się z zależności obowiązujących dla staliwa. Jednakże ze względu na trudności w oddzielaniu nadlewów jako regułę przyjmuje się stosowanie nadlewów łatwo usuwalnych z przegrodą (przeponką). Na przykład dla nadlewów otwartych moduł nadlewu powinien być większy od modułu odlewu (węzła cieplnego) 1,2 do 1,3 razy, natomiast moduł szyjki powinien wynosić 1,1 modułu odlewu. Tak dobrany nadlew należy sprawdzić ze względu na zdolność zasilania i zasięg działania [5].

Odlewnia wytwarzająca odlewy bimetalowe stosuje nadlewy w otulinach termoizolacyjnych, przez co znacznie zwiększa uzysk.

W tabeli 1 przedstawiono kilka przykładów obliczonych nadlewów nieizolowanych i termoizolowanych dla analizowanego odlewu bimetalowego. Obliczone nadlewy porównano ze stosowanym nadlewem w przemyśle, którego zdolność do zasilania często okazywała się niewystarczająca. Wydaje się, że główną przyczyną jest duża smukłość stosowanych nadlewów. Autorzy proponują nadlew 7 o mniejszej smukłości i nieco większym uzysku.

Tabela 1. Porównanie wymiarów nadlewów obliczonych różnymi metodami
Table 1. Comparison of risers size calculated different methods

Nr	Metoda obliczania	D* [mm]	H* [mm]	a* [mm]	b* [mm]	V _n * [cm ³]	P _n * [cm ²]	M _n * [cm]	Uzysk [%]	Smukłość H/D lub H/((a+b)/2)
1	Metoda J. Pribyła	121	121	–	–	1410	697	2,02	52,5	1
2	Metoda wykresowa J. Pribyła	110	165	–	–	1570	760	2,07	49,8	1,5
3	Metoda J.B.Caine'a	150	90	–	–	1590	778	2,04	49,5	0,6
4	Metoda R.Włodawera dla H=(a+b)/2	–	120	80	160	1536	832	1,85	50,4	1
5	Metoda R.Włodawera dla H=1.5(a+b)/2	–	180	80	160	2304	1120	2,06	40,4	1,5
6	Metoda [8] w osłonach termoizolacyjnych dla H=(a+b)/2	–	78	52	104	422	351	1,20	78,7	1
7	Metoda [8] w osłonach termoizolacyjnych dla H=1.5(a+b)/2	–	120	52	104	649	482	1,35	70,6	1,54
8	Metoda [8] w osłonach termoizolacyjnych dla H=1.5(a+b)/2	–	105	47	94	464	384	1,21	77,1	1,49
9	Nadlewy dobrane w odlewni (Sibral 300)	–	168	50	98	823	596	1,38	65,5	2,27

* D, H – średnica i wysokość nadlewu walcowego,

H, a, b – wysokość, grubość i szerokość nadlewu eliptycznego,

V_n, P_n, M_n – objętość, pole powierzchni i moduł nadlewu.

4. SYMULACJA KOMPUTEROWA ODLEWANIA BIMETALI

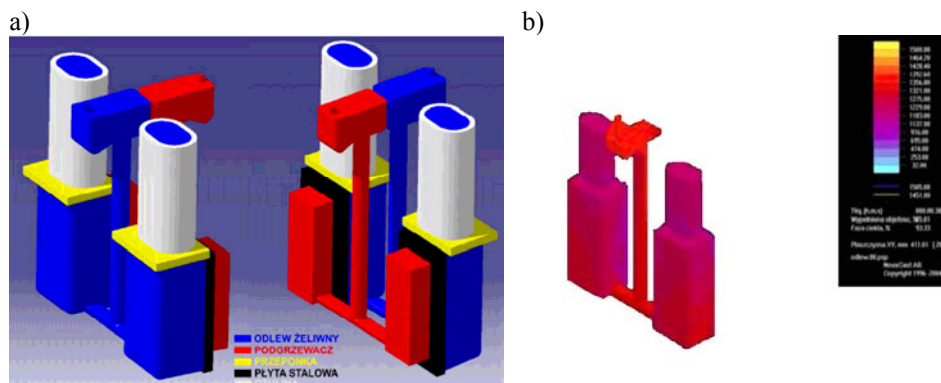
W celu analizy procesu krzepnięcia odlewu bimetalicznego wykonano symulację komputerową na podstawie danych pochodzących z prób gorących przeprowadzonych w zakładzie odlewniczym. Zamodelowane odlewy wraz z układem wlewowym przedstawiono na rys.3a.

Analizowany układ jest optymalny ze względów technologicznych formowania, ale nie jest pozbawiony wad, które zostały uwidocznione podczas symulacji. Pierwszym dowodem potwierdzającym wady badanego układu jest znaczne obniżenie temperatury podczas zalewania (rys. 3b).

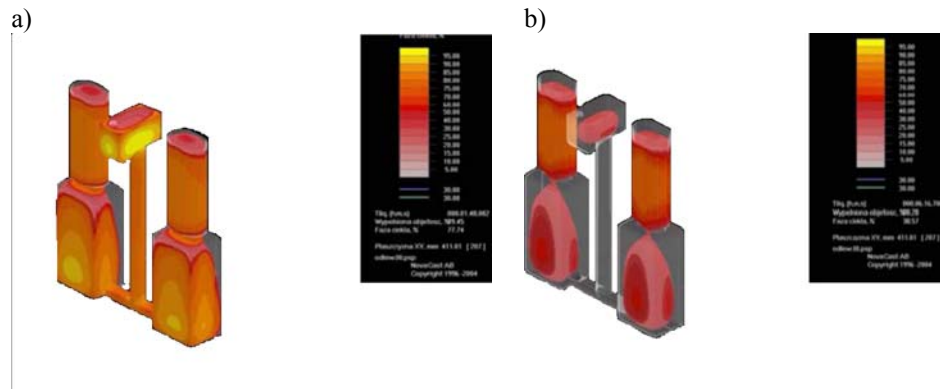
Przeglądając inne wyniki z symulacji widać wyraźnie, że blacha stalowa pomimo jej podgrzewania stanowi w formie ochładzalnik, ponieważ to od blachy rozpoczyna się krzepnięcie odlewu (rys.4a). Postępujące od blachy krzepnięcie doprowadza w efekcie do odcięcia zasilania.

Kolejnym czynnikiem pogarszającym skuteczność działania nadlewów jest syfonowy sposób zalewania formy. Powoduje on, że metal wpływający do nadlewów jest znacznie wychłodzony (rys.3b), co jeszcze pogarsza efektywność ich działania.

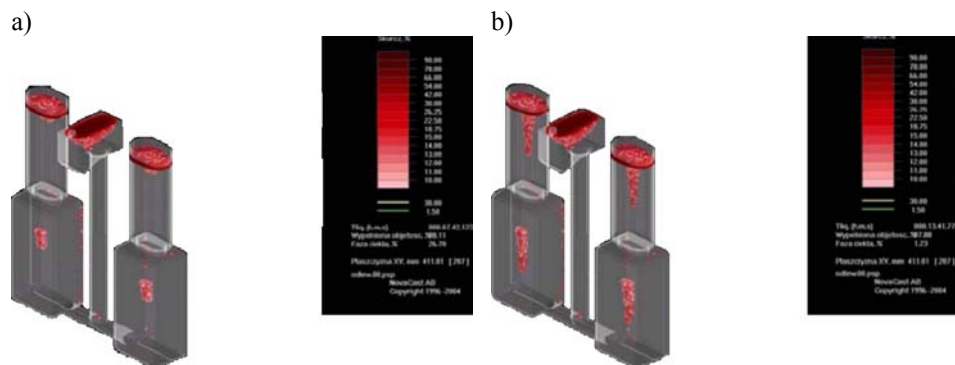
Zaprezentowane mankamenty analizowanej technologii muszą doprowadzić do powstawania wad w odlewie, co dobitnie zostało potwierdzone przez symulację (rys.5) oraz wyniki badań defektoskopowych, które prowadzi zakład odlewniczy. Rzadziny a niekiedy pojawiające się w części roboczej odlewu jamy skurczowe dyskwalifikują odlewy, stąd modyfikacja aktualnie stosowanej technologii wydaje się niezbędna, aby ustabilizować produkcję odlewów bimetalowych. Likwidacja rzadziny, porowatości w części odlewu wykonanego z żeliwa chromowego powinna przyczynić się do zwiększenia trwałości tych elementów.



Rys.3. Symulacja odlewania bimetalu
a) analizowany układ, b) rozkład temperatury podczas zalewania.
Fig.3. Casting simulation of bimetallic
a) analysis system, b) distribution of temperature during pouring.



Rys. 4. Rozkład temperatury podczas krzepnięcia;
 a) początek krzepnięcia, b) koniec zasilania odlewu przez nadlewy.
 Fig.4. Distribution of temperature during solidification;
 a) start of solidification, b) fish of solidification.



Rys. 5. Położenie jam skurczowych;
 a) początek tworzenia się jam, b) jamy skurczowe ich ostateczna postać.
 Fig.5. Location of shrinkage.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania w ramach pracy wykazały, że problem zasilania odlewów bimetalowych jest niezmiernie złożony. Potwierdzają to obserwacje rzeczywistego procesu wytwarzania odlewu bimetalowego w warunkach odlewni oraz wyniki symulacji komputerowej odlewania bimetalu. Należy stwierdzić, że stosowanie klasycznych metod obliczeniowych zasilania odlewów nie można bezkrytycznie przyjmować w przypadku odlewów bimetalowych. Blacha stalowa stanowi duży ochładzalnik, który zasadniczo zaburza proces zasilania części odlewu wykonanego z żeliwa chromowego. Przy analizie geometrii nadlewów zwrócono uwagę na wysokość

nadlewu w stosunku do szerokości, wyznaczając tzn. smukłość nadlewu. Parametr ten maksymalnie powinien osiągać wartość około 1,5. Odlewnia dobierając nadlew bardzo przesadziła ze smukłością nadlewu (2,27). Bardzo korzystne natomiast okazuje się stosowane osłon termoizolacyjnych nadlewów, zasadniczo zmienia się uzysk metalu oraz usuwanie nadlewów jest ułatwione.

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Badania potwierdziły, że główną przyczyną wad (rzadziżny, jama skurczowa) analizowanego odlewu bimetalowego jest złe zasilanie odlewu będące wynikiem niewłaściwej geometrii stosowanego nadlewu.
2. Stosowany układ wlewowy (zalewanie syfonowe) nie podnosi efektywności nadlewów, gdyż porcja ciekłego metalu ostatecznie wypełniająca nadlew jest pierwszą porcją metalu wprowadzoną do formy odlewniczej, przez co najbardziej wychłodzoną.
3. W celu zwiększenia temperatury ciekłego metalu w nadlewie proponuje się dwustopniowe zalewanie, dolanie ciekłego metalu do nadlewu w drugiej fazie zalewania formy.
4. W celu zapewnienia dobrego zasilania analizowanych odlewów bimetalowych należy rozważyć inny układ odlewów w formie.

LITERATURA

- [1] Bartocha D., Suchoń J., Jura S.: *Odlewy warstwowe*. Krzepnięcie Metali i Stopów, nr 38, PAN Katowice, s.151,
- [2] Jura S., Suchoń J.: *Odlewy warstwowe stal żeliwo*. Krzepnięcie Metali i stopów, nr 24, PAN Katowice 1995.
- [3] Suchoń J. *Zastosowanie ochładzalnika w celu rozdrobnienia struktury w odlewie bimetalicznym*. Archiwum Odlewnictwa, PAN Katowice, vol.3, nr 10 2003,
- [4] Studnicki, J. Kilariski, M. Przybył, J. Suchoń, D. Bartocha: *Wear resistance of chromium cast iron – research and application*, The 11th International Scientific Conference on the Contemporary Achievements in Mechanics, Manufacturing and Materials Science CAM3 S 2005, Mat. na CD, nr 1.184,
- [5] Gawroński J., Krajczyk B.: *Warunki technologiczne wytwarzania odlewów z żeliwa chromowego*. Materiały Konferencyjne, Bezwiórowe kształtowanie części maszyn, Olsztyn 1979.
- [6] Studnicki, J. Kilariski, M. Przybył, J. Suchoń: *Eksperymenty technologiczne wytwarzania odlewów z żeliwa chromowego w warunkach odlewni przemysłowej*, Archiwum Odlewnictwa, PAN Katowice, vol. 5, nr 17, 2005, s. 293-302,
- [7] Skarbiński M.: *Uruchomienie produkcji w odlewni*. WNT Warszawa 1972,
- [8] Jura S., Jura Z., Jura J.: *Nadlewy w osłonach termoizolacyjnych*. Opracowanie dla PZ-Service, Gliwice 2000.

**SELECTION OF RISER IN BIMETALLIC CASTINGS
STEEL SHEET – CHROMIUM CAST IRON**

SUMMARY

In this paper the analysis of production technology of bimetallic casting has been presented. The main attention was paid on feeding of bimetallic casting. In the final part of the paper the results of computer simulation of casting process are shown.

Recenzował Prof. Jan Szajnar