

POWSTAWANIE POŁĄCZENIA POMIĘDZY ŻELIWEM I STALIWEM W ODLEWACH BIMETALICZNYCH

J. SUCHOŃ¹

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

STRESZCZENIE

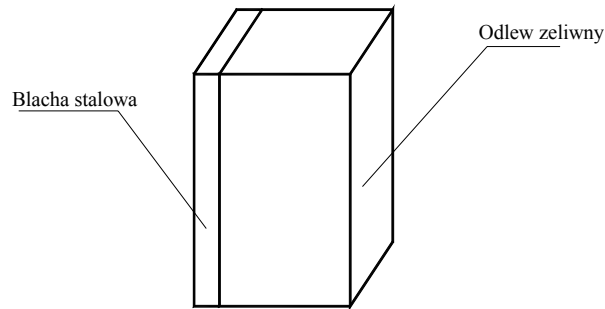
W artykule przedstawiono powstawanie połączenie pomiędzy wkładką a ciekłym metalem podczas powstawania odlewu bimetalicznego. Analizowano dwa warianty odlewów bimetalicznych wkładka żeliwna zalewana staliwem oraz wkładka staliwna zalewana żeliwem. W pracy przedstawiono wyniki symulacji komputerowej rozkładu temperatury podczas powstawania odlewu oraz badania metalograficzne powstałego połączenia.

Key words: cast iron, cast steel, bimetallic casting, computer simulation.

1. WPROWADZENIE

Istotą odlewów bimetalicznych jest łączenia w formie odlewniczej dwóch materiałów o różnych właściwościach. Mogą to być na przykład stal i żeliwo. Najczęściej łączy się odlew żeliwny z blachą stalową [1,2]. Ponieważ przygotowanie blach jest pracochłonne i wymaga obróbki mechanicznej (przycięcie blach na wymiar, czasem wykonanie otworów) podjęto próbę zastąpienia blachy stalowej odlewaną płytką (rys.1). Wybierając taki wariant należy przeanalizować, jaki sposób wykonywania odlewów będzie korzystniejszy? Czy lepiej odlaną wkładkę staliwną umieścić w formie i zalać żeliwem, czy na odwrót? Kryterium weryfikującym wybraną technologię powinna być jakość powstającego połączenia pomiędzy obu materiałami.

¹ dr inż., jacek.suchon@polsl.pl



Rys.1 Odlew bimetaliczny
Fig. 1. Bimetallic casting

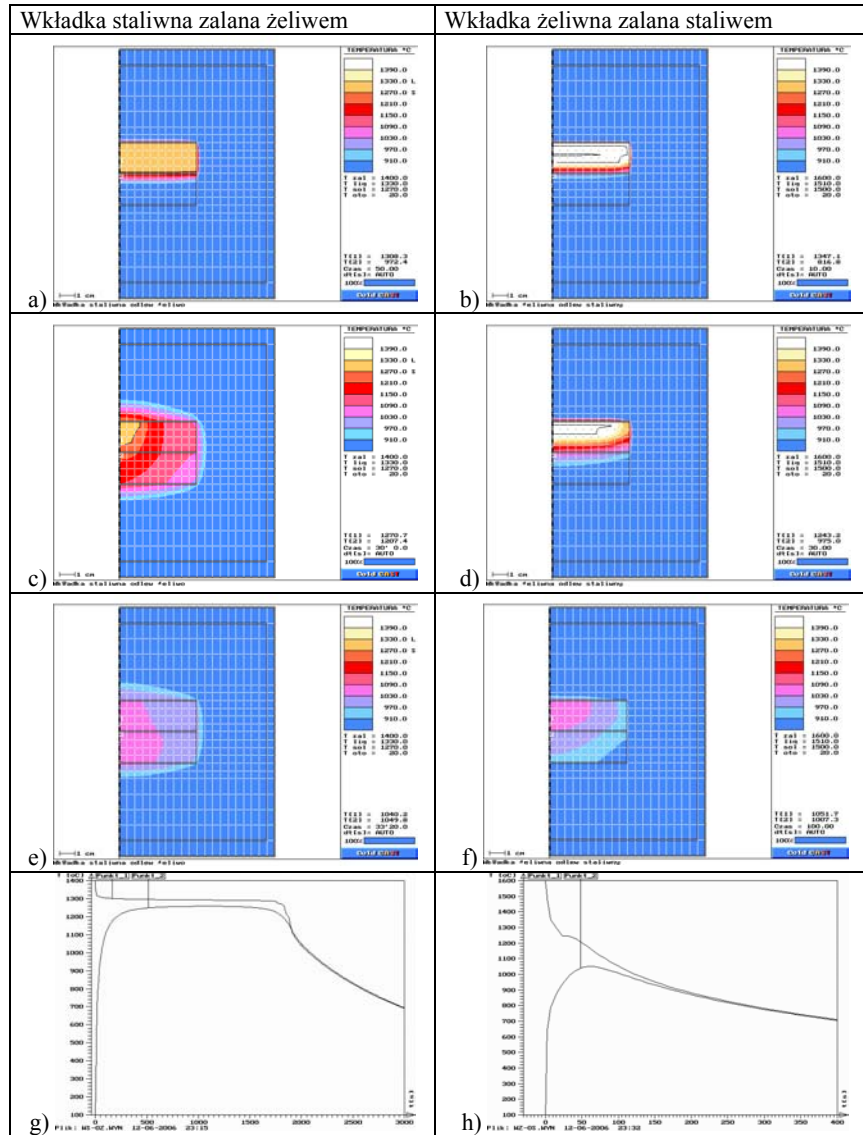
2. PRZEPROWADZONE BADANIA

W ramach pracy przeprowadzono szereg badań. Przeprowadzone wytopy wykonywano dwu etapowo. W pierwszej kolejności odlano wkładki z żeliwa chromowego i staliwa konstrukcyjnego (grubości ok. 20mm), które miały posłużyć do wykonania odlewów warstwowych. Po wykonaniu wkładek zostały one powtórnie umieszczone w formie (dolnej połowce) i zalane ciekłym metalem (wkładki żeliwne staliwem a staliwne żeliwem). Tym sposobem otrzymano odlew warstwowy poddany dalszym badaniom.

2.1 Symulacja komputerowa

Aby przeanalizować powstawanie odlewu bimetalicznego przeprowadzono symulacje komputerowe, w których śledzono sposób wymiany ciepła pomiędzy wkładką a ciekłym metalem w obu wariantach wykonania odlewu. Wyniki z symulacji przedstawiono na rysunku 2.

Symulacje przeprowadzono za pomocą programu ColdCAST [3]. Przedstawione wyniki symulacji wykazują znaczne różnice w przebiegu procesu w zależności od zastosowanego wariantu wytwarzania. Różnice te uwidaczniają się szczególnie w czasach krzepnięcia i temperaturach osiągniętych przez wkładkę. W przypadku wkładki staliwej zalewanej żeliwem (rys. 2 a, c, e, g) cechą charakterystyczną jest długotrwały przebieg procesu krzepnięcia oraz wysoka temperatura, do jakiej nagrzała się wkładka. Przedstawione slajdy pokazują, że całkowite zakrzepnięcie odlewu nastąpi po czasie ok. 1900 s a wkładka staliwna nagrzewa się do ponad 1200 °C a więc jest to temperatura zbliża się do temperatury solidus żeliwa.



Rys. 2. Rozkład temperatury w odlewach warstwowych w zależności od zastosowanego wariantu a, b – stan początkowy; c, d – rozkład temperatur podczas krzepnięcia; e, f – rozkład temperatur po zakrzepnięciu; g, h – zmiana temperatury na granicy odlew wkładka.

Fig. 2. Temperature distribution in laminar castings in dependence of used variant; a, b – initial state, c, d – temperature distribution during solidification, e, f – temperature distribution after solidification, g, h – temperature change on casting-insert boundary

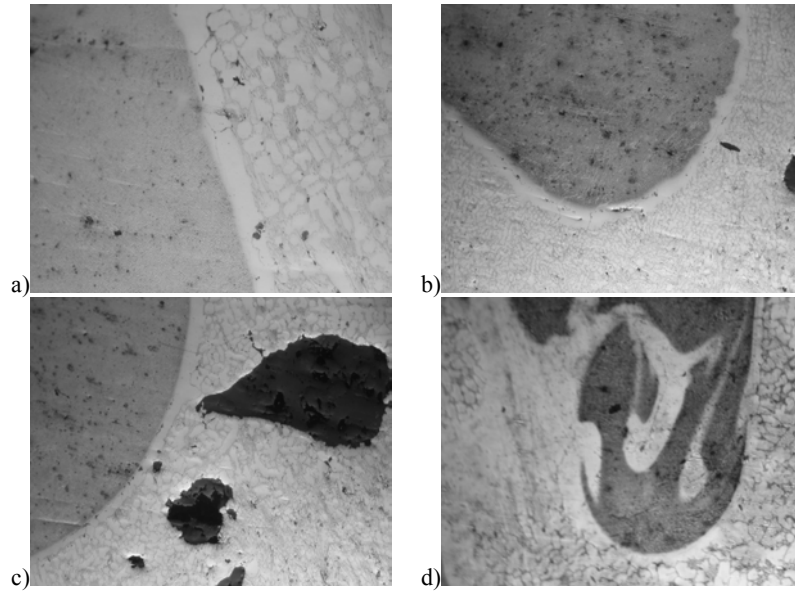
W przypadku wkładek żeliwnych zalewanych staliwem pomimo znacznie większej temperatury zalewania przebieg procesu jest zupełnie odmienny (rys.2 b, d, f, h). Zakrzepnięcie warstwy staliwnej na wkładce z żeliwa następuje już po czasie kilkudziesięciu sekund a wkładka żeliwna nagrzewa się „zaledwie” do temperatury nieznacznie przewyższającej 1000 °C. A po czasie ok. 400 s osiąga temperaturę przemiany perlitycznej, która to przemiana następuje dopiero po ok. 3000 s w pierwszym wariacie. Otrzymane wyniki a szczególnie czasy stygnięcia wskazują, że ze względu na długie i powolne stygnięcia sprzyjające dyfuzji węgla pomiędzy oboma częściami bimetalu lepszym sposobem powinien być wariant zalewania wkładki staliwnej żelitem chromowym.

2.3 Badanie metalograficzne

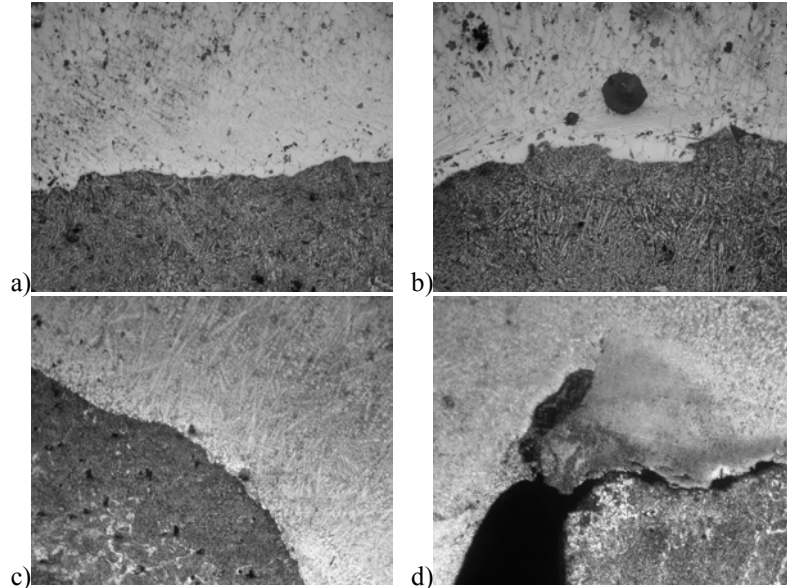
Aby przeanalizować charakter powstałych połączeń pomiędzy oby częściami odlewu pobrano próbki z obu odlewów i wykonano badanie metalograficzne w obrębie połączenia obu materiałów. Analizę połączenia wykonano na zdjęciach wykonanych przy pomocy mikroskopu. Na zdjęciach można zauważyć miejsca przetopienia, występowanie połączenia dyfuzyjnego oraz zmiany struktury metali. Na rysunku 3 przedstawiono strukturę w obrębie połączenia pomiędzy wkładką żeliwną a odlewem staliwnym. Analizując zdjęcia struktury połączenia staliwa z wkładką żeliwną można zauważyć bardzo dobrą jakość połączenia obu materiałów. Połączenie ma charakter dyfuzyjny, a w obrębie połączenia nie występują szczeliny ani pęknięcia. Wady przedstawione na zdjęciach (rys. b, c) są wadami odlewu wkładki nie mające związku z połączeniem. Na rysunku 3 d pokazane jest przetopienie oraz sposób rozmywania żeliwa przez staliwo Na granicy połączenia wkład a odlew widać białe pasmo, które jest szczególnie widoczne na zdjęciach rysunek 3 a, b, c, odwęglonego żeliwa, z którego węgiel przeszedł do staliwa.

Połączenie powstałe w skutek zalania staliwem wkładek żeliwnych o wymiarach charakteryzuje się dobrym połączeniem mechaniczno – dyfuzyjnym. Połączenie dyfuzyjne jest widoczne na rys. 4, a, b, c, połączenie mechaniczne, czyli zakleszczenie się materiałów jest widoczne na rys. 4 d. W połączeniu tym wstępują dziury na granicy wkładka staliwna odlew, które świadczą o nierównomiernym styku obu materiałów. Dziury te świadczą, że w niektórych miejscach na granicy dwóch metali nie zachodziło połączenie. W odlewach tych oprócz połączenia mechanicznego występowało również połączenie dyfuzyjne, lecz bardzo często zostało one przerwane małymi szczelinami.

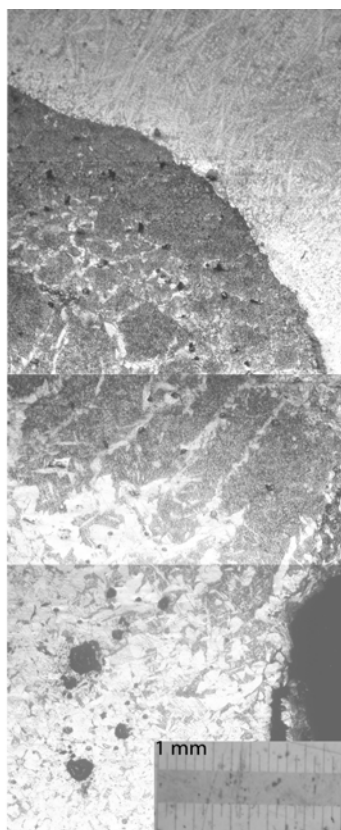
Charakter połączenia ilustruje rysunek 5. Ukazuje połączenie między wkładką staliwną a żelitem. W dolnej części obserwujemy rodzinną strukturę staliwa o charakterze ferrytyczno - perlitycznej. W miarę zbliżania się do granicy połączenia zwiększa się ilość perlitu kosztem ferrytu, aby w strefie połączenia przejść w strukturę czysto perlityczną. Rysunek ten przedstawia zasięg dyfuzji węgla w głąb wkładki staliwnej.



Rys. 3. Przykładowe struktury powstałe po zalaniu wkładki żeliwnej staliwem.
 Fig. 3. Example structures obtained after pouring cast iron insert with cast steel.



Rys. 4. Przykładowe struktury powstałe po zalaniu wkładki stalowej żeliwem.
 Fig. 4. Example structures obtained after pouring cast steel insert with cast iron.



Rys. 5. Zasięg dyfuzji węgla w głąb wkładki stalowej.
Fig. 5. Carbon diffusion range far into cast steel insert.

3. PODSUMOWANIE

Celem pracy było porównanie połączeń bimetalowych. Na część roboczą przyjęto żeliwo chromowe o zawartości chromu 15%. Jako elementu nośnego użyto staliwa L25SHNM, które posiada bardzo dobre własności plastyczne oraz spawalnicze.

Wkładki porowate były wykonane ze staliwa lub żeliwa, a następnie zalane kolejno: wkładki żeliwne staliwem, a stalowe żeliwem. Ze względu na sposób wykonania odlew połączenie różniło się od siebie. Najlepsze właściwości posiadał odlew wykonany z wkładek stalowych zalanych żeliwem. Obserwacja ta w pełni potwierdziła przypuszczenie, które pojawiło się jako wynik symulacji. Symulacja pokazała dobitnie, że czas krzepnięcia żeliwa na wkładce stalowej jest kilkakrotnie dłuższy niż dla staliwa. Dodatkowo krzepnące żeliwo jest w stanie nagrzać wkładkę do znacznie wyższej temperatury niż staliwo. Długi czas wygrzewania oraz wysoka

temperatura sprzyjają powstaniu dobrego połączenia o charakterze dyfuzyjnym. Jednakże należy zwrócić uwagę, że powstanie połączenia dyfuzyjnego nie musi być warunkiem koniecznym dla powstania dobrego odlewu bimetalicznego. Jeżeli powierzchnia wkładki stanowiąca kontakt z odlewem będzie powierzchnią o znacznym stopniu rozwinięcia to powstałe połączenie może mieć charakter mechaniczno dyfuzyjny powstałe przez zakleszczanie się krzepnącego metalu na powierzchni wkładki. Połączenie takie, pomimo, że z pozoru znacznie gorsze od dyfuzyjnego dla większości zastosowań odlewów bimetalicznych jest połączeniem o wystarczającej spójności i wytrzymałości.

4. WNIOSKI

1. Większa szansa na dokładniejsze połączenie występuje podczas zalewania żeliwem wkładki stalowej
2. W przypadku zalewania wkładki żeliwnej staliwem jest większe prawdopodobieństwo na powstanie dziur i szczelin na granicy styku obu materiałów.
3. Przy zastosowaniu wkładki żeliwnej zalewanej staliwem oprócz możliwości powstania połączenia o charakterze dyfuzyjnym istnieje możliwość powstania połączenia mechanicznego.

LITERATURA

- [1] Jura S., Suchoń J.: *Odlewy warstwowe stal żeliwo*. Krzepnięcie Metali i stopów, nr 24, PAN Katowice 1995.
- [2] Suchoń J. *Zastosowanie ochładzalnika w celu rozdrobnienia struktury w odlewie bimetalicznym*. Archiwum Odlewnictwa nr 10, PAN Katowice, 2003.
- [3] <http://www.zjura.sownet.pl/z-tech/symulacje.htm>

FORMATION OF THE JOINT BETWEEN CAST IRON AND CAST STEEL IN BIMETALLIC CASTINGS

SUMMARY

In article formation of the joint between insert and liquid metal during bimetallic casting production has been presented. Two variants of bimetallic casting have been analyzed: cast iron insert pouring with cast steel and cast steel insert pouring with cast iron. Moreover the results of computer simulation of temperature distribution during casting formation as well as metallographic researches of formed joint have been presented.

Recenzował Prof. Józef Gawroński