

**WPLYW WIRUJĄCEGO REWERSYJNEGO POLA
MAGNETYCZNEGO NA SEGREGACJĘ W ODLEWACH
WYKONANYCH ZE STOPU BAg-3**M. STAWARZ¹, C. BARON² J. SZAJNAR³Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44 – 100 Gliwice**STRESZCZENIE**

Celem przeprowadzonych badań było stwierdzenie wpływu oddziaływania wirującego rewersyjnego pola magnetycznego na wielkość segregacji stopu lutowniczego BAg-3 przeznaczonego na wzorce spektrometryczne. Badania polegały na wykonaniu wlewków pod działaniem wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM) oraz bez udziału pola, a następnie analizie stopnia segregacji.

Key words: impulse magnetic field, alloy segregation

1. WSTĘP

Segregacja dodatków stopowych występująca w odlewach jest zjawiskiem szkodliwym, obniżającym właściwości użytkowe odlewu. Zatem zapobieganie segregacji jest czynnikiem pożądanym i korzystnym ze względów ekonomicznych, wytrzymałościowych i strukturalnych.

Obecnie prowadzi się szereg zabiegów mających na celu zmniejszenie lub całkowite usunięcie segregacji. Należą do nich: modyfikacja, zastosowanie odpowiednio dużej szybkości chłodzenia, unikanie, kiedy jest to możliwe pierwiastków o dużych skłonnościach do segregacji, stosowanie odpowiedniej szybkości zalewania

¹ dr inż., marcin.stawarz@polsl.pl

² mgr inż., czeslaw.baron@polsl.pl

³ dr hab. inż., prof. Pol. Śl., jan.szajnar@polsl.pl

w zależności od rodzaju formy, stosowanie wibracji i zastosowanie pola magnetycznego.

Odlewanie metali w polu magnetycznym jest obecnie jedną z metod umożliwiających otrzymanie odlewów o wysokiej jakości. Pole magnetyczne oddziałując na krzepnący w formie odlew wywołuje zmiany w procesie krystalizacji, których efektem jest rozdrobnienie struktury i jej ujednorodnienie [1]. Metoda stosowania wirującego rewersyjnego pola magnetycznego do wymuszenia ruchu ciekłego metalu w czasie jest modyfikacją znanego sposobu odlewania w wirującym polu magnetycznym. Istota tej metody polega na tym, że pole magnetyczne zamiast jak dotychczas jednokierunkowego ruchu wirowego wywołuje ruch obrotowo-rewersyjny ciekłej fazy w odlewie. Na jakość odlewów w znaczny sposób wpływa jego struktura pierwotna, która powstaje w procesie krystalizacji i krzepnięcia. Tworzenie się struktury pierwotnej odlewu uwarunkowane jest własnościami fizykochemicznymi metalu i formy oraz parametrami technologicznymi czysto odlewniczymi, a także oddziaływaniem zewnętrznych czynników fizycznych, takich jak wirujące rewersyjne pole magnetyczne wywołujące ruch ciekłego metalu w czasie krzepnięcia. Drobnokrystaliczna struktura odlewu stanowi często przyczynę zmniejszenia segregacji składników stopowych.

2. CEL, ZAKRES I PRZEBIEG BADAŃ

Celem badań było wykonanie wzorców ze stopu BAg-3 do spektrometrów, od których wymaga się bardzo dużej jednorodności składu chemicznego. W tym celu zastosowano wirujące rewersyjne pole magnetyczne, które oddziałując na krzepnący odlew powinno zmniejszać segregację składników stopowych.

Również celem badań było określenie wpływu oddziaływania wirującego rewersyjnego pola magnetycznego na wielkość segregacji stopu.

Stop BAg-3 (wg AWS-ASTM) posiada polski odpowiednik o nazwie AG 351, który jest znormalizowany w PN-EN 1044. Orientacyjny skład chemiczny stopu użytego w badaniach [3]: Ag 49-51%, Cu 14,5-16,5%, Zn 13,5-17,5%, Cd 15-17%, Ni 2,5-3,5%. Stop ten używany jest jako lut twarde.

Luty twarde są to luty o temperaturze topienia przekraczającej 450°C, do nich należą luty na osnowie srebra. Ze stopów na osnowie srebra zastosowanie znalazły luty dwuskładnikowe i wieloskładnikowe. Do tych drugich należy stop BAg-3.

Spoiwa na bazie Ag-Cu-Zn-Cd charakteryzują się bardzo dobrą przewodnością elektryczną, znalazły więc szerokie zastosowanie w elektrotechnice. Cynk i kadm powodują znaczne obniżenie temperatury topnienia lutów oraz, co nie jest bez znaczenia – obniżenie ceny. Dodatkowo kadm zwiększa plastyczność i rzadkość lutów. Dodatek niklu w ilości 2,5 – 3,5% zwiększa wytrzymałość i plastyczność stopów oraz podwyższa maksymalną, dopuszczalną temperaturę pracy lutowanych detali. Spoiwa typu BAg-3, znalazły zastosowanie głównie do lutowania materiałów zawierających węgliki wolframu [3].

Badania polegały na wykonaniu wlewków pod działaniem wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM) oraz bez oddziaływania pola magnetycznego, a następnie analizie stopnia segregacji.

Zakres przeprowadzonych badań obejmował:

- odlanie próbki wzorcowej bez udziału WRPM,
- odlanie próbek przy zastosowaniu wirującego rewersyjnego pola magnetycznego o różnych parametrach pola magnetycznego – parametry WRPM ($I = 3A$ i $f_r = 2,8Hz$, $I = 8,25A$, $f_r = 1Hz$),
- analizie stopnia segregacji składników stopowych,
- opracowanie wyników badań.

Pole magnetyczne przy odlewaniu próbek było wytworzone przez induktor z uzwojeniem jak w stojanie elektrycznego trójfazowego silnika asynchronicznego.

Pierwszy etap polegał na odlaniu próbek bez oddziaływania WRPM, w celu umożliwienia porównania efektów działania WRPM.

W drugim etapie badań wykonano odlewy pod wpływem wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM) o następujących parametrach:

- wytop 2: $I = 3A$, $f_r = 2,8Hz$,
- wytop 3: $I = 8,25A$, $f_r = 1Hz$.

Wyniki badań próbek uzyskanych w drugim etapie przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Stężenie pierwiastków badano przy użyciu spektrometru ZSX Primus firmy RIGAKU, a badania przeprowadzono w Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach.

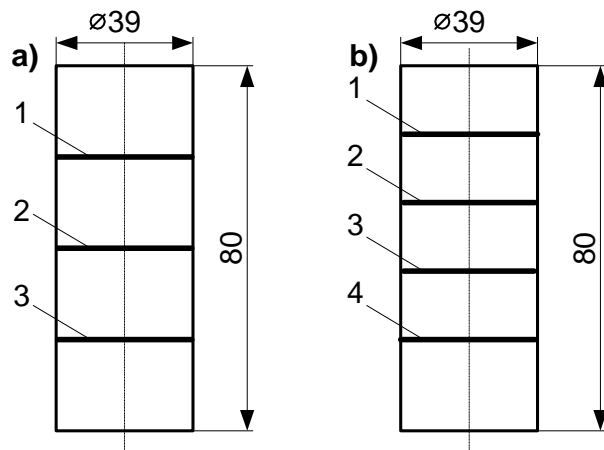
3. WYNIKI I PODSUMOWANIE BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań wykonanych dla próbek bez oddziaływania WRPM (*wytop 1*) zaobserwowano duże różnice udziału pierwiastków, co jest spowodowane występowaniem w tej próbce dużego stopnia segregacji.

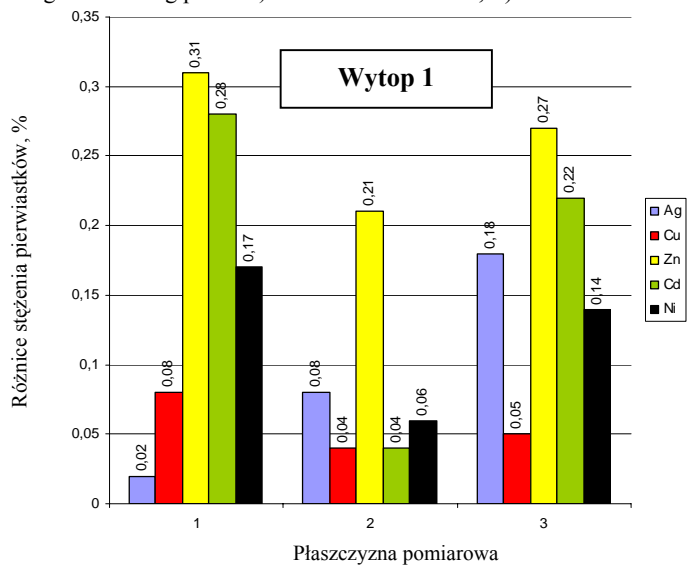
Schematycznie miejsca pomiarów stężenia pierwiastków przedstawiono na rysunku 1. Wyniki analizy składu chemicznego przedstawiono na rysunku 2.

Na podstawie przeprowadzonych badań:

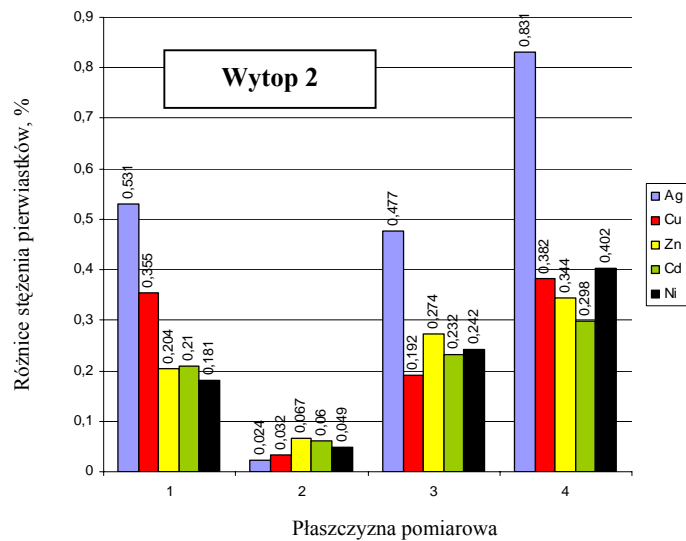
- potwierdzono pozytywny wpływ wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM) na zmniejszenie segregacji pierwiastków w badanym stopie BAg-3,
- w celu zwiększenia efektywności oddziaływania WRPM na zmniejszenie stopnia segregacji proponuje się zastosowanie induktora wytwarzającego pole magnetyczne o większej wartości indukcji. Pozwoli to na wygenerowanie większych sił magneto hydrodynamicznych powodujących intensywne mieszanie ciekłego metalu w czasie krystalizacji i tym samym zmniejszeniu stopnia segregacji odlewów wykonywanych w WRPM.



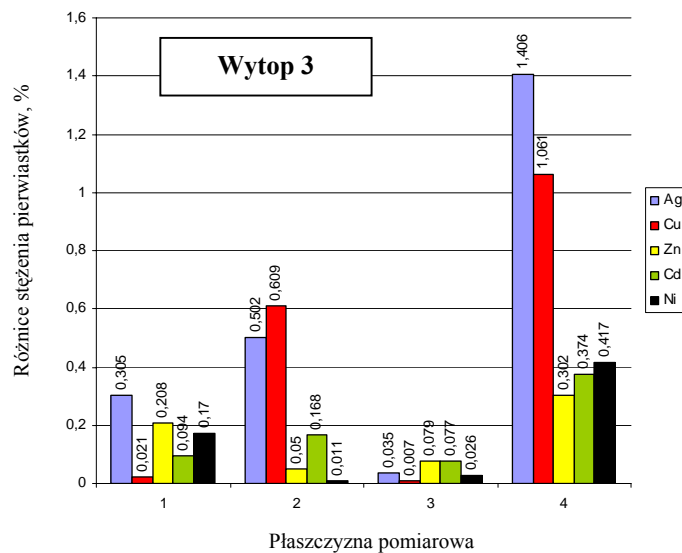
Rys. 1. Płaszczyzny pomiarowe : a) odlew bez WRPM, b) odlew z WRPM
 Fig. 1. Working plane: a) cast without RRFM, b) cast with RRFM



Rys. 2. Stopień segregacji - odlew numer 1
 Fig. 2. Degree of segregation for number 1 casting



Rys. 3. Stopień segregacji - odlew numer 2
Fig. 3. Degree of segregation for number 2 casting



Rys. 4. Stopień segregacji - odlew numer 3
Fig. 4. Degree of segregation for number 3 casting

LITERATURA

- [1] J. Szajnar: *Transformacja struktury kolumnowej w równoosiową przy krzepnięciu odlewów z wymuszoną konwekcją wirującym polem magnetycznym*. Zeszyty Naukowe „Mechanika”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001
- [2] Z. Konopka, S. Nocuń, A. Zyska, A. Bober, M. Cisowska-Łągiewka: *Segregacja srebra podczas krystalizacji kierunkowej stopu Al-Ag-Cu*. Archiwum Odlewnictwa nr 15, 2005
- [3] T. Radomski, A. Ciszewski: *Lutowanie*. WNT, Warszawa 1979
- [4] J. Szajnar, M. Stawarz: *Inoculation of pure aluminum structure with Ti + B addition in impulse magnetic field* 42nd Foundry Days, Czech Republic, Brno 2005
- [5] J. Szajnar, M. Stawarz: *Zastosowanie impulsowego pola magnetycznego do zmiany struktury odlewów z aluminium* VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna Odlewnictwa Metali Nieżelaznych „Nauka i Technologia” Wysowa, 2÷4 czerwca 2005
- [6] T. Wyszzyński: *Segregacja dodatków stopowych w odlewach wykonywanych w wirującym polu magnetycznym* Praca Dyplomowa, Politechnika Śląska IMiB, Zakład Odlewnictwa, Gliwice 2005

*Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006÷2007
jako projekt badawczy 3 T08B 024 30.*

MAGNETIC STIRRING INFLUENCE ON SEGREGATION CAST BA_g-3 SOLDER

SUMMARY

The main aim of this work was to evaluate influence of rotating reversing magnetic field (RRMF) on segregation in BA_g-3 solder for spectrometer standard. In the studies alloy ingots were poured with and without RRMF and then the chemical composition on different surfaces was examined showing the degree of segregation.

Recenzował: Prof. Józef Gawroński