

SEGREGACJA STOPU AG351 PRZEZNACZONEGO NA WZORCE SPEKTROMETRYCZNE

M. STAWARZ¹, C. BARON², J. GAWROŃSKI³, J. SZAJNAR⁴
Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44 – 100 Gliwice

STRESZCZENIE

Istotną cechą wzorców spektrometrycznych jest ich jednorodność chemiczna. Jednym ze sposobów poprawy jednorodności składu chemicznego i strukturalnego odlewów może być zastosowanie podczas jego krystalizacji wymuszonej konwekcji. W przeprowadzonych badaniach do wytwarzania wymuszonego ruchu ciekłego metalu w formie zastosowano pole magnetyczne. Badania przeprowadzono na stopie Ag-Cu-Zn-Cd-Ni.

Key words: rotating reversing magnetic field, alloy segregation, AG351 solder

1. WSTĘP

Segregacja dodatków stopowych występująca w odlewach jest zjawiskiem niepożądanym, które znacząco obniża własności użytkowe odlewu. Dlatego działania mające na celu zapobieganie segregacji są pożądane ze względów ekonomicznych, wytrzymałościowych i strukturalnych.

Zabiegi mające na celu zmniejszenie lub całkowite usunięcie segregacji to m.in.:

- modyfikacja,
- unikanie, kiedy jest to możliwe pierwiastków o dużych skłonnościach do segregacji,

¹ dr inż., marcin.stawarz@polsl.pl

² mgr inż., czeslaw.baron@polsl.pl

³ prof. dr inż., jozef.gawronski@polsl.pl

⁴ dr hab. inż., jan.szajnar@polsl.pl

- zastosowanie odpowiednio dużej szybkości chłodzenia,
- stosowanie odpowiedniej szybkości zalewania w zależności od rodzaju formy,
- stosowanie wibracji,
- zastosowanie pola magnetycznego.

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. Pole magnetyczne oddziałując na krzepnący w formie odlew wywołuje zmiany w procesie krystalizacji, których efektem jest właśnie rozdrobnienie struktury i jej ujednorodnienie [1]. Stosowanie wirującego rewersyjnego pola magnetycznego do wymuszenia ruchu ciekłego metalu w czasie krystalizacji powoduje szereg korzystnych zmian w odlewach szczególnie ze stopów wieloskładnikowych [1-4].

2. CEL BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było wykonanie wzorców spektrometrycznych z wieloskładnikowego stopu lutowniczego AG 351 (wg PN-EN 1044), 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.

Stop ten posiada odpowiednik o symbolu BAg-3, który jest znormalizowany wg AWS-ASTM. Orientacyjny skład chemiczny stopu użytego w badaniach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny stopu AG 351
Table 1. Chemical composition of AG 351 alloy

Ag, %	Cu, %	Zn, %	Cd, %	Ni, %
49-51	14,5-16,5	13,5-17,5	15-17	2,5-3,5

Stop ten używany jest jako lut twarde. Luty twarde są to luty o temperaturze topienia przekraczającej 450°C. 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 rzadkoplątność lutów. Dodatek niklu w ilości 2,5 - 3,5% zwiększa wytrzymałość i plastyczność stopów oraz podwyższa maksymalną, dopuszczalną temperaturę pracy lutowanych detali. Spoiwa typu AG 351, znalazły zastosowanie głównie do lutowania materiałów zawierających węgliki wolframu [5].

3. ZAKRES BADAŃ

Przeprowadzone badania polegały na wykonaniu wlewków wzorcowych bez oddziaływania pola magnetycznego oraz z działaniem wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM), a następnie analizie stopnia segregacji.

Zakres przeprowadzonych badań obejmował:

- odlanie próbki wzorcowej bez udziału WRPM (*wytop 1*),
- odlanie próbek przy zastosowaniu wirującego rewersyjnego pola magnetycznego o różnych parametrach pola magnetycznego – parametry WRPM (*wytop 2*: wartość indukcji magnetycznej $B = 32,5 \text{ mT}$, częstotliwość rewersji wirowania pola magnetycznego $f_r = 2,8 \text{ Hz}$, *wytop 3*: $B = 45 \text{ mT}$, $f_r = 1 \text{ Hz}$),
- analizie stopnia segregacji składników stopowych,
- opracowanie wyników badań.

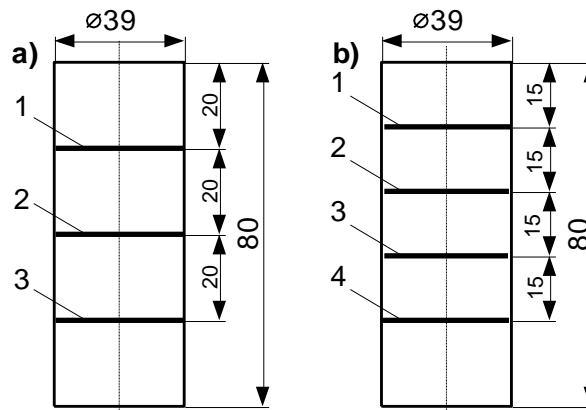
Pole magnetyczne, generujące ruch ciekłego metalu, było wytworzone przez induktor o odpowiednim uzwojeniu trójfazowym szczegółowo opisanym w pracy [1].

4. WYNIKI BADAŃ I ICH PODSUMOWANIE

Pomiary stężenia pierwiastków stopowych przeprowadzono przy użyciu spektrometru ZSX Primus firmy RIGAKU.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunkach: (rys. 2 -*wytop 1*) i (rys. 3 i 4 odpowiednio *wytop 2 i 3*). Na podstawie przeprowadzonych badań wykonanych dla próbek bez oddziaływania WRPM (*wytop 1*) zaobserwowano duże różnice udziału pierwiastków, co jest spowodowane występowaniem w nich dużego stopnia segregacji.

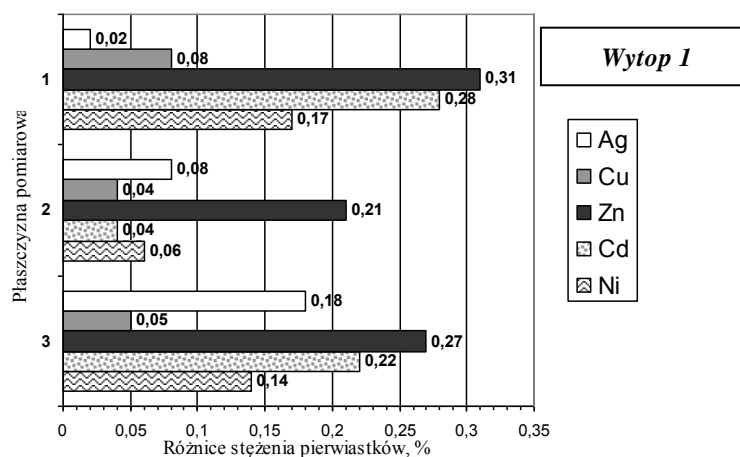
Schematycznie miejsca pomiarów stężenia pierwiastków przedstawiono na rysunku 1.



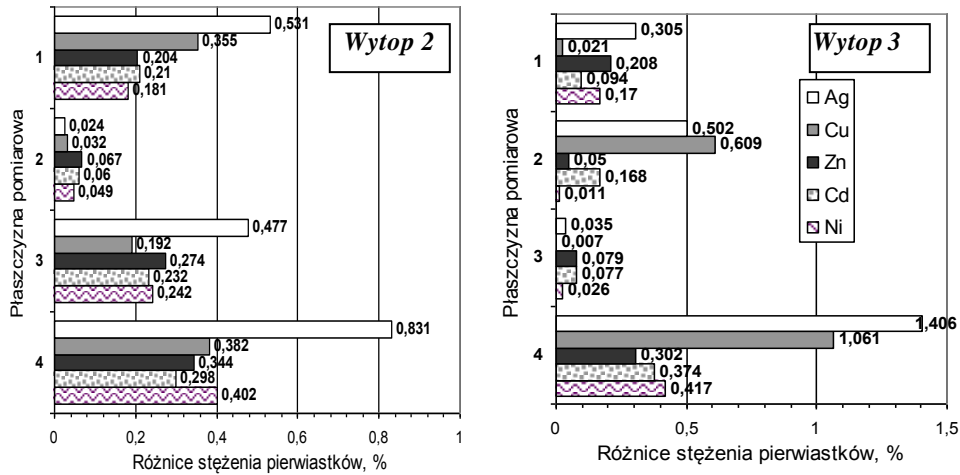
Rys. 1. Płaszczyzny pomiaru 1÷4 : a) odlew bez WRPM, b) odlew z WRPM
 Fig. 1. Planes of measurement 1÷4: a) cast without RRMF, b) cast with RRMF

Tabela 2. Skład chemiczny stopu lutowniczego AG 351
Table 2. Chemical analyses of AG 351 solder

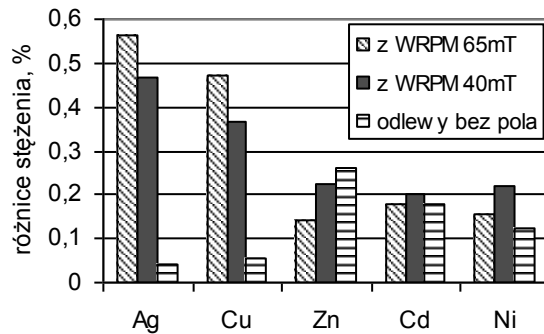
WYTOP 1					
Plaszczyna	Ag, %	Cu, %	Zn, %	Cd, %	Ni, %
1	49,93	13,36	17,15	17,2	2,42
1	49,91	13,44	17,46	16,92	2,59
2	49,91	13,44	17,46	16,92	2,59
2	49,83	13,48	17,25	16,88	2,53
3	49,83	13,48	17,25	16,88	2,53
3	49,65	13,53	17,52	17,1	2,67
WYTOP 2					
Plaszczyna	Ag, %	Cu, %	Zn, %	Cd, %	Ni, %
1	48,225	14,815	17,481	16,246	3,234
1	47,694	15,17	17,685	16,036	3,415
2	49,093	14,08	17,463	16,417	2,947
2	49,069	14,048	17,53	16,357	2,996
3	48,994	14,069	17,547	16,366	3,024
3	48,517	14,261	17,821	16,134	3,266
4	49,468	13,86	17,336	16,562	2,774
4	48,637	14,242	17,68	16,264	3,176
WYTOP 3					
Plaszczyna	Ag, %	Cu, %	Zn, %	Cd, %	Ni, %
1	47,731	14,998	17,968	15,719	3,584
1	48,036	14,977	17,76	15,813	3,414
2	48,538	14,368	17,71	15,981	3,403
2	48,928	14,145	17,585	16,029	3,312
3	48,963	14,138	17,506	16,106	3,286
3	49,275	14,133	17,323	16,292	2,977
4	47,869	15,194	17,625	15,918	3,394
4	47,986	15,166	17,546	16,015	3,287



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



Rys. 3. Stopień segregacji w odlewach z wytopów nr 2 i 3
 Fig. 3. Degree of segregation for number 2 and 3 castings



Rys. 4. Różnice w stężeniu pierwiastków stopowych w zależności od sposobu odlewania
 Fig. 4. Difference in concentration of alloy additions depending on casting method

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników nie potwierdzono całkowicie pozytywnego wpływu wirującego rewersyjnego pola magnetycznego (WRPM) na zmniejszenie segregacji pierwiastków w badanym stopie AG 351. Wprawdzie zróżnicowanie stężenia Zn nieco zmniejszyło się w odlewach wykonanych pod wpływem pola magnetycznego, a zmiany stężenia Cd zostały na podobnym poziomie jak w odlewach wykonanych bez oddziaływania WRPM, to jednak pozostałe pierwiastki stopowe (Ag, Cu, Ni) uległy większej segregacji. Przedstawione wyniki pokazują

ponadto tendencję, że przy wzroście wartości indukcji pola magnetycznego można osiągnąć mniejszy stopień segregacji składników stopowych.

Dalsze zwiększenie efektywności oddziaływania WRPM wymaga zastosowania induktora wytwarzającego pole magnetyczne o większej wartości indukcji B. Pozwoli to na wygenerowanie większych sił magneto hydrodynamicznych powodujących intensywniejsze mieszanie ciekłego metalu w czasie krystalizacji i tym samym zmniejszeniu stopnia segregacji odlewów wykonywanych w wirującym rewersyjnym polu magnetycznym.

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] J. Szajnar, J. Gawroński: *Oddziaływanie pola magnetycznego na transformację struktury kolumnowej odlewów*, Przegląd Odlewnictwa, t. 55, nr 4, (2005), 232-241.
- [3] B. Ganapathysubramanian, N. Zabaras: *Using magnetic field gradients to control the directional solidification of alloys and the growth of single crystals*. J. of Crystal Growth 270 (2004), 255-272.
- [4] T. Wszyński: *Segregacja dodatków stopowych w odlewach wykonywanych w wirującym polu magnetycznym*. Praca dyplomowa, Politechnika Śląska IMiB, Zakład Odlewnictwa, Gliwice (2005).
- [5] T. Radomski, A. Ciszewski: *Lutowanie*. WNT, Warszawa (1979).

SEGREGATION IN AG 351 ALLOY FOR SPECTROMETER STANDARDS

SUMMARY

Very important feature of spectrometric standard samples is their chemical homogeneity. One of the way to improve chemical and structural homogeneity is application of forced convection during solidification of the casting. In presented studies forced convection was obtained by use of electromagnetic field. In the studies alloy ingots were poured with and without rotating reversing magnetic field and then the chemical composition on different surfaces was examined showing the degree of segregation.

Recenzował: prof. zw. dr hab. inż. Ferdynand Romankiewicz