

**MODYFIKACJA BRĄZU CuSn8 I JEJ WPLYW NA
SEGREGACJĘ CYNY**J. SZAJNAR¹, M. KONDRACKI², M. STAWARZ³

Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice,

STRESZCZENIE

W pracy przeprowadzono badania nad modyfikacją brązu CuSn8 (B8) i nad jej wpływem na rozkład cyny. Stwierdzono, że najlepsze efekty uzyskuje się przy modyfikacji brązu borem, cyrkonem i fosforem. Modyfikacja struktury przyczyniła się do zmniejszenia segregacji cyny. Podobny wpływ na rozkład cyny ma zwiększenie prędkości krystalizacji.

Key words: copper-tin, modification, tin segregation

1. WPROWADZENIE

Stop CuSn8 jest dwuskładnikowym brązem do przeróbki plastycznej. Z tego stopu najczęściej wykonuje się odlewy ciągłe o przekroju prostokątnym, który następnie są walcowane na blachy i taśmy. Przydatność tego brązu do przeróbki plastycznej w dużym stopniu zależy od jakości struktury odlewu ciągłego. Brąz CuSn8 bez modyfikacji ma dużą zdolność do tworzenia grubokrystalicznej i także transkrystalicznej struktury [1,2], a taka struktura sprzyja segregacji cyny [3,4].

Należy zatem zwracać szczególną uwagę na wytwarzanie odlewów o drobnoziarnistej strukturze, co można osiągnąć przez sterowanie prędkością krystalizacji lub modyfikowaniem ciekłego metalu dodatkami ułatwiającymi powstanie drobnoziarnistej struktury [2].

¹ dr hab. inż., sekrmt3@polsl.gliwice.pl

² mgr inż.

³ mgr inż.

W niniejszej pracy podjęto próby modyfikacji brązu CuSn8 dobierając takie pierwiastki modyfikujące strukturę odlewu aby równocześnie zapewnić jak najmniejszą wielkość ziarna, a przez to zmniejszyć segregację cyny.

2. BADANIA WŁASNE

Celem pracy było określenie wpływu modyfikacji i szybkości chłodzenia na strukturę brązu cynowego B8 i segregację cyny.

Zakres badań obejmował:

- wykonanie odlewów próbnych z brązu niemodyfikowanego i modyfikowanego oraz określenie zmian w procesie krystalizacji przy pomocy analizy termiczno-derywacyjnej,
- przeprowadzenie badań metalograficznych,
- określenie segregacji cyny.

Opierając się na danych literaturowych [1,5] i wynikach badań własnych do modyfikacji stosowano następujące zaprawy:

- zaprawa borowa CuB2,
- zaprawa cyrkonowa CuZr30,
- zaprawa tytanowa CuTi43,
- zaprawa fosforowa CuP12.

Badania wykonano w odlewni Walcowni Metali Nieżelaznych w Gliwicach-Łabędach oraz w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Badania zrealizowane w odlewni Walcowni Metali Nieżelaznych obejmowały wykonanie odlewów próbnych z brązu niemodyfikowanego oraz rejestrację krzywych ATD. Metal pobierano z pieca topielnego indukcyjnego kanałowego będącego częścią linii ciągłego odlewania.

Odlewy z brązu modyfikowanego wykonano w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Wykonywano trzy rodzaje odlewów:

- 1) odlew krzepnący w próbniku ATD-B (suszona masa bentonitowa),
- 2) odlew o wymiarach $\phi 40 \times 120$ mm krzepnący w kokili grafitowej o grubości ścianki 10 mm,
- 3) odlew o wymiarach $\phi 30 \times 120$ mm krzepnący też w kokili grafitowej o grubości ścianki 5 mm.

Pozwoliło to zaobserwować wpływ szybkości krystalizacji na efekt modyfikacji.

Topienie metalu odbywało się w piecu indukcyjnym w tyglu grafitowym o pojemności 5 kg pod pokryciem z węgla drzewnego.

Wykonano łącznie 24 prób, w tym 14 wytopów z brązu niemodyfikowanego. Szczegółowy wykaz parametrów przeprowadzonych prób przedstawiono w tab. 1.

Próbki do badań makrostruktury i mikrostruktury odcinane były 30 mm od podstawy wlewka. Rozkład cyny na przekroju poprzecznym wlewków zmierzono na mikroanalizatorze DSM 95 OPTON.

Tabela 1. Zestawienie warunków modyfikacji i odlewania próbek
 Table 1. Conditions of melting and modification

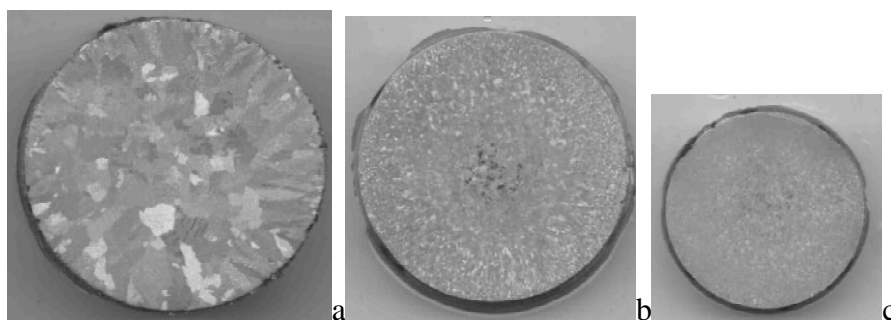
		Próbki niemodyfikowane				Próbki modyfikowane					
		B8_		0204_		0304_	B8_				
Numer wytopu		1, 2, 3, 4	1, 2, 3	4, 5, 6	7, 8, 9, 10	1M, 2M, 3M, 4M, 5M	11M	12M	13M	14M	15M
Skład chemiczny [%]	Sn	8,09	7,88	8,1	7,99	8,17	8,09	8,09	7,88	7,88	7,95
	P	0,072	0,077	0,073	0,069	0,089	0,072	0,072	0,077	0,077	0,073
	Fe	0,004	0,001	0,004	0,001	0,008	0,004	0,004	0,001	0,001	0,004
	Ni	0,005	0,007	0,007	0,004	0,007	0,005	0,005	0,007	0,007	0,007
	Zn	0,045	0,03	0,033	0,018	0,045	0,045	0,045	0,03	0,03	0,03
	Pb	0,012	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011
Dodatek modyfikatora [%]	P						0,0055	0,0055		0,02	0,02
	B					0,03	0,001	0,02	0,02		0,02
	Zr						0,02	0,02	0,02	0,02	
	Ti								0,02	0,02	0,02
Temperatura [°C]	przed modyfikacją					1135	1140	1117	1150	1150	1126
	przed zalaniem	1210	1160	1180	1210	1150	1105	1121	1151	1150	1150

3. WYNIKI BADAŃ IICH ANALIZA

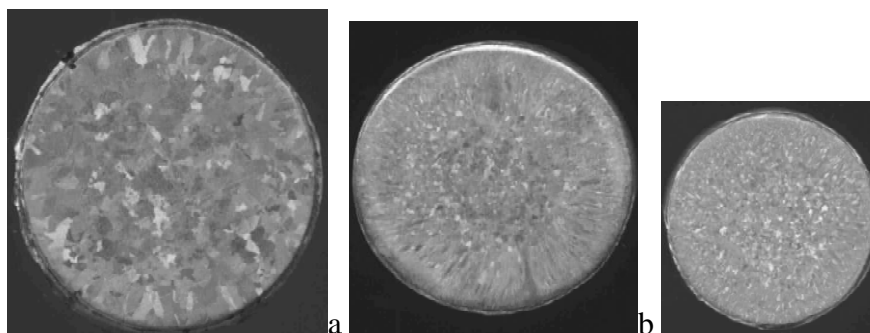
Poniżej zamieszczone zostały zdjęcia przedstawiające makrostrukturę odlanych próbek. Jak widać posiadają one różną wielkość rozdrobnienia ziaren. Spowodowane to jest zastosowaniem różnych zestawów modyfikatorów oraz różnych prędkości chłodzenia wynikających z materiału form i wielkości odlewów.

Rysunki numer 1 – 3 zawierają oznaczenia a, b i c przedstawiające makrostrukturę odlewów wykonanych:

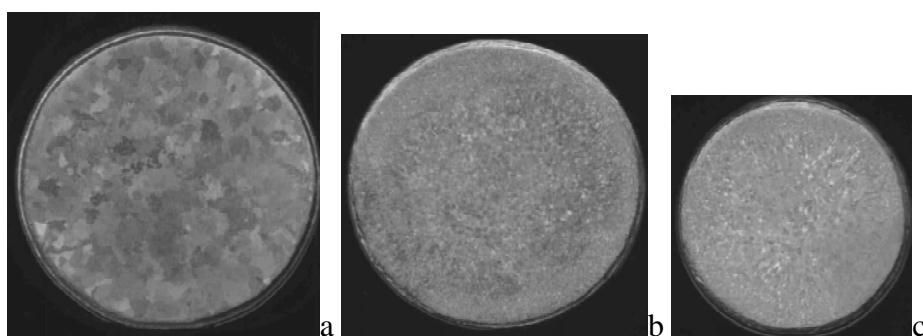
- a - w próbniku ATD-B (forma z masy bentonitowej),
- b - w formie grafitowej o średnicy 40 mm,
- c - w formie grafitowej o średnicy 30 mm.



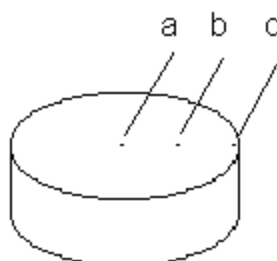
Rys. 1. Odlewy wzorcowe nr 0204_1 z brązu niemodyfikowanego. $T_{zal}=1160\text{ }^{\circ}\text{C}$
 Fig. 1. Non-modified bronze ingots, cast 0204_1, cast temperature $1160\text{ }^{\circ}\text{C}$



Rys. 2. Makrostruktura odlewów nr B8_M13 z brązu B8 modyfikowanego 0,02 %Zr, 0,02 %Ti, 0,02 %B
 Fig. 2. Macrostructure of bronze modified with 0,02 %Zr, 0,02 %Ti, 0,02 %B

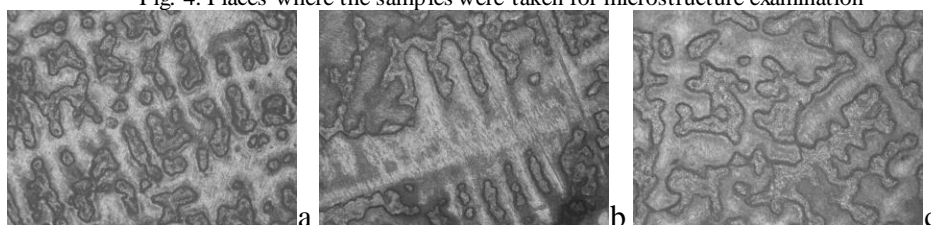


Rys. 3. Makrostruktura odlewów nr B8_M14 z brązu B8 modyfikowanego 0,02 %Zr, 0,02 %Ti, 0,02 %P
 Fig. 3. Macrostructure of bronze modified with 0,02 %Zr, 0,02 %Ti, 0,02 %P



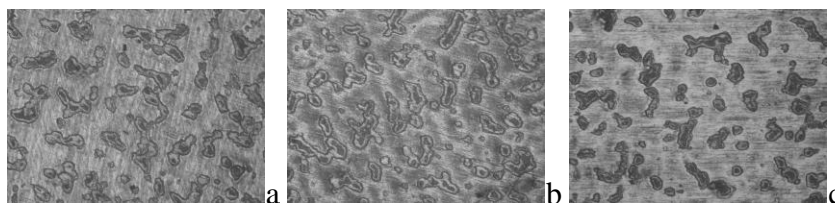
Rys. 4. Miejsca pobrania próbek do badań mikrostruktury

Fig. 4. Places where the samples were taken for microstructure examination



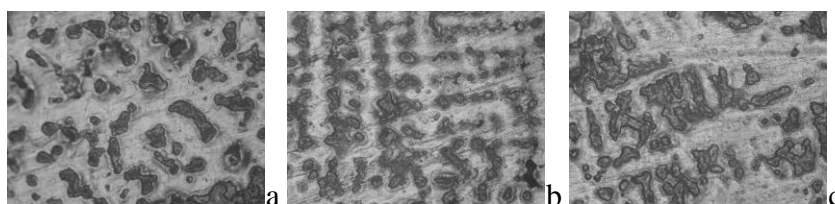
Rys. 5. Próbką nr 0204_1b (brąz niemodyfikowany)

Fig. 5. Sample 0204_1b (non-modified bronze)



Rys. 6. Próbką nr B8_M13 z brązu CuSn8 modyfikowanego B, Zr i Ti

Fig. 6. Sample B8_M13, bronze modified with B, Zr and Ti

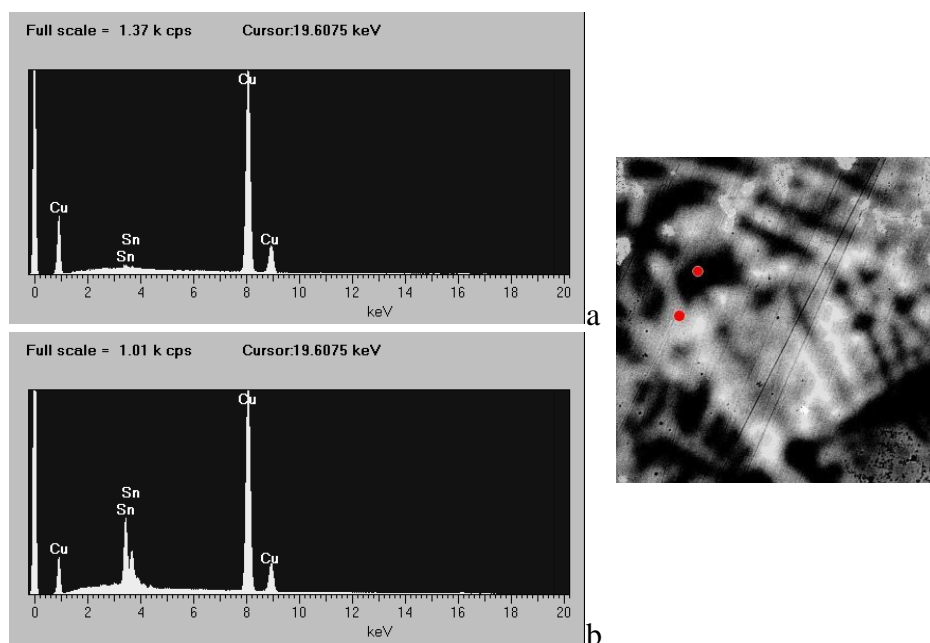


Rys. 7. Próbką nr B8_M14 z brązu modyfikowanego Zr, Ti i P

Fig. 7. Sample B8_M13, bronze modified with Zr, Ti and P

4. IDENTYFIKACJA WYDZIELEŃ CYNY

Rozłożenie cyny określano w osi dendrytu i w przestrzeniach międzydendrytycznych przy powierzchni zewnętrznej odlewu i w jego osi. Rozkład cyny przy powierzchni poszczególnych odlewów był w przybliżeniu na jednakowym poziomie. Dlatego poniżej przedstawiono tylko wyniki pomiarów rozkładu cyny w osi odlewów potwierdzające korzystny wpływ modyfikacji na zmniejszenie segregacji Sn.

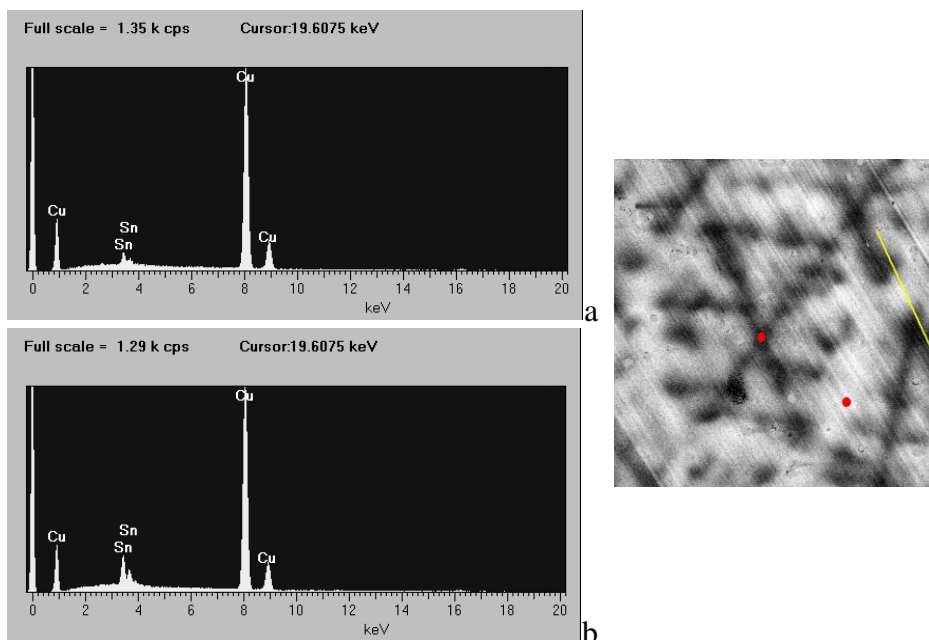


Rys. 8. Identyfikacja wydzielań cyny: a) w osi dendrytu, b) w przestrzeni międzydendrytycznej w osi odlewu nr 0204_1b z brązu niemodyfikowanego (rys. 1b)

Fig. 8. Identification of tin spacing: a) in dendrite axis, b) in interdendritic space in 0204_1b ingot axis, non-modified bronze (fig. 1b)

5. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Dodawane modyfikatory wywarły ogólnie korzystny wpływ na zmianę struktury odlewów oraz na proces ich krystalizacji. Przeprowadzona modyfikacja spowodowała rozdrobnienie i ujednorodnienie struktury oraz zmianę wydzielań fazy α niezależnie od miejsca badania (rys. 1 do 6).



Rys. 9. Identyfikacja wydzieliń cyny: a) w osi dendrytu, b) w przestrzeni międzidendrytycznej w osi odlewu nr B8_M13 z brązu modyfikowanego (rys. 2b)
 Fig. 9. Identification of tin spacing: a) in dendrite axis, b) in interdendritic space in B*_M13 ingot axis, non-modified bronze (fig. 2b)

Największe rozdrobnienie struktury uzyskano w przypadku próbek z wytopu nr B8_13M przy zastosowaniu modyfikacji 0,02% cyrkonu, 0,02% boru oraz 0,02 % tytanu. Podobną strukturę uzyskano w próbkach z wytopu B8_14M gdzie bor zastąpiono fosforem.

W przypadku odlewów B8_13M i B8_14M dzięki zastosowaniu modyfikatorów cyrkonu, tytanu i boru lub fosforu stwierdzono zmniejszenie intensywności proces segregacji cyny. Różnice w rozkładzie cyny w osiach dendrytów i w przestrzeniach międzidendrytycznych są znacznie mniejsze w odlewach wykonanych z brązu modyfikowanego (rys. 8, 9). Również rozkład Sn zarówno na brzegach jak i w osiach odlewów wykonanych z brązu modyfikowanego jest podobny.

Badania wykazały, że również w odlewach krzepnących z dużą szybkością zauważalny jest wpływ modyfikacji. Jednakże wzrost rozdrobnienia ziaren jest dużo mniejszy niż w odlewach krzepnących z mniejszymi prędkościami.

6. WNIOSKI

Wnioski i spostrzeżenia wynikające z pracy:

- najskuteczniejsza modyfikacja, po której otrzymano równomiernie rozdrobnioną strukturę (próbki B8_13M) uzyskana została za pomocą cyrkonu, boru i tytanu
- bardzo zbliżoną strukturę (próbki B8_14M) osiągnięto po zastosowaniu 0,02 % cyrkonu, 0,02 % tytanu i 0,02 % fosforu
- zastąpienie miedzi borowej miedzią fosforową powoduje bardzo znaczne obniżenie kosztów. Modyfikacja 1 tony brązu B8 miedzią borową kosztuje 590 zł., modyfikacja tej samej ilości brązu miedzią fosforową 26 zł
- badania wykazały, że w poprawnie zmodyfikowanym stopie mikrostruktura próbek B8_13M i B8_14M w różnych miejscach na przekroju odlewu posiada zbliżony charakter, w przeciwieństwie do pozostałych próbek, co świadczy o pozytywnym wpływie modyfikatorów
- modyfikacja brązu CuSn8 spowodowała duże zmniejszenie segregacji cyny

LITERATURA

- [1] F. Romankiewicz, *Modyfikacja miedzi i jej stopów*, Komisja Nauki o Materiałach PAN, Poznań - Zielona Góra, 1999.
- [2] M. Tokarski, *Metaloznawstwo metali i stopów nieżelaznych w zarysie*, Wydawnictwo Śląsk, 1985.
- [3] F. Romankiewicz, *Modyfikacja miedzi i jej niektórych stopów w warunkach procesu metalurgicznego*, Praca habilitacyjna, W.S.I., Zielona Góra, 1983.
- [4] F. Romankiewicz, *Krzepnięcie miedzi i jej stopów*, Komisja Nauki o Materiałach PAN oddział w Poznaniu, WSI Zielona Góra, 1995.

MODIFICATION OF CuSn8 TIN BRONZE AND ITS INFLUENCE ON TIN SEGREGATION

SUMMARY

The paper contains an analysis of tin bronze modification with use of different complex addition. For modification authors used zirconium, boron, titanium and phosphorus. Authors showed analyses of influence of these elements on micro, macrostructure and tin segregation.

Recenzował Prof. Józef Garwoński