

**IDENTYFIKACJA WYBRANYCH SKŁADNIKÓW STRUKTURY  
ODLEWNICZYCH STOPÓW CuZn**M. KONDRACKI<sup>1</sup>, J. GAWROŃSKI<sup>2</sup>, J. SZAJNAR<sup>3</sup>Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych,  
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska  
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice**STRESZCZENIE**

W niniejszym artykule przedstawione wybrane wyniki badań prowadzonych w zakresie wpływu wzajemnych oddziaływań dodatków stopowych na strukturę i własności odlewniczych stopów CuZn. Dotyczą one identyfikacji pojawiających się w strukturze mosiądzu składników określanych mianem wydzieleni twardej przy pomocy mikroanalizy rentgenowskiej. Przedstawiono plan i zakres badań, analizę punktową wydzieleni oraz mapy rozkładu pierwiastków. Wskazano najbardziej aktywne pierwiastki w tworzeniu wydzieleni twardej.

*Keywords: fixture brass, roentgenographic analysis, intermetallic phases*

**1. WPROWADZENIE**

Odlewnicze stopy miedzi z cynkiem stosowane na armaturę pod względem wielkości produkcji stanowią drugą grupę stopów miedzi (po miedzi przewodowej). Wykorzystuje się je do produkcji armatury domowej i przemysłowej, zamków i innych elementów, przy wytwarzaniu, których wymagane są wysokie własności technologiczne materiału (jak skrawalność czy lejność). Głównym przedstawicielem tej grupy stopów jest stop o składzie CuZn39Pb2.

Wykorzystanie do produkcji tego stopu materiałów wsadowych zawierających pewne określone pierwiastki powoduje znaczne pogorszenie własności technologicznych stopu. Znacznie spada skrawalność i odporność korozyjna, utrudnione

---

<sup>1</sup> mgr inż. marcin.kondracki@polsl.pl

<sup>2</sup> prof. dr inż.

<sup>3</sup> dr hab. inż., Prof. Pol. Śl. jan.szajnar@polsl.pl

jest również dokładne wykończenie powierzchni, niezwykle ważne przy nakładaniu powłok (elementy armatury, klucze etc.). Dzieje się tak, ponieważ w mikrostrukturze pojawiają się nowe składniki określane wspólnym mianem twardych wydzieliń. Są to fazy międzymetaliczne o twardości znacznie przekraczającej twardość osnowy, oparte na związkach głównie Fe, Si i Al, a także Mn, Cr, Ni i P [1 - 3]. Pierwiastki te są wprowadzane jako dodatki technologiczne ułatwiające odlewanie i jako zanieczyszczenia ze wsadem.

## 2. BADANIA

Prezentowane wyniki stanowią część prac prowadzonych nad wzajemnym oddziaływaniem dodatków stopowych i ich wpływem na własności odlewniczych stopów CuZn. Na podstawie badań własnych i przeglądu bibliografii określono grupę pierwiastków wchodzących w skład wydzieliń twardych. Korzystając z układów podwójnych tych pierwiastków określono spośród nich najbardziej aktywne w tworzeniu faz międzymetalicznych. Biorąc to pod uwagę oraz dominujący udział określonych pierwiastków ograniczono badania do czterech pierwiastków: Fe, Si, Al i P.

Zaprojektowano eksperyment aktywny, w którym zmienną był udział wymienionych pierwiastków, specjalnie dostosowany do zbadania synergicznego wpływu dodatków na strukturę i własności stopu. Całkowity eksperyment składał się z 14 wytopów o zmiennym składzie chemicznym, w których zawartość wprowadzonych dodatków nie przekraczała ich ilości przewidzianych normą PN.

Stop przygotowywany był ze składników czystych (Cu, Zn) i stopów wstępnych (CuFe, CuSi, CuAl i CuP) w piecu indukcyjnym zgodnie ze sztuką odlewniczą. Warunki termofizyczne dla wszystkich wytopów utrzymywane były na stałym poziomie. Stop odlewano do form metalowych podgrzanych do temperatury 300°C. Metodę odlewania dobrano tak ze względu na warunki przemysłowe stosowania armaturowych stopów CuZn (stos. na odlewy kokilowe).

Po wykonaniu odlewów pobierano próbki do analizy mikrostruktury obejmującej analizę ilościową i jakościową składników struktury oraz badanie składu chemicznego. Wyniki badań posłużyły następnie do kompleksowej analizy statystycznej.

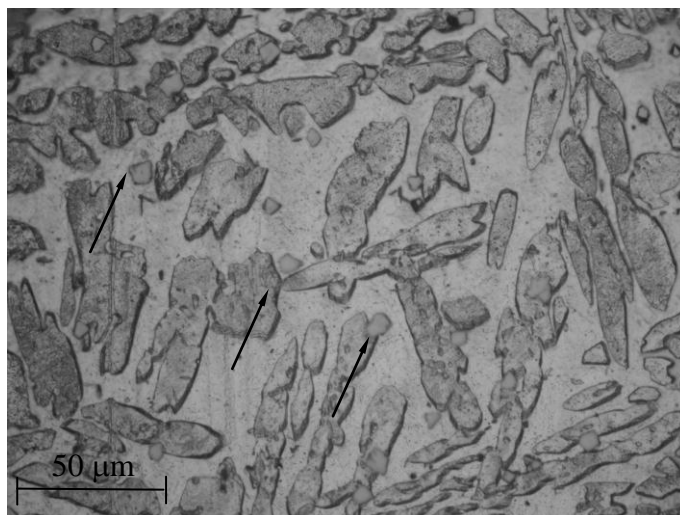
## 3. WYNIKI

### 3.1. Mikrostruktura

Na rysunku 1 pokazano mikrostrukturę stopu CuZn  $\alpha + \beta'$  zawierającego dużą ilość wydzieliń twardych.

Występowanie wydzieliń twardych zaobserwowano we wszystkich przeprowadzonych wytopach. Osnowa stopu zmieniała się ze zmianą składu chemicznego z dwufazowej  $\alpha + \beta'$  (typowej dla tego stopu) na jednofazową  $\beta'$ . Główny

wpływ miały tu krzem i aluminium przy niskiej zawartości żelaza. Ich działanie w tym zakresie było zgodne ze współczynnikami Guilleta [5]. Wprowadzenie fosforu zmieniło morfologię pojawiających się faz międzymetalicznych.



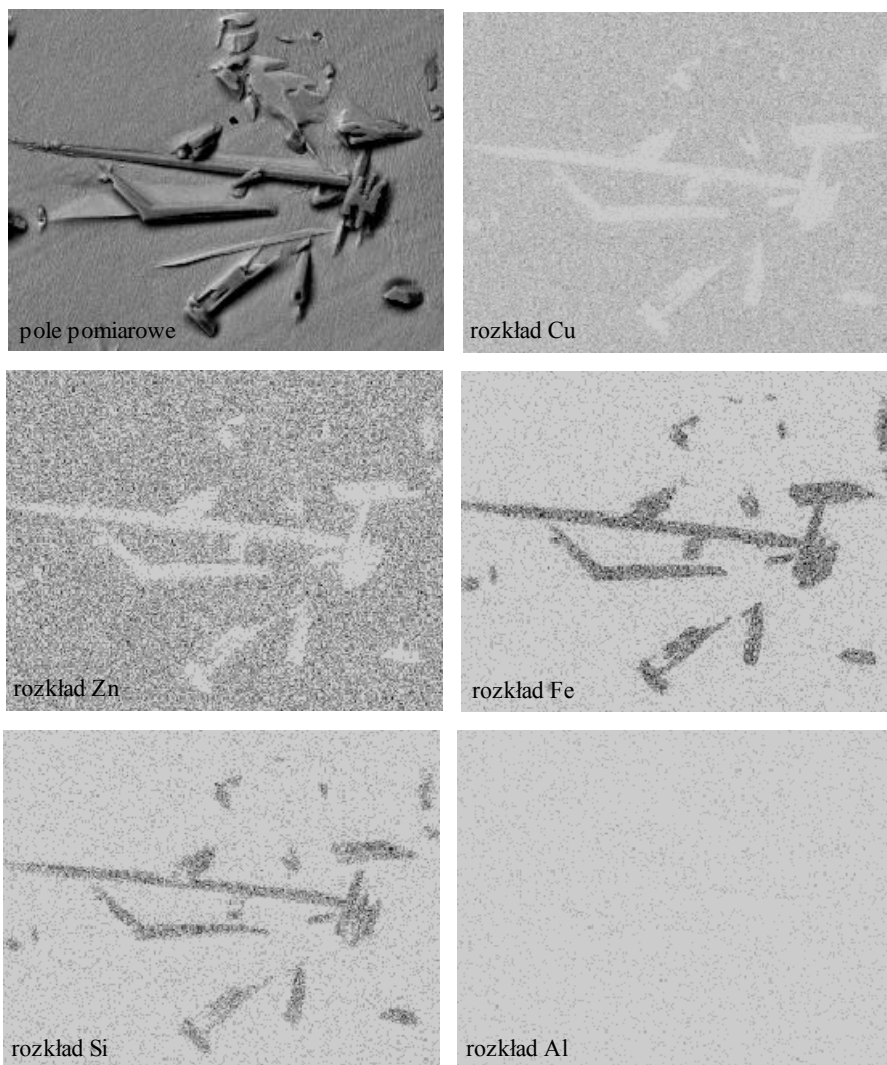
Rys. 1. Mikrostruktura armaturowego stopu CuZn zawierającego liczne wydzielenia twarde (wskazane strzałkami); na tle jasnej fazy  $\beta'$  ciemniejsze wydzielienia fazy  $\alpha$  i wydzielenia twarde, trawiono  $\text{HNO}_3$

Fig. 1. Brass microstructure containing numerous hard inclusions (pointed by arrows); on the light  $\beta'$  background the darker  $\alpha$  phase and the hard inclusions,  $\text{HNO}_3$  etched

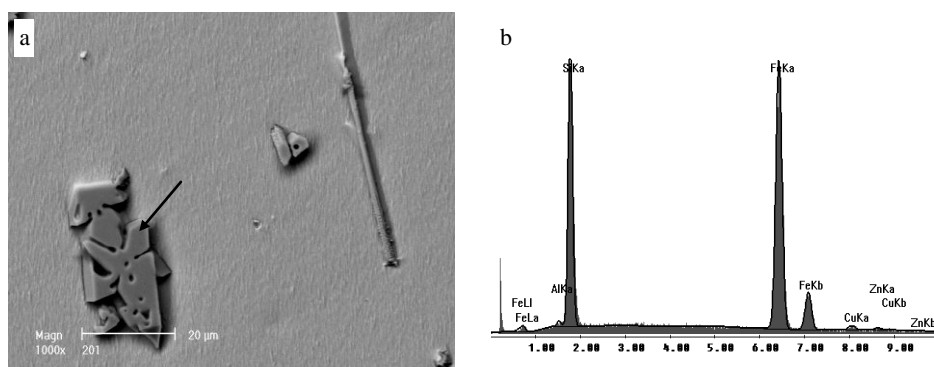
### 3.2. Mikroanaliza rentgenowska

W celu określenia składu wydzieleni twardych przeprowadzono mikroanalizę rentgenowską przy pomocy mikroskopu skaningowego dla wybranych wytopów. Analiza ta wykazała, że wydzielania te to głównie fazy międzymetaliczne  $\text{Fe}_x\text{Si}_y$ , oraz  $\text{CuZn}\gamma$ . Wyniki analizy dla takich wydzieleni przedstawiają rysunki 2 i 3.

Wprowadzenie fosforu spowodowało powstanie oprócz wymienionych wydzieleni faz twardych o bardziej złożonym składzie i morfologii. Wydzielania te zawierały związki  $\text{AlP}$ ,  $\text{FeSi}$  oraz tlenki  $\text{Al}$ ,  $\text{P}$  i  $\text{Si}$ . Występowanie takich faz stwierdzono również w odpowiednich stopach (np.  $\text{Al-P}$ ,  $\text{Al-Si-P}$ ) [11].



Rys. 2. Mapa rozkładu pierwiastków na powierzchni pola pomiarowego; ciemniejsze pola oznaczają większą liczbę atomów badanego pierwiastka  
Fig. 2. Maps of elements and measuring field, greater content of specific element is shown with more dots (darker field)



Rys. 3. Analiza rentgenograficzna wydzielen twardych; a) pole pomiarowe, b) analiza punktowa wydzielenia wskazanego strzałką (udział % mas.: 71.15 Fe, 25.35 Si, 1.72 Cu, 1.17 Zn, 0.60 Al)  
 Fig. 3. Roentgenographic analysis of hard inclusions; a) measuring field, b) point analysis of the inclusion pointed by arrow (% mas. content: 71.15 Fe, 25.35 Si, 1.72 Cu, 1.17 Zn, 0.60 Al)

#### 4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pozwoliły ustalić zależności pomiędzy składem chemicznym a ilością wydzielen twardych pojawiających się w mikrostrukturze stopu. Należy podkreślić, że mimo wprowadzania ilości dodatków dopuszczalnych przez normę udział ilościowy wydzielen twardych znacznie przekraczał dopuszczalne wartości. Wydzielenia międzymetaliczne zaobserwowano we wszystkich przeprowadzonych wytopach. Zależności uzyskane dzięki analizie statystycznej wyników wykazały wiodącą rolę żelaza w procesie tworzenia wydzielen twardych. Bardzo duży wpływ ujawnił również fosfor. Udział wydzielen twardych w funkcji zawartości fosforu wykazał zależność liniową.

Opracowano zestaw współczynników wzajemnych oddziaływań pierwiastków w układach wieloskładnikowych (na bazie CuZn) oraz ich aktywność w tworzeniu faz międzymetalicznych. Pozwolą one opracować tak skład chemiczny stopu, by uzyskać jak najlepsze własności odlewnicze przy odpowiedniej strukturze stopu (dopuszczalnej zawartości wydzielen twardych). Badania w tym zakresie są obecnie prowadzone w ramach pracy doktorskiej jednego z autorów. Szczegółowy opis zależności pomiędzy określonymi pierwiastkami zostanie zamieszczony w kolejnych publikacjach autorów.

Badania potwierdziły również poprawność opracowanej podczas planowania eksperymentu tabeli aktywności wymienionych dodatków.

**LITERATURA**

- [1] M. Kondracki, J. Gawroński, J. Szajnar, R. Grzelczak, K. Podsiadło: Badanie procesu krystalizacji mosiądzu ołowiowego MO59 przy pomocy ATD, Archiwum Odlewnictwa, PAN Katowice 2002
- [2] F. Romankiewicz, W. Reif, Badanie faz międzymetalicznych w mosiądzach ołowiowych, ATMiA vol. 21 nr 1, KBM PAN, Poznań 2001
- [3] M. Kondracki, J. Szajnar, Improvement of modification process of some copper alloys, Slevarenstvi 9/2004, Brno 2004
- [4] multiauthor work, Development of lead free copper alloy castings: mechanical properties, castability and machinability, World Foundry Congress, 2004
- [5] C. Adamski, Z. Bonderek, T. Piwowarczyk, Mikrostruktury odlewniczych stopów miedzi i cynku, Śląsk, Katowice 1972
- [6] M. Kondracki, J. Gawroński, J. Szajnar, The alloy additions influence on technological properties of fixture brasses, AMME 2003, Gliwice-Zakopane 2003
- [7] F. Romankiewicz, Krzepnięcie miedzi i jej stopów, KNM PAN Poznań, Zielona Góra 1995
- [8] M. Kondracki, J. Szajnar, Przydatność żelaza w procesie modyfikacji czystej miedzi, Archiwum Odlewnictwa, rocznik 4, nr 14, Katowice 2004
- [9] M. Kucharski, S. Rządkosz: Intensywność oddziaływania modyfikatorów dla mosiądzu ołowiowego MO59, X Sympozjum Naukowe z Okazji Dnia Odlewnika, ITiMO, AGH, Kraków 1984
- [10] R. Manheim, W. Reif, G. Weber: Untersuchung der Kornfeinung von Kupfer-Zinn-Legierungen mit Zirconium und/oder Eisen, sowie ihres Einflusses auf die mechanischen Eigenschaften, Giessereiforschung 40, 1988
- [11] M. Hansen, K. Anderko, Constitution of binary alloys, McGraw-HillBook Co, New York 1958

**IDENTIFICATION OF SOME STRUCTURAL COMPONENTS  
IN FIXTURE BRASSES**

**SUMMARY**

This publication contains a selection of results obtained after roentgenographic analysis of fixture brasses with variable chemical composition. Authors showed point analysis results and maps of elements for hard inclusions occurring in structure of CuZn alloys. Obtained results were used for classification of hard inclusion creation activity for different additions.

Recenzował Prof. Zbigniew Konopka