

**WŁAŚCIWOŚCI ODLEWNICZE ZAWIESIN
KOMPOZYTOWYCH AISi-SiC**J. ŚLEZIONA¹, M. DYZIA², J. WIECZOREK³Politechnika Śląska w Katowicach, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,
40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8**STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu procesu homogenizacji zawiesziny kompozytowej na właściwości odlewnicze kompozytu o osnowie stopu AK12 – SiC_p. Oceniono lejność materiału kompozytowego na podstawie spiralnej próby lejności oraz proces krzepnięcia i mikrostrukturę wlewków krzepnących w jednakowych warunkach odprowadzania ciepła.

Key words: aluminium matrix composites, stirring method, low pressure homogenization

1. WPROWADZENIE

Metody wytwarzania materiałów kompozytowych o osnowie stopów aluminium znane są już od wielu lat. Jednak poza kilkoma wdrożonymi do produkcji materiałami (np. Duralcan – firmy Alcan, Safil – 3M), badania związane opracowaniem technologii produkcji na skalę przemysłową nadal są prowadzone przez wiele ośrodków badawczych. Główne problemy to przede wszystkim obniżenie kosztów produkcji, opracowanie metod oceny jakości materiału kompozytowego oraz gotowego wyrobu, standaryzacja, opracowanie metod recyklingu i znalezienie praktycznych zastosowań dla nowych materiałów [1, 2].

Technologie wytwarzania kompozytów bazujące na metodach ciekłofazowych i kształtowanie wyrobów metodami odlewniczymi należą do najtańszych metod wytwarzania. W porównaniu z metodami wykorzystującymi techniki sycenia preform,

¹ prof. dr hab. inż., jozef.sleziona@polsl.pl

² dr inż., maciej.dyzia@polsl.pl

³ dr inż., jakub.wieczorek@polsl.pl

metody odlewnicze są kilkusetkrotnie tańsze. Pewnymi ograniczeniami dla szerszego wdrożenia tych metod do produkcji pozostają zagadnienia związane z obróbką cieplną materiału kompozytowego, problemy z kształtowaniem gotowych wyrobów i ich późniejsza obróbka wykańczająca. Szczególnie kosztowna jest obróbka mechaniczna, która wymaga specjalnego doboru narzędzi skrawających. Stąd duży nacisk kładzie się na metody near-net shape, ograniczające konieczność dodatkowej obróbki gotowych wyrobów [3].

Zawiesinę kompozytową uzyskuje się najczęściej poprzez wprowadzanie cząstek ceramicznych do ciekłej osnowy stopu: w trakcie mechanicznego mieszania, rozpuszczenie koncentratu kompozytowego, wdmuchiwanie cząstek ceramicznych za pomocą gazu lub ultradźwiękowego czy też elektromechanicznego mieszania. Natomiast kształtowanie gotowych wyrobów odbywa się przez odlewanie grawitacyjne, odlewanie nisko i wysokociśnieniowe, metody squeeze casting, odlewanie odśrodkowe i próżniowe [4, 5]. O właściwościach materiału kompozytowego decyduje oddziaływanie pomiędzy fazą zbrojenia o osnową. Na uzyskanie prawidłowego połączenia pomiędzy cząstkami ceramicznymi a metaliczną osnową mają wpływ zarówno etapy związane w przygotowaniu komponentów (np. preparacja cząstek ceramicznych, modyfikacja składu stopu osnowy), zjawiska zachodzące w trakcie wytwarzania zawiesiny kompozytowej (zwilżalność, zagazowanie, homogenizacja) oraz zjawiska zachodzące w czasie krzepnięcia kompozytu (kontrola procesu krzepnięcia, obróbka termiczna).

Główne problemy na jakie napotyka się przy wytwarzaniu zawiesin kompozytowych z wykorzystaniem metody mechanicznego mieszania to:

- aglomerowanie cząstek ceramicznych,
- segregacja zawiesiny,
- wprowadzenie do ciekłej osnowy gazu, którego nośnikiem mogą być wprowadzane cząstki oraz oddziaływanie wiru ciekłego metalu z atmosferą pieca.

Uzyskanie stabilnej zawiesiny kompozytowej wymaga procesu homogenizacji. W trakcie mieszania zawiesiny następuje równomierne rozmieszczenie fazy zbrojącej w całej objętości ciekłego metalu oraz rozbicie aglomeratów cząstek, możliwe jest także pełne przereagowanie preparacji chemicznej naniesionej na cząstki ceramiczne w celu poprawy zwilżalności. Długotrwałe i intensywne mieszanie prowadzi jednak do zagazowania zawiesiny kompozytowej, co w efekcie będzie skutkowało zwiększeniem wad ujawniających się w procesie krzepnięcia materiału kompozytowego. Częściowo wady te można wyeliminować w procesie kształtowania gotowych wyrobów stosując układy zalewowe umożliwiające odgazowanie zawiesiny bądź, metody odlewania ciśnieniowego. Inną metodą poprawy właściwości zawiesiny kompozytowej może być prowadzenie homogenizacji w warunkach obniżonego ciśnienia [6].

Celem podjętych badań było określenie wpływu procesu homogenizacji wraz z odgazowaniem zawiesiny na właściwości odlewnicze kompozytów o osnowie stopu AlSi. Zmodyfikowano metodę zawiesinową opracowaną w Politechnice Śląskiej [7], wykorzystując stanowisko piecowe, które umożliwia homogenizację zawiesiny w warunkach obniżonego ciśnienia. W niniejszej pracy oceniono leżność w oparciu

o spiralną próbę lejności oraz makrostrukturę wlewków krzepnących w jednakowych warunkach odprowadzania ciepła.

2. MATERIAŁY DO BADAŃ

Metodą mechanicznego mieszania wytworzono kompozyty o osnowie stopu AK12, zbrojenie o udziale wagowym 20% stanowiły cząsteczki SiC o wielkości 15 μm . Przed wprowadzeniem do osnowy zbrojenia ceramicznego skład stopu zmodyfikowano dodając 2% Mg i 0,4% Sr. Po zakończeniu fazy wprowadzania cząstek SiC zawieszinę kompozytową mieszano w celu ujednorodnienia przez 15 minut, a następnie odlano do form grafitowych. W ten sposób dwukrotnie wytworzono wlewki, które wykorzystano w dalszej części badań. Wyniki badań materiałów kompozytowych odniesiono do zmodyfikowanego stopu osnowy.

3. BADANIA EKSPERYMENTALNE

Zakres badań obejmował: homogenizację zawiesiny, próbę lejności oraz rejestrację krzywych krzepnięcia kompozytu w próbniku. Próbę lejności realizowano w układzie spiralnym zaformowanym w formie piaskowej o osnowie samoutwardzalnej masy fosforanowej. Do rejestracji krzywych krzepnięcia wykorzystano układ pomiarowy składający się z uniwersalnego próbnika Quick-Cup-Al. firmy Heraeus Elektro-Nite Int. N.V. z termoparą typu K, przetwornika analogowo cyfrowego MC201 z oprogramowaniem umożliwiającym rejestrację zmian napięcia termopary co 50 ms.

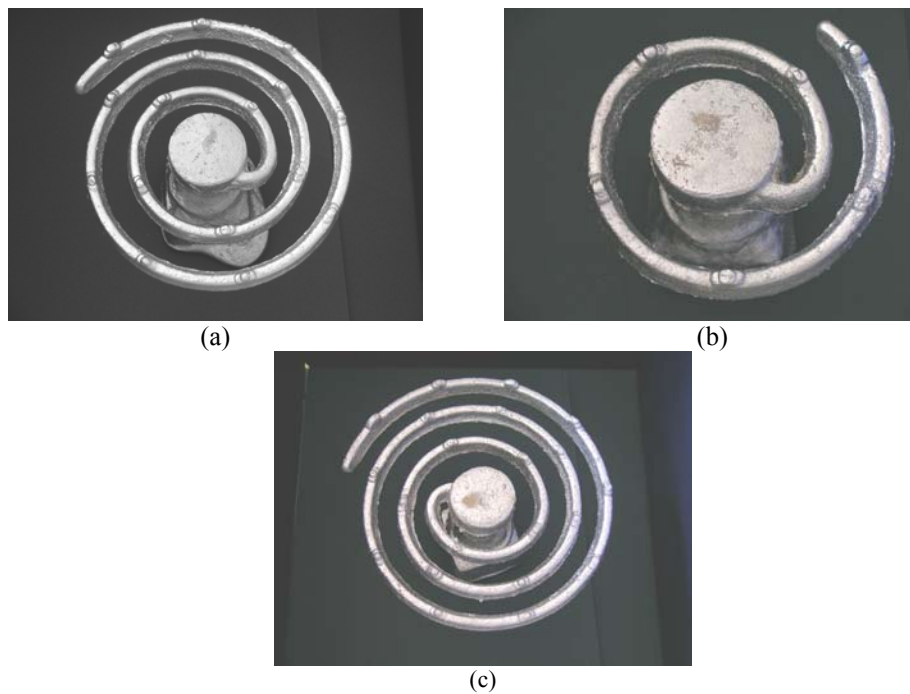
W pierwszej fazie badań 30 minutowy proces homogenizacji zawiesiny realizowano w temperaturze 720 C w atmosferze argonu w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Następnie materiał kompozytowy odlano do formy piaskowej oraz do próbnika, rejestrując krzywą krzepnięcia. Wlewek uzyskany z próbnika przecięto i wykonano zgład metalograficzny, w celu oceny makrostruktury materiału kompozytowego.

Zmodyfikowany proces homogenizacji z równoczesnym odgazowaniem realizowano na stanowisku piecowym zbudowanym w Zakładzie Kompozytów i Proszków Metali Politechniki Śląskiej. Stanowisko to składa się z pieca oporowego zainstalowanego w hermetycznej komorze, która umożliwia realizację procesu w warunkach podwyższonego lub obniżonego ciśnienia. Dzięki układowi uszczelnień możliwe jest ciągle mieszanie zawiesiny. Po odpompowaniu powietrza z komory, proces homogenizacji przeprowadzono mieszając zawieszinę w czasie 30 minut, w temperaturze 720 C, w warunkach obniżonego ciśnienia (80 hPa). Następnie wyrównano ciśnienie w komorze wtłaczając argon 5.0 i po otwarciu śluzy materiał kompozytowy odlano podobnie jak w pierwszym przypadku do formy piaskowej i próbnika.

W celu uzyskania materiału porównawczego przeprowadzono również próbę lejności i zarejestrowano krzywa krzepnięcia dla zmodyfikowanego stopu osnowy.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W trakcie mieszania w otwartej komorze pieca obserwowano zachowanie zawiesiny kompozytowej, oceniając między innymi kształt wiru wytwarzanego przez mieszadło. Między innymi na tej podstawie przyjęto 30 minutowy czas procesu homogenizacji. Już w czasie zalewania formy piaskowej okazało się, że zawiesina kompozytowa wykazuje nadal skłonności do sedymentacji. Obserwacje te potwierdziły późniejsze wyniki próby lejności i analiza struktury wlewka uzyskanego z próbnika. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki spiralnej próby lejności.



Rys. 1. Wyniki spiralnej próby lejności zawiesiny kompozytowej po procesie :
 a) homogenizacji w warunkach ciśnienia atmosferycznego, b) homogenizacji w obniżonym ciśnieniu (80 hPa), c) materiał osnowy bez homogenizacji i odgazowania.
 Fig. 1. Spiral test of composite suspension after: a) homogenizing at atmospheric pressure, b) homogenizing at reduced pressure (80 hPa), c) matrix alloy with out homogenizing and vacuum degassing.

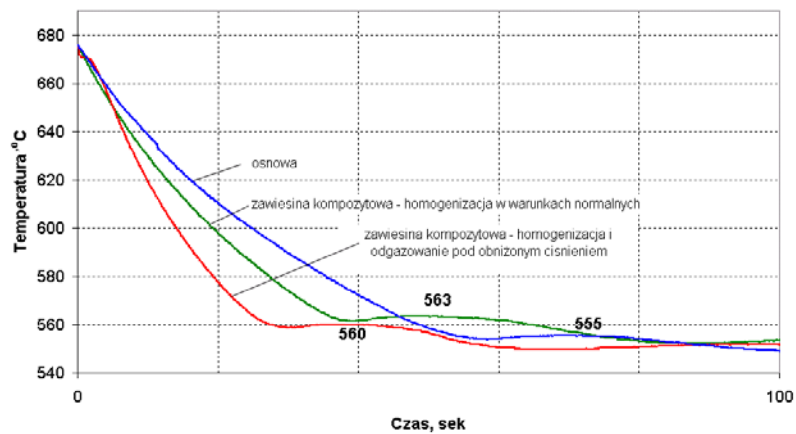
Materiał kompozytowy uzyskany po homogenizacji zawiesiny w warunkach ciśnienia otoczenia po odlaniu do formy piaskowej wypełnił 16 sekcji spirali, natomiast po procesie homogenizacji i odgazowania tylko 6 sekcji spirali. Materiał osnowy wypełnił 21 sekcji spirali zaformowanej w formie piaskowej.

Sedymentację zawiesiny kompozytowej wytworzonej bez odgazowania przy obniżonym ciśnieniu potwierdziła analiza struktury wlewka uzyskanego po zakrzepnięciu w próbniku. Zdjęcia zglądów metalograficznych wykonanych w przekroju pionowym wlewka przedstawiono na rysunku 2 a. W dolnej części wlewka ujawniły się również wady odlewnicze związane z zagazowaniem ciekłego metalu. Wad tych nie ma we wlewkach z kompozytu AK12-SiC_p po procesie homogenizacji i odgazowania. Również sedymentacja zawiesiny w tym przypadku jest mniejsza.



Rys. 2. Wlewki kompozytowe po procesie homogenizacji: a) w warunkach ciśnienia atmosferycznego, b) homogenizacji w obniżonym ciśnieniu.
Fig. 2. Composites ingot after homogenizing: a) at atmospheric pressure, b) at reduced pressure.

Analiza krzywych krzepnięcia (rys. 3) potwierdza, że materiał kompozytowy po procesie homogenizacji i odgazowania w obniżonym ciśnieniu krzepnie, szybciej i w niższej temperaturze niż kompozyt uzyskany po procesie homogenizacji pod ciśnieniem atmosferycznym.



Rys. 3. Krzywe krzepnięcia materiałów kompozytowych.
Fig. 3. Solidification curves of composites.

5. PODSUMOWANIE

Zarówno analiza struktury uzyskanych wlewków, jak i wyniki próby lejności potwierdzają, że proces homogenizacji w warunkach obniżonego ciśnienia umożliwia odgazowanie zawiesiny oraz poprawia jej stabilność. Następuje lepsze zwilżenie fazy ceramicznej przez ciekły metal, zawiesina kompozytowa nie sedymentuje w czasie odlewania. Równomiernie rozmieszczone w całej objętości ciekłej osnowy metalicznej cząstki zbrojenia ceramicznego ograniczają jednak lejność materiału kompozytowego, inicjując objętościowy proces krzepnięcia wlewków. Przy odpowiednim doborze materiału formy możliwe jest zatem uzyskanie równomiernego rozłożenia fazy zbrojącej w całej objętości wyrobu formowanego metodami odlewniczymi. Należy jednak uwzględnić znacznie mniejszą lejność zawiesiny kompozytowej.

Prace dotyczące oddziaływania faz zbrojenia ceramicznego z ciekłym metalem w czasie procesu krzepnięcia są kontynuowane w ramach badań realizowanych w Zakładzie Kompozytów i Proszków Metali Politechniki Śląskiej w Katowicach.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2007 jako projekt badawczy PBZ-KBN-114/T08/2004

LITERATURA

- [1] L. Froyen, B. Verlinden, Aluminium Matrix Composites Materials, TALAT (1994)
- [2] H. P. Degischer, P. Prader, Ch. San Marchi, Assessment of Metal Matrix Composites for Innovations - intermediate report of a European Thematic Network. Composites Part A. 32 (2001), s. 1161-1166.
- [3] Taha M.A. Practicalization of cast metal matrix composites (MMCCs), Materials and Design 22 (2001) s. 431-441.
- [4] Allison J.E., Cole G.S. Metal-Matrix Composites in the Automotive Industry: Opportunities and Challenges, JOM 45 vol. 1 (1993) s. 19-24
- [5] Kaczmar J.W., Pietrzak K., Włosiński W. The production and application of metal matrix composite materials, Journal of Materials Processing Technology 106, (2000) s.58-67
- [6] Śleziona J., Wieczorek J., Dolata-Grosz: Wpływ procesu odgazowania na strukturę kompozytów aluminiowych zawierających cząstki węgla szklanego i węgla krzemu, Inżynieria Materiałowa 3 (151), (2006), s. 665-667
- [7] Śleziona J. : Kształtowanie właściwości kompozytów stop aluminium cząstki ceramiczne wytwarzanych metodami odlewniczymi, Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., Hutnictwo z.47, Gliwice 1994

CASTING PROPERTIES OF COMPOSITES SUSPENSIONS AlSi-SiC

SUMMARY

That paper presents results of researches concerning homogenizing process at reduced pressure of composites suspension. Evaluation of casting properties of composite AlSi-SiC_p was made based spiral tests and structure of ingot after solidification at the same conditions.

Recenzowała Prof. Jan Szajnar