

**MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA TECHNIK PRÓŻNIOWYCH
DO PODNOSZENIA JAKOŚCI ZAWIESIN KOMPOZYTOWYCH**A. DOLATA-GROSZ¹, J. WIECZOREK², J. ŚLEZIONA³, M. DYZIA⁴Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Katedra Technologii
Stopów Metali i Kompozytów, Katowice 40-019, ul. Krasińskiego 8**STRESZCZENIE**

Metody odlewnicze wytwarzania zawiesin kompozytowych z wykorzystaniem mechanicznego mieszania uznane są za najbardziej ekonomiczne w zastosowaniu i praktyce przemysłowej. Najczęściej pojawiającym się w procesie wytwarzania suspensji kompozytowej problemem jest jej zagazowanie, powstałe wskutek wprowadzania cząstek i prowadzonego w trakcie procesu mieszania. Skutkiem zagazowania zawiesiny kompozytowej jest porowatość gazowa obserwowana w strukturze odlewu.

W pracy przebadano wpływ odgazowania zawiesin kompozytowych, z wykorzystaniem techniki próżniowej na strukturę wytwarzanych odlewów.

Key words: PAMMC, cast methods, porosity, cast structures.

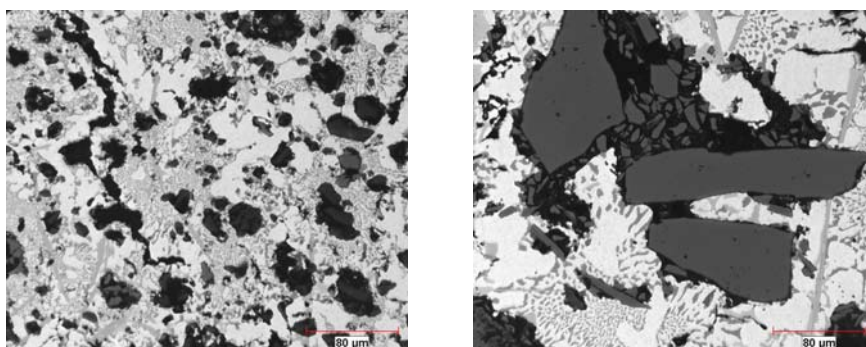
1. WPROWADZANIE

Wśród technik najczęściej stosowanych do wytwarzania kompozytów zbrojonych cząstkami, wykorzystujących procesy zawiesinowe (*slurry casting*), należy metoda mechanicznego mieszania komponentów (*stirring method*) [1-3]. Najczęściej pojawiającym się w procesie wytwarzania suspensji kompozytowej problemem jest jej zagazowanie, powstałe wskutek wprowadzania cząstek i prowadzonego w trakcie procesu mieszania. Zmiana krzywizny zwierciadła ciekłego metalu podczas mieszania i nadanie cząstkom pewnego wektora prędkości umożliwia ich wprowadzenie oraz rozprowadzenie w osnowie. Z drugiej strony, w czasie dozowania cząstek i mieszania zawiesiny kompozytowej, do kąpieli mogą zostać wprowadzone pęcherze gazowe. Ich inicjacja może być następstwem zaburzeń powierzchni suspensji kompozytowej - zbyt intensywnie

^{1,2,4} Dr inż., anna.dolata-grosz@polsl.pl

³ Prof. dr hab. inż.

ne mieszanie, jak i aglomeracji pierwotnej lub wtórnej samych cząstek ceramicznych [2-8]. Na rysunku 1 pokazano strukturę kompozytów odlewanych grawitacyjnie o osnowie stopu aluminium z cząstkami ceramicznymi SiC i Al_2O_3 . Pęcherze gazowe oraz nieciągłość struktury, widoczne na fotografii w postaci skupisk cząstek, aglomeratów i klaserów, niezależnie od przyczyn powstawania, obniżają stabilność zawiesiny kompozytowej, a finalnie właściwości wytwarzanych wyrobów [9]. Niekorzystny wpływ porowatości skutkuje przede wszystkim spadkiem właściwości mechanicznych odlewów, co sprzyja skłonności do ich pęknięcia, obniżeniem odporności korozyjnej oraz wzrostem ich zużycia szczególnie w warunkach tarcia technicznie suchego [7-9].



Rys. 1. Struktura kompozytów po odlewaniu grawitacyjnym z ujawnioną porowatością: a) AK12- Al_2O_3 (10 μm), b) AK12-SiC (50 μm); (badania własne) [10,11,13]

Fig. 1. Structure of composites with porosity after gravitational casting: a) AK12- Al_2O_3 (10 μm), b) AK12-SiC (50 μm); (own research) [10,11,13]

Jakość zawiesin kompozytowych, szczególnie problem porowatości gazowej, stanowią ważne i trudne do rozwiązania zagadnienia w technologii wytwarzania kompozytów metodami ciekło-fazowymi. Są tematem prac badawczych podejmowanych zarówno w kraju, jak i za granicą [4-12]. Wprowadzanie cząstek Al_2O_3 do ciekłego aluminium poprzez zastosowanie mechanicznego mieszania, łącznie z rozpraszaniem ultradźwiękowym, zaproponował Genma wraz z współautorami [12]. Stosując oprócz mieszania dodatkowo energię ultradźwięków uzyskali w wytworzonych kompozytach wzrost jednorodności rozkładu zbrojenia, obniżenie kąta zwilżania, a przede wszystkim zmniejszenie porowatości gazowej. Wzbudzanie ultradźwiękowe jest jednak niezwykle trudne w realizacji na skalę produkcyjną.

W pracach własnych [10,11], jako efektywną metodę odgazowania zawiesiny kompozytowej, zaproponowano zastosowanie procesu odlewania odśrodkowego. Jak wykazały badania działanie siły odśrodkowej wymusza segregację zbrojenia, co daje możliwość kształtowania warstwowej lub gradientowej struktury, wpływa również na zmianę rozmieszczenia porowatości w odlewie, co z punktu widzenia eksploatacji gotowych wyrobów kompozytowych otrzymywanych techniką odlewania odśrodkowego jest korzystne [10,11, 13-16]. Niemniej, na etapie odlewania suspensji kompozytowej do

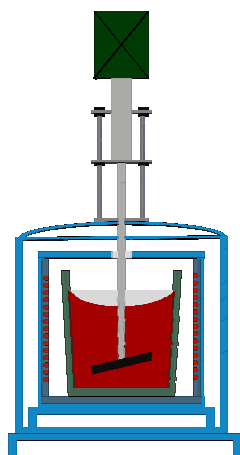
wirującej formy, odczuwalny jest niekorzystny wpływ zagazowania zawiesiny, skutkujący spadkiem właściwości odlewniczych przede wszystkim lejułości.

Innym ze sposobów zmniejszenia porowatości w odlewie jest prowadzenie procesu homogenizacji zawiesiny kompozytowej pod obniżonym ciśnieniem, co jest przedmiotem badań prezentowanych w niniejszym artykule.

2. CEL, MATERIAŁY, TECHNOLOGIA

Celem przeprowadzonych badań była analiza struktury odlewów, dla których zastosowano metodę odgazowania z wykorzystaniem obniżonego ciśnienia i równoczesną homogenizacją.

Jako materiał z przeznaczeniem do badań strukturalnych wybrano odlewy kompozytowe na osnowie stopu aluminium (AK12) z cząstkami węgla krzemowego o wielkości 10, 25 i 50 μ m. Zawiesiny kompozytowe o 15% udziale cząstek ceramicznych wytworzono tradycyjną metodą mechanicznego mieszania, opisaną szczegółowo w pracach [1]. Wlewki kompozytowe, których strukturę pokazano na rysunku 1, poddano procesowi homogenizacji przy obniżonym ciśnieniu, na stanowisku skonstruowanym i zbudowanym w Zakładzie Kompozytów i Metalurgii Proszków Politechniki Śląskiej w Katowicach (rys. 2).



Rys. 2. Widok i schemat stanowiska stosowanego do odgazowania i homogenizacji zawiesin kompozytowych: 1-napęd, 2-oś mieszadła i system jego mocowania, 3- komora próżniowa, 4-piec oporowy, 5-mieszadło grafitowe, 6- zawiesina kompozytowa

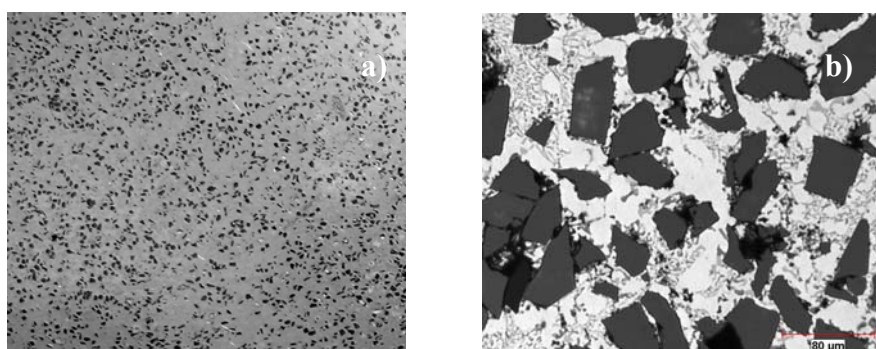
Fig. 2. View and scheme of casting area used for degassing and homogenizing composites suspension: 1-driver, 2-mixer axis, 3-vacuum chamber, 4-resistance furnace, 5-graphite mixer, 6-composite suspension

Stanowisko wykorzystane w procesie zbudowane jest z oporowego pieca węgelnego zabudowanego wewnątrz komory, która stwarza możliwości prowadzenia wytopów w warunkach obniżonego i podwyższonego ciśnienia. Pokrywa komory wyposażona jest w system pozwalający realizować mieszanie zawiesiny kompozytowej w trakcie procesu. Całość komory wraz z pokrywą chłodzona jest wodą, co pozwala na wy-

dłużenie czasu homogenizacji, w razie konieczności, do kilku godzin. Sposób wytwarzania analizowanych materiałów, jak również warunki homogenizacji były stałe, dla każdego z nich. Odgazowanie wraz z homogenizacją przeprowadzono w temperaturze $T = 720^{\circ}\text{C}$ przy podciśnieniu równym 350 MPa w czasie $t = 30\text{min}$ przy zachowaniu ciągłego mieszania z prędkością $v = 100\text{ obr/min}$. Do mieszania zawiesin kompozytowych wykorzystano grafitowe mieszadło. Każdorazowo homogenizowano porcję 1700g ciekłej suspensji, którą następnie odlewano grawitacyjnie do formy grafitowej, uzyskując wlewek o okrągłym przekroju i średnicy 35mm.

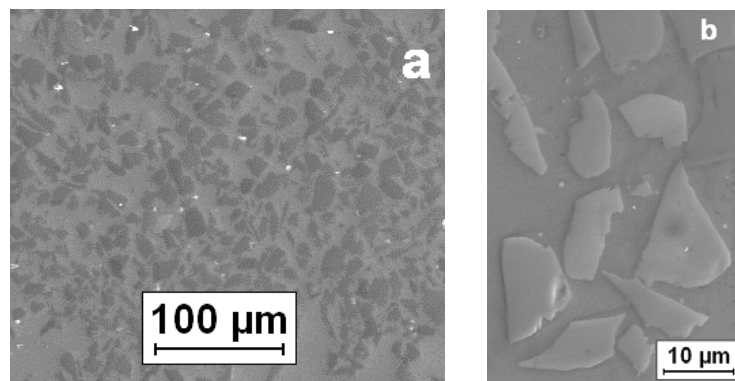
3. ANALIZA STRUKTURY I OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW

Strukturę otrzymanych materiałów badano na mikroskopie świetlnym MeF-2 firmy Reichert. i elektronowym Hitachi typ S-4200, stosując odpowiednio przygotowane preparaty. W celu weryfikacji skuteczności zastosowanych rozwiązań technologicznych, dla podniesienia jakości wytwarzanych zawiesin kompozytowych, przeprowadzono serię badań strukturalnych uzyskanych odlewów. Za wyznacznik jakości odlewanych materiałów kompozytowych uznano porowatość materiału oraz równomierność rozmieszczenia ceramicznego zbrojenia w osnowie. Wybrane struktury kompozytów, po homogenizacji i odlewaniu pod obniżonym ciśnieniem pokazano na rysunkach 3 i 4. Nie stwierdzono obecności klasterów cząstek, a także pęcherzy gazowych. Strukturę kompozytów otrzymanych poprzez przetopienie i homogenizację kompozytu wejściowego charakteryzuje równomierny rozkład cząstek zbrojących w aluminiowej osnowie oraz minimalna porowatość (rys. 3,4). Jak wykazały przeprowadzone badania struktury, zastosowanie techniki próżniowej z równoczesną homogenizacją zawiesiny kompozytowej pozwala, nie tylko uniknąć porowatości w gotowym wyrobie, ale zmienia właściwości ciekłej suspensji, przede wszystkim jej lejność. Wykonane badania wykazały dwukrotny wzrost lejności odgazowanej i homogenizowanej w próżni zawiesiny kompozytowej w stosunku do nieodgazowanej, wytwarzanej tradycyjną metodą mechanicznego mieszania.



Rys. 3. Struktura kompozytu AK12-SiC 50µm odgazowanego z wykorzystaniem techniki próżniowej

Fig. 3. Structure of AK12-SiC 50µm composite degassing with the use of vacuuous technology



Rys. 4. Struktura kompozytu AK12-SiC 10 μ m odgazowanego z wykorzystaniem techniki próżniowej

Fig. 4. Structure of AK12-SiC 50 μ m composite degassing with the use of vacuum technology

4. PODSUMOWANIE

Zgodnie z uzyskanymi wynikami badań stwierdzono, iż zastosowanie procesu homogenizacji zawiesiny kompozytowej prowadzone z zastosowaniem obniżonego ciśnienia, jest efektywnym sposobem umożliwiającym poprawę jakości zawiesin, co z kolei zapewnia minimalną porowatość odlewów. Porównując strukturę kompozytów wytworzonych tradycyjną metodą mechanicznego mieszania ze strukturą odlewów wytworzonych z zastosowaniem techniki próżniowej stwierdzono znaczne podwyższenie leżności, a utworzona po zakrzepnięciu struktura pozbawiona jest porowatości.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2005-2007, projekt badawczy KBN 3 T08D 024 28.

LITERATURA

- [1] J. Śleżiona: *Kształtowanie właściwości kompozytów stop Al-cząstki ceramiczne wytwarzanych metodami odlewniczymi*, Z. 47, Gliwice 1994.
- [2] J. Braszczyński: *Problemy technologii odlewanych kompozytów metalowych, Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej*, II Międzynarodowa sesja Naukowa, Częstochowa, Czerwiec 2001.
- [3] J. Sobczak: *Kompozyty Metalowe*, Wydawnictwo Instytutu Odlewnictwa i Instytutu Transportu Samochodowego, Kraków-Warszawa, 2001.
- [4] A.M. Samuel, A. Gotmare, F.M. Samuel: *Effect of solidification rate and metal feedability on porosity and SiC/Al₂O₃ particle distribution in an Al-Si-Mg (359) alloy*, Composites Science and Technology, 1995, vol. 53, p. 301-315.
- [5] R. Asthana: *Stability of Heterogeneous Particle at Fluid Interface in Composite Slurries*, Science Metallurgical at Materialia, 1993, vol. 29, p. 1261.

- [6] S. Yotte, D. Breysse, J. Riss, S. Ghosh: *Cluster characterization in a metal matrix composite*, Materials Characterization, 2001, vol. 46, p. 211-219.
- [7] J. Grabian, K. Gawdzińska, J. Jackowski, M. Szweycer: *Gas porosity in the castings made of saturated metal composites*, Acta Metallurgica Slovaca 3/2001.7, s. 353-359.
- [8] J. Jackowski: *Okluzje gazowe w odlewanych kompozytach nasycanych*, Kompozyty (Composites) 2 (2002) 4, s. 180-184.
- [9] C. Tekmen, I. Ozdemir, U. Cocen, K. Onel: *The mechanical response of Al-Si-Mg/SiCp composite: influence of porosity*, Mat. Sc. and Eng., 2003, A360, p.365-371.
- [10] A. Dolata-Grosz, J. Śleziona: *Identyfikacja porowatości w kompozytach typu stop Al-cząstki ceramiczne wytwarzanych metodą odlewania odśrodkowego*, Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji, vol. 24/1, 2004.
- [11] A. Dolata-Grosz, J. Śleziona: *Wpływ odlewania odśrodkowego na jakość kompozytów wzmacnianych cząstkami ceramicznymi i fazami międzymetalicznymi: aspekt porowatości*, Archiwum Odlewnictwa, R. 4, Nr 11, 2004, s. 114-121.
- [12] Y. Genma, Y. Tsunekawa, M. Okumiya, N. Mohri: *Incorporation of Alumina Particles with Different Shapes and Sizes into Molten Aluminum Alloy by Melt Stirring with Ultrasonic Vibration*, Mat. Trans., JIM, Vol. 38, No. 3, 1997, pp. 232-239.
- [13] A. Dolata-Grosz: *Kształtowanie struktury kompozytów Al-cząstki ceramiczne w procesie odlewania odśrodkowego*, Rozprawa Doktorska, Politechnika Śląska, Katowice 2002.
- [14] J. Śleziona, I. Hyla, A. Dolata-Grosz, G. Urantówka, Wieczorek J.: *Odlewy kompozytowe o warstwowym rozmieszczeniu zbrojenia*, Inżynieria Materiałowa, 1999, nr 3-4, s.158-162.
- [15] A. Dolata-Grosz, J. Śleziona, J. Wieczorek, M. Dyzia: *Structure and functional quality properties of composites sleeves obtaining by centrifugal casting*, Acta Metallurgica Slovaca, vol. 8, 2/2002, p. 283-288.
- [16] A. Dolata-Grosz, J. Śleziona: *Czynniki determinujące kształtowanie struktury w kompozytach Al-cząstki ceramiczne w procesie odlewania odśrodkowego*, Inżynieria Materiałowa 6/2003, s. 613-616.

POSSIBILITIES OF THE USE OF VACUOUS TECHNOLOGIES FOR COMPOSITE MIXTURE QUALITY RISING

ABSTRACT

Casting methods for manufacturing composite mixtures with utilizing mechanical stirring are regarded to be the most economical in the application and industrial practice. The most frequent problem that is met during the composite suspension producing process is its gassing resulting from the introducing of the particles and stirring conducted during the introducing. The result of the composite mixture gassing is gaseous porosity that can be observed in the cast structure.

In the paper composite mixtures degassing influence on the structure of manufacturing cast with the use of vacuum technology was examined.

Recenzował: Prof. Franciszek Binczyk