

STRUKTURA KOMPOZYTÓW AK12-CZĄSTKI CERAMICZNE OTRZYMANE W RÓŻNYCH WARUNKACH STUDZENIA

M. DYZIA¹, A. DOLATA-GROSZ¹, J. ŚLEZIONA², J. WIECZOREK¹
Politechnika Śląska w Katowicach, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów
40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono struktury rozmieszczenia zbrojenia na przekroju poprzecznym materiałów kompozytowych o osnowie AK12+2%Mg zbrojonych cząstkami ceramicznymi SiC ($v_p=15\%$, 30 μm) oraz Al_2O_3 ($v_p=15\%$, 30 μm). Stanowisko do badań umożliwia równoczesne wypełnienie trzech form, dzięki czemu możliwa jest analiza materiału krzepnącego w różnych warunkach termicznych przy zachowaniu jednakowych warunków początkowych procesu.

Key works: metal matrix composites, solidification, structures, distribution of ceramic particles

1. WSTĘP

Kompozyty o osnowie metalicznej zbrojone cząstkami ceramicznymi znajdują coraz większe zastosowanie w nowoczesnych konstrukcjach wypierając tradycyjne stopy lekkie. Metody odlewnicze należą do jednych z metod wytwarzania materiałów kompozytowych w układzie Al-cząstki ceramiczne, które pozwalają uzyskać materiał o kontrolowanym rozmieszczeniu zbrojenia. Zwiększone koszty związane z zastosowaniem tych materiałów kompensowane są przez podwyższone właściwości kompozytów w stosunku do materiałów stosowanych dotychczas. Czynnikiem decydującym o właściwościach i zastosowaniu kompozytów jest rozmieszczenie fazy zbrojącej w materiale osnowy.

Wpływ na rozmieszczenie cząstek zbrojenia ma między innymi ich rodzaj, wielkość, sposób i rodzaj połączenia zbrojenia z materiałem osnowy oraz ich oddziaływanie z

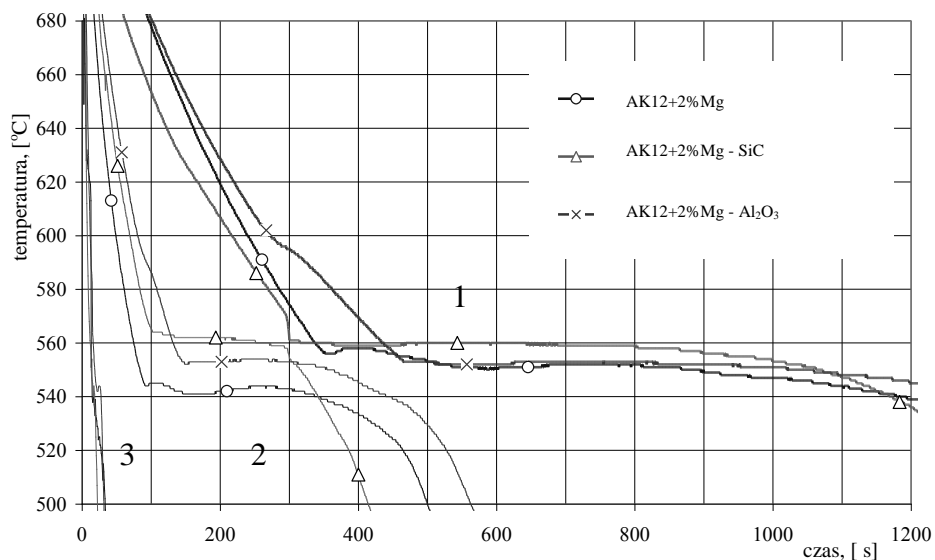
¹ mgr inż., maciek@mail.polsl.katowice.pl

² dr hab. inż. Profesor Politechniki Śląskiej

frontem krystalizacji [1]. Brak zwilżania cząstek ceramicznych przez ciekły metal osnowy, niedostateczne wymieszanie zawiesiny, sedymentacja lub zbyt długie chłodzenie może prowadzić do powstawania skupisk cząstek zbrojenia, a przez to do osłabienia właściwości mechanicznych kompozytu [2]. Oddziaływanie cząstek zbrojenia z frontem krystalizacji może prowadzić do zarodkowania fazy krystalicznej na powierzchni cząstek lub też wypychania zbrojenia przed front krystalizacji [3, 4]. Przy dużej prędkości chłodzenia katalityczny wpływ cząstek ceramicznych na proces krzepnięcia prowadzi do równomiernego rozmieszczenia zbrojenia w osnowie. Wydłużenie czasu krzepnięcia powoduje rozwarstwienie struktury i powstawanie obszarów bez udziału fazy zbrojącej.

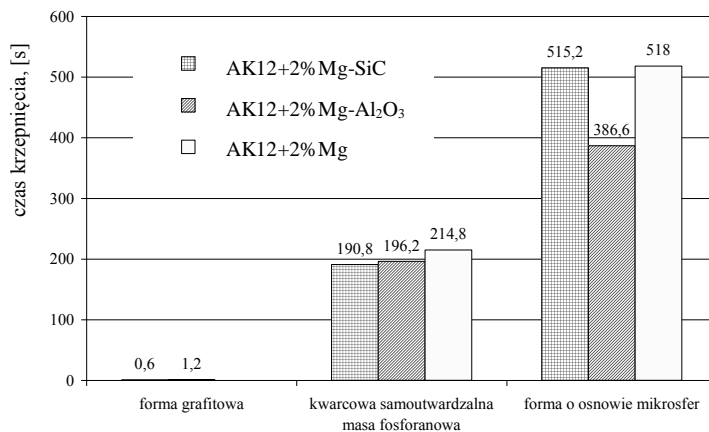
2. BADANIA WŁASNE

Materiał do badań stanowił stop odlewniczy AK12+2%Mg oraz kompozyty na osnowie tego stopu zbrojone cząstkami SiC ($v_p=15\%$, $30\ \mu\text{m}$) oraz Al_2O_3 ($v_p=15\%$, $30\ \mu\text{m}$). Kompozyty wytworzono metodą mechanicznego mieszania. Materiał został ponownie przetopiony i mieszany w czasie 30 min. w temperaturze 750°C . W celu ograniczenia wpływu sposobu przygotowania zawiesiny kompozytowej oraz zapewnienia jednakowych warunków początkowych dla procesu krzepnięcia (jednakowy stopień przegrzania materiału) do badań wykorzystano stanowisko umożliwiające równoczesne wypełnienie trzech form zapewniających różne warunki odprowadzania ciepła podczas studzenia [5]. Dzięki temu uzyskano możliwość oceny wpływu prędkości chłodzenia na proces krzepnięcia, a przez to na strukturę kompozytu przy zachowaniu identycznych warunków termodynamicznych dla trzech prędkości chłodzenia próbek. Pomiaru temperatury w osi geometrycznej wlewków dokonano przy użyciu termoelementów typu K z nieosłoniętą końcówką pomiarową. Uzyskane dane pozwoliły na wykreślenie krzywych studzenia materiałów kompozytowych i porównanie ich przebiegu z przebiegiem krzywej studzenia dla materiału osnowy [6] (rys. 1). W odlewach formy grafitowej nie zarejestrowano wyraźnych przystanków temperatury w zakresie temperatur krzepnięcia i to zarówno dla materiału osnowy jak i dla materiałów kompozytowych, dobrana częstotliwość rejestracji zmian temperatury okazała się nie wystarczająca. Dla materiałów odlanych do formy wykonanej z kwarcowej samoutwardzalnej masy fosforanowej, czasy krzepnięcia kompozytów okazały się zbliżone – $190,8\ \text{sek}$ w zakresie temperatury $564 - 559^\circ\text{C}$ dla zbrojenia cząstkami SiC i $196,2\ \text{w}$ zakresie temperatury $554 - 551^\circ\text{C}$ dla cząstek Al_2O_3 . Materiał osnowy AK12+2% Mg krzepł w tych warunkach dłużej – $214,8\ \text{sek}$. W zakresie temperatur $545 - 542^\circ\text{C}$. W przypadku chłodzenia w formie o osnowie mikrosfer utwardzanych masą fosforanową zaobserwowano wydłużenie czasu krzepnięcia kompozytu zbrojonego cząstkami SiC w stosunku do kompozytu zbrojonego cząstkami Al_2O_3 . Kompozyt umacniany fazą zbrojącą SiC krzepł w zakresie temperatur $561 - 559^\circ\text{C}$ w czasie $515,2\ \text{sek}$, natomiast w przypadku zbrojenia Al_2O_3 w zakresie temperatur $553 - 551^\circ\text{C}$ w czasie $386,6\ \text{sek}$. Materiał osnowy krzepł w zakresie temperatur $558 - 550^\circ\text{C}$ w czasie $518\ \text{sek}$.



Rys.1 Krzywe chłodzenia kompozytu stop AK12+cząstki ceramiczne, ($v_p=15\%$, $30\ \mu\text{m}$):
 1 – w formie o osnowie mikrosfer, 2 – w formie z kwarcowej samoutwardzalnej masy fosforanowej, 3 – w formie grafitowej

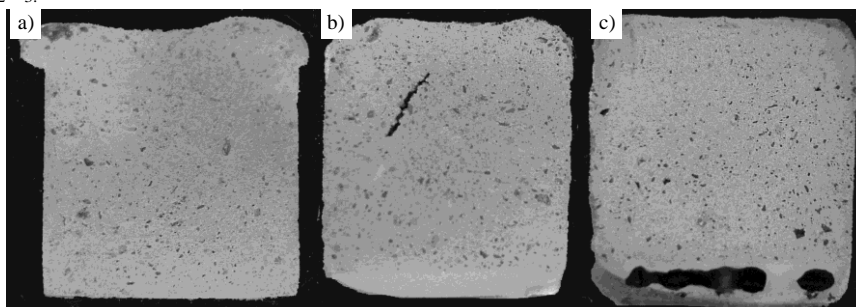
Fig.1 Solidification curves of composite AK12 alloy with ceramic particles, ($v_p=15\%$, $30\ \mu\text{m}$):
 1 – in microsphere base mould, 2 – in self hardening phosphate mould, 3- in graphite mould



Rys.2 Porównanie czasów krzepnięcia osnowy AK12+2% Mg i materiałów kompozytowych w różnych warunkach wymiany ciepła

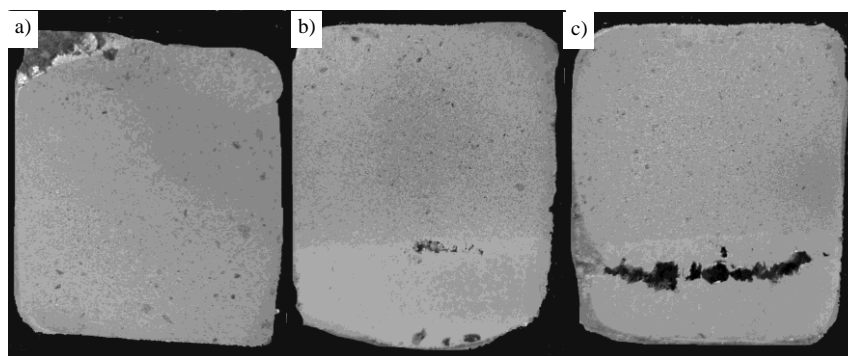
Fig. 2 Comparing of solidification time AK12+2% Mg matrix and composites in different thermal conditions

Uzyskane wlewki przecięto na przekroju poprzecznym i wykonano zglądy metalograficzne pozwalające na makro i mikro analizę rozmieszczenia zbrojenia (rys. 3,4). Na podstawie analizy struktury uzyskanych odlewów można stwierdzić, że na rozmieszczenie cząstek ceramicznych w osnowie wpływa prędkość odprowadzania ciepła przez materiał formy, a przez to czas procesu krzepnięcia. We wlewkach uzyskanych w formie grafitowej zaobserwowano równomierny rozkład fazy zbrojącej na całej powierzchni przekroju odlewu, niezależnie od zastosowanego rodzaju cząstek ceramicznych. Przy zastosowaniu formy z kwarcowej samoutwardzalnej masy fosforanowej nastąpiło rozdzielanie fazy zbrojącej. Zaobserwowano brak zbrojenia w dolnej części odlewu. Efekt ten jest bardziej widoczny przy zastosowaniu cząstek Al_2O_3 .



Rys.3. Makrostruktury kompozytu AK12+2%Mg cząstki ceramiczne SiC ($v_p=15\%$, $30\ \mu m$) odlanych do form: a) grafitowej, b) z masy fosforanowej c) o osnowie mikrosfer.

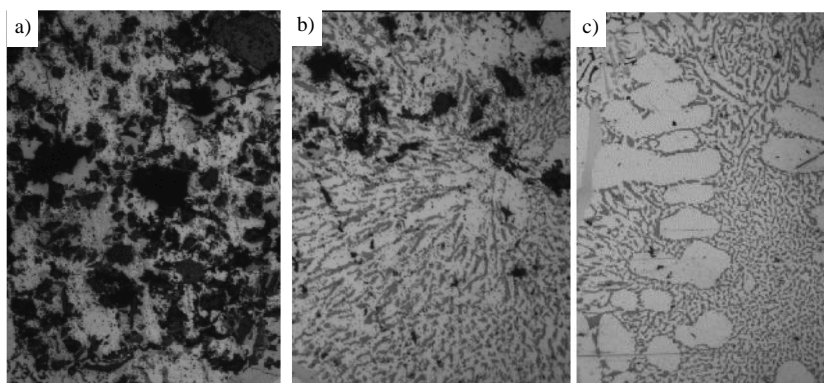
Fig. 3. Macrostructure of AK12+2%Mg composite reinforced by SiC particles ($v_p=15\%$, $30\ \mu m$) pored in a) graphite mould, b) self hardening phosphate mould, c) micro sphere base mould



Rys.4. Makrostruktury kompozytu AK12+2%Mg cząstki ceramiczne Al_2O_3 ($v_p=15\%$, $30\ \mu m$) odlanych do form: a) grafitowej, b) z masy fosforanowej c) o osnowie mikrosfer.

Fig.4. Macrostructure of AK12+2%Mg composite reinforced by SiC particles ($v_p=15\%$, $30\ \mu m$) pored in a) graphite mould, b) self hardening phosphate mould, c) micro sphere base mould

We wlewkach uzyskanych w formach fosforanowych ujawniły się wady odlewnicze w postaci pęknięć, rozwarstwień i nieciągłości. Struktury kompozytów uzyskanych w formie o osnowie z mikrosfer ujawniły podobny do kompozytów odlanych do formy fosforanowej efekt rozdziału obszarów zbrojonych cząstkami ceramicznymi i obszarów nie zawierających zbrojenia. Mikrostrukturę obszaru rozdziału przedstawiono na rysunku (rys. 5). W dolnej części wlewków, zarówno dla materiału zbrojonego cząstkami SiC jak również Al_2O_3 zaobserwowano wady odlewnicze w postaci jam skurczowych. Efekt ten może być spowodowany kierunkiem krzepnięcia od górnej części wlewka. W przypadku zbrojenia cząstkami Al_2O_3 w obszarach pustki widoczne są dendryty krzepnące w kierunku do materiału osnowy.



Rys. 5 Mikrostruktura kompozytu AK12+2%Mg – cząstki Al_2O_3 po odlaniu do formy o osnowie mikrosfer – a) obszar zbrojenia b) obszar rozdziału, c) obszar bez zbrojenia (x 40)

Fig. 5 Microstructure AK12+2%Mg composite reinforced Al_2O_3 particles pour into microsphere mould – a) reinforced, b) separation area, c) non reinforced area (x 40)

W przypadku zbrojenia cząstkami węgla krzemu zaobserwowano liczne obszary skupisk cząstek. Konglomeraty zbrojenia występowały we wszystkich rodzajach zastosowanych form, co świadczyć może o niewystarczającym wymieszaniu i homogenizacji zawiesiny kompozytowej.

3. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań i obserwacji można stwierdzić, że istnieje możliwość kontrolowania rozmieszczeniem cząstek ceramicznych poprzez sterowanie prędkością krzepnięcia odlewów. Prędkość chłodzenia nie wpływa na jednorodność zawiesiny kompozytowej. Wydaje się słusznym sądzić, że na jakość zawiesiny kompozytowej istotny wpływ mają zjawiska zwilżania oraz intensywność i czas mieszania w stanie ciekłym. Poprzez zmianę parametrów procesu przygotowania zawiesiny kompozytowej należy dążyć do eliminacji skupisk i tworzenia się konglomeratów cząstek zbrojących w strukturze. Wpływają one bowiem niekorzystnie

na własności, a co za tym idzie ograniczają zastosowanie materiału finalnego. Dlatego też przygotowanie jednorodnej zawiesiny ma istotne znaczenie w procesie wytwarzania kompozytów metalicznych z ciekłą osnową zbrojonych cząstkami ceramicznymi. Przedstawione rezultaty stanowią początek szerszego obszaru badań dotyczących określenia wpływu fazy zbrojącej oraz czasu studzenia na strukturę, a przez to na właściwości materiałów kompozytowych. Przeprowadzone będą badania powiązania wpływu wielkości cząstek fazy zbrojenia, czasu homogenizacji zawiesiny kompozytowej oraz czasu krzepnięcia na strukturę kompozytu. Zostaną przeprowadzone szczegółowe badania strukturalne rozkładu cząstek fazy zbrojącej w materiale osnowy.

LITERATURA

- [1] J. Śleziona: *Kształtowanie właściwości kompozytów stop Al.- cząstki ceramiczne otrzymanych metodami odlewniczymi*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Hutnictwo, Z.47, 1994
- [2] P. A. Karnezis, G. Durrant, B. Cantor: *Characterization of Reinforcement Distribution in Cast Al.-Alloy/SiC_p Composites*, Materials Characterization 40, 1998
- [3] H. Hu: *Grain microstructure evolution of Mg(AM50A)/SiC_p Metal Matrix Composites*
- [4] J. Braszczyński, A. Zyska: *Możliwości zarodkowania faz metalicznych na cząstkach ceramicznych w kompozytach*, „Krzepnięcie Metali i Stopów z. 38”, PAN Katowice
- [5] M. Dyzia, I. Hyla, A. Dolata-Grosz, J. Wieczorek: *Układ do jednoczesnego pomiaru przebiegu krzepnięcia kompozytów w formach o różnych współczynnikach odprowadzania ciepła*, IX Seminarium Naukowe „Nowe Technologie i Materiały w Metalurgii i Inżynierii Materiałowej”, Katowice, 2001
- [6] M. Dyzia, J. Śleziona, G. Pucka, J. Wieczorek: *Krzepnięcie materiałów kompozytowych w różnych warunkach wymiany ciepła*, Kompozyty Nr 2, PTMK Częstochowa, 2001

STRUCTURE OF AK12+2%Mg COMPOSITES REINFORCED BY CERAMICS PARTICLES RECEIVED IN DIFFERENT HEAT TRANSFER CONDITIONS

SUMMARY

In this work has been shown structures and distribution of ceramic particles in metal matrix composites received in different thermal conditions of solidification. The study has been realised for AK12 alloy with 2%Mg and composites based on AK12+2%Mg matrix reinforced by Al₂O₃ particles ($v_p=15\%$, 30 μm) and SiC ($v_p=15\%$, 30 μm). Above tests are only parts of composites structure modification methods research range.

Recenzował Prof. Józef Gawroński