https://doi.org/10.62753/ctp.2003.09.8.8

Zbigniew Konopka[1], Małgorzata Cisowska[2]
Politechnika Częstochowska, Katedra Odlewnictwa, al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

LEJNOŚĆ KOMPOZYTÓW NA OSNOWIE STOPU AlMg10 Z CZĄSTKAMI GRAFITU

Przedstawiono wyniki badań lejności kompozytów na osnowie stopu AlMg10 zawierających 10, 20 i 30% objętościowo cząstek grafitu. Dokonano pomiaru temperatury termoelementami Ni-NiCr umieszczonymi w odpowiednich odległościach od wlewu głównego we wnęce spiralnej formy. Formę wykonano z masy formierskiej O.B.B. SAND „E", stanowiącej mieszaninę drobnoziarnistego piasku i oleju. Rejestrację temperatury w czasie płynięcia kompozytu we wnęce formy wykonano za pomocą komputerowej laboratoryjnej karty pomiarowej PCL 818. Wyniki lejności i zdjęcia odlewów spiral przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Na podstawie krzywych zmian temperatury w danych miejscach wnęki formy (rys. rys. 3-5) wyznaczono funkcje długości zalanego kanału w czasie i chwilowe prędkości przepływu (rys. rys. 6-8). W różnych miejscach odlewu spirali wykonano zdjęcia mikrostruktur (rys. rys. 9-11). Zaobserwowano nierównomierny rozkład cząstek na długości spirali i obniżenie prędkości przepływu ze wzrostem udziału objętościowego cząstek grafitu w kompozycie. Podczas przepływu następuje wypływanie cząstek grafitu i spychanie ich ku końcowi spiralnego odlewu.

Słowa kluczowe: lejność, kompozyty, stopy aluminium

CASTABILITY OF THE AlMg10 ALLOY MATRIX COMPOSITES WITH GRAPHITE PARTICLES

The results of castability experiments of the AlMg10 alloy matrix composites with 10, 20 and 30% vol. Graphite particles were presented in this paper. The Ni-NiCr thermoelements were placed into cavity of sand spiral test mould in the position from the gate. The spiral mould was prepared from O.B.B. SAND „E" moulding sand consits of fine-grained sand and oil. During flow of composite suspension through the mould channel the temperature registraction was carried out by means of computer measuring card PCL 818. The castability results and pictures of spiral test castings were presented (Figs. 1, 2). On the ground of the temperature curves for each place of mould (Figs. 3-5) the function of length spiral and instantaneous flow velocity were determined (Figs. 6-8). In different places of spiral castings the microstructures pictures were carried out (Figs. 9-11). Heterogeneous arrangement of graphite particles along the casting length and decreasing flow velocity were observed with increasing of graphite particle volume fraction in composite. During composite flow the coming up to the surface and pushing of graphite particles were observed.

Key words: castability, composites, aluminium alloys

WSTĘP

Zagadnienia przepływu metalu w kanałach formy odlewniczej podczas zalewania należy do najważniejszych z punktu widzenia wytwarzania odlewów ze względu na niebezpieczeństwo występowania w tym procesie szeregu wad odlewniczych decydujących o jakości. Mimo ogromnej ilości różnych prób pomiarów określanych mianem prób lejności nie ma dziś jeszcze metody, która odtwarzałaby wiernie ruch metalu w formie podczas zalewania. Czynniki wpływające na lejność to przede wszystkim skład chemiczny, lepkość, napięcie powierzchniowe, zdolność do przejmowania ciepła przez materiał formy, ukształtowanie układu wlewowego oraz warunki odlewania [1-4]. Metody pomiaru lejności są niedoskonałe, jednakże mają duże znaczenie dla praktyki odlewniczej, szczególnie gdy długość zalanej próby będzie rozpatrywana w sensie porównawczym. Właściwości kompozytów w głównej mierze są funkcją rozkładu cząstek w objętości osnowy [5, 6]. Znając naturę przepływu, który wywołuje określony rozkład cząstek, możemy wstępnie szacować przyszłe właściwości kompozytu. Wprowadzenie cząstek ceramicznych do osnowy metalowej i stworzenie układu kompozytowego może zapewnić szereg korzystnych właściwości mechanicznych i użytkowych, przede wszystkim wysoką odporność na zużycie ścierne.

METODYKA BADAŃ

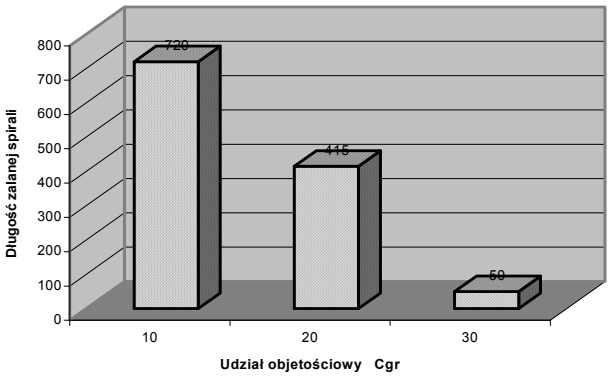
W celu przeprowadzenia badań lejności kompozytów na osnowie stopu AlMg10 z cząstkami grafitu przygotowano ciekłą suspensję kompozytową. Ciekły stop topiono do temperatury 670°C, a następnie wprowadzano cząstki grafitu z jednoczesnym mieszaniem powstałej suspensji. Prędkość mieszania wynosiła

[1] dr hab. inż., prof. PCz., [2] mgr inż.

800 obr/min, a czas mieszania 2 min. Wytworzono kompozyty o udziałach grafitu 10, 20, i 30% objętościowo. Tak wytworzoną suspensję odlewano do uprzednio przygotowanych form. Pomiary lejności wykonano za pomocą próby spiralnej. Do badań przygotowano stanowisko, które umożliwiło wykonanie pomiaru rozkładu temperatur w kanale formy odlewniczej. Próbę spiralną wykonano przy użyciu masy formierskiej O.B.B. SAND „E". Masa ta jest naturalnym piaskiem formierskim o najdrobniejszej frakcji, związanym olejem. Nadaje się bezpośrednio do formowania i ze względu na jej spoiwo nie wysycha. Wysoka wytrzymałość na wilgotność zapewnia odlewom bardzo dobrą dokładność wymiarową. W formie zamontowane zostały termoelementy Ni-CrNi. Odległości, w jakich zostały rozmieszczone termoelementy, zostały określone za pomocą wcześniejszych prób. Dla kompozytu zawierającego 10% grafitu termopary zostały rozmieszczone co 100 mm, dla kompozytu zawierającego 20% grafitu co 50 mm, natomiast dla kompozytu zawierającego 30% grafitu - co 25 mm. Rejestracji pomiaru rozkładu temperatur w funkcji czasu w kanale formy wypełnionej ciekłą suspensją kompozytową wykonano za pomocą komputerowej laboratoryjnej karty pomiarowej PCL 818 (maksymalna częstość próbkowania 100 kHz, 16 kanałów unipolarnych, minimalny napięciowy zakres wejścia +/–0,5 V, maksymalny +/–10 V, typowy czas konwersji 8 mikrosekund) przez system przetworników. W celu dopasowania napięcia termopar Ni-CrNi do wejścia zastosowano przetworniki typu PCLM-5B40-03 napięciowy zakres wejścia +/–100 mV pasmo przenoszenia do 2,6 kHz [8]. Z wykonanych pomiarów uzyskano krzywe przedstawiające zmiany temperatur w poszczególnych miejscach na długości wnęki formy w czasie. Z krzywych tych wyznaczono funkcję długości zalanego kanału w czasie, jak i chwilowe prędkości przepływu. Wykonano również zgłady metalograficzne odlanych kompozytów, na początku i na końcu spirali.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań lejności kompozytów na osnowie stopu AlMg10 z cząstkami grafitu przedstawiono na rysunku 1, natomiast obrazy wykonanych odlewów kompozytowych na rysunku 2. Z rysunku tego można jednoznacznie stwierdzić, że wraz ze wzrostem udziału objętościowego cząstek grafitu w kompozytach lejność maleje. Obniżenie lejności spowodowane jest przede wszystkim wzrostem lepkości wraz ze zwiększaniem się udziału objętościowego cząstek. Lepkość badanych kompozytów zmienia się wyraźnie i zgodnie ze znanym równaniem Einsteina [7] wynosi dla kompozytu zawierającego 10% C_{gr} - 1,62 mPas, dla kompozytu zawierającego 20% C_{gr} - 2,28 mPas, natomiast dla kompozytu z 30% cząstek - 3,18 mPas. Na spadek lejności ma jednak wpływ nie tylko wzrost lepkości suspensji kompozytowej, ale również napięcie powierzchniowe czy praca adhezji.



Rys. 1. Długości zalanych spiral

Fig. 1. The length o spiral

a) b) c)

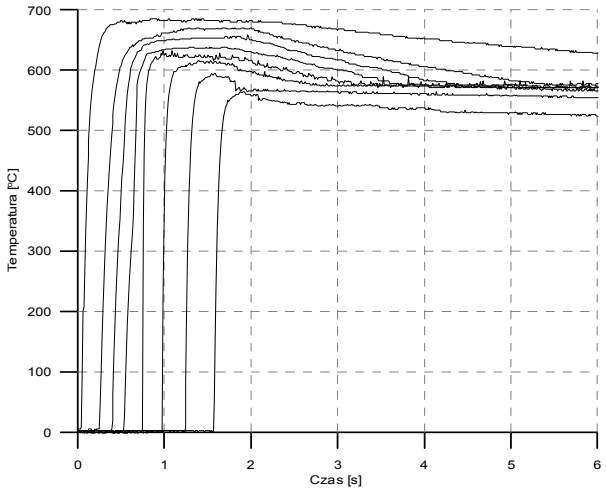
Rys. 2. Zdjęcia wykonanych odlewów: a) AlMg10+10%C_{gr}, b) AlMg10+ +20%C_{gr}, c) AlMg10+30%C_{gr}

Fig. 2. Pictures of spiral castings: a) AlMg10+10%C_{gr}, b) AlMg10+ + 20%C_{gr}, c) AlMg10+30%C_{gr}

Przygotowanie odpowiedniego stanowiska pomiarowego pozwoliło uzyskać krzywe ilustrujące zmiany temperatury w poszczególnych miejscach wnęki formy podczas jej wypełniania oraz krzepnięcia i stygnięcia odlewów kompozytowych. Na rysunkach 3-5 zaprezentowano początkowe fragmenty pola temperatur, które przedstawiają impulsy temperatur w poszczególnych miejscach wnęki formy. Krzywe te pozwalają na przedstawienie drogi przepływu L w funkcji czasu t, w jakim ten przepływ nastąpił.

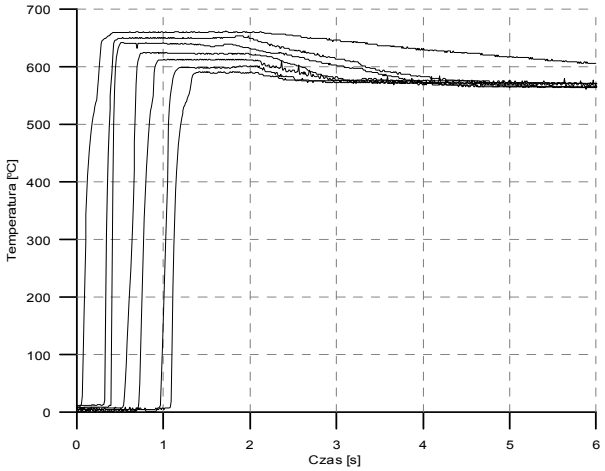
Z krzywych widocznych na rysunkach 3-5 wyznaczono również chwilowe prędkości przepływu suspensji kompozytowych jako pochodne drogi po czasie. Rzeczywiste chwilowe prędkości przepływu oraz krzywe drogi w funkcji czasu przedstawiono na rysunkach 6-8.

Krzywe prędkości przepływu mają charakterystyczny przebieg. W początkowej fazie przepływu prędkość jest maksymalna i wynosi dla kompozytu zawierającego 10% C_{gr} - 589 mm/s, dla 20% - 295 mm/s, a dla 30% ok. 12 mm/s. Z wyników tych można zaobserwować bardzo duży wpływ cząstek grafitu na prędkość przepływu w kanale formy odlewniczej. Na wykresach tych uwidacznia się również pewne zaburzenie przepływu, które jest spowodowane tym, że metal, wpływając do wnę- ki formy, jednocześnie podnosi się we wlewie głównym.



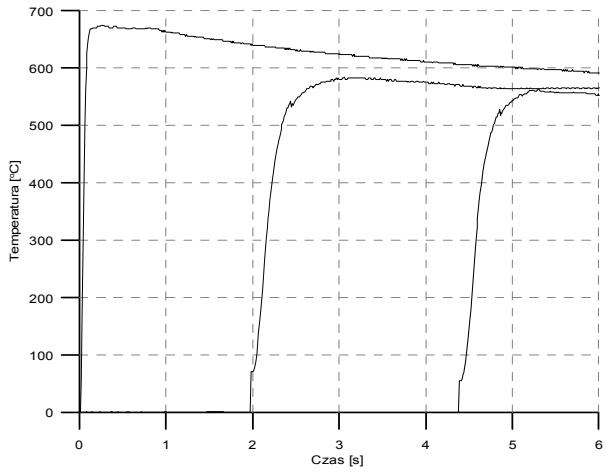
Rys. 3. Krzywe temperatury dla kompozytu AlMg10+10%C_{gr} zarejestrowane podczas badania lejności

Fig. 3. Temperature curves for AlMg10+10%C_{gr} registered during castability examination



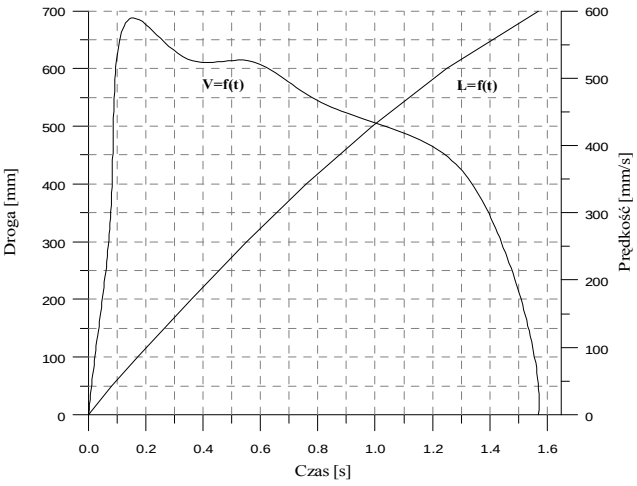
Rys. 4. Krzywe temperatury dla kompozytu AlMg10+20%C_{gr} zarejestrowane podczas badania lejności

Fig. 4. Temperature curves for AlMg10+20%C_{gr} registered during castability examination



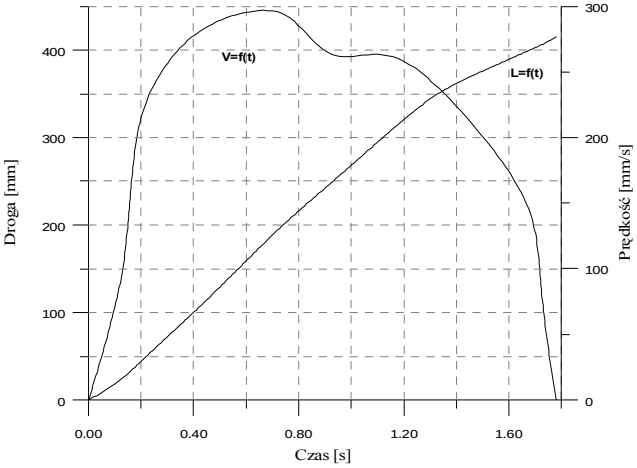
Rys. 5. Krzywe temperatury dla kompozytu AlMg10+30%C_{gr} zarejestrowane podczas badania lejności

Fig. 5. Temperature curves for AlMg10+30%C_{gr} registered during castability examination



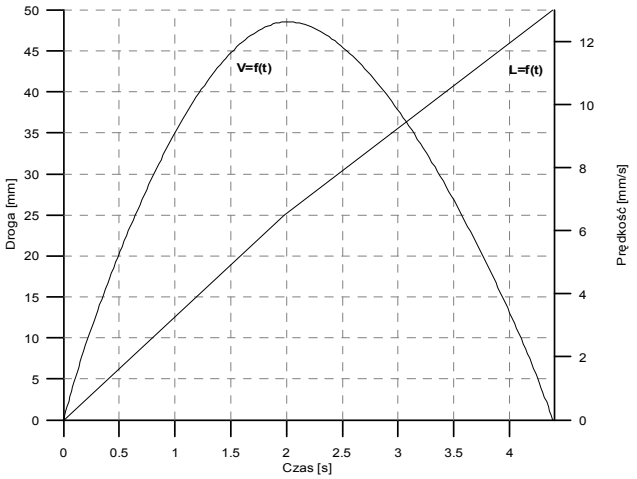
Rys. 6. Funkcje długości spirali i prędkości płynięcia suspensji kompozytowej AlMg10+10%C_{gr}

Fig. 6. Spiral length and flow velocity functions for composite suspension AlMg10+10%C_{gr}



Rys. 7. Funkcje długości spirali i prędkości płynięcia suspensji kompozytowej AlMg10+20%C_{gr}

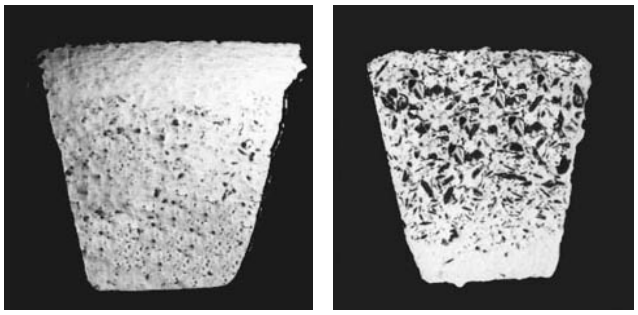
Fig. 7. Spiral length and flow velocity functions for composite suspension AlMg10+20%C_{gr}



Rys. 8. Funkcje długości spirali i prędkości płynięcia suspensji kompozytowej AlMg10+30%C_{gr}

Fig. 8. Spiral length and flow velocity functions for composite suspension AlMg10+30%C_{gr}

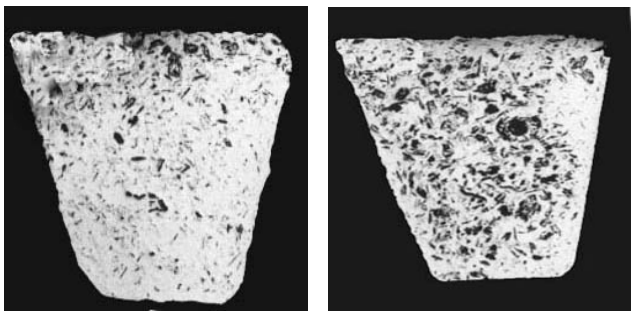
a) b)



Rys. 9. Mikrostruktura kompozytu zawierającego 10% C_{gr}: a) przy wlewie głównym, b) koniec spirali

Fig. 9. Composite microstructure containing 10% vol. C_{gr}

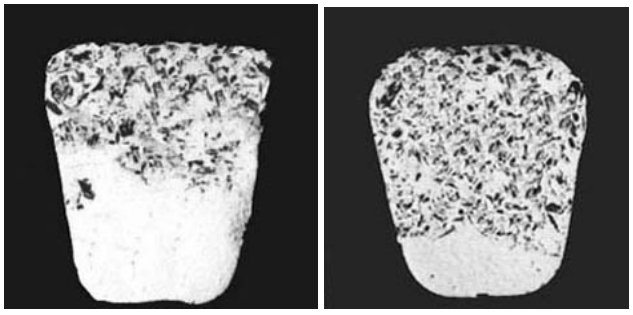
a) b)



Rys. 10. Mikrostruktura kompozytu zawierającego 20% C_{gr}: a) przy wlewie głównym, b) koniec spirali

Fig. 10. Composite microstructure containing 20% vol. C_{gr}

a) b)



Rys. 11. Mikrostruktura kompozytu zawierającego 30% C_{gr}: a) przy wlewie głównym, b) koniec spirali

Fig. 11. Composite microstructure containing 30% vol. C_{gr}

Po osiągnięciu przez ciekłą suspensją prędkości maksymalnej następuje ustabilizowanie się prędkości aż do momentu, gdy prędkość gwałtownie spada. To gwałtowne zakończenie przepływu związane jest z pojawieniem się tzw. koncentracji krytycznej fazy stałej i jest charakterystyczne dla stopu AlMg10. Oprócz tego cząstki grafitu są spychane przez płynącą strugę do końca spirali. Ten nierównomierny rozkład cząstek na długości spiral przedstawiają rysunki 9-11.

Na podstawie zarejestrowanych danych możliwe będzie również wyznaczenie zależności prędkości oraz temperatury w funkcji drogi. Uzyskane rezultaty wskazują na wyraźny wpływ udziału objętościowego cząstek grafitu na lejność badanych kompozytów. Lejność spada ze wzrostem oporów wewnętrznych cieczy, których miarą jest wzrost lepkości. Natomiast zastosowanie laboratoryjnej karty pomiarowej PCL 818 umożliwiło bardzo precyzyjny pomiar różnorodnych parametrów płynięcia, jak prędkość, temperatura, droga w funkcji czasu, i pozwoliło na interpretację tych parametrów.

LITERATURA

[1] Górny Z., Odlewnicze stopy metali nieżelaznych, WNT, Warszawa 1992.
[2] Kniaginin G., Staliwo-metalurgia i odlewnictwo, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1977.
[3] Mutwil J., Ocena zjawisk fizykochemicznych zachodzących podczas wypełniania metalem formy odlewniczej, Wydawnictwo WSI, Zielona Góra 1992.
[4] Podrzucki C., Kalata C., Metalurgia i odlewnictwo żeliwa, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1971.
[5] Śleziona J., Kształtowanie właściwości kompozytów stop Al-cząstki ceramiczne wytwarzanych metodami odlewniczymi, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej z. 47, Gliwice 1994.
[6] Braszczyński J., Zyska A., Wpływ czasy i temperatury mieszania kompozytów AK7-SIC na rozkład cząstek w osnowie, Krzepnięcie Metali i Stopów 1998, 36.
[7] Stręk F., Mieszanie i mieszalniki, WNT, Warszawa 1981.
[8] Konopka Z., Cisowska M., Ocena płynięcia ciekłego stopu AlMg10 w spiralnej próbie lejności, Archiwum Odlewnictwa 2002, 2, 4.

Recenzent
Zbigniew Górny