

Zbigniew Konopka¹, Małgorzata Cisowska²

Politechnika Częstochowska, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

MIKROSTRUKTURA GRAWITACYJNIE ODLEWANYCH KOMPOZYTÓW NA OSNOWIE STOPU AlMg10 Z CZĄSTKAMI GRAFITU

Przedstawiono technologię otrzymywania i wyniki obserwacji mikrostruktury kompozytów na osnowie stopu AlMg10 z cząstkami grafitu. W badaniach zastosowano cząstki elektrografitu i grafitu płatkowego rafinowanego chemicznie w celu porównania ich zwilżania przez ciekły metal i rozmieszczenia w osnowie kompozytu. Suspensję kompozytową wytworzono metodą mieszania mechanicznego z zastosowaniem mieszadła śmigłowego przy ustalonej temperaturze ciekłego metalu, czasie i prędkości mieszania. Odłano grawitacyjnie odlewy próbne w formach metalowych. Na podstawie obserwacji mikrostruktur wytworzonych kompozytów oceniono równomierność rozłożenia fazy zbrojącej. W mikrostrukturze kompozytu zawierającego cząstki elektrografitu zaobserwowano nierównomierne rozmieszczenie cząstek w osnowie. Cząstki elektrografitu występowały w postaci aglomeratów, w których obecne są liczne pustki w przestrzeniach między cząstkami. W kompozycie zawierającym grafity płatkowe zaobserwowano równomierne rozmieszczenie bez skupisk i porowatości. Ocena rozmieszczenia różnego rodzaju cząstek grafitu w kompozytach pozwala stwierdzić, że zastosowanie grafitu płatkowego ułatwi otrzymanie kompozytu o równomiernie rozmieszczonej fazie zbrojącej, co korzystnie wpłynie na własności kompozytu.

MICROSTRUCTURE OF THE GRAVITY CAST AlMg10-GRAPHITE PARTICLES COMPOSITES

Fabrication and microstructure of the AlMg10 matrix composite containing 10% volume fraction of graphite particles were presented in this paper. The electrographite particles and chemically refined graphite flakes were used in order to compare their wetting by liquid metal and arrangement in composite matrix. Composite suspension was manufactured by using mechanical stirring where the propeller mixer was applied. During stirring process the temperature of liquid metal, time of mixing and rotational speed of mixer were fixed. After stirring process composite suspension was gravity cast into metal mould.

Microscopic observations of composite microstructure were carried out. Different arrangements of graphite particles in composite matrix were found. Uniform arrangements of chemically refined graphite flakes in composite matrix were observed in comparison with electrographite particles. In these composite castings any clusters of graphite particles and porosity have been observed. In composites with electrographite particles the graphite clusters are formed and distribution is generally less uniform. Numerous voids were found in spaces between graphite particles in these clusters and good wetting of graphite phase has not been achieved. On the ground of obtained results it can be concluded that chemically refined graphite flakes are better wetted by liquid matrix alloy and very good arrangements of these particles can be achieved.

WPROWADZENIE

W ostatnich latach duża część badań poświęcona kompozytom metalowym dotyczy własności trybologicznych. Dobrymi własnościami trybologicznymi cechują się kompozyty na osnowie metali lekkich z cząstkami ceramicznymi, a na szczególną uwagę zasługują kompozyty na osnowie stopów Al z cząstkami grafitu. Kompozyty takie wykazują korzystne własności, do których można zaliczyć: wysoką odporność na zużycie, niski współczynnik tarcia, odporność na zatarcie [1-6], a także wysoką przewodność cieplną i niską gęstość w porównaniu ze znanymi stopami łożyskowymi [7].

Technologia kompozytów na osnowie stopów metali z cząstkami ceramicznymi jest złożona i najczęściej składa się z kilku etapów: przygotowanie ciekłego metalu (rafinacja, modyfikacja), preparacja powierzchni cząstek ceramicznych, wytworzenie suspensji kompozytowej (mieszanie) oraz odlewanie [8]. Cząstki ceramiczne

są z reguły niezwilżane przez ciekły metal, co w połączeniu z różnicą gęstości komponentów i oddziaływaniem frontu krystalizacji na cząstki fazy umacniającej stwarza niebezpieczeństwo nierównomiernego rozłożenia cząstek w osnowie.

Zagadnienie uaktywnienia powierzchni cząstek poprzez wytworzenie powłok jest szeroko przedstawiane w literaturze. Poprawę zwilżania można uzyskać, modyfikując stop osnowy przez dodanie Mg, Ti [7] bądź uaktywnienie powierzchni cząstek, stosując powłoki Ni [1, 2, 4] czy Cu [3, 4]. Znane są również metody oddziaływania drganiami ultradźwiękowymi i wprowadzania cząstek w strumieniu gazu. Wytworzenie jednorodnego układu wiąże się z zapewnieniem dobrego zwilżania, a równocześnie gwarantuje lepsze połączenie na granicy metal-faza zbrojąca, co w efekcie daje równomierne rozmieszczenie cząstek w objętości osnowy.

¹ dr hab inż., ² mgr inż.

Istnieją różne metody wytwarzania kompozytów na osnowie stopów Al z cząstkami grafitu, jak: odlewanie ciśnieniowe, prasowanie w stanie ciekło-stałym, odlewanie odśrodkowe, metody przeróbki plastycznej i metalurgii proszków [8]. Najbardziej rozpowszechnioną metodą jest metoda odlewania grawitacyjnego, która jest atrakcyjna ze względu na swoją prostotę. Rodzaj stosowanych faz zbrojących ma istotne znaczenie z punktu widzenia zwilżania i własności, co szczególnie uwidacznia się w przypadku grafitu. W związku z tym w pracy podjęto próbę oceny właściwości różnych rodzajów grafitu pod względem zwilżania i równomiernego rozmieszczenia.

WYTWARZANIE KOMPOZYTU AIMg10-GRAFIT

W badaniach jako materiał osnowy zastosowano stop AG10 o składzie 10% Mg, 0,3% Si, 0,1% Cu, 0,2% Fe, 0,1% Zn, reszta - Al. W kompozytach zastosowano dwa rodzaje grafitu: w postaci elektrografitu i rafinowanego chemicznie grafitu płatkowego jako fazy umacniającej. Udział objętościowy grafitu ustalono na poziomie 10%. Wysoka zawartość magnezu w stopie gwarantuje dobre zwilżanie, co umożliwia wprowadzenie grafitu do osnowy bez stosowania preparacji grafitu. Z drugiej strony stop ten charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi, mechanicznymi i chemicznymi (duża odporność korozyjna). Stopy te charakteryzują się dużą odpornością na obciążenia zmienne. Na uwagę zasługują także własności odlewnicze, wśród których można wymienić małą skłonność do pęknięcia na gorąco, co umożliwia wytwarzanie odlewów o skomplikowanych kształtach i o dużych różnicach grubości ścianek [8, 9]. Również szeroki zakres zastosowań przemawia za wykorzystaniem tego stopu na materiał osnowy kompozytów. Problemem przy wytwarzaniu jednorodnej suspensji kompozytów na osnowie AG10 z cząstkami grafitu jest dobór optymalnych parametrów topienia, mieszania i odlewania.

Ciekły metal topiono w atmosferze argonu ze względu na intensywne utlenianie stopu, a suspensję kompozytu wytworzono metodą mechanicznego mieszania, stosując mieszadło śmigłowe z trzema łopatkami przy następujących parametrach: temperatura ciekłego metalu 670°C, czas mieszania 3 min i prędkość mieszadła 800 obr/min. Prędkość tę obliczono z następującego równania [10]:

$$\frac{n_0 d^2 \rho_c}{\eta_c} = A \cdot \left[\frac{d^3 g \rho_c \Delta \rho}{\eta_c^2} \right] \cdot \left(\frac{d_r}{d} \right) \cdot X_r^D \quad (1)$$

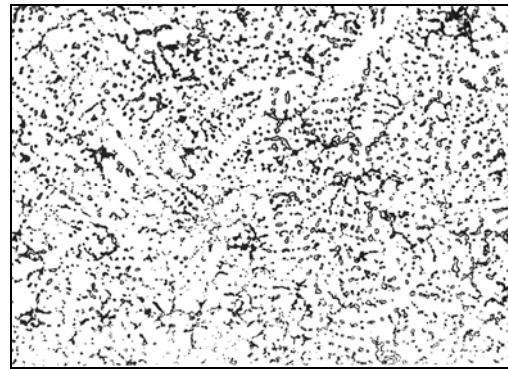
gdzie: n_0 - minimalna częstość obrotów mieszadła, s^{-1} ; d - średnica mieszadła, m; ρ_c - gęstość ciekłego stopu, kg/m^3 ; η_c - dynamiczny współczynnik lepkości ciekłego stopu, $kg/(m \cdot s)$; g - przyspieszenie siły ciężkości, m/s^2 ;

$\Delta \rho = \rho_c - \rho_r$, ρ_r - gęstość fazy stałej, kg/m^3 ; d_r - średnica cząstek, m; $X_r = m_r/m_c$ - udział masowy fazy stałej; A , D ($A = 1,75$; $D = 0,25$) - współczynniki zależne od rodzaju mieszadła i mieszalnika.

Zastosowanie mieszadła śmigłowego jest zalecane przez literaturę [10], ponieważ generuje ono w przestrzeni mieszalnika korzystny rozkład prędkości, umożliwiając wytworzenie jednorodnej suspensji. Po wymieszaniu suspensji odlewano grawitacyjnie pręty próbne o średnicy 40 mm do formy metalowej. Z odlewów spreparowano próbki do badań i obserwacji metalograficznych.

MIKROSTRUKTURA KOMPOZYTU AIMg10-GRAFIT

Na rysunku 1 przedstawiono mikrostrukturę stopu osnowy kompozytu AG10, na której widoczne są kryształy pierwotnej fazy α (jasne pole) oraz wydzielenia wtórnej fazy β (ciemne pole).

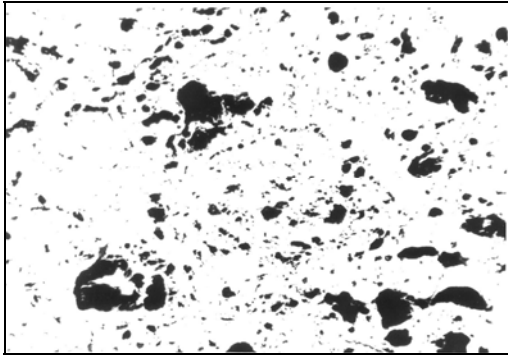


Rys. 1. Mikrostruktura stopu AG10 odlewane do formy metalowej. Trawione 3% HF, pow. x100

Fig. 1. Microstructure of AG10 alloy cast in metal mould. Etched with 3% HF, magn. 100x

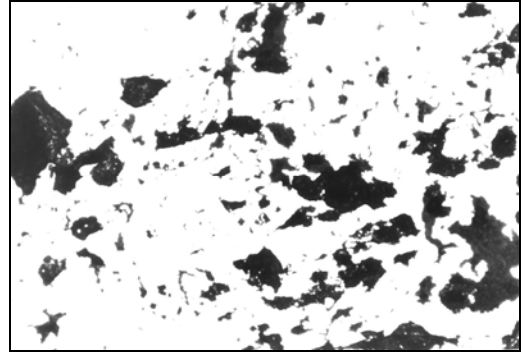
Rysunki 2 i 3 przedstawiają mikrostrukturę kompozytu na osnowie stopu AG10 z cząstkami elektrografitu. Mikrostruktury zaprezentowane przy różnych powiększeniach pokazują nierównomierne rozmieszczenie cząstek w objętości osnowy i występowanie większej aglomeracji. Mniejsze zwilżanie tych cząstek prowadzi do powstania licznych pustek w przestrzeniach między cząstkami, co prawdopodobnie pogarsza własności kompozytu. Ten niekorzystny rezultat wynika najprawdopodobniej z faktu elektrostatycznego naładowania cząstek, co powoduje łączenie się ich w aglomeraty, które nie zostają w trakcie mieszania rozdrobnione.

Mikrostrukturę kompozytu na osnowie stopu AG10 z grafitem płatkowym przedstawiają rysunki 4 i 5. Uzyskane obrazy pokazują równomierne rozmieszczenie fazy zbrojącej. Nie zaobserwowano tu defektów charakterystycznych dla kompozytu z elektrografitem, czyli porowatości gazowej i większej koncentracji tlenków.



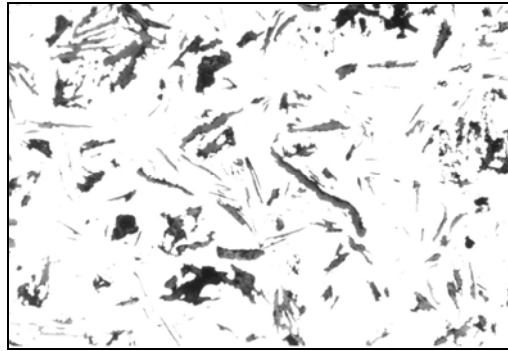
Rys. 2. Mikrostruktura kompozytu AG10/10%C_{gr} (elektrografit), pow. x25

Fig. 2. Microstructure of AG10/10%C_{gr} composite (electrographite), magn. 25x



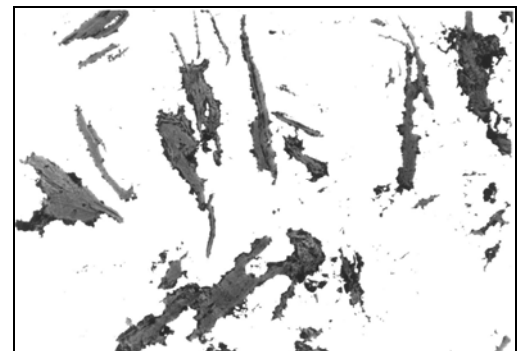
Rys. 3. Mikrostruktura kompozytu AG10/10%C_{gr} (elektrografit), pow. x100

Fig. 3. Microstructure of AG10/10%C_{gr} composite (electrographite) magn. 100x



Rys. 4. Mikrostruktura kompozytu AG10/10%C_{gr} (grafit płatkowy), pow. x25

Fig. 4. Microstructure of AG10/10%C_{gr} composite (graphite flake), magn. 25x



Rys. 5. Mikrostruktura kompozytu AG10/10%C_{gr} (grafit płatkowy), pow. x100

Fig. 5. Microstructure of AG10/10%C_{gr} composite (graphite flake) magn. 100x

WNIOSKI

Na podstawie oceny mikrostruktury badanych kompozytów ze szczególnym uwzględnieniem rozmieszczenia cząstek grafitu w osnowie można stwierdzić, że mimo zastosowania optymalnych parametrów mieszania i wysokiej skłonności metalu do zwilżania cząstki elektrografitu wykazują skłonność do tworzenia skupisk, a rozmieszczenie należy ocenić jako niezadowolające. Korzystne rezultaty osiągnięto przy zastosowaniu grafitu płatkowego.

Na podstawie oceny mikrostruktury można sformułować następujące wnioski:

1. Wysoka zawartość magnezu w stopie osnowy kompozytu gwarantuje dobre zwilżanie cząstek grafitu bez dodatkowych zabiegów pokrywania cząstek.
2. W kompozytach AG10-grafit odpowiedni okazał się grafit płatkowy rafinowany chemicznie, który ułatwił wytworzenie jednorodnego układu kompozytowego charakteryzującego się równomiernym rozmieszczeniem cząstek grafitu w objętości osnowy.
3. Odlewy z kompozytu AlMg10-grafit płatkowy nie wykazują typowych wad zaobserwowanych przy zastosowaniu elektrografitu, tj. zagazowań, wtrąceń tlenkowych.
4. Zastosowanie elektrografitu do wytwarzania kompozytów mimo optymalnych parametrów mieszania nie

dało pożądaných efektów równomiernego rozłożenia cząstek w objętości osnowy.

LITERATURA

- [1] Tokisue H., Abbaschian G.J., Mater. Sci. Eng. 1978, 34, 75.
- [2] Rohadgi P., Surappa M., Modi O., Yegneswaran A., Eingegangen am 1987, 16, 7.
- [3] Pai B.C., Rohatgi P., Mater. Sci. Eng. 1975, 21, 161.
- [4] Surappa M., Rohadgi P., Metals Technol. 1978, October, 358.
- [5] Biswas S., Srinivasa U., Shesan P.K., Rohatgi P., Modern Casting 1980, 5, 74.
- [6] Prasad B., Dan T., Rohatgi P., Mater. Trans., JIM 1993, 34, 5, 474.
- [7] Cholewa M., Gawroński J., Krzepnięcie Metali i Stopów 1992, 16, 49.
- [8] Górny Z., Odlewnicze stopy metali nieżelaznych, WNT, Warszawa 1993.
- [9] Adamski Cz., Piwowarczyk T., Metalurgia i odlewnictwo metali nieżelaznych, Wydawnictwo AGH, Kraków 1988.
- [10] Stręk F., Mieszanie i mieszalniki, WNT, Warszawa 1981.

Recenzent
Józef Suchy