Polskie Towarzystwo Materiałów Kompozytowych
Polish Society for Composite Materials

Kompozyty 7: 2 (2007) 83-86

KOMPOZYTY
COMPOSITES

Maciej Dyzia[1]*, Anna Dolata-Grosz[2], Jakub Wieczorek[3], Józef Śleziona[4], Michał Starczewski[5]

[1-4] Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland
*e-mail: *maciej.dyzia@polsl.pl*
[5] Złotecki Sp. z o.o., 88-111 Rojewo, Poland

Otrzymano (Received) 07.02.2007

KOMPOZYTOWE TŁOKI DO SPRĘŻAREK WYTWARZANE METODĄ ODLEWANIA KOKILOWEGO

Praca dotyczy możliwości wykorzystania materiałów kompozytowych w odlewach kokilowych z przeznaczeniem na tłoki. We współpracy z Firmą Złotecki Sp. z o.o. podjęto próbę odlewania w warunkach produkcyjnych kompozytów o osnowie stopu AK12 zbrojonych cząstkami węglika krzemu. W cyklu podjętych badań wykonano 6 odlewów tłoków kompozytowych. Wszystkie odlewy dokładnie odwzorowały kształty formy, a wstępna ocena grubości i krzywizn ścianek wypadła pomyślnie. Na podstawie przeprowadzonych obserwacji mikrostrukturalnych stwierdzono równomierne rozmieszczenie cząstek zbrojących na przekroju badanych tłoków. Zaobserwowano jednak obecność porowatości w strukturze, szczególnie w obszarze układu zalewowego. Pory i aglomeraty cząstek skupione są na wewnętrznych ściankach tłoka. Z kolei zarówno obszary zewnętrzne, jak i struktura obszaru po przeciwnej stronie układu zalewowego charakteryzowały się niewielką porowatością, w postaci nielicznych pustek wokół równomiernie rozmieszczonych cząstek ceramicznych. Zidentyfikowaną porowatość należy wiązać zarówno z parametrami technologicznymi, stosowanymi podczas odlewania, jak i z procesami krzepnięcia i krystalizacji osnowy. Przeprowadzone próby technologiczne potwierdziły możliwość kształtowania tłoków kompozytowych z wykorzystaniem technologii odlewania kokilowego.

Słowa kluczowe: stop aluminium, cząstki ceramiczne, tłoki, odlewanie kokilowe, struktura

COMPOSITE PISTONS FOR AIR COMPRESSOR PRODUCING BY MOULD CASTING METHOD

The work concerns the possibility of application the composite materials in casts into metal mould to form the pistons for compressors. In cooperation with "Zlotecki" company was undertaken the test of casting in productive conditions the aluminium matrix composite reinforced with silicon carbide particles. In cycle of undertaken investigations were executed six composite pistons. All casts projected the shapes of mould exactly, and the preliminary evaluation of thickness and curvatures of sides fell out favorable. The conducted microstructural observations on the ground were affirmed the uniformly distribution of reinforcing particles on section of studied pistons. However it was observed the presence of porosity in structure, particularly in area of mould feeder. Porosity and agglomerates of particles be collected on internal sides of pistons. In turn the external areas, as and the structure of area opposite the feeder characterized the small porosity, about character of few emptiness the around evenly distributed ceramic particles. Both technological parameters and process of the matrix crystalization influence on the identified porosity. Realized technological tests confirmed the possibility of formation composite pistons from utilization the technology of mould casting.

Keywords: aluminium alloy, ceramic particles, pistons, mould casting, structure

WPROWADZENIE

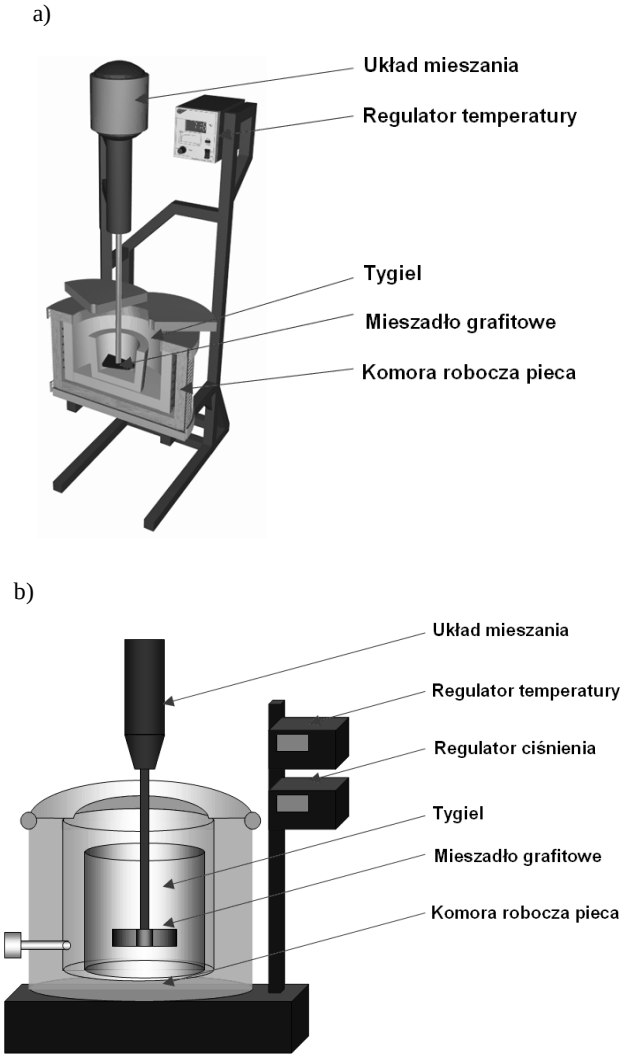
Kompozyty o osnowie stopów aluminium zbrojone cząstkami ceramicznymi w porównaniu z tradycyjnymi stopami aluminium charakteryzują się większą sztywnością, odpornością na pełzanie i większą odpornością na zużycie. Materiały te znajdują zastosowanie przede wszystkim w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie jednym z kryteriów projektowych jest dążenie do obniżenia masy konstrukcji, a przez to obniżenie zużycia paliwa. Przemysłowo wytwarzane kompozyty (np. Duralcan - firmy Alcoa International, Saffil - 3M) wykorzystywane są do produkcji tulei cylindrowych, tłoków, bębnów i tarcz hamulcowych [1-4]. Jednak wdrożenie do produkcji nowych materiałów napotyka często na bariery związane z dużymi kosztami przystosowania istniejących linii technologicznych bądź koniecznością instalacji nowych urządzeń w ciągu produkcyjnym. Ponieważ kompozyty należą do materiałów trudno obrabialnych, wymagają specjalnego doboru narzędzi skrawających.

Z tego punktu widzenia technologie ciekłofazowe wytwarzania materiałów kompozytowych i kształtowanie ich metodami odlewniczymi, należące do najtańszych metod wytwarzania, wydają się łatwiejsze do wdrożenia [5-7]. Uzyskanie stabilnej zawiesiny kompozytowej wymaga przede wszystkim spełnienia warunków, w których ceramika będzie zwilżana przez ciekły metal, co umożliwi uzyskanie trwałego połączenia na granicy faza zbrojąca-osnowa [8]. W procesie wytwarzania kompozytów z wykorzystaniem metody mechanicznego mieszania istotne znaczenie mają: przygotowanie stopu osnowy (rafinacja, modyfikacja składu stopu), przygotowanie cząstek ceramicznych (preparacja chemiczna, obróbka termiczna), a także intensywność mieszania zawiesiny [8-11]. Warunki homogenizacji decydują o równomiernym rozmieszczeniu ceramicznego zbrojenia w całej objętości ciekłego metalu, co przekłada się na strukturę materiału kompozytowego ukształtowanego w procesie odlewania [10-12]. Niekorzystne zjawiska związane z sedymentacją bądź flotacją oraz aglomerowaniem cząstek ceramicznych mogą skutkować zmianą lejności zawiesiny i utrudniać, a czasem uniemożliwiać kształtowanie wyrobów metodami odlewniczymi [8]. Opisane zjawiska wpływają także na procesy krzepnięcia i krystalizacji materiału kompozytowego [13]. Są również główną przyczyną powstawania porowatości w odlewie, która wpływa niekorzystnie między innymi na właściwości mechaniczne, a także obniża odporność korozyjną kompozytu [14-16].

BADANIA EKSPERYMENTALNE

We współpracy z Firmą Złotecki Sp. z o.o. podjęto próbę odlewania w warunkach produkcyjnych kompozytów o osnowie stopu AK12 zbrojonego cząstkami węglika krzemu o udziale objętościowym 12% i wielkości ziarna 25 μm.

Materiał kompozytowy wytworzono metodą mieszania w laboratorium Politechniki Śląskiej w Katowicach. Proces realizowano dwuetapowo. Przed wprowadzeniem do osnowy zbrojenia ceramicznego skład stopu zmodyfikowano, dodając 2% Mg i 0,02% Sr. Cząstki ceramiczne poddano wygrzewaniu w temperaturze 350ºC, a wprowadzano do ciekłego metalu w temperaturze 720ºC. W drugim etapie zawiesinę umieszczono w hermetycznej komorze, która umożliwia odgazowanie i homogenizację w warunkach obniżonego ciśnienia. Po odpompowaniu powietrza z komory proces homogenizacji przeprowadzono w temperaturze 720ºC, mieszając zawiesinę przez 30 minut, w warunkach obniżonego ciśnienia (900 hPa), a w końcowej fazie procesu obniżano ciśnienie przez 15 min do 200 hPa. Schemat stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rysunku 1. Kompozyt AK12-SiC_p 12% obj. odlano do form grafitowych, uzyskując 2,5 kg wlewki.



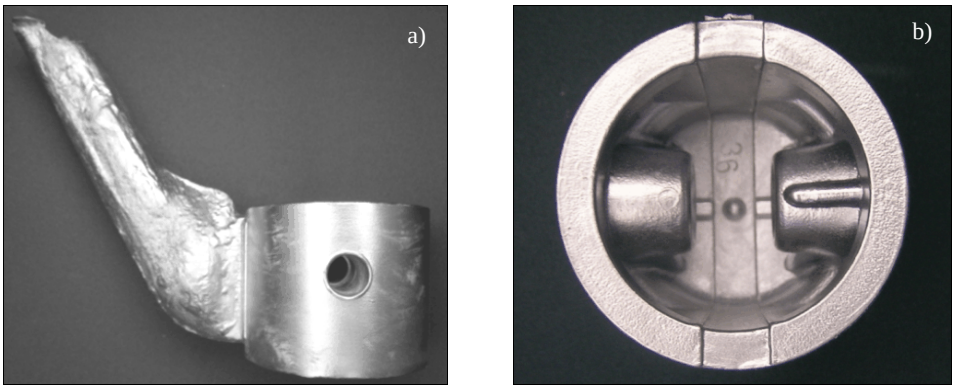
Rys. 1. Schemat stanowiska do: a) wytwarzania zawiesin kompozytowych, b) odgazowania i homogenizacji zawiesiny kompozytowej [11, 12]

Fig. 1. Scheme of system for: a) composite suspensions fabricating, b) degassing and homogenizing composite suspensions

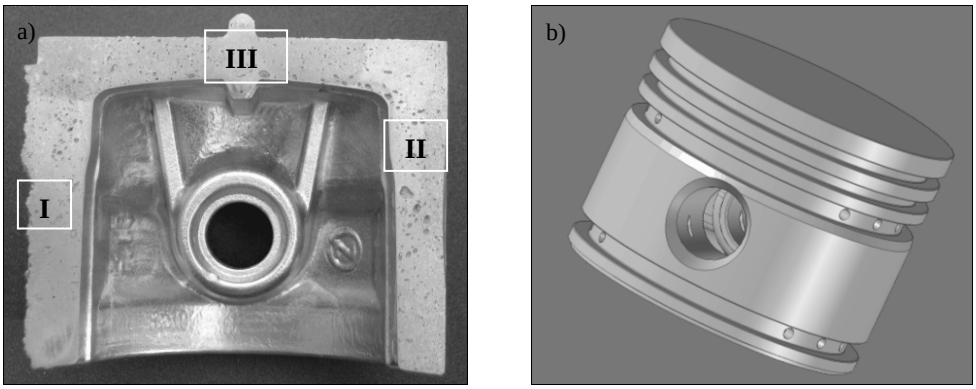
Firma Złotecki Sp. z o.o. udostępniła do badań formę kokilową, pięcioczęściową, wykorzystywaną do odlewania ręcznego tłoków o śr. 65 mm, pracujących w sprężarkach powietrza. Planując eksperyment, założono, że w pierwszej fazie przyjęte zostaną wszystkie parametry technologiczne procesu odlewania według standardów produkcyjnych Firmy Złotecki, a temperaturę zalewania 720°C przyjęto zgodnie z wcześniejszymi badaniami własnymi [10-12].

Po ponownym przetopieniu wlewków zawiesina kompozytowa została poddana procesowi mieszania przez 30 min. Odlewanie do formy kokilowej było wykonywane przez uprawnionego pracownika, który łyżką odlewniczą pobierał z tygla odpowiednią porcję zawiesiny. W cyklu badań wykonano sześć odlewów tłoków kompozytowych. Wszystkie odlewy dokładnie odwzorowały kształty formy, a wstępna ocena grubości i krzywizn ścianek wypadła pomyślnie (rys. rys. 2 i 3).

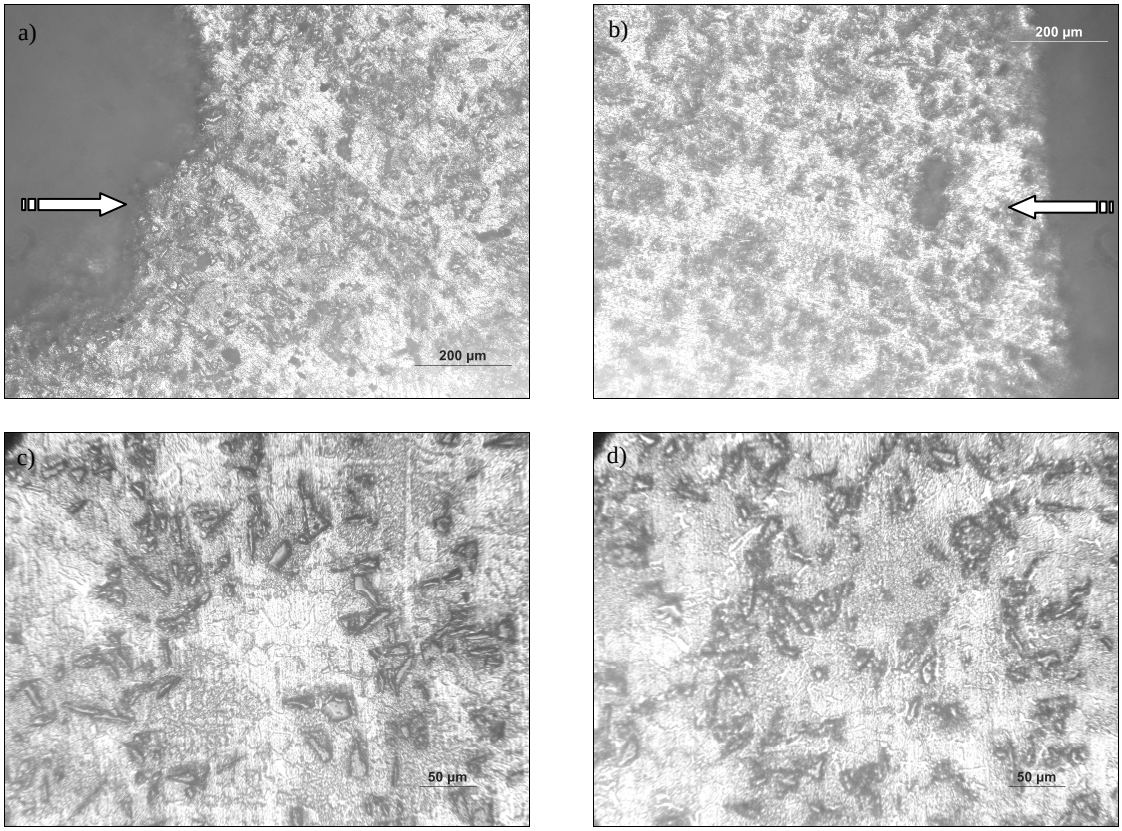
 All rights reserved



Rys. 2. Odlew tłoka wraz z układem zalewowym (a) oraz widok dolnej części tłoka (b)
Fig. 2. Cast piston with mould feeder (a), bottom part of piston (b)



Rys. 3. Przekrój tłoka kompozytowego AK12-SiC_p (a) oraz widok tłoka po obróbce wiórowej (b)
Fig. 3. Cross section of AK12-SiC_p composite cast piston (a), view of piston after machining treatment (b)



Rys. 4. Struktura wewnętrzna tłoka: a, c) obszar od strony układu zalewowego, rys. 3(I); b, d) obszar po przeciwnej stronie układu zalewowego, rys. 3(II)
Fig. 4. Inside structure of piston: a, c) area of mould feeder system, Fig. 3(I); b, d) area in opposite to mould feeder system, Fig. 3(II)

 All rights reserved

Na rysunku 2 pokazano widok wybranego reprezentatywnego odlewu wraz z układem zalewowym (rys. 2a) oraz widok dolnej części tłoka (rys. 2b). Rysunek 3a przedstawia przekrój tłoka kompozytowego, z kolei na rysunku 3b pokazano wybrany tłok po przeprowadzonej obróbce wiórowej.

Wytworzony tłok kompozytowy przecięto i wykonano zgład poprzeczny, który poddano obserwacjom mikrostrukturalnym na mikroskopie optycznym. Typowe, wybrane fotografie struktury wykonane na przekroju poprzecznym tłoka kompozytowego pokazano na rysunku 4. Obserwacje struktury wewnętrznej tłoka prowadzono w dwóch obszarach: w obszarze od strony układu zalewowego (rys. 4a i c) oraz w obszarze po przeciwnej stronie układu zalewowego (rys. 4b i d).

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji mikrostrukturalnych stwierdzono równomierne rozmieszczenie cząstek węglika krzemu w osnowie na przekroju badanego tłoka. Zaobserwowano jednak obecność porowatości w strukturze, szczególnie w obszarze układu zalewowego. Pory i aglomeraty cząstek skupione są na wewnętrznych ściankach tłoka. Z kolei zarówno obszary zewnętrzne, jak i struktura obszaru po przeciwnej stronie układu zalewowego charakteryzowała się niewielką porowatością w postaci nielicznych pustek wokół równomiernie rozmieszczonych cząstek ceramicznych. Opisane niekorzystne zjawisko porowatości należy wiązać zarówno z parametrami technologicznymi stosowanymi podczas odlewania, jak i z procesami krzepnięcia i krystalizacji osnowy.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone próby technologiczne potwierdziły możliwość kształtowania tłoków kompozytowych przy wykorzystaniu technologii odlewania kokilowego. Omówione niekorzystne zjawisko porowatości, którą zidentyfikowano w obszarze zalewowym tłoka, stanowi ważny i podstawowy problem, jaki należy rozwiązać w trakcie dalszych prac dotyczących optymalizacji parametrów przyjętej technologii wytwarzania odlewów kompozytowych. Zakres dalszych prac będzie obejmował wykonanie tłoków kompozytowych na bazie kompozytów zbrojonych cząstkami Al_2O_3 oraz z zastosowaniem zbrojenia hybrydowego typu SiC-Cs.

Do pełnej oceny możliwości zastosowania materiałów kompozytowych do produkcji tłoków do sprężarek konieczne są dalsze prace dotyczące możliwości wykonania obróbki mechanicznej na automatach tokarskich oraz badania w warunkach rzeczywistej pracy tłoka w skojarzeniu ciernym z tuleją cylindra.

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

LITERATURA

[1] Degischer H.P., Prader P., San Marchi Ch., Assessment of Metal Matrix Composites for Innovations - Intermediate Report of a European Thematic Network, Composites Part A 2001, 32, 1161-1166.

[2] Taha M.A., Practicalization of cast metal matrix composites (MMCCs), Materials and Design 2001, 22, 431-441.

[3] Lee H.S., Yeo J.S., Hong S.H., Yoon D.J., Na K.H., The fabrication process and mechanical properties od SiC_p/Al-Si metal matrix composites for automobile air-conditioner compressor pistons, Journal of Materials Processing Technology 2001, 113, 202-208.

[4] Rudnik D., Sobczak J., Tłoki kompozytowe do silników spalinowych, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2001.

[5] Hashim J., Looney L., Hashmi M.S.J., Metal matrix composites: production by the stir casting method, Journal of Materials Processing Technology 1999, 92-93, 1-7.

[6] Kaczmar J.W., Pietrzak K., Włosiński W., The production and application of metal matrix composite materials, Journal of Materials Processing Technology 2000, 1006, 58-67.

[7] Śleziona J., Kształtowanie właściwości kompozytów stop Al-cząstki ceramiczne wytwarzanych metodami odlewniczymi, Hutnictwo, z. 47, Gliwice 1994.

[8] Braszczyński J., Problemy technologii odlewanych kompozytów metalowych, II Międzynarodowa Sesja Naukowa, Nowe technologie i osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej, Częstochowa, czerwiec 2001.

[9] Śleziona J., Wybrane problemy wytwarzania kompozytów na osnowie stopów aluminium zbrojonych cząstkami ceramicznymi, Postępy w Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005, 283-310.

[10] Śleziona J., Dyzia M., Wieczorek J., Właściwości odlewnicze zawiesin kompozytowych AlSi-SiC, Archiwum Odlewnictwa 2006, 6, 22, 540-545.

[11] Dolata-Grosz A., Wieczorek J., Śleziona J., Dyzia M., Możliwości wykorzystania technik próżniowych do podnoszenia jakości zawiesin kompozytowych, Archiwum Odlewnictwa 2006, 6, 18 (1/2), 285-290.

[12] Śleziona J., Wieczorek J., Dolata-Grosz A., Wpływ procesu odgazowania na strukturę kompozytów aluminiowych zawierających cząstki węgla szklistego i węglika krzemu, Inżynieria Materiałowa 2006, 3(151), 665-667.

[13] Braszczyński J., Zyska A., Analysis of the influence of ceramic particles on the solidification process of metal matrix composites, Materials Science and Engineering 2000, 278 A, 195-203.

[14] Szweycer M., Gawdzińska K., Jackowski J., Analiza warunków tworzenia się porowatości gazowej w metalowych kompozytach nasycanych, Archiwum Maszyn i Automatyzacji 2001, 21, 6, 171-176.

[15] Dolata-Grosz A., Śleziona J., Identyfikacja porowatości w kompozytach typu stop Al-cząstki ceramiczne wytwarzanych metodą odlewania odśrodkowego, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji 2004, 24, 1.

[16] Dolata-Grosz A., Śleziona J., Wpływ odlewania odśrodkowego na jakość kompozytów wzmacnianych cząstkami ceramicznymi i fazami międzymetalicznymi: aspekt porowatości, Archiwum Odlewnictwa 2004, 4, 11, maj, 114-121.

 All rights reserved