16/14

Archives of Foundry,
Year 2004, Volume 4, № 14
Archiwum Odlewnictwa,
Rok 2004, Rocznik 4, Nr 14
PAN – Katowice PL ISSN 1642-5308

ALUMINIOWE KOMPOZYTY Z HYBRYDOWYM UMOCNIENIEM FAZ MIĘDZYMETALICZNYCH I CERAMICZNYCH

A. DOLATA-GROSZ[1], B. FORMANEK[2], J. ŚLEZIONA[3], J. WIECZOREK[4]
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
[1,3,4]Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,
[2] Katedra Nauki o Materiałach
ul. Krasińskiego 8, Katowice 40-019

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono proces otrzymywania odlewanych kompozytów aluminiowych o dyspersyjnej strukturze i hybrydowym umocnieniu. Stop aluminium modyfikowano mieszaninami proszków, które w reakcji z aluminium umacniały osnowę fazami międzymetalicznymi i tlenkiem aluminium. Fazy zbrojące otrzymano stosując proszki kompozytowe w układach Fe-Ti-Al oraz Fe-TiC-Al z tlenkiem glinu uzyskane w procesie samorozwijającej się syntezy wysokotemperaturowej (SHS).

Stosując metodę odlewniczą (mechanicznego mieszania) wytworzono kompozytowe stopy: Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3 oraz Al-$FeAl_3$-TiC-Al_2O_3 i określono ich strukturę. Opracowany proces wytwarzania kompozytów pozwala w różnych wariantach technologicznych na modyfikację struktury stosowanych odlewniczych stopów aluminium.

Key words: aluminum alloy, composite powders, intermetallic phases, gravity casing, SHS process.

[1] *dr inż., agrosz@polsl.katowice.pl*
[2] *dr inż.*
[3] *dr hab. inż. Prof. Pol. Śl., sleziona@polsl.katowice.pl*
[4] *dr inż.*

1. WPROWADZANIE

Stosując techniki odlewnicze można uzyskiwać strukturę kompozytów w różny sposób, m.in. dzięki reakcjom chemicznym zachodzącym wewnątrz kąpieli metalowej (tzw. kompozyty *„in situ”*) lub poprzez wprowadzenie zbrojenia „z zewnątrz” do ciekłego metalu (tzw. kompozyty *„ex situ”*) [1-6]. Kompozyty wytwarzane metodami *„in situ”* określane są jako nowa generacja materiałów kompozytowych. W odróżnieniu od kompozytów *„ex situ”,* charakteryzuje je wysoka stabilność termodynamiczna, przeciwdziałająca reakcjom chemicznym na granicy osnowa - cząstka wzmacniająca, ograniczająca degradację struktury w trakcie pracy w podwyższonych temperaturach.

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Głównym celem badań było opracowanie składu chemicznego metalo-ceramicznego proszku oraz procesu wytwarzania kompozytowych odlewów o osnowie aluminiowej z hybrydowym umocnieniem o wysokiej dyspersji faz.

Zakres badań obejmował:

- analizę literaturową wytwarzania materiałów kompozytowych z uwzględnieniem metod odlewniczych i metalurgii proszków,
- opracowanie koncepcji materiałowej i technologicznej procesu wytwarzania materiału kompozytowego,
- wybór składu chemicznego metalo-ceramicznej mieszaniny proszków,
- wykonanie badań wstępnych dla określenia podstawowych parametrów wytwarzania materiału w przyjętym cyklu technologicznym,
- określenie struktury i składu fazowego wybranego kompozytowego proszku i wytworzonych kompozytowych odlewów,
- korektę parametrów w cyklu technologicznym wytwarzania kompozytowych odlewów aluminiowych o założonej dyspersyjnej strukturze i składzie fazowym umocnienia.

3. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Dla założonego celu badawczego dobrano materiał proszkowy, stop osnowy (aluminium w gatunku A0), urządzenia technologiczne i metody badawcze pozwalające na wytworzenie kompozytowego materiału typu: AlMCs – aluminium matrix composites. Dobór materiałów i metod wytwarzania kompozytów uwzględniał zastosowanie procesów metalurgii proszków [7,8] oraz metod odlewniczych [3,5]. Dla wytworzenia mieszaniny proszków zastosowano samorozwijającą się syntezę wysokotemperaturową (SHS) [8]. Strukturę proszków kompozytowych FeAl-TiAl-Al_2O_3, FeAl-TiC-Al_2O_3 pokazano na rysunkach 1 i 2. Skład chemiczny materiałów proszkowych zastosowanych do wytwarzania kompozytów odpowiadał stechiometrycznemu składowi fazowemu (rys. 1a,2a).

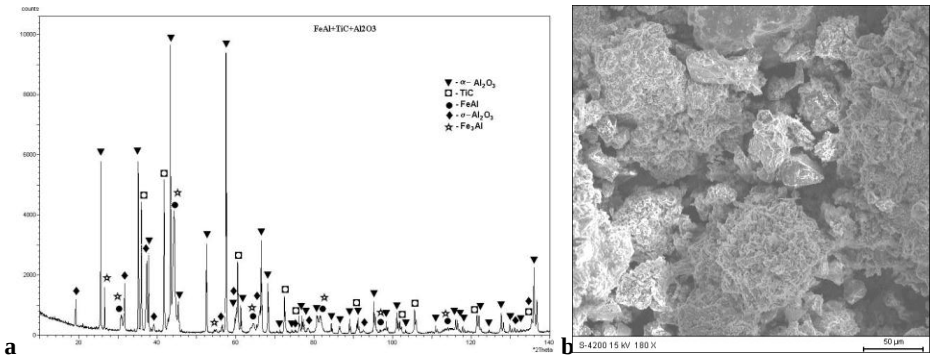
Proszek kompozytowy wprowadzono do mieszanego mechanicznie ciekłego aluminium [3,9] w zakresie temperatury od 700^0C do 720^0C. Aluminium

modyfikowano magnezem do 2% wagowych jego zawartości. Uzyskaną zawiesinę kompozytową, wprowadzoną w ruch wirowy, mieszano w czasie 30 minut i odlewano do formy grafitowej.

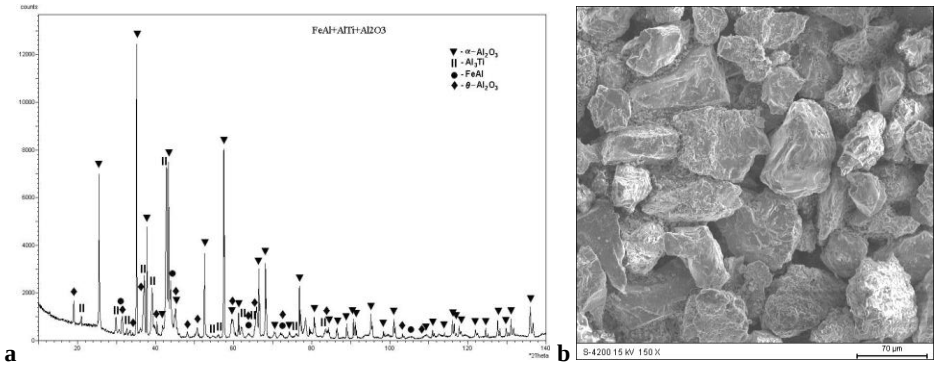
Strukturę proszków oraz odlewów kompozytowych obserwowano na zgładach metalograficznych, na mikroskopie Reichert MF2. Wybrane zgłady analizowano na mikroskopie skaningowym Hitach z wyposażeniem EDX w systemie Voyager Firmy Norton. Skład fazowy proszków i odlewów kompozytowych badano na dyfraktometrze Philips z lampą miedzianą i węglowym filtrem wiązki. Dyfraktogramy analizowano z uwzględnieniem kart ASTM i programem X-Pert Software.

4. WYNIKI BADAŃ

Strukturę i skład fazowy reaktywnych proszków $FeAl_3$-TiC–Al_2O_3 oraz FeAl-Ti-Al_2O_3 przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



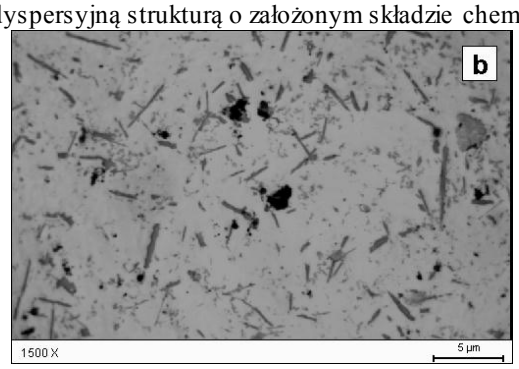
Rys. 1. Struktura a) i dyfraktogram b) mieszaniny proszku wyjściowego $FeAl_3$-TiC-Al_2O_3.
Fig. 1. $FeAl_3$-·TiC-Al_2O_3 initial powder mixture: structure a) and diffraction pattern b).



Rys. 2. Struktura a) i dyfraktogram b) mieszaniny proszku wyjściowego FeAl -·TiAl – Al_2O_3.
Fig. 2. FeAl-TiAl-Al_2O_3 initial powder mixture: structure a) and diffraction pattern b).

Dyspersyjną strukturę kompozytowego odlewu z układu Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3 przedstawiono na rysunku 3.

Na podstawie badań strukturalnych (rys. 3,4,5) oraz analizy rentgenowskiej (rys. 4a,5a) potwierdzono występowanie umocnienia osnowy aluminiowej fazami międzymetalicznymi i ceramicznymi. Uzyskane odlewy charakteryzowały się dyspersyjną strukturą o założonym składzie chemicznym i fazowym.

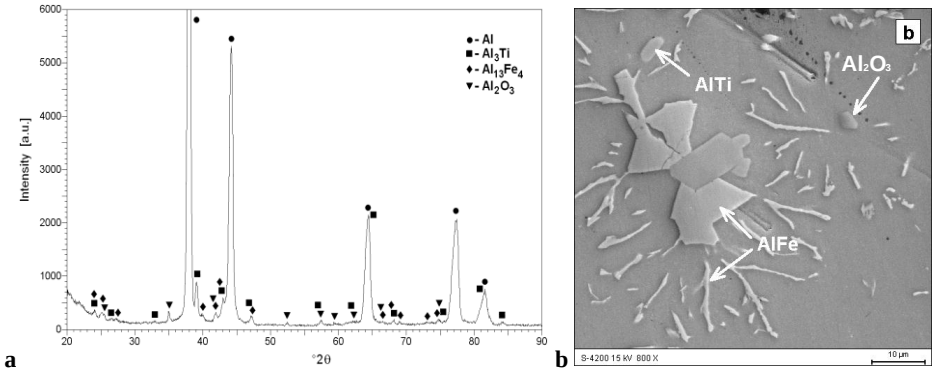


Rys. 3. Struktura kompozytu odlewanego Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3.
Fig. 3. Structure of Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3 cast composites.

Zgodnie z założeniami oraz na podstawie uprzednio wykonanej analizy termicznej oraz termicznej analizy różnicowej umocnienie osnowy można zapisać następującymi reakcjami:

$$FeAl + TiAl + Al_2O_3 + (x + 4)\ Al. \rightarrow FeAl_3 + TiAl_3 + Al_2O_3 + x\ Al \qquad (1)$$

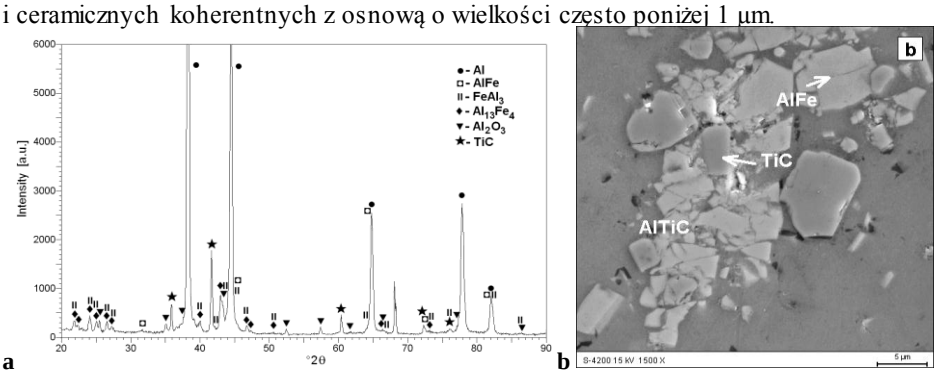
$$FeAl + TiC + Al_2O_3 + (x + 2)\ Al. \rightarrow FeAl_3 + TiC + Al_2O_3 + x\ Al \qquad (2)$$



Rys. 4. Struktura a) i dyfraktogram b) kompozytu odlewanego Al.- FeAl -·TiAl – Al_2O_3.
Fig. 4. Al. - FeAl -·Ti – Al_2O_3 cast composite: structure a) and diffraction pattern b).

Należy zaznaczyć, że przy wprowadzaniu mieszaniny proszku do ciekłego aluminium obserwowano egzotermiczny efekt zachodzących reakcji. Wielkość cząstek

umacniających była w korelacji z granulacją stosowanych proszków. Wytworzone kompozyty z udziałem reakcji „in situ” są nową generacją odlewów, w których uzyskuje się dyspersyjne wzmocnienie w postaci faz międzymetalicznych i ceramicznych koherentnych z osnową o wielkości często poniżej 1 µm.



a b

Rys. 5. Struktura a) i dyfraktogram b) kompozytu odlewanego Al - $FeAl_3$ -·TiC – Al_2O_3.
Fig. 5. Al - $FeAl_3$ -·TiC – Al_2O_3 cast composites: structure a) and diffraction pattern b).

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono technologię wytwarzania kompozytowego odlewu o osnowie aluminiowej z hybrydowym umocnieniem o wysokiej dyspersji faz. Opracowany cykl technologiczny ujmuje:

- wytworzenie mieszaniny proszków o złożonym i założonym składzie chemicznym i reaktywności z aluminium,
- wprowadzenie mieszaniny proszków do roztopionego metalu lub stopu,
- wytworzenie kompozytowego odlewu.

Warianty technologiczne procesu pozwalają na:

- wytworzenie odlewu AlMCs z umocnieniem o zadanym składzie fazowym i założonej dyspersyjnej strukturze,
- wytworzenie metodą odlewniczą kompozytowego półproduktu dla modyfikacji struktury stosowanych stopów odlewniczych,
- wykorzystanie kompozytowego półproduktu dla kolejnych etapów w procesie kształtowania gotowych wyrobów, np.: dla procesu odlewania odśrodkowego [10].

Ze względów redakcyjnych przedstawiono jedynie wybrane wyniki badań otrzymywania odlewanych kompozytów typu Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3 oraz Al-$FeAl_3$-TiC-Al_2O_3.

LITERATURA

[1] L.Froyen: In situ processing of MMCs: an overview in: Proceedings of the Int. Conf. Light Metals and Composites, Zakopane (1999).

[2] E.Fraś, A. Janas, A. Kolbus, M. Górny: Synteza kompozytów in situ Al-TiC oraz Cu-TiC z wykorzystaniem gazu reaktywnego, Inżynieria Materiałowa, 2, (2000).
[3] J.Śleziona, M. Dyzia, J. Wieczorek: Kompozyty zbrojone fazami międzymetalicznymi wytwarzane metodą In-situ z wykorzystaniem $FeO{\cdot}TiO_2$, Kompozyty (Composites) 3 (2003).
[4] M.Dyzia, J. Śleziona, A. Dolata-Grosz, J. Wieczorek: Application of Al-$FeOTiO_2$ System to the Preparing of In-Situ Aluminium Composites Reinforced with Ceramic and Intermetalic Phases, Euromat, Lozanna (2002).
[5] J.Śleziona, M. Dyzia, B. Formanek, A. Dolata-Grosz, J. Wieczorek,: „Zastosowanie proszków reaktywnych z tlenkiem tytanu do wytwarzania kompozytów o osnowie aluminiowej", (Composites), Kompozyty 5 (2002).
[6] M.Dyzia, J. Śleziona, A. Dolata-Grosz, J. Wieczorek: Application of Al-$FeOTiO_2$ System to the Preparing of In-Situ Aluminium Composites Reinforced with Ceramic and Intermetalic Phases, Junior Euromat 2002, Lozanna
[7] B.Formanek, K. Szymański, M. Hetmańczyk: "SHS synthesis of composite powders with FeAl, TiAl intermetallic phases and dispersion oxides", AMME, Gdańsk (2000).
[8] B.Formanek, K. Szymański, B. Szczucka-Lasota: "Kompozytowe proszki ze stopu międzymatalicznego Fe-Ti-Al z tlenkiem aluminium", (Composites), Kompozyty 3, (2003).
[9] A.Dolata-Grosz, J. Śleziona, B. Formanek: „Structure and properties of aluminum cast composites strengthened by dispersion phases", Achievements in Mechanical and Materials Engineering, AMME'2003, Ed. By L. A. Dobrzański, (2003).
[10] A.Dolata-Grosz, J. Śleziona, J. Wieczorek, B. Formanek: „Struktura odlewów odśrodkowych w kompozytach Al-$FeO{\cdot}TiO_2$", (Composites), Kompozyty 7 (2004).

ALUMINUM HYBRID COMPOSITES REINFORCED WITH INTERMETALLIC AND CERAMIC PHASES

SUMMARY

The process of obtaining cast aluminium composite of dispersive structure has been presented in the article. Aluminium alloys were modified with powder mixtures which, when in reaction with aluminium, reinforced the matrix by means of intermetallic phases and aluminium oxide. The reinforcing phases were obtained by means of Fe-Ti-Al and Fe-TiC-Al powder mixtures with aluminium oxide formed during high-temperature synthesis process (SHS).

Composite alloys Al-FeAl-TiAl-Al_2O_3 and Al-$FeAl_3$-TiC-Al_2O_3 were produced. The structure of alloys produced by gravity/centrifugal casting was determined. The designed process allows for the structure modification of casting aluminium alloys in technological variants.

Recenzował Prof. Franciszek Binczyk