

MODYFIKACJA STOPU AK-11 POWIETRZEM AKTYWOWANYM W POLU ELEKTRYCZNYM

M. CHOLEWA¹

Katedra Odlewnictwa Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

STRESZCZENIE

W opracowaniu przedstawiono wybrane właściwości stopu AK-11 zmodyfikowanego przez obróbkę gazową ciekłej kąpieli metalowej. Do modyfikacji zastosowano aktywne chemicznie odmiany gazów otrzymywane przez obróbkę w polu elektrycznym za pomocą generatora ozonu. Ciche wyładowanie elektryczne aktywując tlen i azot powodują powstawanie faz umacniających. W badaniach wykorzystano standardowe techniki transportu pneumatycznego [7]. Przedstawiono składniki strukturalne wytworzonego materiału oraz wzrost twardości w porównaniu do stopu niemodyfikowanego.

Key words: modification, activated air, aluminum alloys

1. WPROWADZENIE

Kompozyty zbrojone drobnodispersyjnymi cząstkami – umacniane dyspersyjnie wykazują wysokie właściwości mechaniczne. Przykładem szczególnie wysokich właściwości są kompozyty typu SAP ($R_m=480$ MPa) gdzie efekt tak korzystnego umocnienia uzyskano przez cząstki zbrojące korundowe o wymiarze rzędu 500 nm przy udziale do 18% [1]. Potencjalnie wytworzenie cząstek drobnodispersyjnych jest najłatwiejsze poprzez bezpośrednie ich generowanie w kąpieli metalowej na drodze reakcji chemicznych. Przykładem takich zabiegów jest przedmuchiwanie kąpieli stopów aluminium tlenem [2] lub metanem [3]. Innym przykładem jest wykorzystanie reakcji wymiany [4] przez wprowadzenie do kąpieli tlenków redukowanych następnie z wytworzeniem np. Al_2O_3 przy dodatkowym dostarczeniu kąpieli wybranych dodatków stopowych z wprowadzonego tlenku. Ponadto istnieją realne możliwości sterowania

¹ dr inż., sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl

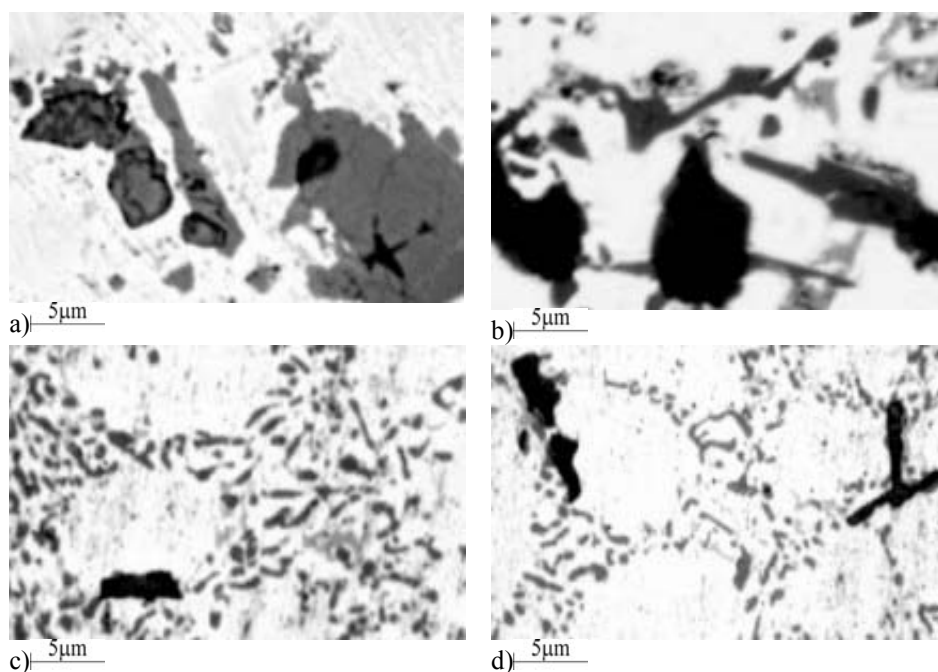
takimi procesami. Jednak w obu przypadkach ilości wytworzonych faz oraz ich morfologia i wielkość wydają się być pod względem sterowalności dość ograniczone. Prezentowane opracowanie mieści się w podobnym obszarze badawczym. Istotą jego jest maksymalne uproszczenie metody i wykorzystanie powietrza jako gazu reaktywnego poprzez aktywowanie jego składników za pomocą urządzeń, których przykładem są generatory ozonu [6, 7].

Warunki generowania ozonu podczas cichych wyładowań elektrycznych w zastosowanym ozonizatorze są zbliżone do wymaganych dla tworzenia atomowego azotu. Obie alotropowe odmiany gazów wykazują znacznie większe reaktywności w porównaniu do swych podstawowych postaci – gazów cząsteczkowych. Zastosowanie powietrza jako gazu reaktywnego, będącego mieszaniną gazów wymusza zastosowanie jako osnowy wieloskładnikowego stopu zawierającego dodatki stopowe wykazujące pożądane powinowactwo do gazu modyfikującego. Ponadto wytypowane pierwiastki posiadają inne pożądane cechy technologiczne. I tak tytan i bor to pierwiastki wchodzące w skład podkładek krystalizacji krzemu, tworzą również aktywne podkładowe krystalizacji fazy α . Związki Al_3Ti oraz TiB_2 powodują rozdrobnienie dendrytów fazy α i ziarna eutektycznego [5]. Natomiast antymon w siluminach w połączeniu z krzemem powoduje zmniejszenie odległości międzyfazowej eutektyki płytkowej bez jej zmiany w eutektykę włóknistą. Efektywność działania antymonu wzrasta wraz z szybkością stygnięcia i krystalizacji siluminu. Antymon dodatkowo w siluminach powoduje zmianę iglastych wydzielań krzemu w płytkowe i krystalizację eutektyki o dużej dyspersji. Antymon (będąc azotowcem) nadaje siluminom bardzo dobrą lejność oraz nie powoduje zagazowania - mikroporowatości. Tytan tworzy z antymonem związek $TiSb_2$, który także może być podkładką do krystalizacji krzemu, co w efekcie prowadzi do rozdrobnienia ziarna eutektycznego [5].

2. BADANIA WŁASNE

Na podstawie optycznych badań metalograficznych nie stwierdzono obecności faz, których działanie mogłoby mieć charakter umocnieniowy. Sporadycznie można zaobserwować obszary dodatkowej fazy o zmiennej morfologii i barwie. Wydzielenia występujące poza typowymi składnikami strukturalnymi stopu AK11, ze względu na wielkość i udział nie wskazywały na podobny wpływ (co pokazują mikrografie z rysunku 1. Dopiero punktowa analiza skaningowa pozwoliła ujawnić zidentyfikować twarde fazy wystające nad powierzchnię zglądów o maksymalnej wielkościach około 2 μm w postaci wielościanów, lecz częściej iglastych oraz płytkowych obiektów, co widoczne jest na mikrografiach z rys 2 jako punktowe, wydłużone, rzadziej równoosiowe obszary ulokowane zawsze w bezpośrednim sąsiedztwie kryształów eutektycznego krzemu. Mikroanaliza punktowa wskazuje na wieloskładnikowy ich charakter. Widoczne ciemnoszare kryształy modyfikowanego krzemu (2) w otoczeniu jaśniejszego roztworu α krzemu w aluminium (3). W bezpośrednim sąsiedztwie kryształów krzemu widoczne są drobne pałeczkowe, rzadziej wielokątne wydzielenia dodatkowej fazy barwy białej(1), a także nieco ciemniejszej i większe szare wielokątne

wydzielenia oznaczone jako (4). Należy, przy tym wyraźnie podkreślić, że w przypadku tak małych wydzieleni fazowych analiza punktowa może dawać zawyżone zawartości pierwiastków będących w otoczeniu wydzielenia. Średnica skanującej wiązki wynosi 2 μm . Jeśli wielkość wydzielenia jest porównywalna lub też jego grubość niewielka, wówczas wynik jest niedokładny, i to tym bardziej im mniejszy jest badany mikroobszar.

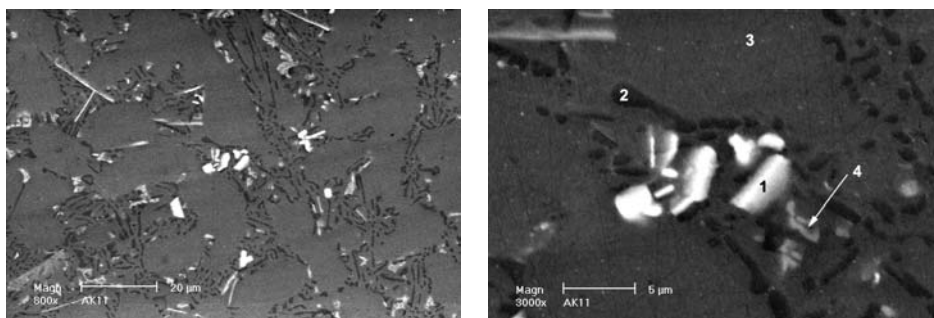


Rys. 1. Mikrografia optyczna kompozytu z matrycą aluminiowo krzemową, a) i b) struktura odlewu skorupowego, c) i d) struktura odlewu kokilowego; pow. 1800x

Fig. 1. Microstructure of composite with aluminum and silicon matrix, a) and b) shell casting, c) and d) die-casting; magn 1800x

Wykres wraz z tablicą z rysunku 3 zawiera udziały wagowe i atomowe pierwiastków tworzących najjaśniejsze wydzielenia oznaczone numerem 1 stanowiące szacunkowo kilka procent w strukturze kompozytu

Trudno w przedstawionej analizie ocenić wpływ tytanu, natomiast ocena zawartości boru, jest niemożliwa z uwagi na możliwości sprzętowe. Jednak wysoce prawdopodobne wydaje się istnienie fazy o wzorze SbN lub podobnej, gdzie roztwór metaliczny (Al., Mg, Sb) reaguje fizyko – chemicznie z (N i O). Przeprowadzono trójpoziomy eksperyment polegający na wykonaniu odlewów próbnych przy zmiennej zawartości boru i tytanu, zmiennej temperaturze modyfikacji oraz zmiennej objętości przedmuchiwanie kąpieli aktywowanym powietrzem.



Rys. 2. Mikrografie skaningowe kompozytu in situ na bazie stopu Al-Si ;odlew piaskowy, pow. 800 i 3000x.

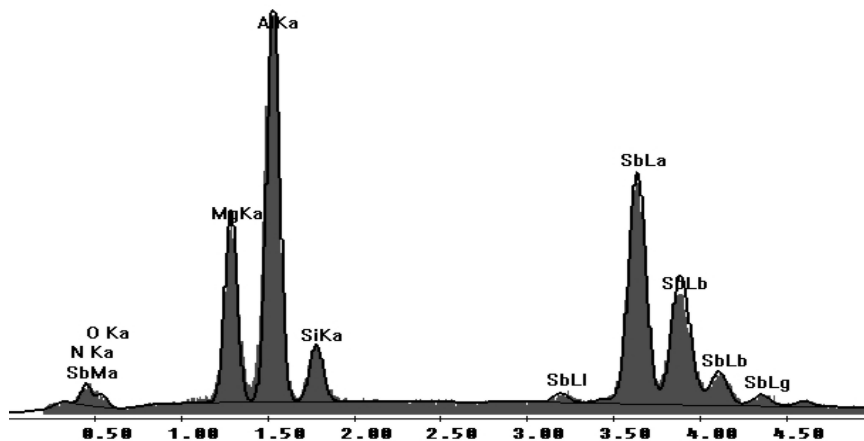
Fig. 2. Microstructure of composite in situ bases at Al-Si alloy, sand mould casting; magn. 800 and 3000x

Na podstawie analizy twardości Brinella przeprowadzonej na odlewach próbnych stwierdzono wyraźny przyrost twardości. W stosunku do stopu podstawowego bez obróbki gazowej uzyskano maksymalny, doświadczalnie potwierdzony, przyrost twardości kompozytu wynoszący 52 %. Przy obliczonych metodą regresji krokowej, optymalnych warunkach wytwarzania ($R=0,95$, $F=16,90$)prawdopodobny przyrost twardości wynosi 72 %.

3. WNIOSKI

- Czynnikiem odpowiedzialnym za wzrost twardości materiału jest prawdopodobnie faza będąca azotkiem składników stopowych o proporcjach: ~ 27% N, 6% O, 27% Mg, 19% Al, 17% Sb i 2% Si. Z uwagi na to, że azot antymon i magnez nie występują także w innych fazach ich wpływ można przyjąć za dominujący, przy czym analiza nie uwzględnia wpływu boru.
- Możliwości regulacji procesu polegają min. na dozowaniu ilości podawanego – aktywowanego powietrza w dobranym odpowiednio czasie i temperaturze reakcji zachodzących w wyniku modyfikacji

Label A: AK11



Pierwiastek	Udziały masowe, %	Udziały atomowe, %
N	9,72	26,82
O	2,60	6,29
Mg	16,85	26,78
Al.	13,50	19,34
Si	2,44	3,36
Sb	54,89	17,42
Razem	100,00	100,00

Rys. 3. Wyniki punktowej analiza rozkładu pierwiastków w obszarze oznaczonym cyfrą (1)

Fig. 3. . Results of pointwise analyze of chemical elements distribution in area figure marked as (1)

LITERATURA

- [1] Promysłowny Aluminowy Splawy, pr. zb. Metalurgija, Moskwa 1984
- [2] Chorzępa St., Metody wytwarzania aluminowych kompozytów odlewniczych z obcą fazą drobnodispersyjną K.M.iSt. 11 Ossolineum Wrocław 1987
- [3] Fraś E., Janas A., Kolbus A., Górny M., Synteza kompozytów in situ Al-TiC, oraz Cu-TiC z wykorzystaniem gazu reaktywnego, Inz. Mat. 2000, 2
- [4] Braszczyński J. Wybrane czynniki fizyczne i technologiczne oddziałujące na proces tworzenia odlewniczych kompozytów zbrojonych cząstkami, K. M. i St. 11 Ossolineum Wrocław 1987
- [5] Pietrowski St.: Siluminy, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź (2001)

- [6] Cholewa M.: The promises work out the method of production composites in situ using active allotropic form of gases, Acta Metallurgica Slovaca r. 8, Kosice 2/(2002)
- [7] Cholewa M.: Aluminum alloys modified by chemically activated gases, Acta Metallurgica Slovaca r. 8, Kosice 2/(2002)

**MODIFICATION OF AK11 ALLOY WITH AIR ACTIVATED
IN ELECTRIC FIELD**

SUMMARY

In work the chosen properties of AK11 alloy modified with gas treatment of liquid metal. Modification has been done with chemical active gases obtained by their treatment in electric field with ozone generator. Electric discharge active oxygen and nitric as well as causes arise strengthening phases. Standard pneumatic conveying has been used for researches. Structure of produced material and increase of hardness in compare to unmodified alloy have been presented.

Recenzował Prof. Józef Gawroński