11/40

Solidification of Metals and Alloys,
Year 1999, Volume 1, Book No. 40
Krzepnięcie Metali i Stopów,
Rok 1999, Rocznik 1, Nr 40
PAN – Katowice PL ISSN 0208-9386

WYTWARZANIE ODLEWÓW KOMPOZYTOWYCH METODĄ PNEUMATYCZNEGO OSADZANIAANIA ELEMENTÓW ZBROJĄCYCH W OSNOWIE KOMPOZYTU

GAWROŃSKI Józef, CHOLEWA Mirosław, SZAJNAR Jan, JANERKA Krzysztof
Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska
44-100 Gliwice, ul. Towarowa 7, POLAND

STRESZCZENIE

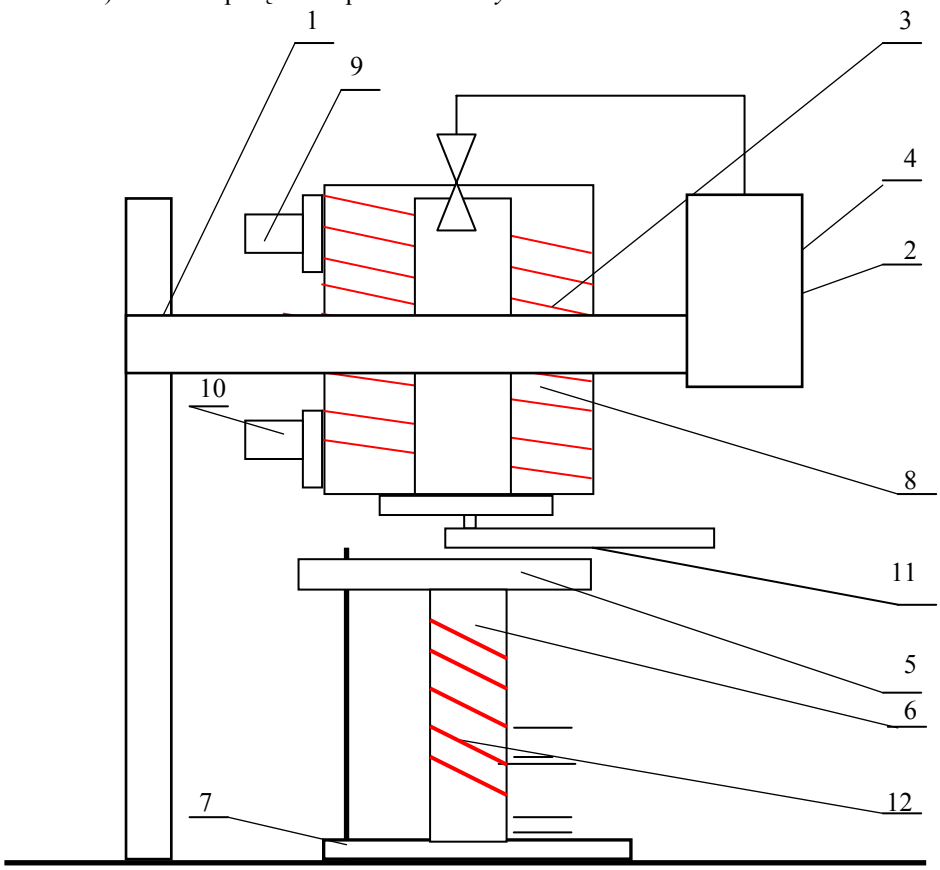
W pracy omówiono wybrane technologiczne aspekty wprowadzania cząstek zbrojących do ciekłej, metalicznej osnowy kompozytu za pomocą strumienia gazu nośnego. Przedstawiono elementy konstrukcji stanowiska badawczego oraz parametry techniczne strumienia neutralnego gazu na przykładzie argonu. Wyznaczono technologiczne zakresy zmienności czynników wytwarzania odlewów kompozytowych oraz omówiono wyniki przeprowadzonych badań eksperymentalnych

1. Wstęp

Prezentowane wyniki badań oraz perspektywy ich rozwoju są następstwem analizy dostępnej literatury [1÷5] oraz doświadczeń własnych autorów [6÷8]. Celem pracy jest określenie przydatności metody wdmuchiwania cząstek zbrojących do kąpieli metalowej eutektycznego stopu aluminium - krzem AK11 poprzez ocenę wpływu dodatku zbrojącego SiC, Al_2O_3 i SiO_2 na makrostrukturę odlewanego kompozytu zbrojonego cząstkami dyspersyjnymi. Badania wykonano dla kompozytów zawierających do 3% cząstek zbrojących o różnych właściwościach cieplno-chemicznych. Zakres badań obejmował także analizę wielkości przepływowych strumienia dwufazowego przy wdmuchiwaniu cząstek zbrojenia do ciekłego aluminium.

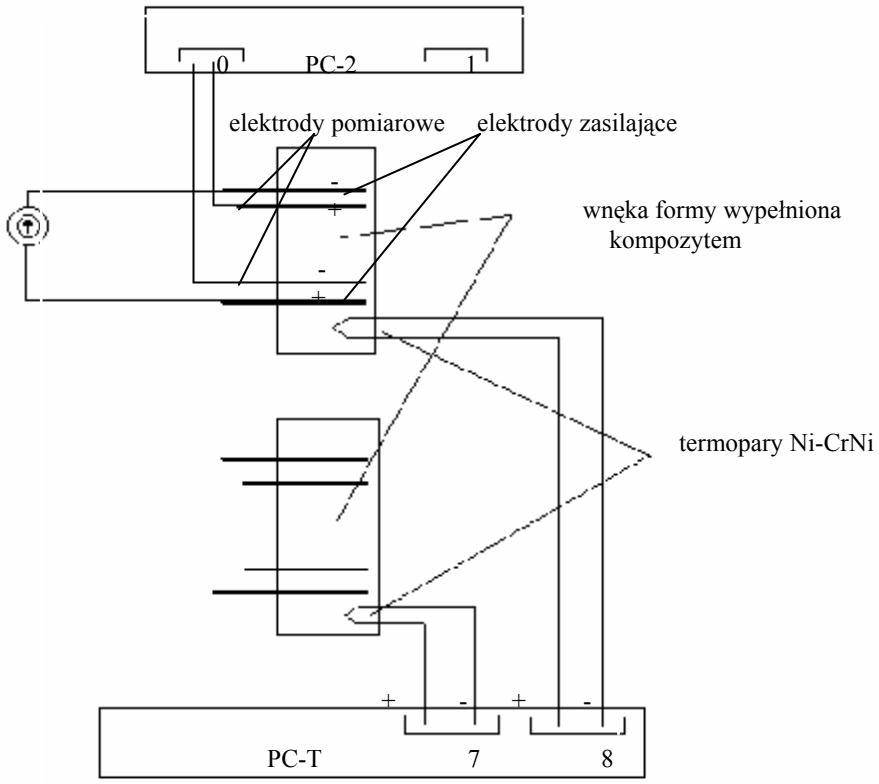
2. Stanowisko do badań

Schemat stanowiska przedstawia *rysunek 1*. Po zalaniu form ciekłym kompozytem rejestrowano na dwóch komputerach temperaturę, czas i rezystancję elektryczną wraz z pierwszymi pochodnymi tych wielkości względem czasu (metody ATD i ARD). Schemat połączenia pokazano na *rysunku 2* .



Rys. 1 Schemat pieca indukcyjnego zastosowanego do wytwarzania kompozytu.
gdzie:

1 – słupki pionowe(2 szt.), 2 – ramiona(2 szt.), 3 – tygiel, 4 – mieszadło, 5 – rynna spustowa, 6 – forma(2 szt.), 7 – podstawa stojaka, 8 – cewka indukcyjna pieca, 9 i 10– przewód wysokiego napięcia oraz doprowadzenie wody chłodzącej, 11 – zatyczka, 12 i – grzałki elektryczne



Rys.2 . Schemat połączenia stanowiska pomiarowego.

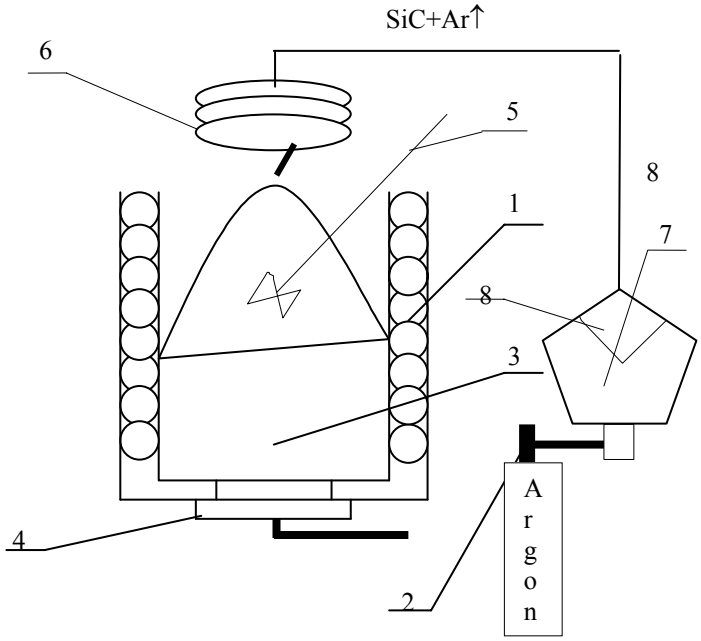
3. Preparacja komponentów

Jednym z czynników wpływających na prawidłowy przebieg tworzenia materiału kompozytowego jest odpowiednio dobra zwilżalność komponentów. Materiały użyte w badaniach jako cząstki zbrojące cechują się niekorzystną zwilżalnością. Elementem procesu wytwarzania, który ułatwia zwilżanie jest zastosowanie powierzchniowego aktywatora zjawisk powierzchniowych. Przygotowanie dyspersoidu (tj. SiO_2, Al_2O_3, SiC) obejmuje:

1. Przesiewanie na zestawie sit.
2. Mieszanie węglika krzemu, tlenku aluminium i krzemionki z roztworem substancji powierzchniowo czynnej w temperaturze 120 ^{0}C
3. Suszenie z prażeniem

4. Badania eksperymentalne.

Ciśnienie gazu nośnego przyjęto równe 0,2 [MPa], maksymalna temperatura ciekłego stopu w chwili wdmuchiwania cząstek zbrojących wynosiła 740 [^{o}C], temperatura cząstek zbrojących wynosiła 350 [^{o}C]. Piec w chwili wdmuchiwania cząstek SiC pozostawał wyłączany. Kompozyt mieszano za pomocą sprężonego powietrza przy jednoczesnym mechanicznym wspomaganiu za pomocą mieszadła *(Rysunek3)*



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego do wytwarzania kompozytów w stanie ciekłym:
gdzie:
1.-tygiel, 2-zawór gazu, 3-ciekła osnowa, 4-zatyczka, 5-mieszadło ramkowe, 6- lanca w kształcie spirali, 7-podajnik komorowy, 8-lej zasypowy.

Zaobserwowane efekty:

1. Cząstki zbrojące SiC przed kontaktem ze stopem, przemieszczają się za pomocą gazu nośnego. Ustalono prędkość strumienia dwufazowego w specjalnie

zaprojektowanej spirali z lancą. Uzyskano równomierne nagrzewanie argonu wraz z cząstkami zbrojącymi do temperatury ponad 350°C

2. Obserwacja metalograficzna kompozytu pod mikroskopem potwierdziła właściwą skuteczność przyjętej metody

Badania zasadnicze przeprowadzono na podstawie planu eksperymentu Hartley'a. Plan zakładał trzy czynniki zmienne:

- -przewodność cieplną wdmuchiwanego materiału,
  SiO_2 - λ= 1.6,
  Al_2O_3 - λ=3.7,
  SiC - λ= 16.5 [W/mK],
- -udział procentowy dodatku zbrojącego 1, 2, 3, [%],
- -temperaturę mieszania komponentów 680, 700, 720 [°C]

Na podstawie przeprowadzonych badań dobrano optymalne parametry pracy pieca i podajnika komorowego,

-natężenie prądu wzbudzania- I=2.4 [A],
-moc grzewcza cewki - P=30-40 [W],
-napięcie - V= 500 [V],
-częstotliwość- f= 800 [Hz],

Parametry przemieszczania strumienia dwufazowego (Ar+dyspersoid) lancą niezanurzoną:

- natężenie przepływu gazu (argonu) V_g= 0.000222 [kg/s],
- natężenie przepływu materiału $m._c$ = 0.05÷0,09 [kg/s],
- stężenie masowe materiału μ = 15÷31 [kg/kg],
- prędkość mieszaniny na wylocie w = 14÷29 [m/s],
- średnica wewnętrzna lancy d = 5 [mm],
- ciśnienie zasilania argonem P_1 = 0,3 [MPa],
- ciśnienie argonu w podajniku P_2 = 0.05 [MPa].

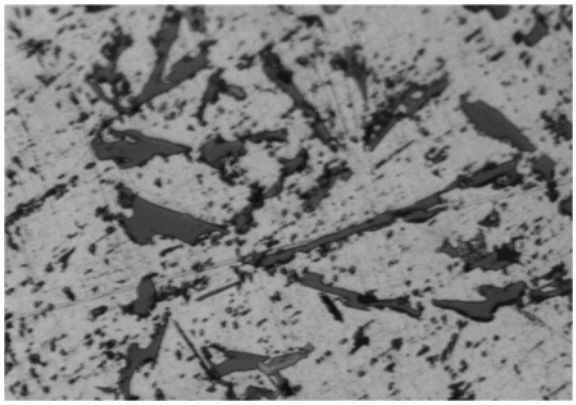
Pozostałe parametry przyjęte w dalszych badaniach:

- wielkość ziarna d_n= 117, 331, 96 [μm] dla cząstek - odpowiednio SiC, SiO_2, Al_2O_3 ,
- ilość i rodzaj substancji powierzchniowo czynnej 0.35‰ w stosunku do masy kompozytu; aktywator stanowiły związki boru i sodu.

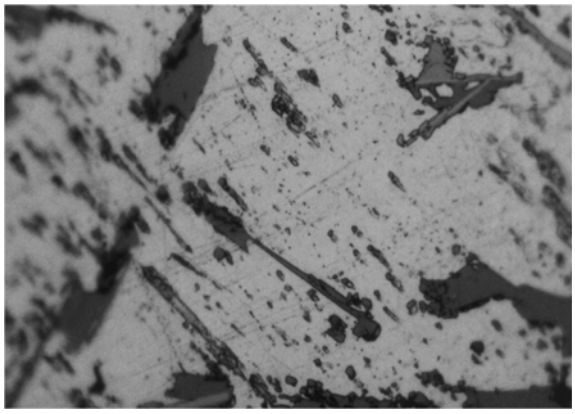
5. Analiza metalograficzna.

1) osnowę stanowił roztwór α krzemu w aluminium, z widocznymi kryształami krzemu pierwotnego,
2) w osnowie stwierdzono obecność SiC lub SiO_2 lub Al_2O_3,
3) widoczne jest poprawne zwilżanie cząstek,

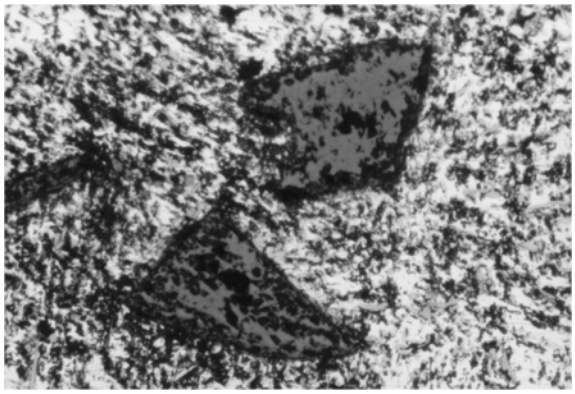
4) występuje rozdrobnienie pierwotnych ziaren krzemu - efekt zbliżony do modyfikacji, w pobliżu cząstek zbrojących,
5) widoczne nieciągłości wokół ziaren mogą świadczyć o niepełnym zwilżeniu, lub są spowodowane korozją na granicy kontaktu wywołaną czynnikiem trawiącym (*Rysunek 7 i 9),* lub też są wynikiem wykruszania ziaren zbrojenia na skutek szlifowania próbek lub szoku termicznego podczas tworzenia kompozytu w stanie ciekłym,



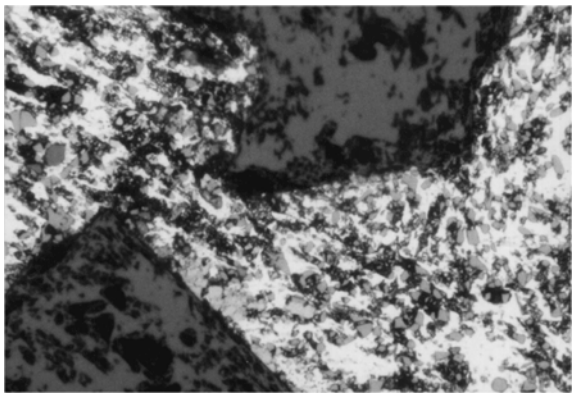
Rys. 4**.** Mikrografia przedstawiająca strukturę stopu AK11 bez dodatku zbrojącego (powiększenie 360 razy).



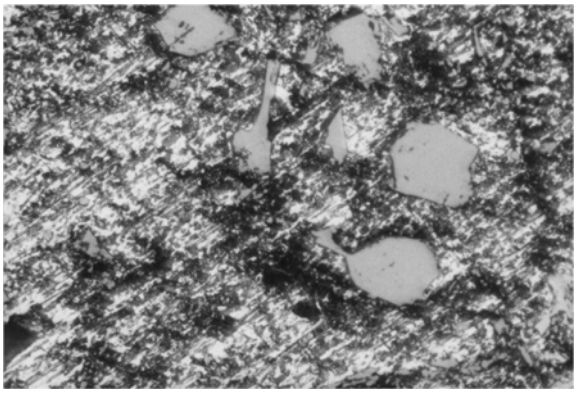
Rys. 5**.** Mikrografia przedstawiająca strukturę stopu bez dodatku zbrojącego (powiększenie 720 razy).



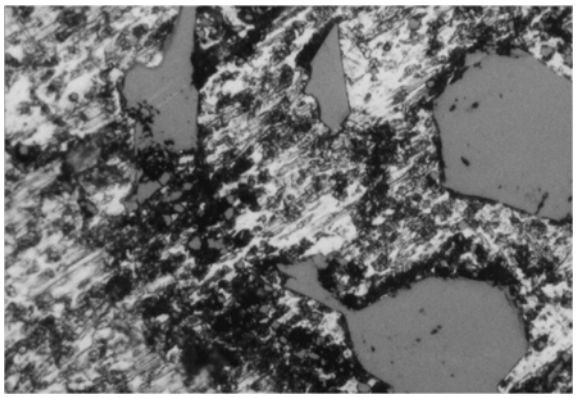
Rys. 6 . Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% SiC (powiększenie 360 razy).



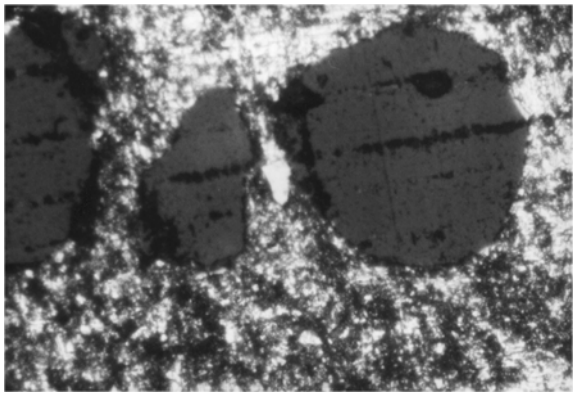
Rys 7. Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% SiC (powiększenie 720 razy).



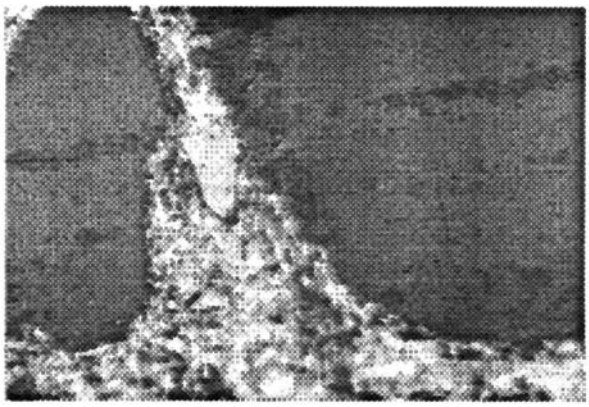
Rys. 8. Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% Al_2O_3 (powiększenie 360 razy).



Rys. 9**.** Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% Al_2O_3 (powiększenie 720 razy).



Rys. 10. Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% SiO_2, (powiększenie 360 razy).



Rys. 11. Mikrografia przedstawiająca strukturę kompozytu zawierającego 3% SiO_2, (powiększenie 720 razy).

6. Wnioski:

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono:

1) **Zastosowanie wygiętej lancy mające na celu podgrzanie wdmuchiwanych cząstek i gazu powoduje uzyskanie parametrów pracy urządzenia zapewniających właściwe warunki procesu wytwarzania kompozytu.**
2) **W badanym zakresie wyznaczono technologiczne czynniki wytwarzania kompozytu z użyciem wdmuchiwania komponentów zbrojących bezpośrednio z nad powierzchni lustra metalu osnowy.**
3) **Praktycznie zweryfikowano metodę wytwarzania kompozytu techniką wdmuchiwania dyspersoidu do ciekłej osnowy. Metodę należy polecić do stosowania szczególnie dla wielkogabarytowych odlewów kompozytowych.**

Literatura

1. Hu C., Xin H., Baker N.; *Laser processing of aluminium AA6061 alloy involving injection of SiC particulate. Journal of Materials Science,* 30,1995 s. 5985-5990.
2. Mohanty P.S., Samuel F.H., Gruzleski J.E.; *Studies on Addition of Inclusion to Molten Aluminium Using a Nowel Technique. Metalurgical and Materials Transactions B,*26B Feb. 1995 s. 103-109.
3. Hou Q., Mutharasan R., *Koczak M.; Formation of Aluminium Nitride-Aluminium Composites via Magnesium Nitride Displacement Reaction.The Minerals, Metals & Materials Society,* 1995 s. 45-55.
4. Park Ch. S., Kim M. H.; *Microstrukture and Mechanical Properties of Al-SiC$_p$ Metal Matrix Composites fabricated by Spray Forming Process. Conference: The Second Asian Foundry Congress, Kitakyushu,* 24-25 Oct. 1994 s255-265.
5. Gupta M., Mohamed F., Lavernia E.*; Microstructural evolution and mechanical properties of SiC/Al$_2$O$_3$ particulate- reinforced spray-deposited metal-matrix composites. Journal of Materials Science*, 28, 1993 s. 2245-2259.
6. Janerka K.*; Nawęglanie ciekłych stopów żelaza za pomocą urządzeń pneumatycznych. Praca doktorska, Gliwice 1995 r.*
7. Cholewa M., Gawroński J., Szajnar J., *Aluminium - SiC Ceramic Particles Composites. The Technology of Shape Composites Production, Procedings of the IV Confer. CADCOMP'94, 4-6.07.1994. Wessex Institute of Technology, University Portsmouth,* Southampton 1994, p.321-328
8. Cholewa M., Gawroński J., Szajnar J.*, Phenomena in transition zone between components of grafite-aluminum composite, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji*, vol. 15, nr 1, 1995, s. 24-32

Recenzował
Prof. dr hab. inż. Janusz Braszczyński
Prof. dr inż. Zbigniew Piątkiewicz