

**WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTU ZAWIESINOWEGO
AlSi11/CZĄSTKI 1H18N9T**K. GAWDZIŃSKA¹, J. GRABIAN², A. DOLATA-GROSZ³^{1,2} Akademia Morska w Szczecinie, Instytut Nauk Podstawowych Technicznych,
ul. Podgórna 51/53, 70-205 Szczecin³ Politechnika Śląska, Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

STRESZCZENIE

W niniejszej pracy przedstawiono badania strukturalne oraz wyniki badań wybranych właściwości materiału kompozytowego zawiesinowego (*ex situ*) wytworzonego metodą mechanicznego mieszania. Osnowę kompozytu stanowił stop aluminium AlSi11, zbrojenie występowało w postaci cząstek stalowych (stal kwasoodporna 1H18N9T). Przeprowadzono próby eksploatacji w symulowanych warunkach podwyższonej temperatury. Odlewy wygrzewano w temperaturze 550°C przez 6 godzin. Stwierdzono pojawienie się wady typu: obecność kruchych faz na granicy osnowa-zbrojenie. Kompozyty wygrzewane i nie wygrzewane poddano badaniu odporności na ścieranie i ściskanie w celu porównania ich właściwości.

Key words: metal matrix composites, castings, defects

1. WSTĘP

Technologie z udziałem fazy ciekłej są uprzywilejowaną pozycją wśród innych metod wytwarzania kompozytów zawdzięczają przede wszystkim wysokiej efektywności i ekonomiczności procesów. Stosując techniki odlewnicze można uzyskiwać strukturę kompozytową 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 dr inż., kasiag@am.szczecin.pl

² dr hab. inż., janus_g@op.pl

³ dr inż., Anna.Dolata-Grosz@polsl.pl

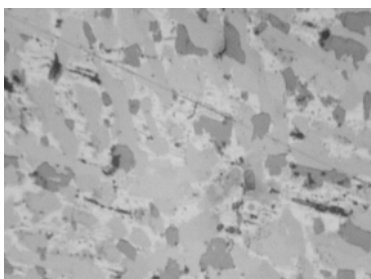
[8]. W procesach zawiesinowych, wprowadzanie i rozprowadzanie zbrojenia w postaci cząstek, zarówno biernych jak i aktywnych chemicznie, do ciekłej metalowej osnowy może przyjmować różne formy. Do metod najczęściej stosowanych należy mechaniczne mieszanie komponentów [2]. Jednym z pierwszych, wytwarzanych na skalę laboratoryjną i półprzemysłową kompozytów, były kompozyty na osnowie stopów Al ze zbrojeniem złożonym ze stalowych drutów ułożonych równolegle [3]. Autorzy podjęli próbę wytworzenia podobnego materiałowo kompozytu aluminiowo-stalowego, lecz typu zawiesinowego, zbrojonego cząstkami stali kwasoodpornej 1H18N9T. Kompozyt taki, po określeniu jego właściwości, mógłby być stosowany na części maszyn wymagające w procesie ich wytwarzania znacznego udziału obróbki skrawaniem. Części takie to korpusy, elementy silników spalinowych, elementy łożyskowe itp. W pracy przedstawiono wybrane podstawowe właściwości tego materiału.

2. BADANIA STRUKTURALNE KOMPOZYTU ZBROJONEGO CZĄSTKAMI STALOWYMI

Przedstawiony w pracy materiał kompozytowy wytworzono metodą mechanicznego mieszania. Jako materiał zbrojący zastosowano zbrojenie stalowe (stal kwasoodporna 1H18N9T) w postaci cząstek o maksymalnym wymiarze równym 15 μm natomiast osnowę był stop aluminiowo-krzemowy (AlSi11). Po wprowadzeniu cząstek zbrojących do kąpieli przelewano wytworzoną w ten sposób zawiesinę do formy grafitowej cylindrycznej o średnicy 60 mm uzyskując odlewy kompozytowe o masie ok. 0,8 kg. Próbki wycięte z dolnej, środkowej oraz górnej części odlewu wykazały podczas obserwacji równomierne rozłożenie cząstek zbrojących w objętości odlewu.

W badaniach przedstawionych w niniejszym artykule do obserwacji struktur użyto mikroskopu świetlnego Neophot 2.

Przykładową budowę wytworzonego materiału kompozytowego przedstawiono na rysunku 1.



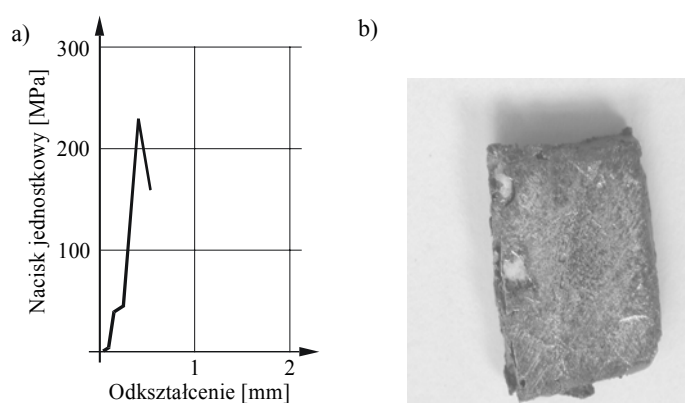
Rys. 1. Mikrostruktura kompozytu o osnowie ze stopu AlSi11 i zbrojeniu ze stali kwasoodpornej (1H18N9T), pow. $\times 220$, mikroskopia świetlna.

Fig. 1. Microstructure of composite based on AlSi11 matrix and reinforcement made of acid resistant steel (1H18N9T), area $\times 220$, light microscopy.

3. BADANIE WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTU

3.1. Badanie odporności na ściskanie

W pracy przeprowadzono badanie wytrzymałości na ściskanie według PN-57/H-04320. Do badań wykorzystano maszynę wytrzymałościową typ UMM. Próbki miały kształt walca o średnicy 15 mm i wysokości 22,5 mm. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 2.

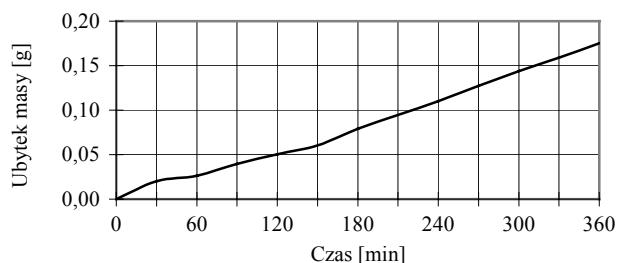


Rys. 2. Proces niszczenia próbki kompozytu: a) wykres ściskania, b) widok próbki po próbie ściskania [3].

Fig. 2. Destroying composite sample: a) pressure curve, b) sample after pressure test.

3.2. Badanie odporność na ścieranie

Badania odporność na ścieranie wytworzonego kompozytu aluminiowo-stalowego przeprowadzono na specjalnym stanowisku tribologicznym pozwalającym na realizację ruchu posuwisto-zwrotnego badanej próbki względem przeciwpróbki wykonanej z ferrytyczno-perlitycznego żeliwa szarego maszynowego. Próbki miały kształt prostopadłościanów o wymiarach $10 \times 10 \times 5$ mm, natomiast wymiary przecipróbki to $90 \times 19 \times 3$ mm. Urządzenie umożliwia zmianę nacisku próbki, skoku i amplitudy ruchu posuwisto-zwrotnego. Próbę przeprowadzono w warunkach tarcia suchego dla następujących parametrów ruchu: amplituda 60 mm, częstotliwość 180 Hz, obciążenie próbki (nacisk jednostkowy) 0,15 MPa. Zużycie próbki określano metodą wagową rejestrując sumarycznie ubytek masy. Pomiary wagowe przeprowadzano co 180 s, całkowity czas badania 21 600 s. Na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań.



Rys. 3. Sumy ubytków masy badanych materiałów.

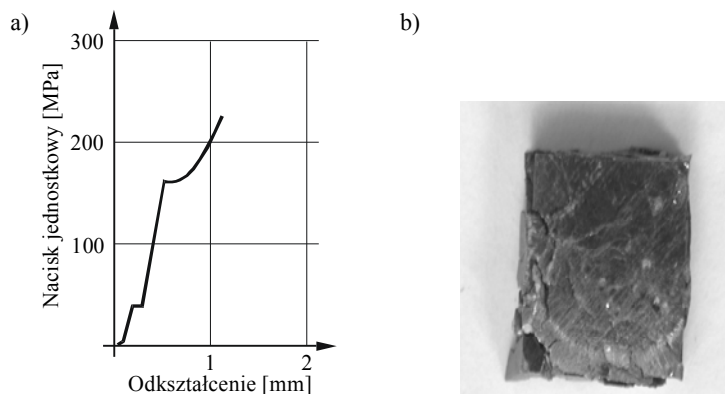
Fig. 3. Total loss of mass in materials tested.

4. SYMULACJA EKSPLOATACJI KOMPOZYTU W PODWYŻSZONEJ TEMPERATURZE

Przeprowadzono symulację eksploatacji badanego kompozytu w podwyższonej temperaturze. Przyjęto temperaturę wygrzewania 550°C w czasie 6 godzin. Przeprowadzono powtórnie badanie wybranych właściwości tj. odporności na ściskanie oraz odporności na ścieranie.

4.1. Badanie odporności na ściskanie

Badanie odporności na ściskanie kompozytu zawiesinowego AlSi11/1H18N9T wygrzewanego w temperaturze 550°C w czasie 6 godzin przeprowadzono według zasad przedstawionych w punkcie 3.1. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 4.



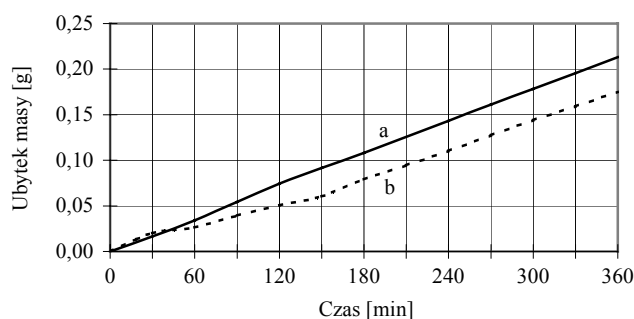
Rys. 4. Proces niszczenia próbki kompozytu wygrzewanego w temperaturze 550°C przez 6 godzin: a) wykres ściskania, b) widok próbki po próbie ściskania.

Fig. 4. Destroying a composite sample treated at 550°C for 6 hours: a) pressure curve, b) sample after pressure test.

Wyrzewanie kompozytu spowodowało spadek wytrzymałości na ściskanie (próbka bez wygrzewania – 238 MPa; próbka po wygrzewaniu – 158 MPa).

4.2. Badania odporność na ścieranie

Badanie odporności na ścieranie kompozytu zawiesinowego AlSi11/1H18N9T wygrzewanego w temperaturze 550°C w czasie 6 godzin przeprowadzono według zasad opisanych w punkcie 3.2. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 5, linią przerywaną zaznaczono przebieg zmian ubytków wagowych kompozytu nie poddanego procesowi wygrzewania (opisanego w pkt. 3.2).



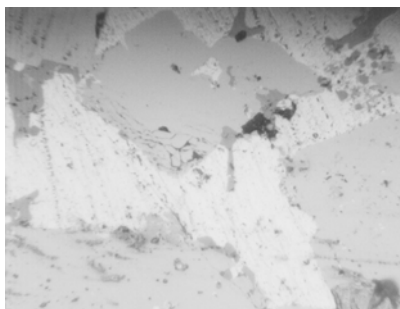
Rys. 5. Sumy ubytków masy badanych kompozytów: a) wygrzewanego w temperaturze 550°C (czas 6 godzin), b) nie wygrzewanego.

Fig. 5. Loss of mass in composite tested: a) after treatment at 550°C (6 hours), b) no treatment.

5. BADANIE MIKROSTRUKTURY KOMPOZYTU WYGRZANEGO W TEMPERATURZE 550°C

Spadek wartości badanych właściwości kompozytu wygrzewanego w odniesieniu do kompozytu nie poddanego temu zabiegowi, sugeruje wystąpienie zmian w budowie wewnętrznej tego materiału.

Analizując, za pomocą mikroskopu świetlnego struktury kompozytów, stwierdzono w kompozytach poddanych wygrzewaniu występowanie najprawdopodobniej kruchych faz na granicy osnowa – zbrojenie (rys. 6), jednak spostrzeżenie to należało potwierdzić wykorzystując bardziej dokładne metody badawcze np. mikroskopię elektronową. Do badań użyto mikroskopu elektronowego skaningowego firmy Philips XL30 (LaB6) ze współpracującym analizatorem rentgenowskim DX4-EDX.

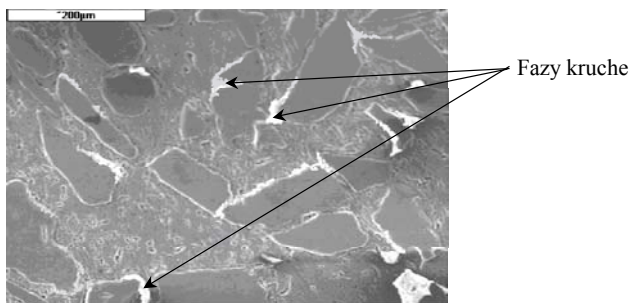


Rys. 6. Mikrostruktura kompozytów o osnowie ze stopu AlSi11 i zbrojeniu ze stali kwasoodpornej (1H18N9T), pow. $\times 800$, kompozyt po wygrzewaniu w temp. 550°C przez 6 godzin, mikroskopia świetlna.

Fig. 6. Microstructure of composite with AlSi11 matrix and reinforcement made of acid resistant steel (1H18N9T), area $\times 800$, composite after treatment at 550°C for 6 hours, light microscopy.

Badania strukturalne przeprowadzone za pomocą mikroskopu elektronowego skaningowego wraz z mikroanalizą rentgenowską, potwierdziły (rys. 7) występowanie faz kruchych na granicy osnowa AlSi11 zbrojenie: stal kwasoodporna w kompozytach wygrzewanych.

Skład chemiczny fazy tworzącej się na granicy osnowy i elementów zbrojących przedstawiony jest w tabeli 1.



Rys. 7. Krucha faza na granicy stalowego zbrojenia i osnowy aluminiowej (mikroskopia elektronowa).

Fig. 7. Brittle phase at the border between steel reinforcement and aluminum matrix.

Tabela 1. Skład chemiczny wydzielen na granicy fazy zbrojącej i osnowy

Table 1. Chemical composition at boundary between reinforcement and matrix

Pierwiastek	Al	Si	Fe	Ni	Cr
%	52,8	5,5	19,8	3,6	18,2

6. PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule przedstawiono, jaki wpływ wywiera sześciogodzinne wygrzewanie w temperaturze 550°C na strukturę i właściwości kompozytu AlSi11/1H18N9T. Stwierdzono, że wytworzone odlewy kompozytowe poddane wygrzewaniu „tracą spójność” w strefie połączenia osnowy ze zbrojeniem. Z analizy chemicznej wynika, że w badanym materiale kompozytowym wygrzewanym zachodzi reakcja pomiędzy fazą zbrojącą i osnową. Na granicy komponentów powstaje strefa krucha będąca wadą materiału. Zjawisko to potwierdzają prace [1, 3 – 7]. Przedstawiona wada może przyczynić się do pogorszenia właściwości wytrzymałościowych badanych materiałów, a także ich właściwości eksploatacyjnych. Badania odporności na ścieranie i ściskanie jednoznacznie udowadniają, że następuje spadek właściwości odlewów kompozytowych poddanych wygrzewaniu. W przypadku badania odporności na ściskanie wystąpił spadek wytrzymałości o 34%, a odporność na ścieranie spadła o ok. 25%. Można przyjąć, że efekt długotrwałego wygrzewania kompozytu związany ze zmianami budowy strukturalnej może być określony drogą badania wytrzymałości na ściskanie, a także drogą badania wybranej cechy eksploatacyjnej np. odporności na ścieranie.

Jak z powyższego wynika wstępne badania dotyczące reakcji materiału kompozytowego AlSi11/1H18N9T na wygrzewanie w stosunkowo wysokiej temperaturze (550°C) wykazały, że występują niekorzystne zmiany w jego budowie. Celem kolejnych badań będzie określenie granicznej temperatury i czasu eksploatacji nowego tworzywa, po przekroczeniu których w kompozycie wystąpią zmiany istotnie obniżające parametry wytrzymałościowe i eksploatacyjne.

LITERATURA

- [1] Gawdzińska K., *Analiza i klasyfikacja wad struktury odlewów z metalowych kompozytów nasyconych*. Rozprawa doktorska, Szczecin 2002 (niepublikowana).
- [2] Dolata-Grosz A., Śleziona J., *Identyfikacja porowatości w kompozytach typu stop Al – cząstki ceramiczne wytwarzanych metodą odlewania odśrodkowego*. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, Komisja Budowy Maszyn PAN, Oddział w Poznaniu, Poznań 2004.
- [3] Krzysik C., *Badanie wybranych właściwości metalowych materiałów kompozytowych*. Praca magisterska, Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin 2006.
- [4] Olszówka-Myalska A., *Rola węgliku tytanu i azotku tytanu jako międzywarstw w kompozycie włókno węglowe – stop aluminium*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Katowice 1988 (praca doktorska).
- [5] Olszówka-Myalska A., *Węglik aluminium jako destrukcyjny element struktury powierzchni rozdziału w kompozytach z osnową aluminiową*, Kompozyty '98, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.

- [6] Olszówka-Myalska A., *Wybrane mechanizmy degradacji struktury połączenia w kompozytach z osnową aluminiową zbrojonych cząstkami ceramicznymi*, Kompozyty 2000, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2000.
- [7] Olszówka-Myalska A., Śleziona J., Formanek B., Myalski J., *Wpływ modyfikacji powierzchniowej cząstek na strukturę kompozytów odlewanych AlMg4-(Al-Al₂O₃)* Nowe Technologie w Inżynierii Powierzchniowej, III Ogólnopolska konferencja naukowa, Łódź, 2000.
- [8] Śleziona J., *Podstawy technologii kompozytów*, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.

SELECTED USABLE PROPERTIES OF AISi11/1H18N9T SUSPENSION COMPOSITE

SUMMARY

The paper presents structural research and findings of tests on usable properties of suspension composite produced by mechanical mixing. The matrix of the composite is made of AlSi11 aluminium alloy and reinforcement of steel particles (1H18N9T acid resistant steel). The composite is subjected to simulation of use in high temperature. Casts undergo thermal treatment at 550°C for 6 hours. A defect has been discovered, namely presence of brittle phases at the boundary between matrix and reinforcement. Composites treated and not treated are tested regarding resistance to abrasion and pressure to compare their properties.

Recenzował Prof. Jerzy Kubicki