



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - COMMITTEE OF MATERIALS SCIENCE  
SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE  
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS  
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference  
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

## ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

### Eksperymenty z kompozytem aluminium -ceramika

P. T. Zagierski

Center for Materials Science, University of Oslo, Gaustadallen 21, N-0349 Oslo, Norway

W pracy przedstawiono wyniki badań struktury nowych stopów aluminium zbrojonych cząsteczkami  $Al_2O_3$  o różnej wielkości oraz włóknami węglowymi [1]. W szczególności badano rozmieszczenie cząsteczek zbrojenia w osnowie aluminiowej, powstałe w wyniku procesu produkcyjnego wybranych elementów konstrukcyjnych. W celu otrzymania badanych materiałów zastosowano cztery metody odlewania: odlewanie piaskowe, ciśnieniowe, odśrodkowe, oraz odlewanie wyciskane (squeeze-casting).

Stawiamy ciągle wyższe wymagania materiałom. Dużo cennych wynalazków nie możemy zrealizować, ponieważ dotychczas znane materiały nie mają wymaganych własności mechanicznych. Pomimo tego, że nowe techniki obróbki cieplnej i plastycznej polepszają wytrzymałość znanych nam obecnie materiałów, to równolegle prowadzone są prace nad rozwojem nowej grupy materiałów zwanych kompozytami.

Naturalnym kompozytem jest drewno, gdzie molekuly celulozy tworzą włókna. W zależności od ich ułożenia i stopnia powiązania dysponujemy bardziej lub mniej elastycznym materiałem. Kruchy beton zbrojony stalą czy szkło zbrojone drutem są znanymi sztucznie wytwarzanymi kompozytami. W latach 60-tych nastąpił szybki rozwój materiałów kompozytowych, badania prowadzono przede wszystkim w USA szczególnie dla potrzeb programu badań kosmicznych. Wówczas były to prace tajne, lecz próbné rakiety z tych materiałów nie zawsze lądowały tam gdzie sobie tego życzyli. Materiał stopniowo przestał więc być tajemnicą.

Łączenie ze sobą tak różnych fizycznie komponentów daje możliwość wytwarzania materiałów o określonych własnościach. Niestety technologie produkcji do dzisiaj są w wielu wypadkach nie publikowane. Nowoczesne materiały kompozytowe znajdują zastosowanie w przemyśle lotniczym, używane są do budowy rakiet oraz pojazdów kosmicznych a także w coraz to większym stopniu w przemyśle samochodowym [2,3].

## 2. MATERIAŁ I METODYKA BADAN

Do badań wykorzystano stop aluminiowy wzmocniony (zbrojony) tlenkiem aluminium ( $Al_2O_3$ ). Zastosowano cząsteczki  $Al_2O_3$  o wielkości 5, 10, 20, 30, 50 i 100 nm. Stężenie objętościowe zbrojenia w osnowie aluminiowej wynosiło 10-30 %

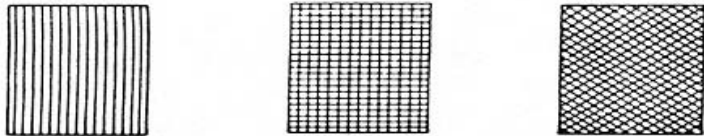
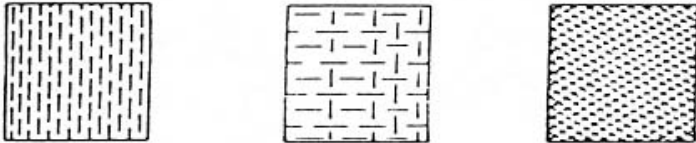
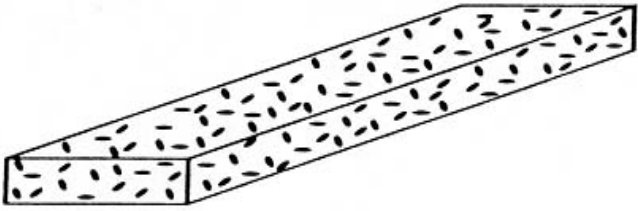
W pracy zastosowano następujące metody odlewania: odlew piaskowy, odlew wyciskany (squeeze casting), odlew odśrodkowy oraz odlew ciśnieniowy.

Badania realizowane w przedstawionym projekcie rozszerzono także na inne grupy materiałów ceramicznych zmieniając rodzaj osnowy oraz stosując inny typ zbrojenia ze względu na materiał [Tablica 1] oraz kształt [Tablica 2].

Tablica 1  
Komponenty zastosowane w produkcji kompozytów

Typ zbrojenia	Forma zbrojenia	Osnowa metaliczna
Alumina	Włókna ciągłe Włókna nieciągłe	Al, Mg
Węgliki krzemu	Włókna ciągłe Włókna o strukturze igłowej Drobne cząsteczki	Al, Mg, Ti, Cu
Bor	Włókna ciągłe	Al, Ti
Węglík boru	Drobne cząsteczki	Al, Mg, Cu
Grafit	Włókna ciągłe	Al, Mg, Cu
Węglík tytanu	Drobne cząsteczki	Ti, Cu
Niob-Tytan	Cienkie druty	Cu
Wolfram	Cienkie druty	Superstop

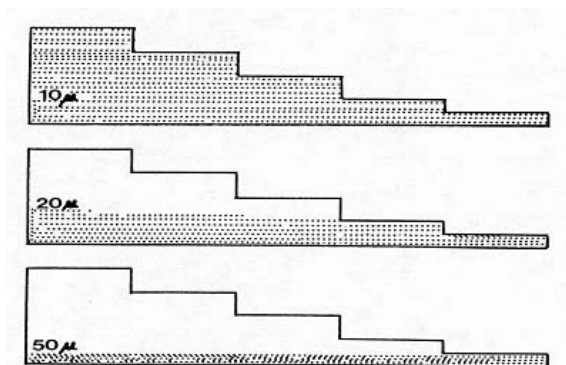
Tablica 2 Podstawowe struktury zbrojenia (5 typów wypełniacza)

Włókna ciągłe (continuous)	
Włókna nieciągłe (discontinuous)	
Włókna o strukturze igłowej (whiskers), [4]	 <b>Whiskers and chopped fibers</b>

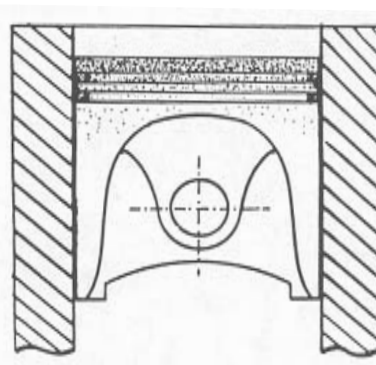
### 3. WYNIKI BADAN I ICH DYSKUSJA

W odlewach piaskowych [rysunek 2] masa roztopionego metalu jest wymieszana z włóknem lub cząsteczkami  $Al_2O_3$  (SiC). Zbrojenie jest nieco cięższe niż roztopione aluminium. Duże cząsteczki  $50\ \mu m$  opadają na dno odlewu, tak więc jest tam duże stężenie zbrojenia. Na cienkich przekrojach odlewu, które stygną szybko jest bardziej równy rozkład zbrojenia. Ten fenomen można wykorzystać tak, aby rozkład zbrojenia był zgodny z zamierzonym rezultatem.

Odlewy wyciskane (squeeze-casting) [Rysunek 3] charakteryzują się tym że, roztopiony metal jest wciskany pod dużym ciśnieniem do formy z cząsteczkami  $Al_2O_3$ , w zależności od ciśnienia roztopiony metal infiltrowuje cząsteczki  $Al_2O_3$  i rozprowadza je według potrzeb. Odlewy robiono przy ciśnieniu do 100 MPa. Tak wykonany kompozyt stosowany jest do produkcji tłoków w firmie Toyota. Wada tej metody jest konieczność stosowania kosztownych pras.



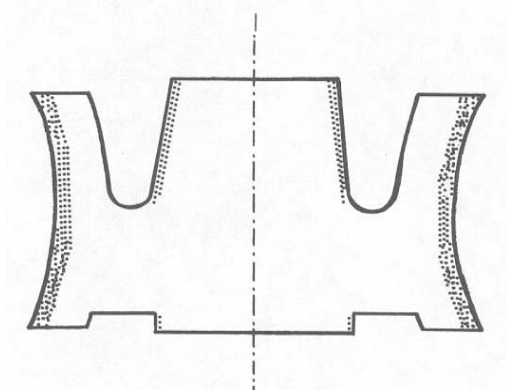
Rysunek 2. Rozkład zbrojenia w odlewie piaskowym



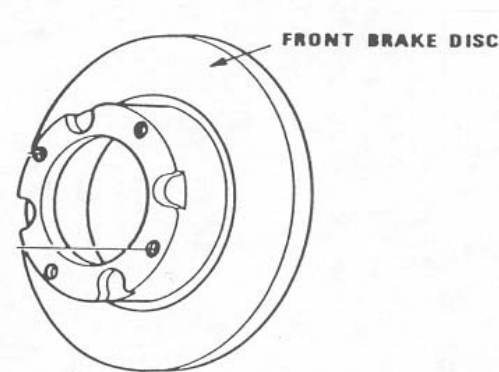
Rysunek 3. Rozkład zbrojenia w odlewie wyciskanym (squeeze-casting)

W odlewach odśrodkowych [Rysunek 4] cząsteczki zbrojenia (włókna) koncentrują się najdalej środka obrotu. Tym sposobem produkowane są różnego rodzaju rolki narażone na zewnętrzne ścieranie np. kabestany na łodziach lub rolki taśmociągów.

W odlewach ciśnieniowych metal krzepnie szybko. Cząsteczki rozłożone są równomiernie na całym przekroju [Rysunek 5]. Kompozyt ten wykazuje dużą odporność na ścieranie. Podczas próby ścieralności wykazuje większe tarcie niż szare żeliwo. Jest stosowany na tarczach hamulcowe.



Rysunek 4. Rozkład zbrojenia w odlewie odśrodkowym



Rysunek 5. Rozkład zbrojenia w odlewie ciśnieniowym

### 3. PODSUMOWANIE

Decydujący wpływ na własności mechaniczne kompozytu wywierają takie czynniki jak:

- własności wypełniacza i geometryczny porządek ułożenia
- objętościowy procent wypełniacza w metalu
- własności metalu włączając w to ujemny wpływ porowatości
- kontakt wypełniacza z metalem i stopień ich połączenia
- własności granicznej powierzchni, wypełniacz-metal
- ewentualne degradowanie własności wypełniacza przez utlenienie lub reakcje z metalem
- reszta naprężeń z mechanizmów termicznych

Do zalet nowoczesnych materiałów kompozytowych należą

- wyższa wytrzymałość
- większa sztywność
- większa wytrzymałość zmęczeniowa
- lepsze własności w podwyższonych temperaturach
  - a) wyższa wytrzymałość i sztywność
  - b) mniejsza szybkość pęczania
- mniejsza rozszerzalność cieplna
- mniejsza ścieralność

Do zasadniczych wad występujących w procesie wytwarzania oraz praktycznego zastosowania materiałów kompozytowych zaliczyć można

- wyższy koszt produkcji (szczególnie dla kompozytów z długim włóknem) w porównaniu z materiałami konwencjonalnymi takimi jak stopy metali, ceramika.
- skomplikowane metody produkcji
- niewiedza o nowym materiale powodująca problemy w jego wytwarzaniu oraz wykorzystaniu
- za mało danych na temat nowych materiałów i zupełna ich nieznanomość w serwisie

Faktem jest, że cząsteczki zbrojenia  $Al_2O_3$  a także włókna są cięższe od osnowy aluminiowej lub magnezowej. Wiadomo, że duże cząsteczki powodowane siłą ciężenia szybko opadają na spód odlewu. Problemem jest więc otrzymywanie odlewu o homogenicznym rozmieszczeniu cząsteczek w obrębie całego przekroju.

Trudności występują także podczas procesu powtórnego wykorzystania kompozytu – jego recyklingu, który może być związany z powtórnym przetopieniem kompozytu lub z jego następną obróbką plastyczną. Występuje tutaj problem obecności twardych cząstek zbrojenia w osnowie. Pytaniem jest, jak pozbyć się tych twardych cząsteczek z aluminium czy magnezu. Rozwiązania wymaga także problem obróbka skrawaniem (np. toczenie i przecinanie), gdzie występuje nadmierne zużycie stosowanych obecnie narzędzi skrawających.

### LITERATURA

1. Ragnar Holte and Kolstein Asbøll, Carbon Fibre Reinforced Aluminium – Manufacturing and Properties
2. L.F.Allard, S.P.Rawal and M.S.Misra, Charakterization of Interfaces in Metal Matrix Composites, Journal of Metals October 1986
3. R.J.Arsenault, Interfaces In Metal Matrix Composites, Scripta Metallurgica 1984
4. T.Christman and S.Suresh, Microstructural Development in an Aluminium Alloy-SiC Whisker Composite, Acta Metall. 1988