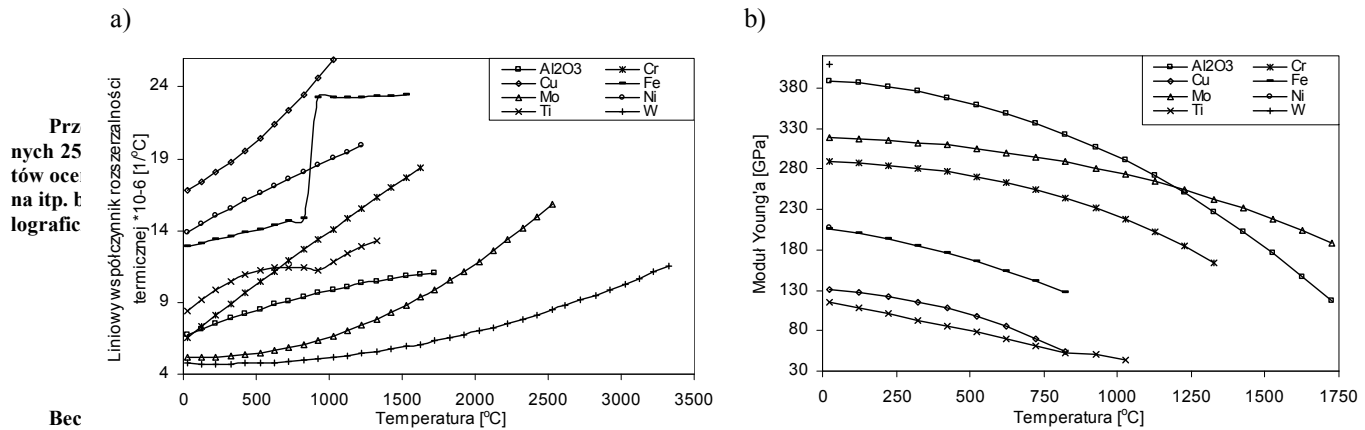


Marek Barlak¹

Politechnika Warszawska, Instytut Technologii Materiałowej, ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa

Mirosław Kozłowski²

Instytut Technologii Próźniowej, ul. Długa 44/50, 00-241 Warszawa



Bec
the imm
the tem
of mini
pansion
change
molybd

Rys. 1. Zmiana wartości liniowego współczynnika rozszerzalności termicznej (a) i modułu Younga (b) wybranych metali i ceramiki typu Al_2O_3 w funkcji temperatury

Fig. 1. The temperature change of coefficient of thermal expansion (a) and elastic modulus (b) of selected metals and Al_2O_3 ceramic

TABLICA 1. Wybrane wyniki badań i obserwacji kompozytów Al_2O_3 -Mo

TABLE 1. The selected results of the investigations of Al_2O_3 -Mo composites

	25% Al_2O_3 -75%Mo	50% Al_2O_3 -50%Mo	75% Al_2O_3 -25%Mo
Wytrzymałość na ścinanie, MPa	31	28	20
Fraktografia przełomów			
Twardość, HB	91	80	83
Teoretyczna gęstość kompozytu, g/cm^3	8,66	7,09	5,53
Rzeczywista gęstość kompozytu, g/cm^3	6,29	5,13	4,14
Porowatość, %	27,30	27,71	25,17
Moduł Younga, GPa	100,0	103,6	60,7
Moduł Kirchhoffa, GPa	37,88	44,66	22,48
Moduł Helmholtza, GPa	92,59	50,78	67,44
Stała Poissona	0,32	0,16	0,35
Prędkość fali podłużnej, m/s	4800	4640	4870
Prędkość fali poprzecznej, m/s	2450	2950	2330

WPROWAD

Z powodu i chemicznych wanie naprężenie bardzo trudne i brak je ka-metal. Z istnieje potrze

Jednym z własnych [1] micznych i współczynnik modułu Young

¹ mgr inż., ² dr inż

z ceramiką typu Al_2O_3 wykorzystywana jest m.in. w procesach metalizacji proszkowej.

PRACE WŁASNE

Wykonano trzy rodzaje materiału kompozytowego Al_2O_3 -Mo o składach chemicznych: 25% Al_2O_3 -75%Mo, 50% Al_2O_3 -50%Mo i 75% Al_2O_3 -25%Mo (udziały objętościowe). Kompozyty te wytwarzane były w procesach spiekania swobodnego mieszanin proszków Al_2O_3 (o wielkości ziaren ok. 20 μm) i Mo (ok. 1 μm) w grafitowych szablonych, w temperaturze 1400°C, w czasie 30 min, przy nacisku 25,5 MPa, w próżni $1,33 \cdot 10^{-3}$ Pa. Nie stosowano wstępnego zagęszczania mieszanin proszków.

Otrzymane kompozyty poddano badaniom i obserwacjom, których wyniki przedstawiono w tabelicy 1.

Właściwości mechaniczne kompozytów oceniono na podstawie wyników testów ścinania uzyskanych próbek oraz pomiarów ich twardości.

Powierzchnie przełomów obserwowano za pomocą mikroskopów: stereoskopowego (pow. 12,5x) i skaningowego (pow. 3000x).

Porównanie teoretycznej gęstości kompozytów, obliczonej z zależności

$$d_{teoret.} = d_{\text{Al}_2\text{O}_3} V_{\text{Al}_2\text{O}_3} + d_{\text{Mo}} V_{\text{Mo}}$$

gdzie: d , V - odpowiednio gęstość i objętość ceramiki Al_2O_3 i molibdenu, oraz porównanie jej z gęstością rzeczywistą pozwoliło na wyznaczenie porowatości materiałów

$$p = \frac{d_{teoret.} - d_{rz.}}{d_{teoret.}} \cdot 100\%$$



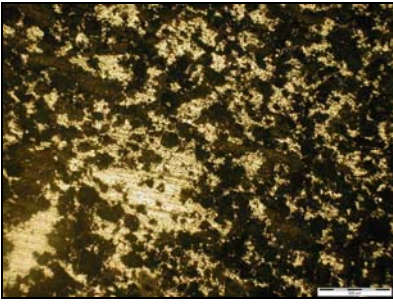
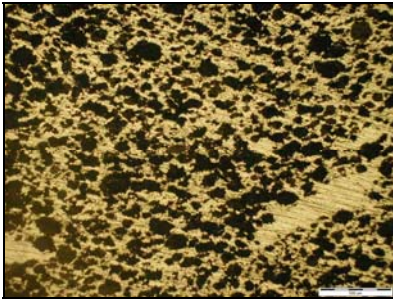
Wyznaczenia wartości dynamicznego modułu sprężystości wzdłużnej Younga, stałej Poissona, prędkości fali podłużnej i prędkości fali poprzecznej dokonano, stosując ultradźwiękową metodę echa. Wykorzystując powyższe dane, wyliczono wartości modułu sprężystości poprzecznej Kirchhoffa i modułu sprężystości objętościowej Helmholtza.

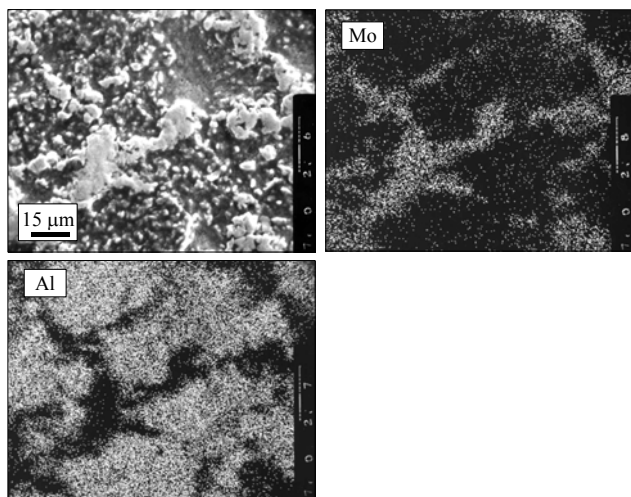
Uzyskane rezultaty badań są ściśle związane ze strukturą kompozytów z uwzględnieniem wszystkich jej elementów, jak np. niejednorodność, porowatość. Badania makroskopowe i mikroskopowe (tabl. 2) przekrojów poprzecznych (prostopadłych do kierunku siły ściskającej działającej w procesie spiekania) i podłużnych (równoległych do działającej siły) wykazały istnienie pewnej niejednorodności struktury wytworzonych kompozytów. Molibden, mający tendencję do tworzenia większych konglomeratów, utworzył lokalnie większe dyskopodobne skupiska.

Zjawisko niejednorodności jest widoczne również przy większych powiększeniach. Badania strukturalne kompozytów Al_2O_3 -Mo metodą mikroskopii elektronicznej skaningowej potwierdziły tendencję molibdenu do tworzenia aglomeratów dochodzących do kilkudziesięciu mikrometrów oraz wykazały występowanie Al_2O_3 w postaci bardzo licznych i drobnych krystalitów widocznych jako obszary o dużej chropowatości (rys. 2).

Na powierzchni spieku można zaobserwować również niewielkie płaskie fragmenty o znacznie mniejszej chropowatości widoczne w górnym fragmencie rysunku 2. W pierwszym przybliżeniu ich wygląd, różniący się od pozostałych fragmentów powierzchni spieku, może sugerować, iż są to miejsca występowania nowej fazy powstałej w wyniku reakcji składników kompozytu.

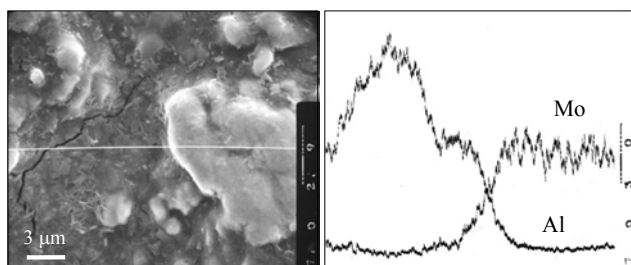
TABLICA 2. Makrostruktura i mikrostruktura materiałów kompozytowych Al_2O_3 -Mo
TABLE 2. The macrostructure and the microstructure of Al_2O_3 -Mo composites

	Przekrój poprzeczny	Przekrój podłużny
Makrostruktura materiału kompozytowego 25% Al_2O_3 -75%Mo		
Mikrostruktura materiału kompozytowego 50% Al_2O_3 -50%Mo		



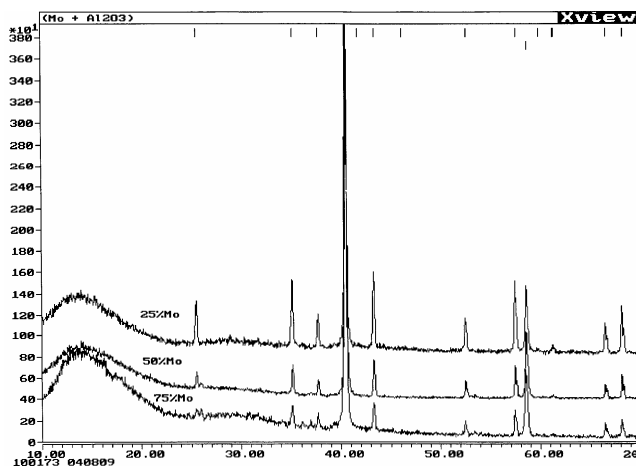
Rys. 2. Morfologia powierzchni kompozytu $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ oraz rozkłady powierzchniowe Mo i Al

Fig. 2. The surface morphology of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ composite and the surface distributions of Mo and Al



Rys. 3. Zmiana stężenia Mo i Al wzdłuż zaznaczonej linii analizy

Fig. 3. The concentration of Mo and Al along analysis line



Rys. 4. Wyniki analizy rentgenostrukturalnej dla materiałów kompozytowych $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$

Fig. 4. The results of X-ray diffraction analysis of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ composite materials

Pomimo tego, że liniowa analiza rozkładu molibdenu i aluminium w analizowanym obszarze (rys. 3) oraz analiza rentgenostrukturalna faz występujących w kompozytach (rys. 4) świadczą raczej o dyfuzyjnym charakterze złącza, jednoznaczne określenie charakteru granicy jest bardzo trudne ze względu na to, że w badanych materiałach trudno jest znaleźć obszar Al_2O_3 bez bardzo

drobnych ziaren Mo, często niewidocznych na obrazie mikroskopowym. Dodatkowo, różnica w ich twardości powoduje istnienie na badanej powierzchni wyraźnej chropowatości, co w połączeniu z występującą porowatością spieków utrudnia prawidłową interpretację otrzymanych wyników.

Pomimo zbliżonych właściwości ceramiki Al_2O_3 i molibdenu w kompozytach $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ powstają również stosunkowo wysokie naprężenia własne, mogące powodować występowanie mikropęknięć (rys. 3).

PODSUMOWANIE

Osiągnięte wyniki wstępnych prac nad swobodnym spiekaniem kompozytów $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ nie są zadowalające i prowadzone badania wymagają kontynuacji, jednak już na podstawie przeprowadzonych prac można wnioskować, że:

- podwyższenie temperatury spiekania,
- wprowadzenie wstępnego zagęszczenia,
- zwiększenie stopnia homogenizacji wyjściowej mieszaniny proszków

powinno doprowadzić do uzyskania spieczonego materiału o wysokich właściwościach wytrzymałościowych, a ze strony strukturalnej - charakteryzującego się spójną i jednorodną strukturą.

Wydaje się, że jeśli w otrzymanych dotychczas próbkach (przy stosunkowo wysokim stopniu porowatości) ich wytrzymałość na ścinanie, twardość i odporność na ścieranie są wysokie, to uwzględnienie przedstawionych powyżej zmian w procesie otrzymywania kompozytów powinno doprowadzić do otrzymania dobrego materiału konstrukcyjnego.

LITERATURA

- [1] Barlak M., Konstrukcyjne i technologiczne metody minimalizacji naprężeń własnych w złączach ceramika-metal, Program Priorytetowy Nowe Technologie, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Z. 3, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- [2] Włosiński W., Podstawy technologii spajania materiałów zaawansowanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [3] Włosiński W., $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}$ and $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$ composite technology and properties, Sintered Metal-Ceramic Composites, Materials Science Monographs 25, ed. G.S. Upadhyaya, Amsterdam 1984.
- [4] Matysiak H., Konopka K., Kuźniak M., Olszyna A., Wybrane właściwości mechaniczne kompozytów ziarnistych $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Mo}$, Kompozyty (Composites) 2001, 1, 2, 215-218.

Recenzent
Jan Leżański

