

**mgr inż. Paulina Piotrkwicz**

**Wydział Inżynierii Materiałowej  
Politechnika Warszawska**

**Tytuł rozprawy:** Kształtowanie mikrostruktury i właściwości kompozytów  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$  poprzez dobór procesu technologicznego oraz dodatek drugiego komponentu metalicznego (Ni lub Cr)

**Dyscyplina:** inżynieria materiałowa

**Dziedzina:** nauki inżyniersko – techniczne

### **Streszczenie**

Kompozyty  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$  stanowią materiał o dużym potencjale aplikacyjnym. Podstawowym problemem podczas ich formowania jest brak zwilżalności między ceramiczną osnową, a pozostającą w stanie ciekłym w czasie procesu spiekania miedzią. Prowadzi to do swobodnej migracji miedzi poza próbkę, a w konsekwencji do powstawania defektów i niejednorodności w wytwarzanym materiale. Wprowadzenie drugiego komponentu metalicznego do fazy metalicznej kompozytu  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$  może pomóc ograniczyć to zjawisko.

Celem niniejszej pracy było określenie możliwości wytworzenia trójskładnikowych kompozytów ceramika metal z układu  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu-Me}$  ( $\text{Me} = \text{Ni}$  lub  $\text{Cr}$ ) i przeanalizowanie w jaki sposób obecność drugiego komponentu w fazie metalicznej wpływa na zagęszczenie, strukturę i wybrane właściwości mechaniczne wytworzonych kompozytów.

Kompozyty wytworzono dwiema metodami – konwencjonalnie przy pomocy prasowania jednoosiowego i spiekania swobodnego oraz metodą spiekania impulsowo – plazmowego (PPS). Metoda wytwarzania, temperatura procesu spiekania i obecność drugiego komponentu w fazie metalicznej stanowiły jedne z głównych czynników wpływających na zagęszczenie, mikrostrukturę i uzyskiwane przez materiał właściwości. Wytworzone kompozyty scharakteryzowano pod względem struktury, wybranych właściwości fizycznych oraz mechanicznych. Zarówno metoda konwencjonalna, jak i PPS umożliwiły uzyskanie kompozytów trójskładnikowych o wysokim zagęszczeniu. Ciśnienie działające na próbkę w procesie spiekania metodą PPS umożliwiło uzyskanie lepszego zagęszczenia i zmniejszenie ilości defektów obecnych w kompozycie. Obecność drugiego komponentu w fazie metalicznej przyczyniała się do jednorodnego jej rozmieszczenia w ceramicznej osnowie i ograniczenia występowania dużych skupisk miedzi oraz jej wypływania poza próbkę. Kompozyty trójskładnikowe charakteryzowały się lepszymi właściwościami mechanicznymi oraz zmniejszoną migracją miedzi w stosunku do kompozytu  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$ . Zwiększenie zawartości fazy metalicznej wpływało pozytywnie na odporność kompozytów na kruche pękanie oraz ich wytrzymałość na ściskanie, jednocześnie obniżając twardość i pogarszając ich zagęszczenie.

Uzyskane wyniki potwierdzają skuteczność wprowadzenia drugiego komponentu do fazy metalicznej jako rozwiązanie problemu wypływania miedzi poza próbkę w czasie spiekania oraz pozytywny wpływ tego działania na właściwości mechaniczne kompozytu.

**Słowa kluczowe:** trójskładnikowe kompozyty ceramika metal, kompozyty  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cu}$ , wytwarzanie kompozytów ceramika metal, spiekanie impulsowo – plazmowe, spiekanie z fazą ciekłą

## Abstract

The Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu composites represent a highly application-potential material. The main concern during their processing is non-wettability between the ceramic matrix and the copper, which remains in the liquid state during the sintering process. This leads to the free migration of copper out of the sample, and consequently to the formation of defects and non-uniformity in the produced material. The introduction of a second metallic component into the metallic phase of the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu composite can help to reduce this phenomenon.

The purpose of this thesis was to determine the feasibility of producing ternary ceramic-metal composites from the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu-Me (Me = Ni or Cr) system and to analyze how the addition of the second component in the metallic phase affects the density, structure, and selected mechanical properties of the produced composites.

Two methods were used to produce the composites - the conventional method of uniaxial pressing and free sintering, and the pulse-plasma sintering (PPS) technique. The manufacturing method, temperature of the sintering process and the presence of a second component in the metallic phase were among the main factors affecting the density, microstructure and properties of the obtained material. Fabricated composites were characterized in terms of structure and selected physical and mechanical properties. Both conventional and PPS method made it possible to obtain ternary composites with high density. By applying pressure to the sample during the PPS sintering process, it was possible to achieve better densification and reduce the number of defects present in the composite. The presence of a second component in the metallic phase contributed to its homogeneous distribution in the ceramic matrix and reduced the occurrence of large copper clusters as well as its flowing out of the sample. The ternary composites were characterized by better mechanical properties and reduced copper migration compared to the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu composite. Increasing the content of the metallic phase had a positive effect on the fracture toughness and compressive strength of the composites, at the same time decreasing hardness and deteriorating their compaction.

The obtained results confirmed that the introduction of a second metallic component into the metallic phase effectively solves the problem of copper flowing out of the sample during sintering, as well as positively affects the mechanical properties of the composite.

**Keywords:** ternary ceramic metal composites, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Cu composites, fabrication of ceramic metal composites, pulse-plasma sintering, liquid phase sintering