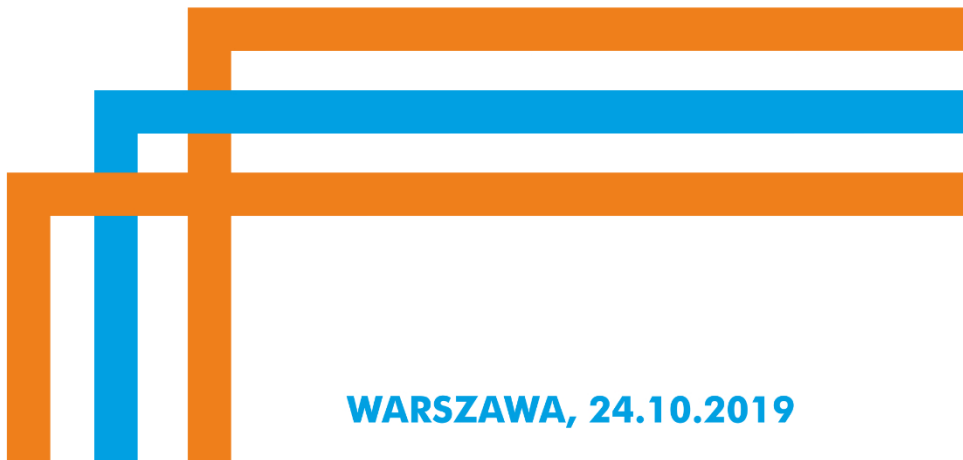


**II OGÓLNOPOLSKIE
SEMINARIUM
SPARK PLASMA SINTERING**
II NATIONAL WORKSHOP ON SPARK PLASMA SINTERING



WARSZAWA, 24.10.2019

Rafał Psiuk¹⁾, Dariusz Garbiec²⁾, Maria Wiśniewska²⁾, Piotr Denis¹⁾, Tomasz Mościcki¹⁾

¹⁾Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa

(*Institute of Fundamental Technological Research PAS, Warsaw, Poland*)

²⁾Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Obróbki Plastycznej, Poznań

(*Łukasiewicz Research Network – Metal Forming Institute, Poznań, Poland*)

Mikrostruktura i właściwości borków wolframu domieszkowanych cyrkonem wytwarzanych metodą spiekania iskrowo-plazmowego SPS

Microstructure and properties of tungsten borides doped with zirconium fabricated by Spark Plasma Sintering method SPS

Streszczenie

Wśród wysokotemperaturowych ceramiek szczególnie dobrymi właściwościami dla niektórych zastosowań cechują się borki metali przejściowych (Ti, Zr Hf, Ta itp.). Cechują się między innymi wysoką twardością (niektóre borki są supertwarde), dobrą przewodnością elektryczną i ciepłą oraz są odporne w wielu chemicznie agresywnych środowiskach. Przewodnictwo elektryczne w przypadku materiałów ceramicznych jest ważne także w aspekcie produkcyjnym, ponieważ umożliwia obróbkę elektroerozyjną. Biorąc pod uwagę wysoką twardość borków wolframu oraz ich stosunkowo niską cenę, mogą one stanowić atrakcyjny wybór w porównaniu do innych borków. Obecnie są prowadzone badania nad domieszkowaniem borków innymi pierwiastkami z grupy metali przejściowych. Dodatki te powodują często poprawę właściwości mechanicznych (twardość, odporność na pękanie) oraz fizyko-chemicznych (przewodność cieplna, przewodność elektryczna, odporność na korozję, odporność na utlenianie). W niniejszej pracy badano wpływ dodatku cyrkonu na przewodność elektryczną, twardość oraz na skład fazowy badanych materiałów. Do spiekania proszków wolframu, cyrkonu oraz boru wykorzystano metodę spiekania iskrowo-plazmowego SPS. Przygotowano kilka mieszanin proszków, które można przedstawić jako $W_{1-x}Zr_xB_y$, gdzie $0 < x < 0,24$ oraz $y = 2,5$ lub $4,5$. Analiza fazowa wykonana przy pomocy dyfrakcji rentgenowskiej XRD wykazała nieznaczne zmiany, w zależności od mieszaniny proszków, na kompozycję badanych spieków. Główną fazą występująca w spiekach jest faza WB_2 (p6₃mmc). Zaobserwowano także niewielkie przesunięcia pików w stronę większych odległości międzypłaszczyznowych, co sugeruje rozpuszczanie się cyrkonu w borku wolframu. Obserwacje na skaningowym mikroskopie elektronowym pokazały, że duża ilość boru jest obecna w postaci nieprzereagowanej. Badania właściwości elektrycznych spieków wykazały wyraźny wzrost przewodności wraz z rosnącą zawartością cyrkonu w spiekach. Skonsolidowane proszki z większą zawartością boru cechowały się niższą przewodnością elektryczną, co było efektem istnienia większej ilości niezwiązanego boru. Twardość badanych spieków borków wolframu domieszkowanych cyrkonem jest większa od 20 GPa. Zwiększona przewodność elektryczna przy zachowaniu wysokiej twardości badanych materiałów sugeruje, że borki wolframu domieszkowane cyrkonem mogą cechować się wysokim stopniem użyteczności, w wielu zastosowaniach. Dalsze badania mogą określać wpływ cyrkonu na odporność chemiczną borków wolframu oraz na pozostałe właściwości mechaniczne.

Praca została sfinansowana z projektu „Osadzanie i badania nowych super-twardych pokryć z domieszkowanych borków wolframu” o numerze UMO-2017/25/B/ST8/01789 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (NCN).

Abstract

Among high-temperature ceramics, transition metal borides (Ti, Zr Hf, Ta, etc.) have particularly good properties for some applications. Among others they are characterized by high hardness (WB_4), good electrical and thermal conductivity (TiB_2 , ZrB_2) and are stable in many chemically aggressive environments. The electrical conductivity for ceramic materials is also important in the production aspect, as it enables electroerosive machining. Given the high hardness of tungsten borides and their relatively low price, they can be an attractive choice compared to other borides. Currently, the research is conducted on doping borides with other elements from the transition metal group. These additives often improve the mechanical (hardness, crack resistance) and physico-chemical properties (thermal conductivity, electrical conductivity, corrosion resistance, oxidation resistance). In this work, the effect of zirconium addition on electrical conductivity, hardness and phase composition of tested materials was examined. The spark plasma sintering method SPS was used for sintering tungsten, zirconium and boron powders. Several powder mixtures were prepared, which can be represented as $W_{1-x}Zr_xB_y$, where $0 < x < 0.24$ and $y = 2.5$ or 4.5 . Phase analysis made with XRD X-ray diffraction showed slight changes depending on the powder mix on the composition of the sinters tested. The main phase occurring in sinters is the WB_2 phase ($p6_3mmc$). Slight peak shifts towards larger interplanar distances were also observed, suggesting the dissolution of zirconium in tungsten boride. Observations on a scanning electron microscope showed that a large amount of boron is present in unreacted form. Tests of the electrical properties of the sinters showed a clear rise in conductivity with the increasing content of zirconium in the sinters. Consolidated powders with a higher boron content were characterized by lower electrical conductivity, which was the result of the existence of more unbound boron. The hardness of the tested zirconium-doped tungsten borides sinters is higher than 20 GPa. The increased electrical conductivity while maintaining high hardness of the tested materials suggests that zirconium-doped tungsten borides may be characterized by a high degree of usability in many applications. Further research may determine the effect of zirconium on the chemical resistance of tungsten borides and on other mechanical properties.

The work was supported by the project “Deposition and characterization of novel superhard doped tungsten borides coatings” with a number UMO-2017/25/B/ST8/01789 funded by National Science Centre.