

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ПОРОШКОВ NI И CO НА АКТИВАЦИЮ ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ W И MO

Д.В. МАНЖИНА, Ю.В. МЯЧИН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: rien@mail.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ADDITIVES POWDERS OF NI AND CO IN THE ACTIVATION PROCESS OF SINTERING OF REFRACTORY METALS W AND MO

D.V. MANZHINA, Y.V. MYACHIN

National Research Tomsk Polytechnic University
email: rien@mail.ru

Annotation. The results of the study of the processes of pressing and sintering mixtures of the coarse powder of tungsten alloyed with nickel, with the addition of nanosized electroexplosive tungsten powder and powder charge based on nanosized tungsten powder containing nanoparticulate additives nickel. It is shown that the addition of up to 10 wt. % Tungsten nanopowder to activate the process of sintering of coarse agglomerates. The addition of nickel nanopowder undoped tungsten powder in an amount up to 1 wt. % More effectively activates the process of sintering than prior alloying tungsten with nickel powder. The influence of the content of nanopowder additives on structure and properties of the sintered material.

Keywords: nanopowder, tungsten, molybdenum, nickel, cobalt, activated sintering.

Введение

Вольфрам и молибден являются перспективными материалами для разработки жаропрочных и жаростойких сплавов, применяемой в авиационной и ракетной технике. Вследствие высокой температуры плавления эти материалы и изделия из них производят практически только методами порошковой металлургии [1]. По этой причине, практический и теоретический интерес представляет исследование возможности активации процесса спекания тугоплавких металлов. Для получения плотных материалов на основе вольфрама используют активированное спекание.[1].

Поэтому, разработка технологии получения высокоплотных материалов на основе тугоплавких металлов является актуальной задачей.

Цель работы: Изучение влияния размеров частиц порошка основного металла вольфрама и молибдена, а так же добавок нанопорошка Ni и Co на активацию процесса спекания.

Материал и методика исследования

Для исследований в качестве основного материала мелкой фракции использовали НП вольфрама и молибдена полученные электрическим взрывом проводников в группе профессора Ильина А.П. на кафедре ОНХ. Для крупной фракции использовали промышленные порошки вольфрама и молибдена с дисперсностью - 0080+0040мкм. В качестве добавки к основным материалам использовали нанопорошки никеля и кобальта.

Смешивание порошковой шихты W и Mo с добавками нанопорошков Ni, Co проводили с добавлением пластификатора – каучук в количестве 1,5 мас. % для повышения уплотняемости и формуемости. Формование производили методом холодного двухстороннего прессования на разрывной машине Р-20. Давление прессования составляло 400 МПа. Прессовки спекали в высокотемпературной печи, температура спекания составила 1450°C, время выдержки 1 час. Подготовку образцов для исследований микро-

структуры проводили на шлифовальной установке «Нерис». Структуру материала рассматривали на микроскопном комплексе «ЛабoМет-И вариант 1». Измерения микротвердости и модуля упругости проводили на полированной поверхности образца с помощью системы Nano Indenter G200/XP (ISO 14577).

Результаты и их обсуждение

После спекания мы получили 8 образцов мелкой фракции: 4 образца из нанопорошка вольфрама с добавлением НП никеля разной концентрации (0.5%,1%,2%,4%) и ещё 4 образца из порошка молибдена с таким же содержанием НП никеля. Из крупной фракции сохранились 3 образца с молибденом с добавкой никеля (1%,2%,4%). Таким образом, мы получили 11 образцов для исследований.

Образцы с добавлением Со после спекания были не годны для дальнейших исследований.

После спекания вычислили плотность образцов. По полученным данным построили графики зависимости плотности спеченных образцов от содержания добавки никеля (рисунок 1, 2)

Анализируя рисунок 1(а) можно заметить что наибольшую плотность показывает образец с наименьшим содержанием никеля. Плотность образцов падает при дальнейшем увеличении добавок никеля до 2%, что подтверждают снимки микрошлифов (рисунок 3), однако после 4% наблюдается незначительное повышение значение плотности образца, относительно образца с добавкой 2% никеля изменения значения плотности не значительны.

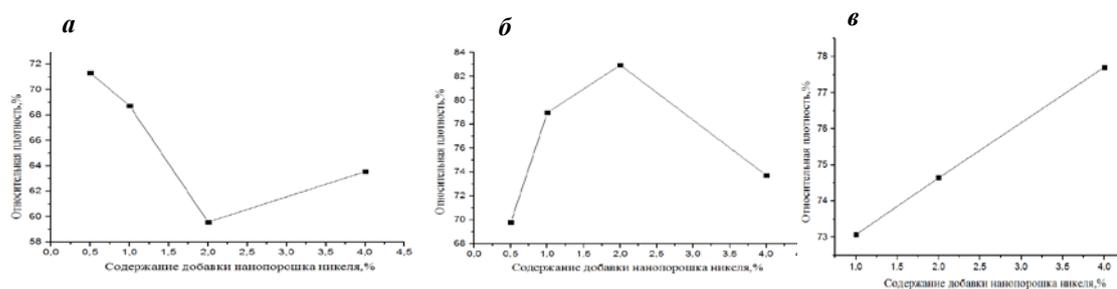


Рисунок 1 – Зависимость плотности спеченных образцов мелкой фракции вольфрама (а) и молибдена (б) крупная фракция молибдена (в) от содержания добавки нанопорошка никеля

У прессовок Mo-Ni (рисунок 1в) при увеличении добавок до 2% наблюдается монотонное увеличение плотности. Высокая плотность достигается при добавлении 2% никеля. При добавлении 4% никеля наблюдается значительное снижение плотности, это так же соотносится с данными усадки.

По представленным графикам (рисунок 1в) плотности видно, что по сравнению с образцами мелкой фракции вольфрама и молибдена образцы крупной фракции имеют более низкую плотность. А так же полученные результаты плотности показывают, что плотность спеченных образцов повышается с увеличением концентрации никеля.

На рисунках 2,3,4 представлены снимки микрошлифов спеченных образцов мелкой фракции W,Mo и крупной фракции Mo

Как показывают фотографии микрошлифов (рисунок 2), с увеличением добавок никеля количество пор увеличивается. Из рисунка 2(в) визуально видно наличие множества пор. По представленным выше данным видно, что при достижении 2% образец имеет низкое значение плотности. Судя по диаграмме состояния [2] при нашей температуре спекания 1450°C происходит твердофазное спекание.

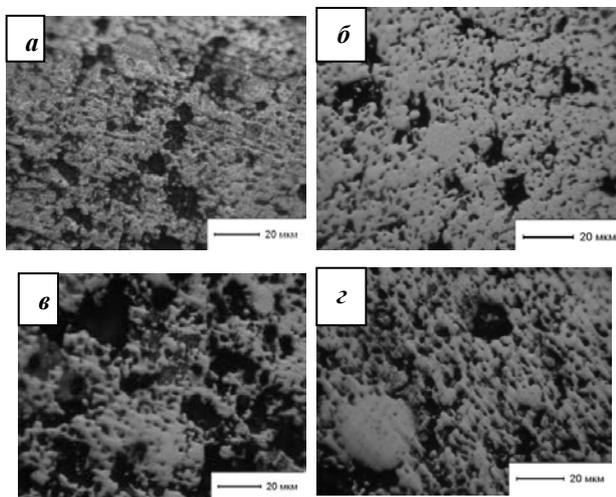


Рисунок 2 – Фотографии структуры спеченных образцов мелкой фракции W а) W-Ni 0,5% б) W-Ni 1% в) W-Ni 2% г) W-Ni 4%

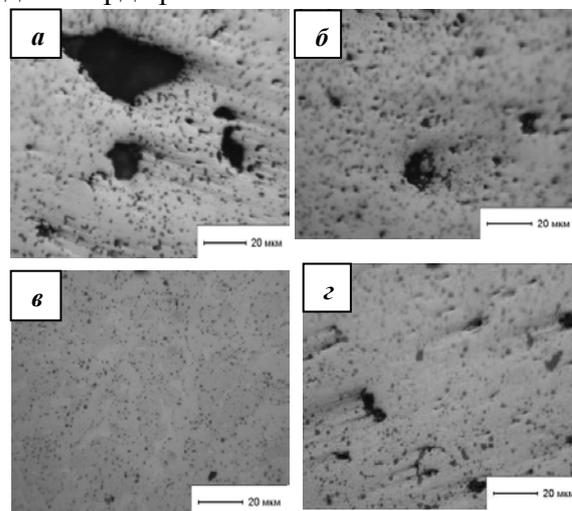


Рисунок 3 – Фотографии структуры спеченных образцов мелкой фракции Mo а) Mo -Ni 0,5% б) Mo -Ni 1% в) Mo -Ni 2% г) Mo -Ni 4%

На рисунке 3 представлены фотографии структуры спеченных образцов мелкой фракции Mo. У образца с наименьшим содержанием никеля местами наблюдаются большие поры, но их количество не велико. Из рисунка 3в заметно, что образец с добавкой 2 % никеля имеет более плотную структуру, это так же соотносится с полученными данными плотности. Так же можно сказать, что добавление 2 % Ni существенно активировало процесс спекания. По-видимому, это связано с тем, что на диаграмме состояния Mo-Ni при спекании данной композиции при температуре 1450°C должна образовываться жидкая фаза. [2].

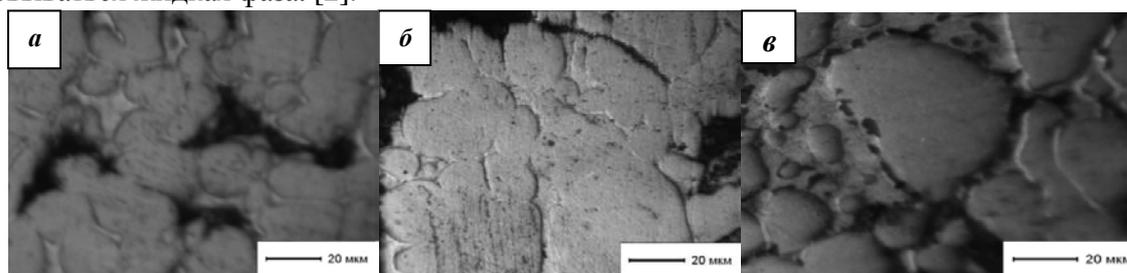


Рисунок 4 – Фотографии структуры спеченных образцов крупной фракции Mo а) Mo-Ni 1% б) Mo-Ni 2% в) Mo-Ni 4%

Исследования структуры спеченных образцов крупной фракции молибдена (рисунок 4) показали, что по сравнению с мелкой фракцией молибдена образцы получились более пористые, так же можно увидеть отдельные крупные частицы молибдена.

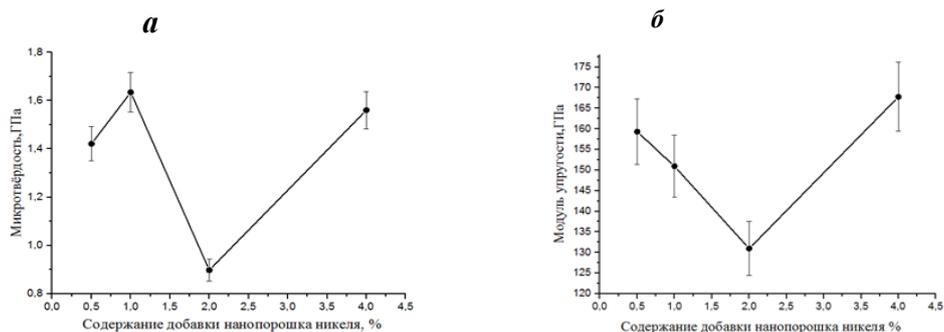


Рисунок 5 – Зависимость микротвёрдости (а) и модуля упругости (б) W (мелкая фракция) от содержания добавки никеля

Для исследования механических свойств полученных образцов были получены данные микротвердости и модуля упругости. Графики зависимости микротвердости и модуля упругости от содержания добавки никеля представлены на рисунках 5,6,7.

На рисунке 5а представлена зависимость микротвердости от содержания добавки никеля. Значение микротвердости меняется скачкообразно в зависимости от концентрации никеля. Как видно из графика образец с содержанием 2 % Ni показывает наименьшее значение микротвердости, что возможно вызвано уменьшением плотности (рисунок 1а).

Рисунок 5б показывает зависимость модуля упругости от содержания добавки Ni. График модуля упругости схож с графиком микротвердости при добавлении НП никеля до 2%, показания модуля упругости уменьшаются, но резко возрастает при введении 4% НП никеля и достигает 170 ГПа.

Высокие механические характеристики показывает образцы с 1% содержанием никеля. Следовательно, для получения высоких механических характеристик в исследованном интервале добавок никеля нужно применять минимальную добавку.

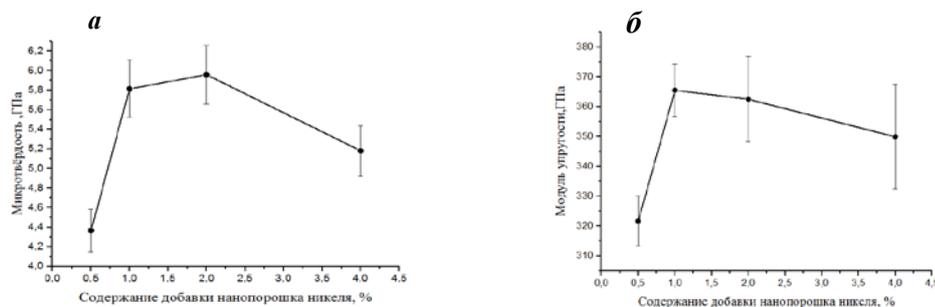


Рисунок 6 – Зависимость микротвёрдости (а) и модуля упругости (б) Mo (мелкая фракция) от содержания добавки никеля

На рисунке 6а представлена зависимость микротвёрдости от содержания добавки Ni. Содержание 0,5% никеля дает низкое значение микротвердости. При увеличении добавок никеля от 1 до 2% показывает высокое значение микротвердости, после 2% наблюдается некоторое снижение. Полученные данные микротвердости полностью соотносятся с полученными данными плотности и структуры.

Зависимость модуля упругости от содержания добавки Ni представлена на рисунке 6б. График модуля упругости схож с графиком микротвёрдости (рисунок 6а). Образец с содержанием 0.5% никеля показывает низкое значение механических характеристик, на графиках плотности так же можно наблюдать низкое значение плотности. При последующем увеличении количества добавки НП никеля до 2% значения модуля упругости увеличивается, но после 2% результаты модуля упругости медленно снижаются.

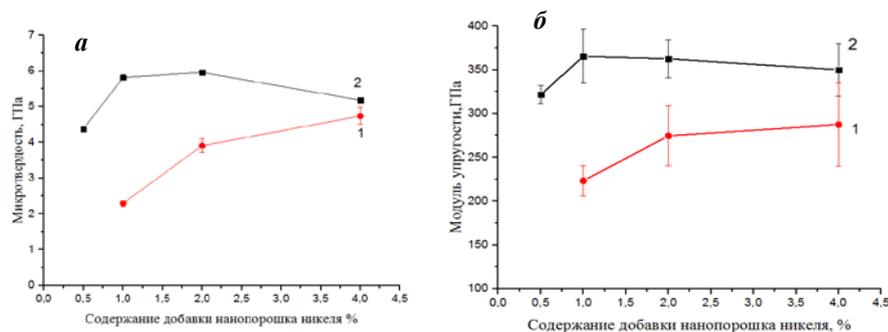


Рисунок 7 – Зависимость микротвёрдости (а) и модуля упругости(б) Мо от содержания добавки никеля 1)Мо-Ni (крупная фракция) 2)Мо-Ni (мелкая фракция)

На рисунке 7 представлены зависимости модуля упругости и микротвёрдости от содержания частиц порошка Ni. Первая зависимость соответствует образцам Мо с размером частиц 40-80 мкм, вторая зависимость соответствует образцам Мо с размером частиц до 40 мкм.

Из данных рисунков видно, что при увеличении количества добавок НП никеля модуль упругости и микротвёрдость возрастают.

Как видно из рисунка 7а при добавлении от 1% никеля величина микротвёрдости резко возрастает, что означает, что процесс спекания вступил в активную стадию. Это же подтверждает рисунок 7б, на котором видно, что при добавлении такого же количества никеля модуль упругости возрастает. Таким образом, введение от 1-4% добавок никеля позволяют получать наиболее высокие механические свойства. При спекании композиции порошковой смеси крупной фракции молибдена целесообразно вводить добавку в количестве 4%, так как механические характеристики наиболее высоки.

Что касается образцов мелкой фракции вольфрама то наиболее высокие механические характеристики можно получать при введении 1% никеля.

Выводы

На основании полученных результатов исследований можно сделать выводы:

1. Использование порошка кобальта в качестве активирующей добавки не дало положительных результатов, активации процесса спекания не произошло. Образцы рассыпались после спекания.

2. Установлено, что использование НП W, Mo позволяет получать более плотный материал и более высокие механические свойства по сравнению с образцами крупной фракции. Причем для спекания W целесообразно применять только НП W, так как порошок фракции -0080+0040 мкм не спекался как с добавками Ni так и с Co.

3. Добавка Ni в количестве 1% является наиболее оптимальной для спекания W, при этом получают высокие механические характеристики: значение микро-твердости составил 1,60 ГПа, а модуля упругости 168 ГПа.

4. Для спекания НП молибдена целесообразно введение Ni в количестве 2% по массе. В исследованном интервале добавок при спекании крупной фракции лучше использовать максимальную добавку равной 4%.

Список литературы

1. Мальцев, М.В. Термическая обработка тугоплавких, редких металлов и их сплавов /М.В.Мальцев. - М.: Металлургия, 1974.-344 с
2. Диаграммы состояния двойных металлических систем ред. Лякишева Н.П.Машиностроение, 1996-2000 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОНСОЛИДИРОВАНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА И НИТРИДА АЛЮМИНИЯ И СВОЙСТВ СПЕЧЕННОЙ КЕРАМИКИ

В.О. АЛЕКСЕНКО, С.В. МАТРЕНИН

Томский политехнический университет

E-mail: vl.aleksenko@mail.ru

STUDY OF CONSOLIDATED CERAMICS BASED ON ALUMINA AND ALUMINUM NITRIDE AND PROPERTIES OF SINTERED CERAMICS

V.O. ALEKSENKO, S.V. MATRENIN

Tomsk Polytechnic University

E-mail: vl.aleksenko@mail.ru

Annotation. Ceramic sintering on the basis of Al_2O_3 activated by nanopowder additives Al and submicron powder TiO_2 into a blend and applying the technology of spark plasma sintering (SPS) has been studied. The given paper shows that adding nanopowder Al in the amount of up to 5 wt. % into the powder Al_2O_3 activates the sintering process and, as a result, leads to the increase in density and microhardness of sintered alumina ceramics. The study has revealed a significant effect of alumina ceramic density growth which is due to introducing the submicron powder TiO_2 to the initial blends composition.

Введение. Прочная керамика на основе Al_2O_3 является весьма перспективным конструкционным и функциональным материалом. Тем не менее, широкому практическому распространению корундовой керамики препятствуют сложность и низкая производительность технологий [1,2], позволяющих изготавливать изделия с максимально высокими характеристиками [3]. Относительно не сложная технология одноосного прессования изделий с последующим спеканием, не позволяет изготовить керамику с высоким уровнем механических свойств [4]. Поэтому проблема активирования процессов консолидирования корундовой керамики имеет важное практическое значение.

Объекты и методики исследований. В работе использовали промышленные нанокристаллические оксидные порошки (НП) Al_2O_3 , порошок оксинитрида алюминия AlO_xN_y , порошок AlN. В качестве активирующих добавок в соотношениях 1 - 10