

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТКРЫТОЙ ПОРИСТОСТИ В БОРИДАХ ТИТАНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВС

Клубович В. В.¹, Кулак М. М.¹, Мышляев М. М.²,
Платонов Л. Л.¹, Румянцева И. Н.³

¹ГНУ Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск

²ГУ Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, г. Москва

³ГНУ Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск

Возрастающий интерес к материалам с улучшенными физико-механическими свойствами требует поиска новых способов их получения и развития существующих. Изменения условий протекания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) химических соединений влияет не только на химический и фазовый состав образующихся продуктов, но и на морфологию, размер частиц и распределение пористости.

Предметом настоящего исследования были образцы, исходного состава Ti+βV (β-стехиометрический коэффициент) подвергнутые высокотемпературному синтезу – процесс СВС. Исходный образец представляет собой цилиндр: диаметром 15 мм и высотой 20–25 мм.

В данной работе рассматривается влияние ультразвука на процесс СВС и перераспределение пористости по образцу, макро- и микроструктуру образца. При оптических исследованиях на плоскости шлифа материала в поле зрения мы наблюдаем только небольшой участок образца, определяемый увеличением. При малых увеличениях наблюдаемый участок представляет собой основу, являющуюся продуктом синтеза исходных компонентов в которую вкраплены поры. В дальнейшем продукты синтеза будем называть металлизированной компонентой. С металлографической точки зрения интерес представляет изменение количественного соотношения металлизированной компоненты и пор в зависимости от стехиометрического состава и параметров ультразвуковых колебаний.

На рис. 1 представлена панорама структуры образцов в долевом сечении, полученных методом СВС без наложения и с наложением ультразвука амплитудой 5 мкм.

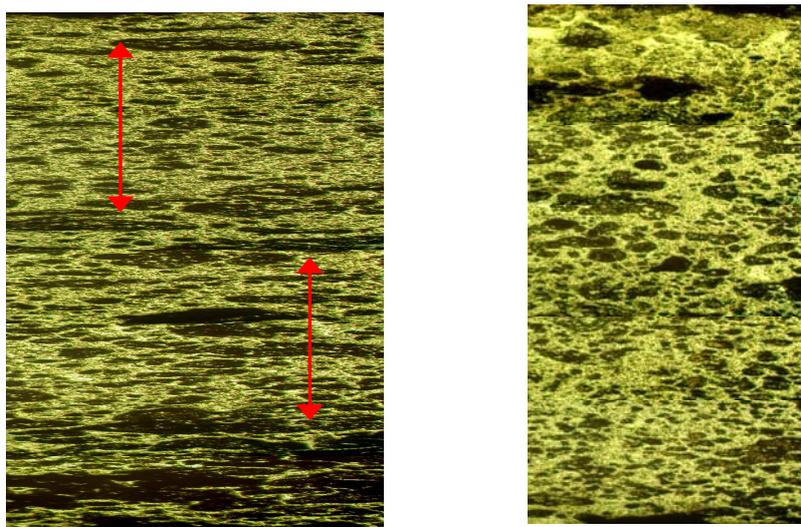


Рис. 1. Панорамные снимки образцов состава TiV, полученные методом СВС без наложения ультразвука (а) и с наложением ультразвука (б)

Пористая составляющая представлена единичными порами и скоплениями пор. Скопления пор по высоте образца (за высоту принято направление, параллельное направлению распространения волны синтеза) располагаются полосами, чередующимися с металлизированной составляющей. Расстояние периодического повторения зон скопления пор, составляет порядка 600 мкм.

Как видно из рисунка, наложение ультразвука во время синтеза изменяет распределение пористости по высоте полученного образца. Для анализа распределения пористости по шлифу использовали программу “ImageSP”, которая позволяет определить количественное соотношение металлизированной компоненты и пор в прессовке. На различной высоте в верхнем, центральном и нижнем участках на одинаковой площади определяли площадь, занимаемую металлизированной составляющей.

По результатам обсчета построен график зависимости площади металлизированной компоненты по высоте образца (рис. 2). Из графика следует, что в процессе СВС наибольшее количество металлизированной компоненты располагается в верхней части прессовки, следовательно, в этой зоне выше и ее плотность. При наложении ультразвука площадь металлизированной компоненты возрастает в целом, что свидетельствует о повышении плотности прессовки. Полученные данные свидетельствуют о повышении плотности образца, наиболее интенсивно в верхней части образца в результате воздействия ультразвука при процессе СВС.

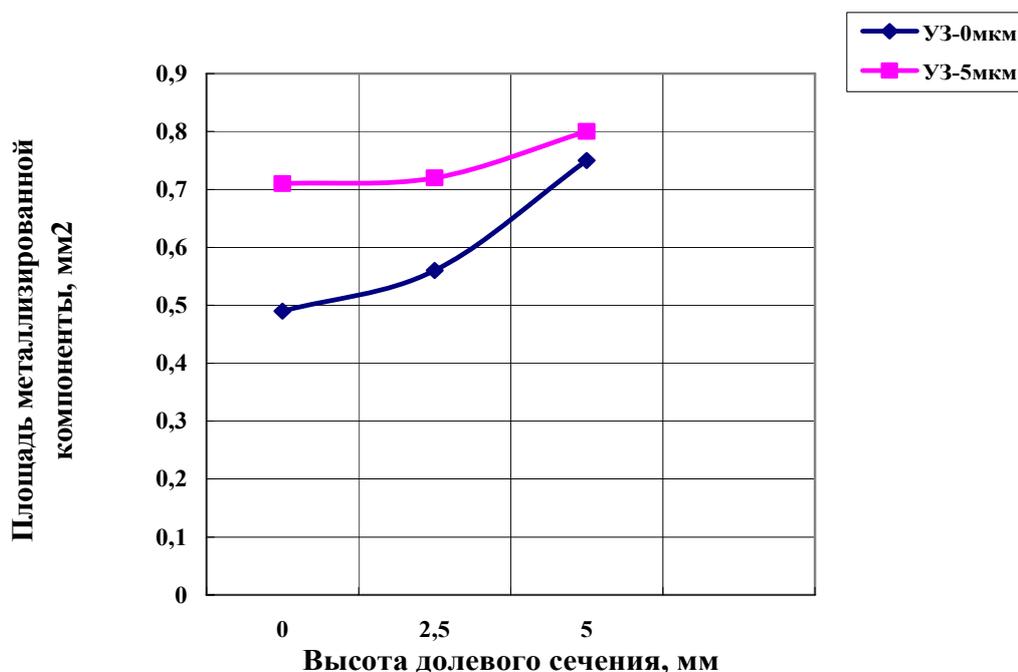


Рис. 2. Изменение площади металлизированной компоненты в системе TiV по высоте долевого сечения в процессе СВС без, и с наложением ультразвука

При оптическом исследовании микроструктуры материала, полученного методом СВС, представлена металлизированной фазой, являющейся основой материала, в виде светлого поля с металлическим блеском, порами и участками темно-серой боросодержащей компоненты. Металлизированная компонента - это титаносодержащая фаза в оптической микроскопии представлена зернами, как правило, сферической формы с четко очерченными границами. Темная оторочка вокруг данных зерен является борной составляющей шихты. Аналогично выглядит и структура материала после процесса СВС с наложением ультразвука амплитудой $\xi=5$ мкм. Однако, размер зерен титаносодержащей фазы в данном случае меньше. Были построены гистограммы распределения зерен по среднему размеру для процесса СВС с наложением и без ультразвука (рис. 3).

Из гистограмм следует, что при СВС процессе максимальное количество зерен отвечает размерам 4–5,5 мкм, а в результате наложения ультразвука – 2-4 мкм, что свидетельствуют о диспергировании зерен титаносодержащей фазы.

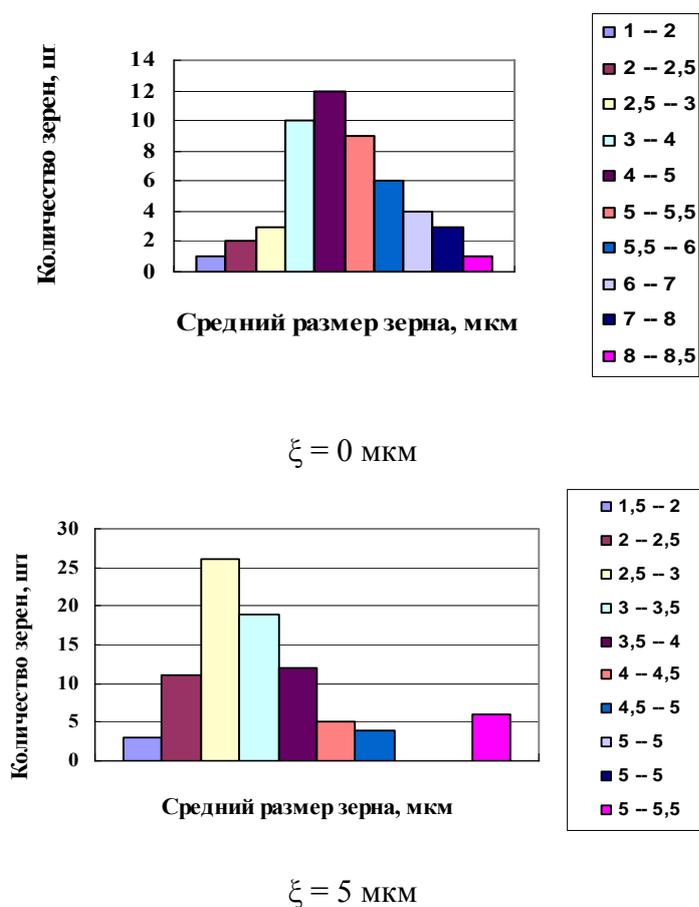


Рис. 3. Гистограммы распределения зерен титаносодержащей фазы по размеру при СВС процессе без (а) и с наложением ультразвука амплитудой 5 мкм (б)

держания фаз при увеличении в 2000 крат подтверждают результаты оптического анализа.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- наложение ультразвука во время процесса СВС изменяет распределение пористости по высоте синтезированных образцов;
- воздействие ультразвука при процессе СВС приводит к повышению плотности композита;
- в результате наложения ультразвуковых колебаний на процесс СВС боридов титана размер зерен титано-содержащей фазы уменьшается, что свидетельствует о диспергировании зерен этой фазы.

После процесса СВС доля титаносодержащей фазы в произвольно взятом участке шлифа составляет 55,76 %, боросодержащей фазы – 44,24 %. При СВС процессе с наложением ультразвука, количество титаносодержащей фазы составляет 52,24 %, боросодержащей фазы – 47,76 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в результате диспергирования зерен титаносодержащей компоненты происходит перераспределение фазовых составляющих в объеме с увеличением доли боросодержащей.

В режиме оптического исследования титаносодержащая компонента представлена светлыми зернами довольно четких очертаний. А в режиме сканирующей электронной микроскопии зерна титаносодержащей компоненты представлены конгломератами извилистых форм. Данные расчета долевого со-