

ОДНОСТАДИЙНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ СВЕРХТВЕРДЫХ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЛАВЛЕНОГО КАРБИДА ТИТАНА МЕТОДОМ ЭТВ

В.А. Щербаков, В.Т. Телера, А.В. Щербаков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук, Черноголовка, Россия

*vladimir@ism.ac.ru

Научно-технический прогресс требует создания керамических и металлокерамических композитов на основе сверхтвердых тугоплавких соединений с уникальными функциональными свойствами и разработку эффективных ресурсосберегающих технологий.

В промышленности получение сверхтвердых тугоплавких материалов производится двумя этапами: синтез порошков в печах и последующее их горячее прессование. Процессы технологически сложные, и качество получаемого материала не всегда удовлетворительно. Перспективным методом получения данных материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), сочетающий синтез сверхтвердых соединений с дальнейшей процедурой спекания и прессования горячего продукта. Разновидностью СВС процесса является метод электротеплового взрыва (ЭТВ).

Исследования по разработке и практическому использованию СВС-технологии в получении сверхтвердых тугоплавких материалов впервые были выполнены академиком А.Г. Мержановым с сотрудниками [1].

Цель работы – получение сверхтвердых тугоплавких материалов (композитов) на основе *плавленого* карбида титана методом ЭТВ под давлением. Возможности метода иллюстрируются примерами получения композитов: TiC–Ni, TiC–Fe.

Для получения TiC–Ni использовали реакционную смесь, содержащую порошки Ti, C и Ni. Показано, что в ходе экзотермической реакции, стимулируемой электрическим током, формируется конечный продукт, состоящий из зерен TiC, равномерно распределенных в никелевой связке. При получении TiC–Fe металлическую связку помещали на торцевой поверхности образца в виде слоя толщиной 2 мм. В ходе экзотермической реакции формировался пористый каркас из карбида титана, нагретый до температуры (≈ 3500 К). Металлическая связка нагревалась и плавилась теплом, поступающим от горячего продукта синтеза. Расплавленная связка впитывалась в пористый каркас из карбида титана и заполняла поровое пространство.

Это позволило предотвратить взаимодействие стальной связки с углеродом на стадии синтеза карбида титана и сохранить состав стальной связки и ее физико-механические характеристики.

Композит TiC–30 вес.% Ni синтезирован при температуре свыше 3500 К, давлении 56,2 МПа. Синтез проводили при различной плотности тока в образцах. Цилиндрические образцы диаметром 20 и 12 мм, высотой 17 мм прессовались из гетерогенной стехиометрической смеси Ti–C с 30 вес.% никеля. Полученные образцы представлены на рис. 1. Диаметры верхнего и нижнего образцов, соответственно, равны 19,5 и 26 мм. Различие в диаметрах обуславливается различием в размерах пресс-формы, т.е. формировалось изделие заданной формы с разными диаметрами, с плотностью 4,4 г/см³ микротвердостью по HV 15,7 ГПа.

При давлении 96 МПа синтезировано соединение TiC–30 вес.% Fe, где железо является связкой. Получены параметры синтеза – температура, время, величины тока и напряжения, используемые при анализе получаемых образцов. Цилиндрические образцы диаметром 20 и 12 мм прессовались из стехиометрической смеси Ti–C. Размеры канала пресс-формы соответствовали диаметрам образцов, т.е. 20,2 и 12,2 мм. На рис. 1, слева, представлены полученные образцы TiC–30 вес.% Fe с диаметром ≈ 20 и ≈ 12 мм, т.е. сформировалось изделие с заданными размерами: с плотностью 5,4 г/см³, с микротвердостью по HV 30,48 ГПа. Специальной обработки поверхности образцов не требовалось [2, 3, 4].

В результате проведенной работы получены металлокерамические материалы (керметы) на основе *плавленного* карбида титана методом ЭТВ под давлением. Впервые методом ЭТВ в одностадийном режиме при $T \geq 3500\text{K}$ и давлениях 96 и 56,2 МПа синтезированы *плавленные* металлокерамические композиты карбида титана (кермет) с металлической связкой – железо, никель. Рентгеноструктурный анализ образцов показал, что происходит полное превращение исходных реагентов в конечный продукт.

Измерены параметры образцов: плотность, пористость, структурный и элементный состав, микротвердость по Виккерсу. Рассмотрено влияние высокой температуры и давления на структурообразование керметов, в частности, на плотность и пористость материалов, так изменение плотности тока в образцах от $(0,3 \div 1,4) \cdot 10^6$ А/м² позволяет получать как *плавленные* образцы, так и синтезируемые порошки.

Методом ЭТВ под давлением совмещается синтез карбида титана с прессованием и формовкой изделия из твердосплавного жаропрочного материала с задаваемой формой поверхности.



Рис. 1. Синтезированные образцы.

Процесс получения занимает не более 10 сек. Подобный процесс в малотоннажном производстве, основанный на методах порошковой металлургии, занимает несколько часов. На разработанной установке можно проводить в одностадийном режиме синтез, плавление и прессование изделия с заранее задаваемой формой поверхности, проводить исследования с использованием слабоэкзотермических реакций.

Литература

- [1] А.Г. Мержанов, Процессы горения и синтез материалов, Черноголовка, Изд-во ИСМАН, 1998, стр. 511.
- [2] V.A. Shcherbakov, A.N. Gryadunov, V.T. Telepa, A.V. Shcherbakov, Inter. Jour. of SHS, 23, 2, (2014) 122-124.
- [3] V.A. Shcherbakov, A.N. Gryadunov, V.T. Telepa, A.V. Shcherbakov, Int.Journal of SHS, 24, 4, (2015) 251-252.
- [4] В.А. Щербаков, В.Т. Телера, А.В. Щербаков, Композиты и наноструктуры, 8, 1, (2016) 70-79.