

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СВС-ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.М.Коротких, В.И.Яковлев, И.А.Штырхунов

В современной технике широкое распространение получили композиционные материалы, сочетающие в себе комплекс свойств, таких, как лёгкость и прочность, твёрдость и пластичность, хладостойкость и жаропрочность. Пластики, металлопластики, керамики, керметы, интерметаллиды и т.д. начинают вытеснять традиционные металлы и сплавы. Перед наукой ставятся серьёзные задачи по созданию таких материалов. Технологии их получения требуют больших затрат энергии, достаточно сложны и, в большинстве своём относятся к области порошковой металлургии, где финальная стадия – спекание – отличается высокой энергоёмкостью. Однако существуют современные способы синтеза порошковых материалов не требующие, или почти не требующие энергозатрат.

В 1967 году коллективом ученых под руководством А.Г.Мержанова был открыт процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [1], представляющий собой высокоэнергетическое взаимодействие различных химических элементов в результате которого возможно получение полезных в практическом плане соединений. Различают два основных направления СВ-синтеза. Это фильтрационное и безгазовое горение. При фильтрационном горении один из компонентов – газ, находящийся при высоком давлении. Это может быть водород, азот, кислород, хлор и т.д. Соответственно продукты синтеза – гидриды, нитриды, окислы, хлориды и т.д. Спектр их использования очень широк: от атомной энергетики до абразивных порошков. Оборудование используемое в данном процессе должно выдерживать высокие давления при высоких температурах (до 5000 К для HfN).

Другое направление – безгазовое горение. В этом случае исходные компоненты находятся в твёрдой фазе. Конечным продуктом для данного процесса являются интерметаллиды, бориды, карбиды, силициды и т.д. Большинство из этих материалов характеризуются высокой жаростойкостью, твёрдостью и износостойкостью. Например, такие соединения как карбиды и бориды (Ti , W , Cr) являются основой для твёрдых сплавов, используемых в металлорежущем инструменте

(сплавы ВК, ТК, КНТ). Они представляют собой композицию из твёрдой режущей основы и пластичной связки.

Для изделий инструментального назначения важным параметром является их конечная плотность. В технологии порошковой металлургии она определяется плотностью заготовки и температурой спекания, а если применяется горячее прессование, то и усилием пресса.

Компактизация продуктов СВ – синтеза осложнена более высокой чем при спекании температурой и интенсивным выделением газовых примесей адсорбированных на поверхности исходных порошков и стремящихся разрушить исходную заготовку во время синтеза. Эти примеси можно удалить путём предварительного вакуумного отжига заготовок, однако эта процедура резко повышает энергозатраты всей технологической цепочки. Другой вариант – прессование шихты в процессе синтеза вплоть до окончания процесса дореагирования и структурообразования [2]. Нагружение должно быть непрерывным с постоянной коррекцией усилия, поскольку с началом горения начинается усадка заготовки и предварительно созданное давление резко падает.

Инициировать такой процесс, совмещающий в себе преимущества СВ – синтеза и горячего прессования удобнее всего прямым пропусканием электрического тока через шихту, поскольку пуансоны могут одновременно выполнять функцию тоководов. У этой схемы есть и другие преимущества.

Если процесс происходит в какой-либо закрытой пресс-форме, то она ограничивает контакт реагирующей массы с окружающей средой, что положительно сказывается на чистоте конечного продукта.

Качество продуктов СВ-синтеза зависит от многих параметров. Это чистота исходных материалов, размер и форма их частиц, плотность заготовок, начальная температура и т.д. Все перечисленные величины влияют в конечном итоге на глубину превращения, а, следовательно, и на качество конечного продукта. Меняя размер частиц и начальную плотность шихты мы можем управлять скоростью горения, однако существует режим, по-

звolyающий в любом случае получить максимальную глубину превращения. Это режим так называемого теплового взрыва, при котором начальную температуру заготовки повышают до такого уровня, чтобы реакция началась одновременно во всем объеме. При этом достигается максимально возможная температура процесса, следовательно, глубина превращения. Реализовать такой режим можно за счет внешних источников тепла, или используя саму шихту как нагревательный элемент.

Для повышения прочности конечных изделий необходима связка, поскольку чистые бориды и карбиды обладают высокой хрупкостью. В итоге полученный продукт будет представлять из себя следующую композицию: твердая тугоплавкая структура сцементированная пластичным материалом.

В проведенном эксперименте, первоначально были изготовлены смеси в стехиометрии $Ti + C + Ni$ (10% по массе), и $Ti + 2B + Ni$ (10% по массе). Смешивание производилось во влажной среде, в «пьяной бочке», сушили в термощкафу при 333 К.

Смесь прессовали в таблетки диаметром 30 мм высотой 8 – 10 мм, которые помещали в стальные обоймы с толщиной стенок 2 мм.

Воспламенение смеси $Ti + C + Ni$ происходило от факела с температурой >2000 К. Образцы после горения увеличивались по высоте в 1,5 – 2 раза и представляли из себя рыхлую, пористую, легко разрушающуюся массу. Следующую серию образцов на основе $Ti + 2B + Ni$ сжигали под небольшой статической нагрузкой (от 20 до 100 кг). Иницирование реакции проводилось в таких же стальных обоймах, электрической дугой. Максимальная микротвёрдость полученных образцов составила 15,2 ГПа.

Анализ данных приведенных в литературных источниках и проведенные эксперименты показали, что следует не только компенсировать теплоотвод в стенки обоймы, но и использовать прессование горячих продуктов синтеза. В связи с этим был использован гидравлический пресс с усилием 10 МПа (рис.1).

Смесь готовилась в той же стехиометрии на основе диборида титана. Прессованию подвергали сухую смесь непосредственно перед сжиганием. Воспламенение осуществлялась за счет нагрева прямым пропусканием тока через шихту.



Рис.1. Гидравлический пресс

Загорание происходило стабильно, сразу после включения напряжения, при условии изоляции смеси от стенок реактора. Ток составлял немногим более 2000 А, при напряжении – 6,3 В. Напряжение ограничивалось возможностью прессы и составляла 10 МПа.

Образцы весом 20г прессовали до максимального давления, затем пропускали электрический ток, происходило воспламенение смеси, сопровождающееся интенсивным газовым выбросом. В ходе эксперимента производилась подкачка давления для его стабилизации, чтобы образец не раслаивался и имел монолитную структуру. В результате получена фаза $Ti 2B$ с конечной микротвёрдостью более 20 ГПа.

Использование вместо гидропресса малоинерционного детонационно-газового генератора давления (рис.2.) с управляемым законом энергетического воздействия на реакционную среду позволит расширить возможности при получении сверхтвёрдых структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мержанов А.Г., Шкиро В.М., Боровинская И.П. «Способ получения тугоплавких неорганических соединений». Авторское свидетельство №255221, 1967г, Бюллетень изобретений №10, 1971г.
2. А.Г.Мержанов «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез». Вестник АН СССР 1976г №10.

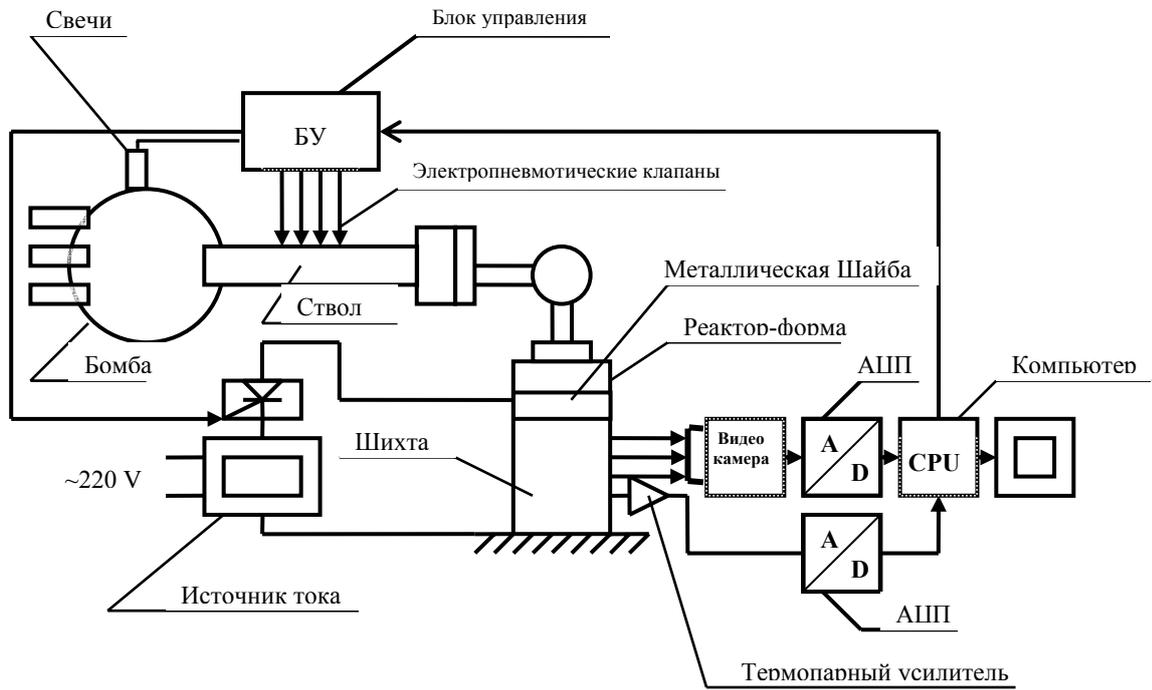


Рис.2. Схема детонационно-газового генератора давления