

УДК 544.4

DOI: 10.17223/00213411/63/7/52

Н.В. БУКРИНА, А.Г. КНЯЗЕВА

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНЫХ ЧАСТИЦ НА ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБЪЕМНОГО СИНТЕЗА КОМПОЗИТА *

Анализируются физические явления, сопровождающие объемный синтез композита из чистых элементов с добавками инертных частиц. Среди основных причин выделены изменение теплофизических свойств (теплоемкости и коэффициента теплопроводности), а также уменьшение суммарного тепловыделения в химической реакции. Комплекс химических реакций при этом описывается суммарной реакцией с эффективными формально-кинетическими параметрами. Кинетический закон учитывает сильное торможение реакции слоем синтезированного продукта, который препятствует взаимодействию реагентов. Эффективные теплофизические свойства смеси в реакторе зависят от свойств компонентов, объемной доли инертных частиц. Показано, что добавление в смесь тугоплавких частиц приводит к замедлению стадии процесса воспламенения и более полному превращению вследствие запасенного в инертных частицах тепла.

Ключевые слова: высокотемпературный синтез, инертные частицы, интерметаллид, математическое моделирование.

Введение

В настоящее время для получения композиционных материалов широкое применение получили процессы высокотемпературного объемного синтеза. Результат процесса зависит от множества параметров, которые отражают влияния как исходных данных, способа подготовки, геометрических условий синтеза, способа инициирования реакции, так и кинетики сопутствующих физических и химических процессов. Эксперименты показали [1, 2], что высокие скорости реакции объемного высокотемпературного синтеза интерметаллида из исходных элементов значительно усложняют контроль образования структурного и фазового состояния конечного продукта. Одним из способов снижения температуры синтеза и улучшения основных показателей эффективности материала в экспериментальных условиях является введение инертных тугоплавких частиц в реакционную смесь [3]. В основном при синтезе используют нереакционноспособные тугоплавкие частицы, которые, с одной стороны, изменяют теплофизические свойства смеси, а с другой стороны, могут действовать как центры зародышеобразования во время реакционных процессов и последующей кристаллизации. С помощью частиц можно осуществлять контроль теплообмена при воспламенении.

Способ синтеза композитов с добавлением инертных частиц существенно отличается от способа синтеза, когда упрочняющие включения синтезируются одновременно с интерметаллидной матрицей [4–6]. Во-первых, частицы поглощают тепло и затем поддерживают реакцию. В этом случае жидкая фаза приводит к ускорению реакции образования соединения. Во-вторых, при синтезе включений возникает дополнительный экзоэффект. В этом варианте преобладает жидкофазный процесс. При добавлении инертных частиц в реакционную смесь удастся избежать неконтролируемого роста температуры и провести синтез преимущественно в твердой фазе.

Анализ качественных закономерностей влияния свойств частиц и условий синтеза может быть осуществлен с помощью математической модели, учитывающей физические явления, сопутствующие синтезу. Например в работах [3, 7] особенности диффузионно-контролируемых реакций учитываются на основе подмодели реакционной ячейки, в которой последовательность роста фаз задается в соответствии с равновесными диаграммами состояния. Условия теплообмена не анализируются. Роль частиц в [3] также не анализируется. В модели [8] учитывается плавление инертных частиц, что позволяет снизить температуру синтеза. При описании создания материалов в режиме объемного спекания [9] химические реакции, как правило, не анализируются. Хотя для моделирования процесса спекания привлекают современные популярные методы [10–12], условия синтеза и способ инициирования в моделях отражения не находят.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.1.12.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>