

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ВЗРЫВА В СИСТЕМАХ Ti-C, Ti-Si, Ti-B, Ti-Al-C В УСЛОВИЯХ КОНТРОЛИРУЕМОГО НАГРЕВА

Букрина Н.В.<sup>1,a</sup>, Барановский А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>a</sup> bookr81@mail.ru

Метод синтеза композитного материала в режиме динамического теплового взрыва может быть осуществлен, при протекании экзотермических реакций в конденсированной фазе в условиях контролируемого нагрева. Моделирование в этой области помогает изучать необратимые физические явления, полезно для обработки эксперимента, определения параметров модели и дальнейшего прогнозирования условий синтеза материала. Для гетерогенных систем трудности математического моделирования связаны с представлением источника тепловыделения, связанного с реакциями, с описанием процессов теплопереноса и формирования структуры.

Установка для исследования синтеза композитов из порошковых смесей в режиме теплового взрыва представляет собой цилиндрическую трубу с водяным охлаждением и крышкой в верхней её части. Внутри трубы на дне подвешен металлический столик, на который устанавливается стаканчик из титановой фольги. В данный стакан в свободной засыпке помещается предварительно подготовленная порошковая смесь. В центре образца сверху в отверстие погружается термопара. На внешней поверхности стенки трубы напротив образца также размещается термопара, закрытая сверху от нагревателей шамотной пластиной. Трубу помещают в предварительно нагретую печь и производят нагрев до регистрации теплового взрыва. В процессе регистрации теплового пика может выходить из строя термопара в образце, что приводит к потере данных при эксперименте. Восстановить эти данные можно при помощи математического моделирования.

В настоящей работе предложена математическая модель высокотемпературного синтеза химических соединений в режиме динамического теплового взрыва при нагреве порошковой прессовки чистых элементов в стальной цилиндрической трубе излучением. Из условий эксперимента известно, что нагрев образца по высоте происходит равномерным образом, поэтому будем рассматривать одномерное уравнение теплопроводности в цилиндрической системе координат в различных областях (реакционной смеси и стенок реактора). Тепловыделение в объеме возможно вследствие химических реакций. На основе стандартных уравнений баланса записаны формально-кинетические уравнения для нахождения доли чистых соединений и продуктов синтеза. Скорости реакций зависят от температуры по закону Аррениуса, а от концентраций в соответствии с законом действующих масс.

Задача решалась численно с использованием неявной разностной схемы и метода прогонки. Кинетические уравнения решались явно-неявным методом.

В зависимости от скорости нагрева и охлаждения, а также от исходного состава (процентного содержания чистых элементов порошковой смеси) будет получаться композит разного состава с преобладающей той или иной фазой. В работе продемонстрировано качественное соответствие результатов модели характеру изменения температуры в процессе синтеза композита в режиме динамического теплового взрыва.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (код проекта 17-19-01425).*