ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/114

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ НАГРУЖЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ
СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ NiAl С ВКЛЮЧЕНИЯМИ TiC**

¹Чумаков Ю.А., ^{1,2}Князева А.Г.

¹ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «НИИ Томский политехнический университет», Россия
chya@ispms.tsc.ru

Синтез композитов в режиме горения или в режиме теплового взрыва давно привлекает внимание исследователей. Для управления процессом синтеза применяют внешние электрические и магнитные поля, а также разные виды механического нагружения. Однако экзотермический процесс синтеза является плохо управляемым. Линейный термодинамический анализ не оправдывает ожидания. Для предсказания состава и свойств композитов, зависящих от условий синтеза, используют математическое моделирование.

В настоящей работе предлагается модель синтеза многофазного композита из смеси порошков металлов (*Ni* и *Al*), в том числе, с добавками тугоплавких включений типа карбида титана *TiC* в условиях нагрева, совмещенного с нагружением. Поскольку в процессе синтеза возможно изменение структуры как в матрице, так и в частицах (в инертных включениях), то необходима разработка двухуровневой модели, которая будет включать эволюцию свойств на микро и макромасштабах. На макроуровне проводится оценка напряженно-деформированного состояния пластины, тепловых и концентрационных полей в процессе синтеза. На микроуровне - уровне выделенного представительного объема (реакционной ячейки) рассчитываются эффективные свойства композита.

Для описания процесса синтеза композиционного материала рассматривается плоский слой реагента (пластина), который может подвергаться внешнему тепловому нагреву и механическому нагружению. Геометрия пластины такова, что ее длина и ширина намного меньше ее толщины. Это предположение позволяет при оценке механических напряжений, возникающих в системе, использовать гипотезу плосконапряженного состояния, т.е. $\sigma_{zz}=0$ (повороты также не учитываются). Для оценки механических напряжений используется система уравнений равновесия, реологические соотношения для вязкоупругого тела, соотношения Коши (записанные в скоростях) и граничные условия, соответствующие характеру нагружения.

В процессе синтеза температуры могут превышать температуры плавления отдельных компонент порошковой смеси, что учитывается в модели через изменение теплоемкости в окрестности температуры плавления. Математическая постановка тепловой части задачи включает уравнение теплопроводности, связанное с деформациями и содержащее два вида источников тепла – вследствие химической реакции и вследствие вязкой диссипации.

Для учета локальных структурных неоднородностей в реакционной среде в модели исходный плоский слой реагента разбивается на отдельные эквивалентные элементарные ячейки, в которых анализируются кинетические закономерности химических и фазовых превращений. Среднюю по объему скорость химических реакций находим путем интегрирования по объему (по всем ячейкам).

Задача решена численно. Исследования модели показали отчетливое влияние размеров ячеек и эволюции пористости на динамику процесса синтеза композиционного материала, а также изменение режимов развития реакции при изменении условий нагружения.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020, проект № 23.2.2