ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/137

СВЯЗАННАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА КОМПОЗИТА В РЕЖИМЕ ГОРЕНИЯ

Чумаков Ю.А., Князева А.Г.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия, Томск
chya@ispms.ru*

Физические явления, приводящие к формированию гетерогенной структуры материалов в процессе их синтеза, характеризуются разными пространственными и временными масштабами, однако оказывают влияние друга. Это относится и ко взаимовлиянию процессов деформирования, теплопереноса и химических реакций, а также к взаимодействию процессов на уровне отдельных частиц порошковых прессовок и процессов в прессовке в целом при высокотемпературном синтезе композиционных материалов.

В настоящей работе предлагается связанная модель процесса синтеза композита в режиме горения. Предполагается, что химические превращения, протекающие в смеси при достижении температуры плавления легкоплавкого компонента могут быть описаны двумя суммарными реакциями, одна из которых приводит к формированию материала упрочняющих частиц, вторая – к формированию матрицы. Подобная схема приемлема, например, при описании синтеза композитов из смесей Ti-Al-C; Ti-Al-B; Ti-Al-Fe₂O₃; Al-Fe₂O₃-Fe-Cr-Ni; Ti-Fe₂O₃-Nb и др. Аналогичные «упрощения» использованы и в классических работах по теории горения и взрыва [1,2]. Пример модели синтеза в режиме теплового взрыва с двумя суммарными реакциями содержится в [3]

Связанная математическая модель, предложенная в настоящей работе, включает уравнение теплопроводности, связанное с деформациями; систему двух уравнений химической кинетики; уравнения равновесия и реологические соотношения для вязкоупругого тела, в которых учитываются напряжения и деформации как термические, так и вызванные изменением состава (т.е., химические). Химические реакции принципиально могут протекать как в твердой, так и в жидкой фазах. Однако при участии твердых веществ реакции тормозятся либо диффузией через слой твердого реагента, либо диффузией через слой образовавшегося продукта. В макроскопических моделях это учитывается с помощью введения специальных кинетических функций, отражающих механизм реакции на микроуровне, а также за счет особого описания теплоемкости, изменяющейся в окрестности температуры плавления. При достижении температуры плавления изменяются и реологические свойства. Поскольку структура композита в любой момент времени не известна, то в модели использованы эффективные свойства, зависящие от доли реагентов и продуктов реакции, а также от пористости. Для оценки эффективных свойств использовали подходы, предложенные в теории спекания и механики композитов. Изменение пористости порошковой прессовки под действием внешнего нагружения также описывается кинетическим уравнением. Модель замыкают граничные и начальные условия: в начальный момент времени температура реагентов равна температуре окружающей среды, состав реакционной смеси задан, инициирование реакции осуществляется искрой, нагружение происходит в направлении распространения фронта реакции.

Задача решена численно. Расчеты содержат информацию о режимах распространения реакции, эволюции состава и свойств в процессе синтеза, а также о распределении компонент тензоров напряжений и деформаций.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020, проект № 23.2.3

1. Некрасов Е.А., Тимохин А.М. К теории теплового распространения волн многостадийных реакций, описываемых простыми брутто-схемами // ФГВ – 1986. – №4. – С.48–55
2. Боровиков М.Б., Гольдшлегер У.И. Об особенностях развития теплового взрыва при протекании последовательных реакций с эндотермической стадией // ФГВ – 1981. – №5. – С.106–112
3. Travitzky N., Fu Z., Knyazeva A., Janssen R., Nekludov D., Yin X., Greil P. Reactive Synthesis of Ceramic-Metal Composites // *Advanced Engineering Materials*. – 2018. – V. 20. – No 8. – 1800324