

УДК 531.3;542.9

КИНЕТИКА УПЛОТНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ КОМПАКТИРОВАНИИ

© 2011 г.

М.Ю. Орлов, В.А. Горельский, Ю.Н. Орлов

Томский госуниверситет

orloff_m@mail.ru

Поступила в редакцию 24.08.2011

Исследуются нелинейные физико-химические процессы в конденсированных средах (инертных и химически активных) в условиях прессования сухим способом порошкообразных материалов. Система уравнений, описывающая нестационарные пространственные адиабатические движения химически активной пористой среды, состоит из уравнений неразрывности, движения, энергии, изменения удельного объема пор и кинетического уравнения химических реакций.

Ключевые слова: керамика, порошки, математическая модель, химически активные среды, прессование, тепловыделяющие элементы, компактирование.

Введение

Изучение нелинейных физико-химических процессов в конденсированных средах (инертных и химически активных) в условиях прессования сухим способом порошкообразных материалов – одно из важных направлений исследований. Однако исследованиям поведения конденсированных химически активных систем при динамических нагрузках посвящены, как в России, так и за рубежом, в основном экспериментальные работы, а аналитические и численные исследования ограничиваются моделированием лишь в одномерной постановке.

Как показывает практика изготовления таблеток для тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) прямым их прессованием из порошков диоксида урана, полученных после осаждения и прокалики полиуратов аммония, восстановления до диоксида урана, структура исходных порошков может изменяться от партии к партии и заметно влиять на свойства таблеток. Качество получаемых таблеток зависит от морфологии и других свойств порошка. Большое влияние на готовую таблетку оказывают технологические приемы смешения, прессования, спекания порошка. Поскольку производство порошков полиуратов аммония неустойчиво по своей природе, эта нестабильность при сухом прессовании может приводить к невоспроизводимости свойств таблеток. Поэтому некоторые партии диоксида урана нуждаются в специальной подготовке перед прессованием таблеток. Следствием прессования жестких порошков

диоксида урана является образование поперечных микротрещин.

В качестве основного инструмента исследований использовался численный лагранжов метод конечных элементов, расчетная часть которого дополнена механизмами расщепления расчетных узлов и разрушения расчетных элементов. Оригинальность метода заключается в том, что он содержит новый способ выделения поверхностей разрыва сплошности материала, не накладывающий серьезных ограничений на решение динамических многоконтактных задач механики деформируемого твердого тела. Расчеты проведены для двумерного осесимметричного случая при помощи суперкомпьютера «СКИФ-Cyberia».

Результаты расчетов

На рис. 1 представлено распределение давления в образце (кГ/см^2). Образец сжимался до длины 11 мм.

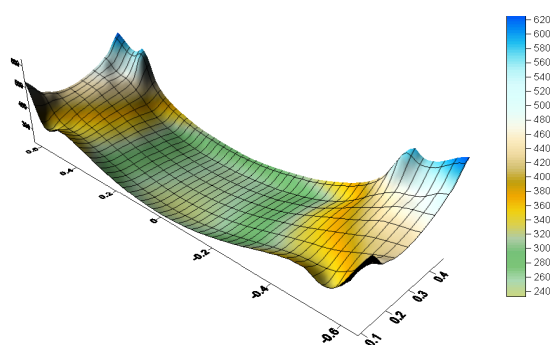


Рис. 1

На рис. 2 представлено распределение пористости в образце.

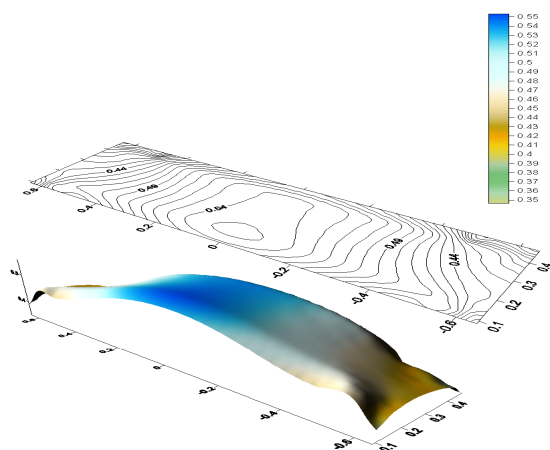


Рис. 2

Выводы

Создана многомерная многофазная математическая модель, описывающая основные физико-химические процессы, определяющие прессова-

ние таблеток, а также разработан алгоритм для численной реализации созданной математической модели процесса сухого прессования порошкообразного материала. Проведены параметрические расчеты, которые показали работоспособность компьютерной программы при заданных условиях прессования и позволили разработать рекомендации по оптимизации технологического процесса.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (шифр 2010-1.2.2 -111-017).

Список литературы

1. Горельский В.А., Зелепугин С.А. Математическое моделирование поведения пористых порошковых сред при высокоэнергетическом импульсном нагружении // Экстремальные состояния вещества / Под ред. В.Е. Фортова. М.: Изд-во ИВТАН, 1991. С. 291–297.
2. Удар-ОС1. Ударно-волновое нагружение конструкций. Осесимметричная задача / Ю.Н. Орлов, В.П. Глазырин, М.Ю. Орлов. Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ №2010610911 от 28.01.2010.

THE KINETICS OF COMPACTION OF CERAMIC POWDERS FOR HEATING ELEMENTS UNDER DYNAMIC COMPACTING

M.Yu. Orlov, V.A. Gorelsky, Yu.N. Orlov

Nonlinear physical and chemical processes in condensed media (inert and chemically active) in the conditions of dry pressing of powdery materials are studied. The system of equations describing non-stationary spatial adiabatic movements of a chemically active porous medium consists of equations of indissolubility, movement, energy, change of specific volume of pores and a kinetic equation of chemical reactions.

Keywords: ceramics, powders, mathematical model, chemically active environments, pressing, heat elements, compacting.