

**НАУЧНОЕ, ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
«ТамбГТУ-ИСМАН (г. ЧЕРНОГОЛОВКА)»
В ОБЛАСТИ ТВЕРДОФАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ***

С.И. Дворецкий, Г.С. Баронин, А.М. Столин, В.П. Таров

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»; Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Москва

Рецензент С.В. Мищенко

Ключевые слова и фразы: высокотемпературный синтез; нанокристаллические материалы; научные исследования; твердофазная экструзия.

Аннотация: Дана позиция развития научных исследований по приоритетным направлениям в области новых твердофазных химических наукоемких технологий и подготовки кадров высшей квалификации на основе интеграции университетов с академическими институтами.

Целью данного проекта является развитие научных исследований по приоритетным направлениям в области новых твердофазных химических наукоемких технологий и подготовки кадров высшей квалификации на основе интеграции университетов с академическими институтами.

Основные задачи проекта:

- организация и выполнение научных исследований студентами, аспирантами и молодыми специалистами в области твердофазных технологий;
- разработка физико-материаловедческих и реологических принципов управления формированием микроструктуры керамических и композиционных материалов.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНП 2.2.1.1.5355.

Дворецкий С.И. – доктор технических наук, профессор, директор Технологического института, заведующий кафедрой «Технологическое оборудование и пищевые технологии», проректор по научной работе ТГТУ; Баронин Г.С. – доктор технических наук, профессор кафедры «Теория машин механизмов и детали машин» ТГТУ; Столин А.М. – доктор физико-математических наук, профессор Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН), г. Москва; Таров В.П. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии машиностроительных производств» ТГТУ.

онных материалов при их высокотемпературном деформировании в условиях твердофазной экструзии;

- исследование возможности получения нанокристаллических материалов методом твердофазной экструзии;

- получение студентами дополнительной квалификации в области менеджмента и коммерциализации твердофазных технологий;

- расширение международных контактов с ведущими университетами мира с целью совместной организации научного и образовательного процесса для повышения квалификации и уровня подготовки специалистов;

- подготовка специалистов высшей квалификации на базе аспирантуры и докторантуры ИСМАН, переподготовка и повышение квалификации специалистов, а также стажировка в лабораториях НОЦ «ТамбГТУ – ИСМАН»;

- проведение Всероссийской школы-семинара по структурной макрокинетике для молодых ученых, аспирантов и студентов;

- создание профильных классов в общеобразовательных школах г. Черноголовка и г. Тамбова с профориентацией по направлениям подготовки специалистов в ТамбГТУ и ИСМАН, привлечение школьников к научным исследованиям.

Фундаментальная значимость проекта. Научный интерес к проблеме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в условиях силовых воздействий вызван стремлением рассмотреть фундаментальные аспекты взаимно связанного протекания процессов горения и высокотемпературного деформирования. В этих условиях тепловая теория горения уже неприемлема и возникает настоятельная необходимость создания новой феноменологической теории, учитывающей влияние высоких термических напряжений и структурных дефектов на процессы горения. Данное исследование относится к критической технологии РФ «Технология создания и обработки композиционных и керамических материалов».

Как известно, порошки тугоплавких соединений являются хрупкими и труднодеформируемыми, отсутствие пластичности как при комнатных, так и при повышенных температурах резко ограничивает и технологические приемы изготовления из них изделий, повышение пластичности этих материалов возможно за счет перевода их в сверхпластическое состояние. Необходимым условием перехода в сверхпластическое состояние при этом является наличие стабильной микроструктуры с субмикронными размерами зерен. Традиционные керамические материалы обычно имеют размеры зерен 1...10 мкм. Важной фундаментальной проблемой является разработка физико-химических принципов управления структурообразованием в керамике в процессе ее синтеза с целью получения субмикронной структуры.

Практическая значимость проекта. Методы твердофазной экструзии дают возможность прямого получения изделий из хрупких труднодеформируемых материалов. В этих процессах проявляется их малоизученное свойство – способность к пластическому деформированию. Преимущества процесса СВС в условиях пластической и сверхпластической деформации для формирования изделий по сравнению с другими технологиями очевидны. Сам процесс происходит за десятки секунд (вместо ча-

сов). При этом технология существенно упрощается, и отпадает необходимость в сложном и дорогом оборудовании. Предложенный процесс относится к экологически чистым энерго- и ресурсосберегающим методам производства, поскольку не сопровождается загрязнением среды, отсутствуют отходы производства, исключается внешний нагрев. Это все делает привлекательным использование предлагаемого процесса для получения изделий из многих тугоплавких соединений, таких как керамические и композиционные материалы, твердые сплавы, полимерные композиты и др. Можно надеяться, что этот технологический процесс найдет большое применение в будущем.

В научно-образовательном центре будут разрабатываться технологические основы новых методов твердофазной экструзии для получения композиционных органических и неорганических материалов и готовых изделий. Важным моментом в разработке и усовершенствовании этих методов является понимание условий уплотняемости и формуемости материалов при различных механических воздействиях. При этом предполагается выявить условия появления повышенной пластичности и сверхпластичности материалов при наличии определенных температурно-скоростных условий.

Планируется проведение теоретических и экспериментальных исследований деформационных явлений и эффектов, а также макрокинетики и структурообразования в системах на основе TiB, TiC, TiSi, MoSi₂ различными методами СВС-экструзии. Характерный температурный диапазон формования материалов при протекании этих процессов весьма широк: от температуры горения до температуры рекристаллизации, поэтому они относятся к горячим методам обработки. Однако сами условия проведения технологических процессов необычны: короткое время (1...10 с), высокие температуры и чрезвычайно большие скорости нагрева исходных компонентов (до $2 \cdot 10^4$ °C/с). Все это обуславливает принципиальные различия в механизмах и динамике структурообразования и ставит новые задачи в области физического материаловедения.

Планируется разработка математических моделей процессов высокотемпературного деформирования и горения композитных порошковых материалов с учетом их реального реологического поведения. На основе математического моделирования будут объяснены причины и условия наступления известных экспериментальных явлений и эффектов, наблюдаемых в технологии СВС-компактирования: дефектообразования на поверхности образцов, «разбухание» выдавленной части материала и закупорка формирующей матрицы при СВС-экструзии, недоуплотнение и перепрессовка при СВС-прессовании, измельчение зерна при механических воздействиях на материал и прочее. Будут разработаны физические тепловые и реодинамические модели высокотемпературного деформирования продуктов горения, с учетом их реального реологического поведения в условиях сочетания процессов СВС и пластического течения. В результате выполнения этой части проекта предполагается изучить влияние тепловых, реодинамических и структурных факторов на возможность пластического и сверхпластического деформирования керамических и композиционных

материалов (не только нанокристаллических), полученных методами твердофазной экструзии.

Поддержка молодых ученых и студентов. Согласно новым концепциям реформирования профессионального высшего образования в нашей стране коренным образом должна измениться подготовка специалистов высшей квалификации по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники. Мировой опыт развития науки и образования показывает, что удовлетворение этим требованиям достигается тесной интеграцией университетов с академическими и отраслевыми секторами науки, проведением фундаментальных и прикладных исследований с подготовкой научных кадров, а также взаимодействием научно-образовательных структур с административными органами региона и федеральных структур. Примером такой интеграции является сотрудничество в области образования, науки и подготовки кадров между ИСМАН и ТГТУ, оформленное в виде долгосрочного договора. Согласно этому договору ТГТУ направляет для выполнения магистерских и кандидатских диссертаций своих студентов и аспирантов в ИСМАН, создана научно-образовательная лаборатория (НОЛ «Твердофазные технологии»), в задачи которой входит разработка и организация учебного процесса для студентов и аспирантов в системе профессионального образования, организация и выполнение фундаментальных и прикладных исследований на мировом уровне студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми специалистами по новым наукоемким технологиям.

В Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН ведется обучение специалистов в области новых химических технологий. Построено комфортабельное общежитие для студентов и аспирантов на 30 мест с тремя лекционными залами. Ведущие ученые ИСМАНа, обладая большим опытом исследовательской и преподавательской работы, читают лекции по общей и структурной макрокинетики, теории горения и детонации, по самораспространяющемуся высокотемпературному синтезу, химии и технологии органических и неорганических материалов, автоволновым процессам в нелинейной динамике, математическому моделированию, физическому и техническому материаловедению и др. ИСМАН накопил значительный опыт создания малых предприятий и организации их деятельности.

ИСМАН регулярно, начиная с 1991 года, проводит в разных странах международные симпозиумы по СВС с участием молодых ученых. Начиная с 2003 года, проведены три Всероссийские школы-семинары по макрокинетики для молодых ученых, в 2005 году проведена Международная Школа-конференция по инновационному пути развития науки и техники, в 2006 году проведена конференция «Научные школы Черногловки – молодежи». Эти научные мероприятия играют важную организующую и направляющую роль в изучении проблем, касающихся новых твердофазных химических технологий.

План образовательной деятельности. Организация и совершенствование образовательного процесса в НОЦ «ТамбГТУ – ИСМАН» проводится в НОЛ ТГТУ «Твердофазные технологии», в лаборатории математического моделирования твердофазных процессов, в других специализиро-

ванных лабораториях вуза, а также в лабораториях ИСМАН РАН (г. Черногловка) с параллельным проведением теоретических и экспериментальных исследований по теме проекта. Результаты исследований, полученные с широким привлечением студентов, магистрантов, аспирантов и молодых специалистов по наукоемким твердофазным технологиям будут положены в основу следующих новых образовательных программ: «Реология в твердофазных технологиях», «Твердофазные химические технологии полимеров и композитов», «СВС-технология», «СВС-экструзия», «Математическое моделирование СВС-процессов и твердофазной экструзии», «Общая структурная макрокинетика», «Структурная макрокинетика процессов СВС», «Механика процессов горячего прессования порошковых материалов» по направлениям: 240800 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 150400 «Технологические машины и оборудование» и др.

Scientific, Organizational and Methodical Support of Research Educational Center “TambSTU-ISMAN (Chernogolovka)” in the Area of Solid Phase Technologies

S.I. Dvoretzky, G.S. Baronin, A.M. Stolin, V.P. Tarov

*Tambov State Technical University, Tambov;
Institute of Structural Micro-Kinetics
and Material Science Problems, Moscow*

Key words and phrases: high temperature synthesis; nanocrystalline materials; scientific research; solid phase extrusion.

Abstract: Priority directions of scientific research in the area of new solid phase advanced technologies and highly qualified staff training based on the integration of universities and academic institutions are presented.

© С.И. Дворецкий, Г.С. Баронин,
А.М. Столин, В.П. Таров, 2007