

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской
академии наук
(ИСМАН)**

**Отчет по основной референтной группе 7 Неорганическая химия, химия твердого
тела, материаловедение**

Дата формирования отчета: **18.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности науч- ных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструк- торские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

100. Научно-исследовательские подразделения Института.

101. Лаборатория № 1. Лаборатория горения дисперсных систем. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью создания научных методов управления процессами горения и воспламенения для решения практических задач по следующим темам:

1. Механизм воспламенения и горения гетерогенных систем «твердое – твердое», «твердое – газ».

2. Механизм воспламенения и горения гибридных систем (газовзвеси, совмещенные безгазовые и фильтрационные системы).

3. Макрокинетика воспламенения и горения газовых систем.

102. Лаборатория № 2. Лаборатория цепных гетерофазных процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью развития теории горения, а также совершенствования и разработки новых эффективных химических методов управ-



ления горением и взрывом газов в соответствии с запросами практики, прежде всего для обеспечения взрывобезопасности в шахтах и других стратегических объектах по темам:

1. Особенности химического механизма и кинетики процессов цепного воспламенения, горения, взрыва и детонации.

2. Химическое управление горением, взрывом и детонацией газов (ингибиторы, аэрозоли, присадки).

3. Гетерогенные реакции атомов и радикалов, ускоряющие горение.

103. Лаборатория № 3. Лаборатория каталитических процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования по темам:

1. Конструирование, теоретическое и экспериментальное исследование каталитических систем для получения базовых продуктов нефтехимии прямым окислением легких алканов – компонентов природного и попутного нефтяного газов.

2. Разработка и исследование катализаторов на основе СВС-материалов для процессов очистки газовых выбросов, синтеза углеводородов из ненефтяного сырья и ряда процессов нефтехимии и нефтепереработки.

104. Лаборатория № 4. Лаборатория нелинейных процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью изучения нелинейных процессов экзотермического превращения многофазных сред по темам:

1. Теоретическое и экспериментальное исследование процессов формирования пространственно неоднородных структур при экзотермическом превращении пористых конденсированных систем в условиях естественной и вынужденной фильтрации газов.

2. Математическое моделирование режимов горения с учетом масштабной неоднородности гетерогенных систем. Анализ процессов экзотермического волнового превращения в условиях гравитационного фазоразделения.

3. Разработка методов теоретического анализа нелинейных процессов, позволяющие предсказывать приближение бифуркации стационарного режима (катастрофы) сложной искусственной или природной системы по нарастанию мягких мод в спектре ее шумов.

105. Лаборатория № 5. Лаборатория жидкофазных СВС-процессов и литых материалов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью создания новых материалов с уникальными свойствами и технологий, основанных на горении, для решения практических задач по темам:

1. Горение гетерогенных систем термитного типа: химическая, фазовая и структурная динамика в волнах горения и пост-процессах; высокотемпературные гидродинамические (газодинамические) явления в волнах горения и пост-процессах; воздействие гравитации и давления на процессы, протекающие при горении; тепло- и массообмен продуктов горения с контактной средой.

2. Разработка опытных технологий: СВС-металлургия под давлением газа; центробежная СВС-металлургия; СВС-наплавка; СВС-пропитка пористых сред металлическими и оксидными расплавами; СВС-металлургия на основе рудного сырья и техногенных отходов.



3. Разработка новых материалов (литые тугоплавкие материалы): оксиды, оксинитриды, карбиды, бориды, силициды, композиционные материалы и сплавы; слоистые материалы и защитные покрытия; изделия различной геометрии (труб, стержней, гранул, пластин и т.д.).

106. Лаборатория № 6. Лаборатория ударно-волновых процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью создания новых веществ с уникальными физико-химическими свойствами, приобретаемыми благодаря использованию экстремальных условий ударно-волнового воздействия по темам:

1. Ударно-волновые воздействия на химически реагирующие вещества, ударно-волновой и детонационный синтез.

2. Консолидация дисперсных материалов с использованием динамических и квазистатических давлений.

3. Поведение металлов и сплавов в ударных волнах. Механизм образования химической (металлической) связи и структурные превращения на границе раздела при сварке металлов взрывом.

107. Лаборатория № 7. Лаборатория пластического деформирования материалов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью создания новых материалов и изделий различного функционального назначения по темам:

1. Влияние механических воздействий на процессы и продукты горения, структурная механика в процессах высокотемпературного деформирования композиционных материалов, реология порошковых материалов.

2. Теория и практика твердофазных процессов экструзии, прессования и штамповки композиционных материалов; математическое моделирование твердофазных технологических процессов.

3. СВС-экструзия новых материалов и изделий различного функционального назначения и их практическое применение.

108. Лаборатория № 8. Лаборатория физического материаловедения. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования по темам:

1. Исследование структуры и физико-механических свойств неорганических материалов, получаемых в процессах горения и взрыва.

2. Исследование особенностей диффузии и закономерностей развития диффузионных процессов при получении неорганических материалов в процессах горения и взрыва.

3. Разработка физических методов, использующих процессы горения и взрыва, для решения прикладных задач.

4. Разработка новых методов исследования свойств неорганических материалов.

109. Лаборатория № 9. Лаборатория энергетического стимулирования физико-химических процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью выяснения закономерностей процессов синтеза и формирования структуры керамических композиционных материалов с высокими физико-механическими свойствами по темам:



1. Энергетическое стимулирование химического взаимодействия в гетерогенных системах.

2. Горение гетерогенных систем в условиях квазистатического сжатия.

3. Электротепловой взрыв в гетерогенных системах в условиях квазистатического сжатия. Механизм и макрокинетика высокотемпературных быстропротекающих процессов в гетерогенных системах.

4. Создание керамических композиционных материалов с использованием процессов горения и электротеплового взрыва.

110. Лаборатория № 10. Лаборатория химического анализа. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования по темам:

1. Химическое диспергирование, как способ выделения и очистки целевых соединений (в том числе, ультрадисперсных и наноразмерных) из продуктов СВС.

2. Разработка методик химического анализа для вновь синтезируемых соединений.

3. Исследование состава газовой фазы после синтеза материалов для выяснения влияния условий процесса на состав конечных соединений.

4. Исследование позиционирования кислорода в тугоплавких порошках.

111. Лаборатория № 11. Лаборатория опытного СВС-оборудования и стандартизации. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью разработки и создания новых материалов с использованием горения и взрыва на основе существующего и нового оборудования по темам:

1. Разработка нестандартного оборудования, электронных устройств и приборов для изучения процессов горения и взрыва, изготовление, испытание и авторский надзор за их работой.

2. Разработка и стандартизация научно-технической документации на инновационные процессы, продукты, оборудование и методики контроля, содействие проведению их сертификационных испытаний.

3. Разработка технологии наноструктурированных порошков титана и исследование возможности их применения для создания новых перспективных материалов методом СВС.

4. Калориметрические исследования процессов горения и СВС-процессов.

112. Лаборатория № 12. Лаборатория макрокинетики процессов СВС в реакторах. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью получения новых знаний о процессах горения и происходящих при этом физико-химических превращениях веществ с последующим использованием накопленных знаний для решения практических задач по темам:

1. Экспериментальная диагностика процессов СВС в реакторах.

2. Изучение механизма и закономерностей формирования в режиме горения состава и структуры сложных многокомпонентных соединений, в том числе при высоких газовых давлениях.



3. Разработка теоретических основ и построение физико-химических моделей процессов СВС с привлечением методов математического моделирования.

113. Лаборатория № 13. Лаборатория динамики микрогетерогенных процессов. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью изучения механизмов высокотемпературных реакций и создания наноструктурных реакционных материалов на основе новых высокопроизводительных методов по темам:

1. Экспериментальное и теоретическое исследование динамики процессов в реагирующих гетерогенных средах на уровне микроструктуры, наноструктуры и атомной (кристаллической) структуры в волне СВС и в других экстремальных условиях.

2. Определение взаимосвязи локальных (микроструктурных) и глобальных (макро) процессов при твердопламенном горении, развитие микрогетерогенной теории горения и ее приложений для управления процессом горения и для синтеза материалов.

3. Разработка новых, высокопроизводительных методов получения наноструктурных реакционных материалов, с использованием механического структурирования и других методов. Определение основных характеристик безгазового горения энергетических материалов, полученных новыми методами.

114. Лаборатория № 14. Лаборатория СВС. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью создания высокотемпературной коррозионностойкой керамики нового поколения и высокоэффективных технологий, способных производить импортозамещающие важные для практического использования СВС-продукты по темам:

1. Исследование химического механизма, закономерностей процесса горения, механизма структуро- и фазообразования порошкообразных СВС-соединений, в том числе ультрадисперсных и наноразмерных неметаллических и металлоподобных карбидов, боридов, нитридов, оксинитридов, силицидов металлов и неметаллов и других тугоплавких соединений.

2. Получение сложных композитов из тугоплавких соединений в виде компактных и пористых материалов и изделий в «размер», в том числе с заданной структурой, наноструктурированных и дисперсоупрочненных методом «прямого» синтеза при горении смесей реагентов в инертном или реагирующем газе высокого давления (≤ 300 МПа), или в вакууме.

3. Разработка высокоэффективных опытных СВС-технологий наиболее востребованных порошкообразных, компактных материалов и изделий, включая разработку технологической документации.

115. Лаборатория № 15. Лаборатория рентгеноструктурных исследований. Лаборатория ведет фундаментальные и прикладные исследования с целью разработки физико-химических основ управления высокотемпературными процессами, в том числе, процессами горения и взрыва на основе создания уникальных дифракционных методик и оборудования для изучения механизмов быстропротекающих материалообразующих процессов в экстремальных условиях по темам:



1. Структурные факторы процессов горения и синтез материалов.
2. Динамика химических, фазовых и структурных превращений при горении гетерогенных сред в условиях силового воздействия.
3. Химические и структурные превращения веществ и материалов в условиях динамических и квазистатических давлений.

201. Отдел патентования и лицензирования. Выявление и учет результатов интеллектуальной деятельности Института: выявление и защита изобретений; защита товарных знаков; защита полезных моделей; подготовка международных заявок на патентование; проведение патентных исследований с целью выявления уровня техники, тенденций развития, патентной чистоты; подготовка обзоров по темам института. Проведение патентных исследований по интересующей тематике. Рекламно-выставочная деятельность и пропаганда достижений Института.

401. Отдел главного инженера. Обеспечение правильной эксплуатации инженерного оборудования, ремонтно-строительные работы, проведение мероприятий по эффективному и рациональному использованию электроэнергии, тепловой энергии и воды. Создан в 2015 году по решению Ученого Совета ИСМАН для оптимизации работы технических служб института путем реорганизации эксплуатационных подразделений.

402. Группа измерительной и компьютерной техники. Обеспечение работоспособности различных приборов и установок, средств компьютерной техники; учет, прием и выдача измерительной и другой аппаратуры.

403. Отдел связи. Обеспечение телефонной связью всех структурных подразделений Института. Выполнение работ по обслуживанию телефонных коммуникаций, абонентских устройств. Ремонт и профилактика средств связи.

404. Хозяйственный отдел. Хозяйственное, материально-техническое и социально-бытовое обслуживание Института. Содержание в надлежащем состоянии зданий и помещений Института.

405. Гараж. Обеспечение структурных подразделений Института транспортными средствами.

406. Охрана. Контроль за входом и выходом лиц на территорию Института, за ввозом и вывозом материальных ценностей, а также въездом и выездом транспорта.

407. Опытно-механический цех. Изготовление заказов, поступающих от научных и хозяйственных подразделений Института.

412. Бюро приборов. Учет всех имеющихся приборов, устройств, средств измерений, электронной техники и аппаратуры. Хранение временно неиспользуемых приборов, устройств, электронной техники и аппаратуры. Проведение инвентаризации приборного парка Института. Обеспечение института различными работами по приборной тематике. Периодическая инвентаризация и списание драгметаллов.



501. Дирекция. Организация и управление деятельностью Института. Контроль за проведением фундаментальных, прикладных и поисковых научных исследований. Организация и управление финансово-хозяйственной деятельностью Института.

502. Ученый секретариат. Разработка и подготовка планов НИР, отчетов о выполнении планов НИР и государственных заданий, осуществление оперативного контроля выполнения поручений вышестоящих органов, решений Ученого совета и Дирекции в части научной и научно-организационной деятельности Института. Регистрация научных тем государственных заданий, контрактов, грантов. Организация работы аспирантуры Института. Организация и делопроизводство заседаний Ученых советов Института. Перевод научной, технической и другой специальной литературы и документации, а также материалов по переписке с зарубежными организациями. Техническое обеспечение научных и тематических семинаров Института. Подготовка приказов о зарубежных командировках сотрудников. Регистрация и оформление сопроводительных документов для направления работ в печать.

503. Планово-экономический отдел. Экономическое планирование в Институте, направленное на организацию рациональной хозяйственной деятельности с целью достижения наибольшей экономической эффективности. Совершенствование организации труда, форм и систем заработной платы, рационального использования трудовых ресурсов и правильного расходования фонда заработной платы.

504. Бухгалтерия. Контроль за целесообразным и рациональным расходованием бюджетных средств. Ведение бухгалтерского учета. Формирование полной и достоверной отчетности о деятельности Института и информации об имущественном положении.

505. Отдел кадров. Обеспечение Института кадрами специалистов, рабочих и служащих. Учет личного состава. Ведение военно-учетной работы и бронирование сотрудников. Оформление документов для сотрудников, выходящих на пенсию. Ведение отчетности для ФАНО, Центра занятости населения, Отдела статистики, Военкомата.

506. Контрактная служба. Осуществление закупок товаров, услуг и работ. Планирование закупок, проведение аукционов.

507. Служба охраны труда. Учет и анализ состояния и причин производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Организация и проведение аттестации рабочих мест по условиям труда, проведение оценки состояния оборудования, приборов и механизмов. Организация медицинских осмотров, расследование несчастных случаев на рабочих местах.

508. Первый отдел. Ведение секретного делопроизводства и секретной технической документации в Институте. Разработка мероприятий, направленных на сохранность секретных документов и предотвращение разглашения и утечки секретной информации. Отбор документов, дел и материалов на уничтожение, утративших практическое значение и не имеющих ценности, а также передача дел в архив.



509. Канцелярия. Делопроизводственное обслуживание переписки в Институте. Прием и регистрация входящей корреспонденции, а также оформление и отправка исходящей корреспонденции. Регистрация приказов, распоряжений по Институту.

511. Отдел документации имущественного комплекса. Учет и регистрация имущества, находящегося на балансе Института. Ведение реестра федерального имущества. Взаимодействие с ТУ Росимущества в Московской области по управлению земельным участком Института. Представление ежегодной отчетности по результатам инвентаризации.

513. Группа компьютерных сетей. Разработка ИТ-инфраструктуры Института. Монтаж сети. Обеспечение доступа к интернет и к сетевым ресурсам общего пользования из компьютерной сети института. Установка и конфигурирование программного обеспечения (ПО) на серверах. Установка и конфигурирование клиентской части программного обеспечения на рабочие станции. Администрирование серверов: Web (сайта института), FTP (файлового), Mail (почтового), DNS (доменных имен), DHCP (автоматической конфигурации сетевых настроек рабочих станций), Proxu (сервер доступа к интернет, защиты сети от внешнего доступа), Dialup (удаленного доступа), бухгалтерского (1С, Консультант Плюс), а так же активного сетевого оборудования. Оптимизация работы сети. Обеспечение безопасности и защиты информации компьютерной сети института. Подготовка рекомендаций руководству института по приобретению программного обеспечения и компьютерной техники, необходимых для функционирования компьютерной сети института. Поддержка и обновление веб-сайта института. Организация и поддержка веб-страниц подразделений института в рамках веб-сайта института (По согласованию с руководителями этих подразделений). Организация и поддержка персональных веб-страниц сотрудников института в рамках веб-сайта института.

514. Штаб гражданской обороны. Составление планов и проведение мероприятий по гражданской обороне. Предоставление убежищ и средств индивидуальной защиты. Поддержание в состоянии постоянной готовности к использованию защитных сооружений.

515. Отдел международных связей. Организация международного сотрудничества в области фундаментальных и прикладных исследований и инновационной деятельности ИСМАН, совместной с зарубежными организациями, фирмами и университетами. Организация, подготовка и проведение международных научных форумов (симпозиумов EPNM и СВС), содействие участию в этих форумах научных сотрудников Института.

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Лаборатории Института оснащены оборудованием и приборами, позволяющими вести исследования по профилю Института на современном уровне, однако для сохранения высокого уровня исследований требуется постоянное обновление приборного парка. В связи с этим, можно выделить пять основных задач Реализуемых в ИНСТИТУТЕ:

2.1. С целью разработки физико-химических основ управления высокотемпературными процессами, в том числе, процессами горения и взрыва, необходимо создать новые мето-



дики и оборудование для изучения кинетики и механизмов быстропротекающих процессов в экстремальных условиях.

2.2. С целью достижения оптимальных свойств продуктов горения необходимо развить методологию и экспериментальную базу для разработки приемов управления структурой продуктов.

2.3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) порошковых неорганических материалов, в том числе наноразмерных, с уникальными свойствами требует создания новых экспериментальных методик и оборудования для управления размером частиц в процессе синтеза, а также в процессе переработки продуктов синтеза физико-химическими методами.

2.4. Получение передовых композиционных и керамических материалов с уникальными свойствами методом автоволнового высокотемпературного синтеза в условиях силового воздействия требует создания нового современного высокопроизводительного роботизированного оборудования (высокотемпературные реакторы до 40000С, центробежные установки до 10000 g, оборудование для прессования до 10000 т).

2.5. Исследование химических и структурных превращений веществ и материалов при ударно-волновых воздействиях имеет своей целью получение новых материалов и модифицирование их свойств для достижения высоких эксплуатационных и функциональных характеристик. Это ставит задачи совершенствования и развития базы для проведения взрывных работ исследовательского и опытно-технологического характера (взрывные купола и камеры).

1. Научное оборудование различного назначения и масштаба (основное и дорогостоящее)

1.1. Рентгеновский микроанализатор JCXA-733 «Superprobe», JEOL, Япония

Electron probe X-Ray Microanalyser JCXA-733 JEOL «Superprobe» INCA Energy SEM 300 Microanalysis System

Система энергодисперсионного микроанализа INCA Energy SEM 300, Oxford Instrument. Разрешение 133 эВ при 5,9 keV (Mn), анализируемые элементы с 5В до 92U. Разрешение во вторичных электронах в режиме SEI 7 нм, увеличение 40 – 360000, ток зонда 10-12–10-5А, ускоряющее напряжение 1 – 50 кВ, анализируемые элементы 5В – 92U.

Возможности прибора:

- изображение во вторичных электронах (режим SEI);
- изображение в отражённых электронах (режимы COMPO, TOPO);
- изображение в характеристическом рентгеновском излучении (режим X-Ray);
- Качественный и количественный элементный анализ с 5В до 92U с помощью стандартных спектрометров и с помощью энергодисперсионного спектрометра (экспресс-анализ)

o в точке 5 – 100 мкм²

o с площади max ≈ 0,5 см²

o результаты в % весовых и % атомных.



- Профили распределения элементов (количественно и качественно) вдоль выбранной линии на образце, непрерывно и с заданным шагом.
- Распределение элементов по площади на выбранном участке образца, качественное и количественное. Получение изображения «Sameo+».
- Определение количества фаз, их размера и состава.
- Определение размера частиц порошков, состава порошков, состава отдельных частиц в порошках.
- Определение толщины покрытий, состава покрытий, профили распределения элементов.
- Сравнение спектров, полученных с разных участков образца при разных условиях.
- Запись спектров, изображений карт распределения элементов и линий сканирования в файлы различных форматов.

1.2. Автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп сверхвысокого разрешения Zeiss Ultra plus на базе Ultra 55, Германия (Zeiss Ultra plus Field Emission Scanning Electron Microscope)

Возможности прибора: исследование наноструктур порошков и массивных образцов.

Разрешение во вторичных электронах:

- 1 нм при 15 кВ при WD = 2 мм
- 1,7 нм при 1 кВ при WD = 2 мм
- 4,0 нм при 100 В при WD = 2 мм

Увеличение 12 – 1000000.

Ускоряющее напряжение 0,02 В – 30 кВ.

Ток зонда 4 пА – 20 нА.

Установленные детекторы:

- вторичных электронов внутрилинзовый In-Lens
- вторичных электронов боковой SE2
- отражённых электронов с селекцией по углу выхода AsB (изображение COMPO, TOPO). Композиционный контраст.
- отражённых электронов с селекцией по энергии выхода EsB. Фазовый контраст.

Система микроанализа INCA Energy 350 XT фирмы Oxford Instruments. Разрешение 123,84 эВ FWHM при 5,895 кэВ (Mn). Количественный анализ 5В – 94Pu. Анализ в точке, анализ вдоль произвольно заданной линии, анализ по произвольно заданной площади, анализ по массиву точек, построение карт распределения элементов по поверхности образца, идентификация фаз.

1.3. Сканирующий электронный микроскоп LEO 1450 VP, Carl Zeiss, Германия Укомплектован приставкой энерго-дисперсионного анализа INCA 300 Oxford Instruments.

1.4. Методики травления и напыления:

1.4.1. JEE-4X Vacuum Evaporator, JEOL, Япония



Вакуумный испаритель JEE-4X используется для подготовки образцов для электронной микроскопии и микроанализа и нанесения тонких проводящих покрытий металлов и углерода на поверхность диэлектрических образцов методом термического распыления в вакууме.

1.4.2. Fine coat Ion sputter JFC 1100, JEOL, Япония

Прибор для чистки поверхности и катодного напыления образцов в аргоне.

1.4.3. SC7620 Mini Sputter Coater, Carl Zeiss, Германия

Установка для напыления тонких проводящих металлических и углеродных покрытий на образцы для SEM методом катодного распыления в среде аргона. Толщина покрытий может быть 50 – 300 А, но обычно используется 1 – 20 нм.

1.5. Инвертированный универсальный металлографический микроскоп Axiovert 200 MAT/M

• Методы исследования: светлое поле, темное поле, ДИК и С-ДИК, поляризация, люминесценция

- Системы увеличения изображения: система «Оптовар» 1,6x и 2x
- Объективы Эпи-План Неофлюар от 1,25x до 100x
- Окуляры: 10x/25; 16x/16
- Комплект измерительных сеток и шкал
- Галогенная лампа со стабилизированным блоком питания (12В 100Вт)
- Моторизованный вариант микроскопа
- 4 выхода для установки фото-видеосистем (бинокулярная насадка с фото/видеовыходом, фронтальный выход, дополнительные выходы справа и слева)
- компьютер, набор программ обработки изображения.

1.6. Масспектрометр TOF-SIMS 5 фирмы “IONTOF” (Germany)

Время-пролетный масс-спектрометр для химического анализа поверхности материалов TOF-SIMS представляет подробную информацию на атомном и молекулярном уровнях о состоянии поверхности образцов, тонких слоев, пленок, а также 3-х мерного анализа образцов.

1.7. Универсальная испытательная машина Instron-1195, Instron Ltd., Великобритания

Применяется для измерений силы и изменений линейных размеров образцов при механических испытаниях металлов, пластмасс, резины, дерева, целлюлозы, бумаги и других материалов на растяжение и сжатие.

Проведение механических испытаний металлов, сплавов композиционных материалов на изгиб, растяжение и сжатие при комнатной и повышенных температурах.

- диапазон нагрузок 0,1 — 10 000 кгс
- скорость нагружения 0,05 — 5000 мм/мин
- циклическое нагружение по программе
- экстензометр электронный 10, 25 мм
- регистрация на ПК.



1.8. Твердомер TP5014-01, предназначенный для измерения твердости по методу Роквелла металлов и сплавов, Россия

Прибор TP 5014-01 дополнительно имеет автоматическое приложение основной нагрузки и математическую обработку и разбраковку результатов измерения. Прибор предназначен для измерения твердости по методу Роквелла металлов и сплавов по ГОСТ 9013, пластмасс, графита и электрографита. Прибор позволяет измерять твердость в соответствии с ИСО 6508, ДИН 50103 и АСТМ Е 18.

1.9. Универсальный твердомер ИТ 5010-01, предназначенный для измерения твердости металлов и сплавов по методам Виккерса и Бринелля с электронной отсчетной системой

1.10. Лазерный анализатор размера частиц «Микросайзер-201С», Россия

Диапазон размеров частиц:

- Для модели 201С - 0.2-600 мкм
- Источник излучения - He-Ne лазер
- Детектор - Фотодиодная матрица
- Количество каналов регистрации - 38
- Система подготовки образца
- Ультразвуковой диспергатор

1.11. Прибор СОРБИ – М предназначен для измерения удельной поверхности дисперсных и пористых материалов, Россия

Прибор СОРБИ – М для измерения удельной поверхности дисперсных и пористых материалов путем сравнения объемов газа-адсорбата, сорбируемого исследуемым образцом и стандартным образцом материала с известной удельной поверхностью. Измерение удельной поверхности проводится по 4-х точечному методу БЭТ. В качестве газа-адсорбата в данной модификации используются азот газообразный ГОСТ 9293-74 (особой чистоты, объемная доля не менее 99,999 %) или аргон газообразный по ГОСТ 10157-79 (высший сорт, объемная доля не менее 99,993 %). В качестве газа-носителя — газообразный гелий высокой чистоты по ТУ 0271-001-45905715-02 (марка 60, объемная доля не менее 99,9999 %).

1.12. Установка для измерения электропроводности проводящих материалов, ИСМАН
Измерения проводятся на постоянном токе по стандартной 4-х точечной схеме в вакууме $\sim 1 \times 10^{-5}$ мм.рт.ст.

- диапазон рабочих температур 300–1300 К
- размеры образца 1–2 x 1–2 x 15–20 мм

Полученные данные сохраняются на РС с последующей обработкой.

1.13. Порошковый рентгеновский дифрактометр ARL X'TRA, Basic X'TRA System with Peltier Detector, Швейцария

- качественный и количественный анализ
- уточнение атомных структур в диапазоне от 20 до 1600 °С на воздухе или в атмосфере инертного газа и до 2300 °С в вакууме



- локализация анализа (с помощью точечного коллиматора до 500 мкм).

1.14. Экспресс-анализатор азота АМ-7716П, Россия

Диапазон измерения, % масс. 0,001-0,2

Дискретность показаний, % масс. 0,0001

1.15. Автоматизированный газовый хроматограф 4-го поколения "Кристаллюкс-4000М", Россия

1.16. Атомно-силовые микроскопы СММ-200 и СММ-2000, Россия

1.17. Установка время-разрешающего дифракционного анализа (Time-Resolved X-Ray Diffraction, TRXRD), ИСМАН.

Позволяет проводить исследования эволюции материала в процессе горения и при нагреве в реальном времени и регистрировать изменения фазового состава и агрегатного состояния материала.

1.18. Аппараты рентгеновский ДРОН – 3М.

Для проведения рентгенофазового анализа.

2. Распределенный Центр Коллективного Пользования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук (РЦКП ИСМАН) создан с целью улучшения обеспечения выполнения фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области:

- общая и структурная макрокинетика процессов горения и взрыва;
 - самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС);
 - синтез и модификация материалов в условиях высоких динамических давлений;
 - управление процессами горения и взрыва, химическая энергетика
- и с целью совершенствования существующего в ИСМАН методического принципа.

Одной из основных задач РЦКП ИСМАН является повышение эффективности совместного использования имеющегося уникального аналитического, испытательного и технологического оборудования, необходимого для решения научных задач, определенных приоритетным направлением развития науки, технологий и техники РФ.

В состав Распределенного центра коллективного пользования ИСМАН (РЦКП ИСМАН) входят:

1. Группа сканирующей электронной микроскопии Лаборатории физического материаловедения;

2. Группа общего рентгеноструктурного анализа Лаборатории рентгеноструктурных исследований.

Область проводимых исследований РЦКП ИСМАН:

1. Проведение исследований в любых областях материаловедения (Автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп сверхвысокого разрешения Ultra Plus INCA ENERGY 350, Carl Zeiss; Рентгеновский микроанализатор JСХА-733 Superprobe, JEOL;



Сканирующий электронный микроскоп LEO 1450 VP, Carl Zeiss; укомплектованы системой микроанализа INCA Energy 350 XT фирмы Oxford Instruments).

2. Исследования структуры поверхности и элементного состава металлов, композитов, керамических материалов и др. Изображение поверхности. Определение элементного состава материалов.

3. Определение фазового состава поликристаллических образцов, исследование структуры аморфных, частично кристаллических и нанокристаллических материалов (порошковый рентгеновский дифрактометр ARL X'TRA, Basic X'TRA System with Peltier Detector).

4. Рентгенографическое определение ориентировки монокристаллических образцов.

5. Структурная характеристика различных материалов и изделий из них. Рентгеновская дифрактометрия поликристаллических и монокристаллических материалов и изделий из них.

6. Времяпролетная вторичная ионная масс-спектрометрия (Time of flight secondary ion mass spectrometry (TOF- SIMS)).

7. Исследования элементного и молекулярного состава поверхности, слоистых структур и межфазных границ, профилей легирования, получение трехмерных картин распределения элементов. Элементный анализ (от водорода до сложных молекул с массами до 10,000) поверхности металлов, полупроводников, диэлектриков, органических материалов, керамик, композиционных материалов.

8. Испытания механических свойств (Instron-1195). Изучение механических свойств материалов, испытания при различных условиях нагружения.

9. Измерение твердости и микротвёрдости по стандартным методикам.

3. Уникальные научные и технологические установки и стенды, имеющиеся в Институте:

- СВС-реактора с рабочим давлением до 250 атм, 15 единиц;
- СВС-реактор с рабочим давлением до 3000 атм, 1 единица;
- Пресс-реактора с предельным давлением 500 т , 4 единицы;
- Уникальный пресс-реактор с предельным давлением до 2000 т , 1 единица;
- Центробежные установки на перегрузку до 1000 g, 2 единицы;
- Технологическая центробежная установка на перегрузку до 350 g, 3 единицы;
- Установка для СВС-сварки тугоплавких материалов, 1 единица;
- Испытательно-демонстрационный стенд (детонационная труба) для изучения процессов горения, взрывов и детонации, 1 единица;
- Установка для натуральных испытаний и исследований подавления взрыва водородо-воздушных и метано-воздушных смесей объемом 4 м3 («КЕССОН»)
- Высокотемпературные вакуумные установки, 4 единицы;
- Исследовательский реактор для изучения макрокинетики СВС-процессов, 1 единица;
- Экспериментальные стенды для исследования процессов горения, 6 единиц;



- Уникальная установка динамической времяразрешающей рентгенографии, 1 единица;
- Пилотная установка для СВС-гидрирования металлов, 1 единица.
- Взрывные купола исследовательского назначения, рассчитанные на взрывы до 5 кг тротилового эквивалента.

Можно отметить следующие результаты, полученные в период 2013–2015 годов с использованием представленного оборудования:

1) Возможности оригинального СВС-оборудования (центробежных СВС установок) позволили впервые получить методами СВС-металлургии новый класс металлических материалов – высокоэнтропийных литых сплавов (ВЭС) с высоким содержанием Al (до 15 % вес.). Исследование структурных составляющих синтезированных ВЭС на сканирующем электронном микроскопе (Zeiss Ultra plus Field Emission Scanning Electron Microscope) показало, что сплав имеет композитную структуру, в котором матрица формируется из NiAl, а многочисленные нанодисперсионные составляющие формируются из твердого раствора на основе полиметаллического расплава. Выявленная структура не описана ранее в литературе и получена впервые. Показана перспективность метода СВС-металлургии для получения объёмных наноструктурных металлических материалов.

2) С использованием установки время-разрешающего дифракционного анализа (Time-Resolved X-Ray Diffraction, TRXRD) исследована динамика фазообразования диборида магния в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме теплового взрыва. На основе полученных данных предложен оптимальный режим и параметры синтеза функционального материала – MgB₂, являющегося сверхпроводником второго рода с критической температурой перехода T_c=39–40 К.

3) С использованием установки время-разрешающего дифракционного анализа (Time-Resolved X-Ray Diffraction, TRXRD) определены кристаллографические параметры впервые синтезированного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материала, содержащего MAX-фазу состава (Zr_{0.5}Ti_{0.5})₃AlC₂. Установлено, что данная фаза относится к гексагональной сингонии с пространственной группой P63/mmc и представляет собой твёрдый раствор со структурой, в которой атомы Ti и Zr расположены в металло-углеродном слое разупорядоченно, занимая в равных долях позиции 2a и 4f.

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена



6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

2 (выставка научных достижений и разработок Института; мемориальный кабинет академика А.Г. Мержанова)

В целях совершенствования рекламно-выставочной деятельности и пропаганды достижений Института работает постоянно действующая экспозиция разработок Института (количество предметов 300). Основу ее составляют образцы материалов, синтезированных непосредственно в лабораториях Института, и на различных промышленных предприятиях, сотрудничающих с Институтом, макеты, демонстрирующие СВС-технологии, рекламные проспекты и видеофильмы. Экспозиция постоянно пополняется новыми экспонатами, служит наглядным примером возможностей наших ученых и прекрасным учебным материалом для аспирантов, магистрантов, студентов и школьников.

31 июля 2014 года в ИСМАН состоялась церемония торжественного открытия мемориальной доски и мемориального кабинета в память о выдающемся российском ученом, организаторе и первом директоре Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, основоположнике научных направлений «структурная макрокинетика» и «самораспространяющийся высокотемпературный синтез» академике Александре Григорьевиче МЕРЖАНОВЕ. В настоящее время мемориальный кабинет – постоянная выставочная экспозиция (количество предметов – 100).

7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Институт проводит фундаментальные и прикладные научные исследования с целью совершенствования и создания новых энергосберегающих и экологически безопасных технологий. Энергосбережение, расширение сырьевой базы позволят снизить техногенную нагрузку на окружающую среду. Внедрение новых технологий и применение новых материалов повысят ресурс оборудования и качество продукции, выпускаемой предприятиями Московской области различных отраслей промышленности (машиностроение, авиакосмическая, судостроительная, нефтехимическая, атомная).

В рамках соглашения между Российским фондом фундаментальных исследований и Правительством Московской области молодыми сотрудниками Института в 2014–2016 годах выполнены исследования по проекту РФФИ «Разработка и получение методом СВС-экструзии новых многофункциональных электродных материалов для нанесения защитных покрытий на детали сельскохозяйственной техники» (общий объем финансирования 600 тыс. руб.). В результате выполнения проекта были разработаны физико-химические принципы управления структурообразованием электродных материалов в процессах горения и высокотемпературного пластического деформирования в контролируемых условиях, которые реализуются в методе СВС-экструзия. Полученные данные направлены



на увеличение эффективности применяемых электродных материалов для повышения прочностных свойств легированных поверхностей, в том числе деталей сельскохозяйственной техники.

В период 2013–2015 годы Институт выполнял совместные научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки с научными центрами и предприятиями Московской области (ОАО «Композит» г. Королев; ОАО «КНИИМ», г. Красноармейск Московской области; ФГУП ЦНИИмаш, г. Королев и др.).

8. Стратегическое развитие научной организации

Стратегия развития Института заключается в создании необходимых условий для проведения фундаментальных и прикладных исследований в соответствии с государственным заданием, планом научных исследований, а также тематическими программами, федеральными целевыми программами, международными программами и проектами, в которых Институт участвует, создании условий для повышения эффективности научных исследований.

Стратегия развития Института включает: определение основных мероприятий по развитию материально-технической базы Института по техническому перевооружению, реконструкции и новому строительству для повышения уровня научно-технических разработок, использование научного оборудования мирового уровня, совершенствование кадрового потенциала Института, создание основных объектов инфраструктуры, решение задач федеральных целевых программ, в которых он принимает участие.

Можно выделить пять основных задач, на решение которых направлены мероприятия, предусмотренные данной концепцией:

2.1. С целью разработки физико-химических основ управления высокотемпературными процессами, в том числе, процессами горения и взрыва, необходимо создать новые методики и оборудование для изучения кинетики и механизмов быстропротекающих процессов в экстремальных условиях.

2.2. С целью достижения оптимальных свойств продуктов горения необходимо развить методологию и экспериментальную базу для разработки приемов управления структурой продуктов.

2.3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез порошковых неорганических материалов, в том числе наноразмерных, с уникальными свойствами требует создания новых экспериментальных методик и оборудования для управления размером частиц в процессе синтеза, а также в процессе переработки продуктов синтеза физико-химическими методами.

2.4. Получение передовых композиционных и керамических материалов с уникальными свойствами методом автоволнового высокотемпературного синтеза в условиях силового воздействия требует создания нового современного высокопроизводительного роботизи-



рованного оборудования (высокотемпературные реакторы до 40000С, центробежные установки до 10000 g, оборудование для прессования до 10000 т).

2.5. Исследование химических и структурных превращений веществ и материалов при ударно-волновых воздействиях имеет своей целью получение новых материалов и модифицирование их свойств для достижения высоких эксплуатационных и функциональных характеристик. Это ставит задачи совершенствования и развития базы для проведения взрывных работ исследовательского и опытно-технологического характера (взрывные купола и камеры).

2.6. Перспективы развития научных исследований и материально-технической базы Института потребуют ежегодного зачисления в штат Института до 3-5 молодых научных сотрудников и специалистов. Деятельность аспирантуры Института и Научно-образовательного центра ИСМАН направлены на обучение студентов, магистрантов и аспирантов для дальнейшего привлечения их на постоянную работу в Институт. В настоящее время Институт активно сотрудничает с ведущими университетами: НИТУ «МИСиС» (г. Москва); СамГТУ (г. Самара); КГТУ (г. Казань); ПГУ (г. Пенза); ТГТУ (г. Тамбов); АлтГТУ (г. Барнаул); СыктГУ (Сыктывкар); Югорский ГУ (г. Ханты-Мансийск); УГАТУ (г. Уфа); БелГУ (г. Белгород); НИЯУ МИФИ (г. Москва); СамГАПС (г. Самара) и др. Выполняет научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки в рамках договоров и контрактов с научными центрами и предприятиями реального сектора экономики: ГНЦ ФГУП ВИАМ (Москва), ОАО «Композит» (Королев), ФГУП «ГНИХТ-ЭОС» (Москва); ОАО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово; ОАО «ОНПП «Технология»; г. Обнинск; ФГУП ЦНИИмаш, г. Королев; ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ» им. Е.И. Забабахина; ОАО «Уралредмет», г. Верхняя Пышма и др.

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

1. Международный союз теоретической и прикладной химии – International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Сотрудник ИСМАН – член IUPAC: д.х.н., чл.-корр. РАН, профессор В.В. Азатян.

2. Всемирная академия керамики – The World Academy of Ceramics (WAC). Сотрудники ИСМАН – члены WAC: д.х.н., профессор И.П. Боровинская, д.т.н., профессор А.С. Рогачев.

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена



11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

3

1) Грант РФФИ № 14-08-91374 в рамках совместного инициативного конкурса российско-турецких проектов СТ_а (Руководитель д.т.н. Санин В.Н.)

Сроки исполнения: 2014-2015 годы (2 года)

Партнеры с 2-х сторон:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук

Стамбульский технический университет (Istanbul Technical University (ITU)).

Название проекта: Самораспространяющийся высокотемпературный синтез литых безвольфрамовых композиционных материалов на основе комплексных боридов и формирование защитных покрытий на их основе.

Краткое описание вклада научной организации в реализацию международной программы или проекта.

Впервые синтезированы литые металломатричные композиционные материалы (МКМ) на основе комплексных боридов (Mo_2NiB_2 , Mo_2FeB_2) методами СВС-металлургии. Изучено влияние величины перегрузки, состава смесей, на закономерности горения высококалорийных смесей термитного типа на формирование состава и структуры, литых МКМ. Обнаружено формирование 2-х уровневой композиционной структуры литых материалов. Показано, что первый уровень формирует структура по типу металл/керамика, где в матрицы на основе интерметаллидного соединения Ni_4Mo равномерно распределены пластинчатые выделения первичной фазы частиц боридов с размером 10-20 мкм. Второй уровень формирует структура по типу интерметаллид/интерметаллид включающий наноразмерные выделения алюминида никеля (Ni_3Al) с сетчатой структурой.

На базе полученных результатов впервые осуществлена центробежная СВС - наплавка литого МКМ на основе комплексных боридов (Mo_2NiB_2 , Mo_2FeB_2) на стальную основу. Найдены оптимальные условия для формирования литых покрытий равномерно распределённых по поверхности основы с высотой слоя от 2 до 6 мм. Выявлено, что на границе покрытие/стальная основа формируется переходная зона толщиной 0,2-0,25 мм, которая обеспечивает прочное сцепление покрытия с основой. Состав материала в переходной области формируется из целевых элементов исходной смеси и материала основы (Fe).

Твердость синтезированных покрытий составляла 800-1200 НВ. Выявлено, что значения твердости сильно зависят от высоты формируемого покрытия.

Объем финансирования: 1600 тыс. руб.

2) Грант РФФИ № 13-03-91153-ГФЕН_а в рамках совместного инициативного конкурса российско-китайских проектов ГФЕН_а (Руководитель к.т.н. Смирнов К.Л.)

Сроки исполнения: 2013-2014 годы (2 года)



Партнеры с 2-х сторон: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук и Технический институт физики и химии Академии наук КНР (Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Science).

Название проекта: Самораспространяющийся высокотемпературный синтез, формирование структуры и свойства высокопористой функциональной керамики.

Краткое описание вклада научной организации в реализацию международной программы или проекта.

При реализации данного проекта впервые исследовалось применение процесса СВС в пористых средах, сформированных из реакционных смесей при использовании полимеризующихся суспензий, для прямого получения высокопористых функциональных керамических материалов и изделий на их основе (фильтры, мембраны, пеноматериалы, носители катализаторов и др.). В результате проведенных экспериментальных исследований были: установлены оптимальные составы и температурно-временные режимы полимеризации гелеобразных водных суспензий на основе акриламида, необходимые для получения пористых заготовок из реакционных смесей; отработаны различные приемы формования заготовок с заданной пористой структурой; изучены основные закономерности процессов горения, фазо- и структурообразования в реакционных системах, предназначенных для синтеза высокопористых керамических материалов; получены образцы высокопористой керамики с различной структурой; проведено исследование их физико-химических свойств и функциональных возможностей.

Общий объем финансирования: 900 тыс. руб.

3) Грант РФФИ 12-03-90006 - Международный конкурс российско-белорусских проектов_Бел_а (Руководитель д.х.н., профессор Боровинская И.П.)

Сроки исполнения: 2012-2013 годы (2 года)

Партнеры с 2-х сторон: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук и ГНУ Физико-технический институт НАН Беларуси

Название проекта: Теоретические и экспериментальные исследования влияния газовой фазы на механизм структурообразования при создании керамических материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС)

Краткое описание вклада научной организации в реализацию международной программы или проекта.

Проведены исследования горения порошков кремния в газообразном азоте в присутствии добавок органических соединений. Показано, что в зависимости от состава добавки можно получить продукты, различающиеся фазовым составом, морфологией и размерами частиц. Получены данные о составе газовой фазы, фазовом составе и морфологии твердых продуктов, как во время синтеза, так и после его окончания. Показано, что с ростом начального давления N₂ после завершения синтеза содержание СО и СО₂ в газовой фазе



уменьшается до полного исчезновения. Существование СО и следов органических соединений в газовой фазе конечного продукта наблюдалось только при низких начальных давлениях N₂, а также в пробах, отобранных во время горения. Приведены экспериментальные доказательства существования в системе газотранспортных реакций.

Установлены условия, обеспечивающие максимально возможную степень конверсии кремния, получены зависимости параметров горения от условий синтеза. На примере горения смеси кремний - тетрафенилсилан проведены исследования для совместного рассмотрения процессов горения, фазо- и структурообразования твердых продуктов на основе Si₃N₄ и состава образующейся газовой фазы. Получены кинетические зависимости образования твердых продуктов реакции - SiC, Si₂N₂O, α- и β- Si₃N₄ и продуктов газовой фазы - O₂, H₂, CO₂, установлена их взаимосвязь. Впервые определены условия для проведения конденсации продуктов, образующихся в газовой фазе, в виде отдельного самостоятельного образования. Конденсированные продукты состоят из α-и β- Si₃N₄ в соотношении 1:1. Структура продуктов представлена волокнами длиной до 12 мм и скоплениями мелких кристаллов.

В рамках международного сотрудничества с партнерами из Физико-технического института НАН Беларуси получена огнеупорная керамика в системах Al- SiO₂ - MgO и Al -C- SiO₂. На основе данных анализа газовой фазы, образующейся в результате синтеза, и термодинамического моделирования была исследована роль различных добавок, способствующих получению керамики заданного состава и свойств.

Общий объем финансирования: 760 тыс. руб.

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

Институт является признанным лидером в области фундаментальных и прикладных исследований процессов горения и взрыва, включая самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), и использования этих процессов для разработки и получения новых материалов. Важнейший результат в 2015 году получен сотрудниками Института в области, которая была создана российскими учеными, и стала в настоящее время мировым направлением исследований: синтез новых материалов в режиме горения. В 2015 году была показана возможность синтеза многокомпонентных материалов с заданной атомно-кристаллической структурой и микроструктурой, так называемых МАХ-фаз и высокоэнтропийных сплавов. Эти материалы обладают уникальными механическими и физико-химическими свойствами, их синтезом заняты лучшие лаборатории разных стран, поэтому



получение их посредством горения является значимым результатом, опережающим мировой уровень исследований.

В Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы Институт был представлен следующими работами:

Раздел V. «Химические науки и науки о материалах»

Подраздел 44. «Фундаментальные основы химии»

Тема 44.1. «Закономерности протекания физико-химических процессов в экстремальных условиях горения и взрыва»,

1. Впервые проведены эксперименты, подтвердившие ранее предсказанный теоретически пульсирующий характер движения ячеек химического превращения в волне фильтрационного горения пористых высокоэнергетических составов. Экспериментально показано, что в условиях фильтрационного транспорта прямолинейный фронт распадается на отдельные ячейки примерно одинакового характерного размера с некоторым расстоянием между ними.

2. Для оптимизации синтеза нитридов, оксидов, гидридов и других ценных материалов в режиме фильтрационного горения, а также для создания автономных систем вакуумирования компактных объемов в изделиях специального назначения разработана теория пределов распространения волн горения в системах «газ – твердое» с образованием твердофазных продуктов. Вычислены критические значения параметров процесса и определена параметрическая область, имеющая вид «полуострова горения», в которой может быть реализовано распространение волны горения.

3. Проведен аналитический обзор современных квазигомогенных и дискретных моделей безгазового горения. Особое внимание уделено экспериментам, которые дают возможность различить гомогенный и микрогетерогенный режимы этого процесса. Показано, что в тех случаях, когда выводы разных теоретических моделей предсказывают различное поведение волны горения на макроскопическом или микроскопическом уровнях, экспериментальные проверки говорят в пользу дискретных моделей. Развитие этих моделей позволяет по-новому взглянуть на проблему управления параметрами распространения волн безгазового горения и создания реакционных составов с заданными строго воспроизводимыми характеристиками.

Литература:

1. Алдушин А.П., Ивлева Т.П. Гидродинамическая неустойчивость спутной волны фильтрационного горения. Численное моделирование. ДАН. 2013. Т. 451. № 2. С. 176–179.

2. Грачёв В.В. Пределы распространения волн фильтрационного горения при высоких давлениях газообразного окислителя. ДАН. 2013. Т.449. №4. С. 429-433.

3. Kostin S.V., Krishenik P.M., Rogachev S.A., Shkadinsky K.G. Combustion of Porous Solid Reagent in a Quasi-Isobaric Flow of Three-Component Gaseous Reagent. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 2013. Vol.22. No.3. P.129–134.



4. Vadchenko S.G., Boyarchenko O.D., Shkodich N.F., Rogachev A.S. Thermal Explosion in Various Ni–Al Systems: Effect of Mechanical Activation. *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. 2013. Vol. 22. No. 1. P. 60–64.

5. Сеплярский Б.С., Тарасов А.Г., Кочетков Р.А. Экспериментальное исследование горения «безгазового» гранулированного состава Ti+0.5C в спутном потоке аргона и азота. *Физика горения и взрыва*. 2013. № 5. С. 55-63.

Подраздел 44. «Фундаментальные основы химии»

Тема 44.2. «Механизмы физико-химических превращений под воздействием динамических и квазистатических давлений».

1. Изучено влияние дискретных защитных экранов и энергопоглощающих слоев из твердых ячеистых огнеупорных материалов на напряженно-деформированное состояние и прочность оболочки при взрывном воздействии. Показано, что использование защиты позволяет разделить поражающие факторы взрыва, исключая прямое воздействие возможных осколков взрывных устройств и ударной волны на оболочку взрывных камер.

2. Получен электропроводный биметаллический материал алюминий + медь для производства электрических контактов и переходников методом сварки взрывом. Показана перспективность использования демпфирующего слоя для защиты поверхности метаемой пластины при изготовлении биметалла М1+АД1. Определены условия получения биметалла методом сварки взрывом при использовании взрывчатого вещества из смеси аммиачной микропористой селитры с дизельным топливом в соотношении 96:4. Изучено влияние структуры на физико-механические характеристики биметаллического материала (предел прочности на разрыв, сопротивление при срезе и изгибе, удельная электропроводность).

Литература:

1. Беликова А.Ф., Буравова С.Н., Петров Е.В. Локализация деформации при динамических нагрузках. *Журнал технической физики*. 2013. Т.83. Вып.8. С. 68-76.

2. Barinov V.Yu., Poletaev A.V., Shcherbakov V.A. SHS Reaction in Zn–S Powder Blends under Quasi-Isostatic Pressure. *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. 2013. Vol. 22. No. 1. P. 27–31.

3. Trofimov V.S. On the Nature of Shock-Induced Ultradeep Penetration of Matter into Solids. *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. 2013. Vol. 22. No. 2. P.125-128.

4. Алымов М. И., Первухин Л. Б., Рогачев А.С., Первухина О. Л., Сайков И. В. Комбинирование СВС и взрывного компактирования для получения металлокерамических материалов // *Письма о материалах*. 2014. 4(3). С. 153-158.

5. Bazhin P.M., Stolin A.M., Alymov M.I. Preparation of Nanostructured Composite Ceramic Materials and Products under Conditions of a Combination of Combustion and High-temperature Deformation (SHS Extrusion) // *Nanotechnologies in Russia*. 2014. Vol. 9. No. 11–12. P. 583–600.



Подраздел 45. «Научные основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов»

Тема 45.3. «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез материалов с заданными свойствами и функциями».

1. На основе изучения горения кремния в азоте в присутствии органических добавок обнаружен эффект интенсификации процесса, обусловленный образованием и взаимодействием радикалов, интенсифицирующих массоперенос реагентов по механизму газового транспорта. Такой переход самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режим транспорта исходного твердого реагента через газовую фазу приводит к образованию ультрадисперсных и наноразмерных продуктов различной морфологии.

2. Осуществлен самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) материалов на основе МАХ-фазы состава Ti_3SiC_2 и изучены процессы фазо- и структурообразования. Установлено, что формирование фазы Ti_3SiC_2 происходит за фронтом волны горения при взаимодействии стехиометрического карбида титана и расплава состава $Ti-Si$, а содержание фазы Ti_3SiC_2 в продуктах горения возрастает с увеличением времени жизни расплава. Квантово-химическим расчетом показано, что образование связей $Ti-Si$ энергетически более выгодно, по сравнению со связями $Ti-C$. Сопоставление кристаллической структуры TiC и Ti_3SiC_2 позволило предположить, что пластинчатая форма кристаллитов Ti_3SiC_2 обусловлена накоплением расхождений в структурах и, как следствие, отсутствием сопряжения между кристаллитами. Наблюдаемая слоистость на уровне кристаллической структуры приводит к выраженному наноламинатному строению зерен Ti_3SiC_2 .

3. Для экологически безопасной переработки и иммобилизации радиоактивных отходов разработан самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) шлакометаллического компаунда фторфлогопита состава $KNaMg[Si_3AlO_{10}]F_2$ с высокой механической прочностью и устойчивостью к длительному воздействию природной среды.

Литература:

1. Барина Т.В., Боровинская И.П., Ратников В.И., Игнат'ева Т.И., Беликова А.Ф. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) керамики на основе пироксена для иммобилизации долгоживущих высокоактивных отходов. Радиохимия. 2013. №6.

2. Пономарев В.И., Ковалев И.Д., Коновалихин С.В., Вершинников В.И. Упорядочение углерода в карбиде бора. Кристаллография. 2013. Т. 58. № 3. С. 410-415.

3. Vershinnikov V.I., Ignat'eva T.I., Semenova V.N., Borovinskaya I.P. Ultrafine and Nanosized $MoSi_2$ Powders by SHS Process with a Reduction Stage. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 2013. Vol. 22. No. 4. P. 217–221.

4. Kovalev I.D., Ponomarev V.I., Konovalikhin S.V., Vershinnikov V.I., Borovinskaya I.P. SHS of Single Crystals in the $Mg-B-C$ System: Crystal Structure of New Modification of $B_{25}C_4Mg_{1.42}=[B_{12}]_2[CBC][C_2]Mg_{1.42}$. International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 2013. Vol. 22. No. 3. P. 163-165.



5. Konovalikhin S.V., Kovalev D.Yu., Sytshev A.E., Vadchenko S.G., Shchukin A.S. Formation of Nanolaminate Structures in the Ti–Si–C System: A Crystallochemical Study // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 2014. Vol. 23. № 4. P. 216–220.

Подраздел 46. «Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов «зеленой химии» и высокоэффективных каталитических систем, создание новых ресурсо- и энергосберегающих металлургических и химико-технологических процессов, включая углубленную переработку углеводородного и минерального сырья различных классов и техногенных отходов, а также новые технологии переработки облученного ядерного топлива и обращения с радиоактивными отходами»

Тема 46.4. «Физико-химические основы синтеза материалов при силовом воздействии на процессы горения и структурообразования».

1. Впервые показано сильное влияние конвективного движения жидкофазных и газообразных компонентов на феноменологию и механизм химического превращения и структурообразования при горении гетерогенных систем. Установлено, что конвекция, возникающая в условиях естественной и искусственной гравитации в системах металл–неметалл, металл–газ и термитных смесях, интенсифицирует тепло- и массоперенос и химическое превращение в волне горения. Это обеспечивает полноту химического превращению и способствует получению продуктов синтеза (керамики и композиционных материалов) с однородным по объему химическим и фазовым составом, с субмикронной и даже наноразмерной структурой и уникальными физико-механическими характеристиками (высокими прочностью, твердостью, каталитической активностью и др.).

2. Показано, что при введении избытка алюминия в исходную смесь NiO/Al/Cr₂O₃/MoO₃/CoO/Hf/V и замене высокодисперсного титана на крупный в смеси Ti/Al/Cr₂O₃/Nb₂O₅/CaO₂, в литых продуктах горения, полученных методом СВС в интервале перегрузки 250–350 г, формируются фазы на основе NiAl и TiAl. Исчезают пики Ni₃Al Ti₃Al. По данным локального анализа, матричные элементы формируют границы зерен и частично входят в решетку NiAl и TiAl. Показано, что вариация соотношения реагентов в смесях (MoO₃/Al/Mg, MoO₃/Al/Zr, MoO₃/Al/AlN, CrO₃/Al/AlN и др.) позволяет получать методом СВС литую оксидную (Al₂O₃x MgO, Al₂O₃x Cr₂O₃, Al₂O₃x ZrO₂) и оксинитридную (Al₂O₃x AlN, Al₂O₃x Cr₂O₃x AlN, ZrO₂x ZrN) керамику с различным фазовым составом и микроструктурой.

3. Проведены испытания новых образцов катализаторов на основе кобальта с добавками La, разбавленных медью и железом (10–50% масс.), в процессе Фишера-Тропша. Образцы катализаторов на основе никеля, железа, кобальта и молибдена исследованы в процессе окисления пропана малыми количествами кислорода или оксида азота(I) в интервале температур 200 – 5000С. Кроме продуктов полного окисления, на катализаторе Mo-Ni(Al) отмечено также образование пропилена при температуре > 3000С, а на катализаторах Ni-



Co-Mn(Al) при добавках N₂O – значительных количеств метана. Получены первые образцы катализаторов глубокого окисления типа Fe-Ni-Co-Mn в составе алюмосиликатной матрицы, из которых путем спекания при температурах 600-8000С впервые удалось сформировать высокопроницаемый пористый каталитический блок с достаточной прочностью.

Литература:

1. Бостанджиян С.А., Гордополова И.С., Щербаков В.А. Моделирование электротеплового взрыва в безгазовых системах, помещенных в электропроводную дисперсную среду. Физика горения и взрыва. 2013. Т. 49. № 6. С. 1–8.

2. Борщ В.Н., Елисеев О.Л., Жук С.Я., Казанцев Р.В., Санин В.Н., Андреев Д.Е., Юхвид В.И., Лапидус А.Л. Новый класс полиметаллических катализаторов синтеза углеводородов из СО и Н₂ на основе СВС-интерметаллидов. ДАН. 2013. Т. 451. № 4. С. 410-414.

3. Бажин П.М., Столин А.М., Алымов М.И., Чижиков А.П. Особенности получения длинномерных изделий из керамического материала с наноразмерной структурой методом СВС-экструзии // Перспективные материалы. 2014. №11. С. 73-81.

4. Горшков В.А., Милосердов П.А., Юхвид В.И. Закономерности автоволнового синтеза литых двойных силицидов молибдена, вольфрама, ниобия и титана из смесей термитного типа // Физика горения и взрыва. 2014. Т.50. №5. С. 32-36.

5. Sanin V.N., Ikornikov D.M., Sachkova N.V., Yukhvid V.I. Complex Boride Metal-Matrix Composites by SHS under High Gravity // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis. 2014. Vol. 23. No.3. P. 151-160

Подраздел 47. «Химические проблемы получения и преобразования энергии, фундаментальные исследования в области использования альтернативных и возобновляемых источников энергии».

Тема 47.5. «Физико-химические методы управления процессами горения и взрыва. Методы получения альтернативных источников энергии».

1. Получены экспериментальные подтверждения выводов теории неизотермических цепных процессов о наличии критических условий воспламенения при неизменной температуре газовых смесей; об определяющей роли конкуренции разветвления и обрыва реакционных цепей в широкой области начальных температур и давлений, а также независимости концентрационных пределов от варьируемой величины теплотеря. Показана важная роль цепно-теплового взрыва в детонации газов. Изучено гетерогенное нетепловое распространение пламени в горючей газовой смеси. Получено выражение, связывающее скорость пламени с константой скорости гетерогенного развития цепей. Разработан и испытан метод, позволивший предотвратить возгорание и взрыв метано-воздушных смесей при наличии угольной пыли.

2. Для разработки методов предотвращения взрывов газовых смесей совместно с ОИВТ РАН осуществлена сферическая детонация стехиометрической водородо-воздушной смеси в объеме 7 м³. Показано, что взрыв и детонацию можно предотвратить, даже если в качестве инициатора используется гексоген (14,5 кДж). С использованием цепных



процессов разного типа подтвержден вывод теории об условиях вырождения цепно-теплого взрыва и ведущей роли разветвления цепей во взрыве. Выявлен процесс с экзотермическим процессом разветвления цепей, который отличается от разветвления цепей при горении водорода и органических соединений.

3. Разработаны методы приготовления нанесенных на носители родий-медь-хлоридных гомогенных каталитических систем, а также исследованы их свойства в проточном по газу реакторе. В качестве носителей выбраны γ -оксид алюминия и силикагель. Получены и исследованы катализаторы нескольких типов. Тестом на активность катализаторов является реакция окисления СО как составная часть процесса сопряженного окисления алканов и СО. Наиболее активные катализаторы получают нанесением RhCl_3 и CuCl_2 из водных растворов на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($\text{Rh} = 1.5\% \text{ мас.}$, $\text{Cu} = 3.5\text{--}7.0\% \text{ мас.}$). Дополнительное нанесение гептафтормасляной или пентафторбензойной кислоты на катализаторы $\text{RhCl}_3\text{-CuCl}_2/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ несколько снижает активность катализатора, но при этом обеспечивает необходимые для окисления алканов условия. Для детального исследования выбран катализатор $\text{RhCl}_3\text{-CuCl}_2\text{-C}_3\text{F}_7\text{COOH}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с содержанием Rh , Cu и $\text{C}_3\text{F}_7\text{COOH}$ 1.5, 3.5 и 5.0% мас., соответственно. Катализатор предварительно разрабатывался при 50°C . Определены порядки по реагентам и выведено кинетическое уравнение для реакции окисления СО: $r = k \cdot P_{\text{O}_2}^{0.7} \cdot P_{\text{CO}}^{0.3} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}^{0.2}$.

Литература:

1. Азатян В.В., Абрамов С.К., Прокопенко В.М., Ратников В.И., Туник Ю.В. Разрушение стационарной детонации водородо-воздушных смесей присадками пропана. Кинетика и катализ. 2013. Т. 54. № 5. С. 553-559.
2. Азатян В.В., Сайкова Г.Р. Ингибирование горения смесей метана с воздухом. Журнал физической химии. 2013. Т. 87. №10. С. 1640-1646.
3. Азатян В.В. Проблемы горения, взрыва и детонации газов в теории неизотермических цепных процессов // Журнал физической химии. 2014. Т.88. № 5. С.759-771.
4. Чепайкин Е.Г., Безрученко А.П., Менчикова Г.Н., Моисеева Н.И., Гехман А.Е. Прямое каталитическое окисление низших алканов в среде ионных жидкостей // Нефтехимия. 2014. Т. 54. № 5. С. 380–387.
5. Chepaikin E.G., Borshch V.N. Rhodium Complexes in Homogeneous Catalytic Systems for Oxidative Functionalization of Alkanes: Experiment and Quantum-Chemical Calculations. Journal of Organometallic Chemistry. 2015. Vol.793. P. 78-92.

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена



14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

1. Rogachev A.S., Mukasyan A.S. *Combustion for Material Synthesis*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015. XIV, 406 p. — ISBN-13: 978-1-4822-3952-2, 500 экз.

2. Чл.-корр. Алымов М.И., Бурлакова М.А., Елманов Г.Н., Калинин Б.А. и др. Учебник для вузов «Физическое материаловедение» в семи томах. Под общей редакцией Б.А. Калинина. Том 5. Материалы с заданными свойствами 2013, Изд-во НИЯУ МИФИ, 699 стр., ISBN 978-5-7262-1816-8, 1050 экз.

Статьи

1. A. Cross, S. Roslyakov, K. Manukyan, S. Rouvimov, A. Rogachev, D. Kovalev, E. Wolf and A. Mukasyan. In situ preparation of highly stable Ni-based supported catalysts by solution combustion synthesis *J.Phys.Chem. C* 2014, vol. 118, pp. 26191–26198 (4,835)

DOI: 10.1021/jp508546n

2. K.V. Manukyan, A. Cross, S. Roslyakov, S. Rouvimov, A.S. Rogachev, E.E. Wolf, and A.S. Mukasyan *Solution Combustion Synthesis of Nano-Crystalline Metallic Materials: Mechanistic Studies*. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2013, vol. 117, pp. 24417–24427 (4,814) DOI: 10.1021/jp408260m

3. A.S. Rogachev, S.G. Vadchenko, F. Baras, O. Politano, S. Rouvimov, N.V. Sachkova, A.S. Mukasyan. Structure evolution and reaction mechanism in the Ni/Al reactive multilayer nanofoils. *Acta Materialia*, 2014, vol. 66, pp. 86–96. (3,94) <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2013.11.045>

4. Chepaikin E.G. Oxidative Functionalization of Alkanes under Dioxygen in the Presence of Homogeneous Noble Metal Catalysts. *J. Mol. Catal. A. Chem.* 2014, vol. 385, april, pp. 160–174. (3,679)

<https://doi.org/10.1016/j.molcata.2013.11.028>

5. Moskovskikh, Dmitry O.; Lin, Ya-Cheng; Rogachev, Alexander S. et. al. Spark plasma sintering of SiC powders produced by different combustion synthesis routes. *JOURNAL OF THE EUROPEAN CERAMIC SOCIETY*, 2015, Vol. 35, Iss. 2, pp. 477–486 (2,947) <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2014.09.014>

6. Zaitsev, A. A.; Vershinnikov, V. I.; Konyashin, I. et. al. Cemented carbides from WC powders obtained by the SHS method. *MATERIALS LETTERS*, 2015, vol. 158, pp. 329–332 (2,489) <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.06.058>

7. Chepaikin, E. G.; Borshch, V. N. Rhodium complexes in homogeneous catalytic systems for oxidative functionalization of alkanes: Experiment and quantum-chemical calculations. *JOURNAL OF ORGANOMETALLIC CHEMISTRY*, 2015, vol. 793, pp. 78–92 (2,173) <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2015.03.021>

8. Zaytsev, A. A.; Borovinskaya, I. P.; Vershinnikov, V. I. Near-nano and coarse-grain WC powders obtained by the self-propagating high-temperature synthesis and cemented carbides on



their basis. Part I: Structure, composition and properties of WC powders. INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRACTORY METALS & HARD MATERIALS, vol. 50, pp. 146–151 (1,989) <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2014.12.008>

9. Rubtsov, Nikolai M.; Seplyarskii, Boris S.; Naboko, Ideya M.; et.al. Penetration of methane-oxygen flames through spherical and planar obstacles in a closed cylindrical reactor. MENDELEEV COMMUNICATIONS, 2015, vol. 25, iss. 4, pp. 304–306 (1,34) <https://doi.org/10.1016/j.mencom.2015.07.026>

10. Borshch, V. N.; Pugacheva, E. V.; Zhuk, S. Ya et. al. Polymetallic catalysts for the Fischer-Tropsch synthesis and hydrodesulfurization prepared using self-propagating high-temperature synthesis. KINETICS AND CATALYSIS, vol. 56, iss. 5, pp. 681–688 (0,758) DOI: 10.1134/S0023158415050031

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

В период 2013-2015 годы сотрудниками Института выполнялись исследования в рамках 35 проектов Российского фонда фундаментальных исследований.

1. 1.13-03-12061_ОФИ_м. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) композиционных материалов с матрицей из бескислородных тугоплавких неорганических соединений, а также с слюдокристаллической матрицей (фторфлогопит), с одновременной локализацией химической модификации наполнителя (бориды, карбиды, нитриды, оксиды металлов и неметаллов, шунгит) в зоне горения, (рук. д.х.н., профессор Боровинская И.П.), срок выполнения 01.01.2013–31.12.2015, объем финансирования 4000 тыс. руб.

2. 13-03-12407_ОФИ_м. Разработка и исследование новых материалов для ион-проводящих и электрокаталитических мембран, а также электродов и других структурных элементов керамических топливных ячеек. (рук. д.ф.-м.н. Морозов Ю.Г.), срок выполнения 2014–2016 годы, объем финансирования 6380 тыс. руб.

3. 13-03-01043_а. Экзотермические волны в нанокристаллических и аморфных пленках, (рук. д.ф.-м.н. Рогачев А.С.), срок выполнения 01.01.2013–31.12.2015, объем финансирования 1349,4 тыс. руб.

4. 13-03-01097_а. Исследование структурирования волн гетерогенного горения в изобарическом потоке многокомпонентного газа, (рук. д.ф.-м.н. Кришеник П.М.), срок выполнения 01.01.2013–31.12.2015, объем финансирования 1399,3 тыс. руб.

5. 12-03-00751_а. Исследование механизма формирования пористых материалов с регулярной структурой при горении тонких пленок и слоевых систем, (рук. к.ф.-м.н. Вадченко С.Г.), срок выполнения 01.01.2012–31.12.2014, объем финансирования 956,3 тыс. руб.



6. 12-03-00376_а. Исследование волн гетерогенного горения в гибридных системах, (рук. к.ф.-м.н. Сеплярский Б.С.), срок выполнения 01.01.2012–31.12.2014, объем финансирования 1343,4 тыс. руб.

7. 14-08-00714_а. Изучение фундаментальных основ процесса получения в режиме фильтрационного горения керамических композиционных материалов на основе МАХ-фазы Ti_2AlN , (рук. к.ф.-м.н. Грачев В.В.), срок выполнения 01.01.2014–31.12.2016, объем финансирования 1580 тыс. руб.

8. 14-08-00043_а. Исследование явления возникновения электрического тока в процессе горения экзотермических составов $Zr-CuO-LiF$, $Zr-BaCrO_4-LiF$, $Zn-S$, создание макета источника тока, основанного на прямом преобразовании энергии химической реакции горения в электрическую энергию, (рук. к.ф.-м.н. Полетаев А.В.), срок выполнения 01.01.2014–31.12.2016, объем финансирования 1710 тыс. руб.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

2

1. Федеральная целевая программа «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», Государственный контракт № 14.513.11.0028 от 18 марта 2013 года по теме «Синтез высококоэрцитивных материалов на основе сплавов системы Fe-Cr-Co методами механоактивации». Сроки выполнения работы: 18.03.2013 г. – 18.10.2013 г., объем финансирования 6000 тыс. руб.

2. Федеральная целевая программа «Исследование и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы», Государственный контракт № 14.513.11.0001 от 11 марта 2013 г. по теме «Разработка метода центробежного СВС-литья жаропрочных материалов на основе алюминидов ни-



келя с высокодисперсной безликвационной структурой». Сроки выполнения работы: 11.03.2013 г. – 07.09.2013 г., объем финансирования 7200 тыс. руб.

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

В ИСМАН имеется научно-технологический участок, на котором установлено несколько СВС-реакторов с рабочим объемом от 8 до 30 литров, которые используются для проведения научно-исследовательских работ, прикладных исследований и изготовления опытных партий СВС-порошков. Помимо СВС реакторов, на участке имеется вспомогательное оборудование, на котором можно выполнить все операции технологического цикла, начиная от подготовки сырья и заканчивая упаковкой товарной продукции. Вспомогательное оборудование включает сушильные шкафы, шаровые мельницы с различными мелющими телами, смесители, вибросита, классификатор порошков фирмы Alpina, щековые дробилки и др.

В период 2013–2015 г. на научно-технологическом участке разработаны СВС технологии композиционного порошка на основе нитрида кремния, альфа-Si₃N₄-MgO и порошка нитрида циркония. Изготовлены опытные партии порошков и переданы заказчику для проведения испытаний.

В ИСМАН разработан, изготовлен и выполнен монтаж стенда комплексной отработки автономной системы вакуумирования, которая разрабатывается в кооперации с ООО «Ядерные технологии», ОАО «Калужский турбинный завод» и ЦКБ МТ «Рубин». Стенд используется для проверки технических решений и определения рабочих характеристик как отдельных модулей системы, так в всей системы в целом. На стенде проводятся приемо-сдаточные, предварительные и межведомственные испытания автономной системы вакуумирования.

В период 2013–2015 г. с учетом ранее полученных фундаментальных результатов организован опытно-экспериментальный участок по получению полифункциональных каталитических материалов на основе переходных металлов. Участок вмещает оборудование для синтеза материалов прокуроров (интерметаллиды), дробления и классификации гранул, химической активации гранул и изготовление модульных каталитических блоков. Разработанные химические реакторы имеют оригинальную конструкцию и позволяют производить до 300 кг каталитических материалов в месяц. Совместно с ООО «Интеркат» изготовлена партия фильтров каталитической очистки и проводятся реальные испытания на длительную эксплуатацию.

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

1. Тема: «Разработка порошковых материалов на основе тугоплавких нитридов



и технологии их производства». Разработана технология получения композиционного порошка альфа-Si₃N₄-MgO методом СВС. В ОНПП «Технология» на основе композиционного порошка альфа-Si₃N₄-MgO был разработан горячепрессованный материал ОТМ 929, который по своим физико-механическим свойствам существенно превосходит разработанный в середине 90-х годов материал ОТМ 922 на основе смеси СВС Si₃N₄+MgO. Разработанный материал ОТМ-929, обладает совокупностью хороших физико-механических и стабильных диэлектрических свойств и может быть использован для изготовления ударопрочных и радиопрозрачных изделий конструкционного назначения, а также изделий триботехнического назначения. Разработка выполнена в 2013 году в рамках СЧ НИР «Градиент-2» по техническому заданию от ОАО «ОНПП «Технология» г. Обнинск, где из разработанного материала изготавливаются изделия специального назначения.

2. Тема: «Разработка технологических режимов и изготовление установки для производства порошка нитрида циркония». Разработана технология получения порошка нитрида циркония из элементов методом СВС. Изготовлены и испытаны опытные образцы порошков. Разработанный порошок прошел испытания для нанесения защитного покрытия элементов спецтехники. Разработка выполнена в 2014–2015г. в рамках СЧ НИР ОКР «Металлокерамика-ИСМАН» по техническому заданию от ОАО «Композит» г. Королев.

3. Тема: «Разработка технологических режимов синтеза интерметаллидных прекурсоров методом СВС-металлургии и режимов химической активации полиметаллических материалов для получения гранульных материалов с высокой каталитической активностью в процессах нейтрализации выхлопных газов дизель-генераторных установок». Для выполнения работ был разработан и создан опытно-экспериментальный участок по получению полифункциональных каталитических материалов на основе переходных металлов. В рамках сотрудничества с ООО «Интеркат» изготовлена партия фильтров каталитической очистки (ФКО) и проводятся реальные испытания на длительную эксплуатацию. ФКО установлены в ОАО «Сбербанк России», ОАО «Ростелеком» и др.

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Перечень нормативно-технических документов на инновационные разработки ИСМАН (продукцию, процессы, методики испытаний), национального значения за период с 2013 по 2015 г. Общее число документов – 12



1. МП 341-2013. Порошки полупродукта карбида вольфрама СВС, в том числе легированного ингибиторами роста. Методика получения. (ФЦП совместно с МИСиС, отв. Исполнитель к.т.н. Вершинников В.И.)
2. МХА 341-2013. Порошки полупродукта карбида вольфрама СВС, в том числе легированного ингибиторами роста. Методики химического анализа по определению содержания магния кислоторастворимого и углерода общего. (ФЦП совместно с МИСиС, отв. Исполнитель к.т.н. Вершинников В.И.)
3. МХА 342-2013. Порошки карбида вольфрама СВС, в том числе легированного ингибиторами роста. Методики химического анализа по определению содержания: углерода общего, углерода свободного, кислорода, магния кислоторастворимого, магния общего и железа). (ФЦП совместно с МИСиС, отв. Исполнитель к.т.н. Вершинников В.И.)
4. ЛР 342-2013. Получение микронных и субмикронных порошков карбида вольфрама СВС, в том числе легированных ингибиторами роста. Лабораторный регламент. (ФЦП совместно с МИСиС, отв. Исполнитель к.т.н. Вершинников В.И.)
5. ЛР 343-2013. Получение жаропрочных материалов на основе алюминидов никеля с использованием метода центробежного СВС-литья. Лабораторный регламент. (Госконтракт с Минобрнауки совместно с МИСиС, отв. Исполнитель д.т.н. Юхвид В.И.)
6. ТИ 344-2015. Получение заготовок деталей пар трения методом СВС. Технологическая инструкция. (Договор с ОАО «Калужский Турбинный З-д», отв. Исполнители к.т.н. Кванин В.Л. и д.т.н. Лорян В.Э.)
7. ТУ 1798-344-04860509–2015. Заготовки деталей пар трения СВС. Технические условия. (Договор с ОАО «Калужский Турбинный З-д», отв. Исполнители к.т.н. Кванин В.Л. и д.т.н. Лорян В.Э.)
8. М 345-2015. Методика синтеза полуфабриката из жаропрочного материала на основе алюминида никеля методом СВС-металлургии из оксидного сырья. (Договор с МИСиС, отв. Исполнители: д.т.н. Юхвид В.И. и д.т.н. Санин В.Н.)
9. М 346-2015. Методика синтеза полуфабриката из жаропрочного материала на основе алюминида титана в виде слитков методом СВС-металлургии из оксидного сырья. (Договор с МИСиС, отв. Исполнители: д.т.н. Юхвид В.И. и к.т.н. Андреев Д.Е.)
10. ТИ 347-2015. Получение лабораторных партии порошка нитрида циркония СВС. Технологическая инструкция. (Договор с ОАО «Композит», отв. Исполнитель д.т.н. Лорян В.Э.)

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. **Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**



1. Заказчик ООО «Ядерные технологии», г. Москва. «Создание устройства связывания азота методом СВС».

Разработаны, изготовлены и испытаны единичные модули для автономных систем вакуумирования компактных объемов. Заказчику переданы 4 партии модулей для полномасштабных испытаний системы вакуумирования.

2. Заказчик НИУ БелГУ, г. Белгород. «Разработка технологии создания пористых композиционных материалов, обладающих заданными параметрами порового пространства и рельефа».

Разработаны технические требования к пористым композиционным материалам на основе титана для нанесения биоактивных покрытий. Проведены испытания экспериментальных образцов пористых композиционных материалов. Определены механические и физико-химические свойства пористых композиционных материалов на основе титана с биоактивным покрытием.

3. Заказчик НИТУ «МИСиС», г. Москва. «Разработка процесса синтеза полуфабрикатов из перспективных жаропрочных материалов на основе алюминидов никеля NiAl и алюминидов титана TiAl из оксидного сырья методом СВС-металлургии».

Разработана технология СВС-металлургии и проведены наработки опытных партий жаропрочных материалов на основе алюминидов никеля и титана, которые являются полуфабрикатами для изготовления крупных (15–20 кг) электродов. Из электродов методом центробежного плазменного распыления изготовлены гранулы правильной сферической формы и регламентированной зернистости для аддитивных 3-D технологий.

4. Заказчик ОАО «Композит», г. Королев. «Разработка технологических режимов и изготовление установки для производства порошка нитрида циркония».

Этот договор выполнен в рамках Федеральной целевой программы «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2020 годы» Разработана импортозамещающая технология нитрида циркония из отечественного сырья.

5. ОАО «Уралредмет», г. Верхняя Пышма. «Определение параметров синтеза азотированного сплава «ванадий-алюминий» с заданным содержанием азота и изготовление опытной партии».

Разработана технология СВС азотсодержащего материала состава V-Al-N. Этот материал внедрен на ОАО «Уралредмет» в технологию производства азотсодержащей лигатуры состава V-Al-N с высоким содержанием (до 2% масс.) азота. Метод производства согласован с корпорацией «ВСМПО-АВИСМА».

6. ФГУП «ГНИХТЭОС», г. Москва. «Определение оптимальных параметров измельчения и классификация нитрида алюминия, нитрида кремния и нитрида бора для получения порошков с заданными характеристиками по дисперсности с изготовлением опытных образцов».

Проведена оптимизация СВС-технологии получения порошков нитрида алюминия, нитрида кремния и нитрида бора. Изготовлены опытные партии порошков с оптимальными



показателями дисперсности, которые обеспечивают максимальное наполнение при производстве компаундов и теплопроводящих клеев. Конечная продукция ГНИИХТЭОС широко используется в радиоэлектронной и ракетно-космической промышленности.

7. Красноармейский научно-исследовательский институт механизации ОАО «КНИИМ», г. Красноармейск Московской области. «Разработка методики и программы для ЭВМ испытаний макетов ЗЛК на эффективность для подтверждения технических решений. Проведение испытаний макетов ЗЛК».

Договор выполнялся в рамках государственного контракта №13411.1400099.16.036 от 19 июля 2013 г. между Минпромторгом России и ОАО «КНИИМ». Разработана математическая модель, компьютерная программа и проведены теоретические расчеты условий инициирования и характеристик горения (детонации) механоактивированных реакционноспособных составов при воздействии детонационным импульсом от взрыва прилегающего разрывного заряда ВВ.

8. ООО «РУСАЛ ИТЦ». «Разработка МАХ-материала на основе титана и алюминия и технологии изготовления из него электродов».

В условиях сочетания процесса горения и высокотемпературного деформирования получены материалы на основе МАХ-фазы, потенциально удовлетворяющие известным физико-химическим требованиям к нерасходуемому аноду для ванны Эру-Холла. Из этих материалов изготовлены образцы электродов, определены их физико-химические характеристики. Опытные партии образцов переданы заказчику для электролизных испытаний.

9. ОАО «Калужский турбинный завод», г. Калуга. «Разработка материалов и изготовление деталей натуральных образцов пар трения для изделий ОАО «КТЗ».

Разработан процесс получения заготовок деталей для пар трения подшипников скольжения из антифрикционных материалов способом, совмещающим самораспространяющийся высокотемпературный синтез с прессованием горячей заготовки. Материалы заготовок – твёрдые сплавы на основе бориды титана с титановой связкой и легирующими добавками. Изготовлены опытные образцы и переданы заказчику.

10. АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино МО. «Усовершенствование характеристик порошка нитрида алюминия СВС с изготовлением опытной партии».

Проведена оптимизация СВС-технологии получения порошка нитрида алюминия. Получены опытные партии порошков с заданным распределением частиц, которые подходят для технологии шликерного литья заготовок керамических изделий с высокой теплопроводностью. Керамика, полученная по такой технологии, используется в производстве СВЧ техники.

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении
организации в соответствующем научном направлении
(представляются по желанию организации в свободной форме)**



22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

Информация не предоставлена

ФИО руководителя Алимов М.И.

Подпись

Дата

19.05.2017



057205