

20 НАУЧНО-УЧЕБНОМУ ЛЕТ ЦЕНТРУ СВС МИСиС–ИСМАН

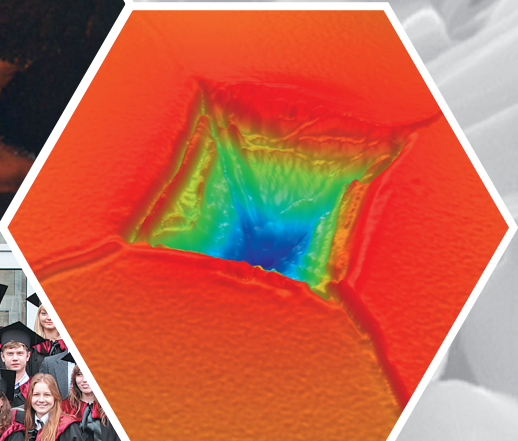
ФИЗИКА ГОРЕНИЯ



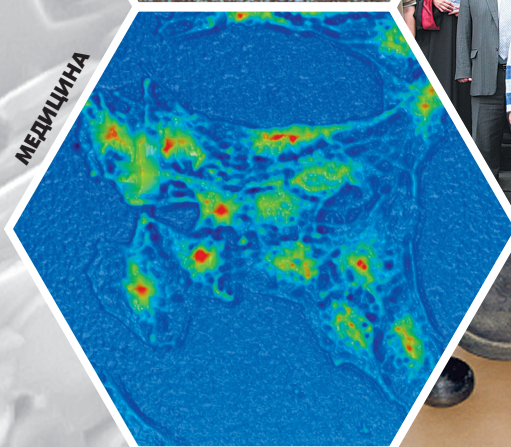
МАКРОКИНЕТИКА



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



МЕДИЦИНА



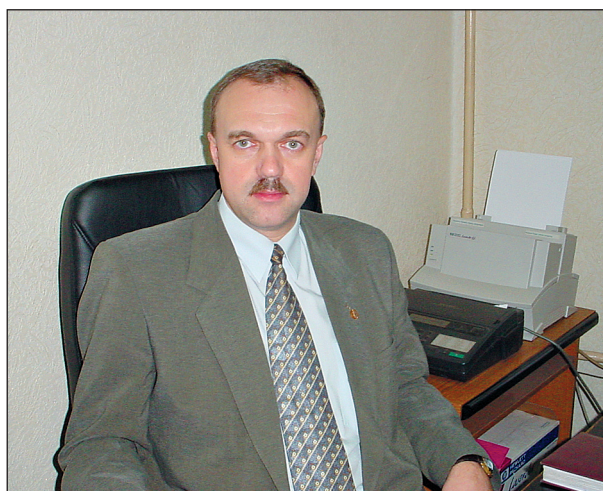
МАШИНОСТРОЕНИЕ



ПОРОШКОВАЯ



НАУЧНО-УЧЕБНОМУ ЦЕНТРУ СВС МИСиС–ИСМАН – 20 ЛЕТ



Левашов Евгений Александрович – профессор,
докт. техн. наук

Научно-учебный центр СВС МИСиС–ИСМАН (НУЦ СВС) создан совместным приказом-постановлением Гособразования СССР (утвердил Г.А. Ягодин) и Президиума АН СССР (утвердил Марчук Г.И.) № 744/119 от 21.09.1989 г. НУЦ СВС был создан на базе Московского института стали и сплавов (МИСиС) и Института структурной макрокинетики АН СССР (ИСМАН) (ныне Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН), как научно-образовательный комплекс, объединяющий усилия и ресурсы высшего учебного заведения и академического института в проведении фундаментальных исследований, разработке и внедрении достижений на предприятиях, подготовке и переподготовке специалистов по различным аспектам научной проблематики.

Инициаторами идеи интеграции высшей школы и академической науки являлись выда-

ющиеся ученые и организаторы науки — профессор А.Г. Мержанов (основоположник СВС и основатель ИСМАН, ныне академик РАН, научный руководитель ИСМАН) и профессор Н.Н. Хавский, работавший в те годы проректором по научной работе МИСиС. Данный приказ-постановление определил функции и задачи, утвердил положение и структуру Центра. Первыми научными руководителями НУЦ СВС были назначены проф. И.П. Боровинская и проф. Н.Н. Хавский, а первым директором, который и по сей день успешно руководит работой центра, назначен Е.А. Левашов (ныне докт. техн. наук, профессор, почетный профессор Горной Академии Колорадо, директор НУЦ СВС и заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий МИСиС).

Идея создания НУЦ СВС в конце 1980-х годов была позитивно воспринята представителями Гособразования, Президиума Академии наук и ГКНТ СССР.

НУЦ СВС с первых дней своего существования в качестве структурного подразделения МИСиС объединил ведущих специалистов ИСМАН и МИСиС в области химической физики, физики горения и взрыва, структурной макрокинетики, физического материаловедения, порошковой металлургии, обработки металлов давлением, теории металлургических процессов. Только лишь спустя 9 лет идея создания подобных научно-образовательных центров получила свое воплощение и развитие в президентской ФЦП «Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки» на 1997–2000 гг., а спустя 19 лет — в рамках ФЦП «Научные и

научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг. Это лишнее подчеркивает, что в 1989 г. был сделан правильный выбор.

Двадцатилетняя история НУЦ СВС, яркая своими научными достижениями, укрепила его позиции не только в России, но и за рубежом. Сегодня авторитет НУЦ СВС бесспорен, он является признанным в мире мультидисциплинарным научно-образовательным центром по разработке новых материалов (керамика, металлокерамика, интерметаллиды, композиционные и функционально-градиентные материалы, многокомпонентные и многослойные наноструктурированные пленки, твердые трибологические покрытия, коррозионно- и жаростойкие покрытия, многофункциональные биоактивные наноструктурные пленки, самосмазывающиеся покрытия, дисперсно-упрочненные наночастицами материалы и покрытия), технологий их получения (СВС, порошковая металлургия, магнетронное напыление (МН), МН при ассистировании ионной имплантацией, электроискровое легирование (ЭИЛ), терморреакционное электроискровое упрочнение (ТРЭУ), а также по аттестации механических и трибологических свойств и метрологии наноструктурированных поверхностей.

НУЦ СВС выполнял и продолжает участвовать в реализации проектов и грантов международных фондов и программ: CRDF, INTAS, НАТО-Россия, «Эврика», МНТЦ, UK Royal Society, 6-я и 7-я Рамочные программы Евросоюза.

В составе центра сегодня работает более 30 высококвалифицированных сотрудников, включая 6 докторов наук и профессоров, 9 кандидатов наук и доцентов, 12 ИТР, 6 аспирантов, 12 студентов. Сотрудники участвуют в работе диссертационных советов Д 212.132.05 при МИСиС и Д 002.092.01 при ИСМАН, редакционных коллегий журналов «Известия вузов. Цветная металлургия», «Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия», «Цветные металлы», «International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis», «Физическая инженерия поверхности», «Металловедение

и термообработка материалов». Участвуют в работе научных советов и комитетов: научный совет РАН по горению и взрыву; международный комитет по функциональным градиентным материалам; Европейский совместный комитет по плазме и инженерии поверхности; международный комитет конференции «Plasma Surface Engineering»; международный комитет по СВС; российско-французский международный комитет «Новые достижения в материаловедении и охране окружающей среды»; международная лаборатория ACSEL (Advanced Coatings and Surface Engineering Laboratory); международный комитет «Metallurgical Coatings and Thin Films», международный комитет Европейской конференции по нанопленкам.

Сотрудниками центра опубликовано более 600 статей в международных и национальных реферируемых журналах, 55 авторских свидетельств и патентов (в том числе 16 международных патентов), 8 книг. Научные группы НУЦ СВС сотрудничают с ведущими исследовательскими центрами США, Канады, Европы, Израиля, Японии, Китая.

В центре ведется учебно-образовательный процесс по специализациям «Структурная макрокинетика» и «Физико-химические основы синтеза неорганических материалов в режиме горения» в рамках специальности 070800, и по специализации «Технологии СВС» в рамках специальности 110800. При этом в учебном процессе активно участвуют ведущие ученые ИСМАН.

НУЦ СВС состоит из следующих структурных подразделений:

- научно-технологический сектор СВС-технологий. Опытно-производственный участок;
- группа механического активирования;
- группа нанопорошковых материалов;
- лаборатория инженерии тонких пленок и покрытий;
- испытательная лаборатория функциональных поверхностей;
- группа импульсных электроискровых процессов модифицирования поверхности;
- учебная лаборатория.

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

- Физикохимия процессов горения, теория самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).
- Структурная макрокинетика, механизмы формирования структуры продуктов гетерогенных химических реакций в волне горения различных СВС-систем. Механическое активирование экзотермических смесей – как эффективный способ управления кинетикой процесса и свойствами продуктов.
- Разработка и синтез новых классов конструкционных и инструментальных, керамических и металлокерамических материалов, дисперсно-упрочненных наночастицами, дисперсионно-твердеющие сплавы.
- Разработка и синтез наноструктурированных композиционных электродных материалов для процессов электронно-ионно-плазменного и ионно-лучевого распыления, электроискрового импульсного легирования, терморекционного электроискрового упрочнения.
- Физикохимия многофункциональных и функционально-градиентных материалов (ФГМ), в том числе алмазосодержащих, электродных, ударостойких материалов.
- Физика плазмы, теория ионно-плазменных и ионно-лучевых процессов. Ионная имплантация.
- Кинетика и механизм формирования наноструктурных тонких пленок и покрытий (сверхтвердых, биосовместимых, жаростойких, коррозионностойких, оптических, резистивных), полученных методами магнетронного напыления, ионной имплантации, импульсного лазерного осаждения, импульсного электроискрового упрочнения, терморекционного электроискрового упрочнения с использованием композиционных СВС- мишеней и электродов.
- Создание метрологического комплекса и нормативно-методической базы для обеспечения единства измерений механических и трибологических свойств наноструктурированных поверхностей и продукции наноиндустрии.
- Разработка и синтез огнеупорной СВС- керамики металлургического назначения. Исследование закономерностей взаимодействия керамических материалов с металлургическими расплавами. Разработка новых огнеупорных композиций, в том числе для центробежного литья прецизионных сплавов медицинского назначения.
- Разработка и синтез жаропрочных и жаростойких композиционных материалов с интерметаллидной матрицей.

Указанные научные направления носят инновационную направленность и соответствуют приоритетному направлению развития науки, технологий и техники Российской Федерации «Индустрия наносистем и материалы», критические технологии: «Нанотехнологии и наноматериалы», «Технологии создания и обработки кристаллических материалов со специальными свойствами», «Технологии создания композиционных и керамических материалов», «Технологии создания биосовместимых материалов». Указанные направления развиваются от фундаментальных и проблемно-ориентированных НИР через ОКР, изготовление опытных образцов и партий изделий, проведение испытаний, а также маркетинговых и патентных исследований к освоению серийного производства и оказанию научно-консультационных услуг.

ДОСТИГНУТЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Теория и практика СВС. Структурная макрокинетика. Механическое активирование экзотермических смесей

Разработаны теоретические модели процессов горения и структурообразования:

■ В критериальной форме для систем типа твердое – жидкость (например, на основе титан-углерод) получено уравнение перехода из диффузионного режима горения к режиму капиллярного растекания. Данное уравнение, подтвержденное экспериментально, связывает теплофизические, гидродинамические, диффузионные параметры системы с составом смеси и дисперсностью исходных реагентов.

■ Модель «конкурентного заполнения» для описания макрокинетических характеристик процессов горения в капиллярно-пористых системах, содержащих расплавы реагента и инертного наполнителя.

■ Модель распространения тепловой и химической волны безгазового горения в многослойных системах.

■ Методом высокоскоростной видеосъемки волны горения впервые установлено, что на микроуровне зона горения представляет собой совокупность очагов-вспышек, обусловленных протеканием химической реакции в отдельных элементарных ячейках, в которых сформировалась реакционная поверхность.

■ Предложен механизм структурообразования керамических и металлокерамических композиций в волне горения различных гетерогенных систем.

■ Установлена взаимосвязь между структурой и свойствами механически активированных порошковых смесей, физико-химическими параметрами реакций горения и структурой продуктов горения. Механическое активирование позволило осуществить СВС в слабо экзотермических смесях, в том числе сильно разбавленных инертным компонентом. Отработаны технологические режимы механического активирования реакционных смесей в системах Ti–Si, Mo–Si, Ti–Cr–C, Ti–B, Ti–BN, Ti–Si₃N₄, Ti–Cr–B, Cr–B, Mo–B, Ti–Ta–C, Ni–Al.

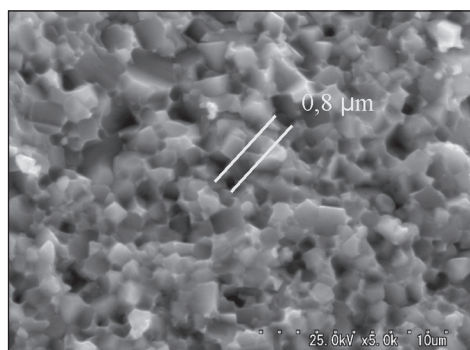
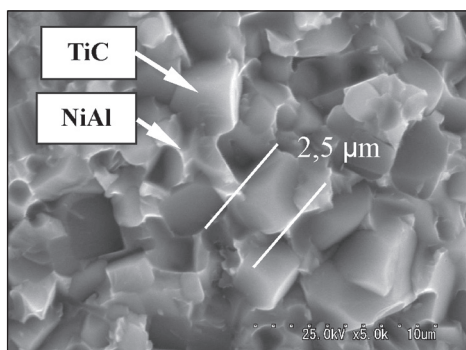
■ Созданы научные принципы управления процессом СВС (элементные синтезы в системах типа твердое–жидкость и фильтрационные синтезы–твердое–газ) с помощью мощных ультразвуковых полей. Показано, что ультразвук является эффективным инструментом для управления структурой и свойствами продуктов синтеза на основе карбидов, боридов, интерметаллидов переходных металлов.

Новые классы керамических, металлокерамических материалов. Дисперсно-упрочненные и дисперсионно-твердеющие сплавы

Разработаны два типа дисперсно-упрочненных наночастицами объемных конструкционных материалов с эффектом одновременного упрочнения наночастицами карбидных зерен и металлической матрицы:

1. Керамические материалы дисперсионно-твердеющего типа на основе карбида титана с эффектом одновременного дисперсного упрочнения карбидных зерен и металлической связки в результате концентрационного расслоения (протекания управляемых твер-

дорастворных превращений) пересыщенных твердых растворов и выделения благодаря этому нанодисперсных избыточных фаз как по всему объему карбидных зерен (например, фаз типа Me^VC или Me^V), так и металлической связки (например, γ'-фазы). Принципиальная новизна материаловедческого подхода по созданию таких материалов состоит в следующем. Пересыщенные твердые растворы могут быть получены в условиях высоких температурных градиентов, реализуемых в вол-



Микроструктура стандартного сплава СТИМ-40НА (на основе TiC-NiAl) и сплава дисперсно-упрочненного наночастицами NbC

не горения СВС- систем. Благодаря высокой температуры горения (до 2500–3500 °С) в зоне структурирования, твердые растворы, в соответствии с диаграммами состояния, накапливают высокую концентрацию легирующих элементов. При быстром охлаждении со скоростями порядка 10^2 – 10^3 °С/с данные легирующие элементы не успевают покинуть кристаллическую решетку, и твердый раствор становится пересыщенным. Однако последующая термообработка приводит к концентрационному расслоению твердых растворов и выделению избыточных фаз. Условия термообработки, степень пересыщения и особенности диаграммы состояния дают возможность управлять размером избыточных фаз, выделение которых приводит к значительному росту физико-механических свойств. Происходит увеличение одновременно твердости,

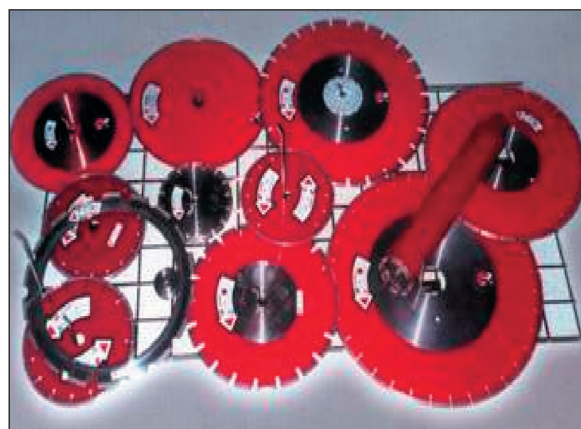
трещиностойкости, предела прочности, ударной вязкости.

2. Керамические материалы (на основе карбидов, нитридов, боридов) с модифицированной структурой, полученной путем введения в исходную шихтовую смесь нанодисперсных добавок тугоплавких соединений, выполняющих роль модификаторов в процессе первичного и вторичного структурообразования через жидкую фазу. Впервые изучено влияние нанодисперсных добавок на макрокINETические параметры горения и структурообразование различных СВС-систем. Установлен эффект сильного модифицирования структуры продуктов синтеза, приводящий к одновременному росту прочности, твердости и трещиностойкости. Технология производства данных материалов реализована в опытно-промышленных условиях.

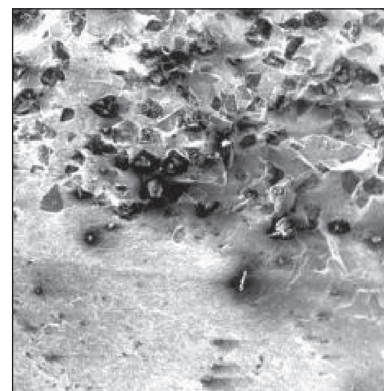
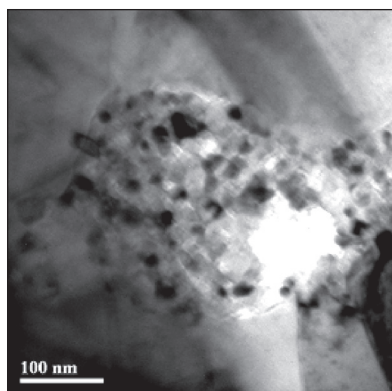
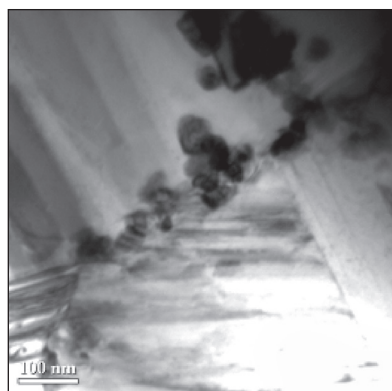
Новые алмазосодержащие материалы с дисперсно-упрочненной наночастицами связками

Впервые теоретически и экспериментально установлено, что алмазное зерно в определенных условиях выдерживает без существенных изменений кратковременное воздействие высокотемпературной химической волны синтеза. Кроме того, идея направления состоит в легировании металлической матрицы (связки) упрочняющими наночастицами, которые призваны решить одновременно три задачи:

- изменить химический потенциал межфазной границы алмаз - металлическая связка путем легирования реакционно-активными наночастицами (увеличение прочности удержания алмазного зерна в связке);



Серийно выпускаемый по новой технологии алмазный инструмент (ЗАО «Кермет»)



Равномерное распределение наночастиц ZrO_2 (5–20 нм) и WC (20–80 нм) по границам и объему зерен связки *Co extra fine*

Градиентное распределение алмазных зерен

– обеспечить дисперсное упрочнение металлической связки путем введения наночастиц в объем зерен, при котором происходит увеличение твердости, прочности и ударной вязкости;

– обеспечить зернограничное легирование путем введения наночастиц по границам зерен связки, при котором заметно снижается коэффициент трения в зоне резания.

Разработана технология получения алмазосодержащих материалов (в том числе функционально-градиентных) с дисперсно-упрочненной наночастицами связкой, которая внедрена в серийное производство алмазных отрезных сегментных кругов, сверл и канатных пил для строительной промышленности и камнеобработки.

Мишени для ионно-плазменного напыления и электроды для электроискрового легирования

Для технологий ионно-плазменного (магнетронного) напыления наноструктурных многофункциональных покрытий разработан широкий класс СВС-композиционных мишеней в системах $TiC-TiB_2$, $TiB_2-Al_2O_3$, TiC_α , $TiB_2-Ti_5Si_3$, $TiB-Ti$, $TiN-TiB_2$, $TiN-Ti_5Si_3$, $TiC-TiB_2-TiC_xN_y$, Ti_5Si_3 , $TiC-Ti_3SiC_2-TiSi_2-SiC$, TiB_2-TiAl , $TiC-Cr_3C_2$, $TiC-TiAl$, Ti_5Si_3-Ti , TiB_2-CrB_2 , CrB_2 , $(Ti,Mo)C-Mo_2C$, $TiC-TaC-Mo_2C$, $TiC_\alpha-CaO$, $TiC_\alpha-ZrO_2$, $TiC_\alpha-Ca_3(PO_4)_2$, $Cr_xTi_{2-x}AlC$, $(Ti,Ta)C_\alpha$, $(Ti,Nb)C_\alpha$, $(Ti,Zr)C_\alpha$, $(Ti,Ta)C_\alpha-Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ и др. Осуществляется выпуск дисковых и планарных мишеней по технологии силового СВС-компактирования.

Разработаны новые композиционные электродные материалы (на основе карбидов, боридов, силицидов, интерметаллидов, дисперсно-упрочненных наночастицами) для процессов импульсного электроискрового легирования (ЭИЛ). Созданы механизированные установки нового поколения марки «Alier-Metal», характеризующиеся повышенной про-

изводительностью, высокой частотой импульсных разрядов (до 3000 Гц) и качеством наносимых покрытий. Данные электродные материалы и установки нашли применение в задачах упрочнения и восстановления режущего, штампового, прессового и прокатного инструмента, ответственных узлов деталей авиационно-космической техники.

Созданы теоретические модели процесса термореакционного электроискрового осаждения покрытий (ТРЭУ), основанного на протекании в поверхностном слое экзотермической химической реакции, стимулируемой энергией импульсного разряда. Разработана и освоена технология производства шихтовых ТРЭУ – электродов из нанодисперсных компонентов. Установлена возможность получения методом ТРЭУ алмазосодержащих покрытий. Осуществляется выпуск стержневых и дисковых электродов.

Для процессов ЭИЛ и ТРЭУ разработано 5 групп электродных материалов на основе

карбидов, боридов, силицидов, интерметаллидов, дисперсно-упрочненных наночастицами:

1 группа. Дисперсионно-твердеющие керамические материалы на основе карбида титана с эффектом одновременного дисперсного упрочнения карбидных зерен и металлической связки в результате концентрационного расслоения пересыщенных твердых растворов и выделения благодаря этому нанодисперсных избыточных фаз как по всему объему карбидных зерен, так и металлической связки. Electrodes 1 группы, в зависимости от состава имеют наименование КТЦ (система Ti–Zr–C), КНТ (система Ti–Nb–C) или КТТа (система Ti–Ta–C). Electrodes выпускаются как с металлической связкой (составов Ni–Co–Al–Cr, Ni–Al или Ni), так и без связки.

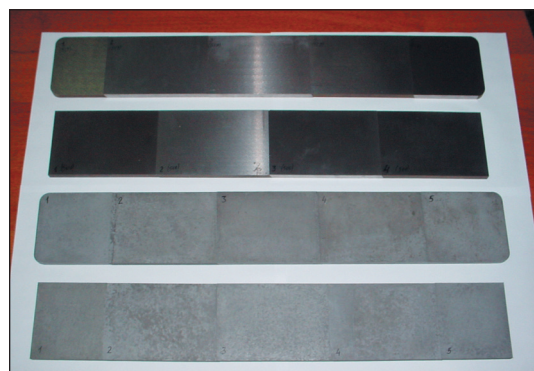
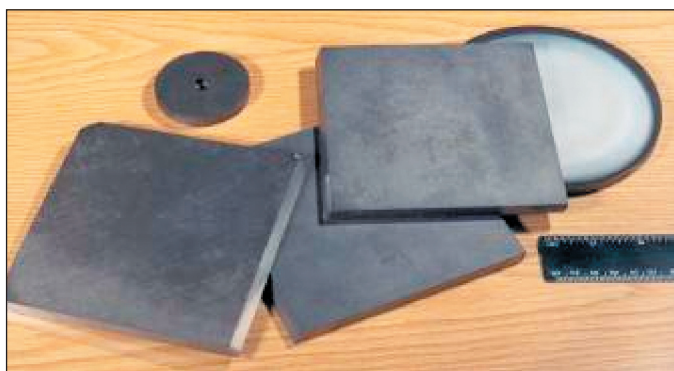
2 группа. Дисперсно-упрочненные наночастицами твердосплавные материалы с модифицированной структурой, полученные путем введения в исходную шихтовую СВС- смесь нанодисперсных добавок тугоплавких металлов и соединений, выполняющих роль модификаторов в процессе структурообразования продуктов синтеза. В качестве модифицирующих

компонентов применяют нанопорошки detonationного алмаза, ZrO_2 , Al_2O_3 , NbC, Si_3N_4 , W, WC, (WC–Co). Примеры электродов данной группы: TiC– Cr_3C_2 –Ni (сплав СТИМ-ЗБ), TiC–Ni (СТИМ-2), TiC – никелевый сплав ХН70Ю (СТИМ-2/40НЖ), TiC–NiAl (СТИМ-40НА), TiC– Ti_3AlC_2 (СТИМ-40ТА) TiB_2 –TiAl (СТИМ-9/20 А), TiC–Ni–Mo (СТИМ-2/30НМ).

3 группа. Твердосплавные наноструктурированные электродные материалы в системе WC–Co, полученные по технологиям пресования-спекания и горячего прессования при использовании нанодисперсных плазмохимических порошков WC–Co. Средний размер частиц карбидной фазы в электродном материале ~ 80 нм.

Electrodes 3-й группы в зависимости от технологии получения получили наименование СНМ (спекенный наноструктурный материал) или ГПНМ – горячепрессованный наноструктурный материал.

4 группа. Аморфизуемые материалы, содержащие карбиды переходных металлов (Fe_3C , WC), представляют собой специально приготовленные около эвтектические прекурсоры аморфной фазы, например,



Дисковые и планарные катоды-мишени для магнетронного распыления

быстрозакаленный чугун Fe–Mn–Ni–Si–C, легированный бором для повышения стеклообразующей способности. Быстрая закалка расплава приводит к подавлению образования тугоплавких кристаллитов, уменьшению размеров структурных составляющих и понижению температуры плавления электрода. Данные электроды перспективны для нанесения наноструктурированных покрытий на подложки из карбидообразующих элементов, например, титановые сплавы.

5 группа. ТРЭУ-электроды, полученные по технологии волочения смесей порошков (Ti–B, Ti–C–Ni–Al, Ti–C–Al, Ti–Al–алмаз, Ti–B–алмаз и др.) в алюминиевой, стальной или медной оболочках. Данные электродные материалы нашли применение в задачах упрочнения и восстановления режущего, штампового и прокатного инструмента, деталей машин, ответственных узлов деталей авиационно-космической техники.

Разработанные электродные материалы выпускаются в виде: стержней для ручной и



Стержневые и дисковые электроды для ЭИЛ и ТРЭУ

механизированной обработки (осевой инструмент), так и в форме дисков (колец) для механизированной электроискровой обработки (вибрирующий дисковый инструмент). Все составы электродных материалов зарегистрированы в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» в виде ТУ. На составы электродных материалов и способы их получения имеются патенты.

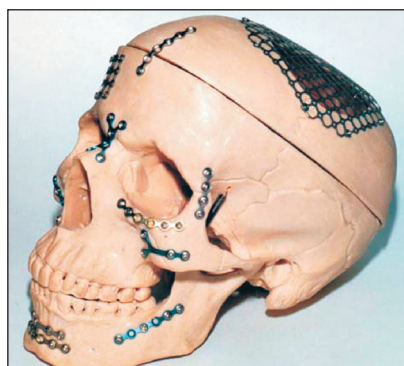
Многокомпонентные биоактивные наноструктурные пленки

Разработан принципиально новый подход к конструированию многокомпонентных биоактивных наноструктурных пленок (МБНП) на основе тугоплавких соединений TiC, Ti(C,N), (Ti,Ta)C, (Ti,Ta)(C,N) с биологически активной неорганической матрицей, содержащей элементы (Ca, Si, O, P). Научно обоснованный выбор элементного и фазового состава покрытий обеспечивает биоактивность и биосовместимость, улучшая при этом механические и трибологические свойства поверхности. Неорганические добавки CaO, ZrO₂, Si₃N₄, TiO₂, Ca₃(PO₄)₂ и Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ вводятся уже на этапе получения композиционных мишеней для ионно-плазменного осаждения покрытий. По совокупности химических, механических, трибологических и биологических характеристик покрытия превосходят зарубежные аналоги.

Полученные МБНП обладают уникальным сочетанием свойств, необходимых для многофункциональных биоматериалов, работающих под нагрузкой: высокая твердость, низкий

модуль упругости, высокая адгезионная прочность, низкий коэффициент трения, высокая износостойкость, высокая стойкость к упругой деформации разрушения и пластической деформации, высокая усталостная прочность, гидрофильность, отрицательный заряд поверхности в физиологической среде, положительный потенциал коррозии, биосовместимость, отсутствие токсичности и биоактивность, обеспечивающие существенное ускорение остеоинтеграции.

Изготовленные модельные образцы имплантатов с покрытиями успешно прошли биологические, токсикологические, санитарно-химические и клинические испытания, по результатам которых зарегистрированы ТУ 9437-017-11458417-2008 «Набор имплантатов дентальных титановых с многофункциональными биоактивными наноструктурными покрытиями Д-Имбнп-«Конмет»; ТУ 9438-015-11458417-2008 «Набор имплантатов титановых с многофункциональными биоак-



Имплантаты для черепно-челюстно-лицевой хирургии с многокомпонентными биоактивными наноструктурными покрытиями

тивными наноструктурными покрытиями для черепно-челюстно-лицевой хирургии ЧЧЛХ-Имбнп-«Конмет»; ТУ 9438-016-11458417-2008 «Набор имплантатов титановых с многофункциональными биоактивными наноструктурными покрытиями для хирургии позвоночника ХП-Имбнп-«Конмет» и ТУ 9438-002-49346483-2007 «Эндопротезы тазобедренного сустава бесцементной фиксации с многофункциональными биоактивными наноструктурными покрытиями».

Новый подход позволяет наносить МБНП на имплантаты из политетрафторэтилена (ПТФЭ). При этом отработаны методики электрохимических и биологических *in vitro* исследований полимерных конструкций с покрытиями. Изучены медико-биологические характеристики высокопористых имплантационных конструкций на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ)

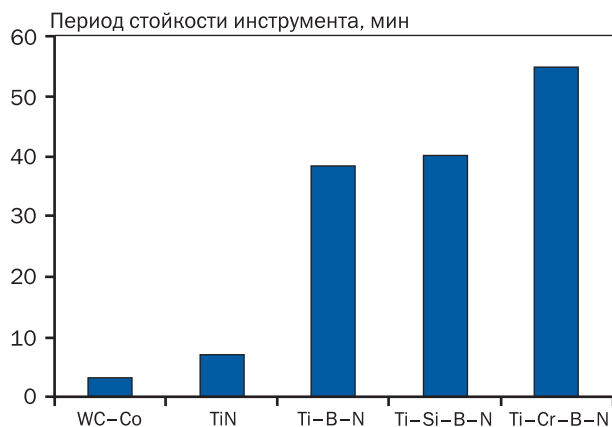
и высокомолекулярного полиэтилена (ВМП) с МБНП. Разработана методика исследования полимеров с покрытиями методами сканирующей зондовой микроскопии и ИК Фурье-спектроскопии.

Партнерами по данному направлению исследований являются: ООО «Конмет»; Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена; Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии; Российский онкологический научный центр имени Н.Н. Блохина РАМН; ЗАО НПО «МЕТАЛЛ»; БелГУ; МФТИ; Институт физики прочности и материаловедения СО РАН; Всероссийский научно-исследовательский проектный институт медицинских инструментов; ИМЕТ РАН; ФГУП «ЦНИИКМ «Прометей»; ООО КНПО «Биотехника», Институт спектроскопии РАН и др.

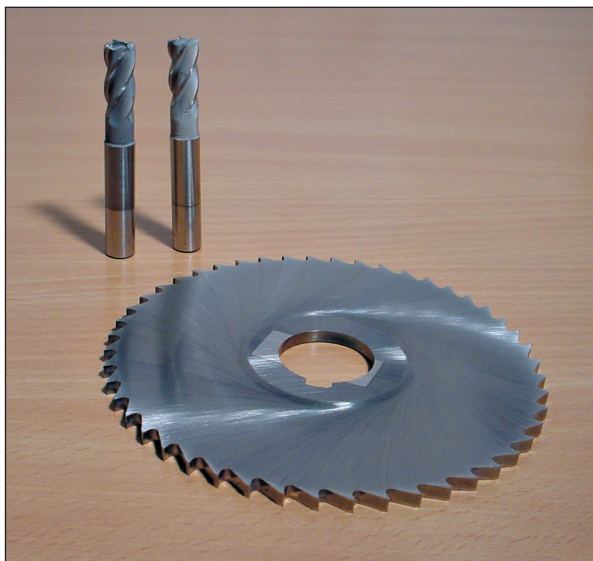
Многофункциональные (твердые, коррозионностойкие, жаростойкие, самосмазывающиеся, резистивные) пленки и покрытия

Установлены закономерности влияния параметров магнетронного напыления, а также при ассистировании ионной имплантацией, на структуру и свойства наноструктурных пленок и покрытий. Найдены технологические режимы осаждения наноструктурных многофункциональных, многослойных и функционально-градиентных покрытий. С помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения исследованы тонкие пленки с размером кристаллитов менее 1–2 нм. В системах Ti–Si–N, Ti–B–Si–N, Ti–B–Cr–N получены сверхтвердые до 70 ГПа на-

неструктурные пленки. Рекордно высокие значения жаростойкости установлены в системах Ti–Cr–B–N, Ti–Al–Si–B–N, коррозионной стойкости – в системах Ti–Ta–Mo–C–N, Ti–C, Ti–Cr–C–N, Ti–Si–C–N, резистивных характеристик (для среднеомных и высокоомных резисторов гибридных интегральных схем и нагревателей) – в системах Ti–C–B, Ti–Al–B–O. Накоплен значительный опыт в изучении фазового состава и структуры многокомпонентных наноструктурных пленок в системах Ti–(Al, Si, Cr, Zr, Nb, Mo)–(B, C, N, O) с помощью рентгеноспектрального анализа, про-



Стойкость твердосплавного инструмента без покрытия и с покрытиями TiN, Ti-B-N, Ti-Si-B-N, Ti-Cr-B-N при обработке нержавеющей стали в отсутствие СОЖ

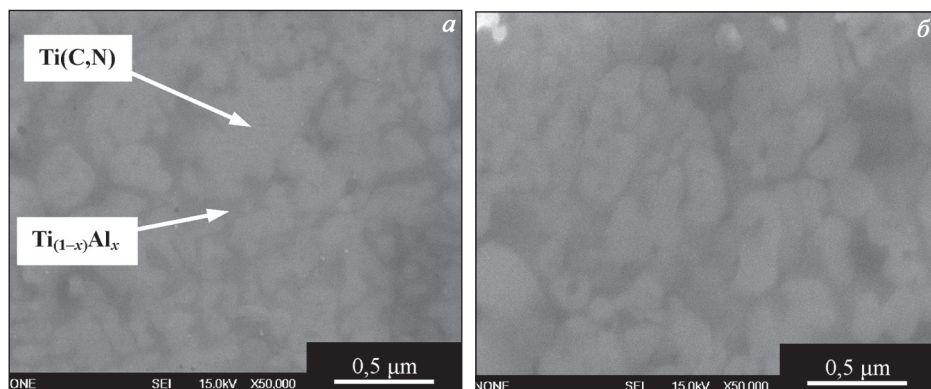


свечивающей и сканирующей электронной микроскопии, спектроскопии энергетических потерь электронов, фотоэлектронной и Оже-электронной спектроскопии. Особое внимание уделяется изучению структуры границ зерен, дислокаций и дефектов в тонких пленках, корреляции между топографией поверхности и структурой пленки, роли ориентационных соотношений, механизму роста пленки, влиянию топографии поверхности подложки, механизму деформации наноструктурных пленок и покрытий.

Установлены закономерности формирования ЭИЛ- и ТРЭУ-покрытий на различных материалах подложек (титановые и никелевые сплавы, карбидостали, быстрорежущие, штамповые, нержавеющие стали) при варьировании параметров импульсных разрядов (сила тока, частота, длительность). Найденны оптимальные энергетические режимы и время обработки, характеризующиеся вы-

сокой скоростью формирования покрытий при удовлетворительной шероховатости поверхностного слоя. Например, покрытия на титановом сплаве ОТ4-1, нанесенные электродами в системе TiC-Ti₃AlC₂, состоят из зерен карбонитрида титана Ti(C,N) размером от 70 до 500 нм. Полученные при использовании электродов на основе карбида и диборида титана покрытия, характеризуются высокими сплошностью (до 100 %), микротвердостью (до 20,7 ГПа), жаро- и износостойкостью.

Применение дисперсно-упрочненных наночастицами и наноструктурированных электродных материалов способствует снижению шероховатости и коэффициента трения покрытий. Отмечено отсутствие признаков адгезионного разрушения покрытий на титановом сплаве при скратч-тестировании до нагрузки 130 Н. Величина упругого восстановления данных покрытий – 40–50 %.



Микроструктура электроискровых покрытий (×50000) на поверхности титанового сплава марки ОТ4-1

а – TiC-Ti₃AlC₂ + ZrO₂^{нано},
б – TiC-Ti₃AlC₂ + без добавок

Обеспечение единства измерений физико-механических и трибологических свойств наноструктурированных поверхностей

Проводятся следующие мероприятия по обеспечению единства измерений:

1. Создание метрологического комплекса, обеспечивающего измерение твердости, модуля упругости, упругого восстановления, адгезионной прочности, коэффициента трения, износа, предела выносливости (количество циклов до разрушения), топологии поверхности продукции наноиндустрии.

2. Разработка и аттестация государственных стандартных образцов, обеспечивающих калибровку и прослеживаемость измерений механических и трибологических характеристик нс-поверхностей.

3. Разработка и аттестация методик выполнения измерений механических и трибологи-

ческих характеристик наноматериалов и калибровки соответствующих средств измерений.

4. Обобщение практических результатов наноиндентирования, склерометрии, скратч-тестирования, циклических ударно-динамических, трибологических испытаний нс-поверхностей наиболее типичных коммерциализуемых наноматериалов.

5. Разработка комплекса нормативно-технических документов, включая проекты ГОСТ Р, регламентирующих проведение испытаний.

6. Разработка практических рекомендаций по измерениям твердости, модуля упругости, упругого восстановления, вязкости разрушения и по учету влияния этих характеристик на поведение наноматериалов в процессе трения и износа.

Огнеупорная СВС- керамика металлургического назначения

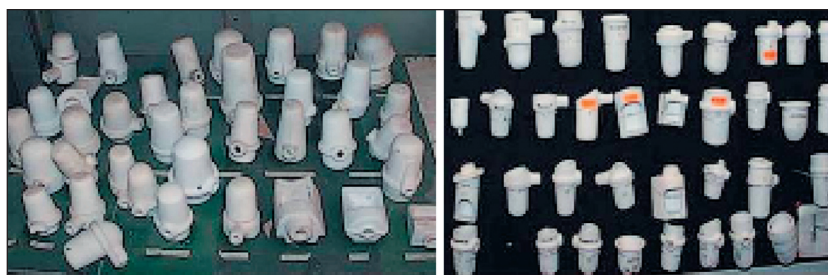


Производство керамических тиглей для получения сплавов медицинского назначения методом литья



Изделия для металлургической промышленности

Тигли для центробежного литья из огнеупорной СВС- керамики



СПИСОК ОСНОВНЫХ ПАТЕНТОВ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ

- Левашов Е.А., Штанский Д.В., Глушанкова, И.В. Решетов Н.А. Многофункциональные биосовместимые наноструктурные пленки для медицины. Патент № 2333009 от 10.09.2008.
- Григорьян А.С., Филонов М.Р., Кулаков А.А., Штанский Д.В., Левашов Е.А., Селезнева И.И., Топоркова А.К. Способ получения имплантационного материала на основе пористого политетрафторэтилена и материал, полученный этим способом. Патент на изобретение № 2325191 от 27.05.2008.
- Левашов Е.А., Штанский Д.В., Глушанкова Н.А., Решетов И.В. Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины. Патент РФ № 2281122 от 10.08.2006.
- Levashov E.A., Shtansky D.V., Gloushankova N.A., Reshetov I.V. Biologically Compatible Multi-component Nanostructural Coatings for Medical Applications. Международная заявка PCT/RU2005/000529 от 28.10.2005. Publication number WO 2007/004913. European Patent Application № 05825079.6 от 29.01.2008. USA Patent Application № 12/085385 от 22.05.2008.
- Koizumi M., Ohyanagi M., Hosomi S., Levashov E.A., Trotsue A.V., Borovinskaya I.P. Composite Material and Process for Producing the Same. European Patent № 0731186 B1 от 20.10.2004. Bulletin 2004/43.
- Левашов Е.А., Николаев А.Н., Кудряшов А.Е., Коизуми М., Охианаги М., Хосоми С. Электродный стержень для искровой наплавки, способ его изготовления и способ нанесения покрытия, содержащего суперабразив. Патент РФ № 2228824 от 20.05.2004.
- Левашов Е.А., Курбаткина В.В., Штанский Д.В., Сенатулин Б.Р. Мишень для получения функциональных покрытий и способ ее изготовления. Патент РФ № 2305717 от 14.11.2005.
- Левашов Е.А., Андреев В.А., Курбаткина В.В. Связка для изготовления алмазного инструмента. Патенты РФ № 2286241, 2286242, 2286243 от 14.11.2005
- Levashov E.A., Andreev V.A., Kurbatkina V.V. Binder for the Fabrication of Diamond Tools. Международная заявка PCT/RU2006/000491 от 25.09.06. Publication number WO 2007/055616 от 18.05.2007. European Patent Application № 06812911.3 от 24.09.2008. USA Patent Application № 12/084923 от 13.05.2008.
- Levashov E.A., Kurbatkina V.V., Shtansky D.V., Sanz A. Target for the Synthesis of Multifunctional Coatings and Method of its Fabrication. Международная заявка PCT/EP 2006/010918 от 14.11.2005. Publication number WO 2007/054369 A2 от 18.05.2007.
- Levashov E.A., Kudryashov A.E., Shtansky D.V., Sanz A. Method for Deposition of Dispersion-Strengthened Coatings and Composite Electrode Materials for Deposition of Such Coatings. Международная заявка PCT/EP 2006/007572 от 31.07.2006.
- Петржик М.И., Филонов М.Р., Трегубов А.А., Поздеев А.И., Олесова В.Н., Левашов Е.А. Псевдоупругий биосовместимый функционально-градиентный материал для костных имплантов и способ его получения. Патент РФ № 2302261 от 11.05.2006.
- Левашов Е.А., Штанский Д.В. Многофункциональные биосовместимые наноструктурные пленки для медицины. Патент РФ № 2333009 от 10.09.2008.
- Koizumi M., Ohyanagi M., Levashov E.A., Trotsue A.V., Borovinskaya I.P. Sintered Composites Containing Superabrasive Particles. Patent of Japan № 4156025 от 18.07.2008.



НАГРАДЫ НА ПРЕСТИЖНЫХ ФОРУМАХ И САЛОНАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Научные разработки НУЦ СВС отмечены многочисленными дипломами и медалями международных салонов и выставок интеллектуальной собственности. В их числе:

- Диплом за высокий уровень разработок, представленных на 34-й Международной выставке изобретений, новой техники и продукции 5–9 апреля 2006 г. в г. Женева (Швейцария).
- Диплом и золотая медаль на Международном салоне патентов и изобретений в Женеве за разработку: «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом и серебряная медаль на Международном салоне патентов и изобретений в Женеве за разработку: «ФГМ мишени для осаждения многокомпонентных наноструктурных покрытий для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, В.В. Курбаткина, Д.В. Штанский, Б.Р. Сенатулин.
- Диплом и серебряная медаль на Международной инновационной выставке «Идеи, изобретения, инновации» в Нюрнберге (Германия, 2006 г.) за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом и золотая медаль на Международной инновационной выставке «Идеи, изобретения, инновации» в Нюрнберге (Германия, 2006 г.) за инновационную разработку «ФГМ мишени для осаждения многокомпонентных наноструктурных покрытий для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, В.В. Курбаткина, Д.В. Штанский, Б.Р. Сенатулин.
- Диплом и золотая медаль на Международной инновационной выставке «Идеи, изобретения, инновации» в Нюрнберге (Германия, 2006 г.) за инновационную разработку «Связка для изготовления алмазного инструмента». Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- Диплом и золотая медаль за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины», представленную на 18-й Международной выставке «Изобретения, инновации и технология» (ITEX-2007) в г. Куала-Лампур (Малайзия). Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом и золотая медаль за инновационную разработку «Мишени для осаждения многофункциональных покрытий и метод их получения», представленную на 18-й Международной выставке «Изобретения, инновации и технология» (ITEX-2007) в г. Куала-Лампур (Малайзия). Авторы: Е.А. Левашов, В.В. Курбаткина, Д.В. Штанский, Б.Р. Сенатулин.
- Диплом и золотая медаль за инновационную разработку «Связка для изготовления алмазного инструмента», представленную на 18-й Международной выставке «Изобретения, инновации и технология» (ITEX-2007) в г. Куала-Лампур (Малайзия). Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- Диплом в номинации «100 лучших изобретений России», Инновационная разработка «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины» (патент РФ № 2281122). Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Специальным призом награжден Е.А. Левашов за большой вклад в разработку изобретений, представленных на 18-й Международной выставке «Изобретения, инновации и технология» (ITEX-2007) в г. Куала-Лампур (Малайзия).

- Диплом и золотая медаль с ликом Николы Теслы на Белградской ассоциации изобретателей и авторов технических улучшений (г. Белград, 30 ноября 2007 г.) за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом в номинации «100 лучших изобретений России» за инновационную разработку «Связка для изготовления алмазного инструмента (патенты № 2286241, 2286242, 2286243). Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- Диплом и золотая медаль на X Международном салоне промышленной собственности «Архимед-2007» за разработку «Связка для изготовления алмазного инструмента (патенты № 2286241, 2286242, 2286243). Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- Диплом и золотая медаль на 99-м Международном салоне изобретений «Конкурс Лепин» (г. Париж, Франция, 2008 г.) за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом и бронзовая медаль на 99-м Международном салоне изобретений «Конкурс Лепин» (г. Париж, Франция, 2008 г.) за инновационную разработку «Связки для изготовления алмазного инструмента». Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- Диплом и золотая медаль на XI Международном салоне промышленной собственности «Архимед-2008» за разработку «Псевдоупругий биосовместимый функционально-градиентный материал для костных имплантатов и способ его получения». Авторы: М.И. Петржик, М.Р. Филонов, А.А. Трегубова, А.И. Поздеев, В.Н. Олесова, Е.А. Левашов.
- Диплом и серебряная медаль на 4-й Сеульской Международной ярмарке изобретений «SIIF-2008» (11–15 декабря 2008 г.) за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Медаль Польской Ассоциации изобретателей и инноваторов имени Марии Склодовской-Кюри за инновационную разработку «Биосовместимые многокомпонентные наноструктурные покрытия для медицины». Авторы: Е.А. Левашов, Д.В. Штанский, Н.А. Глушанкова, И.В. Решетов.
- Диплом и бронзовая медаль на 4-й Сеульской Международной ярмарке изобретений «SIIF-2008» (11–15 декабря 2008 г.) за инновационную разработку «Связки для изготовления алмазного инструмента». Авторы: Е.А. Левашов, В.А. Андреев, В.В. Курбаткина.
- За большой вклад в развитие теории и практики правовой охраны объектов интеллектуальной собственности в 2007 г. Е.А. Левашов награжден Почетным знаком Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатента) «На благо России», а в 2008 г. – медалью «50 лет МГО ВОИР».



ФОТОГАЛЕРЕЯ НАУЧНО-УЧЕБНОГО



Горная академия Колорадо, Гольден, США, 2007



Лондон, Великобритания, 2006



Ереван, Армения, 2006



Белград, Сербия, 2007



Global meeting EXCELL 2007, Хайфа, Израиль



FBMT 2009, Новосибирск, Россия



Сан-Диего, США, 2007



Эйн-Геди, Израиль, 2006



PSE 2006, Гармиш-Партенкирхен, Германия



FGM 2008, Сендай, Япония



Белгород, Россия, 2007

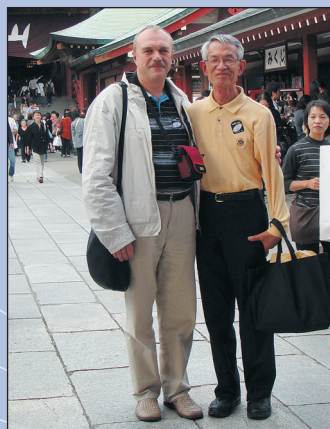


НАТО-Россия 2003, Москва

ЦЕНТРА СВС МИСИС – ИСМАН



Севилья, Испания, 2007



Токио, Япония, 2008



NAMS 2007, Метц, Франция



НАНО 2008,
Минск, Беларусь



Рийкокский университет,
Япония, 2008



Дни России в Болгарии, София, 2008



На берегу озера Севан, Армения, 2009



Афины, Греция, 2008



Лондон, Великобритания, 2005



Цахкадзор, Армения, 2009

ПРИБОРНАЯ БАЗА НАУЧНО-УЧЕБНОГО

Метрологический комплекс для прецизионных исследований физических, механических и трибологических характеристик



Нанотвердомер Nanohardness Tester, CSM Instruments (Швейцария)



Оптический профилометр WYKO NT1100, Veeco (США, Великобритания)



Скратч-тестер Scratch Tester REVETEST, CSM Instruments (Швейцария)



Анализатор субмикронных частиц BECKMAN COULTER® N5 (США)



Универсальная машина для механических испытаний LF-100kN, Walter+Bai (Швейцария)



Оптический эмиссионный спектрометр тлеющего разряда PROFILER-2, Horiba Jobin Yvon (Франция)



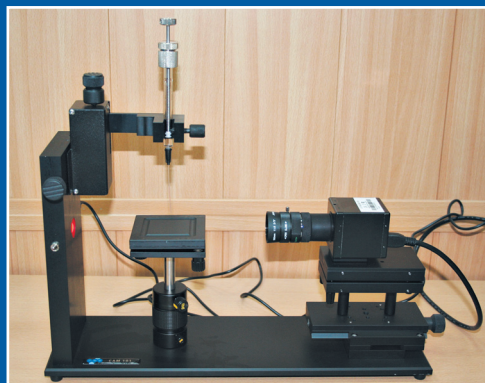
Высокотемпературная машина трения High-temperature Tribometer, CSM Instruments (Швейцария)



Установка для проведения коррозионно-электрохимических испытаний VoltaLab, Radiometer Analytical (Франция)



Гелиевый пикнометр AccuPyc 1340, Micromeritics (США)



Установка для определения краевого угла смачивания CAM 101, KSV Instruments (Финляндия)



Импакт тестер Impact Tester, Semcon (Германия)

ЦЕНТРА СВС МИСИС–ИСМАН

Оборудование для синтеза новых материалов



Оборудование для механической и электроэрозионной обработки



Оборудование для механического активирования реакционных смесей (планетарные мельницы МПП-1 (Россия) и Pulverisette 5, FRITSCH (Германия))



Прессовое оборудование, вакуумные и водородные печи

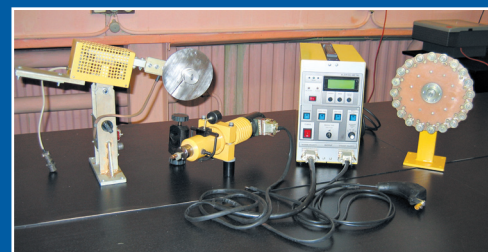
Оборудование для модификации поверхности и осаждения наноструктурных тонких пленок и покрытий



Установка магнетронного напыления UDP 850/4, TEER COATINGS Ltd. (Великобритания)



Комбинированная установка магнетронного, ионного напыления при ассистировании ионной имплантацией



Установка «Alier-Metal 303» с микропроцессорным управлением для электроискрового легирования



Установка дуального магнетронного напыления UNICOAT 900, ООО НПФ «Элан-Практик» (Россия)

Модернизированная установка магнетронного напыления





Главное здание МИСиС

119049, Москва,
Ленинский проспект, д. 4



Здание МИСиС на Крымском валу

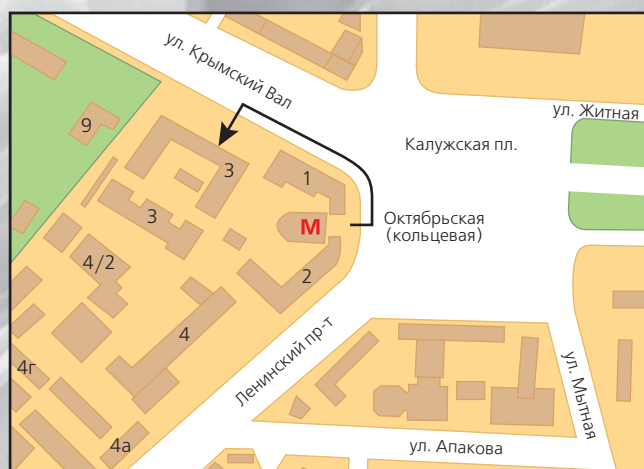
119049, Москва,
ул. Крымский Вал, д. 3

Сайт НУЦ СВС в интернете:

<http://www.shs.msisa.ru>

Адрес для почты:

119049, Москва,
Ленинский проспект, д. 4, 164



Директор НУЦ СВС – докт. техн. наук, профессор Евгений Александрович Левашов

Адрес: 119049, Москва, Крымский Вал, д. 3, ком. 109.

Тел.: (495) 638-45-00, тел/факс: (495) 236-52-98. **E-mail:** levashov@shs.misis.ru

Ученый секретарь – канд. техн. наук, вед. научный сотрудник, доцент Виктория Владимировна Курбаткина

Адрес: 119049, Москва, Крымский Вал, д. 3, ком. 105

Тел./факс: (495) 237-53-36. **E-mail:** vvkurb@mail.ru

Главный научный сотрудник – профессор, докт. физ.-мат. наук Дмитрий Владимирович Штанский

Адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 2, ком. 317

Тел.: (495) 638-45-35; тел/факс: (495) 236-52-98. **E-mail:** shtansky@shs.misis.ru