

СЕССИЯ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО НОВЫМ МАТЕРИАЛАМ

16–17 мая 2017 г. в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины г. Киев проходила ежегодная 22-я сессия Научного совета по новым материалам при Комитете по естественным наукам Международной ассоциации академий наук (МАН). В заседании сессии приняли участие ученые и специалисты в области материаловедения из Беларуси, Грузии и Украины.

16 мая состоялось заседание секции «Конструкционные и функциональные наноматериалы для медицины».

Пленарное заседание сессии открыл чл.-кор. НАН Беларуси Ю. М. Плескачевский (Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого, г. Гомель, Беларусь). В этом году пленарное заседание посвящено композиционным функциональным материалам, где было представлено 11 докладов по этой теме.

Первым на пленарном заседании заслушали доклад «Композиционные наноструктурные материалы и электронно-лучевая технология их получения», подготовленный академиком НАНУ Б. А. Мовчаном (ИЭС). Известно, что процессы испарения и конденсации различных веществ в вакууме представляют уникальный комплекс методов получения новых материалов и покрытий с микро- и наноразмерной структурой. Особого внимания заслуживает электронно-лучевое испарение и конденсация неорганических веществ в вакууме (ЕВ PVD). В докладе представлен краткий обзор работ ИЭС по исследованию и разработке новых материалов и технологий их производства.

Электронно-лучевое испарение неорганических веществ в вакууме позволяет получать твердые композиционные неорганические и жидкие композиционные вещества (жидкая органическая матрица с наночастицами металлов); дискретные наноразмерные металлические покрытия (островковые структуры) на порошках и гранулах неорганических и органических веществ.

Двухфазные твердые композиты, состоящие из металла (сплава) с равномерным распределением наночастиц неорганических веществ, получают испарением компонентов двумя независимыми электронно-лучевыми источниками с последующей конденсацией смешанного парового потока на поверхности с температурой $T_{\text{н}}$, достаточной для формирования равновесных структур.

Жидкие композиционные вещества получают электронно-лучевым испарением металлов и последующим осаждением парового потока на поверхность жидкой органики. Испарение осуществляют с помощью испарителей реакторного типа, формирующих паровой поток заданной пространственной ориентации. Основные требования к жидкостям — совместимость с вакуумом (низкая упругость пара) и отсутствие химически активных центров (атомов, ионов, свободных радикалов и др.), образующих с вводимыми атомами новые структуры.

Электронно-лучевое оборудование, разработанное и изготовленное в ГП «Международный центр электронно-лучевых технологий ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ» (МЦ ЭЛТ) обеспечивает реализацию всех рассмотренных технологических вариантов получения композиционных наноструктурных материалов и покрытий.

Чл.-кор. НАН Беларуси Ю. М. Плескачевский представил на сессии доклад «Системный анализ физико-химических процессов в наполненных полимерных композитах». Основная часть доклада посвящена современному состоянию и перспективам применения полимеров и композитов на их основе в XXI веке. К полимерам относятся: традиционные массового потребления, полученные по новым технологиям на усовершенствованных каталитических системах; конструкционные; для здравоохранения; полимерные диэлектрики и проводники для электроники; проводящие металлополимеры; для фотоники; полимерные светоиспускающие диоды; термостабильные и атмосферостойкие полимеры; биополимеры; неорганические; функциональные и модификаторы; «умные».

Также широка область применения полимерных композитов: активная поверхность гражданской и военной техники; «умные» рыболовные сети; адаптивные паруса и корпуса судов; самоклеящиеся материалы; воспроизводство тканей, сосудов и органов человека; искусственные мускулы, кожа, хрящ, кости; разлагающиеся полимеры для инъекций; «умные» мембраны и фильтры; безыносные пары трения; вегетативно синхронные удобрения; избирательно и программно действующие лекарства.

Доклад «Самосмазывающиеся композиции металл–нанокристаллический нитрид бора» представил д. т. н. Л. С. Чхартишвили (ИММ им. Фер-

динанд Тавадзе, г. Тбилиси, Грузия). В докладе предложен метод получения самосмазывающихся металлических композиций на основе латуни и железа. В качестве модификатора трения использовали гексагональный нитрид бора h -BN. Оптимальное количество модификатора трения составляет приблизительно 1 мас. %. Для получения композитного сплава латунь + 1 мас. % h -BN плакированный химическим методом нанокристаллический h -BN непосредственно вводили в расплавленную латунь (матрицу).

Размеры и морфология продуктов изнашивания показывают, что модификатор трения изменяет механизм изнашивания и значительно снижает его интенсивность, о чем свидетельствует изменение морфологии и линейных размеров частиц изнашивания при «катастрофической» нагрузке (225 Н).

Академик НАНУ С. А. Фирстов (ИПМ им. И. Н. Францевича НАНУ, г. Киев) выступил на сессии с докладом «Высокоэнтропийные сплавы как основа для создания новых композитов». В высокоэнтропийных сплавах нет элемента, который мог бы служить его основой, поэтому нельзя сказать: сплав на основе такого-то элемента. В качестве примера можно привести сплавы $Ti_{15}Zr_{15}V_{15}Cr_{15}Ni_{10}Cu_{10}Fe_{10}Sn_5Si_5$ или $Cr_{20}Mo_{20}V_{20}Ta_{10}Ti_{10}Ni_{10}Nb_8Si_2$.

Изготавливают высокоэнтропийные сплавы с применением литейных технологий, закалки из расплава, механического легирования, осаждения пленок. Высокоэнтропийные сплавы используют в композиционных материалах в качестве матрицы, в виде высокоэнтропийных термостабильных покрытий, радиационноустойчивых материалов из малоактивируемых элементов, керамических высокоэнтропийных материалов (нитридов, карбидов, оксидов).

На основе высокоэнтропийных сплавов могут быть созданы новые поколения твердых сплавов, легких сталей и чугунов за счет использования новых матриц с более низким удельным весом. Перспективна разработка новых жаропрочных материалов для температур эксплуатации 600...700, 1000...1150 °С и др. с удельными характеристиками выше, чем у традиционных жаропрочных материалов.

«Формирование структуры композиционных алмазосодержащих материалов при интенсивном электроспекании» — тема доклада чл.-кор. НАНУ А. Л. Майстренко (Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАНУ, г. Киев). В ИСМ разработана технология горячего прессования композиционных алмазосодержащих материалов

(КАМ) в графитовых прессформах. В процессе исследований установлены следующие недостатки КАМ: прочность композита; разупрочнение алмазов в результате термического воздействия (растрескивание, графитизация); отсутствие адгезии по границам взаимодействия алмаз–связка.

Для обеспечения адгезии по границам взаимодействия алмаз–связка предложено взамен алмазных использовать алмазно-твердосплавные гранулы, для повышения качества КАМ — интенсивное электроспекание при давлении 180 МПа.

Сравнение удельных энергозатрат и продолжительности процессов спекания КАМ различными технологическими способами показало значительное преимущество технологии изготовления КАМ способом интенсивного электроспекания при повышенном давлении.

Доклад «Электрические, теплофизические и механические свойства полимерных композитов, определяемые топологией проводящей фазы» представил д. ф.-м. н. Е. П. Мамуней (Институт химии высокомолекулярных соединений НАНУ, г. Киев). Электропроводящие полимерные композиты (ЭПК) представляют собой двухфазные неупорядоченные системы, состоящие из полимера-изолятора и проводящего наполнителя. Используются следующие типы проводящих наполнителей: дисперсные металлы; графит, сажа; углеродные нанотрубки или графеновые нанопластинки; углеродные и металлические волокна; металлизированные полимер-минеральные частицы; проводящая керамика; полимеры с собственной проводимостью. Основное требование к проводящей фазе — высокая проводимость при минимальном содержании наполнителя. Топология проводящей фазы должна обеспечивать контакт частиц друг с другом при их минимальном содержании в композите.

Доклад «Разработка композиционных углеродных наноматериалов для электродов термоэмиссионных преобразователей тепловой и солнечной энергии в электрическую» представил д. ф.-м. н. М. М. Нищенко (Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАНУ, г. Киев). Термоэмиссионный преобразователь (ТЭП) — это тепловая машина, рабочим телом в которой является «электронный газ» (электроны «испаряются» с эмиттера–нагревателя и «конденсируются» на коллекторе–холодильнике. ТЭП состоит из двух электродов — катода (эмиттера) и анода (коллектора) из тугоплавких металлов (W, Mo, Re), разделенных вакуумным промежутком. ТЭП основан на двух физических явлениях — термоэлектронной эмиссии и контактной разности потенциалов

(КРП) между электродами. Наиболее эффективно ТЭП работает в дуговом режиме при ионизации атомов цезия.

Для определения эмиссионно-адсорбционных характеристик электродов высокотемпературных ТЭП (до 3300 К) в Институте металлофизики разработан сверхвысоковакуумный технологический и измерительный комплекс.

С использованием этого комплекса были исследованы электронные свойства ряда наноматериалов: углеродных нанотрубок (УНТ), графена, окисленного графена с УНТ, их композитов с металлами (Cu, Al), полупроводниками и полимерами. В результате исследований установлено, что наиболее эффективными эмиттерами электронов оказались УНТ.

Главный недостаток высокотемпературных ТЭП — высокие рабочие температуры. Для применения ТЭП в солнечной энергетике необходимо снизить рабочие температуры с 2000 до 1000 К, стоимость, увеличить ресурс эксплуатации.

Доклад коллектива авторов из Физико-технологического института металлов и сплавов НАНУ, Национального университета биоресурсов и природопользования Украины и Тохоку университета (г. Сендай, Япония) «Композиционные наномодификаторы» представил на сессии к. т. н. Р. А. Сергиенко (ФТИМС НАНУ, г. Киев). Под наномодифицированием понимают процесс, при котором в металлы и сплавы добавляют частицы размером менее 100 нм. Для успешного модифицирования наночастицы должны иметь следующие свойства: близкие параметры кристаллических решеток наночастиц и сплава, который кристаллизуется; размер наночастиц должен соответствовать размерам критических зародышей (< 100 нм), а их количество при введении в расплав должно быть достаточным для получения мелкодисперсной структуры в отливке; наночастицы — нерастворимые или мало-растворимые в матричном расплаве; энтальпия образования модифицирующих наночастиц должна превышать энтальпию образования расплава.

В ФТИМС разработана технология получения порошков наномодификаторов газовым распылением для модифицирования сплавов на основе черных и цветных металлов. Опытно-промышленная проверка показала, что замена традиционного модификатора K_2ZrF_6 на разработанный наноразмерный позволяет увеличить на 10...15 % механические характеристики сплавов, уменьшить брак и выделение вредных веществ при выплавке.

«Композиционные градиентные термобарьерные покрытия» — тема доклада к. т. н. К. Ю. Яковчука (МЦ ЭЛТ). Традиционно термобарьерное

покрытие состоит из внешнего керамического слоя $ZrO_2-Y_2O_3$ толщиной 125...250 мкм, который осаждается на предварительно нанесенный на поверхность жаропрочного сплава (перо лопатки) металлический жаростойкий связующий слой на основе алюминидов или сплава $Me-Cr-Al-Y$.

Достоинства промежуточного слоя на основе NiAl — высокая жаростойкость, низкая плотность, незначительное различие в термических коэффициентах линейного расширения с жаропрочными сплавами. Легирование слоя NiAl иттрием, гафнием или диспрозием позволяет в 8...14 раз повысить термоциклическую долговечность композиционных термобарьерных покрытий, получаемых электронно-лучевым испарением и конденсацией в вакууме. Наиболее высокой термоциклической долговечностью обладают композиционные термобарьерные покрытия NiAlDy/ZrO₂-8 % Y₂O₃ с градиентным распределением диспрозия в слое NiAl. Установлено, что вводимый диспрозий выделяется внутри и по границам зерен NiAl в виде частиц фаз типа Ni_xAl_yDy_z размером от 5 нм до 20 мкм, а также в слое окислы Al₂O₃ на границе раздела металл-керамика в виде соединения DyAlO₃.

Позитивный эффект от легирования диспрозием обеспечивается за счет: уменьшения размера зерна NiAl в 4...5 раз; повышения термической стабильности связующего слоя NiAl в результате замедления диффузионных процессов на 25...30 %; повышения адгезии слоя окислы Al₂O₃ на границе раздела металл-керамика из-за прорастания частиц на основе оксида диспрозия внутрь слоя NiAl.

Чл.-кор. НАНУ и НАМНУ И. С. Чекман (Национальный медицинский университет им. Богомольца, г. Киев) выступил на сессии с докладом «Нанонаука: медико-биологические основы». Наноматериалы занимают промежуточное положение между отдельными атомами, молекулами и макроструктурами и имеют уникальные физические, химические, физико-химические, биологические, фармакологические свойства благодаря малому размеру, химическому составу, структуре, большой площади поверхности и форме. Изучение наноразмерных материалов показало, что такие структуры имеют много новых свойств, которые не характерны для таких же материалов других размеров. При исследовании уникальных свойств наноматериалов следует учитывать их размер, форму, методы получения и множество других параметров.

Анализ результатов собственных исследований и данные мировой литературы относительно теоретических и практических основ нанонауки,

дозволили автору доповіді передбачити, що при переході від макро- до нанорозмірів відбуваються зміни корпускулярно-хвильових властивостей нанорозмірних частинок.

Дослідження фізико-хімічних, фармакологічних, токсикологічних, біохімічних, біофізичних властивостей, а також механізмів взаємодії наночастинок з біологічними об'єктами (клітками макро- і мікроорганізмів) і їх молекулярними складовими допоможе не тільки з'ясувати їх позитивне або негативне вплив на фізіологічні та біохімічні процеси і навколишнє середовище, але й сприятиме пошуку серед них ефективних і безпечних протекторів функціональної активності кліток і органів, широкому застосуванню наноматеріалів в медицині як високоєфективних препаратів, а також як носіїв для цільової доставки лікарствених засобів та фізіологічно активних речовин до осередку патологічного процесу.

Доповідь колективу авторів з Інституту проблем криобіології та криомедицини НАНУ та Інституту сцинтиляційних матеріалів НАНУ «Сравнительный анализ влияния наночастиц $GdYVO_4:Eu^{3+}$ на функциональную активность опухоль-индуцирующих и нормальных стволовых клеток» представив академік НАНУ А. М. Гольцев (Інститут проблем криобіології та криомедицини НАНУ, м. Харків). В даний час онкологічні захворювання займають друге місце після серцево-судинних за смертністю

населення в світі. Роз'яснення механізмів ініціації та росту злоякісних новоутворень, пошук шляхів інактивації цих процесів є надзвичайною сучасною фундаментальною та прикладною онкологією.

Методами люмінесцентної мікроскопії та спектрофотометрії встановлено різну здатність синтезованих наночастинок сферичної та веретеноподібної форми взаємодіяти з опухоль-індуруючими та гемопоетичними стоволовими клітками (ГСК). Встановлено, що наночастиці, що проявляють максимальну інгібувальну активність щодо опухоль-індуруючих кліток, в значно меншій ступені інактивували функцію ГСК.

Учасники сесії мали можливість в ході дискусії обмінятися думками щодо представлених доповідей, стану справ в галузі розробки нових матеріалів в своїх країнах, оцінити роботу Научного ради щодо нових матеріалів, висловити побажання щодо її покращення. Проводимі щорічно сесії Научного ради щодо новим матеріалам МААН дозволяють зберігати та розвивати творчі зв'язки між ученими різних країн, сприяють інтенсифікації інформаційного обміну між ними.

Наступне засідання Научного ради щодо новим матеріалам заплановано провести в травні 2018 р. Попередня тематика сесії «Композиційні матеріали».

І. А. Рябцев

Товариство зварників України
Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА»**

*Присвячується 25-річчю Товариства зварників України
та 175-річчю М. М. Бенардоса — винахідника дугового зварювання*

22–23 листопада 2017 р.
м. Київ, Міжнародний виставковий центр

- розвиток прогресивних зварювальних процесів;
- нові зварювальні матеріали та обладнання;
- проблеми і тенденції автоматизації зварювальних та споріднених процесів;
- впровадження прогресивних технологій при виготовленні та ремонті металоконструкцій;
- стандартизація та сертифікація в зварювальному виробництві;
- підготовка кадрів та організація конкурсів професійної майстерності;
- проблеми екології;
- розвиток міжнародного співробітництва.

Свої пропозиції та тези доповідей просимо направляти до 1 серпня 2017 р.
за адресою: maksimov@paton.kiev.ua, pwi37@ukr.net