

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Главный редактор**  
академик **Б. Е. Патон**

*Ученые ИЭС им. Е. О. Патона*  
д.т.н. **Г. М. Григоренко** (зам. гл. ред.),  
д.т.н. **С. В. Ахонин**, **Д. М. Дяченко** (отв. секр.),  
д.т.н. **И. В. Кривцун**, д.т.н. **Л. Б. Медовар**,  
д.т.н. **Б. А. Мовчан**, д.т.н. **А. С. Письменный**,  
д.т.н. **А. И. Устинов**, д.т.н. **В. А. Шаповалов**

*Ученые университетов Украины*  
д.т.н. **В. С. Волошин**, ПГТУ, Мариуполь  
д.т.н. **М. И. Гасик**, НМетАУ, Днепр  
д.т.н. **О. М. Ивасишин**, Ин-т металлфизики, Киев  
д.т.н. **П. И. Лобода**,  
НТУУ «КПИ им. И. Сикорского», Киев  
д.т.н. **А. В. Овчинников**, ЗНТУ, Запорожье

*Зарубежные ученые*  
д.т.н. **К. В. Григорович**  
МИСиС, Москва, РФ  
д.х.н. **М. Зинниград**  
Ун-т Ариэля, Израиль  
д.т.н. **А. А. Ильин**  
МАТИ-РГТУ, Москва, РФ  
д.ф.-м.н. **Г. Младенов**  
Ин-т электроники, София, Болгария  
д.т.н. **А. Митчелл**  
Ун-т Британской Колумбии, Канада  
д.т.н. **Г. Ф. Тавадзе**  
Ин-т металлург. и материаловед.  
им. Ф. Тавадзе, Тбилиси, Грузия  
д.т.н. **Цохуа Джанг**  
Северо-Восточный ун-т, Шеньян, Китай

**Учредители**

Национальная академия наук Украины  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ  
Международная Ассоциация «Сварка» (издатель)

**Адрес редакции журнала**  
**«Современная электрометаллургия»**

Институт электросварки  
им. Е. О. Патона НАН Украины  
Украина, 03680, г. Киев-150,  
ул. Казимира Малевича, 11  
Тел./факс: (38044) 200 82 77, 200 54 84  
Тел.: (38044) 205 22 07  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
www.patonpublishinghouse.com

**Редакторы**

**К. Г. Григоренко**, **Т. В. Юштина**  
Электронная верстка  
**Л. Н. Герасименко**, **Т. Ю. Снегирева**

Свидетельство о государственной регистрации  
КВ 6185 от 31.05.2002  
ISSN 2415-8445

Рекомендовано к печати  
Ученым советом ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Журнал входит в перечень утвержденных МОН  
Украины изданий для публикации трудов  
соискателей ученых степеней

При перепечатке материалов ссылка на журнал  
обязательна. За содержание рекламных материалов  
редакция журнала ответственности не несет

**СОДЕРЖАНИЕ**

**ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

**Лисова Л. А., Стовпченко А. П., Медовар Л. Б., Петренко В. Л.**  
Влияние расхода шлака при ЭШП на состав металла и  
технологические параметры процесса ..... 3

**ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

**Ахонин С. В., Белоус В. Ю., Северин А. Ю., Березос В. А.,  
Пикулин А. Н., Ерохин А. Г.** Структура и свойства нового  
высокопрочного титанового сплава Т120, полученного способом  
ЭЛП после деформационной и термической обработки ..... 11  
**Гречанюк Н. И., Кулак Л. Д., Кузьменко Н. Н., Смашинок Ю. А.,  
Демчишин А. В., Фиск А. Э.** Выплавка слитков титановых сплавов  
системы Ti-Nb-Si-Zr способом электронно-лучевой плавки ..... 17  
**Устинов А. И., Демченков С. А., Фесюн Е. В.** Получение способом  
электронно-лучевого осаждения высокопрочных термочувствительных  
биметаллических фольг инвар/медь ..... 21

**ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

**Кожемякин В. Г., Бурнашев В. Р., Шаповалов В. А., Грищенко Т. И.,  
Калашник Д. А., Веретильник А. В.** Легирование поверхностного  
слоя медных плит кристаллизаторов способом плазменно-дугового  
переплава ..... 29

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТАЛЛУРГИИ**

**Григоренко Г. М., Костин В. А., Жуков В. В.** Моделирование  
металлургического аддитивного процесса создания конструкций из  
стали 09Г2С ..... 35

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Костин В. А., Григоренко Г. М., Григоренко С. Г.** Построение  
расчетных термокинетических диаграмм анизотермических  
превращений титановых сплавов на основе алюминидов ..... 45  
**Курапов Ю. А., Крушинская Л. А., Борецкий В. В.** Морфология  
поверхности и тонкая структура толстых углеродных пленок,  
полученных электронно-лучевым испарением углерода ..... 53

**ИНФОРМАЦИЯ**

Сессия Научного совета по новым материалам ..... 59  
**РАЗРАБОТКИ ИЭС им. Е. О. ПАТОНА**  
Создание новых биметаллических материалов и изделий из них  
с использованием высокоэнергетического плазменно-дугового  
термомеханического влияния на локальные поверхности ..... 63  
Разработка технологии получения гомогенных слитков никелидов  
титана с применением магнитоуправляемой электрошлаковой  
плавки ..... 65  
Диссертации на соискание ученой степени ..... 66  
**НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ** ..... 34, 52

**ЗМІСТ**

**CONTENTS**

**ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ**

**ELECTROSLAG TECHNOLOGY**

*Лісова Л. О., Стопчченко Г. П., Медовар Л. Б., Петренко В. Л.* Вплив витрат шлаку при ЕШП на склад металу та технологічні параметри процесу ..... 3

*Lisova L.A., Stovpchenko A.P., Medovar L.B., Petrenko V.L.* Effect of slag consumption in ESR on metal composition and process technological parameters ..... 3

**ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІ ПРОЦЕСИ**

**ELECTRON BEAM PROCESSES**

*Ахонін С. В., Белоус В. Ю., Северин А. Ю., Березос В. О., Пікулін О. Н., Єрохін О. Г.* Структура та властивості нового високоміцного титанового сплаву Т120, отриманого способом ЕЛП після деформаційної та термічної обробки ..... 11

*Akhonin S.V., Belous V.Yu., Severin A.Yu., Berezos V.A., Pikulin A.N., Erokhin A.G.* Structure and properties of new high-strength titanium alloy T120, produced by the method of EBR after deformational and heat treatment ..... 11

*Гречанюк М. І., Кулак Л. Д., Кузьменко М. М., Смашинюк Ю. О., Демчишин А. В., Фіск О. Є.* Виплавка злиwkів титанових сплавів системи Ti-Nb-Si-Zr способом електронно-променевої плавки ..... 17

*Grechanyuk N.I., Kulak L.D., Kuzmenko N.N., Smashnyuk Yu.O., Demchishin A.V., Fisk A.E.* Melting of ingots of Ti-Nb-Si-Zr system titanium alloys by the method of electron beam melting ..... 17

*Устїнов А. І., Демченков С. О., Фесюн О. В.* Отримання способом електронно-променевого осадження високоміцних термочутливих біметалевих фольг інвар/мідь ..... 21

*Ustinov A.I., Demchenkov S.A., Fescyyn E.V.* Producing of high-strength thermosensitive bimetal invar/copper foils by the method of electron beam deposition ..... 21

**ПЛАЗМОВО-ДУГОВА ТЕХНОЛОГІЯ**

**PLASMA-ARC TECHNOLOGY**

*Кожсякінь В. Г., Бурнашев В. Р., Шаповалов В. О., Гриценко Т. І., Калашиць Д. О., Веретільник О. В.* Легування поверхневого шару мідних плит кристалізаторів способом плазмово-дугового переплаву ..... 29

*Kozhemyakin V.G., Burnashev V.R., Shapovalov V.A., Grishchenko T.I., Kalashnik D.A., Veretilnik A.V.* Alloying of surface layer of mould copper plates by the method of plasma-arc remelting ..... 29

**ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТАЛУРГІЇ**

**GENERAL PROBLEMS OF METALLURGY**

*Григоренко Г. М., Костїн В. А., Жуков В. В.* Моделювання металургійного адитивного процесу створення конструкцій із сталі 09Г2С ..... 35

*Grigorenko G.M., Kostin V.A., Zhukov V.V.* Modeling of metallurgical additive process of manufacture of 09G2S steel structures ..... 35

**НОВІ МАТЕРІАЛИ**

**NEW MATERIALS**

*Костїн В. А., Григоренко Г. М., Григоренко С. Г.* Побудова розрахункових термодинамічних діаграм анізотермічних перетворень титанових сплавів на основі алюмінідів .... 45

*Kostin V.A., Grigorenko G.M., Grigorenko S.G.* Plotting of calculation thermodynamic diagrams of anizothermal transformations of titanium alloys on aluminides base ..... 45

*Курапов Ю. А., Крушинська Л. А., Борецький В. В.* Морфологія поверхні та тонка структура товстих вуглецевих плівок, що отримані електронно-променевим випаровуванням ..... 53

*Kurapov Yu.A., Krushinskaya L.A., Boretsky V.V.* Morphology of surface and fine structure of thick carbon films, produced by electron beam evaporation of carbon .... 53

**ІНФОРМАЦІЯ**

**INFORMATION**

Сесія Наукової ради по новим матеріалам ..... 59

Session of Scientific Council on new materials ..... 59

**РОЗРОБКИ ІЕЗ ім. Є. О. ПАТОНА**

**DEVELOPMENTS OF THE**

**E.O. PATON ELECTRIC WELDING INSTITUTE**

Створення нових біметалевих матеріалів та виробів з них з використанням високоенергетичного плазмово-дугового термомеханічного впливу на локальні поверхні ..... 63

Development of new bimetal materials and products of them by using the high-energy plasma-arc thermomechanical effect on local surfaces ..... 63

Розробка технології отримання гомогенних злиwkів нікелїдів титану із застосуванням магнітокерованої електрошлакової плавки ..... 65

Development of technology of producing homogeneous ingots of titanium nickelides by using the magnetically-controlled electroslag melting ..... 65

Дисертація на здобуття вченого ступеню ..... 66

Theses for scientific degree ..... 66

НАШІ ПОЗДОРОВЛЕННЯ ..... 34, 52

OUR CONGRATULATIONS ..... 34, 52

**Адреса редакції журналу**

«Сучасна електрометалургія»  
Інститут електроварування ім. Є. О. Патона НАН України  
Україна, 03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11  
Тел./факс: (38044) 200 82 77, 200 54 84; тел.: 205 22 07  
E-mail: journal@paton.kiev.ua; www.patonpublishinghouse.com  
Свідцтво про державну реєстрацію KB 6185 от 31.05.2002  
ISSN 2415-8445

**Editorial Address**

of Journal «Electrometallurgy Today»  
The E. O. Paton Electric Welding Institute, NASU  
11, Kazimir Malevich Str., 03680, Kyiv, Ukraine  
Tel./Fax: (38044) 200 82 77, 200 54 84; Tel.: 205 22 07  
E-mail: journal@paton.kiev.ua; www.patonpublishinghouse.com  
State Registration Certificate KV 6185 of 31.05.2002  
ISSN 2415-8445

## 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 малорастворимые 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/ZrO<sub>2</sub>-8 % Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с градиентным распределением диспрозия в слое NiAl. Установлено, что вводимый диспрозий выделяется внутри и по границам зерен NiAl в виде частиц фаз типа Ni<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>Dy<sub>z</sub> размером от 5 нм до 20 мкм, а также в слое окислы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на границе раздела металл-керамика в виде соединения DyAlO<sub>3</sub>.

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 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 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- та мікроорганізмів) та їх молекулярними складовими допоможе не тільки з'ясувати їх позитивне або негативне вплив на фізіологічні та біохімічні процеси та навколишнє середовище, але й сприятиме пошуку серед них ефективних та безпечних протекторів функціональної активності кліток та 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, проявляючи максимальну інгібіруючу активність в стосовно опухоль-індуруючих кліток, в значно меншій ступені інактивували функцію ГСК.

Учасники сесії мали можливість в ході дискусії обмінятися думками про представлені доповіді, результати робіт в області розробки нових матеріалів в своїх країнах, оцінити роботу Научного ради по новим матеріалам, висловити побажання про її покращення. Проводимі щорічно сесії Научного ради по новим матеріалам МААН дозволяють зберігати та розвивати творчі зв'язки між ученими різних країн, сприяють інтенсифікації інформаційного обміну між ними.

Наступне засідання Научного ради по 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 та 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

## СТВОРЕННЯ НОВИХ БІМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ З НИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПЛАЗМОВО-ДУГОВОГО ТА ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО ВПЛИВУ НА ЛОКАЛЬНІ ПОВЕРХНІ

З кожним роком внаслідок розвитку авіабудування, машинобудування, хімічної промисловості, металургії кількість технологічних процесів, які використовують біметалічні та багатошарові матеріали зростає.

В рамках означеної проблеми була проведена розробка наукових основ енергозберігаючих технологій створення нових біметалевих матеріалів й методів нанесення і формування зносостійких, жароміцних або жаростійких шарів на поверхні виробів, заснованих на використанні процесу високошвидкісної взаємодії дискретних часток порошкового матеріалу з поверхнею виробів. Досліджено взаємодію різнорідних матеріалів і структурних перетворень в з'єднаннях та розроблена технологія і обладнання для отримання біметалічних матеріалів зварюванням в твердій фазі тертям з перемішуванням.

Для вирішення поставленого завдання використовували багатокамерний газодинамічний прискорювач порошоків для нанесення покриттів. Цей пристрій забезпечує високу швидкість нанесення порошкового матеріалу ( $> 1000$  м/с) без його перегріву. Високошвидкісний потік робочого газу в МКДУ виникає при детонаційному згорянні газової суміші, що складається з пропану, бутану, кисню і повітря в системі спеціальним чином спрофільованих камер згорання.

Сконструйовано і виготовлено макет багатокамерної детонаційної установки для нанесення покриттів і імпульсний пристрій живлення порошком, що працює в діапазоні частот 20...50 Гц.

Дослідження зразків, напилених карбідами вольфраму, показали, що видимі межі між покриттями і підкладкою відсутні, покриття формуються без суттєвого нагріву деталі, що дозволяє наносити їх на тонкостінні вироби, виготовлені з матеріалів з низькою температурою плавлення.

В роботі проведені дослідження структури і властивостей цілого ряду нових композиційних покриттів (N–Cr–Si; WC–Co–Cr;  $Cr_3C_2$ –NiCr;

$Cr_3C_2$ –TaC–NiCr;  $Al_2O_3$ –Ti;  $Al_2O_3$ –Al; ZrSiO<sub>4</sub> та ін.), нанесених на різні матеріали підкладок (сталь, мідь, алюміній, титан). При цьому використані технологічні параметри, що включають різні режими детонаційного напилення зі зміною: частоти детонації, швидкості переміщення сопла, кількості проходів, співвідношення довжина/діаметр стовбура гармати, витрат газу (співвідношення кисню до пального газу) та ін.

В результаті проведеної роботи були отримані експериментальні дані про характер структурно-фазового перетворення і їх параметрів в матеріалі покриттів, напилених на різних режимах детонаційного напилення.

Встановлено, що високий рівень механічних властивостей і тріщиностійкість нових покриттів забезпечуються за рахунок оптимального структурно-фазового складу: дрібнозернистої зеренної і субзеренної структури при рівномірному розподілі зміцнюючих фаз і щільності дислокацій. При цьому, підвищенню тріщиностійкості покриттів сприяє відсутність протяжних структурних зон дислокаційних скупчень — концентраторів локальних внутрішніх напружень.

За допомогою аналітичної оцінки встановлено конкретний внесок структурних параметрів у підвищення основних властивостей, а саме — міцності і тріщиностійкості досліджуваних покриттів. Найбільший внесок в зміцнення матеріалу покриттів вносять: дисперсні частинки фазових виділень, формування субструктури в матриці при рівномірному розподілі щільності дислокацій.

За результатами проведеної роботи надано рекомендації щодо оптимізації технологічних параметрів детонаційного напилення покриттів, а також сформульовані завдання для подальшої розрахунково-аналітичної оцінки експлуатаційних характеристик таких покриттів.

Потенційна область застосування розробленого пристрою і технології в першу чергу, пари тертя для виробів нафтогазової галузі, хімічної і

нафтохімічної промисловості, гірничодобувної, автомобільної галузей; деталі двигунів, гідравлічні приводи рульових механізмів (авіаційна промисловість); запірні арматури (кульова, шиберна, клинова), паперорізальні ножі (поліграфія та целюлозно-паперова промисловість) і т. д.

Розроблено також технологію та підібрано дослідне обладнання для зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) однорідних і різнорідних металів. Вивчено вплив геометрії інструменту та параметрів зварювання на формування зони з'єднання і розподіл в ній температури. Процес ЗТП, що проводиться без розплавлення основного металу за рахунок пластичної деформації металу, нагрітого до температури рекристалізації, дозволяє отримати високоякісне з'єднання. Провідну роль відіграє механічне перемішування компонентів в пластичному стані. Роль дифузійних процесів є незначною. Внаслідок проходження процесів перекристалізації в зонах пластичного перемішування металів відбувається подрібнення зерна і створюється щільна мікроструктура шва, порівняна з основним металом.

З застосуванням комплексної методики досліджували структуру та властивості з'єднань однорідних металів, отриманих ЗТП. При ЗТП мідних пластин різної товщини внапуск отримані якісні з'єднання без дефектів, пор і тріщин. В процесі деформації і перемішування металу в твердій фазі створюється більш щільна, ніж основний метал мікроструктура зони з'єднання. В результаті ЗТП магнієвих пластин сплаву МА2 отримано якісне стикове з'єднання без тріщин і дефектів. У процесі перемішування металу зникла пористість основного металу, змінилися конфігурація і розмір неметалевих включень. Вони подрібнилися, стали округлими і рівномірно розподіленими. Величина зерна в зоні ядра і в прилеглий до неї зоні ЗТВ за рахунок деформації сплаву зменшилася в 2...3 рази.

На зварюваність різнорідних металів впливає металургійна сумісність, яка визначається взаємною розчинністю металів, що з'єднуються як в рідкому, так і в твердому стані, а також утворенням крихких хімічних сполук — інтерметалідів. Тому в процесі роботи досліджували особливості структури і властивостей сполук різнорідних металів, що мають різну розчинність компонентів в твердому стані, отриманих методом ЗТП. Були до-

сліджені системи: Ni–Cu, компоненти якої мають необмежену розчинність; Cu–Fe — з обмеженою розчинністю; Al–Fe, в якій відсутня розчинність металів в твердому стані. При ЗТП Cu–Ni спостерігається взаємопроникнення металів на глибину до 3 мм. Внаслідок проходження процесів перекристалізації в смугах механічного перемішування металів в пластичному стані відбувається подрібнення структури. Ділянки нікелю, які безпосередньо контактують з міддю, мають меншу мікротвердість внаслідок проходження дифузійних процесів. У зоні з'єднання міді з вуглецевою сталлю Ст3 утворюється бездефектна зона механічного перемішування металів, що утворюється проникненням клиноподібних часток сталі в мідь на глибину до 1 мм, а також великої кількості сталевих включень різної форми. Мікротвердість цієї механічної суміші в 1,5 рази вище мікротвердості сталі. При ЗТП нержавіючої сталі Х18Н10 з міддю спостерігається перекристалізація структури з утворенням рівновісних зерен в зоні перемішування. Глибина взаємного проникнення металів до 2 мм. Мікротвердість зони перемішування практично збігається з мікротвердістю основного металу. У з'єднаннях нержавіючої сталі з міддю є пори і тріщини, величина яких зменшується зі збільшенням швидкості зварювання з 10 до 20 мм/хв. В результаті ЗТП заліза з алюмінієм, утворюється зона з'єднання значного об'єму з проникненням алюмінію в залізо на глибину до 2,5 мм. При цьому відбувається взаємодія металів з подальшим утворенням інтерметалідів  $Fe_2Al_7$ ,  $FeAl_2$ . Найбільш тверді ділянки зони з'єднання переважно складаються з алюмінідів заліза в алюмінієвій матриці. В системі Fe–Al, де немає взаємної розчинності в твердому стані, дифузійні процеси проходять на глибину до 25 мкм, рівну товщині скупчень інтерметалідних часток, що утворюються при зварюванні.

Метод ЗТП дозволяє накладати паралельні шви на будь-якій відстані один від одного. Це забезпечує приварювання пластин між собою по типу наплавлення при мінімальному нагріві і викривленні деталей. При правильно підібраних режимах ЗТП такі механічні характеристики металу з'єднання, як статична міцність при розтягуванні і вигині, відносне подовження, ударна в'язкість, втомна міцність, знаходяться на рівні відповідних показників основного металу або близькі до них.



## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ГОМОГЕННИХ ЗЛИВКІВ НІКЕЛІДІВ ТИТАНУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАГНІТОКЕРОВАНОЇ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОЇ ПЛАВКИ

Розроблені фізичні принципи виплавки гомогенних сплавів з ефектом пам'яті форми на основі нікеліду титану методом магнітокерованої електрошлакової плавки (МЕП). Виплавка зливків здійснюється шляхом подвійного переплаву витратних електродів, пресованих з некомпактної шихти, в камерній електрошлаковій печі в атмосфері інертного газу під впливом імпульсного аксіального магнітного поля.

Створена оснастка для МЕП зливків нікеліду титану діаметром до 160 мм та перерізом 80×80 і 105×105 мм. Вперше електрошлаковим способом із застосуванням електромагнітного впливу на кристалізацію металу, виплавлені дослідні зразки зливків нікеліду титану Ti-50Ni з некомпактної шихти. Показано, що метал зливків по хімічному складу відповідає вимогам технічних умов на даний сплав. При цьому максимальне відхилення вмісту титану та нікелю по перерізу зливка не перевищує 0,3 %, що свідчить про високу хімічну однорідність металу.

Розроблена схема деформації зливків нікеліду титану, отримані напівфабрикати у вигляді пластин товщиною 0,5...12 мм і проволочок діаметром 0,2...1,2 мм. Дослідження макро- і мікроструктури литого і деформованого сплаву Ti-50Ni показали відсутність в ньому мікропор, тріщин та інших металургійних дефектів. Отримані проволочки характеризуються чітко вираженим ефектом пам'яті форми з температурами прямого  $M_n$  і зворотного  $A_n$  мартенситних перетворень 55 і 86 °C відповідно. Запропоновані режими термічної обробки металу, які дозволяють корегувати температурний інтервал реалізації ефекту пам'яті форми.

Шляхом фізичного моделювання і натурних досліджень отримані нові експериментальні дані щодо впливу зовнішніх магнітних полів на особливості плавлення витратного електроду, перенос електродних крапель в шлаковій ванні, параметри



Зливки сплаву Ti-50Ni, отримані методом МЕП



Проволока сплаву Ti-50Ni діаметром 1,2 і 0,4 мм, отримана зі зливків МЕП

рідкометалевої ванни, електричні режими плавки і структуроутворення сплавів системи Ti-Ni.

Розроблені технологічні рекомендації щодо застосування процесу МЕП для виплавки зливків нікеліду титану. Рекомендації включають вимоги до вихідних шихтових компонентів, технології виготовлення витратних електродів, режимів процесу МЕП і послідууючої термомеханічної обробки литого металу.

Результати досліджень можуть знайти застосування при створенні власного виробництва в Україні сплавів системи Ti-Ni для медицини, електротехнічної промисловості, авіації та інших галузей.

## ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ



**Звягинцева А. В.** Влияние легирования ниобием и молибденом на образование трещин в сварных соединениях стабильноаустенитных сплавов Ni–Cr–Fe. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 05.02.01 — «Материаловедение». — Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев, 2016 г. Дата защиты 05.10.2016 г.

Диссертация посвящена изучению механизма образования и закономерностей распространения горячих трещин на микроуровне в температурном интервале падения пластичности 600...1000 °С в многослойных швах со стабильноаустенитной структурой. Исследованы многопроходные сварные соединения, выполненные на сплаве Inconel 690, часто используемого в промышленности, сварочной проволокой Inconel 52 системы легирования Ni–Cr–Fe. Для исследований выбрана присадочная проволока In 52 MSS системы легирования Ni–Cr–Fe–Nb–Mo.

В работе рассмотрены структурные изменения в условиях сварочного цикла. Исследование механизма образования и распространения трещин в пределах нескольких зерен, приводящего к разрушению материала в результате термосилового воздействия в материалах с ГЦК решеткой, проводили в рамках отдельных подсистем многоуровневой модели деформируемого твердого тела. Рассмотрены подсистемы: кристаллическая решетка, дефекты кристаллической решетки, границы зерен, фазовые особенности, функциональные взаимосвязи и закономерности их самосогласованного изменения в полях внешних воздействий.

Установлено, что при определенных термомеханических условиях, а именно, при достижении локализованной на границе зерна деформации 40 %, в температурном интервале 0,6...0,8 $T_s$  трещины возникают и распространяются по большому углу границам зерен. Швы системы легирования Ni–Cr–Fe имеют высокую чувствительность к образованию трещин провала пластичности в зоне термического влияния многопроходного шва. Изменение системы легирования путем дополнительного введения Nb и Mo приводит к изменению

в распределении фаз и локальных структурных характеристик, а именно, плотности дислокаций  $\rho$ , уровня локализованной деформации  $\epsilon_{л}$ , локальных внутренних напряжений  $\tau_{л/вн}$ . Установлено, что тонкая структура шва Ni–Cr–Fe характеризуется высокой плотностью дислокаций, особенно у границ зерен (до  $\rho \sim 10^{11} \dots 2,2 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2}$ ); высоким уровнем локализованной деформации (до  $\epsilon_{л} = 30 \dots 40 \%$ ) и значительными локальными внутренними напряжениями у границ зерен. В шве Ni–Cr–Fe–Nb–Mo имеет место равномерное (без градиентов) распределение плотности дислокаций, низкий и равномерный уровень локализованной деформации (до  $\epsilon_{л} = 6 \%$ ) и локальных внутренних напряжений.

Исследования показали, что пониженные значения энергии дефекта упаковки (до  $\gamma_{эу} = 0,19 \text{ Дж/м}^2$ ) в случае дополнительного легирования Nb и Mo характеризует стойкость к образованию трещин провала пластичности в сварных соединениях сталей и сплавов с ГЦК структурой, поскольку низкая энергия дефекта упаковки препятствует созданию градиента деформаций в пределах граница зерна — тело зерна.

Одной из определяющих причин образования трещин провала пластичности являются сегрегационные процессы. Образующиеся на поверхностях раздела, в том числе на участках больших угловых границ, ограниченных температурным интервалом провала пластичности и зафиксированные ОЖЕ-спектрометром, монослои серы толщиной 0,5...1 и кислорода 0,5...1 нм, усиленные локализованной деформацией, могут являться причиной возникновения горячих трещин.

Использование комплекса экспериментальных исследований, реализуемых в сканирующем растровом электронном микроскопе «Zeiss EVO-50» с применением CCD-детектора, и методов цифровой обработки изображений, в т. ч. двумерного прямого дискретного Фурье-преобразования картин Кикучи, позволило определить границы, склонные к образованию ТПП (имеющие разориентацию 45...60°) и деформации кристаллической решетки в локальных участках зерен, примыкающих к трещинам.

Выполненные исследования открывают возможность прогнозирования физических принципов поведения изучаемых сплавов в процессе сварки и увеличения вероятности получения сварных соединений без дефектов.



**Селин Р. В.** Структура и свойства сварных соединений высокопрочных сложнолегированных титановых сплавов. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 — «Материаловедение». — Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев, 2016 г. Дата защиты 08.11.2016 г.

Работа посвящена исследованию структуры и свойств сварных соединений высокопрочных сложнолегированных титановых сплавов ВТ23, Т110, ВМТС17 и разработке нового высокопрочного сложнолегированного титанового сплава Т120 восьмикомпонентной системы Ti–5Al–3Mo–2V–4Nb–1Cr–1Fe–2,5Zr методом комплексного легирования.

На основании состояния работ и исследований по теме работы определено, что при сварке высокопрочных сложнолегированных титановых сплавов характерна более высокая неоднородность структуры сварных соединений, поэтому на первый план выходят исследования влияния термического цикла сварки и последующей термической обработки на структуру и свойства высокопрочных сложнолегированных титановых сплавов. Экспериментально-расчетным методом построены тепловые поля и карты скоростей охлаждения сварных соединений высокопрочного сложнолегированного титанового сплава ВТ23 при аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом.

Показано, что в результате влияния термического цикла сварки в металле шва и ЗТВ образуются неравновесные метастабильные  $\beta$ -, ( $\omega$ )-,  $\alpha''$ -фазы, а также низкотемпературная  $\alpha''$ -фаза, что подтверждается прямыми исследованиями микроструктуры сварных соединений. Поэтому для уменьшения содержания метастабильных фаз в металле шва и ЗТВ необходимо проводить сварку с контролируруемыми скоростями охлаждения в диапазоне температур 400...500 °С или изменять химический состав сварного соединения. Установлено, что отжиг после сварки сложнолегированных титановых сплавов целесообразно проводить в диапазоне температур 850...900 °С. Такая термическая обработка приводит к получению  $\alpha$ -пластин размером до 1,0...1,5 мкм в металле шва и ЗТВ, что способствует увеличению показателя относительного удлинения.

Предложен новый сложнолегированный высокопрочный ( $\alpha + \beta$ )-титановый сплав Т120 восьмикомпонентной системы Ti–Al–Mo–V–Nb–Cr–Fe–Zr с пределом прочности  $\sigma_b > 1200$  МПа. В результате исследований сварных соединений высокопрочного сложнолегированного титанового сплава Т120 установлено, что выполнять сварные соединения целесообразно аргонодуговой сваркой вольфрамовым электродом с применением присадочной титановой проволоки с последующей термической обработкой (отжигом). Это обеспечивает формирование в шве и ЗТВ меньшего количества метастабильных фаз в результате влияния термического цикла сварки и гарантирует показатели механических свойств сварных соединений на уровне 90 % от основного металла.

Энергомашспецсталь (ЭМСС, Украина) отгрузила ММК им. Ильича партию рабочих валков. Общий вес поставки составляет 121,82 т. Валки предназначены для полосовых станов горячей прокатки. Поставка продукции производится в рамках договора, подписанного между ЭМСС и ММК им. Ильича в январе 2017 г. Согласно установленному в контракте графику поставок, до конца 2017 г. ЭМСС изготовит и отгрузит в Мариуполь еще 371,78 т валков. Всего до конца года заводу ЭМСС предстоит изготовить для ММК им. Ильича 23 валка.

## ПРОКАТНЫЕ ВАЛКИ ДЛЯ ММК им. ИЛЬИЧА



Энергомашспецсталь (ЭМСС, Украина) отгрузила ММК им. Ильича партию рабочих валков.

Общий вес поставки составляет 121,82 т. Валки предназначены для полосовых станов горячей прокатки.

Поставка продукции производится в рамках договора, подписанного между ЭМСС и ММК им. Ильича в январе 2017 г. Согласно установленному в контракте графику поставок, до конца 2017 г. ЭМСС изготовит и отгрузит в Мариуполь еще 371,78 т валков. Всего до конца года заводу ЭМСС предстоит изготовить для ММК им. Ильича 23 валка.

ЭМСС — крупнейший украинский производитель специальных литых и кованных изделий индивидуального и мелкосерийного производства для металлургии, судостроения, энергетики (ветро-, паро-, гидро-, атомной) и общего машиностроения.

<http://korrespondent.net/business>

## ПОДПИСКА–2018 на журнал «Современная электрометаллургия»

| Украина      |         | Россия       |           | Страны дальнего зарубежья |             |
|--------------|---------|--------------|-----------|---------------------------|-------------|
| на полугодие | на год  | на полугодие | на год    | на полугодие              | на год      |
| 240 грн      | 480 грн | 1800 руб.    | 3600 руб. | 30 дол. США               | 60 дол. США |

В стоимость подписки включена доставка заказной бандеролью.

Подписку на журнал «Современная электрометаллургия» можно оформить непосредственно через редакцию или по каталогам подписных агентств «Пресса», «АС-Медиа», «ПресЦентр Киев», «Информнаука», «Блицинформ», «Меркурий» (Украина) и «Пресса России» (Россия).



Подписка на электронную версию журнала  
**«Современная электрометаллургия»**  
 на сайте: [www.patonpublishinghouse.com](http://www.patonpublishinghouse.com)

Правила для авторов: [www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/sem/rules](http://www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/sem/rules)  
 Лицензионное соглашение: [www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/sem/license](http://www.patonpublishinghouse.com/rus/journals/sem/license)  
 В 2017 г. в открытом доступе архивы статей журнала за 2008–2015 гг.

## РЕКЛАМА в журнале «Современная электрометаллургия»

**Реклама публикуется на обложках и внутренних вклейках следующих размеров**

- Первая страница обложки (190×190 мм)
- Вторая, третья и четвертая страницы обложки (200×290 мм)
- Первая, вторая, третья, четвертая страницы внутренней обложки (200×290 мм)
- Вклейка А4 (200×290 мм)
- Разворот А3 (400×290 мм)

**Контакты:**

тел./факс: (38044) 200-82-77;  
 200-54-84; 205-22-07  
 E-mail: [journal@paton.kiev.ua](mailto:journal@paton.kiev.ua)

**Технические требования к рекламным материалам**

- Размер журнала после обрезки 200×290 мм
- В рекламных макетах для текста, логотипов и других элементов необходимо отступать от края модуля на 5 мм с целью избежания потери части информации

**Все файлы в формате IBM PC**

- Corell Draw, версия до 10.0
- Adobe Photoshop, версия до 7.0
- QuarkXPress, версия до 7.0
- Изображения в формате TIFF, цветовая модель CMYK, разрешение 300 dpi

**Стоимость рекламы и оплата**

- Цена договорная
- По вопросам стоимости размещения рекламы, свободной площади и сроков публикации просьба обращаться в редакцию
- Для постоянных партнеров предусмотрена система скидок
- Стоимость публикации статьи на правах рекламы составляет половину стоимости рекламной площади
- Публикуется только профильная реклама
- Ответственность за содержание рекламных материалов несет рекламодатель

Подписано к печати 16.06.2017. Формат 60×84/8. Офсетная печать.  
 Усл. печ. л. 7,9. Усл. кр.-отг. 8,2. Уч.-изд. л. 9,3  
 Печать ООО «ДИА», 03022, г. Киев-22, ул. Васильковская, 45.