

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии
Институт порошковой металлургии
ЕВРОПЕЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
ЕВРОПЕЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ СВАРКИ

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ:
ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ,
НОВЫЕ ПОРОШКОВЫЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.
СВАРКА

POWDER METALLURGY:
SURFACE ENGINEERING,
NEW POWDER COMPOSITE
MATERIALS.
WELDING

*Сборник докладов 9-го Международного симпозиума
(Минск, 8-10 апреля 2015 г.)*

В двух частях



Часть 2

Минск
«Беларуская навука»
2015

УДК [621.762+621.791/.795](082)

ББК 34.39я43

П59

Редакционная коллегия:

генеральный директор ГНПО порошковой металлургии, чл.-кор. НАН Беларуси,
д-р техн. наук, проф. *А. Ф. Ильющенко* (главный редактор);
руководитель аппарата Президиума НАН Беларуси, акад. НАН Беларуси,
д-р техн. наук, проф. *П. А. Витязь* (зам. главного редактора);
директор ОХП ИСЗП, канд. физ.-мат. наук *М. А. Андреев*;
директор ОХП НИИ ИП с ОП, д-р техн. наук *Л. В. Судник*;
зам. проректора по НИЧ БНТУ, д-р техн. наук, доц. *А. С. Калиниченко*;
зам. генерального директора ГНПО порошковой металлургии,
д-р техн. наук, проф. *Е. Е. Петюшик*;
зам. директора ОХП ИСЗП, канд. техн. наук *А. И. Радченко*;
зам. директора ГНУ ИПМ, канд. техн. наук, доц. *В. В. Савич*;
гл. науч. сотрудник ОХП НИИ ИП с ОП, д-р техн. наук *В. Г. Смирнов*;
ведущий науч. сотрудник ОХП ИСЗП, канд. техн. наук *А. И. Шевцов*;
зам. акад.-секретаря ОФТН НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. *М. Л. Хейфец*

Рецензенты:

зам. проректора НИЧ БНТУ, д-р техн. наук, доц. *А. С. Калиниченко*;
зам. начальника отд-ния ОИМ, д-р техн. наук, доц. *В. И. Жорник*;
зав. каф. «Технология металлов» БГАТУ, д-р техн. наук, проф. *В. М. Катцевич*;
проф. каф. «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов»,
д-р техн. наук *В. Н. Ковалевский*

П59

Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка = Powder metallurgy : Surface Engineering, New Powder Composite materials. Welding: сб. докл. 9-го Междунар. симп. (Минск, 8-10 апр. 2015 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: *А. Ф. Ильющенко* (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 403 с. : ил.

ISSBN 978-985-08-1840-9.

В настоящий сборник включены доклады Международного симпозиума «Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка» (8–10 апреля 2015 г.), который начиная с 1999 г. в 9-й раз проводится в Минске в рамках международных выставок «Порошковая металлургия» и «Сварка». Среди авторов – ведущие ученые и специалисты Беларуси, России, Украины, Латвии и Румынии. Статьи публикуются в виде, представленном авторами, без дополнительного научного редактирования.

УДК [621.762+621.791/.795](082)

ББК 34.39я43

The reports of International symposium «Powder metallurgy: Surface engineering. New powder composition materials. Welding» (April 8-10, 2015) have been included into the current collection. The symposium is held in Minsk starting from 1999 within the framework of international exhibitions «Powder metallurgy» and «Welding». The given symposium is considered to be the 9th one. The leading scientists and specialists from Belarus, Russia, the Ukraine, Latvia, Estonia and Armenia are among the authors. Articles are published as submitted by the authors without additional scientific editing.

ISBN 978-985-08-1840-9 (ч. 2)

ISBN 978-985-08-1831-7

© Институт порошковой металлургии, 2015

© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2015

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Акименко В.** директор ИПМ ЦНИИ Чермет им. И. П. Бардина, Москва, Россия
- Анциферов В.** директор НЦ ПМ, Пермь, Россия
- Баглюк А.** заместитель директора ИПМ НАН Украины им. И. Н. Францевича, Киев, Украина
- Бойко И.** Президент Латвийской ассоциации сварщиков, Рига, Латвия
- Витязь П.** руководитель аппарата Президиума НАН Беларуси, Минск, Беларусь
- Дорофеев В.** профессор кафедры МиТМ ЮРГТУ, Новочеркасск, Россия
- Ильющенко А.** генеральный директор ГНПО порошковой металлургии, Минск, Беларусь
- Королев Ю.** президент НТА «Порошковая металлургия», Москва, Россия
- Косторнов А.** заведующий отделом ИПМ НАН Украины им. И. Н. Францевича, Киев, Украина
- Кулик В.** профессор БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия
- Кем А.** заведующий кафедрой ТКМ ДГТУ, Ростов-на-Дону, Россия
- Фишман В.** начальник главного управления инновационной и инвестиционной деятельности Минпрома, Минск, Беларусь
- Мионов В.** профессор РТУ, Рига, Латвия
- Левашов Е.** заведующий кафедрой НИТУ «МИСиС», Москва, Россия
- Пантелеенко Ф.** первый проректор БНТУ, Минск, Беларусь
- Кулу П.** профессор ТТУ, Таллин, Эстония
- Пиларчик Я.** директор Института сварки, Варшава, Польша

**INTERNATIONAL PROGRAMME
COMMITTEE**

- Akimenko V.** Director of PMI, Central Research Institute of Black Metallurgy named after I. P. Bardin, Moscow, Russia
- Antsiferov V.** Director of Powder Material Science Centre, Perm, Russia
- Baglyuk A.** Deputy director of PMI NAS of the Ukraine named after I. N. Frantsevich, Kiev, Ukraine
- Boiko I.** President of Latvian Assotiation of Welders, Riga, Latvia
- Vityaz P.** Head of Staff of the Presidium of NAS of Belarus, Minsk, Belarus
- Dorofeev V.** Professor of chair «Material Science and Technology of Materials», Southern Russian Sate Technical University, Novocherkassk, Russia
- Ilyuschenko A.** General Director of State Research and Production Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus
- Korolev Yu.** President of Science and Engineering Association «Powder Metallurgy», Moscow, Russia
- Kostornov A.** Deputy director of PMI NAS of the Ukraine named after I. N. Frantsevich, Kiev, Ukraine
- Kulik V.** Professor of Baltic State Technical University, «Military and Mechanical» named after D. F. Ustinov, Saint Petersburg, Russia
- Kem A. Yu.** Head of chair Technology of Structure Materials of Don State Technical University, Russia
- Fishman V.** Head of Main Directorate of Innovation and Investment Activities of the Industry Ministry, Minsk, Belarus
- Levashov Y.** Head of Department of NRTU «MISA», Moscow, Russia
- Panteleenko F.** First provost of BSTU, Minsk, Belarus
- Kulu P.** Tallinn University of technology, Tallinn, Estonia
- Pilarchik J.** Director of Institute of Welding, Warshaw, Poland

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Ильющенко А. Ф. – председатель
Витязь П. А. – заместитель председателя
Яркович А. М. – ученый секретарь

Андреев М. А.	Директор ОХП ИСЗП, Минск
Астапчик С. А.	Академик НАН Беларуси, Минск
Булавицкий В. В.	Генеральный директор Выставочного общества «минск-экспо», Минск
Гордиенко А. И.	Академик НАН Беларуси, Минск
Капцевич В. М.	Заведующий кафедрой БГАТУ, Минск
Клубович В. В.	Академик НАН Беларуси, Витебск
Кулак А. И.	Заместитель директора ИОНХ НАН Беларуси, Минск
Марукович Е. И.	Директор ИТМ НАН Беларуси, Могилев
Мышкин Н. К.	Директор ИММС НАН Беларуси им. В. А. Белого, Гомель
Петюшик Е. Е.	Заместитель генерального директора ГНПО порошковой металлургии, Минск
Судник Л. В.	Директор ОХП НИИ ИП с ОП, Минск
Радченко А. А.	Заместитель директора ОХП НИКТИ СП, Минск
Реут О. П.	Директор ИПК и ПК БНТУ, Минск
Романюк Ф. А.	Проректор БНТУ, Минск
Савич В. В.	Заместитель директора ГНУ ИПМ, Минск
Свириденко А. И.	Академик НАН Беларуси, Гродно
Смирнов В. Г.	Главный научный сотрудник ОХП НИИ ИП с ОП, Минск
Хейфец М. Л.	Заместитель академика-секретаря ОФТН НАН Беларуси, Минск
Федосюк В. М.	Генеральный директор НЦП НАН Беларуси по материаловедению, Минск

NATIONAL ORGANIZATION COMMITTEE

Ilyushchenko A. Ph. – chairman
Vityaz P. A. – deputy chairman
Yarkovich A. M. – learned secretary

Andreev M. A.	Director of Separate Self-Financing Unit «Institute for Welding and Protective Coatings», Minsk
Astapchik S. A.	Academician of NAS of Belarus, Minsk
Bulavitskiy V. V.	General director of Exhibition Society «Minskexpo», Minsk
Gordienko A. I.	Director of Physical and Engineering institute of NAS of Belarus, Minsk
Kaptsevich V. M.	Head of chair, Belarusian State Agriculture University, Minsk
Klubovich V. V.	Academician of NAS of Belarus, Vitebsk
Kulak A. I.	Deputy director of Institute for General and Inorganic Chemistry of NAS of Belarus, Minsk
Marukovich E. I.	Director of Institute of Metal Technology of NAS of Belarus, Mogilev
Myshkin N. K.	Institute for Mechanics in Metal Polymer Systems named after V. A. Belogo, NAS of Belarus, Gomel
Petyushik E. E.	Deputy Director General of SRPPMA, Minsk
Sudnik L. V.	Research Institute of Impulse Processes with Pilot Plant, Minsk
Radchenko A. A.	Deputy director of SSU Research and Designing and Technological Institute of Welding and Protective Coatings, Minsk
Reut O. P.	Director for Qualification Improvement and Retraining of Staff, Belorussian National Technical University, Minsk
Romanyuk D. A.	Prorector of BNTU, Minsk
Savich V. V.	Deputy director of SSI PMI, Minsk
Sviredenok A. I.	Academician of NAS of Belarus, Grodno
Smirnov V. G.	Chief researcher of Research Institute of Impulse Processes with Pilot Plant, Minsk
Kheyvets M. L.	Deputy academician and secretary for Physical and Engineering Department of NAS of Belarus, Minsk
Phedosyuk V. M.	Academician and secretary for Physical and Engineering Department of NAS of Belarus. General Director of Science and Practice Material Science Centre of NAS of Belarus, Minsk

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 3

Инженерия поверхности

- Алексеев Ю. Г., Паршута А. Э., Королёв А. Ю., Нисс В. С., Сорока Е.В.** (Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь; БНТУ, Минск, Беларусь). Влияние биполярного импульсного электрохимического полирования на структуру и свойства поверхности коррозионностойких сталей..... 20
- Алексеев Ю. Г., Королёв А. Ю., Паршута А. Э., Нисс В. С.** (Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь; БНТУ, Минск, Беларусь). Исследование процесса полирования и очистки внутренних поверхностей длинномерных трубчатых изделий с применением электролитно-плазменной обработки..... 27
- Дробов А. Н., Моисеенко А. Н., Назарова О. И.** (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси»). Влияние ионного азотирования на характер изменения шероховатости поверхности стали 38Х2МЮА..... 38
- Ильющенко А. Ф., Маркова Л. В., Луговский С. Н., Гамзелева Т. В., Романовская А. П.** (ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь). Структура и свойства нанокремниевых композиционных материалов, полученных методом детонационного синтеза..... 44
- Ильющенко А. Ф., Фомихина И. В., Маркова Л. В.** (ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь). Исследование деградации структуры металлоконструкций при воздействии высоких температур в условиях чрезвычайных ситуаций..... 52
- Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Асташинский В. М., Кузьмицкий А. М., Громыко Г. Ф.** (ГНУ ИПМ, г. Минск, Беларусь; Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, Минск, Беларусь; Институт математики, Минск, Беларусь). Механизм разрушения поверхностей трения износостойких порошковых покрытий, полученных с применением высокоэнергетических импульсных потоков..... 57
- Комаров А. И., Комарова В. И., Коледа В. В., Гамзелева Т. В., Луговский С. Н.** (ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь; ГНУ "Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси", Минск, Беларусь). Структура и свойства модифицированного нитридом титана покрытия, полученного на сплавах алюминия микродуговым оксидированием..... 66

Комаров Ф. Ф., Ковальчук А. В., Константинов С. В. (БГУ, Минск, Беларусь; БНТУ, Минск, Беларусь). Комплексный подход к определению свойств PDV/CVD покрытий.....	77
Константинов В. М., Ковальчук А. В., Былицкий В. В., Перейра К. Б. (БНТУ, Минск, Беларусь). Некоторые особенности структурообразования и коррозионная стойкость высокохромистых сталей после ИПА.....	85
Ловыгин С. И., Чигринова Н. М. (ОХП «Институт сварки и защитных покрытий», Минск, Беларусь; БНТУ, Минск, Беларусь). Исследование влияния ультразвукового воздействия на формирование покрытий методом электроискрового легирования.....	91
Нисс В. С., Алексеев Ю. Г., Королёв А. Ю., Паршутто А. Э. (Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», Минск, Беларусь; БНТУ, Минск, Беларусь). Влияние вакуумметрического давления на массообменные процессы при электролитно-плазменной обработке поверхностей металлических изделий малого сечения и жесткости.....	100
Олещук И. Г., Поболь И. Л., Босяков М. Н., Жук Д. В., Назарова О. И., Моисеенко А. Н. (ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», Минск, Беларусь). Разработка технологий ионно-плазменного азотирования инструментальных сталей.....	108
Черенда Н. Н., Ласковнев А. П., Басалай А. В., Углов В. В., Асташинский В. М., Кузьмицкий А. М. (БГУ, Минск, Беларусь; ГНУ ФТИ НАН Беларуси, Минск, Беларусь; Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь). Легирование поверхностного слоя бронзы с помощью компрессионных плазменных потоков.....	114

Секция 4

Функциональные защитные покрытия: материалы, технологии, оборудование

Locs S., Voiko I. (Riga Technical University, Riga, Latvia). Investigation of plasma spray deposition of cermet coatings.....	122
Васильев А. Ф., Орыщенко А. С., Герашенков Д. А., Лашков В. А. (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия) Исследование температуры потока в процессе сверхзвукового «холодного» газодинамического напыления функциональных покрытий....	125
Васильева О. В., Орыщенко А. С., Красиков А. В. (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия) Функциональные покрытия на основе порошковых композиционных материалов применительно к арктическим конструкциям.....	139

Гурченко П. С., Константинов В. М., Булойчик И. А. (<i>БНТУ, Минск, Беларусь</i>). Исследование влияние процессов диффузионного цинкования на эксплуатационные свойства изделий после термического упрочнения.....	148
Гусаков Г. А., Гончаров В. К., Пузырев М. В. (<i>НИИ ПФП им. А.Н.Севченко БГУ, Минск, Беларусь</i>). Осаждение защитных наноструктурированных алмазоподобных углеродных покрытий на алюминиевые сплавы.....	154
Девойно О. Г., Кардаполова М. А., Луцко Н. И., Лапковский А. С. (<i>БНТУ, Минск, Беларусь</i>) Особенности формирования двухслойных композиционных покрытий из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, получаемых лазерной наплавкой.....	165
Комарь В. В., Походина Т. А., Овсеенко Л. В., Крутько Н. П., Ардынович А. А. (<i>ГНУ ИОНХ, Минск, Беларусь</i>). Защитные покрытия на основе водных суспензий эпоксидных порошковых красок.....	171
Кудина Е. Ф., Винидиктова Н. С. (<i>ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси», Минск, Беларусь</i>). Влияние эпоксисиликатного модификатора на физико-механические характеристики эпоксидного покрытия.....	179
Леванцевич М. А., Максимченко Н. Н. (<i>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь</i>). Исследование влияния состава материала-донора на триботехнические характеристики покрытий.....	191
Лунева Н. К., Езовитова Т. И. (<i>ГНУ ИОНХ, Минск, Беларусь</i>). Интумесцентные покрытия для огнезащиты металлических конструкций.....	203
Манойло Е. Д., Онащенко Ф. Е. (<i>ОХП ИСЗП, Минск, Беларусь</i>). Восстановление шнекового вала пресс-шнека непрерывным газопламенным нанесением покрытия из самофлюсующегося твердого сплава.....	213
Шарипзянова Г. Х., Морозова Е. В., Ниткин Н. М. (<i>Московский государственный университет машиностроения МАМИ, Москва, Россия</i>). Исследование технологических режимов получения режущего инструмента из порошка быстрорежущих сталей с последующим многокомпонентным диффузионным насыщением.....	222

Секция 5

Передовые сварочные технологии, материалы и оборудование. Совершенствование нормативной базы

Волосюк М. А., Кононенко В. Г. (<i>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина; Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Харьков, Украина</i>). Оптический пробой монокристаллов КС1 в условиях импульсного лазерного облучения.....	228
--	-----

Денисов Л. С. (<i>БНТУ, Минск, Беларусь</i>). Важные этапы концепции развития и задачи сварочного производства до 2025 г.	238
Поболь И. Л., Бакиновский А. А. (<i>ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», Минск, Беларусь</i>). Электронно-лучевая сварка листовой бористой стали 04X14T3P1Ф.....	242
Поболь И. Л., Юревич С. В. (<i>ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», Минск, Беларусь</i>). Изготовление СВЧ резонаторов из ниобия и модельных материалов с использованием электронно-лучевой сварки.....	250
Радченко А. А., Аполоник С. А., Игнатович З. В., Никитина А. С., Олешкевич Д.А. (<i>ОХП ИСЗП, Минск, Беларусь</i>). Сварка трением с перемешиванием (СТП) листовых материалов из алюминиевых сплавов.....	256
Васильев А. Ф., Виноградова Т. С., Деев А. А., Самоделкин Е. А., Фармаковский Б. В., (<i>ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия</i>) Активированная пайка разнородных материалов с помощью порошковых аморфных сплавов-припоев.....	275

Секция 6

Наноматериалы и нанотехнологии

Гаршин А. П., Богданов С. П., Пономаренко В. А. (<i>Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург, Россия; Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург; ООО «ВИРИАЛ», Санкт-Петербург, Россия</i>) Компактирование нанопорошка карбида кремния в аппарате высокого давления.....	288
Жорник В. И., Ивахник А. В., Ивахник В. П., Бухтилова М. А. (<i>Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь</i>). Комплексные сульфат кальциевые пластичные смазки с дисперсной фазой на основе нанокальцита.....	297
Земцова Е. Г., Пономарёва А. Н., Арбенин А. Ю., Валиев Р. З., Смирнов В. М. (<i>СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия</i>) Создание нанопокровов различной морфологии на основе диоксида титана на титановой матрице и исследование их структурных характеристик.....	308
Ильющенко А. Ф., Шевченко А. А., Ульянова Т.М., Овсенко Л. В., Кашаев Е. А., Фомихина И. В. (<i>ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь; ГНУ ИОНХ, Минск, Беларусь</i>) Влияние легирующих наноструктурных добавок частично стабилизированного диоксида циркония на микроструктуру и прочностные свойства циркониевой керамики из промышленных порошков.....	312
Ковтун В. А., Пасовец В. Н., Плещачевский Ю. М. (<i>ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, г. Гомель, ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, Минск; Гомельский филиал Национальной академии наук Беларуси, Гомель, Беларусь</i>). Исследование влияния температуры нагрева нанонаполненной композиционной системы в процессе механоактивации на свойства покрытий, формируемых высокоскоростным электроконтактным спеканием.....	324

Комаров Ф. Ф., Константинов С. В., Стрельницкий В. Е. (Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» БГУ, Минск, Беларусь; Национальный научный центр Харьковский физико-технический институт, Харьков, Украина). Влияние высокофлюенсного ионного облучения на структуру и механические свойства наноструктурированных TiN, TiAlN, TiAlYN.....	333
Костиков В. И., Еремеева Ж. В., Агуреев Л. Е., Лопатин В. Ю., Савушкина С. В., Казаков В. А., Ивлиева В. В., Рудштейн Р. И., Ашмарин А. А., Лаптев И. Н. (ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша», Москва, Россия; НИТУ «МИСиС», Москва, Россия) Структура и свойства алюмокомпозитов с микродобавками наночастиц оксидных материалов....	346
Конюхов Ю. В., Нгуен В. М., Рыжонков Д. И., Кузнецов Д. В., Котов С. И. (ФГОУ ФПО НИТУ «МИСиС», Москва, Россия) Кинетика восстановления нанокристаллических и микронных порошков оксида никеля водородом в вихревом магнитном поле.....	356
Красиков А. В., Горынин И. В., Кузнецов П. А. (ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург, Россия) Плазмохимический синтез наноразмерных порошков и их исследование при микроплазменном напылении.....	365
Кудина Е. Ф. (ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси). Получение высокодисперсных нанокомпозитов с использованием диэлектрического нагрева.....	374
Михайлов И. Ю., Котов С. И., Конюхов Ю. В., Колесников Е. А., Лёвина В. В., Гусев А. А., Кузнецов Д. В. (НИТУ «МИСиС», Москва, Россия). Получение нанопорошков железа для применений в области очистки промышленных сточных вод и активации физико-химических процессов.....	382
Мухуров Н. И., Гасенкова И. В., Андрухович И. М. (Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь) Формирование анодного оксида алюминия с малым диаметром пор.....	386
Пасовец В. Н., Ковтун В. А., Горбацевич Р. Л. (ГУО «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, Минск, Беларусь; ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, Гомель, Беларусь). Разработка модернизированной конструкции активирующего устройства для получения наноструктурированных порошковых композитов.....	392
Степанова К. В., Яковлева Н. М., Кокатев А. Н., Петтерссон Х. (Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия; ООО «Нелан-оксид плюс», Петрозаводск, Россия; Университет г. Хальмстад, Швеция). Влияние термических воздействий на структуру оксидных пленок, сформированных анодированием на Ti и его сплавов	397
Судник Л. В., Семашко Р. В., Мазалов Ю. А. (ОХП НИИ ИП с ОП ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь, ФГБНУ ГОСНИТИ, Москва, Россия) Технологические особенности формирования керамических ультрадисперсных порошков заданной морфологии.....	405

Шевченко А. А., Кашаев Е. А., Болодон В. Н., Неделько М. И., Невар Е. А. (<i>ГНУ ИПМ, Минск, Беларусь; БГАТУ, Минск, Беларусь; ГНУ Институт физики им. Б. И. Степанова, г. Минск, Беларусь</i>). Структура и свойства композиционных материалов с наноразмерными добавками для варисторных и оптических керамик.....	415
Холодова Е. М., Хаханов С. Н. (<i>ООО «Системы для микроскопии и анализа», Россия</i>) Современные методы исследования и диагностики порошковых композиционных материалов.....	425

CONTENTS

Section 3

Surface engineering

Alekseyev Y. G., Parshuto A. E., Korolyov A. Y., Niss V. S., Soroka Y. V. (<i>State Enterprise «BNTU Science and Technology Park «Politekhnik», Minsk, Belarus; BNTU, Minsk, Belarus</i>). Influence of bipolar pulse electrochemical polishing on structure and properties of the surface of corrosion-resistant steels.....	20
Alekseyev Y. G., Korolyov A. Y., Parshuto A. E., Niss V. S. (<i>State Enterprise «BNTU Science and Technology Park «Politekhnik», Minsk, Belarus; BNTU, Minsk, Belarus</i>) Investigation of polishing and cleaning process of internal surfaces of lengthy tubular products using electrolytic-plasma treatment.....	27
Drobov A. N., Moiseyenko A. N., Nazarova O. I. (<i>SSI «Physical and Technical Institute of NAS of Belarus»</i>). Influence of ion nitriding on change type of the surface roughness of 38H2MYUA steel.....	38
Ilyushchenko A. Ph., Markova L. V., Lugovskiy S. N., Gamzeleva T. V., Romanovskaya A. P. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus</i>) Structure and properties of nanocarbon composite materials obtained by detonation synthesis.....	44
Ilyushchenko A. Ph., Fomikhina I. V., Markova L. V. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus</i>). Investigation of structure degradation of steel structures when exposed to high temperatures in emergency situations.....	52
Ilyushchenko A. Ph., Shevtsov A. I., Astashinskiy V. M., Kuzmitskiy A. M., Gromyko G. F. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus; Institute of Heat and Mass Transfer of A. V. Lykov, Minsk, Belarus; Institute of Mathematics, Minsk, Belarus</i>) Fracture mechanism of friction surfaces of wear resistant powder coatings obtained by using high energy pulse flows.....	57
Komarov A. I., Komarova V. I., Koleda V. V., Gamzeleva T. V., Lugovskiy S. N. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus; SSI «Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus", Minsk, Belarus</i>) Structure and properties of the coating modified with titanium nitride and obtained by microarc oxidizing on aluminum alloys.....	66
Komarov F. F., Kovalchuk A. V., Konstantinov S. V. (<i>BSU, Minsk, Belarus; BNTU, Minsk, Belarus</i>) Integrated approach to the determination of the properties of PDV / CVD coatings.....	77
Konstantinov V. M., Kovalchuk A. V., Bylitskiy V. V., Pereira K. B. (<i>BNTU, Minsk, Belarus</i>) Some features of structure formation and corrosion resistance of high-chromium steels after ion-plasma nitriding.....	85

Lovygin S. I., Chigrinova N. M. (<i>TOU «Institute of Welding and Protective Coatings», Minsk, Belarus; BNTU, Minsk, Belarus</i>). Investigation of the effect of ultrasonic treatment on the formation of coatings by electric spark alloying.....	91
Niss V. S., Alekseyev Y. G., Korolyov A. Y., Parshuto A. E. (<i>State Enterprise « BNTU Science and Technology Park «Politekhnik», Minsk, Belarus; BNTU, Minsk, Belarus</i>) Influence of vacuum pressure on mass exchange processes during electrolytic-plasma treatment of surfaces of metal products of small cross-section and rigidity.....	100
Oleshuk I. G., Pobol I. L., Bosyakov M. N., Zhuk D. V., Nazarova O. I., Moiseyenko A. N. (<i>SSI «Physical and Technical Institute of NAS of Belarus», Minsk, Belarus</i>) Development of technologies for ion-plasma nitriding of tool steels.....	108
Cherenda N. N., Laskovnev A. P., Basalay A. V., Uglov V. V., Astashinskiy V. M., Kuzmitskiy A. M. (<i>BSU, Minsk, Belarus; SSI «Physical and Technical Institute of NAS of Belarus», Minsk, Belarus; Institute of Heat and Mass Transfer of A.V. Lykov of NAS of Belarus, Minsk, Belarus</i>) Alloying of the surface layer of bronze using compression plasma flows.....	114

Section 4

Functional protective coatings: materials, technologies, equipment

Locs S., Boiko I. (<i>Riga Technical University, Riga, Latvia</i>) Investigation of plasma spray deposition of cermet coatings.....	122
Vasilyev A. F., Oryshchenko A. S., Gerashchenkov D. A., Lashkov V. V. (<i>CRISM «Prometey», St. Petersburg, Russia</i>) Investigation of flow temperature during supersonic “cold” gas dynamic spraying of functional coatings.....	125
Vasilyeva O. V., Oryshchenko A. S., Krasikov A. V. (<i>CRISM «Prometey», St. Petersburg, Russia</i>) Functional coatings based on powder composite materials applied to arctic structures.....	139
Gurchenko P. S., Konstantinov V. M., Buloychik I. A. (<i>BNTU, Minsk, Belarus</i>). Investigation of diffusion galvanizing processes’ influence on article performance after thermal hardening.....	148
Gusakov G. A., Goncharov V. K., Puzyryov M. V. (<i>SRI TFG of A.N.Sevchenko of BSU</i>). Deposition of protective nanostructured diamond-like carbon coatings on aluminum alloys.....	154
Devoyno O. G., Kardapolova M. A., Lutsko N. I., Lapkovskiy A. S. (<i>BNTU, Minsk, Belarus</i>) Features of formation of two-layer composite coatings from PG-12H-01 alloy and PG-19M-01 bronze received by laser cladding.....	165

Komar V. V., Pokhodina T. A., Ovseyenko L. V., Krutko N. P., Ardynovich A. A. (<i>SSI IGIC, Minsk, Belarus</i>) Protective coatings based on aqueous suspensions of epoxy powder paints.....	171
Kudina Y. F., Vinidiktova N. S. (<i>SSI «Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems of V.A. Belyi of NAS of Belarus»</i>). Influence of epoxy-silicate modifier on the physical and mechanical properties of epoxy coating.....	179
Levantsevich M. A., Maksimchenko N. N. (<i>Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus, Leading Researcher of STC «Technologies of engineering and manufacturing equipment»</i>) Investigation of the influence of donor material composition on the tribotechnical characteristics of coatings.....	191
Luneva N. K., Yezovitova T. I. (<i>SSI IGIC, Minsk, Belarus</i>). Intumescent coatings for fire protection of metal structures.....	203
Manoylo Y. D., Onashchenko F. Y. (<i>TOU IWPC, Minsk, Belarus</i>). Restoration of auger shaft of an auger press by continuous gas flame application of self-fluxing hard alloy.....	213
Sharipzyanova G. K., Morozova Y. V., Nitkin N. M. (<i>Moscow State University of Engineering MAMI, Moscow, Russia</i>) Investigation of technological modes of obtaining cutting tools from high-speed steel powder with subsequent multicomponent diffusion saturation.....	222

Section 5

Advanced welding technologies, materials and equipment. Improving of regulatory framework

Volosyuk M. A., Kononenko V. G. (<i>Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine; Kharkiv National University of V.N. Karazin, Kharkiv, Ukraine</i>). Optical breakdown of KCl single crystals under pulsed laser irradiation.....	228
Denisov L. S. (<i>BNTU, Minsk, Belarus</i>). Significant stages of development concept and objectives of welding production up to 2025.....	238
Pobol I. L., Bakinovskiy A. A. (<i>Physico-Technical Institute of NAS of Belarus, Minsk, Belarus</i>) Electron beam welding of sheet boron steel 04H14T3R1F.....	242
Pobol I. L., Yurevich S. G. (<i>Physico-Technical Institute of NAS of Belarus, Minsk, Belarus</i>) Production of microwave resonators from niobium and model materials using electron beam welding.....	250
Radchenko A. A., Apolonik S. A., Ignatovich Z. V., Nikitina A. S., Oleshkevich D. A. (<i>TOU IWPC, Minsk, Belarus</i>). Friction stir welding (FSW) of sheet materials from aluminum alloys.....	256
Vasilyev A. F., Vinogradova T. S., Deyev A. A., Samodelkin Y. A., Farmakovskiy B. V. (<i>CRISM «Prometey», St. Petersburg, Russia</i>) Activated brazing of dissimilar materials using powder amorphous brazing alloys.....	275

Section 6

Nanomaterials and Nanotechnologies

Garshin A. P., Bogdanov S. P., Ponomarenko V. A. (<i>Saint Petersburg State Polytechnical University, St. Petersburg, Russia; Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg; «VIRIAL» Ltd., St. Petersburg, Russia</i>) Compacting of silicon carbide nanopowder in high pressure apparatus.....	288
Zhornik V. I., Ivakhnik A. V., Ivakhnik V. P., Bukhtilova M. A. (<i>Joint Institute of Mechanical Engineering of NAS of Belarus, Minsk, Belarus</i>) Complex calcium sulfonate plastic greases with a dispersed phase based on nano-calcite.....	297
Zemtsova Y. G., Ponomaryova A. N., Arbenin A. Y., Valiyev R. Z., Smirnov V. M. (<i>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia</i>) Creation of nanocoatings with different morphology based on titanium dioxide on a titanium matrix and investigation of their structural characteristics.....	308
Ilyushchenko A. Ph., Shevchenok A. A., Ulyanova T. M., Ovseyenko L. V., Kashayed Y. A., Fomikhina I. V. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus; SSI IGIC, Minsk, Belarus</i>) Influence of alloying nanostructured additives of partially stabilized zirconia on microstructure and mechanical properties of zirconia ceramics from industrial powders.....	312
Kovtun V. A., Pasovets V. N., Pleskachevskiy Y. M. (<i>SEI «Gomel Engineering Institute» Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Gomel, SEI «Command and Engineering Institute» Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk; Gomel branch of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel</i>). Investigation of the influence of heating temperature of nano-filled composite system in the process of mechanical activation on the properties of coatings formed by high speed electrocontact sintering.....	324
Komarov F. F., Konstantinov S. V., Strelnitskiy V. Y. (<i>Scientific research institution «Institute of Applied Physical Problems of A.N. Sevchenko» BSU, Minsk, Belarus; National Science Center of Kharkiv Institute of Physics and Technology, Kharkiv, Ukraine</i>) Effect of high-fluence ion irradiation on the structure and mechanical properties of nanostructured TiN, TiAlN, TiAlYN.....	333
Kostikov V. I., Yeremeyeva Z. V., Agureyev L. Y., Lopatin V. Y., Savushkina S. V., Kazakov V. A., Ivliyeva V. V., Rudshteyn R. I., Ashmarin A. A., Laptev I. N. (<i>SSC FSUE «Tsentr Keldysha», Moscow, Russia; NRTU «MISA», Moscow, Russia</i>). The structure and properties of aluminum composites with microadditives of oxide material nanoparticles.....	346
Konyukhov Y. V., Nguen V. M., Ryzhonkov D. I., Kuznetsov D. V., Kotov S. I. (<i>FSEI PF NRTU «MISA», Moscow, Russia</i>). Reduction kinetics of nanocrystalline and micron powders of nickel oxide by hydrogen in a vortex magnetic field.....	356
Krasikov A. V., Gorynin I. V., Kuznetsov P. A. (<i>CRISM «Prometey», St. Petersburg, Russia</i>) Plasma-chemical synthesis of nanosized powders and their investigation at microplasma spraying.....	365

Kudina Y. F. (<i>SSI «Institute of Metal-Polymer Systems Mechanics of V. A. Belyi of NAS of Belarus»</i>). Obtaining of highly dispersed nanocomposites using dielectric heating.....	374
Mikhaylov I. Y., Kotov S. I., Konyukhov Y. V., Kolesnikov Y. A., Lyovina V. V., Gusev A. A., Kuznetsov D. V. (<i>NRTU «MISA», Moscow, Russia</i>). Obtaining of iron nanopowders for applications in the field of industrial wastewater treatment and activation of physical and chemical processes.....	382
Mukhurov N. I., Gasenkova I. V., Andrukhovich I. M. (<i>Institute of Physics of NAS of Belarus, Minsk, Belarus</i>). Formation of anodic alumina with low pore diameter.....	386
Pasovets V. N., Kovtun V. A., Gorbatshevich R. L. (<i>MEI «Command and Engineering Institute» Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk; MEI «Gomel Engineering Institute» Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus, Gomel, Belarus</i>). Development of modernized construction of activating device for producing nanostructured powder composites.....	392
Stepanova K. V., Yakovleva N. M., Kokatev A. N., Pettersson K. (<i>Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia; «Nelan-oxid plus» Ltd., Petrozavodsk, Russia; University of Halmstad, Sweden</i>). Influence of thermal actions on the structure of oxide films formed by anodization of Ti and its alloys.....	397
Sudnik L. V., Semashko R. V., Mazalov Y. A. (<i>TOU SRI IP with PP SSI PMI, Minsk, Belarus; FSBSI GOSNITI, Moscow, Russia</i>). Technological features of formation of ceramic ultradisperse powders with a given morphology.....	405
Shevchenok A. A., Kashayed Y. A., Bolodon V. N., Nedelko M. II., Nevar Y. A. (<i>SSI PMI, Minsk, Belarus; BSATU, Minsk, Belarus; SSI Institute of Physics of B.I.Stepanov, Minsk, Belarus</i>). Structure and properties of composite materials with nanosized additives for varistor and optical ceramics.....	415
Kholodova Y. M., Khahanov S. N. (<i>«Systems for Microscopy and Analysis» Ltd., Russia</i>). Modern methods of investigation and diagnostics of powder composite materials.....	425