

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Основан в 1997 г. Издается 1 раз в год

Выпуск 37

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ильющенко А. Ф., Барай С. Г., Насонова Н. В. Научные подходы к созданию радиопоглощающих материалов СВЧ диапазона для работы при повышенных температурах.....	6
Богданович П. Т., Коморный А. А. Специальное средство взрывания осесимметричного заряда конденсированного взрывчатого вещества, обеспечивающее инициирование заряда взрывчатого вещества по оси симметрии.....	14
Мионов В. А., Станкевич П. И., Станкевич В. О. Производство и применение железных порошков (2003-2013). Анализ и некоторые дальнейшие перспективы.....	17
Осипов В. А., Миронович Г. А., Лашук А. М. Использование шламовых отходов твердого сплава ВК для повышения износостойкости защитных элементов-штифтов из порошковой низколегированной стали	24
Насакина Е.О., Севостьянов М.А., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т., Солнцев К.А. Наноструктурированная композиционная проволока из сплава NiTi для изделий медицинской техники.....	29
Ильющенко А. Ф., Кусин Р. А., Черняк И. Н., Жегздринь Д. И., Дечко М. М., Манойло Е. Д., Радченко А. А., Игнатович З. В. Исследование процесса получения порошков на основе алюминия методом распыления струи расплава газовым потоком.....	34
Судник Л. В., Чурик М. Н., Казаневская И. Н. Модификаторы для вторичных литейных алюминиевых сплавов.....	39
Микуцкий В. А., Сморгыо О. Л., Ильющенко А. Ф., Stathopoulos V., Trusca I., Trusca O. D. Получение композиционных металлокерамических порошков методом химического восстановления никеля и кобальта.....	44

НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Болотова Л. К., Калашников И. Е., Кобелева Л. И., Колмаков А. Г., Ковалевский В. В., Витязь П. А., Сеньюк В. Т., Хейфец М. Л. Синтез кристаллизацией сплавов

композиционных материалов с наноструктурными добавками.....	56
Сидский В. В., Семченко А. В., Тюленкова О. И., Судник Л. В.) Исследование структурных и магнитных свойств наноразмерных композитных керамических порошков, полученных золь-гель методом.....	59
Чекан Н. М., Овчинников Е. В., Акула И. П., Эйсымонт Е. И., Прушак А. С., Павловский А. Ю. Триботехнические наноконпозиционные плазмохимические покрытия для металлообрабатывающего инструмента.....	64
Сенють В. Т., Маркова Л. В., Гамзелева Т. В. Углеродные наноконпозиты на основе спеченных под давлением модифицированных наноалмазов.....	70
Петюшик Е. Е., Клевченя Д. И., Евтухова Т. Е., Пинчук Т. И., Романенков В. Е. Бимодальная наноструктурная керамика на основе AlOON.....	79
Гулай А. В., Шевченко А. А., Урбанович В. С., Гулай В. А., Чумаков А. Н., Чекан П. В., Телеш Е. В., Лученок А. Р. Получение сенсорных МДП-наносистем при распылении керамических мишеней из нитрида алюминия.....	85

КЕРАМИЧЕСКИЕ И СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Антипов В. И., Баранов Е. Е., Галахов А. В., Виноградов Л. В., Колмаков А. Г., Просвирнин Д. В., Клименко С. А., Ильющенко А. Ф., Хейфец М. Л. Жидкофазный синтез порошка оксинитрида алюминия с использованием органических соединений.....	89
Ильющенко А. Ф., Осипов В. А., Звонарев Е. В., Витко Ж. А., Черняк И. Н. Получение из порошков карбидов кремния, бора и их смесей пористых каркасов для последующего силицирования.....	93
Шевченко А. А., Жук Е. В., Кашаед Е. А., Степкин М. О., Невар Е. А., Неделько М. И., Тарасенко Н. В. Микроструктура и люминесцентные свойства керамики на основе оксида цинка, полученной из порошков различной дисперсности.....	102

ПОРИСТЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ

Савич В. В., Тарайкович А. М., Беденко С. А., Шелухина А. И., Кузнечик О. О. Пористые материалы из смеси порошков титана с разной формы частиц: аномальная проницаемость.....	107
Капцевич В. М., Корнеева В. К., Закревский И. В., Чугаев П. С. Проницаемые материалы из стальных волокон, полученных из отходов.....	114
Ильющенко А. Ф., Капцевич В. М., Корнеева В. К. Проницаемые материалы из медных кабельных отходов Сообщение 3. Взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств проницаемых материалов из медных волоконных отходов, полученных методом сухого изостатического прессования.....	121
Шелег В. А., Бохан С. Г., Александров В. М. Подготовка резанием микрорельефа поверхности компактных подложек для получения компактно-пористых материалов.....	127
Мионов В. А., Бойко И. Ю., Земченков В. Д. Экраны из перфорированных металлических материалов и возможность их применения для защиты от воздействия низкочастотных электромагнитных полей.....	133
Азарова Т. А., Браницкий Г. А., Азаров С. М., Петюшик Е. Е. Оценка возможностей улучшения служебных характеристик пористых материалов процессами химического модифицирования.....	140
Александров В. М., Лобачев В. А., Дроздов А. В., Попок Н. Н., Хмельницкий Р. С. Устройства на основе порошковых пористых материалов для систем водоподготовки различной производительности.....	145
Пилиневич Л. П. Пористый материал для фотокаталитической очистки воды.....	149
Леонов А. Н. Проблемы фильтрования: мембранные фильтры, глубинные фильтры, комбинированные фильтры.....	155

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

- Витязь П. А., Лецко А. И., Талако Т. Л., Парницкий Н. М.** Влияние структурного состояния хрома на стойкость к окислению композиционного порошка на основе алюминиды железа, упрочненного включениями Al_2O_3 167
- Горохов В. М., Тарусов И. Н.** Влияние пористости на сырую прочность порошковых прессовок..... 173
- Савич В. В., Шелухина А. И., Макаренко М. В.** Влияние пластической деформации частиц губчатого порошка титана на поверхности образцов пористых материалов на особенности взаимодействия с ней сывороточного альбумина..... 182

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ И СОЕДИНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

- Андреев М. А., Маркова Л. В., Коледа В. В., Гамзелева Т. В.** Влияние добавок углеродсодержащих материалов на структуру ионно-лучевых твердосмазочных покрытий..... 188
- Витязь П. А., Лецко А. И., Талако Т. Л., Луговский С. Н., Парницкий Н. М.** Исследование структуры и свойств покрытия из СВС – порошка $FeAl(Cr)/Al_2O_3$, полученного лазерной наплавкой..... 193
- Громыко Г. Ф., Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Оковитый В. В.** Разработка системы уравнений по определению температуры и напряжений при формировании теплозащитных покрытий на основе диоксида циркония, стабилизированного оксидами редкоземельных металлов..... 198
- Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Асташинский В. М., Кузьмицкий А. М., Громыко Г. Ф., Оковитый В. А., Маркова Л. В., Лецко А. И., Козорез А. С.** Исследование триботехнических свойств порошковых покрытий, модифицируемых твердыми тугоплавкими соединениями и высокоэнергетическими воздействиями..... 208
- Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Громыко Г. Ф., Оковитый В. А., Фомихина И. В., Буйкус К. В., Ильющенко Т. А., Козорез А. А.** Разработка научных основ и технологических принципов формирования износостойких порошковых покрытий, модифицируемых твердыми тугоплавкими соединениями и высокоэнергетическими воздействиями..... 216
- Оковитый В. А., Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Оковитый В. В., Соболевский С. Б.** Формирование многослойного теплозащитного покрытия..... 230
- Андреев М. А., Маркова Л. В., Суворов А. Н., Лисовская Ю. О., Алексеенко Н. А.** Особенности формирования комбинированного коррозионностойкого и износостойкого композиционного покрытия на основе хрома и ультрадисперсных алмазов..... 234

ХРОНИКА. ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. ЮБИЛЕИ

- 14-я Международная специализированная выставка «Сварка и Резка»..... 243
- 11-я Международная научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия» (г. Минск, 28–30 мая 2014 г.)..... 245
- 5-й Международный симпозиум «Пористые проницаемые материалы: технологии изделия на их основе»..... 249
- Ласковневу Александру Петровичу – 65 лет..... 253
- Чижику Сергею Антоновичу – 55 лет..... 254
- Скороходу Валерию Владимировичу – 80 лет..... 255
- Богинскому Леониду Стефановичу – 75 лет..... 256
- Кулаку Анатолию Иосифовичу – 60 лет..... 257
- 15-я Международная специализированная выставка «Порошковая металлургия – 2015» (г. Минск, 7–10 апреля 2015 г.)..... 258

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

STATE RESEARCH AND PRODUCTION
POWDER METALLURGY ASSOCIATION

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION «POWDER METALLURGY INSTITUTE»

POWDER METALLURGY

REPUBLICAN INTERDEPARTMENTAL COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

Founded in 1977. Annual edition

Issue 37

CONTENTS

THEORETICAL AND TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF OBTAINING, PROCESSING AND APPLICATION OF POWDER AND COMPOSITE MATERIALS

Ilyushchenko A. Ph., Baray S. G., Nasonova N. V. Scientific approaches to create microwave absorbing materials for work at high temperatures.....	6
Bogdanovich P. T., Komorniy A. A. explosion means of axisymmetric charge of condensed explosive charge along symmetry axis.....	14
Mironov V. A., Stankevich P. I., Stankevich V. O. Analysis of production and application of iron powders (2003–2013) and certain prospects.....	17
Osipov V. A., Mironovich G. A., Lashuk A. M. Use of sludge waste of VK hard alloy to increase wear resistance of protective pin elements from powder low-alloy steel.....	24
Nasakina Y. O., Sevostyanov M. A., Kolmakov A. G., Zabolotniy V. T., Solntsev K. A. Nanostructured composite wire from TiNi alloy for medical technical items.....	29
Ilyushchenko A. Ph., Kusun R. A., Chernyak I. N., Zhegzdrin D. I., Dechko M. M., Manoylo Y. D., Radchenko A. A., Ignatovich Z. V. Investigation of the process of obtaining powders based on aluminum by spraying melt jets with gas stream.....	34
Sudnik L. V., Churik M. N., Kazanevskaya I. N. Modifiers for secondary cast aluminum alloys.....	39
Mikutskiy V. A., Smorygo O. L., Ilyushchenko A. Ph., Stathopoulos V., Trusca I., Trusca O. D. Obtaining of composite metal-ceramic powders by chemical reduction of nickel and cobalt.....	44

NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES

Bolotova L. K., Kalashnikov I. E., Kobeleva L. I., Kolmakov A. G., Kovalevskiy V. V., Vityaz P. A., Senyut V. T., Heifets M. L. Alloy crystallization synthesis of composite materials with nanostructured additives.....	56
--	----

Sidskiy V. V., Semchenko A. V., Tyulenkova O. I., Sudnik L. V. Investigation of structural and magnetic properties of nanosize composite ceramic powders produced by sol-gel method.....	59
Checan N. M., Ovchinnikov E. V., Akula I. P., Eisymont E. I., Prushak A. S., Pavlovskiy A. E. Tribotechnical nanocomposite plasmachemical coatings for metal working tools	64
Senyut V. T., Markova L. V., Gamzeleva T. V. Carbon nanocomposites on the basis of sintered under pressure modified nanodiamonds.....	70
Piatsiushuk Ya. Ya., Klevchenya D. I., Yeutukhova T. Ya., Pinchuk T. I., Romanenkov V. Ya. Bimodal nanostructured ceramics based on AlOOH.....	79
Gulay A. V., Shevchenok A. A., Urbanovich V. S., Gulay V. A., Chumakov A. N., Chekan P. V., Telesh Y. V., Luchenok A. R. Obtaining sensor MIS-nanosystems while spraying ceramic targets from aluminum nitride.....	85

CERAMIC AND SUPERHARD MATERIALS

Antipov V. I., Baranov Y. Y., Galakhov A. V., Vinogradov L. V., Kolmakov A. G., Prosvirnin D. V., Klimentenko S. A., Ilyushchenko A. Ph., Heifets M. L. Liquid phase synthesis of aluminum oxynitride powder using organic compounds.....	89
Ilyushchenko A. Ph., Osipov V. A., Zvonarev Y. V., Vitko Zh. A., Chernyak I. N. Obtaining of porous skeleton for subsequent siliconizing from powders of silicon carbide, boron or mixes thereof.....	93
Shevchenok A. A., Zhuk Y. V., Kashaed Y. A., Stepkin M. O., Nevar Y. A., Nedelko M. I., Tarasenko N. V. Microstructure and luminescent properties of ceramics based on zinc oxide obtained from powders with different dispersity.....	102

POROUS POWDER MATERIALS AND PRODUCTS THEREOF

Savich V. V., Taraykovich A. M., Bedenko S. A., Shelukhina A. I., Kuznechik O. O. Porous materials from a mixture of titanium powders with different particle shapes: abnormal permeability.....	107
Kaptsevich V. M., Korneyeva V. K., Zakrviskiy I. V., Chugayev P. S. Permeable materials from steel fibers produced from waste.....	114
Ilyushchenko A. Ph., Kaptsevich V. M., Korneeva V. K. Permeable materials from copper cable waste. Message 3. Interrelation of structural and hydrodynamic properties of permeable materials from copper fibrous waste obtained by dry isostatic pressing.....	121
Sheleg V. A., Bohan S. G., Aleksandrov V. M. Preparation by cutting of the microrelief of the surface of compact emulsion carriers for reception of is compact-porous materials.....	127
Mironov V. A., Boyko I. Y., Zemchenkov V. D. Screens made of perforated metal materials and their possible applications for the protection against low frequency electromagnetic fields.....	133
Azarova T. A., Branitskiy G. A., Azarov S. M., Piatsiushyk Y. Y. Assessment of possible improvement of service characteristics of porous materials by processes of chemical modification.....	140
Aleksandrov V. M., Lobachev V. A., Drozdov A. V., Popok N. N., Hmelnitskiy R. S. Devices on the basis of powdered porous materials for system of the boiler-water conditioning of various productivity.....	145
Pilinevich L. P. Porous material for photocatalytic water purification.....	149
Leonov A. N. Problems of filtering: membrane filters, depth filters, combined filters.....	155

PHYSICOCHEMICAL INVESTIGATION OF MATERIALS

Vityaz P. A., Letsko A. I., Talako T. L., Parnitskiy N. M. Effect of structural condition on chrome oxidation resistance of the composite powders based iron aluminide reinforced Al ₂ O ₃ inclusions.....	167
Gorokhov V. M., Tarusov I. N., Effect of porosity on green strength of powder blanks.....	173
Savich V. V., Shelukhina A. I., Makarenko M. V. Influence of plastic particle deformation of spongy titanium powder at the sample surface of porous materials on the peculiarities of serum	

albumin interacting with it.....	182
----------------------------------	-----

FUNCTIONAL COATINGS AND MATERIAL COMPOUNDS

Andreyev M. A., Markova L. V., Koleda V. V., Gamzeleva T. V. Influence of the additives of materials with carbon components on the structure of ion-beam hard-lubricant coatings.....	188
Vityaz P. A., Letsko A. I., Talako T. L., Lugovskiy S. N., Parnitskiy N. M. Investigation of the structure and properties of coating from SHS-powder FeAl(Cr)/ Al ₂ O ₃ obtained by laser cladding	193
Gromyko G. F., Ilyushchenko A. Ph., Shevtsov A. I., Okovitiy V. V. Development of the system of equations to determine the temperature and voltages in the formation of thermal barrier coatings based on zirconia stabilized with rare earth metal oxides.....	198
Ilyushchenko A. Ph., Shevtsov A. I., Astashinsky V. M., Kuzmitski A. M., Gromyko G. F., Okovitiy V. A., Markova L. V., Letsko A.I., Kozorez A. S. Research of tribotechnical properties of the powder coatings modified by solid high-melting compounds and high-energy influences.....	208
Ilyushchenko A. Ph., Shevtsov A. I., Gromyko G. F., Okovitiy V. A., Fomikhina I. V., Buykus K. V., Ilyushchenko T. A., Kozorez A. A. Development of scientific bases and technological principles formation of wear-resistance powder coatings modified by solid high-melting compounds and high-energy influences.....	216
Okovitiy V. A., Ilyushchenko A. Ph., Shevtsov A. I., Okovitiy V. V., Sobolevskiy S. B. Formation of multilayer thermal barrier coating.....	230
Andreyev M. A., Markova L. V., Suvorov A. N., Lisovskaya Yu. O., Alekseyenko N. A. Features of formation of combined corrosion resistant and wear resistant composite coating based on chromium and ultrafine diamond.....	234

CHRONICLE. EXHIBITIONS. CONFERENCES. ANNIVERSARIES

14th International specialized exhibition «Welding and Cutting».....	243
11th International scientific conference «New materials and technologies: powder metallurgy, composite materials and protective coatings» (Minsk, May, 28–30, 2015).....	245
15th International symposium «Porous permeable materials: technologies and products on their basis».....	249
Laskovnev Aleksandr Petrovich – 65 years.....	253
Chizhik Sergey Antonovich – 55 years.....	254
Skorokhod Valeriy Vladimirovich – 80 years.....	255
Boginskiy Leonid Stefanovich – 75 years.....	256
Kulak Anatoliy Iosifivich – 60 years.....	257
15th International specialized exhibition «Powder metallurgy – 2015» (Minsk, April, 7–10, 2015).....	258

**НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ СВЧ
ДИАПАЗОНА ДЛЯ РАБОТЫ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

А.Ф.Ильющенко¹, С.Г.Барай¹, Н.В.Насонова²

¹*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, Минск, Беларусь,
e-mail: baraysg@yahoo.com*

²*Белорусский государственный институт информатики и радиоэлектроники,
ул. П.Бровки, 6, 220013, Минск, Беларусь, e-mail: nasonovaN@bsuir.by*

Поступила 02. 07. 2014 г.

Рассмотрены основные принципы создания радиопоглощающих материалов СВЧ диапазона для работы при температурах до 1000 °С и выше. Представлены характеристики материалов, которые могут быть использованы в качестве керамической высокотемпературной матрицы, содержащей частицы с проводящими (металлы) или диэлектрическими (их соединения) потерями в микроволновом диапазоне частот.

**SCIENTIFIC APPROACHES TO CREATE MICROWAVE
ABSORBING MATERIALS FOR WORK AT HIGH TEMPERATURES**

A. Ph. Ilyushchenko¹, S. G. Barai¹, N. V. Nasonova²

¹*Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

²*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus*

The basic principles of microwave absorbing materials creation for operation at temperatures up to 1000 °C and above are observed. The characteristics of materials that can be used as high temperature ceramic matrix containing particles with conductive (metal) or dielectric (ceramic composition) losses in the microwave frequency range are submitted.

**СПЕЦИАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ВЗРЫВАНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ЗАРЯДА
КОНДЕНСИРОВАННОГО ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ИНИЦИИРОВАНИЕ ЗАРЯДА ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА
ПО ОСИ СИММЕТРИИ**

П. Т. Богданович, А. А. Коморный

*ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством»,
ул. Платонова, 12б, 220005, г. Минск, Беларусь, e-mail: lab414@mail.ru*

Поступила 22. 07. 2014 г.

В работе предложен способ взрывания осесимметричного заряда конденсированного взрывчатого вещества, обеспечивающий инициирование заряда ВВ по оси симметрии, при помощи электрического взрыва проводника. Проведены предварительные испытания различных протяженных проводников по инициированию заряда флегматизированного ТЭНа и испытания по определению одновременности инициирования основного заряда ВВ.

**SPECIAL EXPLOSION MEANS OF AXISYMMETRIC CHARGE OF CONDENSED EXPLOSIVE,
PROVIDING INITIATION OF AN EXPLOSIVE CHARGE ALONG SYMMETRY AXIS**

P. T. Bogdanovich, A. A. Komorniy

TOU «Research Institute of Pulse Processes with Pilot Plant», Minsk, Belarus

A means of explosion of axisymmetric charge of condensed explosive providing initiation of an explosive charge along symmetry axis and using electric explosion of wire is shown in this paper. Preliminary tests of various extended conductors on initiating the charge of phlegmatized PETN and tests to determine the simultaneousness of initiating primary explosive charge have been carried out.

**АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОРОШКОВ (2003-2013)
И НЕКОТОРЫЕ ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ**

В. А. Миронов, П. И. Станкевич, В. О. Станкевич

*Рижский Технический Университет, Лаборатория порошковых материалов,
Азенес 16/20, LV-1048, Рига, Латвия*

Поступила 14. 10. 2014 г.

Анализируется развитие порошковой металлургии на постсоветском пространстве в период 2003–2013г. Особое внимание уделяется производству и применению железных и стальных порошков (ЖСП) в Российской Федерации и других стран СНГ. Общий объем собственного производства железных порошков в России сокращается, а доля импортного порошка из Швеции растет и достигает сегодня более 50%. Ежегодное потребление ЖСП оценивается в 12-14 тыс. тонн. Основные потребители - заводы, изготавливающие детали и узлы для автомобильной промышленности. В статье даны некоторые сведения об основных производителях порошковых деталей. Показаны некоторые новые направления возможного применения ЖСП.

**ANALYSIS OF PRODUCTION AND APPLICATION OF IRON POWDERS (2003-2013) AND
CERTAIN PROSPECTS**

V. A. Mironov, P. I. Stankevich, V. O. Stankevich

*Riga Technical University, Laboratory of powder materials,
Azenes 16/20, LV-1048, Riga, Latvia*

The development of powder metallurgy in the former Soviet Union during the period of 2003-2013 has been analyzed. Particular attention is given to the production and application of iron and steel powders (ISP) in the Russian Federation and other CIS countries. The total amount of domestic production of iron powders in Russia is being reduced, and the share of imported powder from Sweden increases and today achieves more than 50%. Annual ISP consumption is estimated at 12-14 thousand tons. The main consumers are factories that manufacture parts and components for automotive industry. The paper provides some information on the main manufacturers of powder parts. Some of the new areas of possible ISP application are shown.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО СПЛАВА VK
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТИФТОВ
ИЗ ПОРОШКОВОЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ**

В. А. Осипов, Г. А. Миронович, А. М. Лашук

Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 27. 08. 2014 г.

Проведены исследования по получению гранул из шламовых отходов твердых сплавов. Изучены свойства композиционного материала на основе железного порошка Distaloy AE и шламовых отходов твердых сплавов для изготовления износостойких штифтов для футеровки узлов и механизмов дробильно-измельчительного оборудования.

**USE OF SLUDGE WASTE OF VK HARD ALLOYS TO INCREASE WEAR RESISTANCE OF
PROTECTIVE PIN ELEMENTS FROM POWDER LOW-ALLOY STEEL**

V. A. Osipov, G. A. Mironovich, A. M. Lashuk

Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

The investigations on obtaining granules from sludge waste of hard alloys have been carried out. The properties of composite material based on iron powder Distaloy AE and sludge waste of VK hard alloys have been studied for the production of wear-resistant pins for fettling nodes and mechanisms of crushing and grinding equipment.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННАЯ КОМПОЗИЦИОННАЯ ПРОВОЛОКА ИЗ СПЛАВА TiNi ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Е. О. Насакина, М. А. Севостьянов, А. Г. Колмаков, В. Т. Заболотный, К. А. Солнцев

*Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, Москва, Россия,
e-mail: nasakina@mail.ru*

Поступила 29. 09. 2014 г.

Были исследованы свойства наноструктурного нитинола (55,91 масс. % Ni – 44,03 масс. % Ti) в исходном состоянии, после механической поверхностной и термической обработки и композита на его основе «нитинол с танталовым поверхностным слоем», полученным методом магнетронного напыления. Механическая полировка поверхности позволяет увеличить коррозионную стойкость наноструктурного нитинола в растворах, моделирующих физиологические среды человеческого тела, и уменьшить выход ионов никеля в 2-3 раза. Композиционный материал «нитинол с танталовым поверхностным слоем» в сравнении с нитинолом отличается улучшенными на 7-11 % показателями прочности, пластичности, поверхностной микротвердости и отсутствием коррозионного процесса и выхода металлических ионов.

NANOSTRUCTURED COMPOSITE WIRE FROM TiNi ALLOY FOR MEDICAL TECHNICAL ITEMS

Y. O. Nasakina, M. A. Sevostyanov, A. G. Kolmakov, V. T. Zabolotniy, K. A. Solntsev

Baykov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences

Properties of nanostructural nitinol (55,91 weight % Ni – 44,03 weight % Ti), in an initial condition, after mechanical and thermal processing and of composite «nitinol with a tantalum surface layer», received by a method of a magnetron sputtering, was investigated. Mechanical polishing of a surface allows to increase its corrosion stability of nanostructural nitinol in solutions modeling physiological environments of a human body and decrease an exit of nickel ions in solutions in 2–3 times. The composite material « nitinol with a tantalum surface layer » in comparison with the nitinol differs on ~7–11% better indicators of strength, plasticity and surface microhardness and of absence of corrosion processes and exit in solution of ions of metals.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ СТРУИ РАСПЛАВА ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ

А. Ф. Ильющенко^{1,2}, Р. А. Кусин³, И. Н. Черняк², Д. И. Жегздринь², М. М. Дечко³,
Е. Д. Манойло⁴, А. А. Радченко⁴, З. В. Игнатович⁴

¹ Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии,
ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь

² Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail: nil23niipm@tut.by

³ Белорусский государственный аграрный технический университет, пр. Независимости, 99, 220023,
г. Минск, Беларусь

⁴ Институт сварки и защитных покрытий, ул. Платонова, 126, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 08.09.2014 г.

Приведены результаты исследования процесса получения распыленных порошков алюминия. Рассмотрены возможности применения полученных порошков для упрочнения новых и восстановления изношенных поверхностей методом нанесения газопламенного покрытия, приготовления термитной смеси и изготовления проницаемых материалов.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF OBTAINING POWDERS BASED ON ALUMINUM BY SPRAYING MELT JETS WITH GAS STREAM

¹ State Research and Production Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus

² Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus, e-mail: nil23niipm@tut.by

³ Belarusian State University of Agricultural Technology, Minsk, Belarus,

⁴ Separate self-supporting unit «Institute of Welding and Protective Coatings», Minsk, Belarus

The results of the research of production process of sputtered aluminum powders have been shown. The possible uses of the resulting powders for reinforcing new surfaces and restoration of worn ones by the application of gas flame coating, preparation of thermite mixture and manufacturing of permeable materials have been investigated.

**МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ ВТОРИЧНЫХ ЛИТЕЙНЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Л. В. Судник, М. Н. Чурик, И. Н. Казаневская

*ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством», ул.
Платонова, 12 б, 220005, г. Минск, Беларусь*

Поступила 20.06.2014 г.

Исследовано влияние мелкодисперсные модифицирующих порошковых добавок на структуру и физико-механические свойства вторичных литейных алюминиевых сплавов.

MODIFIERS FOR SECONDARY CAST ALUMINUM ALLOYS

L. V. Sudnik, M. N. Churik, I. N. Kazanevskaya

TOU «Research Institute of Pulse Processes with Pilot Plant», Minsk, Belarus

The influence of finely dispersed powder modifying additives on structure and physical and mechanical properties of secondary cast aluminum alloys has been investigated.

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ
ПОРОШКОВ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ
НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА**

**В. А. Микуцкий¹, О. Л. Смoryго¹, А. Ф. Ильющенко¹, V. Stathopoulos²,
I. Trusca³, O. D. Trusca³**

¹ «Институт порошковой металлургии», ул. Платонова 41, 220005, Минск, Беларусь

² «Technological Educational Institute of Sterea Ellada», 34400 Psahna Evias, Greece

³ «Plasma Jet s.r.l.», Atomistilor, 410E, Magurele-Ilfov, 077125, Romania

В работе изучены процессы получения композиционных плакированных порошков путём металлизации (химического никелирования и кобальтирования) керамических порошков на основе оксида циркония (Metco 204 NS и Metco 205 NS). Изучена микроструктура и свойства полученных плакированных порошков. Для оценки соотношения долей компонентов использовалась сферическая модель плакированной частицы. Разработанные композиционные порошки предложено применять в качестве материалов для формирования дополнительного промежуточного подслоя термобарьерных покрытий плазменным напылением.

**MANUFACTURE OF METAL- CERAMIC CLAD POWDERS USING ELECTROLESS
DEPOSITION NICKEL AND COBALT**

**V. A. Mikutski¹, O. L. Smorygo¹, A. Ph. Pyushchenko¹
V. Stathopoulos², I. Trusca³, O. D. Trusca³**

¹ Powder Metallurgy Institute, 41, Platonov, Minsk 220005, Belarus

² «Technological Educational Institute of Sterea Ellada», 34400 Psahna Evias, Greece

³ «Plasma Jet s.r.l.», Atomistilor, 410E, Magurele-Ilfov, 077125, Romania

In this paper, a viable method to manufacture composite metal-ceramic clad powders with ceramic core (YSZ) and metal coating (Ni or Co) is reported. The potential of such powders is to be used in creating an intermediate layer between bond coat and top coat in TBC. Homogeneous nickel and cobalt coatings were formed on the ceramic particles. The metal content in the composite powders with clad structure attained in this research was up to 32%. The metal coating thickness can be controlled by the process duration and the metal salt/powder ratio. A simple spherical model was applied to estimate relationships between the coating thickness, initial ceramic particle size and metal content in the final powder. It was demonstrated that the manufactured powders are suitable for the deposition of an intermediate layer among topcoat and bond coat using APS and open market thermal spray powders.

СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ СПЛАВОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНОСТРУКТУРНЫМИ ДОБАВКАМИ*

Л. К. Болотова¹, И. Е. Калашников¹, Л. И. Кобелева¹, А. Г. Колмаков¹, В. В. Ковалевский²,
П. А. Витязь³, В. Т. Сеньют³, М. Л. Хейфец³

¹Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова Российской академии наук,
пр. Ленинский, 49, 119991, г. Москва, Россия, e-mail: imet@imet.ac.ru

²Институт геологии Российской академии наук, ул. Пушкинская, 11, 185610, г. Петрозаводск, Россия

³Президиум НАН Беларуси пр. Независимости, 66, 220072, г. Минск, Беларусь,
e-mail: kheifetz@presidium.bas-net.by

Поступила 21. 08. 2014 г.

Рассмотрено в сопоставимых термодинамических условиях формирование в режиме задира структур поверхности трения для композиционных материалов с добавками. Добавление SiC способствует фрагментации и повышению частоты процессов схватывания и разрыва. Добавление графита к армированному SiC композиционному материалу приводит к увеличению степени неравновесности термодинамических условий формирования структур.

ALLOY CRYSTALLIZATION SYNTHESIS OF COMPOSITE MATERIALS WITH NANOSTRUCTURED ADDITIVES

L. K. Bolotova¹, I. Y. Kalashnikov¹, L. I. Kobeleva¹, A. G. Kolmakov¹, V. V. Kovalevskiy²,
P. A. Vityaz³, V. T. Senyut³, M. L. Heifets³

¹Institute of Metallurgy and Materials Science named after A. A. Baykov of Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

²Institute of Geology of Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

³Presidium of NAS of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kheifetz@presidium.bas-net.by

Formation by tearing of friction surface structures for composite materials with additives is described in comparable thermodynamic conditions. Adding SiC in comparison promotes to a lesser extent fragmentation and increase in frequency of setting and breaking processes. Adding graphite to reinforced SiC composite material results in increase in nonequilibrium of thermodynamic condition of structure formation.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ
НАНОРАЗМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ**

В. В. Сидский¹, А. В. Семченко¹, О. И. Тюленкова¹, Л. В. Судник²

¹Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины, ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель,
Беларусь, e-mail: semchenko@gsu.by

²ОХП Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством,
ул. Платонова, 12б, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 10. 07. 2014 г.

В работе предложены методы золь-гель синтеза композитов $\text{SiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4;\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Проведено исследование влияния температуры и легирующей добавки на структурные и магнитные свойства композитов, содержащих оксиды металлов.

**INVESTIGATION OF STRUCTURAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF NANOSIZE
COMPOSITE CERAMIC POWDERS PRODUCED BY SOL-GEL METHOD**

V. V. Sidskiy¹, A. V. Semchenko¹, O. I. Tyulenkova¹, L. V. Sudnik²

¹Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

²TOU Research Institute of Pulse Processes with Pilot Plant, Minsk, Belarus

The paper presents methods of sol-gel synthesis of $\text{SiO}_2\text{-Fe}_3\text{O}_4;\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ composites. Investigation of the effect of temperature and alloying additives on the structural and magnetic properties of composites containing metal oxides has been carried out.

**ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫЕ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЕ
ПОКРЫТИЯ ДЛЯ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

**Н. М. Чекан¹, Е. В. Овчинников², И. П. Акула¹, Е. И. Эйсымонт³, А. С. Прушак³,
А. Ю. Павловский³**

¹Физико-технический институт, ул. акад. Купревича, 10, 220141, г. Минск, Беларусь,
e-mail: pec@bas-net.by

²Белгородский национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, 308015,
г. Белгород, Россия, e-mail: ovchin_1967@mail.ru

³Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, ул. Ожешко, 22, 230023,
г. Гродно, Беларусь, e-mail: gffh@mail.ru

Поступила 25. 07. 2014 г.

Рассмотрены и физико-механические характеристики многослойных композиционных покрытий на базе нитридов титана и алюминия при различных условиях формирования покрытия. В результате исследований установлен характер взаимного влияния слоев на распределение активных центров и энергию межфазного взаимодействия. Рассмотрены вопросы формирования нанофазных «sandwich»-покрытий. Исследованы триботехнические характеристики вакуумно-плазменных покрытий на базе соединений Al-Ti-N-Si.

**TRIBOTECHNICAL NANOCOMPOSITE PLASMACHEMICAL COATINGS
FOR METAL WORKING TOOLS**

N. M. Chekan¹, E. V. Ovchinnikov², I. P. Akula¹, E. I. Eisyont³, A. S. Prushak³, A. Y. Pavlovskiy³

Physico-Technical Institute, Minsk, Belarus

Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Grodno State University named after Yanka Kupala, Grodno, Belarus

Physical and mechanical characteristics of multilayer composite coatings based on nitrides of titanium and aluminum in various conditions of coating formation have been considered. The studies established the nature of layers' mutual influence on the distribution of active centers of the interfacial interaction energy. The problems of forming nanophase «sandwich»-coatings have been considered. Tribological characteristics of vacuum-plasma coatings based on Al-Ti-N-Si compounds have been studied.

**УГЛЕРОДНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ СПЕЧЕННЫХ
ПОД ДАВЛЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОАЛМАЗОВ**

В. Т. Сенють¹, Л. В. Маркова², Т. В. Гамзелева²

¹*Объединенный институт машиностроения, ул. Академическая, 12, 220072 г. Минск, Беларусь,
e-mail: vsenyut@tut.by*

²*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005 г. Минск, Беларусь,
e-mail: iscentr@tut.by*

Поступила 16. 06. 2014 г.

В статье изучено влияние условий модифицирующего отжига и технологических режимов спекания под давлением на структуру, морфологию и фазовый состав углеродных композитов на основе нанодIAMAZOB детонационного синтеза и алмазосодержащей шихты с размерами алмазных частиц 4-10 нм. Показано, что отжиг алмазосодержащей шихты в восстановительной и углеводородной атмосфере способствует повышению механической прочности спекенного под давлением материала. Установлено, что основной кристаллической фазой в образцах на основе очищенных нанодIAMAZOB после их вакуумного отжига, термообработки в углеводородной атмосфере и спекания под давлением является алмаз.

**CARBON NANOCOMPOSITES ON THE BASIS OF SINTERED UNDER
PRESSURE MODIFIED NANODIAMONDS**

V. T. Senyut¹, L. V. Markova², T. V. Gamzeleva²

¹*The Joint Institute of Mechanical Engineering, Minsk, Belarus*

²*Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

In the article the influence of the conditions of modifying annealing and technological modes of sintering under pressure on the structure, morphology and phase composition of carbon composites on the basis of detonation nanodiamonds and diamond blend with the sizes of diamond particles of 4-10 nm is studied. It is shown that annealing of diamond blend in the reducing and hydrocarbon atmosphere contributes to increase the mechanical strength of the sintered material. It is established that the main crystalline phase in the samples on the basis of purified nanodiamonds after their vacuum annealing, thermal treatment in hydrocarbon atmosphere and sintering under pressure is the diamond phase.

БИМОДАЛЬНАЯ НАНОСТРУКТУРНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ АІООН

Е.Е.Петюшик¹, Д.И. Клевченя², Т.Е.Евтухова², Т.И.Пинчук¹, В.Е.Романенков²

¹ Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии,
ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь e-mail: pet65@bk.ru

² Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск,
Беларусь, e-mail: rom52@mail.ru

Поступила 15.10.2014 г.

Исследовано влияние растворов химических соединений различного состава на процесс формирования наночастиц бемита при гидратационном твердении пигментной алюминиевой пудры. Показано, что обеспечить управляемый рост наночастиц различной морфологии и комплекс адсорбционно-структурных свойств наноструктурного пористого материала возможно за счет применения жидких темплатов.

BIMODAL NANOSTRUCTURED CERAMICS BASED ON AIOOH

Y. Y. Piatsiushyk¹, D. I. Klevchenya², T. Y. Yeutukhova², T. I. Pinchuk¹, V. Y. Romanenkov²

¹ State Scientific and Production Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus

e-mail: pet65@bk.ru

² Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

e-mail: rom52@mail.ru

The effect of solutions of chemical compounds with different composition on the formation process of boehmite nanoparticles at hydration hardening of pigment aluminum powder has been investigated. It has been shown that it is possible to provide managed growth of nanoparticles with different morphology and a complex of adsorption-structural properties of porous nanostructured material through the use of liquid templates.

ПОЛУЧЕНИЕ СЕНСОРНЫХ МДП-НАНОСИСТЕМ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ ИЗ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

А. В. Гулай¹, А. А. Шевченко^{1,2}, В. С. Урбанович³, В. А. Гулай¹,
А. Н. Чумаков⁴, П. В. Чекан⁵, Е. В. Телеш⁵, А. Р. Лученок⁶

¹Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь

²Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь

³НПЦ по материаловедению НАН Беларуси, ул. П. Бровки, 19, 220072, г. Минск, Беларусь

⁴Институт физики им. Б. И. Степанова, пр. Независимости, 68, 220072, г. Минск, Беларусь

⁵Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь

⁶ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов» с ОП,
ул. Платонова, 12б, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 15. 09. 2014 г.

Использование высоких давлений (4 ГПа) для спекания нитрида алюминия, а также методов статического импульсного прессования порошков позволило получить высокоплотные керамические мишени с мелкозернистой структурой для напыления тонких пленок. Методом лазерной абляции получены бесцветные нанокристаллические тонкие пленки AlN на лейкосапфире с высокой прозрачностью в видимой и инфракрасной областях спектра. Путем ионно-лучевого распыления мишеней сформированы тонкие пленки нитрида алюминия на подложках кремния и арсенида галлия. Исследованы вольт-амперные характеристики сенсорных МДП-наноструктур на основе AlN.

OBTAINING SENSOR MIS-NANOSYSTEMS WHILE SPRAYING CERAMIC TARGETS FROM ALUMINUM NITRIDE

A. V. Gulay¹, A. A. Shevchenok^{1,2}, V. S. Urbanovich³, V. A. Gulay¹, Chumakov A. N.⁴,
P. V. Chekan⁵, Y. V. Telezh⁵, A. R. Luchenok⁶

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

³SPC of Material Science of NAS of Belarus, Minsk, Belarus

⁴Institute of Physics named after B. I. Stepanov, Minsk, Belarus

⁵Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics, Minsk, Belarus

⁶TOU SRI of PP with PP, Minsk, Belarus

The use of high pressures (4 GPa) for the sintering of aluminum nitride, as well as the methods of static pulse pressing of powders, made it possible to obtain high-density ceramic targets with fine-grained structure for deposition of thin films. Colorless AlN nanocrystalline thin films on leucosapphire with high transparency in visible and infrared spectral regions have been produced by laser ablation. Aluminum nitride thin films on silicon and gallium arsenide substrates have been formed by ion-beam sputtering of targets. The current-voltage characteristics of sensor MIS-nanostructures based on AlN have been investigated.

ЖИДКОФАЗНЫЙ СИНТЕЗ ПОРОШКА ОКСИНИТРИДА АЛЮМИНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

**В. И. Антипов¹, Е. Е. Баранов¹, А. В. Галахов¹, Л. В. Виноградов¹, А. Г. Колмаков¹,
Д. В. Просвирнин¹, С. А. Клименко², А. Ф. Ильющенко³, М. Л. Хейфец⁴**

¹ИМЕТ им. А. А. Байкова, пр-т Ленинский, 49, 119334, г. Москва, Россия, e-mail: imet@imet.ac.ru

²Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, ул. Автозаводская, 2, 04074,
г. Киев, Украина, e-mail:alcon@ism.kiev.ua

³Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии,
ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь

⁴ГНПО «Центр», ул. Шаранговича, 19, 220018, г. Минск, Беларусь,
e-mail: kheifetz@presidium.bas-net.by

Поступила 06.10.2014 г.

Рассмотрены способы получения оксинитридной керамики из предварительно синтезированных порошков оксинитрида алюминия с оптимальными характеристиками. Определены возможность и целесообразность реализации процесса жидкофазного синтеза порошков оксинитрида алюминия с использованием органических соединений. Спекание порошков проводилось в температурном интервале 1500–1600 °С. Достигнуты результаты по максимальной плотности материала в 99,2%.

LIQUID PHASE SYNTHESIS OF ALUMINUM OXYNITRIDE POWDER USING ORGANIC COMPOUNDS

**V. I. Antipov¹, Y. Y. Baranov¹, A. V. Galakhov¹, L. V. Vinogradov¹, A. G. Kolmakov¹,
D. V. Prosvirnin¹, S. A. Klimenko², A. Ph. Ilyushchenko³, M. L. Heifets⁴**

¹Baykov Institute of Metallurgy and Materials Science RAS, Moscow, Russia

²Bakul Institute of Superhard Materials National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine,
e-mail:alcon@ism.kiev.ua

³SRP Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus

⁴National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: kheifetz@presidium.bas-net.by

The methods of obtaining oxynitride ceramics from pre-synthesized powders of aluminum oxynitride with optimum characteristics have been examined. The possibility and feasibility of implementing the process of liquid-phase synthesis of aluminum oxynitride powders using organic compounds have been determined. Sinterability of the resulting powders was conducted in the temperature range 1500-1600°C. The results by the maximum density of the material in 99.2% have been achieved.

**ПОЛУЧЕНИЕ ИЗ ПОРОШКОВ КАРБИДОВ КРЕМНИЯ,
БОРА И ИХ СМЕСЕЙ ПОРИСТЫХ КАРКАСОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО
СИЛИЦИРОВАНИЯ**

А. Ф. Ильющенко, В. А. Осипов, Е. В. Звонарев, Ж. А. Витко, И. Н. Черняк

*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail : alexil@mail.belpak.by*

Поступил 29. 07. 2014 г.

Рассмотрены вопросы влияния состава шихт на основе порошков карбидов кремния, бора и их смесей, давления прессования и температуры обжига, плотность, параметры поровой структуры (общая пористость, максимальный и средний размер пор), микроструктуру изломов и элементный состав, а также прочность на сжатие полученных прессовок, используемых для последующего силицирования.

**OBTAINING OF POROUS SKELETON FOR SUBSEQUENT SILICONIZING FROM
POWDERS OF SILICON CARBIDE, BORON OR MIXES THEREOF**

A. Ph. Ilyushchenko, V. A. Osipov, E. V. Zvonaryov, Zh. A. Vitko, I. N. Chernyak

Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

The paper considers the issues of the influence of batch compositions based on silicon carbide and boron powders and mixtures thereof; the issues of compaction pressure and firing temperature, density, pore structure parameters (total porosity, maximum and average pore size), fracture microstructure and elemental composition, as well as compressive strength of the compacts obtained that are used for the subsequent siliconizing, have been also considered.

**МИКРОСТРУКТУРА И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ
НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦИНКА, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ ПОРОШКОВ
РАЗЛИЧНОЙ ДИСПЕРСНОСТИ**

**А. А. Шевченко¹, Е. В. Жук¹, Е. А. Кашаед¹, М. О. Степкин¹, Е. А. Невар²,
М. И. Неделько², Н. В. Тарасенко²**

¹ *Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь*

² *Институт физики им. Б. И. Степанова, пр. Независимости, 68, 220072, г. Минск, Беларусь*

Поступила 03. 10. 2014 г.

Методом электрического разряда в воде сформированы наноразмерные структуры оксида цинка с добавками редкоземельных элементов. Проведено сравнение их характеристик с аналогичными параметрами субмикронных промышленных порошков. Исследованы микроструктура, фазовый состав порошков и люминесцентные свойства полученных из них экспериментальных образцов керамики на основе ZnO.

**MICROSTRUCTURE AND LUMINESCENT PROPERTIES OF CERAMICS BASED
ON ZINC OXIDE OBTAINED FROM POWDERS OF DIFFERENT DISPERSITY**

**A. A. Shevchenok¹, Y. V. Zhuk¹, Y. A. Kashayed¹, M. O. Stepkin¹, Y. A. Nevar²,
M. I. Nedelko², N. V. Tarasenko²**

¹ *Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

Institute of Physics named after B. I. Stepanov, Minsk, Belarus

Nanosize structures of zinc oxide with additives of rare earth elements have been formed by electric discharge in water. The comparison of their characteristics with similar parameters of submicron industrial powders has been made. Microstructure, phase composition of the powders and luminescent properties of the experimental samples of ceramics based on ZnO obtained therefrom have been investigated.

ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СМЕСИ ПОРОШКОВ ТИТАНА С РАЗНОЙ ФОРМОЙ ЧАСТИЦ: АНОМАЛЬНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ**В. В. Савич, А. М. Тарайкович, С. А. Беденко, А. И. Шелухина, О. О. Кузнечик***Институт порошковой металлургии, ул. Платонова 41, Беларусь, 220005, Минск, Беларусь,
e-mail: savich@pminstitute.by*

Исследованы образцы ППМ из губчатого порошка титана марки ТПП-5 и ТПП-8 с несферической формой частиц, к которым в качестве второго компонента добавлялись порошки титана марки VT1-0 со сферической формой частиц того же гранулометрического состава. Образцы получали традиционной технологией прессования стальными пуансонами, прессованием пуансонами с эластичной облицовкой из полиуретана, спеканием прессовок в вакууме и электроимпульсным спеканием подпрессованной засыпки порошка. Проведенные исследования показали, что введение в шихту на основе губчатого порошка титана марки ТПП сферического порошка титана марки VT1-0 в количестве до 70-80 масс.% позволяет повысить коэффициент проницаемости в 5-7 раз по сравнению с ППМ из порошка ТПП без добавок порошка VT1-0. При этом средние размеры пор образцов ППМ увеличиваются в 2 раза, а пористость уменьшается в 1,3-1,4 раза. Уменьшение процентного содержания сферических частиц порошка титана ниже 70 % не позволяет существенно повысить коэффициент проницаемости, а увеличение процентного содержания выше 80% не позволяет получить образцы необходимой прочности. Применение эластичной облицовки формирующего пуансона позволяет при равном давлении прессования повысить пористость и дополнительно коэффициент проницаемости образцов, причем этот эффект становится заметнее с ростом среднего размера частиц исходных порошков и более ярко проявляется на образцах ППМ из губчатого порошка титана. Методом электроимпульсного спекания впервые получены образцы ППМ из губчатого порошка титана, при этом они имеют большую проницаемость, чем у образцов, спрессованных стальным пуансоном и спеченных в вакууме, при сопоставимой механической прочности.

POROUS MATERIALS FROM A MIXTURE OF TITANIUM POWDERS WITH DIFFERENT PARTICLE SHAPE: ABNORMAL PERMEABILITY**V. V. Savich, A. M. Taraykovich, S. A. Bedenko, A. I. Shelukhina, O. O. Kuznechik***Powder Metallurgy Institute Minsk, Belarus, e-mail: savich@pminstitute.by*

PPM samples from spongy titanium powder TPP-5 and TPP-8 with nonspherical particle shape, to which titanium powders VT1-0 with spherical particle shape and the same particle size distribution were added as the second component, have been investigated. The samples were prepared by conventional technique of pressing with steel punches, pressing with punches with elastic polyurethane lining, sintering the compacts in vacuum and electropulse sintering of pre-pressed powder backfill. The studies have shown that the introduction of spherical titanium powder VT1-0 in an amount up to 70-80 wt.% into the charge based on TPP spongy titanium powder enhances the permeability coefficient by 5-7 times compared to PPM from TPP powder without adding the VT1-0 powder. In this case the average pore size of PPM samples increases by 2 times, and the porosity decreases by 1.3-1.4 times. Reducing the percentage content of titanium powder spherical particles below 70% prevents the substantial increase in the permeability coefficient, and an increase in the percentage content above 80% prevents obtaining samples of the required strength. The use of elastic lining of the forming punch can improve the porosity and further the permeability coefficient of the samples at equal compaction pressure. This effect becomes more noticeable with an increase in the average particle size of the starting powders and is even more pronounced in PPM samples from spongy titanium powder. PPM samples from spongy titanium powder have been first obtained by electropulse sintering; thus they have a greater permeability than the samples pressed with a steel punch and sintered in vacuum at a comparable mechanical strength.

**ПРОНИЦАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ СТАЛЬНЫХ ВОЛОКОН,
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ**

В. М. Капцевич, В. К. Корнеева, И. В. Закревский, П. С. Чугаев

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Беларусь, e-mail: lerakor1974@yandex.by*

Поступила 09. 09. 2014 г.

Установлены закономерности уплотнения стальных волокон, полученных из отходов. Исследованы структурные и гидродинамические свойства проницаемых материалов из стальных волокон. Изготовлены фильтрующие элементы из стальных волокон методом сухого изостатического прессования.

PERMEABLE MATERIALS FROM STEEL FIBERS PRODUCED FROM WASTE

V.M. Kaptevich, V.K. Korneyeva, I.V. Zakrevskiy, P.S. Chugayev

*Belarusian State Agrarian Technical University», Minsk, Belarus,
e-mail: lerakor1974@yandex.by*

The regularities of the compaction of steel fibers produced from waste have been identified. The structural and hydrodynamic properties of permeable materials from steel fibers have been investigated. Filter elements from steel fibers have been manufactured by dry isostatic pressing.

**ПРОНИЦАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ.
СООБЩЕНИЕ 3. ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕДНЫХ ВОЛОКНОВЫХ ОТХОДОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СУХОГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ**

А. Ф. Ильющенко¹, В. М. Капцевич², В. К. Корнеева²

¹Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии,
ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь, e-mail: alexil@belpak.minsk.by
Белорусский государственный аграрный технический университет, пр. Независимости, 99,
220023, г. Минск, Беларусь, e-mail: lerakor1974@yandex.by

Поступила 22. 09. 2014 г.

Исследованы структурные и гидродинамические свойства проницаемых материалов из медных волокновых отходов, полученных методом сухого изостатического прессования. Разработан технологический процесс изготовления длинномерных трубчатых фильтрующих элементов из медных волокновых отходов.

**PERMEABLE MATERIALS FROM COPPER CABLE WASTE.
MESSAGE 3. INTERRELATION OF STRUCTURAL AND HYDRODYNAMIC PROPERTIES OF
PERMEABLE MATERIALS FROM COPPER FIBROUS WASTE OBTAINED BY DRY ISOSTATIC
PRESSING**

A. Ph. Ilyushchenko¹, V. M. Kapitsevich², V. K. Korneyeva²

State Research and Production Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus,
e-mail: alexil@belpak.minsk.by
Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: lerakor1974@yandex.by

The structural and hydrodynamic properties of permeable materials from copper fibrous waste obtained by dry isostatic pressing have been investigated. The technological process of manufacturing lengthy tubular filter elements from copper fibrous waste has been developed.

ПОДГОТОВКА РЕЗАНИЕМ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ КОМПАКТНЫХ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПАКТНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. А. Шелег¹, С. Г. Бохан¹, В. М. Александров²

¹*Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, e-mail: sheleh-v@tut.by*

²*ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством», ул. Платонова, 12б, 220005, г. Минск, Беларусь, e-mail: impuls@bn.by.*

В статье приведены результаты анализа влияния геометрических характеристик рельефа поверхности компактной подложки для обеспечения требуемой прочности сцепления компактных и порошковых материалов при различных схемах механической обработки поверхностей подложек.

PREPARATION BY CUTTING OF THE MICRORELIEF OF THE SURFACE OF COMPACT EMULSION CARRIERS FOR RECEPTION OF IS COMPACT-POROUS MATERIALS

V. A. Sheleg¹, S. G. Bohan¹, V. M. Aleksandrov²

¹*Belarus national technical university, Minsk, Belarus, e-mail: sheleh-v@tut.by*

²*The isolated self-supporting structural division «Research institute of pulsing processes with pilot production», Minsk, Belarus, e-mail: impuls@bn.by*

In paper assay values of agency of geometrical characteristics of a landform of a surface of a compact emulsion carrier for maintenance of demanded cohesive resistance of compact and powdered materials are resulted at various circuit designs of machining of surfaces of emulsion carriers.

ЭКРАНЫ ИЗ ПЕРФОРИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В. А. Миронов¹, И. Ю. Бойко², В. Д. Земченков¹

¹*Рижский Технический Университет, Азенес 16/20, LV-1048, Рига, Латвия*

²*Рижский Технический Университет, институт технологии машиностроения,
Эзермалас бк, LV-1006, Рига, Латвия*

Поступила 23. 07. 2014 г.

В настоящей работе рассмотрена возможность применения перфорированных металлических материалов для изготовления экранов для защиты от воздействия магнитных и электромагнитных полей. Предложено экраны изготавливать из перфорированной стальной ленты при помощи сварки (для однослойных конструкций) и методом плетения (для двухслойных конструкций). При исследованиях для создания направленных магнитных полей использовались постоянные магниты из Fe-Nd-B и генераторы импульсного тока с плоскими и цилиндрическими индукторами. Показано, что наиболее эффективны двухслойные экраны, полученные плетением.

SCREENS MADE OF PERFORATED METAL MATERIALS AND THEIR POSSIBLE APPLICATIONS FOR THE PROTECTION AGAINST LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS

V. A. Mironov¹, I. Y. Boyko², V. D. Zemchenkov¹

¹*Riga Technical University, Laboratory of powder materials, Riga, Latvia*

²*Riga Technical University, Institute of Mechanical Engineering, Riga, Latvia*

The current work considers applying perforated metal materials for the manufacture of screens for protection against magnetic and electromagnetic fields. The screens are proposed to be made of perforated steel belt by means of welding (for single-layer structures) and plaiting (for bilayer structures). Permanent magnets from Fe-Nd-B and generators of pulse current with planar and cylindrical inductors were used in investigations in order to generate directed magnetic fields. It has been shown that bilayer screens obtained by weaving are the most effective.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ УЛУЧШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОЦЕССАМИ ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Т. А. Азарова¹, Г. А. Браницкий², С. М. Азаров³, Е. Е. Петюшик⁴

¹Институт общей и неорганической химии, ул. Сурганова, 9, 220072, Минск, Беларусь

²Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета, ул. Ленинградская, 14, Минск, Беларусь, e-mail: fhp@bsu.by

³Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, Минск, Беларусь

⁴Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, Минск, Беларусь, e-mail: pet65@bk.ru

Поступила 06. 10. 2014 г.

Для технической керамики условия эксплуатации изделий предъявляют повышенные требования к ее определенным свойствам (или их сочетаниям): пористости, прочности, термостойкости, устойчивости к химическим воздействиям, диэлектрическим показателям, низкому водопоглощению, плотности, коэффициенту термического расширения (для кордиеритовой керамики), и т. д. Получение заданных свойств достигается подбором основных сырьевых материалов и добавок, технологическими особенностями процесса изготовления, поэтому задачи получения необходимого комплекса служебных характеристик специфичны для каждого вида керамики. Сложный химический состав и неконтролируемое количество примесей в природном силикатном и алюмосиликатном сырье, приводящих к большому проценту брака, являются главной проблемой, препятствующей созданию эффективных пористых материалов из силикатных и алюмосиликатных порошков. Поэтому важны исследования дополнительных способов повышения эксплуатационных свойств материалов в зависимости от их функционального назначения.

ASSESSMENT OF POSSIBLE IMPROVEMENT OF SERVICE CHARACTERISTICS OF POROUS MATERIALS BY PROCESSES OF CHEMICAL MODIFICATION

T. A. Azarova¹, G. A. Branitskiy², S. M. Azarov³, Y. Y. Piatsiushyk⁴

¹ Institute of General and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: azarava@yahoo.com

² Scientific Research Institute of Physical and Chemical Problems of the Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: fhp@bsu.by

³ Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: azarava@yahoo.com

⁴ State Research and Production Powder Metallurgy Association, Minsk, Belarus, e-mail: pet65@bk.ru

Operation conditions of products for technical ceramics impose higher requirements on its specific properties (or combinations thereof): porosity, strength, heat resistance, chemical resistance, dielectric properties, low water absorption, density, thermal expansion coefficient (for cordierite ceramics), etc. Obtaining the desired properties is achieved by selection of basic raw materials and additives and technological features of manufacturing process, so the problem of obtaining the necessary complex of service characteristics is specific to each type of ceramics. Complex chemical composition and uncontrolled amounts of impurities in natural silicate and aluminosilicate raw materials leading to a large percentage of defects is a major problem, which prevents the creation of effective porous materials from silicate and aluminosilicate powders. Therefore, the investigation of additional ways to improve the performance properties of materials depending on their functional purpose is important.

УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

В. М. Александров¹, В. А. Лобачев¹, А. В. Дроздов¹, Н. Н. Попок², Р. С. Хмельницкий²

¹*ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным производством»,
ул. Платонова, 126, 220005, г. Минск, Беларусь, e-mail: impuls@bn.by*

²*Полоцкий Государственный университет, ул. Блохина, 29, Витебская обл., 211440, г. Новополоцк,
Республика Беларусь.*

На основе фильтроэлементов из порошковых пористых материалов, разработанных в ОХП «НИИ ИП с ОП» созданы и прошли испытания дренажно-распределительные устройства систем водоподготовки, отличающиеся различной производительностью. Разработанные фильтроэлементы имеют запас по площади фильтрации (живому сечению), поэтому возможна вариация размеров дренажно-распределительных систем под конкретные фильтры для водоподготовки.

DEVICES ON THE BASIS OF POWDERED POROUS MATERIALS FOR SYSTEMS OF THE BOILER-WATER CONDITIONING OF VARIOUS PRODUCTIVITY

V. M. Aleksandrov¹, V. A. Lobachev¹, A. V. Drozdov¹, N. N. Popok², R. S. Hmel'nitskij²

¹*The isolated self-supporting structural division «Research institute of pulsing processes with pilot production» (SSD «scientific research institute IP with PP»), Minsk, Belarus, e-mail: impuls@bn.by*

²*Polotski the State university, Novopolotsk, Belarus.*

On the basis of filter elements from the powdered porous materials developed in SSD «scientific research institute IP with PP» are created and passed tests drenazhno-switching centres of systems of the boiler-water conditioning, different various productivity. The developed filter elements have a stock on the square to a filtering (equipotential section), the variation of sizes of drenazhno-distributive systems under concrete filters for a boiler-water conditioning therefore is possible.

ПОРИСТЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Л. П. Пилиневич.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Приведены результаты исследований процесса получения пористых проницаемых материалов на основе порошков титана для фотокаталитической очистки воды. Показано, что наиболее эффективным способом получения таких пористых материалов является метод химического оксидирования, который позволяет получать на поверхности титана слой диоксида титана со структурой анатаза (~100%). Приведены результаты экспериментальных исследований, которые показывают высокую эффективность разработанных фотокаталитических материалов и возможность их использования при разработке новой технологии очистки воды.

POROUS MATERIALS FOR PHOTOCATALYTIC WATER PURIFICATION

L. P. PILINEVICH

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

The results of investigations of the obtaining process for porous permeable materials based on titanium powders for photocatalytic water purification are shown. It is shown that the most effective way of obtaining such porous materials is the method of chemical oxidation, which allows obtaining a layer of titanium dioxide with the anatase structure on titanium surface (~100%). The experimental results that show the high efficiency of the developed photocatalytic materials and the possibility of their use in the development of new water treatment technology are shown.

**ПРОБЛЕМЫ ФИЛЬТРОВАНИЯ: МЕМБРАННЫЕ ФИЛЬТРЫ,
ГЛУБИННЫЕ ФИЛЬТРЫ, КОМБИНИРОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ**

А. Н. Леонов

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
пр-т Независимости, 99, 220023, Минск, Беларусь*

Дан анализ процессов эксплуатации фильтров с мембранным и глубинным механизмом фильтрования. Получено уравнение, позволяющее рассчитать степень очистки фильтрата от диаметра примесных частиц. Обосновано применение комбинированных фильтров, состоящих из системы фильтров, работающих по мембранному и глубинному механизмам фильтрования. Предложена методология разработки эффективных систем очистки с требуемым комплексом эксплуатационных параметров на основе многокритериальной оптимизации с включением в систему рыночных требований.

PROBLEMS OF FILTERING: MEMBRANE FILTERS, DEPTH FILTERS, COMBINED FILTERS

A. N. Leonov

Belarusian State University of Agricultural Technology, Minsk, Belarus

The analysis of operating processes of filters with membrane and depth filtration mechanism has been given. An equation that calculates the degree of filtrate purification from the diameter of impurity particles has been obtained. The application of combined filters consisting of a system of filters working by membrane and depth mechanisms of filtration has been justified. The author has introduced the methodology for the development of effective purification systems with the required complex of operational parameters based on multi-criteria optimization with the inclusion of market requirements into the science system.

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ХРОМА НА СТОЙКОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ
КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИДА ЖЕЛЕЗА,
УПРОЧНЕННОГО ВКЛЮЧЕНИЯМИ Al_2O_3**

П. А. Витязь, А. И. Лецко, Т. Л. Талако, Н. М. Парницкий

*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail: skeyone@rambler.ru*

Поступила 02. 07. 2014 г.

Представлены результаты исследований влияния структурного состояния хрома в композиционном СВС – порошке $FeAl(Cr)/Al_2O_3$ на его стойкость к окислению. Для изучения возможности легирования моноалюминид железа хромом в процессе синтеза использовали реакционные смеси, содержащие в качестве источника хрома порошки оксида хрома или сплава ПХ-30. Порошки получали методом механоактивируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (МАСВС). Испытания на циклическое окисление проводились при температуре 700-1000 °С в атмосфере воздуха в течении 2-х часов. В случае использования для легирования интерметаллида сплава ПХ-30, полученный порошок проявляет больший прирост массы в отличие от порошка, полученного из реакционной смеси содержащей оксид хрома в котором хром не только легировал алюминид но и присутствовал в свободном состоянии.

**EFFECT OF STRUCTURAL CONDITION ON CHROME OXIDATION RESISTANCE OF THE
COMPOSITE POWDERS BASED IRON ALUMINIDE REINFORCED Al_2O_3 INCLUSIONS**

P. A. Vityaz, A. I. Letsko, T. L. Talako, N. M. Parnitsky

Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus, e-mail: skeyone@rambler.ru

The results of studies of the effect of the structural state of chromium in the composite SHS - powder $FeAl(Cr)/Al_2O_3$ on its resistance to oxidation have been identified. The possibility of alloyed mono-aluminide iron chromium used in the synthesis reaction mixture containing a source of chromium as chromium oxide powders or alloy Px-30 has been studied. Powders were prepared by self-propagating mechanoactivated high-temperature synthesis (MASHS). Cyclic oxidation tests were conducted at a temperature of 700-1000 °C in air for 2 hours. In the case of alloying with intermetallic alloy Px-30, the resultant powder exhibits a greater weight gain in contrast to powders prepared from a reaction mixture comprising from chromium oxide in which chromium is not only alloyed with aluminide but is also in a free state.

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА СЫРУЮ ПРОЧНОСТЬ ПОРОШКОВЫХ ПРЕССОВОК

В. М. Горохов, И. Н. Тарусов

*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail: gorokhov47@mail.ru*

Поступила 10. 06. 2014 г.

Проведен теоретический расчет влияния плотности порошковых прессовок на напряжение разрушения при различных видах испытаний: свободная осадка между плоскопараллельными плитами, нагружение плоского диска вдоль его образующей и поперечный изгиб. Установлено, что базовая модель пластичности спеченного пористого тела с условием текучести эллиптического типа неудовлетворительно описывает процесс разрушения сырых пористых прессовок при пористости свыше 0,1. Для повышения точности расчета величины разрушающего напряжения при различных видах испытаний предложено использовать уточненную модель пластичности пористого тела, учитывающую локальный характер пластической деформации. В этом случае расхождение между теорией и экспериментом в области пористостей свыше 0,2 составляет не более 30-50%.

EFFECT OF POROSITY ON GREEN STRENGTH OF POWDER BLANKS

V. M. Gorokhov, I. N. Tarusov

Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

There have been calculated the dependences of green strength upon relative density during different types of loading: free upsetting, brasil test and bending test. It has been stated that plasticity theory for sintered porous body with elliptic yield surface can not proper describe the cracking of green blanks with the porosity more than 0,1. For improving the accuracy for calculations it has been suggested to use the plasticity theory in which the local type of plastic deformation should be took into account. For this model the divergence between theoretical calculation and experimental data is no more than 30-50% for the porosities over 0.2.

**ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЧАСТИЦ
ГУБЧАТОГО ПОРОШКА ТИТАНА НА ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ
ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С НЕЙ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА**

В. В. Савич¹, А. И. Шелухина¹, М. В. Макаренко²

¹Институт порошковой металлургии, Беларусь, ул. Платонова 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail: savich@pminstitute.by

²Институт биоорганической химии НАН Беларуси, ул. ак. В.Ф. Купревича, 5, корп. 2,
220141, г. Минск, Беларусь

*Статья посвящена экспериментальному исследованию влияния пластической деформации частиц губчатого порошка титана на поверхности пористых титановых образцов при их прессовании на степень осаждения сывороточного альбумина, моделирующего одну из стадий остеointеграции имплантатов в организме. Показано, что состояние поверхности исследуемого образца имеет решающее значение при адсорбции белков крови: наибольшее количество белка адсорбируется на развитой поверхности образца, форма адсорбированных фрагментов в этом случае близка к растекающейся капле и имеет максимально возможную площадь контакта с ней. Деформированная и сглаженная поверхность частицы на поверхности пористого образца адсорбирует белок фрагментарно. Поверхности таких частиц большей частью остаются свободными от белковых агломератов, в то время как в порах и микронеровностях недеформированных губчатых частиц адсорбированные агломераты белка четко выражены. Сравнение полученных в данной работе результатов с предыдущими исследованиями на лабораторных животных, проведенными на образцах компактных и пористых титановых имплантатов с подобной морфологией поверхности, позволили обоснованно предположить, что именно развитая морфология поверхности, сочетающаяся с повышенной по сравнению с нативной толщиной пленки оксидов титана, создает благоприятные условия для остеointеграции имплантатов. Кроме того, можно утверждать, что исследование особенностей взаимодействия сывороточного альбумина с поверхностью образцов имплантатов позволит в ряде случаев *in vitro* оценить и прогнозировать их остеointеграцию в организме.*

**INFLUENCE OF PLASTIC PARTICLE DEFORMATION OF SPONGY TITANIUM POWDER AT
THE SAMPLE SURFACE OF POROUS MATERIALS ON THE PECULIARITIES OF SERUM
ALBUMIN INTERACTING WITH IT**

V. V. Savich¹, A. I. Shelukhina¹, M. V. Makarenko²

¹Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus, e-mail: savich@pminstitute.by

²Institute of Bioorganic Chemistry NAS of Belarus, Minsk, Belarus

This article is devoted to the experimental investigation of the plastic deformation effect of spongy titanium powder particles on the surface of porous titanium samples during their pressing on the degree of serum albumin deposition, simulating one of the stages of implant osseointegration in an organism. It is shown that the state of the investigated sample surface is crucial during the adsorption of blood proteins: the greatest amount of protein is adsorbed on the developed sample surface, the shape of adsorbed fragments in this case is close to a spreaded dropwise and has the maximum possible area of contact with it. The deformed and smoothed surface of the particle on the surface of the porous sample fragmentarily

adsorbs protein. The surfaces of such particles remain mostly free of protein agglomerates, while the adsorbed protein agglomerates are clearly expressed in the pores and microroughnesses of undeformed spongy particles. Comparison of the results obtained in this work with previous studies with laboratory animals conducted on samples of compact and porous titanium implants with a similar surface morphology made it reasonable to assume that it is the developed surface morphology combined with increased film thickness of titanium oxides compared with the native ones that creates favorable conditions for the osseointegration of implants. In addition, it is possible to assert that the investigation of the interaction features of serum albumin with the sample surface of implants will in some cases allow the assessment and prediction of their osseointegration in an organism in vitro.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРУКТУРУ ИОННО-ЛУЧЕВЫХ ТВЕРДОСМАЗОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

М.А. Андреев¹, Л.В. Маркова², В.В. Коледа², Т.В. Гамзелева²

¹ ОХП «Институт сварки и защитных покрытий», ул. Платонова, 126, 220005, г. Минск, Беларусь

² ГНУ «Институт порошковой металлургии», ул. Платонова, 41, 220005, Минск, Беларусь

Поступила 04. 08. 2014 г.

В работе представлены результаты исследования структуры и микромеханических свойств ионно-лучевых твердосмазочных покрытий на основе хрома с добавками углеродных нанотрубок и дисперсного углерода.

Показано, что в процессе формирования ионно-лучевых твердосмазочных покрытий происходит полный перенос материала мишени на поверхность подложки и состав покрытия полностью совпадает с составом мишени. Формируется однородное покрытие. Установлено, что наиболее твердые покрытия формируются при использовании хромовых мишеней, содержащих углеродные нанотрубки.

INFLUENCE OF THE ADDITIVES OF MATERIALS WITH CARBON COMPONENTS ON THE STRUCTURE OF ION-BEAM HARD-LUBRICANT COATINGS

M. A. Andreyev¹, L. V. Markova², V. V. Koleda², T. V. Gamzeleva²

¹ SSFU «Welding and Protective Coatings Institute» Minsk, Belarus

² Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

The results of research of structure and micromechanical properties of ion-beam hard-lubricant coatings based on chromium with additives of carbon nanotubes and dispersion carbon are presented in the paper.

It is shown that in the process of formation of ion-beam hard-lubricant coatings occurs a full transference of target material on the surface of the substrate and the composition of the coating is identical to the composition of the target. The uniform coating is formed. It has been established that the more hard coatings are formed when using chrome targets containing carbon nanotubes.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОКРЫТИЯ
ИЗ СВС – ПОРОШКА $FeAl(Cr)/Al_2O_3$, ПОЛУЧЕННОГО ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ**

П. А. Витязь¹, А. И. Лецко², Т. Л. Талако², С. Н. Луговский², Н. М. Парницкий²

¹Президиум НАН Беларуси, пр-т Независимости, 66, 220072, г. Минск, Беларусь
²Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mail: skeyone@rambler.ru

Поступила 29. 07. 2014 г.

Методом лазерной наплавки на стали Ст3 было получено покрытие из СВС -порошка $Fe_{0,6}Al_{0,4}(Cr)/Al_2O_3$. Покрытие имело хорошее сцепление с материалом основы и обладало низкой пористостью. Микротвёрдость покрытия составила $H_{V25(N10)} = 250$ (206—285) кгс/мм². Полученное покрытие демонстрировало достаточно высокую стойкость к циклическому окислению, близкую по стойкости к окислению покрытие из СВС - порошка на основе моноалюминида никеля, полученного на тех же режимах наплавки.

**INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF COATINGS
FROM SHS - POWDER $FeAl(Cr)/Al_2O_3$ OBTAINED BY LASER SURFACING**

P. A. Vityaz¹, A. I. Letsko², T. L. Talako², S. N. Lugovskiy², N. M. Parnitskiy²

¹Presidium of NAS of Belarus, Minsk, Belarus
²Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

A coating made of SHS-powder $Fe_{0,6}Al_{0,4}(Cr)/Al_2O_3$ was obtained by the method of laser surfacing on St3 steel. The coating had good adhesion to the base material and low porosity. Microhardness of the coating amounted to $H_{V25(N10)} = 250$ (206—285) kgf/mm². The obtained coating demonstrated a sufficiently high resistance to cyclic oxidation close to the oxidation resistance of the coating made of SHS-powder based on nickel monoaluminide obtained in the same modes of surfacing.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ И НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ОКСИДАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Г. Ф. Громыко¹, А. Ф. Ильющенко², А. И. Шевцов², В. В. Оковитый³

¹*Институт математики, ул. Сурганова 11, 220072, г. Минск, Беларусь*

²*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова 41, 220005, г. Минск, Беларусь*

³*Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости 65, 220013, г. Минск, Беларусь*

Поступила 24.07.2014 г.

Построена система уравнений для нахождения взаимосвязанных задач по определению температуры и напряжений в покрытиях на основе диоксида циркония.

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF EQUATION TO DETERMINE OF TEMPERATURE AND STRESS DURING FORMATION COATINGS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE STABILIZED RARE EARTH OXIDES

G. F. Gromyko¹, A. Ph. Ilushchenko², A. I. Shevtsov², V. V. Okovity³

¹*Institute of mathematics of NAS Belarus, Minsk, Belarus*

²*Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

³*Belarusian national technical university, Minsk, Belarus*

A system of equations for the interrelated problems to determine the temperature and stresses in the coatings based on zirconium dioxide.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ
ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРУЕМЫХ ТВЕРДЫМИ ТУГОПЛАВКИМИ
СОЕДИНЕНИЯМИ И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ**

**А. Ф. Ильющенко¹, А. И. Шевцов¹, В. М. Асташинский², А. М. Кузьмицкий²,
Г. Ф. Громыко³, В. А. Оковитый⁴, Л. В. Маркова¹, А. И. Лецко¹, А. С. Козорез⁵**

¹*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь*

²*Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова, ул. П. Бровки, 15, 220072, г. Минск, Беларусь*

³*Институт математики, ул. Сурганова, 11, 220072, г. Минск, Беларусь*

⁴*Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220027, г. Минск,
Беларусь*

⁵*ОАО “Завод Промбурвод”, ул. Асаналиева, 29, 220024, г. Минск, Беларусь*

Поступила 24. 07. 2014 г.

Проведены триботехнические испытания образцов детонационных покрытий (NiCr/FeCrMo + MoS₂/графит + TiC) Co, напыленных и обработанных с применением высокоэнергетических воздействий импульсами плазмы и лазерного излучения. Изучены износостойкость и антифрикционные свойства образцов в условиях трения при граничной смазке.

**RESEARCH OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF THE POWDER COATINGS MODIFIED
BY SOLID HIGH-MELTING COMPOUNDS AND HIGH-ENERGY INFLUENCES**

**A. Ph. Ilyuschenko¹, A. I. Shevtsov¹, V. M. Astashinsky², A. M. Kuzmitski²,
G. F. Gromyko³, V. A. Okovity⁴, L. V. Markova¹, A. I. Letsko¹, A. S. Kozorez⁵**

¹*Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

²*Luikov Heat and Mass Transfer Institute, Minsk, Belarus*

³*Institute of mathematics, Minsk, Belarus*

⁴*Belarusian national technical university, Minsk, Belarus*

⁵*Joint-Stock Company “Zavod Promburvod”, Minsk, Belarus*

Tribotechnical tests of samples of detonation coatings (NiCr/FeCrMo + MoS₂/graphite + TiC) Co sprayed and processed by high-energy influences of impulses of plasma and laser radiation are carried out. Wear resistance and antifrictional properties of samples in the conditions of a friction at boundary lubrication are studied.

**РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ
ФОРМИРОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ,
МОДИФИЦИРУЕМЫХ ТВЕРДЫМИ ТУГОПЛАВКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ
И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ**

А. Ф. Ильющенко¹, А. И. Шевцов¹, Г. Ф. Громыко², В. А. Оковитый³, И. В. Фомихина¹, К. В. Буйкус³, Т. А. Ильющенко¹, А. А. Козорез³

¹*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь*

²*Институт математики, ул. Сурганова, 11, 220072, г. Минск, Беларусь*

³*Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220027, г. Минск, Беларусь*

Поступила 25. 07. 2014 г.

С учетом результатов исследований детонационного распыления композиций на подложку и высокоэнергетической обработки напыленных материалов разработаны научные основы и технологические принципы формирования износостойких порошковых покрытий (NiCr/FeCrMo + MoS₂/графит + TiC) Co с измельченной неравновесной структурой.

**DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC BASES AND TECHNOLOGICAL PRINCIPLES FORMATION
OF WEAR-RESISTANCE POWDER COATINGS MODIFIED BY SOLID HIGH-MELTING
COMPOUNDS AND HIGH-ENERGY INFLUENCES**

**A.PH. Ilyuschenko¹, A.I. Shevtsov¹, G.F. Gromyko², V.A. Okovity³,
I.V. Fomikhina¹, K.V. Buikus², T.A. Ilyuschenko¹, A.A. Kozorez³**

¹*Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus*

²*Institute of mathematics, Minsk, Belarus*

³*Belarusian national technical university, Minsk, Belarus*

Scientific bases and technological principles of formation of wear-resistance powder coatings (NiCr/FeCrMo + MoS₂/graphite + TiC) Co with the milled nonequilibrium structure are developed with results of researches of detonation spaying of compositions on a substrate and high-energy processing of the sprayed materials.

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ

**В. А. Оковитый⁺¹, А. Ф. Ильющенко¹, А. И. Шевцов¹, В. В. Оковитый²,
С. Б. Соболевский³**

¹Институт порошковой металлургии, ул. Платонова 41, 220005, г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск,
Беларусь

³РУП БелНИИТ "Транстехника", ул. Платонова 22, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 24.07.2014 г.

Проведены исследования процесса и оптимизированы технологические параметры напыления градиентных плазменных покрытий на основе оксида гафния, стабилизированного оксидом иттрия.

FORMATION A MULTILAYER THERMAL BARRIER COATING

V. A. Okovity⁺¹, A. Ph. Ilyushchenko¹, A. I. Shevtsov¹, V. V. Okovity², S. B. Sobolevski³

¹Powder Metallurgy Institute, Minsk, BelaruS

²Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

³BelNIIT "TransTexn", Minsk, BelaruS

The research process and optimized technological parameters of plasma spraying multilayer coatings based on hafnium oxide stabilized oxide ittrtya.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО
КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО И ИЗНОСОСТОЙКОГО КОМПОЗИЦИОННОГО
ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ХРОМА И УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗОВ**

М. А. Андреев, Л. В. Маркова, А. Н. Суворов, Ю. И. Лисовская, Н. А. Алексеенко

*Институт порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь,
e-mai: andrejev.mikhail@gmail.com*

Поступила 11. 09. 2014 г.

Рассмотрены технологические особенности формирования комбинированных коррозионно-стойких и износостойких композиционных покрытий с применением методов электродугового испарения и ионно-лучевого распыления. В качестве материалов для создания покрытий использовали хром, а также хром с добавками ультрадисперсных алмазов. Исследованы микроструктура покрытия и распределение элементов по поверхности. Проведенные испытания на коррозионную стойкость позволяют сделать вывод о возможности применения покрытия в качестве коррозионно-стойкого и износостойкого для упрочнения режущего инструмента, работающего в агрессивных средах и при повышенных температурах.

**FEATURES OF FORMATION OF COMBINED CORROSION RESISTANT
AND WEAR RESISTANT COMPOSITE COATING BASED ON CHROMIUM
AND ULTRAFINE DIAMOND**

**M. A. Andreev, L. V. Markova, A. N. Suvorov, Yu. O. Lisovskaya,
N. A. Alekseyenko**

Powder Metallurgy Institute, Minsk, Belarus

The paper describes the technological features of forming combined corrosion- and wear-resistant composite coatings using the methods of electric arc evaporation and ion-beam sputtering. Chromium, chromium nitride and chromium with additives of ultra dispersed diamond were used as the materials for creating the coatings. The microstructure of the coating and the surface distribution of elements have been investigated. The conducted research of the corrosion resistance allows the conclusion about the possibility of applying the coating as corrosion resistant and wear resistant to harden cutting tools that operate in aggressive environments and at elevated temperatures.