

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПРАВИТЕЛЬСТВО НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ  
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕЖВУЗОВСКИЙ ЦЕНТР СОДЕЙСТВИЯ  
НАУЧНОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**МАТЕРИАЛЫ  
53-й МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МНСК–2015**

**11–17 апреля 2015 г.**

**НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

**Новосибирск  
2015**

УДК 656  
ББК 39

Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: Новые конструкционные материалы и технологии/ Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2015. 66 с.

ISBN 978-5-4437-0362-6

Конференция проводится при поддержке Сибирского отделения Российской академии наук, Правительства Новосибирской области, инновационных компаний России и мира, Фонда «Эндаумент НГУ», Ассоциации выпускников «СОЮЗ НГУ».

**Научный руководитель секции – Батаев Анатолий Андреевич,**  
проректор по учебной работе НГТУ, д-р техн. наук, проф., заведующий  
кафедрой ММ НГТУ

**Председатель секции – Токарев Александр Олегович,**  
д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой ТМиС СГУВТ  
**Ответственный секретарь секции – Корниенко Елена Евгеньевна,**  
канд. техн. наук, доцент кафедры ММ НГТУ

**Экспертный совет секции:**

Батаев Владимир Андреевич, д-р техн. наук, проф. каф. ММ НГТУ  
Буров Владимир Григорьевич, канд. техн. наук, проф., декан МТФ НГТУ  
Голковский Михаил Гедалиевич, канд. физ.-мат. наук, ИЯФ СО РАН  
Плотникова Наталья Владимировна, канд. техн. наук, доцент каф. ММ  
НГТУ

Никулина Аэлита Александровна, канд. техн. наук, доцент каф. ММ НГТУ  
Кузьмин Виктор Иванович, канд. техн. наук, доцент каф. ТМиС НГАВТ

ISBN 978-5-4437-0362-6

© Новосибирский государственный  
университет, 2015

**NOVOSIBIRSK STATE UNIVERSITY  
SIBERIAN BRANCH OF RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
NOVOSIBIRSK OBLAST GOVERNMENT  
NOVOSIBIRSK STATE TECHNICAL UNIVERISTY  
INTERUNIVERSITY CENTER FOR SUPPORT OF THE SCIENTIFIC  
AND INNOVATION ACTIVITIES OF THE STUDENTS  
AND YOUNG SCIENTISTS**

**PROCEEDINGS  
OF THE 53rd INTERNATIONAL STUDENTS  
SCIENTIFIC CONFERENCE**

**ISSC-2015**

**April, 11–17, 2015**

**NEW CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES**

**Novosibirsk, Russian Federation  
2015**

Proceedings of the 53<sup>rd</sup> International Students Scientific Conference. New construction materials and technology/ Novosibirsk State University. Novosibirsk, Russian Federation. 2015. 66 pp.

ISBN 978-5-4437-0362-6

The conference is held with the significant support of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Oblast Government, innovative companies of Russia, Fund “Endowment NSU”, NSU Alumni Union.

Section scientific supervisor – Bataev Anatoly Andreevich  
Section head – Tokarev Alexander Olegovich  
Responsible secretary – Kornienko Elena Evgenevna

**Section scientific committee:**  
Bataev Vladimir Andreevich  
Burov Vladimir Grigorievich  
Golkovsky Michael Gedalievich  
Nikulina Aelita Aleksandrovna  
Kuzmin Viktor Ivanovich  
Plotnikova Natalia Vladimirovna

ISBN 978-5-4437-0362-6

© Novosibirsk State University, 2015

# НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 666.762.852

## ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА И ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА РЕАКЦИОННО-СВЯЗАННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ

Е. С. Антонова

ОАО «ОНПП «Технология», г. Обнинск

В работе представлены исследования по разработке нового материала на основе реакционно-связанного карбида кремния (РСКК) из высокочистых порошков отечественного производства - ОАО «УНИХИМ с ОЗ», г. Екатеринбург. Целью работы являлось достижение максимальной плотности упаковки частиц в заготовке путем варьирования соотношения парциальных долей фракций и отношения размеров частиц порошков SiC при постоянном содержании углеродсодержащего компонента (сажа 10 мас. %).

Были подготовлены составы, полученные варьированием соотношения парциальных долей фракций при постоянном отношении размеров частиц фракций  $d_1/d_2$ , равном 9, и составы, полученные варьированием отношения размеров частиц при постоянном соотношении парциальных долей фракций  $V_2/V_1$ , равном 0,6, при котором достигается максимальная плотность заготовок для составов при постоянном фракционном составе.

Фазовый анализ исследуемых образцов показал наличие преимущественно  $\beta$ -SiC и небольшого количества  $\alpha$ -SiC, незначительное количество свободного кремния и следов углерода.

Микроструктура исследуемых образцов равномерная и однородная, преимущественно состоит из объемно связанных зерен карбида кремния, свободного кремния и включает некоторое количество изолированных пор.

Разработанная технология РСКК позволяет получать материалы, в которых первичные зерна  $\beta$ -SiC покрыты высокочистым вторичным  $\alpha$ -SiC. Формирование непрерывного карбидокремниевое каркаса определяет в основном эксплуатационные характеристики материала.

При отношении объемных долей фракций  $V_2/V_1$ , равном 0,6, и размеров зерен фракций порошков  $d_1/d_2$ , более 9, была получена керамика со следующими максимальными характеристиками: кажущаяся плотность 3,11 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при статическом изгибе 380 МПа, критический коэффициент интенсивности напряжений 4,9 МПа·м<sup>1/2</sup>, микротвердость основной фазы 26 ГПа.

Научный руководитель – канд. техн. наук И. Ю. Келина

## **ДЕСТРУКТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

В. С. Байкова, М. С. Журавлева, А. И. Белякова, Е. В. Маркова  
Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Бумагообразующие свойства целлюлозы во многом определяются природой полуфабриката. Однако не только предыстория образца влияет на свойства полученного полуфабриката, но и во многом прочность бумаги определяется процессами, происходящими при выделении целлюлозы. В частности, это процессы делигнификации целлюлозного волокна, включающие стадии варки, отбелки, сушки целлюлозы. На всех этих стадиях происходят химическое взаимодействие лигноцеллюлозного композита с различными реагентами.

На данном этапе нами проведены сравнительные исследования влияния воздействия озона и диоксида хлора на изменение степени полимеризации целлюлозы.

Объектом исследования служили промышленные образцы сульфатной небеленой целлюлозы из лиственных пород древесины после кислородно-щелочной обработки.

В работе были проведены предварительные исследования для оптимизации условий обработки озоном и диоксидом хлора.

Выработаны оптимальные условия озонирования: концентрация массы – 40 %, температура 60°C, pH 2,5. Обработка диоксидом хлора осуществлялась при концентрации массы – 10%, температуре 70°C, pH 4,2.

Измерение средней степени полимеризации до и после обработки указанными реагентами выполнено вискозиметрическим методом; растворитель – железовиннонатриевый комплекс, температура 25°C.

Показано более сильное влияние на деструкцию целлюлозы процесса озонирования. Однако с точки зрения экологической безопасности диоксид хлора является менее предпочтительным. В связи с этим необходимы дополнительные исследования для оптимизации процесса озонирования целлюлозы с целью снижения влияния озона на среднюю степень полимеризации, научные предпосылки для этого возможны.

Научный руководитель – канд. хим. наук, доцент И. И. Осовская

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ (Ti, Al)N-Ni

Д. С. Белов, А. А. Печникова, А. С. Аникеев  
Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС», г. Москва

В работе исследовано поведение ионно-плазменных вакуумно-дуговых покрытий (Ti, Al)N-Ni в условиях электрохимической коррозии в кислых и щелочных средах.

Образцы были изготовлены на установке типа «Булат» с использованием двухкатодной системы. Применяли катоды из сплавов ВТ5 и нитинол (50 % (ат.) Ti, 50 % (ат.) Ni).

Исследовались конструкционные покрытия (Ti, Al)N с 8 – 10 % Ni толщиной порядка 4 мкм, твердостью 52 – 54 ГПа, относительной работой пластической деформации около 65 %.

В качестве коррозионно-активной среды использовали растворы следующих составов: I – 100 см<sup>3</sup> (20 гр. FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O + 5 % HNO<sub>3</sub>) + 19 г/см<sup>3</sup> HCl; II – 0,12 г/л NaOH. Присутствие атомов никеля, в составе покрытия, способствующих наноструктурированию системы [1], приводит к некоторому ухудшению пассивационных характеристик данных керамикометаллических покрытий. Вместе с тем, исследуемые покрытия характеризуются достаточно высокой склонностью к самопассивации, низкими значениями плотностей токов пассивного состояния и высокой устойчивостью к питтинговой коррозии.

В щелочной среде наноструктурированное покрытие (Ti, Al)N<sub>0,87</sub> – Ni (8-10) % (ат.) проявляет высокую электрохимическую устойчивость, пассивируя в стационарном состоянии. В противоположность этому базовый сплав ТТ10К8б с трудом пассивируется только при анодной поляризации.

Полученные результаты дают основание считать, что покрытие (Ti, Al)N<sub>0,87</sub> – Ni (8 - 10) % (ат.) повышает коррозионную стойкость твердосплавного режущего инструмента в кислых и щелочных средах (рН 2,5 - 10).

---

I. D.S. Belov, I.V. Blinkov, A.O. Volkhonskiy / The Modifying Effect of Cu and Ni on Nanostructuring and Properties of ARC-PVD Coatings Based on Titanium Nitride // Surface and Coating Technology (260), 2014, p. 186-197

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. И. В. Блинков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ NiO НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОХРОМНЫХ УСТРОЙСТВ

А. Л. Белоусов

Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Электрохромное устройство (ЭХУ), основанное на тонких пленках, представляет собой электрохимическую ячейку, включающую катод, анод и электролит. ЭХУ меняют свои оптические свойства в зависимости от количества введенного в них заряда, и могут быть использованы в качестве smart-окон, автомобильных зеркал заднего вида, а также для энергосбережения в зданиях и для оптической коммутации. За последнее десятилетие наблюдается рост интереса к этим устройствам, и, как ожидается, будет продолжаться для широкого спектра продукции.

В качестве неорганических электрохромных материалов целесообразно использовать оксиды металлов. Большинство из них известны как структуры, построенные из  $\text{MeO}_6$  октаэдров. На данный момент известно несколько неорганических ЭХ материалов, такие как  $\text{WO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Cr}_3\text{O}_8$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{MoO}_3$  и некоторые органические ЭХ материалы.

В настоящей работе в качестве электрохромного материала был выбран  $\text{NiO}$ . Для синтеза оксидных проводящих ( $\text{InSnO}$ ) и ЭХ пленок использован экстракционно-пиролитический метод, который заключается в экстракции компонентов из водных растворов, смешении их в требуемом соотношении и последующем пиролизе экстрактов, нанесенных на подложку. Установлено, что после отжига при 400–600 °С на стеклянной подложке формируется аморфная структура ( $\text{NiO}_{\text{ам}}$ ), а на подложке из кварца – кристаллическая структура ( $\text{NiO}_{\text{кр}}$ ).

С помощью Фурье-спектрофотометра VERTEX-80V, были исследованы спектры пропускания ЭХ-ячеек в видимом и ИК диапазонах на различных циклах работы. Спектры пропускания в обесцвеченном и в окрашенном состояниях для 1 и 1000 циклов совпали, что говорит о полной обратимости процессов. Проведенные исследования показали, что пропускание для видимого диапазона в обесцвеченном состоянии составило  $\text{NiO}_{\text{кр}}$ : 60-85 %;  $\text{NiO}_{\text{ам}}$ : 55-78%, в окрашенном –  $\text{NiO}_{\text{кр}}$ : 40-70 %;  $\text{NiO}_{\text{ам}}$ : 33-55%. Полученные ячейки, с квазитвердым электролитом  $\text{LiClO}_4$ :ПЭГ выдерживали более 1000 циклов обесцвечивание-окрашивание, не меняя интенсивности цвета.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Т. Н. Патрушева



## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА СУЛЬФАТОСТОЙКОГО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С ГОРЕЛОЙ ПОРОДОЙ КИЛЬДЯМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Д. В. Васильева

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,  
г. Якутск

Долговечность цементного камня является важнейшей характеристикой цемента, обеспечивающей длительный срок службы бетонных сооружений. В настоящее время значительная часть применяемых в строительстве материалов подвергается сульфатной коррозии. Она возникает в результате воздействия на конструкции грунтовых вод, содержащих сульфаты. Средство защиты бетона от сульфатной коррозии заключается в применении цемента с низким содержанием СЗА. Такой цемент известен, как сульфатостойкий портландцемент.

Таким образом, целью данной работы было создание сульфатостойкого портландцемента на основе горелой породы Кильдямского месторождения, которая позволит увеличить сульфатостойкость бетона, при улучшить и другие свойства.

Первая экспериментальная проверка пригодности Кильдямских горелых пород для изготовления бетонов была проведена в Якутске в 1939 г. Двадцатилетний срок службы бетонных блоков достаточно надежно характеризует Кильдямские горелые породы как качественный заполнитель для бетонных конструкций

В данной работе для исследования коррозионной стойкости цемента были подобраны составы, по которым были изготовлены образцы-кубы 7х7х7 см. После предварительного твердения в стандартных условиях в течение 14 суток образцы были помещены в 5 %-ный раствор сульфата натрия.

Использование комплексной добавки в виде горелой породы с суперпластификатором ведёт к резкому повышению сульфатостойкости образцов. В некоторых случаях наблюдается даже повышение прочности образцов в сульфатной среде по отношению к влажной.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А. Д. Егорова

## РАЗРАБОТКА САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА И ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

Ф. Д. Васильева

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,  
г. Якутск

В последнее время возможность использования терморасширенного графита в качестве наполнителя политетрафторэтилена вызывает большой интерес. Такое внимание к терморасширенному графиту обусловлено его интересными физико-химическими свойствами: большая удельная поверхность, достаточно высокая термическая и химическая стойкости, низкая теплопроводность, высокая пористость и др., которые обуславливают перспективность эффективной модифицирующей способности.

**Цель работы:** Получение, идентификация терморасширенного графита и исследование его модифицирующей способности на свойства и структуру политетрафторэтилена.

Подготовка пробы терморасширенного графита проводилась путем интеркалирования очищенного графита фирмы “Aldrich” (США) модифицированным методом Хаммерса. Идентификацию терморасширенного графита провели с помощью методов рентгеноструктурного анализа, сканирующей электронной микроскопии и комбинационного рассеяния спектров.

В работе исследованы физико-механические и триботехнические характеристики ПТФЭ, содержащего различные концентрации ТРГ, подвергнутого механоактивации и обработке ультразвуком.

Рассмотрены способы активации и совмещения ТРГ с полимерной матрицы на свойства и структуру ПТФЭ для получения самосмазывающегося композита с низким коэффициентом трения. Износостойкость композитов повышается незначительно. Анализ результатов ИК-спектров ПКМ позволяет выявить образование рыхлой и неупорядоченной структуры. Формирование такой структуры, возможно, объясняется отсутствием в наполнителе металлов, способных инициировать трибохимические процессы, которые в конечном счете приводят к образованию более упорядоченной, плотно упакованной структуры, характеризующейся высокой износостойкостью.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент С. А. Слепцова

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА УГОЛЬНЫХ АНОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФТОРА**

Ю. П. Дамм, Е. А. Лавренова, О. Г. Жеронкина, В. Л. Софронов  
Северский технологический институт НИЯУ МИФИ

На энергоёмкость процесса электролитического получения фтора, непроизводительные потери ценного реагента - фтороводорода и содержание в получаемом фторе посторонних газообразных примесей в виде химических соединений фтора, водорода, кислорода и азота большое влияние оказывают нестабильность напряжения электролиза, температура электролита и концентрация в нём фтороводорода. Стабильность названных параметров зависит от многих факторов, таких как токовые нагрузки, расход охлаждающей воды, проходящей через электролизер и ряда других, в том числе зависящих от индивидуальных особенностей каждого электролизера. К этим особенностям относятся качество анодных пластин, определяемое их пористостью, удельной электропроводностью и шероховатостью их поверхности. Большое влияние на параметры электролиза оказывает также качество сборки анодов, зависящее от пористости и прочностных характеристик анодных пластин и контактного сопротивления на стыке токоподводящих штоков и пластин, в которые они ввинчиваются. Основным параметром, определяющим энергоёмкость процесса электролиза, является напряжение электролиза. Его величина зависит не только от токовой нагрузки электролизёра, температуры электролита и концентрации в нём фтороводорода, но и от конструктивных особенностей и электрофизических характеристик элементов электролизёров, в частности анодов. Среднетемпературный электролизер для производства фтора комплектуется 24 анодами, изготовленными из коксовых пластин. Аноды для каждого аппарата подбирают со схожими электрофизическими характеристиками. В течение года на ремонт выводится порядка 40% электролизеров. Причиной этого в основном является нарушение целостности анодов примерно через 3000 часов работы электролизёра. нами предложено и апробировано в производственных условиях метод оценки качества анодных пластин с использованием методом термического анализа на деривотографе.

В докладе будут приведены результаты исследований качества анодных материалов методом деривотографии на термоанализаторе SDTQ600, а так же результаты проверки работы анодных пластин в производственных условиях.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. Л. Софронов

## **ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ**

А. С. Денисова, А. В. Вершинина, В. С. Самохвалов  
Новосибирский государственный технический университет

Контактная стыковая сварка используется для соединения железнодорожной крестовины (сталь 110Г13Л) с рельсовыми окончаниями (сталь Э76) через промежуточную вставку (сталь 12Х18Н10Т). В зоне сварного шва между хромоникелевой и высокоуглеродистой сталью образуется хрупкая высокопрочная структура, наличие которой ведет к образованию трещин.

Свариваемые стали относятся к разным структурным классам. При сварке происходит расплавление и перемешивание материалов. В итоге в промежуточной зоне образуются локальные участки переходного сплава с химическим составом, отличным от исходных сталей, и аустенито-мартенситной структурой. Наличие такой структуры снижает трещиностойкость материала.

Данная работа посвящена исследованию влияния термической обработки на структуру и свойства сварных соединений заготовок из аустенитной и перлитной сталей, а также выбору оптимального режима для повышения надежности сварного шва.

В работе применялись такие методы исследования как световая металлография, растровая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ и оценка микротвердости по методу Виккерса.

Металлографический анализ образцов после термической обработки при 300 °С и 400 °С показал, что строение сварных швов не существенно отличается от исходного состояния. Наблюдается наличие переходной зоны в хромоникелевой стали и локальных мартенситных участков в углеродистой стали. Толщина переходного слоя составляет около 50 - 100 мкм. Локальные включения в углеродистой стали расположены на расстоянии до 900 мкм от видимой границы раздела сталей. Уровень микротвердости участков с аустенито-мартенситной структурой колеблется в пределах 550-600 НV.

В дальнейшем планируется провести структурные исследования сварных швов после отпуска при температурах 500 - 700 °С и отжига при температуре 1000 °С.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А. А. Никулина

## **ВНЕВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ**

А. В. Иванова, Т. Д. Бекмурзин, В. А. Пасичник  
Новосибирский государственный технический университет

Модифицирование поверхностных слоев металлических материалов с использованием концентрированных потоков энергии является одним из перспективных методов поверхностного упрочнения. Среди этих методов особо следует выделить вневакуумную электронно-лучевую наплавку, суть которой заключается в оплавлении тонких поверхностных слоев материала под действием электронного пучка, выведенного в воздушную атмосферу, насыщении расплава легирующими элементами и последующем быстром охлаждении.

Цель работы заключалась в анализе структурных преобразований, происходящих в поверхностных слоях низкоуглеродистых сталей при наплавке самофлюсующихся порошковых смесей электронным пучком, выведенным в воздушную атмосферу.

Наплавка производилась на промышленном ускорителе электронов по следующему режиму: ток пучка ( $I$ ) составлял 25...27 мА, скорость перемещения электронного пучка ( $v$ ) – 10 мм/с, расстояние от выпускного окна до обрабатываемой поверхности ( $h$ ) – 90 мм. Порошковая смесь наносилась на заготовки из низкоуглеродистой стали размером 100×50×15 мм. Плотность насыпки составляла 0,33 г/см<sup>2</sup>. В качестве наплавляемого материала использовали порошок ПН77Х15С3Р2.

Для покрытия, полученного путем наплавки самофлюсующегося порошка, характерно дендритное строение. Образование такой структуры связано с металлургическими процессами, происходящими в поверхностных слоях материала при воздействии электронного пучка. Ячейки дендритов представляют собой  $\gamma$ -раствор на основе Ni, Fe. По границам ячеек дендритов располагается эвтектика.

Результаты дюрOMETрических исследований свидетельствуют о том, что максимальное значение микротвердости, характерное для слоя, сформированного при наплавке, составляет 4000 МПа. Повышение уровня микротвердости возможно при формировании многослойных покрытий.

Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о возможности использования вневакуумной электронно-лучевой обработки для упрочнения поверхности низкоуглеродистой стали.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е. А. Дробяз

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ  
ПРИ ИСКРОВОМ ПЛАЗМЕННОМ СПЕКАНИИ  
ПОРОШКОВ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ**

Т. А. Калашникова, И. Н. Градусов  
Новосибирский государственный технический университет

Сварка разнородных сталей является предметом исследования многих ученых. Связанно это с тем, что сварные швы таких соединений характеризуются существенной неоднородностью и наличием высокохрупких прослоек, приводящих к снижению надежности и долговечности конструкции.

В работе будут рассмотрены особенности формирования структурных составляющих на межфазной границе при искровом плазменном спекании порошков сталей У8 и 12Х18Н10Т, обладающих перлитной и аустенитной структурой, соответственно. Данный эксперимент является модельным для описания особенностей строения соединений данных сталей, полученных стыковой контактной сваркой. Этот метод позволит сконцентрировать внимание на решении поставленной цели, поскольку на реальных объектах из-за значительных размеров и существенной неоднородности это выполнить затруднительно.

При спекании будут подобраны условия проведения эксперимента, которые позволят обеспечить необходимое взаимодействие перлитных и аустенита частиц. Также будет выявлено влияние времени спекания на структуру межфазной границы между порошками сталей У8 и 12Х18Н10Т.

Основными методами исследования будут являться растровая и просвечивающая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный анализ, а также оценка микротвердости отдельных фаз. Это позволит изучить структуру полученного соединения, определить ширину легированной области переменного состава и проанализировать распределение химических элементов.

Научный руководитель – канд. техн. наук А. А. Никулина

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА КАРБИДА КРЕМНИЯ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ.

Т. С. Квашина

Новосибирский государственный технический университет

Неметаллические тугоплавкие соединения находят широкое применение в промышленности из-за высокой твёрдости, теплопроводности и химической инертности. Одним из наиболее важных представителей таких соединений является карбид кремния. Он существует в двух кристаллических модификациях: гексагональной (высокотемпературной) и кубической (низкотемпературной).

До недавнего времени SiC с кубической решёткой имел сравнительно небольшое коммерческое использование, однако, в настоящее время в связи с использованием его в качестве гетерогенных катализаторов интерес к нему увеличивается.

В НГТУ на кафедре химии и химической технологии проводят реакции синтеза водорода методом селективного каталитического пиролиза газообразных углеводородов, одним из продуктов которого является нановолокнистый углерод (НВУ), обладающий рядом уникальных свойств, по сравнению с обычным углеродным материалом (сажей). В частности, он имеет высокое значение удельной поверхности (~200 м<sup>2</sup>/г). Именно НВУ был использован для синтеза SiC методом карботермического восстановления. Для сопоставления в аналогичных условиях в качестве углеродного материала был выбран нефтеккок.

Синтез SiC проводился в химическом реакторе (индукционной печи тигельного типа) в среде аргона в течение 20 минут при температуре 1800<sup>0</sup>С. Экспериментальная убыль массы незначительно превышала расчётную, что связано, по-видимому, с улетучиванием монооксида кремния из реакционной зоны.

Рентгенофазовый анализ (РФА) показал, что при применении НВУ был получен практический чистый однофазный продукт - карбид кремния кубической модификации. При использовании нефтеккокса дифрактограммы свидетельствуют о наличии в продуктах реакции графита наряду с карбидом кремния.

По данным растровой электронной микроскопии установлено, что частицы карбида кремния агрегированы, имеют форму, близкую к шарообразной. Размер частиц при использовании НВУ находился на уровне 4-5 мкм, а при применении нефтеккокса 40-50 мкм.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю. Л. Крутский

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАТЕРИАЛОВ С КОРРОЗИОННОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ СИСТЕМЫ Ti-Ta НА ТИТАНОВОЙ ОСНОВЕ

П. Н. Комаров<sup>1</sup>, О. Э. Матц<sup>1</sup>, А. А. Косолапов<sup>1</sup>, И. К. Чакин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет

<sup>2</sup>Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск

Тантал обладает высокой коррозионной стойкостью, что позволяет применять его в химической и ядерной промышленности. Однако, в связи с его высокой стоимостью, вместо использования чистого тантала целесообразным является применение сплавов титана легированных танталом. При взаимодействии с атмосферой или оксидными кислотами данные металлы образуют прочные оксидные пленки  $TiO_2$  и  $Ta_2O_5$ .

Коллективом исследователей из ИЯФ СО РАН и НГТУ были получены композиционные материалы с покрытием системы Ti-Ta наплавленным методом вневауумной электронно-лучевой наплавки на основу из титана марки ВТ1-0. Одним из недостатков данного метода является ограничение по форме обрабатываемого материала – в настоящее время возможна наплавка порошков только на листовые заготовки.

Целью данной работы является исследование сварных соединений из пластин с коррозионностойким покрытием.

Получение сварных соединений проводилось в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. В виду высокой химической активности тантала и титана, сварка композиционных материалов производилась в защитной среде аргона с использованием неплавящегося вольфрамового электрода.

Исследовались два типа сварных соединений: с X- и V-образными разделками кромок. Содержание тантала в сварном шве составило 41...45% (вес.), что сопоставимо с содержанием в наплавленном слое. Испытания на статическое растяжение показали, что предел прочности сварных соединений составил 580 МПа в случае V-образной разделки кромок и 380 МПа при X-образной разделке. Фрактографические исследования показали, что в зоне сварного соединения наплавленного слоя преобладает квазихрупкое разрушение.

Работа была выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение о предоставлении субсидии № 14.604.21.0135.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент И. А. Батаев



## ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{Bi}(\text{Fe},\text{Nb})\text{VOX}$

А. А. Крылов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

В современной науке огромный интерес представляют замещенные ванадаты висмута с общей формулой  $\text{BiMEVOX}$ , которые показывают кислородно-ионный характер проводимости. Допирование ванадата висмута добавками с низкой степенью окисления на позиции ванадия в  $\text{Bi}_4\text{V}_2\text{O}_{11}$  приводит к увеличению количества кислородных вакансий, и может успешно стабилизировать высокопроводящую  $\gamma$ -модификацию  $\text{BiMEVOX}$  в условиях комнатной температуры.

Образцы из составов из семейства  $\text{BiMEVOX}$  с общими формулами  $\text{Bi}_4\text{V}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_{11-d}$  ( $\text{BiFEVOX}$ ), где  $x=0.25-0.325$  и  $\text{Bi}_4\text{V}_{2-x}\text{Nb}_x\text{O}_{11-d}$  ( $\text{BINBVOX}$ ), где  $x=0.3-0.6$  были получены по стандартной керамической технологии. Аттестация порошкообразных образцов была проведена при помощи РФА. Исследования показали, что рефлексы на рентгенограммах образцов  $\text{BiFEVOX}$  могут быть хорошо описаны в тетрагональной установке с пространственной группой  $I4/mmm$ , т.е. отвечают высокотемпературной  $\gamma$ -модификации твердого раствора. Определены параметры элементарной ячейки соединений. Проведено сравнение устойчивости образцов  $\text{BiFEVOX}$  во времени.

Транспортные характеристики полученных материалов были исследованы в зависимости от термодинамических параметров среды методом импедансной спектроскопии. Электропроводность образцов как функция температуры исследована в диапазоне температур  $800-200^\circ\text{C}$  в режиме нагревания-охлаждения. Оценены параметры импеданса, подобраны эквивалентные схемы ячеек для различных температурных областей. По данным импедансной спектроскопии построены температурные зависимости общей проводимости образцов. Для исследованных соединений наблюдается типичная прямолинейная аррениусовская зависимость проводимости от температуры, характерная для  $\gamma$ -модификации  $\text{BiMEVOX}$ .

Научные руководители: канд. хим. наук, доцент Е. С. Буянова,  
канд. хим. наук Ю. В. Емельянова

## ИЗУЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ

В. В. Кузнецова

Новосибирский государственный технический университет

Развитие современной науки требует создания новых материалов, а также повышения качества уже существующих, которые обладают высокими прочностными характеристиками и устойчивы к воздействию агрессивных сред. К числу таких материалов относится тугоплавкое соединение карбид циркония (ZrC).

На кафедре химии и химической технологии Новосибирского государственного технического университета получают водород селективным каталитическим пиролизом легких углеводородов. Другим продуктом процесса является нановолокнистый углерод (НВУ), обладающий уникальными свойствами, в частности высокой удельной поверхностью, достигающей  $200 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Карбид циркония в виде высокодисперсного порошка с размером частиц 2-4 мкм был получен карботермическим процессом при температуре  $2000 \text{ }^\circ\text{C}$  с использованием в качестве восстановителя и карбидообразующего материала НВУ.

Окисление на воздухе крупнозернистого порошка карбида циркония  $\text{ZrC}_{0,96}$  дисперсностью 40-50 мкм, синтезируемого при более высокой температуре, происходит в температурном интервале  $320\text{-}1100 \text{ }^\circ\text{C}$  [1].

Окисление полученного высокодисперсного порошка ZrC происходит в интервале температур  $480\text{-}800 \text{ }^\circ\text{C}$ . При температуре  $\sim 500 \text{ }^\circ\text{C}$  на линии ТГ не наблюдается убыли массы, сопровождаемой экзотермическим эффектом, что служит свидетельством отсутствия примеси свободного углерода.

При обработке карбида циркония в растворе серной кислоты концентрации (1:4) при комнатной температуре в течение 24 часов количество нерастворимого остатка составило 98,65 % масс.

Полученные данные свидетельствуют о высокой коррозионной стойкости синтезированного высокодисперсного порошка карбида циркония в агрессивных средах, сопоставимой со стойкостью крупнозернистого порошка аналогичного соединения.

---

1. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений / Под ред. Т.Я. Косолаповой. – М.: Металлургия, 1986. – 928 с.

## **БИОРЕЗОРБИРУЕМАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ С СООТНОШЕНИЕМ $0,5 \leq \text{Ca/P} \leq 1$**

С. А. Курбатова

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Современная регенеративная медицина требует создания резорбируемых биологически активных материалов для костных имплантатов. У фосфатов кальция способность к резорбции наблюдается при соотношении  $\text{Ca/P} \leq 1,5$  и возрастает при уменьшении этого соотношения.

Целью работы стало получение и исследование порошков и керамики на основе фосфатов кальция с соотношением  $0,5 \leq \text{Ca/P} \leq 1$ . Для изучения различных процессов, происходящих в данном интервале составов, было выбрано пять объектов исследования с соотношением  $\text{Ca/P} = 0,5$  (полифосфат кальция  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$ ); 1 (пирофосфат кальция  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ); а также 0,625; 0,75; 0,875.

Для синтеза исходных порошков к растворам кислот (поли- или пирофосфорной), полученных с помощью ионного обмена из поли- или пирофосфата натрия, приливали раствор нитрата кальция и подщелачивали полученный раствор до  $\text{pH} = 10$ . Это приводило к образованию аморфных осадков, которые после сушки формовали и подвергали высокотемпературной обработке методом изотермических выдержек.

На основании термического анализа полученных порошков были установлены молекулярные формулы гидратированных фосфатов:  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ . Общая потеря массы при нагревании порошков до  $1000^\circ\text{C}$  составила от 16 до 24%.

По данным РФА образцов керамики было установлено, что для всех составов, кроме 100%-ного содержания пирофосфата, соотношение  $\text{Ca/P}$  при обжиге не сохраняется, а увеличивается, что связано с термогидролизом полифосфата кальция, который приводит к образованию тромелита  $\text{Ca}_4\text{P}_6\text{O}_{19}$  и пирофосфата кальция  $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$  и сопровождается выделением  $\text{HPO}_3$ . Выделение  $\text{HPO}_3$  также подтверждается данными о линейной усадке образцов при различных температурах: вследствие кипения образец вспучивается, и его линейные размеры увеличиваются.

Таким образом, были получены образцы биологически совместимой керамики на основе синтетических порошков поли- и пирофосфата кальция, пригодные для использования в медицине.

Научный руководитель – канд. техн. наук Т. В. Сафронова

**СВАРКА ВЗРЫВОМ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ И НИОБИЯ**

И. Д. Кучумова, О. Э. Матц, В. С. Миллер, О. А. Рубцова  
Новосибирский государственный технический университет

Одним из методов соединения разнородных материалов является сварка взрывом. Такие биметаллы, полученные сваркой взрывом, обладают высокой коррозионной стойкостью и низкой токсичностью, поэтому могут использоваться в биомедицине и химической промышленности.

В данной работе рассматривается процесс сварки взрывом фольги ниобия размерами 50x50x0,1 мм и пластины нержавеющей стали размерами 70x70x3мм. Пластины соединялись по технологии подводной сварки взрывом, которая позволяет гибко регулировать параметры сварки. Сварка взрывом фольги ниобия и пластины нержавеющей стали производилась в университете г. Кумамото (Япония).

Полученный материал исследовался методами оптической микроскопии, растровой электронной и просвечивающей электронной микроскопии. Шлифы для растровой электронной микроскопии и оптической микроскопии были подготовлены по стандартной технологии. Образцы для просвечивающей электронной микроскопии готовили в несколько этапов, после которых были получены тонкие диски толщиной 20-200 мкм с небольшим отверстием в центре, края которого имели толщину менее 100 нм. Для оценки механических свойств полученного материала использовался метод измерения микротвёрдости по Виккерсу.

Исследования на оптическом микроскопе позволили установить, что граница раздела имеет типичную для сварки взрывом волнообразную морфологию. На растровом электронном микроскопе были исследованы вихревые зоны, образовавшиеся в вершинах и впадинах. Эти зоны представляют собой области, в которых происходило перемешивание двух материалов – ниобия и нержавеющей стали. Исследования зон перемешивания при помощи просвечивающей электронной микроскопии показали, что материал в этих участках находится в аморфном состоянии. Косвенным подтверждением формирования аморфной фазы являются высокие значения микротвёрдости вихревых зон.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент И. А. Батаев

## **ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ**

Е. Ю. Лапушкина, В. С. Миллер, М. К. Тютюнькова  
Новосибирский государственный технический университет

Для продления срока службы ответственных конструкций и деталей машин на их поверхности формируют твердые и износостойкие покрытия. Эффективный метод нанесения покрытий – воздушно-плазменное напыление порошковых материалов.

Предварительные испытания показали, что оптимальными режимами плазменного напыления для выбранного порошка являются: сила тока – 140 А, напряжение – 265 В. Дистанция напыления – 170 мм. В качестве плазмообразующего и транспортирующего газов использовалась смесь воздуха и пропан-бутана, в качестве защитного – пропан-бутан.

В настоящей работе будут рассмотрены особенности структурных превращений, происходящие в плазменных самофлюсующихся покрытиях при последующем нагреве. Будет исследовано влияние температуры нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения на структурные превращения. Кроме того, будут проведены триботехнические испытания с определением износостойкости в различных условиях абразивного изнашивания (трение скольжения, трение о нежестко закрепленные частицы абразива, трение о закрепленные абразивные частицы). Полученные данные позволят подобрать режимы оплавления полученных покрытий.

Основными методами исследований, которые необходимы для выполнения работы, являются: оптическая микроскопия, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, микрорентгеноспектральный и рентгенофазовый анализ, триботехнические испытания и измерение микротвердости.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е.Е. Корниенко

## МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ФТОР- И ХЛОРКАУЧУКОВ

В. Е. Левич, Т. А. Суставова

Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Целью является разработка материала из смеси хлоркаучука и фторкаучука, с улучшенными физико-химическими и механическими свойствами, в сравнении с использованием монокаучуков.

Объектом исследования служили пленки полученные из хлоркаучука Pergut S40, фторкаучука СКФ-26 и их смеси в соотношении 1:5 соответственно.

Преимуществами использования хлоркаучука является его высокая адгезия к различным материалам, негорючесть, высокая химостойкость и низкая себестоимость. Недостатком хлоркаучука является хрупкость; в результате требуется введение в рецептуру покрытий пластификаторов, в частности, хлорпарафинов. Фторкаучук, также обладая высокой химостойкостью, негорючестью, имеет существенные преимущества в показателях теплостойкости, морозостойкости, эластичности и износостойкости. Однако существенными недостатками фторкаучука являются низкая адгезионная способность и высокая стоимость.

Нами была определена оптимальная концентрация каучуков в растворе. С помощью параметром растворимости Хансена были определены наиболее эффективные растворители и смеси растворителей для полученного материала. Образец, полученный из смеси данных каучуков обладает всем преимуществами этих каучуков при отсутствии их недостатков. Кроме того показано, что вулканизатор АГМ-9 усиливает прочностные характеристики материала, полученного из смеси изучаемых каучуков. Полученные результаты сведены в таблице.

Образец	Адгезия, МПа	Прочность, МПа	Эластичность, %	Себестоимость, руб./кг
Pergut S40	1,13	0	0	200
СКФ-26	0,7	3	800	1500
Смесь Pergut S40 и СКФ-26	0,95	7,27	150	

Научный руководитель – канд. хим. наук, доцент И. И. Осовская

## **ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТИТАН-СТАЛЬ МЕТОДОМ СВАРКИ ВЗРЫВОМ**

Ю. Н. Малютина, К. А. Скороход  
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время композиты типа «титан - сталь» представляют большой научный и промышленный интерес. Преимущественно, такие соединения получают методами сварки давлением, в том числе и сваркой взрывом. Анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что наибольший объем исследований посвящен формированию и исследованию двух- и/или трехслойных композиционных материалов типа «титан - сталь». Вопросы формирования многослойных пакетов из пластин титана и стали и анализ их структуры и свойств, в свою очередь, являются недостаточно проработанными.

Таким образом, целью данной работы являлось получение методом сварки взрывом многослойных материалов «титан - сталь» с повышенным комплексом механических свойств.

Сварку взрывом проводили в Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН. Многослойный композит формировался следующим образом. В качестве основных материалов были выбраны пластины высокопрочного титана марки ВТ23 и стали 65Г. Толщина пластин титана и стали составляли 3 мм и 1,5 мм соответственно. Для увеличения вязких характеристик при одновременном сохранении показателей прочности, между пластинами основных материалов устанавливали тонколистовые пластины титана ВТ1-0 и стали О8ПС. Сварка взрывом всех пластин осуществлялась за один этап.

Результаты оптической микроскопии показали, что в сформированном многослойном композите типа «титан - сталь» отсутствуют дефекты в виде трещин. Отдельные поры, образовавшиеся в сварных швах вихревого строения между ВТ23 и ВТ1-0, свидетельствуют о происходящем в процессе соударения пластин нагреве локальных участков материалов до температуры плавления и последующей кристаллизации. В центральной пластине титана ВТ23 зафиксированы полосы скольжения. Разрушения пластин в процессе сварки взрывом не образовалось.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор А. А. Батаев

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ Тi-Nf НА ТИТАНОВЫХ ПЛАСТИНАХ**

О. Э. Матц, П. Н. Комаров, И. Д. Кучумова  
Новосибирский государственный технический университет

Титановые сплавы применяются в таких отраслях техники как самолёто- и ракетостроение, энергетика и т.д., что обусловлено отличными механическими свойствами и высокой коррозионной стойкостью. Сплавы титана с гафнием применяются в биомедицине в связи с высокими показателями прочности, коррозионной стойкости и пластичности. В данной работе исследуется возможность получения покрытий системы Ti-Nf, используя порошок гафния и подложки из технически чистого титана. Методом электронно-лучевой наплавки гафния на титан, был получен материал с улучшенным комплексом механических свойств.

Наплавка производилась в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН на ускорителе электронов ЭЛВ-6. Для предотвращения взаимодействия расплавленного металла с воздушной атмосферой использовались защитную среду - аргон.

На оптическом микроскопе были проведены исследования микроструктуры. В наплавленном слое толщиной 1,75 мм не обнаружены поры и микротрещины. Методом микрорентгеноспектрального анализа определена концентрация гафния, которая составила 8,1 % (вес.). На основании диаграммы состояния Ti-Nf, можно сделать вывод, что в процессе кристаллизации сначала выделяется высокотемпературная  $\beta$ -фаза, представляющая собой твёрдый раствор Nf в Ti. Из-за высокой скорости охлаждения, переход  $\beta$ -фазы в  $\alpha$ -фазу происходит по мартенситному механизму. Для того, чтобы оценить микротвёрдость наплавленного слоя, применили метод определения микротвёрдости по Виккерсу, значение твёрдости наплавленного слоя превышает значение твёрдости материала основы.

Таким образом, метод электронно-лучевой наплавки позволяет получать бездефектные покрытия системы титан-гафний на пластинах чистого титана.

Научный руководитель – канд. техн. наук И. А. Батаев



## САМОФЛОСУЮЩИЕСЯ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ

В. С. Миллер, О. А. Рубцова, В. А. Безрукова  
Новосибирский государственный технический университет

Сплавы на основе никеля обладают уникальными свойствами. Они имеют высокую износостойкость, устойчивы к химической коррозии и окислению [1]. Для формирования поверхностных слоёв из самофлосующихся сплавов на деталях машин из низкоуглеродистых сплавов широкое применение нашло плазменное напыление.

Цель работы заключалась в оптимизации режимов плазменного напыления покрытий из самофлосующегося сплава ПР-Н77Х15СЗР2-3.

Покрытия формировали на трубах из низкоуглеродистой стали 20. Ток дуги составлял 100, 140, 170, 200 и 230 А. В первом случае добавку пропан-бутана использовали в качестве защитного, транспортирующего и фокусирующего газов, во втором случае – лишь в качестве защитного газа. Дистанция напыления составляла 170 мм.

В результате проведенных исследований было установлено, что использование пропан-бутана только в качестве защитного газа (второй случай) снижает мощность плазменной струи, и, как следствие, уменьшает степень прогрева частиц. В результате, в покрытии наблюдается значительное количество непроплавленных частиц. И в том и в другом случае, увеличение тока дуги способствует повышению значений микротвердости, уменьшению количества непроплавленных частиц, и как, отрицательный фактор, увеличению пористости. Кроме того, повышение значений тока дуги более 200 А приводит к возникновению высокого уровня напряжений в покрытиях и их отслоению.

Полученные данные свидетельствуют о том, что целесообразно проводить напыление на токах не более 200 А и использовать пропан-бутан в качестве защитного, транспортирующего и фокусирующего газов.

---

1. Методы исследования материалов: Структура, свойства и процессы нанесения неорганических покрытий./Тушинский Л.И., Плохов А.В., Токарев А.О., Синдеев В.И. – М.: Мир, 2004. – 384 с.: ил.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е. Е. Корниенко

## **ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

Р. А. Миллер, Ю. О. Клишкин

Новосибирский государственный технический университет

Основная масса деталей машин и изделий при эксплуатации разрушаются вследствие их износа. Процесс цементации – традиционный способ поверхностного упрочнения сталей, имеющий существенные недостатки, такие как длительность процесса и невозможность обработки достаточно крупных изделий.

Указанных недостатков лишены технологии высокоэнергетического воздействия на материал. На современном производстве для поверхностного упрочнения материалов успешно используются такие технологии, как лазерная обработка, плазменная и электродуговая наплавка.

В настоящей работе насыщение низкоуглеродистой стали углеродом осуществлялось на специально спроектированной и изготовленной экспериментальной установке. Источником энергии служил ламповый генератор марки ВЧГ 6-60/0.44 (рабочая частота  $440 \cdot 10^3$  Гц). Величина удельной мощности нагрева изменялась в интервале  $150 \dots 400$  МВт/м<sup>2</sup>. В качестве основного материала использовали образцы из стали 20 (содержание углерода ~ 0,2 %). Скорость перемещения обрабатываемых образцов относительно индуктора находилась в интервале от 0,020 до 0,100 м/с.

Структурные исследования показали, что при оплавлении токами высокой частоты углеродной порошковой смеси на стали 20 образуется высокоуглеродистый слой, толщина которого достигает 500 мкм. Такая толщина упрочненной поверхности не может конкурировать толщинами, которые позволяют получать традиционные способы цементации (до 1,5 мм). Это связано, в первую очередь, с малым временем протекания процессов диффузии. Известно, что предварительное воздействие на поверхность материала (ультразвуковая обработка, импульсная пластическая деформация и др.) ускоряет диффузионные процессы. В связи с этим, дальнейшее исследование будет связано с установлением влияния предварительной пластической деформации поверхности на процессы диффузии при высокоэнергетическом скоростном насыщении углеродом низкоуглеродистых сталей.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Н. В. Плотникова

## **УПРОЧНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ ТИТАН- УГЛЕРОД-ВАНАДИЕВОЙ ПОРОШКОВОЙ КОМПОЗИЦИИ**

Д. О. Муль, М. С. Королева

Новосибирский государственный технический университет

Проблема повышения триботехнических свойств конструкционных материалов, предназначенных для изготовления крупногабаритных изделий, работающих в условиях абразивного изнашивания, остается до сих пор открытой. Повышение износостойкости отмеченных изделий традиционными способами является довольно затруднительной задачей, которую целесообразно решать путем нанесения упрочняющих покрытий с использованием методов высокоэнергетической обработки.

Известно, что формирование в поверхностных слоях стальных заготовок карбидов металлов переходных (4-6) групп периодической системы химических элементов приводит к значительному увеличению их износостойкости.

В настоящей работе исследуются покрытия, полученные методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки смеси порошков ванадия, титана и углерода. В качестве основы были использованы пластины из стали 40Х размерами 50\*100\*12 мм. Обработка поверхности проводилась в режиме сканирования электронным пучком, энергия которого составляла 1,4 МэВ, а ток был равен 26 мА. Заготовка перемещалась относительно пучка электронов со скоростью 1 см/с.

Металлографические исследования показали, что толщина наплавленного слоя составила 2,3 мм. Четкой границы раздела между покрытием и основным металлом выявлено не было. Структура легированного слоя состоит из частиц карбидов титана, легированных ванадием, и эвтектики, состоящей из феррита и пластинчатых карбидов титана. Износостойкость материала определялась в условиях трения о закрепленные и нежестко закрепленные частицы абразива. Было показано, что поверхностное легирование позволяет повысить сопротивление материала абразивному изнашиванию в ~ 2 раза.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. А. А. Батаев

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ МАСС ИЗ НИЗКОПЛАСТИЧНЫХ СУГЛИНКОВ**

Н. Ю. Николаев

Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск

Специфической особенностью производства керамических стеновых материалов в Новосибирской области является использование в качестве основного компонента шихты низкопластичных суглинков с высоким содержанием кварцевых включений.

При производстве керамических изделий из таких масс методом пластического формования определяющее значение приобретают структурно-механические характеристики шихты. Процессы формования оказывают непосредственное влияние на качество и основные механические свойства стеновой керамики.

В свою очередь структурно-механические характеристики масс определяются соотношением реологических свойств, таких как упругость, пластичность, вязкость и прочность (II аксиома реологии). У одного и того же материала в зависимости от внешних условий в большей или меньшей мере могут проявляться различные реологические свойства.

Таким образом, актуальной становится проблема определения оптимальных свойств масс на основе низкопластичных суглинков для пластического формования, с целью получения высококачественной продукции.

На основании экспериментальных данных, полученных методом пластометрии, проведены исследования и сделаны выводы о влиянии процентного содержания комплексной органоминеральной добавки на оптимальную влажность и пластическую прочность шихт.

Также на пластометре с параллельно-смещающейся пластиной конструкции Д.М.Толстого проведена серия экспериментов направленных на установление влияния содержания комплексной органоминеральной добавки и влажности масс из низкопластичных суглинков на изменение структурно-механического типа шихт по тройной диаграмме развития деформаций.

Сделаны соответствующие выводы по оптимальному процентному содержанию комплексной органоминеральной добавки и ее влиянию на формовочные и реологические свойства шихт на основе низкопластичных суглинков Камышевского месторождения.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. С. А. Шахов

## ЗАВИСИМОСТЬ ТОЛЩИНЫ ИНТЕРМЕТАЛЛИДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ В СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТАХ «НИКЕЛЬ - АЛЮМИНИЙ»

Д. Д. Пахомов

Новосибирский государственный университет

Интерметаллиды являются перспективными материалами, обладающими уникальным сочетанием высокой твердости, высокого предела текучести и легкости, что обуславливает широкие возможности их применения. Данная работа посвящена исследованию одного из наиболее востребованных интерметаллидов – алюминида никеля.

При синтезе интерметаллидных материалов важным фактором, влияющим на скорость образования интерметаллида, является наличие оксидных пленок на исходных металлах.

Гипотеза данной работы: наличие оксидной пленки на одном из металлов слоистого композита обуславливает снижение скорости образования интерметаллидной прослойки и уменьшения ее толщины по мере увеличения температуры, при которой был предварительно окислен исходный металл.

Таким образом, целью данной работы является изучение особенностей роста интерметаллида в слоистом композите «Ni - Al» при наличии оксидной пленки на никеле.

В результате термической обработки биметаллического композита «Ni - Al» при температуре 620 °С на границе соединения металлов получена интерметаллидная прослойка, состоящая из соединений  $NiAl_3$  и  $Ni_2Al_3$ . При исследовании области структурных преобразований выявлено, что оксидная пленка, образующаяся при температуре выше 200 °С, препятствует диффузии атомов на границе раздела металлов, вследствие чего снижается толщина интерметаллида. Оксидная пленка, образованная при температуре 400 °С и выше сводит интенсивность диффузионных процессов к нулю. Предложенная гипотеза, таким образом, подтверждается. Дополнительно, в ходе работы изучены механические свойства полученного слоистого композита.

Полученные результаты позволят минимизировать производственные затраты при подготовке исходных металлов для получения слоистых композиционных интерметаллидных материалов.

Работа выполнена на базе Центра нанотехнологий НГТУ.

Научный руководитель – Т. С. Самейцева

## **ПРОИЗВОДСТВО МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ ИЗ ГОРЕЛОЙ ПОРОДЫ КИЛЬДЯМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА**

Е. И. Протодьяконов

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,  
г. Якутск

В районах Дальнего Востока, где тарифные ставки очень высоки и доставка материалов сопряжена с большими затратами. Так, доставка 1 т цемента превышает в 3 раза его стоимость. В то же время в Республике Саха (Якутия) имеются значительные запасы природного сырья, потенциально пригодные в качестве добавок к портландцементу для улучшения его свойств и снижения затрат на его производство и применение. В целях экономии и упрощения производства модифицированного портландцемента, исходя из вышеизложенного литературного анализа, следует ввести в обычный портландцемент активную минеральную добавку с гидравлическими свойствами. Одной, из которых является горелая порода из Кильдямского месторождения..

Таким образом, целью данной работы было создание модифицированной добавки, которая позволит сэкономить вяжущее вещество, при этом не только сохранить основные свойства бетона, но и улучшить их. Заменить данной добавкой можно до 20% цемента. По данным исследователей таких как, Книгина Г.И. и Сиверцев Г.Н., горелые породы могут использоваться как заполнители для бетонов, в виде АМД в бетон, а также в качестве компонента композиционных вяжущих в сочетании с гипсом и известью. Использование горелых пород в качестве АМД возможно благодаря их пуццолановой активности, которая обусловлена наличием нескольких активных компонентов:  $nAl_2O_3$ ;  $nSiO_2$ ;  $Fe_2O_3$ .

В ходе данной работы создан для исследования прочностных характеристик цемента были подобраны составы и изготовлены образцы-кубы 7х7х7 см. После предварительного твердения в стандартных условиях в течение 28 суток были проведены испытания. После испытаний было видно, что при замене 20 % портландцемента на модифицирующую добавку на основе горелой породы Кильдямского месторождения, удалось увеличить предел прочности на сжатие до 20% (30МПа с использованием добавок и 25МПа на чистом цементе).

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А. Д. Егорова

**ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА  
И ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ ХРУПКОЙ КЕРАМИКИ  
ИЗ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО  
ОКСИДОМ МАГНИЯ**

А. Д. Пшеничный, Н. Л. Савченко, И. Н. Севостьянова  
Институт прочности и материаловедения СО РАН  
Томский государственный университет

Исследование эволюции повреждений в объеме пористого хрупкого материала на разных масштабных уровнях и последующего разрушения в зависимости от скорости деформирования, стесненности деформации и др. представляет значительный интерес с точки зрения возникновения иерархии структур деформации и разрушения в хрупких материалах (керамиках, горных породах).

В данной работе проведено изучение взаимосвязи между такими параметрами как пористость, предел прочности при сжатии, эффективными модулями Юнга и сдвига, а также структурами разрушения и деформации в объеме керамики из  $ZrO_2 - 3 \text{ вес. \% MgO}$ .

Анализ кривых напряжение-деформация показал, что имеет место переход от типично хрупкого разрушения для относительно плотной керамики до псевдо-пластичного при высокой пористости. Значение пористости существенно влияет на исследованные свойства керамики. Значения предела прочности при сжатии, эффективных модулей упругости и сдвига, а также коэффициента Пуассона уменьшаются с увеличением объема порового пространства керамик, что коррелирует с появлением множественного растрескивания в ходе деформации керамики из диоксида циркония. Величина твердости по Виккерсу (8000-3500 МПа) и коэффициента вязкости разрушения ( $2,1-1,9 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ ) линейно уменьшались с ростом величины пористости от 10% до 60%.

В работе установлено, что характер разрушения образцов  $ZrO_2$  зависит от объема порового пространства. В керамике до 20% пористости наблюдается типично хрупкое разрушение образцов с формированием большого количества осколков. Выше 20% пористости наблюдается псевдопластичное разрушение, за счет формирования множественного растрескивания в объеме образцов диоксида циркония. В Объем материала наблюдается формирование зоны разрушения в виде усеченного конуса с углом раствора около  $60^\circ$ , при этом основание конуса лежит практически в плоскости неподвижного захвата.

Научный руководитель – канд. техн. наук И. Н. Севостьянова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ПОКРЫТИЙ Ni-Al, ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

О. А. Рубцова, И. Д. Кучумова, П. А. Рябинкина  
Новосибирский государственный технический университет

Известно, что интерметаллиды Ni-Al обладают высокой коррозионной стойкостью, жаростойкостью и жаропрочностью [1]. Сочетание этих свойств, а так же относительно низкая плотность, объясняет их широкое использование, как конструкционных материалов. Одним из способов формирования покрытий из Ni-Al является плазменное напыление.

Цель работы - оптимизация режимов плазменного напыления покрытий из интерметаллида Ni-Al.

В качестве объектов исследований использовали интерметаллидные покрытия из порошка марки ПН85Ю15. Покрытия наносили на стальные трубы при помощи технологии плазменного напыления в Институте прикладной и теоретической механики СО РАН. Режимы напыления, а так же полученные характеристики приведены в таблице.

Таблица – Режимы и характеристики плазменных покрытий из Ni-Al.

Ток дуги, А	Поры и выкрошившиеся частицы, %	Средняя микротвердость, HV		Нерасплавленные частицы, %
		покрытие	сталь	
Защитный, транспортирующий и фокусирующий газы – смесь воздуха и пропан-бутана				
200	13.46	630	156	5.3
170	16.71	681	172	5.6
140	19.53	745	219	8.7
100	21.38	581	186	3.9
Защитный газ - смесь воздуха и пропан-бутана; транспортирующий и фокусирующий газы – воздух				
200	5.77	482	132	4,7
170	8.28	630	150	5,1
140	9.79	590	169	7,3

Полученные данные свидетельствуют о том, что с позиции повышения микротвердости, снижения пористости и максимального проплавления частиц в плазменном потоке целесообразно проводить напыление на токах не менее 170 А и использовать пропан-бутан только в качестве защитного газа.

1. Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.:МИСИС,1999. 416 с.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е. Е. Корниенко



## **ИЗНОСОСТОЙКИЕ НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ, АДАПТИРУЕМЫЕ К МЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ТРЕНИЯ**

В. С. Сергевнин, О. Н. Саргаева

Национальный исследовательский технологический университет  
«МИСиС», г. Москва

Анализ современного состояния в области защиты деталей механизмов от изнашивания свидетельствует о том, что на сегодняшний день не существует подходов, позволяющих создавать износостойкие покрытия, способные эффективно работать в меняющихся условиях трения. Связано это с тем, что изнашивание является сложным процессом, и его интенсивность зависит от большого количества параметров, в то время как различные классы современных износостойких покрытий направлены на защиту от какого-либо определенного вида внешнего воздействия. Целью данной работы является создание износостойких покрытий, которые в силу своих свойств будут способны работать в меняющихся условиях трения и поэтому иметь широкую область возможных применений.

Разрабатываемые покрытия наносятся методом ионно-плазменного вакуумно-дугового напыления, имеют состав Ti-Al-Mo-N и характеризуются нанокристаллической (с размером зерна порядка 30 – 40 нм) структурой и слоистой (толщина слоя совпадает с размером зерна) архитектурой с чередованием слоев из сложного нитрида  $Ti_xAl_{1-x}N$  и нитридов MoN и Mo<sub>2</sub>N.

Проведенные в рамках данной работы исследования образцов покрытий, полученных при различных условиях нанесения, показали, что благодаря особенностям состава и структуры нанокристаллические слоистые покрытия Ti-Al-Mo-N обладают сочетанием высоких значений твердости (до 40 ГПа) и вязкости (относительной работой пластического деформирования до 60 %), а также характеризуются низким коэффициентом трения (до 0,35), в том числе при температурах, достигающих 500 °С, за счет образования в контактной зоне трущейся пары твердой смазывающей фазы – оксида молибдена MoO<sub>3</sub>, являющегося фазой Маньели, обладающей низким усилием сдвига атомных плоскостей.

Такое сочетание свойств придает данным покрытиям высокую износостойкость в различных условиях трения – при постоянных и знакопеременных нагрузках, при абразивном истирании и трении скольжением, в том числе при работе в химически агрессивных средах и в условиях высоких температур.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. И. В. Блинков

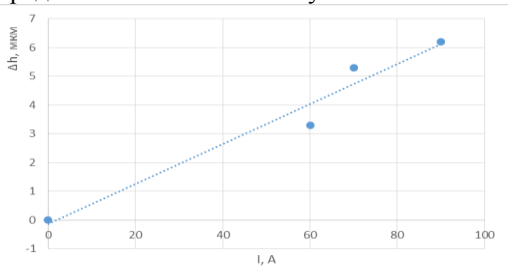
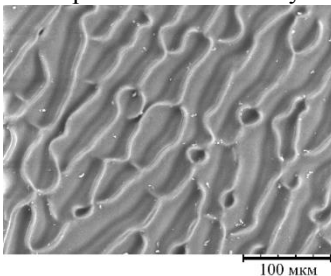
## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНА ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

А. С. Смаилов, А. В. Казаков

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Электронные пучки средних энергий, генерируемые в форвакуумном диапазоне давлений, можно использовать для поверхностной модификации полимерных материалов, так как за счет возникновения пучковой плазмы снимается проблема накопления заряда на облучаемых диэлектрических образцах. При энергии электронов, составляющей единицы килоэлектронвольт, длина свободного пробега в материале составляет величину порядка нескольких микрометров, что позволяет эффективно использовать электронные пучки с такой энергией для поверхностной модификации материалов.

В данной работе представлены результаты исследований свойств поверхности полипропилена, подвергнутого облучению импульсным электронным пучком с энергией до 10 кэВ, током пучка до десятков ампер и длительностью импульса порядка сотен микросекунд в форвакуумном диапазоне давлений (5-8 Па). Генерация пучка осуществлялась в системе с плазменным катодом на основе дугового разряда с катодным пятном [1]. При исследованиях обнаружено, что при облучении полипропилена электронным пучком возникает шероховатость поверхности, которую возможно «регулировать» изменением тока пучка и прочих равных параметров. Обнаруженная зависимость перепада высот поверхности полипропилена от тока пучка представляет собой линейную зависимость.



Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК.2253.2014.8.

1. Форвакуумный импульсный плазменный источник электронов на основе дугового разряда/А.В. Казаков, В.А. Бурдовицин, А.В. Медовник, Е.М. Окс //Приборы и техника эксперимента.-2013.-Вып.6.-С.50-53

Научный руководитель – канд. техн. наук А. В. Медовник

## **ОСОБЕННОСТИ ПСЕВДСПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И МЕДИ С СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕКОЙ СТРУКТУРОЙ**

Е. В. Соловьева, М. В. Козлова

Поволжский государственный технологический университет,  
г. Йошкар-Ола

В последние годы разработаны новые методы промышленного получения металлозаготовок с использованием процессов реакционного размола и последующего восстановления, высокая дисперсность структуры этих материалов достигается за счет процессов внутреннего окисления-восстановления. Высокая стоимость накладывает существенные ограничения на их широкое применение. Предложено использование псевдосплавов, главным структурным элементом является высокодисперсная и высокопрочная фаза с субмикроструктурной структурой, связанная с более легкоплавким металлом. Такие материалы получены инфильтрацией медным сплавом пористых заготовок на основе железа.

В настоящей работе изучались процессы, проходящие при инфильтрации заготовок, содержащих губчатое железо латунию. Инфильтрация проводилась на специальном испытательном стенде для определения параметров инфильтрации. В качестве материала для инфильтрации выступает латунь Л63.

У образцов исследовалась микроструктура, были проведены измерения микротвердости отдельно на железной частице, на губчатом железе и на медной фазе, проведен анализ химического состава образцов после инфильтрации.

При использовании крупных порошков железа возможно создание композиций оксид – порошок железа – ФФС для получения изделий сложной формы с достаточным уровнем механических свойств. Испытания на микротвердость показали, что при увеличении времени выдержки при установившейся температуре, значения микротвердости частиц железного каркаса не изменяется, а губчатого железа и медной фаз увеличиваются. Структура композиций после инфильтрации определяется кинетикой процессов инфильтрации, а также процессов взаимного растворения компонентов псевдосплава.

Научный руководитель – д-р техн. наук В. А. Довыденков

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭПОКСИДНАЯ СМОЛА/ТЕРМОРАСШИРЕННЫЙ ГРАФИТ**

К. В. Тихонина, М. А. Немцова  
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время исследования в области получения наполненных пластиков движутся в сторону использования новых наноструктурированных наполнителей на основе углеродных наноматериалов: углеродных нановолокон, углеродных нанотрубок, графеноподобных материалов и т.д. К классу современных углеродных материалов можно отнести и терморасширенный графит. Это сравнительно новый материал, который может значительно потеснить позиции углеродных нанотрубок, в качестве армирующих добавок. Одним из новых направлений в технологии наполненных пластиков является создание проводящих композитов для защиты от электромагнитного излучения и создания антиэлектростатических покрытий. Однако, технологические основы создания таких пластиков на основе терморасширенного графита пока еще не созданы и этот вопрос подлежит детальному исследованию.

В соответствии с вышесказанным, целью настоящей работы является получение термостойких эпоксидных композитов на базе терморасширенного графита с заданной электрической проводимостью в диапазоне  $10^{-2}$ - $10^{-8}$  См/м в области защиты от электромагнитного излучения и в качестве антиэлектростатических покрытий.

Несмотря на то, что ТРГ является высококачественным материалом с высокой степенью графитации, проводимость композитов на базе ТРГ не является столь высокой по сравнению с композитами на основе углеродных нановолокон или углеродных нанотрубок. Предположительно, электрофизические свойства исследуемых композитов могут быть существенно повышены за счет управления параметрами смешения компонентов и модифицирования наполнителя.

В заключение стоит отметить, что ТРГ является перспективным материалом для использования в качестве наполнителя эпоксидных композитов. Дальнейшие исследования позволят установить оптимальные параметры получения композитов на базе ТРГ, а также улучшить свойства материалов.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А. Г. Баннов

## МЕХАНИЗМ РОСТА НИТЕВИДНЫХ НАНОРАЗМЕРНЫХ КРИСТАЛЛОВ ЖЕЛЕЗО-КОБАЛЬТОГО СПЛАВА

С. Н. Ушакова

Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону

Процесс осаждения нитевидных кристаллов металлов в двухслойной электролитической ванне происходит в условиях, характеризующихся наличием углеводородной среды, контактирующей с электролитом, высоким содержанием поверхностно-активных веществ и вращением катода, поверхность которого подвергается непрерывной пассивации..

При изменении условий электролиза происходит осаждение кристаллов сплава различной формы и структуры. Увеличение до определенных пределов поляризации катода приводит к существенному изменению морфологии порошковых частиц: кристаллизация нитевидных кристаллов сменяется выделением порошковых осадков с подавляющим содержанием нитевидных дендритных частиц и дендритов. Развитие нитевидных кристаллов сплава происходит в направлении  $[011]$  заполнением кристаллографических плоскостей  $(011)$ , а рост нитевидных дендритных кристаллов обеспечивается послойной кристаллизацией плоскостей семейства  $(111)$ . Структура нитевидных кристаллов железо-кобальтового сплава, при содержании кобальта до 79% мас., характеризуется объемно-центрированной кубической ячейкой, в которой наиболее плотно упакованными, являются плоскости типа  $(011)$ .

Таким образом, характерной особенностью роста одноосных нитевидных кристаллов в двухслойной электролитической ванне является тот факт, что кристаллизация осуществляется при низких перенапряжениях путем послойного заполнения наиболее плотно упакованных кристаллографических плоскостей. Рост дендритных нитевидных кристаллов происходит в направлении узловых прямых, обладающих наибольшей плотностью атомов.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е. И. Бубликов

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ СПЛАВА Ti-40мас.% Nb ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

М. А. Химич, И. А. Глухов, А. В. Беляков, И. С. Лаптев  
Институт физики прочности и материаловедения, г. Томск  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Новосибирский государственный технический университет

Наиболее близкими по механическому поведению к костной ткани являются сплавы с низким модулем упругости, к которым относится сплав системы Ti-Nb. Используя разные режимы термомеханической обработки, можно оптимизировать фазовый состав и физико-механические свойства сплавов системы титан-ниобий. Целью данной работы стало исследование изменения фазового состава, модуля Юнга и микротвердости сплава Ti-40мас.% Nb в результате интенсивной пластической деформации (ИПД).

В работе исследовался сплав Ti-40мас.% Nb в литом состоянии, закаленный при 1100 °С в течение 1 часа с последующими “9 abc”-прессованием и прокаткой. Оценивались изменения микроструктуры, фазового состава, модуля Юнга и микротвердости сплава после внешних воздействий.

Микроструктура сплава в литом состоянии представляет собой зерна  $\beta$ -фазы, имеющие четкие границы. Рентгеноструктурный анализ (РСА) показал, что в сплаве, помимо  $\beta$ -, присутствует и  $\alpha$ "-фаза. Значение модуля Юнга составило 86,5 ГПа, а микротвердости – 3220 МПа.

Микроструктура сплава после закалки представлена не только зернами  $\beta$ -фазы, но и ярко-выраженными мартенситными иглами  $\alpha$ "-фазы. Подобный результат подтверждается результатами РСА. Значение модуля Юнга, по сравнению с литым состоянием, снизилось до 73 ГПа, а микротвердость – до 1790 МПа.

Микроструктурный анализ закаленного сплава после ИПД показал только наличие полос скольжения. По результатам РСА, сплав представлен  $\beta$ -фазой. Модуль Юнга составил около 79 ГПа, а микротвердость – 2980 МПа.

По результатам работы был сделан вывод о том, что ИПД приводит к изменениям фазового состава, незначительному изменению модуля Юнга и упрочнению сплава. Для снятия упрочняющих эффектов, требуется дополнительная термообработка, например, отжиг.

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Ж. Г. Ковалевская, д-р физ.-мат. наук, проф. Ю. П. Шаркеев, д-р техн. наук, проф. В.А. Батаев

## ФОРМИРОВАНИЕ АЛЮМИНАТА СТРОНЦИЯ $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ В СТРУКТУРЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Н. Ю. Черкасова, М. Ю. Перепелкин, Р. И. Кузьмин, А. О. Лазарев  
Новосибирский государственный технический университет

Одним из существующих способов повышения вязкости разрушения оксидной керамики является формирование в керамике структурных барьеров, сдерживающих, либо останавливающих рост трещины в материале.

В данной работе рассматривается способ создания в спеченном алюмоциркониевом материале барьеров в виде алюмината стронция  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  путем введения в суспензию соединения  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ .

Для достижения поставленной цели было предварительно синтезировано соединение  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ . Для синтеза  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  исходные материалы оксид алюминия и карбонат стронция смешивали в молярном соотношении 1:4. Производили их перемешивание в шаровой мельнице в течение 12 часов. Смесь порошков прессовали при давлении 10 МПа. Синтез производили при температуре 1100 °С в течение 6 часов в окислительной атмосфере.

Для получения керамического материала готовили суспензию на основе  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  и синтезированного прекурсора  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ . Проводили диспергирование суспензии в бисерной мельнице и дальнейшее гранулирование в распылительном сушиле. Полученный пресс-порошок прессовали методом одноосного формования при давлении 100 МПа. Спекание образцов осуществляли при температуре 1600 °С в течение 3 часов.

На основании микроструктурных исследований было выявлено формирование в керамическом материале зерен вытянутой формы длиной около 2,5 мкм и толщиной 0,35 мкм.

Рентгенофазовый анализ синтезированного соединения показал формирование только фазы  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ . После спекания конечного материала на рентгенограммах зафиксированы фазы  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $t\text{-ZrO}_2$  и  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$ .

При введении в алюмоциркониевую суспензию заранее синтезированного соединения  $\text{Sr}_3\text{Al}_2\text{O}_6$  в процессе спекания в структуре сформировался алюминат стронция  $\text{SrAl}_{12}\text{O}_{19}$  в форме игл. В дальнейших исследованиях планируется проведение испытаний на прочность и вязкость разрушения полученного материала.

Научный руководитель – канд. техн. наук С. В. Веселов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ

Д. С. Шапранко, О. Е. Майер, А. В. Асанова  
Кузбасский государственный технический университет  
им. Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

В данной работе представлены результаты исследования технологических свойств ВПС, получаемого из вышедших из употребления полипропиленовых мешков из-под аммиачной селитры.

Известно, что ВПС имеет повышенную склонность к деструкции в диапазоне температур переработки. Для оценки оптимальных режимов переработки ВПС большое значение имеет термостабильность расплава, а также энергия активации процесса деструкции. Данные характеристики определяли по значению ПТР при температурах 200 и 230 °С по стандартным методикам. Результаты представлены в табл.

Технологические характеристики исследуемого ВПС

Технологические характеристики	Температура исследования	
	200 °С	230 °С
ПТР, г/10мин	1,25	2,42
T, %	99,76	68,79
E, кДж/моль		
5 мин. выдержки в рабочей камере	30 мин. выдержки в рабочей камере	
	4,21	0,191

ПТР – показатель текучести расплава; T – термостабильность; E – энергия активации процесса деструкции.

В результате полученных экспериментальных данных установили, что исследуемое ВПС можно перерабатывать такими методами, как экструзия (в том числе выдуванием), литье под давлением (для данных методов переработки рекомендуются интервалы значений ПТР от 0,2 до 3,6 г/10 мин). Полученные значения термостабильности и энергии активации процесса деструкции позволили определить оптимальную температуру (200 °С) переработки и время пребывания материала в перерабатывающем оборудовании (5 мин).

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент О. В. Касьянова



## СИНТЕЗ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ДИБОРИДА ВАНАДИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ

Е. Ю. Юрова

Новосибирский государственный технический университет

Развитие новой техники во многом связано с созданием новых материалов, способных эксплуатироваться в условиях высоких скоростей, температур, механических нагрузок, и устойчивых к воздействию агрессивных сред. При разработке таких материалов внимание исследователей привлекают тугоплавкие соединения, среди которых важное место занимают бориды переходных металлов -  $MeB_2$ , в частности, диборид ванадия ( $VB_2$ ).

На кафедре химии и химической технологии Новосибирского государственного технического университета для синтеза боридов в качестве источника углерода используют нановолокнистый углерод (НВУ), удельная поверхность которого достигает  $200 \text{ м}^2/\text{г}$ .

При синтезе бориды ванадия карбидоборным методом исходная шихта состояла из порошков  $V_2O_3$ , НВУ и карбида бора ( $B_4C$ ). Карбид бора был получен синтезом из элементов с использованием НВУ.

Шихта для синтеза готовилась в соответствии со стехиометрией для данной реакции:  $0,5V_2O_3 + 0,5B_4C + C = VB_2 + 1,5CO$

Синтез проводился в индукционной тигельной печи (ИТП) в среде аргона при  $1500 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 30 минут.

Убыль массы составила 34,13 %, и почти совпала с теоретической (36,5%), что свидетельствует о полноте прохождения процесса.

Результаты рентгенофазового анализа (РФА) свидетельствуют о наличии в образце только одной фазы – бориды ванадия ( $VB_2$ ).

По результатам рентгеноспектрального флуоресцентного анализа установлено, что содержание ванадия в образце составляет 71,55%, что близко к расчетному – 70,22%.

По данным растровой электронной микроскопии образец представлен частицами с размером 3-5 мкм.

Удельная поверхность полученного порошка была определена по методу БЭТ и составила  $1,08 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Актуальность данной работы заключается в том, что использование НВУ в синтезе бориды ванадия дает предпосылки к получению чистого высокодисперсного вещества в одну стадию.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю. Л. Крутский

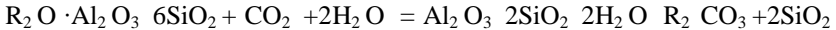
## КЕРАМИЧЕСКАЯ МАССА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА

В. П. Юшков

Юргинский технологический институт (филиал) Национального  
исследовательского Томского политехнического университета

Цель работы: Разработка состава керамической массы для производства кирпича с высокой прочностью на основе среднепластичной легкоплавкой глины, кальцийсодержащего электроплавильного шлака металлургического производства, микрокремнезема и отходов минераловатных плит.

В природе глина образуется в результате многолетнего разрушения горных пород по реакции:



Глинистое сырье Западной Сибири содержит менее 20% глинистых компонентов, менее 5% оксидов железа и является трудноспекающимся при температуре до 1000<sup>0</sup> С. Современным направлением регулирования технологических свойств керамических масс является введение в их дисперсный состав добавок поверхностно-активных веществ, электролитов или других веществ.

Известна керамическая масса для изготовления кирпича, включающая следующие компоненты, масс. %: среднепластичная легкоплавкая глина 85-95, отходы переработки твердых солевых алюмосодержащих шлаков 5-15. Недостатком указанного состава является относительно низкая морозостойкость и прочность на сжатие. [1]

Технический результат по повышению прочности на сжатие в нашем эксперименте достигался введением в известную керамическую массу, содержащую среднепластичную легкоплавкую глину и кальцийсодержащий электроплавильный шлак металлургического производства, микрокремнезем с содержанием, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 94,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,47; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,6; CaO – 0,36; MgO – 0,3; K<sub>2</sub>O – 0,07; отходов производства минераловатных плит с содержанием, мас. %: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 9,21; MgO – 18,03; MnO – 2,88; SiO<sub>2</sub> – 28,71; CaO – 20,17; TiO<sub>2</sub> – 3,75; и сульфатного мыла.

В составе такой керамической массы были использованы несколько видов промышленных отходов, что позволяет обеспечить улучшение экологии окружающей среды и расширить сырьевую базу строительной отрасли.

1. Патент РФ 2333898, опубл. 20.09.2008 МПК СО4В 33/138. Керамическая масса для изготовления / Д.Ю. Денисов, И.В. Ковков, Е.С. Абдрахимова, В.З. Абдрахимов.

Научный руководитель – канд. пед. наук В. Ф. Торосян

## ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗИФИКАЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ПОСЛЕПУСКОВЫХ РАБОТ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С. И. Белоусова

Омский государственный технический университет

В районах падения ступеней ракет для решения задач экологической безопасности, в том числе для уменьшения затрат послепусковых работ предлагается использовать технологию газификации для нейтрализации остатков токсичного ракетного топлива, попавших в почвогрунты, в топливных и двигательных отсеках ракет с маршевыми жидкостными двигателями (ЖРД) и их фрагментах. Данный метод нейтрализации основан на подаче специальных горячих газов с заданными физико-химическими свойствами, с дополнительным акустическим воздействием.

Актуальностью направления данного исследования является то что, в настоящее время разработано значительное количество методик [1] по нейтрализации токсичных отходов, что каждый из этих методов имеет существенные ограничения по условиям применения, резкое снижение эффективности при отклонении условий его использования от номинальных. Например, обезвреживание различных типов почвогрунтов при различных влажностях, температурах. В данном направлении ведут исследования студенты, магистранты, аспиранты, преподаватели Казахского национального технического университета имени Сатпаева, с которыми имеется сотрудничество. Данная работа поддерживается грантом уникального идентификатора прикладных научных исследований и экспериментальных разработок / проект RFMEF157714XO157.

В результате проведенного исследования был проведен патентно-информационный поиск по тематике исследования. Предложены новые методы реализации процесса нейтрализации почвогрунтов и разрушенных ступеней ракет от проливов компонентов ракетного топлива [2].

---

1. Шатров Я. Т. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности / Я. Т. Шатров.- Королев ; М. : ЦНИИмаш, 2010.-261с.

2. Трушляков В. И., Шатров Я. Т., Шалай В. В. Снижение техногенного воздействия ракетных средств выведения на жидких токсичных компонентах ракетного топлива на окружающую среду: монография/под ред. В.И, Трушлякова. Омск: из-во ОмГТУ, 2004. 220 с.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. И. Трушляков

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ К  
ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ, УСИЛЕННЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

Н. Е. Борисовская  
Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск

На сети железных дорог эксплуатируется большое количество железобетонных мостов разной степени поврежденности. В последнее время активно развивается направление усиления таких конструкций путем наклеивания различных композиционных материалов. Возникает необходимость в эффективной оценке качества ремонта и состояния усиленной конструкции.

Существует несколько методов неразрушающего контроля. Тем не менее, все эти методы требуют доступа к элементам конструкции и прямого контакта, что обычно является проблематичным.

Исследования российских и зарубежных ученых показали, что для выявления и оценки степени развития дефектов эффективным методом является инфракрасная термография, позволяющая дистанционно обнаруживать повреждения на большой площади конструкции в ее труднодоступных местах.

Для разработки практических методик применения инфракрасной термографии для оценки технического состояния мостов предполагается провести испытания с применением тепловизионного метода, где в качестве опытных образцов предполагается использовать свободно опертые железобетонные балки, усиленные композиционным материалом, прямоугольного сечения.

Планируется произвести измерения температурных полей поверхностей балок путем покадровой съемки. С помощью режима непрерывной съемки отследить динамику развития зон концентрации напряжений в процессе циклического нагружения. А также экспериментально показать, что простая технология позволяет в режиме реального времени оценивать состояние усиленного железобетонного железнодорожного моста с высокой эффективностью.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Л. Ю. Соловьев

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В РЕЗЬБОВОМ СОЕДИНЕНИИ В УСЛОВИЯХ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Л. Н. Вырмаскина

Самарский государственный технический университет

Разнообразие отраслей, в которых применяется резьбовое соединение, обширно. Это требует весьма точного определения возможностей деталей выдерживать различные виды деформирующих, динамических и постоянных нагрузок в различных условиях.

Данная работа посвящена решению задачи напряженного деформированного состояния резьбового соединения. Решение производилось в системе инженерного анализа ANSYS. В качестве модельного элемента был взят болт с метрической резьбой М6. Производилось построение геометрической модели по ГОСТ 9150-81, диаметром и шагами по ГОСТ 8724-81. В ANSYS был выбран элемент разбиения PLANE 42, подходящий для решений упругой, упругопластической и задачи ползучести. Прикладывались различные растягивающие нагрузки в диапазоне от 300 до 1000 МПа.

В качестве модельного материала болта использовалась сталь ЭИ696 при  $T = 700^{\circ}\text{C}$ . Для экспериментальных кривых ползучести была взята теория упрочнения. Выполнен ряд вариативных расчётов по определению напряжённого деформированного состояния в резьбовом соединении. Приводятся результаты расчётов.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент О. С. Афанасьева

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ЛИСТА

М. Г. Дятлов

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН  
Новосибирский государственный университет

В современном мире подавляющее большинство промышленных магнитопроводов являются шихтованными – спресованными из тонких листов электротехнической стали определенной формы. Для получения пластины определенной формы сталь подвергается механической обработке – резке. В силу ферромагнитных свойств материала при обработке разрушается доменная структура на поверхности разреза, что влияет на главную его характеристику – магнитную проницаемость.

Для обработки стали используются различные методы: нарубка штампом, нарезка на гильотине, лазерная резка, гидроабразивная резка, плазменная резка и другие. Чаще всего используются метод штамповки и лазерной резки. Разные методы обработки неодинаково влияют на магнитные свойства, однако влияние обработки стали на её магнитные свойства зачастую никак не учитывается, так как данный вопрос практически не исследован.

Целью данной работы являлось исследование изменения магнитной проницаемости электротехнической стали при её обработке в зависимости от метода резки. Для этого был собран прибор, позволяющий записывать кривую намагничивания для длинных узких образцов стали (максимальная ширина составляла 30 мм, высота 3 мм, минимальная длина – 300 мм). Сталь марки М1200-100А толщиной 1 мм была нарезана двумя методами: гильотинной и лазерной резками на узкие (1 – 6 мм) и широкие (28 – 30 мм) длинные пластинки. Чтобы изучить влияние длины разрезов на магнитную проницаемость, сначала была измерена кривая намагничивания широкого образца, а затем одновременно нескольких узких, по объему равных широкому. Таким образом были записаны кривые намагничивания  $B(H)$  и по ним определены магнитные проницаемости  $\mu(H)$ . После этого магнитные проницаемости широких и узких пластин были сопоставлены.

В ходе работы было выяснено, что оба вида резки уменьшают магнитную проницаемость электротехнической стали.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук А. А. Старостенко

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ АДСОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Д. Е. Захаров, А. А. Быков

Ивановский государственный химико-технологический университет

Ежегодно предприятия химической, гидрометаллургической, машиностроительной и других отраслей промышленности выбрасывают в окружающую природную среду значительное количество жидких отходов, содержащих в своем составе кислоты, щелочи, ионы тяжелых металлов и другие токсичные вещества. Работа посвящена повышению эффективности целлюлозосодержащего адсорбента на основе льняного волокна и хитозана. Полученный комплексный сорбент имеет твердую пористую структуру, высокую удельную поверхность и обладает хорошими ионообменными свойствами. Исследования, проведенные на приборе Quantochrome NOVA 1200e, показали, что удельная поверхность сорбента достигает  $15,9 \text{ м}^2/\text{г}$ , средний диаметр пор равен  $1,7 \text{ нм}$ , а общий объем пор составляет  $7,2 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{г}$  для пор диаметром менее  $183,8 \text{ нм}$ . Для обмена  $\text{RNa}^+ - \text{Cu}^{2+}$  значение обменной емкости сорбента составляет  $0,054 \text{ кг-экв/м}^3$ . Найденные равновесные зависимости удовлетворительно описываются уравнением изотермы Ленгмюра. Из анализа исследования кинетики ионного обмена сделан вывод об внутридиффузионном механизме процесса. Установлено, что коэффициент внутренней диффузии не является величиной постоянной, а возрастает по мере насыщения ионита целевым компонентом. Исследование динамики ионного обмена заключалось в снятии выходных кривых, на основании которых, определяли время защитного действия слоя сорбента, его динамическую обменную емкость до проскока ионов меди в фильтрате и рабочую обменную емкость. Опыты проводили в интервале концентрации раствора сульфата меди от  $0,005$  до  $0,002 \text{ кг-экв/м}^3$ . Рабочая обменная емкость сорбента не превышала  $4,7 \text{ кг-экв/м}^3$ . Установлено, что с ростом концентрации очищаемого раствора наблюдается сжатие в слое адсорбента фронта сорбции. Следовательно, на динамику процесса оказывает влияние кинетика ионного обмена. Отмечено, что при проведении ионного обмена в неподвижном слое сорбента движущийся раствор равномерно распределяется по сечению аппарата и не наблюдается образование каналов, что способствует эффективному проведению процесса.

Научный руководитель – д-р техн. наук С. В. Натарева

## МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГРАФИТОВ ОТ ПОВЕРХНОСТНОГО ОКИСЛЕНИЯ

Т. В. Кабанова

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Материалы на основе графита широко используются в различных областях промышленности. Основной проблемой использования графитов является их поверхностное окисление.

Снижению окисляемости графитов могут способствовать нанесение покрытий на поверхность графитов и пропитка различными составами.

### **Пропитка**

В качестве пропитывающих веществ применяют борсодержащие составы. Наилучшие результаты получены при использовании борной кислоты.

**Покрытия** различают по способу нанесения и составу.

*Плазменное напыление.* На поверхность графитированного электрода наносят защитное двухслойное плазменное покрытие, первый слой которого выполнен из алюминия или его сплава, содержащего 5...10% кремния, а второй – из электропроводного материала.

*Покрытие на основе боросиликатного стекла.* Основным достоинством покрытия является то, что химический и фазовый состав, структура, определяющие защитные свойства покрытия, формируются в процессах отвердевания и нагревания в условиях эксплуатации.

*Покрытия на основе жидкого стекла и техногенных отходов.* Покрытие двухслойное. Первый – тонкий слой жидкого стекла. Второй слой – пасты (жидкое стекло и техногенный отход в соотношении 1:1).

Наиболее эффективным из техногенных отходов оказался шлак MnC, отличающийся наибольшим содержанием карбидообразующих металлов ~95 % и отсутствием кислорода.

**Комбинированная защита** предполагает сочетание метода пропитки и нанесения покрытия.

*Выводы:*

- 1) Рассмотрены методы защиты графитов от окисления;
- 2) Предложено покрытие на основе жидкого стекла и техногенных отходов;
- 3) Опробована технология комбинирования методов антиокислительной защиты.

Научный руководитель – д-р техн. наук, ст. науч. сотр. Б. Ш. Дыскина



## **МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРИАЛА С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ**

М. В. Козлова, Г. С. Яндубаев

Поволжский государственный технологический университет,  
г. Йошкар-Ола

На сегодняшний день одними из самых распространенных материалов высокой проводимости, применяемых в промышленности, являются металлы, используемые в чистом виде, а именно цветные, черные металлы, а также их сплавы. Физико-механические свойства примененных материалов влияют на процессы, протекающие при работе электрических контактов.

В настоящее время разработка токопроводящих композиционных материалов осуществляется по двум направлениям: легирование композиции и измельчение структуры композиции. Получение фасонных заготовок и готовых деталей из функциональных композиционных наноматериалов является приоритетным направлением в данном вопросе. Материал на основе меди, оксида меди, легирующих элементов и терморезистивного связующего будет обеспечивать увеличение ресурса безотказной работы подвижных токопередающих устройств. При изучении механизма и кинетики процессов необходимо иметь особенности фазового равновесия. Основной причиной различия свойств дисперсных и макроскопических объектов является повышенная кривизна поверхностей твердых частиц. Применение в композиции оксида меди позволяет существенно снизить стоимость изделий. Полученные заготовки подвергаются термической обработке в три стадии. Структура композиции после I-й стадии термической обработки состоит из исходных частиц меди, смеси оксид – пироуглерод и небольшого количества мелкодисперсной восстановленной меди. После II-й стадии термообработки структура состоит из исходных частиц меди и высокодисперсной меди.

Таким образом, рассматриваемый метод получения медных порошковых заготовок дает возможность, как регулировать структуру материала, так и осуществлять его микролегирование нанодисперсным пироуглеродом.

Научный руководитель – д-р техн. наук В. А. Довыденков

## ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С ЭФФЕКТОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА

К. В. Кубрак

Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН  
Новосибирский государственный технический университет

Для увеличения поглощательной способности солнечных элементов и, как следствие, повышение их эффективности, в литературе предлагают использовать явление поверхностного плазмонного резонанса. Эффект плазмонного резонанса возникает при наличии металлических наночастиц в диэлектрической матрице. При совпадении частоты внешнего электромагнитного поля с частотой локализованного поверхностного плазмона возникает явление, приводящее к резкому усилению поля на поверхности частицы и увеличению сечения поглощения. Известно, что значения резонансных частот зависят, прежде всего, от параметров самих наночастиц, таких как размер, форма и материал. Варьирование этих параметров позволяет настраивать систему резонансов на эффективное взаимодействие со светом. Предложенный в данной работе метод газоструйного осаждения, позволит получить такие композитные покрытия, состоящие из наночастиц металла и кремниевой матрицы, и обладающие свойствами плазмонного резонанса.

Одной из основных проблем при получении таких покрытий является предотвращение коагуляции наночастиц металла и воздействий окружающей среды. Одним из путей решения является внедрение наночастиц в матрицу из прозрачного диэлектрика или покрытие наночастиц матрицей.

В представленной работе для этих целей использовались наночастицы серебра, покрытые матрицей из оксида кремния. Получение таких материалов было разделено на два этапа. Первый этап состоял в осаждении газоструйным методом наночастиц серебра на поверхность кремния, кварца и стекла, с последующим изучением оптических свойств полученных покрытий. Второй этап состоял в осаждении на наночастицы серебра матрицы кремния методом Hot Wire CVD и последующего её окисления и исследованием оптических свойств полученных покрытий.

В результате получили покрытия из наночастиц серебра в матрице окиси кремния, которые обладают свойствами плазмонного резонанса в оптической области спектра.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Н. И. Тимошенко

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ

В. В. Кузнецова

Новосибирский государственный технический университет

Развитие современной науки требует создания новых материалов, а также повышения качества уже существующих, которые обладают высокими прочностными характеристиками, способны эксплуатироваться при повышенных температурах и устойчивы к воздействию агрессивных сред. К числу таких материалов относится тугоплавкое соединение карбид циркония (ZrC).

На кафедре химии и химической технологии Новосибирского государственного технического университета получают водород селективным каталитическим пиролизом легких углеводородов. Другим продуктом процесса является нановолокнистый углерод, обладающий уникальными свойствами, в частности удельной поверхностью, достигающей 200 м<sup>2</sup>/г.

Шихта для синтеза ZrC готовилась в соответствии со стехиометрией по реакции:  $ZrO_2 + 3C = ZrC + 2CO$ .

Синтез ZrC проводился в печи Таммана в течение 2 часов при температурах 2000<sup>0</sup>С, 2100<sup>0</sup>С и 2200<sup>0</sup>С. Экспериментальная убыль массы (33,9, 34,5 и 34,4 %) практически совпадает с расчетной (35,2 %), что свидетельствует о практически полном протекании реакции во всем рассматриваемом диапазоне температур.

Пикнометрическая плотность образцов определена на гелиевом автоматическом пикнометре «Ultrapycnometer 1200е». Она близка к приведенной в справочной литературе (6,73г/см<sup>3</sup>).

Рентгенофазовым анализом установлено, что полученный материал во всех экспериментах состоит из одной фазы – карбида циркония.

Морфология поверхности и элементный состав образцов изучались на растровом электронном микроскопе (РЭМ).

На снимках РЭМ видно, что материал состоит из частиц размером 2-4 мкм, форма которых близка к сферической; частицы состоят из агрегатов.

Актуальность данной работы заключается в том, что использование НВУ в синтезе карбида циркония дает предпосылки к получению чистого и высокодисперсного вещества в одну стадию без дополнительного измельчения.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю. Л. Крутский

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОТОКА ТИТАНА ИЗ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ПОМОЩИ КВАРЦЕВЫХ МИКРОВЕСОВ.**

И. В. Курганский, Н. В. Нагирный  
Новосибирский государственный университет

При напылении наноплёнок толщиной не более 10 нм важно чётко контролировать потоки вещества на осаждаемую поверхность в процессе осаждения. Измерение толщины и скорости напыления материалов (металлов) во многом зависит от конкретных технологических условий. Например, при использовании магнетронной распылительной системы (МРС) на процесс регистрации с помощью кварцевых микровесов существенно влияет поток излучения из плазмы, ток заряженных частиц на электрод кварцевого датчика. В результате необходимо выполнить предварительные исследования метрологического характера. Соответствующий контроль позволяет получать монослои металлов или сложные нанокomпозиты.

Цель работы — экспериментально определить характеристики потока титана, скорость напыления и толщину наноплёнки от параметров МРС при помощи кварцевых микровесов.

Определены зависимости скорости напыления плёнки титана от напряжения, частоты импульса генератора, скважности импульса. Зависимость скорости напыления от напряжения определена в режиме постоянного тока, значениях потока аргона 75 и 90 млн/мин. Измерения проводились в диапазоне напряжений 290 – 370 В. Получение зависимости скорости напыления от частоты проводилось при значениях скважности импульса 80 и 10 %, потоке аргона 90 млн/мин. Диапазон изменения частот — 10-50 кГц. Функциональная зависимость скорости напыления от скважности импульса генератора МРС получена при частоте импульса 5 и 50 кГц и потоке 90 млн/мин, при частоте 50 кГц и потоке 47 млн/мин. Скважность импульса изменялась от 10 до 80%. Установлено, что скорость напыления плёнки титана является функцией напряжения, частоты и скважности импульса генератора МРС. Также показано, что скорость напыления почти линейно зависит от силы тока генератора МРС.

На основе полученных зависимостей определены оптимальные параметры установки для получения сверхтонких плёнок титана. При выбранных параметрах нанесены плёнки титана толщиной 3÷10 нм на стеклянные подложки и определены их спектральные характеристики.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент А. С. Золкин

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ СТЕКЛОБОЯ И ПОЛИСТИРОЛА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ФОРСИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ МАСС**

А. Ю. Логунин, А. А. Егорова

Московский государственный строительный университет

Ежегодно в России образуется 1,2 млн. тонн отходов стекла, при этом доля стеклобоя от общего количества ТБО составляет 4-7%. Существующие технологии переработки стеклобоя включают энергоёмкий процесс повторного плавления стекла. Одним из перспективных способов является использование стеклобоя совместно с жидким стеклом, как компонент вяжущего, а применение метода форсированного электропрогрева самоуплотняющихся масс в замкнутых формах с использованием предвспененного полистирола позволяет увеличить производительность и снизить энергоёмкость

При электропрогреве происходит быстрый подъем температуры смеси до 90-95°C. При этом при 50-70°C начинается интенсивный процесс коагуляции геля кремневой кислоты с последующим его твердением. Одновременно происходит вспенивание гранул полистирола, что приводит к расширению в смеси и созданию избыточного давления в форме, благодаря чему смесь уплотняется и отжимается избыточная влага.

Экспериментальные данные показывают, что при электропрогреве в течение 3-5 минут достигается температура 80-90°C при подаче переменного тока с напряжением 50-80В и уже после 6-10 минут образец плотностью D700 получает начальную прочность в районе 1 - 1,5МПа

При этом появляется возможность использования дроблёного полистирола, получаемого из технологических и бытовых отходов, что позволяет утилизировать ещё один важный компонент ТБО, не прибегая к энергоёмким и сложным процессам его утилизации методами литья под давления или экструзии.

Предлагаемая технология позволяет получить эффективный стеновой конструкционно-теплоизоляционный материал на основе стеклобоя, жидкого стекла и полистирола, в т. ч. дроблённого. При этом достигается высокая производительность, энергоэффективность, а также эффективное использование распространённых твёрдых бытовых отходов.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. Н. Соков

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА КАРБИДА ХРОМА, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ.

М. А. Молоткова

Новосибирский государственный технический университет

Развитие современной науки требует создания новых материалов, а также повышения качества уже существующих, которые обладают высокими прочностными характеристиками, способны эксплуатироваться при повышенных температурах и устойчивы к воздействию агрессивных сред. К числу таких материалов относится тугоплавкое соединение карбид хрома ( $\text{Cr}_3\text{C}_2$ ).

На кафедре химии и химической технологии Новосибирского государственного технического университета проводится исследование с целью получения водорода селективным каталитическим пиролизом легких углеводородов, другим продуктом процесса является нановолокнистый углерод (НВУ), обладающий уникальными свойствами. В частности он характеризуется высоким значением удельной поверхности ( $140 \text{ м}^2/\text{г}$ ).

Шихта для синтеза  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  готовилась в соответствии со стехиометрией по реакции:  $3\text{Cr}_2\text{O}_3 + 13\text{C} = 2\text{Cr}_3\text{C}_2 + 9\text{CO}$ .

Синтез  $\text{Cr}_3\text{C}_2$  проводился в индукционной тигельной печи в течение 0,5 часов при температурах  $1300^\circ\text{C}$  и  $1400^\circ\text{C}$ . Экспериментальная убыль массы составляет: 40,4 и 40,6 % соответственно, расчетная убыль массы составляет 40,76 %. Это свидетельствует о полноте прохождения реакции.

Действительная плотность образцов определена на автоматическом газовом пикнометре «Ultrapycnometer 1200e». Она близка к приведенной в справочной литературе.

По данным энергодисперсионной спектроскопии в полученных карбидах присутствуют преимущественно хром и углерод.

Морфология поверхности и элементный состав образцов изучались на растровом электронном микроскопе (РЭМ).

На снимках РЭМ видно, что частицы карбида хрома агломерированы, имеют удлиненную форму с округлыми краями. Длина частиц составляет 3–5 мкм.

Актуальность данной работы заключается в том, что использование НВУ в синтезе карбида хрома дает предпосылки к получению чистого и высокодисперсного вещества в одну стадию без дополнительного измельчения.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю. Л. Крутский

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОГРАФИИ И СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОННО- ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

С. П. Назаров

Омский государственный технический университет

Одним из возможных способов разрешения проблемы повышения работоспособности деталей из конструкционных сталей является модифицирование поверхностей посредством применения ионно-плазменных методов. В ходе анализа поверхности модифицированных образцов были использованы следующие СЗМ методики: контактная атомно-силовая микроскопия (к-АСМ), полуконтактная атомно-силовая микроскопия (пк-АСМ), метод зонда Кельвина, силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика (СМПО), электросиловая микроскопия (ЭСМ), акустическая микроскопия, емкостная микроскопия. СЗМ измерения предоставленных образцов производились при помощи зондовой нанолaborатории NTEGRA при комнатной температуре. Предварительная подготовка образцов заключалась в протирании исследуемой поверхности высокоочищенным ацетоном и изопропиловым спиртом. Математическая пост-обработка полученных результатов осуществлялась при помощи пакета SPIP (Image Metrology, Дания), а также Gwyddion. Исследование и анализ влияния ионно-плазменного модифицирования на топографию полученных по разработанной методике образцов проводился также в режиме контактной атомно-силовой микроскопии (к-АСМ). Выполненное исследование топографии исходной поверхности и модифицированных образцов в к-АСМ режиме позволили определить характерный размер структуры (размер кристаллита  $D$ ), шероховатость ( $S_a$ ) и площадь поверхности ( $S_{surf}$ ) исследуемых образцов. Полученные значения характерного размера структурных элементов поверхности указывают на увеличение размера кристаллитов модифицированных образцов по сравнению с исходным состоянием.

Научный руководитель – канд. техн. наук А. И. Блесман

## **ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

К. О. Потапов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Производство меди связано с образованием большого количества шлаков. В настоящее время эти шлаки по ряду причин не нашли практического применения и складываются в отвалах вблизи медеплавильных предприятий. Хранение этих отходов требует больших площадей и пагубным образом сказывается на окружающей среде. Вместе с тем, они могут быть полностью переработаны на товарные продукты, востребованные в строительной и металлургической отраслях промышленности.

Целью данной работы является разработка методов и технологии утилизации медеплавильных шлаков. Конечными продуктами переработки должны быть: сплав на основе железа, строительный песок и цинковый концентрат.

Объектом исследования является шлак медеплавильного производства после флотационного обезжелезивания. Он представлен порошком тонкой фракции. Основными минеральными фазами шлака являются магнетит, фаялит и пироксен. Шлаки медеплавильного производства содержат порядка 40% железа. Присутствие железа исключает возможность использования шлаков в строительной промышленности вследствие высокой плотности песка, вызывающей расслоение бетона.

Суть предлагаемой технологии заключается в обеднении шлака путем извлечения из него железа. Для этого нами предлагаются современные энергосберегающие технологии твердофазного восстановления и пирометаллургического извлечения железа. Образующийся при этом оксидный остаток пригоден для производства строительных материалов.

В процессе извлечения железо загрязняется медью до 1,5% в конечном металле. Медь традиционно является вредной примесью. Но вредна не сама медь, а ее сульфиды. Современная внепечная металлургия позволяет добиться содержание серы на уровне 0,001...0,004%, что исключает эффект красноломкости. Таким образом, получаемое железо становится возможно использовать в производстве стали конструкционных марок.

При обеднении шлака железом образуется, кроме того, цинковый концентрат, который также является товарным продуктом.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. Е. Рошин



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ НА ПРИМЕРЕ ТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК

Е. М. Притоцкий, А. Ю. Волкова, И. О. Скрябин  
Владимирский государственный университет им. А. Н. и Н. Г. Столетовых

Технология записи данных на магнитные ленты все чаще обращает на себя внимание, как альтернатива жестким дискам. Мы живем в эпоху расцвета HDD: объемы достигли 4 терабайт на диск, цены снижаются, повсеместно используются SSD, растет производительность и наращивается функционал, но увеличение емкости жестких дисков имеет физические ограничения и связано с существенным ростом энергетических затрат и все чаще емкости не хватает для хранения больших баз данных. Многие крупные компании используют магнитные ленты и до сих пор проводят исследования по увеличению емкости подобных накопителей с помощью новых технологий.

Специалисты из компании Fujifilm совместно с коллегами из IBM создали прототип сверхплотного ленточного носителя. Более 35 ТБ данных поместилось на магнитной пленке, покрытой частицами бария. Sony объявила о технологическом прорыве на выставке Ingermag Europe 2014. В основе технологии, позволяющей хранить более 185 ТБ, лежит уменьшение размера кристаллов на магнитной пленке с нескольких десятков нанометров до 7.7 нанометров. Один из последних стандартов LTO-6 на магнитную пленку предусматривает возможность записи только 2,5 терабайт. Размеры носителя в каждом случае равны 10x10x2 см.

В данной работе было предложено исследовать процесс модификации тонкой магнитной пленки  $\text{Fe}_{76.02}\text{Nb}_{5.6}\text{Cu}_{1.03}\text{Si}_{13.84}\text{B}_{1.3}$ , на поверхности которой за счет лазерного нагрева необходимо вызвать миграции одного или нескольких элементов с их последующей самоорганизацией. Источником излучения был выбран непрерывный лазер ЛС-02-Т с длиной волны 1,06 мкм. Мощность излучения изменялась в диапазоне 10...20 Вт, при этом на поверхности образца обеспечивалась плотность мощности до  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>.

С целью исследования процессов в реальном масштабе времени использовался усилитель яркости на парах меди CVL-10. Система регистрации была реализована на основе 1,3 мегапиксельного матричного SMOS-сенсора. Поверхность пленок исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент А. О. Кучерик

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКА ИЗ  
ПЕНОМЕТАЛЛА В КАСКАДНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ  
ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ И УЗЛОВ КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ**

Е. С. Сидорова<sup>1</sup>, М. Ж. Мурадимов<sup>2</sup>  
Сибирский федеральный университет<sup>1</sup>

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.  
Решетнева<sup>2</sup>

На заключительной стадии изготовления связных спутников, предназначенных для длительной эксплуатации, проводятся наземные испытания в условиях, имитирующих условия орбитального функционирования, одним из которых является испытание на воздействие пониженных и повышенных температур - термоциклирование.

Каскадные холодильные установки (далее КХУ) с двумя одноступенчатыми ветвями, наиболее широко распространены в серийно выпускаемых испытательных камерах.

Конструктивные особенности основных элементов КХУ: конденсатор; маслоотделители; компрессор верхней ветви каскада; *теплообменники*; конденсатор-испаритель; фильтр-осушитель; линейный ресивер; расширительный сосуд; компрессор нижней ветви каскада; охлаждаемый объем; дроссели; соленоидные вентили.

Несколько теплообменников в установке изготовлены из пеномеди. Разработка новых теплопередающих устройств с повышенной производительностью и уменьшенной металлоемкостью из пористых материалов с заданными значениями механических, капиллярных и гидродинамических свойств, решает задачу интенсификации процессов тепло- и паропереноса.

В настоящее время изготовление пористых материалов из никеля, меди, железа, керамики с заданным комплексом свойств и разработка новых технологических процессов их соединения представляется весьма актуальным.

Таким образом, данный проект соответствует современным требованиям испытательных процессов изделий и узлов спутников и расширяет возможности наземной отработки космических аппаратов и систем.

Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. В. В. Двирный

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ ИЗ СЕРЕБРА И МЕДИ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

Ю. С. Сорокин

Омский государственный технический университет

Нано- и микро покрытия из серебра активно применяются в технологии тонких токопроводов измерительных приборов, в производстве высокочастотных схем и изготовлении электродов. Медные покрытия используются в изготовлении биметаллических проводов, а бескислородная медь широко применяется в электровакуумной технике. Относительно низкая стоимость и высокая электропроводность меди сделали ее наиболее распространенным проводниковым материалом.

В ходе работы на установке магнетронного распыления ADVAVACVSM-200 получены металлические покрытия из меди и серебра толщиной от 500 нм до 2 мкм на диэлектрической подложке. Глубина вакуума составляла  $3,5 \cdot 10^{-3}$  мбар, при силе тока источника 0,3 А, температура подложки в диапазоне от 75 до 125 °С, рабочая среда – аргон. В работе контроль толщины пленки в процессе распыления осуществляется с помощью контроллера SyconSTC-2000A, в основе работы которого заложен резонансно-частотный метод (метод кварцевого датчика). Для проведения достоверных измерений толщины произведен расчет калибровочных параметров контроллера, индивидуальных для каждого распыляемого материала и учитывающих положение кварцевого датчика относительно магнетрона в вакуумной камере.

Удельная электропроводность полученных покрытий измеряется с помощью многофункционального вихретокового прибора МВП-2М. Удельное объемное сопротивление покрытий измеряется мостом постоянного тока МО-62. По результатам исследования построены графические зависимости удельной электропроводности и объемного сопротивления в зависимости от толщины покрытия.

Научный руководитель – канд. пед. наук Д. А. Полонянкин

## **РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛИТНОЙ ПРОДУКЦИИ**

С. В. Сыромятников

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, г. Лесосибирск

В условиях сложившегося дефицита древесного сырья и непрерывного повышения его стоимости большое значение в экономике лесоперерабатывающих предприятий приобретают вопросы комплексного использования древесного сырья. При этом огромное количество отходов в виде опилок, образующихся в процессе переработки древесины (до 19 % от распиливаемого сырья) не находит дальнейшего использования в технологическом процессе. Ежегодно на крупных деревообрабатывающих предприятиях накапливается около 342 тыс. м<sup>3</sup> опилок и лишь их небольшая часть используется для производства топливных брикетов или идет на сжигание, а оставшиеся вывозятся на полигоны с целью захоронения, что несомненно ухудшает экологическую обстановку.

Отсутствие интереса к опилкам в качестве сырья для получения древесноволокнистых плит в условиях отечественной промышленности объясняется тем, что при существующих технологиях производства, использование опилок в количестве свыше 5 % от массы абсолютно сухого волокна, ухудшает прочностные показатели плит.

В результате целью работы является разработка технологии производства древесноволокнистых плит с использованием отходов лесопиления в виде опилок.

В ходе работы выполнен анализ литературных источников и реализован предварительный эксперимент для определения наиболее значимых входных параметров исследований. Составлена программа исследований и функциональные зависимости физико-механических свойств готовой плиты от параметров исследуемого процесса. Реализован активный многофакторный эксперимент в соответствии с программой эксперимента и проведен анализ физико-механических показателей полученных образцов плиты. В результате обработки экспериментальных исследований получено математическое описание исследуемого процесса в виде уравнение регрессии. На основании результатов исследований влияния технологических параметров процесса размола опилок на физико-механические свойства готовой плиты и оптимизации, предложена технология производства ДВП с использованием опилок в виде сырья.

Как показал экономический анализ результатов исследований, использование предложенной технологии в производстве ДВП позволит снизить себестоимость одного квадратного метра плиты на 10 %.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент М. А. Зырянов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ОКСИДА ГРАФИТА

А. А. Тимофеева

Новосибирский государственный технический университет

Большое внимание научной общественности уделяется исследованию синтеза, свойств и применений нового углеродного материала – графена. Одним из способов получения графена является восстановление оксида графита. *Оксид графита (ОГ)* – это материал, который может быть получен воздействием сильных окислителей на графит. Благодаря таким свойствам, как хорошая диспергируемость в растворителях, слоистая структура, гибкость в электрофизических свойствах, оксид графита открывает широкие перспективы его применения в электролюминисцентных приборах, суперконденсаторах, электронике, катализе и других областях.

Целью данной работы являлось изучение динамики процесса синтеза ОГ для дальнейшего нахождения и устранения лимитирующих стадий процесса. Это позволит усилить контроль и повысить эффективность процесса, что учувстит выходные характеристики материала. В задачи работы входили выбор наиболее эффективной методики синтеза оксида графита с дальнейшим изучением динамики окисления.

Оксид графита синтезировали из ниппельного мелкодисперсного графита воздействием смеси сильных окислителей по методу Хаммерса. Полученные образцы исследовались с помощью термогравиметрии, дифференциальной сканирующей калориметрии, ИК – спектроскопии, рентгенофазового анализа, растровой электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии. Для исследования динамики синтеза оксида графита использовался метод отбора проб.

По результатам проделанной работы были сделаны следующие выводы:

- Установлена наиболее эффективная методика получения оксида графита, основаная на модификации метода Хаммерса.
- Данные о динамике окисления графита позволили выявить участки в процессе синтеза, обладающие наиболее высокими и наиболее низкими скоростями окисления.
- Обнаружены зависимости изменения поведения материала при нагревании на каждой из стадий синтеза ОГ.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент А. Г. Баннов

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНОГО ТОПЛИВА В ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЕ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

А. Н. Чувашов

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнёва, г. Красноярск

Все более важными вопросами для качественного изучения космического пространства является применение новых технологий для эксплуатации ракетных двигателей, особый интерес представляет поведение ракетного топлива, находящегося в баках космических аппаратов, подверженного воздействию невесомости. Вследствие уменьшения силы тяжести по мере удаления ракеты-носителя в космос, жидкая и парообразная фазы ракетного топлива свободно рассеиваются по всему объёму бака, создавая режим неуправляемости. Необходимо учитывать влияние этого явления на эффективность продувки баков, при разработке конструкции входного отверстия топливного насоса с целью устранения кавитации и пульсаций, при разработке системы управления подачей жидкого топлива во входное отверстие насоса, все это увеличивает вес и усложняет ракеты и этим самым снижается полезная нагрузка [1].

Из-за сложившейся проблемы, возник вопрос создания топлива обладающего магнитными свойствами. Магнитная жидкость представляет собой устойчивую коллоидную систему стабилизированных высокодисперсных частиц магнитного материала в жидкой среде. Обладая одновременно свойствами магнитного материала и жидкости-носителя, она может помочь решить множество технических задач.

---

1. Маловязкая магнитная жидкость [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://magneticliquid.narod.ru/> (15.12.2015 г.).

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Д. А. Жуйков

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ДИБОРИДА ХРОМА, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ.

В. И. Чушенков

Новосибирский государственный технический университет

Соединения металлов с бором - бориды - представляют собой очень важный и обширный класс неорганических соединений, отличающихся тугоплавкостью, высокой химической стойкостью в различных агрессивных средах. Одним из наиболее важных представителей боридов является диборид хрома  $\text{CrB}_2$ .

В НГТУ на кафедре ХХТ проводят реакции синтеза водорода методом селективного каталитического пиролиза легких углеводородов. Одним из продуктов процесса является нановолокнистый углерод (НВУ), обладающий рядом уникальных свойств, в частности, он имеет высокое значение удельной поверхности ( $\sim 200 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Именно НВУ был использован для синтеза  $\text{CrB}_2$ . Также в реакции синтеза в качестве реагента выступил высокодисперсный порошок карбид бора с размером частиц менее 1 мкм.

Преимуществом использования НВУ является то, что на выходе получается высокодисперсный порошок диборида хрома, практически не содержащий каких-либо примесей.

Шихта для карбидоборного синтеза  $\text{CrB}_2$  готовилась в соответствии со стехиометрией для реакции:  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{B}_4\text{C} + 2\text{C} = 2\text{CrB}_2 + 3\text{CO}$ .

Синтез  $\text{CrB}_2$  проводился в индукционной печи тигельного типа в среде аргона в течение 20 минут при температурах  $1300^\circ\text{C}$ ,  $1500^\circ\text{C}$  и  $1700^\circ\text{C}$ . Экспериментальная убыль массы для каждой реакции составила 24,41%; 31,12%; и 36,08% соответственно, а в свою очередь расчетная составила 36,2%. Как видно, экспериментальная убыль массы при температуре  $1700^\circ\text{C}$  очень близка к расчетной.

Рентгенофазовый анализ показал, что практический чистый однофазный продукт был получен при температуре  $1700^\circ\text{C}$ .

Растровая электронная микроскопия показала, что частицы диборида хрома агрегированы, имеют удлиненную форму с округлыми краями. Диаметр частиц находится на уровне 2 мкм, длина достигает 4 мкм.

Согласно термическому анализу, полученный образец  $\text{CrB}_2$  начинает окисляться при температуре  $398^\circ\text{C}$ , а при выдержке при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение 3 часов окисляется на 44%.

Таким образом, НВУ может быть использован для получения высокодисперсного, практически чистого  $\text{CrB}_2$  карбидоборным методом.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Ю. Л. Крутский

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>5</b>
Е. С. Антонова .....	5
В. С. Байкова, М. С. Журавлева, А. И. Белякова, Е. В. Маркова.....	6
Д. С. Белов, А. А. Печникова, А. С. Аникеев .....	7
А. Л. Белоусов .....	8
Д. В. Васильева.....	9
Ф. Д. Васильева .....	10
Ю. П. Дамм, Е. А. Лавренова, О. Г. Жеронкина, В. Л. Софронов .....	11
А. С. Денисова, А. В. Вершинина, В. С. Самохвалов .....	12
А. В. Иванова, Т. Д. Бекмурзин, В. А. Пасичник .....	13
Т. А. Калашникова, И. Н. Градусов .....	14
Т. С. Квашина .....	15
П. Н. Комаров <sup>1</sup> , О. Э. Матц <sup>1</sup> , А. А. Косолапов <sup>1</sup> , И. К. Чакин <sup>2</sup> .....	16
А. А. Крылов.....	17
В. В. Кузнецова .....	18
С. А. Курбатова .....	19
И. Д. Кучумова, О. Э. Матц, В. С. Миллер, О. А. Рубцова .....	20
Е. Ю. Лапушкина, В. С. Миллер, М. К. Тютюнькова .....	21
В. Е. Левич, Т. А. Суставова .....	22
Ю. Н. Малютина, К. А. Скороход.....	23
О. Э. Матц, П. Н. Комаров, И. Д. Кучумова .....	24
В. С. Миллер, О. А. Рубцова, В. А. Безрукова.....	25
Р. А. Миллер, Ю. О. Климкин.....	26
Д. О. Муль, М. С. Королева .....	27
Н. Ю. Николаев .....	28
Д. Д. Пахомов .....	29
Е. И. Протодьяконов .....	30
А. Д. Пшеничный, Н. Л. Савченко, И. Н. Севостьянова.....	31
О. А. Рубцова, И. Д. Кучумова, П. А. Рябинкина.....	32
В. С. Сергевнин, О. Н. Саргаева .....	33
А. С. Смаилов, А. В. Казаков .....	34
Е. В. Соловьева, М. В. Козлова.....	35
К. В. Тихонина, М. А. Немзорова.....	36
С. Н. Ушакова.....	37
М. А. Химич, И. А. Глухов, А. В. Беляков, И. С. Лаптев .....	38
Н. Ю. Черкасова, М. Ю. Перепелкин, Р. И. Кузьмин, А. О. Лазарев .....	39
Д. С. Шапранко, О. Е. Майер, А. В. Асанова .....	40
Е. Ю. Юрова .....	41
В. П. Юшков .....	42
<b>НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>	<b>43</b>
С. И. Белоусова.....	43



Н. Е. Борисовская.....	44
Л. Н. Вырмаскина.....	45
М. Г. Дятлов.....	46
Д. Е. Захаров, А. А. Быков.....	47
Т. В. Кабанова .....	48
М. В. Козлова, Г. С. Яндубаев .....	49
К. В. Кубрак.....	50
В. В. Кузнецова .....	51
И. В. Курганский, Н. В. Нагирный .....	52
А. Ю. Логунин, А. А. Егорова.....	53
М. А. Молоткова .....	54
С. П. Назаров .....	55
К. О. Потапов.....	56
Е. М. Притоцкий, А. Ю. Волкова, И. О. Скрябин .....	57
Е. С. Сидорова, М. Ж. Мурадимов .....	58
Ю. С. Сорокин.....	59
С. В. Сыромятников.....	60
А. А. Тимофеева.....	61
А. Н. Чувашов.....	62
В. И. Чушенков.....	63

МАТЕРИАЛЫ  
53-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«Студент и научно-технический прогресс»

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

*Материалы конференции публикуются в авторской редакции*

---

Подписано в печать 01.04.2015

Офсетная печать

Заказ № \_\_\_\_\_

Формат 60x84/16

Уч.-изд. л. 3,1. Усл. печ. л. 4,2.

Тираж \_\_\_ экз.

---

Редакционно-издательский центр НГУ  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2