

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

**МАТЕРИАЛЫ  
52-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МНСК–2014**

**11–18 апреля 2014 г.**

**НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 3

*Конференция проводится при поддержке  
Сибирского отделения Российской Академии наук,  
Российского фонда фундаментальных исследований,  
Правительства Новосибирской области,  
инновационных компаний России и мира,  
Фонда «Эндаумент НГУ»*

Материалы 52-й Международной научной студенческой конференции  
МНСК-2014: Новые конструкционные материалы / Новосиб. гос. ун-т. Но-  
восибирск, 2014. 41 с.

ISBN 978-5-4437-0238-4

Научный руководитель секции – д-р техн. наук, проф. А. А. Батаев  
Председатель секции – д-р техн. наук, доцент А. О. Токарев  
Ответственный секретарь секции – канд. техн. наук, доцент  
Е. Е. Корниенко

**Экспертный совет секции:**

д-р техн. наук, проф. В. А. Батаев  
канд. техн. наук, проф. В. Г. Буров  
канд. физ.-мат. наук М. Г. Голковский  
канд. техн. наук, доцент А. А. Никулина  
канд. техн. наук, доцент В. И. Кузьмин

**УДК 62  
ББК 3**

ISBN 978-5-4437-0238-4

© Новосибирский государственный  
университет, 2014

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

**PROCEEDINGS  
OF THE 52nd INTERNATIONAL STUDENTS  
SCIENTIFIC CONFERENCE**

**ISSC-2014**

**April, 11–18, 2014**

**NEW CONSTRUCTION MATERIALS**

Novosibirsk, Russian Federation  
2014

*The conference is held with the significant support of  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,  
Russian Foundation for Basic Research,  
Novosibirsk Region Government*

Proceedings of the 52<sup>nd</sup> International Students Scientific Conference.  
New construction materials / Novosibirsk State University. Novosibirsk, Russian Federation. 2014. 41 pp.

ISBN 978-5-4437-0238-4

Section scientific supervisor – D. Sc. (Engineering), Prof. A. A. Bataev  
Section head – D. Sc. (Engineering), Assoc. Prof. A. O. Tokarev  
Responsible secretary – Ph. D. (Engineering), Assoc. Prof. E. E. Kornienko

**Section scientific committee:**

D. Sc. (Engineering), Prof. V. A. Batayev  
Ph. D. (Engineering), Prof. V. G. Burov  
Ph. D. (Physics-Mathematics) M. G. Golkovsky  
Ph. D. (Engineering), Assoc. Prof. A. A. Nikulina  
Ph. D. (Engineering), Assoc. Prof. V. I. Kuzmin

ISBN 978-5-4437-0238-4

© Novosibirsk State University, 2014

# МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 66.086.4

## ФЕРРОМАГНИТНАЯ ЖИДКОСТЬ

Н. Е. Борисовская

Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск

В настоящее время проблема получения магнитных жидкостей является весьма актуальной, так как возможно их применение в различных областях науки и техники, включая биологию и медицину.

В связи с высокими темпами развития вычислительной и радиотехники, а также с активным использованием достижений электроники возникает потребность в покрытиях, способных поглощать электромагнитные волны в диапазоне сверхвысоких частот. Радиопоглощающие покрытия, содержащие наночастицы феррита, получили наибольшее распространение.

В рамках настоящей работы было проведено исследование радиопоглощающего покрытия на основе ферромагнитной жидкости. Были произведены измерения отраженного от покрытия электромагнитного излучения.

В лабораторных исследованиях для получения ферромагнитной жидкости использовался метод химической конденсации высокодисперсного магнетита солей железа (II) и (III) в щелочной среде.

Суть данного метода заключается в нейтрализации солей двух- и трехвалентного железа избытком водного раствора аммиака. Полученный осадок коллоидных частиц магнетита переводится в жидкое состояние воздействием ПАВ на осадок, при этом слой олеиновой кислоты на поверхности частиц предотвращает возможную коагуляцию и оседание частиц.

Для повышения эффективности научного исследования был применен математический метод планирования эксперимента и анализа полученных результатов – полный факторный эксперимент. Планирование эксперимента позволяет получить модель изучаемого процесса, установить влияние факторов на выходные параметры и спрогнозировать свойства конечного продукта.

Большую значимость имеют структурные особенности магнетита и его магнитные свойства, определяющие качество продукта, и являющиеся объектами дальнейших исследований.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор О. Э. Кошелева.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ТОНКОДИСПЕРСНЫХ КАРБИДА И БОРИДА ВАНАДИЯ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ

Ю. А. Вязьмина

Новосибирский государственный технический университет

Тугоплавкие соединения, в частности карбид и борид ванадия ( $VC_{0,88}$  и  $VB_2$ ), обладая высокой твердостью, высокотемпературной прочностью, химической и термической стабильностью, находят все более широкое применение в различных областях промышленности и техники.

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  $200 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Целью работы явилось исследование синтеза  $VC_{0,88}$  и  $VB_2$  с использованием данного углеродного материала, а также изучение их характеристик и свойств.

Шихта для синтеза  $VC_{0,88}$  и  $VB_2$  готовилась в соответствие со стехиометрией для реакций:  $V_2O_3+4.76C=2VC_{0,88}+3CO$  (расчетная убыль массы 40,6%) и  $V_2O_3+2C+B_4C=2VB_2+3CO$  (расчетная убыль массы 36,5%).

Синтез  $VC_{0,88}$  проводился в индукционной тигельной печи в течение 30 минут в среде аргона при температурах  $1500^\circ\text{C}$ ,  $1400^\circ\text{C}$  и  $1300^\circ\text{C}$ ;  $VB_2$  - при температуре  $1500^\circ\text{C}$ . Убыль массы в процессе получения  $VC_{0,88}$  при температурах  $1500^\circ\text{C}$  и  $1400^\circ\text{C}$  составила 40,4% и 40,5% соответственно; в процессе получения  $VB_2$  - 34,1%, что говорит о полноте их протекания.

Рентгенофазовым анализом на дифрактометре ДРОН-3 с использованием  $CuK\alpha$  излучения было установлено наличие только одной фазы в продуктах реакций при синтезе карбида при  $1500^\circ\text{C}$  и  $1400^\circ\text{C}$  -  $VC_{0,88}$ ; при синтезе борид ванадия -  $VB_2$ .

Помимо этого, были определены: содержание ванадия в образцах, морфология и размер частиц; для  $VC_{0,88}$  также была измерена удельная поверхность, определено содержание углерода и термоокислительная стабильность.

В ходе предварительного технико-экономического расчета было установлено, что полученные нами порошки тугоплавких соединений высокого качества, но существенно дешевле порошков, предлагаемых проверенными поставщиками.

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

**СВОЙСТВА КРИСТАЛЛА  $\text{LiGaTe}_2$** 

С. А. Гражданников, П. Г. Криницын, В. Н. Веденяпин  
Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН

В последнее время ведется активный поиск новых нелинейно-оптических материалов, в структуре которых отсутствует центр симметрии, для получения генерации когерентного излучения в среднем ИК диапазоне. Инфракрасные лазеры на основе таких материалов применяются для решения аналитических и научных задач, для обнаружения химических соединений, имеющих характерные колебательно-вращательные спектры в ИК диапазоне.

Данный кристалл имеет рекордные характеристики в группе тройных халькогенидов  $\text{LiBC}_2$  (где  $B = \text{In, Ga}$ ,  $C = \text{S, Se, Te}$ ): диапазон прозрачности  $0.52 - 21 \mu\text{m}$ , нелинейный коэффициент  $d_{36} = 43 \text{ пм/В}$  и самое высокое значение двулучепреломления ( $\Delta n = 0.09$ ) [1]. Однако в настоящий момент в мире получены только мелкие кристаллы LGT, не позволяющие оценить полный набор их свойств, поэтому множество аспектов (нелинейно-оптические, термодинамические, теплофизические свойства) данных кристаллов еще предстоит изучить.

Данная работа посвящена синтезу, выращиванию и исследованию свойств кристаллов LGT. Изучены оптические и термодинамические свойства полученного материала.

Монокристаллы выращивались методом Бриджмена-Стокбаргера в двухзонной печи сопротивления. Для исследования свойств кристаллов использовали совокупность различных методов.

В результате был определен оптимальный состав исходной шихты, найдены условия синтеза и выращивания кристаллов LGT оптического качества. Построены уравнения Селмеера. Получены новые данные по калориметрии, построено уравнение зависимости  $C_p(T)$ . Отмечены особенности данной кривой, которые заключаются в том, что все экспериментальные точки и кривая, соответственно, лежат выше классического предела  $3R$  на средний грамм-атом (для LGT –  $100 \text{ Дж/моль}\cdot\text{K}$ ).

Авторы выражают благодарность В. А. Дребушаку за помощь в калориметрических исследованиях.

---

I. L. Isaenko, A. Yelissev, S. Lobanov, A. Titov, V. Petrov, J.-J. Zondy, P. Krinitsin, A. Merkulov, V. Vedenyapin, and J. Smirnova, *Cryst. Res. Technol.* 38 (2003) 379.

Научный руководитель – д-р техн. наук Л. И. Исаенко.

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО НАГРЕВА**

Т. А. Зимоглядова, Д. С. Кривеженко, Д. Ю. Корнеев, Е. В. Плехотко  
Новосибирский государственный технический университет

Для упрочнения поверхностных слоев металлических материалов, которые в большинстве случаев определяют служебные характеристики деталей машин, используют целый ряд методов: химико-термическую, лазерную, электронно-лучевую обработки, специальную упрочняющую механическую обработку и т.д. В массовом производстве для упрочнения поверхностных слоёв деталей машин широкое применение нашла поверхностная обработка токами высокой частоты.

Цель работы заключалась в исследовании особенностей формирования высокопрочных покрытий путем наплавки борсодержащих порошковых смесей токами высокой частоты.

Объектом исследования являлись покрытия, полученные методом наплавки порошковых смесей на низкоуглеродистую сталь 20 токами высокой частоты (ТВЧ). В качестве насыщающей среды при формировании покрытия использовали аморфный бор (В) и карбид бора ( $B_4C$ ). Плотность насыпки составляла  $0,1 \text{ г/см}^2$ . ТВЧ-нагрев подготовленных образцов осуществляли в петлевом водоохлаждаемом медном индукторе, подключенном к высокочастотному ламповому генератору ВЧГ 6-60/0,44. Обрабатываемые образцы перемещались относительно индуктора со скоростью  $0,020 - 0,100 \text{ м/с}$ .

Проведенные структурные исследования свидетельствуют о том, что в процессе наплавки карбида бора и аморфного бора формируется градиентный слой со сложной структурой, толщина которого составляет  $600 - 900 \text{ мкм}$ . Основными структурными составляющими наплавленного слоя являются бориды и эвтектика пластинчатого типа. Микротвердость борированных слоев достигает  $15000 \text{ МПа}$ .

Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о возможности использования поверхностного нагрева токами высокой частоты для получения борированных слоев на поверхности низкоуглеродистой стали.

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

**ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЛАВОВ Ti-Ta,  
СФОРМИРОВАННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА VT1-0  
МЕТОДОМ ВНЕВАКУУМНОЙ  
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ**

П. Н. Комаров, А. А. Руктуев  
Новосибирский государственный технический университет

В последние десятилетия появилось большое количество работ посвященных изучению свойств сплавов на основе титана легированного танталом. Сплавы этой системы благодаря своей высокой коррозионной стойкости и биосовместимости находят применение в таких областях как химическая промышленность, ядерная энергетика и биомедицина. Высокая коррозионная стойкость обеспечивается формированием на поверхности материала стабильных оксидных пленок типа  $Ta_2O_5$ . Применение сплавов системы Ti-Ta ограничивается высокой себестоимостью материала.

Исследования, проведенные коллективами ИЯФ СОРАН и НГТУ показали, что эффективным решением данной проблемы является применение технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки. Данная технология позволяет сформировать на поверхности титановой заготовки экономно легированный танталом слой толщиной ~2 мм. По данным предварительных исследований введение в титан 3,9 % тантала снижает скорость коррозии в 68 %-ном кипящем растворе азотной кислоты в 15,8 раз, а при введении 22,4 % Ta скорость коррозии в 190 раз ниже по сравнению с технически чистым титаном VT1-0. В работе [1] показано, что изменение структуры сплава в результате термической обработки оказывает существенное влияние на коррозионную стойкость сплава. В данной работе исследуется влияние термической обработки на структуру и комплекс свойства покрытий сформированных по технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки.

---

1. A. Ravi Shankar, R. K. Dayal, R. Balasubramaniam, V. R. Raju, R. V. R. Mythili, S. Saroja, M. Vijayalakshmi, V. S. Raghunathan. Effect of heat treatment on the corrosion behavior of Ti-5Ta-1.8Nb alloy in boiling concentrated nitric acid // Journal of Nuclear Materials. – 2008. – Vol. 372. – p. 277-284.

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОВОЛОКНИСТОГО УГЛЕРОДА

В. В. Кузнецова

Новосибирский государственный технический университет

Карбид циркония характеризуется такими свойствами как: высокая температура плавления, высокая теплопроводность, высокая твердость, стойкость к абразивному износу, стойкость в агрессивных средах, что позволяет широко применять карбид циркония в промышленности.

Из всех существующих методов получения этого соединения наиболее эффективным и экономичным является метод восстановления оксида циркония углеродом с последующим образованием карбида, протекающий по реакции:



Температура начала восстановления по этой реакции, рассчитанная с использованием изобарно-изотермических потенциалов образования соединений, составляет 1940 К (~1670 °С). С учетом возможного образования низшего оксида ZrO реальная температура процесса должна быть значительно выше.

В данной работе приведены результаты исследования процесса синтеза карбида циркония с использованием нановолокнистого углерода (НВУ).

В экспериментах температура процесса составила 2000, 2100 и 2200 °С, время выдержки при этой температуре во всех экспериментах было 4 часа. Эксперименты проводились в печи сопротивления с графитовым трубчатым нагревателем. 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.

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

Содержание циркония в образцах составило 87,8 % (расчетное содержание 88,35 %), это свидетельствует о высоком содержании карбида циркония в образцах. Размер частиц составил 2-3 мкм.

Использование при синтезе карбида циркония НВУ позволило снизить температуру и время процесса.

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ**

Е. Ю. Лапушкина, Д. А. Петрина, И. Д. Кучумова  
Новосибирский государственный технический университет

Одной из актуальных задач современного материаловедения является продление срока службы ответственных конструкций и деталей машин, работающих в условиях интенсивного износа. Эффективным решением такой задачи может выступать формирование твердых и износостойких покрытий на поверхности изделий из низкоуглеродистых сталей. Одним из методов является воздушно-плазменное напыление порошковых материалов. Данная технология позволяет не только формировать износостойкие покрытия на поверхностях любой сложности, но и восстанавливать наиболее изношенные участки деталей.

В настоящей работе в качестве напыляемого материала использовали порошок на никелевой основе ПР-Н77Х15СЗР2-3. Выбранный порошок дисперсностью 40 – 100 мкм напыляли на трубы диаметром 20 мм из конструкционной стали 10. Напыление выполняли в Институте прикладной и теоретической механики СО РАН на установке плазменного напыления порошковых материалов «Термоплазма 50-01». Режимы плазменного напыления: расход плазмообразующего газа – 3 г/с, дистанция напыления – 170 мм, ток дуги и напряжение на дуге – 140 А и 265 В и 170 А и 258 В, соответственно.

Толщина полученных покрытий не превышает 400 мкм. Металлографические исследования показали, что в покрытиях различаются частицы трех типов: не расплавившиеся во время напыления (сохранили округлую форму и дендритное строение порошка), находящиеся в пластифицированном состоянии (имеют расплюснутую форму, но сохранили дендритное строение) и расплавившиеся (имеют расплюснутую форму и не имеют дендритного строения). С увеличением тока дуги повышается количество расплавившихся частиц в покрытии.

Среднее значение микротвердости не расплавившихся частиц составляет 6500 – 7500 МПа, пластифицированных – 8000 – 9000 МПа, расплавившихся – 9000 – 10500 МПа. В среднем, микротвердость полученных покрытий в 3,5 – 5 раз выше микротвердости основного металла.

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

## ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Е. А. Никитенко, А. М. Замятина, Д. Ю. Корнев  
Новосибирский государственный технический университет

Большинство деталей машин и изделий в процессе эксплуатации выходят из строя по причине их износа. Одним из наиболее рациональных способов поверхностного упрочнения сталей остается процесс цементации, недостатками которого являются большая длительность процесса и невозможность обработки крупногабаритных изделий.

Одним из эффективных способов сокращения времени цементации является применение высокоэнергетических способов воздействия на материал, в частности, обработка токами высокой частоты.

В настоящей работе насыщение стали углеродом осуществлялось на специально спроектированной и изготовленной экспериментальной установке. В качестве источника энергии использовали ламповый генератор марки ВЧГ 6-60/0.44 (рабочая частота  $440 \cdot 10^3$  Гц). Процесс нагрева осуществлялся по глубинной схеме непрерывно-последовательным способом. Величина удельной мощности нагрева варьировалась в интервале  $150 - 400$  МВт/м<sup>2</sup>. В качестве основного материала использовали образцы из стали 20 (содержание углерода ~ 0,2 %). Процесс цементации осуществляли двумя способами. В первом случае на поверхность стальных образцов токами высокой частоты наплавляли порошковую смесь, состоящую из 25 % С, 25 % Fe, 50 % MgF<sub>2</sub>. Во втором случае происходила обработка образцов с углеродной тканью марки GG-201 Р. Обрабатываемые образцы перемещались относительно индуктора со скоростью  $0,020 - 0,100$  м/с.

Структурные исследования показали, что при оплавлении углеродной порошковой смеси на стали 20 формируется высокоуглеродистый слой толщиной до 1 мм, состоящий из нескольких зон. В верхней части наблюдается структура ледебурита, ниже располагается зона, характерная для заэвтектоидной стали, постепенно переходящая в феррито-перлитную структуру. Аналогичная структура наблюдается и при реализации второго варианта цементации токами высокой частоты. Однако, в данном случае толщина цементованного слоя составляет ~ 500 мкм.

Задачей дальнейшего исследования является отработка режимов цементации ТВЧ для исключения процессов плавления и образования на поверхности материала структуры чугуна.

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 38Х2МЮА, МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОЛИБДЕНОМ ПОСРЕДСТВОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО МЕТОДА

Д. О. Пичуричко

Омский государственный технический университет

Направленное изменение физико-химических и механических свойств изделий (микротвердость, теплопроводность и т. д.), изготовленных из конструкционных материалов, традиционно является одной из наиболее актуальных проблем теоретико-методологического и прикладного материаловедения, возможное разрешение которой в настоящее время связано с применением нанотехнологий.

Среди различных методов получения изделий с заданными характеристиками особое место занимает поверхностное ионно-плазменное модифицирование, заключающееся в диспергировании наноразмерных частиц – ионов мишени с их последующим осаждением на подложку и формированием на ней поверхностного слоя из атомов распыляемого материала.

Конструкционная жаропрочная релаксационнотойкая хромоалюминиевая сталь 38Х2МЮА, в состав которой входит от 0,15% до 0,25% молибдена широко применяется для изготовления изделий, эксплуатируемых при температурах до 450 градусов по шкале Цельсия. Зарубежные аналоги – стали с маркировкой 41CrAlMo7 (Евросоюз), 38CrMoAl (Китай).

В работе проведено исследование микротвердости стали 38Х2МЮА, модифицированной молибденом. Выбор материала модификатора осуществлялся в соответствии с такими критериями как его способность к снижению теплонапряженного состояния стали, стехиометрический состав формируемого покрытия.

Ионно-плазменное модифицирование производилось на установке магнетронного напыления ADVAVAC VSM-200. Эмпирическим способом установлены оптимальные параметры режима модифицирования: сила тока – 0,3 А, давление – 3,3 mbar, рабочий газ – аргон, длительность напыления – 31,5 мин.

Измерение микротвердости осуществлялось по методу Виккерса на микротвердомере ПТМ–3М. Полученные значения микротвердости образцов, модифицированных молибденом ( $H_V = 982,1$ ) значительно превысили микротвердость немодифицированных образцов (в 1,92 раза).

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

## **СХЕМЫ РЕЗЬБОШЛИФОВАНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ФРЕЗ С ВИНТОВОЙ СТРУЖЕЧНОЙ КАНАВКОЙ**

А. Ж. Подгорная, Д. В. Подгорный, А. Ф. Эмнагаров  
Омский государственный технический университет

В настоящее время существует множество способов получения резьбы, одним из которых является резьбофрезерование. Однако в литературных источниках не представлены методики профилирования и шлифования резьбовых фрез с винтовой стружечной канавкой. Процесс резьбошлифования резьбовых фрез схожий с процессом шлифования резьбы метчиков.

Различают две принципиальные схемы резьбошлифования: однопрофильное (однониточное) продольное, многопрофильное (многониточное) продольное, многопрофильное врезное. Однопрофильное продольное резьбошлифование — самая точная и универсальная, но наименее производительная схема резьбошлифования. При многопрофильном продольном шлифовании заборный конус шлифовального круга может иметь профиль со срезанными вершинами, с полными вершинами и постоянным углом профиля, с переменными высотой и углами выступов профиля. Но из-за неравномерного износа точность нарезаемой резьбы снижена. Повысить износостойкость шлифовальных кругов можно при выборе переменной высоты профиля выступов заборного конуса и угла при последовательном съеме одинакового объема материала. Шлифование производят с затыловочным движением. Врезное резьбошлифование многопрофильным кругом является наиболее производительным. При этом ширина круга должна превышать длину резьбы на резьбофрезе. Резьба при радиальной подаче круга шлифуется за 1,25 — 1,5 оборота заготовки: часть оборота приходится на врезание, затем происходит шлифование полного профиля резьбы, и часть оборота остается на окончательный съем металла на участке врезания.

Шлифование резьбы со спиральной стружечной канавкой и затылованным профилем производится однопрофильным кругом. Использование многопрофильных резьбошлифовальных кругов с цилиндрическим расположением резьбообразующего невозможно, так как при этом на части зубьев образуются цилиндрические ленточки или зарезы. Шлифование резьбы и полирования стружечных канавок производится после; после шлифования хвостовой и рабочей частей.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Е. В. Васильев.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ «НИКЕЛЬ – АЛЮМИНИД НИКЕЛЯ», ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ (SPS)

Т. С. Самейщева, Л. И. Шевцова, С. И. Бысыина  
Новосибирский государственный технический университет

Развитие технологий авиа- и ракетостроения требует применения материалов, обладающих сочетанием высокой прочности и твердости с одной стороны, и стойкости к распространению трещин с другой стороны. Одним из путей решения отмеченной проблемы является создание слоистых металл – интерметаллидных композиционных материалов. Присутствие в материале твердой интерметаллидной составляющей обеспечивает высокие показатели прочности, а наличие пластичных слоев металла повышают трещиностойкость и ударную вязкость материала.

Технология SPS, используемая в данной работе, основана на возникновении искровых разрядов между спекаемыми материалами вследствие прохождения через них импульсного тока. Достоинствами метода являются кратковременность цикла спекания, равномерность распределения тепла по образцу и выпаривание примесей и загрязнений.

Цель данной работы заключалась в создании многослойного металл – интерметаллидного композита с помощью технологии SPS и исследовании влияния температуры спекания на структуру полученного материала.

В качестве исходных материалов использовались никелевая фольга марки НП2 и алюминиевая фольга марки А5. Для спекания было сформировано 3 многослойных пакета, состоящих из чередующихся фольг никеля и алюминия толщиной 100 и 25 мкм соответственно. Температура спекания образцов составляла 900, 1000 и 1100 °С, выдержка при температуре спекания – 8 минут, давление на образец – 30 МПа. Для изучения образцов использовались методы оптической металлографии, растровой электронной микроскопии и рентгенофазового анализа.

В результате исследования было установлено, что весь алюминий в процессе спекания переходит в состав алюминида никеля, и структура спеченного образца представляет собой чередующиеся слои никеля и интерметаллида. Фазовый состав интерметаллидной прослойки образцов неоднороден. Образец, спеченный при 900 °С содержит фазы  $Ni_2Al_3$ ,  $NiAl$ ,  $Ni_3Al$ , при 1000 °С –  $NiAl$  и  $Ni_3Al$ , при 1100 °С – лишь  $Ni_3Al$ . Установлено, что образец, спеченный при 1100 °С, характеризуется наибольшим значением предела прочности (450 МПа) при испытаниях на растяжение.

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

**СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ  
СИСТЕМЫ «Ti-Ta-Zr», СФОРМИРОВАННЫХ  
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ  
НА ПОВЕРХНОСТИ ЧИСТОГО ТИТАНА**

В. В. Самойленко, И. А. Поляков, А. А. Чевакинская, Е. А. Никитенко  
Новосибирский государственный технический университет  
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН

Титан и его сплавы находят все более широкое применение в химической и ядерной промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости в ряде агрессивных сред. Однако для изготовления изделий ответственного назначения, работающих в концентрированных растворах кислот, коррозионной стойкости титана недостаточно. Введение в титановые сплавы таких элементов, как цирконий и тантал позволяет повысить коррозионную стойкость титана до уровня, сопоставимого со стойкостью легирующих компонентов. Однако в случае создания крупногабаритных изделий рациональным является формирование материала, поверхностно легированного танталом и цирконием. Такой подход обеспечивает экономию дорогостоящих элементов.

В работе рассмотрен метод получения однослойных и двухслойных покрытий системы «Ti-Ta-Zr» на поверхности титана VT1-0 с использованием промышленного ускорителя ЭЛВ-6 с выводом электронного пучка в воздушную атмосферу. Наплавка покрытий производилась в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Металлографические исследования свидетельствуют о высоком качестве наплавленных слоев. В покрытиях отсутствуют поры, микротрещины и не растворившиеся частицы. Результаты микрорентгеноспектрального анализа показали, что максимальная концентрация легирующих элементов наблюдается в покрытии, полученном за два прохода. Содержание тантала в таком покрытии составляет ~50 % вес, циркония – 20 % вес. Микротвердость однослойных покрытий составляет 4000 МПа, двухслойных – 5500 МПа. При переходе в основной металл твердость снижается до 1700 МПа.

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

## **МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ КОНТРОЛЛЕРА ТОЛЩИНЫ SYCON STC-2000A УСТАНОВКИ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ADVAVAC VSM-200 ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ МОДИФИКАТОРА**

Ю. С. Сорокин

Омский государственный технический университет

Метод ионно-плазменного поверхностного модифицирования относится к технологиям получения и обработки конструкционных наноматериалов, входящим в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Ионно-плазменное модифицирование заключается в формировании тонких пленок на поверхности мишени посредством распыления материала модификатора и применяется для получения покрытий с высокой прочностью сцепления и плотностью нанесения.

Одним из основных параметров процесса ионно-плазменного модифицирования является толщина формируемого покрытия. В установке магнетронного напыления ADVAVAC VSM-200 данный параметр определяется экспериментально для различных материалов модификатора (в зависимости от его плотности) и положения датчика толщины относительно магнетронов.

Работа посвящена настройке контроллера толщины Sycon STC-2000A для следующих материалов модификатора: тантал, молибден и вольфрам. Существенное прикладное значение заключается в возможности контроля толщины формируемого покрытия, а не времени его нанесения.

В ходе работы проводилось напыление пленок рекомендованной толщины порядка 5000 ангстрем (параметры режима: сила тока – 0,3 А, давление – 3,3 mbar, рабочий газ – аргон), а затем измерялась толщина покрытия на стороннем приборе – микроскопе JEOL JCM-5700.

Для определения истинной толщины покрытия, а также для повышения достоверности полученных результатов проводились серии напылений для каждого из магнетронов установки и разных материалов модификатора. Отношение толщины покрытия, измеренной на электронном микроскопе, к толщине, отображаемой на дисплее контроллера, является параметром «tooling». Расчет параметра «tooling» для молибдена, тантала и вольфрама, используемых в качестве материала модификатора, и внесение его в меню контроллера «film» обеспечивает контроль толщины покрытия для любого времени его нанесения.

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

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЗАГОТОВОК ИЗ АУСТЕНИТНОЙ И ПЕРЛИТНОЙ СТАЛЕЙ**

А. А. Чевакинская

Новосибирский государственный технический университет

Формирование структуры мартенситного типа при получении сварных соединений разнородных сталей оказывает негативное влияние на качество сварного шва. Хрупкая высокопрочная структура ведет к образованию и распространению трещин в зоне сплавления.

При сварке аустенитной и перлитной сталей из-за активной взаимной диффузии углерода и легирующих элементов в месте стыка формируется высокоуглеродистая высоколегированная прослойка. В результате охлаждения в данной области образуется мартенсит и шов становится охрупченным. Повысить надежность таких сварных соединений возможно несколькими путями. Во-первых, это использование термической обработки. Другой вариант связан с использованием барьерного слоя между свариваемыми разнородными сталями.

Данная работа посвящена исследованию влияния режимов термической обработки, а также дополнительных вставок различной толщины, на повышение надежности сварных соединений заготовок из аустенитной и перлитной сталей, полученных методом стыковой контактной сварки.

Исследования проводились с применением следующих методов: световая металлография, измерение микротвердости по методу Виккерса и определение прочностных характеристик по схеме трехточечного изгиба.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что термическая обработка (даже высокотемпературный отжиг) не оказывают существенного влияния на уровень микротвердости мартенситной составляющей. Объясняется это тем, что мартенсит является высоколегированным и формируется даже при медленном охлаждении. Таким образом, проведение высокотемпературного отжига сварного соединения после сварки экономически нецелесообразно.

В качестве барьерного слоя была выбрана низкоуглеродистая сталь, за счет использования которой предполагается снизить уровень диффузии углерода и легирующих элементов. Результаты структурных, дюрOMETрических исследований, а также испытаний по схеме трехточечного изгиба свидетельствуют о положительном влиянии барьерного слоя на надежность сварных соединений.

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

## **ВНЕВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА КАРБИДА ТИТАНА НА СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТУЮ СТАЛЬ**

А. Н. Шмидт, Д. О. Муль

Новосибирский государственный технический университет

На современном этапе развития машиностроения приоритетным направлением является повышение качества, надежности и долговечности деталей и узлов различных машин и механизмов. Для радикального решения этой проблемы необходимо создание новых материалов, разработка и освоение новых технологий.

Технологические процессы обработки многих деталей машин и элементов конструкций ответственного назначения предусматривают их поверхностное упрочнение. Во многих случаях необходимо повысить прочность, оставляя при этом вязкую сердцевину детали. Легирование поверхности позволяет экономить дорогостоящие элементы, что делает данный способ предпочтительным.

Применение технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки карбидосодержащих порошковых смесей позволяет формировать ультрадисперсную структуру с равномерно распределенными в ней твердыми карбидными частицами, что повышает твердость и износостойкость материала.

Вневакуумную электронно-лучевую наплавку осуществляют в Институте ядерной физике СО РАН с применением ускорителя электронов ЭВЛ-6. На образец насыпают наплавочную смесь плотностью  $0,33 \text{ г/см}^2$ . Стол с образцом движется со скоростью  $1 \text{ см/с}$ . Энергия электронного пучка составляет  $1,4 \text{ МэВ}$ . Частота сканирования  $26 \text{ Гц}$ . Электронный пучок, падая на образец, расплавляет порошок и поверхностный слой основы. В результате отвода тепла в стальную основу процесс затвердевания протекает быстро.

Состав наплавочной смеси:  $20 \text{ масс.}\%$  порошка карбида титана,  $30 \text{ масс.}\%$  смачивающей составляющей (железо), необходимой для создания ванны расплава, и  $50 \text{ масс.}\%$  флюса ( $\text{MgF}_2$ ), применяемого для предотвращения окисления порошка карбида титана в процессе наплавки.

При изучении структуры полученного покрытия методом оптической микроскопии отмечено равномерное распределение частиц карбида титана в металлической матрице. Микротвердость полученного покрытия составляет  $5000 \text{ МПа}$ , что в  $2,5$  раза больше микротвердости основы.

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

# НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 692.231.2

## К ВОПРОСУ О ПЕРЕРАБОТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н. В. Аксёнов, А. К. Кожевников  
Лесосибирский филиал Сибирского государственного  
технологического университета

С развитием человечества увеличиваются объемы производства, соответственно объемы отходов различного происхождения. Отходы производства оказывают негативное воздействие практически на все компоненты окружающей среды. При хранении все отходы претерпевают изменения, обусловленные как внутренними физико-химическими процессами, так и влиянием внешних условий окружающей среды. В результате неизбежно образуются новые опасные вещества, которые представляют серьезную угрозу для человека и его среды обитания. В районах полигонов промышленных и бытовых отходов, наблюдается значительное загрязнение формальдегидом, тяжелыми металлами и др.

Проблема экологически безопасного обращения с отходами в настоящее время особенно актуальна для промышленных городов. Эффективное планирование для комплексного управления отходами требует учета всех важных экологических и экономических аспектов, связанных с отходами: от рационального использования сырья и применения малоотходных технологий для производства продукции до утилизации отходов.

В исследованиях настоящей работы по решению поставленных задач экспериментальным путем была определена возможность использования целого ряда отходов производств при получении модифицированных изделий. В процессе получения данных продуктов использовали: стекло, кора, вермикулит, опилки, резинотехнические изделия. Исследования показали, что при определенных условиях подготовки вышеуказанных видов отходов соответствующей технологией получения пресс масс, возможно, получить высококачественный строительный материал специального назначения. Эксплуатационные показатели, функции которого как показатели исследования, при сохранении прочностных, т.е. экстремальных и интегральных показателей стандартного характера свойства специального назначения, такие как огнезащищенность, биостойкость, водостойкость в значительной степени улучшаются. Таким образом, настоящие исследования носят актуальный характер.

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

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТНОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

О. А. Баталова

Лесосибирский филиал Сибирского государственного  
технологического университета

Согласно литературным источникам, объем переработки твердых бытовых отходов на сегодняшний день оценивается величиной не более чем в 2 млн. т. Из указанного объема перерабатывается лишь 10 % – отходов потребления (тара, бутылки и т.д.), средний ежегодный прирост объема образования твердых бытовых отходов в виде стеклянной и пластиковой тары в 2011-2015 гг. составят 9,2 %.

Древесноволокнистыми плитами называются листовые материалы, сформированные из переплетных древесных волокон. Изготавливают их из древесных отходов или из низкокачественной древесины. В отдельных случаях в зависимости от условий снабжения предприятия сырьем применяют одновременно как древесные отходы, так и дровяную древесину в круглом виде.

В результате одним из возможных путей решением данной проблемой является использование ТБО в производстве древесноволокнистой плиты в мокром способе.

Данная работа посвящена обоснованию возможности использования ТБО в производстве ДВП мокрым способом и установление влияния основных технологических параметров на физико-механические свойства готовой плиты.

Исследования проводилась в лаборатории «Лесоперерабатывающей, целлюлозно-бумажной и химической технологии древесины» Лесосибирского филиала Сибирского государственного технологического университете. Для реализации эксперимента составлена программа исследований, определены уровни и интервалы их варьирования входных параметров исследований. Составлены функциональные зависимости физико-механических свойств готовой плиты от концентрации и фракционного состава стекла и полиэтилентерефталата.

В работе показано, что при производстве ДВП мокрым способом можно использовать до 7 % твердых бытовых отходов, при этом стоимость 1 м<sup>2</sup> плиты уменьшится на 1,2 рубля.

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

## ЭЛЕКТРОХРОМНОЕ УСТРОЙСТВО С NiO и TiO<sub>2</sub> ЭЛЕКТРОДАМИ

А. Л. Белоусов

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 заряда в электрохромные (ЭХ) пленки. В двухэлектродных ЭХУ, в качестве анода и катода используются ЭХ материалы (анодные и катодные окрашиваемые материалы), нанесенные на прозрачные проводящие электроды In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Sn на стекле.

В качестве неорганических электрохромных материалов целесообразно использовать оксиды металлов. Большинство из них известны как структуры, построенные из MeO<sub>6</sub> октаэдров. На данный момент известно несколько неорганических ЭХ материалов, такие как WO<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, NiO, MoO<sub>3</sub> и некоторые органические ЭХ материалы.

В настоящей работе в качестве основного электрода использована ЭХ пленка кристаллического NiO, в качестве противоиэлектрода была использована ЭХ пленка TiO<sub>2</sub> легированная Zr. Для синтеза оксидных проводящих InSnO, и ЭХ пленок NiO и Zr/TiO<sub>2</sub> использован экстракционно-пиролитический метод. Для сборки электрохромного устройства между электродами укладывалась пластиковая прокладка толщиной 0,8 мм, в которой имелось «окно» для заполнения электролитом. В качестве квазитвердого электролита был использован полиэтиленгликоль с раствором LiClO<sub>4</sub> в соотношении 1:1.

С помощью Фурье-спектрофотометра VERTEX-80V, были исследованы спектры пропускания ЭХ-ячейки в видимом и ИК диапазонах на различных циклах её работы. Спектры пропускания в обесцвеченном и в окрашенном состояниях для 1 и 1000 циклов совпали. Проведенные исследования показали, что пропускание в видимом диапазоне в обесцвеченном состоянии составило 70-80 %, в окрашенном – 50-60 %. Пропускание в среднем ИК составило 10-40 % в окрашенном состоянии и 10-70 % в обесцвеченном состоянии. Пропускание в дальнем ИК отсутствует. Полученная двухэлектродная ячейка на кварце, с квазитвердым электролитом выдерживала более 1000 циклов обесцвечивание-окрашивание, не меняя интенсивности цвета.

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

## **ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

Н. Е. Борисовская

Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск

В настоящее время бетон занимает лидирующие позиции на рынке конструкционных материалов. При получении большинства предлагаемых бетонов используют портландцемент. Применение в производстве бетона вяжущего, основанного на гранулированном доменном шлаке, дает возможность изготовления бесклинкерного материала с высокими прочностными показателями.

В качестве объекта исследования выбран шлакощелочной бетон. В ходе проведенной работы была изучена и доказана возможность получения высокоэффективных бетонов с использованием отходов промышленного производства. Были разработаны состав бесклинкерного вяжущего – заменителя портландцемента и технология производства шлакощелочного бетона на его основе.

На гранулированных доменных шлаках были получены высокопрочные шлакощелочные мелкозернистые бетоны. Эффект достигнут за счет высокой тонкости помола доменных гранулированных шлаков, затворенных концентрированными растворами едких щелочей, солей щелочных металлов и введению глины, которая после растворения в едких щелочах обладает вяжущими свойствами.

В ходе исследований, проведенных в лаборатории строительных материалов СГУПС, установлено, что химико-минералогический состав шлака и вид щелочного компонента существенно влияют на активность шлакощелочного вяжущего. Изучено влияние степени измельчения шлакощелочного вяжущего на его прочностные показатели.

Изготовленный бетон обладает следующими свойствами: повышенная прочность, морозостойкость, влагостойкость, высокая жаростойкость, высокая стойкость в агрессивных средах.

Опытные данные показывают возможность получения оптимального состава шлакощелочного вяжущего активностью свыше 70 МПа в условиях пропаривания и активностью 50 МПа при твердении в нормальных условиях.

Научный руководитель – А. В. Банул.

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ОКСИДА ГРАФЕНА

Е. Ф. Боякинов

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

Оксид графита (ОГ) — соединение углерода, водорода и кислорода в различных соотношениях, которое образуется при обработке графита сильными окислителями. Оксид графита так же как графен, обладает рядом уникальных свойств. Это делает его перспективным материалом для опто- и микроэлектроники [1].

ОГ был получен модифицированным методом Хаммерса. Для исследований водный раствор ОГ, наносился на поверхность  $\text{SiO}_2$  и высушивался в течение суток при комнатной температуре. В зависимости от концентрации ОГ в растворе варьировала толщина пленки на поверхности диэлектрика.

Под воздействием термообработки устраняются кислородные и соединения в ОГ, отвечающие за низкую проводимость образцов до отжига [2]. Поэтому для получения проводящего ОГ был проведен отжиг в температурном интервале от  $250^{\circ}\text{C}$  до  $700^{\circ}\text{C}$  в различных средах.

При температурах  $400\text{--}450^{\circ}\text{C}$  получают слои ОГ с минимальным сопротивлением.

Оптический анализ показал, что на поверхности ОГ при термообработке образуются пузырьки газа в виде куполообразных структур. Количество куполов и их размеры увеличиваются с ростом температуры до  $450^{\circ}\text{C}$ . При дальнейшем повышении температуры происходит полное разрушение структур ОГ.

---

1. Y. Zhu, Sh. Murali, W. Cai, X. Li, Ji Won Suk, J.R. Potts, and Rodney S. R. Graphene and Graphene Oxide: Synthesis, Properties, and Applications. *Advanced Materials*, 2010, XX.- pp.1–19.

2. А. К. Елецкий. Газовый сенсор на основе графена // Перст. – 2009. – т.16(13/14). – С. 8 – 9.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Е. П. Неустроев.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ  
ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА  
И ЕГО МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ  
НА СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА**

Ф. Д. Васильева

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

Целью работы было исследование свойств и структуры терморасширенного графита (ТРГ), полученного методом Хаммерса, и его модифицирующего влияния на свойства политетрафторэтилена (ПТФЭ).

Подготовка пробы терморасширенного графита проводилась путем интеркалирования очищенного графита фирмы “Aldrich” (США) модифицированным методом Хаммерса.

Освоена технология получения терморасширенного графита. Исследование структурных свойств полученного терморасширенного графита проведено с помощью сканирующего электронного микроскопа СЭМ, рентгеноструктурного анализа (РСА) и комбинационного рассеяния света (КРС). В спектрах КРС терморасширенного графита в основном выявлены две линии КРС – G ( $1575 \text{ cm}^{-1}$ ) и 2D ( $2720 \text{ cm}^{-1}$ ). Наличие линии 2D характерно для графита с высокой степенью порядка. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что в терморасширенном графите имеются области с практически идеальной структурой кристаллического графита.

В работе исследованы физико-механические и триботехнические свойства композитов на основе ПТФЭ и терморасширенного графита. Анализ характеристик композитов показывает, что при введении в ПТФЭ уже 0,1мас.% ТРГ происходит некоторое увеличение значений деформационно-прочностных свойств и износостойкости композитов по сравнению со свойствами исходного ПТФЭ.

Результаты ИК- спектров ПКМ показали, что в процессе трения происходит термодеструкция макромолекул ПТФЭ с образованием разветвленных макромолекул с двойными связями в концевых группах.

Для создания полимерных композитов триботехнического назначения показана эффективность использования терморасширенного графита в качестве модификатора полимерной матрицы.

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

**ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА  
С МИНЕРАЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

О. Е. Вискова, Д. А. Кузьмичева  
Кузбасский государственный технический университет  
им. Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

Использование вторичного полимерного сырья в качестве новой ресурсной базы – одно из динамично развивающихся направлений в отрасли переработки пластмасс. Между тем, получение изделий из вышедших из употребления пластмасс достаточно сложный технологический процесс связанный, как с самой подготовкой сырья (сортировка, промывка, агломерация), так и с его переработкой в изделия.

Известно, что технологические свойства вторичного сырья хуже (например, низкая термостабильность расплава), что в свою очередь сказывается на поведении его в процессе переработки, а также на эксплуатационных характеристиках готовых изделий. Для улучшения технологических свойств и для повышения физико-механических характеристик вторичных полимеров вводят различные добавки, в том числе и минеральные наполнители. Безусловно, введение добавок влияет на поведение расплава в перерабатывающем оборудовании, качество гранулята.

Целью данной работы являлось – выбор технологических параметров получения (температуру материального цилиндра и головки; число оборотов шнека) композиционных материалов на основе вторичного полиэтилена с минеральными наполнителями, добываемыми и получаемыми в регионе (тальк, охра).

Оптимальные требования к экструдату – это его минимальное разбухание, а также наличия небольшого количества воздушных включений. Изменяя температуру материального цилиндра по зонам и число оборотов шнека выбрали следующие технологические параметры экструзии:  $T_1=100^{\circ}\text{C}$ ,  $T_2=170^{\circ}\text{C}$ ,  $T_3=170^{\circ}\text{C}$ ;  $n=19-27$  об/мин. При выбранных параметрах получили композиции с содержанием наполнителя 1 %, 3 %, 5 %, 10 % (масс). Полученный гранулят возможно использовать для получения полимерных изделий методом экструзии и литьем под давлением.

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

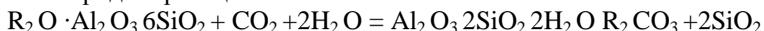
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОКРЕМНЕЗЕМА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Д. С. Горлов

Юргинский Технологический институт  
Томского политехнического университета

Цель работы: Получение керамических материалов с высокой прочностью на основе глины с применением в качестве добавок газоочистной пыли и пыли электрофильтров производства ферросилиция.

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, а также использование отходов производства. Одним из таких компонентов является микрокремнезем.

Известно, что отходы ферросилиция используются в качестве связующего компонента при изготовлении золокерамических изделий. Данные отходы нашли эффективное применение в производстве теплоизоляционных материалов. Тугоплавкость кремнеземсодержащих отходов обусловила их использование при изготовлении огнеупорных и жаростойких материалов с повышенной прочностью, устойчивостью к термоудару и малой усадкой.

В нашем эксперименте сырьевую керамическую смесь, которая состояла из: глинистого сырья, микрокремнезема 15-80%, высокоосновного электросталеплавильного шлака 20-85%, мы готовили пластическим методом. При этом компоненты смешивали в сухом состоянии, затем увлажняли до влажности 20-25%, прессовали в формы (30x30x30), высушивали до 5% и подвергали обжигу при 1000-1050<sup>0</sup> С. В результате эксперимента были получены следующие физико-механические свойства:

Ср. плотность 1120-1460 кг/м<sup>3</sup>

Прочность при сжатии 11,2-21,3 МПа

Водопоглощение 23,4-34%

В качестве положительного результата эксперимента можно отметить также получение многоцветных композиций керамических образцов.

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

## ВЛИЯНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ ПАРОВ АЦЕТОНА

А. В. Дробот

Томский государственный университет

При адсорбции молекулы ацетона на поверхность полупроводниковой плёнки происходит диссоциация молекулы с образованием продуктов  $\text{CH}_3\text{CO}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{O}^-$  и переходом свободного электрона в зону проводимости. Что способствует уменьшению плотности отрицательно заряженных ионов кислорода на поверхности полупроводника и, следовательно, увеличению проводимости. С целью увеличения вероятности хемосорбции и диссоциации молекулы ацетона на поверхности полупроводниковой плёнки, а так же десорбции продуктов реакции чувствительный элемент подвергали воздействию терагерцовым излучением. В качестве генераторов излучения использовали кристаллы GaSe и  $\text{GaSe}_{0.29}\text{S}_{0.71}$ .

Влияние терагерцового излучения на электрические и газочувствительные характеристики сенсоров изучали на сенсорах из партии i (Au/SnO<sub>2</sub>:Sb,Au), для которых отклик на пары ацетона максимален. Образцы из серии ii (Au/SnO<sub>2</sub>:Sb,Au) не подвергались облучению терагерцовым излучением.

Облучение чувствительных элементов образцов терагерцовым излучением способствует увеличению отклика на пары ацетона и уменьшению чувствительности к окислительным газам. Расчёт энергий активаций процессов адсорбции  $E_a$  и десорбции  $E_{dg}$ , а также теплоты адсорбции  $\Delta E$  для образцов из серии i с разной длительностью облучения показал, что  $\Delta E=0.46-0.47$  эВ,  $E_{dg}=0.52-0.56$  эВ,  $E_a=0.07-0.9$  эВ. Очевидно, что энергия связи  $\Delta E$  адсорбированных молекул ацетона и адсорбционных центров, а также значения энергий активации процессов десорбции  $E_{dg}$  и адсорбции  $E_{ag}$  молекул ацетона не зависят от длительности облучения терагерцовым излучением.

Следует отметить, что значения  $E_{ag}$  и  $E_{dg}$  для образцов из серии i, изученных в данных экспериментах, отличаются от результатов для структур из серии ii ( $E_{dg}=0.89$  эВ,  $E_{ag}=0.35$  эВ,  $\Delta E=0.54$  эВ). Можно предположить, что облучение терагерцовым излучением способствует увеличению колебаний агломератов, из которых состоит плёнка. В результате изменяются размеры и количество пор в образцах из серий i, обеспечивая разные значения  $E_{ag}$  и  $E_{dg}$ .

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Ф. В. Рудов.

## ХОЛОДНАЯ АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ СМЕСЬ, ПОЛУЧАЕМАЯ ПУТЕМ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕГЕНЕРИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

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

Дорожные покрытия из холодного асфальтобетона укладывают при строительстве дорог с небольшой интенсивностью движения, а также при ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий всех типов, включая I климатическую зону (III и II подзона).

Расширение использования холодного асфальтобетона происходит путем разработки смесей с повышенными прочностными показателями, сильным сцеплением с влажными минеральными материалами, увеличенным сроком хранения смеси за счет показателя слеживаемости.

Разработка модифицированных холодных смесей является одним из путей снижения энергозатрат в дорожном строительстве. Их можно готовить на одной базе и транспортировать на дальние расстояния без риска потери или изменения потребительских свойств. Использование холодных смесей позволяет производить строительные и ремонтные работы при более низких температурах воздуха, чем это допускается при применении горячих асфальтобетонных смесей. Ремонтный сезон может быть продлен до температуры  $-30^{\circ}\text{C}$ , при этом обеспечиваются высокая оперативность, стабильность работ и возможность круглогодичного проведения и повышения их долговечности.

Лучшие качественные показатели смесей обеспечиваются при использовании минеральных материалов с максимальной величиной зерен до 15 мм. В данной работе для изготовления асфальтобетонной смеси использовался дорожный битум марки БНД 90/130. В качестве разжижителя применялось дизельное топливо.

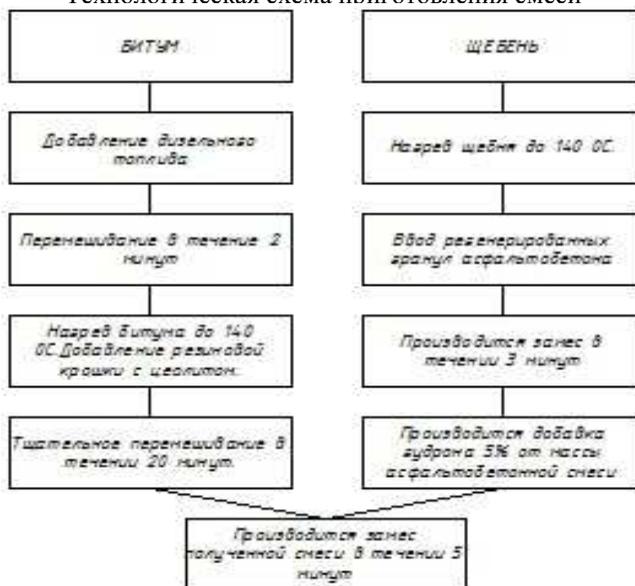
Для данного исследования использовались перечисленные компоненты: дорожный битум марки БНД 90/130, остаточный гудрон, резиновая крошка с активированным цеолитом, минеральные материалы в количестве 55-57 % подобранного состава от общей массы асфальтобетонной смеси (щебень 5-15 мм, отсеб дробления щебня фракции 0-5 мм). Зерновые составы минеральной части смесей подбирали по принципу плотной смеси, при этом ориентировочное содержание частиц мельче 0,071 мм находится в пределах 3-12%.

Для достижения эффективной работы РК в составе холодной смеси необходимо обеспечить ее хорошее перемешивание с битумом и гомогенизацию смеси. Цеолит в свою очередь улучшает взаимодействие на границе раздела фаз «резиновая крошка-битум».

Результаты проведенных исследований показали, что при выдерживании РК в нагретом битуме при температуре до  $140^{\circ}\text{C}$  и интенсивном пе-

ремешивании в лабораторной мешалке основная масса добавки (до 80% от РК) расплавляется и равномерно распределяется после 20 минут.

#### Технологическая схема приготовления смеси



Разработанная холодная смесь указанного состава отличается значительным повышением прочности образцов при температурах 20 и 50 °С, водостойкости, а также значительным снижением показателя слеживаемости. В составе данной смеси до прогрева наблюдается повышение предела прочности при сжатии на 75% при температуре 20 °С для асфальтобетонных образцов по сравнению с требованиями, водонасыщенных – более 100%. После прогрева эти показатели соответствуют значениям для асфальтобетонных образцов как в сухом, так и в водонасыщенном - в пределах 56%. Слеживаемость смеси составляет 5 ударов. Водонасыщение рассматриваемых образцов соответствует предъявляемым требованиям ГОСТ 9128-2009

1. Бусел А.В. Ремонт автомобильных дорог. 2004 г.
  2. Руденский А.В. Автомобильные дороги научно – технический информационный сборник. 2006 г.
  3. Руденский А.В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. 1992 г.
  4. ГОСТ 9128 – 2009. СМЕСИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ, АЭРОДРОМНЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН
  5. ГОСТ Р 52056 – 2003. ВЯЖУЩИЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫЕ ДОРОЖНЫЕ
  6. ГОСТ 22245 -90. Битумы нефтяные дорожные.
  7. ГОСТ 3344 – 83. щебень и песок для дорожного строительства.
- Научный руководитель - С. Э. Филиппов.

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФТОРКОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ СМЕШЕНИЯ ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ И ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ**

Ю. В. Кириллина

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

Повышение качества получаемых композиционных изделий из политетрафторэтилена во многом зависит от технологий подготовки и смешения компонентов. Актуальной является проблема разработки и внедрения методов, обеспечивающих эффективность введения в полимерную матрицу различных модификаторов.

В данной работе мы использовали два способа смешения – в лопастном смесителе и мельнице планетарного типа, без использования стальных шаров. Объектами исследования выбраны политетрафторэтилен (ПТФЭ) – полимер, способный обеспечивать плавное скольжение, сохранять низкий коэффициент трения и механические свойства при низких температурах, слоистые силикаты – серпентинит и сунгулит, которые относятся к группе водных силикатов магнезия и имеют схожий состав  $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

В работе приведены результаты физико-механических и триботехнических испытаний материала. Также были проведены исследования структуры материала методом рентгеновской дифракции, растровой электронной микроскопии, ИК-спектроскопии.

Анализ физико-механических испытаний, показывает, что смешение в планетарной мельнице не дает существенного улучшения физико-механических характеристик. С увеличением содержания наполнителя, износостойкость композитов постепенно повышается (до 110 раз). Это объясняется участием слоистого силиката в ориентационных процессах при трении и трансформацией структуры поверхностей трения. Методом рентгеновской дифракции показано, что изменение комплекса свойств композитов связано с проникновением макромолекул полимера в межслоевые пространства силикатов и формированием интеркалированных структур в материале. Микрофотографии поверхностей трения свидетельствуют о том, что в процессе трения, частицы наполнителя выталкиваются на поверхность контакта с контртелом и играют роль твердых смазочных материалов, подобно графиту, снижая коэффициент трения.

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

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАР ГОЛОВНОГО СВЕТА АВТОМОБИЛЯ «УАЗ-PATRIOT»

К. А. Крещенова

Ульяновский государственный технический университет

В августе 2005 года начал выпуск популярных внедорожников UAZ - Patriot с новым двигателем, который оснащен современными технологиями, а также европейской системой бортовой диагностики. Это первый на сегодня двигатель российского производства для легковых автомобилей, полностью отвечающий экологическому стандарту Евро- 4, который вступает в силу на территории России с 2013 года.

В настоящее время продукция «УАЗ» стала востребованной как в России и странах СНГ, так и в Европе. А все потому, что стали использовать в своем производстве более безопасные и качественные инновационные материалы.

В работе рассмотрены свойства полимерного материала обладающего отличительными технологическими особенностями, позволяющими использовать его для изготовления деталей номенклатуры ОАО «УАЗ».

На сегодняшний день монолитный поликарбонат является самым прочным из всех прозрачных материалов, существующих на мировом рынке и производящихся в промышленных масштабах. Уникальность эксплуатационных характеристик обеспечивает его востребованность в таких областях как строительство, авиастроение, производство спортивного снаряжения, средств безопасности и антивандальных конструкций и, несомненно, рекламная индустрия, а также широко применяется в автомобилестроении.

Для изготовления фар головного света автомобиля "UAZ - Patriot" используется поликарбонат – термопластичный конструкционный полимерный материал, обладающий высокой жесткостью и прочностью в сочетании с очень высокой стойкостью к ударным воздействиям, в том числе при повышенной и пониженной температуре. Отличается хорошими оптическими свойствами, высокой теплостойкостью, незначительным водопоглощением, высоким электрическим сопротивлением и электрической прочностью, незначительными диэлектрическими потерями в широком диапазоне частот. Изделия из поликарбоната сохраняют стабильность свойств и размеров в широком интервале температур: от -100 до +135 °С. При этом из нового прозрачного пластика - «Makrolon», фары не трескаются, даже если автомобиль переворачивается или на его пути встретились камни, лед. Благодаря высокой ударной прочности листы поликарбоната противостоят граду.

Поликарбонат - это высококачественный пластик, с широкой сферой применения, это соединения, которые не имеют аналогов среди других термопластов. Поэтому произведенные конструкции не только прочные и надежные, но и красочные и оригинальные.

Необходимо отметить, что Makrolon – это специальная марка поликарбоната, отличающаяся от других материалов тем, что имеет более высокую стойкость к воздействию ударов, к царапинам, химическим веществам, погодным условиям и т.д.

Makrolon производят с нанесением специального покрытия, защищающего его от вредного воздействия ультрафиолета. Такое покрытие заставляет стекать конденсат по фаре, поэтому на внутренней поверхности фары линзы не образуются капли, которые отражают солнечный свет.

Новые материалы – это одно из важнейших направлений, определяющих развитие машиностроения.

Научный руководитель — канд. техн. наук, доцент В. М. Никитенко

## РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ФОРМАТНО-ОБРЕЗНОЙ РЕЗКИ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Д. С. Кузнецова

Лесосибирский филиал Сибирского государственного  
технологического университета

При изготовлении ДВП на различных этапах производства образуются древесноволокнистые отходы. Источником вторичного волокна в производстве древесноволокнистых плит, прежде всего, являются: отжимки импресфайнера (пробковая вода, содержащая в себе крупные и мелкие древесные частицы); куски готовых древесноволокнистых плит – отходы продольного и поперечного форматного реза; волокно, попадающее в сточные воды с отливной машины.

Необходимым является задача утилизации отходов ФОР и импресфайнера. Необходимо отметить, что в производстве ДВП отходы импресфайнера содержат так называемые «живое» волокно, т.е. данный древесный полуфабрикат не подвергался термической обработке при высоких значениях температуры и давления. Древесные кусковые отходы форматнообрезных станков подвергались тепловой обработке и представляют собой так называемое «инактивированное» волокно, при повторной обработке не способное вновь образовывать прочные межволоконные связи ввиду ороговения волокна.

Одной из задач размола ФОР является получение «живого» волокна. Сущность процесса размола обусловлена, с одной стороны, строением растительных волокон, а с другой — теми многообразными, еще недостаточно изученными явлениями, которые при этом происходят в водно-волоконистой суспензии. Полученная во время размола волокнистая масса должна обеспечить прочные межволоконные связи у прессуемых плит. Виды межволоконных связей у древесноволокнистых плит аналогичны видам связей между волокнами натуральной древесины.

Целесообразно включать данные виды отходов в переработку и весьма важно исследовать их с последующей оценкой влияния такого состава древесных отходов плитного производства на показатели качества древесноволокнистых полуфабрикатов и готовых плит.

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Н. А. Петрушева.

## СВОЙСТВА ШЛАКОБЕТОНА НА ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ С ДОБАВКОЙ ТЕХНОГЕННОГО АНГИДРИТА

Н. Ю. Николаев

Сибирский государственный университет путей сообщения,  
г. Новосибирск

Промышленными отходами, образующимися ежегодно в больших объемах, является техногенный ангидрит -сульфаткальциевый отход плавикового производства. Однако широкое использование сульфаткальциевого отхода плавикового производства при получении вяжущих и бетонов на их основе сдерживается из-за наличия примесей плавиковой кислот и их солей, отрицательно влияющих на физико-механические свойства вяжущих материалов, полученных на его основе. Такие вяжущие имеют низкую водостойкость и прочностные характеристики, что существенно ограничивает область их применения. Целью работы явилось изучение влияния тонкости помола шлакопортландцемента с добавкой сульфаткальциевого отхода плавикового производства на прочностные свойства шлакобетона. Исследование проводилось с применением кислого доменного шлака полусухой грануляции КМК и клинкера Кузнецкого цементного завода (содержание  $C_2S$  - 42%,  $C_2S$ - 28%,  $C_3A$ -17% и  $C_4AF$ -7%). В качестве добавки применялся нейтрализованный известняком до РН 8 сульфаткальциевый отход плавикового производства. Проведенные физико-химические исследования позволили установить оптимальное количество добавки сульфаткальциевого отхода и его влияние на процесс структурообразования и прочность шлакобетона.

Для цементного камня на основе шлакопортландцемента и сульфаткальциевого отхода типична слоисто-блочная структура кристаллических гидросиликатных новообразований. Наблюдается постепенная перекристаллизация гелевидной фазы, «армирование» ее кристаллическими новообразованиями. Увеличение дозировки сульфаткальциевого отхода способствует значительному увеличению содержания в цементном камне сульфатоалюмината кальция. Свидетельством этому является незначительное количество в цементном камне свободного оксида кальция. Другое влияние повышенного содержания в шлакопортландцементе сульфаткальциевого отхода состоит в увеличении количества низкоосновных гидросиликатов кальция, которые обнаруживаются по экзотермическому эффекту при 900°С. Электронная микроскопия показала, что гидросиликатная масса, несмотря на пропаривание образцов и их 90-суточное хранение сохранила скрытокристаллическое строение. Масса "армирована" игольчатыми кристаллами этtringита, которые имеют четкую форму без признаков разрушения.

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

## **ЗАПИСЬ ГОЛОГРАММ В ФОТОПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАПРЕЩЕННЫХ СИНГЛЕТ – ТРИПЛЕТНЫХ ПЕРЕХОДОВ КРАСИТЕЛЕЙ**

К. Р. Паластрова

Новосибирский институт органической химии

им. Н. Н. Ворожцова СО РАН

Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время, в связи с высоким темпом развития информационных технологий и возрастанием объемов данных, возникла необходимость хранения большого количества информации и обеспечение быстрого доступа к ней. Для этого применяется голографическая оптическая запись.

Одной из наиболее перспективных регистрирующих сред является голографический фотополимерный материал (ГФПМ). Фотополимеры имеют высокую разрешающую способность (более 6000 лин\мм). Записанные голограммы являются фазовыми, что позволяет получать высокую дифракционную эффективность (теоретически до 100%).

Одним из методов записи голограмм ГФПМ является запись на запрещенных синглет-триплетных переходах. Такая запись осуществляется путем непосредственного возбуждения первого триплетного уровня красителя-сенсibilизатора лазерным излучением. Преимущество данного типа записи голограмм заключается в меньшем количестве искажений, связанных с поглощением среды, что позволяет формировать более качественные голограммы.

Цель нашей работы создать материал для записи голограмм в ГФПМ с использованием запрещенных синглет-триплетных переходов красителей сенсibilизаторов, расположенных в зеленой области спектра.

Нами была разработана композиция на базе мономеров акрилоилморфолина и 1,4-бисакрилоилпиперозина в матрице поливинилацетата. В качестве красителей сенсibilизаторов, были синтезированы три красителя — производные индендионового ряда. Область спектральной чувствительности которых находится в синей области спектра, а плечо синглет-триплетного поглощения в зеленой. Данные ГФПМ слои обладают дифракционной эффективностью порядка 50%, при чувствительности 350 мДж/см<sup>2</sup> на длине волны 540 нм.

Научный руководитель – д-р хим. наук В. В. Шелковников.

## ГИБРИДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЗАПИСИ ТОНКИХ ГОЛОГРАММ

А. М. Сохань, Д. И. Деревянко

Новосибирский государственный технический университет

Новосибирский институт органической химии

им. Н. Н. Ворожцова СО РАН

В настоящее время важной задачей является создание тонких голограмм. В связи с этим актуальным является поиск записывающих сред и технологий, которые бы позволяли получить тонкие голограммы толщиной в диапазоне от долей до десятков микрон.

Целью данной работы является получение тонкой голограммы, как простейшего вида дифракционного оптического элемента, на гибридном фотополимерном материале под действием лазерного излучения и исследование его характеристик.

Для создания микроструктур в ЛОСМ НИОХ СО РАН была проведена разработка гибридной фотополимерной композиции (ГФК).

Композиционные пленки формировались из растворов прекурсоров, содержащих кремний-алкоксидные и акрилатные группы, фотополимеризующиеся по свободно-радикальному механизму. Система фотоиницирования состояла из 5-метил-1,3,4-тиадиазол-2-тиола, бис (4-трет-бутилфенил) иодония трифторметансульфоната, эритрозин триметил аммонийной соли.

На основе разработанной ГФК были подобраны условия для создания тонких голограмм. Была записана тонкая голограмма на голографической установке, под облучением лазера на длине волны  $\lambda=540\text{нм}$ . Толщина голограммы составила 3 мкм, угловая селективность более 30 градусов, дифракционная эффективность 8 %.

Был измерен показатель преломления для пленки исходной композиции, равный  $n=1.521$  и пленки фотополимеризованной ГФК равный  $n=1.525$ .

Из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что созданная ГФК подходит для записи дифракционных микроструктур под действием лазерного излучения.

Научный руководитель – д-р хим. наук В. В. Шелковников.

## **ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ВЫЖИГАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗОК НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛОТНОЙ КЕРАМИКИ<sup>1</sup>**

Р. С. Тимаревский, Е. В. Мельникова, Д. А. Ануфриенко, Р. И. Кузьмин  
Новосибирский государственный технический университет

Обязательным компонентом при производстве керамического материала являются временные органические связующие. Они облегчают процесс формования и повышают механическую прочность прессованных изделий. На этапе спекания керамики необходимо обеспечить температурно-временные режимы, позволяющие удалить полимерные добавки не создавая дефектной структуры. В данной работе показано влияние режимов выпаривания органики на структуру плотной керамики.

Образцы для исследования были изготовлены из порошка  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $d_{50} = 0,6$  мкм). В качестве органических добавок в алюмооксидную суспензию вводили 0,8 % (от массы порошка) поливинилового спирта и 0,4 % (от массы порошка) полиэтиленгликоля ПЭГ 400.

Для оценки влияния режимов выгорания органики на формирование структуры керамического материала были подготовлены три серии образцов, отличающиеся температурно-временными параметрами нагрева. При этом отличие режимов заключалось в скорости нагрева материала до температуры 900 °С. Первый режимов заключался в нагреве образцов со скоростью 5 °С/мин. Отличием двух других было наличие изотермических полочек длительностью 2 часа при температурах 80, 250, 350, 450, 480, 500 °С. Скорость нагрева для второго и третьего режимов составляла 2 и 0,5 °С/мин соответственно. Температуры изотермических выдержек были выбраны по результатам хемосорбционного анализа образцов. Режим нагрева выше 900 °С и охлаждения всех серий образцов был одинаковым. Спекание производили при 1600 °С в течении 3 часов.

На основании данных микроструктурного анализа полученных образцов установлено, что режимы спекания оказывают существенное влияние на характер и количество формирующихся дефектов. При нагреве образцов по первому режиму в структуре наблюдаются дефекты в виде тонких острых трещин. В образцах, полученных по третьему режиму, присутствуют дефекты в виде следов границ гранул пресс-порошка.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Н. С. Белоусова.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0060 от 12.02.2013 г.)

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДА ГРАФИТА

А. А. Тимофеева

Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время проводится большое количество исследований, посвященных получению нового углеродного материала – графена. Одним из способов получения графена является восстановление оксида графита. *Оксид графита* – это материал, который может быть получен воздействием сильных окислителей на графит. Оксид графита вызывает большой интерес у исследователей, благодаря таким свойствам, как хорошая диспергируемость в растворителях, слоистая структура с межплоскостным расстоянием в несколько раз выше по сравнению с графитом и другими. В зависимости от условий синтеза, оксид графита может обладать свойствами как полупроводника, так и диэлектрика. Это дает перспективы применения оксида графита в электролюминисцентных приборах, суперконденсаторах, электронике и других областях.

Целью данной работы являлось изучение процесса синтеза оксида графита и исследование его свойств. В задачи входило изучение динамики окисления графита и исследование характеристик полученного материала.

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

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы:

- Установлена наиболее эффективная методика получения оксида графита, основанная на модификации метода Хаммерса.
- Данные о динамике окисления графита позволили выявить участки в процессе синтеза, обладающие как высокими, так и низкими скоростями окисления.
- Были получены данные о качественных и количественных содержаниях элементов в образцах, о наличии кислородсодержащих групп. Установлены межплоскостное расстояние, удельная поверхность, насыпная плотность. Получены микрофотографии материала, рассмотрен фазовый состав вещества.

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

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ<sup>2</sup>

Н. Ю. Черкасова, О. А. Горяйнова, М. Р. Юркевич, А. О. Лазарев  
Новосибирский государственный технический университет

В настоящее время алюмооксидная керамика, благодаря высокой биоинертности, твердости и износостойкости в паре трения, находит все большее применение для изготовления имплантатов. В то же время низкие показатели прочности алюмооксидной керамики не позволяют использовать данный материал для изделий, испытывающих существенные растягивающие или изгибные нагрузки в условиях эксплуатации. С целью повышения уровня прочностных свойств алюмооксидной керамики в работе было проведено исследование влияния легирующей добавки диоксида циркония на структуру и свойства материала.

Для проведения экспериментальных исследований были подготовлены образцы алюмооксидной и алюмоциркониевой (с 20 масс.%  $3Y-ZrO_2$ ) керамики. Технология изготовления образцов включала следующие этапы: подготовка водной суспензии с последующим ее диспергированием в шаровой мельнице ( $d_{50} = 0,5$  мкм), гранулирование и просев на системе вибросит до получения фракции 100 – 250 мкм, одноосное прессование при давлении 90 МПа и спекание в окислительной атмосфере при 1600 °С в течение 3 часов.

На основании данных микроструктурного анализа спеченных образцов было установлено, что частицы диоксида циркония эффективно сдерживают рост зерен  $\alpha-Al_2O_3$  керамического материала на этапе спекания. Размер зерен в спеченных образцах алюмооксидной керамики составляет 1,5 – 2 мкм, алюмоциркониевой 0,5 – 1 мкм. Так же установлено, что введение 20 масс. %  $ZrO_2$  позволяет повысить прочность при изгибе с 270 МПа до 350 МПа.

Проведенные в работе экспериментальные исследования свидетельствуют о положительном влиянии добавки  $3Y-ZrO_2$  на микроструктуру и свойства алюмооксидной матрицы. В то же время для дальнейшего повышения прочности материала необходимы дополнительные исследования по разработке режимов прессования и спекания композиционной керамики.

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

---

<sup>2</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор № 02.G25.31.0060 от 12.02.2013 г.)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>5</b>
Н. Е. Борисовская .....	5
Ю. А. Вязьмина .....	6
С. А. Гражданников, П. Г. Криницын, В. Н. Веденяпин .....	7
Т. А. Зимоглядова, Д. С. Кривеженко, Д. Ю. Корнеев, Е. В. Плехотко ....	8
П. Н. Комаров, А. А. Руктуев .....	9
В. В. Кузнецова .....	10
Е. Ю. Лапушкина, Д. А. Петрина, И. Д. Кучумова .....	11
Е. А. Никитенко, А. М. Замятина, Д. Ю. Корнев .....	12
Д. О. Пичуричко .....	13
А. Ж. Подгорная, Д. В. Подгорный, А. Ф. Эмнагаров .....	14
Т. С. Самейшева, Л. И. Шевцова, С. И. Бысыина .....	15
В. В. Самойленко, И. А. Поляков, А. А. Чевакинская, Е. А. Никитенко	16
Ю. С. Сорокин .....	17
А. А. Чевакинская .....	18
А. Н. Шмидт, Д. О. Муль .....	19
<b>НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....</b>	<b>20</b>
Н. В. Аксёнов, А. К. Кожевников .....	20
О. А. Баталова .....	21
А. Л. Белоусов .....	22
Н. Е. Борисовская .....	23
Е. Ф. Боякинов .....	24
Ф. Д. Васильева .....	25
О. Е. Вискова, Д. А. Кузьмичева .....	26
Д. С. Горлов .....	27
А. В. Дробот .....	28
О. С. Едисеев .....	29
Ю. В. Кириллина .....	31
К. А. Крещенова .....	32
Д. С. Кузнецова .....	33
Н. Ю. Николаев .....	34
К. Р. Паластрова .....	35
А. М. Сохань, Д. И. Деревянко .....	36
Р. С. Тимаревский, Е. В. Мельникова, Д. А. Ануфриенко, Р. И. Кузьмин	37
.....	37
А. А. Тимофеева .....	38
Н. Ю. Черкасова, О. А. Горяйнова, М. Р. Юркевич, А. О. Лазарев .....	39

Научное издание

**МАТЕРИАЛЫ  
52-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ  
СТУДЕНЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**МНСК–2014**

**НОВЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

*Материалы конференции публикуются в авторской редакции*

Подписано в печать 02.04.2014 г.  
Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 2,6. Усл. печ. л. 2,4.  
Тираж 110 экз. Заказ №

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