

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»
Учреждение Российской академии наук Институт структурной
макрокинетики и проблем материаловедения РАН (г.Черноголовка)
Научно-образовательный центр ТамбГТУ-ИСМАН
«Твердофазные технологии»

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТВЕРДОФАЗНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И
ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

*Материалы V Международной научно-инновационной
молодежной конференции
31 октября – 1 ноября 2013 г.*

Тамбов 2013

УДК 620.1
ББК 34.4 + 65.291.5

Конференция проводилась в рамках выполнения работ по Ведущей научной школе РФ (код НШ-3550.2012.3) и Гос.задания ВУЗа (проект 3.4037.2011)

*Сборник подготовлен по материалам, предоставленным авторами в электронном виде, и сохраняет авторскую редакцию.
За содержание предоставленных материалов организаторы ответственности не несут.*

С 56 «Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент»: материалы V Международной научно-инновационной молодежной конференции: 31 октября – 1 ноября 2013. Под общей редакцией оргкомитета. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2013 – 308 с.

ISBN 978-5-905724-24-4

Сборник содержит научные статьи и тезисы докладов студентов, аспирантов и молодых научных работников ВУЗов, НИИ и предприятий Российской Федерации и стран СНГ, вошедших в программу V Международной научно-инновационной молодежной конференции «СОВРЕМЕННЫЕ ТВЕРДОФАЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

УДК 620.1
ББК 34.4 + 65.291.5

© Авторы публикаций, 2013
© ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013
© Оформление Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2013

ISBN 978-5-905724-24-4

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА
V Международной научно-инновационной молодежной конференции
СОВРЕМЕННЫЕ ТВЕРДОФАЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Председатель конференции

Бузник Вячеслав Михайлович

- академик РАН, гл.н.с. ИМЕТ РАН, г.Москва, Россия;

Сопредседатели:

Алымов Михаил Иванович

- член.-корр.РАН, д.т.н., профессор, директор Института структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН г.Черноголовка, Россия;

Баронин Геннадий Сергеевич

- д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», директор НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии», г.Тамбов, Россия;

Дворецкий Станислав Иванович

- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, и.о.ректора ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;

Мищенко Сергей Владимирович

- д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, г. Тамбов, Россия.

Программный комитет:

Ассовский Игорь Георгиевич

- д.ф.-м.н., зав.лабораторией «Физика горения твердых топлив» Института химической физики им.Н.Н.Семенова, Москва, Россия;

Белошенко Виктор Александрович

- д.т.н., профессор, засл.изобретатель Украины, зам. директора по научной работе Донецкого физико-технического института им. А.А.Галкина НАН Украины, г. Донецк, Украина;

Буяновский Илья Александрович

- д.т.н., зав.лабораторией «Методы смазки машин» Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия;

Вигдорович Владимир Ильич

- д.х.н., профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», засл.деятель науки и техники РФ, г.Тамбов, Россия;

- Истомин Михаил Александрович - к.э.н., директор бизнес-инкубатора ФГБОУ ВПО «ТГТУ» «Инноватика», г.Тамбов, Россия;
- Ставрев Димитер - д.т.н., проф.инженерии, Технический университет, г.Варна, Болгария;
- Столин Александр Моисеевич - д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией пластического деформирования материалов ИСМАН, руководитель НОЦ ИСМАН, г.Черноголовка, Россия;
- Стельмах Любовь Семеновна - д.т.н, вед.н.с. ИСМАН, г.Черноголовка, Россия;
- Ткачев Алексей Григорьевич - д.т.н., профессор, зав.кафедрой «Техника и технологии производства нанопродуктов» ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
- Хина Борис Борисович - д.ф.-м.н., гл.н.с. Физико-технического института НАН Беларуси, г.Минск, Беларусь.

Организационный комитет:

- Баронин Геннадий Сергеевич - д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», директор НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии», г.Тамбов, Россия, - председатель;
- Завражин Дмитрий Олегович - к.т.н., начальник отдела научно-технических программ ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия, - зам. председателя;
- Кобзев Дмитрий Евгеньевич - к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия;
- Бажин Павел Михайлович - к.т.н., н.с. ИСМАН, г.Черноголовка, Россия;
- Иванов Сергей Алексеевич - н.с. ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г.Тамбов, Россия.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады	12
<i>Баронин Г.С., Бузник В.М., Юрков Г.Ю., Дьяченко А.Н., Худяков В.В., Завражин Д.О., Кобзев Д.Е., Мецзякова Ю.В., Иванов С.А., Полуэктов В.Л., Милованов Е.Е.</i>	
Наноккомпозиты на основе фторполимеров Ф-4 и Ф-42 полученные по новой технологии.....	12
<i>Хина Б.Б.</i> Теория механоактивированного СВС.....	24
<i>Валитов В.А.</i> Перспективы использования эффекта сверхпластичности для получения качественных твердофазных соединений из жаропрочных никелевых сплавов	27
<i>Вигдорович В.И.</i> Некоторые вопросы управления реакцией выделения водорода на железе.....	33
<i>Стельмах Л.С.</i> Реодинамика горячего компактирования порошковых материалов.....	36
<i>Ткачев А.Г., Ткачев М.А., Слепов Д.С., Герасимова А.В., Блинов С.В.</i> Влияние многослойных углеродных нанотрубок на антидетонационные свойства бензинов, компаундированных монометиланилином.....	37
<i>Шерышев М.А.</i> Холодное (твердофазное) формование изделий из листовых термопластов.....	41
<i>Истомин М.А., Дедов Д.Л., Швадченко О.В., Хрусталева Р.В., Балакова В.М.</i> Подходы к организации инновационной деятельности на промышленных предприятиях.....	44
СЕКЦИЯ 1. Материаловедение и твердофазные технологии новых материалов	49
<i>Адашкевич А.И.</i> Полимерцементные материалы с применением водных дисперсий полимеров.....	49
<i>Ахахина Ю.А., Тугушев Р.И., Борисова Н.В., Моругова О.А., Устинова Т.П.</i> Разработка составов модифицированных отходами производства углеродного волокна полиэтиленовых геотехнических решеток.....	52
<i>Завражин Д.О., Баронин Г.С., Худяков В.В.,</i> Формирование структурно-механических свойств наномодифицированных материалов на основе ПА-6, прошедших ТФЭ с использованием нестационарного СВЧ-нагрева.....	55
<i>Ганеев А.А., Валитов В.А.</i> Влияние деформационно-термической обработки на микроструктурные изменения в твердофазном состоянии порошкового никелевого сплава ЭП741НП.....	58
<i>Ахахина Ю.А., Ворожейкина Е.С., Осышная Е.В., Емельянова Н.И., Моругова О.А., Борисова Н.В., Устинова Т.П.</i> Изучение возможности использования отходов окси-ПАН при полимеризационном наполнении ПА-6.....	61

<i>Проценко И.Г., Брусенцов Ю.А., Филатов И.С.</i> Изменение структуры алюминиевых жаропрочных сплавов с помощью магнитного поля.....	63
<i>Иванов С.А., Уколов Д.С., Нурутдинов Г.Н., Таров В.П., Баронин Г.С.</i> Исследование структурно – механических свойств ПЭВП – нанокompозитов обработанных равноканальной твердофазной экструзией и прогнозирование результатов с помощью нейросетевых технологий.....	65
<i>Терзиман О.В., Гулевский В.А.</i> Получение композиционных материалов пропиткой.....	68
<i>Карпенко В.Ю.</i> Анализ методов получения порошков из отходов быстрорежущих сталей.....	71
<i>Куличева Т.Г., Курбатова Е.О., Примеров О.С., Макеев П.В.</i> Вспомогательные упаковочные материалы.....	73
<i>Максимович С.В.</i> Напрягающий бетон в элементах с косвенным армированием.....	76
<i>Мамедова Г.А.</i> Исследование твердофазного взаимодействия галлуазита с обсидианом при нагревании.....	79
<i>Мельник О.М.</i> Исследование параметров уплотнения керамики на основе нанопорошков ZrO_2 и WC при электроконсолидации.....	81
<i>Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Полушкин Д.Л.</i> Улучшение физико-механических показателей дорожного вяжущего путем введения модификаторов на основе вторичных полимерных материалов.....	84
<i>Обабков В.Н., Закиров И.Ф. Обабков Н.В.</i> Влияние технологических параметров получения на свойства керамических композиционных материалов на основе ZrO_2	86
<i>Проценко И.Г., Брусенцов Ю.А., Филатов И.С.</i> Использование пьезокерамических материалов для контроля напряженно-деформированного состояний материалов.....	89
<i>Черных Д.А., Минаев А.М., Тялина Л.Н.</i> О механизме проводимости некоторых полупроводников.....	91
<i>Беляев П.С., Маликов О.Г., Селезнев К.А., Рыков Е.Н., Фролов В.А.</i> Актуальность утилизации автомобильных шин и РТИ.....	95
<i>Валитова Э.В., Мухаметрахимов М.Х., Валитов В.А., Лутфуллин Р.Я.</i> Влияние профиля поверхности на формирование твердофазного соединения при совместной деформации разнородных никелевых сплавов.....	98
<i>Воробьев Е.А., Емельянов И.П.</i> Технологический процесс получения и практическое применение порошков из отходов быстрорежущих сталей.....	101
<i>Валитова Э.В., Лутфуллин Р.Я., Валитов В.А., Мухаметрахимов М.Х.</i> Твердофазная сварка никелевого сплава ХН58МБЮД в условиях низкотемпературной сверхпластичности.....	104

<i>Яковлев Н.А., Плакунова Е.В., Панова Л.Г.</i> Наполненные эпоксидные компаунды.....	107
<i>Яценко И.В., Яценко В.В., Самборук А.Р.</i> СВС-материалы для магнитно-абразивной обработки.....	110
<i>Валитова Э.В., Зубаиров Л.Р., Валитов В.А.</i> Формирование твердофазного соединения при интенсивной пластической деформации гетерофазных никелевых сплавов.....	113
<i>Абрамов И.Ю., Примеров О.С., Полушкин Д.Л.</i> Транспортная упаковка из гофрокартона.....	116
<i>Князева Ж.В.</i> Модель слияния вакансий в металле.....	118
<i>Кобзев Д.Е., Баронин Г.С., Червяков В.М., Кобзева И.Ю.</i> Математическое описание изменения плотности ПЭВП при обработке давлением в твердой фазе с воздействием ультразвука.....	120
<i>Колбина Н.В., Данилов В.Л., Blandin J-J., Veron M., Prigent S.</i> Изучение микроструктуры новой низкоуглеродистой мартенситной стали.....	122
<i>Паршин Д.А., Стельмах Л.С., Столин А.М.</i> Исследование возможности получения длинномерных образцов больших диаметров методом СВС-экструзии.....	124
<i>Кобзев Д.Е., Баронин Г.С., Червяков В.М.</i> Разработка физической модели процесса формования полимеров в твёрдой фазе с ультразвуковым воздействием.....	127
<i>Примеров О.С., Путков К.В., Полушкин Д.Л.</i> Функции современной упаковки.....	129
<i>Путков К.В., Абрамов И.Ю., Полушкин Д.Л.</i> Маркировка тары и упаковки.....	132
<i>Полуэктов В.Л., Баронин Г.С.</i> Комбинированная твердофазная экструзия фторполимерных молекулярных композитов.....	135
<i>Аверичев О.А., Бажин П.М., Столин А.М.</i> Получение длинномерных изделий на основе $Ti - Al - C$ методом СВС-экструзии.....	138
<i>Михеев М.В., Бажин П.М., Столин А.М.</i> Исследование формуемости тугоплавкого материала на основе системы $MOSi_2 + Al_2O_3$	139
<i>Иванов С.А., Комбарова П.В., Баронин Г.С., Таров В.П.</i> Исследование теплофизических и диффузионных свойств образцов модифицированного Ф-42, обработанных равноканальной многоугловой твердофазной экструзией.....	140
<i>Худяков В.В., Баронин Г.С., Мещерякова Ю.В., Завражин Д.О., Милованов Е.Е.</i> Теплофизические свойства наноматериалов на основе фторполимера Ф-42.....	144
<i>Хазгалиев Р.Г., Мухаметрахимов М.Х., Сафин Ф.Ф.</i> Сварка давлением титанового сплава с нержавеющей сталью через никелевую прослойку.....	146

<i>Любимова Д.А., Пустоваров Н.Ю.</i>	
Определение теплофизических свойств древесины	149
<i>Завражин Д.О., Мордасов Д.М., Симонов А.Ю.</i>	
Технология получения нового композиционного строительно-отделочного материала.....	152
<i>Полёткина Ю.В., Гулевский В.А.</i> Пропитка углеграфита сплавами на основе сурьмы.....	154
<i>Чижиков А.П., Бажин П.М., Столин А.М.</i>	
Получение нанокристаллического керамического материала на основе системы В ₂ О ₃ -AL-ZR методом СВС-экструзии.....	158
<i>Сипратов Н.Ю., Глазков Ю.Е., Ведищев С.М., Бажин П.М.</i>	
Использование СВС-электродов при упрочнении деталей сельхозтехники.....	159
СЕКЦИЯ 2. Технологии наносистем и материалов.....	162
<i>Аверин И.А., Губич И.А.</i> Чувствительный элемент сенсора влажности на основе пористой наноструктурированной оксидной пленки на алюминии.....	162
<i>Щегольков А.В., Сапунов Г.А., Гриднев П.Г., Милюков А.Г.</i>	
Наномодифицированные тепловые аккумуляторы для технологического оборудования	164
<i>Агеев Е.В., Хорьякова Н.М., Малюхов В.С.</i> Анализ способов производства медных порошков.....	166
<i>Парамонова Е.В., Суздальцев А.П.</i> Природные сорбционные материалы для очистки водных сред от ионов тяжелых металлов.....	169
<i>Панина Т.И., Ткачев А.Г., Михалева З.А.</i> Влияние составов гелеобразных дисперсий на физико-механические характеристики строительных композитов.....	170
<i>Дружинина В.Н., Дьячкова Т.П.</i> Исследование процессов газофазного амидирования многослойных углеродных нанотрубок.....	172
<i>Аверин И.А., Губич И.А.</i> Влияние предварительного отжига алюминиевой основы на морфологию поверхности пористой оксидной пленки на алюминии.....	175
<i>Ботвина Ю.В., Дьячкова Т.П.</i> Исследование процесса жидкофазного окисления углеродных нанотрубок азотной кислотой.....	177
<i>Богаева К.Д., Сухоруков А.К., Дьячкова Т.П.</i> Разработка эффективного способа озонирования углеродных нанотрубок.....	180
<i>Зарубина О.Н., Мокроусов Г.М.</i> Исследование состава поверхности InAs, формируемой в кислой среде.....	184
<i>Улегин С.В., Кадыкова Ю.А., Сотник В.А.</i> Разработка технологической схемы получения эпоксибазальтопластиков.....	185
<i>Толчков Ю.Н., Михалева З.А., Любимов В.С.</i> Исследование методов физико-механического воздействия при распределении углеродных наноматериалов в модифицирующих добавках.....	187

<i>Потемкин Н.С., Гурова Т.В., Паршикова М.В., Пучкова Д.И., Шубин И.Н.</i> Разработка сорбентов, модифицированных углеродными наноматериалами.....	190
<i>Образцов Д.В., Образцова Е.Ю., Килимник А.Б.</i> Разработка металлопластиковых композиционных покрытий с анизотропными физическими свойствами.....	192
<i>Нгуен Хонг Вьет, Л.В.Кожитов, В.В.Козлов</i> Исследование процесса окисления структуры термообработанного полиакрилонитрила под действием ИК-нагрева.....	194
<i>Мамонтов А.И., Зимин С.П.</i> Высокора разрешающая рентгеновская дифрактометрия многослойных наноструктур.....	195
<i>Кондаков А.И., Аладинский А.А., Михалева З.А.</i> Влияние наномодификатора, на основе различных марок УНМ «Таунит», на физико-механические характеристики строительных композитов.....	197
<i>Кадыкова Ю.А., Бредихин П.А.</i> Разработка составов базальтонаполненных полиэтиленовых композиций.....	199
<i>Гурова Т.В., Потемкин Н.С., Паршикова М.В., Пучкова Д.И., Шубин И.Н.</i> Комплексная диагностика физических характеристик наноматериалов.....	201
<i>Горский С.Ю., Дьячкова Т.П.</i> Газофазное окисление УНТ: проблемы промышленной реализации.....	204
<i>Филатов Д.В., Герасимова А.В, Субочев Д.Ю., Ткачев М.А.</i> Получение катализаторов синтеза УНТ методом смешения соосаждения.....	207
<i>Буракова Е.А., Рухов А.В., Ткачев А.Г.</i> Механизмы формирования каталитических систем синтеза углеродных наноструктурных материалов.....	209
<i>Аносова И.В., Дьячкова Т.П.</i> Исследование процесса модифицирования многослойного графена полианилином.....	212
<i>Щегольков А.В., Сапунов Г.А., Гриднев П.Г., Милюков А.Г.</i> Наномодифицированные тепловые аккумуляторы для технологического оборудования.....	215
СЕКЦИЯ 3. Химико-технологические процессы и системы.....	218
<i>Акулинчев А.М., Краснова А.В., Абоносимов Д.О.</i> Исследование водопроницаемости и коэффициента задержания мембран МГА-95 и МГА-100.....	218
<i>Тимофеева Л.А., Алёхин М.С.</i> Влияние конфигурации нагревательной камеры на термическую и химико-термическую обработку деталей транспортного назначения.....	220
<i>Филиппова Н.А., Григорьева Н.Г., Кутенов Б.И.</i> Микро-мезопористые цеолиты в синтезе пиридинов.....	223
<i>Яговцев А.В., Обабков Н.В.</i> Влияние добавок SiC и B ₄ C на потери при бакелизации и коксовании в процессе получения цирконистографитового материала.....	225

<i>Корчина Л.В., Зубова Н.Г., Устинова Т.П.</i> Выбор режима модификации ПАН-жгутика аппретирующими добавками.....	228
<i>Литовченко Д.И., Бурмистров И.Н., Панова Л.Г.</i> Выбор составов и исследование свойств пожаробезопасного органического стекла.....	231
<i>Мамонтова Е.В., Зяблицева М.П.</i> Электрохимическое окисление осиновых опилок.....	233
<i>Тимофеева А.А., Юсин С.И., Баннов А.Г.</i> Синтез и исследование характеристик терморасширенного графита.....	236
<i>Лазарев С.И., Головин Ю.М., Холодильник В.Н., Поликарпов В.М., Абоносимов Д.О.</i> Исследование кристалличности мембраны МГА-95	237
<i>Бельков А.И.</i> Получение светлых фракций из смолосодержащих отходов в производстве этилена с использованием катализаторов в наноструктурированной форме.....	240
<i>Выжжанов А.В.</i> Матрицы — системы, обеспечивающие перестройку органических соединений (дизельное топливо).....	243
<i>Морщинина И.В.</i> Сорбция катионов магния глауконитом из модельных хлоридных растворов.....	246
<i>Осетров А.Ю.</i> Вопросы кинетики электродных процессов и коррозии стали в средах с высоким содержанием оксида серы (IV).....	247
 СЕКЦИЯ 4. Механика и математическое моделирование новых материалов и технологий.....	
<i>Ахунова А.Х., Дмитриев С.В., Валитова Э.В., Валитов В.А.</i> Моделирование процесса сварки давлением с использованием наноструктурированной прокладки при наличии рельефа на свариваемых поверхностях.....	248
<i>Алтунин К. А.</i> Пути интеллектуализации САПР процессов механической обработки материалов.....	251
<i>Фомин А.А., Попов О.Н., Рогов И.В., Майникова Н.Ф.</i> Численное исследование теплопереноса в методе неразрушающего определения теплофизических свойств материалов.....	253
<i>Глебов А.О.</i> Определение магнитной проницаемости ферромагнитных материалов для решения задач индукционного нагрева.....	256
<i>Гусев М.П., Данилов В.Л.</i> Анализ факторов, влияющих на релаксационную стойкость тепловыделяющей сборки.....	259
<i>Ланина С.Ю., Еремина В.В.</i> Математическая модель упругих видов поляризации конденсированного образца (на примере воды).....	262
<i>Ляшенко Я.А., Борисюк В.Н., Грицына Е.С., Смирнова К.В.</i> Формирование пространственных структур в смазочном слое в режиме граничного трения	265
<i>Манько Н.Н., Ляшенко Я.А., Борисюк В.Н.</i> Самоподобное поведение в модели сдвигового плавления при влиянии аддитивного шума.....	268

<i>Маркидонов А.В., Павловская Е.П.</i> Влияние зернограничных дислокаций на динамику вакансионных пор в зернограничной области.....	271
<i>Медведева А.В.</i> Физическое и математическое моделирование аэродинамического измерения пористости сыпучих материалов.....	274
<i>Назаров В.Н., Иванов А.М., Оневский М.П.</i> К вопросу моделирования процесса имитации внешнего дыхания человека.....	277
<i>Заскока А.Н., Ляшенко Я.А., Жмака Е.С.</i> Влияние температурной зависимость вязкости на поведение неньютоновских смазок в режиме граничного трения.....	280
<i>Дедов Д.Л., Истомин М.А.</i> Математическое моделирование деятельности человека-оператора.....	283
<i>СЕКЦИЯ 5. Инновационный менеджмент в сфере высоких технологий.....</i>	286
<i>Жариков В.В.</i> Формирование специалистов инновационного формата.....	286
<i>Овчаренко С.Б.</i> Кадровая составляющая в системе оценки качества инвестиционной среды.....	291
<i>Дедов Д.Л., Истомин М.А.</i> Применение облачных технологий при разработке виртуальных тренажерных комплексов.....	293
<i>Жариков В.В., Гаврилов А.А.</i> Маркетинговая логистика и ее современная парадигма.....	296
<i>Худяков В.В., Полуэктов В.Л.</i> Применение инновационных подходов при разработке продуктов в сфере информационных технологий.....	300
<i>Арзамасцев А.А.</i> Анализ зарубежного опыта с целью поиска оптимального направления реформирования в сфере ЖКХ.....	302
<i>Коробова О.В.</i> Совершенствование методики оценки инвестиционной привлекательности предприятия.....	305

НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ФТОРПОЛИМЕРОВ Ф-4 И Ф-42 ПОЛУЧЕННЫЕ ПО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ*

*Баронин¹ Г.С., Бузник² В.М., Юрков² Г.Ю., Дьяченко³ А.Н.,
Худяков¹ В.В., Завражин¹ Д.О., Кобзев¹ Д.Е., Мещерякова¹ Ю.В.,
Иванов¹ С.А., Полуэктов¹ В.Л., Милованов¹ Е.Е.*

*¹ – Тамбовский государственный технический университет,
г. Тамбов, Россия*

*² – Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва, Россия,*

*³ – Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, г. Томск, Россия.*

Аннотация

В работе представлены новые методы получения нанокompозитов на основе фторполимера из газофазной среды и оценка их эксплуатационных свойств. Основным технологическим способом получения гомогенных нанокompозитов на основе фторполимеров является пиролиз шихты, содержащий блочный ПТФЭ и легко разлагаемые неорганические аммонийные фториды с последующей конденсацией продуктов пиролиза. Полученные по такой технологии молекулярные композиты ПТФЭ с SiO₂, TiO₂ и CoO₂ используются в качестве модифицирующих добавок к Ф-4 и Ф-42 для выявления влияния молекулярных композитов (ТФП, КФП и КоФП) на эксплуатационные свойства комбинированного микронанокompозита на основе фторполимеров.

Полученные нанокompозиты, включающие металлические (Ti, Co), керамические (Si) наночастицы и ультрадисперсный ПТФЭ, синтезированные из газофазной среды, имеют пониженные теплопроводность и температуропроводность на 15 – 20 %, повышенные теплостойкость на 25 – 30°, и износостойкость в условиях абразивного износа в 1,5 – 3 раза по сравнению с показателями исходного ПТФЭ.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений развития современного материаловедения являются наноматериалы и нанотехнологии. Разработано несколько методов введения наномодификатора в ПТФЭ, большинство из них основаны на механическом смешивании двух компонентов и не позволяют добиться полной гомогенизации композита.

Очевидно, что свойства композита в полной мере могут проявиться только при полной гомогенизации его компонентов, и нахождение такого способа позволит сделать прорыв в области материаловедения композиционных материалов. В случае ПТФЭ известный способ гомогенизации методом введения одного компонента в раствор другого невозможен вслед-

ствии отсутствия универсального растворителя для ПТФЭ и наполнителя. Основной способ получения композитов, включающий стадии смешения порошкообразного ПТФЭ с наноразмерным наполнителем с последующим таблетированием и спеканием, не позволяет ввести в полимер наноразмерные наполнители и обеспечить гомогенность системы, а также исключить агломерацию нанонаполнителей из-за высокой вязкости расплава фторополимера. В настоящей работе помимо традиционных способов разрабатываются и другие способы получения нанокомпозитов на основе фторополимеров Ф – 4 и Ф – 42 [1 – 4].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методы исследования компонентов полимерной системы.

Анализ органической части металлосодержащих полимеров (анализ на *C*, *H* и *F*) проводили стандартным методом: сжигание в кислороде с использованием *CHF*-анализатора. Точность определения *C*, *H* и *F* $\pm 0,1$ %. Количественное определение металлов проводилось с помощью рентгеновского флуоресцентного анализа на приборе *VRA-20*. Точность измерения $0,1$ %. Для оценки состава металлополимерных систем на основе ПТФЭ использовалась ИК-спектроскопия, прибор *ИК-20*. Размеры металлосодержащих наночастиц определяли с помощью просвечивающей ЭМ высокого разрешения на микроскопах *Philips Tecnai F30 V-Twin* и *CMI 20 Super Twin*. Топографию поверхности микрогранул ПТФЭ и наночастиц на его поверхности исследовали с помощью сканирующего ЭМ *ZEISS Ultra 5.5*. Размер частиц и распределение их по размерам оценивали методом рентгеновского малоуглового рассеяния, камера *KPM-1*. Рентгеновские исследования на больших углах проводили на дифрактометре «Дрон-3».

Рентгенофазовый анализ (РСА) полимерных композитов проводили на вертикальном рентгеновском дифрактометре при комнатной температуре в монохроматизированном медном излучении. Кристаллические фазы идентифицировали по бланку данных *ICDD-2003*. ЭПР - спектроскопия и ЭМР - спектроскопия (радиоспектрометр *VARIAN E4*) использовались для изучения магнитных свойств нанокомпозитов.

Методы исследования эксплуатационных свойств полимерных композитов

Для оценки эксплуатационных показателей полимерных композитов с модифицирующими добавками, полученных по новой технологии, в настоящей работе проведены следующие испытания:

- определение удельной скорости поглощения энергии в зависимости от температуры образцов, полученные на модернизированном дифференциальном сканирующем калориметре на базе прибора *DSC-2*, который позволяет регистрировать тепловые эффекты при линейном изменении температуры образца. Получали температурные зависимости удельной скорости поглощения энергии образца в области плавления W_{max} (рис. 1);

- измерения диэлектрической проницаемости композитов выполнялись бесконтактным методом в плоском конденсаторе, диаметр измерительного электрода равен 38 мм. Емкость измерительного конденсатора измеряли при помощи *LCR*-метра *E4980 A* фирмы *Agilent*;

- при определении теплостойкости и внутренних ориентационных напряжений был использован метод построения диаграмм изометрического нагрева (ДИН) [6]. Для приготовления образцов использовали методы интенсивной пластической деформации (твердофазная плунжерная и равноканальная экструзия) [9];

- определение теплопроводности и температуропроводности на информационно-измерительной системе неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов (ИИС НК ТФСМ);

- оценка износостойкости в режиме абразивного износа на машине трения.

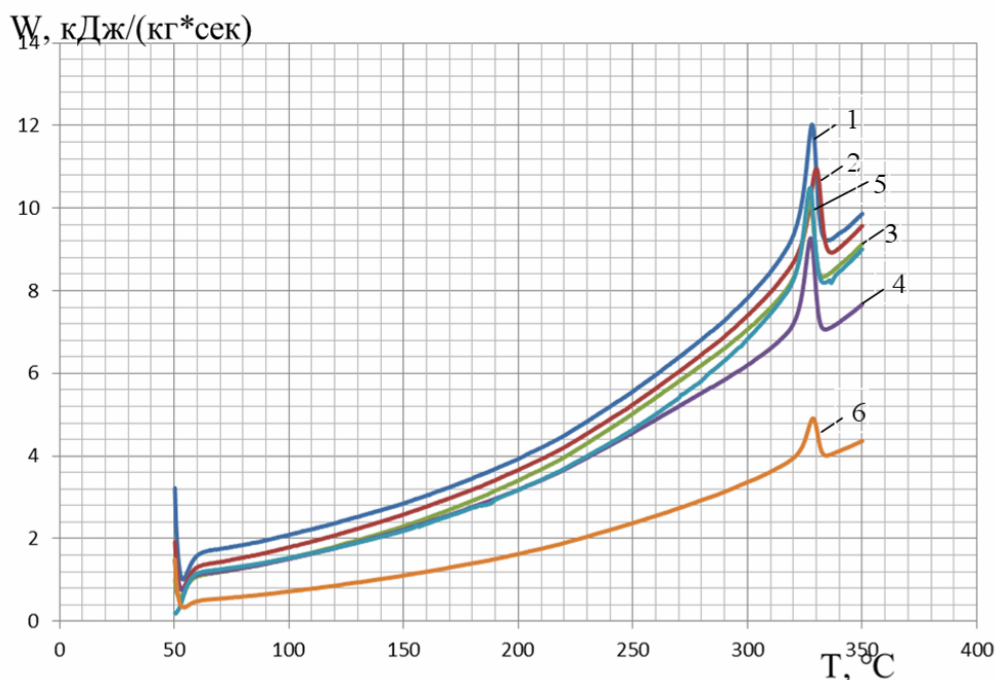


Рисунок 1. График зависимости удельной скорости поглощения энергии образцов от температуры, полученный на DSC-2:

1 – ПТФЭ+ КоФП 0.05 м.ч.; 2 – ПТФЭ + КоФП 0.1 м.ч.; 3 – ПТФЭ + КоФП 0.5 м.ч.; 4 – ПТФЭ + КоФП 1 м.ч; 5 – ПТФЭ + КоФП 5 м.ч.; 6 – ПТФЭ исходный

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработано несколько методов введения наномодификатора в ПТФЭ. Один из них состоит в механоактивационной обработке смеси ультрадисперсного порошка ПТФЭ и неорганических порошков в планетарной мельнице [1]. Способ позволяет получать неорганические частицы размером несколько десятков микрон, капсулированные фторполимером толщиной порядка единиц микрон. В таком методе полимер закрепляется химической связью на поверхности частиц неорганической компоненты, что приводит к повышению термостойкости композита по сравнению с исходным ультрадисперсным ПТФЭ.

Способ получения композитов на основе ультрадисперсного ПТФЭ реализован в работах [2-4], использующем растворы металлосодержащих соединений: карбонилы, формиаты, ацетаты металлов. При нанесении их на микрочастицы порошка ПТФЭ и соответствующей термообработке на поверхности фторполимера формируются индивидуальные, не агломерированные металлические наночастицы, имеющие размер менее 10 нм, в состав которых входят окисные, карбидные и фторидные фазы металлов, которые образуются в местах контакта наночастиц с ПТФЭ [2-3]. В данных работах показано, что можно стабилизировать на поверхности гранул ПТФЭ наночастицы металлов, сплавов, оксидов, галогенидов, карбидов и другие в количествах до 30 % и более, что позволяет создавать металлосодержащие слои нанометровой толщины, полностью экранирующие полимерную подложку. Представленные физические механизмы формирования металлополимерных систем на основе фторполимера справедливы для кобальтосодержащих нанокompозитов, получивших название кобальтофторорганический порошок (КоФП) [5].

Другим технологическим способом получения гомогенных нанокompозитов на основе фторполимеров является получение молекулярной смеси ПТФЭ с добавками TiO_2 и SiO_2 и ПТФЭ в газовой фазе в результате пиролиза с последующей конденсацией продуктов пиролиза и образованием молекулярных композиционных материалов [2-4].

Предварительные исследования показали, что только одно соединение кремния - гексафторосиликат аммония $(NH_4)_2SiF_6$, также как и ПТФЭ, испаряется при температуре выше 300 °С и количественно конденсируется при охлаждении. Таким образом, получается материал, состоящий из конденсата с молекулярным смешением ПТФЭ и $(NH_4)_2SiF_6$. Обработка молекулярной смеси конденсированных компонентов аммиачной водой и последующее растворение фторида аммония NH_4F позволяет получить молекулярную смесь ПТФЭ и SiO_2 . Полученный фторорганический порошок, имеющий в своем составе атом кремния, получил название кремний-фторорганический порошок (КФП).

По аналогичной технологии перегонкой шихты ПТФЭ 97 % масс и $(NH_4)_2TiF_6$ 3 % масс при температуре 575 °С с последующей десублимацией раствором аммиака получают молекулярную смесь ПТФЭ и TiO_2 или титан-фторорганический порошок (ТФП) [1-3].

В настоящей работе молекулярные композиты ПТФЭ с CoO_2 (КоФП); ПТФЭ с SiO_2 (КФП) и ПТФЭ с TiO_2 (ТФП) использовались в качестве модифицирующих добавок к фторполимерам Ф-4 и Ф-42. В качестве полимерной матрицы использовали суспензионный ПТФЭ (ГОСТ 10007-80) и фторопласт Ф-42 (ГОСТ 25428 - 82). Были приготовлены композиты в режиме механического смешения, таблетирования и спекания по традиционной технологии с содержанием ТФП, КФП и КоФП 0,05; 0,1; 0,5; 1 и 5 м. ч. на 100 м. ч. фторопласти Ф-4 и Ф-42 литьем под давлением через стадию расплава.

На рисунке 2 представлены графики рентгенофазового анализа композиционных материалов на основе ПТФЭ.

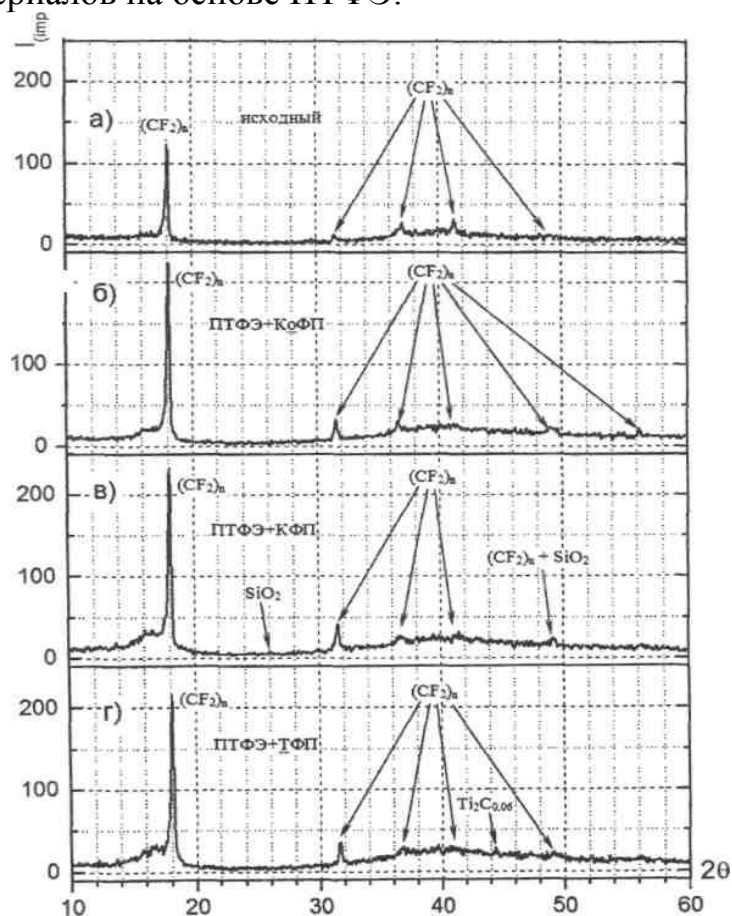


Рисунок 2. Данные РФА исходного ПТФЭ (а) и композиционных материалов ПТФЭ + 5 м.ч. КоФП (б), ПТФЭ + 5 м.ч. КФП (в) и ПТФЭ + 5 м.ч. ТФП (г)

Использование комплекса физико-химических методов исследования (ЭПР, РСА, РФ А, ИК- и ЯМР, просвечивающая и сканирующая ЭМ, изучение магнитных и теплофизических свойств) позволило установить состав и строение наночастиц, содержащих Co , Ti и Si , и их взаимодействие с полимерной матрицей [2-5]. Показано, что образующиеся наночастицы, как правило, многосоставны; наряду с металлическим ядром имеется оксидная и галогенидная оболочка и прямые металлополимерные связи с матрицей ПТФЭ по типу металлоорганических соединений. По данным рентгенофазового анализа (РФА), основной фазой каждого образца нанокomпозитов является $(CF_2)_n$. В образцах ПТФЭ, модифицированных ТФП и КФП, присутствуют следы интенсивных рефлексов соединений $(CF_2)_n + SiO_2$ и Ti_2C (рис. 2).

Важная особенность строения порошков КФП, ТФП и КоФП заключается в наличии в них низко- и высокомолекулярных фракций ПТФЭ. Первая представляет собой олигомерные молекулы размером нескольких десятков звеньев $(CF_2)_n$. Спектроскопические исследования, проведенные методами ИК и ЯМР [1, 5], показали специфические особенности строения макромолекул: в спектрах ультрадисперсных порошков обнаружены трифторметильные группы (CF_3-) и конечные олефиновые группировки $(-CF=CF_2)$, не наблюдаемые в макромолекулах высокомолекулярного ПТФЭ.

Сложное строение металлической или керамической наноразмерной оболочки, содержащей Co , Ti и Si и стабилизированной на поверхности полимерной подложки, их взаимодействие с матрицей по схеме металлоорганических соединений, а также наличие спектра низко- и высокомолекулярных фракций полимерного компонента микронанокompозита, используемого в работе в качестве модифицирующего компонента комбинированного фторполимерного материала, определяет отличие теплофизических, термических, диэлектрических, релаксационных, магнитных, физико-механических, в т. ч. трибологических, свойств композиционного фторполимера, а также особенности взаимодействия модификатора в области малых добавок (рис. 3-б(а-г)), от исходной $\Phi - 4$ и $\Phi-42$ матрицы.

На основании полученных данных теплофизических исследований можно заключить, что наномодификаторы ТФП, КФП и КоФП в концентрации до 1,0 м. ч. на 100 м. ч. ПТФЭ резко повышают межцепное взаимодействие полимерной матрицы, ужесточают структуру металлополимерной системы, снижают теплопроводность, повышают деформационную теплостойкость T_{mn} и износостойкость в условиях абразивного износа.

В работе проанализированы зависимости удельной скорости поглощения энергии от температуры и состава композита, величины деформационной теплостойкости в режиме изометрического нагрева после твердофазной экструзии, зависимости тепло-, температуропроводности и износостойкости от концентрации молекулярных наномодификаторов (0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5 м. ч. на 100 м. ч. $\Phi-4$ и $\Phi-42$).

Экспериментально установлено, что наибольший эффект во всех использованных методах исследования дают малые доли вносимых модификаторов, а именно 0,05-0,5 м. ч. на 100 м. ч. $\Phi-4$ или $\Phi-42$.

Полученные экспериментальные зависимости физико-химических свойств комбинированных нанокompозитов на основе $\Phi-4$ и $\Phi-42$ можно объяснить тем фактом, что металлические и керамические наночастицы, закрепленные на поверхности частиц ультрадисперсного ПТФЭ, в составе молекулярных композитов КФП, КоФП и ТФП, теряют способность к агрегации. в то же время экстремально взаимодействуют с внешними компонентами полимерной системы на основе $\Phi-4$ или $\Phi-42$, сохраняя основной комплекс своих физических характеристик.

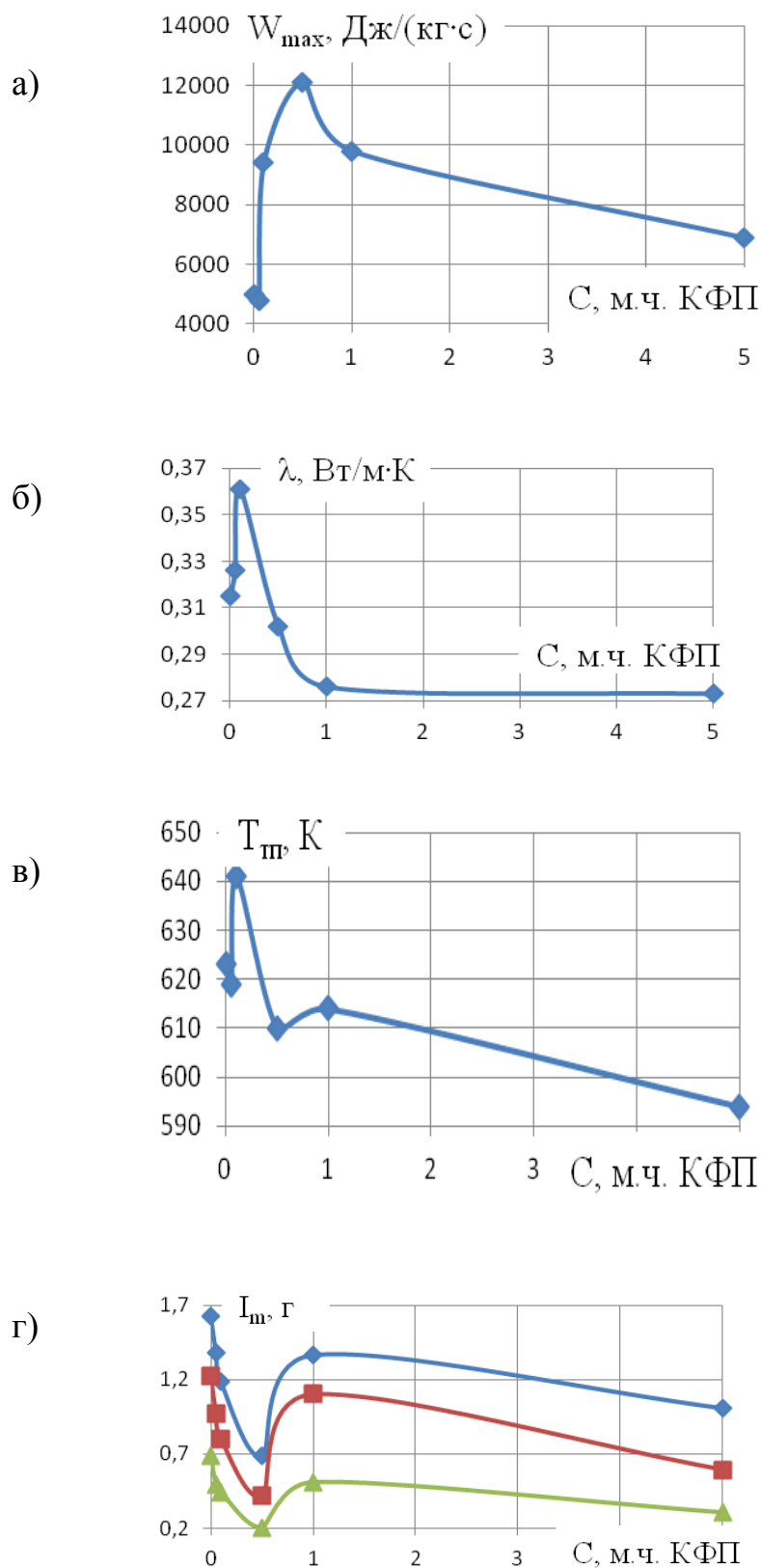


Рисунок 3. Концентрационные зависимости максимальной скорости поглощения энергии W_{\max} , снятой на приборе DSC-2 (а), теплопроводности λ (б), деформационной теплостойкости T_{III} (в) и размерного износа I_p (г) полимерного композита ПТФЭ + КФП от содержания модификатора КФП. Время абразивного износа 20 мин. (1), 40 мин. (2), 60 мин. (3); частота вращения контртела 12 об./мин.; усилие прижима 0,5 кг.

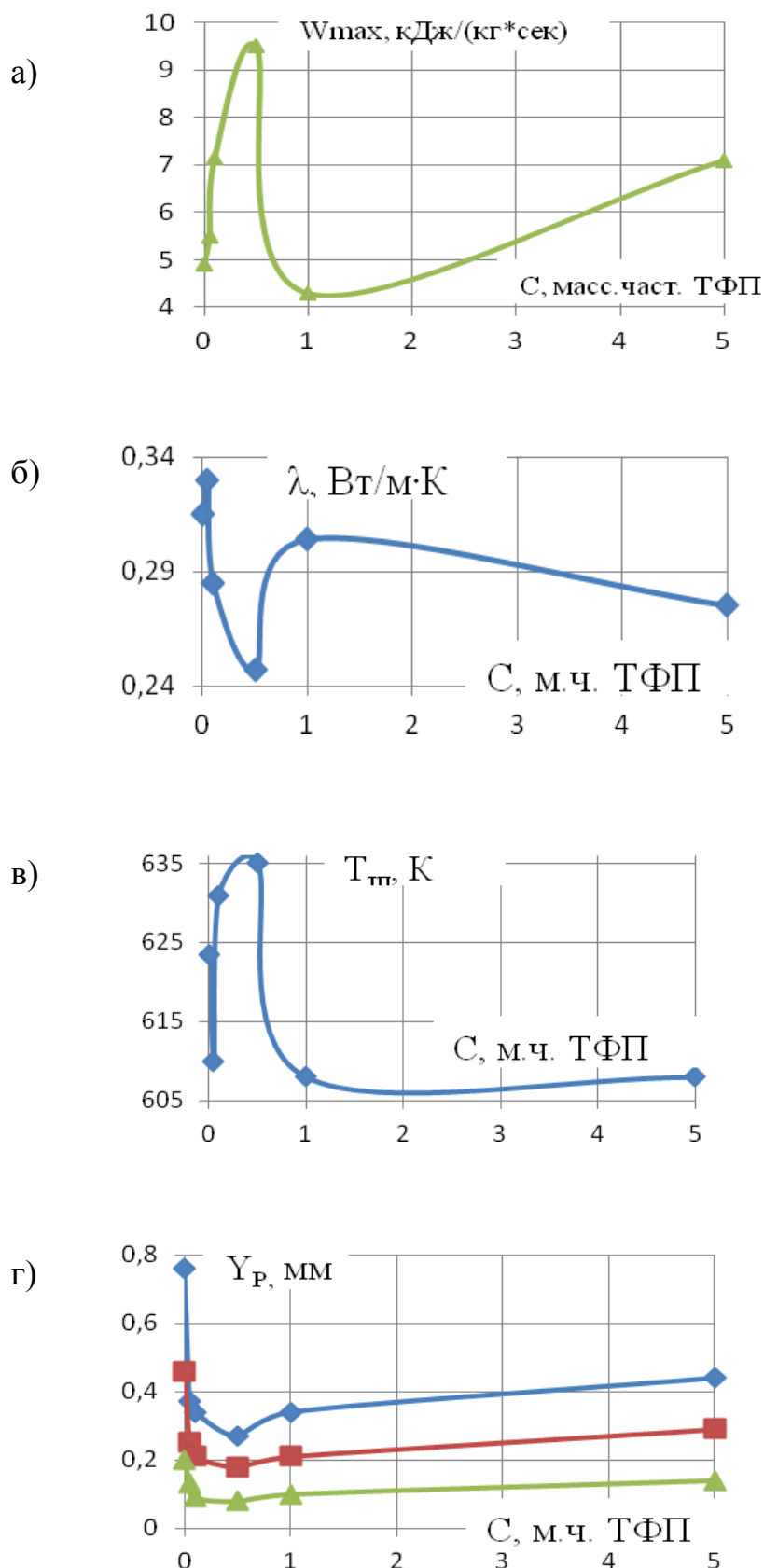


Рисунок 4. Концентрационные зависимости максимальной скорости поглощения энергии W_{max} , снятой на приборе DSC-2 (а), теплопроводности λ (б), деформационной теплостойкости T_m (в), и размерного износа Y_p (г) полимерного композита ПТФЭ+ТФП от содержания модификатора ТФП. Время абразивного износа 20 мин (1), 40 мин (2), 60 мин (3); частота вращения контртела 12 об/мин; усилие прижима 0,5 кг.

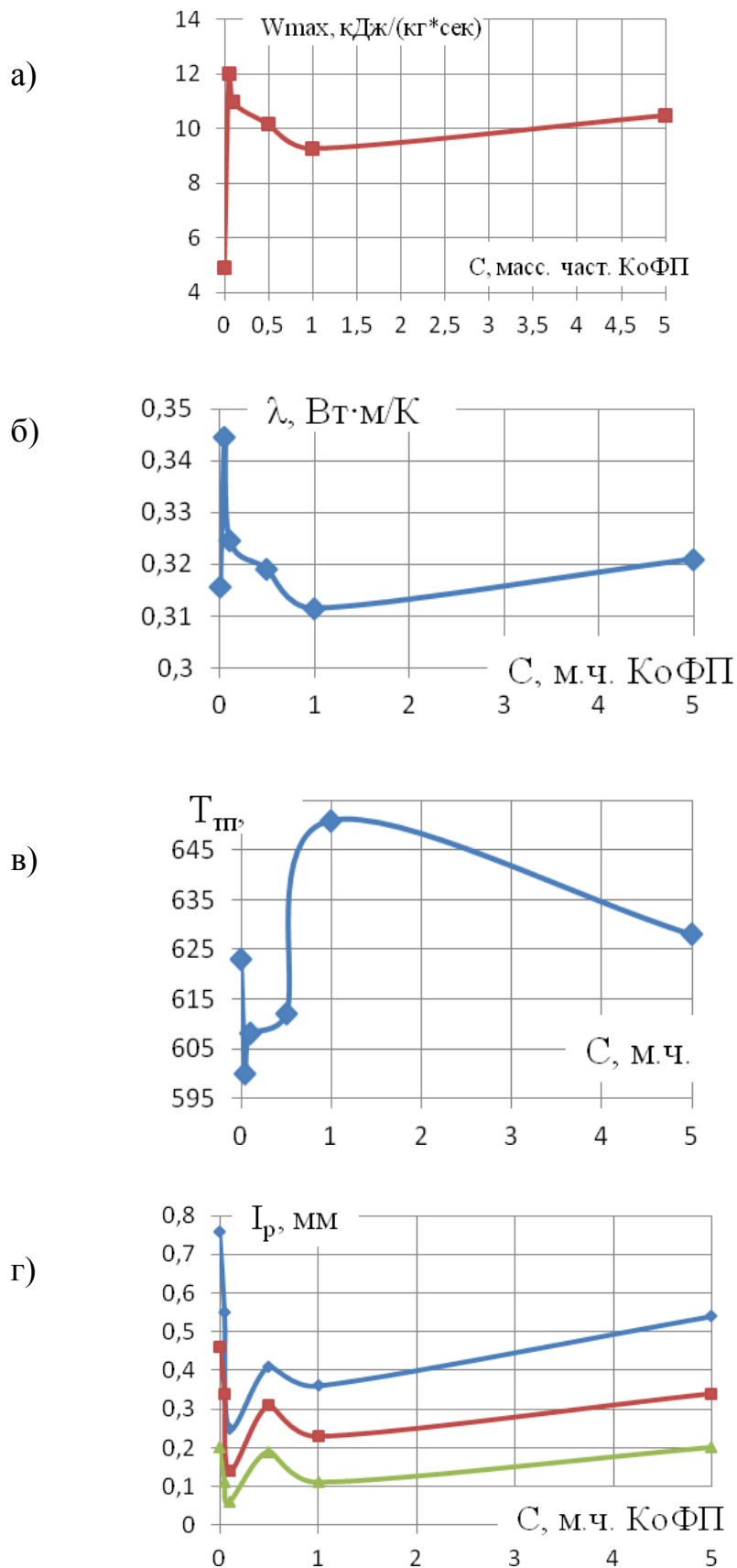


Рисунок 5. Концентрационные зависимости максимальной скорости поглощения энергии W_{max} , снятой на приборе DSC-2 (а), теплопроводности λ (б), деформационной теплостойкости T_{tp} (в), и размерного износа I_p (г) полимерного композита ПТФЭ+КоФП от содержания модификатора КоФП. Время абразивного износа 20 мин (1), 40 мин (2), 60 мин (3); частота вращения контртела 12 об/мин; усилие прижима 0,5 кг.

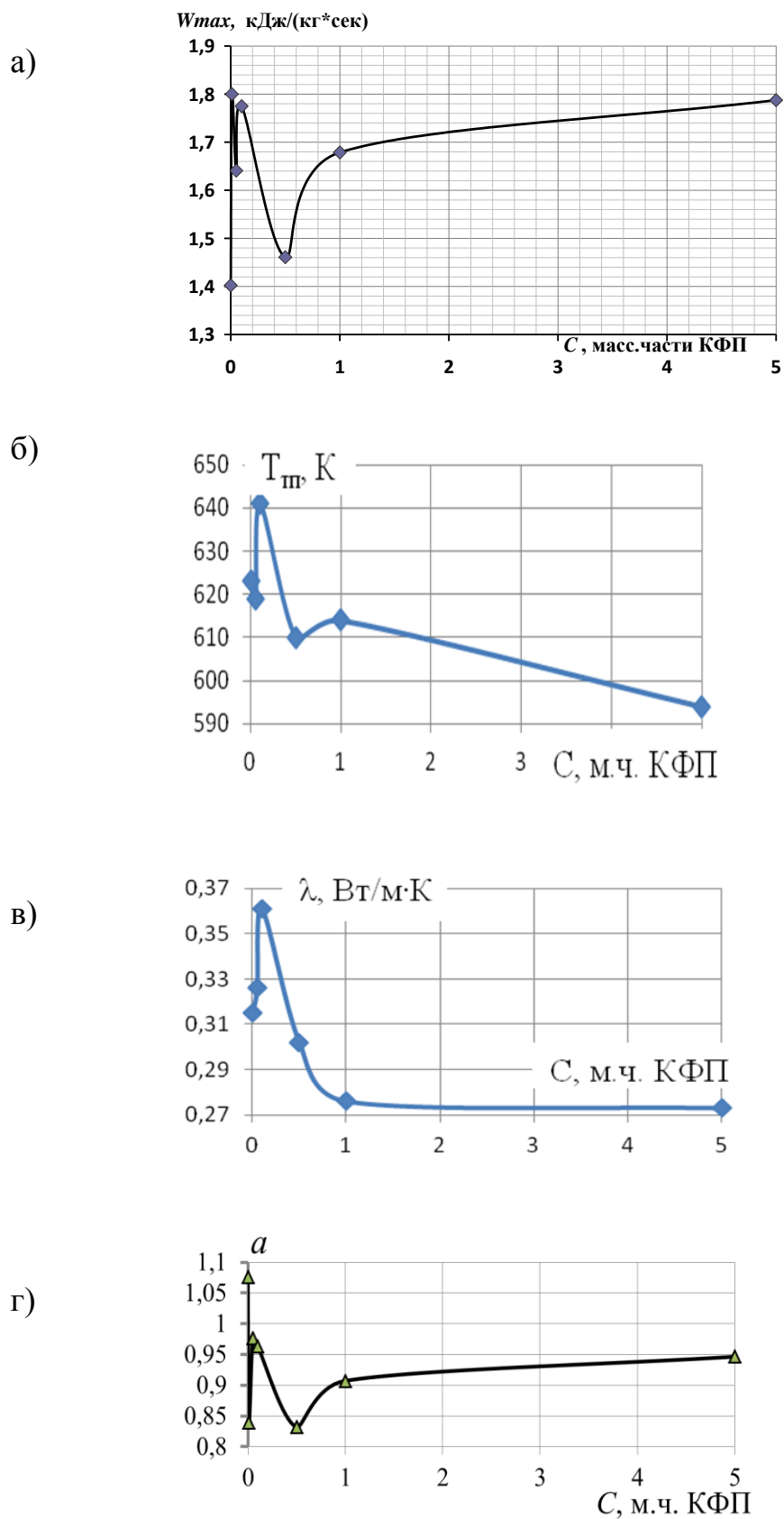


Рисунок 6. Концентрационные зависимости максимальной скорости поглощения энергии W_{max} в области плавления снятой на приборе DSC-2 (а), деформационной теплоемкости T_{III} (б), теплопроводности λ (в) и температуропроводности a (г) полимерной системы Ф-42+КФП от содержания молекулярного модификатора КФП.

Таким образом, на основании результатов теплофизических исследований, релаксационных свойств в режиме отжига ориентированных образцов в условиях твердой экструзии и построения диаграмм изометрического нагрева [6] и триботехнических исследований показано существование корреляции между максимальной скоростью поглощения энергии W_{max} , снятой на приборе *DSC-2*, теплопроводностью, деформационной теплостойкостью и износостойкостью полимерных нанокомпозитов ПТФЭ + ТФП, ПТФЭ + КФП и ПТФЭ + КоФП, позволяющие управлять свойствами молекулярных нанокомпозитов в процессе их переработки в изделия различного функционального назначения (высокочастотные изоляторы, теплотехнические изделия, изделия антифрикционного назначения и др.). Следует отметить, что подобные корреляционные зависимости получены и для нанокомпозитов на основе Ф-42, синтезированных по новой технологии (рис.6.а-г).

Следует отметить, что подобные физические механизмы формирования структуры отмечены ранее для полимерных смесей и сплавов, компоненты которых находятся в наноструктурированном состоянии [8,9]. При переходе системы из однофазной к двухфазной (расслаивание) выделяющаяся фаза находится в высокодисперсном состоянии и образует термодинамически устойчивую систему с размером частиц не выше нескольких десятков нанометров. Межфазный слой в такой полимерной системе в силу близости к критическим условиям имеет значительную толщину, а межфазная поверхность велика. Высокоразвитая поверхность раздела фаз и наличие частиц нанометрового размера и приводит к экстремальному изменению физико-химических свойств полимерной системы в данной концентрационной области, то есть являются определяющими факторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главным достоинством созданных микро-нанокомпозитов на основе ПТФЭ является тот факт, что металлические и керамические наночастицы, закрепленные на поверхности частиц ультрадисперсного ПТФЭ, теряют способность к агломерации, в то же время экстремально взаимодействуют с внешними компонентами полимерной системы, сохраняя основной комплекс физических характеристик, образуют определенные управляемые микро- и макроструктуры, ответственные за изменение эксплуатационных показателей готовых изделий различного функционального назначения (высокочастотные изоляторы, теплотехнические изделия, изделия антифрикционного назначения и др.).

В заключение следует отметить, что в настоящей работе впервые выявлена возможность регулирования структуры и свойств полимерных композитов на основе ПТФЭ малыми добавками микро-нанокомпозита, включающего металлические и керамические наночастицы и ультрадисперсный ПТФЭ, полученного молекулярным смешением из газовой фазы, что позволило распространить известный метод легирования органических и неорганических материалов на технологию получения молекулярных композиционных полимеров.

Список используемых источников

1. Бузник В.М., Фомин В.М., Алхимов А.П. и др. Металлополимерные нанокompозита. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. Интеграционные проекты СО РАН. Вып. 2. 260 с.
2. Ломовский О.И. Механохимические методы получения композитных материалов металл-керамика-политетрафторэтилен / О.И. Ломовский, А.А. Политое, Д.В. Дудина, М.А. Корчагин, ВМ. Бузник // Химия в интересах устойчивого развития. 2004. № 12. С. 619-626.
3. Коробов М.С. Новый наноматериал: металлосодержащий политетрафторэтилен / М.С. Коробов, Г.Ю. Юрков, А.В. Козинкин, Ю.А. Кокшаров, И.В. Пирог, СВ. Зубков и др. // Неорганические материалы. 2004. Т. 40. №1. С. 31-40.
4. Юрков Г.Ю. Синтез и структура композиционных материалов на основе гранул ультрадисперсного политетрафторэтилена и наночастиц меди / Г.Ю. Юрков, В.М. Бузник, О.Н. Шатилов, ЮН. Больбух и др. // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 11. С. 2.
5. Синтез и структура композитов на основе политетрафторэтилена и кобальтсодержащих наночастиц с «соге-5'пеп» структурой / Все материалы. Энциклопедический справочник. 2011. № 11. С. 7.
6. Радько ЮМ. Установка для определения остаточных напряжений в ориентированных термопластах / ЮМ. Радько, Е.В. Минкин, М.Л. Кербер, М.С. Акутин // Заводская лаборатория. 1980. № 7. С. 669-670.
7. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980. 304 с.
8. Баронин Г.С. Твердофазная технология переработки полимерных нанокompозитов / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, К.В. Шапкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2005. Т. 11. № 2А. С. 432-438.
9. Баронин Г.С., Кербер М.Л., Минкин Е.В., Радько ЮМ. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы. // М.: Машиностроение-1, 2002. 320 с.

**Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ, код проекта НШ-3550.2012.3 и Госзадания (код проекта 3.4037.2011).*

ТЕОРИЯ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОГО СВС

Хина Б.Б.

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Несмотря на большое количество работ по самораспространяющемуся высокотемпературному синтезу (СВС) новых материалов, актуальной проблемой остается поиск способов управления как тепловыми характеристиками (скорость и температура горения, интенсивность тепловыделения), так и структурообразованием продукта. Одним из эффективных способов воздействия является механическая активация (МА) порошковой шихты - так называемый механоактивированный СВС (МА-СВС). МА приводит к снижению температуры воспламенения, повышению степени превращения и немонотонному изменению (сначала увеличению, а затем уменьшению) скорости и температуры горения. В ряде случаев наблюдается чисто твердофазный СВС: температура горения оказывается ниже точки эвтектики данной системы [1-2]. При МА-СВС существенно уменьшается эффективная энергия активации горения E – на величину $\Delta E = 50-150$ кДж/моль, т.е. в ряде систем – почти в 2 раза [43,4].

В экспериментальных работах [1,2] снижение E объясняют наличием неравновесных вакансий, накопленных в металлах во время интенсивной пластической деформации (ИПД) при МА, которые могут привести к ускорению диффузионных процессов при СВС. В теоретических работах по МА-СВС [5,6] использована классическая аррениусовская кинетика (модель Хайкина-Мержанова), в которой вместо E (для неактивированной системы) взята величина $E-\Delta E$. При этом ΔE ассоциируется с запасенной энергией пластической деформации во время МА. Однако независимый анализ этих объяснений ранее не был проведен.

В данной работе критически проанализированы существующие теории МА-СВС. Выполнена верхняя оценка энергии, запасенной в металлических реагентах при МА, которая обусловлена 1) остаточной упругой деформацией, 2) наличием неравновесных границ зерен после ИПД, 3) высокой плотностью дислокаций и 4) неравновесными точечными дефектами (вакансии и межузельные атомы). При расчетах использованы данные для наноматериалов, полученных методами ИПД. На примере типичных СВС-систем показано, что величина ΔE мала и не может быть ответственной за эффекты, наблюдаемые при МА-СВС. Также выполнен анализ роли неравновесных вакансий. Расчеты показали, что на стадии нагрева со скоростями, типичными для МА-СВС ($v_T \sim 10^2-10^3$ К/с), неравновесные точечные дефекты успевают аннигилировать за счет диффузии к стокам (краевым дислокациям в объеме зерен) до достижения температуры воспламенения (Рис. 1), так что их роль в гетерогенном взаимодействии при СВС будет незначительна.

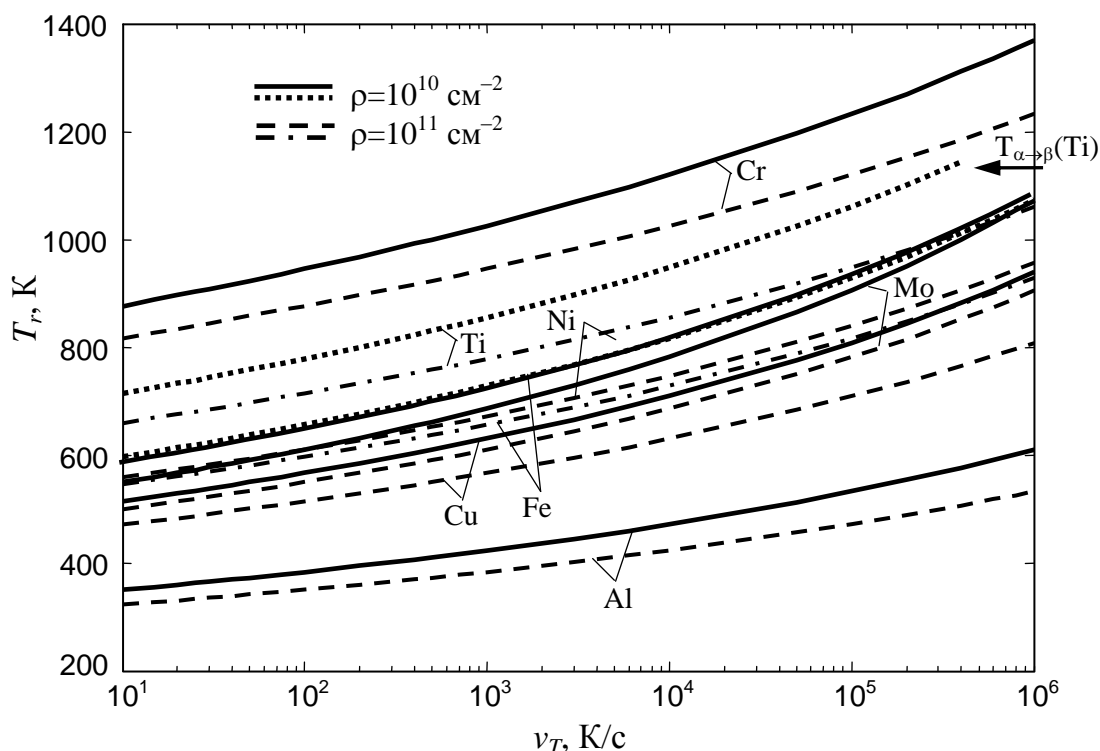


Рисунок 1. Максимальная температура полной релаксации неравновесных вакансий T_r в металлах, подвергнутых МА, при нагреве с различными скоростями для плотности дислокаций $\rho=10^{10}$ и 10^{11} см^{-2} .

Предложена новая теория МА-СВС. Определяющую роль в эффектах, наблюдаемых при МА-СВС, играет изменение условий зародышеобразования новой фазы AB (продукта СВС) в слоистых частицах $A-B$, полученных в результате разрушения и холодной сварки исходных порошков металлов A и B в процессе МА. Это связано с двумя основными физическими факторами: 1) наличием неравновесных границ A/B в композиционных частицах, что связано с взаимодействием дислокаций с границами зерен при ИПД, и 2) явлением неравновесной ускоренной диффузии, которое имеет место в окрестности границы A/B во время ИПД и было обнаружено экспериментально в работах по механолегированию [7].

Кинетика зародышеобразования новой фазы описывается формулой

$$I = K \exp[-G^*/(k_B T)], \quad (1)$$

где G^* – энергия Гиббса образования критического зародыша, имеющая смысл энергии активации, K – предэкспонент, k_B – константа Больцмана.

Изменение энергии Гиббса при образовании зародыша новой фазы AB сферической формы с радиусом r на неравновесной границе A/B составит

$$G(r) = -\frac{4}{3} \pi r^3 \frac{\Delta G_{AB}}{\omega_{AB}} + 4\pi r^2 (0.5\gamma_{AB/A} + 0.5\gamma_{AB/B}) - \pi r^2 \gamma_{A/B} \quad (2)$$

где ΔG_{AB} – энергия Гиббса образования фазы AB , ω_{AB} – ее молярный объем, $\gamma_{AB/A}$, $\gamma_{AB/B}$ и $\gamma_{A/B}$ – энергии границ между фазами.

В связи с недостатком данных по энергии границ между различными металлическими фазами примем, что $\gamma_{AB/A} = \gamma_{AB/B} = \gamma$, а $\gamma_{A/B} = \gamma + \Delta\gamma$, где $\Delta\gamma$ – избыточная энергия неравновесной границы исходных металлов *A* и *B*.

Размер критического зародыша r^* определяется из условия $\partial G/\partial r = 0$. Тогда из (2) получим энергию Гиббса образования критического зародыша:

$$G^* = \frac{9\pi(\gamma - \Delta\gamma/3)^3 \omega_{AB}^2}{4(\Delta G_{AB})^2} \quad (3)$$

Используя доступные данные по избыточной энергии неравновесных границ зерен $\Delta\gamma$ и энергии равновесных границ γ для отожденных металлов, из (1) и (3) получим отношение энергии активации зародышеобразования с учетом (G^*) и без учета избыточной энергии исходной границы *A/B* (G_0^* для $\Delta\gamma=0$): $G^*/G_0^* = 0,65-0,8$ – т.е. энергия активации уменьшается на 20–35%.

Существенное снижение энергии активации зародышеобразования G^* также достигается в результате неравновесной диффузии в окрестности границы *A/B*, что приводит к увеличению величины $|\Delta G_{AB}|$, входящей в знаменатель формулы (3) – поскольку продукт *AB* образуется не из чистых реагентов *A* и *B*, а из пересыщенных твердых растворов.

Список используемых источников

1. Корчагин М.А., Григорьева Т.Ф., Бохонов Б.Б. и др. Твердофазный режим горения в механически активированных СВС-системах. I. Влияние продолжительности механической активации на характеристики процесса и состав продуктов горения // ФГВ. 2003. Т. 39, № 1. С. 51-59.
2. Корчагин М.А., Григорьева Т.Ф., Бохонов Б.Б. и др. Твердофазный режим горения в механически активированных СВС-системах. II. Влияние режимов механической активации на характеристики процесса и состав продуктов горения // ФГВ. 2003. Т. 39, № 1. С. 60-68.
3. Shteinberg A.S., Lin Y.C., Son S.F., and Mukasyan A.S. Kinetics of high temperature reaction in Ni-Al system: Influence of mechanical activation // J. Phys. Chem. A. 2010. Vol. 114, No. 20. P. 6111-6116.
4. Mukasyan A.S., Khina B.B., Reeves R.V., and Son S.F. Mechanical activation and gasless explosion: Nanostructural aspects // Chem. Eng. J. 2011. Vol. 174, No. 2-3. P. 677-686.
5. Смоляков В.К. Горение механоактивированных гетерогенных систем // ФГВ. 2005. Т. 41, № 3. С. 90-97.
6. Смоляков В.К., Лапшин О.В. Тепловой взрыв в механоактивированных гетерогенных системах. // ФГВ. 2011. Т. 47, № 3. С. 74-83.
7. Suryanarayana C. Mechanical alloying and milling // Progr. Mater. Sci. 2001. V. 46, No. 1-2. P. 1-184.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ТВЕРДОФАЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Валитов В.А.

Институт проблем сверхпластичности металлов РАН
450001, г. Уфа ул. С. Халтурина 39; E-mail: Valitov_VA@imsp.ru

1. Формирование ультрамелкозернистой и нанокристаллической структуры в жаропрочных никелевых сплавах

Необходимым условием практической реализации эффекта сверхпластичности (СП) является наличие в полуфабрикатах из никелевых сплавов ультрамелкозернистой (УМЗ) или нанокристаллической (НК) структуры [1]. На основании многолетних исследований, проведенных в ИПСМ РАН, был разработан универсальный методологический подход к получению в объемных и листовых полуфабрикатах из никелевых сплавов таких структурных состояний. Его сущность заключается в проведении интенсивной деформационно-термической обработки (ИДТО) с использованием преимущественно схемы всесторонней изотермическойковки (иликовки с последующей прокаткой) и постадийным снижением температуры обработки от 0,9-0,8Тпл до 0,6-0,5Тпл [2]. В результате такой обработки дисперсионно-твердеющих никелевых сплавов достигается постадийное измельчение структуры: крупнозернистая (КЗ) структура типа макродуплекс трансформируется в микрокристаллическую (МК) структуру типа микродуплекс, затем при более низкой температуре обработки МК преобразуется в субмикрокристаллическую (СМК) и далее в НК, т.е. соответственно в структуры типа «субмикродуплекс» и «нанодуплекс» (Рис.1).

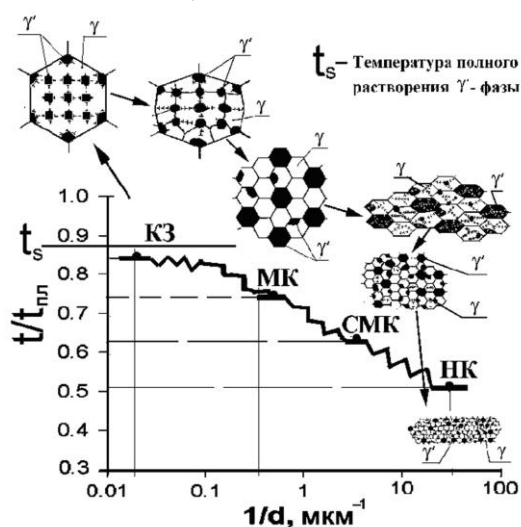


Рисунок 1. Схема, измельчения микро-структуры в ЖНС, упрочняемых изоморфной γ' -фазой в процессе ИДТО.

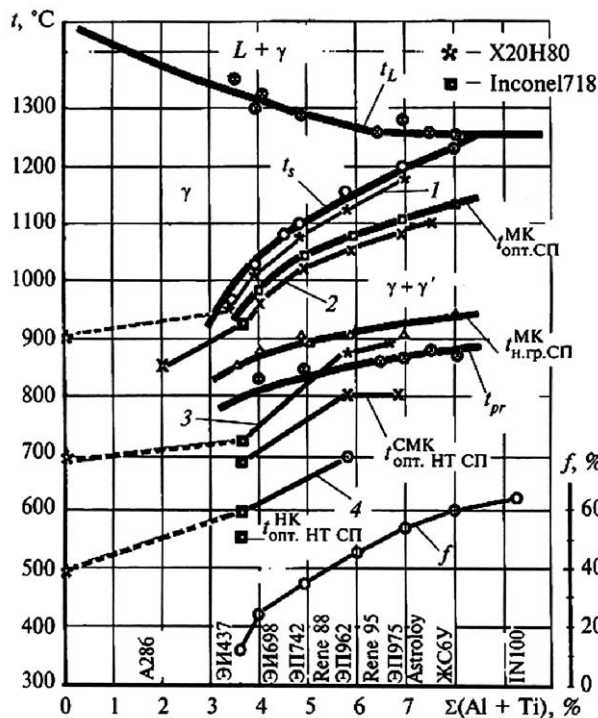
Схематично стадийность струк-турообразования при ИДТО, приводящая к поэтапному измельчению исходной крупно-зернистой структуры вплоть до нанодуплексного состояния, на примере сплавов, упрочняемых за счет выделения изоморфной γ' -фазы, приведена на рис.1.

В результате целенаправленного управления режимами ИДТО в никелевых сплавах с различным фазовым составом и разным типом упрочнения могут быть получены различные микроструктурные состояния, параметры которых регла-

ментируются необходимостью обеспечения требуемых технологических характеристик СП полуфабриката с учетом особенностей конструкции готовой детали и предъявляемых к ней требований по эксплуатационным свойствам.

Обобщение результатов многолетних исследований позволило разработать методику прогнозирования конкретных термомеханических режимов получения МК, СМК и НК структур с регламентированными параметрами. Тем самым это позволило охватить практически весь спектр микроструктурных состояний, которые могут быть получены посредством разработанного способа ИДТО в сплавах на никелевой и никельжелезной основе с заданными параметрами структуры, и рекомендовать оптимальные температуры обработки и СП деформации (рис. 2).

В приведенной на рис. 2. псевдобинарной диаграмме обобщены результаты исследований, отражающих влияние γ' -образующих элементов Al и Ti, определяющих количество выделяющейся в сплавах γ' -фазы, на температурные режимы получения МК (микродуплексной), СМК (субмикродуплексной) и НК (нанодуплексной) структур и СП деформации никелевых сплавов.



t_{pr} , t_s - температуры начала и полного растворения γ' -фазы;
 t_L - температура плавления γ - твердого раствора;
 L - жидкий расплав, γ - однофазная область твердого раствора γ - фазы;
 $\gamma + \gamma'$ - двухфазная область γ и γ' фаз.

$t_{MKopt.SP}^{MK}$, $t_{NKopt.SP}^{MK}$ - оптимальная температура и нижняя температурная граница проявления СП в сплаве с МК структурой;
 $t_{SMKopt.HT.SP}^{SMK}$, $t_{NKopt.HT.SP}^{NK}$ - оптимальная температура проявления низкотемпературной СП сплавов с СМК и НК структурой;
 f - объемная доля упрочняющей γ' -фазы

Рисунок 2. Влияние γ' -образующих элементов Al и Ti на температурные режимы получения МК, СМК и НК структур и СП деформации никелевых сплавов

Практический опыт использования разработанной номограммы и ее усовершенствованного варианта свидетельствует об эффективности прогнозирования конкретных термомеханических режимов получения МК, СМК и НК структурных состояний в жаропрочных никелевых сплавах (ЖНС). При пользовании номограммой в большинстве случаев исследования сводятся к проверке на практике выбранных режимов обработки, исходя только из данных химического состава или даже из количественного содержания основных фазообразующих элементов (Al, Ti), температуры растворения основной

упрочняющей фазы и при необходимости к небольшой корректировке выбранных режимов. Это позволяет многократно уменьшить объем исследований при разработке режимов обработки по новым сплавам и тем самым значительно снизить материало- и трудозатраты.

2. Сверхпластичность никелевых сплавов с УМЗ и НК структурой

Сравнительное исследование СП свойств никелевых сплавов с МК, СМК и НК структурой показало, что в целом феноменология проявления эффекта СП и характер действующих механизмов деформации для всех состояний, во многом, аналогичны. Во всех случаях имеет место развитие процессов кооперированного зернограницного проскальзывания. При этом наблюдается образование блоков, состоящих из скооперированных зерен, размеры которых приблизительно в 5÷10 раз больше размера отдельных зерен, характерных для НК, СМК или МК структур. Отличительной особенностью СП деформации ЖНС в СМК и НК состояниях является то, что для них характерна большая протяженность неравновесных межфазных и межзеренных границ, что приводит к существенному расширению температурно-скоростного интервала СП. Установлено, что в дисперсионно-твердеющих сплавах (γ' ; $\gamma''+\delta$) с СМК структурой наблюдается эффект низкотемпературной СП, который проявляется при температурах на 200÷250°С ниже чем в материалах с МК структурой. При этом достигается снижение уровня напряжения течения в 1,5÷2 раза и рост скорости деформации на 1÷1,5 порядка.

Установлено, что в процессе СП деформации происходит снижение плотности дислокаций в теле зерен, а также трансформация неравновесных границ в равновесные границы общего типа. Такие микроструктурные изменения при СП деформации и, особенно, преобразования в строении границ зерен наблюдаются в жаропрочных сплавах с различной морфологией упрочняющей фазы (γ' , δ). Они характерны также для сплавов с различным типом упрочнения, а также изготовленных разными методами (литье+деформация, порошковая металлургия, механическое легирование).

Измельчение структуры до НК размеров обеспечивает максимальное снижение температуры, при которой возможно проявление эффекта низкотемпературной СП и значительно расширение температурно-скоростного интервала СП. В частности, сплав Inconel 718 с НК структурой проявляет признаки СП при температуре 575°С, которая практически сравнима с температурой его эксплуатации, а верхняя граница температуры и скорости СП деформации в этом состоянии включает не только диапазон характерный для СМК, но и МК состояния. Уникальные СП свойства проявляют дисперсно-упрочненные сплавы типа ПДУ-1 с СМК структурой ($d \sim 0,5$ - мкм). Для них характерна не только низкотемпературная, но и высокоскоростная СП, которая проявляется при высоких гомологических температурах. Первая наблюдается при температурах (800 ÷ 1000°С), а вторая при температурах 1200÷1275°С, при этом скорость деформации возрастает на порядок.

Во всех сплавах при СП деформации наблюдали порообразование. Количество и размер пор увеличивалось по мере приближения к зоне разруше-

ния. В дисперсионно-твердеющих сплавах (Inconel 718, ЭП962) слияние отдельных микроскопических пор происходит преимущественно в продольном направлении, а в сплаве ПДУ-1 слияние пор происходит, главным образом, в поперечном направлении к оси растяжения, что приводит к образованию зернограничных микротрещин. Из-за интенсивного порообразования в дисперсионно-упрочненных сплавах, в частности, в сплаве ПДУ-1 показатели их пластичности заметно ниже, чем в дисперсионно-твердеющих сплавах, что, по-видимому, обусловлено присутствием на границах зерен тугоплавких частиц иттриевой фазы.

Таблица 1.

сплав	Размер зерен (частиц), мкм		t, °C	ξ , с ⁻¹	Σ_{40} , МПа	δ , %	m
	γ -фаза	γ' -фаза					
ЭП962	5,5	2,5	1075	$1,33 \cdot 10^{-3}$	50	≥ 550	0,6
			950	$1,33 \cdot 10^{-2}$	551	76	0,16
	2,5	1,3	875	$1,33 \cdot 10^{-3}$	349	116	0,25
	0,25		950	$1,33 \cdot 10^{-2}$	144	252	0,43
			875	$1,33 \cdot 10^{-3}$	187	337	0,39
		800	$1,33 \cdot 10^{-4}$	350	≥ 550	0,3	
ЭП975	2,5	1,9	1100	$1,33 \cdot 10^{-3}$	5,1	≥ 550	0,5
			1100	$1,33 \cdot 10^{-2}$	34	544	0,5
			1100	$1,33 \cdot 10^{-2}$	87	178	0,3
			1100	$1,33 \cdot 10^{-1}$	123	112	0,25
ПДУ-1	0,5		1100	$3,33 \cdot 10^{-4}$	71	240	0,35
			800	$8,3 \cdot 10^{-2}$	19	200	0,5
Inconel 718	6	1	980	$5 \cdot 10^{-4}$	70	514	0.5 [3]
	2,5	1,3	950	$5,5 \cdot 10^{-4}$	63	660	0.6
	1÷2	0,15÷0.6	800	$1,5 \cdot 10^{-4}$	134	390	0.33
			700	$3 \cdot 10^{-4}$	563	170	0.2
			650	$5,5 \cdot 10^{-4}$	742	85	0.1
	0.3	0.1÷0.6	900	$5,5 \cdot 10^{-4}$	65	790	0.6
			800	$1,5 \cdot 10^{-4}$	87	1095	0.54
			700	$3 \cdot 10^{-4}$	224	700	0.41
			650	$5,5 \cdot 10^{-4}$	514	370	0.3
	0.08÷0.1		700	$3 \cdot 10^{-4}$	230	580	0.4
			650	$3 \cdot 10^{-4}$	310	342	0.34
			600	$3 \cdot 10^{-4}$	752	253	0.35
			575	$1,5 \cdot 10^{-4}$	880	173	0.27
			550	$0,9 \cdot 10^{-4}$	1017	160	0.25

3. Формирование твердофазных соединений в никелевых сплавах при сварке давлением в условиях низкотемпературной сверхпластичности

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных проблем, решение которых обеспечит прогресс в авиадвигателестроении, является разработка научно-обоснованных материаловедческих предложений, необходимых для создания высокоэффективных технологий изготовления биметаллических деталей из разнородных жаропрочных сплавов с неразъемными твердофазными соединениями, в частности, деталей типа «блиск» [4]. Следует также отметить, что проблема разработки технологии изготовления деталей типа «блиск» актуальна для авиадвигателестроительного предприятия республики Башкортостан – ОАО «УМПО». На данном предприятии разрабатывается новая технология, а именно, линейная сварка трением [[http://www.umpo.ru /Page646.aspx](http://www.umpo.ru/Page646.aspx)]. Данная технология весьма эффективна при соединении титановых сплавов, но имеет существенные ограничения при сварке ЖНС. В частности, в работе [5], проведенной учеными ФГБОУ ВПО УГАТУ в рамках совместных работ с ОАО «УМПО» показано, что при линейной сварке трением зона сварного соединения ЖНС ЭП742 отличается значительной пористостью и неоднородностью, образованием грубых выделений карбидов, способствующих возникновению и развитию трещин при вышеуказанной обработке. Эти недостатки могут быть преодолены при сварке давлением в условиях СП [1].

На примере никелевого сплав Inconel 718 [6] показано, что формирование в заготовках СМК структуры обеспечивает возможность реализации эффекта низкотемпературной СП в технологических процессах диффузионной сварки (рис.3, Таблица 2). В данной работе показано, что реализация этой перспективной технологии позволяет получать качественные твердофазные соединения при температурах на 150 – 200°С ниже по сравнению с температурными режимами диффузионной сварки известных технологических процессов. В исследовании*, проведенном совместно с сотрудниками ИПСМ РАН Лутфуллиным Р.Я., Мухаметрахимовым М.Х. и Валитовой Э.В. показана эффективность применения НК прослойки (рис.4) для получения твердофазных соединений образов с КЗ структурой при сварке давлением в условиях низкотемпературной СП сплава ХН58МБЮД.

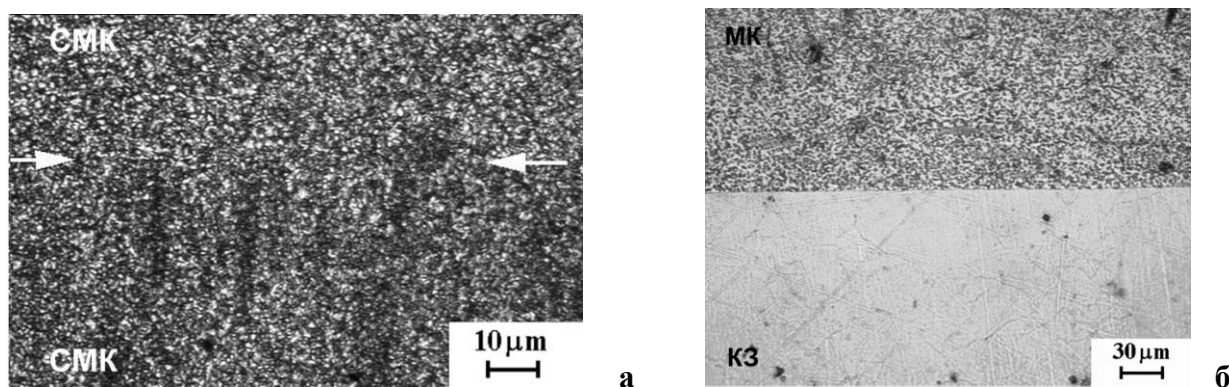


Рисунок 3. Зоны ТФС образцов из сплава Inconel 718 в различных структурных состояниях: а - 750°С, СМК+СМК; б - 850°С, КЗ+МК

Таблица 2.

Режимы изотермической деформации в вакууме и результаты проведения экспериментов по определению возможности появления ТФС при сварке давлением сплава Inconel 718 в различных структурных состояниях.

Структура	t, °C	Скорость деформации, с ⁻¹	ε, %	Качество ТФС
КЗ-КЗ	950	$2,5 \cdot 10^{-4}$	24	Да
КЗ-КЗ	900	$2,9 \cdot 10^{-4}$	19	Нет
КЗ-МК	850	$3,2 \cdot 10^{-4}$	20	Да
МК-МК	800	$3,2 \cdot 10^{-4}$	19	Да 80%
МК-МК	700	$3,2 \cdot 10^{-4}$	19	Нет
СМК-СМК	900	$2,5 \cdot 10^{-4}$	40	Да
СМК-СМК	800	$2,8 \cdot 10^{-4}$	23	Да
СМК-СМК	750	$2,5 \cdot 10^{-4}$	22	Да

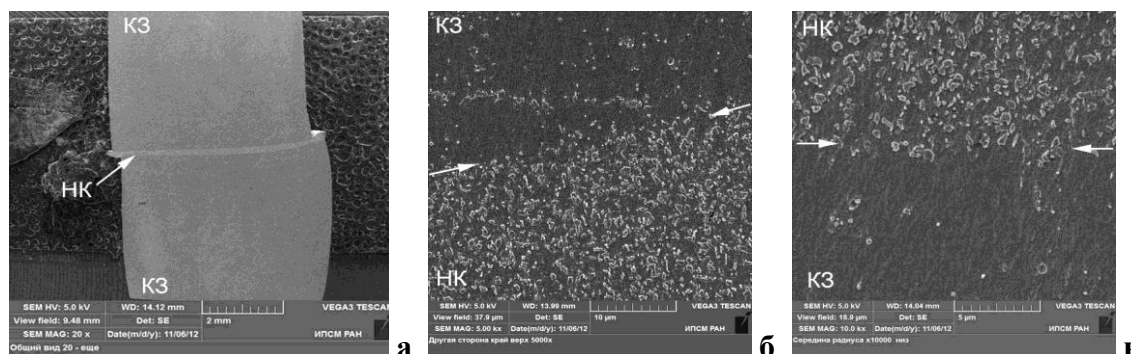


Рисунок 4. ТФС образцов КЗ+НК+КЗ из сплава ХН58МБЮД после сварки давлением при температуре 800°C: а - общий вид; б, в - локальные участки (б - край, в - центр)

Список используемых источников

1. Кайбышев О.А. Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение микро-структуры и обработка труднодеформируемых сплавов. М.:Наука, 2002.-438с.
2. Валитов В.А. Сверхпластичность жаропрочных никелевых сплавов с микро-, субмикро- и нанокристаллической структурой и перспективы ее использования для получения сложнопрофильных деталей // Тяжелое машиностроение.- 2007. №4. С.23-28.
3. Mahoney M.W. Superplastic properties of alloy 718 // Superalloy 718 – Metallurgy and Applications, ed. by E.A. Loria. - The Minerals, Metals & Materials Society. – 1989. - P.391-405.
4. Магеррамова Л., Захарова Т, Громов М., Самаров В. Турбины: с «блиск»ом и без. // <http://engine.aviaport.ru/issues/02/page32.html>
5. Бычков В. М., Селиванов А. С., Медведев А. Ю. и др. Исследование свариваемости жаропрочного никелевого сплава ЭП742 Методом линейной сварки трением. – Вестник УГАГУ.- 2012. – Т. 16. - №7(52).С. 112-116.
6. Valitov V., Mukhtarov Sh., Lutfullin R., Safiullin R., Mukhametrakhimov M. Microstructure and Properties of Nanostructured Alloy 718 // Advanced Materials Research.- 2011.-Vol.278.-P.283-288.-doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.- 278.283.5.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-08-12200.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКЦИЕЙ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ЖЕЛЕЗЕ

Вигдорович В.И.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Введение

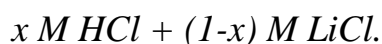
Реакция выделения водорода РВВ является ключевой в целом ряде проблем электрохимической кинетики и прикладной электрохимии. Так в теоретическом плане во многом она выступает как базовая для разработки научных основ кинетических вопросов электрохимии. И уже только в связи с этим изучению ее закономерностей посвящалось и посвящается в настоящее время большое количество исследований. Помимо этого РВВ является ключевой при разработке методов борьбы с коррозией конструкционных металлических материалов в сильно- и слабокислых средах и в системах, в которых воздействие на металлическую поверхность обусловлено дополнительным присутствием H_2S и CO_2 . Наконец, эта реакция является основополагающей в процессах водородной энергетики, как с позиций получения электролитического водорода, так и его аккумулялирования.

Вместе с тем, целый комплекс вопросов, связанных с кинетикой и стадийностью РВВ остается неизученным. Прежде всего, отметим, что и сегодня большинство связанных с РВВ вопросов, поднимаемых исследователями, касается природы стадии рекомбинации адсорбированного водорода (реакции Гейровского или Тафеля) и характера лимитирующей реакции. При этом нет единства в точке зрения исследователей даже в том случае, когда условия проведения эксперимента практически идентичны. Обусловлено это, видимо, тем, что природа лимитирующей стадии чрезвычайно чувствительна к составу растворителя, потенциалу электрода при постоянстве самой твердой фазы и концентрации компонентов раствора. Особенно это касается компонентов жидкой фазы, являющихся поверхностно-активными веществами.

Цель и методика эксперимента

Целью настоящей работы является поиск путей управления природой замедленной стадии, и ее кинетикой на железе, как функцией состава среды. С этой целью в фоновый раствор вводились в концентрации от 0,5 до 30 ммоль/л гуанидин или его производные (фенлбигуанидин, о-фторфенилбигуанидин, м-нитрофенилбигуанидин). Методика экспериментов была классической и останавливаться на ней не будем, так как она не несет новой научной информации.

Отмечаем лишь, что все исследования проведены в контролируемой водородной атмосфере на железе армко в водных растворах. Состав электролита с постоянной ионной силой был следующим:



Электроды сравнения – хлоридсеребряный или равновесный водородный в том же растворе. Все исследования проведены в кинетической области, что контролировалось по скорости процесса как функции числа оборотов дискового электрода.

Экспериментальные результаты

Некоторые полученные экспериментальные результаты приведены на рис. 1 – рис. 3. Для оценки природы замедленной стадии использованы кинетические параметры, соответствующие известным теориям, когда замедленной является стадия разряда, химической рекомбинации или латеральной диффузии. В независимых экспериментах с использованием метода импедансной спектроскопии было показано, что сток $H_{адс}$ протекает в соответствии с реакцией Тафеля,



которая протекает вслед за процессом разряда сольватированных протонов.



Полученные кинетические параметры обобщены в таблице 1.

Анализ характера данных таблицы показывает, что в фоновых растворах на железе РВВ протекает через последовательные стадии (2) и (1) в условиях замедленного разряда. Та же картина, по видимому, наблюдается и в присутствии 0,5 мМ гуанидина и о-ФФБГ, так как нет основания показать, что наличие этих ПАВ может изменить стадию удаления $H_{адс}$ на реакцию Гейровского. С введением 0,5 мМ фенилбигуанидина картина существенно отлична, а лимитирующей становится реакция Тафеля. Одновременно это является косвенным доказательством того, что в присутствии изученных ПАВ удаление $H_{адс}$ протекает именно посредством химической рекомбинации.

Интересно, что при наличии м-НФБГ реакция Тафеля становится замедленной уже при содержании 0,1 и 0,3 мМ м-НФБГ, а увеличение концентрации м-нитрофенилбигуанидина до 0,5 мМ приводит к контролирующей латеральной диффузии.

Повышение концентрации ГУ на порядок не сказывается на природе замедленной стадии, которой остается реакция (2).

Подобное содержание в растворе ФБГ вместо ГУ, т.е. появление в молекуле фенильной группировки приводит, по-видимому, к некоторой промежуточной ситуации с РВВ, когда скорости стадий химической рекомбинации и латеральной диффузии ЛД становятся соизмеримыми при квазиравновесной реакции разряда. Это подтверждается следующим:

- некоторым увеличением значения кинетического параметра $dA/d \lg C_{H^+}$ (таблица 1);
- значениями $-d\eta/d \lg C_{H^+}$ и $(\partial \lg i_k / \partial \lg C_{H^+})_\eta$, первое приближается к 0,25, второе несколько возрастает $(\partial \lg i_k / \partial \lg C_{H^+})_\eta$;
- переход к замедленной латеральной диффузии с увеличением $C_{ФБГ}$ вдвое (таблица 1)

Замена 5 мМ ФБГ на ту же концентрацию о-ФФБГ приводит к лимитирующей стадии ЛД без промежуточной картины, когда соизмеримыми являлись бы скорости реакции Тафеля и ЛД. Видимо, эта ситуация реализуется и при $C_{o-ФФБГ} < 5$ мМ, но в наших экспериментах в концентрационном интервале $1 < C_{o-ФФБГ} < 5$ мМ её обнаружить не удалось. Последующий рост $C_{o-ФФБГ}$ до 10 мМ не изменяет природы лимитирующей стадии и лишь при $C_{o-ФФБГ} \geq 30$ мМ вновь замедлена реакция разряда. Можно предположить, что появление атома фтора в качестве заместителя в фенильном ядре способствует переходу к лимитирующей латеральной диффузии.

м-НФБГ повел себя несколько необычно. Его сравнительно малые концентрации в объеме раствора ($C_{м-НФБГ} \leq 1,0$ мМ) приводят к замедленной латеральной диффузии, но при $C_{м-НФБГ} = 5$ мМ реализуются кинетические параметры, величины которых достаточно близко соответствуют требованиям теории замедленного разряда.

Таблица 1

Кинетические параметры РВВ на железе в кислых хлоридных водных растворах с постоянной ионной силой, равной 1, в присутствии гуанидина и его производных. Числитель – эксперимент, знаменатель – требование теории.

$C_{ПЛАВ},$ 35ММО ЛЬ/Л	$-\frac{dE}{d \lg i_k}, В$	$\frac{dE}{d \lg C_{H^+}}, В$	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_E$	$\frac{d\eta_H}{d \lg i_k}, В$	$-\frac{d\eta_H}{d \lg C_{H^+}}, В$	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_\eta$
гуанидин						
0	0,110/0,116	0,085/0,116	0,85/1,0	0,110/0,116	0,060/0,058	0,55/0,50
0,5	0,110/0,116	0,100/0,116	0,85/1,0	0,110/0,116	0,050/0,058	0,45/0,50
1,0	0,120/0,116	0,100/0,116	0,85/1,0	0,120/0,116	0,080/0,058	0,55/0,50
5,0	0,120/0,116	0,070/0,116	0,80/1,0	0,120/0,116	0,060/0,058	0,45/0,50
10,0	0,120/0,116	0,065/0,116	0,80/1,0	0,120/0,116	0,050/0,058	0,45/0,50
фенилбигуанидин						
0,5	0,115/0,029*	0,055/0,058	0,50/0,50	0,115/0,030*	0/0	0/0
1,0	0,125/0,029*	0,075/0,058	0,50/0,50	0,125/0,030*	0/0	0/0
5,0	0,125/0,140	0,090/-**	0,60/0,75	0,125/0,79	0,035/-**	0,15/0,25
10,0	0,130/0,140	0,065/-**	0,75/0,75	0,130/0,79	0,035/-**	0,25/0,25
о-фторфенилбигуанидин						
0,5	0,115/0,116	0,115/0,116	0,80/1,00	0,115/0,116	0,060/0,058	0,50/0,50
1,0	0,110/0,029*	0,065/0,058	0,50/0,50	0,110/0,029*	0/0	0/0
5,0	0,115/0,140	0,075/-**	0,75/0,75	0,115/	0,035/-**	0,25/0,25
10,0	0,120/0,140	0,060/-**	0,75/0,75	0,120/	0,025/0,25	0,25/0,25
м-нитрофенилбигуанидин						
0,5	0,100/0,140	0,070/-**	0,75/0,75	0,100/0,079	0,070/-**	0,25/0,25
1,0	0,125/0,140	0,075/-**	0,75/0,75	0,125/0,079	0,040/-**	0,25/0,25
5,0	0,100/0,116	0,100/0,116	0,75/1,00	0,100/0,0116	0,060/0,058	0,50/0,50
10,0	0,130/	0,090/	0,60/0,75	0,130/0,079	0,035/-**	0,30/0,025

** теоретические данные отсутствуют

РЕОДИНАМИКА ГОРЯЧЕГО КОМПАКТИРОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Стельмах Л.С.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
РАН, ИСМАН, Московская обл., г.Черноголовка,
улица Академика Осипьяна, д.8, ИСМАН, e-mail: stelm@ism.ac.ru*

В лекции рассмотрены реодинамические модели процессов деформирования порошковых материалов в условиях СВС-компактирования (экструзии и прессования) и проведен анализ неизотермического течения сжимаемых сред в различных зонах оборудования. Основные параметры этих моделей являются макроскопическая плотность, скорость и напряжения в материале. Задачей теоретического рассмотрения в рамках реодинамических моделей является нахождение плотности пористого материала в зависимости от приложенного давления и изучение особенностей кинетики уплотнения. При этом важно ответить на ряд практических вопросов:

- в каких качественно различных режимах происходит уплотнение порошковых сжимаемых сред;
- каково влияние тепловых факторов на напряженно-деформируемое состояние прессуемой заготовки;
- в каких случаях материал уплотняется, но не выдавливается или, наоборот, выдавливается без уплотнения.

Важным моментом при разработке реологических моделей является выбор реологических уравнений. Отметим, что порошки тугоплавких соединений – объект особый, с реологических позиций еще мало изученный. В теории спекания и горячего прессования наибольшее распространение получили представления о таких материалах, как о сильновязких жидкостях в области предплавильных температур.

Представлен обзор результатов математического моделирования деформационных и тепловых процессов СВС-компактирования. Приведены некоторые аналитические решения задачи об одностороннем сжатии и экструзии порошковых материалов, позволившие на качественном уровне установить различные режимы уплотнения и выдавливания и найти критериальные условия их реализации.

ВЛИЯНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА АНТИДЕТОНАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕНЗИНОВ, КОМПАУНДИРОВАННЫХ МОНОМЕТИЛАНИЛИНОМ

*Ткачев А.Г., Ткачев М.А., Слепов Д.С., Герасимова А.В., Блинов С.В.
Тамбовский государственный технический университет
Россия, г. Тамбов*

Бензины – смесь различных углеводородов, выкипающая в интервале температур 30 – 205 °С. Бензины готовят смешением компонентов, получаемых в основном переработкой нефти. Применяют бензины главным образом в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания с принудительным воспламенением. Сгорание бензо-воздушных смесей в двигателях – это сложная совокупность процессов, которые развиваются в условиях быстро изменяющихся температур, давлений и концентрации реагирующих веществ. Скорость распространения фронта пламени при нормальном сгорании бензинов от 15 до 60 м/с. При нарушении этого процесса появляется детонация, возможность которой определяется способностью углеводородов бензинов окисляться в паровой фазе с образованием пероксидов, при повышении концентрации которых выше некоторого критического значения происходит самовоспламенение. При этом появляется детонационная волна (скорость волны достигает 2000 – 2500 м/с). Изменяется детонационная стойкость бензинов, т.е. способность нормально сгорать при различных условиях, что характеризуется октановым числом.

Химические соединения, добавляемые к моторным бензинам в незначительных количествах и повышающие их детонационную стойкость (октановое число) – называют антидетонаторами моторных топлив. При этом физико-химические свойства топлив при добавлении антидетонаторов практически не изменяются.

Для улучшения детонационной стойкости базовых бензинов применяют высокооктановые компоненты – алкилат, алкилбензол и др. В настоящее время для повышения октанового числа бензинов используются известные антидетонаторы – монометиланилин (ММА), метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), их смесевая композиция беззольная высокооктановая добавка (БВД) и др. При определённых разрешённых концентрациях введения этих присадок в бензиновые фракции можно получить прирост октанового числа до 4-6 октановых единиц. Для всех антидетонаторов, чем меньше исходное октановое число исходного продукта, тем больше эффект от введения присадки.

Вместе с тем нефтеперерабатывающие компании тратят значительные ресурсы на разработку новых и повышение эффективности существующих антидетонаторов. Как оказалось одним из перспективных материалов повышающих антидетонационные свойств присадок могут быть многослойные углеродные нанотрубки. На кафедре «Техника и технология производства

нанопродуктов» разработана добавка (модификатор горения) к традиционным бензиновым присадкам на основе монометиланилина (ММА) и метилтретбутилового эфира (МТБЭ), включающая в свой состав многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) марки «Таунит» в концентрации от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ % массовых.

Было экспериментально изучено влияния концентрации МУНТ на октаноповышающее воздействие присадки для автобензинов на основе ММА, первоначально была использована максимально допустимая концентрация ММА в бензине, т.е. 1,5 % массовых технической массы (или 1,3 % массовых на 100%-й ММА).

Антидетонационная добавка приготавливалась методом ультразвуковой обработки МУНТ совместно с поверхностноактивными веществами в изопропиловом спирте. Соотношение МУНТ: ПАВ равнялось 1:4. Полученную в результате обработки суспензию, вносили в ММА, а затем уже готовую присадку добавляли к смеси содержащей 70% изооктана и 30% н-бутана, октановое число, равняется 70.

Концентрация МУНТ варьировалась в пределах от $0,1 \cdot 10^{-4}$ % до $1,8 \cdot 10^{-4}$ % массовых. Концентрация ММА оставалась постоянной – 1,5 % массовых технической массы (или 1,3 % массовых на 100%-й ММА).

Полученная топливная смесь испытывалась на детонационную стойкость на машине УИТ-65.

На рисунке 1 приводится зависимость ОЧ смеси «70» от концентрации МУНТ в присадке (концентрация ММА в присадке для всех концентраций МУНТ постоянна и равна 1,5 % массовых технической массы или 1,3 % массовых на 100%-й ММА, а ОЧ смеси «70» с 1,5 % массовых технической массы ММА принято равным, согласно экспериментальным данным – 76,0 октановых единиц).

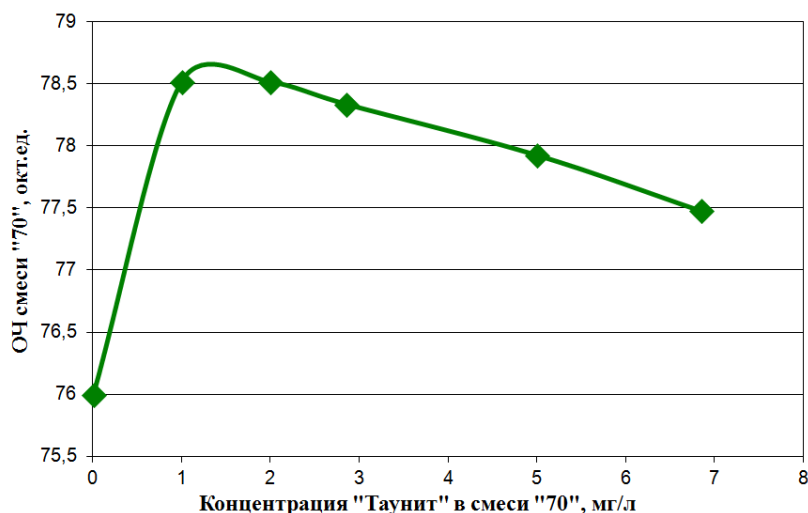


Рисунок 1. Зависимость дополнительного прироста октанового числа смеси "70" от концентрации МУНТ "Таунит" в присадке (концентрация ММА в присадке постоянна 1,5 % масс.)

Согласно полученным данным ОЧ смеси «70» с увеличением концентрации МУНТ с 0,7 мг/л ($0,1 \cdot 10^{-4}$ %) до 3,8 мг/л ($5,2 \cdot 10^{-4}$ %) возрастает, про-

ходя через максимум, который приходится на концентрацию МУНТ в системе смесь «70» - присадка 1,0-1,3 мг/л ($1,4 \cdot 10^{-4} \%$ - $1,8 \cdot 10^{-4} \%$). Прирост ОЧ в этом интервале концентрации МУНТ составляет 2,2 – 2,5 окт.ед.

Прирост ОЧ смеси «70» находится в пропорциональной зависимости от концентрации октаноповышающей добавки ММА в составе смеси «70». Эта зависимость показана на рисунке 2.

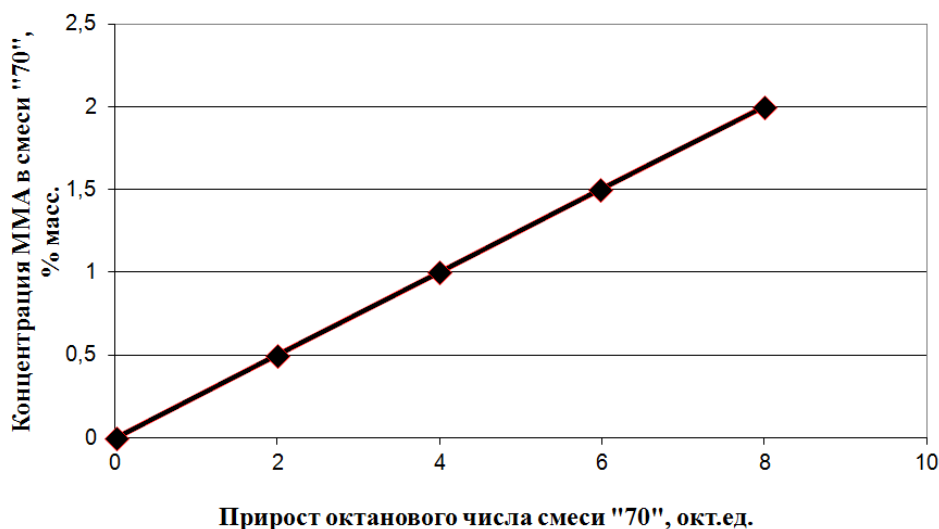


Рисунок 2. Зависимость прироста октанового числа смеси «70» от концентрации ММА в смеси «70»

ОЧ смеси «70» без введения в её состав присадки составляет 70 окт.ед. Это число взято за нулевой отсчёт. Прирост ОЧ смеси «70» от применения ММА будет выражаться разностью, т.е.:

$$\Delta \text{ОЧ} = \text{ОЧ}_{\text{экспериментальное}} - \text{ОЧ}_{\text{смеси «70» исходной (без присадки)}}$$

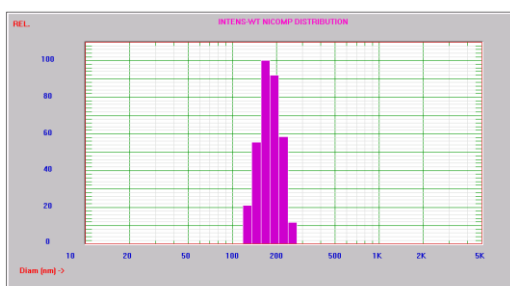
При увеличении концентрации ММА в качестве присадки к смеси «70» с 0,5 % массовых до 2,0 % массовых, прирост ОЧ составляет от 2,0 до 8,1 окт.ед. Максимальное содержание ММА в бензинах может составлять не более 1,5 % массовых технического ММА (или 1,3 % массовых на 100 % -й ММА).

Т.о, если рассматривать суммарный эффект по приросту ОЧ от применения смесевой присадки (ММА + МУНТ), то он составляет от 7,5 до 8,5 окт.ед.

Поскольку в проведенных исследованиях в жидкое горючее вносится твердая фаза МУНТ, то важным является вопрос седиментационной устойчивости полученных топливных смесей.

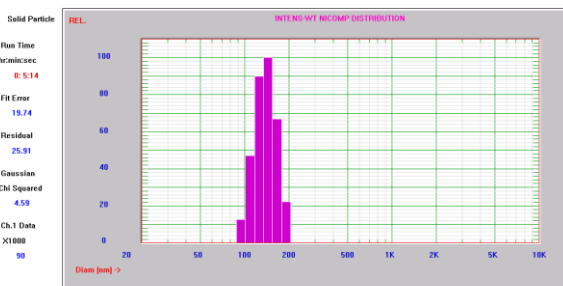
Это влияние было оценено на бензине Регуляр-92, в который вносились приготовленная вышеуказанным способом присадка. Полученная смесь помещалась в стеклянный цилиндр и выдерживалась в течение 6 месяцев. По истечении указанного срока осадок на дне цилиндра визуально не просматривался.

Пробы взятые из верхней и нижней частей цилиндра были исследованы на анализаторе дзета-потенциала и размера частиц NICOMP 380 ZLS.



#b.2
 Diameter(nm) : #1-179.2 nm
 S.Dev.(nm%) : 38.0 nm (16.7%)
 Percent : 100.0 %

а)



#b.5
 Diameter(nm) : #1-141.8 nm
 S.Dev.(nm%) : 21.4 nm (15.1%)
 Percent : 100.0 %

б)

Рисунок 3. Распределение размеров частиц МУНТ в топливной смеси (а) – низ цилиндра, б) – верх цилиндра)

Согласно полученным данным (рис. 3) в пробах взятых как в верхней, так и в нижней части детектируются частицы с размерами от 100 до 250 нм, что соответствует размерным параметрам вносимых МУНТ после УЗ-обработки.

Таким образом седиментационная устойчивость полученных систем не вызывает сомнений.

Список используемых источников

1. Данилов, А.М. Применение присадок в топливах / А.М. Данилов – М.: Мир, 2005. – 767с.

* Работа поддержана грантом РФФИ № 12-08-97560-р_центр_a

ХОЛОДНОЕ (ТВЕРДОФАЗНОЕ) ФОРМОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛИСТОВЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

Шерышев М.А.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, sheryshev@yandex.ru*

Метод вытяжки объемных изделий из листовых термопластов в стеклообразном или кристаллическом состояниях является развитием применительно к переработке полимеров широко известного в металлообрабатывающей промышленности метода холодной листовой штамповки металлических листов. По сравнению с термоформованием этот способ является относительно новым: он впервые нашел свое промышленное применение лишь в конце шестидесятых - начале семидесятых годов XX века. Одна из самых первых публикаций о переработке пластмасс в изделия в твердой фазе появилась в нашей стране только в 1973 году.

Согласно этому методу листовая заготовка при комнатной температуре или нагретая до температуры на $20 \div 40^\circ$ ниже температуры стеклования (температуры начала плавления кристаллов) закрепляется подвижно по контуру в зажимном устройстве над матрицей, а затем формируется путем приложения механического давления специальным пуансоном.

Разновидности метода холодного формования листовых термопластов можно классифицировать:

- по характеру деформаций, возникающих в материале заготовке, при ее вытяжке в объемное изделие;
- по способу прижима заготовки;
- по температурному режиму процесса;
- по применяемой для вытяжки технологической оснастке.

По характеру деформаций, возникающих в листовом термопласте при его холодном формовании, различают три способа:

- радиальную вытяжку;
- вытяжку с утонением (калиброванием) стенки;
- комбинированную вытяжку.

На практике же используются следующие разновидности этих методов:

- вытяжку с постоянным зазором между торцом матрицы и прижимным устройством;
- вытяжку с изменяющимся зазором между торцом матрицы и прижимным устройством;
- вытяжку с применением эластичного инструмента;
- гибку с применением боковых пуансонов;
- гибку с применением двух или более параллельно движущихся пуансонов;
- отбортовку наружную;
- отбортовку внутреннюю.

Вытяжку листовых термопластов в объемные изделия можно осуществлять как при комнатных температурах, так и с предварительным подогревом заготовок. Первый вариант в ряде случаев может поднять производительность и снизить энергоемкость процесса. Второй вариант увеличить глубину вытяжки и повысить качество изделий.

В случае радиальной вытяжки предполагается, что зазор между матрицей и пуансоном позволяет листовому материалу перемещаться в вертикальном направлении, не испытывая бокового давления между матрицей и пуансоном ($\Delta/\delta > 1$, где Δ – зазор между матрицей и пуансоном, а δ – толщина листового материала).

Превращение плоской заготовки в изделие происходит путем протягивания ее через матрицу с уменьшением поперечных размеров формуемой заготовки, но без принудительного ее утонения. Очаг пластической деформации охватывает фланцевую часть заготовки. Схема напряженного состояния в очаге деформации близка к плоской разноименной с меридиональными растягивающими напряжениями.

В случае вытяжки с утонением стенки используется не плоская заготовка, а полуфабрикат изделия, полученный после радиальной вытяжки. Дальнейшая более глубокая вытяжка этого полуфабриката производится за счет утонения его боковых стенок. Очаг деформации в этом случае охватывает часть термопласта, находящуюся в зазоре между пуансоном и матрицей. Схема напряженного состояния в очаге деформации – объемная разноименная с меридиональными растягивающими напряжениями.

Здесь надо заметить, что на практике глубокую вытяжку этим методом за один переход получить не удастся, а осуществить несколько переходов не представляется возможным. В холодном формовании глубину вытяжки принято определять с помощью так называемого «коэффициента вытяжки». Он определяется как отношение начального диаметра заготовки к диаметру вытягиваемого изделия. Теоретически доказано, что с помощью радиальной вытяжки невозможно получить изделия глубже, чем с коэффициентом вытяжки равным 2,72. Большая глубина может быть получена только за счет второго или последующих переходов.

В производственных условиях при проведении процесса с нагревом заготовок коэффициент вытяжки обычно бывает не больше 2, а при осуществлении процесса без предварительного подогрева – обычно не превышает 1,4 – 1,6. Однако повышение температуры вытягиваемой заготовки не всегда гарантирует увеличение коэффициента вытяжки. При приближении температуры нагрева к температуре перехода термопласта из твердого состояния в высокоэластическое склонность материала к глубокой вытяжке сразу ухудшается. Это происходит из-за того, что при подобных температурах в боковой стенке формуемого изделия в момент вытяжки происходит резкое утонение (образование шейки). Это явление приводит к разрыву термопласта и не дает возможность получить изделие с высоким коэффициентом вытяжки.

Даже при незначительном нагреве на втором или последующих переходах полая цилиндрическая заготовка вследствие появления деформации упругого обратного последействия приобретает коническую форму, что влечет за собой при вытяжке образование складок в ее верхней части, находящейся выше очага пластической деформации, что ведет к разрыву стенок заготовки.

Таким образом, вытяжка листовых термопластов возможна лишь за один переход. Поэтому процесс формования изделий, глубина которых требует нескольких переходов при вытяжке с утонением стенки, ведут обычно способом комбинированной вытяжки.

Комбинированная вытяжка совмещает в себе вытяжку с утонением стенки и радиальную вытяжку. Формование заготовки осуществляется за счет сосредоточения пластической деформации, как во фланцевой части заготовки, так и в части заготовки, находящейся в зазоре между пуансоном и матрицей, обеспечиваемой соотношением $\Delta/\delta \leq 1$.

Радиальная и комбинированная вытяжки осуществляются преимущественно при наличии прижима, который обеспечивает устойчивость деформирования заготовки в полости матрицы и как бы разглаживает образующиеся в ее фланцевой части складки. Поэтому часто прижимные устройства, используемые в холодной вытяжке из листов полимеров, называют складкодержателями;

- с помощью неподвижного в момент вытяжки заготовки прижимного устройства;

- с помощью подвижного в момент вытяжки заготовки прижимного устройства.

С целью интенсификации процессов вытяжки за счет создания наиболее благоприятной схемы напряженно-деформационного состояния в очаге пластической деформации иногда используются такие способы вытяжки как:

- вытяжка жестким пуансоном в эластичной или жидкостной матрице;
- вытяжка эластичным или жидкостным пуансоном в жесткой матрице;
- пульсирующая вытяжка.

Прижим заготовки может быть обеспечен тремя способами:

- при наличии постоянного зазора между торцом матрицы и прижимным

Однако пока эти методы широко не вышли за рамки лабораторных исследований.

Методом холодного формования могут быть переработаны и листы термопласта, плакированные ткаными или неткаными материалами. Наилучшие результаты получаются при переработке листов, плакированных либо неткаными материалами, либо тканями трикотажного плетения. При использовании плакированных листов возникает дополнительная технологическая трудность: подогрев фланцевой части заготовки осуществляется либо лишь с одной стороны (свободной от дублирующего слоя), либо с двух сторон, но тогда процесс нагрева должен быть не симметричен.

ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Истомин М.А., Дедов Д.Л., Швадченко О.В.,
Хрусталева Р.В., Балакова В.М.*

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

В последнее время в экономике России набирают обороты инновационные процессы. Для того чтобы инициировать и правильно организовать данные процессы на отдельном инновационном предприятии целесообразно понять логику изменения подходов к организации инновационных процессов за последние десятилетия.

Понятие «организация инноваций» в широком смысле характеризует способы упорядочения и регулирования действий отдельных личностей и автономных групп сотрудников, ориентированных на достижение целей по созданию и реализации в различных сферах деятельности людей инноваций.

Наиболее широкой сферой создания инноваций является сфера науки, поскольку основные задачи и направления ее функционирования — разработка и реализация инноваций в цикле «исследование—производство». При этом в научных инновационных процессах уже на ранних стадиях должна быть достаточно полно осознана идея нового продукта или технологии, выявлены возможности и условия их осуществления. Главным ресурсом, вовлекаемым в этот процесс, является человеческий ресурс, и успех инноваций зависит от научно-технической компетенции, творческой активности и мотиваций персонала [1].

Повышение экономической роли нового знания непосредственно отразилось на схемах организации и управления НИОКР в крупных промышленных компаниях индустриально развитых стран. Вслед за восстановлением разрушенного хозяйства в первый послевоенный период (Вторая мировая война) началось технологическое обновление старых и создание новых наукоемких секторов промышленности. Появились и стали быстро распространяться новые продуктовые линии (телевизоры, магнитофоны, автомобили и т.п.). Спрос существенно превосходил имевшиеся производственные возможности. Находила потребителей практически любая новая полезная продукция. Ее основным источником служили результаты выполнявшихся в подразделениях промышленных компаний научных исследований и разработок. Соответственно стала просматриваться прямая связь между масштабами выполняемых НИОКР и количеством осуществляемых нововведений. Этот отрезок времени охватил 1950-е — первую половину 1960-х гг.

Постепенное насыщение рынка привело к тому, что к середине 60-х гг. установилось примерное соответствие между спросом и созданными производственными мощностями. В результате усилилась конкуренция между производителями, которая стала играть заметную роль к началу 70-х гг. Это вынудило компании уделять больше внимания изучению ситуации на рынке,

т.е. проблемам маркетинга. Установленные рыночные потребности постепенно становятся основным источником идей для проведения исследований и разработок. Кроме того, инновационная стратегия крупных компаний была дополнена концепцией создания внутренних венчуров, т.е. таких функциональных подразделений, которые, оставаясь формально частью большой компании, действуют во многом как самостоятельные инновационные фирмы, ориентирующиеся на ситуацию на рынке.

Вторая половина 70-х гг. была отмечена наступлением стагнационного кризиса, который развивался на фоне высокой инфляции. Как следствие, производственные мощности оказались намного выше уровня рыночного спроса. Встал вопрос о повышении конкурентоспособности за счет снижения издержек производства и более эффективного использования финансовых ресурсов, в том числе затрачиваемых на проведение исследований и разработок [2].

В 1980-х гг. осуществляется концентрация усилий компаний на ключевых технологиях и направлениях бизнеса. Это вызвано отчасти стремлением к повышению эффективности использования расходуемых ресурсов, а отчасти — высокой скоростью происходящих технологических изменений. В связи с этим возрастает интерес к новым межотраслевым технологиям. Компании делают упор на гибкость производства, диверсификацию продуктов и повышение их качества. В схемах организации и управления НИОКР в рассматриваемый период отмечается переход от последовательных действий, корректируемых обратными связями, к межфункциональным отношениям с использованием принципов регулярной координации действий. Под влиянием усиления конкуренции, которая принимает к началу 80-х гг. явно выраженный глобальный характер, руководители многих промышленных корпораций приходят к выводу о целесообразности разделения усилий на доконкурентных стадиях научных исследований и разработок с другими заинтересованными компаниями.

В США широкое распространение в 80-х гг. получила такая форма кооперации промышленных компаний, как создание научно-исследовательских консорциумов. Основной отличительной особенностью научно-исследовательских консорциумов по сравнению с другими схожими формами кооперации является участие в них промышленных компаний, непосредственно соперничающих между собой на рынке производимой продукции. Тем самым уменьшаются расходы каждой отдельно взятой компании на получение необходимых технических и технологических знаний, обеспечивается определенное разделение инновационного риска, вырабатываются общие подходы к стандартизации новшеств, идет обмен информацией, не влияющей на продвижение конечной продукции на рынке.

Крупные компании стремятся к налаживанию более тесных связей с самостоятельными малыми и средними инновационными фирмами и по мере возможности используют результаты деятельности последних [2].

Характерной особенностью развития мировой экономики в последней трети XX в. стало углубление процесса глобализации. Одной из основных движущих сил глобализации являются несколько десятков тысяч транснациональных корпораций, которые имеют в разных странах сотни тысяч своих филиалов [2].

В России процесс формирования организации инновационных процессов шел по другому принципу.

На этапе национализации и становления социалистической экономики (1917-1928 гг.) начался процесс формирования научных учреждений и конструкторских организаций по отраслям промышленности. Связь науки с производством осуществлялась посредством созданных центральных заводских лабораторий, бюро рационализации и изобретательства, развития научно-производственных отношений в виде системы производственных объединений, трестов и технологических комбинатов, предприятий, включающих инновационные подразделения, а также в рамках постоянных или временных проблемных комиссий (например, Государственная комиссия по электрификации России — ГОЭЛРО) [3].

Резкое сворачивание товарно-денежных отношений, проведение индустриализации и переход к административным методам управления экономикой (на этапе 1928-1965 гг.) привели к тому, что в отраслевых органах управления наркоматов были созданы главные управления, которым было передано большинство НИИ. В ведение Совета народных комиссаров в 1933 г. была переведена и Академия наук.

Для решения сложных задач военного времени была использована такая эффективная организационная форма, как смешанные комиссии, объединявшие ученых, конструкторов и производителей, работающих в разных учреждениях оборонного значения. В 1947 г. для совершенствования организации и управления инновационной деятельностью был создан Госкомитет по внедрению техники в народное хозяйство (Гостехника СССР), а также приняты важные решения по стимулированию инновационной деятельности труда ученых, которые существенно повысили престиж ученых и работников вузов.

Политика территориальной организации инновационных процессов (через систему совнархозов) и последующая передача большого числа НИИ, в том числе из Академии наук, Госплану СССР и отраслевым министерствам лишь осложнили создание и реализацию научно-технических инноваций в народном хозяйстве, хотя положительным результатом инновационной деятельности совнархозов явилась активизация ученых региональных вузов в решении территориальных проблем социально-экономического и научно-технического прогресса путем создания в вузах лабораторий и научных центров совнархозов [3].

Начало следующему этапу развития организационных форм научной инновационной деятельности (1965-1985 гг.) было положено хозяйственной реформой 1965 г. Упразднение системы совнархозов, экономических территориальных районов, возврат к отраслевому управлению способствовали

концентрации и укреплению отраслевой науки и ее связи с производством. Появились такие организационные формы, как научно-производственные комплексы (НПК), производственные и научно-производственные объединения (ПО и НПО), имеющие в своих структурах наряду с промышленными предприятиями, НИИ, КБ проектные институты и подразделения, обеспечивающие внедрение новой техники, научно-технические и инженерные центры. Практика ряда лет подтвердила высокую эффективность этих новых форм создания инноваций в научно-технической сфере.

Ускорилось широкое внедрение технических, организационно-экономических и социальных инноваций в различных отраслях народного хозяйства. Однако, несмотря на некоторые положительные результаты, достигнутые при создании в стране объединений, новые организационные формы в условиях бюрократической командно-административной системы и жесткой централизации управления инновационными процессами в науке и производстве не дали существенных сдвигов в ускорении темпов развития НТП и улучшении инновационного механизма [3].

К принципиально новым формам интеграции науки и производства (ко второй группе) можно отнести: научно-технологические парки, малые инновационные предприятия, венчурные организации, финансово-промышленные группы (ФПГ). Многие из этих организационных форм находятся в стадии становления, развития и экономического эксперимента [4].

К началу перестройки в сфере инновационной деятельности, в том числе в области НТП, как и во всей социально-экономической системе страны, наблюдалась стагнация. По роли в научно-технической сфере было принято разделять научные организации на отраслевые, подотраслевые центры, головные и пр. Появились новые организационные формы реализации научно-технических достижений: временные коллективы, созданные на базе отраслевых НИИ и вузов для решения перспективных «прорывных» научно-технических проблем межотраслевого характера; специализированные хозяйственные внедренческие организации как межотраслевой, так и отраслевой направленности. Начала распространяться новая организационная форма — межотраслевые научно-технические комплексы (МНТК), которые формировались на базе ряда ведущих научных учреждений и ИП по приоритетным направлениям науки и техники.

С 1985 г. наступает этап развития организационных форм инновационной деятельности, совпавший с началом перестройки и далее развитием экономической реформы и переходом к рынку. Появились арендные подразделения, выполняющие НИОКР, в составе объединений и предприятий, в том числе имеющие права юридических лиц (научно-технические кооперативы, малые государственные предприятия и др. [3].

Ряд ведущих, головных по своим проблемам комплексных инновационных предприятий в последние годы преобразовались в государственные научные центры, финансирование которых осуществляется главным образом государством из бюджетных источников. Широко распространены фор-

мами объединения ИП для решения сложных проблем выживания и развития в рыночных условиях становятся: научные союзы и фонды, в том числе инвестиционные; ассоциации и консорциумы; технологические парки (научные, инновационные, экологические, конверсионные, технологические деревни и бизнес-парки). В крупных регионах науки и прогрессивных технологий появляются технополисы и наукограды.

Под технополисом понимается сосредоточенный в рамках одного региона комплекс научных учреждений фундаментального и прикладного характера, вузов, конструкторских и внедренческих организаций, а также промышленных предприятий, ориентированных на освоение новшеств. В рамках технополисов осуществляется полный инновационный цикл, включая подготовку кадров. Соседство научных и учебных учреждений разной отраслевой направленности обеспечивает междисциплинарные (т. е. на стыке наук) исследования, разработки и интенсивный обмен идеями. Неотъемлемыми элементами технополисов должны быть венчурные (рисковые) фирмы и акционерные коммерческие банки [3].

Еще одной организационной формой реализации инноваций, непосредственно связанной с малым исследовательским бизнесом, являются инвестиционные фонды. Эти фонды отличаются от появившихся у нас инновационных банков тем, что чаще всего их деятельность носит не коммерческий, а филантропический характер, имеющий своей целью финансовую поддержку как мелких фирм-инноваторов, так и отдельных изобретателей-одиночек [3].

Список используемых источников

1. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: Учебник / Л.С.Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. - 518 с.
2. Инновационный менеджмент: Концепции, многоуровневые стратегии и механизмы инновационного развития: Учеб. пособие / Под ред. В.М. Аньшина, А.А. Дагаева. — 3-е изд., перераб., доп. — М.: Дело, 2007. — 584 с.
3. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: Учебник / Л.С.Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. - 518 с.
4. А. М. Мухамедьяров Инновационный менеджмент: Учеб. пособие. — 2-е изд.: ИНФРА-М; Москва; 2008

ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ ПОЛИМЕРОВ*

Адашкевич А.И.

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы,
Республика Беларусь, г. Гродно, adashkevich-ai@mail.ru*

Производство полимерных материалов во всем мире постоянно растет, что является следствием техногенного развития общества и что приводит к непрерывному накоплению полимерных отходов [1]. Одним из направлений рециклинга полимерных отходов может являться использование их в получении полимерцементных материалов.

В отличие от обычных строительных материалов, полученных на основе только минерального вяжущего, в полимерцементных материалах сочетается двойное действие вяжущих, что позволяет получать материалы с улучшенными свойствами: они имеют меньшую массу, обладают большей прочностью, повышенной износостойкостью, морозостойкостью [2].

Целью работы является получение полимерцементного материала с прогнозируемыми свойствами (повышенными прочностными характеристиками, морозостойкостью, трещино-, износостойкостью).

Методика исследований

В состав полученного полимерцементного материала входили следующие компоненты: в качестве минерального вяжущего применялся портландцемент 500-Д20 (ГОСТ 10178-85), с нормальной плотностью цементного теста 25%, в качестве полимерной составляющей – водная дисперсия полимера.

В воду затворения вводили водную дисперсию полимера (латексную дисперсию) в количестве 1,0% и 2,5% от массы цемента. Полимерцементный материал получили смешиванием цемента с полученным раствором латексной дисперсии. Готовую модифицированную смесь укладывали в формы в виде балочек размером 40x40x160 мм и кубов размером 70x70x70 мм и уплотняли на виброплощадке в течение ≈1 мин. Далее 1 партию образцов поместили в пропарочную камеру на 12 часов с температурой 80-85⁰С (образцы N1), 2 партию оставили для набора прочности в естественных условиях (образцы N2). Спустя 28 суток были проведены физико-механические исследования полученных образцов. Для определения прочностных показателей использовался пресс ВМ-3,4Д; при испытаниях нагрузку постепенно увеличивали до разрушения образцов.

Результаты исследований

Анализ графических зависимостей на рисунках 1, 2 показал, что с добавлением латексной дисперсии и увеличением ее количества прочность образцов на сжатие уменьшается.

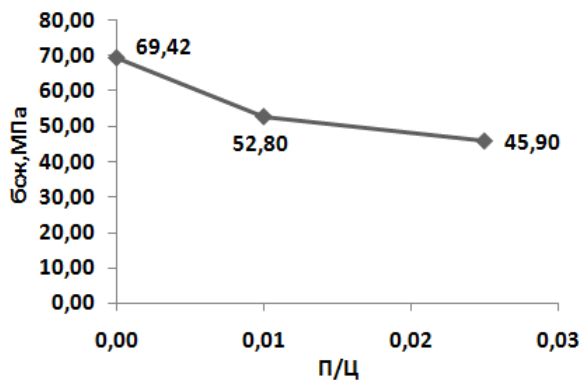


Рисунок 1. Зависимость предела прочности при сжатии полимерцементных образцов от содержания латексной дисперсии (образцы N1)

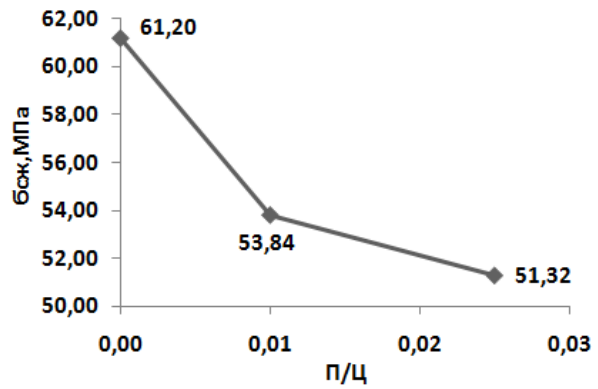


Рисунок 2. Зависимость предела прочности при сжатии полимерцементных образцов от содержания латексной дисперсии (образцы N2)

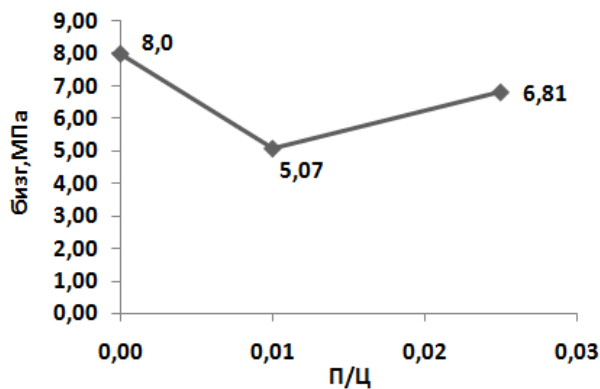


Рисунок 3. Зависимость предела прочности при изгибе полимерцементных образцов от содержания латексной дисперсии (образцы N1)

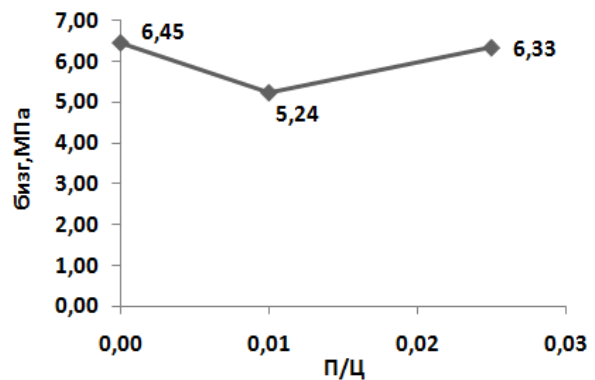


Рисунок 4. Зависимость предела прочности при изгибе полимерцементных образцов от содержания латексной дисперсии (образцы N2)

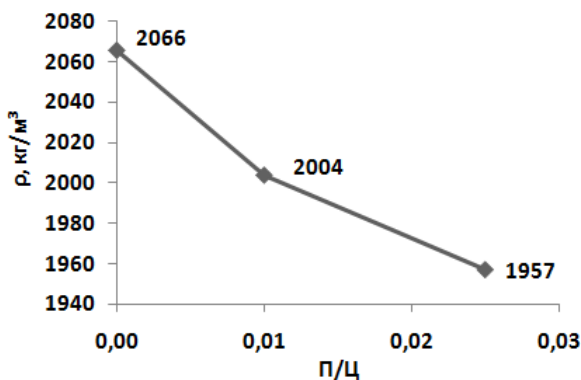


Рисунок 5. Зависимость средней плотности полимерцементных образцов от содержания в них латексной дисперсии (образцы N1)

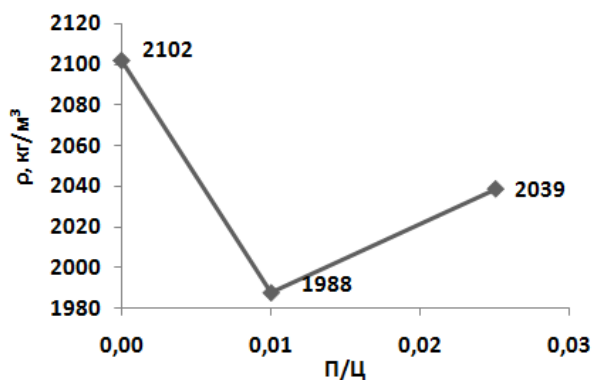


Рисунок 6. Зависимость средней плотности полимерцементных образцов от содержания в них латексной дисперсии (образцы N2)

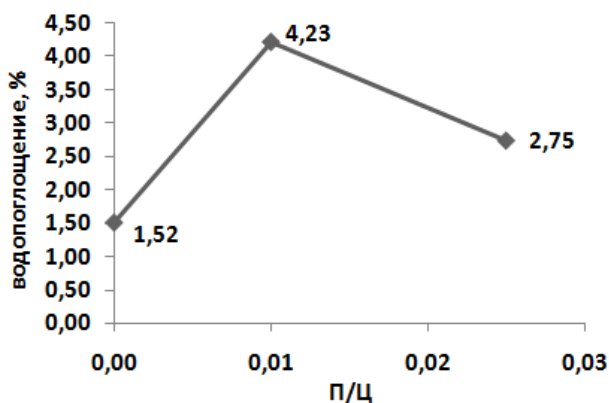


Рисунок 7. Зависимость водопоглощения полимерцементных образцов от содержания в них латексной дисперсии (образцы N1)

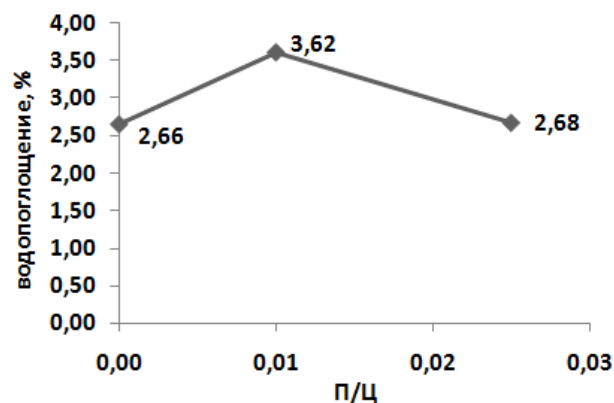


Рисунок 8. Зависимость водопоглощения полимерцементных образцов от содержания в них латексной дисперсии (образцы N2)

При увеличении количества вводимой водной дисперсии полимера подвижность смеси уменьшалась, что отчетливо наблюдалось при П/Ц= 0,025. Данный эффект произошел из-за действия одновременно нескольких коагулирующих факторов: появление в водной среде ионов Ca^{+2} при растворении и гидролизе клинкерных минералов, механические воздействия при перемешивании смесей и десорбция стабилизирующих ПАВ в результате введения новой дисперсной фазы (цемента) и разведения дисперсии водой затворения, в результате чего в смеси образовались крупные сгустки полимерного коагулюма, подвижность смеси резко упала и она сделалась неудобоукладываемой, что уже было отмечено выше. Присутствие в дисперсии стабилизирующих веществ вызвало сильное воздухововлечение в полимерцементной смеси при перемешивании, что уменьшило среднюю плотность образцов (рисунки 5, 6), а также за счет поризации цементного камня снизило его прочность (рисунки 1 - 4) и повлияло на водопоглощение (рисунки 7, 8).

В силу получения неоднозначных результатов на графических зависимостях, представленных на рисунках 3, 4, 7, 8, планируется проведение дополнительных лабораторных опытов с целью определения изменения прочности на изгиб и водопоглощение при дальнейшем увеличении полимерцементного отношения; при этом для увеличения подвижности смеси возможно применение пластификаторов.

Список используемых источников

1. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
2. Попов К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики: Учеб. пособие для СПТУ. – М.: Высш. Шк., 2005. – 75 с.

**Работа выполнена под руководством Мусафировой Г.Я., к.т.н., доцента, зав. кафедрой строительного материаловедения инженерно-строительного факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь, musafirova_gy@grsu.by*

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

*Ахахина Ю.А., Тугушев Р.И., Борисова Н.В., Моругова О.А., Устинова Т.П.
Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета
имени Гагарина Ю.А.
xt@techn.sstu.ru*

Использование современных геотехнических материалов и разработка на их основе прогрессивных технических решений стали возможными в последнее десятилетие, что позволило существенно повысить эффективность дорожного строительства, долговечность дорожных конструкций без увеличения их материалоемкости, трудо- и энерго затрат.

В настоящее время основным направлением расширения ассортимента полимерных геоматериалов, в том числе на основе полиэтилена, является разработка методов их модифицирования на различных стадиях получения и переработки.

Предлагаемая в работе модификация полиэтилена отходами производства углеродных волокон направлена на решение как минимум двух задач:

- решение проблем утилизации текстильных технологических отходов, полученных на стадии окисления полиакрилонитрильного волокна;
- создания материалов с высокими физико-механическими свойствами.

Целью работы являлось исследование влияния содержания разноокисленных отходов углеродного производства на свойства модифицированных полиэтиленовых геотехнических решеток.

В качестве объектов исследования были выбраны экструзионный полиэтилен низкого давления и рубленые отходы углеродных волокон длиной 5-7 мм (разноокисленный полиакрилонитрильный жгут плотностью $1,36 \text{ г/см}^3$) производства ООО «Аргон», вводимые в количестве 0,1- 1,0% от массы полиэтилена. Композиции были получены на лабораторной экструзионной установке путем последовательной подачи ПЭ и отходов углеродного волокна.

Исследование свойств полиэтиленовых композиционных геотехнических решёток производилось согласно нормативным документам [1].

Результаты исследования влияния содержания отходов углеродных волокон на свойства полученных композитов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка качества геотехнических решеток на основе полиэтилена и отходов углеродных волокон

№ п/п	Наименование показателя	Ед.изм	Норма по ОДМ [3]	Содержание отходов углеродного волокна			
				-	0,1%	0,5%	1%
1	Внешний вид	-	Лицевая поверхность геотехнической решётки может быть гладкой, рифлёной, гофрированной. Не допускаются разрывы, сколы, складки, трещины, пузыри	Полосы имеют ровные поверхности. Разрывы, сколы, складки, трещины, пузыри отсутствуют.			
2	Толщина	мм	Не менее 1,0	1,01	1,052	1,075	1,092
3	Разрывная нагрузка	Н	Не менее 300	375	464	622	787
4	Прочность ленты	Н/мм ² (МПа)	Не менее 15	17	22	23	28
5	Относительное удлинение при разрыве	%	Не менее 50	180	80,9	77,7	63,5
6	Продавливание	Н	Не менее 150	163	212	262	298
7	Водопоглощение за сутки	%	Не более 0,02	0,01	0,014	0,014	0,017

Анализ проведенных исследований по оценке качества геотехнической решетки показал, что внешний вид и толщина всех образцов соответствует требованиям ОДМ [2].

Геотехническая решетка используется для усиления оснований и устройства грунтовых сооружений, выполняя армирующую функцию, кроме того, в процессе эксплуатации она будет подвергаться физическим и механическим воздействиям, поэтому наиболее важными являются именно деформационно-прочностные характеристики композитов. Установлено, что полученные значения разрывной нагрузки образцов исходного полиэтилена низкого давления соответствуют норме. Введение в полиэтилен отходов углеродных волокон приводит к повышению значений разрывной нагрузки, при содержании отходов в полимерной матрице 1,0 % этот показатель возрастает в 2 раза.

Изучение относительного удлинения всех образцов показало, что с увеличением содержания отходов относительное удлинение снижается, но композиты показывают значения не ниже установленных в нормативном документе.

Кроме того, испытываемые образцы отличаются высокой стойкостью к водопоглощению.

Таким образом, показана возможность применения отходов производства углеродных волокон для модификации полиэтиленовых геотехнических решеток. Отмечено, что даже при небольших степенях наполнения удаётся существенно повысить прочностные характеристики полиэтилена.

Список используемых источников

1. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. - Изд. офиц. - Отрасл. дор. метод, док. / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М., 2010. –С. 152 .

2. ОДМ 218.5.006-2010. «Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли. - Изд. офиц. - Отрасл. дор. метод, док. / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М.,-2010 –С. 86

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПА-6, ПРОШЕДШИХ ТФЭ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОГО СВЧ-НАГРЕВА*

Завражин Д.О., Баронин Г.С., Худяков В.В.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»
Научно-образовательный центр «Твердофазные технологии»*

В настоящее время технология переработки термопластов в твердой фазе методами пластического деформирования представляет собой технологический процесс, для успешной реализации которого на практике необходимы исследования основных закономерностей процесса и разработка материалов для твердофазной штамповки, обладающих рядом специальных характеристик.

В работе проведено исследование пластической деформации полимер-углеродных материалов с использованием кратковременной СВЧ-обработки на примере плунжерной экструзии [2-4]. Было изучено влияние времени СВЧ-нагрева полимерных и модифицированных полимер-углеродных материалов на режимы экструзии и формирование физико-механических и теплофизических свойств экструдатов.

Параметрами твердофазной экструзии являются экструзионное отношение $\lambda_{\text{экс}}$, температура материала, необходимое давление выдавливания $P_{\text{ф}}$, угол входного конуса в капилляр, длина капилляра и наличие модифицирующих добавок [1].

В качестве объекта исследования использовали полиамид-6. В качестве модифицирующих веществ применяли углеродные наноструктурные материалы (УНМ) «Таунит» (производства ООО «Нанотехцентр», Россия, г.Тамбов) в виде сыпучего порошка с размером частиц 40-100 нм.

Опыты по твердофазной экструзии (ТФЭ) проводили на экспериментальной установке типа капиллярного вискозиметра с загрузочной камерой диаметром 0,005 м. и экструзионным отношением $\lambda_{\text{экс}}=1,52$. [1]

Частота СВЧ-излучения магнетрона 2450 МГц. Выходная мощность 700 Вт.

Ранее установлено, что оптимальная температура переработки в твердой фазе композиционных материалов для аморфно-кристаллических полимеров определяется из соотношения Бойера [1] как:

$$T_{\text{экс}} = (0,75 \pm 0,15) T_{\text{пл}} \quad (1)$$

Применение СВЧ-обработки позволяет за десятки секунд прогреть заготовку до оптимальной температуры переработки, снижая необходимое давление формования на 15 – 20%.

Наряду со снижением необходимого давления формования при использовании СВЧ-нагрева отмечено снижение модуля упругости материалов при ТФЭ в 2-3 раза, что свидетельствует о значительном изменении структуры материала при СВЧ-нагреве.

Необходимо отметить, что при переработке полимерных материалов в режиме ТФЭ следует учитывать структурные особенности полимерной матрицы: переработка полимеров с жесткой структурой при температуре окружающей среды может привести к разрушению полимерной матрицы.

Сравнительные механические характеристики исходного ПА-6 и композитов на его основе представлены в таблице 1. Хорошо прослеживается влияние на прочностные характеристики как введение УНМ, так и комплексного воздействия модификатора, твердофазной технологии и СВЧ-излучения. Как правило, полученные полимер-углеродные нанокомпозиты имеют более высокий модуль упругости при растяжении в сравнении с исходным ПА-6.

Таблица 1.

Сравнительные механические характеристики образцов системы ПА-6 + УНМ, экструдированных при $\lambda_{\text{экс}}=1,52$.

	Предел прочности при разрыве, σ_p , МПа	Относительное удлинение при разрыве, ε_p , %
ПА-6 исх, ЖФ	62	72
ПА-6+1 масс.част.УНМ, ЖФ	67	69
ПА-6 исх, ТФЭ, 0 сек. СВЧ	75	53
ПА-6 исх, ТФЭ, 100 сек. СВЧ	78	59
ПА-6+1 масс.част.УНМ, ТФЭ, 0 сек.СВЧ	81	54
ПА-6+1 масс.част.УНМ, ТФЭ, 100сек.СВЧ	86	62

При оценке прочности на срез после обработки по заданной методике показано повышение прочностных характеристик материала до 100 % в направлении, перпендикулярном ориентации в режиме ТФЭ (рис. 1). Оценка твердости по Шору Д исходных и модифицированных материалов показала увеличение твердости материалов на 10-15% (рис.2).

Проведенные исследования показывают целесообразность применения СВЧ-нагрева для процессов пластического деформирования полимерных материалов. Однако, в ряде случаев необходимо повысить коэффициент поглощения СВЧ-излучения полимерной матрицей. Модифицирование полимеров углеродными материалами (в т.ч. нанокремнеземом) позволяет решить поставленную задачу.

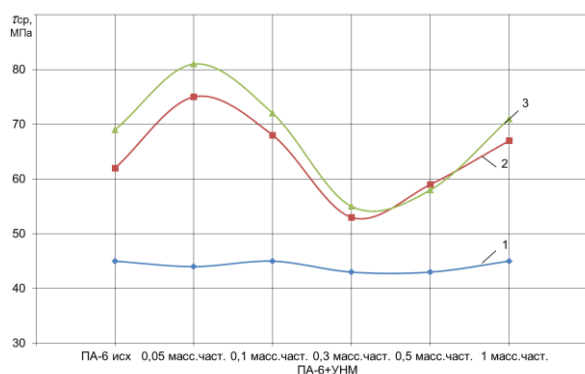


Рисунок 1. Диаграмма изменения прочностных характеристик в условиях срезающих напряжений $\tau_{ср}$ образцов системы ПА-6 + УНМ, полученных литьем под давлением (1) и экструдированных при $\lambda_{экс}=1,52$ без СВЧ (2) и при СВЧ-нагреве в течение 100 сек. (3) в зависимости от содержания УНМ.

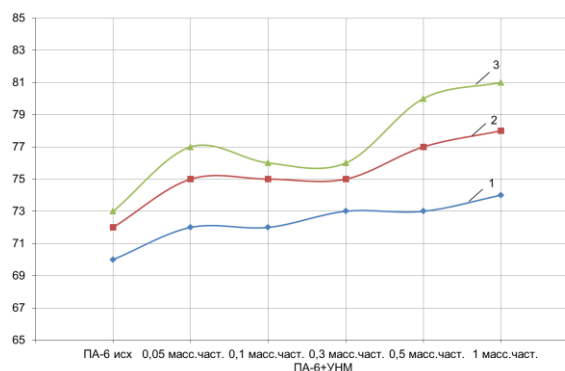


Рисунок 2. Диаграмма зависимости твердости по Шору Д образцов системы ПА-6 + УНМ, полученных литьем под давлением (1) и экструдированных при $\lambda_{экс}=1,52$ без СВЧ (2) и при СВЧ-нагреве в течение 100 сек. (3) в зависимости от содержания УНМ.

Список используемых источников

1. Баронин, Г.С. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико-химические основы: Монография / Г.С. Баронин и др. - М.: М-1, 2002. - 320 с.
2. Баронин, Г.С. Влияние СВЧ-излучения на формирование структурно-механических свойств модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной экструзии / Г.С.Баронин, Д.О. Завражин и др. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. 2011. Т. 23. № 11. С. 123-128.
3. Завражин, Д.О. Влияние СВЧ-излучения на формирование структуры с улучшенными физико-механическими характеристиками модифицированных полимер-углеродных материалов при твердофазной обработке давлением / Д.О.Завражин, А.Г.Попов // Перспективные материалы. 2011. № 11. С. 389-395.
4. Пат. 2361733 РФ, В 29 С 39/00 Способ формования термопластов / Баронин Г.С., Завражин Д.О., Дмитриев В.М., Ткачев А.Г., Иванов С.А. и др. ГОУ ВПО ТГТУ. - №2007128686/12, заявл. 25.07.2007; опубл. 20.07.2009, Бюл. №20.

**Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Государственное соглашение №14.В37.21.0947).*

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ТВЕРДОФАЗНОМ СОСТОЯНИИ ПОРОШКОВОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭП741НП

Ганеев А.А., Валитов В.А.

*Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа
oldinaid@mail.ru, valitov_va@imsp.ru*

Порошковый жаропрочный никелевый сплав ЭП741НП около 30 лет используется для производства дисков и валов газотурбинных двигателей, работающих при температуре 400...750 °С. Порошковые жаропрочные сплавы являются труднодеформируемыми. Размер зерен, образованных при спекании порошинок, не позволяет деформировать материал в режиме сверхпластичности. Как известно [1], для реализации эффекта сверхпластичности в жаропрочных никелевых сплавах необходимо формирование в них ультрамелкозернистой структуры типа микродулекс. Такая микроструктура благоприятна для получения твердофазных соединений в сплавах на основе никеля и титана [1]. Для получения в никелевых сплавах микродулексной структуры применяют деформационно-термическую обработку (ДТО), при которой исходная крупнозернистая структура преобразуется в ультрамелкозернистую [2].

В качестве материала для исследований был использован сплав ЭП741НП, полученный методом порошковой металлургии. Осадка образцов проводилась в изотермических условиях в $\gamma+\gamma'$ – области при температуре 700...1125 °С с начальной скоростью деформации 10^{-3} с^{-1} на степень деформации $\epsilon \approx 70\%$ на испытательной машине *Shenck Trebel* типа *RMS100*. Последеформационный отжиг проводился при температуре 1100 °С в течение 8 часов с дальнейшим охлаждением на воздухе.

В исходном состоянии сплав ЭП741НП имел преимущественно крупнозернистую структуру, образовавшуюся благодаря спеканию порошинок. Наибольшее количество зерен имели размеры от 30 до 80 мкм. В теле зерен равномерно распределена когерентная γ' – фаза. Наблюдаются также выделения γ' – фазы по границам зерен. Для снижения сопротивления деформации и увеличения пластичности был проведен гетерогенизирующий отжиг (ГО). ГО привел к укрупнению (с 0,4 до 0,5 мкм) и увеличению расстояния между выделениями γ' – фазы (с 0,1 до 0,25 мкм) а также к преобразованию когерентной межфазной γ/γ' границы в полукогерентную, о чем свидетельствуют появившиеся на межфазной границе дислокации несоответствия вместо контраста типа Муара (рис. 1, а, б).

Проведение предварительного ГО привело к снижению уровня напряжения течения на 5...10% (рис. 2). Увеличение температуры деформации с 1000°С до 1050° С приводит к уменьшению напряжения течения – в 1,5 раза., с 1050°С до 1100°С – в 1,6 раз, с 1100°С до 1125°С уменьшает напряжения течения – в 1,5 раза. Итак, в процессе деформации при 1100°С падение на-

пряжений течения происходит быстрее, что связано, по-видимому, с более быстрым уменьшением доли упрочняющей γ' -фазы. Напряжение течения для сплава ЭП741НП, деформированного при температуре 1125 °С со скоростью деформации 10^{-3} с^{-1} , составило 110 МПа.

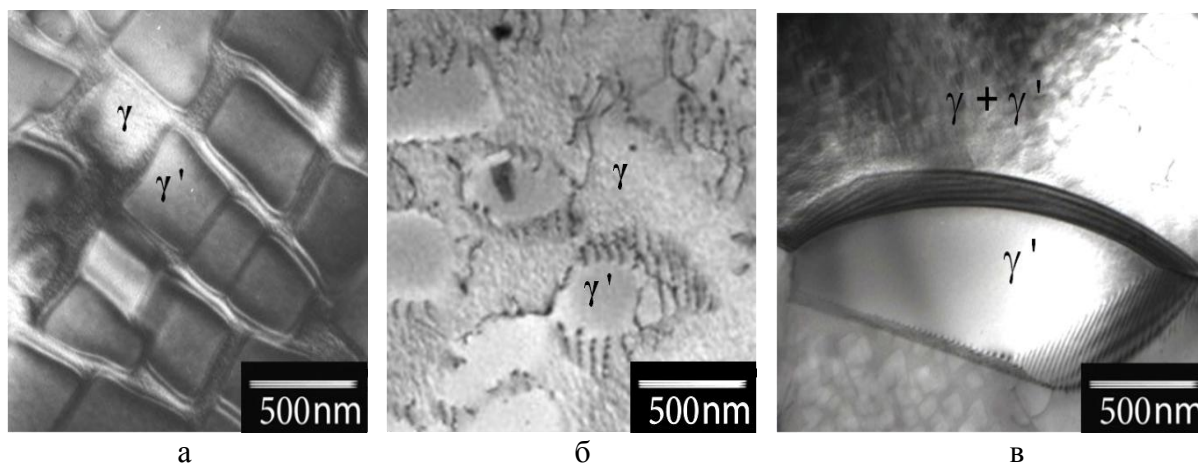


Рисунок 1. Эволюция тонкой структуры в сплаве ЭП741НП при ДТО:
 а – исходное состояние, межфазная граница γ/γ' когерентная;
 б – после ГО, граница γ/γ' полукogerентная;
 в – после деформации при 1125°С, граница между крупной частицей γ' – фазы и рекристаллизованным зерном γ – фазы некогерентная, высокоугловая; при охлаждении с температуры деформации в γ – фазе выделилась дисперсная γ' – фаза.

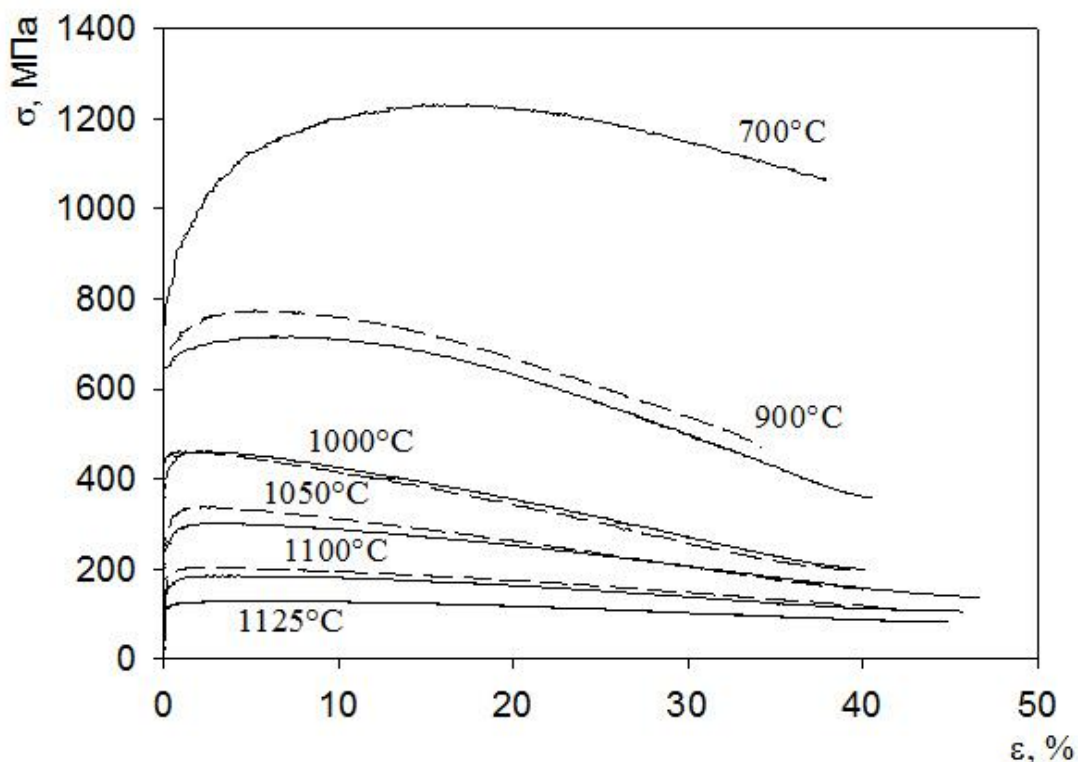


Рисунок 2. Зависимость напряжений течения от температуры и степени деформации при осадке сплава ЭП741НП. Пунктиром показаны кривые σ - ϵ для образцов, деформированных без предварительного ГО.

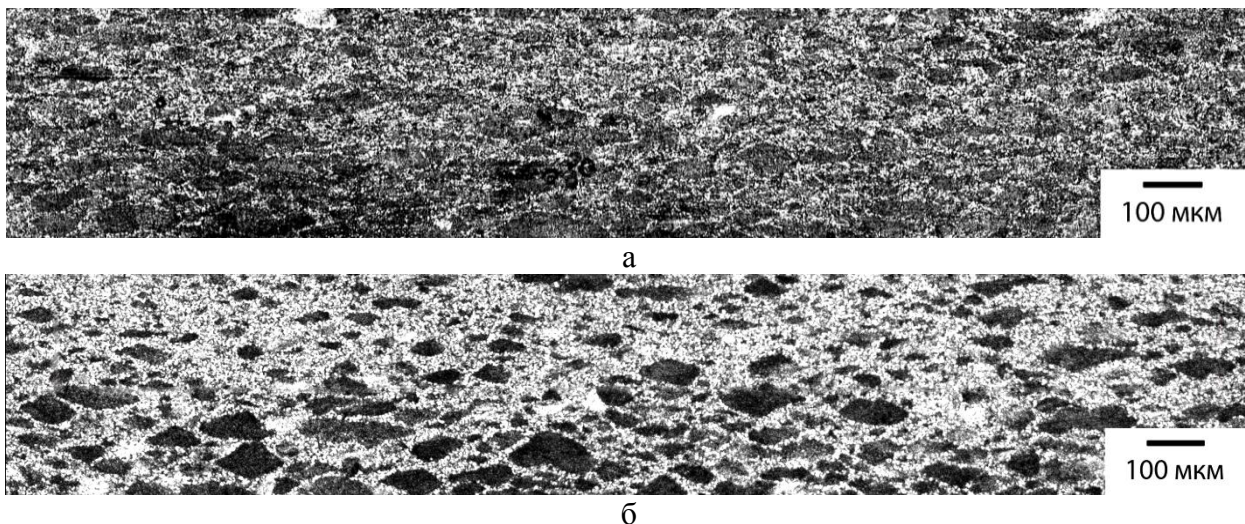


Рисунок 3. Микроструктура сплава ЭП741НП после осадки при 1125°С и после дополнительного 8 часового отжига при 1100°С

Таким образом, анализ микроструктурных изменений в твердофазном состоянии сплава ЭП741НП, выполненный в зоне интенсивного течения деформированных образцов (рис. 3) показал следующее:

1) при низких температурах менее 900°С деформация локализуется в полосах, направленных под углом 45° к оси сжатия. При температуре 1000°С полос не образуется, однако деформация локализуется по границам зерен. Дальнейшее повышение температуры приводит к развитию динамической рекристаллизации. После деформации при 1125°С формируется частично рекристаллизованная структура дуплексного типа, в которой по границам и в тройных стыках зерен γ – фазы присутствуют некогерентные частицы – зерна γ' – фазы глобулярной формы, отделенные от матрицы преимущественно высокоугловыми межфазными γ/γ' границами (рис. 1, в). Доля рекристаллизованного объема равна 55%, средний размер рекристаллизованного зерна γ – фазы составляет $1,2 \pm 0,1$ мкм. Объемная доля γ' – фазы в микродуплексной структуре составляет 25%.

2) последеформационный отжиг при 1100 °С приводит к увеличению доли рекристаллизованного объема до 70 %. При этом также наблюдается существенное (в 3 раза) увеличение среднего размера рекристаллизованного зерна по сравнению с неотожженной структурой.

Список используемых источников

1. Кайбышев О.А. Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение микроструктуры и обработка труднодеформируемых сплавов. - М.: Наука, 2002.- 438с.
2. Валитов В.А. Сверхпластичность жаропрочных никелевых сплавов с микро-, субмикро- и нанокристаллической структурой и перспективы ее использования для получения сложнопрофильных деталей // Тяжелое машиностроение.- 2007.- №4.- С.23-28.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 13-08-12200.*

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ОКСИ-ПАН ПРИ ПОЛИМЕРИЗАЦИОННОМ НАПОЛНЕНИИ ПА-6

*Ахахина Ю.А., Ворожейкина Е.С., Осьиная Е.В., Емельянова Н.И.,
Моругова О.А., Борисова Н.В., Устинова Т.П.
Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета
имени Гагарина Ю.А.
xt@techn.sstu.ru*

Композиты на основе полиамида являются одними из самых широко применяемых инженерных материалов в таких областях, как автомобильная промышленность, машиностроение, электротехника и электроника, мебельная промышленность, бытовая техника, строительство и др. Многофункциональное использование полиамидов связано как с их базовыми свойствами, так и с возможностью широкой модификации полимера.

Одним из перспективных методов модификации ПА-6 является применение различных армирующих систем при получении полимеризационнонаполненных материалов на его основе. Введение отходов окси-ПАН на стадии синтеза ПА-6 позволяет повысить эксплуатационные свойства композиционного материала. В частности, для этих целей в работе [1] была показана эффективность применения окисленного ПАН-жгутика (окси-ПАН).

Целью данной работы являлось изучение возможности использования отходов окси-ПАН при полимеризационном наполнении ПА-6.

Для сравнения в качестве армирующей системы, наряду с отходами окси-ПАН, были выбраны кондиционные окси-ПАН волокна, вводимые на стадии синтеза ПА-6 методом катионной полимеризации в количестве 10%

Основные физико-механические свойства волокнонаполненного ПА-6 приведены в табл.1.

Из полученных экспериментальных данных видно, что при введении в полимеризующую систему отходов окси-ПАН синтезируется композиционный материал, который по комплексу физико-механических свойств не уступает композиту на основе кондиционного окисленного ПАН-прекурсора. Учитывая, что при этом решаются вопросы снижения экологической напряженности производства углеродного волокна, дальнейшие исследования по использованию отходов окси-ПАН при полимеризационном наполнении ПА-6 особенно перспективны.

Таблица 1

Физико-механические свойства полимеризационно
наполненного полиамида 6 на основе отходов окси-ПАН

Содержание волокну- стого напол- нителя %	Плот- ность , кг/м ³	Прочность, МПа		Твёрдость по Бринеллю, МПа	Водо- погло- щение, %	Ударная вязкость, КДж/м ²
		при сжатии	при сдвиге			
-	1128	67	31	146	1,8	24
10% окси- ПАН отходы	1130	69	45	151	1,2	27
10% окси- ПАН кондиц.	1134	70	37	153	1,7	30,2

Таким образом, показана возможность введения отходов окси-ПАН на стадии синтеза ПА-6. Полученные композиты по основным физико-механическим свойствам соответствуют образцам, содержащим в качестве армирующего наполнителя кондиционный окси-ПАН.

Список используемых источников

1. Жильцова И.В. Исследование возможности использования окисленного ПАН жгутика при полимеризационном наполнении полиамида 6 / И.В Жильцова, Т. П. Устинова, Н.Г. Зубова, Н.Л. Левкина // Химические волокна. – 2010. – № 5. – С.27-29.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*Проценко И.Г., Брусенцов Ю.А., Филатов И.С.
Тамбовский государственный технический университет,
кафедра «Материалы и технология», Тамбов, iliaprocenko@rambler.ru*

Жаропрочные алюминиевые сплавы широко применяются для изготовления деталей двигателей внутреннего сгорания, подверженных поверхностному воздействию высоких температур.

Эксплуатационные особенности таких сплавов определяют легирующие примеси. Так жаропрочные компоненты железа, никель, значительно усиливающие прочность межатомной связи без существенного искажения кристаллической решетки, что позволяет повысить жаропрочность.

Важнейшими структурными факторами, влияющими на свойство алюминиевых сплавов, являются: количество и характер распределения атомов легирующих элементов и их взаимодействие с дефектами кристаллической решетки [1].

Повышенное количество жаропрочных компонентов приводит к образованию неравномерной «скелетной» структуры вокруг зерен твердого раствора. Экспериментально установлено [2], что подобная структура приводит к резкому росту напряжения в детали. Однако она же может быть использована для повышения жаропрочности поверхностного слоя.

Перераспределение ферромагнитных переходных металлических соединений, образуемых в алюминиевом сплаве железом и никелем, может быть осуществлено с помощью температурно-магнитного воздействия. При этом изменение твердости поверхностного слоя образца будет наблюдаться в направлении действия приложенного магнитного поля.

В качестве экспериментального материала выбран жаропрочный алюминиевый сплав АК18. Подготовленные образцы подвергались плавлению под слоем флюса и последующим охлаждением на воздухе в постоянном магнитном поле напряженностью 20 кА/м.

С целью выявления изменения структуры поверхности за счет перемещения ферромагнитных частиц сплава, были подготовлены микрошлифы. После химического травления в специальном растворе была изучена микроструктура сплава.

Ее анализ показал, что в продольном сечении образцов отчетливо выделяются зерна сплава одинакового химического состава, соответствующие алюминиевой основе, а также неравномерные выделения легирующих элементов и образованных ими химических соединений, расположенных по границам зерен сплава. По краям образца, в направлении действия магнитного поля в зернах алюминиевой основы одинакового химического состава наблюдаются более интенсивное выделение железосодержащих соединений и

их выраженная направленность, что объясняется перераспределением легирующих элементов с помощью магнитного поля при охлаждении.

После анализа микроструктуры, было проведено измерение твердости поверхности образцов, подверженных воздействию магнитного поля при высоких температурах. Результаты представлены в виде графической зависимости (рисунок 1).

Видно, что в направлении действия магнитного поля (начало и середина графика) происходит увеличение твердости поверхностных слоев образцов. Его значение несколько выше для данного сплава, что позволяет предположить наличие в данных областях повышенного содержания легирующих элементов и их устойчивых соединений. В то же время в точках, расположенных перпендикулярно направлению магнитного поля, наблюдается твердость, сопоставимая со средним значением для данного сплава.

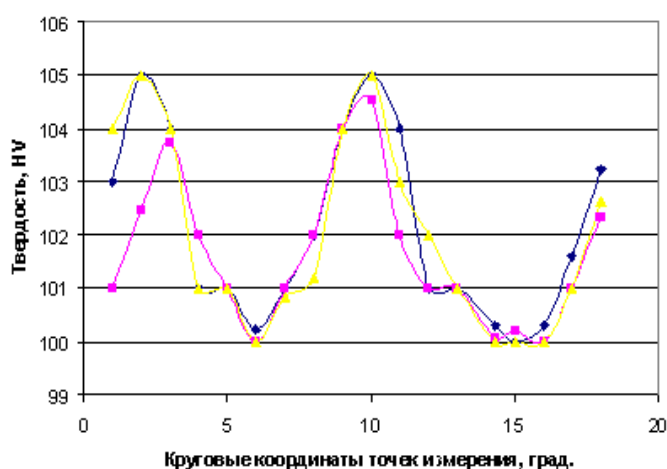


Рисунок 1. Измерение твердости образцов АК18 после температурно – магнитного воздействия

Полученные результаты экспериментов указывают на то, что при воздействии магнитного поля высокой напряженности, наблюдалось перераспределение легирующих элементов, в частности, соединений алюминия с железом, что также подтверждается анализом микроструктуры после химического травления, а также увеличением значения твердости образцов в направлении действия магнитного поля.

Таким образом, результаты могут быть использованы для изменения химического состава и поверхностных свойств деталей из алюминиевого сплава за счет температурно-магнитного воздействия.

Список используемых источников

1. Колобнев, И.Ф. Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов/ И.Ф. Колобнев.- М.: Металлургия, 1973.- 320 с.
2. Белов, Н.А Фазовый состав и структура силуминов: Справочное издание / Н.А. Белов, С.В. Савченко, А.В. Хван. - М.: Миссис, 2007. – 283 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО – МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЭВП – НАНОКОМПОЗИТОВ ОБРАБОТАННЫХ РАВНОКАНАЛЬНОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ*

*Иванов С.А., Уколов Д.С., Нурутдинов Г.Н., Таров В.П., Баронин Г.С.
Тамбовский государственный технический университет,
г. Тамбов, Россия*

Непрерывно растущие потребности в современной промышленности и технике требуют все большего количества полимерных материалов для решения самых разнообразных практических задач. Эти потребности могут быть удовлетворены модификацией свойств существующих полимеров, производство которых уже освоено промышленностью. Одним из современных методов создания полимерных материалов с улучшенным комплексом свойств, является модификация свойств и разработка новых методов обработки полимерных материалов, что в свою очередь ускоряет развитие отраслей промышленности, пользующейся полимерной продукцией.

Одним из методов обработки полимеров и композитов на их основе интенсивной пластической деформации (ИПД) является равноканальная многоугловая твердофазная экструзия (РКМУТФЭ), которая является альтернативой для других методов твердофазной технологии и методов структурной модификации полимеров и композитов [1].

Объектами исследования настоящей работы являлись полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) (ГОСТ 16338 - 85) и углеродонаполненные композиты на его основе. В качестве углеродных наполнителей использовались углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит» - наномасштабные образования поликристаллического графита. Производитель УНТ «Таунит» - ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов [2].

Для анализа многофакторного эксперимента по освоению твердофазной технологии РКМУТФЭ и прогнозирования структурно – механических свойств углеродонаполненных нанокompозитов на основе ПЭВП в работе использованы методы нейросетевых технологий [3]. При решении задач математического описания, моделирования трудоемких многофакторных экспериментов и прогнозирования свойств или выходных параметров новой технологии, методы нейросетевых технологий имеют ряд преимуществ по сравнению с другими методами математического моделирования и прогнозирования эксперимента:

Нейрон представляет собой единицу обработки информации в нейронной сети. На рис.1, показана нелинейная модель нейрона (а) и архитектура нейронной сети (b), лежащие в основе искусственных нейронных сетей.



Рисунок 1. Нелинейная модель нейрона (а) и архитектура нейронной сети (b)

Нелинейная модель нейрона состоит из трех составляющих:

1. Из модели нейрона (рис.1, а) следует, что сигнал X_m на входе сигнала m , связанного с нейроном K , умножается на вес W_{km} .
2. Сумматор Σ складывает входные сигналы, с учетом веса соответствующих синапсов нейрона.
3. Функция активации φ ограничивает амплитуду выходного сигнала нейрона.

На рис. 2, а представлена ячейка высокого давления для реализации РКМУТФЭ.

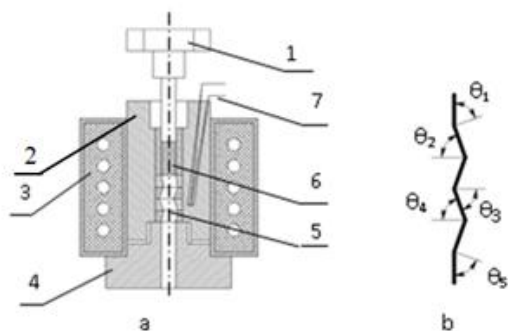


Рисунок 2. Схема экспериментальной ячейки (а) и угловых каналов (b) для реализации равноканальной многоугловой твердофазной экструзии:

- 1 - пуансон; 2 - ячейка; 3 - нагревательный элемент; 4 - основание; 5 - деформирующий блок; 6 - образец; 7-термопара

Цилиндрическая заготовка продавливается через деформирующий блок ячейки, состоящий из нескольких пар каналов одного диаметра, пересекающихся под заданными углами (рис. 2 b) [1].

Для прогнозирования эксплуатационных показателей углеродонаполненного ПЭВП – нанокompозита с помощью нейросетевой технологии обрабатывали образцы с величиной степени эквивалентной деформации $\varepsilon = 1,3$ и $\varepsilon = 3,9$, что соответствует 1 и 3 циклам деформирования в ячейке РКМУТФЭ.

На первом этапе использования нейросетевой технологии для математического описания результатов ИПД в режиме РКМУТФЭ за выходной параметр принималась величина разрушающего напряжения образца в условиях поперечного среза, т.е. $y = \sigma_{ср}$. Для обработки входных параметров в режиме Statistica 6 использовали нейронную сеть, представляющую собой многослойный персептрон с логистической функцией активации на выходном слое [3]. Получили расчетные величины параметра $\gamma_{расчет.}$, которые сравнивали с параметрами $\gamma_{эксп.}$ полученными экспериментально.

В расчетах использованы данные полученные при разных условиях эксперимента ($Z = 16$). X_1 - скорость экструзии: $V_{1экс.} = 35 \text{ mm/min}$ (-); $V_{2экс.} = 55 \text{ mm/min}$ (+). X_2 – температура ячейки и образца в процессе экструзии.

зии: $T_{1\text{экс.}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ (-); $T_{2\text{экс.}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ (+). X3 – степень эквивалентной деформации образца: $\varepsilon_1 = 1$ (-); $\varepsilon_2 = 3$ (+). X4 – массовое содержание модификатора в полимерной матрице: $C_1 = 0,05$ масс.част. (-); $C_2 = 0,95$ масс.част. (+).

При анализе экспериментальных и расчетных данных определены наилучшие условия эксперимента, при которых образцы полимерного композита имеют наибольшие прочностные характеристики в условиях поперечных срезающих напряжений.

Зависимость расчетных значений от экспериментальных представлена на рис.3.

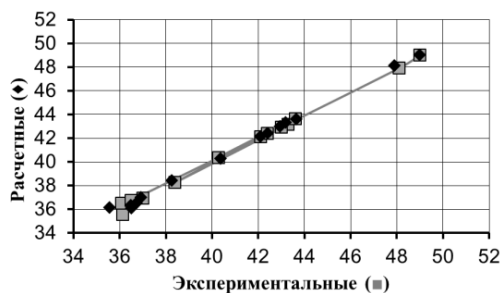


Рисунок 3. Зависимость расчетных значений (◆) от экспериментальных (■)

Зависимость расчетных переменных от экспериментальных практически линейна. Отклонение на некоторых наблюдениях не превышает 1,5%. Полученные результаты свидетельствуют о достаточной эффективности работы нейронной сети.

В ходе работы экспериментально установлено положительное влияние модификатора УНТ и структурной модификации ПЭВП и композитов на его основе. Использование нейросетевой технологии позволяет в короткий срок подтвердить результаты эксперимента и прогнозировать результат при известных входных параметрах, а также по результатам эксперимента путем обработки данных вычислять неизвестные величины входных параметров.

Список используемых источников

1. В.А. Белошенко, Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, Твердофазная экструзия полимеров: Монография / – Киев: Наукова думка, 2008. – 208 с.
2. А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин, Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур, Машиностроение, Москва (2007).
3. Круглов В.В., Борисов В.В., Искусственные нейронные сети. Теория и практика. Из – во: Горячая линия – Телеком, 2001, 382 с.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Госзадания ФГБОУ ВПО «ТГТУ» на 2012-2014 гг. (код проекта 3.4037.2011).*

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОПИТКОЙ

Терзиман О.В., Гулевский В.А.

Волгоградский Государственный Технический Университет

Из опыта получения композиционных материалов методом пропитки известно, что для повышения их устойчивости в агрессивных средах и улучшения механических и физических свойств, необходимо их пропитывать сплавами, обладающими хорошими литейными свойствами.

Целью данной работы является повышение качества КМ, расширение функциональных возможностей метода получения композитов за счет, увеличения номенклатуры сплавов используемых в качестве матричных.

С целью проведения эксперимента пористую заготовку из углерадита погружали в расплав алюминия, подвергали вакуумной дегазации, нагреву и воздействию избыточного давления на углерадит за счет термического расширения расплава в замкнутом объеме емкости (рисунок 1). Пористую заготовку погружали в расплав матричного сплава алюминия находящегося в камере для пропитки, нагревали емкость на 100°C выше температуры ликвидус сплава алюминия одновременно с расплавом свинца находящимся в камере для создания давления. Для сравнения, предварительно пропитывали углерадит только расплавом на основе алюминия, с легирующими добавками (заполнение 40-45%). Данное исследование посвящено пропитке углерадитовых каркасов расплавом на основе алюминия и свинцом в качестве жидкого поршня (заполнение 70-75%).

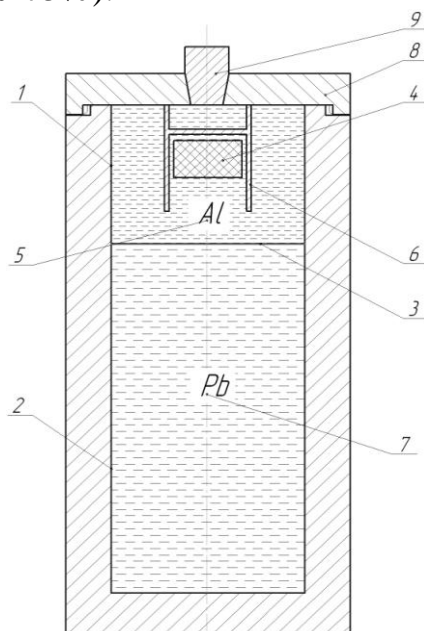


Рисунок 1. Емкость для изготовления композиционного материала с пробкой для герметизации ёмкости: 1 – камера для пропитки, 2 – камера для создания давления, 3 – мембрана, 4 - углерадитовая заготовка, 5 – сплав алюминия, 6 - противосплывное приспособление, 7 – сплав свинца, 8 – крышка, 9 – пробка.

По предложенному способу был получен КМ углеграфит АГ-1500 - сплав алюминия с использованием углеграфита марки Образец углеграфита был выполнен в виде куба со стороной 30 мм, имеющего открытую пористость 15%. Объем углеграфитового каркаса составлял 900 мм^3 , объем пор в каркасе составлял 135 мм^3 . Емкость для пропитки была выполнена в виде толстостенного стакана из стали 45 из двух камер между которыми расположена металлическая мембрана. Камеру для создания давления, заполняли расплавом свинца, предварительно нагревали устройство до температуры 400°C , размещали мембрану и в образующуюся камеру для пропитки устанавливали углеграфит, накрывали его противовсплывным приспособлением и нагревали емкость до 600°C . Одновременно в тигле расплавляли матричный сплав на основе алюминия, нагревая его до температуры 950°C . Затем расплав матричного сплава алюминия заливали в камеру для пропитки, закрывали крышкой в которую устанавливали газоотводную трубку и вакуумировали до давления разряжения 0,01 МПа с выдержкой 15-20 мин при 800°C . Затем отсоединяли газоотводную трубку, доливали расплав матричного сплава с температурой 950°C до верхнего края стояка с появлением на этом обрезе выпуклого мениска матричного расплава на основе алюминия, герметично притирали предварительно нагретую до 950°C пробку. Заполнение нижней камеры для создания давления расплавом свинца позволяет создавать оптимальное давление для пропитки за счёт разницы коэффициентов термического расширения камеры для создания давления (расплав алюминия) и расплава свинца.

Таблица 1.

Измеряемый параметр	"АГ – 1500", Россия [7,8]			SIGRI [7,8]	
	графит	графит + Al*	графит + Al+Pb**	графит	графит + Al
Плотность, кг/м ³	$1,78 \cdot 10^3$	$2,15 \cdot 10^3$	$2,35 \cdot 10^3$	$2,10 \cdot 10^3$	$2,68 \cdot 10^3$
Прочность, МПа при сжатии при изгибе	80-100	150	150	30-90	115
	35-37	60-70	50-60	8-10	-
Твердость, НВ	104	200	200	110	220
Общая пористость, %	20	6	3-5	9-12	3-5
Эф-ный радиус пор	0,84	-	-	1,73	-

*- 40% заполнения пор; **- 70% заполнения пор

Для пояснения технологии пропитка имеет две стадии, на первой происходит частичное заполнение открытых пор пористого каркаса за счёт положительной разницы коэффициентов термического расширения матричного расплава 5 по отношению к верхней камере для пропитки 1, а на второй создается необходимое давление для пропитки за счёт термического расширения расплава свинца 7 в нижней камере для создания давления 2, потому что коэффициент термического расширения свинца в 2-2,5 раза больше чем у материала нижней камеры (емкости) для создания давления.

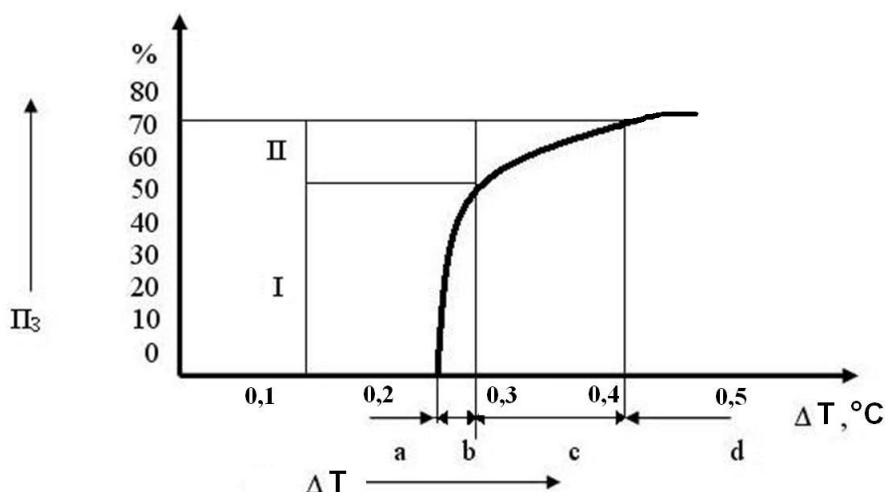


Рисунок 2. Зависимость степени заполнения пор углярафита сплавом алюминия от величины его перегрева.

На участке а) заложен интервал температур, при котором перегрев сплава соответствует давлению, не превышающему противодавление в порах углярафитового каркаса, поэтому пропитки нет. На участке б-I происходит эффективное заполнение пор углярафита пропитывающим сплавом, вследствие создания необходимых условий для пропитки, т.е. соответствует давлению, превышающему $\Delta P_{\text{к}}$ - капиллярное давление. Однако разница величин давлений позволяет заполнить поры крупнее 30 мкм, поры в диапазоне 30-60 мкм составляют в общем объеме открытой пористости около 48 %, этим и можно объяснить резкое увеличение степени заполнения (Пз) углярафита сплавом на участке б-I, хотя величины давления все же недостаточно. Для комплектного заполнения углярафита увеличивали давление. В результате, на участке с-II осуществляется заполнение типоразмеров пор 0-30 мкм, 60-150 мкм, которые составляют в общем объеме открытой пористости 15-20 % и 25-30 % соответственно, что приводит к 60-70 % оптимальному заполнению открытой пористости скелетных КМ с требуемыми физико-механическими свойствами, и не уступает по этому показателю основным зарубежным аналогам. На участке d отмечено заметное снижение интенсивности заполнения от соответствующего увеличения давления пропитки, которое зависит, кроме того, от типоразмеров оставшихся незаполненных пор, их распределения, разветвленности, шероховатости поверхности и т.п.

Использование в качестве матричного расплава - сплавы алюминия, а в качестве пористого тела углярафит или керамику позволяет получать композиционные материалы, широко применяемые в машиностроении для изготовления токоъемников, вставок пантографов, электрических щеток, уплотнителей, вкладышей подшипников скольжения, область использования которых очень разнообразна и включает не только выше перечисленные изделия, но и детали аэрокосмического назначения.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ИЗ ОТХОДОВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Карпенко В.Ю.

Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Инновационное развитие техники и технологии напрямую связано с созданием новых материалов с повышенными физико-механическими и специальными свойствами. Широкие возможности для этого открывает порошковая металлургия, которая дает ряд преимуществ по созданию новых высокопрочных материалов, такие как малозатратность, экологическая чистота процесса, большая производительность. Мировой спрос на производство порошков металлов ежегодно растет, а также с каждым годом возрастают темпы роста. Существенную часть из них занимает получение порошков из различных видов стали. Одним из таких видов являются быстрорежущие стали – легированные стали, предназначенные, главным образом, для изготовления металлорежущего инструмента, работающего при высоких скоростях резания. Они обладают высоким сопротивлением разрушению, твердостью (в холодном и горячем состояниях) и красностойкостью. Легирование быстрорежущих сталей вольфрамом, молибденом, ванадием и кобальтом обеспечивает горячую твердость и красностойкость стали. Именно благодаря этим свойствам актуальной задачей является получение порошков из отходов быстрорежущих сталей.

Для получения порошков применяют различные методы, это объясняется поиском наилучшей технологии многотоннажного производства порошка, позволяющего регулировать его гранулометрический состав, содержание различных примесей и технологические свойства в зависимости от назначения. Все больше и больше ужесточаются требования, которые предъявляют к дисперсности получаемых порошков.

Одним из наиболее перспективных методов получения порошковых материалов, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и быстрорежущей стали, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается относительно невысокими энергетическими затратами, безвредностью и экологической чистотой процесса, отсутствием механического износа оборудования, получением порошка непосредственно из отходов быстрорежущих сталей различной формы за одну операцию, а также получением частиц преимущественно сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон [1-3].

К настоящему времени уровень разработки метода ЭЭД достиг опытно-промышленного производства. Однако, широкое использование метода ЭЭД для переработки отходов быстрорежущих сталей в порошки с целью их повторного использования сдерживается отсутствием в научно-технической литературе полноценных сведений по технологии электроэрозионного диспергирования, позволяющей стабильно получать порошковые материалы.

Кроме того, необходимо изучить свойства полученного порошка, его структуру и точный фазовый состав для дальнейшего его использования в различных направлениях. Для разработки эффективности данной технологии и оценки перспективности полученного порошка требуется проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований.

Анализ исследовательских работ в области разработки технологии получения порошков из отходов быстрорежущих сталей, позволяющей получать порошки из пришедших в негодность резцов, сверл, разверток, зенкеров, фрез и т.д., показывает перспективность использования для этих целей метода ЭЭД.

Порошки из отходов быстрорежущих сталей, полученные методом ЭЭД могут быть пригодны для повторного использования в технологиях изготовления компактных изделий, в частности электродов для упрочнения кромок режущего инструмента различного назначения, а также в технологиях восстановления и упрочнения деталей машин железнением, различными видами наплавки и электроискрового легирования. Одновременно с этим решается проблема утилизации отходов.

Изложенное выше подтверждает, что переработка отходов быстрорежущих сталей в порошки с целью их повторного использования является актуальной и направлена на решение научно-практической задачи, имеющей важное народнохозяйственное значение.

Список используемых источников

1. Агеев, Е.В. Выбор метода получения порошковых материалов из отходов спеченных твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2009. – Спец. вып.: Актуальные проблемы машиностроения. – С. 12–15.

2. Агеев, Е.В. Особенности технологии получения порошковых наплавочных материалов методом электроэрозионного диспергирования отходов твердых сплавов для наплавки шеек коленчатых валов [Текст] / Е.В. Агеев, М.Е. Сальков // Технология металлов. – 2008. – № 5. – С. 34–37.

3. Агеев, Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования [Текст] / Е.В. Агеев // Электроталлургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Куличева Т.Г., Курбатова Е.О., Примеров О.С., Макеев П.В.
ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет

Мы все что-то когда-то заказывали по почте или сталкивались с перевозкой вещей и товаров. С упаковкой все просто и понятно. Но недостаточно просто положить товар в коробку. Необходимо сделать так, чтобы вещи при перевозке не имели возможности перемещаться в упаковочной таре, а находились в надежном зафиксированном положении в процессе перемещения. Да и сам короб или ящик достаточно неудобно тащить в руках. И тут нам на помощь приходят вспомогательные упаковочные материалы.

Вспомогательная упаковка – это различные по своим свойствам и характеристикам элементы упаковочных материалов. Обеспечивают перевозимым предметам надежную защиту от механических воздействий: толчков, ударов, вибраций. Существуют следующие вспомогательные упаковочные материалы:

- ***Пенополистирольные сыпучие гранулы.***



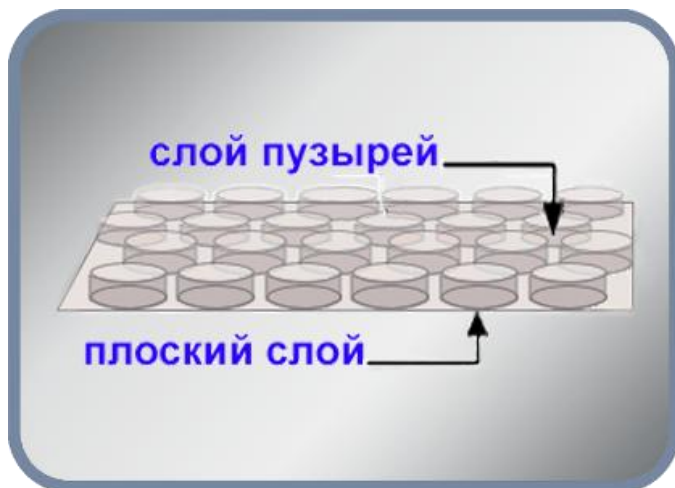
Внешне представляют собой шарики пенопласта белого цвета, имеют различные размеры (от 6-8 мм до 1-2 мм). Такие легкие шарики используют для заполнения свободного пространства. Используется как засыпка в упаковке для перевозки стекла, посуды и т.д. Незаменимая вещь для перевозки легких и хрупких товаров.

- ***Пленка воздушно-пузырчатая.***



Этот материал состоит из двух листов полиэтилена, сплавленных друг с другом. Один из слоев содержит ячейки, наполненные воздухом. Диаметр пузырьков – от 6 до 30 мм, высота может быть различной. Между собой пузырьки не соединяются: каждый существует сам по себе, представляя собой локальное замкнутое пространство. Если разрезать один из них, остальные сохранят воздух внутри себя. Воздушно-пузырчатая пленка - отличный теплоизолятор. Она сохраняет температуру груза и не дает ему переохладиться или нагреться. А все благодаря волшебным пузырькам. Внутри них – сухой воздух, а он считается одним из лучших теплоизолирующих веществ.

Воздушно-пузырьковая пленка по своим изолирующим свойствам в 80 раз лучше стекла.[1] **Вторая важная особенность** пузырьковой пленки – ее амортизирующие свойства. Она отлично смягчает удары и гасит вибрацию – опять же благодаря пузырькам. Обязательные качества такой пленки – это высокая плотность и стойкость к нагрузкам. При этом она весьма эластична и с легкостью принимает форму упакованного в нее груза. Пузырьковая пленка



обладает большой механической прочностью – вы можете убедиться в этом, попытавшись ее разорвать.

Такая вспомогательная упаковка отлично гасит случайные удары, великолепные амортизационные свойства обеспечивают надежное хранение и безопасность перевозимых товаров небольшого веса, независимо от формы и размера.

Сегодня такую пленку широко используют во многих областях деятельности, в особенности, для упаковки хрупких предметов: посуды, зеркал, осветительных приборов, компьютеров, оргтехники, оптики, мебели и пр. Ее также используют для упаковывания кондитерских изделий, лекарственных средств, так как при транспортировке она обеспечивает защиту товара от различных повреждений.

- **Оберточная крафт-бумага.**



Крафт-бумага (от нем. слова KRAFT - буквальный перевод - СИЛА) - это особо прочная оберточная бумага изготавливается из длиноволокнистой сульфатной целлюлозы и имеет **цвет натурального древесного волокна**. Сочетая в себе высокие прочностные характеристики, воздухопроницаемость и экологическую чистоту крафт-бумага стала одним из самых распространенных упаковочных материалов и используется практически во всех

отраслях промышленности. **Крафт-бумага используется для производства мешков, пакетов, конвертов, для упаковки печатной продукции, корреспонденции, упаковки пищевых продуктов и др.**

- **Листы гофрированного картона.**



Гибкость этого материала легко позволяет принимать форму различных вкладышей, прокладок или решеток. Гофрированные листы помещаются внутрь тары для защиты товаров от случайных перемещений и ударов. Амортизатор из гофрокартона – очень плотный ма-

териал для прокладки, предназначен для защиты слабых и хрупких изделий от возможных внешних воздействий. Амортизатор изготавливают из гофрокартона путем приклеивания его между собой.

- **Стрейч-пленка.**



Полиэтиленовый прозрачный обмоточный материал. Этот рулонный вспомогательный упаковочный материал облегчает упаковку готовой продукции при транспортировке или при хранении на складе.

Пленки растягивающиеся и термоусадочные используют для скрепления групповой упаковки и транспортного пакета как альтернативу обвязке. Стрейч-пленка представляет собой растягивающийся прозрачный обмоточный материал

из полиэтилена высокого давления (LDPE) в рулонах. Стрейч-пленка — современный упаковочный материал, обладающий способностью растягиваться и возвращаться в исходное состояние. Имеет по сравнению с обычными пленочными материалами повышенную прочность на разрыв, высокую стойкость к проколу, удару, продавливанию.

Вывод: полноценная упаковка – это не только наличие упаковочного ящика из качественного материала. Обеспечить полную сохранность вещей и предметов при перевозке на дальние расстояния – это первоочередная функция современного упаковочного сервиса. И успешно помогают справляться с этим заданием различные вспомогательные материалы.

Список используемых источников

1. <http://www.upackui.ru/puzplyonka/>

НАПРЯГАЮЩИЙ БЕТОН В ЭЛЕМЕНТАХ С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Максимович С.В.

*Гродненский государственный университет имени Я.Купалы,
г.Гродно, cheslovna@tut.by*

Увеличение прочности бетона за счет сдерживания его поперечных деформаций при действии продольной силы изучалось многими учеными: Консидер М. (1900г. – спираль Консидера); Абрамов Н.М. (1904г. – проволочные переплеты); Некрасов В.П. (1907г. – сетки); Передерий Г.П. (бетон в трубе); Гитман Ф.Е и Маней [1], Поповым Н.Н., Трекиным Н.Н. и Матковым Н.Г. [2], Васильевым И.П., Матковым Н.Г. и Филипповым Б.П. [3] и др. Поперечное армирование бетона впервые было предложено французским ученым Консидером, который обнаружил «эффект сдерживания» при испытании образцов на осевое сжатие совместно с приложением бокового гидростатического давления. Пассивное ограничение поперечных деформаций происходит благодаря силам сцепления любого вида поперечной арматуры с бетоном в сечении.

Из результатов проведенных исследований следует, что косвенное армирование повышает несущую способность сжатых элементов за счёт того, что оно препятствует деформированию элементов в поперечном направлении. Дальнейшего повышения несущей способности можно добиться, выполнив предварительное напряжение косвенной арматуры, т.к. это повысит нагрузку, при которой начинается интенсивное микротрещинообразование в поперечном направлении. В связи с этим, наиболее целесообразным способом предварительного напряжения косвенной арматуры является применение напрягающего бетона.

Идея использования напрягающего бетона в элементах с косвенной арматурой предполагает создание внутреннего напряженного состояния в сечении (самонапряжения) до приложения внешней нагрузки, т.е. создания активного противодействия поперечным деформациям.

Исследования элементов с косвенной арматурой из бетона на напрягающем цементе были проведены Мартиросовым Г.М. и Мартиросяном Р.В. [4].

Проанализировав изменение сопротивления сжатию элементов с применением различных цементов и видов армирования можно убедиться, что применение напрягающего цемента в элементах с косвенным армированием значительно повышает их прочность (Таблица 1).

Влияние различных видов цемента на прочность элемента.

Прочность бетона	Вид образцов			
	на ПЦ без арматуры [5]	на ПЦ с прод. и косвенной арматурой [5]	на НЦ с прод. и косвенной арматурой $\rho_{xy} = 0.024$ [4]	на НЦ с прод. и косвенной арматурой $\rho_{xy} = 0.058$ [4]
αf_{cd} , МПа	42,8	55,39	67,13	71,3

Анализ ранее проведенных исследований напрягающего бетона элементов с косвенным армированием свидетельствует о том, что:

- косвенное армирование сдерживает развитие поперечных деформаций, резко повышает деформативность бетона и несущую способность конструкций, работающих на сжатие;
- армирование поперечными сетками дает возможность значительно повысить прочность бетона, как при центральном, так и при внецентренном сжатии. Эффективность косвенного армирования при внецентренном сжатии практически остается равной эффективности при центральном сжатии;
- косвенное армирование внецентренно сжатых элементов существенно повышает деформативность бетона сжатой зоны, что позволяет использовать в таких элементах высокопрочную стержневую арматуру;
- исследования элементов из бетона на напрягающем цементе практически отсутствуют, а выполненные подтверждают экономическую эффективность их дальнейшего исследования;
- напрягающий цемент в ходе расширения, а затем последующего твердения способен создавать в арматуре предварительное напряжение, которое не зависит от ее места расположения в железобетонной конструкции;
- напрягающий цемент в затвердевшем состоянии обладает особой структурой, отличающейся практически полной водонепроницаемостью, высокой прочностью при растяжении, трещиностойкостью и долговечностью;
- расход напрягающего цемента на единицу прочности бетона в среднем на 10% меньше, чем портландцемента той же активности.

Таким образом, использование напрягающего бетона в конструкциях с косвенной арматурой позволит не только повысить прочностные характеристики этих конструкций, но и их трещиностойкость, создать в сечении плоское напряженное состояние, а в сочетании с продольной арматурой – трехосное напряженное состояние, снизить расход цемента для получения конструкции необходимой прочности, а также снизить вероятность коррозии арматуры. Следует также отметить, что создаваемое напряжение отодвигает момент появления микротрещин при действии сжимающей нагрузки.

Список используемых источников

1. Карпинский В.И. Бетон в предварительно напряженной спиральной обойме. М.: Оргтрансстрой, 1961 – 183 с.
2. Попов Н.Н., Матков Н.Г., Трекин Н.Н. Влияние косвенного армирования на деформативность бетона/ Бетон и железобетон – 1986 - №11 – С. 33-35.
3. Матков Н.Г., Васильев А.П., Филиппов Б.П. Прочность и деформативность сжатых элементов с косвенным армированием / Бетон и железобетон – 1973 - №4 – С. 17-19.
4. Мартиросов Г.М., Мартиросян Р.В. Повышение эффективности косвенного армирования / Бетон и железобетон – 1980 - №9 – С.12-13
5. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Минск., 2003г
6. Довгальук В.И. Исследование работы центральносжатых железобетонных колонн с косвенной и продольной арматурой / Бетон и железобетон – 1971 - №11 – с.20-22.
7. Виноградова О.Ф. Экспериментальные исследования центральносжатых железобетонных элементов с косвенным армированием сетками нового типа. – Сб. трудов ЛИИЖТ, вып 350, 1973.
8. Мируминов М.Н. Сопротивление местному сжатию торцов железобетонных колонн, армированных поперечными сетками. Автореф. дисс. канд. техн. наук,- 1977г- 21с
9. Лукша Л.К., Мацкевич А.С., Мордич А.И. Сжатые элементы с косвенной листовой арматурой / Бетон и железобетон -1989-№1- с.28-30.
10. Роговой С.И. Экспериментально-теоретические исследования кососжатых железобетонных элементов с косвенным сетчатым армированием. Автореф. дисс. канд. техн. наук,- 1981г- 24с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЛЛУАЗИТА С ОБСИДИАНОМ ПРИ НАГРЕВАНИИ*

Мамедова Г.А.

*Нахчыванское Отделение Национальной Академии Наук Азербайджана
Институт Природных Ресурсов, Нахчывань
chinashka89@yahoo.com*

Твердофазное взаимодействие между галлуазитом (Г) и обсидианом (Об) изучено при соотношениях Г: Об, равных 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 2:1; 3:1; 4:1. Реакцию проводили в температурном интервале 20-1000⁰С. Контроль за процессами осуществляли рентгенографическим (ДРОН-2,0, CuK_α - излучение, Ni - фильтр) и дифференциальным термическим (Q - дериватограф-1500) методами анализа. Химический состав конечных продуктов и исходных веществ определен рентгеноспектральным (СРМ-18) методом анализа.

На кривой нагревания галлуазита присутствуют эндотермические эффекты при 50-100⁰С (дегидратация) и при 550-600⁰С (дегидроксилирование), а также экзотермический эффект при 990-1000⁰С (кристаллизация муллита). Таким образом, конечным продуктом термообработки галлуазита, является муллит.

На кривой нагревания обсидиана присутствует эндотермический эффект, который соответствует его аморфизации.

На кривых нагревания смесей галлуазита и обсидиана с соотношением исходных компонентов Г:Об 1:1, 2:1 и 4:1 присутствуют все эндотермические и экзотермические эффекты, которые обнаруживаются на кривых нагревания индивидуальных галлуазита и обсидиана. Таким образом, конечными продуктами термообработки этих смесей являются муллит и смесь муллита с кристобалитом. При рентгенофазовом анализе обсидиана, нагретого до 1000⁰С, установлена его аморфизация, а в присутствии галлуазита установлено, что продуктом нагревания является кристобалит.

Данные дифференциального термического анализа согласуются с рентгенодифрактометрическими данными. На дифрактограммах смесей состава Г:Об 1:1, 2:1 и 4:1 присутствуют дифракционные максимумы, которые имеются на дифрактограммах индивидуальных галлуазита и кристобалита.

На кривых нагревания смесей состава Г:Об 1:2 и 1:4 картина иная: на этих кривых отсутствует экзотермический эффект, соответствующий кристаллизации муллита, а присутствует экзо-эффект кристобалита. На дифрактограммах продуктов термообработки смесей этого состава также отсутствуют дифракционные максимумы, характеризующие муллит, а присутствуют максимумы кристобалита.

Из полученных данных дифференциального термического и рентгенофазового анализа можно сделать вывод о том, что при термообработке смесей, обогащенных обсидианом (Г:Об 1:2 и 1:4) кристаллизация муллита не происходит. Вероятней всего, он образуется в рентгеноаморфном состоянии.

Следует отметить, что изучение твердофазной реакции между галлуазитом и обсидианом, имеет важное практическое значение. На основе этих минералов могут быть разработаны новые высокотемпературные теплоизоляционные материалы. В рамках данной работы нами была показана принципиальная возможность получения таких материалов. С этой целью была приготовлена паста из смесей галлуазита с обсидианом при их различных соотношениях. Пастообразные образцы подвергались термической обработке до 1000°C. В результате были получены механически прочные материалы, в составе которых содержатся муллит или муллит с кристобалитом. Именно эти фазы придают термостойкость и огнеупорность материалам.

ВЫВОД

Впервые изучено твердофазное взаимодействие между галлуазитом и обсидианом, при нагревании до 1000°C. Методами рентгенофазового и дифференциального термического анализа установлено, что основными продуктами, образующимися при прокаливании смесей галлуазита и обсидиана являются муллит и кристобалит. Показано, что при термообработке смесей галлуазита и обсидиана может быть получен новый огнеупорный теплоизоляционный материал.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики Грант № EIF/GAM-1-2011-2(4)-26/20/4.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНЕНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ ZrO_2 И WC ПРИ ЭЛЕКТРОКОНСОЛИДАЦИИ

Мельник О.М.

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, Украина, 61050, e-mail: melnik@ro.ru*

Технологии FAST-методов спекания электрически активированным внешним полем (спекания импульсным током (SPS – Spark plasma sintering)), известные в мире под разными названиями – PAS или PECS в Японии, PPC в США, instrumented pulse electrodischarge consolidation или resistance/spark sintering under pressure в Корею широко применимы в практике консолидации тугоплавких нанопорошков и позволяют компактировать плотные материалы при высоких скоростях нагрева и малом времени выдержки. Данные методы обладают весомыми преимуществами: возможностью быстрого нагрева пресс-формы до высоких температур, из чего следуют сравнительное сдерживание обычно интенсивного роста зерен исходного порошка, способствующее формированию в конечном продукте функционально более эффективных структур более тонкой дисперсности; минимизацией в прессовках внутренних напряжений; исключением появления макродефектов (трещин, расслоений и т.п.).

Относительно недавно большое внимание уделяется таким бинарным системам на основе ZrO_2 как ZrO_2-TiB_2 , ZrO_2-TiCN , ZrO_2-SiC , ZrO_2-TiN , ZrO_2-TiC [1,2]. Следовательно, совершенно объективно можно предполагать о высоких механических свойствах при упрочнении ZrO_2 наночастицами еще одного карбида – WC , и последующей перспективе применения полученной керамики. Ранее внимание акцентировалось на установлении оптимального количества ZrO_2 в композиционных материалах на основе WC , полученных FAST-методами [3].

В работе для формования керамических изделий применялось устройство для горячего вакуумного прессования (электроконсолидации) [4]. Данная установка, в сравнение с широко известным в Европе оборудованием для FAST –метода, главным образом отличается возможностью использования обычного переменного тока промышленной частоты без дополнительной комплектации специальными импульсными генераторами. При помощи установки горячего прессования с прямым пропуском тока проводили спекание нанопорошков при давлении 30МПа и выдержке в течение 2 мин при разных температурах. Из рисунка 1 видно, что максимальная плотность, близкая к теоретической, образцов $ZrO_2-10 \text{ мас.}\% WC$ и $ZrO_2-20 \text{ мас.}\% WC$ достигается при температуре спекания 1300°C и 1400 °C соответственно, при этом влияние времени выдержки на плотность менее существенно.

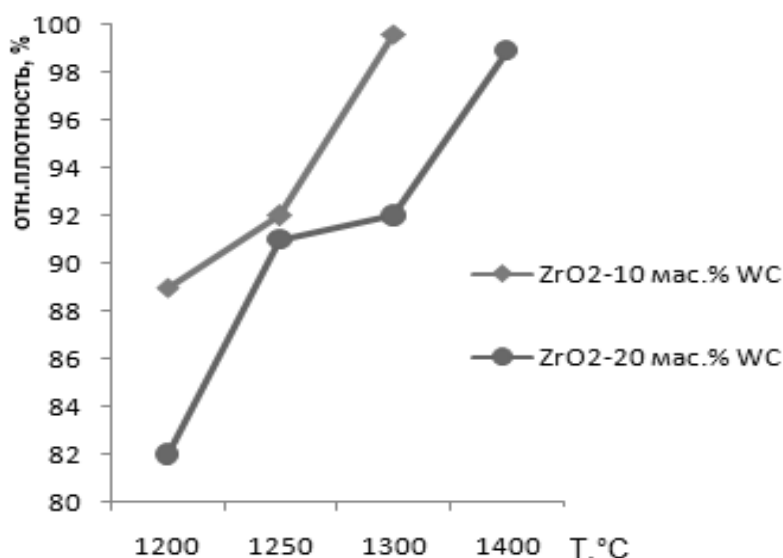


Рисунок 1. Зависимость плотности от температуры спекания ZrO₂-WC

При этом было установлено, что максимальное давление необходимо прикладывать только при достижении максимальной температуры в прессовке (для полной дегазации сорбированных газов). Данный режим приводит к формированию в материале более мелкой структуры (рис.2,а) по сравнению с образцами, нагрузка к которым прикладывалась в начале цикла спекания и оставалась постоянной (рис.2, б).

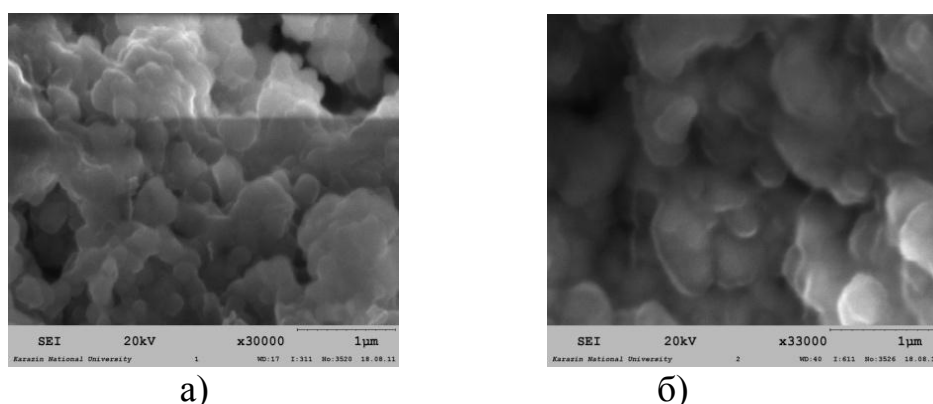


Рисунок 2. Микроструктуры ZrO₂-20 мас.% WC, спеченные при T=1350 °C и P=30МПа, приложенном при выдержке (а) и T=1350 °C и P=30МПа, приложенном в начале цикла спекания

Известно, что зернограничная диффузия в большей степени, чем диффузия по объему зерен является определяющим фактором, влияющим на уплотнение и рост зерен керамики. Управление коэффициентом зернограничной диффузии возможно за счет влияния на свободный объем границ зерен. Основные методы изменения свободного объема границ зерен связаны с микролегированием границ атомами примеси и организацией потоков дислокаций на границы [5]. Последний механизм активируется двумя способами: обеспечивая пластическую деформацию путем приложения внешней нагрузки и используя анизотропию теплового расширения керамических материалов (высо-

кие градиенты температур внутри порошка). В процессе исследования температурного поля при горячем прессовании исследуемых материалов установлен значительный температурный градиент. Усадка, обусловленная испарением сорбированной влаги и выгоранием примесей конкурирует с процессом термического расширения на первой стадии процесса спекания (рис.3).

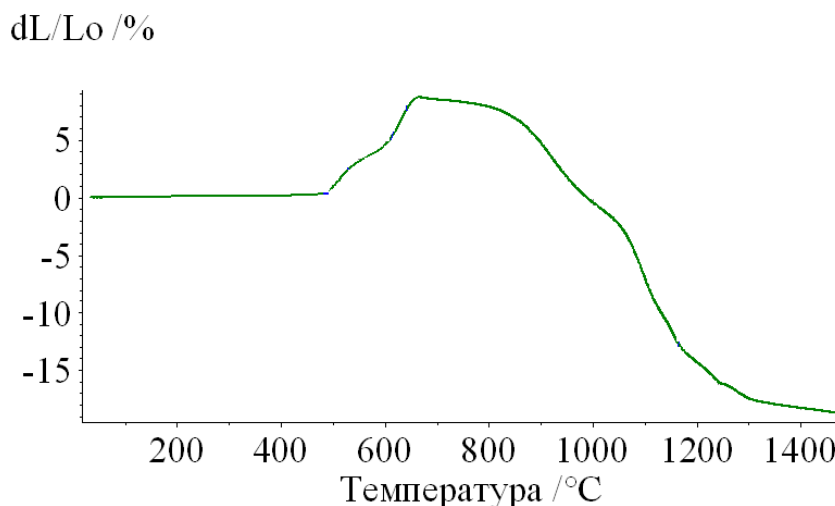


Рисунок 3. Кривая усадки ZrO₂-20 мас.% WC

Таким образом, метод горячего прессования с прямым пропуском тока позволяет так организовать процесс консолидации, чтобы избежать проблем, связанных с чрезмерной интенсивностью зернограницной диффузии: рост зерен, приводящий к увеличению диффузионного пути по границе, что замедляет процесс спекания. А возможность избегания аномального роста (превышение некоторыми зернами среднего размера) позволяет получать материалы с высокими механическими свойствами.

Список используемых источников

1. Sarbu C., Vleugels J., Van der Biest O. Phase instability in ZrO₂-TiB₂ composites // Journal of the European ceramic society, 2007. V. 27, N5. - P. 2203-2208.
2. Sun J., Huang C., Wang J., Liu H. Mechanical properties and microstructure of ZrO₂-TiN-Al₂O₃ composite ceramics // Materials Science And Engineering: A, 2006. – V.416, N 1-2. - P. 104-108.
3. Malek O., Lauwers B, Perez Y, et al. Processing of ultrafine ZrO₂ toughened WC composites // Journal of the European Ceramic Society, 2009. – N 29(16). – P.3371–3378.
4. Патент на полезную модель № 72841 “Устройство для горячего прессования порошков путём прямого пропускания электрического тока” (Зарегистрировано в Госреестре патентов Украины на полезные модели 27.08.2012) Азаренков М.О., Геворкян Е.С., Литовченко С.В., Чишкала В.О., Тимофеева Л.А., Мельник О.М., Гуцаленко Ю.Г.

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОРОЖНОГО ВЯЖУЩЕГО ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ МОДИФИКАТОРОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Полушкин Д.Л.
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов
polymers@asp.tstu.ru*

Низкие эксплуатационные характеристики материалов, используемых в дорожном строительстве, приводят к тому, что уже на 3–4 год эксплуатации подавляющему количеству дорог в России требуется проведение капитального ремонта, тогда как за рубежом средний межремонтный срок службы составляет 8–10 лет [1]. В большинстве случаев низкое качество дорожных покрытий связано с показателями некондиционного вяжущего, входящего в состав асфальтобетонных смесей. Поэтому повышение качества дорожного вяжущего - одно из основных условий улучшения эксплуатационных показателей дорожных покрытий. Модификация битума позволяет улучшить его адгезионные, прочностные и деформационные характеристики, что, в свою очередь, способствует улучшению свойств дорожного покрытия [2].

Для модификации битума были выбраны следующие материалы: термоэластопласт ДСТ 30-01, вторичный полиэтилен, полученный при утилизации отходов тары и упаковки, отходы стрейч-пленки, а также их смесевые композиции. Исследования были направлены на изучение возможности использования полиэтилена (ПЭ), полученного при утилизации отходов тары и упаковки, отходов стрейч-пленки (ОСП) и их смесевых композиций для полной или частичной замены используемого для модификации битумов дорожного вяжущего ДСТ. Физико-механические показатели вяжущих, полученных в результате экспериментов, приведены на диаграмме (рис. 1).

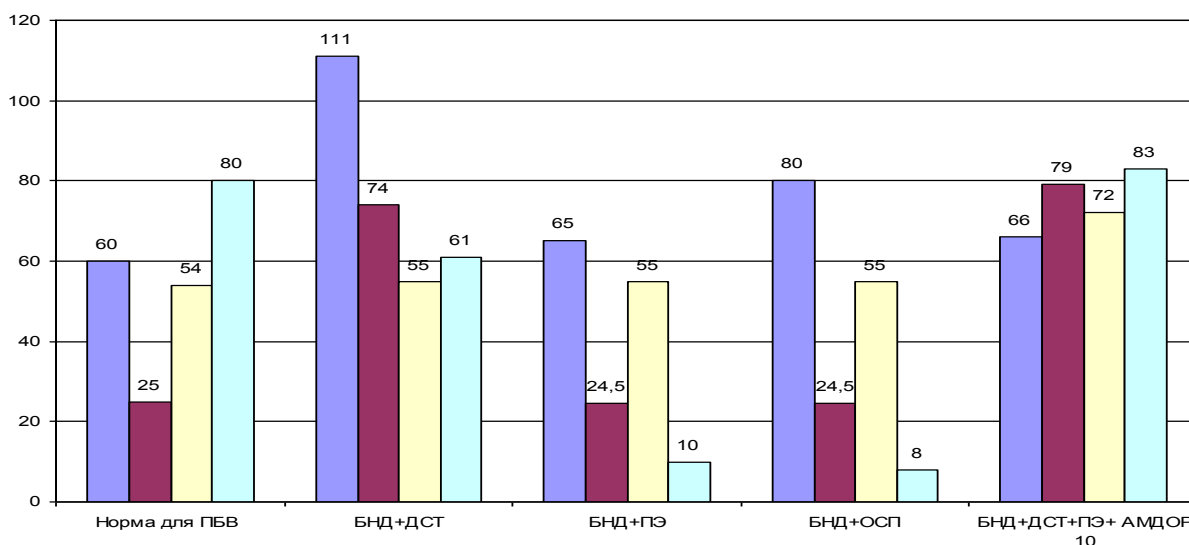


Рисунок 1. Физико-механические показатели пенетрации, дуктильности (см), температуры размягчения (С°) и эластичности (%) полимер-битумного вяжущего по ГОСТ Р 52056-2003 и модифицированных различными добавками вяжущих

При модификации дорожного вяжущего БНД 90/130 термоэластопластом ДСТ показатели пенетрации и дуктильности снижаются и принимают значения, оптимальные для битумов марки БНД 60/90, также при этом наблюдается рост температуры размягчения и появление эластичности. Чтобы снизить стоимость получаемого вяжущего ДСТ частично замещался вторичным полиэтиленом [3]. При введении полиэтилена в дорожное битумное вяжущее наблюдается повышение его эластичности, но существенно падают показатели пенетрации и растяжимости по сравнению с вяжущим, модифицированным только ДСТ. Вместе с тем при введении в вяжущее высокомолекулярных соединений практически всегда ухудшается его адгезионная способность. Для того чтобы снизить это негативное воздействие в состав модификатора необходимо включать адгезионные присадки. В качестве адгезионной добавки была выбрана присадка марки «Амдор-10».

Проведенные исследования показали, что с добавлением адгезионной присадки «Амдор-10» увеличивается вязкость модифицированного битума, что в дальнейшем способствует повышению внутреннего трения в асфальтобетоне и увеличивается его прочность. Добавление присадки «Амдор-10» не приводит к появлению эластичности у битума, поэтому совместно с присадкой «Амдор-10» необходимо введение термоэластопластов ДСТ и ПЭ, что придает вяжущему эластичность и увеличивает температуру размягчения, но при этом с увеличением концентрации присадки уменьшаются показатели пенетрации и растяжимости. Увеличение температуры размягчения дорожного вяжущего уменьшает образование на дорожных покрытиях колеи в жаркие месяцы.

Исходя из результатов экспериментов, наиболее эффективным способом получения дорожных вяжущих с требуемым комплексом показателей свойств, зависящим от условий эксплуатации (климатические условия и условия движения), является получение рецептуры модификатора с использованием блок-сополимера типа ДСТ с его частичной заменой более дешевыми полимерными отходами (полиэтилен или отходы стрейч-пленки) и с добавлением поверхностно-активных адгезионных добавок («Амдор-10»). Такое модифицированное дорожное вяжущее по своим физико-механическим показателям аналогично широко используемому в дорожном строительстве битуму БНД 60/90, но при этом оно имеет улучшенные показатели растяжимости и температуры размягчения и обладает эластичностью.

Список используемых источников

1. Гохман Л.М. Битумы, полимерно-битумные вяжущие, асфальтобетон, полимер-асфальтобетон: Учебно-методическое пособие / Л.М. Гохман – М.: ЗАО «Экон-информ», 2008. – 117 с.
2. Калгин Ю.И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов: монография / Ю.И. Калгин; Воронеж. гос. архит.–строит. ун–т. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун–та, 2006. – 272 с.
3. Беляев П.С. Модификация дорожного битума термоэластопластом ДСТ совместно с полиэтиленом. / П.С. Беляев, О.Г. Маликов, С.А. Меркулов, Д.Л. Полушкин, В.П. Беляев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Спецвыпуск 39. с 184 — 189.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ZrO_2

*Обабков В.Н., Закиров И.Ф. Обабков Н.В.
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург*

Одним из наиболее эффективных материалов тепловой защиты являются керамические материалы с низкой теплопроводностью и, в первую очередь, оксидные материалы. Однако оксидные материалы, обладая хорошей химической стойкостью в этих условиях оказываются малопригодными для работы при термических ударах и термоциклировании. С целью упрочнения и повышения термостойкости керамики ее армируют керамическими волокнами: монокристаллическими типа «вискерс» и в виде поликристаллов. Эффект упрочнения при использовании волокон-упрочнителей достигается за счет перераспределения напряжений в матрице.

Для изготовления композиционных материалов с армирующими элементами в виде непрерывных волокон разработан ряд технологий, включающих в себя изготовление волокнистых заготовок (преформ) с последующей инфильтрацией матричного материала. В качестве инфильтрующей среды может выступать паровая либо жидкая фаза. Причем как показала практика, жидкая фаза не может быть суспензией, поскольку в результате фильтрации в волокнистой заготовке идут процессы разделение суспензии на внешней поверхности волокнистой заготовки на твердую и жидкую фазы. Недостатком данных процессов является высокая усадка матрицы и необходимость многократного проведения операций и последующей термической обработки.

Нами были проведены исследования по технологии получения композиционных материалов на основе ZrO_2 - Y_2O_3 , армированных непрерывным керамическим волокном. Для армирования материалов использовали длинноволоконное сырье в виде тканного и нетканого полотна из керамического волокна состава $50 \div 56\% Al_2O_3$ - $14 \div 17\% ZrO_2$ - SiO_2 .

Были изучены 2 варианта формования волокнистых заготовок:

- послойная укладка тканного или нетканого полотна;
- намотка полотна в виде рулона.

Сформованные заготовки насыщали концентрированными растворами солей матричного компонента (нитраты цирконила и иттрия). В раствор дополнительно вводили карбамид, который при нагреве переводит раствор, внутри преформы в гелеобразное состояние. Насыщенную заготовку нагревают, слегка подсушивают до состояния сохранения остаточной пластичности материала и подвергали прессованию. Дальнейшую сушку заготовок проводят под давлением. Величина давления поддерживалась постоянной и устанавливалась такой, чтобы насыщающий раствор не вытекал из заготовки. В дальнейшем цикл насыщения и сушки повторяют многократно до набора

заготовкой требуемой плотности и прочности, но уже без приложения давления. На конечной стадии проводят механическую обработку заготовок и обжиг при температуре 1200-1400°C.

Для технологии послойной укладки полотна было установлено, что на плотность получаемых заготовок не только количество пропиток, но и величина прилагаемого давления. Причем при давлении выше 20 МПа эффективность последующих насыщений заготовок растворами снижается и плотность их становится меньше (рис.1). Это прежде всего связано с тем, что при повышенных давлениях существенно снижается проницаемость заготовок растворами.

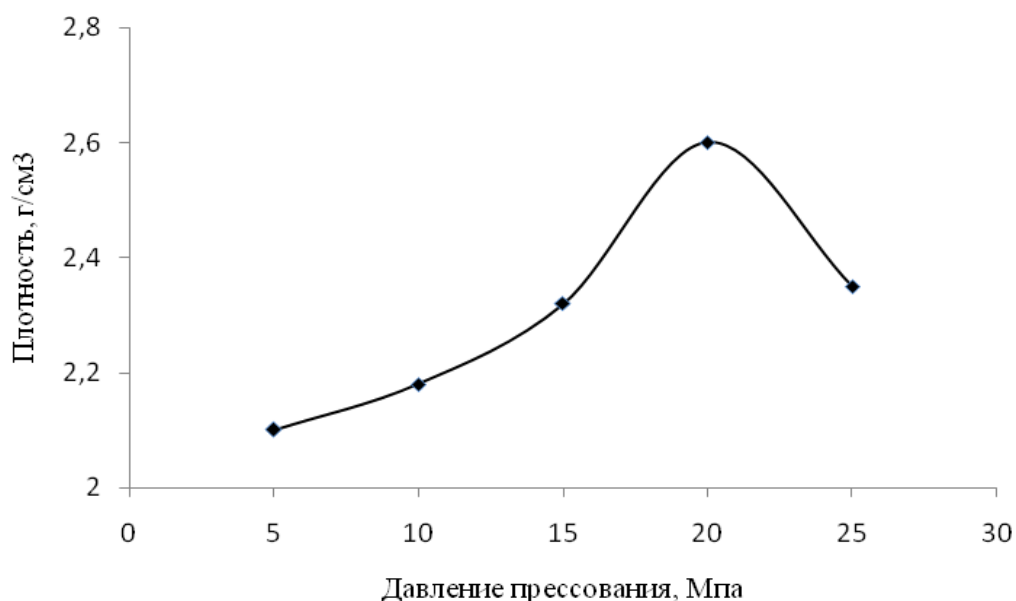


Рисунок 1. Зависимость плотности образцов из нетканого полотна от давления прессования после 8 циклов насыщения.

Нами было проведено исследование влияния величины нагрузки на полотно в процессе его намотки при изготовлении преформы на свойства получаемого композиционного материала. На рис.2 приведены результаты определения плотности материалов от количества циклов насыщения при различной нагрузке на полотно в процессе намотки. Данные результаты также свидетельствуют о том, что по мере повышения нагрузки, прилагаемой к полотну при намотке, снижается проницаемость заготовок для насыщающего раствора, а это препятствует увеличению плотности материала заготовок.

Исследование термостойкости материалов с различной плотностью наполнения матричным материалом проводили в режиме термоциклирования (нагрев 25°C → 1100°C в течение 10 минут, охлаждение в воде, сушка в течение 20 минут при 25°C). В процессе испытаний проводился визуальный контроль внешнего вида образцов и фиксирование появления трещин и других дефектов на поверхности. Результаты испытаний композиционных материалов при различных нагрузках на полотно при намотке показывают, что с повышением прочности материалов на сжатие, снижается их термическая стойкость.

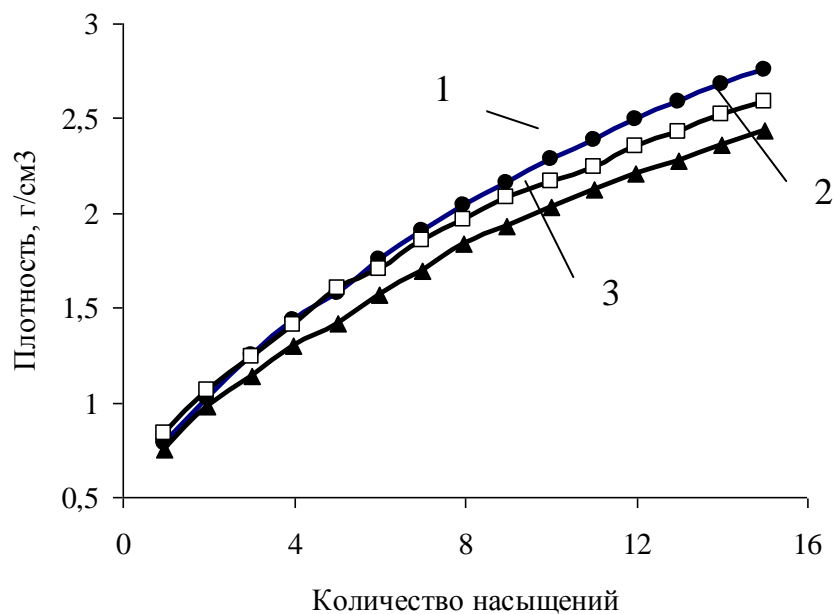


Рисунок 2. Зависимость плотности материала от количества циклов насыщения и нагрузки на полотно (нагрузка: 1 –60 Н; 2- 100 Н; 3- 120 Н).

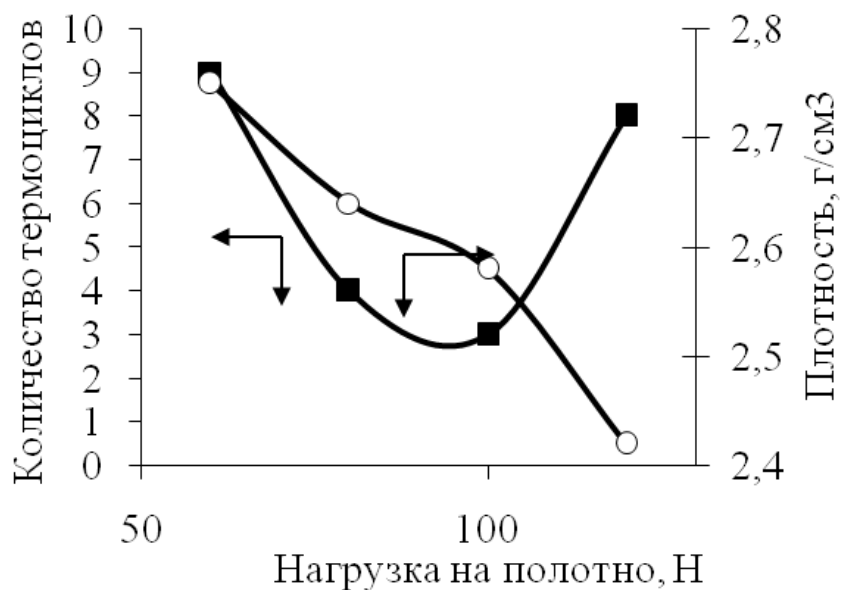


Рисунок 3. Зависимость плотности материала и термической стойкости от нагрузки на полотно при намотке после 15 циклов насыщения (режим: нагрев 25°C ↔ 110°C в течение 10 минут, охлаждение в воде).

Испытания термостойкости образцов показали, что недостаточная связь между слоями материала приводит к межслойному распространению трещин при термоциклировании.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЙ МАТЕРИАЛОВ

Проценко И.Г., Брусенцов Ю.А., Филатов И.С.

*Тамбовский государственный технический университет,
кафедра «Материалы и технология», Тамбов, iliaprocenko@rambler.ru.*

Разрушение изделий, вызванные всесторонними физическими нагрузками, приводит к разрушению материала, что недопустимо, следовательно, существует необходимость в обеспечении контроля напряженно-деформированного материалов.

Широкое распространение получили средства неразрушающего контроля состояний изделий или материалов, а также их основных эксплуатационных параметров. Наибольший интерес представляет ультразвуковая контрольно-измерительная аппаратура, использующая в качестве волнового излучателя пьезокерамику, дающую наиболее точные метрологические характеристики данного метода контроля.

В качестве источника ультразвуковых колебаний впервые использовался природный минерал - сегнетова соль, обладающая пьезоэффектом. Данное свойство материала, связано с возникновением электрического сигнала, после приложения к нему любого физического воздействия. Это обуславливаются особенностями строения кристаллической решетки, имеющей структуру перовскита - природного минерала CaTiO_3 . В настоящее время широкое распространение получила пьезокерамика, обладающая, по сравнению с природными материалами, наилучшими пьезоэлектрическими свойствами. Она описывается формульной единицей ABO_3 и может быть представлена в виде простой кубической элементарной ячейки, в вершинах которой находятся большие катионы А, в центре находятся малые катионы В, при этом атомы кислорода О занимают середины граней (рис. 1).

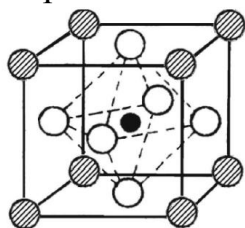


Рисунок 1. Элементарная ячейка перовскитной структуры: вершины куба - атомы А-подрешетки; в центре куба - атомы В-подрешетки; в центрах граней - атомы кислорода

Кислородные октаэдры перовскитной структуры соприкасаются своими вершинами и заполняют все пространство кристалла [1], таким образом, обеспечивая неповторимые пьезоэлектрические свойства. В качестве катионов в положениях А и В могут выступать элементы с парными валентностями 1 и 5, 2 и 4, 3 и 3 [2].

Среди большого числа перовскитных пьезокерамик в настоящее время в промышленности широкое распространение получил материал на основе твердого раствора цирконата – титаната свинца (ЦТС), благодаря уникальным свойствам и высокой технологичности. На его основе, с по-

мощью легирования различными химическими элементами, получено большое количество твердотельных оксидных соединений. Они проявляют пьезоэлектрические свойства и обладают высокими электрическими и диэлектрическими параметрами, что и позволяющими использовать их во многих контрольно-измерительных приборах и системах, в том числе и ультразвуковых системах контроля.

Однако, использование ЦТС в дальнейшем маловероятно, что обуславливается несколькими причинами. Во-первых, дальнейшее примесное легирование материала улучшая некоторые параметры, приводит к ухудшению других электрических, технологических и эксплуатационных параметров, что негативно сказывается при практическом применении. Во-вторых, из-за высоко содержания (порядка 60%) высокотоксичного компонента – свинца, сегодня данный тип керамики не отвечает нормам экологической безопасности и не позволят использовать его при повседневной деятельности человека.

Учитывая сложившиеся ограничения на использование ЦТС, наибольший интерес представляет бессвинцовая пьезокерамика на основе ниобата калия-натрия $(K, Na)NbO_3$, или титаната калия-натрия $(K, Na)TiO_3$. Замещение токсичного свинца атомами калия и натрия позволяет получить соединения, проявляющие целый ряд полезных свойств: таких как сочетание низкого значения диэлектрической проницаемости и сравнительно высокого значения пьезомодуля, а также коэффициента электромеханической связи [3].

Отличительные особенности бессвинцовой пьезокерамики позволяет говорить о возможности дальнейшего ее применении в акустических системах контроля напряженно-деформированного состояния материала с повышением метрологических характеристик. Варьирование состава с помощью примесных элементов позволяет расширить область применения данного материала.

Список используемых источников

1. Глозман, И.А. Пьезокерамические материалы в электронной технике / И.А. Глозман – М.-Л.: Энергия, 1964. – 192 с.
2. Головин, В.А. Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов / В.А. Головин, И.А. Каплуков, О.Д. Малышкина, Б.Б. Педько – М.: Техносфера, 2013 – 270 с.
3. Гуськов, Л.Г. Получение и электрофизические свойства бессвинцовой пьезокерамики на основе модифицированного ниобата калия-натрия / Л.Г. Гуськов, Н.А. Спиридонов, Д.В. Кузенко, Н.Г. Кисель, В.М. Ищук // Журнал Донецкого национального технического университета. Серия: Химия и химические технологии. Изд. ДонНТУ. – 2010. – Вып. 15 (163). – с. 81-86.

О МЕХАНИЗМЕ ПРОВОДИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ПОЛУПРОПРОВОДНИКОВ

*Черных Д.А., Минаев А.М., Тялина Л.Н.
Тамбовский государственный технический университет,
кафедра «Материалы и технология», Тамбов*

При исследовании полупроводниковых материалов, применяемых в электронной технике, для объяснения различных физических эффектов чаще всего используется зонная теория кристаллических тел.

В изолированном атоме электроны находятся в связанном состоянии и могут занимать только определенные (разрешенные) энергетические уровни в соответствие с квантовыми числами: n (главное квантовое число), l (орбитальное квантовое число) и m (магнитное квантовое число). При этом в отдельном атоме волновые функции электронов не перекрываются. Свободный же электрон характеризуется непрерывным спектром энергий. Поведение электрона в кристалле занимает промежуточное значение: он движется в периодическом поле кристаллической решетки в связи с этим его энергия «разбивается» на чередующиеся зоны разрешенных и запрещенных энергий, т. е. образуется так называемая зонная структура. Можно сказать, что такой электрон свободен, но только в пределах кристалла. Другими словами, энергетический спектр электрона в периодическом электростатическом поле кристаллической решетки состоит из ряда энергетических зон, которые могут быть разделены зонами запрещенных энергий. Считается, что внутри каждой энергетической зоны энергия электрона изменяется непрерывно. Представление об энергетических зонах (и зонах Бриллюэна) составляет основу современной электронной теории твердых (кристаллических) тел.

Можно показать, что зона в состоянии вместить не более $2N(2l+1)$ электронов, где N - число атомов кристалле. В связи с этим, при анализе свойств металлов, диэлектриков и полупроводников, говорят о частично и полностью заполненных зонах. Если одна из зон разрешенных энергий заполнена электронами частично, а следующая зона – пустая, то такой кристалл будет обладать металлической проводимостью. Когда же эта зона (валентная) полностью заполнена, а следующая (зона проводимости) – пустая, то возможны разные варианты в зависимости от ширины зоны запрещенных энергий. Когда энергетическая «щель» между валентной зоной и зоной проводимости соизмерима с величиной тепловой энергии $k_B T$ (k_B - постоянная Больцмана, T - температура), равной примерно 0,02 эВ, то такой материал относится к полупроводникам. В этом случае тепловой энергии достаточно, чтобы электрон преодолел энергетическую щель запрещенных энергий и попал в незаполненную зону проводимости, где он приобретает способность к ускорению в электрическом поле. Чем выше температура нагрева, тем больше концентрация электронов (n -носителей) в зоне проводимости и, естественно, выше проводимость. Освободившиеся электронные уровни в валент-

ной зоне – положительные электронные «дырки» - также участвуют в переносе заряда. К диэлектрикам (изоляторам) относятся такие материалы, у которых ширина запрещенной зоны $\Delta U \gg k_B T$. Понятно, что разделение на полупроводники и диэлектрики достаточно условное.

Здесь стоит остановиться на одном важном вопросе, представление которого в разных источниках трактуется по-разному. Исходя из фундаментального закона квантовой механики – принципа запрета Пауля электроны в зонах разрешенных энергий могут занимать только определенные дискретные подуровни, и на любом из них может разместиться только определенное количество электронов с разными спинами σ . В действительности же система (зона) из $N(2l+1)$ подуровней не дискретна, а образует полосу разрешенных энергий электрона. Покажем это, на соотношение неопределенностей Гейзенберга. Пусть ΔE - энергетическая ширина этой полосы (зоны) подуровней, $\Delta \varepsilon$ - расстояние между соседними подуровнями. Так как число подуровней в зоне с учетом кратности вырождения (по спиновому числу σ) равно $N(2l+1)$, то $\Delta \varepsilon = \Delta E / N(2l+1)$. Для сохранения дискретности энергетического спектра необходимо, чтобы неопределенности энергий подуровней не перекрывались, а это (по Гейзенбергу) возможно, если выполняется соотношение $\Delta \varepsilon > \hbar / \tau$, где τ - время жизни электрона. Другими словами должно выполняться условие

$$\frac{\hbar N(2l+1)}{\Delta E} \prec \tau$$

Оценочные расчеты показывают, что τ должно быть больше 10 лет. В реальных условиях τ всегда меньше. Поэтому система подуровней из-за «размытости» (неопределенности) каждого из них сливается в непрерывную зону, то есть в пределах зоны расширенных энергий электрон ведет себя как свободный.

В зонных полупроводниках, таких как Si, Ge, (элементы с ковалентной связью), даже при комнатных температурах имеется определенное количество возбужденных атомов с соответствующей концентрацией электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне, обеспечивающих электропроводность этих материалов. В собственных (нелегированных) зонных полупроводниках концентрации n- и p-носителей (электронов и дырок равны). Соответствующим легированием элементами разной валентности можно целенаправленно изменять соотношение n / p, создавая тем самым нужный n- или p-тип проводимости.

Наряду с зонными полупроводниками в радиоэлектронных системах применяются полупроводники с ионной связью, например оксидные композиции на основе NiO, Mn-Ni-O, Mn-Co-O и другие. Тип и механизм проводимости в них заметно отличаются от классических зонных полупроводников на основе кремния и германия. Для объяснения физических эффектов в ионных кристаллах до сих пор используется зонная теория, хотя зонная структура по схеме ковалентных Ge и Si в этих материалах образоваться не может. В

ряде случаях зонная теория дает правильные результаты, но некоторые явления она объяснить не в состоянии. Если в полупроводниках с ковалентной связью электроны, возбужденные в зону проводимости, можно считать «более-менее» свободными, то в ионных соединениях таких электронов нет – они локализованы на катионах и анионах. Катионы в кристаллической решетки оксида не контактируют друг с другом (они разделены анионами кислорода), их электронные функции не перекрываются. Поэтому таких зон как в металле и ковалентном кристалле в них сформироваться не может. В связи с этим механизм проводимости в ионных соединениях должен быть иным.

В качестве примера рассмотрим оксидный полупроводник Fe_3O_4 с ионным типом связи. Кристаллическая структура этого оксида изоморфна шпинели. Она представляет собой кубическую элементарную ячейку плотноупакованных анионов кислорода, в октаэдрических тетраэдрических порах которой расположены разновалентные катионы железа. Причем половина Fe^{3+} и Fe^{2+} располагаются в окта-порах. Формулу оксидной шпинели принято обозначать XY_2O_4 , где X -двухвалентный металл, Y -трехвалентный металл. Возможно и другое написание: $\text{X}[\text{Y}_2]\text{O}_4$. В квадратных скобках указывают катионы, размещенные в октапозициях, а за скобками – катионы, расположенные в тетра-порах. Оксид железа теперь можно изобразить как $\text{Fe}^{3+}[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]\text{O}_4^{2-}$. Это так называемая обратная шпинель. В отличие от обратных, прямые шпинели имеют другое расположение катионов: в тетра-порах размещаются двухвалентные катионы, а в окта-позициях – трехвалентное. В окта- и тетра-позициях могут располагаться катионы разных металлов, например $\text{Zn}^{2+}[\text{Al}^{3+}\text{Al}^{3+}]\text{O}_4^{2-}$.

В совершенном ионном соединении отсутствуют свободные «носители», поэтому по своей природе эти соединения ближе к диэлектрикам, чем к полупроводникам. Так стехиометричный оксид никеля имеет сопротивление типичного диэлектрика $\sim 10^{14}$ Ом см. Однако если совершенную закись никеля подвергнуть закалке при $900\dots 1000$ °С, то ее сопротивление снизится на несколько порядков – приблизительно до 10^3 Ом см. После чего NiO станет типичным полупроводником. Причиной таких изменений является увеличение концентрации точечных дефектов (катионных вакансий) и, как результат - нарушение стехиометрии. Присутствие вакансий нарушает электронейтральность соединения. Для восстановления электронейтральности близлежащие двухвалентные катионы должны отдать кислороду недостающие электроны, переходя в трехвалентное состояние $\text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Ni}^{3+}$. При возникновении одной катионной вакансии должны появиться два трехвалентных никеля.

В связи с этим структурную формулу дефектной можно записать в виде $\text{Ni}_{1-3x}^{2+}\text{Ni}_{2x}^{3+}\text{O}^{2-}$. Наличие разновалентных катионов никеля, расположенных в одинаковых кристаллографических позициях создает (при возникновении электрического потенциала) условия для передач заряда почти без затраты энергии по схеме $\text{Ni}^{2+} \xrightarrow{e^-} \text{Ni}^{3+} \rightarrow \text{Ni}^{3+} + \text{Ni}^{2+}$. Этот механизм проводимости называют прыжковым или механизмом перезаряда. Видно, что для обеспечения проводимости здесь не требуется «свободных» носителей, тогда как в

ковалентных (зонных) полупроводниках необходима определенная концентрация электронов в зоне проводимости.

Рассмотрим эффект фотопроводимости, наблюдаемый в полупроводниковых материалах. Сущность этого эффекта состоит в том, что если полупроводник осветить пучком света, то определенное количество электронов может перейти в зону проводимости, если энергии $\hbar\omega$ фотона будет достаточно для преодоления зоны запрещенных энергий. Число образовавшихся носителей при данном частотном ω составе фотонов будет определяться интенсивностью светового потока. Появление дополнительных «фотонных» электронов соответственно увеличит концентрацию свободных носителей заряда. Если освещать только часть поверхности кристалла, то в зону проводимости перейдут только электроны в освещенной части кристалла. В связи с этим возникнет разность концентраций свободных электронов по длине кристалла. Это станет причиной возникновения разности потенциалов на соответствующих гранях полупроводника. Такой эффект действительно наблюдается в экспериментах с ковалентными системами (эффект Дембера).

Другую картину следует ожидать в чисто ионных полупроводниковых соединениях типа NiO, TiO₂, Fe₃O₄ и др. В них при облучении фотонами соответствующей энергии электроны возбуждаются, переходя на следующий энергетический уровень, оставаясь локализованными на «своем» ионе. Чтобы полностью оторвать электрон от катиона никеля, необходима энергия более 50 эВ, что значительно больше энергии светового фотона (~ 3 эВ). Увеличение проводимости в ионных полупроводниках при облучении их световым потоком объясняется тем, что для передачи заряда между возбужденными разновалентными катионами требуется затрачивать меньше энергии. Отсутствие свободных носителей (и зоны проводимости) в ионных полупроводниках было косвенным образом подтверждено в проведенных нами экспериментах. В качестве материала была выбрана система Mn-Ni-O шпинельного NiMn₂O₄ состава. Структурную формулу стехиометрической шпинели запишем в виде $\text{Mn}^{3+}[\text{Ni}^{2+}\text{Mn}^{3+}]_2\text{O}_4^{2-}$. При равновесном охлаждении из гомогенной области однофазная структура шпинели до комнатной температуры не сохраняется из-за ее распада при температуре ~ 705 °С на две фазы: NiMnO₃ и Mn₂O₃.

Экспериментальные образцы в виде таблеток состава NiMn₂O₄ получали традиционным методом порошковой технологии. Окончательный обжиг-спекание проводили при температуре 1240...1260 °С в окислительной атмосфере. После вжигания серебряных контактов образцы подвергали термообработке по двум режимам. В первом случае образцы нагревались в однофазную область (800 °С) и охлаждались медленно (с печью). При втором режиме охлаждения из гомогенной области было быстрым на медной плите. После медленного охлаждения электросопротивление составило около 40·10³ Ом, а электросопротивление быстроохлаждаемых образцов оказалось значительно ниже ~ 100 Ом. Такая разница объясняется тем, что при медленном охлаждении образуется гетерогенная структура (в результате распада NiMn₂O₄ образуются NiMnO₃ и Mn₂O₃), а при быстром охла-

ждение (закалке) фиксируется однофазная структура NiMn_2O_4 . Однофазные низкоомные образцы после измельчения термически напылялись в вакууме из молибденовых лодочек на ситаловую подложку с предварительно нанесенными серебряными контактами.

Полное сопротивление полупроводниковой напыленной пленки составило $\sim 10^4$ Ом. При освещении такой пленки потоком видимого света сопротивление падало до $10^2 \dots 10^3$ Ом в зависимости от интенсивности потока. Важно отметить, что при облучении только части поверхности (у одного из омических контактов) сопротивление уменьшалось пропорционально освещенной площади, однако, разности потенциалов между освещенными и неосвещенными (темными) областями, как у ковалентных полупроводников, обнаружено не было. Это говорит о том, что свободные носители заряда, то есть находящиеся в «зоне проводимости», в ионных полупроводниках отсутствуют. В связи с этим само понятие зоны проводимости и зонной структуры применительно к ионным кристаллам теряет смысл.

АКТУАЛЬНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И РТИ

*Беляев П.С., Маликов О.Г., Селезнев К.А., Рыков Е.Н., Фролов В.А.
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов
polymers@asp.ru*

В настоящее время на территории РФ количество полимерных отходов составляет более одного миллиона тонн в год, а процент их использования все еще низок. Учитывая особенности полимерных материалов - они не подвергаются биологической переработке в почве, проблема их утилизации носит, прежде всего, экологический характер. Немалую часть составляют отходы изношенных автомобильных шин и покрышек. [1]

В развитых странах процент утилизации использованных покрышек приближается к 100%, а в Финляндии - 101%. Это говорит о том, что в стране утилизируют не только уже пришедшие в негодность покрышки, но приступили к переработке накопившихся запасов. В настоящее время осознали потребность во вторичном использовании отходов резиновых изделий: та же Финляндия планирует импортировать 30 тыс. тонн использованных покрышек из Германии для дальнейшей переработки, так как потребность в данном материале страны превышает образуемое количество на 40-45 тыс. тонн. [2]

Изношенные шины могут быть источником дешёвого полимерного сырья при получении из них регенерата. Регенератом - продукт переработки резиновых отходов, характеризующийся способностью смешиваться с каучуком и ингредиентами и подвергаться повторному формованию. По своим характеристикам регенерат близок резиновым смесям, используемым для изго-

товления новых изделий. При регенерации происходит термическая деструкция связей серы, в результате чего их содержание в регенерате уменьшается. Многие вновь образовавшиеся связи в регенерате являются углерод-углеродными. Технологические свойства резиновых смесей, содержащих регенерат, улучшаются. Поэтому при делении регенерата на технические марки учитываются оба этих фактора. [3]

С недавнего времени в нашей стране начали образовываться предприятия по утилизации отходов резиновых изделий, и появляются специализированные пункты приема изношенных автомобильных шин и покрышек. Это обусловлено тем, что отработанные покрышки относятся к четвертому классу опасности. Основная опасность данного вида отхода заключается в возможности их возгорания и выделения при этом в атмосферу вредных для окружающей среды и организма человека веществ.

В регионах с большим количеством предприятий, имеющих большое количество единиц техники, экономически выгодно строить заводы по переработке отходов резиновой промышленности. В итоге предприятие получает несколько статей дохода. Прибыль от оказания услуг по утилизации использованных резиновых шин и покрышек и прибыль от продажи переработанного сырья. Которое в свою очередь пользуется большим спросом как в нашей стране, так и за рубежом.

Области применения резиновой крошки и продуктов утилизации шин:

1. Для дорожного покрытия. Резиновый модификатор асфальта. «Резиновые дороги» (резиноасфальт) с резиновым модификатором на протяжении более 60 лет широко используются в Америке и Европе, где важным фактором являются температурные перепады. В близкой нам по климатическим условиям Канаде постоянно используется резиноасфальт.

Разработаны многочисленные методы «сухого» введения частиц резины в асфальтобетонные смеси при их изготовлении. Такое использование резиновой крошки наиболее простое и низкочатратное, позволяет использовать большое количество переработанного сырья, что является немалым плюсом этого метода. Однако необходимо учитывать что, данный метод пригоден лишь при использовании его в производстве асфальтобетонов для нижних слоев и слоев оснований, где проблема разуплотнения и выкрашивания резины решается за счет перекрытия верхними плотными слоями. При использовании крошки для верхних слоев дорожного покрытия, ничем не связанная резиновая крошка выкрашивается и разносится ветром, по близлежащим территориям осаждаясь едкой резиновой пылью.

Для верхних слоев резиновая крошка нашла свое применение в виде регенерата, используемого для модификации дорожных вяжущих. Так как регенерат близок по своим характеристикам к резиновым смесям используемым в дорожном строительстве, имеет место частичное замещение смеси регенератом, что позволяет снижать стоимость дорожного покрытия до 30%, не ухудшая при этом его физико-механические показатели. [5]

2. Напольные покрытия для спортивных площадок и сооружений, спортивного инвентаря. Наливные полы из резиновой крошки для детских игровых площадок - антискользящие и безопасные покрытия. Резиновая шинная крошка также применяется в качестве наполнителя мешков и боксерских груш. Футбольные поля с искусственным травяным покрытием засыпают резиновой крошкой фр. 1,0 - 2,5 мм. [5]

3. Укрывной строительный материал. Для проведения всего комплекса работ по нанесению покрытий на крышах жилых и производственных строений рекомендуются к применению различные материалы с добавлением резиновой крошки: уклоны (до 90% резиновой крошки), заделка швов (до 50% резиновой крошки), заделка стыков (до 70% резиновой крошки), непосредственно покрытие (до 50% резиновой крошки). Финишный самый стойкий слой с применением резиновой крошки предохраняет все нижележащие слои. [5]

4. Конструктивный фибробетон. Металлический и текстильный корд в определенной пропорции смешивается с резиновой крошкой и добавляется до 50% в сухую цементно-песчаную смесь. Применяется для глубинной заливки фундаментов, покрытия полов и трапов, в местах интенсивного потока людей. Смешиваются полиуретан с 50% мелкой (фракции менее 3 мм) очищенной резиновой крошкой. Применяется как для закрытых, так и открытых помещений. Фибробетон в силу своих свойств применяется в регионах с суровыми климатическими условиями, в том числе в регионах вечной мерзлоты.

Исходя из всего вышеперечисленного, отрасль переработки отходов резиновых шин и РТИ нуждается в развитии, и является актуальным вопросом для государства. Решение проблемы переработки и вторичного использования сырья несет в себе большой экономический и экологический потенциал.

Список используемых источников

1. Беляев, П.С. Исследование влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума в процессе его модификации/ П.С. Беляев, М.В. Забавников, О.Г. Маликов, Д.С. Волков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2005. Т. 11. № 4. С. 923-930.

2. Беляев П.С. Получение резинобитумных композиционных материалов. Непрерывный способ производства / П.С. Беляев, М.В. Забавников, О.Г. Маликов. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. - 144 p.

3. Шеин В.С., Основные процессы резинового производства: Учеб. пособие для вузов/ В.С. Шеин, Ю.Ф. Шутилин, А.П. Гриб. – Л.: Химия, 1988. – 160 с., ил.

4. Смирнов Н.В. (НПГ "Информация и технологии" – «ИНФОТЕХ») «Технология и материалы битрэк – эффективное решение экологической проблемы масштабной утилизации отходов резины»

5 EcoStep Вся правда о рынке резиновой крошки. http://www.eco-step.ru/info/vagnaya_info/pravda-rezinovay-kroshka

ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ*

*Валитова Э.В., Мухаметрахимов М.Х., Валитов В.А., Лутфуллин Р.Я.
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа*

Известно [1,2], что при деформации в температурно-скоростном режиме сверхпластичности создаются благоприятные условия для формирования твердофазного соединения (ТФС) неорганических материалов. При сварке давлением ТФС образуется в результате пластической деформации, которой сопутствует накопление макропластической деформации свариваемых деталей. Наиболее часто при сварке давлением используется схема одноосного сжатия, для которой характерно неоднородное напряженно-деформированное состояние. Вследствие этого, на контактных свариваемых поверхностях образуются зоны затрудненной деформации, где напряженное состояние близко к гидростатическому давлению, и поэтому пластическая деформация не развивается, хотя для формирования качественного физического контакта свариваемых поверхностей необходимо наличие сдвиговых деформаций. В случае сварки разнородных материалов важную роль играют также их физико-механические свойства, в частности, прочностные и пластические характеристики [3]. Например, в работе [4] было показано, что в центральной зоне свариваемых по схеме одноосного сжатия образцах наблюдается высокая плотность, а в периферийных зонах, где имеет место сдвиговая деформация, формируется качественное беспористое соединение. Из этого следует, что, по крайней мере, поверхность одной из свариваемых деталей должна благоприятствовать развитию сдвиговых деформаций, что может быть достигнуто, например, за счет предварительного формирования профиля на свариваемой поверхности.

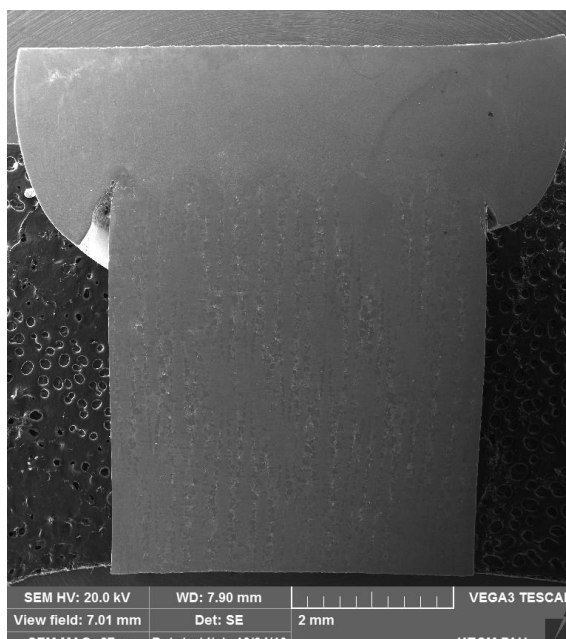
В настоящей работе было рассмотрено влияние профиля поверхности на формирование ТФС при сварке давлением сплава на основе интерметаллида Ni_3Al со сплавом ХН58МБЮД.

Сварку давлением образцов из исследуемых сплавов осуществляли на установке типа ИМАШ 20-78. Образцы размером $5 \times 5 \times 6$ мм³ соединяли при температуре 850°C с начальной скоростью деформации 10^{-3} с⁻¹ на степень деформации до 35%. Свариваемая поверхность образцов из сплава ХН58МБЮД была плоской, а из интерметаллидного сплава Ni_3Al была изготовлена в двух вариантах зигзагообразной с треугольными и прямоугольными выступами. Результаты экспериментов приведены на рис. 1 и 2.

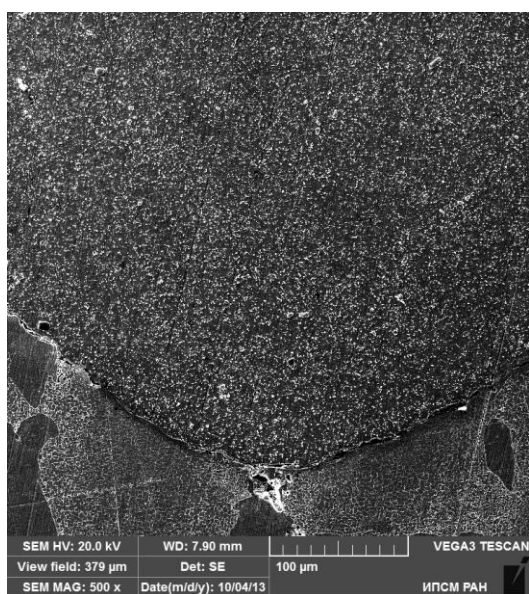
На рис. 1 видно, что при сварке давлением деформация локализовалась в образце из сплава ХН58МБЮД, который в выбранных условиях деформации в УМЗ состоянии демонстрировал сверхпластические характеристики. Благодаря этому в процессе сварки давлением пластическая деформация

сплава ХН58МБЮД привела практически к полному заполнению углублений на свариваемой поверхности образца из интерметаллидного сплава на основе Ni_3Al . При этом образец из интерметаллидного сплава практически не деформировался, что очень важно для сохранения монокристаллической структуры этого материала.

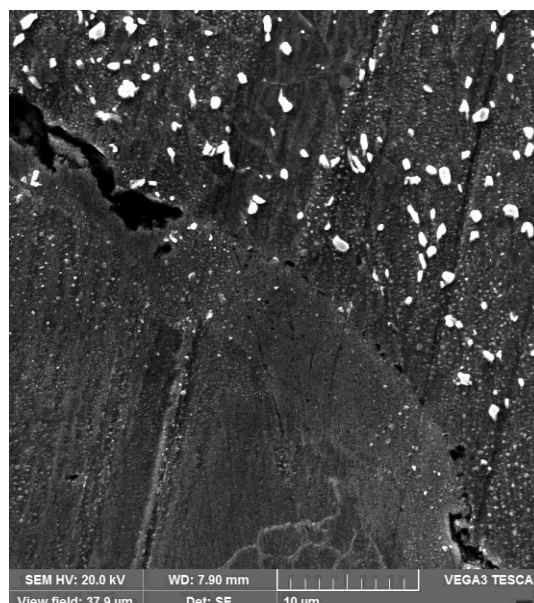
Аналогичные результаты были получены при сварке давлением изученных сплавов с другим прямоугольным профилем свариваемой поверхности из сплава ХН58МБЮД.



а



б



в

Рисунок 1. Твердофазное соединение сплава на основе интерметаллида Ni_3Al и сплава ХН58МБЮД. Профиль свариваемой поверхности сплава ХН58МБЮД зигзагообразный с треугольными выступами.

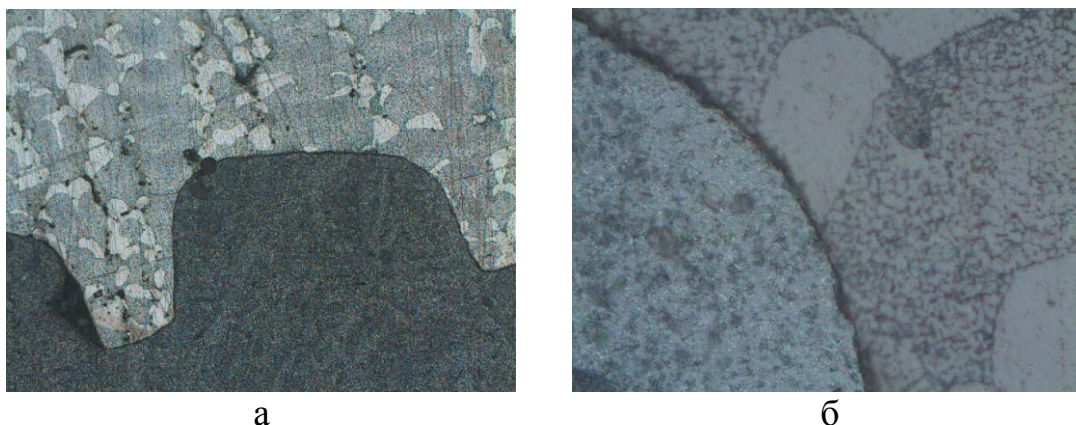


Рисунок 2. Твердофазное соединение сплава на основе интерметаллида Ni_3Al и сплава ХН58МБЮД. Профиль свариваемой поверхности сплава ХН58МБЮД зигзагообразный с прямоугольными выступами: а- увеличение $\times 100$; б- увеличение $\times 1000$

Таким образом, показано, что сварка давлением в условиях низкотемпературной сверхпластичности одного из свариваемых материалов, является эффективным методом для получения твердофазных соединений из разнородных гетерофазных никелевых сплавов.

В дальнейших исследованиях предполагается проведение компьютерного моделирования по оптимизации профиля свариваемых поверхностей и оценка качества ТФС по микроструктуре и механическим свойствам как после сварки, так и после окончательной термической обработки, направленной на восстановление жаропрочных характеристик, в частности сплава ХН58МБЮД.

Список используемых источников

1. Lutfullin R.Ya., Kaibyshev O.A., Safiullin R.V., Valiakhmetov O.R., Mukhametrahimov M.H. Superplasticity and Solide State Bonding of Titanium Alloys. Acta Metallurgica Sinica (English Letters), 2000, V.13, 2, p.561-566.
2. Лутфуллин Р.Я. Сверхпластичность и твердофазное соединение наноструктурированных материалов Часть I. Влияние размера зерна на твердофазную свариваемость сверхпластичных сплавов. Письма о материалах, 2011, т.1, вып. 1. – с.59-64.
3. Диффузионная сварка разнородных материалов: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.В. Люшинский. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 208 с.
4. Э.В. Валитова, Р.Я. Лутфуллин, М.Х. Мухаметрахимов, В.А. Валитов Формирование ультрамелкозернистой и нанокристаллической структуры методами интенсивной пластической деформации в никелевом сплаве ХН58МБЮД // Перспективные материалы. Спец. вып. №15. 2013. С. 35 – 39.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-08-12200.*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВ ИЗ ОТХОДОВ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Воробьев Е.А., Емельянов И.П.

*ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», Курск,
evg.vorob91@yandex.ru*

Порошковая металлургия в настоящее время является экономически выгодной заменой механической обработки при массовом производстве. Применение методов порошковой металлургии позволяет достигать высокой точности производимых изделий, высокой производительности труда и значительной экономии средств в народном хозяйстве страны, а также особых свойств или заданных характеристик, которые невозможно получить каким-либо другим методом. Экономия достигается за счет получения изделий высокой прочности, рационального использования металла, снижения его потерь, повышения качества изделий, создания новых прогрессивных деталей и др.

Одним из наиболее перспективных методов получения порошков, практически из любого токопроводящего металла, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД). Преимущества этого метода заключаются в относительно невысоких энергетических затратах, безвредности и экологической чистоте процесса, отсутствии механического износа оборудования, получении порошка непосредственно из кусков твердого сплава различной формы за одну операцию, получении частиц преимущественно сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон [1].

Технологический процесс получения порошков из отходов быстрорежущих сталей методом ЭЭД включает следующие операции:

1. Сбор и сортировка отходов сталей по маркам (химическому составу);
2. Очистка отходов (от загрязнений, стружки);
3. Загрузка отходов быстрорежущих сталей в реактор и подключение электродов;
4. Заливка в реактор рабочей жидкости (воды дистиллированной или керосина осветительного);
5. Выбор режимов диспергирования;
6. Электроэрозионное диспергирование;
7. Отстаивание и слив рабочей жидкости;
8. Отделение наноразмерной фракции центрифугированием;
9. Химическая очистка порошка (при необходимости);
10. Прокаливание порошка в печи при температуре 150-200 °С в течение 20-30 минут.
11. Контроль качества [2].

Метод электроэрозионного диспергирования может быть использован для переработки отходов твердых сплавов, в частности быстрорежущих ин-

струментальных сталей. Инструментальные быстрорежущие стали, созданные в 1902 году до настоящего времени являются основным инструментальным материалом, из которого изготавливают до 60% всего инструмента, применяемого промышленностью. Эти стали сохраняют твёрдость до 700 °С, имеют высокую твёрдость (HRC 63 – 70), повышенное сопротивление пластической деформации, что позволяет применять их практически для всех случаев механической обработки со средней производительностью. Высокие свойства быстрорежущей стали получены введением в её состав до 18% вольфрама, который при закалке образует зёрна карбида вольфрама, обладающего высокой твёрдостью и теплостойкостью. Дефицит вольфрама заставил создавать быстрорежущие стали с пониженным до двух процентов содержанием вольфрама (P12, P9, P6, P2). В качестве карбидообразующих элементов стали применять молибден, ванадий и другие тугоплавкие элементы. Так появились быстрорежущие стали P9M5, P6M5, P5M4Ф4, P2M8, P2M8Ф5K5 и другие. В целом все эти быстрорежущие сплавы аналогичны сталям P18 и P9, но содержат меньшее количество дефицитного вольфрама.

Порошки быстрорежущих сталей (10P6M5, M6Ф1, M6Ф3, M10Ф3, P2M10Ф3) используются для изготовления режущего и формообразующего инструмента методом горячего компактирования. Наиболее эффективно использование порошковых быстрорежущих сталей для изготовления инструмента больших размеров, тонкого инструмента, инструмента, работающего в агрегатных станках и станках с программным управлением, биметаллического инструмента. Быстрорежущие порошковые стали могут использоваться также для восстановительного ремонта и упрочнения штамповой оснастки, валков станов холодной прокатки, различных конструкционных деталей с использованием прогрессивных методов плазменной наплавки с применением присадочного материала в виде проволоки, лент и порошков. Наиболее распространена плазменная наплавка с вдуванием порошка в дугу [3].

Для осуществления плазменной наплавки металла требуется несложное оборудование и небольшая производственная площадка. Плазма представляет собой высокотемпературный газ. Ионизация газа вызывается действиями высокой температуры электрической дуги или электрического поля высокой частоты. В ремонтной практике ионизация газа осуществляется при помощи электрической дуги.

В качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, кислород и воздух. Устройство, в котором получают плазму, называется плазмотроном. Плазмообразующий газ пропускают через узкий канал, в котором между двумя электродами создается дуговой разряд. Газ сжимает дугу, что приводит к повышению его температуры до 16 000...30 000° С.

Выделение большого количества тепла в малом пространстве приводит к ионизации плазмообразующего газа. Плазма имеет повышенную электропроводность, что позволяет управлять ею при помощи магнитных электрических полей.

Скорость движения частиц в струе плазмы весьма высока. При давлении газа 0,2...0,3 МПа и силе тока 400...500А скорость частиц в плазменной струе может превышать 15000 м/с.

Установка для плазменной наплавки деталей состоит из источника питания током, реостатов, дросселя, осциллятора, плазмотрона, пульта управления и контроля, системы циркуляции воды, приспособления для автоматической подачи порошка или проволоки и приспособления для перемещения наплавляемой детали или плазмотрона.

Таким образом, порошковая металлургия позволяет решать вопросы, связанные с изготовлением материалов и изделий как с обычными, так и особыми свойствами. Эффективность порошковой металлургии повышается в условиях массового производства изделий. Принимая во внимание растущее потребление металла металлургическими и машиностроительными предприятиями, предлагаемый способ переработки отходов может найти широкое промышленное применение.

Список используемых источников

1. Агеев Е.В., Агеева Е.В., Воробьев Е.А. «Металлургические особенности процесса электроэрозионного диспергирования отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов». Материалы 9-й международной научно-практической конференции «Динамика как современная наука» Том 12. – София.: «БялГРАД-БГ» ООД, 2013.

2. Агеева Е.В., Агеев Е.В., Воробьев Е.А. «Технология получения порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования, пригодных к промышленному применению». Материалы 9-й международной научно-практической конференции «Новейшие достижения европейской науки» Том 19 Технологии. – София.: «БялГРАД-БГ» ООД, 2013.

3. Гуляев А.П. «Металловедение». Учебник для втузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

ТВЕРДОФАЗНАЯ СВАРКА НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ХН58МБЮД В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ*

*Валитова Э.В., Лутфуллин Р.Я., Валитов В.А., Мухаметрахимов М.Х.
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН*

Сварка конструкционных материалов в твердом состоянии относится к перспективным ресурсосберегающим технологиям машиностроения. При сварке давлением твердофазное соединение (ТФС) образуется в результате пластической деформации, которой сопутствует накопление макропластической деформации свариваемых деталей [1]. В настоящее время одним из наиболее перспективных методов получения неразъемных соединений является сварка давлением в условиях сверхпластичности (СП), которая может быть реализована при формировании в заготовках ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры. Измельчение зерен в сплаве до нанокристаллического размера (50÷100нм) позволяет реализовать эффект низкотемпературной СП [2]. СП деформация изменяет кинетику формирования твердофазного соединения и существенно сокращает длительность процесса соединения для одноименных сплавов в сравнении с классической диффузионной сваркой [3].

Целью настоящей работы является исследование влияния деформационно-термической обработки на формирование УМЗ и НК структуры и оценка возможности получения качественного твердофазного соединения при сварке давлением никелевого сплава ХН58МБЮД.

В исходном состоянии никелевый сплав ХН58МБЮД, широко используемый в авиакосмической промышленности для изготовления различных деталей, имеет крупнозернистую (50÷60мкм) структуру. Измельчение зерен в сплаве до УМЗ (0,5÷0,8мкм; Рис.1), или НК (50÷80нм) уровня является необходимым условием для реализации эффекта низкотемпературной СП[2].

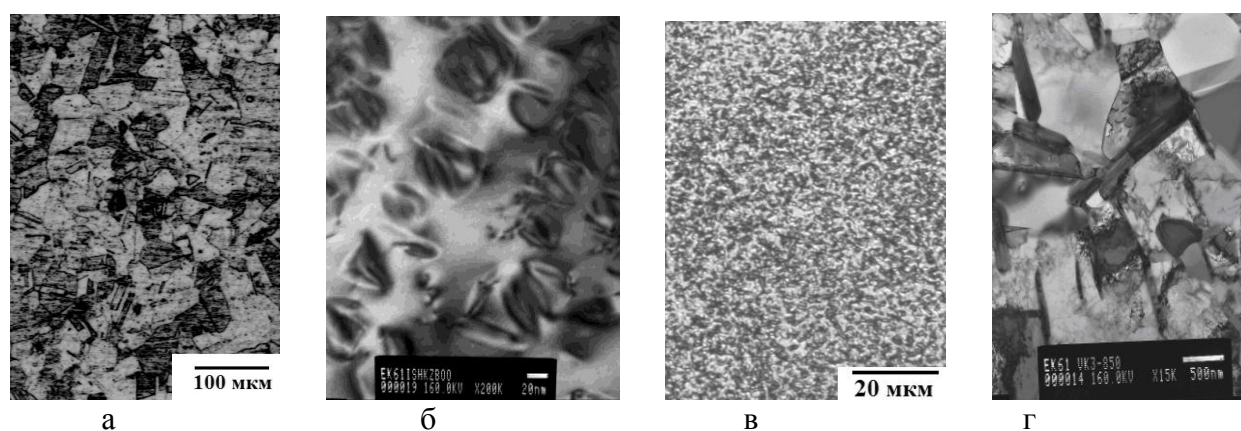


Рисунок 1. Микроструктура сплава в исходном состоянии (а, б) и после всесторонней изотермическойковки в интервале температур и 950÷800°С (в, г).

Было изучено деформационное поведение УМЗ сплава ХН58МБЮД в широком интервале температур 600÷1100°С. Оказалось, что в изученном интервале температур сплав имеет высокую технологическую пластичность.

Исследование возможности формирования ТФС в сплаве ХН58МБЮД проводилось при температуре 800°С, что соответствует максимальному проявлению низкотемпературной СП в этом сплаве (Рис.2). Эксперименты по сварке давлением КЗ образцов из сплава ХН58МБЮД показали, что при температуре 800 °С соединить их не удалось. Деформация образцов при этом была минимальной и составила 5%. В этой связи была подробно изучена возможность получения ТФС для образцов в различных структурных сочетаниях. В эксперименте по достижению соединения двух УМЗ образцов осадкой было обнаружено, что оба образца продеформировались равномерно. При этом общая степень деформации составила 35%, относительная протяженность пор в зоне соединения составила менее 10%. Были отмечены участки, где поверхность соединения ориентирована перпендикулярно оси приложения нагрузки. Обнаружены также участки, где поверхность соединения развернулась под углом к оси приложения нагрузки, что может свидетельствовать о развитии деформационного течения материала, благоприятно влияющего на формирование ТФС.

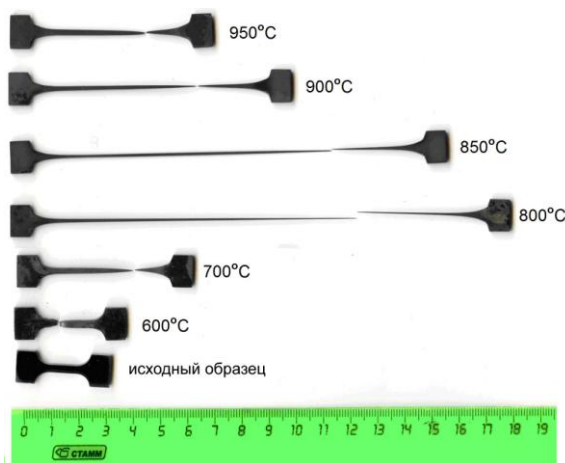


Рисунок 2. Растянутые образцы из сплава ХН58МБЮД при различных температурах деформации

Рассматривая ТФС в соединении КЗ и УМЗ образцов, было обнаружено, что деформируется преимущественно УМЗ образец. Общая степень деформации составила 29%, при этом степень деформации УМЗ образца - 45%. В соединении имеются протяженные участки с перпендикулярной ориентацией поверхности соединения к оси приложения нагрузки, расположенные в центральной части соединяемых образцов. Относительная протяженность пор на этих участках достигает 80%. Необходимо отметить, что на участках ТФС, которые расположены под наклоном к оси приложенной нагрузки, сформировано более качественное соединение, о чем свидетельствует низкая относительная протяженность пор – до 10 %.

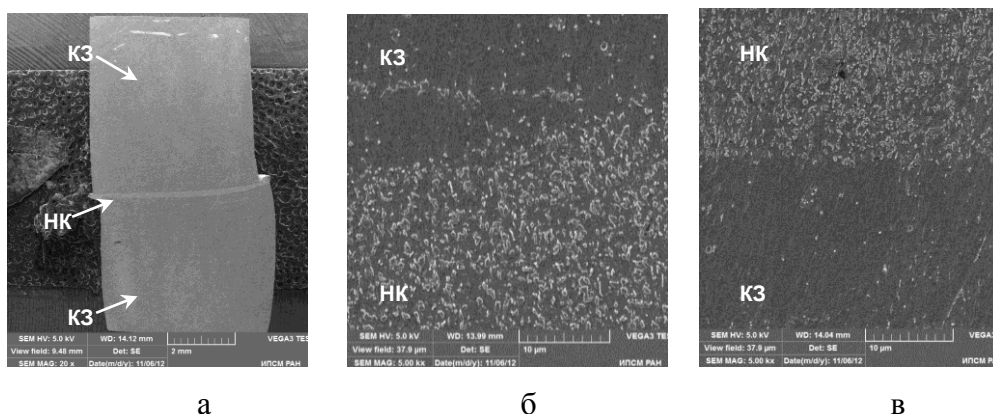


Рисунок 3. ТФС образцов КЗ+НК+КЗ сплава ХН58МБЮД после сварки давлением при температуре 800°С: (а) общий вид, (б, в) локальные участки

Наиболее интересные результаты получены при сварке давлением образцов через НК. Установлено, что деформируется преимущественно прослойка (Рис.3). Общая степень деформации составила 16%, степень деформации НК прослойки распределяется неравномерно, и ее величина увеличивается от центра к краям боковой поверхности и достигает 50%. Вблизи боковой поверхности отмечается низкая протяженность пор (до 10%). В центральной зоне, где деформация НК прослойки минимальна, относительная протяженность пор также низка. При сварке давлением отмечена локализация деформации в НК прослойке, а в соединении КЗ+УМЗ деформируется главным образом УМЗ образец. Это связано с тем, что в материалах с УМЗ и НК структурами они более пластичны, чем материалы с КЗ структурой.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов показано, что сваркой давлением в условиях низкотемпературной СП можно получить относительно качественное ТФС образцов из сплава ХН58МБЮД с исходной УМЗ и НК структурой.

Список используемых источников

1. Лутфуллин Р.Я., Сверхпластичность и твердофазное соединение наноструктурированных материалов Часть I. Влияние размера зерна на твердофазную свариваемость сверхпластичных сплавов. //Письма о материалах, 2011г., Т.1, С. 59 - 64. - ISSN 2218-5046.
2. Валитова Э.В., Лутфуллин Р.Я., Валитов В.А. Влияние скорости и температуры деформации на микроструктуру и свойства ультрамелкозернистого свариваемого сплава ХН58МБЮД //Перспективные материалы. Спец. вып. №15. 2013. С. 30 – 34.
3. Kaibyshev O.A., Lutfullin R.Ya., Safiullin R.V. The nature of solid state joint formation under superplasticity and some practical application of this phenomenon, Superplasticity and Superplastic Forming (Las Vegas, USA, 1995), P.241-249.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-08-12200.*

НАПОЛНЕННЫЕ ЭПОКСИДНЫЕ КОМПАУНДЫ

*Яковлев Н.А., Плакунова Е.В., Панова Л.Г.
Энгельсский технологический институт (филиал)
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.», xt.techn.sstu@yandex.ru*

Особенно важным свойством эпоксидных олигомеров является их способность к совмещению с различными продуктами с целью направленной модификации и улучшения свойств композитов.

В исследованиях были использованы эпоксидная смола марки DER.330, соединения полифункционального действия, выполняющие одновременно роль замедлителей горения и пластификаторов трифениловый эфир ортофосфорной кислоты – трифенилфосфат (ТФФ) и трикрезилфосфат (ТКФ). Отверждение состава проводили триэтилентетрамином (ТЭТА).

Натрий кремнефтористый (НКФ) является технологическим отходом производства фосфорной кислоты. НКФ находит широкое применение при изготовлении теплоизоляционных и декоративных потолочных панелей, в полимерсиликатно-бетонной смеси для изготовления облицовочно-декоративных и строительных изделий, в составе клеев, для фторирования воды и т.д.

Исследование гранулометрического состава НКФ показало, что НКФ относится к мелкодисперсным и не полидисперсным наполнителям со средним размером частиц 20мкм. Насыпная плотность составляет 0,9846 г/см³.

Оценка влияния НКФ на структурообразование эпоксидной матрицы проведена по анализу содержания в отвержденной матрице гель-фракций.

Установлено, что с увеличением содержания НКФ с 1 до 30% масс. степень отверждения увеличивается с 73-80%. Термообработка повышает степень отверждения, табл.1.

Таблица 1

Влияние состава и температуры отверждения на степень отверждения эпоксидных композиций

Содержание Na ₂ Si F ₆ ,% масс.	Температура отверждения, °С	Степень отверждения, %
-	24	97
1	24	61
	90	73
10	24	64
	90	75
20	24	65
	90	79
30	24	69
	90	80

Изучение кинетики отверждения наполненной эпоксидной композиции показало, что при увеличением содержания НКФ (с 1 до 30 масс.%) в композиции значительно увеличивается температура отверждения с 56 до 82-98-98-106⁰С, соответственно, уменьшаются время гелеобразования, жизнеспособность состава и время отверждения, табл.2.

Таблица 2

Влияние содержания НКФ на кинетику процесса отверждения эпоксидных композиций, содержащих масс.ч. 100DER+33ТФФ+50ТХЭФ+15ТЭТА

Содержание НКФ, %	Время гелеобразования, $\tau_{\text{гел}}$, мин	Время отверждения, $\tau_{\text{отв}}$, мин	Максимальная температура отверждения, T_{max} , ⁰ С
-	90	156	56
1	78	133	82
10	82	130	98
20	92	115	98
30	67	94	106

При введении 1% НКФ в эпоксидный состав отмечено резкое повышение механических свойств, а дальнейшее повышение их содержания несколько снижает показатели свойств. Следовательно, введение 1% НКФ является структурообразующей, модифицирующей добавкой, табл.3.

Таблица 3

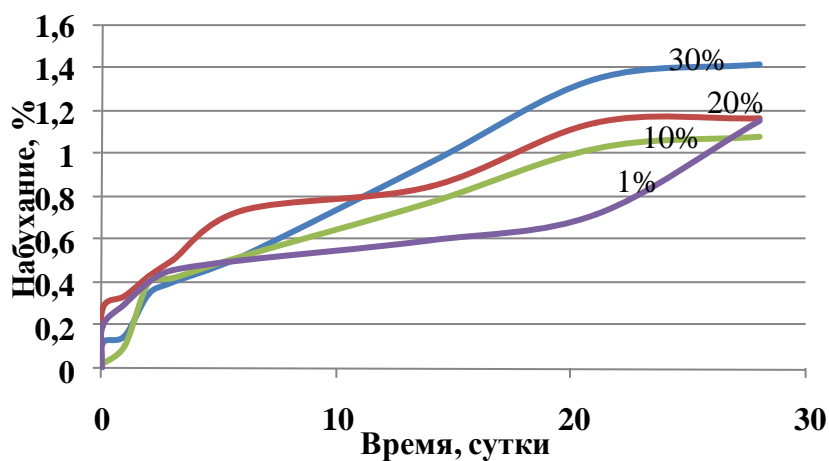
Влияние содержания НКФ на свойства эпоксидного композита, содержащего масс.ч. 100DER+33ТФФ+50ТХЭФ+15ТЭТА

Содержание НКФ, %	Разрушающее напряжение при изгибе, $\sigma_{\text{и}}$, МПа	Ударная вязкость, $a_{\text{уд}}$, кДж/м ²	Твердость по Бринеллю, МПа	Теплостойкость по Вика
-	17/54	4	-	-/48
1	27/73	17	6,5	102/82
10	24/80	13	6	108/90
20	20,5/88	12	5,8	112/110
30	19/94	12	5,6	117/112

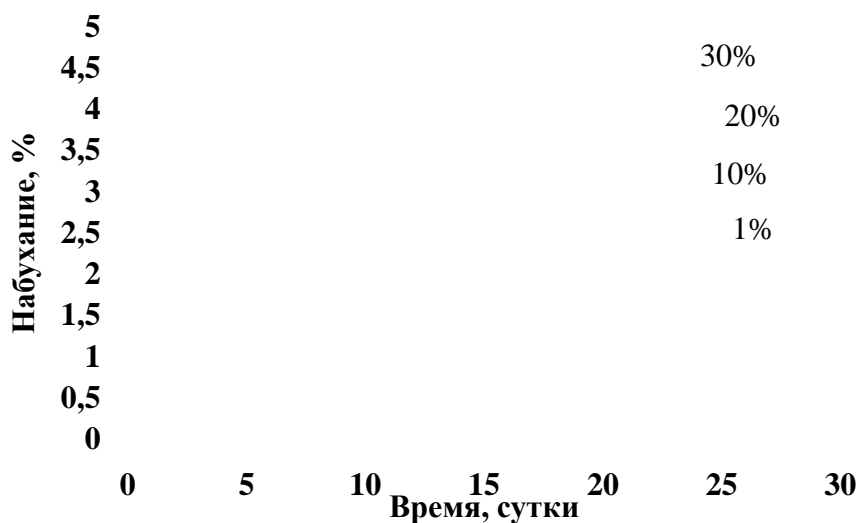
*Примечание: в знаменателе данные по $\sigma_{\text{и}}$ для составов, содержащих 50 масс.ч. пластификатора - ТХЭФ.

В связи с тем, что изделия могут эксплуатироваться в различных средах, оценено влияние НКФ на устойчивость композитов в различных средах, в том числе и агрессивных.

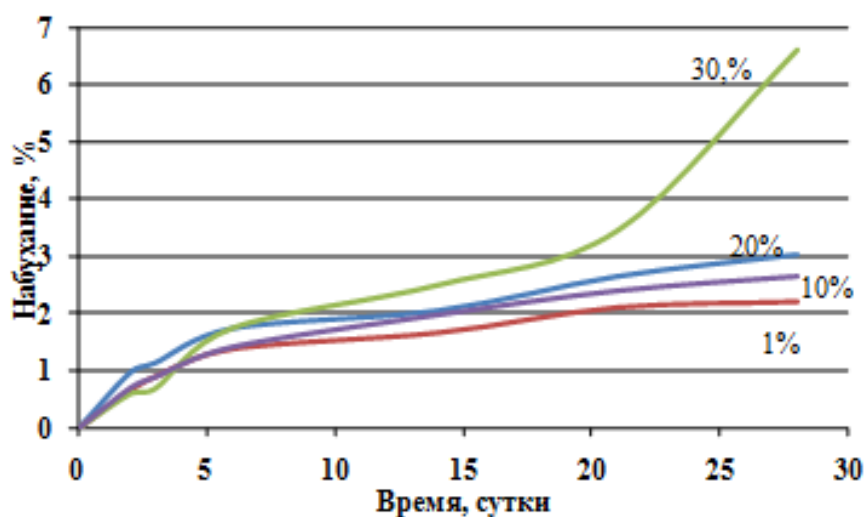
Проведены испытания составов с различным содержанием НКФ. Определение водопоглощения, показало, что с увеличением содержания НКФ водопоглощение несколько увеличивает, меньшим водопоглощением характеризуется состав, содержащий 1 масс.ч. НКФ.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Влияние содержания НКФ на: а – водопоглощение; б – щелочестойкость; в – кислотостойкость.

Таким образом, разработаны составы эпоксидных композитов, наполненных НКФ с повышенными физико-механическими свойствами, водо- и хемостойкие.

СВС-МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

*Яценко И.В., Яценко В.В., Самборук А.Р.
Самарский государственный технический университет*

Магнитно-абразивная обработка заключается в абразивной обработке поверхности изделия, которая осуществляется за счет движения заготовки и абразивных зерен относительно друг друга в магнитном поле. Большое количество схем магнитно-абразивной обработки и широкие возможности магнитных полей позволяют обрабатывать поверхности самой различной формы: цилиндрические наружные и внутренние, плоские, тел вращения с криволинейной образующей, винтовые и др. Результатом этого процесса является снижение шероховатости обрабатываемой поверхности с одновременным повышением качественных характеристик поверхностного слоя. В последние годы технология магнитно-абразивной обработки активно развивается во многих странах мира, в том числе в России, США, Китае, Японии, Южной Корее и многих других.

Исследования по обработке ряда материалов при различных схемах магнитно-абразивного полирования показали, что порошки для магнитно-абразивной обработки, изготовленные из керамики-металлических материалов (керметов), обладают преимуществами перед порошками из других материалов [1]. Современный способ промышленного производства порошка для магнитно-абразивной обработки из керметов включает в себя следующие операции: приготовление шихты, брикетирование, спекание абразивной и ферромагнитной составляющей, размол брикетов и рассев полученного порошка керметов на фракции по зернистости. Процесс спекания является очень энергозатратным и длительным. В качестве альтернативы в работе [2] предложен способ получения композита состава $Fe_3Al-TiC-Al_2O_3$ методом СВС, который является гораздо менее продолжительным и энергозатратным. Другим преимуществом способа является получение продукта сразу в виде гранул заданного размера, что позволит облегчить последующую операцию их размола и классификации. Однако для оценки возможности промышленной реализации указанного способа требуется установление некоторых закономерностей, в том числе интерес представляет влияние размера гранул реагирующих веществ на процесс протекания реакции, а также состав и свойства продуктов реакции. Авторами настоящей статьи проведен ряд опытов, направленных на изучение данного вопроса.

В качестве реагентов были приготовлены исходные шихты двух составов: Fe_2O_3+Al (термитная смесь) и $Ti+C$. Для исследования влияния размера гранул на процесс реакции были изготовлены гранулы шарообразной формы трех размеров: 2-3 мм, 4-5 мм, 6-7 мм (Рис. 1).

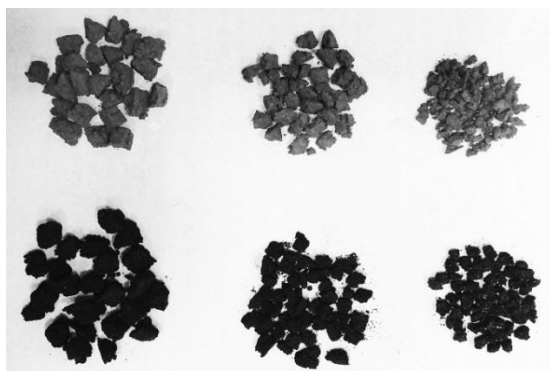


Рисунок 1. Исходные гранулы: сверху - ($\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$), снизу – ($\text{Ti}+\text{C}$).

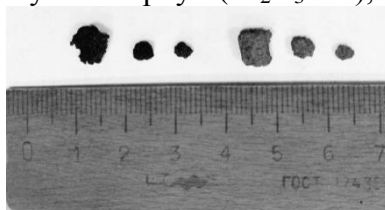


Рисунок 2. Размеры исходных гранул.

Сжигание гранул проводилось по методике, описанной в работе [2]. Содержание гранул состава $\text{Ti}+\text{C}$ в реакционной смеси по массе - 50 %. Горение проходило спокойно, без выбросов.



Рисунок 3. Образцы, полученные в результате реакций с крупными, средними и мелкими гранулами соответственно.

На рис. 3 представлены образцы, полученные в результате реакции, которые представляют собой спеченные друг с другом отдельные гранулы.



Рисунок 4. Размеры полученных гранул

В синтезированных образцах наблюдаются пустоты между спеченными гранулами. На месте этих пустот находились гранулы термитной смеси. Образовавшиеся в результате термитной реакции железо и оксид алюминия были «поглощены» гранулами $\text{Ti}+\text{C}$ вследствие термодиффузии, которая имеет место ввиду более высокой температуры реакции СВС в гранулах $\text{Ti}+\text{C}$, чем в гранулах $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}$. Полученные гранулы близки по размерам к исходным (рис. 4).

Спеченные образцы различаются по трудности разделения на отдельные гранулы. Наиболее просто отделить друг от друга крупные гранулы (6-7 мм), наиболее сложно – мелкие (2-3 мм). Это объясняется тем, что металл, образованный в результате термитной реакции, не полностью поглощается мелкими гранулами Ti+C, возможно, из-за более быстрого остывания, чем в опыте с крупными гранулами, и некоторые из них оказываются соединенными друг с другом расплавом железа.

В промышленности находят применение магнитно-абразивные порошки фракции 100 ÷ 315 мкм, поэтому полученные гранулы требуют дальнейшего измельчения. Экспериментально определено, что трудность размола гранул также находится в зависимости от их размера. Легче всего поддаются измельчению крупные гранулы, что позволяет выдвинуть гипотезу о более равномерном распределении металла в гранулах более крупного размера.

Также экспериментально определено, что магнитные свойства гранул разного размера различны. Все крупные гранулы притягиваются магнитом, в то время как мелкие гранулы притягиваются к магниту выборочно, что еще раз подтверждает предположение о более полном «поглощении» металла крупными гранулами и равномерном его распределении внутри гранул.

Таким образом, результаты проведенных опытов показывают, что для получения СВС порошка для магнитно-абразивной обработки по методике, представленной в работе [2], целесообразно использовать исходные гранулы размером не менее 6 мм.

Список используемых источников

1. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1975. 128 с.
2. Яценко В.В. Горение гранулированной железоалюминиевой термитной смеси при получении железа и его композита с карбидом титана: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Самара: СамГТУ, 2011. 19 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГЕТЕРОФАЗНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

Валитова Э.В., Зубаиров Л.Р., Валитов В.А.

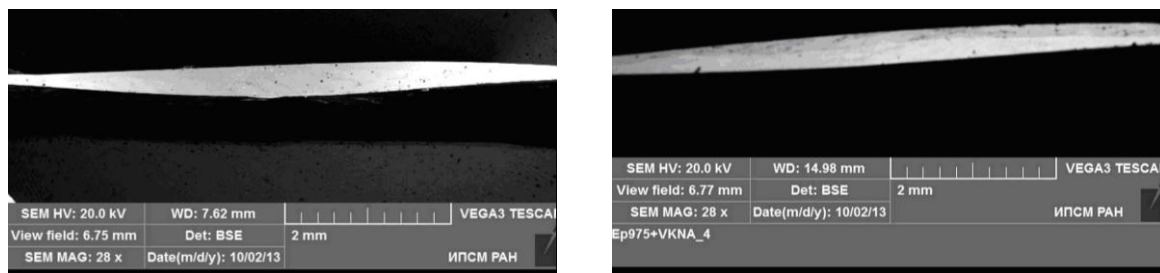
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН

Холодная сварка – сварка давлением при значительной пластической деформации без нагрева свариваемых частей внешними источниками тепла. Холодная сварка основана на создании межатомных (бездиффузионных) связей соединяемых деталей при помощи пластической деформации [1].

Сварка металлических материалов с применением давления, осуществляется за счет пластической деформации свариваемых частей при температуре ниже температуры плавления. Общим для всех способов сварки давлением является то, что соединение образуется в результате пластической деформации приконтактных объемов, которой сопутствует накопление макропластической деформации свариваемых деталей [2,3]. Применительно к жаропрочным никелевым сплавам сварка давлением может быть использована при изготовлении комбинированных деталей, например типа диск-вал, интегральный диск с лопатками. Известно, что предварительно подготовленная ультрамелкозернистая (УМЗ) и нанокристаллическая (НК) структура способствует существенному снижению температуры проявления сверхпластичности (СП) [4, 5]. В работе [5] было показано, что при температуре 700°C возможно получения ТФС в сплаве Inconel 718. Это свидетельствует о том, что сварка давлением может быть осуществлена при температуре 700°C, при которой наблюдается явление низкотемпературной СП, что на 250°C ниже температуры проявления СП в материале с мелкозернистой (5мкм) структурой. Было обнаружено [4], что в сплаве ХН58МБЮД при температуре 600 °С при деформации наблюдаются высокие напряжения течения (~ 1200МПа). При понижении температуры сплав ведет себя как при холодной деформации. Поэтому при выполнении данной работы представляло интерес исследование возможности получения ТФС при комнатной температуре, то есть при холодной сварке давлением. При проведении экспериментов, для достижения значительной пластической деформации был использован метод интенсивной пластической деформации (ИПД), который осуществлялся кручением в наковальнях Бриджмена. Истинную степень деформации ϵ для точек образца, расположенных на радиусе r , определяли по формуле [6], оно составило $\epsilon = 5,5$, что соответствует 5 оборотам. Число оборотов было выбрано таким образом, чтобы была получена НК структура и достигнута значительная степень деформации. Известно, что при кручении практически любого материала в наковальнях Бриджмена на 5 оборотов формируется НК структура [6,7].

Образцы для исследований из интерметаллидного сплава на основе Ni_3Al и деформируемых жаропрочных никелевых сплавов ХН58МБЮД и ЭП975, представляли собой тонкие диски диаметром 10мм и толщиной 1 мм.

Сплав ВКНА4У в исходном состоянии имел монокристалльную структуру, а сплавы ХН58МБЮД и ЭП975 поликристаллическую с УМЗ размером зерен. Эксперименты по холодной сварке давлением выполнялись следующим образом: установкой образцов из свариваемых сплавов в наковальни Бриджмена и дальнейшем их совместном кручении. Была исследована возможность формирования ТФС при соединении двух разнородных никелевых сплавов попарно ВКНА4У с ХН58МБЮД, а также соединение ВКНА4У с ЭП975. Результаты экспериментов представлены ниже на рисунках 1÷3. Установлено, что при кручении максимальная степень деформации достигнута на периферийной зоне (Рис.1.).

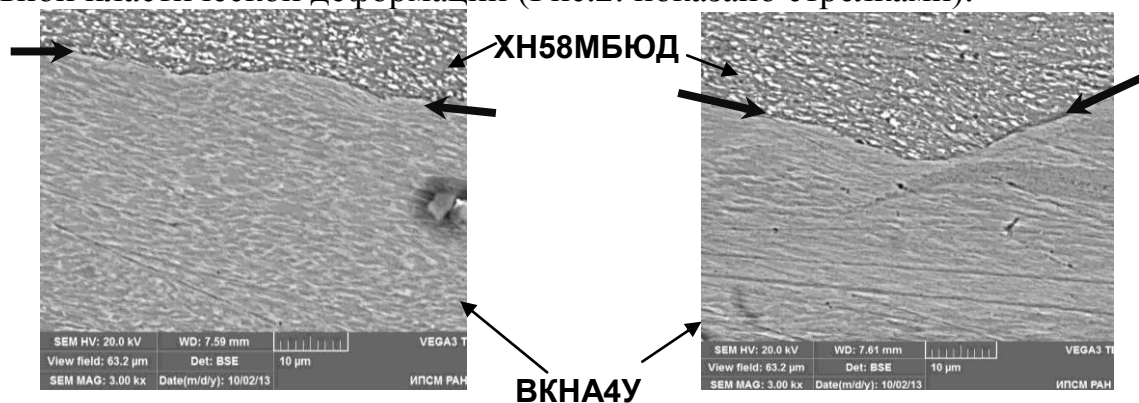


а

б

Рисунок 1. Твердофазное соединение после холодной сварки, общий вид: а) ВКНА4У и ХН58МБЮД; б) ВКНА4У и ЭП975

В соединении ВКНА4У + ХН58МБЮД наблюдается низкая относительная протяженность пор менее 10% (Рис.2). Линия соединения изгибается, что может свидетельствовать о течении материала и о существовании локальной пластической деформации (Рис.2. показано стрелками).



а

б

Риснок 2. Твердофазное соединение после холодной сварки сплавов ВКНА4У и ХН58МБЮД

Анализ значений микротвердости сплавов ВКНА4У и ХН58МБЮД показал, что они близки и составляют 4,16 и 4,05 ГПа соответственно, следовательно, сплавы деформируются подобным образом. Однако, значение микротвердости сплава ЭП975 несколько выше, чем у ВКНА4У, и составляет 4,96 ГПа, что могло послужить причиной возникновения трещин при ИПД в наковальнях Бриджмена в монокристаллическом сплаве из-за неравномерности распределения деформации (Рис.3. отмечено стрелками).

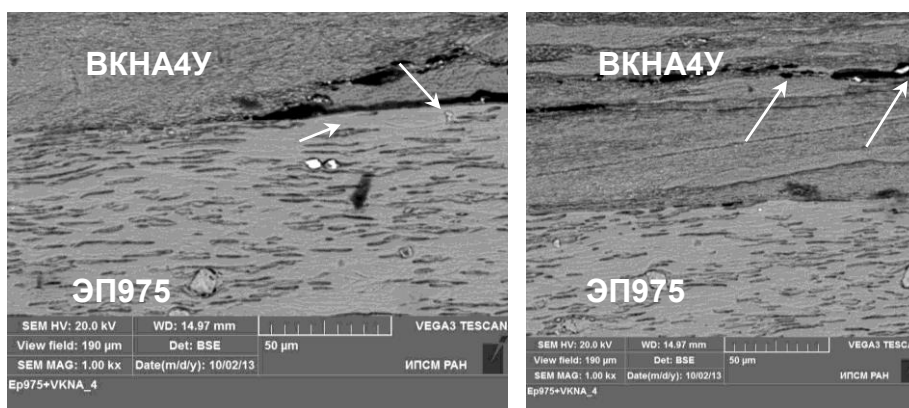


Рисунок 3. Твердофазное соединение после холодной сварки сплавов ВКНА4У и ЭП975

В зоне соединения наблюдается несколько большая относительная протяженность пор до 30%, но участки схватывания, также имеются.

Таким образом, показано, что методом ИПД может быть получено ТФС из разнородных гетерофазных никелевых сплавов.

Список используемых источников

1. ГОСТ 2601-84 сварка металлов термины и определения основных понятий. Введ. с 01.07.86. –М.: Изд-во стандартов, 1984. –55с
2. Каракозов Э.С. Сварка металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1986 – 280 с.
3. Лутфуллин Р.Я., Сверхпластичность и твердофазное соединение наноструктурированных материалов Часть I. Влияние размера зерна на твердофазную свариваемость сверхпластичных сплавов.//Письма о материалах, 2011г.,т1,с 59...64. - ISSN 2218-5046.
4. Валитова Э.В., Лутфуллин Р.Я., Валитов В.А. Влияние скорости и температуры деформации на микроструктуру и свойства ультрамелкозернистого свариваемого сплава ХН58МБЮД. // Перспективные материалы/ - №15 (Спецвыпуск). - С. 30-34.
5. Валитов В.А., Лутфуллин Р.Я., Сафиуллин Р.В., Мухтаров Ш.Х., Мухаметрахимов М.Х. Низкотемпературная сверхпластичность никелевого сплава Inconel 718 с субмикроструктурной структурой.// Материаловедение, 2009г., №4,с 24-27.
6. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. -272с.
7. Дитенберг И.А., Малахова С.А., Тюменцев А.Н., Корзников А.В. Особенности микроструктурных и механических свойств металлических материалов после деформации кручением в наковальнях Бриджмена при комнатной температуре. // Перспективные материалы, 2011. №12. -С.306-310.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-08-12200.*

ТРАНСПОРТНАЯ УПАКОВКА ИЗ ГОФРОКАРТОНА

Абрамов И.Ю., Примеров О.С., Полушкин Д.Л.
**ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство»**

Транспортной упаковкой или **транспортной тарой** называют упаковку для хранения, транспортировки и, складирования продукции. По форме тара подразделяется на несколько видов, основными из которых являются ящики, контейнеры, поддоны, бочки, мешки, цистерны, канистры и др.

Для **изготовления транспортной упаковки** используются различные материалы, в том числе древесина, пластик, металл. Но наиболее удобной для перевозки товаров по праву считается гофротара, выполненная из гофрированного картона.

Гофрированный картон (гофрокартон) представляет собой инженерную конструкцию, характеристики которой зависят от свойств входящих в нее материалов и от геометрического профиля составляющих элементов.

Из этого материала изготавливают несколько видов тары: гофрокороб, гофроящик, гофролоток. Размеры выпускаемых изделий могут быть определены стандартами, но также возможно производство гофротары по индивидуальному заказу потребителей.

Обычно для изготовления транспортной гофроупаковки используется трёхслойный или пятислойный гофрокартон. Трёхслойный листовой гофрокартон марки Т21-Т25 микрогофрокартон марки Т11-Т12 применяют в производстве гофроупаковок для товаров, невосприимчивых к статическим нагрузкам. Транспортная упаковка для изделий, нуждающихся в максимальной защите от ударов и повреждений, а также имеющих большой вес или нестандартные размеры, изготавливается из листового гофрокартона марки П-31-32 [1].

В отличие от потребительской упаковки, являющейся неотъемлемой частью товара и продающейся вместе с ним, транспортная гофроупаковка служит только для транспортировки различных грузов. Они преимущественно крупногабаритные, поэтому упаковка обычно имеет большие размеры. Кроме того, важным назначением такой тары является защита товаров от повреждения в процессе перевозки. Для этих целей транспортная гофротара нередко снабжается дополнительными элементами – вкладышами, амортизаторами и др.

Качественная гофроупаковка надёжно защищает перевозимые изделия не только от механических воздействий, но и частично от воздействия влаги. Она переносит определённое плоскостное и торцевое сжатие, вибрационные воздействия и даже падение с небольшой высоты.

Преимуществами гофротары являются:

Во-первых, в отличие от упаковки из пластика и дерева, гофротара имеет **небольшой собственный вес**. Это преимущество позволяет не только уп-

ростить процесс погрузки-выгрузки товара, но и значительно сэкономить горючее при автоперевозках.

Вторым неоспоримым преимуществом транспортной гофроупаковки следует назвать её **низкую стоимость**, что также сокращает расходы производителей на доставку своих товаров.

Третье достоинство – **компактность**. Упаковки из гофрокартона доставляются к потребителю в сложенном виде и собираются уже на месте.

Следующее преимущество тары из гофрокартона – возможность **нанесения на неё изображения**, в том числе полноцветного. Способов для этого существует немало: офсетная печать, флексопечать, шелкография и др.

И, наконец, транспортная гофроупаковка **многофункциональна**, она применяется для перевозки пищевых продуктов, бытовой техники, одежды, мебели и т.п. Кроме того, производство гофрокартона более экологично, чем производство пластика, а отслужившую тару из этого материала можно использовать в качестве сырья для самых различных целей, например, для изготовления макулатурного картона.

К **недостаткам** транспортной упаковки из гофрокартона можно отнести её **высокую газо- и влагопроницаемость**. Но эта проблема частично решается применением ламинированного картона. Также одним из минусов гофротары считается **недостаточная прочность**, а этот показатель очень важен при длительной транспортировке товаров, допускающей сильное механическое воздействие.

Несмотря на то, что транспортная упаковка из гофрокартона ещё далека от совершенства, список её достоинств явно превышает число недостатков. Высокий спрос на гофротару, её низкая стоимость и возможность утилизации без нанесения вреда экологии позволяют производителям такого вида упаковки успешно реализовывать свою продукцию в различных отраслях народного потребления. На сегодняшний день изготовление гофротары помогает решать целый ряд вопросов, связанных с транспортировкой разногабаритных товаров и всевозможных продуктов.

Вывод. Гофрированные слои различного профиля, помещенные между гладкими листами при склеивании гофрокартона, обеспечивают набор специфических характеристик, свойственных гофроупаковке: легкость, упругость. Гофрокартон – очень практичный упаковочный материал, простой в утилизации и экологичный. Использование в производстве доступных материалов делает его особенно привлекательным по цене. Высокая жесткость коробок из гофрокартона по сравнению с другими видами картонных коробок и амортизирующие свойства гофроупаковки гарантируют прекрасную защиту упакованных товаров [2].

Список используемых источников

1. <http://www.gofrotara.ru/>
2. <http://www.gofra.ru/>

МОДЕЛЬ СЛИЯНИЯ ВАКАНСИЙ В МЕТАЛЛЕ

Князева Ж.В.

*Самарский Государственный Технический Университет,
amosov-ea@rambler.ru*

Известно, что трубы паропроводов работают при высокой температуре, и с течением времени в них возрастает количество вакансий. Эти вакансии сливаются и образуют поры, что приводит к ухудшению механических характеристик материала трубы. В настоящей работе предложена простая и наглядная модель роста пор в металле трубы паропровода за счёт слияния вакансий.

Пусть металл нагревается, то есть к нему подводится тепловая энергия.

Рассмотрим следующую модель металла в кристаллическом состоянии (рисунок 1).

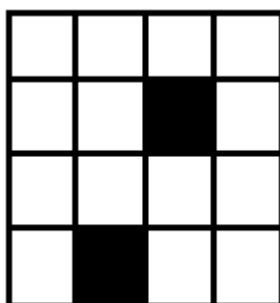


Рисунок 1. Модель металла

Представим себе металл в виде набора квадратиков, которые могут смещаться по горизонтали и по вертикали (на рисунке 1 они светлые) и набора вакантных мест или вакансий (на рисунке 1 они изображены черным цветом). Очевидно, что при смещении всего квадратика (в случае ограниченной общей площади), черный квадратик также будет смещаться.

Предположим, что рождение вакантных мест происходит по следующему простому механизму (рисунок 2).

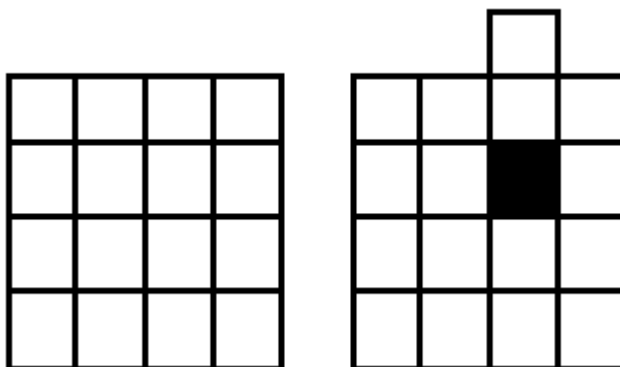


Рисунок 2. Модель появления вакансии

Как видно из рисунка, за счет смещения двух светлых квадратиков вверх, образуется одно вакантное место - черный квадрат.

Из приведенного рисунка хорошо видно, что в результате образования вакансии, увеличивается площадь поверхности фигуры, за счет выдвигания одного квадратика и образования разрыва между светлыми квадратиками вокруг вакансии. А если считать, что энергия металла, в частности, прямо пропорциональна на протяженности его границ, то это означает, что образование вакансий увеличивает количество поверхностной энергии, которое может поглотить металл.

Таким образом, образование вакансий, согласно нашей модели, является механизмом размазывания подводимой к металлу энергии по поверхности металла.

С другой стороны, как известно, за счет поверхностного натяжения, металл стремится уменьшить площадь своей поверхности, в частности, протяженность внутренних границ. Представим этот процесс в рамках нашей модели следующим образом.

Так как металл при повышении температуры становится похожим на жидкость, то в рамках нашей модели примем, что при высокой температуре черные квадратики будут периодически смещаться по нашей фигуре. А так как таких квадратиков в фигуре несколько, то это означает, что в какой-то момент времени два черных квадратика встретятся. Рассмотрим этот процесс более подробно. Возьмем две следующие конфигурации нашей системы (рисунок 3).

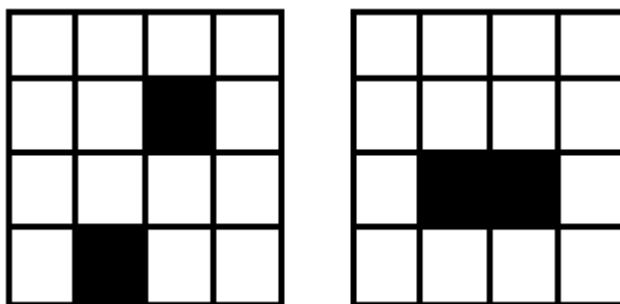


Рисунок 3. Модель слияния вакансий

Если две вакансии сольются в одну бивакансию, то, очевидно, что площадь внутренних границ уменьшится, что уменьшит поверхностное натяжение в системе. Поэтому можно ожидать, что наряду с образованием новых вакансий происходит и процесс слияния старых вакансий (аналогично тому, как процесс испарения жидкости приводит к появлению конденсации жидкости из воздуха).

Таким образом, согласно нашей модели, рост числа вакансий в металле приводит к их слиянию, что соответствует действительности. Это означает, что предложенная нами модель качественно верно отражает некоторые особенности поведения металла при подведении к нему тепловой энергии.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПЭВП ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА*

*Кобзев Д.Е., Баронин Г.С., Червяков В.М., Кобзева И.Ю.
Тамбовский государственный технический университет
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии» Тамбов, prof-
noctt@mail.tstu.ru*

Ультразвуковые, также как и механические колебания, часто используют для интенсификации различных технологических процессов. Применение ультразвука связано в основном с двумя его характерными особенностями: лучевым распространением и большой плотностью энергии. Известны исследования, указывающие на возможности и перспективы практического применения ультразвуковых методов для повышения качества полимерных материалов и интенсификации технологических процессов получения изделий. В настоящей работе для расширения возможностей способов формования полимерных материалов в твёрдом агрегатном состоянии в процессе пластического деформирования применяется дополнительное ультразвуковое воздействие.

Целью работы являются экспериментальные исследования процесса твёрдофазного формования ПЭВП с наложением ультразвукового воздействия для улучшения эксплуатационных характеристик материалов и изделий и повышения энерго- и ресурсосбережения технологического процесса.

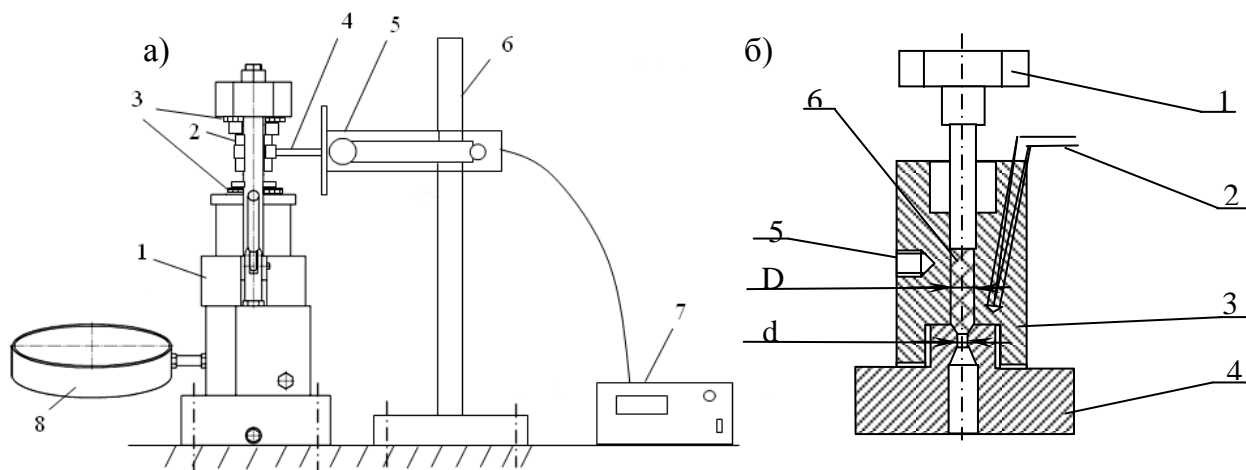


Рисунок 1. Принципиальная схема лабораторной установки:

а) 1 – пресс усилием 4 тс; 2 – ячейка высокого давления; 3 – амортизирующие прокладки; 4 – волновод; 5 – ультразвуковой излучатель; 6 – штатив; 7 – ультразвуковой генератор ИЛ10-0,63; 8 – манометр;

(б) – ячейка высокого давления: 1 – пуансон; 2 – термопара; 3 – матрица; 4 – фильера; 5 – место крепления волновода; 6 – заготовка полимера.

Исследовалось влияние технологических параметров процесса обработки, таких как необходимое давление формования, температура и время предва-

рительного конвективного нагрева полимерной заготовки, время выдержки под давлением на формируемые свойства полимеров. Также рассматривалась возможность замены предварительного конвективного нагрева заготовки, пресс-формы и дальнейшего формования на совмещённую стадию формования и обработки заготовки под воздействием давления и ультразвука.

При анализе процесса формования были выделены основные факторы, влияющие на формирование структуры полимеров: давление оказываемое на образец, изменение температуры, времени эксперимента и частоты ультразвука (кодированные переменные X_1 , X_2 , X_3 , и X_4 соответственно), которые определяют плотность получаемого продукта.

С целью оптимизации числа опытов было применено математическое планирование эксперимента по методу Бокса-Уилсона, а математическое описание процесса получено в виде отрезка ряда Тэйлора. Для описания процесса мы ограничились его линейной частью, поскольку уравнение регрессии адекватно описывает процесс и погрешность между экспериментальными и расчётными данными составляет не более 1,5 %. Полученное уравнение регрессии для ПЭВП:

$$y = 0,9627 + 0,0086X_1 + 0,0174X_2 + 0,0786X_3 + 0,0056X_4 \quad (1)$$

Из анализа уравнения (1) следует, что наибольшее влияние на плотность материала оказывает время воздействия ультразвука, что подтверждает правильность выбранного метода интенсификации процесса твёрдофазного формования.

В заключении следует отметить, что ультразвуковое воздействие оказывает положительное влияние на технологические параметры твердофазной экструзии и физико-механические характеристики полимерного материала.

**Работа выполнена в рамках Госзадания ВУЗа (код проекта 3.4037.2011).*

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НОВОЙ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ

Колесина^{1,2} Н.В., Данилов¹ В.Л., Blandin² J.-J., Veron² M., Prigent³ S.

*¹-Московский Государственный Технический Университет
им. Н.Э. Баумана,*

²-Политехнический Университет Гренобля (Grenoble INP),

*³-ALSTOM Hydro, Франция, Гренобль
kolebina.nv@mail.ru*

Для оптимизации процесса изготовления деталей гидравлических турбин необходимо использовать материал, позволяющий изготавливать и соединять детали без перехода в жидкое состояние, то есть использовать его свойства пластичности, сверхпластичности и (или) диффузионной сварки. Однако большие размеры деталей турбин и высокие требования к прочности, коррозионной стойкости и ударной вязкости требуют разработки нового материала.

Для удовлетворения всех вышеуказанных свойств может быть использована новая мартенситная сталь, например, сталь 01X13N4. Данная сталь обладает высокой прочностью и при этом имеет хорошие пластические свойства, благодаря предельно низкому содержанию углерода.

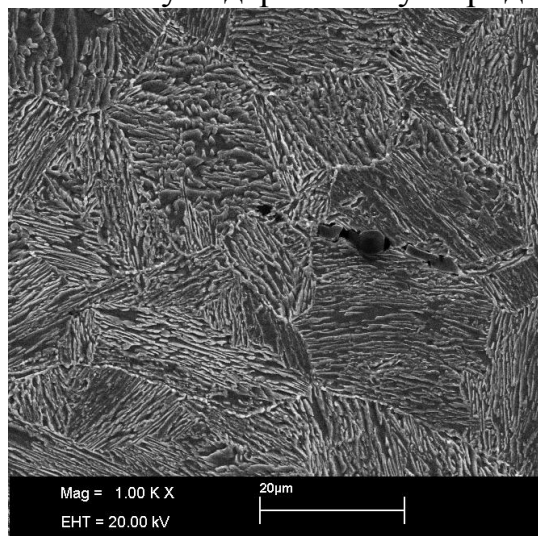


Рисунок 1. Микроструктура новой стали 01X13N4.

Для анализа возможностей использования этой стали было проведено исследование микроструктуры материала, с целью определения интервалов температур со стабильной микроструктурой для последующего исследования механических свойств. Особое внимание уделялось механизму и кинетике трансформаций в стали.

Для теоретического анализа фазового состава и температур трансформации была использована программа ThermoCalc, которая с помощью термодинамического анализа компонент стали позволяет рассчитать равновесные температуры фазовых переходов.

Для исследования микроструктуры материала были использованы оптический, электронный и трансмиссионный микроскопы, методы дилатометрии и рентгеноструктурный анализ. Полученные результаты были проанализированы в специальных программах.

Для нахождения фазового состава материала была использована программа ASTAR, которая позволяет определить число и процентное соотношение фаз по дифракционной картине.

Для определения размера зерен при высоких температурах была использована программа ARPGE, которая позволяет реконструировать аустенитные зерна при высоких температурах, основываясь на дезориентации мартенситных зерен при комнатной температуре.

В результате исследования были обнаружены нестандартные свойства материала при температурах мартенситно - аустенитной трансформации, как показано на рисунке 2.

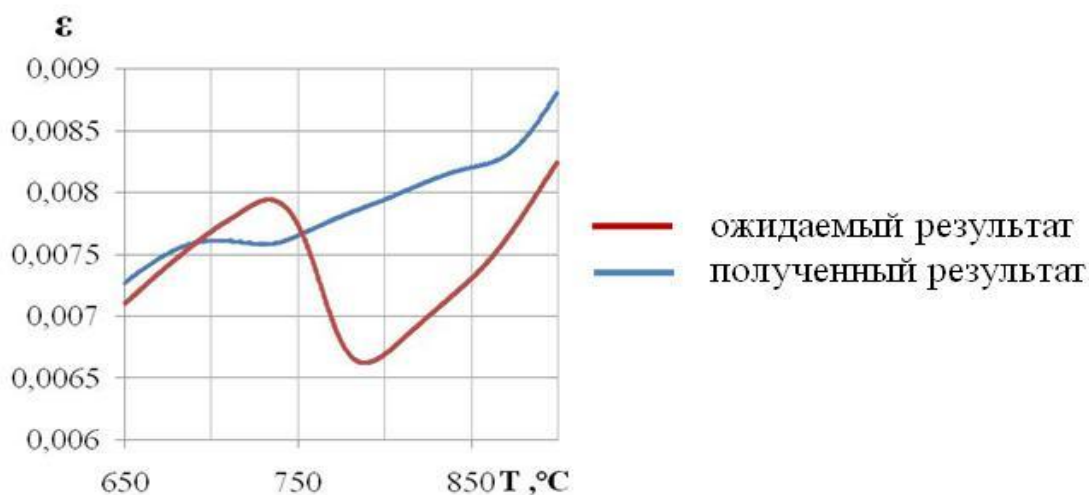


Рисунок 2. Кривые свободных термических деформаций в интервале мартенситно – аустенитной трансформации (дилатометрия).

Такое поведение материала затрудняет анализ его свойств при заданной температуре, а также возможность математического моделирования поведения материал. Поэтому была исследована природа этого явления и изучено влияние на него термической обработки.

В результате было определено наличие остаточного аустенита и неоднородность химического состава стали, а также наличие остаточных напряжений.

Для улучшения свойств материала найдена термическая обработка, позволяющая снять остаточные напряжения, рекристаллизовать остаточный аустенит, а также уместить неоднородность химического состава.

Итогом микроструктурного анализа новой мартенситной стали было получение полной информации о его свойствах при заданной температуре, что позволило выделить интервалы температур со стабильной микроструктурой. А также найдены методы термической обработки материала, позволяющие уменьшить размер зерна. Необходимо дальнейшее исследование ме-

ханических свойств материала в выделенных интервалах, для оптимизации процессов формовки деталей гидравлических турбин из этой стали.

Список используемых источников

1. Гуляев А.П. Сверхпластичность стали. // Москва: Металлургия, 1982. 56 с.
2. Kapoor R. and al.: A dilatometric study of the continuous heating transformations in 18wt.% Ni maraging steel of grade 350 // Materials Science and Engineering A, 2003.
3. Matthew M. Nowell: EBSD Sample preparation: techniques, tips, and tricks // Microscop Microanal 11: 504-505, 2005.
4. M. Beckert und H. Klemm: Handbuch der metallographischen Ätzverfahren // Leipzig, 1988.
5. Carrouge Dominique These: Phase transformations in welded supermartensitic stainless steels // Cambridge ,2002.
6. Carole Dessolin These: Étude multi-expérimentale des évolutions métallurgiques en température et de leur incidence sur les propriétés mécaniques usuelles d'un acier inoxydable martensitique « APX4 » // Bourgogne, 2010
7. Tong WU These: Experiment and numerical simulation of welding induced damage stainless steel 15-5PH // Lyon, 2007

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ МЕТОДОМ СВС-ЭКСТРУЗИИ

Паршин Д.А., Стельмах Л.С., Столин А.М.

*ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем
материаловедения РАН (ИСМАН), Московская обл., г. Черногловка, Россия*

Для исследования возможности получения длинномерных образцов (длиной 100мм и более) состава TiC+Ni методом СВС-экструзии, были использованы математические модели тепловых режимов процесса с необходимой их модификацией [1-3]. Эти модели позволяют исследовать температурные поля в образце, теплоизоляторе и экструдированном стержне в зависимости от различных технологических параметров процесса (температуры горения, времени задержки, скорости плунжера пресса, температуры подогрева различных зон оборудования и т.п.). В результате численного решения двумерной тепловой задачи с двумя подвижными границами находилось температурное поле $T = T(r,z,t)$, являющееся функцией двух координат r и z и времени t (относительно угловой координаты ϕ существует симметрия) в образце, теплоизоляторе, прессформе, выдавливаемой (экструдированной) части материала и прогнозировалась длина изделия. В тепловых моделях роль реологиче-

ского фактора учитывалась через эффективную характеристику – температуру живучести. Когда часть материала, находящаяся в профилирующей матрице и расположенная непосредственно над ее отверстием, теряла «живучесть», т.е. способность к пластическому деформированию, и закупоривала выходное отверстие, выдавливание прекращалось. Полученная длина - ордината нижней границы образца – и являлась искомой длиной изделия.

Модификация программ. Для численного исследования процесса получения длинномерных образцов больших диаметров методом СВС-экструзии, были модифицированы программы для расчета тепловых режимов. В них учтено моделирование различных экспериментальных схем (различные варианты поджига), различные условия теплоизоляции, изменение условий выдавливания (подогрев матрицы и калибра, матрица с углом распушки 180 градусов, изменение высоты прессформы и т.п.), выдавливание образцов больших диаметров. Проведена более наглядная визуализация результатов исследований и автоматизация вычислительных экспериментов. Пакет программ с открытым кодом по математическому моделированию СВС-экструзии зарегистрирован в Федеральной службе по интеллектуальной собственности РФ.

Результаты численного эксперимента. При экструзии образцов малых диаметров (3 мм) использование теплоизоляции на стенках матрицы приводит к увеличению длины в два раза, дальнейшее увеличение толщины теплоизолятора не приводит к существенному увеличению длины. Если при этом увеличить температуру горения ($T_{гор}$) состава на 200 градусов длина увеличится до 237 мм (19%), выдавливание в адиабатический калибр приводит к длине 1245 мм (100%).

При переходе к большим диаметрам (10мм), теплоизоляция становится еще более необходима: при выдавливании без асбеста и высоте начальной заготовки 30 мм длина изделия равна 57 мм (29%), использование асбеста и увеличение $T_{гор}$ на 200 градусов приводит к увеличению длины в два раза до 112 мм (58%) (Рис1.,а). Дальнейшее улучшение условий выдавливания не приводит к существенному увеличению длины стержня, т.к. при высоте таблетки 30мм это почти максимальная длина. Для увеличения длины стержня, необходимо увеличить начальную высоту (массу) заготовки.

При увеличении начальной высоты заготовки (до 45мм) и использовании теплоизолятора и увеличении температуры горения на 200 градусов длина возрастает до 145 мм (76%), практически весь образец перед выдавливанием нагрет равномерно, нет холодных масс у основания матрицы.

Дополнительный подогрев калибра и матрицы до 200 градусов дает увеличение длины до 171 мм (рис. 1, б), а при адиабатических условиях выдавливания длина стержня достигает 191мм.

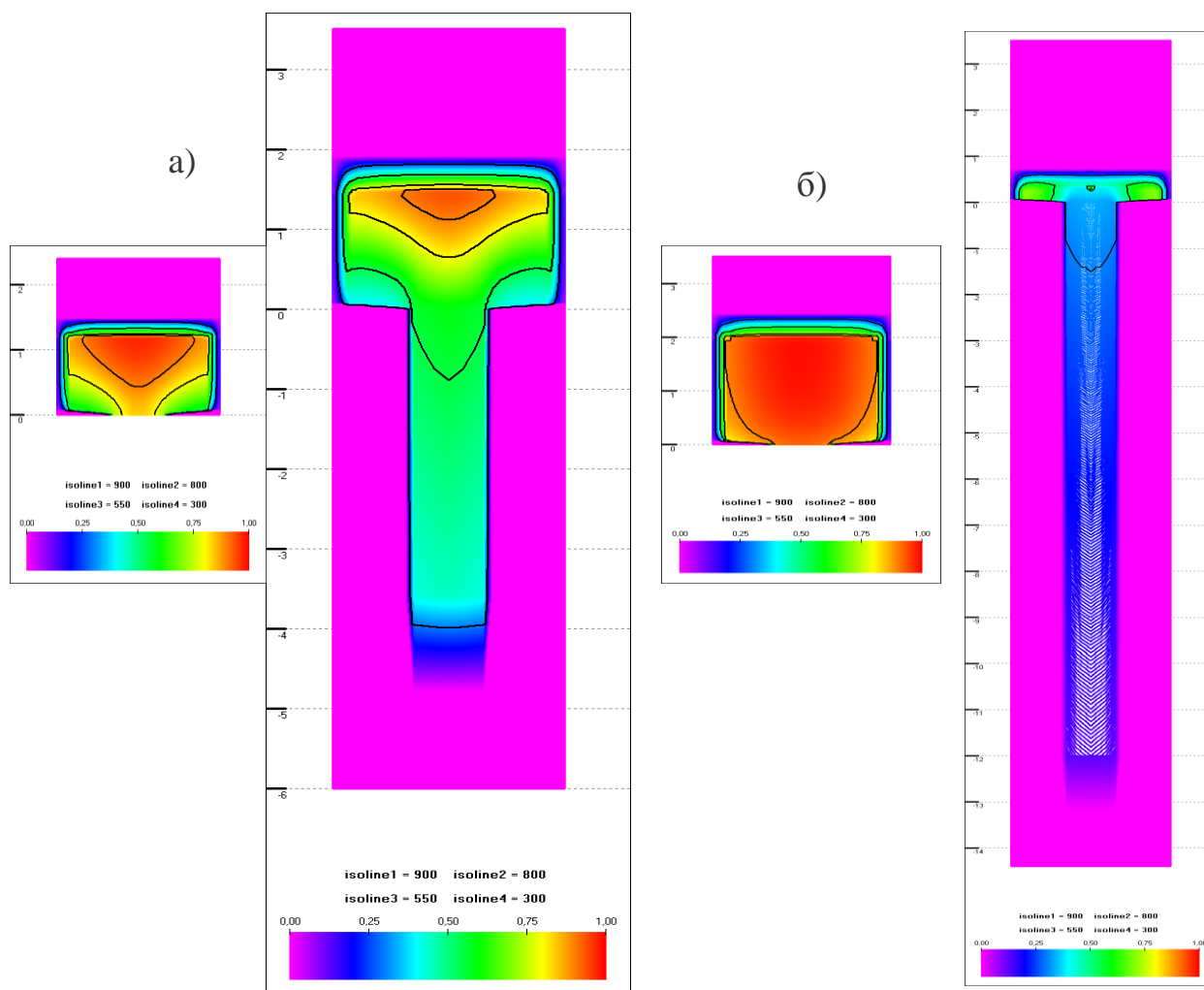


Рисунок 1. Тепловые режимы образцов диаметром 10мм: а) выдавливание без теплоизолятора (длина стержня 57 мм;) б) наличие теплоизолятора (асбеста толщиной 3 мм) на матрице, увеличение температуры горения на 200 градусов, подогрев калибра и матрицы на 200 градусов (длина стержня 171 мм).

Рекомендации. Для получения длиномерных образцов состава TiC+Ni большого диаметра (8-10мм) методом СВС-экструзии необходимо: увеличение высоты таблетки; повышение температуры горения; улучшение тепловых условий выдавливания: использование теплоизолятора (асбеста толщиной 3мм) на профилирующей матрице и в ее отверстии, подогрев калибра и матрицы. Для образцов другого состава необходимо отдельно провести численное исследование с учетом особенностей их получения.

Список используемых источников

1. Стельмах Л.С., Столин А.М., Мержанов А.Г. Математическое моделирование СВС-экструзии. Ч.1. Тепловые модели. // Инж.-физ.Ж., 1993. Т.64, №3. С.83-89.
2. Столин А.М., Стельмах Л.С. Математические модели СВС-технологий. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: теория и практика. Черноголовка, «Территория», 2001, с.122-156.
3. А. М. Stolin and L. S. Stel'makh "Mathematical Modeling of SHS compaction/Extrusion: An Autoreview". *J. SHS*, 2008, vol. 13, no. 1, pp. 53–70.

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ В ТВЁРДОЙ ФАЗЕ С УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ*

Кобзев Д.Е., Баронин Г.С., Червяков В.М.

*Тамбовский государственный технический университет
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твёрдофазные технологии», Тамбов prof-
noctt@mail.tstu.ru*

При рассмотрении механизма ультразвукового воздействия на полимер в условиях твёрдофазной обработки следует выделять три фактора: механический, тепловой и физико-химический, действие которых тесно взаимосвязано.

Механический фактор обусловлен переменным акустическим давлением вследствие чередования зон сжатия и разрежения материала и проявляется в вибрационном «залечивании» дефектов полимерной матрицы на макромолекулярном «микро-» и надмолекулярном «мезо-уровнях». Механический фактор ультразвукового воздействия приводит к молекулярному дроблению его кристаллических модификаций как низкоплавкой, так и высокоплавкой, снижению средне-весовой молекулярной массы и процессам массопереноса фрагментов макромолекул из одной модификации в другую.

Тепловой фактор обусловлен трансформацией поглощённой механической энергии ультразвуковых волн в тепло. Повышение температуры обрабатываемого материала приводит к повышению скорости релаксационных процессов как в структуре полимерной матрицы, так и полимерного композита в целом за счет ускорения диффузионных процессов в полимерной системе.

Подвод дополнительной ультразвуковой энергии к полимеру в процессе твёрдофазной обработки снижает необходимое давление формования при оформлении изделия, сокращает количество стадий технологического процесса, снижает энергозатраты всего технологического процесса на единицу продукции.

Физико-химический фактор проявляется в изменении физико-химических, молекулярно-релаксационных и молекулярно-топологических процессов и характеристик структуры аморфно-кристаллического полимера при совмещении процесса твёрдофазного формования с ультразвуковым воздействием. Ультразвук становится своеобразным катализатором этих процессов и количественных изменений характеристик структуры.

Ультразвуковое воздействие приводит к образованию свободных радикалов в результате механо-химических деструктивных реакций фрагментов макромолекулярных цепей и надмолекулярных структур, образованию зародышей или активных центров пластичности, т.н. «сдвиговых эффектов», активизации окислительно-восстановительных процессов в результате повышения подвижности структуры и связанные с этими процессами увеличение степени кристалличности, залечивание дефектных областей, повышение монокристалличности структуры и рост физико-механических показателей аморфно-кристаллического полимера.

Физический механизм воздействия ультразвука на полимер характеризуется тем, что действие всех трёх факторов тесно взаимосвязано. Так механический фактор дробления низкоплавкой модификации кристаллической фазы полимера и массоперенос фрагментов цепей в более упакованную высокоплавкую кристаллическую модификацию обусловлен не только повышением скорости релаксационных процессов структуры в результате поглощения механической энергии ультразвукового воздействия (тепловой фактор), но и образованием свободных радикалов в результате механо-химических процессов образования новой молекулярно-топологической структуры с повышенной плотностью, степени кристалличности (физико-химический фактор), улучшенными технологическими параметрами и повышенными эксплуатационными показателями.

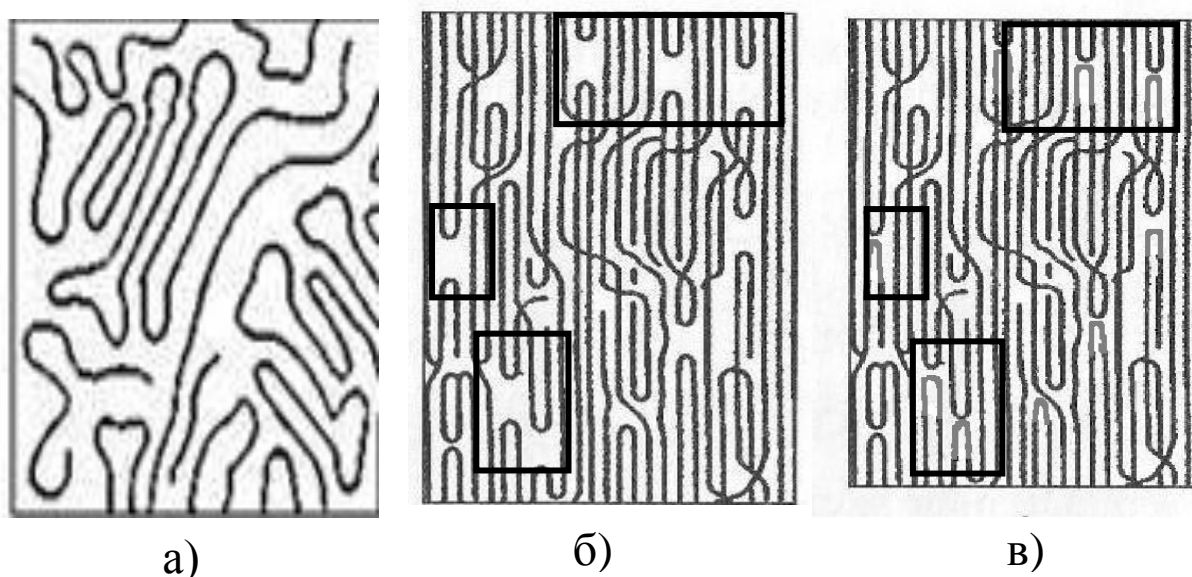


Рисунок 1. Модели структуры полимеров: а – материал, переработанный ЖФ-технологией, б – материал, переработанный ТФ-технологией; в – переработанный ТФ-технологией с применением ультразвука.

Под воздействием ультразвука структура полимера становится менее объёмно-напряжённой, снижается дефектообразование, которое происходит при течении материала в высокоэластическом состоянии, что отражают предложенные модели структуры полимеров (рисунок 1), повышается класс чистоты поверхности, определяемый органолептически, размерная точность изделия и увеличивается температура теплостойкости.

**Работа выполнена в рамках Госзадания ВУЗа (код проекта 3.4037.2011).*

ФУНКЦИИ СОВРЕМЕННОЙ УПАКОВКИ

Примеров О.С., Путков К.В., Полушкин Д.Л.
**ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство»**

Упаковка традиционно занимает важное место в жизни как отдельного человека, так и общества в целом. В историческом плане первыми функциями упаковки были предохранение продуктов или изделий от порчи и обеспечение возможности транспортировки с сохранением высокого качества. Со временем функции упаковки значительно изменились. Теперь они не ограничиваются предохранением упакованного продукта, сохранением его качества и обеспечением гигиеничности.

Упаковка - это деталь, которая бросается в глаза и наглядно показывает специфику продукта. С этой точки зрения она, прежде всего, призвана:

- **идентифицировать** продукт;
- **информировать** покупателя;
- **побуждать покупателя к приобретению продукта.**

Упаковку следует рассматривать не просто как средство для размещения продукции, а как систему взаимосвязи производителя, продавца и потребителя товаров. Кроме того, от упаковки требуется не только обеспечение длительного хранения продукции, удобства транспортировки и складирования, размещения на витринах и прилавках магазинов, но и привлекательный внешний вид, способствующий повышению конкурентоспособности и облегчающий продажу и удобство использования покупателем.

По международному стандарту ГОСТ Р ИСО 9004-1-94 «Общее руководство качеством и элементы системы качества» [2] упаковка, относится к 7-му этапу жизненного цикла продукции, назначением которого является сохранение достигнутого уровня качества. Способность сохранять пищевые продукты (*защитная* функция) - важнейшая функция упаковки. Она обеспечивается, если упаковка обладает надежностью, безопасностью и совместимостью с упакованными продуктами.

Защитная функция должна предусматривать в конструкции упаковки меры по защите упаковываемого продукта от влияния климатических факторов, от повреждений и порчи при транспортировке и хранении, а также по защите окружающей среды и человека от негативного воздействия упакованного продукта. Особую актуальность и важность защитная функция имеет при упаковке пищевых продуктов. Влияние климатических факторов на снижение качества пищевых продуктов приведено в таблице 1 [1].

Единообразная система упаковки позволяет купить без дополнительного взвешивания в магазине 250 г масла, 125, 250, 500, 1000 г молочных продуктов и т.д. В дополнение к другим функциям упаковка стала измерять количество продукта, т.е. выполнять *дозирующую* функцию.

Под *транспортной* функцией упаковки понимают способность упаковки к удобной перевозке упакованной продукции определенным видом транспорта на заданное расстояние в течение установленного времени в определенных условиях. Транспортная функция предполагает оптимизацию конструкции упаковки с видом транспорта, маршрутом транспортировки и свойствами упаковываемого материала.

Таблица 1

Влияние климатических факторов на свойства пищевых продуктов

Климатический фактор	Вызываемая реакция	Изменение качества
Кислород воздуха	Окисление	Изменение цвета овощей и фруктов, разрушение эфирных масел, прогоркание жиров
Влага	Абсорбция, катализ	Образование комков, размягчение, гидролитическое прогоркание жиров, энзимологическая и микробиологическая порча
Свет	Фото-деструкция	Разрушение витаминов А, Е, К, В2, В6, В12, С. Обесцвечивание пищевых продуктов, окислительное прогоркание жиров
Температура	Изменение скорости реакции	Повышение температуры на 10° увеличивает скорость химических реакций в 2-3 раза и снижает срок хранения

Упаковка, выполняя функцию *маркетинга*, эффективно используется как средство продвижения товара на потребительский рынок. Различают следующие основные причины, из-за которых значение упаковки в системе маркетинга неуклонно возрастает: растущие требования потребителей к удобству пользования продуктом; конкуренция за более престижные места на прилавках магазинов; использование упаковки для рекламы продукта на месте продажи [3].

Экологическая функция упаковки в последние годы приобретает все более важное значение. По мере увеличения темпов производства возникают проблемы уничтожения использованной упаковки. Это связано с медленной скоростью ассимиляции природой под естественным воздействием света, тепла, влаги, микроорганизмов материалов использованной упаковки.

Экологические проблемы использованной упаковки решают различными путями: увеличением объемов многооборотной потребительской тары; сбором и вторичной переработкой традиционными способами; использованием полимерных материалов, способных растворяться и в растворе подвергаться вторичной переработке; сжиганием с использованием фильтров и аппаратов, улавливающих вредные летучие продукты: разработкой и использованием для упаковки пищевых продуктов съедобных и самодеструктирующихся упаковочных материалов.

Эксплуатационная функция упаковки предполагает легкость обращения с ней в процессе сортировки, хранения, перемещения и сбыта, а также удобство для потребителя в использовании упакованного продукта. Опросы покупателей показывают, что им импонирует упаковка, которую можно использовать повторно, которую легко открыть, которая является оригинальной и привлекательной.

Изготовление упаковки и упаковывание продукции требуют больших материальных и трудовых затрат, которые в совокупности определяют стоимость упаковки. Затраты на упаковку занимают важное место в экономике отдельных предприятий и целых отраслей народного хозяйства. Они существенно влияют на цену продукции. Причем сам товар не становится более ценным, а дорожает из-за стоимости упаковки.

В связи с этим, важной функцией, выполняемой упаковкой, является *рационализация*, т.е. выбор оптимальной технологии упаковки и всего производственного процесса в целом. С одной стороны, необходимо стремиться к экономии материальных и трудовых ресурсов при производстве тары и упаковочных материалов, с другой - к рациональной организации операций упаковывания, хранения и реализации упакованной продукции.

Упаковка должна исследоваться и с точки зрения формы с целью оптимального использования складских помещений и транспортных средств. При конструировании полимерной транспортной тары необходимо учитывать ее абсолютную массу, относительную массу. При изготовлении и использовании полимерной тары нужно стремиться к снижению этих показателей.

Требования к пригодности тары и упаковки для погрузочно-разгрузочных операций зависят от условий всей транспортной цепи перемещения упакованной продукции. Для этого на основе упаковки образуется грузовая единица (грузопакет), которой можно манипулировать при наименьших затратах труда и времени, осуществляя транспортные, складские, погрузочно-разгрузочные операции и обеспечивая при этом сохранность продукции.

Информационная функция. Упаковка должна нести всю необходимую информацию. Прежде всего, она обеспечивает идентификацию продукта, информирует покупателя об особенностях товара и является последним связующим звеном с потребителем в торговом зале, побуждая приобрести данный товар, чему предшествуют реклама и продвижение продукта другими способами. Она всегда должна быть прямо увязана с формой, содержанием, строением, а также с напечатанным текстом и художественным оформлением товара.

Список используемых источников

1. <http://do.gendocs.ru/>
2. Ефремов Н.Ф., Тара и ее производство, Москва: МГУП, 2001.
3. www.upakovano.ru

МАРКИРОВКА ТАРЫ И УПАКОВКИ

Путков К.В., Абрамов И.Ю. Полушкин Д.Л.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
кафедра «Переработка полимеров и упаковочное производство»*

Согласно требованиям законодательства, большинство производимой продукции должно иметь соответствующую маркировку. Учитывая отечественные особенности, в России маркировка имеет особенное большое значение, ведь многие покупатели лично сталкивались с некачественной продукцией с просроченным сроком годности. Чтобы избежать подобных неприятностей, нужно быть максимально осведомлённым о качестве товара [1].

Оперативность доставки, упрощение складского учета, полный контроль над перемещением продукции внутри предприятия и в пути следования – главные аргументы в пользу маркировки товаров. Маркировка позволяет оперативно идентифицировать товар, учитывать при погрузочно-разгрузочных работах, приходить или отпускать со склада, оценивать и переоценивать.

Так, в настоящий момент некоторые сетевые магазины предпочитают не работать с поставщиками, если на поставляемой продукции отсутствует этикетка со штрих-кодом или другая важная информация.

Основными функциями маркировки являются информационная, идентифицирующая, мотивационная, эмоциональная.

Информационная функция маркировки как одного из средств товарной информации является основной. Наибольший удельный вес приходится на основополагающую и потребительскую информации. При этом основополагающая информация на маркировке дублирует тот же вид информации в товаросопроводительных документах (ТСД). Несовпадение данных основополагающей информации может быть следствием фальсификации товаров.

Необходимость такого дублирования обусловлена *идентифицирующей функцией* маркировки и ТСД. Однако в отличие от ТСД маркировка предназначена для всех субъектов коммерческой деятельности, а для основной массы потребителей является практически единственным доступным средством товарной информации. Идентифицирующая функция маркировки чрезвычайно важна, так как это обеспечивает прослеживаемость товарных партий на всех этапах товародвижения.

Эмоциональная и мотивационная функции маркировки взаимосвязаны. Красочно оформленная маркировка, поясняющие тексты, применение общепринятых символов вызывают у потребителя положительные эмоции и служат важной мотивацией для принятия решения о покупке товара.

К маркировке предъявляются общие и специфичные требования. Общие требования регламентируются Федеральным законом «О защите прав потребителей». Специфичные для маркировки требования (четкость текста и иллюстраций; наглядность; однозначность текста, его соответствие потребительским свойствам товара; достоверность) не должны вводить получателя и

потребителя в заблуждение относительно количества, качества, изготовителя, страны происхождения.

Носителями **производственной** маркировки могут быть этикетки, кольеретки, вкладыши, ярлыки, бирки, контрольные ленты, клейма и др.

Этикетки наносятся типографским или иным способом на товар или упаковку. Они могут быть самостоятельным носителем информации, который приклеивается или прикладывается к товару. Этикетки отличаются значительной информационной емкостью. Кроме текста, они часто содержат изображения, символы. Из всех носителей маркировки этикетка содержит наиболее обширные по количеству характеризующих признаков сведения.

Кольеретки - разновидность этикеток, имеют особую форму, наклеиваются на горлышко бутылок. Кольеретки не несут большой информационной нагрузки, в основном их назначение - эстетическое оформление бутылок. На кольеретке могут быть указаны наименование напитка, изготовитель, год изготовления или информационные знаки.

Вкладыши - это разновидность этикеток, отличающиеся от них направленностью товарной информации. Предназначены для сообщения кратких сведений о наименовании товара, изготовителе. Иногда вкладыши могут содержать краткую характеристику потребительских свойств товара, в первую очередь функционального назначения. Наиболее часто применяют вкладыши для кондитерских изделий, парфюмерно-косметических и лекарственных средств, товаров бытовой химии.

Бирки и ярлыки - носители маркировки, которые приклеиваются, прикладываются или подвешиваются к товару. Для них характерны меньшая информационная емкость, ограниченный перечень сведений, отсутствие рисунков.

Контрольные ленты - это носители краткой дублирующей товарной информации, выполняемой на небольшой ленте и предназначенной для контроля или восстановления сведений о товаре в случае утраты этикетки, бирки или ярлыка. Контрольные ленты наиболее часто применяются для одежно-обувных товаров.

Клейма и штампы - носители информации, предназначенные для нанесения идентифицирующих условных обозначений на товары, упаковку, этикетки с помощью специальных приспособлений установленной формы.

Торговая маркировка - текст, условные обозначения или рисунок, нанесенные изготовителем на товарные (или) кассовые чеки, упаковки и (или) товар. Носителями торговой маркировки служат ценники, товарные и кассовые чеки. В отличие от производственной торговая маркировка наносится не на товар, а на указанные носители или эксплуатационные документы.

Другое отличие заключается в том, что ее идентифицирующая функция в большей степени связана с указанием данных о продавце, в меньшей - с информацией о товаре. Благодаря идентифицирующей функции торговая маркировка служит основанием для предъявления претензий продавцу в случае выявления дефектов товаров и нанесения ущерба потребителю.

Транспортная маркировка (ГОСТ 14192-96, 19433-88) - маркировка, информирующая о получателе, отправителе и способах обращения с упакованной продукцией при ее транспортировании и хранении. Транспортная маркировка должна содержать манипуляционные знаки, основные, дополнительные и информационные надписи [2].

Манипуляционные знаки — знаки, предназначенные для информации о способах обращения с товарами. Знаки считаются указателями способов обращения с грузами и наносятся в основном на транспортную тару.

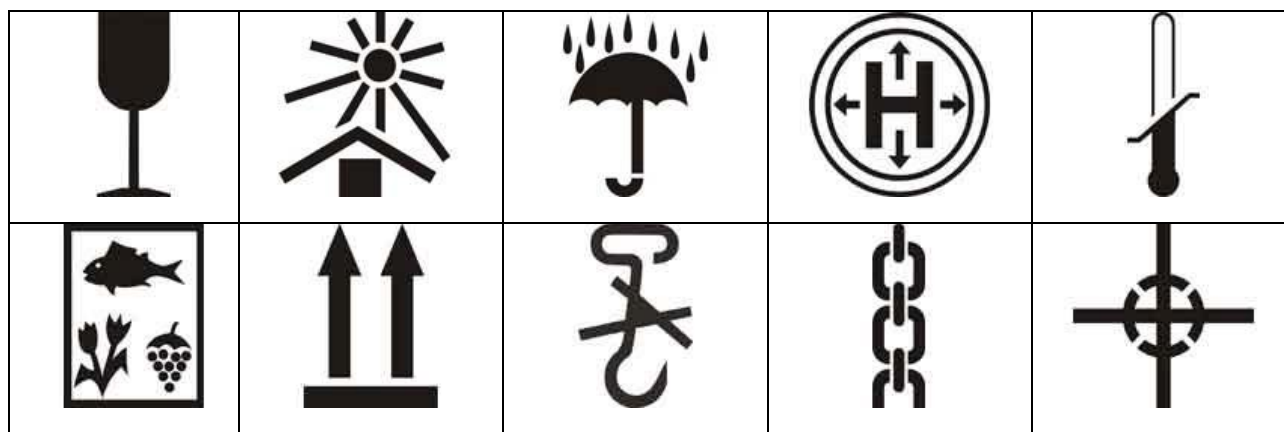


Рисунок 1. Примеры транспортной маркировки

Транспортная маркировка наносится на бумажные, картонные, фанерные, металлические и другие ярлыки, а также непосредственно на тару. Место нанесения маркировки: на ящиках (на одной из боковых сторон), бочках и барабанах (на одном из днищ, можно на корпусе), мешках (в верхней части у шва), тюках (на одной из боковых поверхностей), кипах (на торцевой поверхности, можно на боковой поверхности) [3].

Маркировку наносят типографским, литографическим, электролитическим способами, окраской по трафарету, штемпелеванием, штампованием, выжиганием, продавливанием, печатанием на машине, маркировочными машинами (машина для автоматизированного маркирования упаковочных изделий).

Транспортная маркировка должна быть нанесена на каждое грузовое место. Определение размеров маркировочных ярлыков, манипуляционных знаков и надписей изложено в ГОСТ 14192-96.

Транспортная маркировка грузов, *поставляемых на экспорт*, должна соответствовать требованиям заказа-наряда внешнеторгового объединения.

Список используемых источников

1. <http://www.ebs-moscow.ru>
2. <http://www.rosintertrans.ru>
3. <http://tovaroveded.ru>

КОМБИНИРОВАННАЯ ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ ФТОРПОЛИМЕРНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Полуэкттов В.Л., Баронин Г.С.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»*

Современные полимерные материалы являются многокомпонентными системами, в которых наряду с полимерной матрицей присутствуют различные добавки. В зависимости от поставленной задачи, вида добавки и природы полимера оно может составлять от долей процента до 95 %, в нашем случае наибольшая концентрация составляла 5 м. ч. на 100 м. ч. ПТФЭ.[1]

Настоящая работа посвящена изучению свойств ПТФЭ и композитов на их основе при использовании модернизированного прибора DSC-2 производства фирмы «Perkin-Elmer», работающего по методу дифференциальной сканирующей калориметрии и испытательной машины УТС 101-5, при скорости перемещения подвижного зажима машины 50 мм/мин [2].

Процесс твердофазной экструзии полимерных композитов осуществлялся на специально изготовленной экспериментальной ячейке, с загрузочной камерой диаметром 5 мм и набором сменных фильер с различной степенью деформации материала при температуре ниже температуры плавления. Ячейка представлена на рисунке 1 и состоит из пуансона (1), матрицы (2), заготовки полимерного материала(3), фильеры(4).

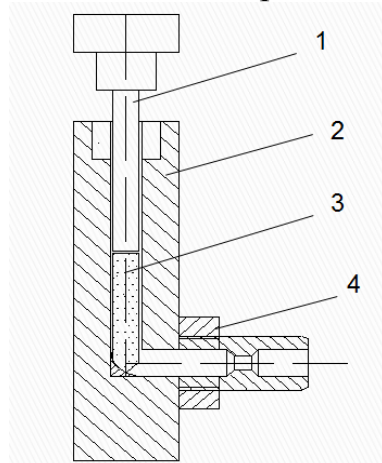


Рисунок 1. Схема экспериментальной ячейки для комбинированной экструзии полимерных материалов: 1-пуансон, 2-матрица, 3-заготовка полимерного материала, 4- фильера.

В качестве объекта исследования использовали политетрафторэтилен (ПТФЭ) (ГОСТ 10007-08) в виде порошка. Модифицирующими добавками служили следующие материалы:

- кремний-фторорганический порошок (КФП) – продукт конденсации пиролиза шихты содержащей блочный ПТФЭ и легко разлагаемые неорганические аммонийные фториды $(\text{NH}_4)\text{F}$, $(\text{NH}_4)_2\text{HF}_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ [1];

- продукт полученный перегонкой шихты ПТФЭ 97 % масс и $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ 3 % масс при температуре 575 °С с последующей десублимацией раствором аммиака - композит ПТФЭ с TiO_2 (ТФП);

- продукт полученный путем посадки на микрочастицы фторполимерных порошков наноразмерных кобальтсодержащих кластеров (КоФП) [2].

Образцами служили монолитные прутки цилиндрического сечения диаметром 5 мм и длиной 20мм. Композиты были получены предварительным смешением порошкообразного ПТФЭ с наноразмерным наполнителем, с последующим таблетированием и спеканием полученных заготовок.

Оценка прочностных характеристик модифицированных образцов ПТФЭ обработанных комбинированной экструзией, в условиях срезающих напряжений проводилась на машине УТС 101-5.

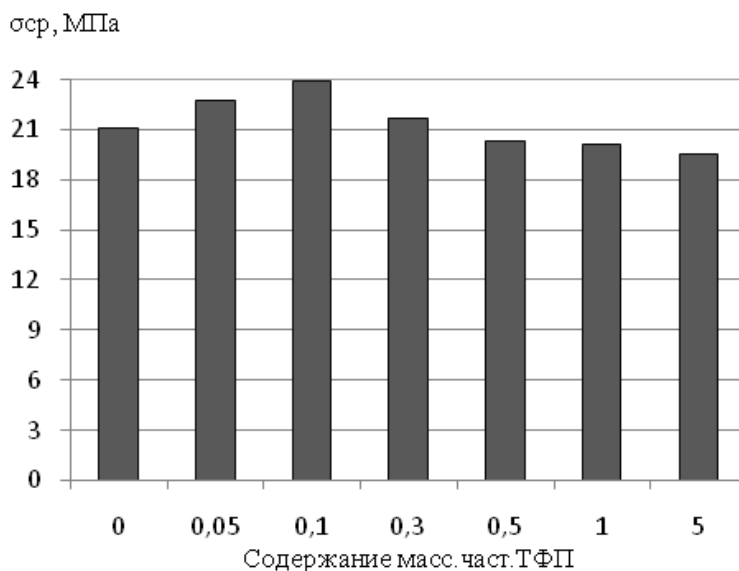


Рисунок 2. Диаграмма изменения разрушающего напряжения в условиях среза полимерного композита ПТФЭ+ТФП, в зависимости от содержания ТФП.

Экспериментально установлено, что при оценке прочностных характеристик в условиях срезающих напряжений полученных образцов, модифицированного ПТФЭ, отмечено экстремальное влияние модифицирующей добавки в области малых концентраций (0,05; 0,1 масс.част. на 100 масс. част. ПТФЭ); что свидетельствует о равномерном распределении модификатора в полимерной матрице ПТФЭ.

Прочность в условиях срезающих напряжений у композитов ПТФЭ+0,1ТФП, полученного комбинированной экструзией, превышает на 15% соответствующие характеристики исходного материала.

При помощи дифференциально-сканирующего калориметра определили удельную скорость поглощения энергии образцами при различной температуре.

На рисунке 3 приведена зависимость максимальной скорости поглощения энергии образцов полимерной системы в области плавления политетрафторэтилена с модифицирующей добавкой ТФП, от концентрации модификатора (0,05; 0,1; 0,5; 1; 5 массовых частей на 100 массовых частей ПТФЭ). Теплофизические исследования показали, что для ПТФЭ с модифицирующими добавками характерно увеличение удельной скорости поглощения энергии образцом по сравнению с исходным ПТФЭ.

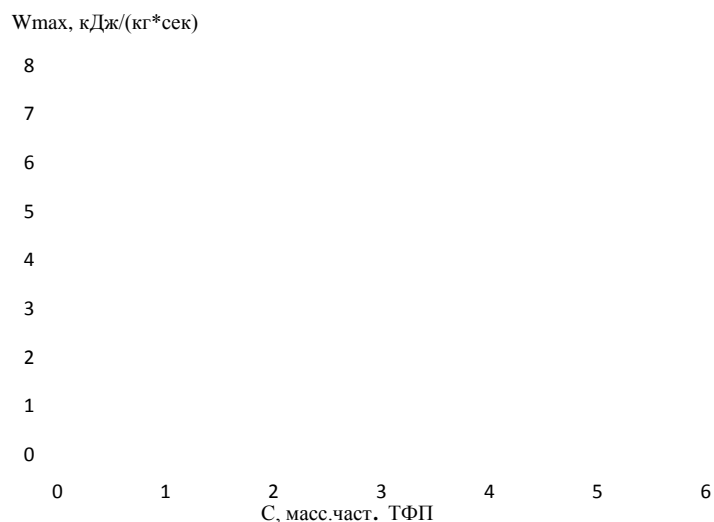


Рисунок 3. Графики зависимости максимальной скорости поглощения энергии W_{max} образцов полимерной системы Ф4+ТФП, от массовой части ТФП.

На основании первых экспериментальных результатов исследования метода комбинированной экструзии можно сделать вывод о том, что обработка композитов в условиях данного вида экструзии в твердой фазе сопровождается повышением прочностных показателей в условиях срезающих напряжений, а также повышением теплофизических характеристик ПТФЭ. Наибольший эффект получен при малых долях вносимых модификаторов.

В качестве основных достоинств создания наномодифицированных фторополимерных материалов можно отметить положительное влияние вносимого модификатора на теплофизические и прочностные характеристики исходного полимерного материала. Сочетание равноканальной угловой и плунжерной экструзии при переработке модифицированного фторполимерного материала увеличивает общий положительный эффект.

Список используемых источников

1. Переработка полимеров в твердой фазе: физико-химические основы / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М.: Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
2. Установка для определения остаточных напряжений в ориентированных термопластах / Ю.М. Радько, Е.В. Минкин, М.Л. Кербер, М.С. Акутин // Заводская лаборатория. – 1980.– №7. – С.669-670.
3. Комбинированная твердофазная экструзия полимеров и композитов / В.Л. Полуэктов Г.С.Баронин «Современные твердофазные технологии: теория, практика, инновационный менеджмент». Материалы IV Международной научно-инновационной молодежной конференции. Под общей ред. Завражина Д.О. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2012
4. Бузник, В.М. Металлополимерные нанокompозиты / В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. Интеграционные проекты СО РАН. – Вып. 2. – 260 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ Ti – Al – C МЕТОДОМ СВС-ЭКСТРУЗИИ*

Аверичев О.А., Бажин П.М. Столин А.М.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
Российской академии наук*

Ранее в проведенных работах была показана возможность формуемости металлокерамической системы Ti-Al-C в условиях свободного СВС-сжатия. Были найдены степени деформации этих материалов от технологических условий синтеза (времени задержки и давления), а также изучен характер взаимодействия между расплавленными продуктами горения и частично расплавленным поверхностным слоем стальной подложки.

Целью настоящей работы стало изучение самой возможности получения изделий на основе МАХ-фазы в виде длинномерных стержней заданной длины и диаметра. Соединения на основе МАХ-фазы занимают промежуточное положение между металлами и керамикой. Обладая высокой тепловой и электрической проводимостью металлов, они сочетают в себе низкий удельный вес и превосходную жаростойкость керамических материалов, при этом сохраняя высокий модуль упругости. Для получения подобных изделий был применен метод СВС-экструзии, так как именно он позволяет синтезировать изделия заданной формы за десятки секунд, не прибегая к сложному и дорогостоящему методу порошковой металлургии – спеканию.

В результате были получены аноды, используемые в производстве алюминия методом Эру-Холла и применяемые при конструировании электролизера. При этом необходимо было обеспечить ряд требуемых технических характеристик к получаемым изделиям, а именно: длина – не менее 100 мм, диаметр – от 8 до 10 мм, а также сплошность и однородность структуры по всей длине анода. Не менее важным параметром было отсутствие локальных дефектов на поверхности получаемых длинномеров.

Состав исходной шихты соответствует стехиометрическому составу исходной металлокерамики Ti_2AlC . Было произведено предварительное одноосное холодное прессование для получения исходных шихтовых заготовок (таблеток) цилиндрической формы. Масса каждой таблетки составляла 50 г, высота – 40 мм, относительная плотность таблетки – 60%.

После проведения серии экспериментов по экструзии полученных таблеток методом СВС были найдены экспериментальные зависимости длины получаемых электродов, однородности и сплошности поверхности от технологических параметров процесса экструзии. Одним из таких параметров, определяющих способность материала к формованию, является время задержки (время от начала иницирования химической реакции до приложения давления к синтезированному материалу). Установленное оптимальное значение времени задержки t_D было определено в диапазоне от 1 до 5 с. Материал на-

ходился под давлением в течении $\tau_E = 5$ с. Оптимальное давление прессования было установлено в диапазоне от 10 до 50 МПа.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №12-03-31015_мол_а.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМУЕМОСТИ ТУГОПЛАВКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $\text{MoSi}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$.

Михеев М.В., Бажин П.М., Столин А.М.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
Российской академии наук*

В печах с окислительной средой или воздухом для их разогрева до температур 1700°C используются нагреватели на основе дисилицида молибдена, производимые по технологии порошковой металлургии десятки часов с использованием пластификаторов, которые отрицательно сказываются на характеристиках работы. Одним из перспективных направлений в организации технологического процесса получения высокотемпературных нагревателей (ВНЭ) открывается в связи с применением СВС-экструзии. Перспективность использования этого метода обусловлена возможностью за десятки секунд (вместо часов, как в порошковой металлургии) проводить синтез материала из порошков исходных компонентов и формовать ВНЭ заданного размера и формы. При этом отпадает необходимость энергозатрат на внешний нагрев системы.

В процессе формования материал подвергается сдвиговому деформированию, возможность которого основывается на способности еще горячей и пластичной массы синтезированного продукта к макроскопическому течению. Для материалов, получаемых по технологии СВС, формование может быть осуществимо только в характерном температурном диапазоне, именуемом интервалом переработки, от температуры живучести материала, выше которой материал имеет возможность к пластическому деформированию, а ниже затвердевает, до температуры горения материала. Если этот температурный интервал узкий, то процесс формования является «жестким», что означает низкую воспроизводимость процесса и жесткие технологические требования к оборудованию. Способность к макроскопическому течению зависит от реологических свойств системы (предела текучести, сдвиговой и объемной вязкости), а так же от влияния структурных процессов (рост и коагуляция зерен), отверждения и условий деформирования.

В ходе работы проведены исследования формуемости СВС-материалов на основе системы $\text{Mo} - \text{Si} - \text{Al} - \text{MoO}_3$ методом свободного СВС-сжатия. Было установлено что материал на основе $\text{MoSi}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ обладает способно-

стью к формуемости и получению компактных материалов. Найденные зависимости степени деформации материала от времени выдержки и давления, позволяют получить оптимальные условия для формуемости изучаемого материала и дальнейшего получения высокотемпературных нагревательных элементов методом СВС-экструзии. Так же изучена микроструктура деформированного материала после свободного СВС-сжатия, которая имеет слоистый характер (рис.1). В зоне, близлежащей к подложке, наблюдаются более светлые и крупные образования, тогда как по мере отдаления от неё образования становятся темнее. Кроме того, они становятся ориентированными в направлении течения материала во время сдвигового деформирования.

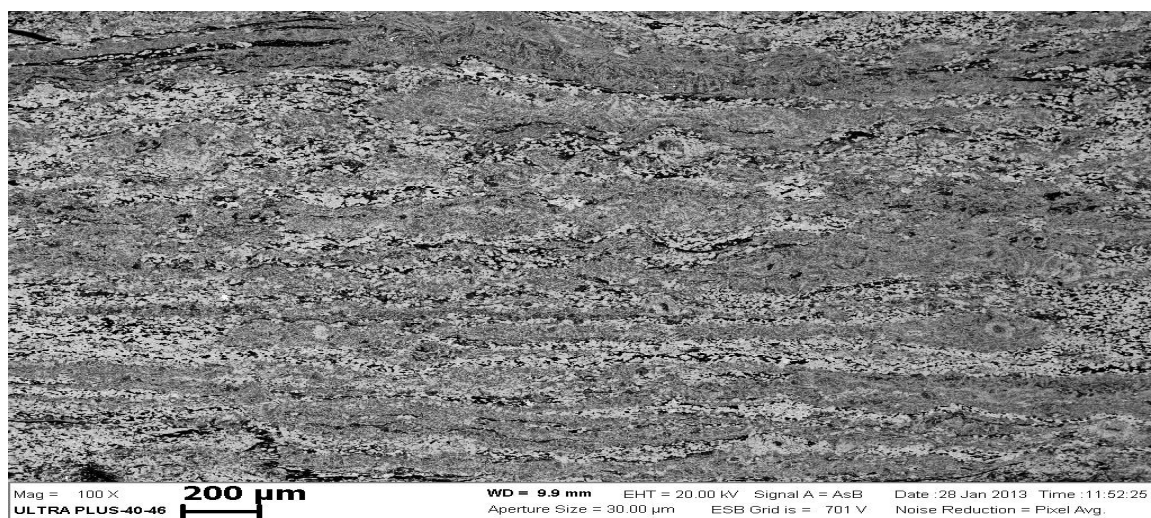


Рисунок 1. Микроструктура деформируемого материала после свободного СВС-сжатия.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ДИФфуЗИОННЫХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ МОДИФИЦИРОВАННОГО Ф-42, ОБРАБОТАННЫХ РАВНОКАНАЛЬНОЙ МНОГОУГЛОВОЙ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ*

*Иванов С.А., Комбарова П.В, Баронин Г.С., Таров В.П.
Тамбовский государственный технический университет,
г. Тамбов, Россия*

Непрерывно растущие потребности современной промышленности и техники требуют все большего количества полимерных материалов для решения самых разнообразных практических задач. Эти потребности могут быть удовлетворены модификацией свойств существующих полимеров, производство которых уже освоено промышленностью. Одним из современных методов создания полимерных материалов с улучшенным комплексом

свойств является модификация свойств и разработка новых методов обработки полимерных материалов, что в свою очередь ускоряет развитие различных отраслей промышленности, пользующейся полимерной продукцией.

Одним из методов обработки полимеров и композитов на их основе интенсивной пластической деформацией (ИПД) является равноканальная многоугольная твердофазная экструзия (РКМУТФЭ), которая является альтернативой для других методов твердофазной технологии и методов структурной модификации полимеров и композитов [1, 5].

Объектами исследования настоящей работы являлись фторопласт-42 Л-1 (Ф-42) (ГОСТ 25428 - 82) и композиты на его основе. В роли модифицирующих добавок для создания композитных полимерных материалов использовались:

- кремний-фторорганический порошок (КФП) – продукт конденсации пиролиза шихты, содержащей блочный ПТФЭ и легко разлагаемые неорганические аммонийные фториды $(NH_4)F$, $(NH_4)_2HF_2$, $(NH_4)_2SiF_6$ [2];

- продукт, полученный перегонкой шихты ПТФЭ 97 % масс и $(NH_4)_2TiF_6$ 3 % масс при температуре 575 °С с последующей десублимацией раствором аммиака - композит ПТФЭ с TiO_2 (ТФП)[2];

- продукт, полученный путем посадки на микрочастицы фторполимерных порошков наноразмерных кобальтсодержащих кластеров (КоФП) [3]. Дополнительно в качестве модификатора использовались углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит» - наномасштабные образования поликристаллического графита. Производитель УНТ «Таунит» - ООО «Нанотехцентр», г. Тамбов [4].

Композиты были приготовлены традиционным способом включающим стадию смешения порошкообразного Ф-42 с наноразмерным наполнителем при помощи магнитного смесителя с использованием ферромагнитных элементов. Образцы для дальнейших исследований получали с помощью литейной машины через стадию расплава. Содержание модифицирующей добавки (КФП, ТФП и КоФП) составило 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1 и 5 масс.част. на 100 масс. част Ф-42. Содержание модифицирующей добавки УНТ составило 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; и 1 масс.част. на 100 масс. част Ф-42.

Последующая обработка полученных полимерных заготовок проводилась в режиме равноканальной многоугольной твердофазной экструзией, при которой цилиндрическая заготовка продавливается через деформирующий блок ячейки, состоящий из нескольких пар каналов одного диаметра, пересекающихся под заданными углами [1].

Для определения деформационной теплостойкости и коэффициента водопоглощения были использованы образцы Ф-42 и композитов на его основе со степенью эквивалентной деформации равной $\varepsilon = 1,3$, т.е. прошедшие один цикл деформирования в ячейке РКМУТФЭ.

На рисунке 1а, б, приведены концентрационные зависимости удельной скорости поглощения энергии образцами W_{max} в области плавления и деформационной теплостойкости $T_{тп}$, полученной в режиме отжига, модифицированных образцов Ф-42.

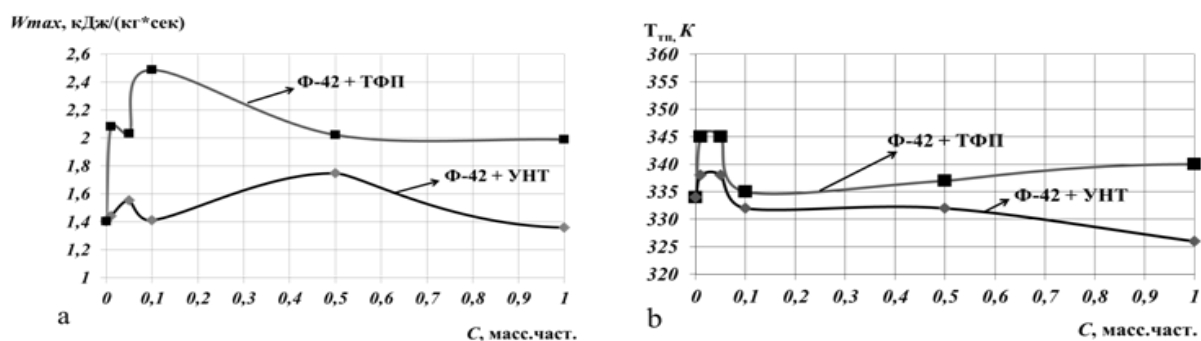


Рисунок 1. Концентрационные зависимости максимальной скорости поглощения энергии образцов полимерной системы Φ-42 + ТФП и Φ-42 + УНТ (а) в области плавления и деформационной теплоустойкости полученной в режиме изометрического нагрева (б) полимерной системы от содержания модификатора ТФП и УНТ.

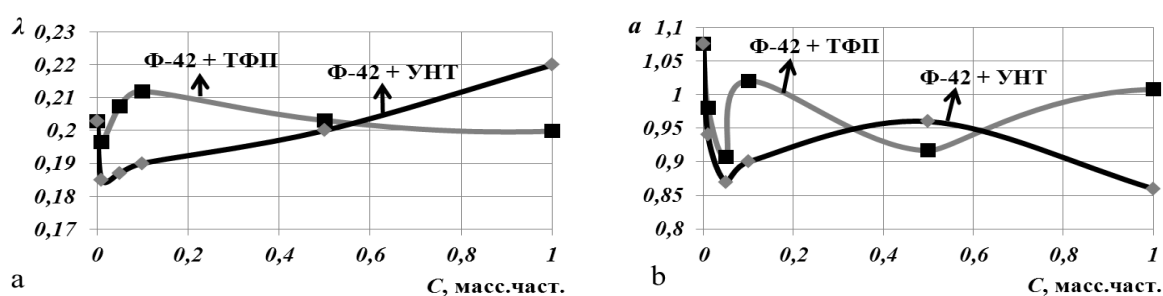


Рисунок 2. График зависимости теплопроводности (а) и температуропроводности (б) от массовых частей модификатора ТФП и УНТ для полимерной системы на основе Φ-42.

В результате оценки коэффициента водопоглощения композитов на основе Φ-42 (ГОСТ 4650-65 в холодной воде) была выявлена тенденция снижения данного показателя до 33% (относительно чистого материала) при внесении 0,01 масс.част. УНТ. Дальнейшее увеличение массовой доли модификатора приводит к постепенному увеличению коэффициента водопоглощения до 28% (относительно чистого материала). Внесение модификатора ТФП проявляет аналогичную тенденцию. Коэффициент водопоглощения композита Φ-42+1 масс.част. ТФП увеличивается на 18% относительно чистого материала (рисунок 3).

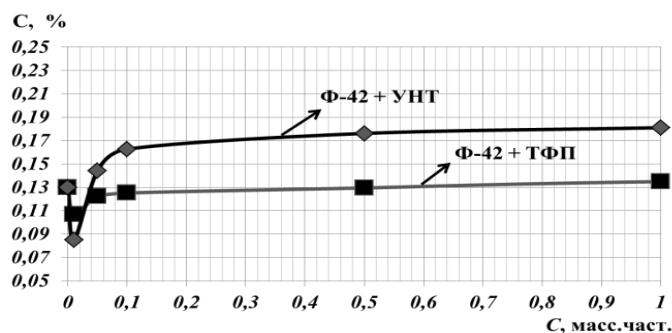


Рисунок 3. График зависимости коэффициента водопоглощения композитов Φ-42 от концентрации модифицирующей добавки.

В ходе работы экспериментально установлено экстремальное влияние выбранных модификаторов в количестве 0,01 – 0,02 масс.част.на 100 масс.част. полимерной матрицы и структурной модификации в режиме РКМУ ТФЭ Ф-42 - композитов.

Список используемых источников

1. В.А. Белошенко, Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин. Твердофазная экструзия полимеров: Монография / – Киев: Наукова думка, 2008. – 208 с.
2. Бузник В.М. Металлополимерные нанокompозиты / В.М. Бузник, В.М. Фомин, А.П. Алхимов и др. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. Интеграционные проекты СО РАН. – Вып. 2. – 260 с.
3. Механохимические методы получения композитных материалов металл-керамика-политетрафторэтилен / О.И. Ломовский, А.А. Политов, Д.В. Дудина, М.А. Корчагин, В.М. Бузник // Химия в интересах устойчивого развития. – 2004. – №12. – С. 619-626.
4. А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур, Машиностроение, Москва (2007).
5. С.А. Иванов, Д.С. Уколов, Г.Н. Нурутдинов, В.П. Таров, Г.С. Баронин. Исследование структурно-механических свойств твердофазных углеродсодержащих ПЭВП-нанокompозитов и прогнозирование результатов с помощью нейросетевых технологий / Вестник ТГУ. – 2013. - №18, вып.5 - С. 2366-2368.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Госзадания ФГБОУ ВПО «ТГТУ» на 2012-2014 гг. (код проекта 3.4037.2011).*

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ФТОРПОЛИМЕРА Ф-42*

*Худяков В.В., Баронин Г.С., Мещерякова Ю.В.,
Завражин Д.О., Милованов Е.Е*

*Тамбовский государственный технический университет,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии», г. Тамбов,*

Учитывая положительные результаты ранее проведенных теплофизических исследований молекулярных композитов на основе политетрафторэтилена целесообразно провести аналогичные исследования композиционных материалов и на основе фторопласта-42.

Модификаторами полимерной матрицы Ф-42 служили молекулярные нанокompозиты ТФП, КФП и КоФП[2].

Получены следующие теплофизические характеристики:

— удельная скорость поглощения энергии в зависимости от температуры образцов, полученные на модернизированном дифференциальном сканирующем калориметре на базе прибора DSC-2, который позволяет регистрировать тепловые эффекты при линейном изменении температуры образца.

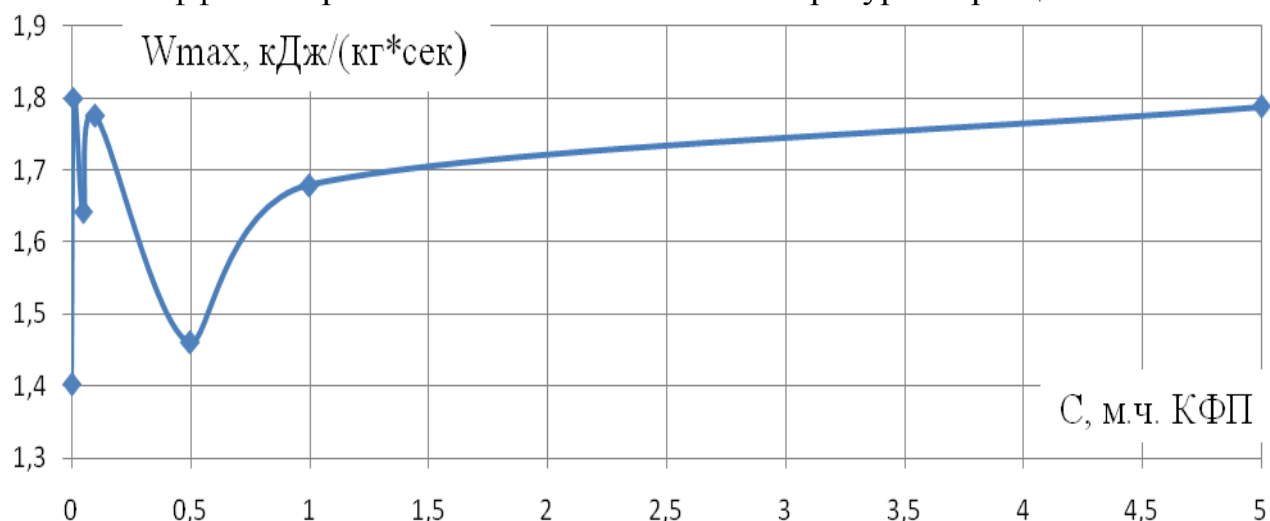


Рисунок 1. График зависимости максимальной скорости поглощения энергии образцов полимерной системы Ф-42 + КФП в области плавления от содержания модифицирующей добавки КФП.

В работе проанализированы зависимости удельной скорости поглощения энергии от температуры образца, величины деформационной теплоемкости в режиме изометрического нагрева и зависимости тепло- и температуропроводности полимерной системы от концентрации модификаторов (0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 5 массовых частей на 100 массовых частей Ф-42).

Измерение теплопроводности и температуропроводности проводилось с помощью информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов, работающей в режиме экспресс-анализа.

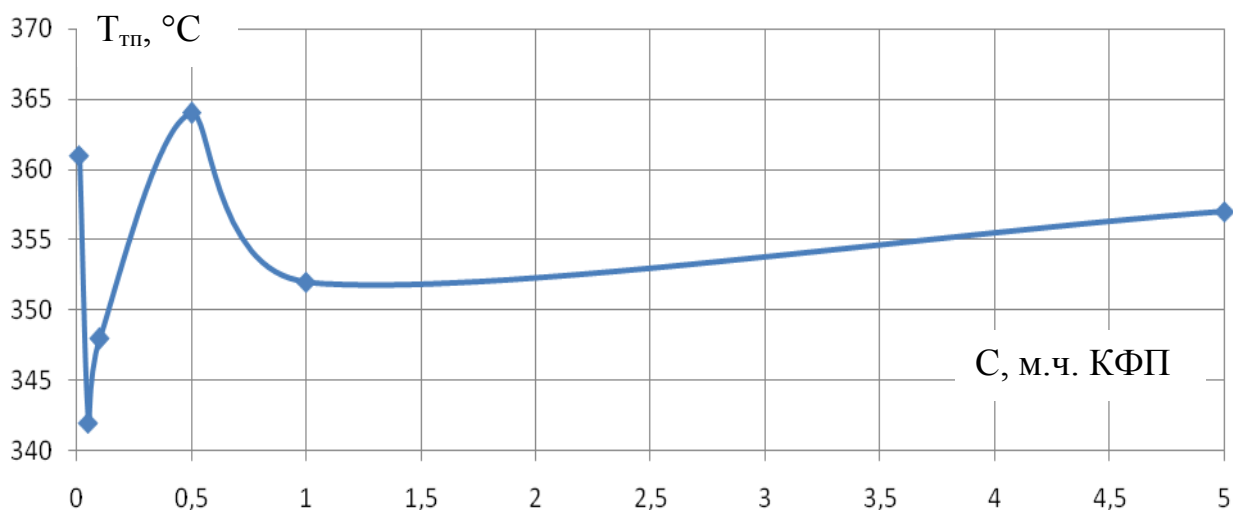


Рисунок 2. График зависимости деформационной теплостойкости полимерной системы Ф-42 + КФП от содержания модифицирующей добавки КФП.

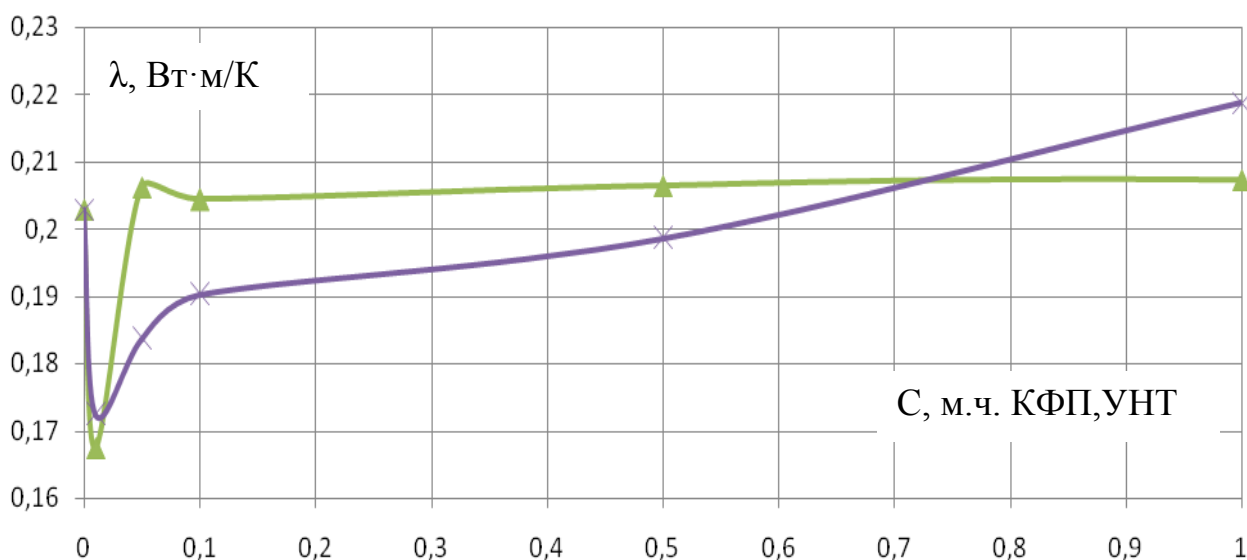


Рисунок 3. График зависимости теплопроводности полимерной системы Ф-42 + КФП и Ф-42 + УНТ от содержания модифицирующей добавки КФП и УНТ.

Экспериментально установлено, что наибольший эффект во всех используемых теплофизических методах исследования дают малые доли вносимых модификаторов, а именно 0,05 и 0,1 массовые части на 100 массовых частей Ф-42.

Полученные экспериментальные зависимости теплофизических свойств комбинированного нанокompозита на основе Ф-42 можно объяснить тем фактом, что металлические и керамические наночастицы, закрепленные на поверхности частиц ультрадисперсного ПТФЭ в составе молекулярных композитов КФП, КоФП и ТФП, УНТ теряют способность к агломерации, в то же время экстремально взаимодействуют с внешними компонентами полимерной системы на основе Ф-42, сохраняя основной комплекс своих физических характеристик [2].

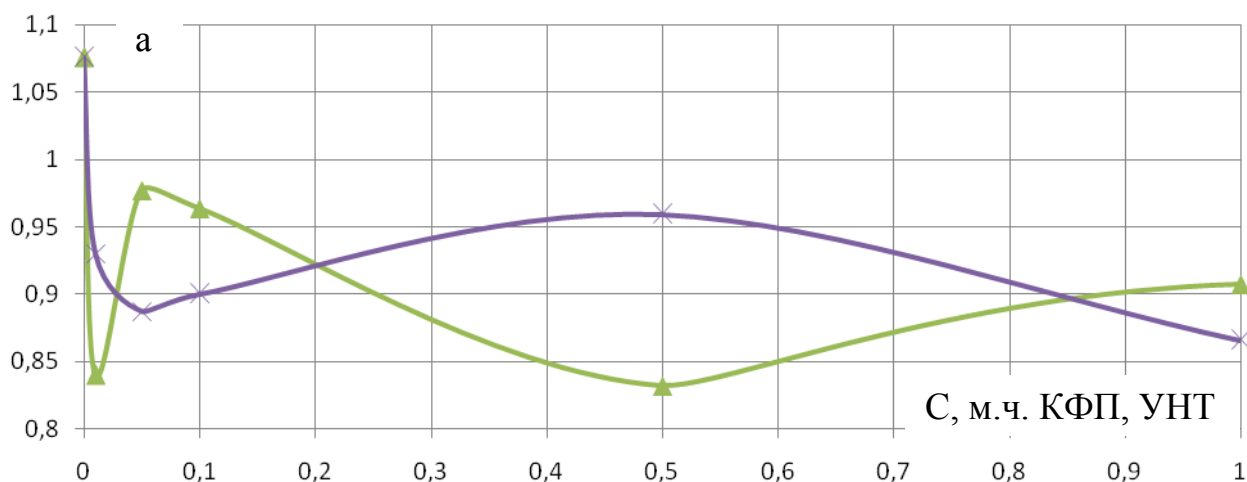


Рисунок 4. График зависимости температуропроводности полимерной системы Ф-42 + КФП и Ф-42 + УНТ от содержания модифицирующей добавки КФП и УНТ.

Список используемых источников

1. Кантаев А.С. Фторидная технология производства композиционных материалов с использованием оксидов титана и кремния при переработке политетрафторэтилена. Автореферат дисс. на уч. ст. к.т.н., Томск – 2013.

2. Баронин Г.С., Бузник В.М., Юрков Г.Ю., Дьяченко А.Н., Худяков В.В., Завражин Д.О., Кобзев Д.Е. Эксплуатационные свойства фторполимерных нанокompозитов, полученных молекулярным смешением. Вестник Тамбовского Университета, Серия: Естественные и технические науки, Т. 18, вып. 4, 2013, с. 1982-1983.

**Работа поддержана Грантом президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ, код проекта НШ – 3550.2012.3*

СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ ТИТАНОВОГО СПЛАВА С НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛЬЮ ЧЕРЕЗ НИКЕЛЕВУЮ ПРОСЛОЙКУ

**Хазгалиев Р.Г., Мухаметрахимов М.Х., Сафин Ф.Ф.
ФГБУН ИПСМ РАН, г. Уфа, sloth.usatu@gmail.com**

Создание современных технических устройств, в частности, парогенераторов и теплообменников ядерных энергетических установок, диктует необходимость получения надежного соединения титановых сплавов с другими материалами. Традиционные методы соединения либо утяжеляют конструкцию крепежными элементами, либо не позволяют получить надежного соединения (сварка плавлением). Исключение крепежных элементов позволяет не только снизить вес и размер ответственных изделий, но и осуществить

принципиально новые конструктивные решения. Наиболее часто возникает задача соединить титановые сплавы со сталями и жаропрочными никелевыми сплавами.

Твердофазное соединение титанового сплава с нержавеющей сталью сопровождается образованием хрупких интерметаллидных фаз на основе Fe – Cr – Ti и Fe – Ti и возникновением остаточных напряжений из-за несоответствия коэффициентов термического расширения соединяемых материалов. Одним из способов преодоления этой проблемы является использование никелевой прокладки [1].

Целью данной работы было более подробное исследование зоны соединения титановый сплав – никель. Определение влияния толщины прослойки на картину деформации на поверхности никеля.

Исследована твердофазная свариваемость титанового сплава ПТЗВ и нержавеющей стали 12Х18Н10Т через наноструктурированную никелевую фольгу из сплава НП2 в области температур 650...750 °С. Результаты испытаний образцов из соединенных заготовок на растяжение показали, что наибольшая прочность на отрыв при комнатной температуре составляет 470 МПа, и она достигнута на заготовке, изготовленной сваркой давлением при 750 °С. Проведен подробный анализ структуры и химического состава зоны соединения титановый сплав – никель.

На процесс соединения материалов существенную роль играет деформация в зоне контакта материалов. Для определения степени деформации в зоне контакта было проведено моделирование процесса сварки и определение картин деформации в зоне соединения для разных материалов.

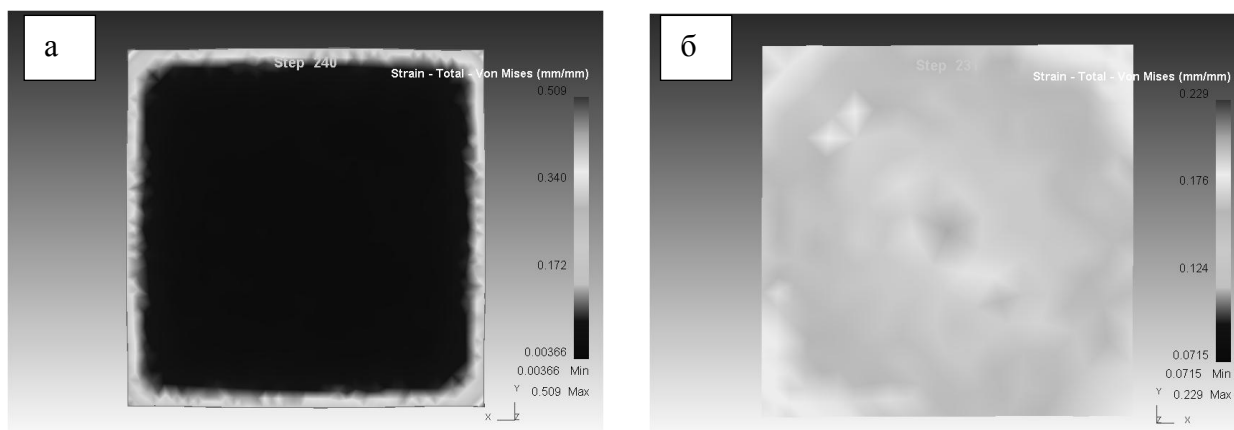


Рисунок 1. Распределение деформации на поверхности никелевой прослойки (нормаль +z) в условиях соединения 750 °С, толщина прослойки 300 мкм (а) и 2 мм (б).

Известно: время процесса 20 минут, давление на внешние поверхности 4 МПа, три материала исследования (известные материалы VT6, Ni и нержавеющую сталь AISI 321). В зоне контакта задаем прилипание. Размеры заготовок 4x4x20 мм для соединяемых материалов и 4x4x(0,3...2) мм для промежуточного листа. Основной исследуемый параметр температура. Оценивал картину деформирования при изменении температуры. Как можно заметить, при повышении температуры степень деформации увеличивается.

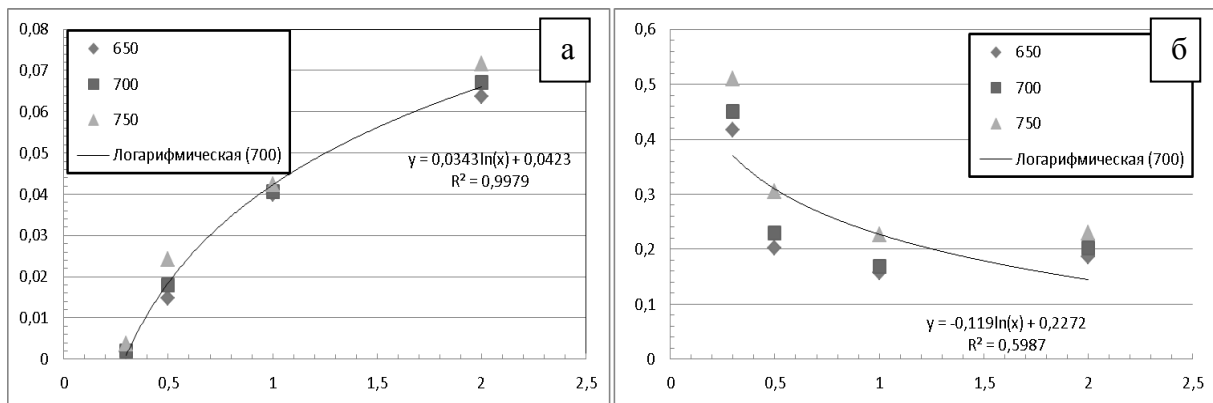


Рисунок 2. Изменение минимального значения деформации (а) и максимального значения деформации (б) в никелевой прослойке.

Исследована зависимость деформации прослойки от ее толщины. Так для сравнения построены кривые максимальной и минимальной деформации прослойки в зависимости от ее толщины (рис.2). Минимальная степень деформации возрастает с увеличением толщины, а максимальная степень деформации имеет падающий характер. Деформация в объекте не равномерна, концентрируется в углах. Чем тоньше прослойка, тем меньше деформация в центре образца, что показано на рисунке 1.

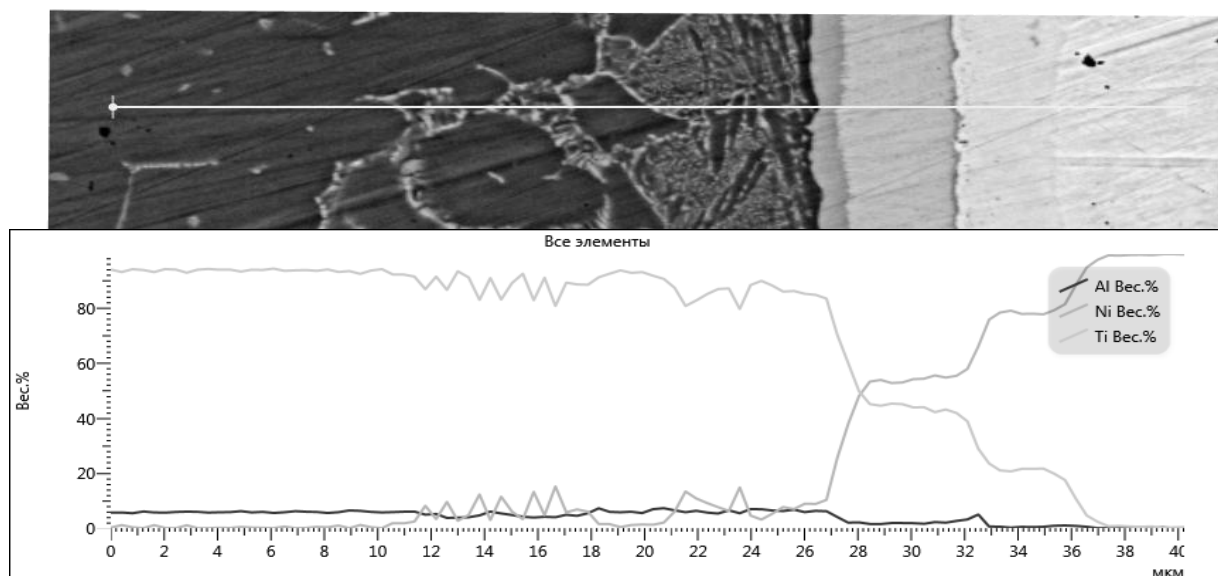


Рисунок 3. Микроанализ границы соединения титановый сплав – никель, после сварки при 750 °С, 20 мин.

Проведено физическое моделирование процесса. Исследование микроструктуры и микроанализ зоны соединения титанового сплава - никель показал образование интерметаллидных слоев в зоне соединения (рис.3).

Согласно ранее проведенным исследованиям [1] размеры слоев со снижением времени выдержки уменьшаются. Однако образование слоев избежать не удастся. Необходимо снижать температуру соединения.

Список используемых источников

1. Хазгалиев Р.Г., Мухаметрахимов М.Х., Мулюков Р.Р., Лутфуллин Р.Я. «Твердофазное соединение титанового сплава с нержавеющей сталью через наноструктурированную прослойку из никелевого сплава» // Перспективные материалы, 2011, с. 529.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ

Любимова Д.А., Пустоваров Н.Ю.

Тамбовский государственный технический университет

В условиях неизбежного дефицита сырья для производства цветных и черных металлов, нефти и газа, который начнет ощущаться уже через сто последующих лет, перед учеными всего мира стоит задача разработки новых недорогих и экологичных материалов, способных конкурировать с традиционными конструкционными материалами как по физико-механическим свойствам, так и по себестоимости.

Так, учеными Воронежской лесотехнической академии разработана технология изготовления нового материала - "Древсталь" с прочностью стали Ст.- 3, путем трехстороннего уплотнения древесины до плотности древесинного вещества и одновременным пропитыванием водным раствором карбамида. Кроме того, материал устойчив к процессам горения и гниения.

Модифицированная древесина "Древсталь" в значительной мере сможет заменить цветные металлы и неметаллические композиционные материалы для изготовления подшипников скольжения и строительных конструкций. И если цены на черные и цветные металлы будут постоянно расти, то стоимость древесины в ближайшее время будет относительно стабильна.

При разработке и внедрении новых конструкционных материалов необходимо исследовать их потенциальные эксплуатационные свойства, в том числе теплофизические характеристики. Это является особенно важным в строительстве, т.к. теплофизические свойства выражают основные характеристиками качества материалов, влияют на значение энергоэффективности зданий и сооружений. В связи с этим, существует необходимость применения методов и средств определения ТФХ, соответствующих современным требованиям точности и обеспечивающих при этом минимальные затраты.

Перспективным направлением в этой сфере является метод регулярного режима третьего рода. Одним из его важных достоинств при определении ТФХ является возможность достаточно просто регистрировать фазовый сдвиг температурных волн во времени, что создает преимущество, так как главной измеряемой величиной становится время, являющееся одной из наиболее точно измеряемых физических величин [1].

В таблице 1 приведены результаты калибровки измерительной установки, разработанной на кафедре «Управление качеством и сертификация» Тамбовского государственного технического университета. В основу принципа действия измерительного устройства заложен метод регулярного режима третьего рода. Процессы сбора данных и задания режима нагрева в измерительной установке полностью автоматизированы за счет использования программной среды LabVIEW [2].

В качестве действительного значения коэффициента температуропроводности полиметилметакрилата использовалось значение $a=1,09 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ [3].

Таблица 1.

Результаты калибровки измерительной установки

Показатель	Период, с			
	40	60	80	160
Время запаздывания, с	19	24,6	23	25
Параметр ψ	0,48	0,41	0,28	0,16
Коэффициент температуропроводности, $a, \text{ м}^2/\text{с}$	$0,88 \cdot 10^{-7}$	$0,83 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$1,11 \cdot 10^{-7}$
Относительная погрешность, $\delta a, \%$	-20	-25	10	2

Проведенные эксперименты показали, что погрешность измерения коэффициента температуропроводности материала уменьшается при увеличении периода колебаний температуры и при значении параметра $\psi=0,16$ (отношение времени запаздывания τ_3 гармонических колебаний в точке с координатой x к периоду τ_0 гармонических колебаний) достигает минимального значения. Дальнейшее увеличение периода колебаний температуры нежелательно, так как продолжительность эксперимента возрастает весьма значительно.

После проведения калибровки был проведен ряд экспериментов по определению температуропроводности материала «древсталь» (рис.1).

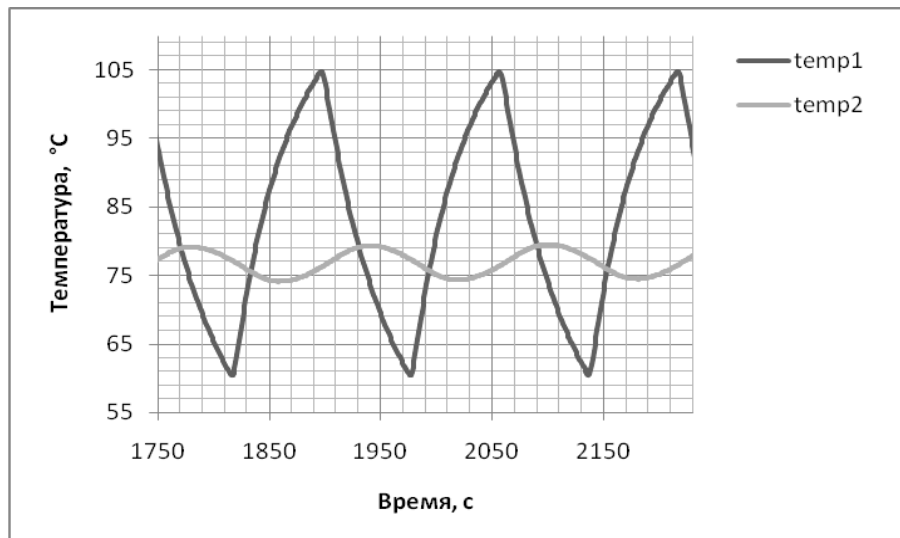


Рисунок 1. Зависимость температуры от времени в процессе измерения температуропроводности материала «древсталь» методом регулярного режима третьего рода

Относительная погрешность определения температуропроводности вычислялась по формуле:

$$\delta a = \sqrt{4 \cdot (\delta x)^2 + \left(\frac{\delta g_{\max}}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \left(1 + \frac{4}{\psi^2} \cdot [\exp(2 \cdot \pi \cdot \psi)]^2 \right)},$$

где Δx , $\delta x = \frac{\Delta x}{x}$ - абсолютная и относительная погрешности измерения расстояния между двумя поверхностями с координатами $x=0$ и $x=x$;
 $\delta g_{\max} = \frac{\Delta g_{\max}}{g_{\max}}$ - относительная погрешность измерения амплитуды g_{\max} гармонических колебаний температуры на поверхности $x=0$.

При расчете относительной погрешности использовались следующие значения:

$$\Delta x=0,00005 \text{ м}, \Delta g=0,05^\circ\text{C}, g_{\max}=5^\circ\text{C},$$

Таблица 2.

Определению температуропроводности материала «древсталь»

Материал	«Древсталь»		
Толщина образца, м	0,00415		
Длительность эксперимента, мин	30		
Период температурных колебаний, с	160	180	120
Время запаздывания, с	55	59	47
Коэффициент температуропроводности, a , м ² /с	$7,26 \cdot 10^{-8}$	$7,08 \cdot 10^{-8}$	$7,34 \cdot 10^{-8}$
Относительная погрешность, δa , %	8	7	9
Температуропроводность Ст.-3, м ² /с	$1,3 \cdot 10^{-5}$		

Результаты показали, что исследуемый материал «Древсталь» обладает низким коэффициентом температуропроводности, гораздо ниже температуропроводности стали. Это позволяет сделать вывод о том, что при заявленной прочности и определенной экспериментально величине температуропроводности, данный материал может составить прямую конкуренцию применяемым в настоящее время композиционным материалам.

Список используемых источников

1. Пономарев, С.В. Теоретические и практические основы теплофизических измерений: под ред. С.В. Пономарева / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, А.Г. Дивин, В.А. Вертоградский, А.А. Чуриков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 408 с.;
2. Дивина Д.А. Измерительная установка для определения теплофизических характеристик материалов методом регулярного режима третьего рода // Материалы работ победителей и лауреатов Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области технических наук. – СПбГПУ, Санкт-Петербург, 2012. – С. 112-114;
3. Пономарев, С.В. К вопросу о выборе оптимальных режимных параметров процесса измерения коэффициента температуропроводности теплоизоляционных материалов методом регулярного режима третьего рода / С.В. Пономарев, Д.А. Дивина, А.С. Щекочихин // Измерительная техника. – 2012. - №1. – С. 47-49.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНО-ОТДЕЛОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Завражин Д.О., Мордасов Д.М., Симонов А.Ю.
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

В настоящее время в строительство внедряется большое количество новых материалов. Зачастую они лучше и дешевле традиционных материалов и, кроме того, позволяют усовершенствовать строительные технологии, решить ряд вопросов, связанных с повышенной нагрузкой при эксплуатации.

Используемые сегодня защитные и изоляционные материалы фасадов зданий (штукатурка) и коммуникаций (защитная обмотка теплоизоляции труб) имеют недостаточный срок службы, невысокую энерго эффективность или высокую стоимость и сложности применения. Частая потребность в ремонте и обновлении. Бетонные плиты, из которых сделаны "многоэтажки", чтобы соответствовать СНиП по теплотерям, требуют дополнительной защиты и имеют проблему совместимости материалов и больших трудозатрат. Дома из ЦСП, ОСБ, СМЛ, имеют плохую адгезию к защитным покрытиям, а обкладка их кирпичом увеличивает трудозатраты и нагрузку на фундамент. Промышленные полы постоянно подвергаются интенсивным нагрузкам (статическим, динамическим, температурным и т. д.), а также находятся под воздействием различных химически агрессивных продуктов (растворителей, кислот, щелочей, нефтепродуктов и пр.). Главным элементом конструкции промышленного пола является бетонное основание, распределяющее нагрузки на грунт. Однако бетонное основание, в силу низкой устойчивости к ударным и абразивным нагрузкам, воздействию агрессивных сред и склонности к пылеобразованию, не может выполнять функции чистого пола. Современный промышленный пол должен отвечать ряду требований: он должен быть ровным, прочным, долговечным, не пылить и иметь специфические свойства в соответствии с требованиями, предъявляемыми к конкретному объекту.

Коллективом авторов с целью повышения эксплуатационных характеристик строительно-отделочных покрытий, конструктивной простоты, снижения стоимости материала и трудозатрат при изготовлении, а так же возможности их дизайнерского оформления разработана технология и создан новый рулонный композиционный материал. Строительно-отделочный материал содержит внутренний фиксирующий и наружный слои, соединенные между собой неразъемно. При этом внутренний слой материала представляет собой тканевую основу из стеклоткани, фиксирующий слой выполнен в виде нанесенного на стеклоткань слоя полиуретанового клея расчетной толщины, а наружный слой представляет собой защитный слой из нанесенной на полиуретановый клей каменной, стеклянной или полимерной крошки заданной фракции. Толщина слоя полиуретанового клея изменяется в зависимости от величины размера крошки заданной фракции защитного слоя [1].

Инновационный подход к технологии производства рулонного композиционного строительного-отделочного материала, заключающийся во впечатывании зерен наполнителя на материал за счет колебательного механизма, позволяет получить более высокую сплошность покрытия и прочность закрепления зерен на подложке. На обычных линиях обсыпка происходит сверху вниз за счет гравитации без усилия, в связи с чем зерно на материале распределяется неравномерно, с прогалами и плотностью насыпки 40-60%.

Материал состоит из следующих компонентов:

1. Основа (стекло/углеродная ткань/алюминиевая фольга)
2. Полимербетон
3. Каменная/резиновая/полимерная/стеклянная крошка
4. Финишное покрытие

Основа пропитывается негорючими полиуретановыми/полиэфирными смолами, вибрационным механизмом на пропитанную основу наносится крошка с последующим нанесением огне- и ультрафиолетостойких полиэфирных смол для финишного покрытия. На конечной стадии материал наматывается в рулоны шириной 1 м произвольной длины. Комбинация вариантов из основы, связующих, наполнителей и финишного покрытия позволяет получить более 10 видов композитного строительного-отделочного материала в зависимости от назначения.

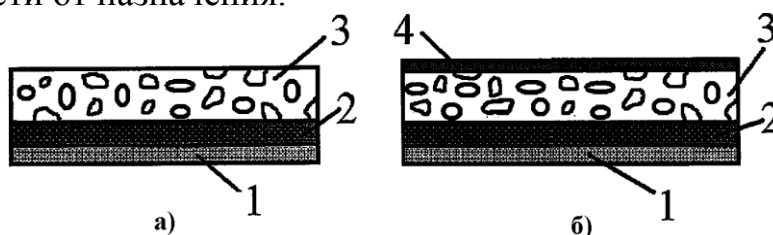


Рисунок 1. Строительно-отделочный материал: а) без покрытия, б) с покрытием огнестойким составом

Технология изготовления строительного-отделочного материала состоит в следующем (рис. 1): на рабочий стол укладывается слой стеклоткани 1, стеклоткань расправляется и на нее наносится фиксирующий слой из полиуретанового клея 2 расчетной толщины. Далее на незатвердевший слой клея 2 наносится каменная, стеклянная или полимерная крошка заданной фракции для образования защитного слоя 3. Толщина слоя клея изменяется в зависимости от выбора величины размера фракции крошки (которая может изменяться от 0,6 до 6,0 мм) для обеспечения гарантированного вдавливания крошки в слой клея. Затем готовый материал разрезается на мерные полосы, причем длина полос может задаваться заказчиком в зависимости от размера отделочных поверхностей.

Монтаж покрытия из созданного строительного-отделочного материала осуществляется в следующем порядке. Предварительно производится подготовка поверхности с промазкой ее для обеспечения адгезии с материалом клеящимися растворами. Материал раскатывается на промазанную клеящимися растворами подготовленную поверхность, прижимается и расправляется валиком. Нанесение на наружный защитный слой дополнительного по-

крытия из огнестойкого состава осуществляется на месте монтажа покрытия. В этом случае материал преобразуется в полимербетон, что резко повышает его долговечность.

Рассмотренный материал идеально подходит для отделки зданий и сооружений и монтируется порулочно или панелями на бетонные, кирпичные поверхности, поверхности из гипсобетонных блочков, плит ЦСП и OSB с обеспечением высоких эксплуатационных характеристик. Материал отличается конструктивная простота, низкая стоимость исходных материалов и невысокие трудозатраты при изготовлении и монтаже покрытия, а так же возможность дизайнерского оформления наружного слоя покрытия. В процессе эксплуатации после покрытия материалом различного типа поверхностей (бетон, дерево, ЦСП), данный материал показал высокие механические и гидроизоляционные свойства, стойкость к атмосферным воздействиям и перепадам температуры.

Список используемых источников

1. Пат. на полезн. модель 92061 Российская Федерация, МПК E04F13/00, E04B1/62. Строительно-отделочный материал Симонова / Симонов А.Ю, заявитель и патентообладатель Симонов А.Ю. - № 2009105010/22, заявл. 12.02.2009; опубл. 10.03.2010.

ПРОПИТКА УГЛЕГРАФИТА СПЛАВАМИ НА ОСНОВЕ СУРЬМЫ

Полёткина Ю.В., Гулевский В.А.

Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

Пропитка композиционных материалов используется в металлургии, машиностроении и смежных отраслях для получения литых композиционных материалов (далее – КМ). Основной целью пропитки является заполнение пор твердых каркасов. Она позволяет добиться сочетания в одном материале веществ с различными свойствами, и тем самым придать желаемые характеристики металлу. Кроме того, использование пропитки открывает очень широкое поле для экспериментов с целью получения новых КМ.

Углеродные материалы, пропитанные металлами, обладают более высокими механическими свойствами, лучшей химической и эрозионной стойкостью, чем чистый углеграфит, это и способствует их широкому применению в технике.

Композит углеграфит – металл, это материал в котором хорошо сочетаются свойства углеграфита (хорошие антифрикционные свойства, устойчивость при высоких температурах, химическая стойкость и т.д.) со свойствами металла (хорошая механическая прочность, высокая электро- и теплопроводность).

Сурьма устойчива в агрессивных средах, на воздухе не окисляется, коррозионностойкая и по этому показателю уступает только благородным металлам. [1]

К свойствам матричных сплавов предъявляются следующие требования: обеспечение минимальной усадки, коррозионной стойкости, испаряемости, жидкотекучести или высокой проникающей способности по отношению к каркасу, заполняемости пор.

В настоящее время проводятся исследования сплавов на основе сурьмы, с легирующими элементами в виде: олова, алюминия, титана. Этот вариант сплава обеспечивает практическое отсутствие испаряемости в рабочем диапазоне температур пропитки и более высокую прочность КМ, чем известные сплавы. [2]

Содержание в сплаве на основе сурьмы алюминия до 3% приводит к повышению прочности матричного сплава вследствие увеличения его пластичности, и к хорошей коррозионной стойкости, а так же снижению испаряемости в интервале температур 600-800⁰С.

Введение в состав сплава на основе сурьмы олова приводит к существенному снижению испаряемости, однако и наличие в составе матричного сплава алюминия также снижает испаряемость расплава, поэтому совместное действие указанных ингредиентов позволяет снизить диапазоны концентраций этих легирующих элементов и приводит к существенной экономии средств на предлагаемый материал для пропитки.

Содержание в составе сплава титана приводит к снижению краевого угла смачивания. В совокупности с алюминием, титан повышает удельную прочность сплава, сохраняет удовлетворительную пластичность, повышает жаропрочность и модуль упругости сплавов.

На этапе приготовления сплава, расплав сурьмы перегревается до 950⁰С на зеркало расплава в тигле в течение 60-120 с подается аргон. Затем, добавляется при непрерывном перемешивании, требуемое количество титана и алюминия. Все тщательно перемешивается до выравнивания концентрации и мелкими порциями добавляется гранулированное олово. [3]

Изготовление КМ производилось пропиткой каркаса из углеграфита марки АГ-1500 матричным расплавом под давлением 5 МПа при температуре 750⁰С и выдержке под давлением 20 минут.

Исследовались следующие технологические характеристики КМ: прочность, коррозионная стойкость, жидкотекучесть по отношению к углеграфитовому каркасу, испаряемость. [4]

Коррозионная стойкость сплава проверялась по изменению веса цилиндрического образца сплава диаметром 4 мм, высотой 12±0,3 мм после пребывания в агрессивной среде. В качестве агрессивных сред применялись растворы кислот: соляной, серной, азотной, 0,4% едкого калия, 5% хлористого натрия. [5]

Жидкотекучесть сплава по отношению к углеграфитовому каркасу определялась по глубине затекания сплава в отверстие диаметром 0,45 мм, выполненное в дне плоскодонного сверления в углеграфитовом каркасе. Время

изотермической выдержки сплава в плоскодонном сверлении при температуре 750°C составляло 20 мин, постоянство металлостатического давления на дно плоскодонного сверления обеспечивалось заливкой сплава в указанное сверление заподлицо с поверхностью каркаса и постоянством размеров плоскодонного сверления во всех опытах: диаметр $10 \pm 0,1$ мм, глубина $5 \pm 0,1$ мм. В дне каждого плоскодонного сверления выполнялись три отверстия диаметром 0,45 мм и проникающая способность определялась как среднее значение глубины затекания из трех опытов. Испытания проводились в атмосфере аргона.

Испаряемость определялась по потере веса навески сплава, равной 9 г, нагреваемой в трубчатой печи при температуре 800°C в течение 20 минут в токе аргона, удаляющего пары сплава при атмосферном давлении.[6]

Плотность КМ определялась как процент заполнения открытых пор. При этом объем пор в пропитываемом образце определялся предварительно заполнением заранее взвешенного образца с водой с последующим определением веса и объема заполнившей образец воды.[7]

Результаты исследований представлены на рисунке 1. Разработанный матричный сплав на основе сурьмы не уступает по основным характеристикам известным сплавам для пропитки: сурьма и 30% олова, а так же сплав сурьма, олово 20%, никель 2.0%. В результате установлено повышение механических и прочностных характеристик материала после пропитки. Полученные углеграфитовые материалы применяются в качестве материалов для торцевых уплотнений, вкладышей подшипников скольжения насосов, компрессоров, центрифуг, редукторов, стартеров, а так же используются для работы в агрессивных средах.

Список используемых источников

1. Гулевский, В.А. Формирование свойств матричных сплавов сурьмы для композитов каркасного типа / В.А. Гулевский, В.И. Антипов // *Металлы*. – 2009. – №6. – С. 92-97.
2. Мельников, С.М. Сурьма: учеб.пособие / С.М. Мельников; М. : Металлургия, 1977. – 535 с.
3. Низовцев, М.И. Распределение теплового фронта при капиллярной пропитке пористых материалов / М.И. Низовцев, А.Н. Стерлягов, В.И. Терехов // *Ползуновский вестник*. – 2010. – №1. – С. 50-55.
4. Борисов, Г.П. Давление в управлении литейными процессами / Г.П. Борисов. – Наукова Думка, 1988. – 272 с.
5. Способ получения композиционных материалов каркасного типа : пат. 2115512 Российская Федерация: МПК С22С1/09 / В.А.Гулевский, И.А. Соловьев; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». -№ 2006120786/02; заявл. 02.07.1996; опубл. 20.07.1998, Бюл. № 9.
6. Черный, А.А. Рафинирование металлов и сплавов и возможности улучшения процессов на основе математического моделирования: учеб. пособие / А.А. Черный, В.А. Черный; Пензенский государственный университет. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2007. – 28с.

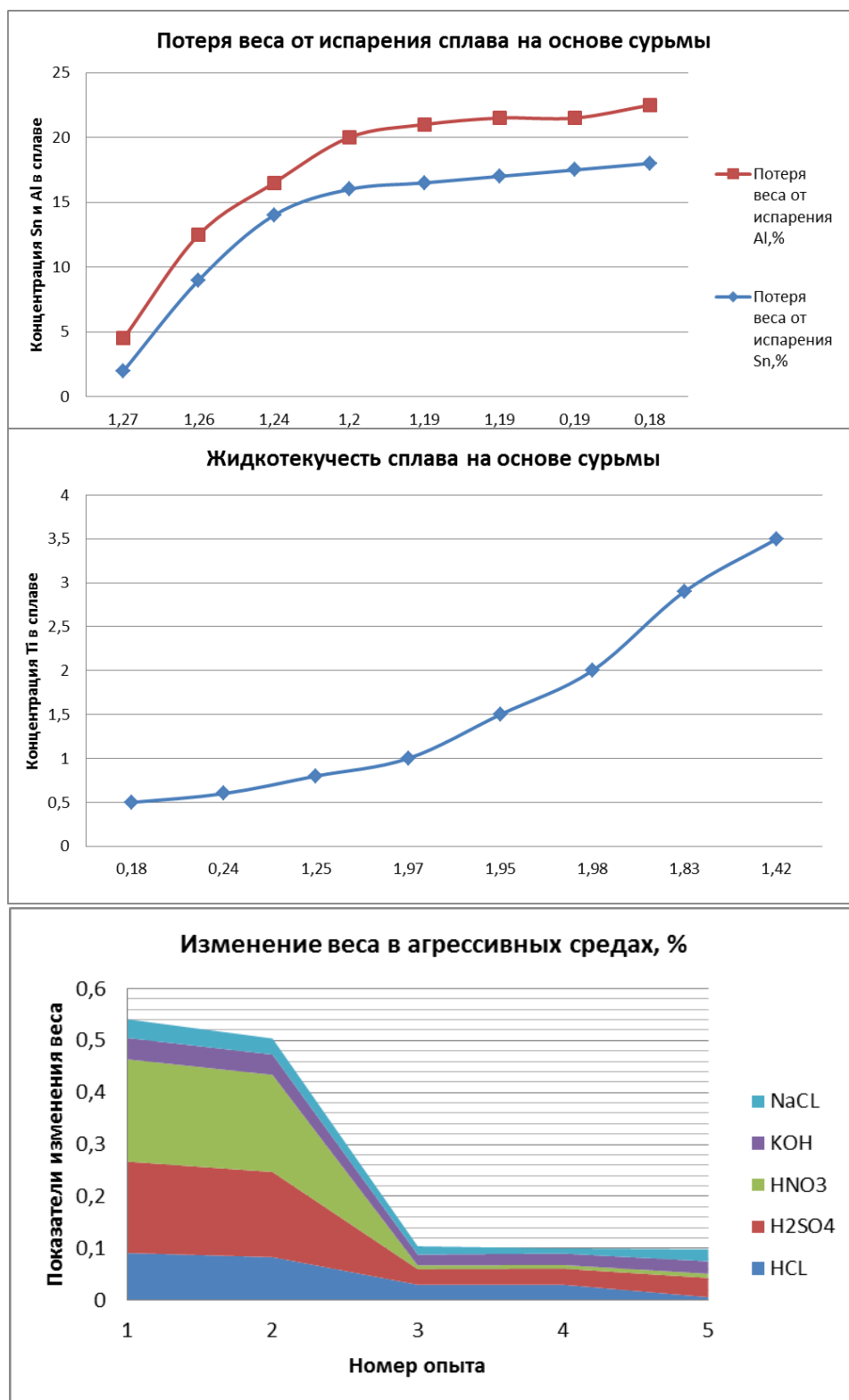


Рисунок 1. Результаты исследований матричного сплава

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ B₂O₃-AL-ZR МЕТОДОМ СВС-ЭКСТРУЗИИ

Чижиков А.П., Бажин П.М., Столин А.М.

*ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Черноголовка, Россия
chiz_an_pz@mail.ru*

На сегодняшний день одной из интенсивно развивающихся областей современных технологий являются композиционные материалы на основе нанотехнологий. В основном для получения наноразмерной структуры используют различные технологические приемы - общая особенность этих способов состоит либо в использовании исходных ультрадисперсных порошков, либо в последующей химической или механической обработке до получения субмикронной структуры. Перспективным направлением, востребованным в современной промышленности, является получение наноструктурных материалов по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) за счет сочетания процесса горения экзотермической смеси исходных компонент со сдвиговым пластическим деформированием. Это сочетание реализуется в условиях метода СВС-экструзии, что вносит ряд совершенно новых особенностей в процесс структурообразования материалов.

В данной работе предполагается получить новый нанокристаллический керамический материал с повышенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками по технологии СВС-экструзии. В ходе процесса под действием осевых и радиальных напряжений происходит объемное деформирование синтезированного материала, что обеспечивает высокую степень деформации и, как следствие, получение наноразмерных элементов структуры. Высокие скорости охлаждения экструдированного материала и образующиеся в ходе процесса тугоплавкие бориды, оксиды, не образующие между собой химических соединений и проявляющие свойства ингибиторов, препятствуют укрупнению зерен структурных составляющих.

Выполнение проекта позволит разработать и получить керамический электродный материал с наноразмерной структурой. Предполагается исследовать всю технологическую цепочку получения электродного материала, начиная с приготовления исходных порошковых шихтовых заготовок, получения материала методом СВС-экструзии, и заканчивая его применением для нанесения покрытий на рабочие кромки режущего инструмента и штамповой оснастки из углеродистых, легированных, быстрорежущих сталей методом электроискрового легирования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВС-ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ*

*Сипратов Н.Ю., Глазков Ю.Е., Ведищев С.М., Бажин П.М.
Тамбовский государственный технический университет
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»
Baronin-gs@yandex.ru*

Важнейшей задачей, стоящей перед агропромышленным комплексом является обеспечение высокой надежности узлов и агрегатов транспортных и технологических машин и оборудования.

В условиях старения машинно-тракторного парка, многократного удорожания машин и запасных частей проблема технического оснащения сельскохозяйственного производства не может быть решена только за счет увеличения поступления новой техники. Большая роль в этом отводится эффективному использованию имеющегося парка машин, постоянному поддержанию его готовности за счет технического обслуживания, а также развитию и совершенствованию технологических процессов их ремонта.

Важнейшим резервом в повышении технической готовности является обеспечение предприятий АПК запасными частями за счет восстановления изношенных деталей. Научные исследования и опыт ремонтных предприятий показали, что в последние годы наметилась тенденция использования упрочняющих технологий, которые позволяют повысить износостойкость деталей и соединений в несколько раз.

Одним из способов восстановления и повышения долговечности деталей имеющих большой износ является применение электроискрового легирования (ЭИЛ) СВС-электродами и порошковыми материалами (продуктами самораспространяющегося высокотемпературного синтеза) из карбида титана (TiC) и диборида титана (TiB₂) производимыми в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, г. Черноголовка. Этот способ позволяет получать покрытия, характеризующиеся высокими эксплуатационными показателями (коррозионной стойкости и износостойкостью). Повышение коррозионной стойкости и износостойкости при восстановлении деталей увеличивает ресурс машин и является перспективным направлением развития ремонтного производства.

К основным особенностям и отличиям ЭИЛ следует отнести:

- высокую адгезию (прочность сцепления) формируемого слоя с основой;
- возможность локальной обработки поверхности;
- отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности (локальная очистка происходит в процессе ЭИЛ в начальной стадии разряда);
- весьма незначительный нагрев деталей в процессе обработки, что очень важно для малогабаритных, тонкостенных и ажурных деталей;

- возможность использования в качестве обрабатываемых материалов, как чистых металлов, так и сплавов, металлокерамических композиций, тугоплавких соединений и т.п.;

- диффузионное обогащение поверхности катода-детали составными элементами анода-инструмента без изменения размеров детали.

Для нанесения износ-, коррозионно- и жаростойких покрытий на поверхности деталей машин и механизмов, в том числе адгезионных, антифрикционных и многослойных композиционных покрытий, использовалась установка для электроискрового легирования SE-5.01 (рис. 1), при помощи которой по сравнению с аналогичными установками (СИРИУС-32, КОРОНА-1103, Элитрон 22-А) достигается возможность широкого варьирования режимов обработки. Установка обеспечивает, в зависимости от режимов обработки, материала электрода и обрабатываемого изделия, нанесение покрытий толщиной до 0,2 мм.



Рисунок 1. Общий вид установки SE – 5.01.

Установка SE-5.01 состоит из силового блока (1), вибратора (3) и кабеля (2) с «крокодилем» для подключения к обрабатываемому изделию. Силовой блок установки выполнен в типовом прямоугольном металлическом корпусе с расположением кнопок управления на передней панели.

Вибратор выполнен в текстолитовом корпусе, внутри которого размещена магнитная система, содержащая магнитопровод, катушку и якорь. На якоре закреплен электродержатель, позволяющий использовать электроды круглого и прямоугольного сечения. С нижней стороны корпуса вибратора выведен «подстроечный» винт, регулирующий амплитуду вибрации.

В работе проведена обработка корпуса чизельного плуга марки ПРПВ-5-50 СВС-электродами марки СТИМ-3 с целью повышения износостойкости.

Затраты на производстве по ЭИЛ в год (без учета транспортных расходов по привозу и отвозу плугов) представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование затрат на:	Сумма затрат, руб.
Вспомогательные материалы	1 300,0
Амортизация оборудования	3 916,5
Электроэнергию	1 505,9
Аренду помещения	28 020,0
Заработную плату	320 006,4
Итого:	354 748,8

Себестоимость упрочнения инструмента (1ед.) без учета стоимости электрода при обработке 1000 ед. «корпуса чизельного плуга» в год (условие полной занятости) будет составлять, руб.:

$$354\,748,8/1000 = 354,7 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 электрода 200 руб.

Стоимость упрочнения 1 ед. с учетом прибыли (20%):

$$(354,7 + 100) * 1,2 = 545,6 \text{ руб.}$$

В настоящее время проводятся сравнительные испытания корпусов плуга в полевых условиях.

** Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБОУ ВПО «ТГТУ» на 2012-2014 гг. (код проекта 3.4037.2011).*

ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СЕНСОРА ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА АЛЮМИНИИ

Аверин И.А., Губич И.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенский государственный университет», vayuk_88@mail.ru

Исследование и синтез новых материалов для сенсорной техники является перспективным направлением в сфере наукоемкого приборостроения. В настоящее время все больший интерес к себе привлекают материалы, получение которых основано на процессах самоорганизации. Сенсоры с наноструктурированным чувствительным слоем на порядок лучше по своим характеристикам от микроэлектронных аналогов. К таким свойствам относятся: быстрое восстановление после воздействия, высокая чувствительность и т.п.

Сенсорная техника влажности и газа в основном использует полупроводниковые пленки, для выхода на рабочий режим которых необходимо достижение температуры 300-500 °С. У некоторых полупроводниковых пленок есть ограничение по сроку службы, в виду постепенного окисления поверхности и ухода рабочего сигнала. Некоторые из них необходимо менять сразу после воздействия газовой смеси. Все это ограничивает сферу применения данного типа сенсоров.

Перспективным материалом для чувствительного элемента сенсора влажности или газа является пористый оксид алюминия. Отличительной особенностью данного материала является высокоразвитая наноструктурированная пористая поверхность (рисунок 1). Технология получения данной структуры не требует использования дорогостоящего и прецизионно точного оборудования, так как основывается на принципе самоорганизации [1,2].

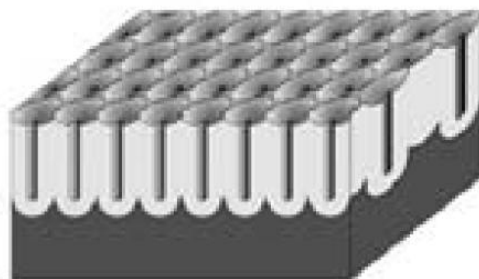


Рисунок 1. Схематичное изображение структуры пористого оксида алюминия.

Формирование пористой оксидной пленки происходит методом анодного окисления алюминиевой поверхности в результате ионного взаимодействия на границах раздела алюминий-электролит. Морфологией поверхности можно управлять путем изменения условий синтеза, таких как электрические

параметры анодирования, температура, время и тип электролита. Пористые пленки формируются с диаметром пор от 10 нм до 1 мкм.

На базе кафедры «Нано- и микроэлектроника» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» синтезированы экспериментальные образцы пористых оксидных пленок с диаметром пор от 50 до 150 нм. Для контроля изменения сопротивления на поверхность пленок нанесены контакты токопроводящим клеем. Измерение чувствительности сенсора проводилось путем воздействия на него паров воды с разным временным промежутком. Результаты измерения приведены на рисунке 2.

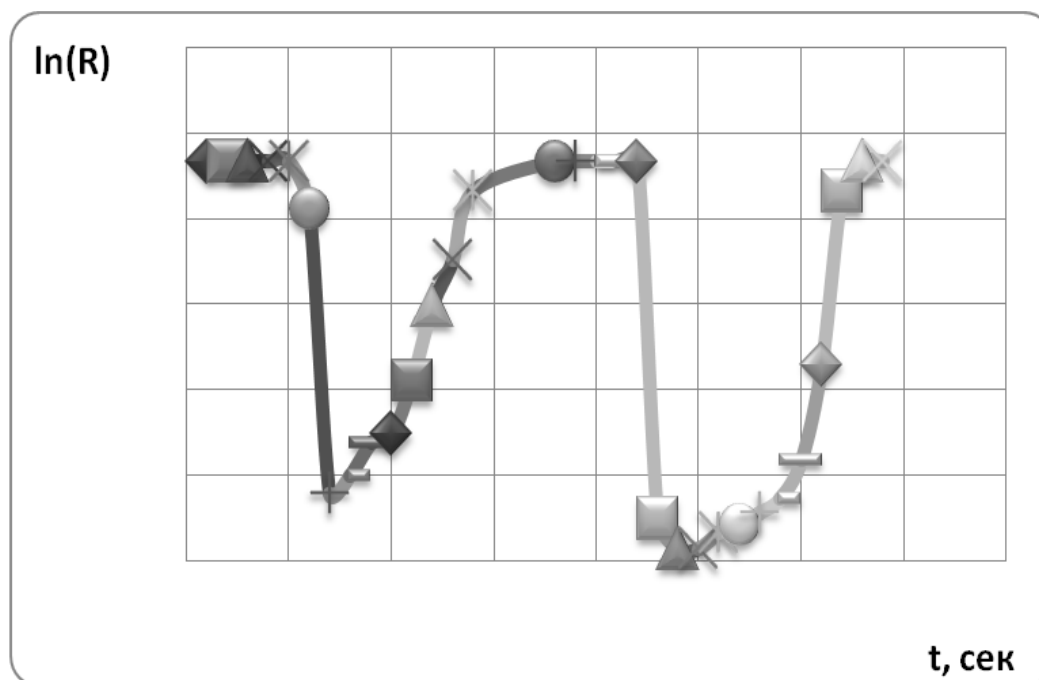


Рисунок 2. Изменение сопротивления чувствительного слоя в результате воздействия водяного пара

Видно, что при воздействии пара чувствительный слой резко изменяет свое сопротивление на несколько порядков. Время восстановления исходного значения сопротивления занимает от 7 до 10 секунд в зависимости от степени воздействия.

Таким образом, чувствительный элемент на основе пористого оксида алюминия показал высокую чувствительность и малое время восстановления своих начальных параметров, что делает его перспективным материалом для использования в сенсорной технике.

Список используемых источников

1. Аверин И.А., Губич И.А., Печерская Р.М. Формирование и исследование пористых оксидных пленок на алюминии // Нано - и микросистемная техника. - 2012. – №6.- С.11-14.
2. Аверин И.А., Губич И.А. Исследование процессов рекристаллизации алюминиевой фольги — стадии получения пористого оксида алюминия // Нано - и микросистемная техника, 2013. – № 6. –С. 26-28.

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Щегольков А.В., Сапунов Г.А., Гриднев П.Г., Милюков А.Г.
Тамбовский государственный технический университет (г. Тамбов)*

Актуальной задачей является сбережение тепловой энергии в технологических процессах как химической, так и пищевой промышленности. В периодических процессах циклы нагрева сменяются циклами остывания, с определенной временной паузой между циклами. Следует отметить, что время, в течение которого происходит нагрев и остывание, может иметь большой временной интервал, при этом технологические аппараты, в которых происходил нагрев, могут значительно снизить свое теплосодержание, что приведет в последующем к необходимости повторного нагрева.

Традиционное использование воды в качестве теплоаккумулирующей среды имеет ряд существенных недостатков: во-первых, быстрое остывание, а во-вторых, необходимость контроля температуры замерзания в условиях низких температур окружающей среды.

Перспективным является использование теплоаккумулирующих материалов, способных накапливать тепло за счет фазового перехода. Одним из таких материалов является парафин, который отличается доступностью и высокой теплотой фазового перехода в рабочей области температур, что позволяет запасти большее количество теплоты. Но парафин имеет ряд недостатков при использовании его в тепловых аккумуляторах, в частности при его использовании в больших емкостях, из-за низкой теплопроводности и высокого температурного расширения, возникают пустоты, ухудшающие тепловой контакт с внутренними теплообменниками. Это делает использование тепловых аккумуляторов на основе парафина менее эффективным для тепловых насосов.

Устранить эти недостатки можно при модифицировании парафина углеродными нанотрубками серии «Таунит». Наномодифицированный парафин (НМП) приобретает ряд свойств, повышающих его эффективность в тепловых аккумуляторах (рис.1).

Преимущества наномодифицированного парафина в тепловых аккумуляторах:

1. позволяет организовать следящий тепловой контакт (улучшить условия теплообмена);
2. наномодифицированный парафин позволяет упростить конструкцию теплового аккумулятора (не требуются емкости из нержавеющей стали);
3. тепловой аккумулятор на основе наномодифицированного парафина может принимать любые геометрические конфигурации, что способствует оптимизации массогабаритных параметров (Позволяет включать тепловой аккумулятор в элементы декора, стены, пол, потолок).

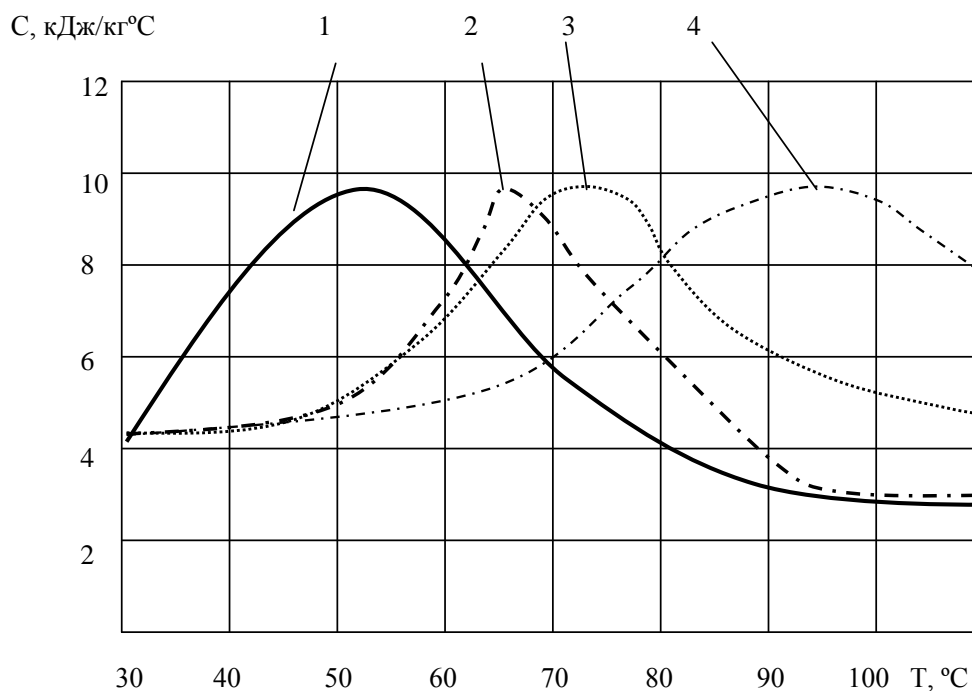


Рисунок 1. Температурная зависимость теплоемкости ЭТН: 1- парафин; 2 – парафин модифицированный УНМ; 3 – парафин модифицированный УНМ М; 4 – парафин модифицированный УНМ МД.

Модифицирование парафина различными типами УНМ позволяет изменить его теплофизические параметры, следствием чего является изменение положения точки фазового перехода, а также расширение границ фазового перехода. Это позволяет повысить эффективность системы теплоаккумуляции, так как расширяется диапазон температур фазового перехода, что в свою очередь приводит к увеличению накопленной теплоты на 20%.

Наличие фазового перехода в рабочем диапазоне температур при равных габаритах тепловой аккумулятор на основе НМП позволяет накапливать в 2-х раза больше количества теплоты, чем при применении воды, что в свою очередь позволяет уменьшить теплопотери и массогабаритные параметры.

Список используемых источников

1. Васильев, Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. Монография / Г.П. Васильев. — М.: Граница, 2006. — 173 с.
2. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Васильев Г.П., Хрустачев Л.В., Розин А.Г., Абуев И.М. [и др.]. — М.: ГУП «НИАЦ», 2001. — 66 с.
3. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Сов. Энцикл., 1969–1978. — 25 т.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕДНЫХ ПОРОШКОВ

*Агеев Е.В., Хорьякова Н.М., Малюхов В.С.
Юго-Западный университет, Курск*

Медные порошки находят широкое применение в машиностроении, авиации, химии, а так же в такой сфере науки, как нанотехнология. Без них не обходится ни одно производство противоизносных препаратов и автомобильных покрышек. Разнообразные способы получения медных порошков, как и порошков других цветных металлов, условно можно разделить на два класса:

- физические способы, в которых порошок образуется из исходного металла под влиянием физических воздействий (истирание, распыление расплава, испарение и конденсация);
- физико-химические способы (рисунок 1), в которых порошок образуется в результате физико-химических методов обработки металла, его оксидов, солей (восстановление ионов металлов твердыми, газообразными реагентами из твердых или жидких металлосодержащих материалов, электролиз растворов и расплавов).

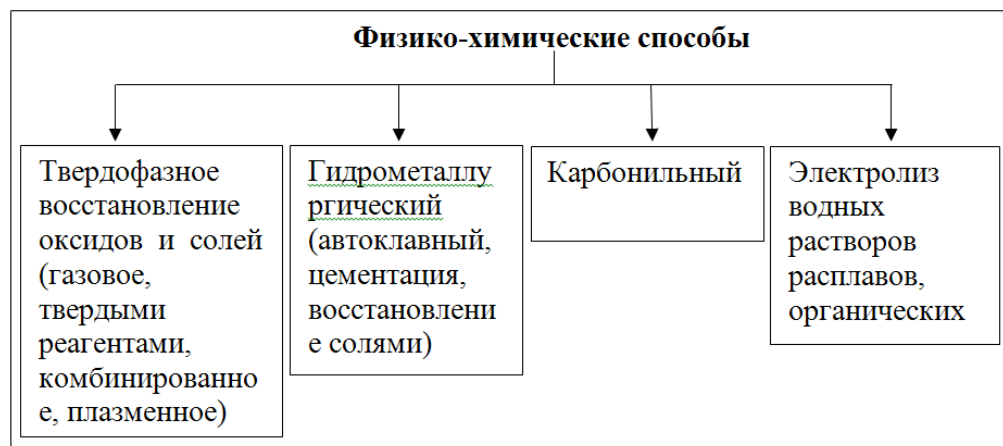


Рисунок 1. Физико-химические способы получения порошков

Наибольшее значение в промышленной практике имеют способы твердофазного восстановления, распыления расплава, электролиз, карбонильный, автоклавный.

Способом распыления удобно получать порошки легкоплавких металлов и сплавов. Дисперсность порошка зависит от свойств расплава (вязкость, плотность, состав), его перегрева, типа и параметров энергоносителя (давление, расход, температура), скорости и траектории поступления расплава и энергоносителя, обусловленных конструкцией форсунки.

Твердофазное восстановление основано на обработке оксидов, солей металлов реагентом-восстановителем при температуре, исключаяющей подплавление шихты и образующегося порошка. Основными параметрами про-

цесса, влияющими на свойства порошков, являются температура, длительность операции, тип и состав сырья, реагента-восстановителя.

Электролиз заключается в обработке водных растворов (или расплавов) солей металлов постоянным электрическим током при режимах (высокая плотность тока, электролит с низким содержанием металла), создающих диффузионные осложнения катодного процесса. Способы получения порошков металлов электролизом характеризуются повышенной энергоемкостью и трудоемкостью, низкой удельной производительностью.

Технология карбонильного способа основана на способности ряда металлов при взаимодействии с монооксидом углерода образовывать летучие соединения - карбонилы, типа $Me(CO)_n$, при последующем термическом разложении которых образуется порошок металла. Способ обеспечивает получение наиболее чистых порошков, изменение их свойств непосредственно в процессе путем варьирования температуры, давления CO, типа затравки.

Осаждение газами под давлением (автоклавное осаждение) подразумевает обработку растворов цветных металлов газами-восстановителями при их повышенном давлении и температуре. Операцию проводят в автоклавах - герметичных аппаратах вместимостью 5-15 м³, изготовленных из высоколегированных сталей. Последующая обработка пульпы порошков включает в себя обезвоживание, промывку порошка, его стабилизацию от окислителя, сушку в защитной атмосфере (при необходимости - измельчение, рассев, шихтовку), упаковку в герметичную тару.

Рассмотрев основные способы получения медных порошков выявили, что их производство, в основном, осуществляется с помощью обработки водных растворов (или расплавов) солей с использованием сложного и громоздкого оборудования, отличается повышенной взрыво- и пожароопасностью. При выборе метода производства порошка следует руководствоваться теми свойствами и качественными характеристиками порошка, которые необходимо будет получить в результате работы. Так, уникальная микроструктура ультрадисперсных порошков придает им ряд новых свойств по сравнению с обычными материалами. Особенности микрогеометрии, высокая удельная поверхность, энергонасыщенность ультрадисперсных систем открывает широкие возможности для создания новых материалов на их основе. В связи с этим особо актуальными являются разработка и изучение закономерностей синтеза различных типов ультрадисперсных материалов.

Например, известен способ получения ультрадисперсных порошков в плазме сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда [2]. Устройство позволяет получать порошки в диапазоне размеров от 10 до 100 нм с производительностью до 60 г/сек при расходе исходного порошка 300 г/сек. Однако, в качестве исходного сырья применяется также порошкообразный металл большей дисперсности, что нецелесообразно с экономической точки зрения.

Предложен метод получения ультрадисперсных порошков меди в основе которого лежит восстановление сульфата меди глицерином с последующей обработкой полученного порошка 1%-ным раствором гидрохинона в этиловом спирте [3]. Полученные порошки меди имеют размер частиц

20-120 нм. Однако без операций отмывки гидроксида от присутствующих в нем солей и щелочи и последующей дегидратации исключается возможность получения чистых по химическому составу порошков с гарантированными свойствами.

Известно и представляет особый интерес устройство для получения нанодисперсных порошков из любых токопроводящих материалов, в том числе и их отходов, методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [4]. ЭЭД представляет собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами. Реактор служит емкостью, в которую загружаются отходы спеченных твердых сплавов и в которой непосредственно и происходит процесс ЭЭД. Порошки, получаемые на этой установке, имеют размер частиц от 0,001 до 100 мкм. Причем, изменяя электрические параметры процесса диспергирования (напряжение на электродах, емкость конденсаторов и частоту следования импульсов), можно управлять шириной и смещением интервала размера частиц, а также производительностью процесса.

Таким образом, метод электроэрозионного диспергирования, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса, является одним из наиболее перспективных для получения нанодисперсных медных порошков из отходов производства.

Список используемых источников

1. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник [Текст] / Б.Н. Бабич, Е.В. Вершинина, В.А. Глебов и др. - М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 520 с. – ISBN 5-89594-122-2.

2. Патент РФ 2252817, С1, В01J 19/08. Способ получения нанодисперсных порошков и устройство для его осуществления [Текст] / Егоров А.Г.; заявитель и патентообладатель Тольяттинский государственный университет – № 2010152403/02; заяв. 21.12.2010; опубл. 27.09.2012. – 5 с.: ил.

3. Образцова, Н.Н. Ультрадисперсные порошки меди и электропроводящие композиции на их основе. Физикохимия ультрадисперсных систем [Текст] / Н.Н. Образцова, Г.Ю. Сименюк, Н.К. Еременко // Сборник научных трудов IV Всероссийской конференции. МИФИ, Москва. – 1999. – С. 142-143.

4. Патент РФ 2449859, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.: ил.

ПРИРОДНЫЕ СОРБЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Парамонова Е.В., Суздальцев А.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет»

Загрязненные производственные стоки представляют угрозу для водных объектов, так как содержат высокотоксичные вещества, среди которых наиболее опасные соединения тяжелых металлов.

В настоящее время для очистки водных сред от тяжелых металлов используются сорбционные процессы с применением сорбентов и ионообменных материалов.

Эффективные и не дорогостоящие сорбенты всегда востребованы в промышленной и хозяйственной деятельности. Этим требованиям в большей мере отвечают сорбенты на основе глинистых и минеральных материалов, которые характеризуются относительной дешевизной и обладают высокой удельной поверхностью.

В качестве природного сорбционного материала предлагается использовать бентонитовую глину. В составе бентонита преобладающим материалом является монмориллонит, обладающий выраженными сорбционными и ионообменными свойствами. Монмориллонит содержит катионы металлов, которые выступают в качестве обменных катионов. Наиболее распространенным обменным катионом в бентоните является Ca^{2+} .

Сложность применения бентонитовых глин заключается в том, что их невозможно использовать в виде загрузки в ионообменных фильтрах в чистом виде ввиду большого гидравлического сопротивления, легкости вымывания и недостаточной ионообменной активности по некоторым тяжелым металлам.

Изучение различных природных сорбционных и ионообменных материалов позволило сделать вывод о возможности применения алюмосиликатов, в частности глауконита, в качестве сорбционного и ионообменного материала.

Глауконит – сложный калий содержащий водный алюмосиликат, минерал из группы гидрослюд подкласса слоистых силикатов непостоянного и сложного состава.

Установлена высокая эффективность глауконита при очистке воды от солей тяжелых металлов, ряда органических и неорганических составов, радионуклидов.

Выявлено, что основная масса глауконитового песка, Бондарского месторождения Тамбовской области, имеет фракционный состав 0,5 – 0,001 мм. Он обогащен солями щелочных и щелочноземельных металлов, включает в

себя большой набор макро- и микроэлементов и выгодно отличается от аналогов из ближайших месторождений.

При создании сорбционных материалов было решено использовать бентонит с преобладающим катионом Ca^{2+} и глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области.

Полученный комплексный сорбционный материал проверяли на сорбцию ионов Cu^{2+} , Pb^{2+} и Zn^{2+} . Полученные результаты показали, что материал эффективно сорбирует ионы Cu и Pb , однако сорбционная способность по Zn практически равна нулю.

Для расширения перечня извлекаемых из водных сред металлов интересным решением является модифицирование сорбционного материала углеродными наноструктурными материалами.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ ГЕЛЕОБРАЗНЫХ ДИСПЕРСИЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

Панина Т.И., Ткачев А.Г., Михалева З.А.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский Государственный Технический Университет»,
кафедра ТнТПН.
tanchora68@yandex.ru*

При активном развитии нанотехнологий в строительной индустрии остается актуальной проблема их применения. На сегодняшний день известно большое количество наномодификаторов, которые использовались в строительных композитах:

- углеродные наночастицы. Их использование позволяет создавать материалы на основе полимеров с повышенными показателями прочности, электропроводности, теплопроводности за счет изменения структуры композитов.

- структурирующие добавки (наноразмерные гидросиликаты кальция), обеспечивающие ускорение твердения до 50%, повышение прочности сцепления до 30%, повышение прочности при сжатии в 2-3 раза, повышение трещиностойкости в 2 раза.

- наполнитель (модифицированный диатомит) способствующий ускорению твердения до 50%, повышению прочности сцепления в 2 раза, повышению прочности при сжатии в 2-2,5 раза, повышению трещиностойкости в 2 раза.

- наночастицы диоксида титана, обеспечивающие экономию цемента до 10%, снижение стоимости 1 м^2 изделий на 15...20%.

- наноразмерный диоксид кремния используется для повышения скорости набора прочности (увеличение тепловыделения), увеличения прочности до 30% (при содержании 12%).

- органоглины (органоглино модифицированный монтмориллонит или каолинит) – вводятся в полимеры в количестве до 5%; повышает жесткость полимеров (до 98%), стабильность и барьерные свойства (до 6 раз), токопроводимость[1].

Другим вариантом использования готовых наночастиц является применение растворов и паст. Примерами таких модифицирований являются введение водорастворимых солей, введение железосодержащих наполнителей, введение полимерных соединений и химически-активных наполнителей. Результаты применения таких модификаторов обеспечивают равномерности распределения наночастиц в объеме материала [2].

В нашей лаборатории были разработаны 5 составов модифицирующих добавок на основе гелеобразной дисперсии углеродного наноматериала «Таунит» производства ООО «Нанотехцентр»г. Тамбов. Составы гелей приготавливались в планетарной мельнице в течение 60 минут.

Наномодифицирование строительных материалов проводилось на образцах мелкозернистого бетона. Замес мелкозернистого бетона осуществлялся при В/Ц соотношении 0,53. Расход УНМ $6 \cdot 10^{-4}$ % от массы цемента, что составляет 13 мг. Наномодифицирующую добавку вводили в бетонное тесто с водой затворения.

Образцы мелкозернистого бетона хранились в естественных условиях, и после 28 суток подвергались испытанию на прочность. Результаты испытания представлены на рис.1, 2.

Анализ результатов экспериментальных данных показал, что наиболее эффективной является нанодобавка №1. Прирост прочности на сжатие составляет 26%.

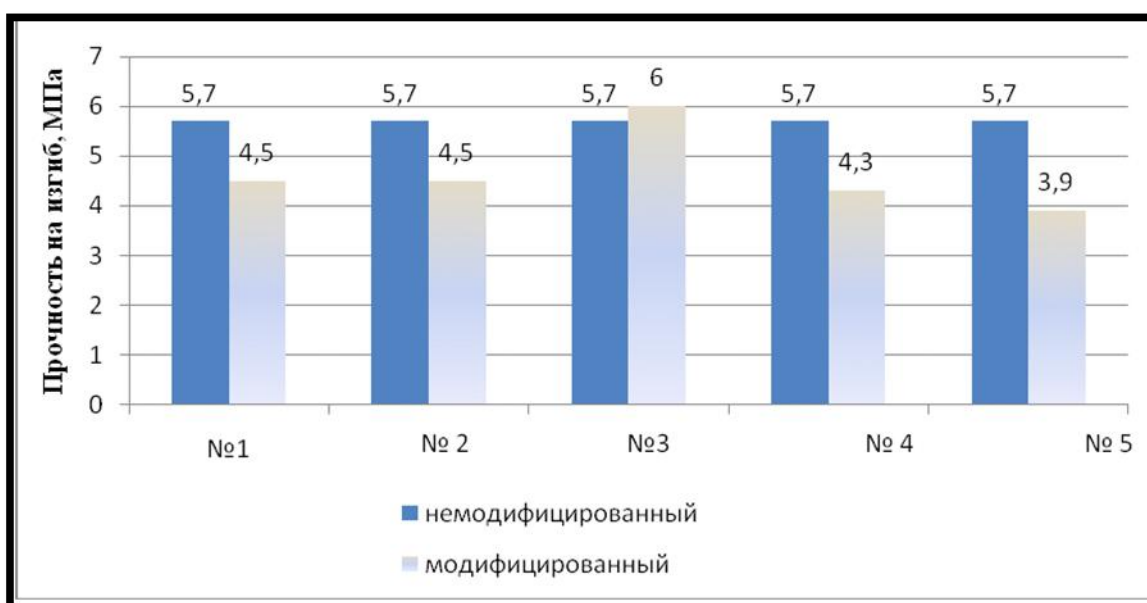


Рисунок 1. Влияние гелеобразных наномодификаторов разных составов на прочностные характеристики бетона (прочность на изгиб).

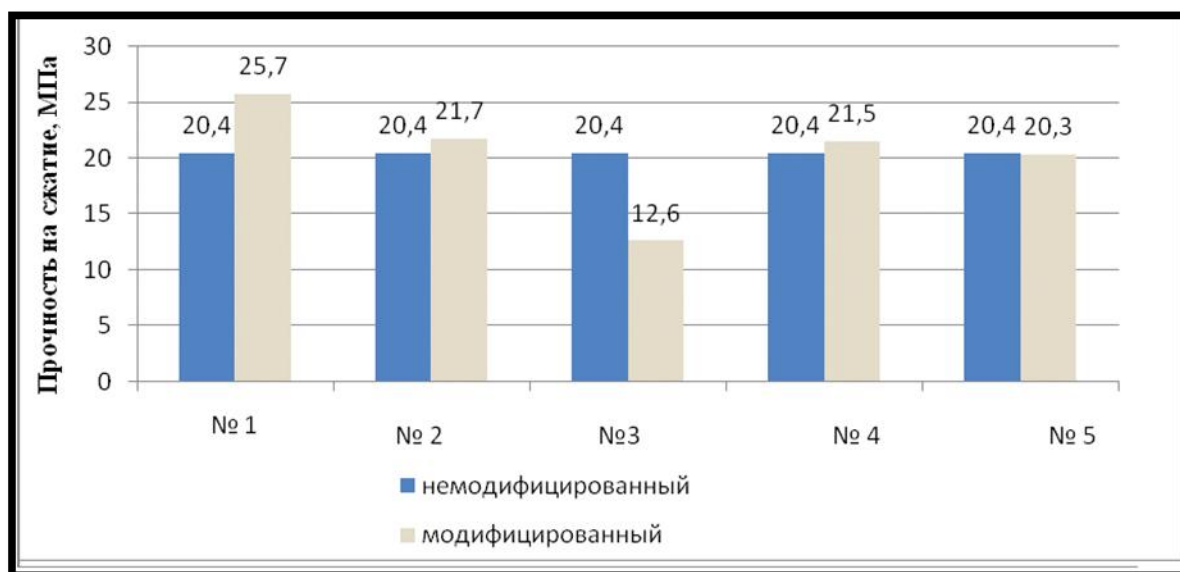


Рисунок 2. Влияние гелеобразных наномодификаторов разных составов на прочностные характеристики бетона (прочность на сжатие).

Список используемых источников

1. Гирштель, Г.Б. Перспективы применения наноструктурированного бетона в строительстве /Г.Б.Гирштель, С.В.Глазкова, А.В. Левицкий// Бетон и железобетон. -2012.
2. Проблемы применения нанотехнологий. Вопросы безопасности применения наноматериалов. Способы и технико-экономическая эффективность внедрения инновационных технологий /Научно-образовательный центр по направлению «Нанотехнологии» //http//www.nocnt.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГАЗОФАЗНОГО АМИДИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Дружинина В.Н., Дьячкова Т.П.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»*

Углеродные нанотрубки (УНТ) с момента их открытия Инжимой в 1991 году стали объектом исследований во всем мире благодаря их уникальной структуре и целому ряду интересных свойств. Одно из перспективных направлений исследований УНТ связано с их применением в составе композиционных материалов. Наполнение полимеров малым количеством УНТ (менее 1% по массе) приводит к упрочнению, повышению термической ста-

бильности, появлению электрической проводимости, радиопоглощающих свойств и т.д.

Без дополнительной модификации вследствие большой удельной поверхности (от 100 до 600 м²/г) УНТ склонны к образованию агломератов, т.е. к неравномерному распределению. Графеновая поверхность нанотрубки может взаимодействовать с полимерной матрицей лишь за счет довольно слабых сил Ван-дер-Ваальса, что мешает эффективному достижению полезных свойств полимерных композиционных материалов [2]. Наиболее действенной мерой для решения данной задачи является функционализация УНТ – их химическое превращение, ведущее к образованию активных функциональных групп на поверхности нанотрубки.

Как правило, поверхность углеродных нанотрубок окисляют в различных системах с целью «пришивки» кислородсодержащих функциональных групп (карбоксильных, карбонильных, гидроксильных, лактонных и т.д.). Самым распространенным способом окисления УНТ в настоящее время является обработка их кипячением в концентрированной азотной кислоте, либо в смесях на основе азотной и серной кислот [3-4]. Наличие СООН-групп на поверхности УНТ после такой обработки способствует более равномерному диспергированию УНТ в полярных матрицах и повышению эффекта от их применения. Однако гораздо лучшие показатели в качестве модифицирующих добавок имеют УНТ, подвергшиеся после окисления вторичным химическим превращениям. В частности, возможно амидирование карбоксилированных УНТ.

Амидированные углеродные нанотрубки гораздо лучше, чем карбоксилированные, совместимы, в частности, с эпоксидными матрицами и наилучшим образом сказываются на механофизических свойствах композитов. Однако, как правило, привитие амидных групп к поверхности УНТ осуществляется по схеме, предполагающей обработку УНТ хлористым тиоилом, а затем различными аминами [5]. Этот способ применим в лабораторных условиях. Однако его реализация в более крупных масштабах весьма затруднительна ввиду многоступенчатости и использования высокотоксичных реагентов.

Целью настоящего исследования явилась разработка способа газофазного амидирования УНТ, допускающего реализацию в опытно-промышленном масштабе. В качестве исходных использованы окисленные кипячением в концентрированной азотной кислоте углеродные нанотрубки «Таунит-М» (производства «Нанотехцентр», Тамбов). По данным титриметрии, степень их функционализации СООН-группами составляла 0,6 ммоль/г. Карбоксилированные УНТ помещались в камеру лабораторного трубчатого реактора из кварцевого стекла. Реактор находился внутри вертикальной электропечи. Температура процесса в разных опытах составляла 160-300°С и контролировалась с помощью прикрепленной к стенке реактора термопары. Перед началом процесса через реакционную камеру продувался аргон, при этом происходил прогрев печи. При достижении необходимой температуры начиналась подача аммиака. Время подачи NH₃ составляло 2-10 часов. По окончании

процесса температуру в реакционной камере понижали, для удаления остаточного аммиака через нее продували аргон.

Происходящие при этом процессы упрощенно можно отразить следующей схемой:



Была оценена степень превращения карбоксильных групп в солевые (аммонийные) (рис. 1) и амидные (рис. 2) в ходе процессов при температурах от 160 до 300°C.

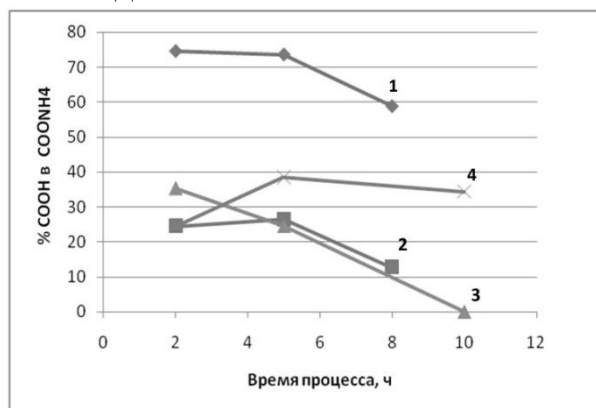


Рисунок 2. Доля COOH-групп (%), превратившихся в COONH₄ при обработке карбоксилированных УНТ аммиаком при температуре (°C): 1 – 160; 2 – 200; 3 – 250; 4 – 400.

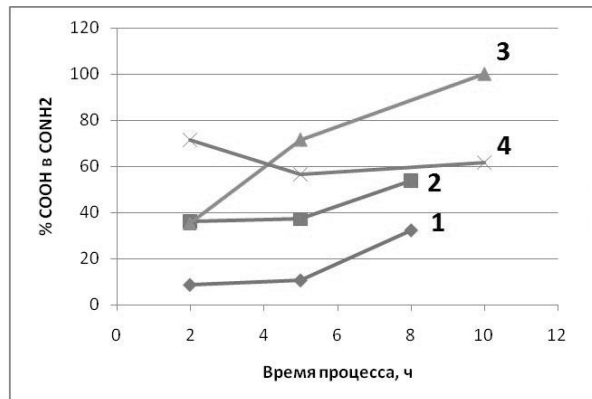


Рисунок 3. Доля COOH-групп (%), превратившихся в CONH₂ при обработке карбоксилированных УНТ аммиаком при температуре (°C): 1 – 160; 2 – 200; 3 – 250; 4 – 400.

Показано, что в ходе процесса степень превращения COOH-групп в COONH₄ в ходе процесса постепенно убывает ввиду их дальнейшего превращения в CONH₂. Однако такая типичная картина наблюдается лишь в температурном интервале от 160 до 250°C. Наиболее эффективно амидирование протекает при 250°C. При этой температуре в течение 10 часов до 100% карбоксильных групп превращается в амидные. При более высокой температуре (300 °C), очевидно, наблюдается смещение химического равновесия в сторону исходных продуктов, что может быть обусловлено экзотермичностью протекающих реакций.

Таким образом, в ходе проведенных исследований найден оптимальный режим газофазного амидирования, позволяющий добиться наиболее полного превращения карбоксильных групп в амидные. В этих условиях предполагается проводить данный процесс и в промышленном масштабе. Однако, для окончательных расчетов необходимо проведение дополнительных исследований с целью уточнения механизмов протекающих реакций, определения величин их тепловых эффектов и влияния морфологии и степени предварительной функционализации углеродных наноматериалов на указанные выше закономерности.

Список используемых источников

1. Sahoo N. G., Rana S., Cho J.W., Li L., Chan S.-H. Polymer nanocomposites based on functionalized carbon nanotubes.// Progress in Polymer Science. 2010. P. 837–867.

2. Степанищев Н.А. Нанокompозиты: проблемы наполнения // Пластикс. 2010. № 4 (86). С. 23–27.

3. Rosca I.D., Watari F., Uo M., Akasaka T. Oxidation of multiwalled carbon nanotubes by nitric acid//Carbon. 2005. V. 43. P. 3124 – 3131.

4. Hamon M.A., Hu H., Blowmik P., Niyogi S., Zhao B., Itkis M.E., Haddon R.C. Purity evaluation of as-prepared single-walled carbon nanotube soot by use of solution-phase near-ir spectroscopy//Chem. Phys. Lett. 2001. V.347. P. 8–12.

5. Kim S.W., Kim T., Kim Y.S., Choi H.S., Lim H.J., Yang S.J., Park C.R. Surface modifications for the effective dispersion of carbon nanotubes in solvents and polymers // Carbon. 2012. Vol. 50. P. 3-33.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТЖИГА АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВЫ НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ПОРИСТОЙ ОКСИДНОЙ ПЛЕНКИ НА АЛЮМИНИИ

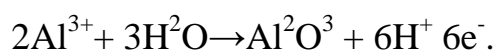
Аверин И.А., Губич И.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет», vanuk_88@mail.ru*

Развитие технологии электронных компонентов и устройств осуществляется в направлении замены микро- на нанoeлектронные процессы. В современной науке о наноматериалах выделяются два основных направления создания [1]:

1. стратегия «сверху вниз» - создание наносистем в объемном материале;
2. стратегия «снизу вверх» - создание наносистем из элементарных атомно-молекулярных блоков путем их сборки (самоорганизация) в сложные структуры.

Наиболее приемлемой и относительно недорогой является технология, основанная на процессах самоорганизации [2, 3]. Примером реализации такой технологии служит получение пористых наноматериалов, а именно, оксида алюминия. Создание наноструктурированной оксидной поверхности производится методом электрохимического анодирования:



В результате ионного взаимодействия на границах раздела алюминий-электролит с течением времени появляется оксидная пленка, на степень упорядоченности которой можно влиять как режимами формирования, так и структурированием поверхности.

В данной работе исследуется влияние термического отжига на морфологию поверхности оксидной пленки, сформированной на алюминиевой основе, представляющей собой алюминиевую фольгу толщиной 40 мкм. В качестве электролита использовался раствор щавелевой кислоты. Плотность тока, напряжение, температура в процессе анодного окисления оставались постоянными.

Алюминиевую основу отжигали в муфельной печи при температуре 100°C в течение 2 часов. Оксидную пленку получали методом анодирования с использованием методики двухступенчатого улучшения регулярности пор. Влияние термического отжига на структуру поверхности до и после отжига, а так же на упорядоченность пористой структуры исследовали на атомно-силовом микроскопе (АСМ).

Сканы поверхности алюминиевой основы после термического отжига приведены на рисунке 1.

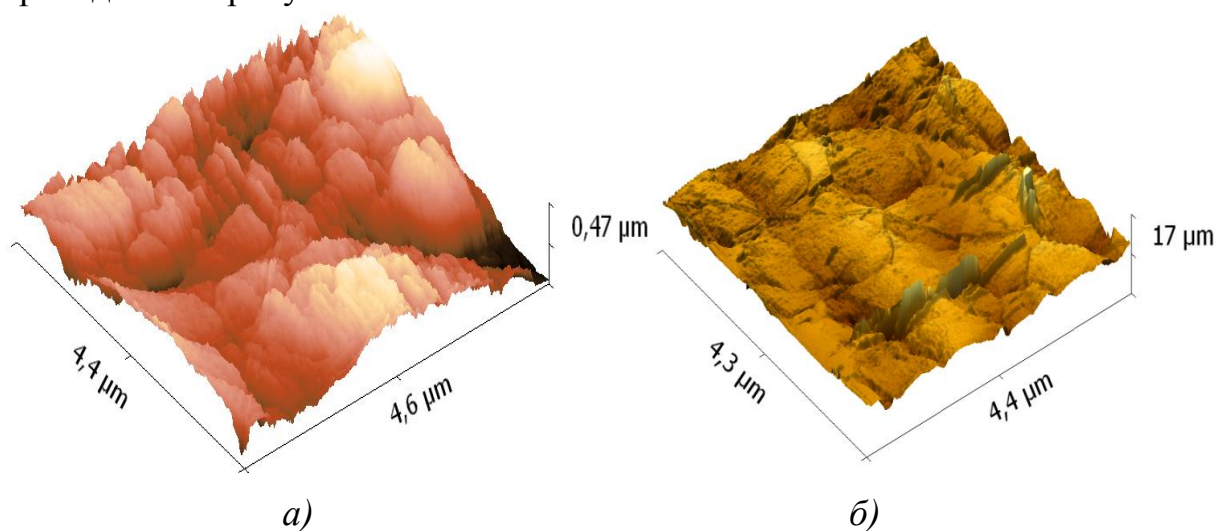


Рисунок 1. АСМ - изображения поверхности алюминиевой основы до (а) и после отжига (б)

Из рисунка видно, что микроструктура материала претерпела существенные изменения. До отжига алюминиевая основа имела зернистую структуру с преимущественно мелкими зернами размером 400-500 нм. После термического отжига средний размер зерна увеличился до 700-800 нм.

Термически реструктурированную поверхность подвергали анодному окислению в течение 30 минут на каждую стадию. Результаты сканирования на АСМ поверхности оксидной пленки приведены на рисунке 2.

Как видно из рисунка поры в оксидной пленке сформированы не окончательно. Это можно объяснить недостаточным временем проведения процесса анодирования. Что касается степени упорядоченности, то при окончательном формировании пористой пленки она была близка к идеальной. Анализ топографию поверхности оксидной пленки показал, что средний размер пор равен 40-50 нм.

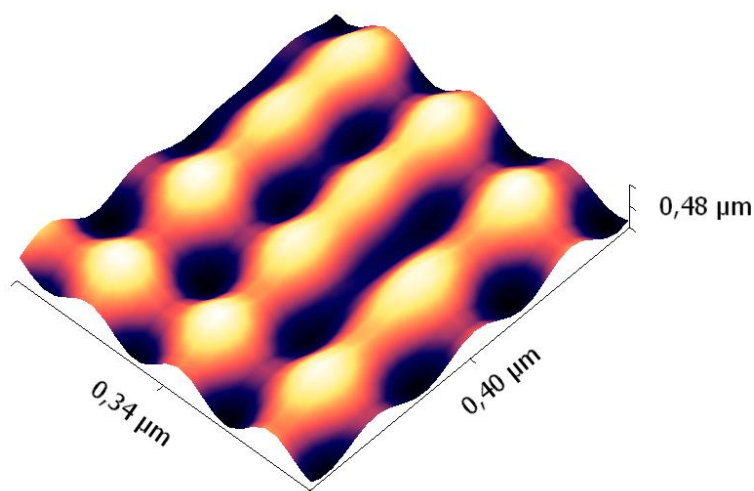


Рисунок 2. Оксидная пленка, сформированная после термического отжига алюминиевой основы

Таким образом, установлено, что предварительная подготовка поверхности алюминия, а именно термический отжиг, существенно влияет на упорядоченность пористой оксидной пленки.

Список используемых источников

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике. Москва: Техносфера. 2005. - 448 с.
2. Аверин И.А., Губич И.А., Печерская Р.М. Формирование и исследование пористых оксидных пленок на алюминии // Нано - и микросистемная техника. - 2012.– №6.- С.11-14.
3. Аверин И.А., Губич И.А. Исследование процессов рекристаллизации алюминиевой фольги — стадии получения пористого оксида алюминия // Нано- и микросистемная техника, 2013. – № 6. – С. 26-28.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ

Ботвина Ю.В., Дьячкова Т.П.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Yuliya_Botvina@mail.ru.

Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) относятся к важнейшим наноструктурным материалам. Перспективы их практического применения связаны с уникальными механическими, электро- и теплофизическими свойствами, благодаря которым МУНТ можно использовать в нанoeлектронике, водородной энергетике, катализе, конструкционных материалах и т.д. В частности, показано, что введение углеродных нанотрубок в полимерные ма-

териалы приводит к упрочнению и появлению электрической проводимости [1]. Однако достижение существенных эффектов от применения МУНТ, как правило, возможно при получении их однородных дисперсий в объеме модифицируемой матрицы, что весьма проблематично ввиду высокой склонности углеродных нанотрубок к агломерации. В [2] показана целесообразность ковалентной функционализации МУНТ при применении в составе композиционных материалов. С целью прививки в поверхности кислородсодержащих функциональных групп углеродные нанотрубки окисляют. Применение в качестве окислителя концентрированной азотной кислоты позволяет достичь ряда эффектов: 1) очистить полученные посредством CVD-синтеза МУНТ от примесей металлоксидных катализаторов; 2) удалить из материала остаточную аморфную фазу; 3) укоротить длинные нанотрубки; 4) получить на поверхности достаточное количество полярных функциональных групп. Окисленные азотной кислотой МУНТ можно не только применять в составе полимерных композиционных материалов, но и подвергать вторичным превращениям (амидирование, этерификация и т.п.).

В настоящем сообщении представлены результаты исследования кинетических закономерностей протекания процессов жидкофазной функционализации УНТ в концентрированной азотной кислоте с целью подбора оптимальных условий и разработки рекомендаций для дальнейшего масштабирования.

В работе использованы углеродные нанотрубки «Таунит» ($d = 20 \div 70$ нм; $l = 2$ нм; $S_{уд} = 120 \div 130$ м²/г), «Таунит-М» ($d = 8 \div 15$ нм, $l = 2$ нм; $S_{уд} = 300 \div 320$ м²/г) и «Таунит-МД» ($d = 30 \div 80$ нм, $l = 20$ нм; $S_{уд} = 180 \div 200$ м²/г), произведенные ООО «Нанотехцентр» (г. Тамбов) CVD-способом. В качестве окисляющего реагента использована концентрированная азотная кислота квалификации «х.ч.». Температура процесса составляла 110-120 °С. В ходе его измерялся объем выделяющихся газов и определялось количество диоксида азота в них. Степень функционализации углеродных нанотрубок карбоксильными группами (в ммоль/г) оценивалась титриметрически.

Окисление углеродных нанотрубок азотной кислотой сопровождается выделением газообразных продуктов реакции, объем которых во времени растет неравномерно (рис. 1). Снижение скорости газовой выделению в ходе процесса связано с постепенным снижением концентрации азотной кислоты. Необходимо отметить также взаимосвязь между объемом выделяющихся при реакции газов с величиной удельной поверхности реагирующих углеродных нанотрубок.

В состав газообразных продуктов окисления углеродных нанотрубок азотной кислотой могут входить оксиды азота переменной валентности, диоксид углерода, азот, пары воды [3]. Наиболее токсичным компонентом данной смеси является диоксид азота (NO₂). Его доля в выделяющихся газах, однако, невысока (рис. 2). Полученные в данном эксперименте сведения позволят

провести необходимые расчеты при проектировании оборудования для утилизации NO_2 .

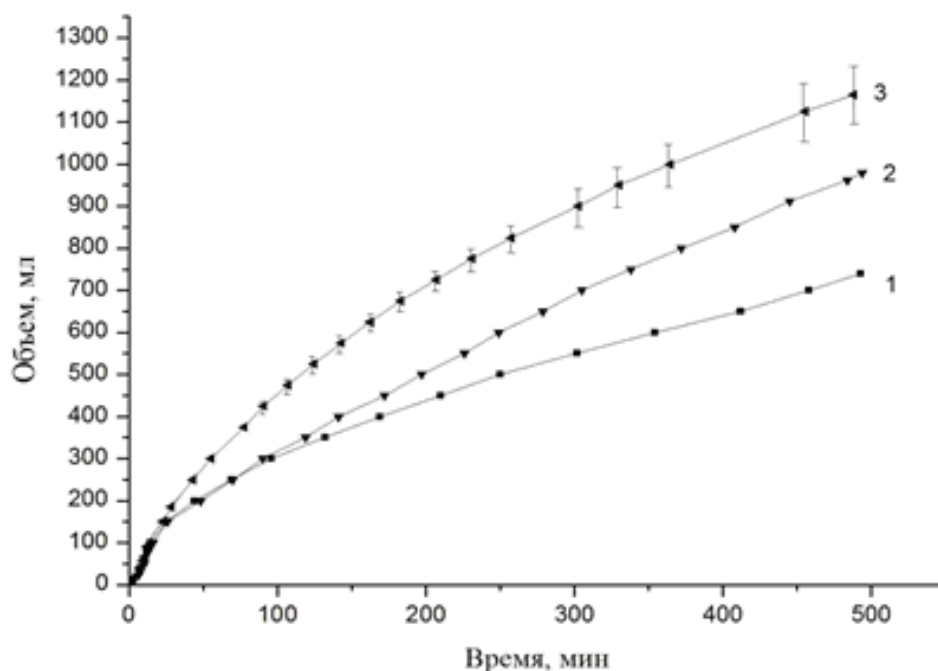


Рисунок 1. Изменение объема выделившихся газов (в пересчете на 1 г МУНТ) во время реакции окисления концентрированной азотной кислотой углеродных нанотрубок: 1 – «Таунит», 2 – «Таунит-МД», 3 – «Таунит-М».

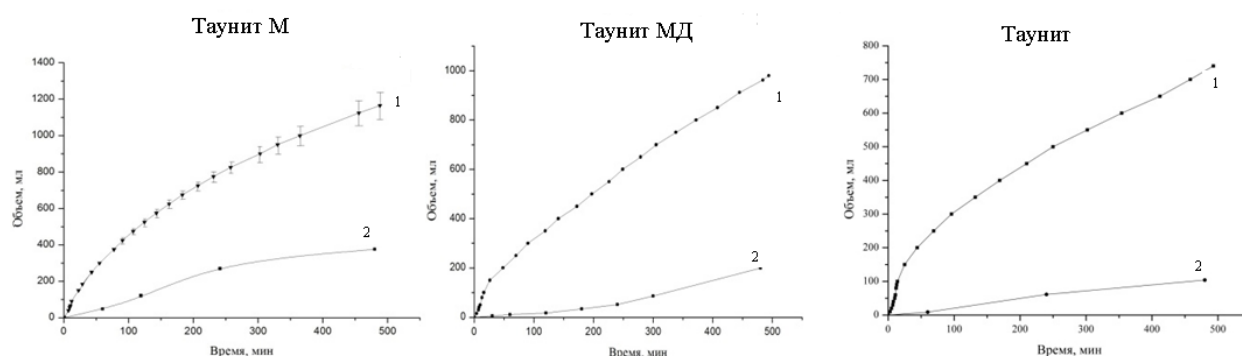


Рисунок 2. Изменение общего объема выделившихся газов (1) и диоксида азота (2) в ходе окисления углеродных нанотрубок концентрированной азотной кислотой (110-120 °С).

Степень функционализации МУНТ COOH -группами наиболее выражено увеличивается в первые 2 часа протекания процесса окисления (рис. 3). Затем рост замедляется, что соответствует соответствующим участкам на кинетических кривых рис. 2. На основании полученных данных можно определить оптимальное время процесса окисления с целью получения материалов с заданной степенью функционализации.

Причиной более высокой степени функционализации «Таунита-М» по сравнению с другими исследованными типами МУНТ при аналогичных условиях окисления является величина удельной поверхности и, как следствие, большее число вакансий для присоединения функциональных групп на единицу массы наноматериала.

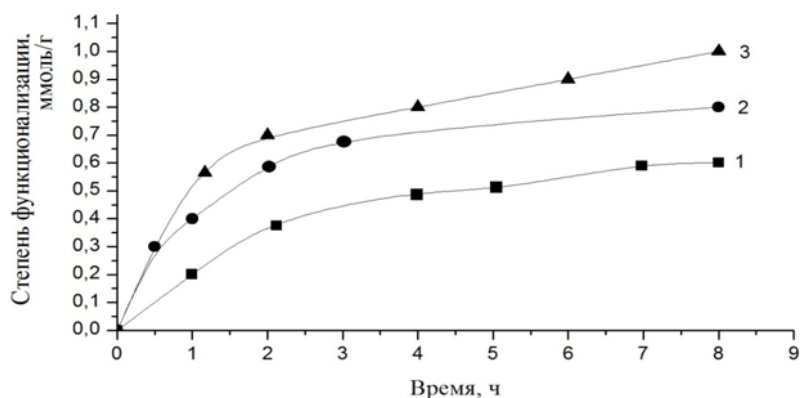


Рисунок 3. Изменение степени функционализации карбоксильными группами в ходе окисления МУНТ «Таунит» (1), «Таунит-МД» (2) и «Таунит-М» (3) концентрированной азотной кислотой.

Полученные в ходе данного исследования результаты планируется использовать при масштабировании процесса до опытно промышленного производства окисленных форм многослойных углеродных нанотрубок.

Список используемых источников

1. Kim M., Park Y.-B., Okoli O.I., Zhang C. Processing, characterization, and modeling of carbon nanotube-reinforced multiscale composites// Composites Science and Technology. 2009. V. 69. P. 335–342.
2. Spitalsky Z., Tasis D., Papagelis K., Galiotis C. Carbon nanotube-polymer composites: Chemistry, processing, mechanical and electrical properties //Progress in Polymer Science. 2010. V. 35. P. 357–401.
3. Кузин И.А. Мироненко В.М. Исследование продуктов окисления активного угля азотной кислотой // Журн.прикл.химии. 1969, т. 42, N 47 с. 833-838.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ОЗОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Богачева К.Д., Сухоруков А.К., Дьячкова Т.П.

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов,
nanotam@yandex.ru, kristina-bogaeva93@yandex.ru*

Модифицированные углеродные нанотрубки (УНТ), на поверхности которых имеются функциональные группы, обладают высоким сродством к полимерным матрицам и хорошо в них распределяются, поэтому их применение в составе полимерных композиционных материалов является гораздо более эффективным по сравнению с нефункционализированными формами УНТ. В литературе описано множество способов пришивки к поверхности УНТ необходимых функциональных групп. Однако, как правило, при их реализации требуется применение токсичных дорогостоящих реактивов. В усло-

виях же растущего спроса на функционализированные формы необходима разработка таких способов модифицирования УНТ, допускающих масштабирование до промышленного производства.

В настоящей работе исследован процесс озонирования исходных и предварительно очищенных от примесей металлоксидного катализатора УНТ «Таунит-МД» (производства «Нанотехцентр», Тамбов). Проведено две серии опытов. В первой из них осуществлялась обработка УНТ смесью озона с неосушенным воздухом в лабораторной установке, состоящей из компрессора воздуха, озонатора, реакционной колбы с УНТ и блока утилизации непрореагировавшего озона. Во второй серии подаваемый в озонатор воздух предварительно осушивался для увеличения концентрации озона в окисляющей смеси. Затем в озонново-воздушную смесь подавался активирующий реагент (безводная азотная кислота или триоксид серы, образующийся при испарении олеума). Окисление этой смесью протекало в реакционном сосуде, после которого газовая смесь очищалась от паров активирующего реагента и непрореагировавшего озона.

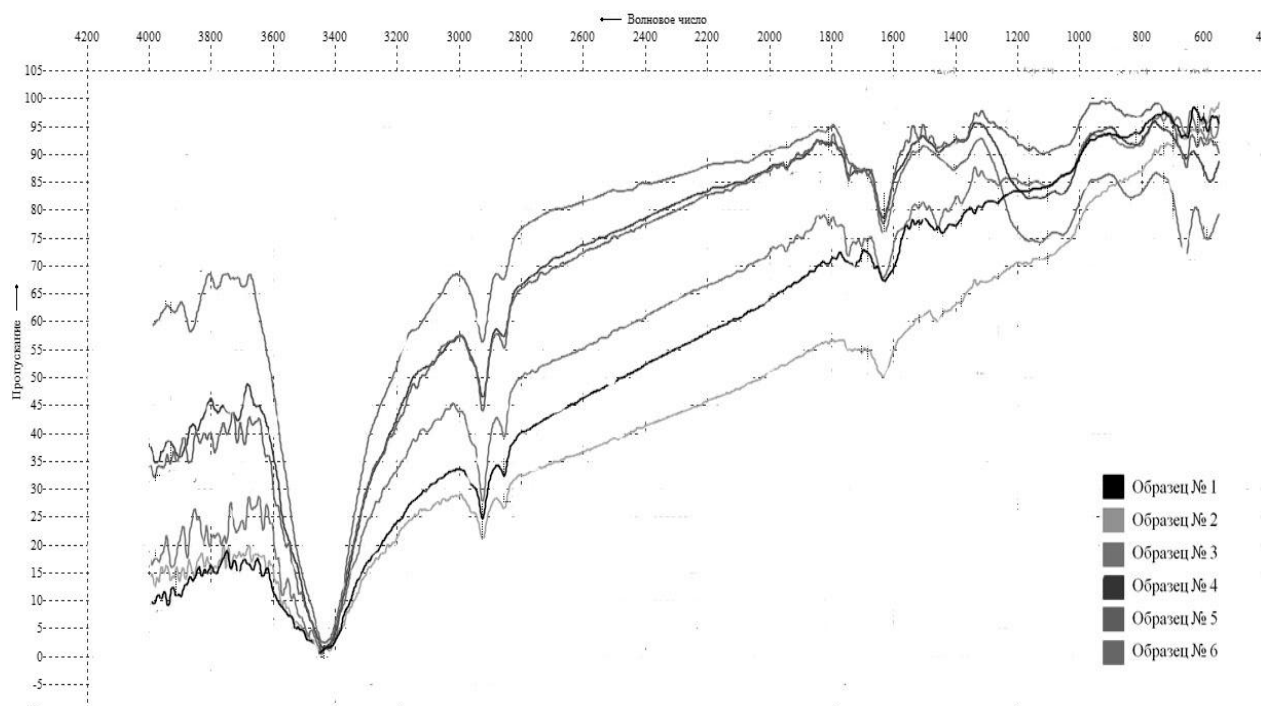


Рисунок 1. ИК-спектры УНТ «Таунит-МД», окисленных озоном в течение 2 (1, 4); 4 (2, 5) и 8 (3,6) часов. Активатор озонирования – пары азотной кислоты (1, 2, 3), триоксид серы (4, 5, 6).

Идентификацию поверхностных функциональных групп осуществляли методом ИК-спектроскопии (рис. 1). На поверхности озонированных различными способами УНТ имеются алкильные группы (пики при 1300-1400, 1840-2000, 2850-3000 см^{-1}). Они являются остатками углеводородного сырья, применяемого в CVD-синтезе углеродных нанотрубок. В результате окисления появляются гидроксильные (3440-3600 см^{-1}), карбонильные (1620-1680 см^{-1}) и карбоксильные (1710-1780 см^{-1}) группы. Причем при использовании в качестве активатора процесса паров безводной азотной кислоты пики на ИК-

спектрах, соответствующие карбоксильной группе выражены сильнее. А при использовании в качестве активатора процесса триоксида серы на поверхности УНТ, очевидно, появляются группы состава $-O-C-O-$ ($1100-1200\text{ см}^{-1}$), причем их количество по мере увеличения продолжительности обработки становится больше.

При окислении УНТ озоном целесообразно предварительно очищать их от примесей металлоксидных катализаторов, поскольку O_3 в первую очередь реагирует с металлами и оксидами переменной валентности, переводя их в оксиды с высшей степенью окисления, а только потом начинает окислять поверхность УНТ. Так, при неактивированном озонировании в течение 4 часов степень функционализации $COOH$ -группами предварительно очищенных от катализатора углеродных нанотрубок составляла $0,23\text{ ммоль/г}$, а для исходных – $0,12\text{ ммоль/г}$.

Показано, что изменение степени функционализации УНТ «Таунит-МД» карбоксильными группами во времени в ходе окисления озоном при использовании различных активаторов процесса (рис. 2) проходит через максимум, соответствующий 4 часам.

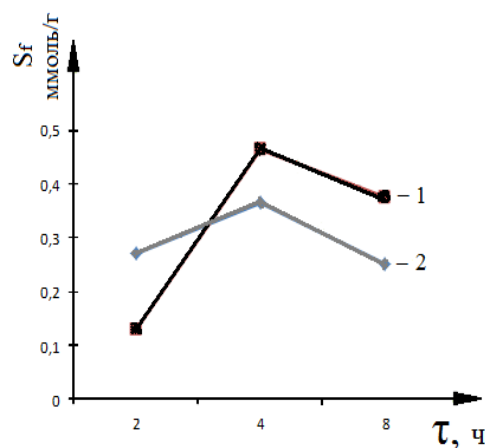


Рисунок 2. Изменение степени функционализации неочищенных УНТ «Таунит-МД» карбоксильными группами (S_f) во времени при окислении озоном, активированном: 1 – парами азотной кислоты, 2 – триоксидом серы.

Для объяснения наблюдаемого эффекта необходимо проводить расширенный эксперимент, поскольку при построении данной зависимости использовались неочищенные УНТ. Однако на основании полученной зависимости можно сделать вывод об оптимальном времени процесса.

При малом времени процесса (2 часа) степень функционализации поверхности УНТ $COOH$ -группами выше при активировании озона триоксидом серы (рис. 2). Использование паров азотной кислоты в качестве активатора процесса окисления при более длительном времени процесса (4 и 8 ч) способствует появлению на поверхности УНТ большего количества карбоксильных групп, чем при использовании триоксида серы. Это подтверждает вывод, сделанный ранее на основании ИК-спектров.

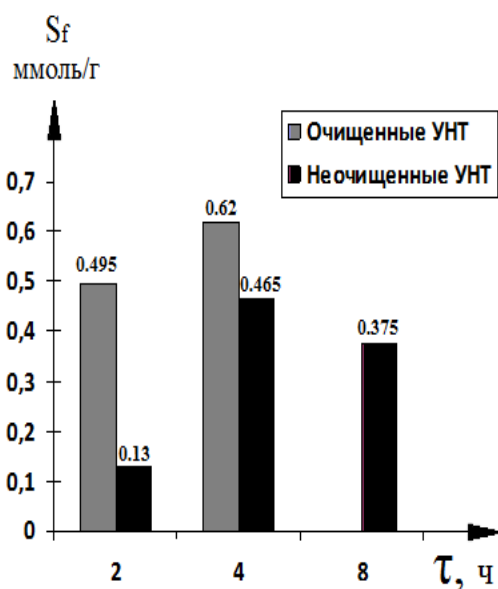


Рисунок 3. Степень функционализации карбоксильными группами УНТ «Таунит-МД» (S_f , ммоль/г) окисленных смесью озона с осушенным воздухом. Активация парами азотной кислоты

По данным диаграммы, приведенной рис. 3, выводы о целесообразности предварительной очистки УНТ от примесей катализатора справедливы и при активированном озонировании.

На основании проведенных исследований показано, что использование добавок паров азотной кислоты и триоксида серы к смеси озона с воздухом активирует процесс окисления, что выражается в увеличении степени функционализации поверхности УНТ карбоксильными группами и возможности эффективного протекания процесса при комнатной температуре. Окисленные озоном углеродные нанотрубки обладают лучшей, по сравнению с исходными УНТ, диспергируемостью как в полярных, так и неполярных средах. В частности, показана эффективность их использования в качестве модифицирующей добавки к моторному маслу с целью улучшения его трибологических свойств.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ InAs, ФОРМИРУЕМОЙ В КИСЛОЙ СРЕДЕ

Зарубина О.Н., Мокроусов Г.М.

Томский государственный университет, zaron@ngs.ru

Подбор условий формирования фаз на поверхности многокомпонентных соединений в жидких средах можно проводить с использованием диаграмм типа Пурбе в координатах равновесный электродный потенциал – pH. На основе такой диаграммы для системы InAs–H₂O [1] подобраны условия травления InAs (111) В *n*-типа для формирования плотных фазовых слоев, которые могут быть использованы для пассивации и защиты поверхности пластин от углеродных и других типов загрязнений (рис.1).

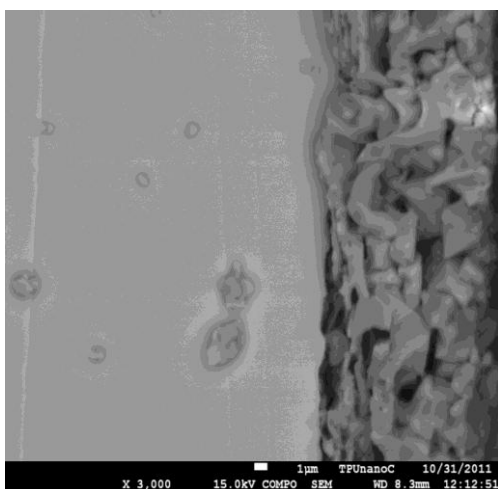


Рисунок 1. Изображение РЭМ поверхности арсенида индия (скол) со сформированным покрытием (InAs слева)

По данным EDX анализа покрытие, образующееся при обработке в концентрированной азотной кислоте в течение 1 минуты при 5 °С, содержит (в ат. %): As (81,3); O (18,0), In (0,7). Методом микро-КР спектроскопии и рентгенофазового анализа в составе покрытия зафиксирована фаза As₂O₃ и следы In₂O₃. При этом методом рентгенофазового анализа обнаружено, что преобладающей ориентацией кристаллической формы As₂O₃ является (111), т.е. непосредственно возле поверхности InAs(111) оксид мышьяка кристаллизуется также по ориентации (111).

Такой фазовый состав согласно диаграмме для системы InAs-вода может быть сформирован в результате селективного и псевдоселективного травления арсенида индия в кислой среде (pH ≤ 0) по реакциям: $\text{In}^{3+} + \text{As} + 3\text{e} = \text{InAs}$ и $\text{In}^{3+} + (1-x)\text{AsO}^+ + x\text{As} + 2(1-x)\text{H}^+ + 3(2-x)\text{e} = \text{InAs} + (1-x)\text{H}_2\text{O}$, соответственно (здесь *x* – доля мышьяка высадившегося из раствора после равномерного растворения), а основным продуктом является As(0), который частично окисляется в азотной кислоте.

Список используемых источников

1. Зарубина О.Н., Мокроусов Г.М. Межфазные превращения в системе H₂O (pH) – арсенид галлия (индия). Формирование поверхностного фазового слоя на полупроводнике // Бутлеровские сообщения. – 2009. – Т. 17, № 6. – С. 33–40.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭПОКСИБАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВ

Улегин С.В., Кадыкова Ю.А., Сотник В.А.

Энгельсский технологический институт (филиал)

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Для получения эпоксидного компаунда, наполненного дисперсным базальтом, разработана технологическая схема (рис.), которая состоит из следующих основных стадий:

1. Подготовка сырья:
 - Дозирование эпоксидной смолы (ЭД-20);
 - Дозирование пластификатора (ТХЭФ);
 - Дозирование базальта.
2. Получение эпоксидного компаунда:
 - Смешение компонентов;
 - Дозирование в смесь отвердителя (ПЭПА);
 - Смешение и вакуумирование полученного состава;
3. Получение эпоксидных компаундов:
 - Заливка в корпус;
 - Холодное отверждение на стеллажах;
 - Термообработка готового изделия.

Эпоксидная смола и ТХЭФ из емкостей 1 и 2, которые снабжены дозирующими насосами 6, подаются в смеситель 5, где происходит смешение компонентов в течении 10 минут.

Затем в смеситель 5 из емкости 4 подается измельченный базальт. Перемешивание происходит при комнатной температуре в течение 10 минут.

Далее смесь самотеком поступает в смеситель 7, куда из емкости 3 насосом 6 подается отвердитель ПЭПА. Для предотвращения отверждения и повышения срока сохранения вязкотекучего состояния, смеситель охлаждается холодной водой через рубашку temperирования. В смесителе осуществляется смешение и вакуумирование.

Из смесителя 7 эпоксидная композиция подается в литьевую установку 8, осуществляющую впрыск под давлением и заливку деталей.

Транспортером 9 изделие подается на стеллажи 10, которые после заполнения проходят стадию холодного отверждения при температуре около 30 °С, в течении 24 часов. Далее отвержденные изделия подаются в термокамеру 12, где происходит термообработка изделий при температуре 90 °С в течение 0,5 часа. Полученные изделия перевозят на стадию упаковки, а затем на склад готовой продукции.

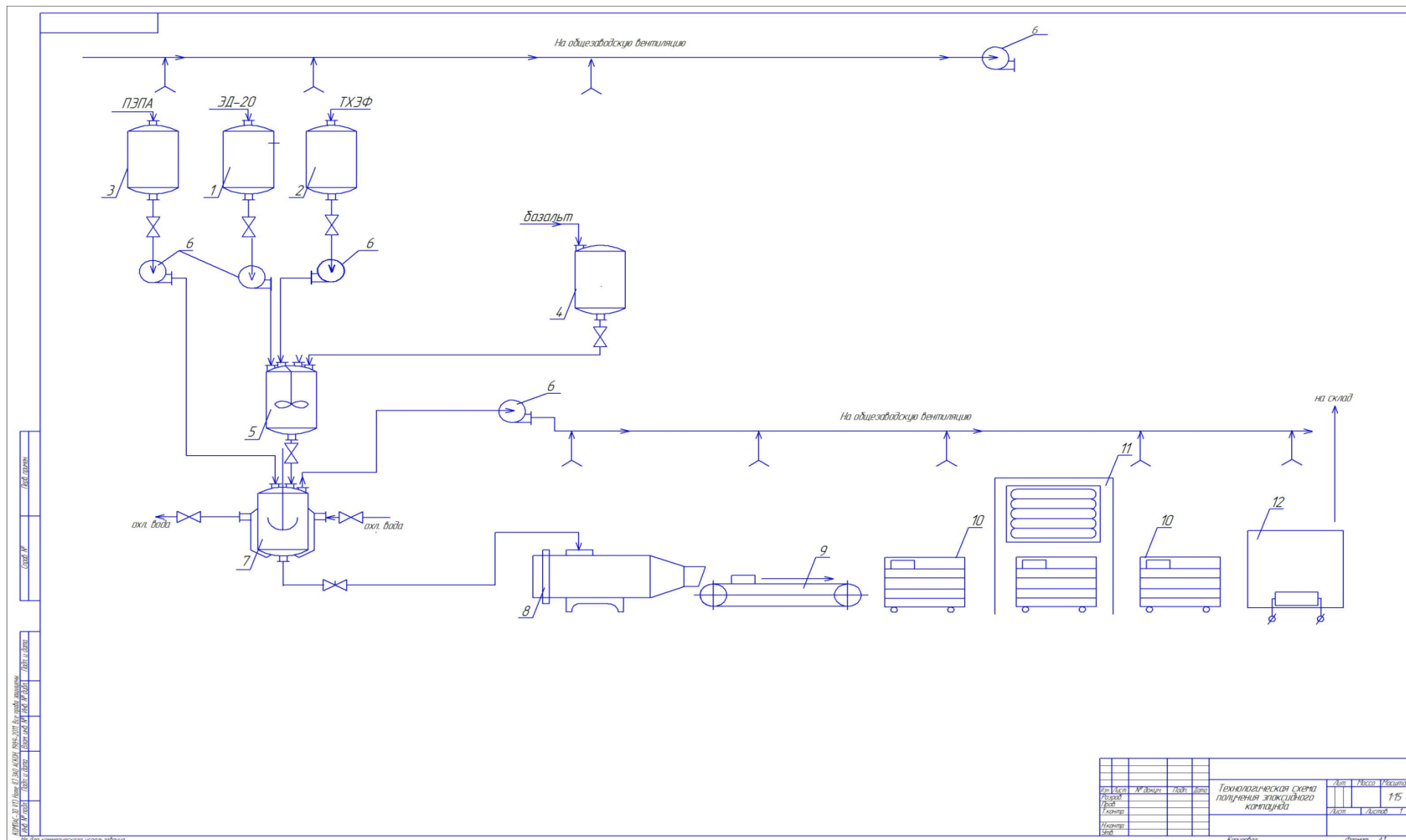


Рисунок 1. Технологическая схема получения эпоксидного компаунда и изделий на его основе

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ В МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВКАХ

Толчков Ю.Н., Михалева З.А., Любимов В.С.

*ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"
Тамбов, Tolschkow@mail.ru*

Потребность в технологической модернизации экономики России затрагивает одну из материалоемких отраслей – строительство. Отсюда очевидна необходимость в новых прорывных технологиях, обеспечивающих импортозамещение и выход отечественных производителей на мировой рынок строительной продукции и технологий.

Принципиально новым подходом к управлению структурой и свойствами различных материалов является нанотехнология, которая по существу является технологией управления структурообразованием вещества на атомно-молекулярном уровне. В настоящее время представлены убедительные примеры эффективности нанотехнологии в различных областях промышленности.

Одним из наиболее изученных и экспериментально проверенных способов равномерного распределения углеродных наноструктур в строительном материале является многоступенчатый процесс, который может быть представлен в виде схемы (Рис. 1).

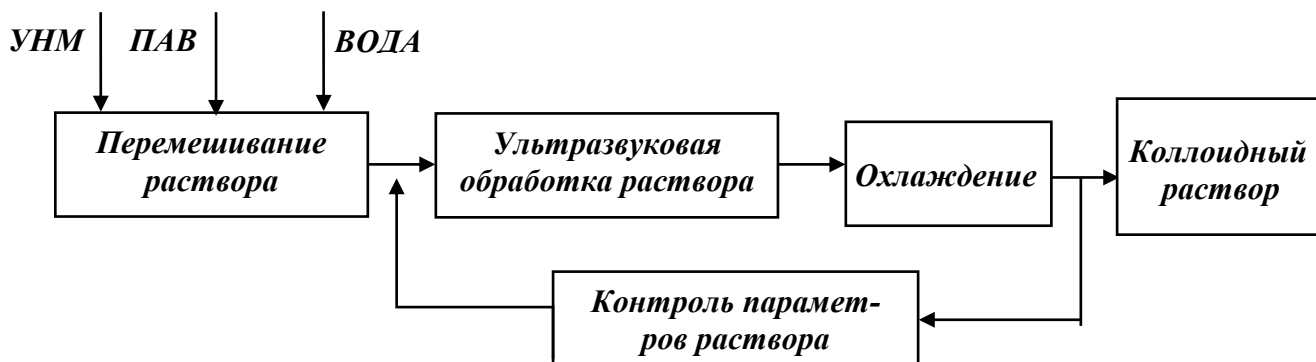


Рисунок 1. Технологический процесс приготовления наномодифицирующей добавки на основе (УНМ) «Таунит»

Согласно этой схеме, на первом этапе решается задача диспергации или разбивки исходных агрегатов (глобул) УНТ (углеродных нанотрубок) путем их совместного смешения с пластификатором и поверхностно активным веществом (ПАВ). Учитывая высокую поверхностную энергию взаимодействия частиц УНТ, диспергация осуществляется под воздействием ультразвука (УЗ). Вследствие этого ставилась задача выбора и отработка оптимальных режимов (мощности, частоты, длительности воздействия), обеспечивающих высокую степень диспергации исходных глобул размером в несколько мкм. Кроме того, необходимо было выбрать вид пластификатора и ПАВ, т.к. необходимо было создать оптимальную среду диспергации, в кото-

рой происходило бы более полное диспергирование исходных глобул УНТ. Важно было получить концентрат УНТ, который бы сохранял «неслипаемость» в течение определенного (регламентируемого) времени до последующего его применения. Распределения углеродного наноматериала в водной среде оценивалось по оптической плотности коллоидного раствора.

Оптическая плотность - мера непрозрачности слоя вещества для световых лучей равна десятичному логарифму отношения потока излучения F_0 , падающего на слой, к ослабленному в результате поглощения и рассеяния потоку F , прошедшему через этот слой:

$$D = \lg (F_0/F),$$

Иначе, оптическая плотность есть логарифм величины, обратной пропускания коэффициенту слоя вещества:

$$D = \lg (1/\tau).$$

В определении используемой иногда натуральной оптической плотности десятичный логарифм \lg заменяется натуральным \ln .

Были приготовлены дисперсии УНТ серии «Таунит» в водной среде с различными поверхностно-активными стабилизаторами – «ПВП» и «Диспергатор НФ». «ПВП» (поливинилпирролидон) - биополимер, смесь амфотерных линейных полимеров с варьирующей степенью вязкости. Белый гигроскопичный порошок. Растворяется в воде, спирте, ароматических углеводах, не растворяется в эфире. Стабилизирует пену, в водных системах может быть модификатором вязкости, нетоксичен.

Технический «Диспергатор НФ» применяется как вспомогательное вещество в резиновой, кожевенной, анилинокрасочной, текстильной, химико-фотографической промышленности, в производстве синтетического каучука, химических волокон, оптических отбеливателей, а также широко применяется в производстве минеральных удобрений, в качестве вещества препятствующего слеживанию при транспортировке и хранении удобрений.

Для создания коллоидного раствора нанотрубок в воде использовали ультразвуковую обработку суспензий УНТ, по средствам использования специализированной установки, серии ИЛ-100-6/4. Установка предназначена для исследования воздействия ультразвука на жидкие среды в кавитационном и докавитационном режиме. Эксперименты проводились с цилиндрическим волноводом-излучателем, коэффициент трансформации которого составляет 1:0,5, амплитуда колебаний на частоте 22 кГц. Оптическую плотность растворов определяли при длине волны равной 500нм., с оптической плотностью воды равной 0,045.

Экспериментальные данные оптической плотности были получены на фотоэлектрическом фотометре КФК-3. Принцип действия фотометра основан на сравнении светового потока Φ_1 прошедшего через растворитель или контрольный раствор, по отношению к которому производится измерение, и светового потока Φ_2 , прошедшего через исследуемую среду.

Световые потоки Φ_1 и Φ_2 фотоприемником преобразуются в электрические сигналы, которые обрабатываются микро-ЭВМ фотометра и пред-

ставляются на цифровом табло в виде коэффициента пропускания, оптической плотности, скорости изменения оптической плотности и концентрации.

В графическом виде экспериментальные данные представляют собой зависимость оптической плотности от времени ультразвукового диспергирования (рис.2).

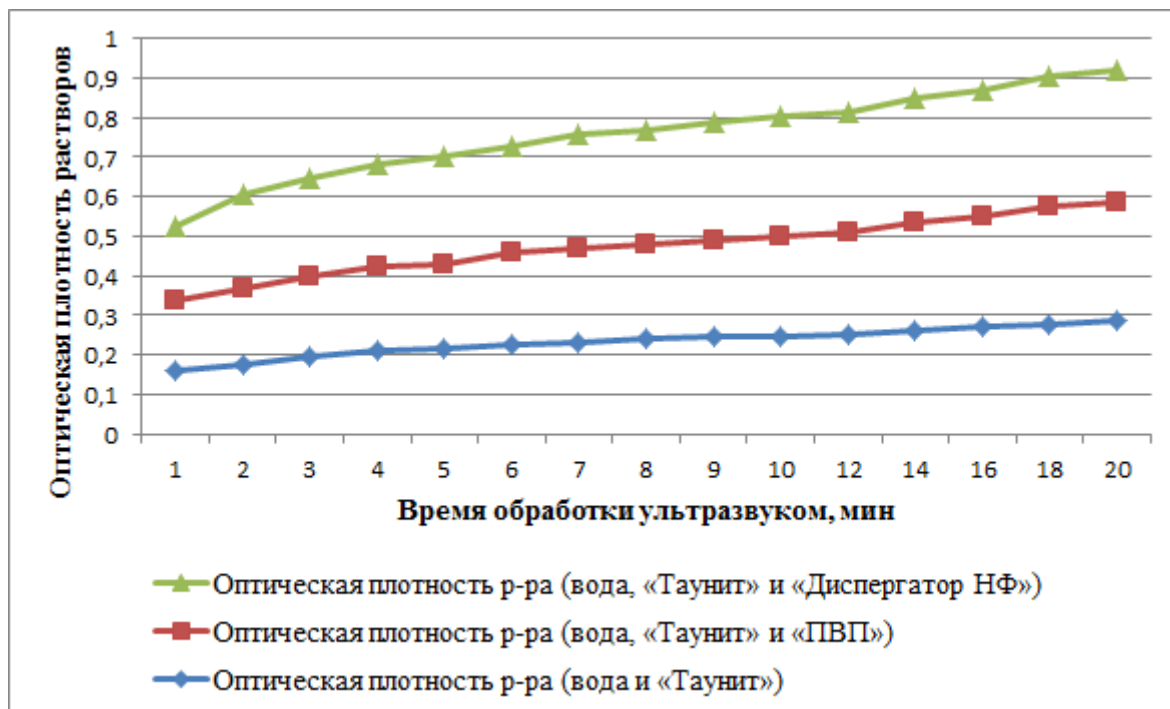


Рисунок 2. Зависимость оптической плотности от времени ультразвукового диспергирования

Выявлено, что суспензии, содержавшие в своём составе дополнительные компоненты ПАВ, представляют собой стабильные с течением времени фракции, имеющие существенно меньший коэффициент экстинкции (ослабление пучка света) в областях оптического спектра.

Исследования по созданию устойчивых коллоидных растворов УНТ в водных средах предоставят возможность обеспечить равномерное распределение углеродного наноматериала в модифицирующих добавках.

РАЗРАБОТКА СОРБЕНТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

*Потемкин Н.С., Гурова Т.В., Паршикова М.В., Пучкова Д.И., Шубин И.Н.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»*

В последние годы значительное внимание уделяется наноматериалам, что обусловлено их перспективностью и значительным потенциалом использования во многих прикладных областях. Высокопористые углеродные наноматериалы (УНМ) достаточно широко используются как в научных исследованиях, так и в промышленности в качестве носителей катализаторов различной природы и назначения, высокоспецифичных сорбентов. Сорбенты, модифицированные УНМ, могут использоваться для глубокой осушки и тонкой очистки газов и жидкостей, улавливания летучих растворителей, поглощения вредных промышленных выбросов, загрязняющих атмосферу и водные бассейны, выделения из смесей газов и паров ценных составных частей, в частности, для последующей химической или биологической переработки. Кроме того, многие сорбенты являются эффективными катализаторами или носителями каталитически активных веществ.

Перспективными направлениями совершенствования свойств сорбентов является варьирование их пористой структуры для изменения молекулярной сорбции на основе ситового эффекта и направленное изменение химии поверхности, что обеспечивает ионный обмен и донорно-акцепторные взаимодействия. Развитая поверхность позволяет резко поднять степень сорбции и десорбции.

Одним из способов повышения сорбционных характеристик сорбента является увеличение его активной поверхности внедрением в его структуру углеродных наноструктур. Наиболее эффективным способом внедрения является выращивание УНМ непосредственно на всей поверхности сорбента. Для этого дисперсный материал-носитель пропитывается растворами соединений металлов. При температурной обработке эти соединения разлагаются с образованием каталитически активных кластеров металлов.

Авторами ведутся исследования по увеличению активной поверхности различных промышленных сорбентов внедрением УНМ «Таунит» и его модификаций. В качестве высокодисперсного материала-носителя (промышленных сорбентов) использовались: силикагели, цеолиты и окись алюминия; в качестве соединений каталитически активных металлов – никель, выделяющийся из его нитрата.

УНМ синтезировались методом каталитического пиролиза пропан-бутановой смеси в реакторе периодического действия. При пиролизе на подложках катализатора происходил рост УНМ, с заполнением всей структуры катализатора.

Структура модифицированного сорбента исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOLJSM – 6380 LV. Полученный материал представлял собой короткие трубки диаметром 100-200 нм, пучки переплетенных нанотрубок диаметром 25-30 нм, а также аморфный углерод, частицы силикагеля, цеолита и окиси алюминия (рис. 1).

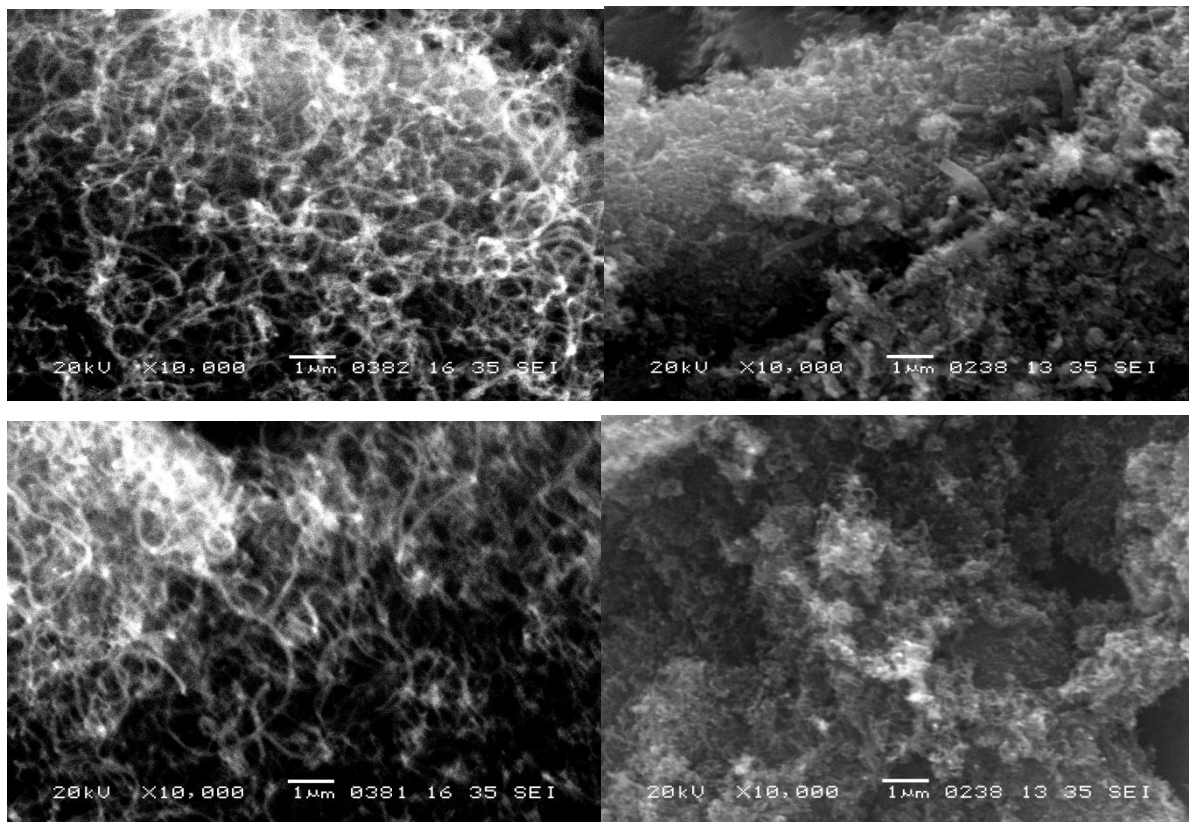


Рисунок 1. Структуры полученных модифицированных сорбентов

По данным сравнительного анализа можно предположить, что наиболее эффективными носителями являюся силикагель и окись алюминия. На рис. 2 показана зависимость выхода материала от дисперсности катализатора. На носителе катализатора – цеолите - выход УНМ наименьший, однако по данным электронной микроскопии материал цеолит – УНМ также содержит нанотрубки диаметром 30 - 50 нм и аморфный углерода порядка 5-15%.

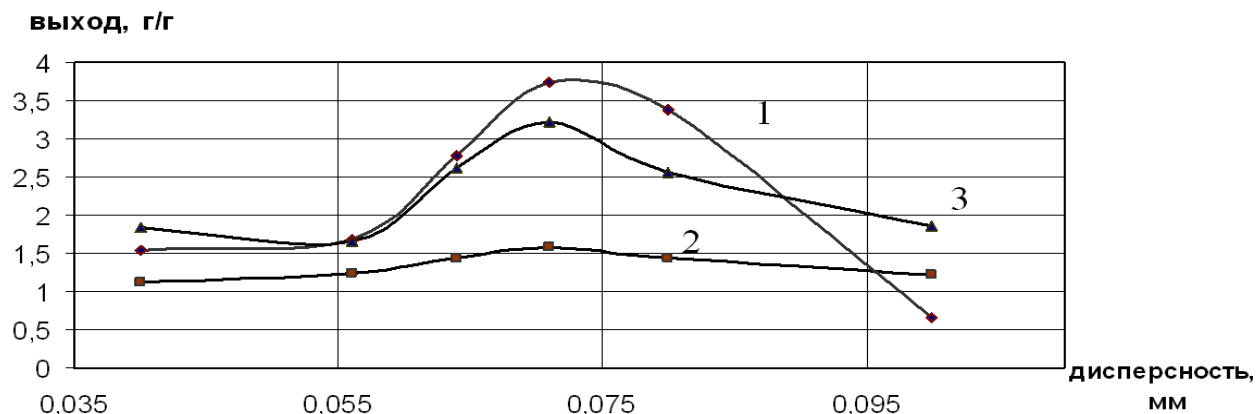


Рисунок 2. График зависимости выхода УНМ от дисперсности носителя, насыщение при $t=200-250\text{ }^{\circ}\text{C}$: Кривая 1 – силикагель гранулированный, 10% Ni; кривая 2 – цеолит, 10% Ni; кривая 3 – окись алюминия, 10% Ni.

В настоящее время продолжается работа по экспериментальному определению сорбционных характеристики активной поверхности сорбентов: цеолит – УНМ, силикагель – УНМ, окись алюминия – УНМ, активированный уголь – УНМ, а также по сравнению полученных данных с параметрами исходных промышленных сорбентов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение УНМ для создания новых сорбирующих материалов представляется многообещающим и перспективным для промышленного использования.

РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛОПЛАСТИКОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С АНИЗОТРОПНЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

*Образцов Д.В., Образцова Е.Ю., Килимник А.Б.
ФГБОУ ВПО «Тамбовский Государственный Технический Университет»,
Тамбов, odvru@rambler.ru*

Современный уровень развития техники вызывает необходимость создания новых материалов, обладающих особыми, не присущими природным материалам свойствами. К таким новым материалам относят композиционные материалы. В Российской Федерации уже сложились все базовые предпосылки для формирования самостоятельной композитной отрасли, ведь вне зависимости от того где применяются изделия из композитов, основные технологические приемы их получения остаются одними и теми же. Однако, в настоящее время практические достижения в области разработки композиционных полимерных материалов значительно опережают их теоретическую интерпретацию. Но несомненно, что будущее композиционных материалов за научно обоснованным подходом, поэтому необходимо расширение и углубление знаний в этой области.

В последнее время все больший интерес вызывает проблема применения в композиционных полимерных материалах наполнителей различного происхождения, для получения композиционных материалов с новыми специфическими свойствами. Одними из широко используемых на практике являются композиционные материалы на основе металлов и их производных. Так, в них в качестве матрицы применяют - алюминий, магний, никель, кобальт, медь и т.д. Следует отметить, что свойства получаемых дисперсно-упрочненных металлических композитов изотропны – одинаковы во всех направлениях. Для некоторых областей техники более перспективно применение композитов с ярко выраженными анизотропными свойствами, например с различной степенью теплопроводности, электропроводности, диэлектрической проницаемости, магнитной восприимчивости и др.

Нами предлагается разработка метода создания композиционных полимерных материалов на основе металлических порошков с анизотропными физическими свойствами – различными во всех направлениях. Для этого необходимо решить следующие вопросы:

- разработка экологически чистого способа получения металлических порошков с выраженными анизотропными свойствами;
- разработка методов интеркалирования и ориентированного распределения наноразмерных порошков металлов в матрице композитного материала.

В рамках данных вопросов необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать экологически чистый способ получения наноразмерных порошков металлов с выраженными анизотропными свойствами;
2. Разработать метод интеркалирования и равномерного распределения наноразмерных порошков металлов в связующем веществе композитного материала;
3. Разработать способ нанесения жидкого композитного материала на покрываемую поверхность;
4. Разработать метод для ориентированного распределения наноразмерных порошков металлов относительно покрываемой поверхности до отверждения связующих веществ;
5. Исследование степени анизотропии свойств полученных композитных покрытий.

В настоящее время нами разработан экологически чистый метод получения ультрадисперсных порошков металлов с анизотропными свойствами в замкнутом цикле использования воды и реагентов; без применения сильно агрессивных веществ при приготовлении реакционного раствора, снижением расходных коэффициентов производства, затрат электроэнергии на стадии синтеза целевого продукта и исключения выбросов поллютантов [1-5].

Список используемых источников

1. Никифорова, Е.Ю. Электрохимическое поведение воздушноокисленного никеля в концентрированных растворах гидроксида натрия / Е.Ю. Никифорова, А.Б. Килимник // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 147 – 153.
2. Никифорова, Е.Ю. Закономерности электрохимического поведения металлов при наложении переменного тока /Е.Ю. Никифорова, А.Б. Килимник // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009 – Т. 15, № 3. – С. 604 – 615.
3. Килимник, А.Б. Установка для изучения электродных процессов на переменном токе // А.Б. Килимник, Е.Ю. Никифорова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 1. – С. 74 – 79.
4. Никифорова, Е.Ю. Электрохимическое разрушение никеля в щелочных растворах под действием переменного тока // Е. Ю. Никифорова, А. Б. Килимник // Коррозия: материалы, защита. – 2011. – № 3. – 27 – 31.

5. Килимник, А.Б. Влияние частоты переменного синусоидального тока на скорость разрушения никелевого электрода // А. Б. Килимник, Е. Ю. Никифорова // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2011. – № 5. – С. 109 – 113.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ТЕРМООБРАБОТАННОГО ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИК-НАГРЕВА

*Нгуен Хонг Вьет, Кожитов Л.В., Козлов В.В.
НИТУ "МИСус", 117936, Москва, Ленинский пр., 4
nhviet1980@gmail.com*

Новый метод карбонизации полиакрилонитрила с помощью ИК-нагрева приводит к образованию новых углеродных форм (фуллерено- и тубуленоподобных структур, углеродного нанокристаллического материала, графеновых структур), которые обладают перспективными физическими и химическими свойствами для использования в устройствах электроники.

Цель работы заключается в исследовании влияния кислорода на химическую структуру углеродного материала, полученного на основе полиакрилонитрила под действием ИК-нагрева на автоматизированной установке ИК-нагрева QНС-Р610СР.

При ИК-нагреве в полиакрилонитриле происходят физические и химические превращения с образованием углеродного материала, содержащего атомы углерода, азота и водорода. При этом образуется полисопряженная система углеродного материала на основе полиакрилонитрила. С помощью метода ИК спектроскопии на Фурье спектрометре IFS-66v/sBruker после нагрева при 200⁰С установлены на спектрах полосы валентных колебаний 1600 см⁻¹ (-C=N-) и 1400 см⁻¹ (-C=C-), соответствующие образованию полисопряженной системы углеродного материала на основе полиакрилонитрила. На стадии сушки и предварительной термообработки возникает возможность окисления полиакрилонитрила. Образование функциональных групп, содержащих кислород, подтверждено с помощью ИК-спектров, которые содержат полосы валентных колебаний $\nu=1725, 1790, 1680 \text{ см}^{-1}$, соответствующие функциональным группам сложного эфира и амидов, соответственно.

Полуэмпирическая схема модифицированного пренебрежения двух-атомным перекрыванием (MNDO) использована для расчета молекулярной структуры углеродного материала с помощью программного пакета GAUSSIAN 03. Для квантово-химических расчетов выбраны структуры C₄₆N₁₄H₁₀, C₄₅N₁₄OH₁₂, C₄₄N₁₄O₂H₁₄, C₄₃N₁₄O₃H₁₆, C₄₁N₁₄O₄H₁₈ и рассчитаны значения энергии связи (E_{св}), равные 7,40;7,12;6,97;6,61;6,39 эВ, соответственно. Увеличение количества атомов кислорода в УМ до 4 атомов приводит к уменьшению E_{св} от 7,40 до 6,39 эВ, соответственно.

Квантово-химические расчеты подтверждены с помощью анализа химического состава поверхности полиакрилонитрила после ИК-нагрева при 600⁰С (рентгеновский фотоэлектронный спектрометр РНІ 5500 ESCA, фирма Physical Electronics). Состав поверхности полиакрилонитрила, равный C_{0,79}N_{0,18}O_{0,03}, показывает увеличение содержания углерода в углеродном материале по сравнению с исходным полимером при наличии остаточного содержания кислорода.

Таким образом, в результате превращений в полиакрилонитриле при ИК-нагреве в структуре полиакрилонитрила после ИК-нагрева при 200⁰С установлены с помощью ИК спектроскопии функциональные группы сложного эфира и амидов ($\nu=1725, 1790, 1680 \text{ см}^{-1}$), которые содержат кислород. Расчеты показывают, что увеличение количества атомов кислорода в углеродном материале до 2 атомов приводит к уменьшению $E_{\text{св}}$ от 7,40 до 6,39 эВ, соответственно. Результаты подтверждены с помощью Оже-спектроскопии, и установлен состав поверхности полиакрилонитрила, равный C_{0,79}N_{0,18}O_{0,03}, после ИК-нагрева при 600⁰С, где наблюдается увеличение содержания углерода в углеродном материале.

ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ ДИФРАКТОМЕТРИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУР*

Мамонтов¹ А.И., Зимин² С.П.

¹ Сыктывкарский государственный университет, г. Сыктывкар, Россия, snowchek@mail.ru;

² Ярославский государственный университет, г. Ярославль, Россия.

В последние годы значительное внимание уделяется изучению свойств квантово-размерных многослойных структур, что связано с перспективой их практического использования (в приборах оптоэлектроники, для создания полевых транзисторов, солнечных батарей и др.). В этом плане чрезвычайно важной становится информация о структуре этих объектов. Наиболее чувствительными и информативными методами неразрушающего контроля реальной структуры сверхрешеток являются рентгеновские методы исследования, в частности трёхосевая рентгеновская дифрактометрия.

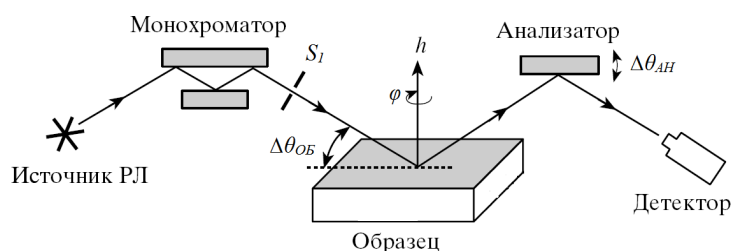


Рисунок 1. Расположение кристаллов и ход лучей в трехкристальной схеме дифракции.

Все три кристалла (монохроматор, образец, анализатор) расположены под углом Брэгга в условиях симметричного отражения, рис.1. Построив зависимости интенсивности, воспринимаемой детектором, от углов поворота образца и анализатора, можно получить данные об исследуемых образцах и их поверхности. Полную карту рассеяния от образца можно построить путём регистрации интенсивности от набора несвязанных положений образца и анализатора, которые должны сочетаться таким образом, чтобы образовать сетку в обратном пространстве. Для симметричного отражения координаты в обратном пространстве связаны с отклонениями анализатора ($\Delta\psi$) и образца ($\Delta\varphi$) следующими уравнениями:

$$q_z = \Delta\varphi \cos \theta_B / \lambda,$$

$$q_y = (2\Delta\psi - \Delta\varphi) \sin \theta_B / \lambda$$

где θ_B – угол Брэгга, λ – длина волны рентгеновского излучения.

Трёхкристалльная геометрия дифракции позволяет определить релаксацию эпитаксиальных структур при анализе карт распределения интенсивности вокруг узлов обратного пространства. Рассеяние от шероховатой поверхности или рассеяние, вызванное дефектами можно отделить от рассеяния совершенного кристалла. Исходя из карты рассеяния, построенной при вращении как анализатора, так и образца, их можно количественно оценить. Деформацию и несоответствие можно отличить от разориентации и мозаичности.

Исследуемый образец представляют собой многослойную гетероструктуру PbEuTe/PbEuSe/PbSe выращенную молекулярно-лучевой эпитаксией на подложке кремния Si(111) с двумя буферными слоями CaF₂ и BaF₂.

Структура образца представлена на рис.2. Крестообразная форма контура равной интенсивности на рисунке свидетельствует о наличии дислокационных петель. Если построить зависимость диффузного рассеяния от угла отворота образца рис.3, то проэкстрополировав полученную прямую до пересечения с осью $\ln(\alpha)$ можно оценить размер дислокационных петель $R = \ln(\alpha) \exp(-1/2) \cos \theta_B$ [2,3]. Оценка показывает, что радиус петель $R \geq 0,015$ мкм. Это соответствует размеру квантовых ям, определённых другими методами.

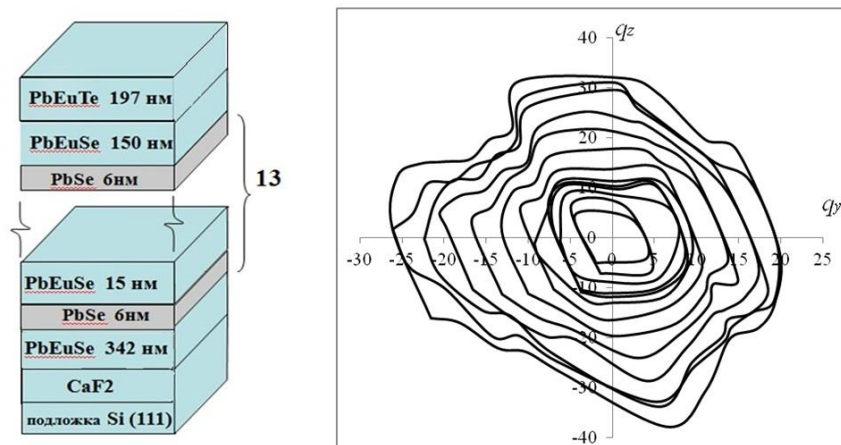


Рисунок 2. Структура и контур равной интенсивности образца

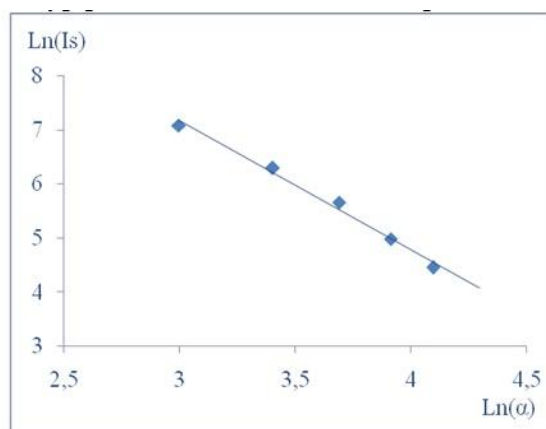


Рисунок 3. Зависимость логарифма интенсивности диффузного пика от логарифма угла поворота образца.

Показано, что методами рентгеновской дифрактометрии успешно проведена диагностика многослойной структуры, содержащей квантовые ямы.

**Работа выполнена в рамках Программы «Развитие научного потенциала Высшей школы на 2009-2013 годы (проект № 2.1.1/5848).*

ВЛИЯНИЕ НАНОМОДИФИКАТОРА, НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК УНМ «ТАУНИТ», НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

*Кондаков А.И., Аладинский А.А., Михалева З.А.
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

В настоящее время исследованию влияния углеродных наноматериалов (УНМ) на физико-механические характеристики строительных композитов посвящены обширные работы, как в отечественных журналах, так и в зарубежных.

Общеизвестно, что для успешной модификации бетона УНМ, необходимо однородная и стабильная дисперсия УНМ в водной фазе, так как УНМ является гидрофобным и между отдельными нанотрубками или нановолокнами действуют Ван-дер-Ваальсовы силы притяжения. Для осуществления эффективной модификации применяют ряд методов:

- механический;
- химическая функционализация с образованием ковалентных связей;
- химическая функционализация без образования ковалентных связей (ПАВ, полимеры) [1].

Наиболее часто встречающийся способ — комбинированный, а наиболее широко употребляемым — химическая функционализация с использованием ПАВ и применением механической обработкой раствора.

Отличительная особенность данной работы — описание влияния различных модификаций углеродных нанотрубок (УНТ) на физико-механические характеристики строительных композитов, а именно на прочностные характеристики

В исследовании использовались следующие модификаторы УНТ «Таунит»: №12; №24 и №36, которые получены при различных режимных параметрах синтеза УНТ и имеют различную структуру. В качестве ПАВ выбран поливинилпирролидон (ПВП), из-за его уникальных физико-химических характеристик, в особенности хорошей солубилизации в воде, эффективной комплексообразующей способности между гидрофильными и гидрофобными веществами и не токсичности.

В работе исследовали влияние наномодификатора на физико-механические характеристики строительного материала при содержании УНТ «Таунит» в интервале концентраций $4 \cdot 10^{-4} \% \div 8 \cdot 10^{-4} \%$ от массы вяжущего. Соотношение ПВП: УНТ равно 2:1.

Приготовление коллоидного раствора осуществлялось следующим способом:

- к 150 мл дистиллированной воды добавляли в соответствующих пропорциях ПВП и модификаторы УНТ;
- обработка коллоидного раствора ультразвуком проводилась в течение 10 мин.

В качестве строительного материала выбран гипс. Соотношение воды к гипсу составляло 0,65. Приготовление образцов гипса осуществлялось в соответствии с ГОСТ 23789-79, с отличием в приготовлении воды затворения: в воду затворения приливался коллоидный раствор (для образцов содержащих УНТ).

На рисунке 1и в таблице 1 представлены результаты исследований.

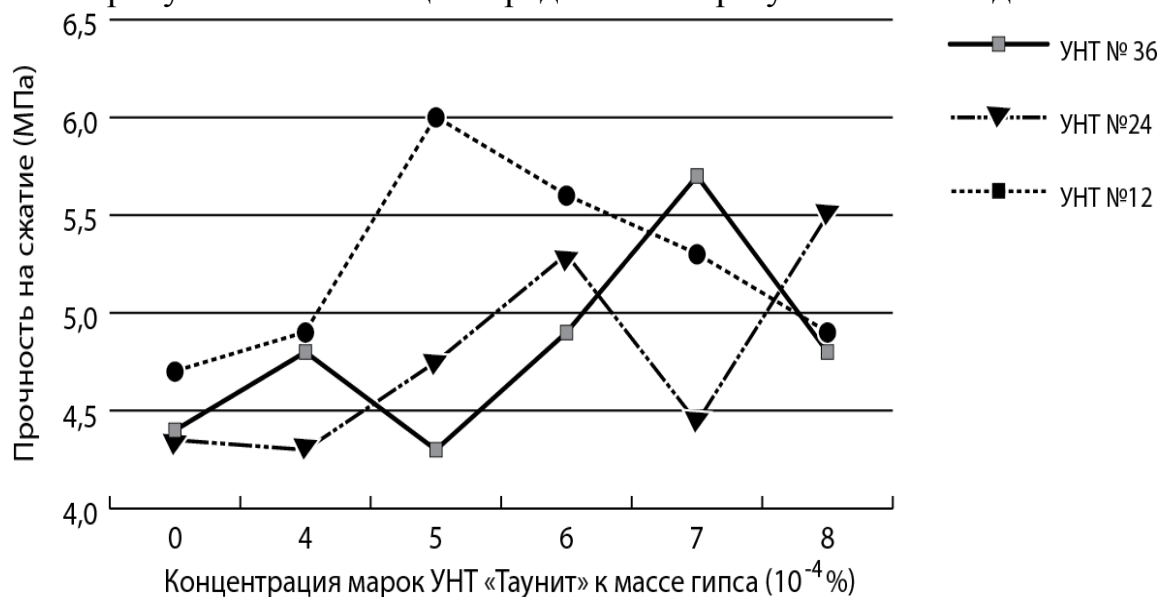


Рисунок 1. Влияние концентрации марок УНТ «Таунит» на прочность при сжатии образцов гипса.

Влияние концентрации марок УНТ «Таунит»
на прочность при сжатии образцов гипса.

		Прочность на сжатие (МПа)	Концентрация УНТ к массе гипса (10^{-4} %)					
			0	4	5	6	7	8
Марка УНТ «ТАУНИТ»	УНТ №12		4,7	4,9	6,0	5,6	5,3	4,9
	УНТ №24		4,35	4,3	4,75	5,3	4,44	5,5
	УНТ № 36		4,4	4,8	4,3	4,9	5,7	4,8

Вывод:

Наибольший прирост прочности строительного материала достигается при содержании УНТ в интервале концентраций $5 \cdot 10^{-4}$ % ÷ $7 \cdot 10^{-4}$ % от массы связующего для всех марок УНТ. Упрочнение образца гипса равное 28% наблюдается у марки УНТ №12, следовательно в модификации строительных материалов целесообразно использовать марку УНТ №12.

Планируются дальнейшие исследования по влиянию модификаторов УНТ на физико-механические характеристики строительного материала.

Список используемых источников

1. Раков Э.Г. Нанотрубки и фуллерены: Учебное пособие. М.: Университетская книга, Логос, 2006. 376 с.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ БАЗАЛЬТОНАПОЛНЕННЫХ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Кадыкова Ю.А., Бредихин П.А.

Энгельский технологический институт (филиал)

*ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»*

В работе в качестве наполнителя использовался дисперсный минеральный наполнитель – базальт, полученный измельчением природного базальта на шаровой мельнице в течение 3 часов. Данная вулканическая порода обладает повышенной прочностью и высокой плотностью, а также высокими химическими свойствами, огнестойкостью, прочностью, долговечностью, звуко- и теплоизоляционными показателями.

Для получения композиционного материала на основе полиэтилена низкого давления (ПЭНД) наполняли базальтом с размером частиц ≤ 142 мкм, изменяя его содержание от 30 до 50 масс.ч

Исследование физико-механических свойств показало, что при введении 40 масс.ч. базальта отмечено повышение устойчивости к удару в 1,5-2 раза, а увеличение содержания до 50 масс.ч. наполнителя как в ПЭВД, так и в ПЭНД обеспечивает сохранение комплекса свойств полиэтилена.

Данные результаты подтверждаются методом полного факторного эксперимента и градиентным методом оптимизации состава. Параметром оптимизации служила ударная вязкость (Y), а в качестве факторов - содержание наполнителя в композиции (X_1), размер частиц базальта (X_2) и температура литья под давлением (X_3) (табл. 1).

Таблица 1

Факторы и их варьирование для ПМК на основе полиэтилена и базальта

	Фактор X_1		Фактор X_2		Фактор X_3	
	натуральное значение, масс.ч	кодированное значение	натуральное значение, мкм	кодированное значение	натуральное значение, °С	кодированное значение
Основной уровень	30	0	120	0	190	0
Интервал варьирования	20		40		20	
Нижний уровень	10	-1	80	-1	170	-1
Верхний уровень	50	+1	160	+1	210	+1

В результате проведенных расчетов были получены следующие уравнения регрессии для ПМК на основе полиэтилена и базальта:

$$Y_1 = 12,375 + 1,875X_1 + 0,625X_2 + 0,375X_3 - 0,875X_1X_2 - 0,125X_1X_3 - 0,375X_2X_3$$

$$Y_2 = 23,875 + 2,625X_1 + 1,375X_2 + 0,875X_3 - 1,375X_1X_2 - 0,375X_1X_3 - 0,175X_2X_3$$

$$Y_3 = 76,375 + 5,125X_1 + 2,125X_2 + 1,125X_3 - 0,125X_1X_2 - 0,125X_1X_3 + 0,375X_2X_3$$

Анализируя полученные уравнения регрессии можно сделать вывод, о преобладающем влиянии содержания дисперсного наполнителя на физико-механические свойства полимерматричных композитов, выбранном в качестве параметра оптимизации, т.к. во всех 3-х полученных уравнениях регрессии максимальные коэффициенты у фактора X_1 .

На основании полученных данных при оптимизации состава методом Бокса и Уилсона (градиентный метод), в качестве базового фактора выбрали количество наполнителя в составе композиции (X_1) и в качестве критерия оптимальности – изгибающее напряжение (Y_2).

Как видно из табл. 2, повышение содержания базальта до 40 масс.ч. в составе композиционного материала, а также увеличение размера частиц наполнителя до 142 мкм приводит к увеличению Y_2 .

Результаты градиентного метода оптимизации состава ПМК
на основе полиэтилена и базальта

№ опыта	X ₁ , масс.ч	X ₂ , мкм	X ₃ , °С	Y, МПа
1	30	120	190,0	12,2
2	35	131	193,5	12,7
3	40	142	197,0	13,3
4	45	153	200,5	13,2
5	50	164	204,0	13,0
6	55	175	207,5	12,4
7	60	186	211,0	11,7
8	65	197	214,5	11,0

Композиция №3 имеет наиболее высокий показатель ударной вязкости (Y) и является оптимальной. Дальнейшее увеличение содержания наполнителя и размера его частиц, а так же температуры процесса литья под давлением представляется неэффективным, так как происходит снижение прочностных характеристик материала.

КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОМАТЕРИАЛОВ

Гурова Т.В., Потемкин Н.С., Паршикова М.В., Пучкова Д.И., Шубин И.Н.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

Анализ состояния и тенденций развития объектов nanoиндустрии в настоящее время позволяет сделать вывод о том, что одной из наиболее перспективных областей нанотехнологий является синтез углеродных наноматериалов (УНМ) – фуллереноподобных структур, представляющих собой новую аллотропную форму углерода в виде замкнутых, каркасных, макромолекулярных систем. УНМ обладают рядом уникальных свойств, обусловленных упорядоченной структурой их нанофрагментов: хорошая электропроводность и адсорбционные свойства, способность к холодной эмиссии электронов и аккумулярованию газов, диамагнитные свойства, химическая и термическая стабильность, большая прочность в сочетании с высокими значениями упругой деформации. Материалы, созданные на основе УНМ, могут успешно использоваться в качестве структурных модификаторов конструкционных материалов, элементов радиоэлектроники, добавок в смазочные ма-

териалы, лаков и красок, высокоэффективных сорбентов, газораспределительных слоев топливных элементов.

Свойства наноразмерных материалов во многом зависят от их размера и формы, поэтому диагностика физических характеристик является одной из важнейших составляющих современных производств и научных разработок.

На кафедре «Техника и технологии производства нанопродуктов» для измерения весового распределения наноструктур по размерам применяется лазерный анализатор частиц «Микросайзер 201». Принцип действия анализатора основан на фокусировке излучения лазера с помощью линзовой системы в плоскости детектора. Сходящийся пучок лучей пропускается через плоскопараллельную кювету с образцом (приготовленная суспензия), расположенную на некотором расстоянии от детектора. При наличии в кювете суспензии наблюдается рассеяние света. Индикатриса рассеяния (угловая **зависимость интенсивности** рассеянного излучения) определяется размером твердых частиц. Измерение угла рассеяния и последующее решение интегрального уравнения позволяет найти распределение по размерам частиц. Результаты анализа, представляющие собой зависимость массовой (весовой) доли частиц P_i от их диаметра D , выводятся в форме графика, таблиц или гистограммы (рис. 1).

Для измерения удельной поверхности и исследования пористой структуры углеродных наноразмерных материалов используется автоматизированный комплекс «Сорбтометр М».

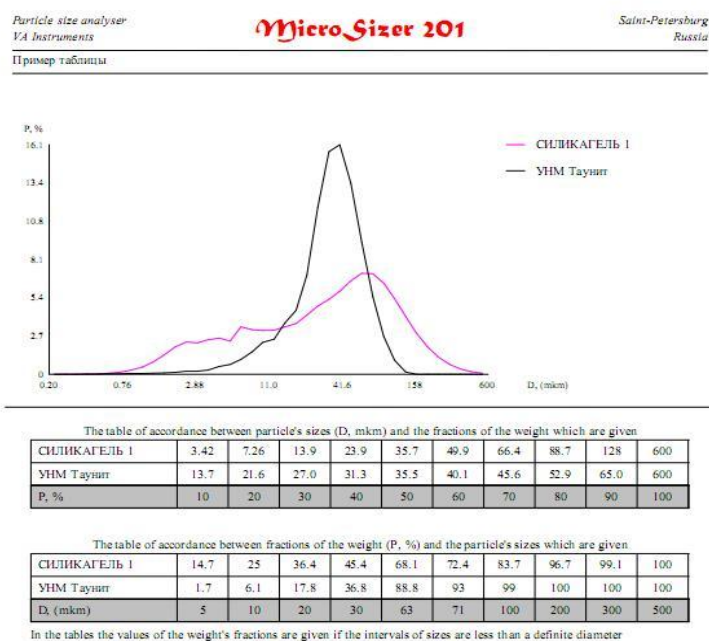


Рисунок 1. Пример вывода результатов анализа образцов в виде графика и таблиц.

Сорбтометр предназначен для измерения объема газа-адсорбата (азота, аргона либо иного инертного газа), адсорбируемого на поверхности дисперсных и пористых материалов, при температуре жидкого азота и различных значениях пропорционального состава газовой смеси с целью получения изотермы адсорбции (десорбции). Результаты измерений используются для расчета удельной поверхности, объема микропор и мезопор, внешней удельной

поверхности и других текстурных характеристик исследуемых материалов. Пример вывода результатов исследования наноразмерного образца представлен на рис.2.

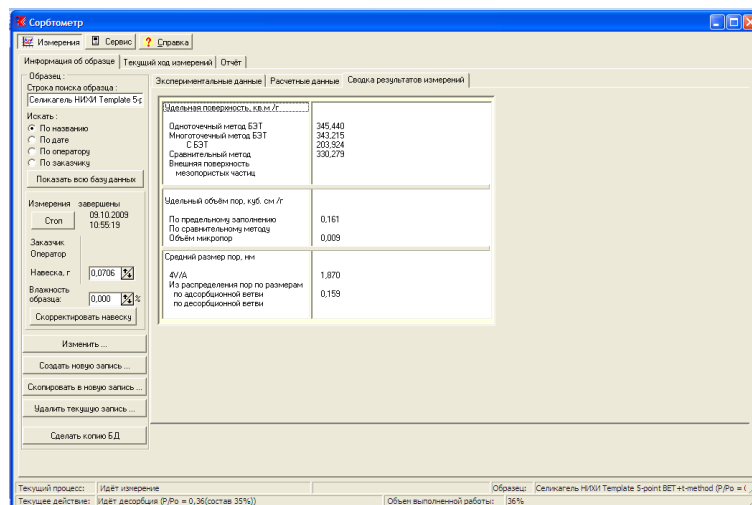
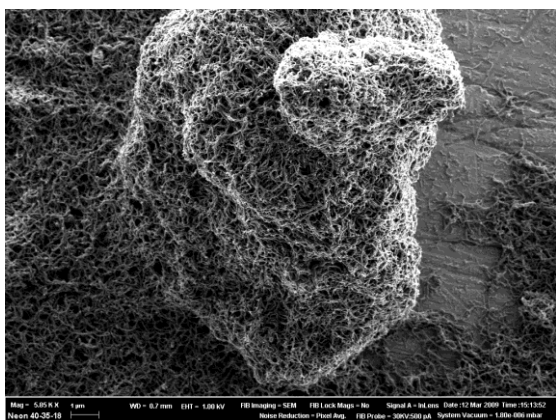


Рисунок 2. Сводная таблица результатов анализа УНМ.

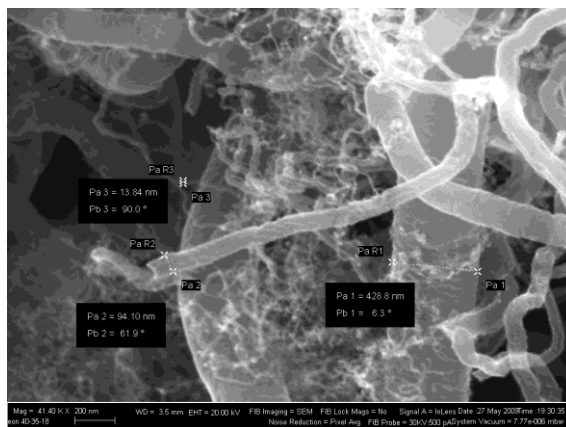
Наряду с вышеуказанным способом для анализа структур исследуемого образца также используются методы электронной микроскопии. Электронная микроскопия — совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей (электрических, магнитных и др.) с помощью электронных микроскопов-приборов, в которых для получения увеличения изображений используют электронный пучок. Различают два главных направления электронной микроскопии: трансмиссионную (просвечивающую) и растровую (сканирующую). Они дают качественно различную информацию об объекте исследования и часто применяются совместно.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Этот метод основан на зондировании поверхности изучаемого образца электронным зондом. Основная область применения СЭМа - анализ рельефа поверхности, в особенности изломов (фактография). Преимущества СЭМ по сравнению с другими микроскопами здесь наиболее заметны. Благодаря тому, что изображение обычно формируется с помощью вторичных электронов, зона выхода которых ограничена малой областью вокруг места падения зонда, достигается высокая разрешающая способность. Это позволяет исследовать мельчайшие детали рельефа поверхности. РЭМ обеспечивает также большую резкость в сочетании с наглядностью изображения. Это дает возможность исследовать объекты с сильно развитой поверхностью (рис. 3а).

Просвечивающая электронная микроскопия. Основным инструментом просвечивающей электронной микроскопии является просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). ПЭМ — это установка, в которой изображение от ультратонкого объекта формируется в результате взаимодействия пучка электронов с веществом образца с последующим увеличением магнитными линзами и регистрацией на флуоресцентном экране (Рис. 3б).



а)



б)

Рисунок 3. Результаты анализа наноструктур: а) на сканирующем электронном микроскопе; б) на просвечивающем электронном микроскопе.

Таким образом, видно, что для комплексного анализа характеристик УНМ применяется целый ряд современных методов диагностики.

ГАЗОФАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ УНТ: ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

Горский С.Ю., Дьячкова Т.П.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет».*

Окисление является одним из наиболее распространенных и простых способов ковалентной функционализации углеродных нанотрубок (УНТ) и способствует пришивке к их поверхности различных кислородсодержащих групп - гидроксильных, карбонильных, лактонных, карбоксильных и т.п. Функционализированные УНТ показывают лучшую совместимость полимерными матрицами, поэтому являются более эффективными компонентами композиционных материалов [1]

Самым распространенным способом окисления УНТ в настоящее время является обработка их кипячением в концентрированной азотной кислоте, либо в смесях на основе азотной и серной кислот [2-5], перекисью водорода и смесями на ее основе [6-7], другими окислителями [8]. Однако для получения материалов с достаточной степенью функционализации описанными способами требуется длительная обработка и высокий расход реагентов на единицу массы УНТ, что оправдано только в лабораторных условиях. Более перспективными с позиций опытно-промышленной реализации являются методы газофазного карбоксилирования углеродных нанотрубок под действием озона [9] и паров азотной кислоты [10].

Целью настоящей работы явилось исследование некоторых закономерностей газофазной химической функционализации углеродных наноматериалов в лабораторном реакторе, и оценить возможные проблемы промышленной реализации данной технологии. Лабораторный реактор состоит из вертикальной электрической печи (3), внутри которой располагается кварцевый трубчатый реактор. (Рис. 1) Печь закреплена на штативе (6). Кварцевый реактор состоит из двух камер. Верхняя камера предназначена для испарения окисляющего реагента (2). В этой камере располагаются два патрубка (1), для подачи окислителя (7) и продувки аргоном (8). Испарительная камера соединяется с помощью шлифа с нижней камерой (4), в которой происходит контакт УНТ с парами окисляющих реагентов. Слой УНТ представляет собой цилиндр высотой 7 сантиметров. Верхняя граница УНТ взята за «0», нижняя за «h». Нижняя камера заканчивается патрубком (5) для выхода сконденсированного отработанного реагента. Температура процесса контролируется с помощью термомпары (9), закрепленной внутри печи и терморегулятора ТРМ-01. Лабораторная установка помещается под вытяжной системой.

Изучено влияние расхода окисляющего реагента, температуры и продолжительности процесса на термическую стабильность и степень функционализации поверхности УНТ СООН-группами. Полученные функционализированные материалы исследованы методами Рамановской и ИК-спектроскопии. Определен дисперсный состав водных суспензий и коллоидных растворов на их основе.

Наблюдается повышение степени карбоксилирования поверхности УНТ различных типов с увеличением продолжительности обработки в парах азотной кислоты. Однако характер этой зависимости обусловлен морфологией углеродного материала. Более высокое содержание функциональных групп у материала с наибольшей удельной поверхностью.

Длительное окисление в газовой фазе позволяет получать материал с высокой степенью функционализации, но в ряде случаев является причиной деструктивного разрушения поверхностных слоев углеродных атомов. Поэтому время окисления должно быть оптимальным.

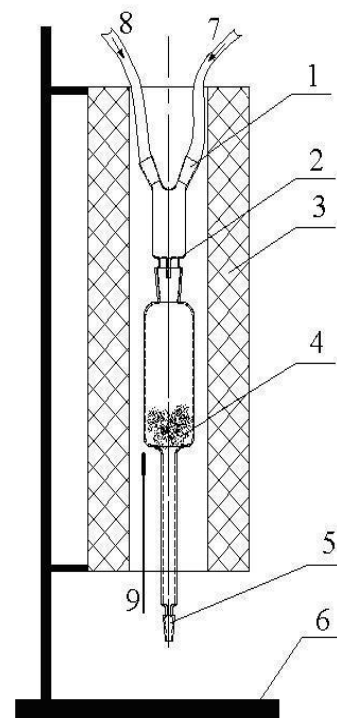


Рисунок 1. Схема лабораторной установки для газофазной функционализации углеродных нанотрубок карбоксильными группами

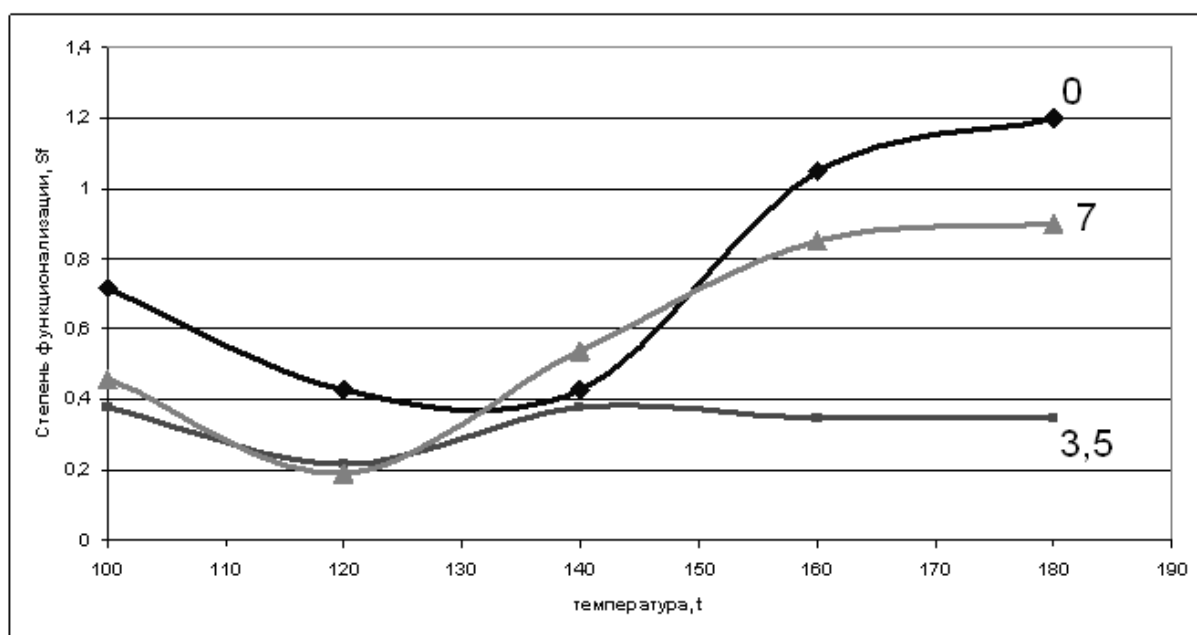


Рисунок 2. Зависимость степени карбоксилирования УНТ «Таунит-М» от температуры окисления в различных точках реактора (0 – верх реактора; 3,5 – середина реактора; 7 – низ реактора).

Был проведен ряд экспериментов для определения равномерности образования карбоксильных групп в слое УНТ при газофазном окислении. Пробы нанотрубок брались с разных высот реактора и методом титриметрии определялась степень функционализации углеродных нанотрубок. (Рис.2)

Из графика видно, что степень функционализации может значительно отличаться в различных точках для одного и того же эксперимента. В большинстве опытов самая низкая степень пришлась на середину слоя УНТ. Это необходимо учитывать при разработке промышленного реактора.

Дисперсный анализ водных суспензий и коллоидных растворов на основе УНТ показал уменьшение размеров частиц дисперсной фазы с ростом степени функционализации, что свидетельствует о дезагломерации карбоксилированных УНТ в полярной водной среде. В связи с этим можно ожидать и равномерного распределения в других полярных растворителях и матрицах. Применение процессов ковалентной функционализации УНТ класса «Таунит» значительно расширит номенклатуру реализуемой углеродной нанопродукции, адаптированной к условиям конкретного применения в виде коллоидных растворов, паст, модификаторов и т.п.

Список используемых источников

1. Sahoo N. G., Rana S., Cho J.W., Li L., Chan S.-H. Polymer nanocomposites based on functionalized carbon nanotubes.// Progress in Polymer Science. 2010. P. 837–867.
2. Rosca I.D., Watari F., Uo M., Akasaka T. //Carbon. 2005. V. 43. P. 3124 – 3131.
3. Нгуен Чан Хунг, Аношкин И.В., Раков Э.Г. Химическое активирование углеродных нанотрубок и нановолокон// Тез. V Межд. конф. "Углерод:

фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология". М.: Изд-во МГУ им. М. В. Ломоносова. С.131.

4. Saito T., Matsushige K., Tanaka K. // Physica B. 2002. V. 323. P. 280 – 283.

5. Hamon M.A., Hu H., Blowmik P., Niyogi S., Zhao B., Itkis M.E., Haddon R.C. // Chem. Phys. Lett. 2001. V.347. P. 8–12.

6. Yudasaka M., Zhang M., Iijima S. // Chem. Phys. Lett. 2003. V. 374. P. 132 – 136.

7. Datsyuk V., Kalyva M., Papagelis K., Parthenios J., Tasis D., Siokou A., Kallitsis I., Galiotis C. // Carbon. 2008. V.. 46. P. 833-840.

8. Zhang N.; Xie J.; Varadan V. K. // Smart Mater. Struct. 2002. V.11. P. 962-965.

9. Cataldo F. // Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures. 2008. V. 16. P. 1–17.

10. Xia W., Jin C., Kundu S., Muhler M. // Carbon. 2009. Vol. 47. P. 919-922.

ПОЛУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ СИНТЕЗА УНТ МЕТОДОМ СМЕШЕНИЯ СООСАЖДЕНИЯ

*Филатов Д.В., Герасимова А.В, Субочев Д.Ю., Ткачев М.А.
Тамбовский государственный технический университет*

Потребность в углеродных нанотрубках (УНТ), с заранее заданными характеристиками возрастает с каждым годом. Наиболее перспективным методом получения УНТ является каталитический пиролиз углеводородов. Этот способ не требует сложного аппаратного оформления, при этом используется относительно дешевое сырьё и обеспечивается высокая производительность. Синтез УНТ включает стадии получения катализаторов и пиролиза углеводородов. Частицы катализатора являются центрами роста, определяют морфологию и выход УНТ.

Методы, используемые для получения катализатора должны обеспечивать равномерное распределения компонентов, наноразмерность и однородность частиц активной фазы. На сегодняшний день в производстве УНТ, расположенном на базе ООО «НаноТехЦентр», для синтеза катализатора используется метод термического разложения водных солей Ni и Mg. Данный метод достаточно прост в реализации, не требует специального оборудования, однако, при его использовании выделяется большое количество вредных для атмосферы веществ, а также процесс термического разложения практически не контролируется по температуре и времени.

Авторами предлагается для синтеза катализаторов использовать метод смешения и соосаждения водных солей Ni и Mg. Этот метод позволяет синтезировать катализатор без ухудшения его качества, но с существенно меньшими выбросами газообразных продуктов синтеза. Принципиальная схема процесса синтеза приведена на рисунке 1, а органолептические и физико-химические показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Значение
Внешний вид	Сыпучий порошок, серого или серо-зеленого цвета
Насыпная плотность, г/см ³	0,40-0,56
Массовая доля воды, %, не более	1,0
рН водной суспензии	7,0±0,2
Удельный выход углерода, г _C /г _{катализатора}	более 8
Удельная геометрическая поверхность, м ² /г (метод БЭТ)	60-70

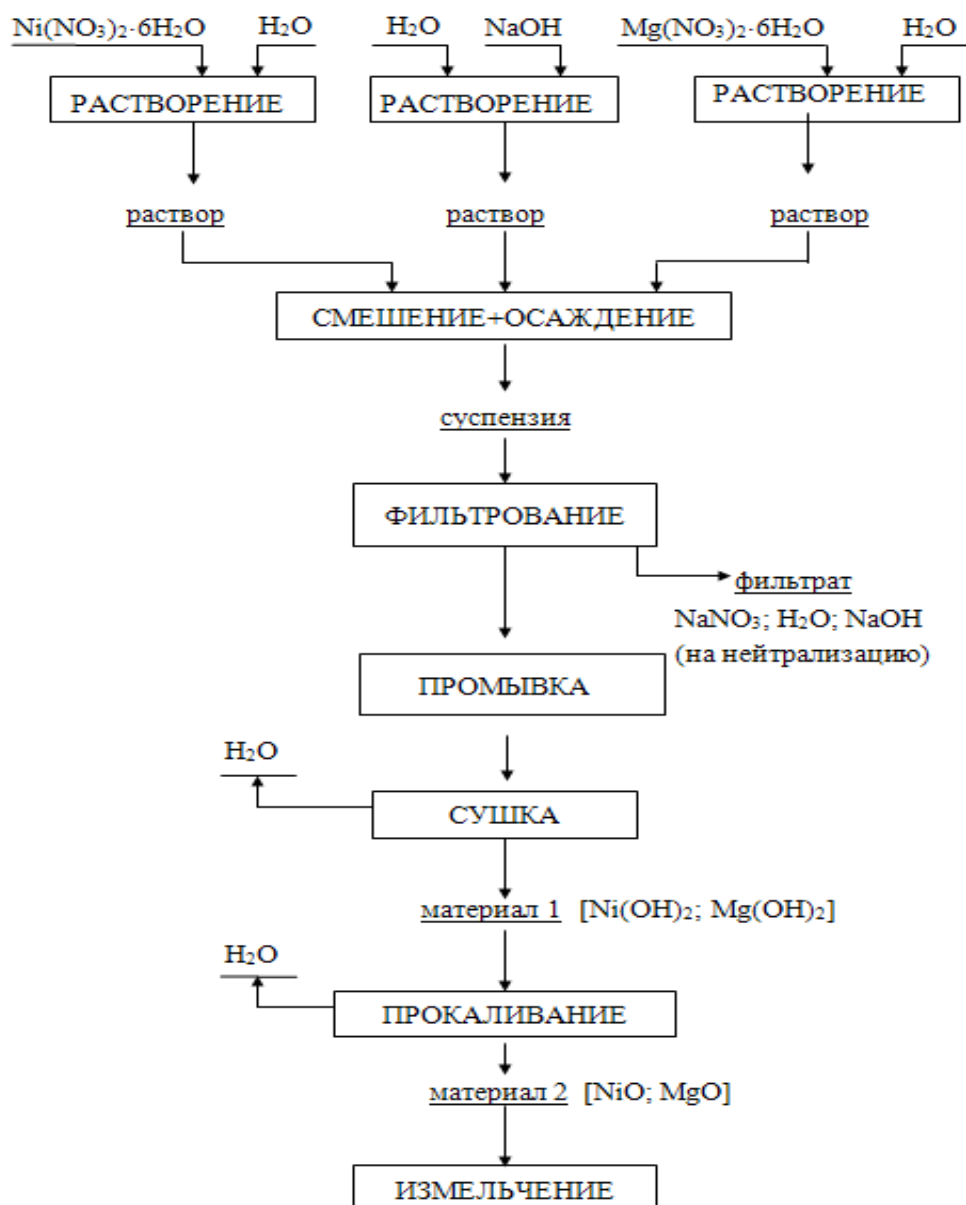


Рисунок 1. Схема получения катализатора синтеза УНТ

Исследования активности катализатора проводили в вертикальном трубчатом реакторе при температуре 600°C, в качестве углеродного сырья использовали пропан-бутановую смесь. Установлено, что удельный выход УНТ при данных условиях составляет более 8 г_C/г_{кат.} Морфологические характеристики УНТ исследовались методом сканирующей электронной микроскопии. По своей структуре УНТ, полученные на исследуемом катализаторе, соответствуют УНТ, получаемым в ООО «НаноТехЦентр» в промышленных объемах, что говорит о том, что данный катализатор может применяться на производстве.

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Буракова Е.А., Рухов А.В., Ткачев А.Г.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет
elenburakova@yandex.ru*

В настоящее время актуальными являются вопросы энерго- и ресурсосбережения в области нанотехнологий. Промышленное производство углеродных нанотрубок (УНТ) давно освоено, но в связи с их высокой стоимостью широкое применение их затруднено. Для решения поставленных вопросов предприняты попытки регулирования качества и количества УНТ путем подбора наиболее рациональных режимов синтеза и разработки эффективных каталитических систем. Известно, что частицы катализатора в процессе синтеза являются центром роста УНТ и определяют их морфологию и качество [1]. Существует много различных по составу, способу получения, методу активации каталитических систем, однако до сих пор не изучены механизмы их формирования и воздействия процессов активации.

Обзор научно-технической литературы свидетельствует о том, что представления о физических механизмах активации раствора исходных компонентов на стадии приготовления катализаторов находятся на стадии накопления экспериментальных фактов. Существующие гипотезы, обычно, описывают частные экспериментальные результаты и не претендуют на общепринятые теории о процессах активации растворов исходных компонентов и механизмах формирования катализатора [2].

Изучение физических механизмов формирования каталитической системы должно основываться на четком представлении о составе и структуре раствора исходных компонентов. Получить данную информацию, за исключением экспериментов, можно с помощью математического моделирования. Объектом математического моделирования являлся водный раствор исходных компонентов для получения Ni/Mg каталитической системы для синтеза УНТ.

Для математического моделирования раствора исходных компонентов Ni/Mg каталитической системы использовали метод молекулярной механики ММ+, рассматривающий атомы как ньютоновские частицы, взаимодействующие друг с другом посредством потенциальных полей.

В общем случае силовые поля потенциальной энергии молекулярной системы задаются в виде суммы парных атом-атомных взаимодействий. В методе ММ+ потенциальная энергия молекулы рассматривается в виде суммы следующих составляющих:

$$U = U_b + U_v + U_\varphi + U_f + U_q + U_{LJ} + U_{hb}, \quad (1)$$

где слагаемые отвечают потенциальным энергиям следующих видов взаимодействия: U_b - химические связи; U_v - валентные углы; U_φ - торсионные углы; U_f - плоские группы и псевдоторсионные углы; U_{LJ} - Ван-дер-Ваальсовы контакты; U_q - электростатические взаимодействия; U_{hb} - водородные связи. Слагаемые выражения (1) имеют различный функциональный вид. Энергия валентных взаимодействий и колебаний валентных углов описывается параболическими потенциалами, U_f задается рядом Фурье, взаимодействие между атомами, не связанными валентной связью (U_{LJ} и U_{hb}) описывается с помощью потенциала Леннард-Джонса. Потенциальная энергия взаимодействия заряженных атомов (U_q) характеризуется электростатическим потенциалом. [2]

Постановка задачи расчета геометрии молекулярной системы раствора исходных компонентов Ni/Mg каталитической системы синтеза УНТ, находящейся в равновесии при локальном минимуме потенциальной энергии, имеет следующий вид:

$$\{\bar{r}_{n,m}\}; n=1..N_a; m=1..3; \quad (2)$$

$$\vec{l}_t = f_l(\bar{r}_{n,m}); \vec{\alpha}_h = f_\alpha(\bar{r}_{n,m}); \vec{\varphi}_g = f_\varphi(\bar{r}_{n,m}); t=1..T; h=1..H; g=1..G, \quad (3)$$

где \bar{r} - матрица координат N_a атомов в трехмерном пространстве; \vec{l} - вектор длин T химических связей; $\vec{\alpha}$ - вектор значений углов H химических связей; $\vec{\varphi}$ - вектор значений торсионных углов G химических связей.

$$U = U_b(\vec{l}) + U_v(\vec{\alpha}) + U_\varphi(\vec{\varphi}) + U_f(\vec{\varphi}) + U_q(\vec{r}) + U_{LJ}(\vec{r}) + U_{hb}(\vec{r}) \rightarrow \min \quad (4)$$

$$U_b(\vec{l}) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T K_{bt} (l_t - l_{0t})^2, \quad (5)$$

где K_{bt} - эффективная жёсткость валентной связи; l_{0t} - равновесная длина химической связи.

$$U_v(\vec{\alpha}) = \frac{1}{2} \sum_{h=1}^H K_{vh} (\alpha_h - \alpha_{0h})^2, \quad (6)$$

где K_{vh} - упругость валентного угла; α_{0h} - равновесное значение угла химической связи.

$$U_\varphi(\vec{\varphi}) = \frac{1}{2} \sum_{g=1}^G \sum_{s=1}^S K_{\varphi g,s} [V_{g,s} \cos(s\varphi_g - \delta) + 1]; \quad (7)$$

$$U_f(\vec{\varphi}) = \frac{1}{2} \sum_{g=1}^G \sum_{s=1}^S K_{f_{g,s}} [V_{g,s} \cos(s_{g,s} \varphi_g - \delta) + 1], \quad (8)$$

где $K_{\varphi_{g,s}}$, $K_{f_{g,s}}$ - константы, определяющие высоты потенциальных барьеров двугранных углов; $V_{g,s}$ - вклад гармоник в потенциал торсионного угла ($-1 < V_{g,s} < 1$); $S_{g,s}$ - кратность торсионного барьера; δ - сдвиг фазы; s - номер гармоники; S - количество гармоник.

$$U_q(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N_a-1} \sum_{j=i+1}^{N_a} \left[\frac{q_i q_j}{\varepsilon W_{i,j}} \right], \quad (9)$$

где q_i, q_j - парциальные заряды на атомах; ε - диэлектрическая проницаемость среды (в нашем случае вода); $W_{i,j}$ - расстояние между i и j атомом, $W_{i,j} = |\vec{r}_i - \vec{r}_j|$.

$$U_{LJ}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N_a-1} \sum_{j=i+1}^{N_a} \left[\frac{A_{i,j}}{W_{i,j}^{12}} - \frac{B_{i,j}}{W_{i,j}^6} \right]; \quad (10)$$

$$U_{hb}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N_a-1} \sum_{j=i+1}^{N_a} \left[\frac{A'_{i,j}}{W_{i,j}^{12}} - \frac{B'_{i,j}}{W_{i,j}^{10}} \right], \quad (11)$$

где $A_{i,j}$, $B_{i,j}$, $A'_{i,j}$, $B'_{i,j}$ - константы, определяющие глубину потенциальных ям и расположение их минимума, зависят от типов i и j атомов, участвующих во взаимодействии.

Начальные условия:

$$\{\vec{r}_{n,m}\}_0 = R_{N_a,3}. \quad (12)$$

Ограничения:

$$\{\vec{r}_{n,m}\} \in \Omega_{N_a,3}; \quad \vec{l}_{t_{\min}} \leq \vec{l}_t \leq \vec{l}_{t_{\max}}; \quad \vec{\alpha}_{h_{\min}} \leq \vec{\alpha}_h \leq \vec{\alpha}_{h_{\max}}; \quad \vec{\varphi}_{g_{\min}} \leq \vec{\varphi}_g \leq \vec{\varphi}_{g_{\max}} \quad (13)$$

Необходимо найти такие варьируемые параметры (2), при которых критерий оптимальности (4) стремится к минимуму при выполнении условий (4)–(13). Решение задач (3)–(12) с учетом ограничения (13) было получено с использованием метода сопряженных градиентов (алгоритм Полака-Рибьера), реализованного в программном продукте Gromacs.

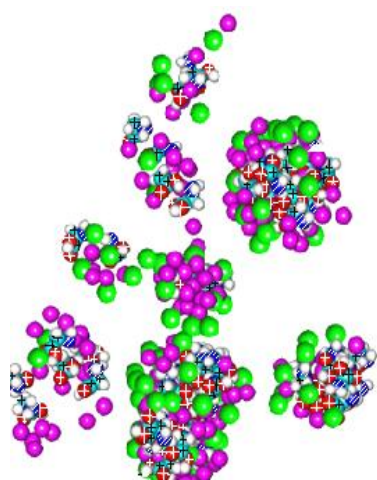


Рисунок 1. Общий вид структуры раствора (результат расчета).

Рассматриваемая система состоит из 968 атомов. Все результаты расчета обработаны в программном комплексе NanoEngineer-1, общий вид структуры раствора исходных компонентов Ni/Mg каталитической системы синтеза УНТ, представлены на рис. 1. (не отображены молекулы воды и нитрат-ионы) [2]. Анализ результатов расчета показал возможность формирования на стадии получения каталитической системы ионных комплексов, ядром которых являются молекулы аминокислоты, покрытые оболочкой из ионов никеля и магния.

Список используемых источников

1. Буракова Е.А., Ткачев А.Г., Михалева З.А. Исследование методов повышения активности катализаторов для производства углеродных наноструктурных материалов // Химическая технология. М., 2009. №2. С. 81-86.

2. Рухов А.В., Буракова Е.А., Марадудина О.Н. К вопросу о механизмах формирования каталитических систем для синтеза углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы // Альтернативная энергетика и экология. Саров, 2013. №1(1). С. 27-31.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МОДИФИЦИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФЕНА ПОЛИАНИЛИНОМ*

Аносова И.В., Дьячкова Т.П.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, anosowa_i_w@mail.ru.

Композиционные материалы на основе полианилина (ПАНИ), нанесенного на поверхность наноструктурных углеродных носителей, являются перспективными для практического применения. Полианилин обладает смешанным типом проводимости, высокой термостабильностью, способностью сорбировать бактерии и вирусы, антикоррозионными свойствами [1–2]. Однако практическое применения самого ПАНИ ограничено его низкой удельной поверхностью и нестабильностью электрофизических свойств. Целесообразным является получение композитов на основе модифицированных полианилином дисперсных носителей, среди которых особое место занимают обладающие уникальными свойствами углеродные наноматериалы – нанотрубки и графены. В [3] показано, что композиционные материалы многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ)/ПАНИ обладают высокой стабильной электропроводностью и электрической емкостью и показаны перспективные направления их применения. В [4] сообщается о термоэлектрических свойствах модифицированного полианилином многослойного графена.

В настоящей работе представлены результаты исследования закономерностей процесса окислительной полимеризации анилина на поверхности многослойного окисленного графена (МГО). Показано влияние предварительной стабилизации водной суспензии графена поверхностно-активным веществом (диспергатор НФ) на протекание реакции. Исследованы электрофизические свойства полученных материалов.

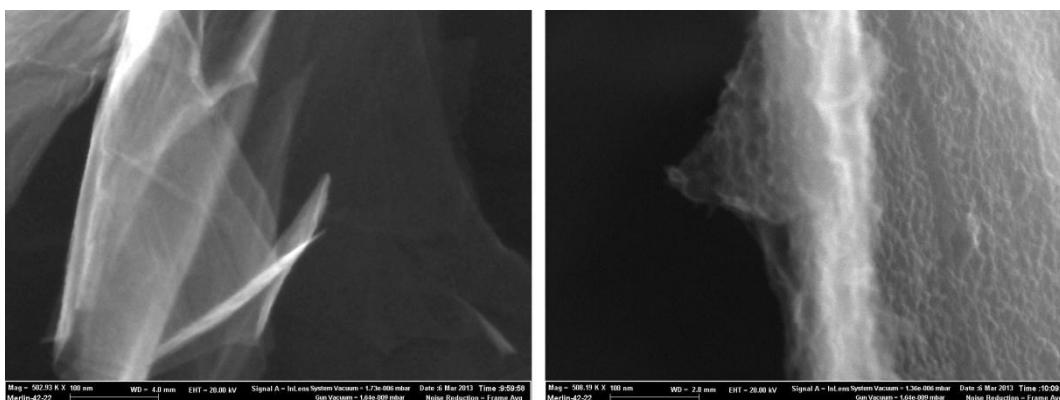


Рисунок 1. SEM-изображения окисленного многослойного графена (а) и его композита с полианилином (б).

Использованный в работе многослойный окисленный графен имеет чешуйчатую, средняя толщина отдельных структурных единиц составляет около 5 нм (рис. 1а). Чешуйки содержат на периферии графеновых слоев кислородсодержащие группы, что улучшает совместимость этого материала со многими полимерами, в том числе с макромолекулами полианилина, которые формируют на поверхности МГО относительно однородный слой гранулярной структуры (рис 1б).

Температурные профили окислительной полимеризации анилина на поверхности многослойного графена (рис. 2а и 2б) указывают на экзотермический характер процесса. Индукционный период реакции отсутствует. При использовании предварительно стабилизированной суспензии значение температуры в точке экстремума снижается.

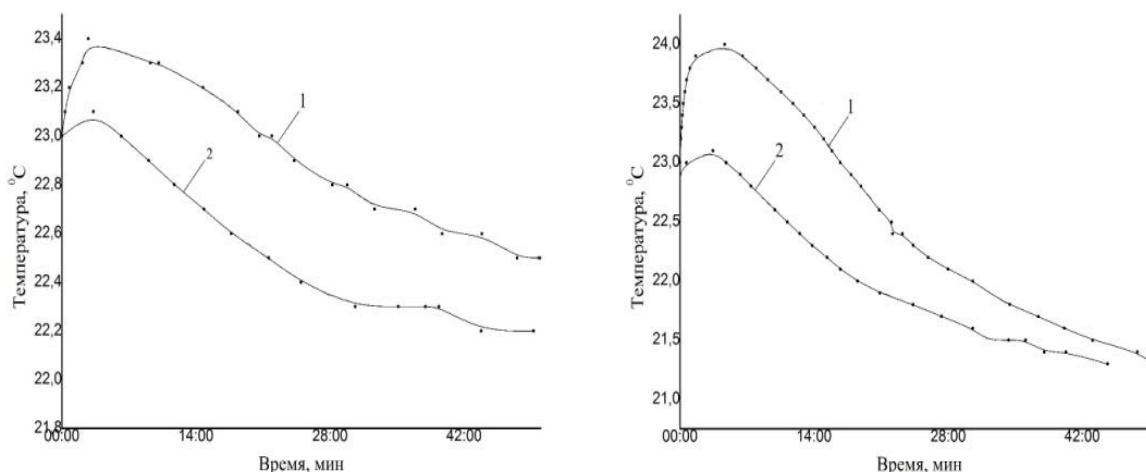


Рисунок 2. Температурные профили окислительной полимеризации анилина на поверхности многослойного окисленного графена в исходной (1) и стабилизированной диспергатором НФ (2) водной суспензии. Содержание МГО: а - 1 г/л; б - МГО 2,5 г/л.

Процесс окислительной полимеризации сопровождается снижением рН среды (рис. 3), что находится в соответствии со схемой протекания реакции [1]. Кривые зависимости рН от времени процесса также свидетельствуют о некотором ускорении окислительной полимеризации в присутствии ПАВ.

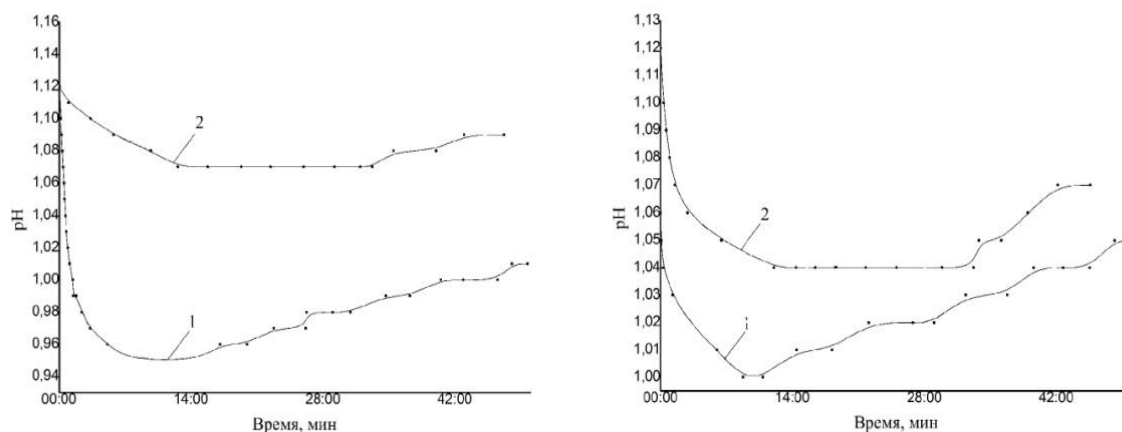


Рисунок 3. Изменение рН среды в ходе окислительной полимеризации анилина на многослойного окисленного графена в исходной (1) и стабилизированной диспергатором НФ (2) водной суспензии. Содержание МГО: а - 1 г/л; б - МГО 2,5 г/л.

Согласно данным, представленным в таблице 1, наличие МГО в реакционной массе способствует снижению доли процессов образования побочных олигомерных продуктов окислительной полимеризации и увеличению выхода полианилина. Введение ПАВ сказывается на эффективности протекания данного процесса лишь при невысоком содержании темплата (МГО) в реакционной массе.

Таблица 1.

Выход полианилина в реакциях окислительной полимеризации (от теоретически возможного) и удельное электрическое сопротивление полученных композиционных материалов.

Содержание МГО, г/л	Диспергатор	Выход ПАНИ от теоретически возможного, %	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см
1,0	-	12,96	3,6
2,5		40,48	0,45
1,0	НФ	20,72	1,2
2,5		41,37	0,45

Как и следовало ожидать, композиты ПАНИ/МГО с более высоким содержанием нанокремнезёмного компонента характеризуются хорошей электропроводностью, наличие ПАВ в реакционной смеси при их синтезе практически не сказывается на величине удельного электрического сопротивления. Однако при получении материалов с меньшим содержанием МГОП, введение диспергатора НФ способствует улучшению проводящих свойств.

Выявленные при проведении данного исследования закономерности будут использованы при масштабировании процессов до опытно промышленного производства, позволят правильно подбирать конструкционные материалы для изготовления оборудования и проводить более точные технологические расчеты, а также получать при реализации композиционные материалы с необходимыми заданными свойствами.

Список используемых источников

1. Stejskal, J. Polyaniline nanostructures and the role of aniline oligomers in their formation / J. Stejskal, I. Sapurina, M. Trchová // Progress in Polymer Science. – 2010. – Vol. 35. – P. 1420-1481.
2. Bhadra S. Progress in preparation, processing and applications of polyaniline / S. Bhadra, D. Khastgir, N.K. Singha, J.H. Lee // Progress in Polymer Science. – 2009. – Vol. 34. – P. 783-810.
3. Дьячкова Т.П., Филатова Е.Ю., Горский С.Ю., Шуклинов А.В., Ткачев А.Г., Мищенко С.В. Модифицирование многослойных углеродных нанотрубок полианилином и исследование свойств полученных материалов. // Композиты и наноструктуры. 2013. №1. С. 5-18.
4. Xiang J. Templated growth of polyaniline on exfoliated graphenenanoplatelets (GNP) and its thermoelectric properties / Xiang J., Drzal L.T. // Polymer. – 2012. – Vol. 53. – P. 4202-4210/

**Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 12-03-97555).*

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

***Щегольков А.В., Сапунов Г.А., Гриднев П.Г., Милюков А.Г.
Тамбовский государственный технический университет (Россия)***

Актуальной задачей является сбережение тепловой энергии в технологических процессах как химической, так и пищевой промышленности. В периодических процессах циклы нагрева сменяются циклами остывания, с определенной временной паузой между циклами. Следует отметить, что время, в течение которого происходит нагрев и остывание, может иметь большой временной интервал, при этом технологические аппараты, в которых происходил нагрев, могут значительно снизить свое теплосодержание, что приведет в последующем к необходимости повторного нагрева.

Традиционное использование воды в качестве теплоаккумулирующей среды имеет ряд существенных недостатков: во-первых, быстрое остывание, а во-вторых, необходимость контроля температуры замерзания в условиях низких температур окружающей среды.

Перспективным является использование теплоаккумулирующих материалов, способных накапливать тепло за счет фазового перехода. Одним из таких материалов является парафин, который отличается доступностью и высокой теплотой фазового перехода в рабочей области температур, что позволяет запасти большее количество теплоты. Но парафин имеет ряд недостатков при использовании его в тепловых аккумуляторах, в частности при его

использовании в больших емкостях, из-за низкой теплопроводности и высокого температурного расширения, возникают пустоты, ухудшающие тепловой контакт с внутренними теплообменниками. Это делает использование тепловых аккумуляторов на основе парафина менее эффективным для тепловых насосов.

Устранить эти недостатки можно при модифицировании парафина углеродными нанотрубками серии «Таунит». Наномодифицированный парафин (НМП) приобретает ряд свойств, повышающих его эффективность в тепловых аккумуляторах (рис.1).

Преимущества наномодифицированного парафина в тепловых аккумуляторах:

1. позволяет организовать следящий тепловой контакт (улучшить условия теплообмена);
2. наномодифицированный парафин позволяет упростить конструкцию теплового аккумулятора (не требуются емкости из нержавеющей стали);
3. тепловой аккумулятор на основе наномодифицированного парафина может принимать любые геометрические конфигурации, что способствует оптимизации массогабаритных параметров (Позволяет включать тепловой аккумулятор в элементы декора, стены, пол, потолок).

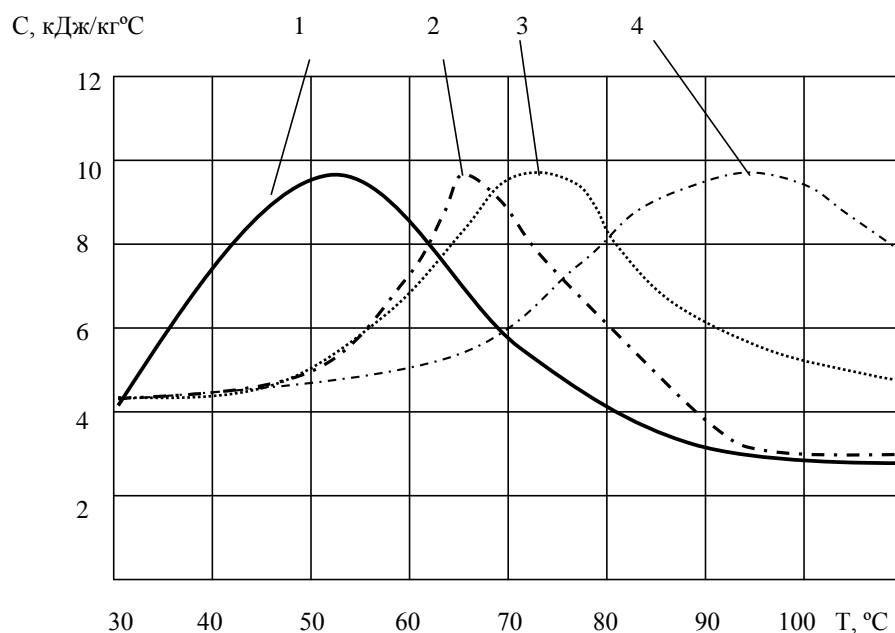


Рисунок. 1. Температурная зависимость теплоемкости ЭТН: 1- парафин; 2 – парафин модифицированный УНМ; 3 – парафин модифицированный УНМ М; 4 – парафин модифицированный УНМ МД.

Модифицирование парафина различными типами УНМ позволяет изменить его теплофизические параметры, следствием чего является изменение положения точки фазового перехода, а также расширение границ фазового перехода. Это позволяет повысить эффективность системы теплоаккумуля-

ции, так как расширяется диапазон температур фазового перехода, что в свою очередь приводит к увеличению накопленной теплоты на 20%.

Наличие фазового перехода в рабочем диапазоне температур при равных габаритах тепловой аккумулятор на основе НМП позволяет накапливать в 2-х раза больше количества теплоты, чем при применении воды, что в свою очередь позволяет уменьшить теплопотери и массо-габаритные параметры.

Список используемых источников

1. Васильев, Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. Монография / Г.П. Васильев. — М.: Граница, 2006. — 173 с.

2. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии / Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. [и др.]. — М.: ГУП «НИАЦ», 2001. — 66 с.

3. Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Сов. Энцикл., 1969–1978. — 25 т.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАДЕРЖАНИЯ МЕМБРАН МГА-95 И МГА-100*

*Акулинчев А.М., Краснова А.В., Абоносимов Д.О.
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
geometry@mail.nnn.tstu.ru*

Современные мембранные установки для промышленной очистки воды от тяжелых металлов и высокомолекулярных органических веществ, в особенности, установки обратного осмоса, все больше привлекают внимание специалистов за счет своей универсальности, а также возможности создания на предприятиях системы оборотного водоснабжения.

С целью исследования основных параметров обратноосмотического разделения был проведен эксперимент по очистке сточных вод с промышленных объектов г. Тамбова, взятых на ООО РКС «Тамбов Водоканал», от тяжелых металлов *Zn, Cd, Pl*. Для очистки стоков использовали лабораторную обратноосмотическую установку, рабочей частью которой служит плоскокамерная ячейка. На рисунке 1 представлено устройство обратноосмотической ячейки:

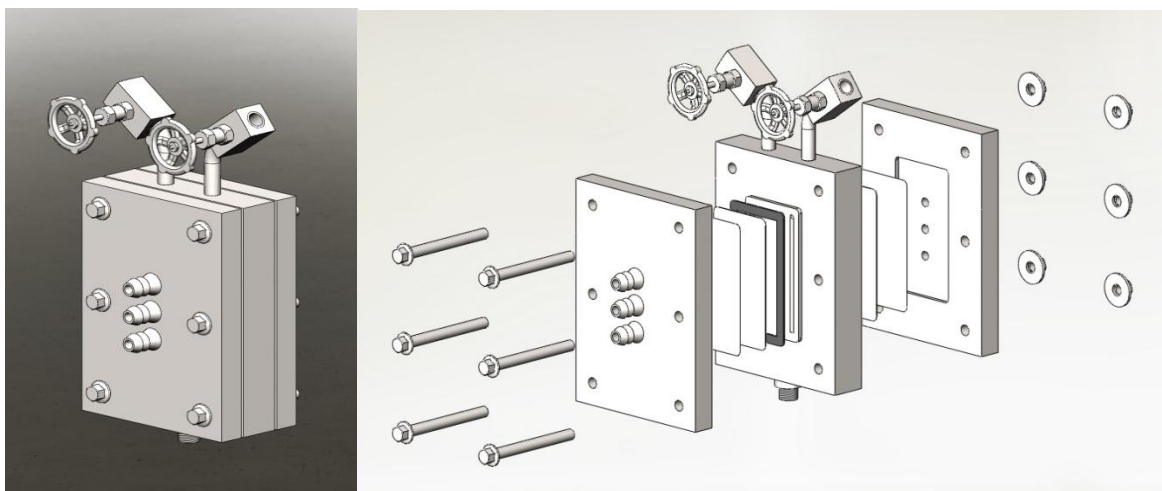


Рисунок 1. Устройство обратноосмотической ячейки

Рабочими элементами ячейки служат мембраны МГА-95, МГА-100 производства ОАО «Полимерсинтез» г. Владимир. Площадь мембран составляет $F=0,078 \text{ м}^2$.

Эксперимент проводился при давлении 2, 3, 4 МПа. Исходный раствор под давлением подавался в обратноосмотическую ячейку. Пермеат после мембран собирался в мерные емкости, а ретентат подавался обратно в исходную емкость.

Пермеат и исходный раствор анализировали на наличие в них солей тяжелых металлов *Zn, Cd, Pl* на полярографе ПУ-1.

Экспериментальное значение коэффициента задержания определяли по формуле:

$$K = 1 - \frac{C_{nep}}{C_{исх}} \quad (1)$$

K - коэффициент задержания, C_{nep} - концентрация растворенного вещества в пермеате, $C_{исх}$ - концентрация растворенного вещества в исходном растворе.

Значение водопроницаемости рассчитывали по следующей зависимости:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau}; \quad (2)$$

V - объем собранного пермеата, F - площадь поверхности мембраны, τ - время проведения эксперимента.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1

Таблица 1

	$C_{исх.}, \text{МГ/ДМ}^3$	$C_{п.}, \text{МГ/ДМ}^3$			Коэффициент задержания		
		2 МПа	3 МПа	4 МПа	2 МПа	3 МПа	4 МПа
Для мембраны МГА-95							
<i>Zn</i>	$0,0395 \pm 0,0099$	0,0022	0,005	0,0046	0,94	0,87	0,88
<i>Cd</i>	$0,0042 \pm 0,0010$	0,0006	0,0001	0,0001	0,86	0,98	0,98
<i>Pl</i>	$0,00142 \pm 0,00036$	0,0001	0,0001	0,0001	0,93	0,93	0,93
Для мембраны МГА-100							
<i>Zn</i>	$0,0395 \pm 0,0099$	0,0027	0,0029	0,0032	0,93	0,93	0,92
<i>Cd</i>	$0,0042 \pm 0,0010$	0,00051	0,0002	0,00024	0,88	0,95	0,94
<i>Pl</i>	$0,00142 \pm 0,00036$	0,00017	0,0001	0,0001	0,88	0,93	0,93

На рис. 2 представлена зависимость водопроницаемости мембран от давления над ними.

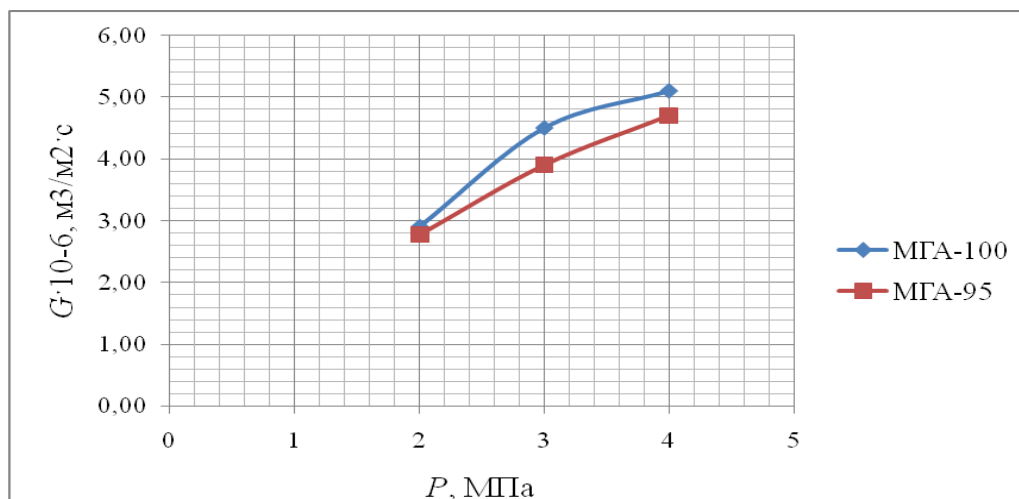


Рисунок 2. График зависимости водопроницаемости от давления над мембраной

По представленным в таблицах данным и графикам зависимости видно, что с увеличением давления над мембраной коэффициент задержания и водопроницаемость мембран возрастает.

Список используемых источников

1. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. М.: Химия, 1975. 252 с.
2. Лазарев С.И., Мамонтов В.В., Ковалев С.В., Лазарев К.С. Коэффициенты диффузионной проницаемости кальция серноокислого через мембранные элементы трубчатого типа//Изв. Вузов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. Вып. 5. С. 120-122.

**Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.*

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тимофеева Л.А., Алёхин М.С.

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,
пл. Фейербаха, 7, г. Харьков, Украина, 61050,
e-mail: susmetovmax@rambler.ru*

Повышение эксплуатационных свойств деталей машин, устройств, оборудования, качества и эффективности работы, экономии металлов, борьба с коррозией и износ деталей машин является актуальным вопросом на сегодняшний день. Роль этих проблем в работоспособности машин и механизмов, растет, поскольку развитие в большинстве отраслей промышленности связано с повышением нагрузок, температур, агрессивности среды, в которых работает деталь. Для этого используют разные методы и средства повышения их эксплуатационных характеристик.

В настоящее время существует большое количества технологических процессов получения поверхностного слоя с заданными характеристиками. Наиболее распространенные методы это термическая обработка ТО (закалка, отпуск, старение) и химико-термическая обработка ХТО (азотирование, цементация и т.д.). Совокупность операции ХТО с насыщением поверхности изделия разными элементами, как например углерод, азот, алюминий, кремний, хром и т.д. повышает твердость, износостойкость коррозионную стойкость. ХТО образует на поверхности изделия благоприятные остаточные напряжения, улучшая эксплуатационные характеристики.

Несмотря на то, что ТО и ХТО повышают эксплуатационные свойства деталей, узлов машин и механизмов, они имеют и недостатки, к которым следует отнести длительность технологических операции за счет инерции термического оборудования. Существуют современные интенсивные методы нагрева, например с использованием токов высокой частоты. Недостатком этого метода обработки габаритных деталей и деталей разной конфигурации, необходимости изготовления индуктора под определенную конфигурацию детали. Это приводит к повышению стоимости технологического процесса ТО. На сегодняшний день для каждого вида ТО и ХТО применяется специализированное или универсальное термическое оборудование. Например, для ХТО металлических изделий применяются электропечи шахтные окислительной или защитной атмосфере. В таких электропечах применяют нагревательные камеры как прямоугольные так и цилиндрической формы. Цилиндрическая форма получило более широкое применение на производстве вследствие меньшего объема футеровки, что позволяет снизить инертность и энергоемкость оборудования. Также на производстве применяют электропечи колпакового типа, одна из модификации которой показана на рисунке предназначена для светлого отжига железоуглеродистых сплавов.

Нагревательная камера трапецеидальной формы также редко используется на производстве.

Таким образом основными недостатками существующего термического оборудования являются инертность, значительные затраты на электроэнергию, окисления металлов в процессе термической обработки. Это в свою очередь создает большой вред вследствие образования оксидов железа на поверхности металлов, что в дальнейшем требует дополнительных технологических операций путем механической или химической обработки.

С источников научных публикаций известно, что уникальными свойствами обладают оборудование, которые имеют пирамидальную конфигурацию. Для получения новых свойств железоуглеродистых сплавов, а также для уменьшения энергоемкости ТО и ХТО основной целью является исследования влияния пирамидальной конфигурации на свойства, структуру и процесс ТО и ХТО железоуглеродистых сплавов. Для определения влияния конфигурации рабочего пространства на металлические изделия были проведены предварительные исследования. Образцы из Стали 45 были помещены в модели нагревательных камер из листового металла в виде параллелепипеда, цилиндра, и пирамиды.

Эти нагревательные камеры были сделаны одинаковыми по объему внутреннего пространства, для обеспечения равности условий проведения эксперимента.

Для ускорения проведения эксперимента, образцы были увлажнены. Через каждые 12 часов образцы были взвешены, результаты взвешивания трех образцов извлеченных из трех моделей разной конфигурации показаны на рисунке 1.

Прирост
веса, $1 \cdot 10^{-3}$ г

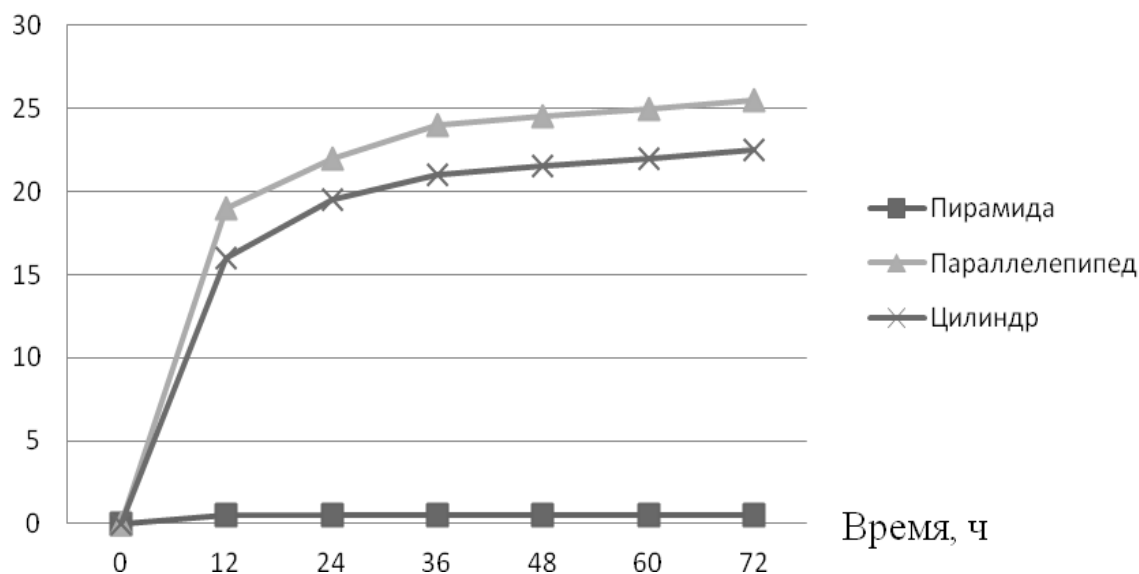


Рисунок 1. Прирост веса изделий

Особый интерес представляет первый образец отсутствием прироста массы, на втором и третьем образце видно значительный прирост массы в результате образования оксидов железа. Отсутствие ржавчины предположительно влияния пирамидальной конфигурации на процесс окисления. Также обнаружено влияние на процесс окисления в пирамидальной модели размещения образца и расположение самой модели.

На сегодняшний день изготавливается опытная модель термического оборудования пирамидальной конфигурации, для исследования влияния конфигурации на свойства, структуру, толщину покрытия при ТО и ХТО металлических деталей транспортного назначения.

Список используемых источников

1. Дубинин Г.Н. О перспективах развития химико-термической обработки металлов //Металловедение и термическая обработка металлов.- 2004.-N 7. - С. 5-6.

2. Авторське свідоцтво SU 909513 F 27 B 5/04 опубл. 28.02.82, бюл. № 8 «Муфельная печь для восстановления окислов» автори В. Г. Гатаев, З. М. Никколов, М. В. Чечуров, Я. И. Кесельбрернер і Л. М. Берзегов заявка № 2932171/22-02 від 03.06.80

3. Авторське свідоцтво SU 1689733 A1, F 27 B 5/02. 07.11.91, бюл. № 41, «Камера обжиговой печи» автори А.М. Судавский, А.Є. Люкшин і А.К. Панов заявка № 4677508/33 від 28.03.89

МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫЕ ЦЕОЛИТЫ В СИНТЕЗЕ ПИРИДИНОВ

*Филиппова Н.А., Григорьева Н.Г., Кутенов Б.И.
ФГБУН Институт нефтехимии и катализа РАН, г.Уфа.
ngg-ink@mail.ru*

Производные пиридина и алкилпиридинов широко используют в различных отраслях промышленности: при изготовлении лекарственных препаратов (изониазид, оксалидин, ацеклидин), гербицидов (паракват и дикват), красителей, клеев, латекса, пищевых отдушек [1].

Промышленный синтез пиридина и метилпиридинов основан на газофазной конденсацией карбонильных соединений с аммиаком, который проводят под действием промотированных металлами (Ni, Cr, Cd, Zn, Th) алюмосиликатов. Выход пиридинов составляет 40-60%, в процессе образуется значительное количество побочных продуктов [2].

В нашей стране синтетические способы получения пиридинов отсутствуют, единственным промышленным источником пиридина является каменноугольная смола, в которой его содержится менее 0,1%.

В последние годы высокую эффективность в различных процессах основного и тонкого органического синтеза показали цеолитные катализаторы [3].

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка селективного гетерогенно-каталитического способа получения пиридинов взаимодействием этанола, формальдегида и аммиака в присутствии новых цеолитных катализаторов.

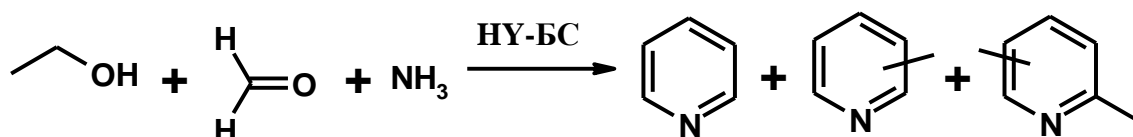


Рисунок 1. Схема реакции.

В данной работе исследованы каталитические свойства (активность и селективность) цеолита H_Y-BC в реакции этанола, формальдегида и аммиака с образованием пиридинов.

Катализатор H_Y-BC представляет собой гранулированный без связующих веществ цеолит Y, пористая структура которого состоит не только из микропор отдельных кристаллов цеолита Y, но и из мезо- и макропор, формирующихся между сростками кристаллов [4].

Цеолитный катализатор охарактеризован с помощью рентгенофазового анализа, рентгеноструктурного анализа, адсорбционных методов, низкотемпературной адсорбции азота, термопрограммированной десорбции аммиака.

Мультикомпонентную реакцию этанола, формальдегида с аммиаком проводили в проточном реакторе при температуре 300-400°C, атмосферном

давлении, с объемной скоростью подачи сырья 2-7 ч⁻¹, мольное соотношение C₂H₅OH:HCHO:NH₃ составляет 1,0:0,8:1,5.

Продукты реакции анализировали методом газожидкостной хроматографии (на хроматографе с пламенно-ионизационный детектором, стеклянная капиллярная колонка длиной 25 м, температура анализа 50-280⁰С с программированным нагревом 8⁰С/мин, температура детектора 250⁰С, температура испарителя 300⁰С, газ-носитель – гелий – 30 мл/мин).

Установлено, что основными продуктами реакции взаимодействия этанола, формальдегида и аммиака являются пиридин, пиколины (2-метилпиридин, 3- метилпиридин, 4-метилпиридин) и лутидины (диметилпиридины).

Изменение температуры в интервале от 300 до 400⁰С незначительно влияет на степень превращения этанола, которая изменяется при этом от 71% до 73%. При увеличении объемной скорости подачи сырья с 2 ч⁻¹ до 7 ч⁻¹ конверсия этанола остается равной 70%.

Селективность образования пиридина во всем интервале исследованных температур составляет 20 – 22%, метилпиридинов 46 – 51%, диметилпиридинов 27 – 34%.

Наиболее существенным параметром, влияющим на состав продуктов реакции, является объемная скорость подачи сырьевой смеси. При увеличении объемной скорости от 2 ч⁻¹ до 7 ч⁻¹ в составе N-содержащих соединений возрастает содержание пиридинов (с 22 до 39%), метилпиридинов с 51% (2 ч⁻¹) до 54% (7 ч⁻¹), а содержание диметилпиридинов уменьшается с 27 до 7%.

Список используемых источников

1. Крыльский Д.В., Сливкин А.И. Гетероциклические лекарственные вещества. Учебное пособие по фармацевтической химии Воронеж 2007.
2. Scriven E.F.V., Toomey J.E., Murugan R. Pyridine and pyridine derivatives, in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, ed. J.I. Kroshwitz and M. Howe-Grant, John, Wiley, New York, 4th edn, 1996, vol.20, pp 641-679.
3. Krishna Mohan V.V., Narender N. Synthesis of N-heterocyclic compounds over zeolite molecular sieve catalysts: an approach towards green chemistry. Catal.Sci.Technol., 2012, 2, p.471-487.
4. Способ получения высокомолекулярного фожазита без связующих веществ. Патент РФ № 2456238. - 2012. - Бюл. №20

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК SiC И В₄C НА ПОТЕРИ ПРИ БАКЕЛИЗАЦИИ И КОКСОВАНИИ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИРКОНИСТОГРАФИТОВОГО МАТЕРИАЛА

Яговцев¹ А.В., Обабков² Н.В.

¹ – ОАО «ДИНУР», Первоуральск, *jagovtsev@dinur.ru*;

² – ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Екатеринбург, *obabkovn@gmail.com*

Композиты состава ZrO₂-графит (циркониистографитовые материалы) применяются в качестве огнеупоров, например, в черной металлургии при непрерывной разливке стали в качестве составной части (шлакового пояса) погружного стакана. Их применение обусловлено более длительной службой в шлаковом поясе по сравнению с корундографитовым материалом. Эксплуатация стаканов обеспечивает разливку стали от 6 до 12 часов. Внеплановая замена стакана приводит к образованию на отливаемой заготовке пояска, который подлежит выбраковке [1].

Циркониистографитовый материал обычно состоит из зерен плавленного диоксида циркония частично стабилизированного диоксидом кальция и чешуек графита скрепленных между собой коксовым остатком от фенолформальдегидной смолы. Обычно стремятся применять в качестве связки смолы с высоким коксовым остатком, то есть смолы с меньшими потерями при коксовании. Снижение потерь в процессе синтеза материалов имеет существенное значение, чем больше смолы вводится, тем выше пористость материала. Это в определенной мере способствует повышению термостойкости материала, но в то же время ухудшает его шлакоустойчивость.

Для защиты графита и коксового остатка от выгорания в циркониистографитовый материал вводят антиоксиданты [2]. Основной принцип действия веществ антиоксидантов – это окисление их до оксидов, объем которых больше объема исходного вещества. Хорошими антиоксидантами для циркониистографитовых материалов являются кремний, карбид кремния, карбид бора. Карбид бора кроме того оказывает положительное влияние на процесс графитизации стеклоуглерода при коксовании [3].

Нами было проведено исследование влияния добавок карбида бора и карбида кремния на величину потерь при бакелизации и коксовании в процессе получения циркониистографитового материала. Был реализован дробный факторный эксперимент типа 2⁵⁻¹[4]. Уровни факторов эксперимента и интервалы их варьирования представлены в таблице 1

Для приготовления образцов использовали диоксид циркония двух фракций производства фирмы «Фоскор» (ЮАР), чешуйчатый графит с содержанием углерода 98% масс, карбид кремния фракции менее 63 мкм, карбид бора фракции менее 45 мкм, фенолформальдегидная смола с отвердителем.

Таблица 1.

Уровни факторов и интервалы их варьирования (план 2^{5-1})

Факторы		Уровни факторов	
Обозначение	Наименование	-1	+1
X ₁	Содержание ZrO ₂ -CaO (фракция - 32 меш), масс. %	40	56
X ₂	Содержание графита, масс. %	10	20
X ₃	Содержание SiC, масс. %	0	5
X ₄	Содержание B ₄ C, масс. %	0	3
X ₅	Содержание органического связующего с отвердителем, масс. %	6,5	7,5
	Содержание ZrO ₂ -CaO (фракция - 325 меш), масс. %	Остальное	

Пресс-порошок получали путем смешивания исходных компонентов в лабораторном смесителе. Образцы цилиндрической формы диаметром 50 мм, высотой 50 мм прессовали на лабораторном прессе при давлении - 100 МПа. В дальнейшем для отверждения фенолформальдегидной смолы (бакелизации) образцы термообработывали в сушильном шкафу при 240°C и проводили их коксование в колпаковой печи при 980°C. Образцы взвешивали до и после термообработки и коксования. Результаты экспериментов и расчетные значения по моделям представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Потери при термообработке и коксовании образцов

№ состава	Потери при сушке, %		Потери при коксовании, %	
	Эксперимент	Расчет по модели	Эксперимент	Расчет по модели
1	0.90	0.85	2.98	3.04
2	0.67	0.70	2.42	2.37
3	0.81	0.84	2.43	2.35
4	0.77	0.80	2.77	2.73
5	0.83	0.86	2.36	2.34
6	0.87	0.82	2.84	2.92
7	1.02	0.96	2.88	2.86
8	0.78	0.81	2.33	2.38
9	0.96	0.93	1.83	1.76
10	0.88	0.89	2.11	2.14
11	0.84	0.94	2.08	2.12
12	0.85	0.79	1.41	1.44
13	0.93	0.92	2.15	2.11
14	0.79	0.77	1.62	1.63
15	0.85	0.82	1.46	1.57
16	0.79	0.79	2.25	2.14

После статистической обработки результаты экспериментов были получены модели для потери веса при бакелизации (ПБ) и коксовании (ПК). Уравнения регрессии с учетом значимости коэффициентов (значения факторов даны в кодированном виде) имеют следующий вид:

$$ПБ = 0,84 - 0,05 \cdot X_1 + 0,01 \cdot X_4 + 0,03 \cdot X_5 - 0,02 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,03 \cdot X_3 \cdot X_4$$

$$ПК = 2,24 - 0,38 \cdot X_4 + 0,26 \cdot X_5$$

Наиболее существенное значение на величину потерь при бакелизации оказывает наличие крупнодисперсной фракции ZrO_2 -CaO. При увеличении ее содержания количества потери при бакелизации уменьшаются, что связано с формированием менее пористой структуры материала. Некоторому увеличению этих потерь способствует повышение содержания SiC и B_4C . На величину потерь при коксовании больше всего оказывает влияние карбид бора. Его введение в композицию ведет к снижению потерь при коксовании. Во всех случаях увеличение концентрации смолы в композиции влечет за собой заметную убыль веса образцов.

Окисление карбида бора идет с образованием B_2O_3 , который плавясь, обволакивает частицы оксидов, залечивая дефекты и поры. В присутствии SiC при температуре коксования происходит образование плотных пленок боросиликатных стекол, более жаростойких и менее склонных к растрескиванию тем самым предотвращающих окисление графита [5]. Карбид бора оказывает также влияние на кристаллизацию коксового остатка. Графитизированный коксовый остаток более устойчив к окислению.

Список используемых источников

1. Аксельрод, Л.М. Повышение стойкости графитсодержащих погружаемых стаканов для МНЛЗ // Огнеупоры и техническая керамика. 1996. №6. С.27-30.
2. Кащеев, И.Д.. Оксидноуглеродистые огнеупоры. – М.: Интермет-инжиниринг, 2000. – 265с.
3. Влияние добавки соединений бора на свойства MgO-C-изделий. Новости черной металлургии за рубежом. 2009. №6. С.68-70.
4. Адлер, Ю.П., Маркова, Е.В., Грановский, Ю.В.. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279с.
5. Серебрякова, Т.И., Неронов, В.А., Пешев, П.Д. Высокотемпературные бориды. - М.: Металлургия, Челябинское отделение, 1991.-368с.

ВЫБОР РЕЖИМА МОДИФИКАЦИИ ПАН-ЖГУТИКА АППРЕТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Корчина¹ Л.В., Зубова² Н.Г., Устинова¹ Т.П.

¹- *Энгельсский технологический институт (филиал) СГТУ им. Гагарина Ю.А., Саратовская обл., г. Энгельс, ул. Площадь Свободы 17, flower87@list.ru*

²-*Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) СГТУ им. Гагарина Ю.А., Саратовская обл., г. Балаково, ул. Чапаева 140.*

В настоящее время армирующие волокна и нити, применяемые для получения полимерных композиционных материалов должны обладать высокими механическими свойствами и высокими термическими характеристиками [1].

В связи с этим объектами исследования являлись: полиакрилонитрильный технический жгут (ПАН-ТЖ) и модификатор Dyrcon OS 3151.

Модификацию проводили из авиважной ванны, содержащей расчетное количество модификатора Dyrcon OS 3151 (рис.1). Авиважный раствор перемешивали в течение 30 мин. Приготовленная пропиточная ванна подавалась в желоб, куда одновременно поступал с размоточного устройства, проходя натяжные вальцы, ПАН-ТЖ. Движение нити в ванне обеспечивалось направляющими роликами. В желобе ванны осуществлялась пропитка жгутика модифицирующим раствором.

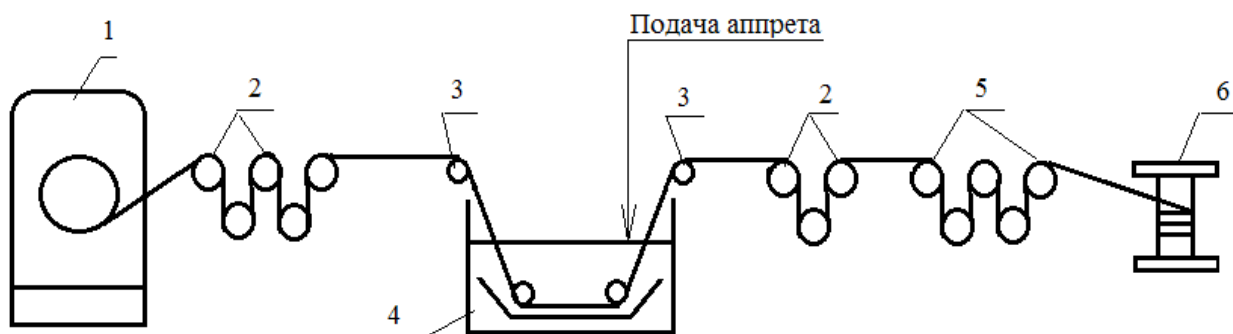


Рисунок 1. Принципиальная схема модификации ПАН-ТЖ: 1-размоточное устройство; 2-натяжные вальцы; 3-направляющие ролики; 4-ванна модификации; 5-консольная сушилка; 6-приемное устройство.

На первом этапе эксперимента оценивалось влияние состава модифицирующей ванны и параметров модификации на изменение массы и прочностных характеристик волокна (рис.2, табл. 1). В связи с этим обработку ПАН-ТЖ модификатором Dyrcon OS 3151 проводили при концентрации раствора 2, 5 и 10 % и времени обработки 30, 60 и 90 с. Последующую сушку волокна осуществляли при комнатной температуре в течении 24 ч. Дополнительную термообработку проводили при температуре 100°C в течении 15 мин.

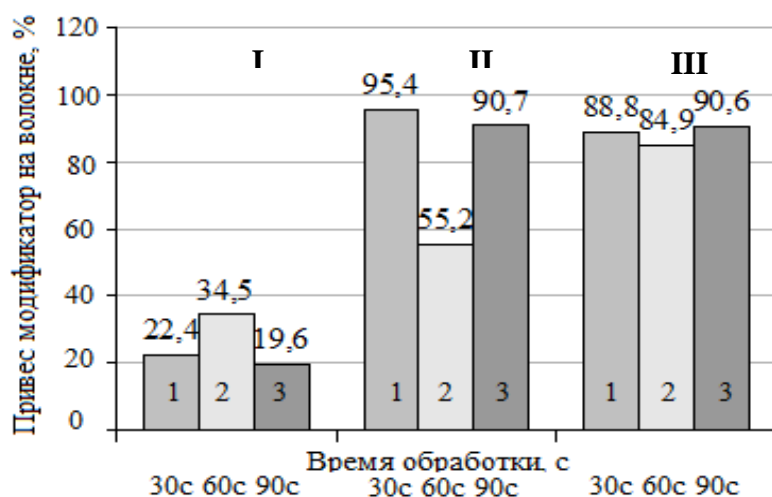


Рисунок 2. Изменение массы образцов ПАН-жгутика в процессе модификации при концентрации Dyron OS 3151 в ванне: I — 2%; II — 5%; III — 10%

Таблица 1

Зависимость механических свойств
ПАН-жгутика от параметров модификации

Время модификации, с	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Относительное разрывное удлинение, %
Концентрация ванны 2%		
30	55	22
60	54	20
90	55	21
Концентрация ванны 5%		
30	64	24
60	64	23
90	74	23
Концентрация ванны 10%		
30	47	18
60	59	23
90	59	29
Исходный ПАН-жгут	43	16

Анализ полученных экспериментальных данных свидетельствует о том, что наибольший упрочняющий эффект реализуется при модификации ПАН-жгутика составом Dyron OS 3151 концентрацией 5%. При этом относительная разрывная нагрузка модифицированного волокна возрастает на 49-72%.

Важным фактором реализации эксплуатационных свойств полимерных композиционных материалов является адгезионное взаимодействие полимер-волокно. Оно определяется величиной адгезии связующего к во-

локну, которое может быть повышено при модификации волокнистого наполнителя [2]. Для изучения адгезионных свойств модифицированного ПАН-жгутика исследовали способность волокон к смачиванию эпоксидным олигомером (рис. 3).

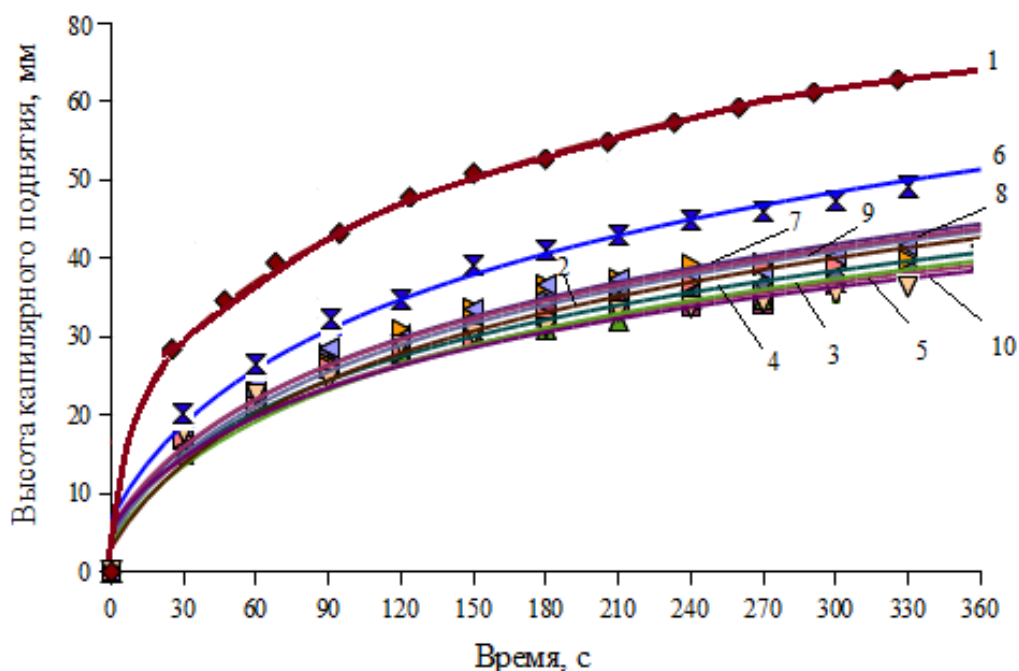


Рисунок 3. Кинетические кривые смачивания раствором эпоксидного олигомера модифицированного при различных концентрациях Dugon OS 3151 и продолжительности обработки ПАН-жгутика: 1 – без обработки; 2 – 2%, 30с; 3 – 2%, 60с; 4 – 2%, 90с; 5 – 5%, 30с; 6 – 5%, 60с; 7 – 5%, 90с; 8 – 10%, 30с; 9 – 10%, 60с; 10 – 10%, 90с.

Из полученных экспериментальных данных следует, что наибольшая высота поднятия 50% раствора эпоксидного олигомера характерна для ПАН-жгутика, модифицированного 5% раствором Dugon OS 3151 при времени обработки 60с (кривая 6), для которого характерно и максимальное повышение прочностных свойств.

Таким образом, изучение влияния исследуемого модификатора на изменение массы образцов, механические и адгезионные свойства модифицированного ПАН-жгутика позволило выбрать технологически эффективный режим его обработки.

Список используемых источников

1. Перепелкин, К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты: учебник / К.Е. Перепелкин.- СПб.: Научные основы и технологии, 2009.-380с.

2. Артеменко С.Е. Композиционные материалы, армированные химическими волокнами / С.Е.Артеменко // Саратов: Изд-во Саратов. гос. ун-та, 1989. – 160 с.

ВЫБОР СОСТАВОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА

Литовченко Д.И., Бурмистров И.Н., Панова Л.Г.
Энгельсский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВПО Саратовский государственный технический университет
им. Ю.А. Гагарина litovchenko8@yandex.ru

Российский рынок оргстекла постоянно развивается. Если еще несколько лет назад выбор был достаточно ограничен, то сегодня в стране представлен практически весь спектр оргстекла ведущих мировых производителей и широкий ассортимент отечественной продукции. В первую очередь это листовые пластики: полиметакрилаты, полиакрилаты, полистирол и другие полимеры, обеспечивающие создание прозрачных материалов [1-2].

Существенным недостатком большинства органических стекол является низкая температура размягчения и высокая горючесть, что существенно ограничивает область их применения. Это вызывает необходимость их модификации с использованием компонентов подавляющих процесс горения, а также способных полимеризоваться в присутствии фотоинициатора (ФИ). Синтез составов осуществлялся под воздействием УФ-излучения.

Для получения органического стекла на основе акриловой кислоты (АК) дополнительным структурообразующим компонентом служил фосфорсодержащие соединения (ФСС). Выбор ФСС обоснован его способностью вступать в химическое взаимодействие с акриловой кислотой и наличием в его составе атомов Р и Сl, являющиеся ингибиторами процесса горения. Оценено влияние содержания АК на кинетику полимеризации состава. Увеличение количества АК при одинаковом содержании фосфорной кислоты (ФК) (1 масс.ч.) и фотоинициатора (0,06 масс.ч.) приводит к повышению температуры полимеризации и снижению индукционного периода (табл.1).

Анализ содержания сшитых структур по растворимости в ацетоне показал, что количество гель-фракций не зависит от соотношения АК:ФСС в образце и составляет ~96% масс. (табл.1).

Таблица 1

Кинетические параметры процесса полимеризации композиции

№ п/п	Соотношение АК:ФСС		Индукционный период реакции, мин.	Максимальная температура полимеризации, °С	Время завершения реакции, мин.	Содержание гель-фракции, %
	АК	ФСС				
1.	0,3	1	6	10	17	96,1
2.	1	1	5	26	17	96,2
3.	3	1	3	32	13	96,1

С увеличением количества ФК уменьшается температура полимеризации и максимальное ее значение достигается у всех составов за одинаковое

время 10-15 мин. При увеличении содержания ФК в композиции процесс полимеризации протекает в более мягких температурных условиях, но увеличение ФК > 10 масс.ч. приводит к ингибированию процесса синтеза (рис.1, кр.5). Поэтому максимально допустимое количество ФК составляет до 10 масс.ч.

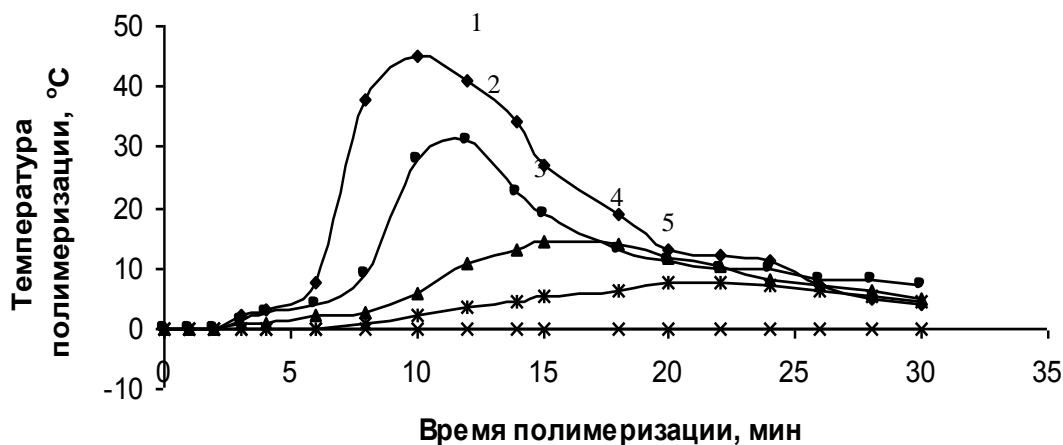


Рисунок 1. Влияние ФК на процесс полимеризации состава 100 масс.ч. АК, 33 масс.ч. ФСС и 0,06 масс.ч. ФИ: 1 – без ФК; 2 - 1 масс.ч.; 3 - 5 масс.ч.; 3 - 10 масс.ч.; 5 - 15 масс.ч.

В исследованиях оценивалась способность образующихся структур к набуханию. У образцов, содержащих 1 масс.ч. ФК отмечается меньшая склонность к набуханию, что связано с большим содержанием сшитых структур в полимеризате 96% масс. (при 5 масс.ч. ФК – 93%, при 10 масс.ч. ФК – 87,9%).

Вместе с тем, на поведение при пиролизе заметное влияние оказывает содержание ФК (табл.2). Меньшие потери массы характерны для составов, содержащих 5 масс.ч. ФК (табл.2, сост. 2 и 3). А так же на выход карбонизованных структур влияет и наличие в составе оргстекла ФСС, способных инициировать структурирование состава при пиролизе и обеспечивать повышенное образование кокса. Все исследуемые образцы по показателю кислородного индекса и потери масс при поджигании на воздухе относятся к классу трудносгораемых.

Таблица 2

Показатели пиролиз и горения компонентов заливочных композиций

№ п/п	Состав композиции, масс.ч.				Выход карбонизованных структур при температурах, °C				КИ, % об.	Потери массы при поджигании на воздухе, %
	АК	ФСС	ФИ	ФК	200	400	600	800		
1.	10 0	33	0,0 6	1	96	38	25	9	50	4,7
2.	10 0	25	0,0 6	5	95	48	37	20	60	3,9
3.	10 0	33	0,0 6	5	94	50	34	20	70	3,7

В результате проведенных исследований разработаны составы полимерных композиций для органического стекла, включающие акриловую кислоту, ФСС, фосфорную кислоту и фотоинициатор. Исследовано влияние фосфорной кислоты и ФСС на кинетику полимеризации композиции и химический состав полученного полимеризата. Наличие в разработанном составе ФСС приводит к изменению физико-химических процессов при пиролизе и горении, повышая коксообразующую способность полимера. При этом полимеризат не поддерживает горение на воздухе, показатель воспламеняемости – кислородный индекс составляет 50-70 % об., что позволяет отнести составы к классу трудносгораемых полимеров.

Список используемых источников

1. Минько, Н.И. Использование стекла и изделий из него в современном строительстве / Н.И. Минько, А.Б. Аткарская, С.А. Каменов // Строительные материалы. – 2008. – №10. – С. 91-95. – ISSN 0585-430X
2. Шульгина, Э.С. Получение и свойства устойчивых к запотеванию органических стекол / Э.С. Шульгина, С.А. Голенищева, Е.С. Нечаева // Пластические массы. – 2004. - №3. – С.32-35. – ISSN 0544-2901

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОСИНОВЫХ ОПИЛОК

Мамонтова Е.В., Зяблицева М.П.

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров,
elektrohimija12@yandex.ru.*

Методы химического и биохимического окисления осиновых опилок приводят к загрязнению агрессивными веществами продуктов переработки. Электрохимический метод позволяет проводить окисление осиновых опилок в растворе хлорида натрия продуктами гидролиза генерируемого на аноде хлора (хлорноватистая кислота и гипохлорит натрия) и пероксидом водорода, образующимся на стеклографитовом катоде. На оксидном рутениево-титановом аноде (ОРТА) в растворе хлорида натрия при потенциалах выделения хлора окисление сахаров и других органических компонентов практически не происходит [1].

Исследование процесса электрохимического окисления измельчённых до 2 – 4 мм осиновых опилок проводили в бездиафрагменном электролизере с перемешиванием, в качестве электролита использовали раствор хлорида натрия, электроды: ОРТА, катод – титановый и стеклографитовый. Величину рН корректировали растворами хлороводородной кислоты и гидроксида натрия.

Определение влияния условий электролиза на выход продуктов окисления - многофакторная задача. С целью сокращения количества экс-

периментов построен 3-х уровневый ортогональный план [2]. Параметром оптимизации задана массовая доля редуцирующих веществ (РВ), факторами – условия процесса. Исследуемые переменные и их значения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интервалы варьирования переменных и значения факторов на уровнях

Номер уровня	Значения факторов на уровнях				
	Температура электролита, °С X_1	pH электролита X_2	Исходная концентрация NaCl, кг/м ³ электролита X_3	Анодная плотность тока, кА/м ² X_4	Количество электричества, кА·ч/кг сырья X_5
1	50	3,0 - 4,0	15,0	0,125	0,6
2	70	5,0 – 6,0	30,0	0,250	0,9
3	90	8,0 – 10,0	45,0	0,500	1,2

Для построения матрицы математического планирования эксперимента в колонках X_1 , X_2 , X_3 записывали полный трёхуровневый факторный эксперимент. Уровень фактора X_4 получали сложением уровней факторов X_1 и X_3 по модулю 3, уровень фактора X_5 – сложением уровня фактора X_1 с удвоенным уровнем фактора X_3 по тому же модулю. Основание модуля выбирали равное числу уровней [2]. Матрица включала 27 экспериментов.

Согласно матрице математического планирования реализованы опыты и выполнены анализы продуктов переработки.

Анализ продуктов окисления осиновых опилок проводили методами: эбулиостатическим - определены РВ [3], фотоколориметрическим – глюкоза, титриметрическим - кислородсодержащие соединения хлора. Выполнен рентгенофазовый анализ на наличие рутения и титана в остаточном твёрдом веществе.

Полученные результаты использованы для построения математической модели, по которой определены оптимальные условия процесса электрохимического окисления осиновых опилок: температура электролита 70 °С, pH электролита 3,0 - 6,0, анодная плотность тока 0,125 кА/м², исходная концентрация хлорида натрия в электролите – 30,0 кг/м³, количество электричества 0,9 кА·ч/кг сырья.

Выход РВ и концентрации кислородсодержащих соединений хлора в растворе хлорида натрия после электрохимической обработки осиновых опилок в оптимальном режиме при различных pH электролита представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Показатели окисления осиновых опилок в зависимости от рН электролита при прочих оптимальных условиях процесса

рН	Выход РВ, масс.% от сырья		Концентрация ClO_3^- , кг/м ³	
	титановый катод	стеклографитовый катод	титановый катод	стеклографитовый катод
3,0 – 4,0	6,0 – 6,2	7,3 – 7,8	0,010 – 0,013	0,014 – 0,016
8,0 – 10,0	3,0 – 3,4	6,8 – 7,1	0,280 - 0,350	0,340 -0,390
5,0 – 6,0	6,0 – 6,3	7,5 – 8,0	0,018 – 0,019	0,023 – 0,025

В составе растворов, после электрохимической обработки осиновых опилок в оптимальных условиях, определена глюкоза с максимальным выходом 7,0 - 8,0 масс. % от сырья при использовании стеклографитового катода и 5,5 - 6,0 масс. % от сырья при применении титанового катода. Титана и рутения в остаточном твёрдом веществе не обнаружено.

Разрабатываемый метод планируется для использования в кормопроизводстве с целью устранения дебаланса по сахарам в рационе крупнорогатого скота, птицы, свиней [4, 5].

Список используемых источников

1. Авруцкая И. А., Мухина И. Б., Архипова Т. А. Поведение органических компонентов грубого растительного сырья при электролизе хлоридных растворов // Электрохимия. 1996. Т. 32, № 1. С.75 – 78.
2. Рузинов Л.П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М., 1980. 280 с.
3. Выродова Л.П., Морозова С.Ф., Дегтярёва Н.Н. // Инструкция по микро-технологическому контролю гидролизного производства, этилового спирта, кормовых дрожжей и технического фурфурола. Л., 1987. С. 45 – 52.
4. Патент 2352140 (Россия). Способ обработки грубых кормов / М.П. Зяблицева, Л.Н. Толмачёва, Н.Б. Багаева, Е.В. Зяблицева, Е.В. Лобастова // БИ. 2009. №11.
5. Патент 2352184 (Россия). Установка обработки грубых кормов / М.П. Зяблицева, Е. В. Зяблицева // БИ. 2009. №11.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

Тимофеева А.А., Юсин С.И., Баннов А.Г.

*Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск,
timofeeva_anastasia@mail.ru; bannov_a@mail.ru.*

В настоящее время ведется активная работа по разработке новых углеродных материалов для различных применений. Одним из таких материалов является терморасширенный графит. Он обладает такими свойствами как химическая стойкость, анизотропная электропроводность и теплопроводность, упругость, сжимаемость, температуростойкость [1]. Благодаря этим свойствам, он широко используется в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, в автомобилестроении и электронике. Однако получаемые материалы отличаются невысокими показателями удельной поверхности, насыпной плотности и других характеристик, которые препятствуют их применению в катализе, электрохимии, а также затрудняют изготовление изделий из терморасширенного графита.

В данной работе было проведено исследование процесса синтеза терморасширенного графита из оксида графита в диапазоне скоростей 5-15 К/мин. Взятые для синтеза образцы оксида графита содержали различное количество кислорода. Было изучено влияние трех параметров синтеза: скорости нагрева образца, температуры и длительности изотермической выдержки. Для минимизации числа опытов и установления оптимальных режимов синтеза использовали математическое планирование эксперимента [2]. Полученные образцы терморасширенного графита исследовались с помощью низкотемпературной адсорбции азота, растровой электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии, вольтамперометрии.

Установлены зависимости выходных характеристик терморасширенного графита от параметров синтеза. Результаты исследования позволят улучшить качество изготавливаемых изделий из терморасширенного графита, повысить их производственные характеристики, а также, расширят спектр применения данных материалов.

Список используемых источников

1. Jeong H., Lee Y. P., Jin M. H., Kim E. S., Bae J. J., Lee Y. H. Thermal stability of graphite oxide// Chemical Physics Letters. – 2009. - Т.1. - № 410. – С. 255-258.
2. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский.– М.: Наука, 1976. - 278 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ МЕМБРАНЫ МГА-95

*Лазарев С.И., Головин Ю.М., Холодилин В.Н.,
Поликарпов В.М., Абоносимов Д.О.*

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
geometry@mail.nnn.tstu.ru*

Для решения ряда теоретических и практических вопросов при разработке мембранных аппаратов с использованием мембран на основе аморфно – кристаллического полимера, необходимы знания соотношения в нем кристаллической и аморфной фаз, а так же не менее важно иметь сведения по изменению этого соотношения в процессе эксплуатации.

В данном сообщении приводятся результаты исследования рентгеновской степени кристалличности (РСК) гетерофазной мембраны МГА-95, основа которой является ацетат – целлюлозы, целью определения влияния адсорбированной воды на структуру мембраны.

Рентгенодифрактометрические измерения осуществляли в области больших углов 2θ от 2° - 40° на дифрактометре Дрон-3 с автоматической записью на ПК в геометрии на отражение. Использовалось излучение CuK_α ($\lambda = 1.54 \text{ \AA}$). Монохроматизация обеспечивалась Ni-фильтром.

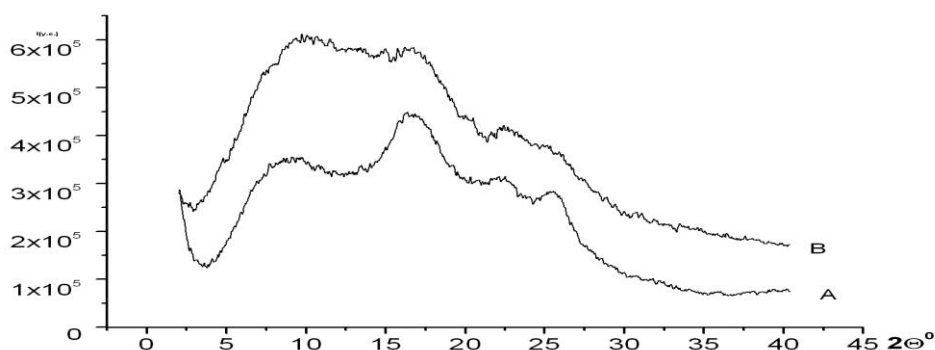


Рисунок 1 Рентгеновские дифрактограммы от образцов полимерной мембраны МГА-95, полученных в геометрии на отражение (А-сухой; В-набухшей водой).

Полученные дифрактограммы (рис.1) содержат размытые малоинтенсивные пики с максимумами при углах $2Q$ примерно равных $8,4^\circ$, $16,5^\circ$, $22,5^\circ$, $25,5^\circ$, при этом легко заметить, что происходит перераспределение интенсивности и увеличение диффузной составляющей рассеяния в образце мембраны, насыщенного водой (рис. 2В). Однако, положение максимумов при углах $16,5^\circ$, $22,5^\circ$, $25,5^\circ$ для образцов мембраны в различных состояниях почти не меняется. В тоже время максимум при угле $8,4^\circ$ не только сильно расширяется, но и наблюдается его смещение в область больших углов $9,6^\circ$ у образца мембраны насыщенного водой. Сравнение наших данных с экспериментальными результатами работы [1] позволяют сделать вывод, что кривые

рентгеновского рассеяния типичны для ацетатов целлюлозы сформированных из растворов.

Наблюдаемые закономерности указывают, вероятнее всего на то, что в процессе насыщения образца водой, происходит увеличение внутренней поверхности капиллярно-пористой среды, приводящее к перестройке гетероструктуры мембраны. Именно, это в конечном итоге, уменьшает интенсивность рассеяния и уширение максимумов, соответствующих кристаллической фазе и возрастанию рассеяния от аморфной составляющей.

Чтобы получить объяснение этим экспериментальным данным в мембранах на основе аморфно-кристаллических полимеров, были выполнены расчеты рентгеновской степени кристалличности (РСК).. Как отмечается в работе [1], формирование мезо-фазы при увеличении концентрации полимера вызывает рост интенсивности рентгеновского рефлекса в области углов 2θ примерно $7^\circ - 8^\circ$ и уменьшение интенсивности рефлексов в интервале углов 2θ , - $20^\circ - 21^\circ$, отвечающих за кристаллизацию полимера.

Поэтому, рефлекс при угле $2\theta = 8,4^\circ$ следует соотнести с дифракцией от аморфной мезо-фазы особого вида структурного упорядочения надмолекулярной спирали определенной ориентацией. Кристаллографические расчеты для рефлексов при углах $2\theta = 16,5^\circ, 22,5^\circ, 25,5^\circ$ выполненные по уравнению Брэгга

$$d = \lambda \cdot (2 \sin \vartheta)^{-1} \quad (1)$$

дают следующие величины межплоскостных расстояний $d_{16,5} = 0,597 \text{ нм}$; $d_{22,5} = 0,439 \text{ нм}$; $d_{25,5} = 0,387 \text{ нм}$, что согласуется в пределах 10 % ошибки с параметрами кристаллической решетки целлюлозы 1 фазы при радиальной дифракции от атомов находящихся в кристаллографических плоскостях: (100); (010); (110) [2]. Таким образом, рефлексы в области этих углов дифракции, следует, очевидно, идентифицировать как структурное состояние кристаллической части ацетата-целлюлозы. Для расчета рентгеновской степени кристалличности (РСК) применялась методика Аггарвала - Тилля [3], сущность которой заключается в том, что на дифрактограмме полимерного материала разделяют отражения, связанные с кристаллической и аморфной фазами, а расчет производится по соотношению

$$СК = \frac{I_k}{I_k + I_a} \cdot 100\%, \quad (2)$$

Расчет СК для образца сухой мембраны составил 57%, а для набухшей водой -27%. Такие величины представляются нам заниженными при сравнении с литературными данными, очевидно, это связано с достаточно произвольным выделением аморфной и кристаллической частей на слишком размытой дифрактограмме (рис.1). Если рассмотреть область дифракции в интервале углов $2Q$ от 3° до 20° , то можно заметить (рис. 2 А.В.) наложение друг на друга пика с индексом (100) при угле $2Q = 16,5^\circ$ и пика от мезо-фазы при угле $8,4^\circ$, которые разделяются бимодальной функцией Гаусса. Следовательно, можно воспользоваться наиболее адекватным методом нахождения степени кристалличности по формуле, использованной авторами [4]

$$СК = \frac{I_{16,5^\circ} - I_x}{I_{16,5^\circ}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $I_{16,5}$ - (интенсивность в пике) расстояние от базовой линии до вершины дифракционного пика при угле $2\theta = 16,5^\circ$; I_x - (интенсивность в минимуме) расстояние от базовой линии до минимума кривой рассеяния между дифракционными пиками при углах $2\theta = 8,4^\circ, 16,5^\circ$ (рис.2 А, В). (значение угла при котором перекрываются две кривые бимодальной функции Гаусса для сухой мембраны - $13,4^\circ$, для набухшей - $13,9^\circ$)

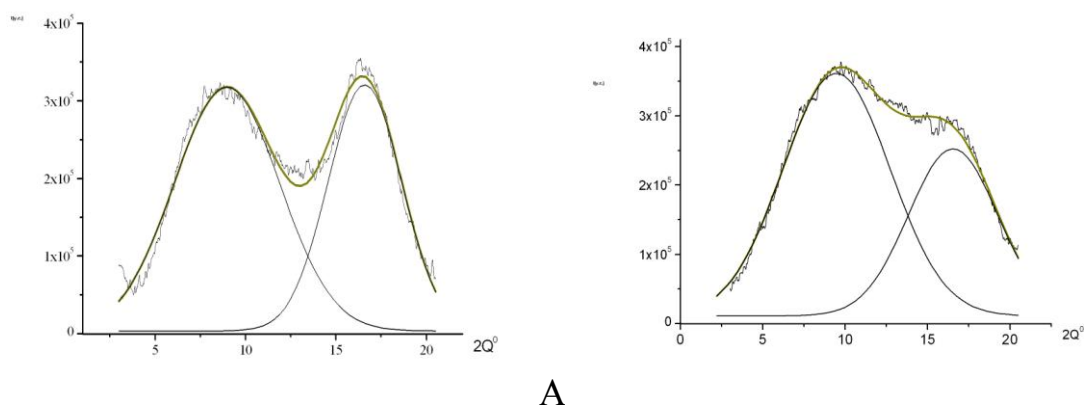


Рисунок 2. Дифракционные максимумы при углах рассеяния $2Q = 8,4^\circ$ и $16,5^\circ$ (А-сухой мембраны; Б-набухшей водой; сплошные тонкие линии-бимодальный Гауссиан)

Полученные значения степени кристалличности по данной методике оказались равными 70%- для сухой и 40%- для набухшей мембраны.

Результаты расчетов СК указывают на то, что доля аморфности в набухшем образце мембраны увеличилась почти в два раза. Подобное изменение СК скорее всего можно объяснить адсорбционными свойствами молекул воды, которые обладают малым молекулярным объемом и сильной тенденцией к донорно-акцепторным взаимодействиям с ионами потенциал-образующих поверхностей капиллярно-пористого пространства мембраны, нарушая межмолекулярные взаимодействия ацетата -целлюлозы, тем самым увеличивая долю аморфности.

Список используемых источников

1. Шиповская А. Б. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора наук, Саратов 2009, с. 41.
2. Алешина Л.А. и др. «Современные представления о строении целлюлоз» Химия растительного сырья //2001, №1, с.5 -36.
3. Арисова В. Н. «Структура и свойства КМ» Учеб. Пособие Волг. ГТУ, Волгоград 2008, с.96.
4. Иоелович М. Я., Веверис Г. П. Определение степени кристалличности целлюлозы рентгенографическими методами. Химия древесины 1987. №5 с.75-80.

ПОЛУЧЕНИЕ СВЕТЛЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ СМОЛОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРОВ В НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ФОРМЕ

Бельков А.И.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет».
Тамбов, Россия, LA1901@ya.ru*

Тяжелая смола пиролиза (ТСП) в производстве этилена — это смесь конденсированных алкил- и алкенил-ароматических углеводородов с двумя и более циклами, олигомеров алкенил-ароматических углеводородов и некоторого количества асфальтенов и других высокомолекулярных соединений. Выход тяжелой смолы зависит от фракционного состава сырья и условий, пиролиза.

Смола образуется при ступенчатой конденсации парогазовой смеси продуктов пиролиза, выходящей из печи. Преобладающая часть углеводородов смолы выкипает при температуре выше 200 °С. Из-за нечеткости конденсации смола содержит углеводороды с температурой выкипания до 200 °С. Состав фракции, выкипающей до 200 °С, аналогичен составу пироконденсата и легкой смолы пиролиза.

Решение проблемы рационального использования тяжелых фракций жидких продуктов пиролиза не находило своей реализации. На большинстве отечественных заводов имеющих установки пиролиза переработка тяжелых фракций не предусматривалась проектами. Тяжелые фракции жидких продуктов пиролиза являются продуктами, имеющими большой потенциал для дальнейшего применения.

В эпоху пластмасс, в связи со строительством многотоннажных этиленовых производств и тенденции к утяжелению продуктов пиролиза, задача их рационального использования становится особенно актуальной.

Огромные масштабы получения ТСП превращают ее из отхода производства в один из сырьевых продуктов, от грамотного использования которых существенно зависит экономическая эффективность производства этилена в целом.

Физико-химические свойства смолы пиролиза, такие как высокое содержание ароматических углеводородов, особенно полициклических и непредельных углеводородов, склонных к реакциям уплотнения (конденсации, полимеризации, сополимеризации) с образованием продуктов, обладающих высокими связующими свойствами, которые сформировали возможность использования в качестве сырья для получения светлых(бензиновых) фракций.

Смола пиролиза по внешнему виду представляет собой жидкость от коричневого до черного цвета, со стойким запахом, не смешивается с водой. Это малотоксичное и инертное соединение, 4 класса опасности. Из смолы пиролиза получают товарный продукт (светлые фракции) при разделении до

температуры до 220°C, обладающие высоким октановым числом. При обычном разделении, без присутствия катализатора, ввиду наличия непредельных углеводородов, дистиллят не отличался стабильностью, при использовании в процессе разделения катализатора в наноструктурированной форме, получаемая смесь была стабильна, и повысился ее выход. В качестве катализатора использовались металлы и их оксиды в наноструктурированной форме

В таблице 1 представлен выход светлых фракций из смолы пиролиза в производстве этилена.

Таблица 1.

№		Выход светлых фракций, %
1	Смола пиролиза без добавок	36
2	Смола пиролиза+ НК-1	68
3	Смола пиролиза + НК-2	56
4	Смола пиролиза + НК-3	44
5	Смола пиролиза + НК-4	42

Катализаторы НК-1,НК-2,НК-3,НК-4,НК-5 отличаются по составу и концентрации, используемых металлов и их оксидов. Использование катализатора НК-1 повышает выход светлых фракций до 30%, при этом, состав смеси остается стабильным с течением времени при световой обработке.

Для определения фракционного состава легкой фракции углеводородного продукта из смолы пиролиза в производстве этилена, использовали хроматограф «Хроматек 5000-2»

В пробирку капиллярным шприцом отбирали 3 мкг пробы, включили хроматограф «Хроматек 5000», после загрузки программного обеспечения выставляли следующие параметры:

- Продолжительность анализа, ч: 2:20:00
- Температура начальная колонки, °С : 35
- Температура конечная колонки, °С : 200
- Испаритель, °С : 250
- Детектор, °С : 250

Шприцом в колонку вводили пробу (длина колонки 100м диаметр 0,25мм). Через 2 часа 20 минут программное обеспечение выставляет на обработку полученных результатов. Хроматограмма состава легкой фракции разделения смолы пиролиза представлена на рис 1.

Таким образом, в результате каталитического разделения из смолы пиролиза были получены светлые (бензиновые) фракции являющиеся компонентом для ввода в бензины.

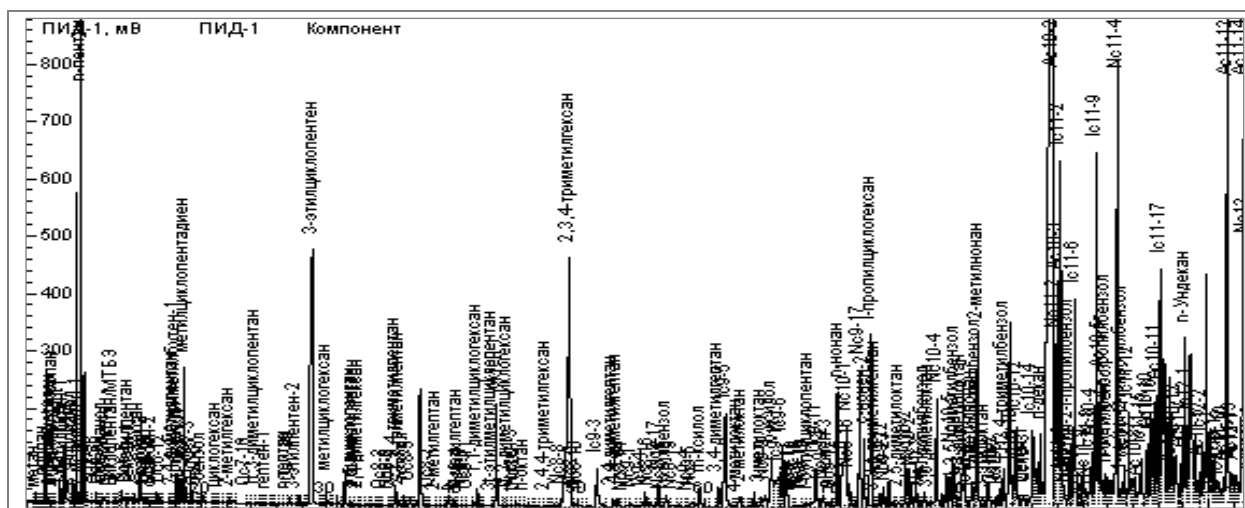


Рисунок 2. Хроматограмма состава легких фракций полученных из смолы. Фракционный состав представлен в таблице № 2

Таблица 2.

п/п№	время выхода	наименование вещества	без катализатора	с НК-1
1	10,36	n-пентан	1,1046	2,2575
2	28,796	3-этилциклопентен	1,2978	4,4583
4	49,277	2,3,4-триметилгексан	2,4276	4,8804
5	61,654	*Ic9-5	3,7821	1,4868
6	70,549	n-нонан	1,8564	1,1046
7	71,332	*Nc10-1	0,9912	2,2806
8	73,268	i-пропилциклогексан	3,0282	1,9068
9	78,473	*Nc10-4	1,7598	1,0584
11	81,707	2-метилнонан	0,9534	1,6422
12	86,092	*Ic10-14	1,5813	0,987
13	87,712	*Ac10-2	0,9681	22,2243
14	87,888	*Nc11-2	24,8241	1,6065
15	88,116	*Ac10-3	1,3482	1,8354
16	88,318	*Ic11-2	1,7388	2,8791
17	89,491	*Ic11-6	2,4003	1,9719
18	91,17	*Ic11-9	0,9786	2,7426
19	91,453	*Ac10-5	3,738	1,1109
20	92,844	*Nc11-4	0,3864	4,2735
21	95,886	*Ac10-11	0,7686	0,84
22	96,241	*Ic11-17	1,7073	1,8522
23	98,183	n-Ундекан	1,4742	1,7136
24	101,576	*Ac11-12	5,9493	4,4121
25	102,861	*Ac11-14	6,2328	4,8174
26	104,841	*Ic12-4	0,8295	3,6876
27	105,263	*Ac11-17	0,924	4,2525
28	105,559	*Ac11-18	2,4276	1,4469

Список используемых источников

1. Гуреев А.А. Автомобильные бензины. Свойства и применение/М. Химия 2009. – 444 стр.
2. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке / М.Химия 1981. – 353стр.

МАТРИЦЫ — СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПЕРЕСТРОЙКУ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО)

Выжанов А.В.

*ФГБОУ ВПО « Тамбовский государственный технический университет»,
Тамбов, alex666.1989@gmail.com*

В настоящее время нефть – основной источник энергии. На топливах, полученных из нефти, работают двигатели сухопутного, водного и воздушного транспорта, вырабатывается электроэнергия на тепловых электростанциях.

Большинство отечественных нефтеперерабатывающих заводов производят высокосернистое топливо. Сера и ее соединения в качестве естественных компонентов входят в состав сырой нефти, это элементарная сера, сероводород и различные органические соединения (меркаптаны, сульфиды, дисульфиды и др.), при этом в более тяжелых погонах нефти серы и сернистых соединений содержится больше, чем в легких. Высокое содержание серы в топливе отрицательно сказывается на экологической обстановке. Выделяемый при сгорании высокосернистого топлива диоксид серы загрязняет окружающую среду и считается опасным.

Так же сера образует агрессивные соединения (сера, сероводород и меркаптаны), приводящие к коррозии металла и снижению антидетонационных свойств топлив и качества вторичных продуктов переработки нефти (нефтяной кокс).

Очистка дизельного топлива от соединений серы одна из сложнейших задач переработки нефти [1].

Разработка новых каталитических процессов при использовании существующего оборудования и минимальных затратах на реконструкцию является актуальной задачей, требующей решения.

Предлагается способ удаления серы и её соединений, обладающий рядом преимуществ:

- не требует нового аппаратного оформления;
- обеспечивает глубокую степень очистки (содержание серы не более 0,02% масс.);
- отсутствие дорогостоящих катализаторов;

Способ удаления серы и серосодержащих соединений основан на использовании матриц, обладающих способностью к перестройке молекулярных соединений органических веществ.

Для создания конфигураций матриц обессеривания дизельного топлива использовались пепельные структуры дизельного топлива, химически чистую серу и нанокатализатор широкого элементного состава.

Пепельная структура дизельного топлива подвергалась рентгенофлуоресцентному анализу на элементный состав, по которому были установлены следующие компоненты: Ni; Co; Cu; Fe; W; S₂.

На основе данных элементного состава пепла была создана матрица для обессеривания дизельного топлива.

Методика удаления серосодержащих соединений: в колбу с дизельным топливом вводили матрицу обессеривания в количестве, равным 1/8 от количества взятого дизельного топлива, перемешивали, затем вводили его матрицу, в количестве равном половине от массы матрицы серы и перемешивали. Полученный образец плотно закрывали крышкой и давали выстойку. Полученная в результате выстойки система используется в дальнейшем для удаления серы из дизельного топлива.

Проведённый хроматографический анализ обессериванного с помощью матриц дизельного топлива показал, что одного цикла обессеривания недостаточно для удаления сернистых соединений до нормативного показателя, поэтому было проведено четыре цикла последовательных процессов обессеривания, до получения дизельного топлива удовлетворяющего стандарту Евро-4 по содержанию серы. Результаты хроматографического анализа исходного образца дизельного топлива представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Расчет по группам

Группа	Концентрация	Ед. концентрации
H ₂ S	1030.046	ppm
меркаптан	439.954	ppm

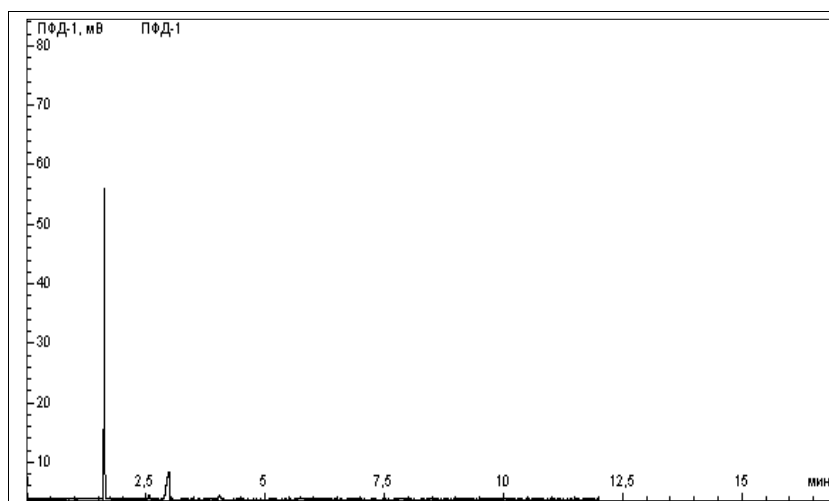


Рисунок 1. Хроматограмма первого цикла обессеривания

Влияние структуры матрицы дизельного топлива на процесс обессеривания (первый цикл) представлены в таблице 2.

Второй, третий и четвёртый цикл обессеривания аналогичны первому циклу. В заключении была проведена стабилизация полученного образца дизельного топлива матрицей дизельного топлива, четвёртого цикла.

Таблица 2.

Расчёт по группам

Группа	Концентрация	Ед. концентрации
H ₂ S	641.58	ppm
меркаптан	363.42	ppm

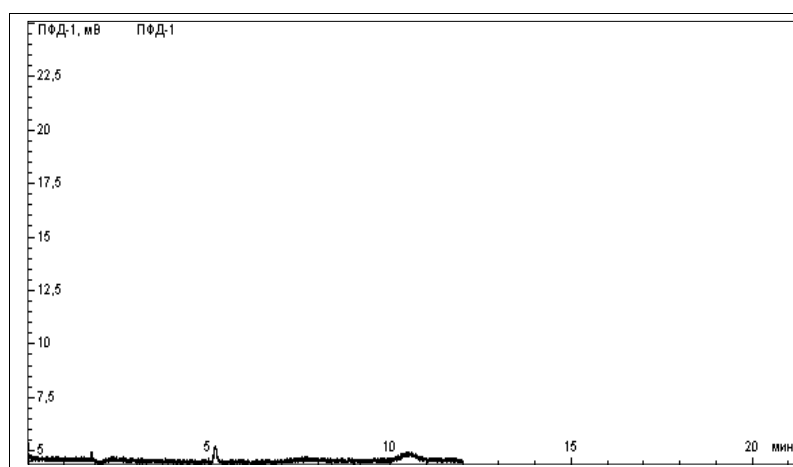


Рисунок 2. Хроматограмма пятого цикла обессеривания

Результаты хроматографического анализа пятого цикла обессеривания представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Расчет по группам

Группа	Концентрация	Ед. концентрации
H ₂ S	122.373	ppm
меркаптан	80.627	ppm

Влияние структуры матрицы серы и дизельного топлива на процесс обессеривания представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Обессеривание	Кол-во серы (ppm)
0	1470
1	1005
2	813
3	652
4	407
5	203

Использование матрицы серы и дизельного топлива обеспечили снижение содержания серы в топливе на 86%.

Список используемых источников

1. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Техника, - 2002. С.64.

СОРБЦИЯ КАТИОНОВ МАГНИЯ ГЛАУКОНИТОМ ИЗ МОДЕЛЬНЫХ ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ

Морщинина И.В.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Изучена адсорбция катионов Mg (II) 95 %-ным концентратом глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области. Начальная (до адсорбции) концентрация катионов составляла 240 мг/л. На рисунке ρ – коэффициент катионов Mg (II), %.

Некоторые экспериментальные результаты показаны на рисунке 1.

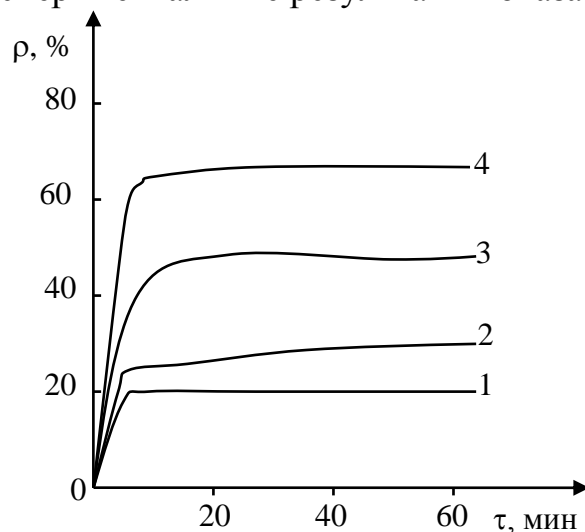


Рисунок 1. Зависимость величины ρ от массы используемого сорбента m_i и продолжительности сорбции. Исходная концентрация магния 0,24 г/л. Объем раствора – 0,1 л. m_i , г: 1 – 1, 2 – 2, 3 – 3, 4

При извлечении магния основная адсорбируемая доля катионов удаляется из растворов в течение первых 5 минут.

Максимальная величина ρ достигается за 40 минут и даже менее. Но в последующие 20 – 40 минут от начала эксперимента возрастание ρ невелико и по абсолютной величине существенно зависит от вводимой массы адсорбента m . Зависимость $\rho = f(m)$ не носит линейного характера. Полученные экспериментальные результаты обобщены в докладе.

ВОПРОСЫ КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И КОРРОЗИИ СТАЛИ В СРЕДАХ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОКСИДА СЕРЫ (IV)

Осетров А.Ю.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Закономерности атмосферной коррозии широко исследованы и, тем не менее, продолжают интенсивно изучаться в настоящее время. Это объясняется важностью процессов, огромными потерями, обусловленными коррозионным атмосферным воздействием на металлические конструкционные материалы и многоаспектностью проблемы.

В этом плане несомненный интерес представляет исследование процессов, протекающих в присутствии в атмосферном воздухе SO_2 .

Известно, что оксид серы (IV) способен выступать в качестве дополнительного (к кислороду) эффективного катодного деполаризатора. При этих условиях на кинетику катодных и анодных процессов, протекающих в объеме жидкой фазы, влияет изменение рН, концентрации негидролизированных и гидролизированных форм SO_2 .

Картина, наблюдаемая в присутствии 0,02 об.%, показана на рисунке 1.

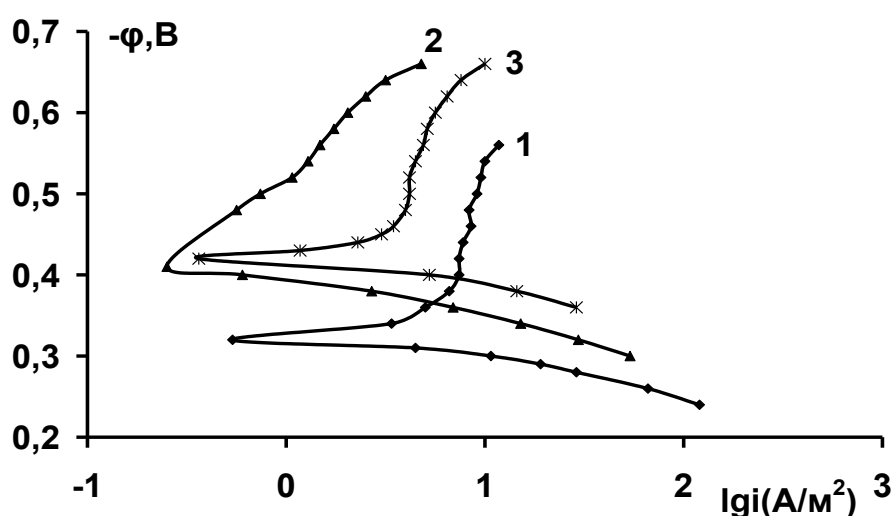


Рисунок 1. Поляризационные кривые на стали Ст3 без покрытия в 0,5 М растворе NaCl в присутствии 0,02 об. % SO_2 с различным значением рН: 1 – 2; 2 – 3; 3 – 4.

Скорость реакции выделения водорода, как функция рН, изменяется достаточно сложным образом. Суть этих изменений в том, что при переходе от среды с рН = 3 к среде с рН = 4 облегчается катодный процесс, что, несомненно, связано с возрастающим вкладом процесса восстановления HSO_3^- как катодного деполаризатора. На кинетике анодной реакции присутствие SO_2 практически не сказывается. В целом, все полученные экспериментальные результаты обобщены в докладе.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ПРОКЛАДКИ ПРИ НАЛИЧИИ РЕЛЬЕФА НА СВАРИВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

*Ахунова А.Х., Дмитриев С.В., Валитова Э.В., Валитов В.А.
Институт проблем сверхпластичности металлов РАН, Уфа*

Современные технологии изготовления конструкций, применяемых в авиационном и космическом строении, используют практически все виды сварки. Использование сварных конструкций приводит к экономии металла и к более рациональной форме конструкций, при этом стыки в конструкциях выполняются без вспомогательных элементов, утяжеляющих изделия.

Одним из широко используемых способов сварки является диффузионная сварка (ДС). ДС представляет собой одну из разновидностей сварки давлением, осуществляемой за счет взаимной диффузии атомов контактирующих частей при относительно длительном воздействии повышенной температуры и при наличии относительно небольших усилий, прижимающих свариваемые детали и обеспечивающих незначительную пластическую деформацию в зоне соединения, что приводит к повышению его качества. Основными параметрами, влияющими на качество твердофазного соединения, являются температура, прижимающее давление, время выдержки, степень пластической деформации в зоне соединения и качество свариваемых поверхностей [1,2]. ДС позволяет сваривать не только однородные, но и разнородные металлы и сплавы, которые могут отличаться по своим свойствам [3]. С помощью ДС возможно получать соединения таких металлов или сплавов, которые невозможно сварить другими способами, например, титан с алюминием, сталь с чугуном и др.

В случае недостаточно интенсивной диффузии между соединяемыми материалами при резко различных коэффициентах линейного расширения или при возможном появлении хрупких соединений между ними целесообразно применять промежуточную прокладку. Следует отметить, что применение нанокристаллической прокладки позволяет реализовать эффект сверхпластичности при сварке давлением [2,4].

Как отмечено выше, пластическая деформация в зоне соединения приводит к улучшению его качества. Однако при сваривании деталей с большими контактными поверхностями нередко образуются застойные зоны, где напряженное состояние близко к гидростатическому давлению и пластическая деформация не происходит, так как для ее протекания необходимо наличие сдвигающих усилий. Одним из решений данной проблемы является нанесе-

ние рельефа на свариваемых поверхностях с целью обеспечения локальной пластической деформации.

В данной работе методами численного моделирования было исследовано влияние способов подготовки свариваемых поверхностей на качество готового изделия. Были рассмотрены задачи, при которых на поверхности двух свариваемых элементов толщиной 20 мм наносились проточки размером 0,25x0,125 мм, между элементами помещалась прокладка из более мягкого материала толщиной 0,4 мм, и после этого полученный пакет подвергался диффузионной сварке при температуре 900⁰С и давлении в 5 МПа.

Рассматривались три вида образцов, представленных на рис. 1. Для первого и второго образцов на поверхности свариваемых пластин наносились проточки. При сборке элементов в пакет, проточки располагались либо напротив друг друга (рис. 1, а) либо в разбег (рис. 1,б), для первого и второго образца, соответственно. При сварке третьего образца свариваемые элементы не имели проточек (рис. 1, в).

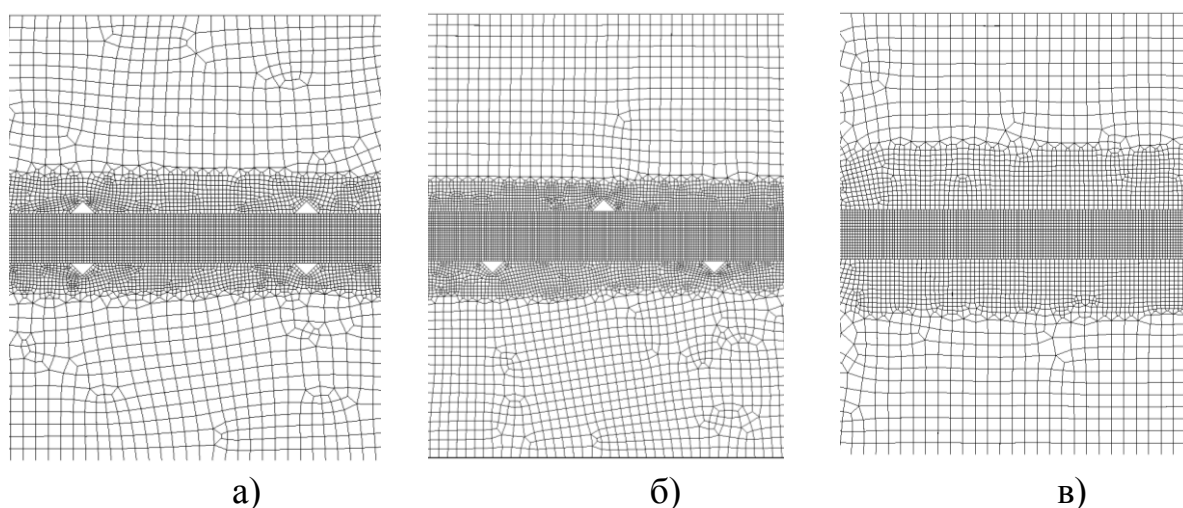


Рисунок 1. Конечно-элементная модель образца с расположением проточек: а) напротив друг друга, б) в разбег, в) без проточек.

Исследовалось напряженно-деформированное состояние образцов и характер влияния на него различных способов обработки свариваемых поверхностей.

На рис. 2 приведены картины распределения деформаций для первого (а), второго (б) и третьего (в) образцов после сварки.

По результатам исследований можно установить, что приконтактные объемы металла прокладки заполняют проточки, при этом увеличивая фактическую площадь контакта свариваемых поверхностей. Оставшиеся микропустоты "зарастают" в процессе взаимной диффузии. При этом количество локальных очагов деформации в контактной зоне в два раза больше во втором образце, т.е. при расположении проточек в разбег.

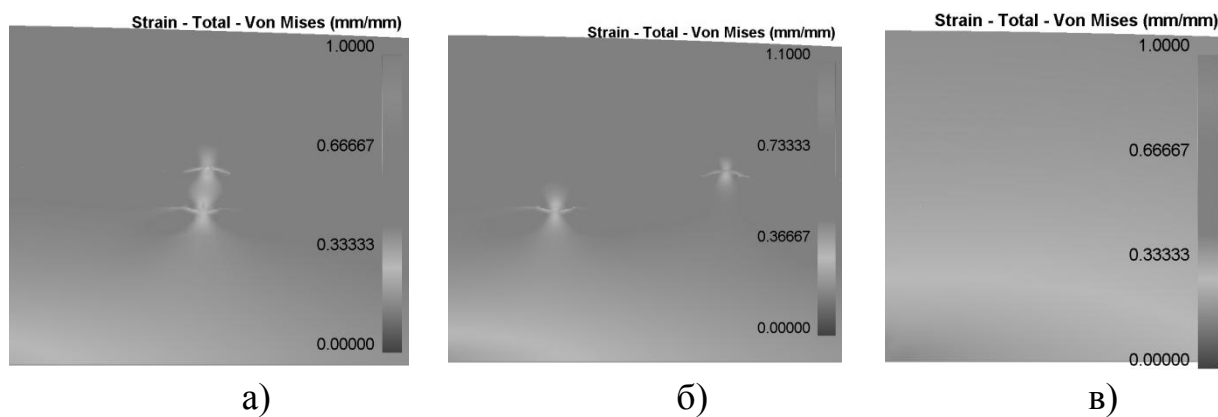


Рисунок 2. Распределение деформации для образцов с расположением проточек: а) напротив друг друга, б) в разбег, в) без проточек.

При сварке образца без проточек образуются зоны затрудненной деформации (области контакта нижней пластины с промежуточным листом).

Таким образом, из анализа полученных данных моделирования можно сделать заключение, что более эффективным способом сварки является сварка образцов с расположением проточек в разбег. Однако данное предположение требует дальнейшей экспериментальной проверки.

Список используемых источников

1. Петров, Е.Н. Ячеистые конструкции [Текст]: монография / Е.Н. Петров, В.В. Родионов, Э.Н. Кузьмин, Р.Я. Лутфуллин, Р.В. Сафиуллин. - Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2008. - 176 с.
2. Томас, К.И. Технология сварочного производства [Текст]: учеб. пособие / К. И. Томас, Д. П. Ильященко. – Томск: Изд - во Томского политехнического университета, 2009. – 244 с.
3. Валитова, Э.В. Влияние скорости и температуры деформации на микроструктуру и свойства ультрамелкозернистого свариваемого сплава ХН58МБЮД [Текст] / Э.В. Валитова, Р.Я. Лутфуллин, В.А. Валитов // Перспективные материалы. – 2013. – Спец. вып. 15. – С. 30-34.
4. Валитова, Э.В. Формирование ультрамелкозернистой и нанокристаллической структуры методами интенсивной пластической деформации в никелевом сплаве ХН58МБЮД [Текст] / Э.В. Валитова, Р.Я. Лутфуллин, М.Х. Мухаметрахимов, В.А. Валитов // Перспективные материалы. – 2013. – Спец. вып. 15. – С. 35-39.

ПУТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ САПР ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Алтунин К.А.

*Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов, tmmsii@tmmsii.jesby.tstu.ru*

Существует несколько причин интеллектуализации систем автоматизированного проектирования (САПР) [1]:

- необходимость использования накопленного опыта специалистов конкретной предметной области;
- решение трудноформализуемых задач, т.е. задач, которые характеризуются сложностью или невозможностью полного и точного математического описания с последующим применением известных методов решения или большой размерностью, не позволяющей получить решение за приемлемое время.
- необходимость взаимодействия пользователя и САПР на языке, близком к естественному.

В работе [2] предложен алгоритм оптимизации лезвийной обработки материалов с использованием CAD/CAE/CAM-систем (рис. 1). На основе разработанного алгоритма были созданы основные блоки САПР для оптимизации процесса резания с учетом его динамической составляющей, налажено взаимодействие между ними. Работа предлагаемой САПР требует сложных вычислений и обработки большого количества информации. Отсюда встает вопрос увеличения производительности данной системы и точности ее вычислений. Задачу предлагается решать через исследование возможностей применения методов искусственного интеллекта в работе блоков разрабатываемой САПР. В частности рассматриваются возможности применения искусственного интеллекта, искусственных нейронных сетей и методов нечеткой логики в математическом моделировании процессов механической обработки материалов и для определения их управляющих параметров.

Моделирование производственных процессов, в частности процессов резания, во многих случаях является базой для построения САПР. Аналитические модели рассматриваемых процессов можно построить, как правило, только при значительном упрощении. Поэтому при исследовании процесса резания довольно часто прибегают к нейросетевому моделированию. В данном случае нейронная сеть, призвана служить в качестве модели процесса резания.

В ряде случаев нейронные сети и физико-математические модели могут составлять единую модель, например, когда внешние условия описываются уравнениями кинетики, а отклик системы - нейронной сетью. Иногда используются гибридные нейронные модели, параметры которых являются нечеткими [1].

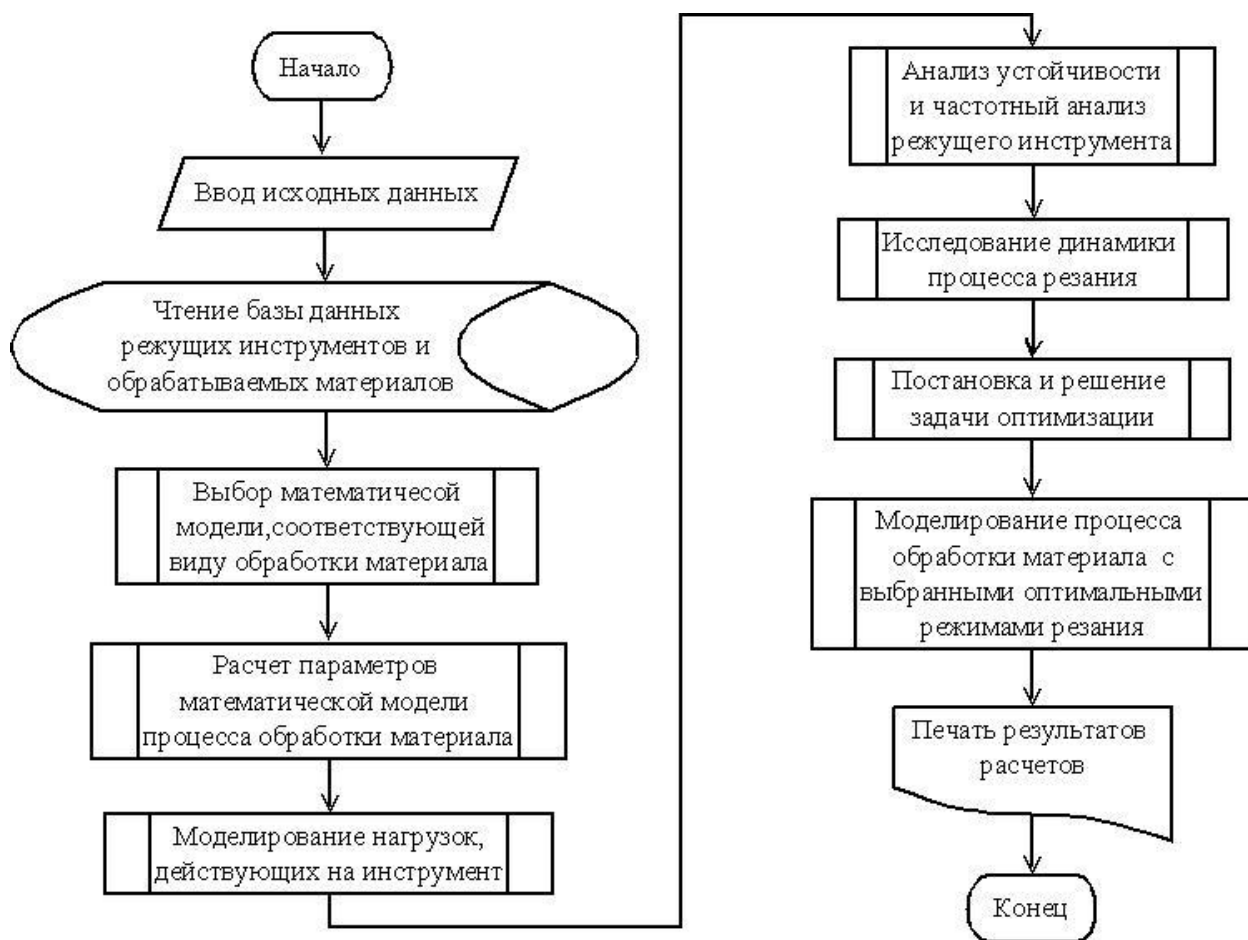


Рисунок 1. Обобщенная блок-схема проектирования процессов резания

Нейросетевые модели при исследовании процесса резания используются для выбора оптимальных параметров (в частности режимов резания), выбора инструмента для обработки материала в зависимости от некоторых начальных условий, сбора и обработки информации, поступающей с датчиков системы, других целей. Однако мало проведено исследований в области нейросетевого моделирования процесса резания с учетом его динамической составляющей.

Так же в САПР методы искусственного интеллекта могут быть использованы для создания экспертных систем. Экспертные системы – вычислительные информационные системы, в которые включены знания специалистов о некоторой конкретной области и которые в пределах этой области способны принимать экспертные решения [3]. Экспертные системы являются сложным программным комплексом, аккумулирующим знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующих этот эмпирический опыт для консультации менее квалифицированных пользователей. Применительно к разрабатываемой САПР данные системы могут быть использованы при задании начальных условий. В частности это может быть выбор необходимого режущего инструмента, определение материала его режущей части. Так же экспертные системы могут быть полезны и при работе основных бло-

ков программы. Они способны увеличить точность и производительность расчетов конструктивных и режимных параметров процессов резания.

В последнее время существует тенденции к комбинации нейронных сетей и экспертных систем. В результате подобного объединения нейронная сеть будет обрабатывать внешние данные полученные системой. В то время как экспертной системе отводится роль высшего звена, которое, зная достоверный уровень нейронной сети принимает решение по каждой конкретной задаче. Существует мнение, что подобная гибридная система более эффективна, чем каждая из систем искусственного интеллекта, используемая по отдельности.

Таким образом применение различных методов искусственного интеллекта для разработки САПР процессов механической обработки материалов позволит увеличить производительность системы, увеличить скорость обработки входных данных, повысить точность вычислений и облегчит решение трудноформализуемых задач, возникающих в процессе проектирования.

Список используемых источников

1. Методы искусственного интеллекта для синтеза проектных решений: учебное пособие / В.Е. Подольский, И.Л. Коробова, И.В. Милованов, И.А. Дьяков, Н.В. Майстренко. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.

2. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов, В. Г. Однолько. – М.: Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

3. Ручкин В.Н. Универсальный искусственный интеллект и экспертные системы / В.Н. Ручкин, В.А Фулин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 240 с.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В МЕТОДЕ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Фомин А.А., Попов О.Н., Rogov И.В., Майникова Н.Ф.

ФГБОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

Численно исследован метод неразрушающего определения ТФС полимерных материалов (на примере полиамида блочного марки ПА-6) с учетом возможного структурного превращения, определяемого по изменениям скоростей нагрева объекта в контролируемых точках его поверхности от двух линейных нагревателей постоянной мощности.

Теоретическое обоснование метода неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) и расчетные зависимости их значений представлены в работе [1].

Схема расположения термоприемников и нагревателей в подложке измерительного зонда (ИЗ) представлена на рис 1.

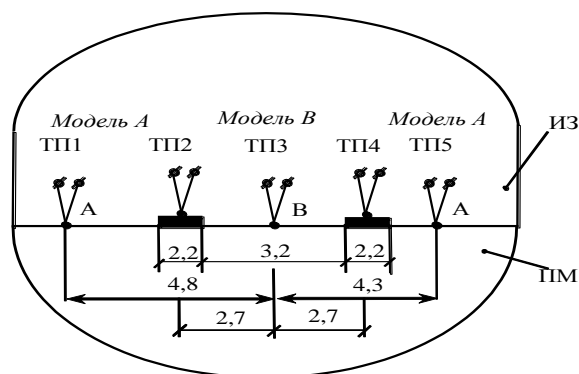


Рисунок 1. Схема расположения термоприемников и нагревателей в подложке зонда

Согласно схеме расположения термоприемников и нагревателей в подложке зонда (рис. 1) и измерительной схеме метода (рис. 2), тепловое воздействие на исследуемое полимерное тело, имеющее равномерное начальное температурное распределение, осуществляется с помощью двух линейных нагревателей постоянной мощности, встроенных в подложку измерительного зонда. Начальное температурное распределение контролируется одновременно пятью термоэлектрическими преобразователями, расположенными на поверхности подложки измерительного зонда. Нагреватели, выполненные в виде полос шириной $2h = 2,2$ мм, расположены на расстояниях 2,7 мм по обе стороны от центральной оси измерительного зонда. Один термоприемник расположен на линии центральной оси зонда, остальные термоприемники находятся по обе стороны от нее на расстояниях 4,3 и 4,8 мм [2 – 4].

Возможен расчет первой производной по времени от температуры, выражающей скорость (V) изменения этой величины на кривых температурных зависимостей от времени, что позволяет осуществлять неразрушающий контроль значений температуры структурных переходов в полимерных материалах без дополнительной калибровки измерительной системы.

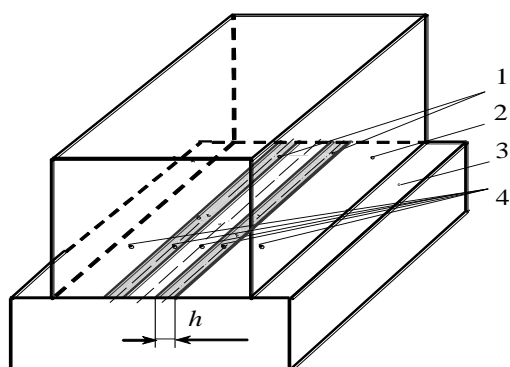


Рисунок 2. Измерительная схема: 1 – нагреватель, 2 – подложка измерительного зонда, 3 – исследуемое тело, 4 – термоприемники.

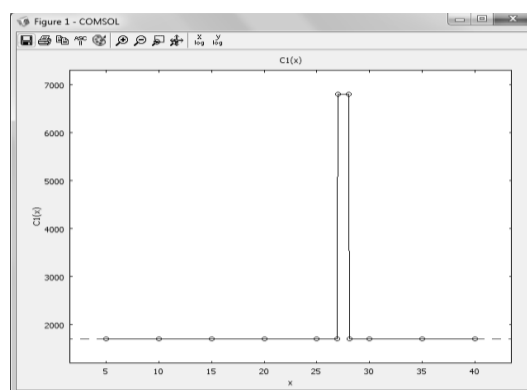


Рисунок 3. Графическое отображение скачка теплоемкости при структурном превращении в ПА - б.

В результате проведенного численного моделирования теплопереноса методом конечных элементов в соответствии с измерительной схемой (рис.2) получены термограммы в заданных точках контроля (рис.3). Моделирование проводилось при следующих условиях: подложка измерительного зонда выполнена из пенополиуретана марки «Рипор» ($\lambda = 0,028$ Вт/(м·К), $c = 1050$ Вт/(м·К), $\rho = 50$ кг/м³); объект исследования – полиамид блочный, ПА – 6 ($\lambda = 0,3$ Вт/(м·К), $c = 1750$ Вт/(м·К), $\rho = 1550$ кг/м³). Режимные характеристики: тепловая мощность на нагревателе задавалась в интервале от 4,2 до 7,5 Вт; частота дискретизации $\Delta\tau = 0,5$ с.

Твердофазный структурный переход в ПА – 6, сопровождающийся эндотермическим тепловым эффектом, моделировали скачком теплоемкости в интервале от 27,5 до 29,5 °С (рис. 3).

На рис. 4 представлены зависимости скорости нагрева исследуемой точки поверхности изделия от температуры при различных значениях теплового потока: 1) $q_1 = 5000$ Вт/м²; 2) $q_2 = 6000$ Вт/м²; 3) $q_3 = 7000$ Вт/м²; 4) $q_4 = 8000$ Вт/м²; 5) $q_5 = 9000$ Вт/м².

Твердофазное структурное превращение явно проявилось в исследуемой точке полимерного объекта (на линии центральной оси измерительного зонда) при достижении температуры структурного перехода по мере нагревания в соответствующее время.

Из представленных данных видно, что твердофазное превращение в ПА – 6, сопровождающееся поглощением тепла, проявилось на зависимостях $V = f(T)$ в узком интервале значений температуры от 27,5 до 29,5 °С.

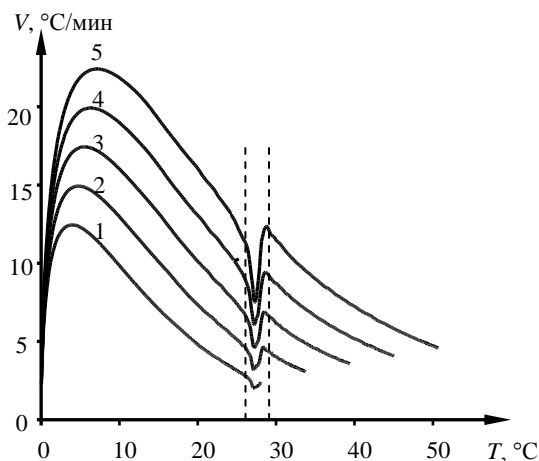


Рисунок 4. Зависимость: $V = f(T)$: 1) $q = 5000$ Вт/м²; 2) $q = 6000$ Вт/м²; 3) $q = 7000$ Вт/м²; 4) $q = 8000$ Вт/м²; 5) $q = 9000$ Вт/м².

Таким образом, структурные превращения в полимерных материалах, сопровождающиеся тепловыми эффектами, могут быть зафиксированы разработанным методом по изменениям скорости нагрева.

Список используемых источников

1. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С.В. Мищенко,

Ю.Л. Муромцев, Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова, И.В. Рогов, О.Н. Попов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.

2. Жуков, Н.П. Способ неразрушающего определения теплофизических свойств твердых материалов // Инженерно – физический журнал. – 2004. – Т.77, №5. – С.139 –145.

3. Жуков, Н.П. Моделирование процесса теплопереноса от линейного источника тепла при теплофизических измерениях // Инженерно – физический журнал. – 2005. – Т.78, №3. – С. 86 – 95.

4. Жуков, Н.П. Метод и прибор для неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов // Приборостроение и средства автоматизации. – 2005. – №1. – С.18 – 22.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Глебов А.О.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
glebov.alex@inbox.ru*

Точность современных инженерных расчетов во многом определяется уровнем достоверности исходной информации. При моделировании электромагнитных полей погрешность в определении свойств материалов приобретает первостепенное значение.

Процесс распространения электромагнитного поля описывается системой дифференциальных уравнений Максвелла [1]. Материальные уравнения системы включают электрическую проводимость и магнитную проницаемость среды. Наибольшие затруднения вызывает определение последней величины. Известно, что магнитная проницаемость ферромагнитных материалов зависит от напряженности магнитного поля \mathbf{H} и выражается в виде отношения индукции поля \mathbf{B} к его напряженности \mathbf{H} .

Учет непостоянства магнитной проницаемости при моделировании электромагнитных полей существенно усложняет задачу. Более того, современные системы КЭ-анализа не позволяют выполнять трехмерный электромагнитный нелинейный квазистационарный (гармонический) расчет. Одна из основных проблем – возникающие вследствие нелинейных характеристик материала искажения синусоидальной формы кривой тока или напряжения, которые не позволяют рассматривать задачу как гармоническую. Существуют два основных направления решения данной проблемы: 1) нестационарный нелинейный расчет; 2) приближенный линейный гармонический расчет.

Нестационарность процесса увеличивает время расчета в десятки раз. Данное обстоятельство делает трехмерный нелинейный анализ реальных

электромагнитных систем неприменимым на текущем уровне развития вычислительной техники. В связи с этим актуальным представляется переход от нелинейной задачи к задаче линейной. Отметим, что подобный переход не может быть полностью эквивалентным, поскольку, как было замечено выше, наличие ферромагнитных материалов изменяет форму кривой тока.

Замену несинусоидальных кривых целесообразно выполнять таким образом, чтобы активная мощность в системе оставалась неизменной [1]. Другими словами, требуется найти такое значение магнитной проницаемости, при котором средние за период значения активной мощности одинаковы в линейном и нелинейном расчетах.

Для проведения исследования влияния различных параметров электромагнитной системы на выделяемую мощность и искомую магнитную проницаемость использовалась двумерная осесимметричная модель диска с размещенным внутри индуктором (см. рис. 1). Все расчеты проводились в системе конечно-элементного анализа ANSYS.

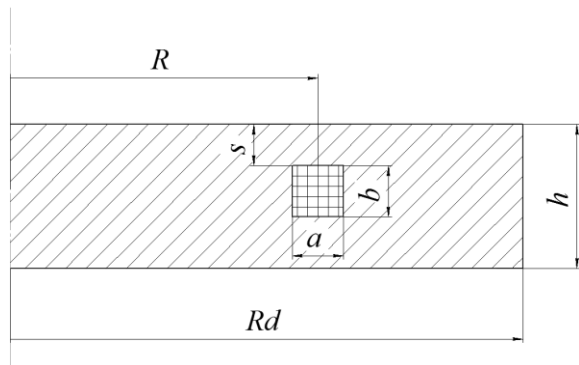


Рисунок 1. Геометрия модели

В данной работе использовалось понятие магнитодвижущей силы (МДС), которая связана с напряженностью магнитного поля \mathbf{H} следующим уравнением

$$F_m = \oint \mathbf{H} d\mathbf{l}.$$

При этом МДС индуктора определяется по формуле

$$F_m = I\omega,$$

где I – сила тока, А; ω – число витков.

Согласно современным научным взглядам на электромагнитное поле, МДС имеет физический смысл энергии магнитного поля, создаваемого в единицу времени единицей электрического тока, протекающего внутри замкнутого контура [2]. МДС является основной энергетической характеристикой индуктора, от которой напрямую зависит активная мощность системы. На характеристики электромагнитного поля соотношение величин I и ω при фиксированной геометрии индуктора влияния не оказывает, важно лишь их произведение.

Для определения постоянной магнитной проницаемости по известной кривой намагничивания предлагается следующий алгоритм:

- 1) проведение двумерного нелинейного расчета при заданной МДС и вычисление активной мощности;
- 2) поиск путем проведения серии линейных расчетов такой магнитной проницаемости, при которой активные мощности в линейном и нелинейном анализах будут отличаться не более чем на заданную величину погрешности.

В ходе проведения вычислительных экспериментов было установлено:

- 1) наибольшее влияние на магнитную проницаемость наряду с МДС оказывает геометрия паза индуктора;

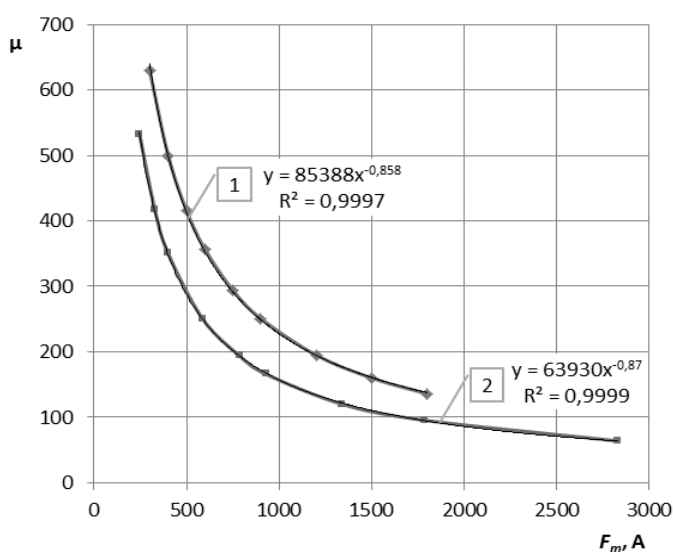
2) влияние его радиуса R (см. рис. 1) незначительно и объясняется кольцевым эффектом [3];

3) удаленность индуктора s от внешних поверхностей диска отражается на результатах лишь в том случае, если эта величина не превышает удвоенной глубины проникновения электромагнитной волны в рассматриваемое ферромагнитное тело;

4) коэффициент заполнения индуктора (доля «чистого» провода в общем объеме паза) при фиксированной величине тока влияет только на тепловыделение самого индуктора вследствие омического нагрева обмотки;

5) метод расположения витков внутри паза, а также наличие или отсутствие зазоров не оказывают влияния на индуцируемые вихревые токи.

С использованием предложенного подхода для индуктора с размером поперечного сечения 25×25 мм построена зависимость магнитной проницаемости от МДС индуктора, имеющая вид степенной функции (см рис. 2, кривая 1). Уравнение аппроксимации с величиной ее достоверности R^2 приведены на диаграмме. Результаты получены для усредненной кривой намагничивания конструкционной стали [3].



При построении кривой магнитной проницаемости учитывалось только значение активной мощности. При переходе от источника тока к источнику напряжения данное обстоятельство становится критическим, поскольку коэффициенты мощности в нелинейном и линейном анализе не совпадают. Следовательно, использование кривой, полученной при задании источника тока, в задачах с источником напряжения приводит к ошибочным результатам. В такой ситуации следует использовать соответствующую кривую для источника напряжения (см. рис. 2, кривая 2).

Рисунок 2. Зависимость магнитной проницаемости от МДС индуктора: 1 – при подключении к источнику тока; 2 – при подключении к источнику напряжения

Следовательно, использование кривой, полученной при задании источника тока, в задачах с источником напряжения приводит к ошибочным результатам. В такой ситуации следует использовать соответствующую кривую для источника напряжения (см. рис. 2, кривая 2).

Список используемых источников

1 Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники [Текст]: В 3-х т. Учеб. для вузов. Т 3. – 4-е изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. – СПб.: Питер, 2004. – 377 с.

2 Трунов Г.М. Коррекция электромагнитных единиц СИ [Текст] // Законодательная и прикладная метрология, 2003, №6. С. 45-50.

3 Слухоцкий А.Е. Индукторы для индукционного нагрева [Текст] / А.Е. Слухоцкий, С.Е. Рыскин. – Л., «Энегррия», 1974. – 264 с.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕЛАКСАЦИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ

Гусев М.П., Данилов В.Л.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, gusev.m.p@yandex.ru, vldanilov@mail.ru.

Тепловыделяющая сборка (ТВС) является частью активной зоны атомного реактора. ТВС состоит из кассеты тепловыделяющих элементов (ТВЭлов), в которых происходит энерговыделение. Внутри активной зоны реакторной установки снизу вверх протекает теплоноситель, забирающий энергию от тепловыделяющих элементов. Отвод энергии из активной зоны происходит за счет теплообмена между ТВЭлами и теплоносителем.

В таких условиях работы тепловыделяющая сборка находится под действием температурного и нейтронного полей. Высокая температура и нейтронное облучение вызывают в ТВС процессы релаксации во всех нагруженных элементах сборки. За счет релаксации происходит ослабление натягов и уменьшение сжимающих сил, что в свою очередь, снижают общую жесткость конструкции ТВС.

Способность конструкции сохранять требуемую жесткость для нормальной работоспособности при релаксации нагруженных узлов сборки является релаксационной стойкостью ТВС.

Рассмотрим факторы, влияющие на релаксационную стойкость ТВС. Условно их можно разделить на факторы, относящиеся к свойствам среды, в которой расположена сборка и на факторы, относящиеся к особенностям конструкции сборки.

К факторам среды относятся такие параметры как температура и давление теплоносителя, давление, действующее внутри тепловыделяющего элемента, а также флукс и флюенс нейтронов. Для оценки влияния параметров среды на работоспособность реакторной установки, проводят измерение этих параметров в течение рабочего цикла активной зоны, создают математические модели поведения активной зоны и, в частности ТВС, а затем сравнивают экспериментальные и расчетные показатели. На основе анализа факторов среды создают эмпирические зависимости, которые затем используют в математических моделях.

К факторам, связанным с конструкцией ТВС и влияющим на релаксационную стойкость, можно отнести особенности исполнения узлов сборки. К примеру, в верхней части ТВС расположен пружинный блок, поджимающий сборку, и удерживающий ее от всплытия в потоке теплоносителя (рис. 1).

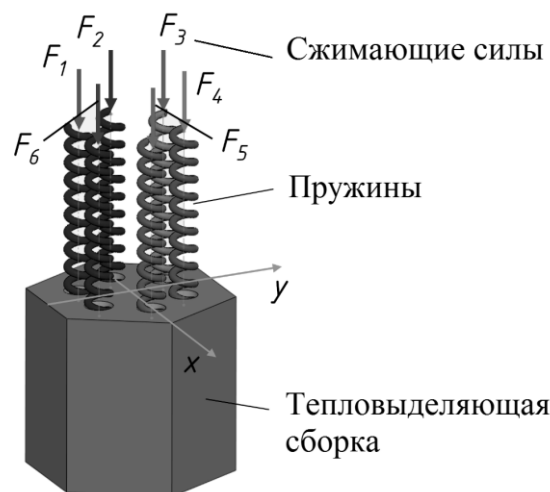


Рисунок 1. Схема пружинного блока тепловыделяющей сборки.

Пружины в блоке, создают сжимающие силы F_i , и в процессе работы реакторной установки, происходит релаксация этих сил.

Авторами было проведено исследование релаксации пружин в блоке посредством математического моделирования и выявлено, что релаксация каждой пружины происходит неодинаково, то есть в текущий момент времени сжимающие силы в пружинах не равны друг другу [1-6]. Расчет, на основе созданной математической модели показал, что неравенство сжимающих сил в пружинах приводит к значительному эксцентриситету равнодействующей силы и к дополнительному продольно-поперечному изгибу сборки. Очевидно, что дополнительный продольно-поперечный изгиб сборки влияет на деформирование ТВС, а ослабление сжимающих сборку пружинных сил будет снижать жесткость конструкции.

Другой фактор, влияющий на релаксационную стойкость ТВС, это конструктивное исполнение места соединения ТВЭла и дистанционирующей решетки. На рис. 2 схематично показаны ТВЭлы, соединенные друг с другом дистанционирующей решеткой.

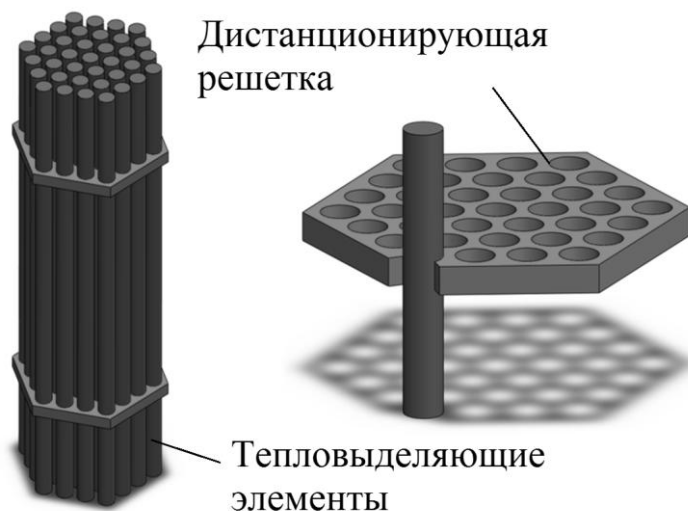


Рисунок 2. Схема соединения тепловыделяющих элементов и дистанционирующей решетки.

ТВЭЛ соединен с решеткой посредством натяга. В экстремальных условиях работы ТВС контактное давление между ТВЭлом и решеткой ослабевает, и такое ослабление значительно влияет на жесткость ТВС.

В настоящее время существуют расчетные модели, позволяющие оценить снижение контактного давления, вследствие релаксации. Такие модели внедрены в расчетные коды для определения деформирования ТВС в целом.

Расчетные коды позволяют учесть проскальзывание ТВЭлов в узлах дистанционирующей решетки в продольном направлении и прокручивание ТВЭла вокруг его собственной оси. Однако основным допущением этих моделей является предположение жесткого защемления ТВЭла в ячейке дистанционирующей решетки, что не является физически оправданным, но позволяет значительно упростить модель деформирования ТВС и к ее расчету применить принцип плоских сечений.

Авторами разработана математическая модель, позволяющая определять релаксацию контактного взаимодействия между ТВЭлом и дистанционирующей решеткой. Математическая модель построена на основе конечно-элементной расчетной схемы. Задача контактного взаимодействия решается с использованием альтернирующего метода Шварца [7].

Результаты расчета показывают, что ослабление натягов между ТВЭлами и дистанционирующими решетками является немаловажным фактором, влияющим на релаксационную стойкость ТВС.

Список используемых источников

1. Бойл Дж., Спенс Дж. Анализ напряжений в конструкциях при ползучести: Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 360 с.
2. Review of fuel failures in water cooled reactors. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. 191 p.
3. Гусев М.П., Данилов В.Л. Анализ эксцентриситета силы пружинного блока тепловыделяющей сборки // Известия высших учебных заведений. Сер. Машиностроение. - 2013. - Вып. №6. - С. 12-16.
4. Гусев М.П., Данилов В.Л. Релаксация пружин головной части тепловыделяющей сборки // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. - 2012. - Специальный выпуск №6. - С. 139-147.
5. Гусев М.П., Данилов В.Л. Релаксационная стойкость винтовой цилиндрической пружины в условиях нейтронного облучения // Наука и образование. Электрон. журн. - 2012. - № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/402924.html> (дата обращения 08.07.2013)
6. Chaplin, D., et al., "EFG Fuel designs and experience in EDF reactors", TopFuel 2006, Salamanca, 2006.
7. Станкевич И.В. Численное решение контактных задач с учетом деформации ползучести // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. - 2012. - Вып. №4. - С. 145-153.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРУГИХ ВИДОВ ПОЛЯРИЗАЦИИ КОНДЕНСИРОВАННОГО ОБРАЗЦА (НА ПРИМЕРЕ ВОДЫ)

Ланина С.Ю., Еремина В.В.

Амурский государственный университет, г. Благовещенск

Swetl.lanina@yandex.ru

В настоящее время для решения некоторых прикладных задач требуется интеграция подходов из различных областей знаний. Подобные задачи можно отнести к области знаний, находящейся на стыке традиционной физики и теории управлений, которую принято называть кибернетической физикой. Принципиальное отличие любой кибернетической модели, состоит в том, что при построении ее структурной модели для каждого элемента системы всегда указывается соответствующие входы, выходы и связи между ними. Приложение методов кибернетической физики непосредственно к моделированию характеристик оказывается полезным при оценки степени адекватности существующих и разрабатываемых математических моделей экспериментальным данным.

Вода является чрезвычайно распространенным в природе веществом, что объективно вызывает неослабевающий интерес к изучению ее свойств. Это обстоятельство обуславливает существование многочисленных экспериментальных данных, отражающих особенности взаимодействия этого вещества с электромагнитными волнами различных частот – от вакуумной ультрафиолетовой области оптического спектра до его технического диапазона позволяющих достоверно оценить адекватность моделей, используемых для описания физических процессов, происходящих в аналогичных средах. Кроме того, исследуемая полярная жидкость обладает практически всеми видами смещения зараженных частиц, вызываемых действием слабого электрического поля.

Одной из важнейших физико-химических характеристик воды является ее оптический показатель преломления. Поэтому его адекватное моделирование, является важной задачей в теории поляризации диэлектриков.

Для упругой электронной поляризации молекулы H_2O , на основе системной модели упругой электронной поляризации диэлектрика [1], была получена следующая модель [2]:

$$\frac{d^2 \mu_l(t)}{dt^2} + 2b_l \frac{d\mu_l(t)}{dt} + \omega_{0l}^2 \mu_l(t) = \frac{2e^2}{m_e} E(t), \quad l = \overline{1,4}; \quad (1)$$

где – $\mu_l(t)$ дипольные моменты; b_l - соответствующие коэффициенты затухания колебаний; ω_{0l} - собственные частоты колебаний; m_e, e – масса и величина элементарного заряда; E – напряженность эффективного поля.

Упругая ионная поляризация, обусловленная двумя видами колебаний: валентными и деформационными. Валентные колебания молекулы воды, соответствующие изменению длины связей OH , описываются следующей системой дифференциальных уравнений [2]:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \mu_1(t)}{dt^2} + 2b_1 \frac{d\mu_1(t)}{dt} + \omega_{01}^2 \mu_1(t) = \frac{e^2 E(t)}{m} \cdot \frac{2}{\pi} \\ \frac{d^2 \mu_2(t)}{dt^2} + 2b_2 \frac{d\mu_2(t)}{dt} + \omega_{02}^2 \mu_2(t) = \frac{e^2 E(t)}{m} \left(\frac{\sin \alpha + \cos \alpha}{\pi/2} \right) \end{cases} \quad (2)$$

где μ_1, μ_2 – дипольные моменты каждой из связей $O-H$; b_1, b_2 – соответствующие коэффициенты затухания колебаний; ω_{01}, ω_{02} – собственные частоты колебаний; m – масса иона водорода; e – величина элементарного заряда; E – напряженность эффективного поля; α – валентный угол молекулы воды.

Для деформационных колебаний, связанных с изменением величины угла между связями $O-H$ в молекуле, получена система дифференциальных уравнений вида [2]:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \mu_1(t)}{dt^2} + 2b_1 \frac{d\mu_1(t)}{dt} + \omega_{01}^2 \mu_1(t) = \frac{\mu_0^2 E(t)}{I} \cdot \frac{1}{2} \\ \frac{d^2 \mu_2(t)}{dt^2} + 2b_2 \frac{d\mu_2(t)}{dt} + \omega_{02}^2 \mu_2(t) = \frac{\mu_0^2 E(t)}{I} \left(\frac{1}{2} - \frac{\sin 2\alpha}{\pi} \right) \end{cases} \quad (3)$$

где μ_0 – собственный дипольный момент молекулы; I – момент инерции

Уравнение описывающие упругую дипольную поляризацию может быть получена при помощи теории вынужденных колебаний. А ее математическая модель имеет вид [3]:

$$\frac{d^2 \mu(t)}{dt^2} + 2b \frac{d\mu(t)}{dt} + \omega_0^2 \mu(t) = \mu_0 F_0 e^{i\omega t} \cdot \sin \theta_i \quad (4)$$

Для проверки эффективности полученных математических моделей был проведен вычислительный эксперимент, направленный на имитационное моделирование спектра оптического показателя преломления воды и оценку полученных результатов на фоне данных физических измерений.

Методика проведения вычислительного эксперимента заключалась в следующем: во-первых, на базе выражений (1), (2), (3), (4) рассчитывались частотные характеристики комплексных ионных и дипольных поляризуемостей молекулы H_2O для диапазона длин волн от 10^{-6} до $3 \cdot 10^{-4}$ м, который соответствует области установления рассматриваемых видов поляризации; во-вторых, на основании полученных числовых массивов рассчитывались частотные характеристики комплексной диэлектрической проницаемости воды в

рамках кибернетической модели, имеющей вид: $\tilde{\epsilon} = 1 + \frac{2}{3\epsilon_0} \sum_{i=1}^L \tilde{\alpha}_i N_i$, веществ-

венная и мнимая частотные характеристики $\varepsilon'(\omega)$ и $\varepsilon''(\omega)$ представляют собой уравнения: $\varepsilon'(\omega) = 1 + \frac{2}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^L \alpha_i'(\omega) N_i$; $\varepsilon''(\omega) = \frac{2}{3\varepsilon_0} \sum_{i=1}^L \alpha_i''(\omega) N_i$, где $\alpha_i'(\omega)$ и $\alpha_i''(\omega)$

– вещественные и мнимые частотные характеристики комплексных поляризуемостей частиц; в-третьих, с помощью уравнения

$n(\omega) = \sqrt{\frac{\varepsilon'(\omega) + \sqrt{\varepsilon'^2(\omega) + \varepsilon''^2(\omega)}}{2}}$ вычислялась частотная зависимость опти-

ческого показателя преломления, значения аргумента которой затем пересчитывались в эквивалентные длины волн по формуле $\lambda = 2\pi c/\omega$ для получения требуемого длинноволнового спектра $n(\lambda)$; в-четвертых, строились совместные графики аналитически найденной характеристики и ее физического аналога (рис.1).

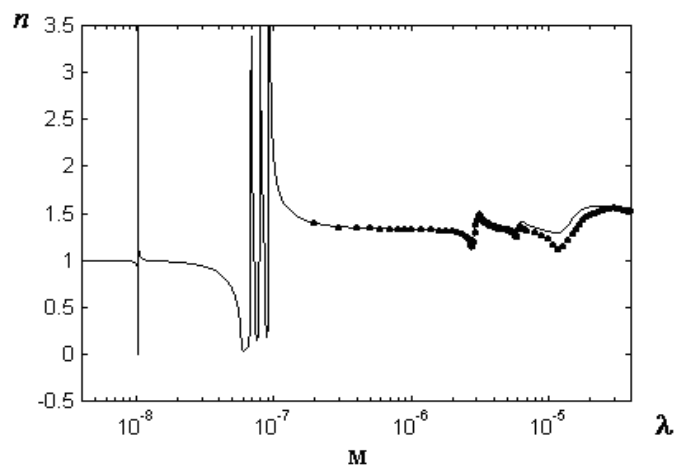


Рисунок 1. Спектр оптического показателя преломления воды на основании моделей (1), (2), (3), (4).

На приведенном графике точечный массив соответствует практическим измерениям зависимости $n(\lambda)$ [4], сплошная линия отражает результаты имитационного моделирования. Анализ полученных результатов показал, что моделируемый спектр достаточно адекватен реальным оптическим свойствам воды в областях установления упругих видов поляризации молекулы H_2O .

Список используемых источников

1. Еремин И.Е., Еремина В.В., Костюков Н.С. Оверчук В.А. Элементы параметрического синтеза линейной модели процесса упругой электронной поляризации // Информатика и системы управления. 2003. № 1(5). С.26-32.
2. Еремина В.В., Костюков Н.С., Тюрина С.Ю. Моделирование оптического спектра воды в области упругих видов поляризации. // Информатика и системы управления. 2003. №2(6) С. 9-14.
3. Еремина В.В., Костюков Н.С., Тюрина С.Ю. Моделирование оптического спектра воды в области упругой ионной поляризации воды. // Информатика и системы управления. 2004. №2(8) С. 32-39.
4. Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред: Справочник. Л.: Химия, 1984.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУР В СМАЗОЧНОМ СЛОЕ В РЕЖИМЕ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

*Ляшенко Я.А., Борисюк В.Н., Грицына Е.С., Смирнова К.В.
Сумский государственный университет, 40007 Сумы, Украина
nabla04@ukr.net*

В работах [1,2] исследуется модель граничного трения, построенная на основе трех самосогласованных дифференциальных уравнений для сдвиговой компоненты тензора напряжений σ , возникающих в смазочном слое, сдвиговой компоненты относительных деформаций ε , а также температуры смазки T . Модель является синергетической, поскольку формально сводится к хорошо известной системе Лоренца [3,4], в которой упругие сдвиговые напряжения играют роль параметра порядка, сопряженное поле сводится к упругой сдвиговой деформации, а температура представляет управляющий параметр. Известно, что система Лоренца используется для качественного описания фазовых термодинамических, а также кинетических превращений. Однако, в указанных работах изучается однородная по пространству система, где все параметры равны своим усредненным значениям по объему смазочного слоя. В предлагаемой работе исследуется общий пространственно-неоднородный случай, описание которого становится возможным при модификации исходной системы уравнений [1,2] с помощью учета соответствующих градиентных вкладов¹ [5,6]:

$$\tau_\sigma \dot{\sigma} = D_\sigma \nabla^2 \sigma - \sigma + g\varepsilon, \quad (1)$$

$$\tau_\varepsilon \dot{\varepsilon} = D_\varepsilon \nabla^2 \varepsilon - \varepsilon + (T - 1)\sigma, \quad (2)$$

$$\tau_T \dot{T} = D_T \nabla^2 T + (T_e - T) - \sigma\varepsilon + \sigma^2, \quad (3)$$

где величина T_e представляет температуру поверхностей трения. Здесь также введены константа $g < 1$, численно равная отношению модуля сдвига смазки G к его характерному значению G_0 , и времена релаксации напряжений, деформации и температуры τ_σ , τ_ε , τ_T , соответственно. В работах [1,2] показано, что нулевые стационарные напряжения σ_0 соответствуют твердоподобной структуре смазочного материала, а при $\sigma_0 \neq 0$ смазка плавится с переходом в жидкоподобное состояние. Данные выводы подтверждаются как теоретически [7], так и экспериментально [8]. В рамках данной работы предполагается, что во всех уравнениях $\nabla^2 = \partial/\partial x + \partial/\partial y$, где x и y – координаты по плоскости смазочного материала. Таким образом, учитывается неоднородность по плоскости смазки.

Для численного решения системы уравнений (1)–(3) будем использовать явную разностную схему, которая является условно устойчивой, где ус-

¹Уравнения (1)–(3) записаны в безразмерных величинах. Единицы измерения и подробная процедура получения этих уравнений приведена в [1].

тойчивость достигается в случае, когда шаг интегрирования по времени намного меньше шага интегрирования по координате. Начальные условия по плоскости контакта выбраны случайным образом при помощи реализации функции Бокса-Мюллера, задающей Гауссово распределение. При этом для начального распределения напряжений и деформаций по плоскости контакта выбираются как отрицательные, так и положительные значения, а температура принимает только положительные значения. Рассчитанные пространственные распределения напряжений приведены на рис. 1

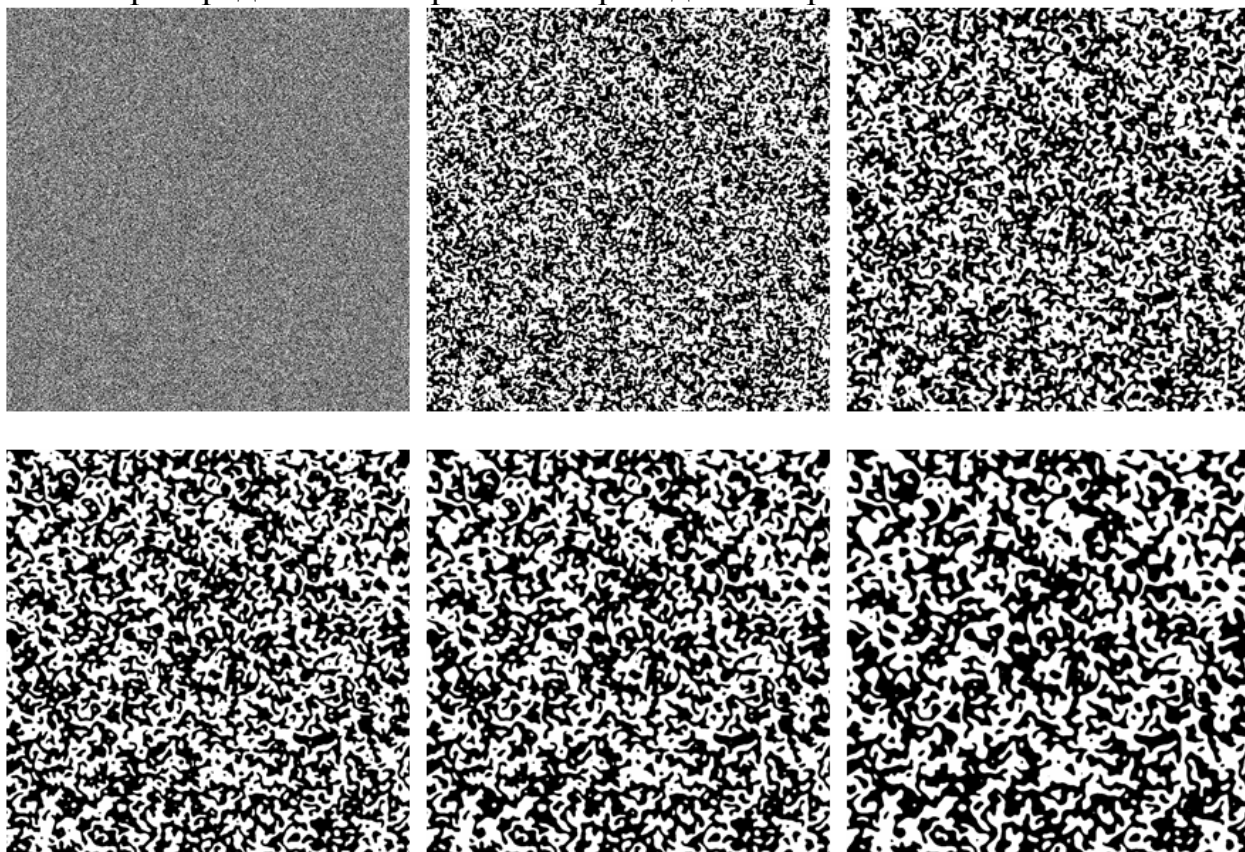


Рисунок 1. Пространственные реализации напряжений σ для шести последовательных моментов времени ($t = 0.01, 4.00, 10.00, 15.01, 20.02, 29.98$). Черные области соответствуют значениям $\sigma < 0$, для белых $\sigma > 0$. Моделирование проведено при параметрах $\tau_\sigma = \tau_\varepsilon = \tau_T = 1$, $g = 0.5$, $T_e = 30$, $D_\sigma = D_\varepsilon = D_T = 10^{-4}$.

При моделировании шаги интегрирования по времени и координате составляли соответственно $dt = 2 \cdot 10^{-5}$ и $H = 0.01$, причем обе координатные оси разбивались на 1000 точек, т.е. координаты изменялись от 0 до 10 в абсолютных значениях. Из рисунка видно, что на начальном этапе черные и белые области раскиданы хаотическим образом (согласно выбранным начальным условиям), однако с течением времени за счет процессов самоорганизации формируется определенная упорядоченная структура, которая не является стационарной, а эволюционирует с течением времени. Отметим, что уменьшение шага интегрирования по времени dt не влияет на вид приведенных рисунков, что говорит об адекватно выбранной точности вычислений.

На рисунке 2 дополнительно приведены зависимости фрактальных размерностей, структур, показанных на рис. 1, от времени t .

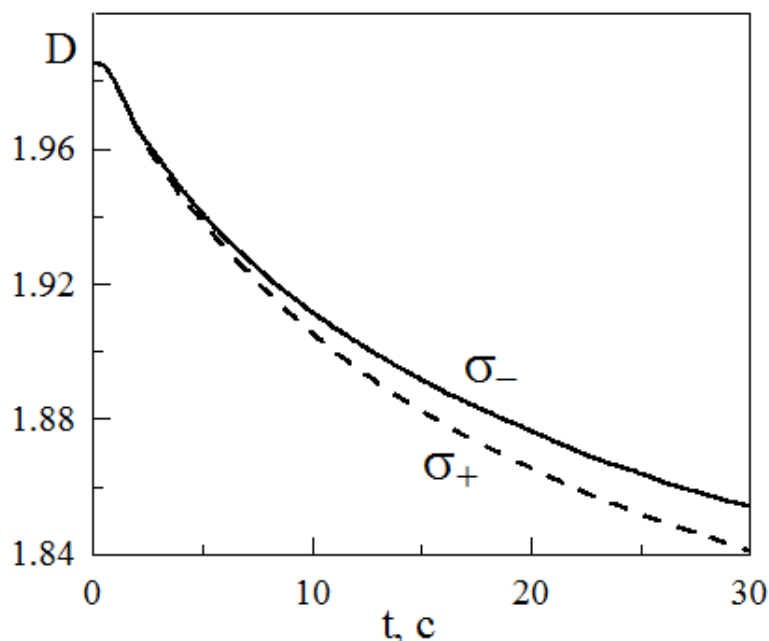


Рисунок 2. Зависимости фрактальных размерностей D черных (σ_-) и белых (σ_+) областей от времени t для пространственных распределений, часть из которых показана на рис. 1.

Размерности рассчитаны в рамках метода покрытий [9]. Из рисунка следует, что обе размерности с течением времени уменьшаются. Если продлить время наблюдения, то размерности после определенного момента времени t начнут возрастать, пока одна из них не станет равной 2, а вторая 0. Это происходит ввиду того, что в ходе эволюции системы в конечном итоге устанавливается ситуация, когда напряжения по плоскости контакта везде имеют одинаковое значение, поскольку происходит сдвиг поверхностей в одну сторону [1].

Список используемых источников

1. А.В. Хоменко, Я.А. Ляшенко, Успехи Физических Наук 182, 1081 (2012).
2. А.В. Хоменко, Я.А. Ляшенко, Трение и износ 31, 412 (2010).
3. E. N. Lorenz, Journal of Atmospheric Science 20, 130 (1963).
4. Хакен Г., Синергетика. М.: Мир, 1980.
5. L. B. Zuev, V. I. Danilov, International Journal of Solids Structures 34, 3795 (1997).
6. L. B. Zuev, V. I. Danilov, Philosophical Magazine A 79, 43 (1999).
7. В. Л. Попов, Журнал Технической Физики 71, 100 (2001).
8. S. Yamada, Langmuir 21, 8724 (2005).
9. Feder J., Fractals, New York: Plenum Publishers, 1988.

САМОПОДОБНОЕ ПОВЕДЕНИЕ В МОДЕЛИ СДВИГОВОГО ПЛАВЛЕНИЯ ПРИ ВЛИЯНИИ АДДИТИВНОГО ШУМА

Манько Н.Н., Ляшенко Я.А., Борисюк В.Н.

*Сумский государственный университет, 40007 Сумы, Украина
mtashan@rambler.ru*

В последнее время выяснено, что многие низкоразмерные системы показывают возможность плавления, вызванного сдвигом, так называемое "сдвиговое плавление". Это явление удобно изучать на примере ультрамягких металлов, в которых легко достигается нужное отношение напряжения к модулю сдвига. Стоит отметить, что такой вид плавления часто наблюдается в коллоидных кристаллах различного типа, а также при проскальзывании по границам зерен в режиме интенсивной пластической деформации, что может приводить к установлению малоизученного режима сверхпластичности.

В работе [1] предложена простая феноменологическая модель сдвигового плавления, которая может использоваться для описания систем различных типов. Построена динамическая фазовая диаграмма с различными режимами поведения системы, в зависимости от скорости деформации. Свое дальнейшее развитие указанная работа получила в [2], где при численном анализе основных уравнений исследуется относительное движение пары взаимодействующих атомарных слоев, которые могут как разупорядочиваться, так и образовывать упорядоченные структуры, характеризующиеся различными значениями введенного в описание структурного фактора. В [2] в рассмотрение вводится аддитивный шум, однако он введен скорее для того, чтобы система при любых начальных условиях приходила в стационарное состояние, и ничего не говорится о том, что шум может критическим образом влиять на характер поведения системы. Данная работа предпринята с целью выяснения такого влияния, а также с целью определения условий, при которых наблюдается самоподобное поведение системы, в котором невозможно выделить характерный масштаб параметра порядка.

Общее выражение для плотности свободной энергии для системы, претерпевающей сдвиговое плавление, в однородном случае может быть записано в виде [2]:

$$F(\rho, \theta) = \frac{a_1 \rho^2}{2} - \frac{b_1 \rho^3}{3} + \frac{c_1 \rho^4}{4} + \frac{\alpha \rho^2}{2} \left(\frac{a_2 \theta^2}{2} - \frac{b_2 \theta^3}{3} + \frac{c_2 \theta^4}{4} \right) \quad (1)$$

где параметр порядка ρ имеет смысл интенсивности брегговских рефлексов, а параметр θ описывает отклонения, возникающие при движении частиц, т.е. фактически представляет деформацию слоев. Для твердоподобного состояния при малых либо нулевых отклонениях $\theta = 0$. Также в твердоподобной фазе, когда мы имеем упорядочение, $\rho > 0$. Когда же система претерпевает плавление сдвигом, напротив, устанавливается стационарное значение $\rho = 0$. Отметим, что в [2] энергия (1) записана, основываясь на результатах моделирования броуновской динамики многочастичной модели. Анализируя полу-

ченые результаты авторы [2] выбирают параметры констант в потенциале (1): $a_1 = 0.85$, $b_1 = 5.8$, $c_1 = 8.0$, $a_2 = 1.3644$, $b_2 = 8.7105$, $c_2 = 13.674$. В дальнейшем мы также будем использовать эти значения. Отметим, что параметр связи α не является константой, и его влияние на поведение системы также исследуется в работе [2].

Используя энергию (1), можно записать систему эволюционных уравнений типа Ландау-Халатникова [2], которой может быть поставлено в соответствие двумерное уравнение Фоккера-Планка вида:

$$\begin{aligned} \frac{\partial P(\rho, \theta)}{\partial t} = & \frac{\partial}{\partial \rho} \left[\frac{1}{\gamma_\rho} \frac{\partial F'(\rho, \theta)}{\partial \rho} P(\rho, \theta) \right] + \frac{\partial}{\partial \theta} \left[\frac{1}{\gamma_\theta} \frac{\partial F'(\rho, \theta)}{\partial \theta} P(\rho, \theta) \right] + \\ & + D_\rho \frac{\partial^2}{\partial \rho^2} P(\rho, \theta) + D_\theta \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} P(\rho, \theta). \end{aligned} \quad (2)$$

В работе [2] численно рассматривается ситуация, когда одинаковы времена релаксации $\gamma_\rho = \gamma_\theta = \gamma$ и интенсивности шумов $D_\rho = D_\theta = D$. Остановимся здесь на случае, когда интенсивность одного из шумов многократно превышает интенсивность другого и покажем, что в этом случае устанавливается самоподобное поведение твердоподобной системы.

Для выяснения поведения системы в общем случае (когда не равны времена релаксации и не равны интенсивности шумов) можно решать общее уравнение Фоккера-Планка (2). Однако указанное уравнение является уравнением второго порядка в частных производных, что в некоторой степени усложняет ситуацию. Тем более, нас не интересует распределение вероятности процесса на начальном этапе, а интерес представляет только стационарный вид распределения. Это позволяет заменить решение соответствующего УФП (2) численным анализом исходной системы (процедура описана в работе [3]).

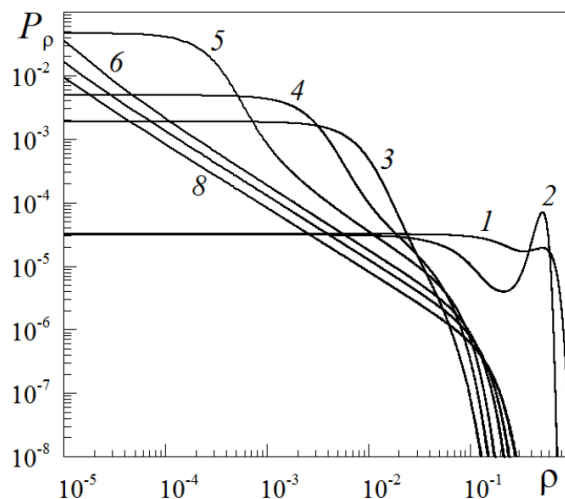


Рисунок 1. Плотность вероятности $P_\rho(\rho)$, рассчитанная при $D_\theta = 10^{-2}$. Кривые 1-8 отвечают значениям $D_\rho = 10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-5}, 10^{-10}, 10^{-15}, 10^{-25}$. Кривая 7 расположена между кривыми 6 и 8, цифрой на рисунке не показана.

На рис. 1 показана рассчитанная ненормированная плотность вероятности $P_\rho(\rho)$ для различных соотношений между величинами интенсивностей шумов, причем для всех кривых значение D_θ не изменяется. Из рисунка можно сделать вывод, что величина интенсивности шума D_ρ критическим образом влияет на поведение системы. Например, кривые 1 и 2 показывают поведение системы в двухфазной области, поскольку реализуются два максимума вероятности. Причем для кривой 1 более выражен максимум при $\rho = 0$, а кривая 2 соответствует случаю, когда система большее время находится в твердоподобном состоянии ($\rho \neq 0$). С уменьшением интенсивности шума D_ρ (кривые 3-8) двухфазная область пропадает, поскольку реализуется единственный нулевой максимум $P_\rho(\rho)$. Причем линейный участок вероятности при малых ρ с уменьшением интенсивности шума D_ρ становится меньше (кривые 3-5). Для кривых 6-8 уже выполняется условие

$$D_\theta \gg D_\rho, \quad (3)$$

которое в нашем случае в области малых значений параметра порядка ρ приводит к самоподобному виду плотности распределения. Дело в том, что в случае (3) в области малых ρ функция распределения становится однородной $P_\rho(\rho) \sim \rho^{-a}$ и отвечает самоподобной системе, для которой отсутствует характерный масштаб параметра ρ ($a < 1$ – показатель распределения). Отметим, что режиму самоорганизуемой критичности (СОК) отвечает значение $a = 1.5$. В случае, показанном на рис. 1, значение $a \approx 1$. Степенной вид функции распределения $P_\rho(\rho)$ ограничен и минимальным значением параметра ρ , которое уменьшается при уменьшении величины D_ρ .

В предлагаемой работе рассмотрена модель сдвигового плавления, которое наблюдается в коллоидных кристаллах различных типов. Данная модель описывает относительное движение пары взаимодействующих слоев, характеризующее различными значениями структурного фактора. Вводя в рассмотрение внешний аддитивный шум выяснено, что он критическим образом влияет на характер поведения системы и с ростом интенсивности шума увеличивается вероятность переходов между твердоподобным и жидкоподобным состояниями. Также рассматривается случай, когда интенсивность одного из шумов многократно превышает интенсивность другого и показано, что в этом случае устанавливается самоподобное поведение твердоподобной системы.

Список используемых источников

1. Lahiri, R. Shear-Induced Melting and Reentrance: A Model / R. Lahiri, S. Ramaswamy // *Physical Review Letters*. – 1994. – №73. – P. 1043-4.
2. Das, M. Collective stochastic resonance in shear-induced melting of sliding bilayers / M. Das, G. Ananthakrishna, S. Ramaswamy // *Physical Review E*. – 2003. – №68. – P. 061402-12.
3. Ляшенко, Я.А. Фазовый переход первого рода между жидкоподобной и твердоподобной структурами граничной смазки / Я.А. Ляшенко // *Журнал технической физики*. – 2012. – №82. – P.19-28.

ВЛИЯНИЕ ЗЕРНОГРАНИЧНЫХ ДИСЛОКАЦИЙ НА ДИНАМИКУ ВАКАНСИОННЫХ ПОР В ЗЕРНОГРАНИЧНОЙ ОБЛАСТИ

Маркидонов¹ А.В., Павловская² Е.П.

¹ *Филиал Кузбасского государственного технического университета
в г. Новокузнецке, Новокузнецк, markidonov_artem@mail.ru*

² *Кузбасская государственная педагогическая академия, Новокузнецк*

Материалы, из которых изготавливаются различные конструкционные узлы, как правило, являются поликристаллами, состоящими из отдельных зерен. Границы зерен играют немаловажную роль при рассмотрении различных радиационно-стимулированных явлений.

При изучении эволюции дефектных структур в материале, подверженному радиационному облучению, необходимо учитывать немаловажный фактор – возможность образования ударных послекаскадных волн [1]. Развитие каскада атомных столкновений до момента, при котором устанавливается максвелловское распределение сталкивающихся частиц по скоростям, происходит за время порядка 10^{-12} с, тогда как для равномерного рассеяния энергии по объему каскада волнами в решетке необходимо время 10^{-11} с [2]. В результате резкого расширения сильно разогретой каскадной области может возникнуть ударная волна.

Цель данной работы – определить влияние ударных послекаскадных волн на процессы структурных изменений вакансионных пор в поликристалле.

Рассматриваемые в работе явления отличает малый размер исследуемых областей, что затрудняет прямые наблюдения. Поэтому наиболее рациональным видится использование методов компьютерного моделирования. В качестве метода компьютерного моделирования был выбран метод молекулярной динамики. Исследование проводилось с помощью пакета XMD [3]. В качестве потенциальной функции межатомного взаимодействия использовался потенциал Джонсона, рассчитанный в рамках метода погруженного атома [4]. Шаг интегрирования равнялся 5 фс. Волны создавались путем присвоения атомам, расположенным на границе расчетной ячейки, скорости вдоль направления X . После выполнения заданного количества шагов компьютерного эксперимента следовала структурная релаксация системы при 0 К.

В работе рассматривались симметричные границы зерен наклона. Для их создания кристаллит разбивался на два равных зерна, каждое из которых поворачивалось относительно кристаллографического направления $\langle 111 \rangle$. Ось поворота проходила через узел решетки, расположенный в центре зерна. Для того чтобы получить угол разориентировки θ одно из зерен поворачивалось на угол $\theta/2$, а второе – на угол $-\theta/2$. Затем в межзеренной области удалялись атомы таким образом, чтобы границы зерен были параллельны друг другу, после чего оба зерна сближались на расстояние, соответствующее расстоянию между узлами решетки в направлении X расчетной ячейки. После

таких манипуляций некоторые атомы могли располагаться на критически близком расстоянии, поэтому до проведения структурной релаксации из расчетной ячейки удалялись атомы, для которых расстояние до ближайших соседей меньше минимального в моделируемой кристаллической структуре.

Рассмотрим наиболее простой случай: вакансионная пора сферической формы расположена на границе наклона двух зерен. Границы зерен наклона обычно представляют как стенку краевых дислокаций. Очевидно, что в данном случае относительное расположение поры и зернограничной дислокации должно влиять на энергию границы зерен. Проведенное исследование показало, что при малом угле разориентация последовательное смещение вакансионной поры приводит к тому, что она может занять место между ядрами двух зернограничных дислокаций. Такому расположению поры соответствует локальный максимум удельной энергии γ границы зерен. Локальный минимум наблюдается в том случае, если центр поры совмещается с дислокационным ядром.

Рассмотрим, как влияет ударная волна на структурные превращения поры, помещенной между двумя зернами. Расположение вакансионной поры между дислокационными ядрами является наиболее неустойчивым положением из всех возможных на границе зерен. Исследование показало, что в данном случае ударным волнам удается сместить часть поры из своего первоначального положения (см. рис. 1). Для того чтобы сместить пору, центр которой совпадает с ядром зернограничной дислокации, требуются более интенсивные ударные волны (см. рис. 2).

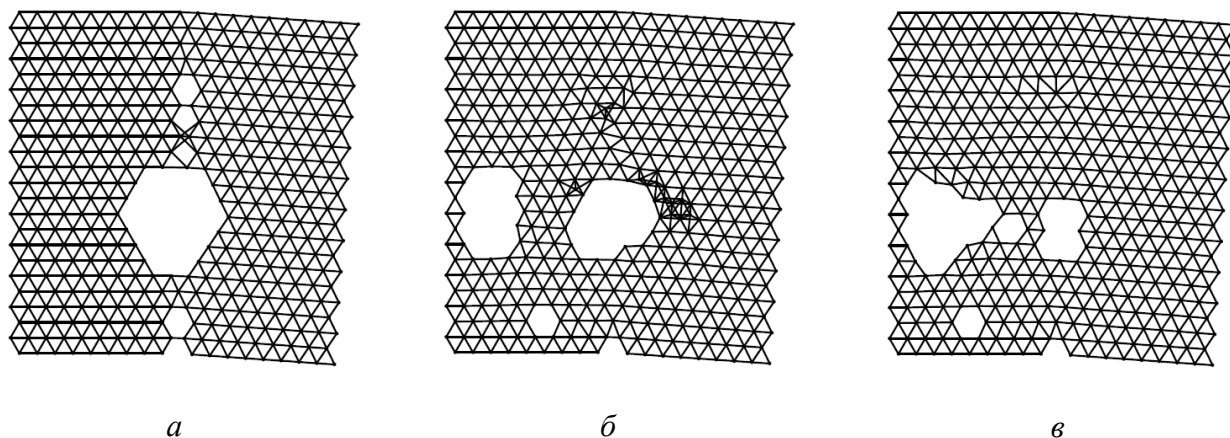


Рисунок 1. Фрагмент плоскости $\{111\}$ расчетного блока с порой, расположенной между ядер зернограничных дислокаций в начале эксперимента (а), и после прохождения шести ударных волн со скоростью 4000 (б) и 7000 (в) м/с. Волны распространяются слева направо относительно рисунка

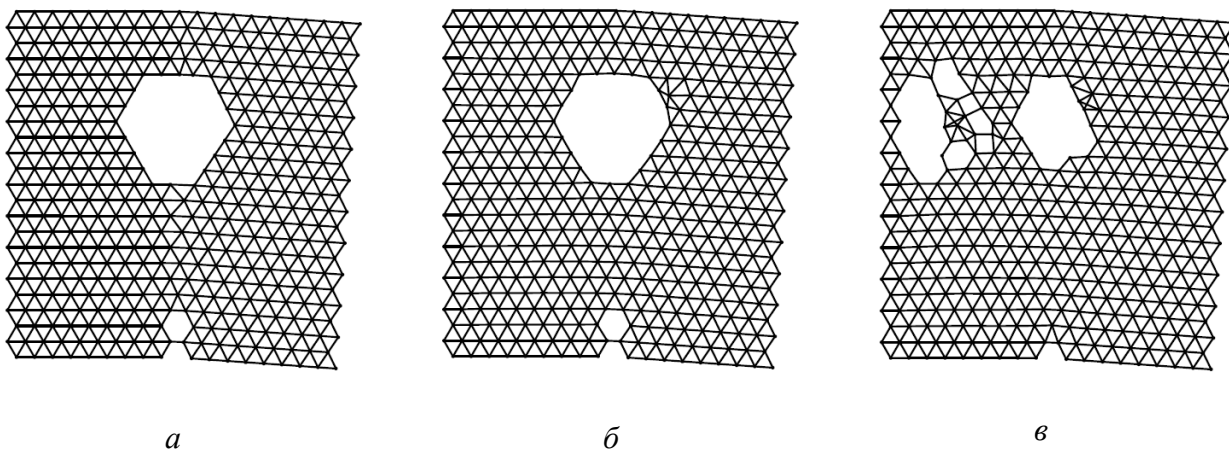


Рисунок 2. Фрагмент плоскости $\{111\}$ расчетного блока с порой, центр которой совмещен с ядром зернограничной дислокации в начале эксперимента (а), и после прохождения шести ударных волн со скоростью 4000 (б) и 7000 (в) м/с. Волны распространяются слева направо относительно рисунка.

В проводимом выше эксперименте использовался расчетный блок, с углом разориентации зерен равным 4° . При использовании больших углов сделанные выводы остаются верными, но в данном случае увеличивается плотность зернограничных дислокаций, и, как следствие, рассматриваемая пора в большинстве экспериментов соприкасается с ними.

При рассмотрении пор меньшего размера возможны случаи, когда пора может быть полностью смещена с границы. При пересечении поры волной граничные атомы могут быть переброшены на противоположную сторону поры. Когда это происходит, осуществляется смещение поры на одно межатомное расстояние по направлению к источнику волн. Таким образом, для осуществления данного механизма необходимо определенное сочетание скорости волны и размера поры.

Проведенное исследование показало, что ударные послекаскадные волн могут вызывать дробление вакансионной поры на отдельные составляющие при расположении ее в зернограничной области. Во многом проявление этого эффекта зависит от взаимного расположения поры и зернограничных дислокаций. Также показана возможность сквозного перемещения вакансионных скоплений через границу зерен наклона.

Список используемых источников

1. Овчинников В.В. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук. 2008. Т.178. №9. С.991-1001.
2. XMD – Molecular Dynamics for Metals and Ceramics // [Electronic resource]. Mode of access : <http://xmd.sourceforge.net/about.html>.
3. Johnson R.A. Analytic nearest-neighbor model for fcc metals // Physical Review B. 1988. V.37. №8. P.3924-3931.

ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПОРИСТОСТИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Медведева А.В.

Тамбовский государственный технический университет

Создание новых материалов неразрывно связано с всесторонним исследованием их свойств. В большинстве случаев эта задача может быть решена с помощью традиционных методов и средств измерения, контроля и диагностики. Однако очень часто исследователи сталкиваются с проблемой невозможности обеспечения контроля вызванной несоответствием разрешающей способности средств измерения, характером воздействия на контролируемый материал, а также природой этого воздействия.

В современном промышленном производстве и сельском хозяйстве широко применяются вещества в сыпучем состоянии, представляющие собой совокупность твердых частиц, пространство между которыми и поры заполнены газом.

Пористость P , определяемая как отношение объема пустот в материале V_n к его полному объему V , является одной из важнейших физических характеристик сыпучих материалов (СМ). Структура порового пространства катализаторов непосредственно влияет на скорость химических процессов и выход готового продукта. Пористость является основным показателем качества при производстве фильтров с использованием активированных углей.

В настоящее время известно большое число методов исследования пористой структуры. Методам присущи свои достоинства и недостатки. Основные недостатки связаны со сложностью аппаратной реализации и длительностью эксперимента. Методы, основанные на использовании газа, являются наиболее перспективными за счет того, что газ легко проникает в поры размером до 0,2 нм, а выбор его природы и соответствующая подготовка не оказывают какого-либо негативного воздействия на образец.

Для получения математического описания процессов, происходящих при аэродинамическом взаимодействии газа с СМ, воспользуемся соотношением, установленным А. Дарси, которое определяет поток газа через пористую среду. Скорость потока w_ϕ , согласно этому закону, прямо пропорциональна градиенту давления ΔP_1 и проницаемости среды K :

$$w_\phi = \frac{K}{\mu} \frac{\Delta P_1}{h_0}, \quad (1)$$

где μ – динамическая вязкость газа; ΔP_1 – перепад давления на длине h_0 .

Данное уравнение применимо только к ламинарному течению газа, т. к. при малых размерах пор и скоростях течения числа Рейнольдса невелики. Чтобы оценить влияние свойств пористого слоя на скорость фильтрования,

используют параметры, определяющие его структуру: пористость слоя, эквивалентный размер пор, удельная поверхность и шероховатость частиц. С этой целью принимают идеализированные модели пористого слоя. Принципы построения таких моделей требуют уточнения. Все параметры, характеризующие пористую среду, в конечном счете приходится объединять в один, находимый экспериментально параметр (проницаемость, K).

Гранулярная модель Козени предусматривает случайную упаковку одинаковых сферических частиц. В этом случае в единице объема будет содержаться $n = 6(1 - \varepsilon_0) / \pi d_c^3$ сферических частиц с удельной поверхностью S_v , равной

$$S_v = n \pi d_c^2 = \frac{6(1 - \varepsilon_0)}{d_c}, \quad (2)$$

где ε_0 – порозность, d_c – средний диаметр частиц СМ.

Пусть в единице объема модели существует один поровый канал длиной h_0 с поперечным сечением в форме треугольника и с гидравлическим радиусом, равным r_0 . Тогда путем решения соответствующего уравнения Навье-Стокса определим среднюю скорость течения газа в виде:

$$w = \frac{r_0^2}{\gamma \mu} \frac{\Delta P_1}{h_0}. \quad (3)$$

Для круглого сечения (формула Пуазейля) $\gamma=2$, для канала с треугольным сечением $\gamma = \frac{5}{3}$.

Воспользуемся постулатом Дюпюи-Форхеймера, чтобы перейти к расходу газа, протекающего через модель:

$$w_\phi = P w. \quad (4)$$

Предположим, что радиус r_0 определяется объемом порового пространства в единичном объеме модели, деленным на удельную поверхность, т.е.

$$r_0 = \frac{\varepsilon_0}{S_v}.$$

Подставив сюда S_v из формулы (2), найдем

$$r_0 = \frac{\varepsilon_0 d_c}{6(1 - \varepsilon_0)}. \quad (5)$$

Комбинируя формулы (3), (4) и (5), можно найти скорость фильтрации в модели:

$$w_\phi = \frac{d_c^2 \varepsilon_0^3}{36(1 - \varepsilon_0)^2 \gamma \mu} \frac{\Delta P_1}{h_0}.$$

Предположим, что длина канала h_0 в 2 раза больше длины пути фильтрации h . Принимая во внимание это обстоятельство и внося в численный коэффициент $\gamma=5/3$, для канала треугольного сечения получаем

$$w_{\phi} = \frac{d_v^2 \varepsilon_0^3}{120(1-\varepsilon_0)^2 \mu} \frac{\Delta P_1}{h_0}.$$

Сравнив это выражение с законом Дарси (1), получим соотношение, которое называется формулой Козени:

$$K = \frac{d_v^2 \varepsilon_0^3}{120(1-\varepsilon_0)^2}.$$

На основании полученной математической зависимости нами разработан аэродинамический метод измерения пористости материалов, основанный на непрерывном воздействии газа на СМ с получением псевдоожиженного слоя.

Методика измерения включает следующие операции:

- заполняют измерительную емкость контролируемым СМ до уровня h_0 , значение которого измеряется и фиксируется;

- подают на вход измерительной емкости газ с расходом Q меньше предельного, при котором наступает псевдоожижение, и фиксируют перепад давления ΔP_1 ;

- увеличивают расход газа на входе измерительной емкости до значения, при котором начинается процесс псевдоожижения, измеряют перепад давления ΔP_2 на псевдоожиженном слое;

- на основании найденных значений и величин, принимаемых в качестве постоянных, определяют пористость частиц СМ по формуле

$$\Pi = \left[1 - \Delta P_2 \left(1 + \frac{208,44}{d_v^2} \frac{Q}{\Delta P_1} \frac{h_0 \mu}{S} \right) \right] / \rho_n g h_0 \left(0,741 + \frac{50,76}{d_v^2} \frac{Q}{\Delta P_1} \frac{h_0 \mu}{S} \right) \cdot 100\%,$$

где g – ускорение свободного падения; S – площадь поперечного сечения емкости с СМ.

Следует отметить, что данный метод является неразрушающим, оперативным, универсальным, а также обладают высокой разрешающей способностью. Кроме того, устройства, реализующие данный метод, обладают относительной дешевизной по сравнению с другими устройствами и могут быть легко автоматизированы.

Таким образом, гранулярная модель Козени, связывающая диаметр составляющих ее сферических частиц, пористость и проницаемость, может быть положена в основу аэродинамического метода измерения пористости. К перспективам использования полученной математической модели можно отнести возможность реализации предложенного метода измерения пористости и разработки новых методов.

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Назаров¹ В.Н., Иванов² А.М., Оневский¹ М.П.

¹ - Тамбовский государственный технический университет

² - ОАО «Корпорация «Росхимзащита», Тамбов

В докладе приведены основные допущения и соотношения математической модели процесса имитации внешнего дыхания человека, позволяющей реализовывать различные пневмотахограммы дыхания, уровни потребления кислорода и учитывающей различные психофизиологические состояния человека. Структурная схема модели процесса имитации внешнего дыхания человека представлена на рис.1.

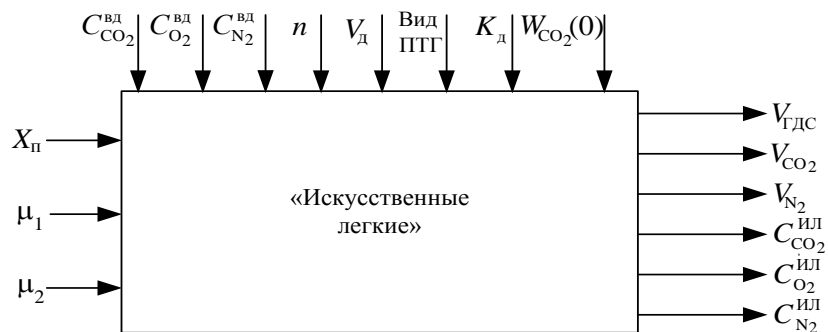


Рисунок 1. Структурная схема модели.

Виды пневмотахограмм, используемых в модели процесса имитации внешнего дыхания человека представлены на рис.2.

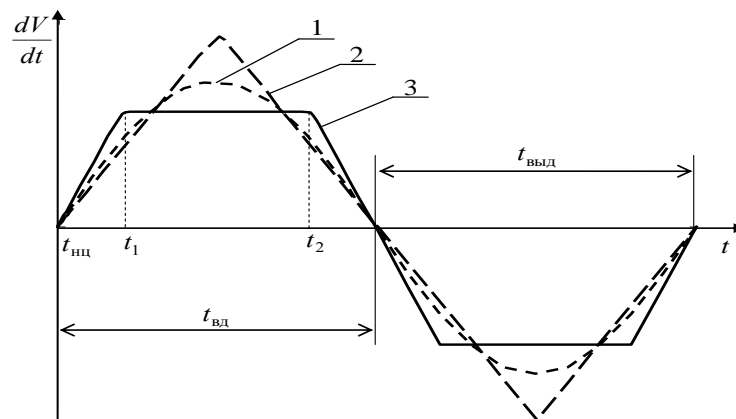


Рисунок 2. Виды пневмотахограмм.

Модулирующие функции для синусоидальной пневмотахограммы F^{sin} , трапецеидальной (треугольной) для вдоха $F_{\text{вд}}^{\text{тр}}$ и выдоха $F_{\text{выд}}^{\text{тр}}$ задаются соответственно выражениями:

$$F^{\text{sin}} = \pi \sin(2\pi nt);$$

$$F_{\text{ВД}}^{\text{ТР}} = \begin{cases} h(t - t_{\text{нц}})t_1 & \text{при } t \leq t_{\text{нц}} + t_1; \\ h & \text{при } t_{\text{нц}} + t_1 < t < t_{\text{нц}} + t_2; \\ h(t_1 - 1)[t - (t_{\text{нц}} + t_2)]/t_1 & \text{при } t \geq t_{\text{нц}} + t_2; \end{cases}$$

$$F_{\text{ВЫД}}^{\text{ТР}} = \begin{cases} -h[(t - (t_{\text{нц}} + t_{\text{вд}})]/t_1 & \text{при } t \leq t_{\text{нц}} + t_{\text{ц}} - t_2; \\ -h & \text{при } t_{\text{нц}} + t_{\text{ц}} - t_2 < t < t_{\text{нц}} + t_{\text{ц}} - t_1; \\ -h(t_1 - 1)[t - (t_{\text{нц}} + t_{\text{ц}} - t_1)]/t_1 & \text{при } t \geq t_{\text{нц}} + t_{\text{ц}} - t_1. \end{cases}$$

Предлагаемая математическая модель позволяет проводить имитационные исследования режимов процесса имитации внешнего дыхания человека, параметры которых соответствуют стандартизированным испытательным режимам.

Имитационное моделирование проводили с использованием пакета прикладных программ Matlab [1].

На рис. 3-5 представлены результаты имитационных исследований внешнего дыхания на первом цикле вдоха-выдоха при реализации синусоидальной пневмотахограммы дыхания.

На рис. 3 показаны графики изменения объемов вдыхаемых газов на первом вдохе с учетом потребления кислорода.

На рис.4 изображен график сброса ГДС в атмосферу ($V_{\text{ГДС}}$) и объемы возвращаемых в искусственные легкие газов (V_{N_2}, V_{CO_2}) на первом вдохе для обеспечения имитации потребления кислорода.

На рис.5 показаны графики изменения концентрации газов в искусственные легкие на первом цикле вдоха-выдоха.

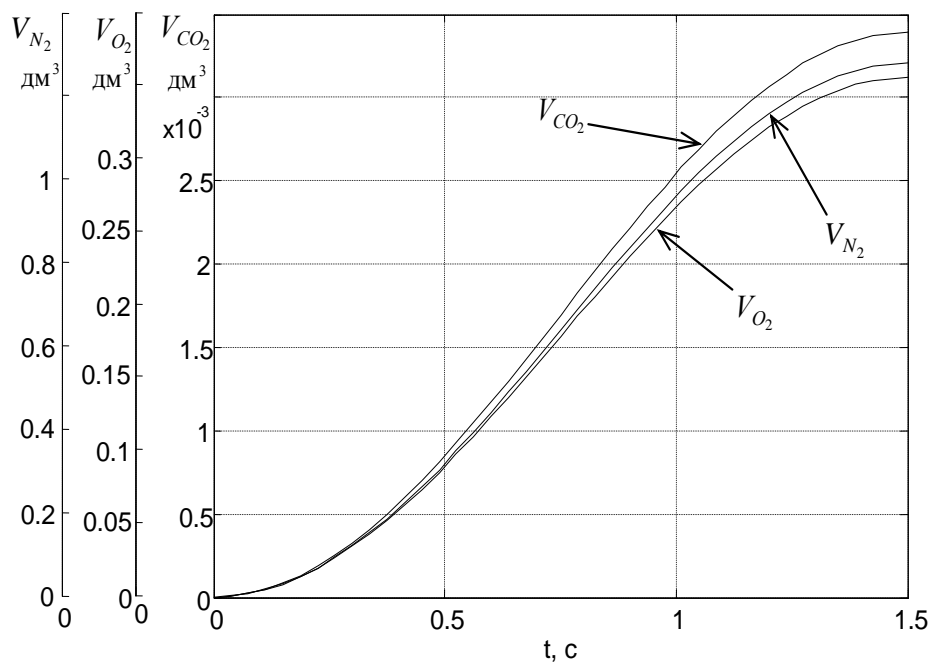


Рисунок 3. Изменение объемов вдыхаемых газов на первом вдохе.

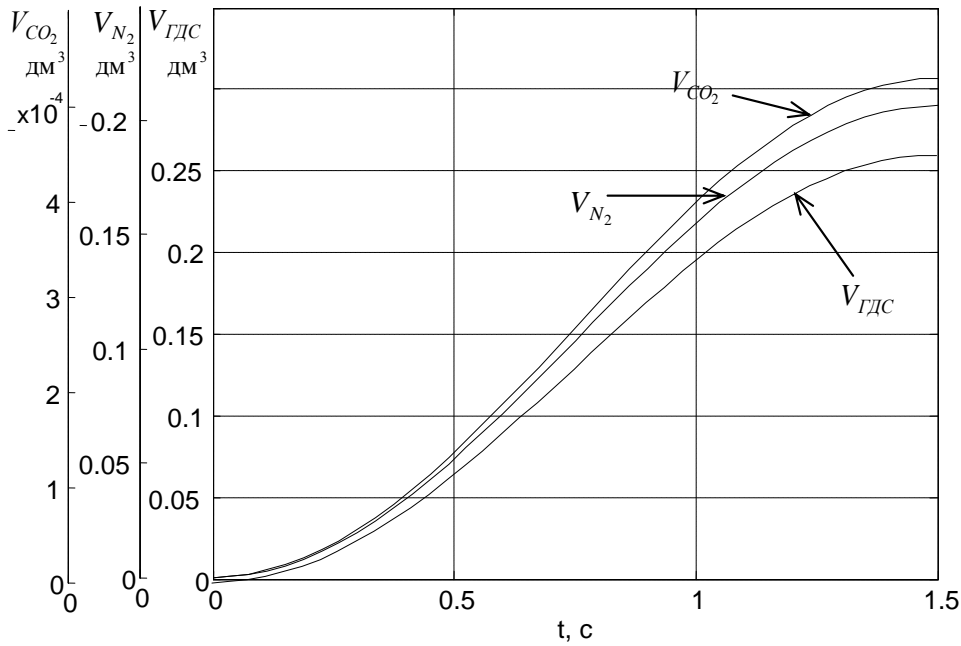


Рисунок 4. Объемы сброса $V_{ГДС}$ и возврата V_{N_2}, V_{CO_2} газов.

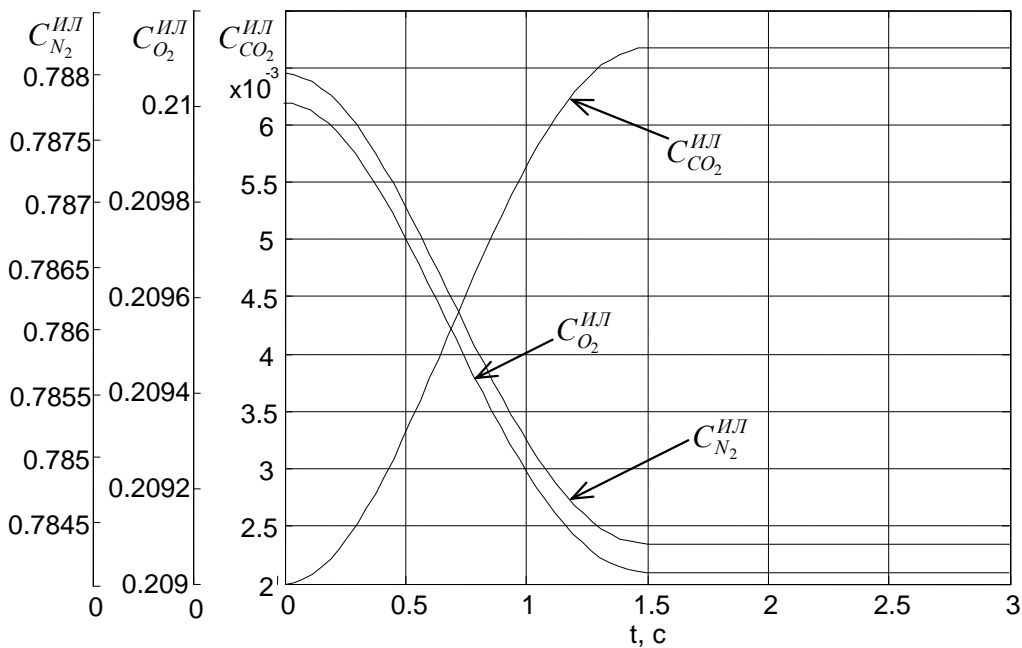


Рисунок 5. Концентрации газов в искусственных легких на первом цикле вдоха-выдоха.

Полученные результаты могут быть использованы при принятии оптимальных проектных решений на всех этапах разработки и сопровождения установок «Искусственные легкие».

Список используемых источников

1. Иванов А.М., Оневский П.М., Третьяков А.А. Имитационное моделирование комплекса «Искусственные легкие»//Системы управления и информационные технологии, 2011, №3.1(45). с. 142-145.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ НА ПОВЕДЕНИЕ НЕНЬЮТОНОВСКИХ СМАЗОК В РЕЖИМЕ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ*

Заскока А.Н., Ляшенко Я.А., Жмака Е.С.

Сумский государственный университет, 40007 Сумы, Украина

zaskoka23@ukr.net

В предлагаемой работе в рамках термодинамической модели граничного трения проводится учет температурной зависимости эффективной вязкости смазочного материала. Используемая модель учитывает термодинамическое и сдвиговое плавление. Переходы между структурными состояниями смазочного материала описываются как фазовые превращения второго рода.

Выражение для плотности свободной энергии смазки записывается в виде [1,2]:

$$f = \alpha(T - T_c)\phi^2 + \frac{a}{2}\phi^2\varepsilon_{el}^2 + \frac{b}{4}\phi^4, \quad (1)$$

где T – температура смазки, T_c – критическая температура, ε_{el} – сдвиговая компонента упругой деформации, α , a , b – положительные постоянные, ϕ – параметр порядка, представляющий амплитуду периодической части микроскопической функции плотности среды [1,2]. В твердоподобной фазе смазка имеет упорядоченную структуру, и параметр порядка принимает ненулевые значения. В жидкоподобной фазе смазка разупорядочена, поэтому амплитуда стремится к нулю и в системе устанавливается стационарное значение $\phi_0 = 0$. Такой вид разложения соответствует модели фазового перехода второго рода [3,4].

Упругие напряжения, возникающие в слое смазки, определим как $\sigma_{el} = \partial f / \partial \varepsilon_{el}$ [1]:

$$\sigma_{el} = a\phi^2\varepsilon_{el}. \quad (2)$$

Согласно (2) определим модуль сдвига смазки $\mu = a\phi^2$, равный нулю в жидкоподобном состоянии и принимающий ненулевые значения в твердоподобном. Из условия $\partial f / \partial \phi = 0$ следует стационарное значение μ [1]:

$$\mu = a \cdot (2\alpha(T_c - T) - a\varepsilon_{el}^2) / b. \quad (3)$$

Выражение (3) дает критическое значение деформации [1]

$$\varepsilon_{el,c} = \sqrt{2\alpha(T_c - T) / a}, \quad (4)$$

при превышении которого смазка плавится. Таким образом, зависимость напряжений от деформации принимает вид [1]:

$$\sigma_{el} = \begin{cases} a \cdot [2\alpha(T_c - T) - a\varepsilon_{el}^2] \cdot \varepsilon_{el} / b, & \varepsilon_{el} < \varepsilon_{el,c}, \\ 0, & \varepsilon_{el} > \varepsilon_{el,c}. \end{cases} \quad (5)$$

Последнее уравнение показывает, что упругие напряжения принимают ненулевые значения только в твердоподобной фазе.

Зависимость между относительной скоростью сдвига трущихся поверхностей V и упругой компонентой деформации имеет вид [5,6]

$$\varepsilon_{el}^0 = V\tau_\varepsilon / h, \quad (6)$$

где h – толщина смазочного слоя, а τ_ε – максвелловское время релаксации внутренних напряжений.

Используя (4) и (6), определим критическую скорость сдвига, при которой смазка плавится [7]:

$$V_{c0} = h \cdot (\tau_\varepsilon)^{-1} \cdot \sqrt{2\alpha(T_c - T)/a}. \quad (7)$$

Последнее выражение может быть переписано как [7]

$$T_{c0} = T_c - a \cdot (2\alpha)^{-1} \cdot (\tau_\varepsilon V / h)^2, \quad (8)$$

где T_{c0} – температура плавления смазки.

Напряжения, возникающие в смазочном слое при движении, содержат упругую σ_{el} и вязкую σ_v компоненты. Сила трения F , препятствующая сдвигу поверхностей, в общем случае определяется как произведение полных напряжений σ на площадь контакта трущихся поверхностей A :

$$F = (\sigma_{el} + \sigma_v)A. \quad (9)$$

Определим вязкие напряжения согласно формуле [8]

$$\sigma_v = \eta_{eff} \dot{\varepsilon}, \quad (10)$$

где η_{eff} – эффективная вязкость.

В результате молекулярно-динамического моделирования в работе [8] получена зависимость эффективной вязкости полимерных смазок от температуры и скорости деформации в виде

$$\eta_{eff} = 10^C (\dot{\varepsilon})^{-n}, \quad (11)$$

где параметры $C(n)$ и n зависят от температуры.

В указанной работе показано, что значение n изменяется от 1 (твердоподобное состояние) при низких температурах до $n = 0$ (жидкоподобное состояние) при высоких температурах, что соответствует поведению смазки как ньютоновской жидкости. Для учета этой особенности авторы [8] предлагают соотношение между T и n в виде

$$n = (1 + (T/T_k)^\beta)^{-1}, \quad (12)$$

где постоянные T_k и β существенно зависят от типа используемого полимера. В частности, для эйкозана $C_{20}H_{42}$ эти параметры составляют $T_k = 353$ К, $\beta = 4.09$ [8].

Зависимость $C(n)$ для всех исследуемых в [8] алканов C_nH_{2n+2} может быть приблизительно выражена равенством

$$C = 10.9n - 3.8. \quad (13)$$

Комбинируя выражения (9)-(13), получаем конечную формулу для определения полной силы трения:

$$F = [\sigma_{el} + \text{sgn}(V) \cdot 10^{10.9n-3.8} \cdot (|V|/h)^{1-n}]A. \quad (14)$$

Анализ уравнений (5) и (13) показывает, что напряжения σ_{el} с ростом скорости V увеличиваются, достигают своего максимального значения при определенном значении скорости, а дальше уменьшаются и при превышении критического значения V_{c0} становятся нулевыми. При этом сила трения F также достигает своего локального максимального значения, после чего уменьшается. С дальнейшим ростом скорости сдвига отличной от нуля остается только вязкая составляющая напряжений σ_v . Сила трения F при этом растет за счет увеличения σ_v .

Новизна работы состоит в том, что в рамках модели фазового перехода второго рода проведен учет зависимости вязкости полимерных смазок от температуры и градиента скорости. Эта зависимость показывает, что логарифм эффективной вязкости пропорционален логарифму скорости сдвига. Коэффициент пропорциональности изменяет свое значение от 1 в твердоподобном состоянии до 0 в жидкоподобном (ньютоновская жидкость). Показано, что к прерывистому режиму движения может приводить фазовый переход второго рода между жидкоподобной и твердоподобной структурами смазки.

На основе модели построена трехмерная зависимость силы трения от температуры и скорости сдвига. Проведено исследование поведения двух трибологических систем, построены временные зависимости координат, скоростей сдвига, силы трения и упругих напряжений. Представлены результаты компьютерного моделирования, которые предсказывают исчезновение прерывистого режима движения и дальнейшее функционирование системы в режиме жидкостного трения.

Список используемых источников

1. Попов В.Л. // ЖТФ. – 2001 (71), 100.
2. Popov V.L. // Sol. State Com. – 2000 (115), 369.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. // Стат. физ. Ч.1 – М.:Наука – 1995, 605 с.
4. Попов В.Л. // Письма в ЖТФ. – 1999 (25), 31.
5. Ляшенко Я.А. // ЖТФ. – 2011 (81), 125.
6. Lyashenko I.A., Zaskoka A.M. // Ukr. J. Phys. – 2013 (58), 91.
7. Lyashenko I.A., Zaskoka A.M. // J. Phys. Stud. – 2013 (17), 1007.
8. Sivebaek I.M., Samoilov V.N., Persson B.N.J. // Phys. Rev. Lett. – 2012 (108), 036102.

**Работа выполнена при поддержке МОН Украины в рамках проекта «Моделирование трения металлических наночастиц и граничных пленок смазок, взаимодействующих с атомарно-гладкими поверхностями», № 0112U001380.*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Дедов Д.Л., Истомин М.А.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

Для проектирования виртуального тренажера необходимо разработать математическую модель деятельности человека-оператора [1].

В ходе анализа участия оператора в производственном процессе нами предлагаются следующие подходы к математическому моделированию деятельности человека-оператора. Для моделирования деятельности нами используется граф $G(C, D)$. Применение графа позволяет наглядно иллюстрировать последовательность действий оператора.

При разработке моделей деятельности оператора в аварийных режимах эксплуатации ТС мы будем использовать аппарат, представленный ниже для описания отдельных легенд, предусмотренных планом локализации аварийных ситуаций.

Множество элементов передней панели мы разделяем на средства отображения информации (СОИ) – X_{sm} и органы управления – Y_{sm} , где

s – номер стадии,

t – тип элемента пульта,

n – номер элемента пульта на стадии.

Для удобства обозначения в математической модели деятельности человека-оператора СОИ и органы управления разделяем по следующим признакам:

– средства отображения информации

1 – световые индикаторы,

2 – датчики температуры,

3 – датчики расхода,

4 – датчики давления,

5 – датчики уровня,

6 – заполнение трубопровода,

7 – датчик времени,

– органы управления

1 – тумблеры;

2 – регуляторы;

3 – кнопки.

Вершине графа C_1 ставится в соответствие продукционное правило, позволяющее оператору по значениям средств отображения информации виртуального пульта управления идентифицировать аварийную ситуацию и принять решение об осуществлении необходимых действий с целью ее локализации. Дуге графа D_1^2 ставится в соответствие совокупность действий по локализации аварийной ситуации в соответствии с ПЛАС. Вершине графа

C_2 соответствует локализации данной аварийной ситуации и требует от персонала ТС принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации технической системы при реальном производстве продукции.

Пример фрагмента таблицы соответствия элементов оповещения об аварийных ситуациях на пульте оператора и обозначения элементов математической модели будет выглядеть следующим образом:

Таблица 1.

Соответствие элементов оповещения об аварийных ситуациях на пульте оператора и обозначения элементов математической модели

$X_{Л1}$	Сигнализация отказа мешалки в аппарате 26	$Y_{Л1}$	Вызов ремонтной бригады
$X_{Л2}$	Сигнализация отказа запорной арматуры К12	$Y_{Л2}$	Вызов аварийной бригады
$X_{Л4}$	Сигнализация разгерметизации трубопровода К3	$Y_{Л3}$	Переход на ручной режим управления
$X_{Л7}$	Превышение допустимой температуры в аппарате 26	$Y_{Л4}$	Аварийная остановка всех систем цеха
$X_{Л8}$	Отказ АСУ ТП	$Y_{Л5}$	Вызов спасательной службы
$X_{Л10}$	Задымление в цехе		

Тогда пример фрагмента таблицы производственных правил и совокупности действий для аварийных ситуаций приведен в таблице 2.

Таблица 2.

Производственные правила и совокупность действий

C_1	ЕСЛИ $X_{Л1} = 1$ ТО D_1^2	Отказ привода мешалки
D_1^2	$Y_{131} = 0; Y_{132} = 0; Y_{133} = 0; Y_{134} = 0; Y_{135} = 0; Y_{136} = 0; Y_{121} = Y_{121} + 20\%; Y_{Л1} = 1$	
C_2	Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации ТС.	
C_1	ЕСЛИ $X_{Л8} = 1$ ТО D_1^2	Отказ АСУ ТП
D_1^2	$Y_{Л3} = 1; Y_{Л2} = 1; Y_{Л1} = 1$	
C_2	Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации ТС.	
C_1	ЕСЛИ $X_{Л10} = 1$ ТО D_1^2	Задымление в цехе
D_1^2	$Y_{Л4} = 1; Y_{Л5} = 1; Y_{Л2} = 1; Y_{Л1} = 1$	
C_2	Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации ТС.	

Представленные модели деятельности операторов в штатных и аварийных режимах эксплуатации предлагается использовать в виртуальном тренажерном комплексе.

Входными параметрами для приложения, обрабатывающего имитационную математическую модель деятельности человека-оператора, являются показания приборов тренажерного комплекса. Исходя из данных показаний система генерирует «эталонное действие оператора» - т.е. действие, которое должен совершить оператор. В процессе работы на тренажере действия оператора сравниваются с «эталонными» и выдается решение о правильности его действий.

Таким образом, математическая модель деятельности оператора в штатном и аварийном режимах функционирования описывается графами $G(C, D)$ и следующими таблицами:

1. Таблица соответствия обозначений математической модели элементам передней панели виртуального тренажера.
2. Таблица соответствия продукционных правил, вершинам графа $G(C, D)$.
3. Таблица соответствия действий оператора дугам графа $G(C, D)$.
4. Таблица значений СОИ и ОУ в начальный момент времени.

Совокупность данных таблиц дает полное описание действий оператора в каждый момент времени производства партии продукта, а также локализации аварийных ситуаций.

Список используемых источников

1. Дедов, Д.Л. Постановка задачи проектирования виртуальных тренажерных комплексов для обучения операторов технических систем / Д.Л. Дедов, М.Н. Краснянский, С.В. Карпушкин, А.В. Остроух // Информационные технологии в проектировании и производстве. – Москва, 2012. - №2. – С. 46-50.

ФОРМИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИННОВАЦИОННОГО ФОРМАТА

Жариков В.В.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный гуманитарно-экономический институт», valera_zharikov@mail.ru

Развивается всемирная сеть Интернета. Интернет становится незаменим, он вытесняет радио, телевидение, прессу, предоставляя интерактивную возможность общаться, совершать покупки и оплачивать счета, а так же он позволяет людям работать и обучаться дистанционно [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

При становлении виртуальных бизнес-инкубаторов (далее ВБ-И) в России одной из важнейших задач стала подготовка высокопрофессиональных профильных кадров в рамках инновационного менеджмента, способных не только воспроизводить бизнес-идеи, создавать малые предприятия, но и поддерживать их на всех стадиях становления. В инкубаторах, создаваемых при ВУЗах, технологических кластерах и при административных структурах, как правило, работают «случайные» кадры (чиновники, работники предприятий и ученые), которые не всегда имеют требуемое образование (квалификацию) и выполняющие виды задач не соответствующие их компетенциям. На наш взгляд современная система российского непрерывного профессионального образования уже сейчас не отвечает требованиям при подготовке будущих бизнес-инкубаторщиков. На рисунке 1 нами приведена схема позволяющая оценить сколько лет потребуется для подготовки специалистов, способных создавать и работать в ВБ-И-ах. При этом во многих ВУЗах России до сих пор нет двуязыковой подготовки специалистов и отсутствует стажировка и практика за рубежом. При этом мы отмечаем, что ориентированная подготовка «рабочих специальностей» проводимых в колледжах для ВБ-И не дает ни какого результата и их нужно потом доучивать в ВУЗовской системе образования.

Проанализировав этапы подготовки обучающихся в настоящее время мы сможем получать готового специалиста для ВБ-И (стоит отметить, что пока нет специализированных образовательных программ для данных специалистов) минимум 14 лет (школа+ВУЗ - бакалавр), 15 лет (школа+ВУЗ – специалист, данную систему Мин.обр.науки уничтожил), 16 лет (школа+ВУЗ+магистратура - магистр), 19 лет (школа+ВУЗ+аспирантура – кандидат наук) и 24 года (школа+ВУЗ+аспирантура+докторантура). В современных условиях это является не приемлемым для быстро развивающегося информационного рынка услуг, куда будут интегрированы ВБ-И. Предлагаемая Министерством науки и образования РФ «Современная концепция развития

науки и образования» не успев быть реализованной для процессов бизнес-инкубирования уже устарела и требует скорейшего совершенствования.

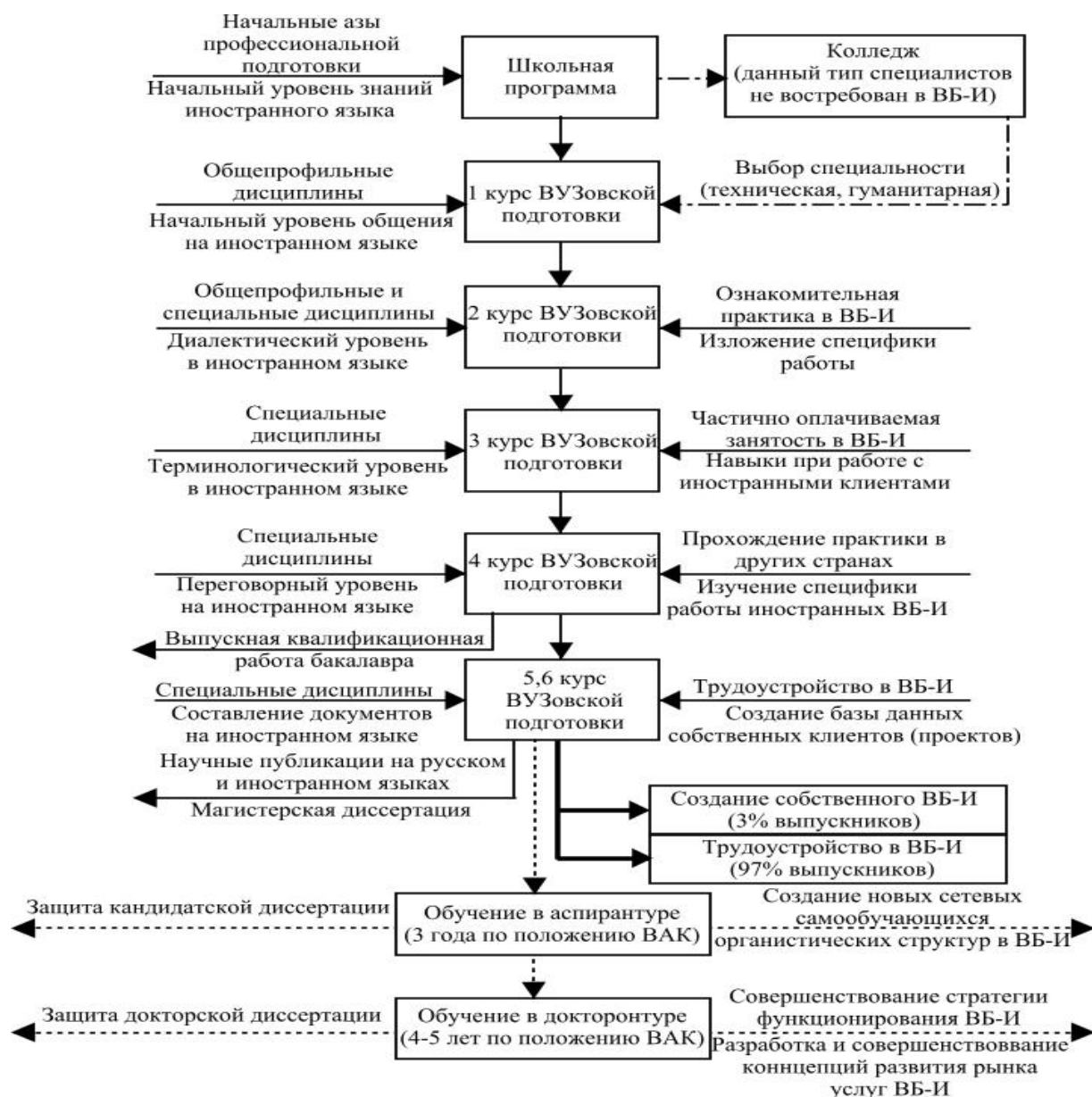
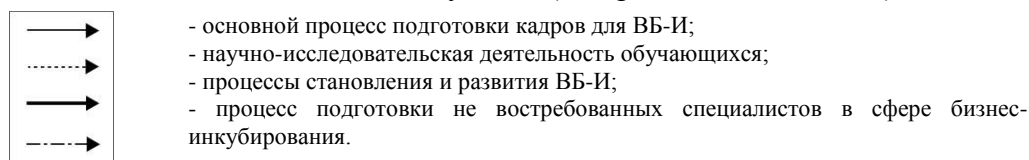


Рисунок 1. Этапы комплексной подготовки специалистов отвечающих компетенциям пятого экономико-технологического уклада (востребованные в ВБ-И)



Мы так же предлагаем следующие этапы отбора проектов-резидентов, которые смогут быть реализованы на базе ВБ-И «ЭВРИКА». Основным преимуществом ВБ-И «ЭВРИКА» является возможность работы с клиентами со всего мира и привлечение специалистов так же со всего мира. Таким образом, недостатком у стационарных бизнес-инкубаторов является резко ограниченный контингент бизнес – клиентов и «узкий» рыночный сегмент оказываемых услуг.

Предлагаемые этапы отбора и развития будущих резидентов ВБ-И «ЭВРИКА»:

1. Рассмотрение и отбор резюме от потенциальных резидентов.
2. Проведение маркетингового анализа.
3. Составление бизнес-плана совместно с резидентом.
4. Закрепление проектов за кураторами.
5. Документальное и юридическое сопровождение и консультирование.
6. Обучение резидентов (медиативный и переговорный процесс).
7. Поиск партнеров, инвесторов, соучредителей, фондов, бизнес-ангелов, банков и др.
8. Защита интеллектуальной собственности (выбор оптимальной формы защиты).
9. Знакомство резидентов (проектов) с контактными аудиториями (будущие клиенты).
10. Информационное сопровождение проектов-резидентов.
11. Предоставление доступа к информационно-коммуникационным технологиям ВБ-И.
12. Документальное оформление бизнес-идеи с последующей регистрацией малого инновационного предприятия.

С учетом выше перечисленных этапов мы сформировали будущую организационно - кадровую структуру для ВБ-И «ЭВРИКА» (рисунок 2).

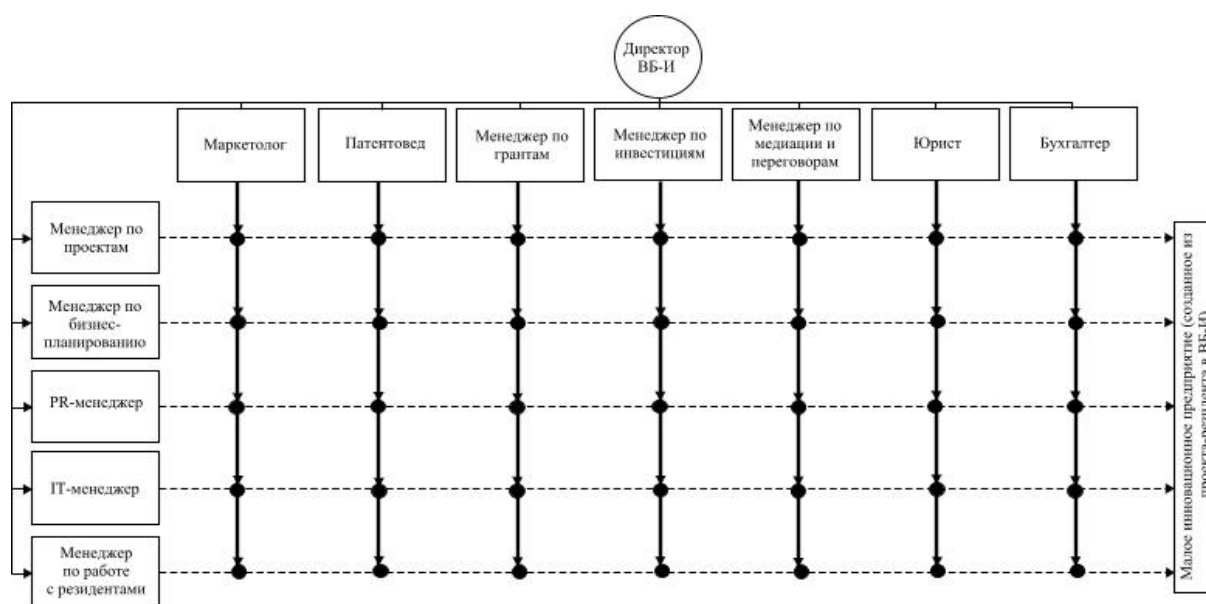
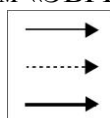


Рисунок 2. Организационно-кадровая структура управления виртуальным бизнес-инкубатором «ЭВРИКА» матричного типа со встроенными центрами ответственности [12]



- прямое подчинение директору ВБ-И;
- основной вид деятельности ВБ-И;
- сопровождение и обеспечение основных видов деятельности ВБ-И.

Приведем и рассмотрим основные и вспомогательные виды деятельности в рамках процесса виртуального бизнес-инкубирования, которые уже сейчас востребованы инновационным бизнес-сообществом. Для вновь созда-

ваемого нами ВБ-И «ЭВРИКА» мы их разделили на внутренние (востребованные резидентами) и внешние (для сторонних организаций).

Основные внутренние виды деятельности ВБ-И «ЭВРИКА» (для резидентов) [13]:

- поиск, отбор и реализация бизнес-проектов и бизнес-идей;
- анализ, выявление и сегментирование рынков сбыта;
- написание бизнес-планов для будущих резидентов ВБ-И;
- отбор резидентов и их закрепление за куратором;
- юридическая консультация, оформление документов связанных с регистрацией компании;
- обучение резидентов (курсы повышения квалификации и переподготовки);
- работа с бизнес-ангелами, фондами, инвесторами и предпринимателями;
- регистрация ноу-хау, патентов, полезных моделей, свидетельства на научные открытия и свидетельств на интеллектуальную собственность;
- взаимодействие с контактными аудиториями (форумы, конференции, круглые столы, семинары, симпозиумы);
- PR-позиционирование проектов-резидентов и видов деятельности ВБ-И;
- информационная составляющая: новости, блоги, оповещение партнеров, создание банка данных, ссылки на тематические интернет-ресурсы;
- предоставление интернет пространства для проектов-резидентов, создание адреса электронной почты с привязкой к сайту ВБ-И.

Внешние виды деятельности ВБ-И «ЭВРИКА» (для сторонних организаций) [13]:

- проведение анализа финансово-хозяйственной деятельности для различных организаций;
- аудиторские проверки организаций;
- оказание помощи при проведении процедуры банкротства;
- проведение процедуры медиации;
- осуществление поиска и переговоров с деловыми партнерами и инвесторами;
- проведение экспертизы по бизнес-планам, по научно-исследовательским проектам;
- предоставление отзывов, рецензий и заключений на научно-исследовательские, диссертационные и дипломные работы;
- реализация социальных проектов (интернет-волонтерство): помощь детям, помощь людям с ограниченными возможностями, конкурсы;
- фриланс (дистанционный поиск и предоставление работы, найм работников в интернет-среде);
- проведение маркетинговых исследований для различных организаций;
- проведение социологических исследований (анкетирование, опрос, обсуждение);
- подготовка резюме, экономического заключения по проектам и бизнес-планам;

- рекламная деятельность (размещение банеров, ссылки на тематические сайты, реклама на научных мероприятиях, SMS-рассылка по собственной базе);
- проведение тренингов, консультаций, конференций, семинаров и симпозиумов;
- формирование ознакомительных видео-лекций, аудио-подкастов и тематических видео-роликов;
- пропаганда и популяризация видов деятельности связанных с бизнес-инкубированием.

Таким образом, современный рынок виртуальных бизнес-инкубационных услуг быстро развивается и его становление связано с образовательной, научной, коммерческой и инновационной деятельностью, которая будет сформирована в рамках современных реформационных процессов проводимы Правительством России и самостоятельно отдельными гражданами или бизнес-сообществами [4, 9, 10, 13].

Список используемых источников

1. Сайт Е-Муромец - всероссийский виртуальный бизнес-инкубатор для людей с иными способностями: www.emuromets.ru
2. Сайт Центра предпринимательского творчества и системных инноваций: www.cecsi.ru/russia
3. Сайт цифрового инкубатора микробизнеса «Фримакс»: www.friemaxx.ru
4. Сайт Пре Инкубатора МГУ для школьников <http://pre-inc.ru/>
5. Сайт Украинского бизнес-инкубатора (Киев): <http://www.vbi.com.ua/Pres/default.html>
6. Сайт Виртуального бизнес-инкубатора: <http://www.kt.kharkov.ua/VirtualBizInc.html>
7. Сайт инвестиционного виртуального бизнес-инкубатора: <http://www.vladinvest.ru/business-tools/biz-incubator/>
8. Сайт бизнес-инкубатора: <http://bizlog.ru/topic4008.html> - 07.08.05 12:08
9. Сайт виртуального бизнес инкубатора мама 2.0: <http://startupwomen.ru/novosti/start-raboty-virtualnogo-inkubatora-mama-2-0>
10. Стрелец И.А. Новая экономика и информационные технологии. М: Экзамен, 2003. - 236 с.
11. Темердашев З.А., Грицай В.В., Ратнер С.В. Использование информационных технологий в инновационном менеджменте // Сб. материалов семинара-совещания по итогам выполнения в 2003 году проектов Научно-технической программы Минобразования России "Инновационная деятельность высшей школы". М.: Ассоциация "Технопарк", 2004, с. 440-446.
12. В.В. Жариков Повышение качества машиностроительной продукции: резервы и механизмы (препринт) // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Препринт. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. 2006. Т. 12. №2. 68с.
13. Сайт Виртуального Бизнес-Инкубатора «Эврика»: vb-i.ru

КАДРОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В СИСТЕМЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИНВЕСТИЦИОННОЙ СРЕДЫ

Овчаренко С.Б.

Тамбовский Государственный Технический Университет, г. Тамбов, ovcharenko-s@mail.ru

В настоящее время Российская Федерация испытывает недостаток капиталовложений в некоторые виды экономической деятельности. Мы предлагаем создать специальную систему по оценке качества инвестиционной среды, которая поможет обратить внимание инвесторов на объект, нуждающийся в инвестициях.

Система оценки качества инвестиционной среды – это совокупность действий по анализу и оценке качества инвестиционной среды государства, региона, города, предприятия, взаимосвязанные между собой и влияющие друг на друга. [2, с.146]

Кадровая политика очень важна для эффективного функционирования любого предприятия. Она заслуживает подробного рассмотрения, так как зачастую от качества сотрудников, в частности их образования и навыков, зависит, как предприятие будет вести свою экономическо-хозяйственную деятельность.

Предлагаем рассмотреть должностные инструкции сотрудников организации по оценке качества инвестиционной среды, как осуществляется регулирование деятельности данной системы и на какие группы может быть разделён персонал.

Должностные инструкции сотрудников организации по оценке качества инвестиционной среды государства, региона, отрасли или предприятия определяют:

1. Полномочия и ответственность, в соответствии с которыми сотрудники принимают решения по ограниченному кругу вопросов функционирования системы оценки качества инвестиционной среды.
2. Задачи и ответственность каждого члена коллектива.
3. Законные права каждого члена коллектива.
4. Границы вопросов, которые не поддаются и/или не подлежат контролю со стороны членов коллектива, которые могут повлиять на окончательное решение пользователей по управлению инвестиционной деятельностью.

При создании системы оценки качества инвестиционной среды государства, региона, отрасли или предприятия формируется рабочий коллектив. В этом коллективе должны быть представлены соответствующие организации, принимающие участие в ее создании и наиболее заинтересованные в ее функционировании. Данный коллектив осуществляет регулирование деятельности системы оценки качества инвестиционной среды:

- 1) проводит анализ и оценку имеющихся информационных потребностей потребителей;

- 2) рассматривает предлагаемые для удовлетворения информационных потребностей услуги по оценке качества инвестиционной среды;
- 3) осуществляет проектирование баз данных;
- 4) внедряет, обновляет, реорганизует базу данных;
- 5) готовит предложения в отношении планов и бюджета;
- 6) изыскивает средства совершенствования функционирования системы оценки качества инвестиционной среды для более полного удовлетворения потребностей потребителей. [3, с. 75]

В дальнейшем, опыт организации такого коллектива станет основой для создания постоянного консультативного (управляющего) отдела, ответственного за решение проблем развития организации.

Основную деятельность в системе оценки качества инвестиционной среды государства, региона, отрасли или предприятия осуществляет информационно-аналитическая служба. Персонал службы может быть разделен на несколько групп.

Первая группа осуществляет сбор данных законодательного характера, их регистрацию, обработку, а также сбор соответствующих макроэкономических показателей, их анализ и оценку.

Вторая группа осуществляет сбор данных, характеризующих экономическую ситуацию в регионе и отраслях, проводит их регистрацию, анализ и оценку.

Третья группа осуществляет сбор и регистрацию данных по бизнес-проектам; проверку доработанности документации по ним и соответствия всех видов их обеспечения.

Четвёртая группа осуществляет анализ состояния объектов инвестирования (предприятий и организаций).

Пятая группа обеспечивает доступ широкого круга пользователей к информации и обрабатывает запросы. Кроме того, эта группа осуществляет анализ анкет-интервью.

Уточним, что все группы в рамках своей деятельности должны проводить обработку информации по персонифицированным запросам пользователей и оказывать консультационные услуги.

В заключении, обращаем ваше внимание на то, что эффективность функционирования данной системы зависит от слаженной работы коллектива организации. Своевременная обработка информации поможет оперативно оказать необходимую услугу заинтересованному лицу. Деятельность самого персонала заключается в качественной обработке всей полученной информации и предоставления её инвесторам.

Список используемых источников

1. Калинникова, Е. В. Инвестиционный менеджмент: учеб. пособие – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 147 с.
2. Коробова О.В., Овчаренко С.Б. Теоретические положения формирования системы оценки качества инвестиционной среды предприятия // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, г. Тамбов, №1 (45), 2013 с. 140-148

3. Коробова О.В., Герасимов Б.И., Быковский В.В. Региональная экономика: реструктуризация системы управления развитием региона. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2002. – 104 с.

4. Макашева З.М. Исследование систем управления: учебное пособие – М.: КНОРУС, 2008. - 176 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Дедов Д.Л., Истомин М.А.

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

В последнее время многие промышленные предприятия производят переоснащение своих производственных линий. В этой связи возникает необходимость переподготовки кадров, для работы за современным оборудованием. Наиболее эффективным средством обучения является виртуальные тренажерные комплексы, полностью имитирующие работу за пультом управления технологическим процессом [1].

Виртуальный тренажерный комплекс предназначен для обучения и приобретения навыков управления техническими системами в штатных и аварийных ситуациях. Может активно использоваться не только для обучения или повышения квалификации обслуживающего персонала промышленных предприятий, но и студентов инженерного профиля при прохождении определенных дисциплин специализации.

При разработке ВТК используются облачные технологии, технологии дистанционного обучения, телекоммуникационные и Интернет технологии. Целью их применения является обеспечение промышленных предприятий современными средствами обучения, позволяющими в кратчайшие сроки осуществлять подготовку и повышение квалификации персонала для работы на объектах химической и нефтехимической промышленности. Изменение потребительского спроса на рынке приводит к частой смене ассортимента выпускаемой продукции, что вызывает необходимость постоянной переподготовки операторов технических систем.

Модули виртуального тренажерного комплекса размещаются в «облаке», поэтому их применение возможно с любой доступной пользователю платформы. Данный подход позволяет максимально расширить круг потенциальных пользователей и сделать систему более гибкой по отношению к конечному потребителю [2].

Проведение образовательного процесса с использованием ВТК возможно как в рамках локальной сети промышленного предприятия, так и уда-

ленно по каналам Интернет с привлечением ресурсов внешних специализированных центров по подготовке персонала.

Рассмотрим возможные подходы к реализации образовательного процесса с использованием ВТК (рисунок 1):

1. Подготовка персонала непосредственно на предприятии.

1.1 Виртуальный тренажерный комплекс развернут непосредственно на серверах предприятия, подготовка осуществляется инструкторами данного предприятия.

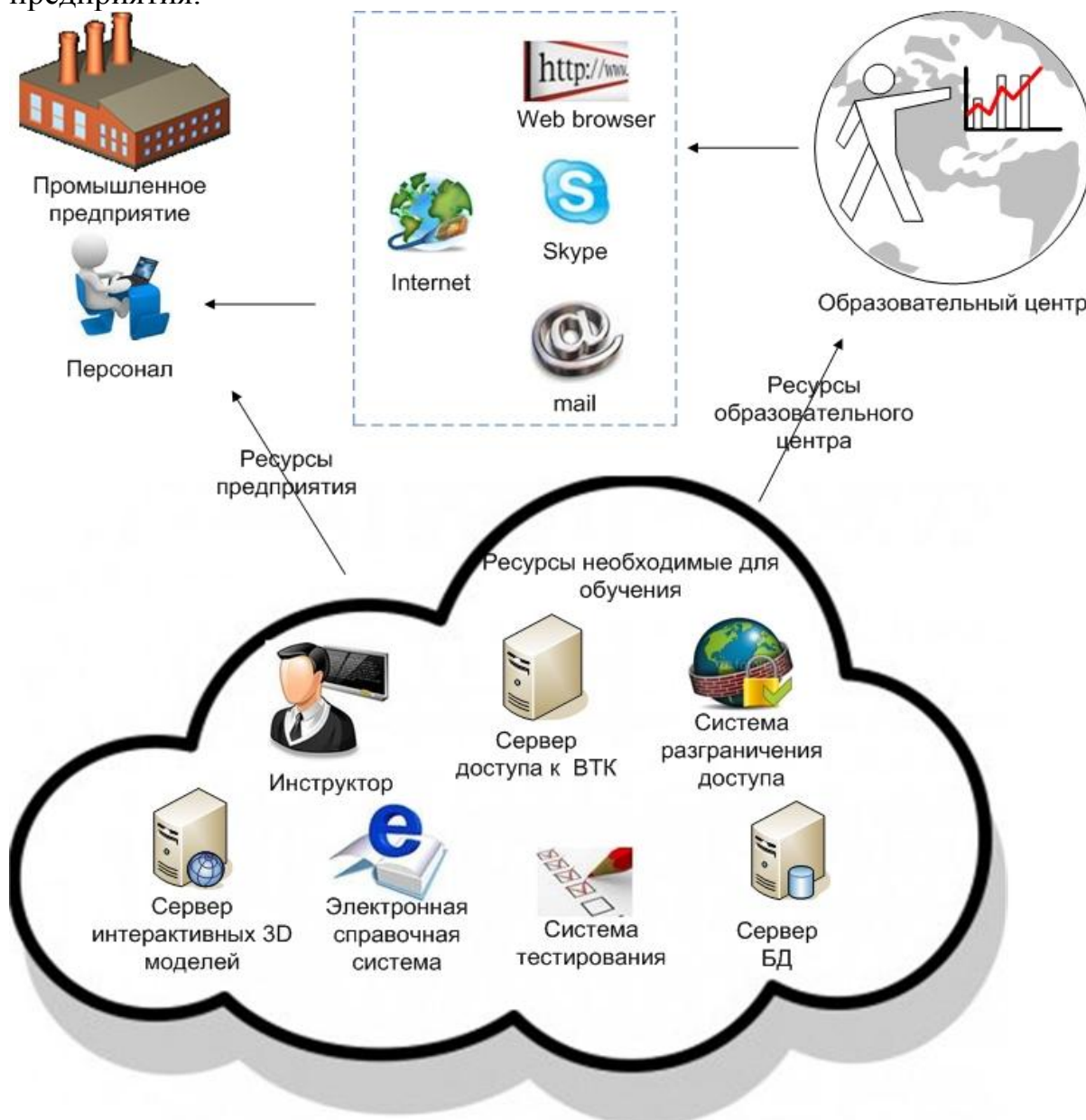


Рисунок 1. Подходы к реализации образовательного процесса с применением ВТК

1.2 Виртуальный тренажерный комплекс развернут на серверах специализированного образовательного центра, который предоставляет доступ к ресурсам с возможностью использования инструкторов промышленного предприятия.

2. Подготовка персонала во внешнем специализированном образовательном центре.

2.1 Виртуальный тренажерный комплекс развернут на серверах образовательного центра и обучаемый проходит подготовку непосредственно в образовательном центре.

2.2 Виртуальный тренажерный комплекс развернут на серверах образовательного центра и обучаемый проходит подготовку в удаленном режиме под руководством инструктора образовательного центра.

Обучение проводится в двух режимах: автоматическом - с применением заложенных алгоритмов и вариантов развития нештатных ситуаций и в режиме инструктора – когда траектория обучения формируется в реальном режиме времени непосредственно инструктором.

Процесс обучения разбит на 3 этапа:

- теоретическое обучение;
- практическое обучение;
- итоговая проверка полученных знаний и навыков.

Сертификация персонала, прошедшего обучение, осуществляется либо непосредственно на самом предприятии (при наличии такой возможности), либо специализированным образовательным центром.

Виртуальный тренажерный комплекс может активно использоваться не только для обучения или повышения квалификации обслуживающего персонала промышленных предприятий, но и студентов инженерного профиля при изучении дисциплин специализации. Соответствие виртуальных тренажеров промышленным установкам и техническим системам позволяет значительно повысить уровень квалификации обслуживающего персонала, а также еще в образовательном учреждении подготовить специалистов, владеющих основными навыками управления промышленными системами. Это особенно актуально для пожаро- и взрывоопасных производств, где нет возможности обучения на «пилотных» установках. Тренинг персонала в нештатных ситуациях на виртуальных тренажерах позволяет также приобрести практические навыки, необходимые для локализации возникающих дефектов технологического оборудования и предотвращения аварий и катастроф.

Список используемых источников

1. Краснянский, М.Н. Обучение операторов химических производств с применением тренажерных систем. / М.Н. Краснянский, С.В. Карпушкин, Д.Л. Дедов // Химическая промышленность сегодня. – 2011. – № 4. –С. 44–49.

2. Краснянский, М.Н. Интеграция виртуальных тренажеров в процесс обучения операторов технических систем с использованием интернет-технологий / М.Н. Краснянский, С.В. Карпушкин, Д.Л. Дедов, А.В. Остроух // Дистанционное и виртуальное обучение. 2010. № 7. С. 38-49.

МАРКЕТИНГОВАЯ ЛОГИСТИКА И ЕЕ СОВРЕМЕННАЯ ПАРАДИГМА

Жариков В.В., Гаврилов А.А.
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
гуманитарно-экономический институт»,
valera_zharikov@mail.ru, gavrilovsfreemail@mail.ru

В начале 1970-х годов возник ряд предпосылок появления новой концепции обеспечения конкурентоспособности фирмы. Во-первых, маркетинговую продуктовую ориентацию оказалось целесообразным дополнить объектовой ориентацией на конкретного потребителя (это особенно четко проявилось на оптовом рынке средств производства), что стало предметом новой науки и сферы предпринимательства, называемой ныне логистикой. Во-вторых, энергетический кризис начала 1970-х годов выдвинул в качестве главного условия существования и развития фирм ресурсный фактор, внедрение качественно новой системы ресурсосберегающих технологий как в сфере производства, так и в сфере обмена. На этом этапе потребитель рассчитывает сохранить достигнутый уровень потребления и качества жизни без увеличения затрат ресурсов. Фирмы-производители ориентируются на конкретного потребителя, стремятся удовлетворить его запросы с наименьшими общими издержками в сферах производства и обращения. Концепция логистики находит все более широкое использование, она рассматривается лицами, принимающими решение, как эффективный мотивированный подход к управлению с целью снижения как общих издержек, так и издержек производства.

В настоящее время логистика предлагает иную логику управления совокупными (материальными, финансовыми и пр.) ресурсами и позволяет обеспечить тесную координацию собственно логистической организации и производственной стратегии. Результатами реализации этой стратегии являются: необходимый ассортимент запасов в должном месте в нужное время; согласованность внешнего и внутреннего транспорта, гарантирующая своевременную доставку в соответствии с требованиями производства; синхронность складского хозяйства и транспорта и соответствие упаковки требованиям транспортировки. Все это позволяет минимизировать расход ресурсов, снизить производственные запасы и запасы готовой продукции; обеспечить синхронизацию потребительских заказов и транспортных услуг. По нашему мнению, логистика - теория и практическая деятельность по организации и управлению процессами движения единой совокупности материальных, финансовых, трудовых, информационных и правовых потоков в системе рыночной экономики [1].

Логистика выступает сегодня как современная конкурентная стратегия хозяйствующих субъектов, целеполагающим фактором которой является ресурсосберегающий алгоритм предпринимательства; как системный

подход, представляющий движение и развитие материальных, информационных, финансовых и трудовых ресурсов в категориях потоков и запасов; как алгоритм организации рационального движения материальных потоков и сопутствующих им потоков информации и финансов на всех стадиях производственного процесса; как вид предпринимательской деятельности, специализирующейся на закупке, хранении и доставке сырья, материалов, продукции потребителю. [2]

И маркетинг, и логистика как науки, как виды функционального менеджмента имеют эмпирическую природу: своим происхождением они обязаны практической необходимости нахождения эвристических путей выхода из ситуаций, не имевших на тот момент классических путей решения. Как науки они обе давно уже обладают репрезентативной теорией. В настоящее время встает вопрос о поиске новых решений не только и не столько внутри этих наук, сколько на их стыке, в сферах их пересечения. Именно в этой области может быть достигнут системный (эмерджентный и синергетический) эффект. Указанную сферу мы определяем как маркетинговую логистику и понимаем под ней раздел предпринимательской логистики, включающий методологию, теорию, методику и алгоритмизацию процесса оптимизации потоков всех видов, которые сопровождают маркетинговую деятельность, а также совокупность методов, с помощью которых в системе маркетинга осуществляется анализ, синтез и оптимизация потоков, сопровождающих товар от производителя до конкретного покупателя и систему коммуникации субъектов маркетинговой системы в процессе взаимодействия [3].

Суть указанного подхода заключается в интеграции функциональных сфер, связанных с прохождением материального потока от производителя к потребителю (перевозки, управление запасами, складирование, информационное обеспечение и др.) в единый комплекс. В большинстве существующих определений логистика охватывает весь путь материального потока, существующего как в виде входящего, включающего сырье, материалы, комплектующие изделия, поступающие из внешних источников на предприятие и подвергающиеся переработке в процессе производства, так и выходящего - в виде готовой продукции, движущейся в направлении от производителя к потребителю. Если управление этим потоком и считать задачей маркетинговой логистики, то ее можно определить как планирование, организацию, учет и контроль, анализ и регулирование всех операций по перемещению и складированию, связанных с потоком готовой продукции от конца производственной линии до прибытия продукции на рынок, а также каналов распределения, требующихся для организации и обеспечения взаимодействия между фирмой и ее рынками.

Выделим два взаимосвязанных аспекта маркетинговой логистики: функциональный, связанный с прохождением материального потока (часто именуемый в литературе "физическим распределением") и институциональный, связанный с выбором канала распределения и управления им. Реализация подобного подхода, несомненно, служит достижению конкретной цели стратегии фирмы - наиболее полного удовлетворения запросов

потребителей за счет обеспечения доступности необходимой им продукции, но не раскрывает всех возможностей системного совместного использования маркетинга и логистики [4].

Залогом успешного развития предприятия в условиях современного рынка является использование комплексного подхода к управлению снабжением и сбытом. Поэтому сегодня в наиболее прогрессивных компаниях применяется маркетингово-логистическая парадигма. Это обусловлено тем, что логистика, произойдя из науки об обеспечении войск, сегодня, в большей степени, ориентирована на снабжение, в то время как маркетинг, главным образом, обращен к проблемам сбыта, вместе же эти две науки охватывают единый коммерческий процесс.

Следует заметить, что инструменты маркетинга и логистики, как правило, используются по отдельности и в практической деятельности предприятий. Соответствующие отделы представляют собой две совершенно обособленных службы, одна из которых ближе к транспортно складскому управлению, другая же – к аналитической и сбытовой деятельности компании. Однако, можно говорить о том, что маркетинг и логистика тесно связаны между собой - логистика направлена на удовлетворение спроса, созданного с помощью маркетинга, маркетинг же, в свою очередь, зависит от логистического потенциала фирмы.

Также необходимо отметить, что некоторые инструменты, используемые в логистике и маркетинге, являются достаточно схожими, а иногда полностью совпадают. В первую очередь это касается аналитической работы. Так, например, в обеих сферах деятельности используются аналогичные виды ассортиментного анализа и прогнозов. Это связано с тем, что обработке теми и другими специалистами подвергается, подчас, одна и та же информация, данные о продажах, поставках и складских остатках.

Маркетинговые методы стимулирования сбыта, могут использоваться на благо логистической системы предприятия. Это достаточно очевидно: ведь продажи зависят от закупок и наоборот – предприниматель не может продать больше, чем закупил и ему не следует закупать больше, чем он сможет продать. Следовательно, любая компания в равной степени нуждается как в услугах логистов, так и в услугах маркетологов. Однако часто возникают проблемы с интеграцией обеих систем в рамках одного предприятия.

Как известно, наибольшего успеха на рынке может добиться компания, способная максимально сфокусировать свои усилия, добившись «бесшовной» интеграции всех служб в единую систему. В данном случае имеется в виду объединении деятельности специалистов по маркетингу и логистике в рамках коммерческого отдела.

Такая интеграция позволит избежать повторения некоторых процессов (анализ продаж, ABC-анализ, прогнозирование), повысить эффективность информационного обмена между маркетологами и логистами, а главное - добиться фокусировки усилий и тех и других специалистов на одних проблемах.

Также нельзя не учитывать эффект синергии. При правильно поставленной работе такого отдела эффект взаимодействия специалистов по марке-

тингу и логистике может во много раз превысить сумму результатов их работы по отдельности.

Следовательно, в условиях современного бизнеса для успешного существования предприятия на рынке, необходимо тесное взаимодействие маркетинговых и логистических структур компании, возможно, даже объединение их функций в рамках одного подразделения [5].

В условиях перехода к рыночной экономике внутренняя и внешняя среда машиностроительного предприятия находится в постоянной взаимосвязи, поскольку рынок является для предприятия одновременно и источником образования потоковых процессов (закупка ресурсов) и конечной целью их движения (сбыт готовой продукции).

К числу субъективных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование хозяйственных связей машиностроительных предприятий, и обуславливающих необходимость их логистизации следует отнести:

- достаточно высокую степень монополизации машиностроительного производства и смежных с ним отраслей;
- исторически сложившуюся в России концентрацию машиностроительного производства на крупных промышленных предприятиях;
- ярко выраженную специализацию отдельных машиностроительных предприятий, не всегда соответствующую требованиям рынка;
- необходимость повышения инвестиционной привлекательности машиностроительного производства;
- соотношение между государственной и частной собственностью в машиностроительном комплексе;
- существующие условия конкуренции на отечественном и зарубежном рынках машиностроительной продукции.

Проведенное нами исследование позволяет выявить ряд основных особенностей организации и управления потоковыми процессами машиностроительных предприятий, к числу которых относятся:

- наличие тесных экономических взаимосвязей логистической системы управления потоковыми процессами конкретного машиностроительного предприятия с внешней средой;
- необходимость интегрирования производственных потоковых процессов внутри машиностроительного предприятия;
- наличие специфики многоступенчатого машиностроительного производства;
- пребывание продукта в производственном цикле в течение длительного времени, что обусловлено спецификой использования сложных технологий в производстве машиностроительной продукции;
- необходимость организации сервисного обслуживания потребителей машиностроительной продукции, включающего гарантийное и постгарантийное обслуживание.

Вышеперечисленные особенности организации и управления потоковыми процессами в машиностроительном производстве должны обязательно учитываться при установлении хозяйственных связей машиностроительных

предприятий и их логистизации, предусматривающей создании логистических систем, логистических цепей и других логистических образований в отечественном машиностроительном комплексе [6].

Список используемых источников

1. Функциональная интеграция маркетинга и логистики. http://bigc.ru/publications/bigspb/logistics/func_int_mark_logistics.php
2. Концептуальные подходы в логистике. <http://бизнес-учебники.рф/logist/kontseptualnyie-podhodyi-logistike.html>
3. В.Д. Жариков, В.В. Жариков, Производственная логистика: учебно-методическое пособие (учебно-методическая разработка) // Тамбов: Изд-во Тамб. Гос. техн. Ун-та, 2000. 62с.
4. Концепция маркетинговой логистики. <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2289>
5. Функциональная интеграция маркетинга и логистики. http://bigc.ru/publications/bigspb/logistics/func_int_mark_logistics.php
6. Интеграция маркетинговых и логистических систем. <http://tedeyev.livejournal.com/1109.html>
7. Внедрение моделей инновационной логистики в деятельности туристских фирм в условиях устранения проблем их функционирования. <http://www.creativeconomy.ru/articles/11872/>

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Худяков В.В., Полуэктов В.Л.

*Тамбовский государственный технический университет,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии», г. Тамбов,*

В последние годы в Российской Федерации появляется огромное количество малых форм предпринимательства в сфере высоких технологий, а именно робототехники, разработки мобильных устройств, различных высоконагруженных веб-приложений, изделий из новых материалов и т. д.

Отсутствие управленческого опыта у молодых предпринимателей часто приводит к различным негативным последствиям, таким как ухудшение ключевых показателей эффективности, отставание от плановреализации продукта и др. Для обеспечения успеха разрабатываемого продукта необходимо иметь не только уникальную идею, знания технической стороны предметной области, но и определенные навыки в управлении разработкой продуктов. Для этого необходимо иметь опыт и знания в таких областях как маркетинг, бизнес-информатика, разработка технических заданий, менеджмент организаций.

Создание новых продуктов, разработка стратегии, анализ конкурентов, разработка функциональных требований к продукту — все эти обязанности входят в компетенцию менеджера по разработке продуктов. В малых формах предпринимательства такую роль часто играет основатель компании или генеральный директор.

Разработка нового продукта начинается прежде всего с изучения рынка сбыта и проведения маркетинговых исследований. Далее определяются цели и задачи, которые будет решать предлагаемый продукт. Одним из наиболее важных моментов при разработке нового продукта является изучения нужд и требований потенциальных пользователей, чем часто пренебрегают начинающие предприниматели. Поэтому при разработке необходимо создать прототип разрабатываемого продукта, затем протестировать его работу на потенциальных пользователях будущего продукта. Бывает, что наоборот продукт делают с избыточной функциональностью, затрачивая значительные трудовые, материальные и временные ресурсы. Данный подход тоже не является оптимальным, поскольку выход на рынок такого продукта может произойти гораздо позже, чем если бы было решено выпустить тот же продукт с минимальным набором требуемых функций.

Такая стратегия разработки называется MVP (minimum viable product), что означает минимально жизнеспособный продукт. Выпуск нового продукта с минимальным набором основных функций, которые являются его преимуществами, приводит к достаточно быстрой коммерциализации продукта, сокращению срока возврата на инвестиции (ROI), снижению вероятности быть скопированным конкурентами.

Для создания продуктов в сфере информационных технологий, используя стратегию MVP, применяется методология Scrum (в переводе с англ. «схватка»), которая предполагает поэтапную разработку продукта через фиксированные промежутки времени, которые называются спринтами. Суть данной методологии заключается в наличии готового продукта по окончании каждого спринта. То есть расширение функционала разрабатываемого продукта происходит постепенно, основываясь на приоритете реализации функциональных требований. Таким образом, можно начать с максимально быстрого выпуска MVP для использования потребителями, тем временем постепенно добавляя функции к уже готовому продукту.

Еще одной особенностью разработки новых продуктов в современном предпринимательстве является «гибкость» разработки. Принципиальное отличие от известной методологии разработки продукции по техническому заданию состоит в том, что используя agile-методы (в переводе с англ. «подвижный»), функциональные и иные требования можно менять по мере продвижения процесса разработки, тем самым подстраиваясь под требования потребителей, учитывая допущенные при разработке требований неточности, решая требуемые задачи.

Таким образом, при разработке и выводе на рынок новых продуктов необходимо грамотное управление этим процессом, которое заключается в применении инновационных методов разработки с отходом от привычных методов

реализации промышленных проектов. Использование описанных выше методов в совокупности позволит значительно снизить риски при разработке и повысить эффективность разработчиков, занятых в данном проекте.

Список используемых источников

1. Martin Cagan. How to Write a Good PRD. Silicon Valley Product Group, <http://www.khoslaventures.com/wp-content/uploads/2012/02/goodprd.pdf>
2. Martin Cagan. Behind Every Great Product.Silicon Valley Product, <http://www.khoslaventures.com/wp-content/uploads/2012/02/productmanager.pdf>

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО НАПРАВЛЕНИЯ РЕФОРМИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

Арзамасцев А.А.

*Тамбовский Государственный Университет имени Г.Р. Державина,
г. Тамбов, dqd1@mail.ru*

Уже более пятнадцати лет в России осуществляются глобальные рыночные преобразования, которые затронули все сферы национальной экономики как материальные, так и нематериальные – промышленность, сельское хозяйство, науку, образование, оборону и т.д. Однако жилищно-коммунальное хозяйство, к сожалению, до сих пор остается одной из наиболее отсталых в развитии и низкоэффективных отраслей российской экономики: при огромных затратах человеческих, финансовых и материальных ресурсов качество жилищных и коммунальных услуг остается неудовлетворительным. А ведь это одна из наиболее значимых и важных отраслей, от состояния которой во многом зависит качество жизни населения всей страны.

В общем процессе реформирования экономики России проблема реформы ЖКХ занимает особое место [2].

- Во-первых, это одна из крупнейших отраслей народного хозяйства.
- Во-вторых, эта отрасль наиболее социально значима.

Несмотря на то, что реформирование ЖКХ в настоящее время является приоритетным направлением российской экономики, большинство мероприятий в рамках проводимой реформы направлены в большей степени на поддержание текущей работоспособности отрасли, а не на ее дальнейшее развитие и совершенствование. О чем также говорит и Президент РФ Дмитрий Медведев, который в ходе видеоконференции с региональными избирательными штабами партии «Единая Россия» заявил: «В сфере жилищно-коммунального хозяйства сконцентрировано огромное количество денег – не менее 1,5 трлн. руб. Значительная часть этих средств расходуется нерационально. Деньги в ЖКХ есть, нужно правиль-

но планировать их расходование и привлекать различные источники финансирования, в том числе и внебюджетные».

Российское ЖКХ находится в состоянии тяжелого кризиса, о чем свидетельствует высокая степень недовольства российских граждан, переходящая в жилищно-коммунальные бунты. Реформирование ЖКХ требует комплексного подхода, проведения системных мероприятий по повышению эффективности его функционирования.

За рубежом профессиональные сообщества управляющих предлагают различные образовательные курсы, как базовые, так и повышающие квалификацию. Обучение на таких курсах дает серьезные знания и практические навыки. Большое значение имеет подготовка специалистов по управлению жильем. На Западе многие политехнические вузы, а также специальные колледжи дают базовое образование, позволяющее выпускнику начать работать управляющим. К сожалению, в Минобразования России о таком подходе пока даже не задумываются.

Законодательством западных стран установлены высокие требования к управляющему недвижимостью. В Германии управляющий должен иметь высшее образование и квалификацию экономиста, инженера, юриста или социального работника, а также обладать такими личностными качествами, как коммуникабельность, умение вести переговоры, разрешать конфликты. В Венгрии согласно закону «О товариществах собственников жилья» управляющими кондоминиумами могут быть только лица, прошедшие соответствующую профессиональную подготовку. Значительный интерес представляет опыт Польши, которая в числе первых из государств бывшего социалистического лагеря перешла на управление в сфере управления ЖКХ, создав акционерное общество со 100-процентным государственным или городским капиталом. Западные страны и США демонстрируют развитый рынок жилищных услуг с узкоспециализированной деятельностью организаций в сфере содержания и ремонта жилья.

В Швеции широко развито движение квартиросъемщиков, которые следят за качеством предоставляемых жилищно-коммунальных услуг и ценами на них, ведут работу по взаимодействию с государственными и муниципальными органами власти, защищают свои права в суде. Несколько союзов и ассоциаций квартиросъемщиков, численность членов в которых достигает сотен тысяч, представляет собой огромную силу, с которой считаются все политические партии. Такие ассоциации имеют свою штаб-квартиру, региональные и местные отделения.

Главная цель жилищного движения – повышение заинтересованности квартиросъемщиков в выработке грамотных решений относительно домов, в которых они живут, вовлечение их в процесс принятия таких решений. Для этого за рубежом применяются две разные модели – модель “скидки” и модель “амортизации”. Модель “скидки” предполагает возможность выбора тех услуг, в которых нуждается квартиросъемщик. Пропорционально этому рассчитывается квартплата. Согласно модели “амортизации”, чем бережнее вы относитесь к своему жилью, тем меньше платите. Ни что не мешает россий-

ским квартиросъемщикам (собственникам и нанимателям) тоже начать объединяться для защиты своих прав в сфере ЖКХ.

В Германии законодательством определены организационные принципы кооперативов, а именно: внутренняя демократия, экономическая поддержка членов кооператива, самоорганизация и взаимопомощь, солидарная ответственность и некоммерческая деятельность [4].

Обобщая все многообразие теоретических знаний и практического опыта управления жилым фондом в развитых зарубежных странах, можно предложить следующие направления реформирования процесса управления многоквартирными жилыми домами в России:

1. Изменение менталитета российских собственников жилья, которые воспринимают содержание своего жилого фонда как несение бремени расходов, в то время как в большинстве западных стран граждане рассматривают приобретение жилья в собственность как инвестицию (вложение средств) и понимают содержание как деятельность, обеспечивающую сохранность и надлежащее состояние имущества.

2. Страхование деятельности управляющих компаний. В большинстве зарубежных стран управление в сфере ЖКХ рассматривается как отдельный вид предпринимательской деятельности, требующей страхования рисков [1].

3. Реформирование системы государственных дотаций в сфере ЖКХ. В настоящее время в России главной проблемой является нехватка средств и несвоевременные платежи за оказанные услуги.

4. Устранение коррупции во взаимоотношениях между потребителем ЖКУ, управляющей компанией и ресурсоснабжающей организацией путем четкого законодательного регулирования [3].

5. Системная подготовка специалистов по управлению жильем, которая имеет большое значение в повышении качества обслуживания жилого фонда. За рубежом профессиональные сообщества управляющих предлагают различные образовательные курсы, как базовые, так и повышающие квалификацию. Обучение на таких курсах дает серьезные знания и практические навыки.

6. Информационная открытость и прозрачность деятельности управляющих компаний. Основные претензии российских граждан к управляющим компаниям связаны с непониманием того, из чего складываются тарифы на ЖКУ и как рассчитывается себестоимость этих составляющих.

Список используемых источников

1. Генцлер, И.Г. О некоторых вопросах управления многоквартирными домами. Международный опыт // Законы России. Опыт, анализ, практика. – 2008. – № 8. – с. 12-18.
2. Глазунов, С.Н. Жилищный вопрос в России. Проблемы и перспективы. – М.: Дело, 2006. – 176 с.
3. Кирсанов, С.А. Зарубежный опыт управления многоквартирными домами // ЖКХ: журнал руководителя и главного бухгалтера. – 2011. – № 10. – с. 12-23.
4. Макаров Г. Отечественный и зарубежный опыт самоуправления в городских многоквартирных домах // Хозяйство и право. 2011. № 6. С. 31.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Коробова О.В.

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов,
ovk77@list.ru*

Для реализации инвестиционных проектов предприятие должно иметь инвестиционную привлекательность. Это позволит привлечь инвесторов, кредиторов и прочих, заинтересованных в деятельности организации субъектов. Поэтому предприятию необходимо проводить оценку собственной инвестиционной привлекательности. Существует достаточное количество разнообразных методик оценки инвестиционной деятельности организации. Большинство из них основано на выявлении и анализе факторов внешней и внутренней среды, влияющих на функционирование хозяйствующего субъекта.

На наш взгляд, при проведении оценки инвестиционной привлекательности можно большее внимание уделять источникам привлечения средств.

Оценка инвестиционной привлекательности предприятия должна предполагать решение ряда задач, связанных с оценкой объема требуемых средств, формой их привлечения, степенью доступности, временем распоряжения, стоимостью привлечения определенного вида ресурсов, риском, прочими формальными и неформальными условиями привлечения конкретного источника средств.

Привлечение ресурсов из разных источников имеет организационно-правовые, макроэкономические, инвестиционные и финансово-аналитические ограничения. При этом также учитывается специфика хозяйственной деятельности компании.

К ограничениям организационно-правового характера относятся закрепленные в законодательном порядке требования к величине и порядку формирования отдельных элементов собственного и заемного капитала компании: нижняя граница величины уставного капитала, пределы размещения привилегированных акций, величина резервного капитала компаний. К данной группе можно отнести ограничения, связанные с осуществлением лицензируемых видов деятельности. К организационно-правовым ограничениям относится также контроль над управлением предприятием.

Привлекая финансовые ресурсы путем дополнительной эмиссии акций, компания изменяет финансовую структуру капитала, а следовательно, и структуру управления самой компании.

В число макроэкономических ограничений входят инвестиционный климат в стране, страновой риск, эмиссионно-кредитная политика государства, действующая система налогообложения, величина ставки рефинансирования ЦБ, уровень инфляции.

На формирование структуры капитала в первую очередь оказывают влияние рост российской экономики, консолидация базовых российских компаний в финансово-промышленные группы и ее результат – упорядочение денежных потоков, а также улучшение качества корпоративного управления. Факторы риска отечественной экономики остаются прежними – износ основных фондов базовых отраслей, высокая доля «теневой» экономики, повышение тарифов естественных монополий, значительное количество неплатежеспособных и убыточных компаний. К факторам, смягчающим негативный инвестиционный фон, можно отнести высокий уровень концентрации финансовых ресурсов в распоряжении глобальных инвестиционных фондов и увеличении капитализации российской банковской системы, а также положительный настрой западных инвесторов в отношении России.

Одним из важных ограничений формирования структуры привлекаемых средств при реализации инвестиционных проектов является соответствие сферы, характера деятельности предприятия инвестиционным предпочтениям акционеров. При этом степень доверия со стороны кредиторов сопряжена с оценкой сочетания интересов компании с интересами кредиторов и инвесторов (таблица 1).

Взаимодействие с финансовым инвестором, прежде всего, характеризуется сохранением действующей структуры управления предприятием, среднесрочным горизонтом инвестирования и его заинтересованностью в получении прибыли, как правило, в конце срока инвестиций. В то же время стратегический инвестор принимает активное участие в управлении предприятием, не ограничивается конкретными сроками инвестирования, нацелен на получение значительной части бизнеса.

Следующая группа ограничений – это финансово-аналитические ограничения. Они включают в себя показатели, на основе которых проводится оценка влияния процесса изменения финансовой структуры на финансовое положение предприятия. Это коэффициенты оценки финансовой устойчивости и независимости, которые характеризуют степень защищенности интересов кредиторов и инвесторов.

Финансовая устойчивость является одной из главных характеристик общего финансово-хозяйственного состояния предприятия и предполагает стабильность и сбалансированность денежных потоков организации. Уровень задолженности служит для инвестора своеобразным финансовым индикатором благополучия компании. Чрезвычайно высокий удельный вес заемных средств в пассивах свидетельствует, с одной стороны, о повышенном риске банкротства; с другой – если компания в недостаточной степени использует заемные средства и ограничивается использованием собственных средств, то это приводит к снижению прибыли на одну акцию, понижению курсовой стоимости акций.

Таблица 1.

Характеристика интересов и предпочтений инвесторов.

Критерий	Финансовый инвестор	Стратегический инвестор	Кредитор (долгосрочный)
Ценность вложения средств	Прибыль	Дополнительные выгоды от сотрудничества с инвестируемым предприятием	Доход на вложенный капитал
Горизонт инвестирования	Среднесрочный (4-6 лет)	Долгосрочный (не ограничивается конкретными сроками участия в проекте)	В соответствии с кредитным договором
Контроль над деятельностью предприятия	В соответствии с юридически закрепленными правами собственности на акции. Участие представителя инвестора в совете директоров предприятия	В соответствии с юридически закрепленными правами собственности на акции. Активное участие в управлении предприятием (вплоть до 100% -ной доли участия в бизнесе)	В опосредованной форме, через дополнительные требования: перевод оборотов в банк-кредитор, предоставление личных гарантий владельцев предприятия по возврату кредита
Форма предоставления средств	Денежные средства	Денежные средства, гарантированные поставки, сбыт, квалифицированный персонал, ноу-хау, логистические цепи, помощь в корпоративном управлении	Денежные средства

Таким образом, управление финансовой устойчивостью построено на основе соблюдения балансового уравнения: Активы = Заемный капитал U Собственный капитал (U - знак объединения). При этом финансовая стратегия организации должна строиться на достижении следующих целей:

- приобретение финансовых ресурсов по минимальной цене;
- инвестирование капитала по ставке дохода более высокой, чем цена финансовых ресурсов;
- согласование величины и сроков привлечения собственного и заемного капитала.

Таким образом, анализ структуры привлекаемых средств и предпочтений инвесторов повысит оценку инвестиционной привлекательности предприятия.

Научное издание

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТВЕРДОФАЗНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА И
ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

*Материалы V Международной научно-инновационной
молодежной конференции
31 октября – 1 ноября 2013 г.*

Издательство ИП Чеснокова А.В.

392020, г. Тамбов, ул. О. Кошевого 14. Тел. (4752) 53-60-84.

Подписано в печать 20.10.2013 г. Формат 60x84¹/16.
Объем – 17,9 усл. печ. л. Тираж 150 экз. Заказ № 447.