

УДК 504.064.43:691.33:699.86(043.2)
ББК 20.1я43
Э65

Редакционная коллегия:
А.И. Свиридёнков (гл. ред.), *В.А. Бородуля*,
А.Ф. Ильющенко, *А.Л. Шамотула*.

Э65 **Энерго-** и материалосберегающие экологически чистые технологии : тез. докл. IX междунар. науч.-техн. конф. (Гродно, 20-21 окт. 2011 г.) / НАН Беларуси [и др.] ; редкол.: А.И. Свиридёнков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2011. – 169 с.
ISBN 978-985-515-469-4

Тезисы содержат информацию о путях экономии первичных и рециклинга вторичных ресурсов на основе разработки и применения инновационных ресурсосберегающих и экологически чистых технологий в различных отраслях промышленности, строительстве, энергетике и сельском хозяйстве, охране окружающей среды. Адресовано всем интересующимся данной тематикой.

УДК 504.064.43:691.33:699.86(043.2)
ББК 20.1я43

© Государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский центр проблем
ресурсосбережения НАН Беларуси», 2011
© Оформление. Учреждение образования
«Гродненский государственный университет
имени Янки Купаль», 2011

ISBN 978-985-515-469-4

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ И МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ ВОПРОСЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

А.И.Свириденюк

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

РЕЗЕРВЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКОНОМИКЕ БЕЛАРУСИ

В настоящее время очень важным является постоянный мониторинг потенциала местных ресурсов (энергетических, материально-сырьевых, трудовых и информационных) и возможностей интенсификации их использования для решения актуальных социально-экономических проблем страны.

Существенными ресурсными проблемами, влияющими на эффективность и экологичность экономики, являются:

№ п/п	Перечень ресурсных проблем	Состояние и резервы оптимизации использования экономических ресурсов
1	2	3
1.	Высокая ресурсоемкость технологических процессов и готовой продукции	Средняя ресурсоемкость в стоимости промышленной продукции достигает 70 % (необходимо ее снизить до 30-40 %). Тактические резервы в ресурсосберегающей модернизации промышленных процессов. Стратегическая модернизация промышленности и уход от ресурсорасточительных и создание малоресурсоемких инновационных производств V – VI технологических укладов с добавленной стоимостью.
2.	Чрезмерная импортозависимость экономики	Импортозависимость достигает 70 % ВВП. Для устойчивого развития не должна превышать 30–50 %. Необходимо неформальное активное импортозамещение на основе местных ресурсов.

1	2	3
3.	Недостаток кадров современного профессионального и творческого уровня	Наблюдается снижение качества образования и неоптимальное соотношение подготовки гуманитарных (70 %) и инженерных (30 %) специалистов. Целесообразно довести выпуск высококачественных инженеров и специалистов в области естественных наук до 12-15 человек на 1000 человек населения и существенно укрепить научную и техническую базу вузов и НИИ, занимающихся подготовкой кадров высшей квалификации.
4.	Недостаток притока новых плодотворных научно-технологических идей	Связи со снижением удельного финансирования науки в последние несколько лет, в т.ч. фундаментальных и поисковых исследований, а также снижением уровня подготовки молодых ученых (п. 3).
5.	Негативное воздействие высокоресурсоемких производств на окружающую среду	Переход на ресурсоэкономные технологии. Введение жесткого контроля выдачи разрешений на создание крупных экоопасных производств.
6.	Недостаточная развитость сбора и переработки коммунальных и промышленных отходов	Ускорение создания запланированных мусороперерабатывающих заводов и замкнутых рециклинговых производств.
7.	Слабость ресурсосберегающей законодательной и нормативной базы	Необходима разработка и принятие законов «Основы законодательства о рациональном ресурсопотреблении и ресурсосбережении в РБ».
8.	Отсутствие единого органа, координирующего в рамках РБ ресурсосберегающую деятельность	Необходимо рассмотреть вопрос о его создании и условия функционирования.

RESERVES OPTIMIZATION OF CONSUMPTION AND SAVING RESOURCES IN THE ECONOMY OF BELARUS

Abstract: *The possibilities to decrease the high resource-intensity of the technologies and products, as well as reducing dependence on import for the resource economy of Belarus are considered.*

**В.Т.Шмурадко¹, А.Ф.Ильющенко²,
Е.Е.Петюшик², Н.В.Киршина¹**

¹ОХСП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов
с опытным производством», Беларусь, e-mail: impuls@bn.by

²ГНПО порошковой металлургии, Беларусь, e-mail: impuls@bn.by

ФОРМИРОВАНИЕ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЛЕГКОВЕСНЫХ ОГНЕТЕПЛОЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА

Для решения ресурсо- и энергосбережения в металлургии и других энергоемких производствах широко применяют самотвердеющие и самоупрочняющиеся огнеупорные бетонные смеси, которые выполняют в агрегатах и теплоизоляционные, и конструкционные функции. Рассмотрена возможность применения минерального сырья (на основе каолинов, глин и высокопористого гранулированного вермикулита) в производстве алюмосиликатных огнеупоров.

В рамках трехступенчатой материаловедческой формулы «состав – структура – свойство» разработаны:

- составы огнеупорного легковесного теплоизоляционного материала (шамот-вермикулит – глинистый минерал – жидкое стекло) со следующим уровнем свойств: общая пористость – 18 – 76 %, прочность при сжатии 0,5 – 12 МПа, огнеупорность 1100 – 1300 °С;

- зернисто-пористая структура, состоящая из гранул вермикулита 0,6 – 1,5 мм, шамотно-глинистого цемента с размером частиц < 100 мкм, жидкостекольной связки с силикатным модулем 2,7 – 3,6 и гидрофобизирующей этилсиликатной добавки;

- структурная технологическая схема (на уровне лабораторного оборудования) для изготовления экспериментальных образцов легковесных теплоизоляционных материалов.

Установлены количественные соотношения между шихтовыми компонентами: термически вспученного вермикулита: шамота: огнеупорной глины, которые в композициях находились в пределах (3 – 6): (1 – 3): (3 – 4) соответственно.

Разработаны вяжущие для вермикулитовых материалов на основе огнеупорной глины, цементов, жидкого стекла и соответствующих отвердителей.

Установлено, что созданная структура огнетеплозащитных материалов представляет собой матрично-кластерное строение, где матрица – это шамотно-глинистый композит, преобразованный в керамическую связку при 1000 – 1300 °С, которая прочно связывает ультралегковесные структурные гранулы (0,1 – 1,5 мм) термовспученного вермикулита. Разработанная структура легковесных материалов на основе по-

ристых гранул (0,1 – 1,5 мм) термовспученного вермикулита связанного керамической связкой, представляет непрерывную керамическую капиллярно-проницаемую среду.

FORMATION OF THE COMPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF A LIGHTWEIGHT OGNETEPLOZASCHITNYH MATERIALS ON THE BASIS VERMICULITE

Abstract: From the position of Materials Research of (program) «composition-structure-property» – «material» formulated the basic theoretical and practical approaches create a competitive ogneteplozaschitnyh lightweight materials based on vermiculite termovspuchennogo.

**А.Ф.Ильюшенко¹, В.М.Кащевич³, Р.А.Кусин²,
И.Н.Черняк¹, А.И.Илюкевич¹**

¹ГНУ «Институт порошковой металлургии», Беларусь,
e-mail: nil23nii pm@tut.by

²ОХСП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов
с опытным производством», Беларусь

³УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Беларусь

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВО-ВОЛОКНОВОГО ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МЕДНЫХ ВОЛОКОН

Представлены сведения о структуре, свойствах и технологии изготовления порошково-волоконных фильтрующих материалов (ПВФМ) с градиентной структурой, образованной слоем относительно малой толщины (менее 0,5 мм) из мелкодисперсных частиц и слоем на основе изготовленных из отходов электротехнических производств волоконных частиц. Отличительной особенностью технологии является активация процесса спекания дисперсных волокон мелкодисперсными порошковыми частицами, что позволяет получать путём совместного однократного пресования и спекания двухслойные ПВФМ с повышенной (более чем в 1,6 раз), по сравнению с известными материалами, проницаемостью при одинаковых размерах пор.

В работе предложен способ оценки качества спекания ПВФМ при исследовании процессов их получения, достоинством которого, наряду с простой осуществлением, является то, что качество спекания определяется на тех же образцах, на которых предварительно определялись фильтрующие характеристики ПВФМ.

DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF A POWDER FIBRED FILTERING MATERIAL PRODUCTION ON THE BASE OF WASTES OF COPPER FIBERS

***Abstract:** Results of experimental investigations concerning the development of new processes of production of two-layers porous materials on the base of metal powders characterized by a trough permeability are carried out. It is determined that developed materials have, in comparison with known materials, an increased capacity at equal sizes of pores.*

**А.А. Михалевич¹, В.И. Кувшинов², М.Л. Хейфец³,
Н.М. Позылова³**

¹Институт энергетики НАН Беларуси, Беларусь

²ГНУ «Объединённый институт энергетических и ядерных исследований —
Сосны» НАН Беларуси, Беларусь

³ГНПО «Центр», Беларусь

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЖИГАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА, ЗАГРЯЗНЕННОГО РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ, НА КРУПНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

В результате чернобыльской катастрофы часть районов республики, включая около 20 % лесных территорий, была загрязнена радиоактивными веществами. Радиоэкологическую обстановку на территориях в настоящее время определяют, в основном, изотопы цезия Cs-137, стронция Sr-90, плутония, америция.

Рост деревьев сопровождается переходом из загрязненной почвы и накоплением в биомассе водорастворимых, подвижных и обменных форм радионуклидов. При сжигании загрязненной радионуклидами древесины из-за низкой зольности данного топлива происходит концентрация радиоактивных веществ в минеральной части отходов (золе) с повышением удельной активности золы в 20-40 раз и более (до опасного уровня радиоактивных отходов РАО) в сравнении с удельной активностью исходной древесины. Поток активности, поступающий с топливом в топку или котел, после сжигания распределяется на следующие составляющие: большая часть удаляется с подовой золой, часть с золой уноса (при наличии систем газоочистки), малая часть сбрасывается в окружающую среду с дымовыми газами, неконтролируемое количество оседает на ограждающих стенках топки, газопроводов, поверхностей нагрева, формируя фиксированное (не удаляемое загрязнение материалов и оборудования).

В настоящее время в республике действуют Республиканские допустимые уровни содержания ¹³⁷Cs в древесине, продукции из древесины и

древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001), в соответствии с которыми допустимый уровень содержания ^{137}Cs в топливе древесном не должен превышать 740 Бк/кг. В то же время при разработке и обосновании РДУ/ЛХ-2001 не рассматривался сценарий сжигания древесины в мощных котельных установках с образованием значительных объемов радиоактивных зольных отходов.

В 2006-2010 годах проведены исследования в обоснование уровня содержания ^{137}Cs в древесном топливе при его сжигании в мощных энергетических котлах, для снижения риска выхода золы категории РАО с учетом необходимости сохранения ресурсной базы древесного топлива.

Наиболее рациональным на начальном этапе использования древесного топлива в промышленных котельных и мини-ТЭЦ представляется использование топлива с уровнем содержания ^{137}Cs , обеспечивающего снижение риска выхода золы категории РАО при минимальном снижении ресурса древесного топлива в загрязненных районах.

TECHNICAL AND ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF BURNING OF THE WOOD FUEL POLLUTED BY RADIOACTIVE SUBSTANCES ON IN LARGE POWER INSTALLATIONS

Abstract: For the purpose of power safety increase in Belarus it is realized the program concerning wide involving of local kinds of the fuel, renewed and nonconventional energy sources into fuel balance, a considerable part of the resources is wood fuel and vegetative biomass.

Г. В. Казак

Гродненский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды, Беларусь, e-mail: oblkomprios@mail.grodno.by

РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

27 декабря 2010 года Республике Беларусь принят Закон «О возобновляемых источниках энергии».

В качестве нетрадиционных источников энергии с учетом природных, географических и метеорологических условий республики рассматриваются:

- гидроэнергетические ресурсы. Единичная мощность гидроагрегатов будет лежать в диапазоне от 50 до 500 кВт. Предпочтение будет отдаваться быстромонтируемыми гидроагрегатами капсульного типа;

- ветроэнергетический потенциал. Использование только зон с повышенной активностью ветра гарантирует выработку энергии ветроустановками до 6,5-7,5 млрд. кВт-ч. замещением органического топлива в объеме 1,9-2,0 млн. т.у.т.;

- биомасса. Принципиально новым направлением может быть использование биогазовых установок на канализационных станциях крупных населенных пунктов и тем самым на 60-70 % сокращение собственных нужд этих станций в энергоносителях;

- солнечная энергия. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» созданы гелиовоздухоподогреватели ГПВ-240, которые прошли государственные приемочные испытания, рекомендованы к производству и позволяют при досушивании сена активным вентилированием увеличить производительность технологического процесса в 2 раза и заготовить сено с содержанием кормовых единиц на 15 % больше, чем в сене, вентилируемым неподогретым воздухом;

- естественный холод. Весьма перспективным источником возобновляемой энергии для Беларуси является естественный холод. По данным Гидрометцентра Республики Беларусь, не менее 150 дней в году среднесуточная температура воздуха не превышает плюс 4 °С. Применение оборудования, использующего естественный холод в течении зимнего сезона для охлаждения молока, мяса, другой продукции, позволит экономить 160–180 млн. кВтч электроэнергии в год;

- твердые бытовые отходы. С каждым годом объем образования коммунальных отходов возрастает как минимум на 20 %. За последние 10 лет количество мусора на душу населения увеличилось с 0,485 кг до 0,877 кг в день. Имеющиеся 11 сортировочных станций не в силах справиться с таким объемом отходов, а строительство мусороперерабатывающего завода пока только в планах. Поэтому основную массу, а это около 80 %, образующихся отходов просто «хоронят» на полигонах твердых коммунальных отходов. К сожалению, переработка мусора в области остается «сферой высоких технологий»;

- дизельное биотопливо на основе продуктов переработки рапсового масла. При использовании дизельного биотоплива на основе продуктов переработки рапсового масла снижается дымность отработанных газов и выброс окислов азота на 20-22 процента. В выбросах отсутствуют окись углерода, углеводороды и соединения серы, что дает возможность устанавливать нейтрализаторы отработавших газов;

- сточные воды. Стоки животноводческих и птицеводческих хозяйств экологически опасны. При переработке стоков наименее энергозатратной из существующих технологий является анаэробная. Анаэробно сброженные стоки экологически безопасны и являются ценными органическими удобрениями. При этом вырабатывается 60-70 % метана, одновременно

сложные химические соединения разлагаются до простых, легко усваиваемых растениями, исчезает неприятный запах. Анаэробная переработка всех стоков обеспечивает выход биогаза в объеме 450 млн. м³ в год с энергетическим эквивалентом (при содержании 65 % метана в биогазе), составляющим 380 тыс. т.у.т. в год.

DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN BELARUS AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THEIR USE

Abstract: As an alternative sources of energy, taking into account the natural, geographical and meteorological conditions of the republic are considered: hydroelectric resources, wind energy potential, biomass, solar, natural cold, solid waste, bio-diesel supply, waste water.

А.Ю.Сидоренко, Г.М.Сеньков, В.Е.Агабеков

ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: mixa@ichnm.basnet.by

ИЗОМЕРИЗАЦИЯ α -ПИНЕНА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ ПРИРОДНОМ АЛЮМОСИЛИКАТЕ

В процессе каталитической изомеризации α -пинена (основного компонента скипидара) образуются главным образом камфен и дипентен. Катализаторами данной реакции служат различные алюмосиликаты (глины, синтетические и природные цеолиты). Показана возможность изомеризации α -пинена на алюмосиликате месторождения «Стальное», РБ (Al-Si РБ).

Для активирования катализатор Al-Si РБ обрабатывали 50-100-175-250 мл/г 10 % HCl и 50-100 мл/г 10-15 % H₃PO₄. С целью сравнения использовали промышленный алюмосиликат АС-36.

Изомеризацию α -пинена проводили при 130 °С, количестве исходного Al-Si РБ 3 мас. %, а активированного H₃PO₄ и HCl 1,0 мас. % и 0,5 мас. % соответственно.

Максимальное образование камфена ($74 \cdot 10^{-4}$ моль/м²) и дипентена ($29 \cdot 10^{-4}$ моль/м²), наблюдается на модифицированном 50 мл/г 10 HCl Al-Si РБ, что соответственно в 3,9 и 2,7 раза больше, чем на неактивированном алюмосиликате.

Селективность реакции на исходном катализаторе по камфену (55 %) и дипентену (30 %) после кислотной обработки Al-Si РБ, возрастает на 5-7 % и 5-6 % снижается соответственно. На промышленном АС-36 селективность по камфену составляет 37 %.

Методом термопрограммированной десорбции аммиака (ТПД-NH₃) установлено, что наибольшее количество кислотных центров (к.ц.) наблюдается при обработке природного алюмосиликата 50 мл/г 10 % HCl, что совпадает с максимальным количеством образующихся камфена и дипентена. Показано, что на к.ц. слабой и средней силы происходит преимущественное образование камфена, а на сильных – дипентена.

Установлено, что изомеризация α -пинена протекает по реакции первого порядка с энергией активации 115 кДж/моль.

Константы скорости расщедования α -пинена на Al-Si РБ, активированном 50 мл/г 10 % HCl при 130-140-150 °C составляют, $k \cdot 10^3$, мин⁻¹ 6,0, 13,3 и 25,8 соответственно.

Активность Al-Si РБ сохраняется на протяжении 70 часов и полностью восстанавливается при его регенерации ацетоном.

Показана возможность использования активированного природного алюмосиликата РБ в качестве катализатора процесса изомеризации α -пинена.

ISOMERIZATION OF α -PINENE OVER DOMESTIC NATURAL ALUMINOSILICATE

Abstract: Reaction of α -pinene isomerization over natural aluminosilicate is studied. Possibility of use activated by HCl natural aluminosilicate as catalyst of α -pinene isomerization is shown.

**В.И.Дубкова, Н.П.Крутько, В.С.Комаров,
В.Г.Комаревич, В.В.Смоляк**

ГНУ «Институт общей и неорганической химии
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: dubkova@igic.bas-net.by

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫЕ ГЛИНИСТЫМИ МИНЕРАЛАМИ

В Институте общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси разработан ресурсосберегающий способ получения термопластичных композиционных материалов, обеспечивающий значительное понижение объёмной массы полимера в составе композиций за счёт увеличения содержания наполнителей. В связи с возросшими экологическими требованиями, необходимостью снижения токсичности полимерных композиционных материалов и усиливающейся борь-

бой с загрязнением окружающей среды представляет интерес использование в высоконаполненных термопластичных композициях, получаемых по данному способу, природных алюмосиликатов. Применение в полимерных композициях широко распространённых, доступных и дешёвых минеральных наполнителей частично решает и экономический вопрос проблемы.

Целью настоящей работы является исследование влияния глинистых минералов, в частности, каолина и монтмориллонита, на структуру и свойства термопластичных композиций при высоких степенях наполнения. В качестве полимерной матрицы использовали алифатический полиамид (ПА-66), полиэтилентерефталат, поливинилбутираль. Глинистые минералы применяли как в естественном, природном состоянии, так и после их модифицирования аминами.

Изучен процесс формирования термопластичных композиций с содержанием каолина и монтмориллонита до 80 мас. %. Выявлено увеличение температуры стеклования композитов, плотности высоконаполненных составов и образование более жестко связанной структуры при введении в термопласты глинозёмов, на что указывает значительное возрастание времен диэлектрической релаксации. Оптимизированы составы и температурно-временные режимы переработки композиций, обеспечивающие повышение прочностных показателей материала (модуля упругости, $\tau_{сж}$, твёрдости) в 1,1 – 1,75 раз. Установлено повышение коэффициента поглощения ультразвуковых колебаний на частоте 695 кГц на 27 % и 75 % для композиций, наполненных поверхностно модифицированным каолином и монтмориллонитом соответственно. Введение глинистых минералов в термопластичные полимеры приводит также к повышению теплопроводности композитов. Разработанные новые полимерные композиционные материалы расширяют ассортимент высоконаполненных термопластичных композитов, которые могут быть использованы в различных областях науки, техники и промышленности.

THERMOPLAST COMPOSITE MATERIALS, HIGH FILLED OF CLAY MINERALS

Abstract: *The influence of kaolin and bentonite on a structure and the properties of aliphatic polyamide, polyethylene terephthalate, polyvinyl butyral was investigated with the high degrees of filling. The clay minerals were applied both in a natural condition, and after their modifying of the amines. The structures and the temperature-time modes of processing of the compositions, providing of the increase of strenght parameters of the composite materials strength and heat conductivity were optimized.*

**В.А.Бородуля, Л.М.Виноградов, О.С.Рабинович,
А.В.Акулич, В.П.Василевич**

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: dsl@hmti.ac.by

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

Среди перспективных возобновляемых источников энергии особое место занимает солнечная энергетика, прирост рынка которой ежегодно достигает 25-30 %. Непрерывно возрастает спрос на основной исходный материал фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) солнечной энергии в постоянный электрический ток – поликристаллический кремний (ПКК). Первые искусственные спутники Земли, оснащенные кремниевыми солнечными батареями, были запущены в СССР и США еще в 1958 г. В настоящее время доля солнечной энергетике не превышает 1 % в мировом балансе производимой электроэнергии, но уже к 2015 году ее объем должен вырасти до 15-20 %, а к 2030-2040 годам – до 25-30 %. Цена стандартного ФЭП составляет 4,3 тыс. долл. США за 1 кВт установленной мощности, а около половины стоимости – цена ПКК, из которого он изготовлен. Наблюдается постоянное снижение стоимости солнечной электроэнергии и по прогнозам аналитиков не позднее 2015 г. она может сравняться со стоимостью 1 киловатт-часа, получаемого из органических энергоносителей. Потребность в кремнии для солнечной энергетике к 2015 г. оценивается в 500,0 тыс. т. Стоит отметить, что после 2008 г., когда стоимость традиционного ПКК достигала 250 – 400 долл. США/кг, он резко подешевел и в настоящее время его рыночная стоимость поддерживается на уровне 50-52 долл. США/кг.

Перспективы солнечной энергетике тесно связаны как с повышением КПД ФЭП, так и с разработкой новых малозатратных технологий получения ПКК. КПД ФЭП в промышленных масштабах в среднем составляет 16 %. Используемые в производстве «солнечного» ПКК традиционные технологии обладают значительными энергозатратами (около 250 кВт-час на 1 кг солнечного кремния) и низким выходом продукта (из 1000 кг кварцевого песка – от 50 до 90 кг продукта), а также существенными экологическими проблемами (наиболее распространенный Сименс-процесс – водородное восстановление трихлорсилана).

Одним из перспективных направлений усовершенствования производства солнечных батарей, позволяющих сделать их более дешевыми и массовыми, является реализация процесса пиролиза моносилана в реакторе кипящего слоя с получением гранулированного ПКК. При этом значительно снижается потребление электроэнергии, появляется возможность

организации непрерывного высокопроизводительного автоматизированного технологического процесса. В последние годы в этом направлении проводятся исследования в лаборатории дисперсных систем Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАНБ.

Беларусь обладает значительным потенциалом солнечной энергии. Так, годовая продолжительность прямого воздействия солнечных лучей в широтах республики составляет свыше 1800 часов при суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность – от 1000 до 1200 кВт/м², что соизмеримо для северной части Германии, а также Швеции и Великобритании. Для сравнения – аналогичная величина для Крымского региона (Украина) находится в диапазоне 1200 – 1400 кВт/м². В этих странах уже реализован ряд крупных проектов по созданию солнечных электростанций.

Анализ многолетних исследований показывает, что фотоэлектрический модуль мощностью 1 кВт почти на 70 % территории нашей страны позволил бы получать более 900 кВт·ч электроэнергии, на 25 % – 975 кВт·ч и на 5 % – 1050 кВт·ч. Это означает, что потенциальная эффективность использования ФЭП у нас только за счет благоприятных условий инсоляции на 10 – 17 % выше, чем в Польше, Нидерландах, Германии, Бельгии, Дании, Ирландии, Великобритании.

MODERN STATE AND PROMISES OF THE DEVELOPMENT OF SOLAR POWER ENGINEERING ON THE BASIS OF POLYCRYSTALLINE SILICON

Abstract: Modern state of solar power engineering and its promises for Belarus are considered.

В.В.Тимошенко¹, В.М.Шаповалов¹, С.Г.Кудян², В.С.Кот³

¹ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: mpri@mail.ru

²РУП СКТБ «Металлополимер», Беларусь, e-mail: sktb@sktb.by

³УП «Белвнешпродукт», Беларусь

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИОЛЕФИНОВ

В настоящее время все большее значение приобретает разработка новых ресурсосберегающих технологий, базирующихся на экструзионных процессах переработки композиций на основе вторичных термопластичных связующих. Особое место среди вторичных полимеров занима-

ют отходы полиолефинов, представляющие собой один из наиболее перспективных компонентов композитов. Однако, вследствие пониженных физико-механических характеристик, низкой энтропии смешения их макромолекул, что не обеспечивает эффективную термодинамическую совместимость при их компаундировании и переработке, отходы полиолефинов получили ограниченное применение в производстве полимерных композиционных материалов. Поэтому важнейшей задачей получения технически ценных изделий на основе вторичных полиолефинов является подбор функциональных добавок, влияющих на совместимость в композиционном материале полимерных компонентов и стабильность его структуры и эксплуатационных свойств.

Целью работы является разработка новых составов композиционных материалов на основе вторичных полиолефинов и ультрадисперсного диоксида кремния для длинномерных машиностроительных изделий.

В качестве полимерных связующих использовали вторичные ПЭНД (ТУ РБ 37391633.001-2000) и ПЭВД (ТУ РБ 37391633.001-2000), ПП (ТУ РБ 37391633.001-2000) и их смеси в соотношении $10 \div 90 - 90 \div 10$, в качестве технологической добавки – сажу газовую (ГОСТ 7885-88) в количестве 0,3мас. %. В ряде экспериментов использовали первичные ПЭНД (ГОСТ 16338-85) и ПЭВД (ГОСТ 16337-77). Связующие наполняли высокодисперсными порошками с размером частиц: химически осажденного диоксида кремния, < 40 мкм; отходов переработки силикатного стекла, < 40 мкм; бентонита, < 40; отходов металлургического производства, < 40 мкм; аэросила – 30 мкм. Образцы изготавливали на экструзиографе «НААКЕ». Физико-механические характеристики образцов определяли по стандартным методикам на комплексе «INSTRON».

В результате исследований разработан эффективный способ формирования полимерных композиционных материалов на основе вторичных полиолефинов, заключающийся в наполнении вторичных связующих ультрадисперсным диоксидом кремния. Установлены закономерности влияния содержания (1,5 – 3,5мас. %) и размера частиц наполнителя (<500 нм), состава полимерной матрицы (смесь вторичных ПЭВД+ПЭНД в соотношении 70:30 и ПП+ПЭВД в соотношении 90:10) и последовательности смешения компонентов (смесь вторичных полиэтиленов – технологическая жидкость – диоксид кремния), обеспечивающих повышенный уровень физико-механических (до 45 МПа) и эксплуатационных свойств композитов.

Разработанные композиционные материалы применяются для производства упаковочного материала предназначенного для упаковки и фиксации станков, оборудования и штучной продукции, для трубных изделий, используемых в телекоммуникационных системах, техническом водоснабжении, устройстве электрооборудования машиностроительной отрасли, для рулонного материала, применяемого в транспортирующих лентах птицефабрик, а также других отраслях народного хозяйства.

HIGH STRENGTH COMPOSITE MATERIALS BASED ON MODIFIED BLENDS OF SECONDARY POLYOLEFINS

Abstract: *As a result of research an effective method has been developed for forming high-strength polymer composites based on secondary polyolefins used to manufacture packaging material for pipe products, for roll material for conveyor belts to transport poultry feed, as well as for other sectors of economy.*

Z. Tartakowski

West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland,
e-mail: Zenon.Tartakowski @zut.edu.pl

PROBLEMS OF RECYCLING OF MIXED WASTE

Reducing the amount of generated waste, their efficient utilization and protection of the environment is today the most important aims for sustainable economic growth of the world. Therefore, in the last years the legislative and practical actions in these directions has been taken in many countries. Implemented directive regarding to the packaging waste, vehicles and end-of-life vehicles as well as electrical and electronic equipment resulted in arrangement in legislative and legal problems of waste, but did not cause a substantial increase in recovery and recycling of these waste. According to the international organization of recycling (Plastics Europe) currently up to 7 % of all waste are subjected to recycling, which is a very small amount and it needs to be increased. The level of recovery and recycling in each country is different and depends on the taken institutional arrangements – their structure, techniques of recycling, economic and legal system and public awareness. In Poland, 1.5 billion tons of waste is produced per year (about 350-370 kg/person, in Europe about 400 kg/person), which in 90 % are deposited at landfills, in most cases without any sorting.

In accordance with the applicable EU Directives all waste should be sorted and on landfill should not be more deposited than 25 %. Obtaining of such an indicator requires:

- ensuring an adequate waste collection system,
- application of modern and highly efficient methods for identifying waste and its proper sorting,
- increasing the amount of sorting plants of the waste,
- creating markets of recycled materials,
- increased use of recycled materials for new technical products.

The analysis of the existing systems of waste collection showed that the selective collection of waste allows recover about 12 % of plastics. Its proper functioning requires specialized equipment for transportation of selected waste, separate storage locations and positions for further sorting process. All these

operations generate additional costs of recycled material. For example, for PET the cost of 1 ton of waste (obtained from selective collection) is about 200 euros and the sales price of such material is approximately about 150 euro.

Waste from nonselective collection are the majority of the total waste delivered. Their composition is different and one of the larger fractions is organic waste. They are cause of big contamination of other waste, its moisture and microbial contamination as a result of biological processes. The diversity of the material composition requires a multi-stage sorting process so, that it would be possible to separate the useless fractions, which could be stored at the landfill.

In most companies the sorting process is still manually. This reduces the efficiency of sorting companies and the effectiveness of the process itself. Approximately 70 % of waste is not subject to sorting. This work presents selected technologies of waste treatment and the devices used in process lines. It has been shown that the materials recovered in the recycling process can be used for technical products, which are presented.

А.Н.Калинка, А.В.Спиглазов, В.П.Ставров, Д.И.Чиркун
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: spiglazov@tut.by

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Изделия из стеклопластиков контактного формования широко используются в транспортных средствах, выпускаемых предприятиями Республики Беларусь, однако проблема переработки отходов производства и утилизации изделий до сих пор не решена. По экономическим и экологическим соображениям привлекательны технологии рециклинга, обеспечивающие эффективное использование компонентов, выделяемых из утилизируемых изделий, для последующего изготовления изделий также конструкционного назначения.

Цель работы – создание технологии рециклинга стеклопластиков, допускающей использование волокнистой фракции в качестве наполнителя в композиции с полимерными матрицами в изделиях конструкционного назначения.

Установлено, что технико-экономическим требованиям к процессу выделения волокнистой фракции удовлетворяет измельчение отходов в ударно-центробежных мельницах с отражателями. При этом куски изделия с размерами, позволяющими обеспечить длину волокон не менее эффективной, должны иметь скорость, при которой кинетическая энергия оказывается больше удельной энергии разрушения матрицы, но меньше удельной энергии разрушения волокон. Управление кинетической энер-

гией в момент удара обеспечивает выход волокнистой массы с требуемыми характеристиками. Требованию минимизации энергозатрат и абразивного износа оборудования удовлетворяет процесс совмещения волокнистой массы, образующейся после измельчения, с расплавом термопластичных полимеров в дисковом экструдере. С целью снижения степени измельчения волокон наполнителя при больших деформациях сдвига в рабочей полости дискового экструдера, разработаны и проверены экспериментально специальные средства ввода наполнителя. Разработаны также средства технологического оснащения, необходимые для осуществления последующих стадий процесса, включая формование изделий.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR RECYCLING OF FIBERGLASS PLASTICS

Abstract: Developed effective methods for isolating glass fiber fraction of waste glass-forming pin and combining it with the molten thermoplastic polymer in an extruder for forming a disk products for constructional purposes.

А.Г.Трифонов, А.Г.Лукашевич, Э.А.Михальчева

ГНУ «Объединённый институт энергетических и ядерных исследований – Сосны»
НАН Беларуси, Беларусь, e-mail: tral@sosny.bas-net.by

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА ПЛОЩАДКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Дефицит собственных ископаемых топливных ресурсов в Беларуси, особенности экономических взаимоотношений с поставщиками топлива и энергии из других стран требуют изменения подходов к обеспечению республики топливно-энергетическими ресурсами. Использование ветро-энергетических установок (ВЭУ) поможет решить экологические и экономические проблемы энергетики, связанные с использованием угля, нефти, газа или других дорогостоящих энергоносителей.

В работе представлено применение компьютерной методики выбора перспективных площадок для расположения ветроэнергетических установок, которое учитывает влияние сложного рельефа местности, искусственных препятствий и шероховатости поверхности земли на формирование ветрового климата в исследуемом регионе. Представленная методика оценивает как среднюю энергию ветра в достаточно большом регионе, так и

предсказывает среднее годовое производство энергии определенной ветротурбины, расположенной на определенной площадке местности.

В работе определен ветровой климат Логойского района Минской области; вычислена зависимость средней скорости и удельной мощности ветрового потока от высоты ротора и параметров шероховатости поверхности для различных значений шероховатостей и значений высоты над поверхностью земли. Для трех ветроэнергетических установок, входящих в состав ветроэнергетической станции (ВЭС), были рассчитаны угловые характеристики площадок, характеристики ветра и суммарная годовая выработка энергии ВЭУ для каждой ветротурбины, а также учтено взаимовлияние ветроустановок в составе станции.

Для повышения эффективности строительства и использования ветроэнергетических установок необходимы предварительная точная оценка ветрового климата в предполагаемом районе размещения ВЭУ и определение ветропотенциала с учетом влияния сложного рельефа местности, искусственных препятствий и шероховатости поверхности земли.

COMPUTER TECHNIQUE OF WIND ENERGY RESOURCE ASSESSMENT OF THE WIND POWER STATION SITE TAKING INTO ACCOUNT OF DISTRICT RELIEF AND METEOROLOGICAL DATA

***Abstract:** This paper presents application of wind climate numerical modeling for the assessment of wind energy resource and evaluation of the potential wind power output from wind turbine installations taking into account of district relief and meteorological data.*

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Н.М.Горбачев, В.П.Кожин

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: harbachov.nm@gmail.com; kozhin@hmti.ac.by

СУШКА ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Влажность древесного топлива существенно влияет на процессы теплообмена в энергетических установках, что в значительной мере определяет эффективность работы ТЭЦ и котельных. Стабильное горение измельченного древесного топлива (щепы, опилок, отходов деревопереработки) для большинства котельного оборудования происходит при его относительной влажности не более 40-45 %. С повышением влажности горение древесного топлива становится неустойчивым. Существенно снижается теплопроизводительность котельного оборудования, возрастает расход топлива и т.д.

С целью разработки технологии сушки древесного топлива в ИТМО НАН Беларуси был создан экспериментальный стенд, позволяющий исследовать и отрабатывать процесс сушки древесного топлива (технологической щепы) различного фракционного состава, применяемого на энергообъектах Беларуси. Исследования сушки проводились на экспериментальном стенде, в котором можно было реализовать различные способы сушки, в том числе высокотемпературную сушку щепы методом сброса давления, конвективную сушку дисперсного материала с ворошением слоя материала с помощью шнека, сушку во вращающемся барабане, оснащенный лопатками, и в виброкипящем слое. Учитывая, что поступающее на сжигание топливо может сильно изменяться как по фракционному составу, так и по исходной влажности, для опытной сушильной установки как наиболее универсальный был использован способ сушки в барабанных сушилках.

Эффективность использования сушилки на ТЭЦ определяется правильно выбором источника тепла на сушку и схемой привязки ее к системе топливоподачи. При разомкнутой системе сушки топлива для оптимального выбора теплоносителя требуется анализ тепловой схемы станции в целом. В этом случае процесс сушки топлива аналогичен регенеративному подогреву питательной воды станции.

В рамках ГНТП «Энергетика 2010» разработана двухходовая барабанная сушилка, в которой движение материала обеспечивается с помощью профилированных лопаток. Установка изготовлена, проведены ее

испытания на Осиповичской мини-ТЭЦ (установка СБТ-100 производительностью по сухой щепе 2-3 т/ч).

Такого типа установки могут также использоваться для сушки измельченного топлива при получении топливных гранул (пеллет), брикетов и др.

DRYING OF WOOD FUEL FOR THERMAL POWER PLANTS

***Abstract:** The report presents the results of studies on different methods of crushed wood fuels (wood chips) drying. Designed, manufactured and tested the pilot samples of drum dryers with capacity up to 2-3 tons per hour.*

А.Н.Калинка, В.П.Ставров

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, e-mail: a.n.k@mail.ru

КРИТЕРИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СОВМЕЩЕНИЯ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В ЧЕРВЯЧНОМ ЭКСТРУДЕРЕ

Постоянно возрастающие экологические требования вынуждают предприятия искать пути утилизации смешанных полимерных отходов и композиций на их основе, образующихся при изготовлении изделий из материалов различной природы. Разделение таких отходов невозможно или экономически нецелесообразно. По экономическим соображениям желательны по возможности высокие степени наполнения матричных полимеров наполнителями – дисперсными или волокнистыми, извлекаемыми также преимущественно из отходов производства или утилизируемых изделий. Такие композиции характеризуются высокой вязкостью расплава, а потому высокими энергозатратами на компаундирование в червячных экструдерах, плохой формуемостью, низкой прочностью в изделиях, что снижает конкурентоспособность изделий, получаемых из этих композиций.

Цель работы – оценка энергоэффективности совмещения смешанных полимерных отходов на стадии подготовки производства изделий.

Проанализированы энергозатраты на всех стадиях изготовления формованных изделий из смешанных полимерных отходов и композиций на их основе.

К наиболее энергоемким и затратным относятся стадии пластикации и смешения компонентов смеси в экструдере. Предложен безразмерный критерий, представляющий собой отношение удельной энергии, затрачиваемой на совмещение компонентов смеси, к удельной энергии упругого деформирования материала в условиях эксплуатации. Он включа-

ет параметры степенного закона течения расплава, накопленную деформацию сдвига, при которой достигается удовлетворительная однородность смеси, показатели жесткости и напряжения, ограниченные областью упругой деформации материала в изделии. Критерий дает оценку энергоэффективности процесса совмещения компонентов смеси и позволяет соотнести энергозатраты на совмещение с достигаемыми характеристиками материала в изделии.

Приведены примеры практического применения предложенного критерия для оценки энергоэффективности совмещения смешанных полимерных отходов и композиций на их основе.

CRITERIUM OF ENERGY EFFICIENCIES COMPOUNDING OF MIXED POLYMER WASTES BY SCREW EXTRUDER

Abstract: Dimensionless criterion as the ratio of the energy density from compounding components to the energy density during the deformation of the material of products is introduced.

Н.М.Бобкова¹, Е.Е.Трусова¹, Е.Н.Подденежный²

¹ УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: trusovakaterina@mail.ru

² УО «Гомельский государственный технический университет
им. П.О.Сухого», Беларусь, e-mail: podd-evgen@yandex.ru

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СО СВЕТОПРЕОБРАЗУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ВЫСОКОЭКОНОМИЧНЫХ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

В последние годы весьма активно ведутся работы в области разработки светодиодных ламп и светильников на основе светодиодов белого цвета излучения. Одна из предлагаемых конструкций светодиодной лампы представляет собой стеклянную колбу, пластину или плафон, на поверхность которой нанесено покрытие, характеризующееся светопреобразующими свойствами, в состав которого входит легкоплавкое стекло с ТКЛР, близким к ТКЛР стеклянной колбы и наноразмерный наполнитель – люминофор – итрий-алюминиевый гранат (YAG:Ce³⁺), равномерно распределенный в объеме покрытия.

В качестве основы светопреобразующего покрытия были исследованы легкоплавкие стекла системы ZnO – Bi₂O₃ – V₂O₅ с дополнительным введением в качестве постоянных компонентов K₂O, Al₂O₃, SiO₂. Синтез стекол осуществляли в газовой печи при 1100–1150 °С, с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. В результате синтеза получены хорошо

осветленные стекла, окрашенные в светло-оранжевые тона по всему объему. Стекла данной системы характеризуются высокой устойчивостью стеклообразного состояния в интервале температур 500–900 °С; температурой полной растекаемости стекол в интервале 575–680 °С; ТКЛР – $(72-98) \cdot 10^{-7}$ К⁻¹; температурой начала размягчения в пределах от 450 до 500 °С.

Для получения стеклокристаллических покрытий на подложках из листового стекла выбраны стекла с содержанием Bi_2O_3 15, 20 и 25 мас. %, на основе которых приготовлены порошкообразные смеси с введением 10 и 15 % тонкокристаллического $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$, полученного методом «горения» нитратов иттрия, алюминия и церия в лимонной кислоте и дополнительно обработанных в атмосфере аргона при температуре 1100 °С. Методика изготовления светопреобразующего покрытия включает подготовку шликера, путем совместного смешивания тонкомолотого порошка стекла, люминофора и органического растворителя, нанесение шликера на стеклянную подложку и термическая обработка последних при 650–700 °С в воздушной среде. Получены покрытия с удовлетворительными характеристиками. Визуально, при суммировании излучения синего светодиода и желто-зеленой люминесценции люминофора $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ в составах полученных композитов наблюдается излучение белого цвета.

THE DEVELOPMENT OF THE COMPOSITE WITH LIGHT CONVERSION PROPERTIES FOR HIGH-MILEAGE LIGHT-EMITTING DIODE LAMPS

***Abstract:** The composition of the fusible glasses on the basis of inorganic glass matrix $\text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ for fabrication composite with light conversion properties for high-economical light-emitting diode lamps was elaborated. Glass-ceramic cover on the basis of fusible glasses and phosphor $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ was development. It was shown that at addition of the emission by blue light-emitting diode and yellow-green luminescence of the $\text{YAG}:\text{Ce}^{3+}$ within composite observed white light emission.*

З.А. Антонова, Ю.В. Максимук, В.Н. Курсевич, А.Ф. Буглак

Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Беларусь, e-mail: antonava@bsu.by

НОРМАТИВНЫЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТОПЛИВНЫХ РЕСУРСОВ

С целью повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и вовлечения в хозяйственный оборот новых видов топлива, вторичных энергетических ресурсов, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь разработана программа

комплексных мер в области технического нормирования, стандартизации и подтверждения соответствия, основной задачей которой является обеспечение методами и средствами стандартизации. В рамках этой программы предполагается применение прогрессивных методов испытаний топлив.

Республика Беларусь является мультикультурной в области стандартизации страной, использующей кроме разработанных в Республике Беларусь СТБ межгосударственные стандарты СССР, международные, европейские, американские и российские стандарты. Стандарты Беларуси (СТБ) по методам испытаний биотоплива, как правило, представляют собой идентичные (редко модифицированные) аналоги европейских норм (СТБ ЕН 14112, СТБ ЕН 116, СТБ ЕН 12916 и т.д.), международных (СТБ ИСО 12205, СТБ ИСО 12937, СТБ ИСО 10370 и т.д.), американских (СТБ 1557, СТБ 1559, СТБ 1664 и т.д.) и российских (СТБ ГОСТ Р 51487 и др.) стандартов. Основная проблема таких СТБ в необходимости их исправлений при актуализации оригиналов, на основании которых они были разработаны. Что касается твердых биотоплив, до настоящего времени нет специализированных СТБ на методы их испытаний, за исключением торфа.

Занимаясь разработкой технологии получения жидкого биотоплива и исследованиями состава, качественных и физико-химических характеристик различных видов жидких и твердых биотоплив, нами был накоплен большой массив экспериментальных данных, критический анализ которых позволил сформулировать проблемы в плане методического и метрологического обеспечения испытаний следующих характеристик твердых и жидких биотоплив: влажности (содержания воды), зольности, теплоты сгорания, плотности, стойкости к окислению и обсудить перспективы создания и использования новых смесевых жидких котельных топлив.

NORMATIVE ASPECTS OF QUALITY CONTROL FOR RENEWABLE FUEL RESOURCE

Abstract: The analysis of standards and normative documents for testing of qualitative characteristics are carried out.

В.В.Горжанов, А.А.Каверина, В.В.Буцкий, Т.В.Соловьева
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: kaverina_i@open.by

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМОЛА БУМАЖНОЙ МАССЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ МАКУЛАТУРУ

Одной из важных проблем бумажно-картонного производства является изыскание сырьевых ресурсов. Использование макулатуры в

производстве высокосортных видов бумаги для печати особенно актуально, так как при их производстве применяется только дорогостоящая беленая целлюлоза. Однако в настоящее время доля макулатуры при производстве таких видов бумаги составляет около 1 %. Характерная особенность вторичного волокна, полученного из любых марок макулатуры – стабильно худшие показатели бумагообразующих свойств по сравнению с первичными волокнистыми полуфабрикатами. Для повышения бумагообразующих свойств применяют совокупность технологических операций для придания вторично использованным волокнам заданных бумагообразующих свойств, важнейшей из которых является размол.

Целью работы являлась разработка режимов раздельного и совместного размола макулатуры и целлюлозы, которые обеспечили бы получение бумаги с высокими прочностными показателями при минимальных затратах электроэнергии.

Исследовалась композиция, состоящая из целлюлозы сульфатной (СФА) хвойной производства компании BOKNIA (Финляндия), сульфатной лиственной производства компании ILIM PULP (Россия) и макулатуры марки МС-2А. При проведении размола в качестве активных факторов использовали продолжительность, удельное давление при размоле и частоту вращения ротора мельницы. Применяли математическое планирование эксперимента и стандартные методики испытания бумажной массы и бумаги.

В результате проведенных исследований было установлено, что основным преимуществом раздельного размола является учет особенностей волокон используемых полуфабрикатов. Это позволило получить бумагу с более высокими прочностными показателями, чем при совместном размоле той же композиции. Однако раздельный размол более энергоемкий – 1,2 Вт/г, чем совместный – 0,87 Вт/г и требует большего количества основного и вспомогательного оборудования.

Использование разработанных режимов размола позволяет заменить дорогостоящую импортную целлюлозу на макулатуру при одновременном снижении расхода электроэнергии на размол в производстве высококачественных видов бумаги для печати.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF MILLING PAPER PULP, CONTAINING WASTE PAPER

***Abstract:** The separate and combined modes of milling paper pulp, containing waste paper, have been developed. This allows to produce the paper for printing with high parameters of strength, while reducing energy on milling.*

Ю.В.Максимук, А.Ф.Буглак, З.А.Антонова

Научно-исследовательский институт физико-химических проблем Белорусского государственного университета, Беларусь, e-mail: antonava@bsu.by

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСЕВЫХ КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Мировая тенденция использования жидких котельных топлив направлена на создание топлив на основе нефтяного сырья с добавками биокомпонентов. Для этих целей в Республике Беларусь могут использоваться отходы переработки нефтепродуктов, а также хранящиеся в больших количествах некондиционные, в том числе обводненные мазуты.

Проведены измерения качественных показателей и реологических характеристик (зависимости напряжения сдвига от динамической вязкости и скорости сдвига) в интервале температур 20 – 80 °С для образцов мазута М-100, водно-мазутных эмульсий (шламового мазута и смеси топливной модифицированной), а также их смесей с некондиционным рапсовым маслом в количестве 0,5 – 3 (% масс.).

Введение незначительных количеств рапсового масла приводит к снижению вязкости исследуемых смесей для исследованного интервала температур. Для водно-мазутных смесей, в отличие от мазута М-100, снижение вязкости пропорционально количеству добавляемого масла. Значительные расхождения между экспериментальными данными и расчетными значениями динамической вязкости для смесей мазута М-100 с рапсовым маслом, основанными на количественном соотношении компонентов смеси, свидетельствуют о незначительной растворимости рапсового масла в нефтепродукте, которая увеличивается с ростом температуры. Исследованные водно-мазутные эмульсии можно отнести к вязкопластичным жидкостям. Это связано с тем, что в данных топливах ассоциации связанных гидроксильных групп и углеводородсодержащих веществ образуют пространственную сетку в виде «жидкой сотовой структуры», которая разрушается с повышением температуры.

Результаты эксперимента свидетельствуют о целесообразности введения незначительных количеств рапсового масла для снижения вязкости жидких нефтяных котельных топлив.

INVESTIGATION CHARACTERISTICS FOR MIXED FUEL OIL ON BASE REFINERY WASTE

***Abstract:** The measurements of reological properties for fuel oil with additive vegetable oil are carried out.*

**Г.И. Журавский, А.С. Матвейчук, О.Г. Мартинов, Н.С. Шаранда,
Д.Э. Полесский**

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: mals@tut.by

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ КОНВЕРСИИ ГОРЮЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Одной из важнейших задач, стоящих перед энергетикой Республики Беларусь, является снижение доли импортируемых ресурсов в топливно-энергетическом балансе и увеличение доли местных видов топлива. Планируется использовать в малой энергетике горючие полимерные, сельскохозяйственные, древесные и другие органические отходы, общий ежегодный энергетический потенциал которых составляет 1,1–1,5 млн. т.у.т.

Для исследования процессов термохимической конверсии горючих органических материалов в сырьевые и топливно-энергетические ресурсы в Институте создан экспериментальный стенд, основными элементами которого являются реактор термолиты и модуль генерации химически активного теплоносителя (газогенератор).

В реактор подают измельченный перерабатываемый материал, а от газогенератора – теплоноситель, представляющий собой газообразные продукты газификации углеродистого материала (древесный уголь, кокс, технический углерод, твердые продукты деструкции отходов и др.), содержащий в основном H_2 и CO . Тепловая энергия подводится путем внешнего обогрева, а также с потоком химически активного теплоносителя, обеспечивающего снижение содержания сернистых и непредельных соединений в газовой смеси за счет протекания реакций гидрирования, гидродеароматизации, гидрогенолиза, гидроочистки и гидрокрекинга. В качестве дутья в модуль генерации подается водяной пар, производимый парогенератором.

Термохимическая конверсия композиции полимерных и древесных отходов приводит к ряду положительных эффектов. Древесные отходы в диапазоне температур 275–475 °С при нагревании разлагаются с выделением теплоты, а отходы полимеров – с ее поглощением. Таким образом, при термолиты вышеуказанной смеси тепло, выделяющееся при разложении древесины, будет расходоваться на деструкцию полимеров (термодеструкция 1 кг древесных отходов (с учетом тепловых потерь) обеспечит компенсацию эндотермического эффекта разложения примерно 3 кг отходов полимеров).

При термической деструкции отходов древесины выделяются такие продукты, как органические кислоты, CO_2 , CO , H_2O , H_2 и др., которые при смешивании с газообразными продуктами разложения отходов поли-

меров обеспечивают протекание химических реакций, приводящих к изменению качественных характеристик жидкой фазы конечных продуктов, в частности, улучшению ее топливных показателей.

THE TECHNOLOGY OF COMBUSTIBLE ORGANIC WASTE THERMOCHEMICAL CONVERSION

***Abstract:** For research of combustible organic materials thermochemical conversion processes to raw and fuel-energy resources in the Institute the experimental stand which basic elements are the thermolysis reactor and the chemically active heat-carrier generation module (gas-generator) is created. The offered technological scheme allows to improve the qualitative characteristics of end-products, in particular, their fuel characteristics.*

А.И.Зеленькевич, Д.А.Кулаковский

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Беларусь, e-mail: alex_zelenkewich@tut.by, kulik_106@mail.ru

БЕСПЕРЕБОЙНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ НА НЕСТАБИЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

В настоящее время всё большее развитие получают возобновляемые и нетрадиционные источники электроэнергии. Они внедряются повсеместно, в целях получения дешёвой энергии. Одним из основных недостатков возобновляемых и нетрадиционных энергетических источников, влияющим на качество энергии, является нестабильность параметров вырабатываемой электроэнергии.

В БГАТУ разработана система бесперебойного электроснабжения потребителей, работающих на нестабильных источниках энергии, состоящая из нестабильного источника энергии (ветроэнергетическая установка ВЭУ), двигателя внутреннего сгорания (ДВС), аккумуляторной батареи, синхронной машины и двигателя постоянного тока.

В первом режиме при избыточной энергии ветра избыточная мощность, вырабатываемая генератором ВЭУ, поступает в сеть потребителя, при этом синхронная машина переводится в режим двигателя, вращающая двигатель постоянного тока, который подключен к аккумулятору. Во втором режиме при недостаточной энергии ветра недостаток энергии компенсируется энергией аккумулятора, запасенной в режиме, когда энергия ветра была избыточной. В третьем режиме при отсутствии ветра включается ДВС, вращающий вал синхронной машины, которая в этом режиме переводится в режим генератора и обеспечивает питание сети.

Во всех трех режимах осуществляется контроль и регулирование величины реактивной мощности в сети потребителя, при этом существует возможность принудительного увеличения величины реактивной мощности при аварийных ситуациях в энергосистеме, когда можно пренебречь экономичностью работы данного отдельного устройства для обеспечения устойчивой работы всей энергосистемы.

Данная система обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергией высокого качества.

UNINTERRUPTED POWER SUPPLY OF CONSUMERS, WORKING ON UNSTABLE SOURCES OF ENERGY

Abstract: The paper considers the system to ensure uninterrupted power supply of consumers, working on unstable sources of energy.

И.В.Пиц, В.А.Бирюк

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРИЗОВАННОГО КИРПИЧА

Поризованные керамические изделия находят широкое применение в современном строительстве и характеризуются низкой плотностью и теплопроводностью, обладают хорошими теплоизоляционными свойствами, смягчая перепады температур и создавая в помещении комфортный микроклимат. Поризованные керамические блоки и камни выпускаются на ОАО «Радосковичский керамический завод» и ОАО «Минский завод строительных материалов», где в качестве выгорающей и порообразующей добавки применяют древесные опилки.

Ввиду острой экономии топливно-энергетических ресурсов и широкого использования в качестве альтернативного вида топлива отходов деревообрабатывающих производств, перед кирпичными предприятиями может возникнуть острая проблема с поиском древесных опилок.

В качестве объектов исследования были выбраны составы опытных масс на основе белорусских красножгущихся глин двух месторождений, имеющих промышленное значение в производстве керамического кирпича, а в качестве выгорающих добавок использовали комбинацию древесных опилок и отхода целлюлозно-бумажного производства – скопа. Скоп представляет собой осадок сточных вод после первичной очистки, органическая часть которого составляет около 50 % и представлена в основном целлюлозными волокнами. Минеральная часть содержит до 90 % каолина.

По традиционной пластической технологии были изготовлены опытные образцы, содержание поризующих добавок в которых изменялось в пределах от 2,5 до 10 мас. %. Физико-химические свойства образцов испытывались по стандартным методикам. Установлены закономерности влияния количества используемых в работе отходов на водопоглощение, плотность, пористость и механическую прочность синтезированных материалов. Показано, что при использовании в качестве поризующей добавки древесных опилок и скопа в соотношении 1:1, прочность при изгибе находится в пределах 3,23 – 7,73 МПа; усадка в пределах 3,2 – 5,6 %; кажущаяся плотность 1265 – 1500 кг/м³; водопоглощение изменяется в пределах 23,2 – 44,06 %; открытая пористость 36,07 – 55,75 %; коэффициент теплопроводности 0,11 – 0,36 Вт/(м·К).

Было установлено, что использование в составах масс выгорающих добавок, обладающих высокой теплотворной способностью, позволяет снизить температуру обжига в туннельной печи на 50 – 70 °С за счет тепла, выделяющегося при их сгорании.

На основании результатов проведенных исследований установлена возможность использования отходов целлюлозно-бумажного производства для получения керамических материалов с комплексом физико-химических свойств, соответствующих СТБ 1719–2007 «Блоки керамические поризованные пустотелые. Технические условия».

ENERGYSAVING TECHNOLOGY OF POROUS BRICK PRODUCTION

***Abstract:** Influence of several additives setting up of porous structure of ceramic brick has been tested. Peculiarities of influence of wastes quantities on physical properties: water absorption, density, porosity and also color characteristics of synthesized materials have been established. Introduction of pulp and paper wastes permit to decrease firing temperature up to 50 °C because of heat of burning additives and to reduce the coefficient of heat conductivity of the material.*

О.Г.Рудак, Ю.А.Гуз, В.Б.Снопков

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: puma.legno@inbox.ru, gyz2012@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ПРОГРЕВЕ В НЕНАСЫЩЕННОЙ СРЕДЕ

Данная работа направлена на исследование операции начального прогрева с точки зрения безопасности этого процесса. Изучена возможность доведения степени насыщенности обрабатываемой среды до величины, установленной режимом сушки за счет испарения влаги из поверхностных слоев древесины без введения в камеру дополнительного количества влаги.

В результате проведенных исследований определены количество влаги, испаряющейся из древесины, и глубина испарения, необходимые для достижения степени насыщенности обрабатываемой среды 0,70; 0,75; 0,80; 0,85 в условиях возрастания температуры от 30 °С до 60 °С.

Операция прогрева в ненасыщенной среде предполагает, что в процессе обработки из поверхностных слоев древесины происходит испарение влаги, что в свою очередь приводит к появлению внутренних напряжений. Для возникающего напряженно-деформированного состояния древесины произведен расчет величины влажностных напряжений. Результаты расчета показали, что величина напряжений не превышает допустимого значения, и, более того, меньше его в 8-10 раз. В работе представлены результаты исследования напряжений в древесине, полученные методом, основанным на измерении упругих деформаций отдельных элементов образца.

В результате исследований был сделан вывод о возможности проведения начального прогрева без дополнительного увлажнения обрабатываемой среды, что дает возможность снизить энергозатраты, необходимые для проведения данной операции. Выбор оптимального режима прогрева позволяет довести до минимального значения возникающие внутренние напряжения в древесине и, соответственно, получить более качественный материал.

INVESTIGATION OF STRESS-STRAIN STATE OF WOOD BY HEATING IN UNSATURATED ENVIRONMENT

***Abstract:** This work aims to study the operation of the initial warm-up. The results of investigation of stresses in the wood. Determined by the amount of moisture evaporating from the wood and the depth of vaporization needed to achieve the desired degree of saturation of the manufacturing environment. The conclusion about the possibility of an initial warm-up without wetting the manufacturing environment.*

А.А.Сакович¹, Д.М.Кузьменков²

¹УО «Белорусский государственный технологический университет»,
e-mail: aa_sak@tut.by

²УП «Научно-исследовательский институт строительных материалов»,
e-mail: dima_kuzmenkov@tut.by

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСА ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Гипсовые вяжущие, как известно, по сравнению с другими видами минеральных вяжущих характеризуются значительно меньшими энергетическими затратами на их производство. Однако из-за низкой стоимости энергоносителей в прежние времена этому важному достоинству не

предавалось должное внимание. И поэтому многие виды строительных материалов производились на основе портландцемента, энергетические затраты на производство которого примерно в 4 – 5 раз выше по сравнению со строительным гипсом. Это привело к увеличению средней массы отечественных зданий в 2 – 2,5 раза на 1 м² площади по сравнению со странами Западной Европы.

В последнее время в связи с постоянным ростом стоимости энергоносителей гипсовым вяжущим стали уделять больше внимания. Это обусловлено еще и тем, что доля гипсовых вяжущих в общем балансе минеральных вяжущих в Беларуси составляет в настоящее время чуть более 1 %, в то время как в ФРГ эта величина находится на уровне 25 – 27 %.

В Республике Беларусь сырьём для производства строительного гипса может служить природный гипс (Бриневское месторождение, Гомельская область), однако большая глубина его залегания (150 – 400 метров мощностью 381,8 млн. т., в том числе гипсового камня 233,2 млн. т.), требует шахтного способа добычи, а следовательно, освоения его в ближайшей перспективе не предвидится. Вторым видом сырья мог бы служить фосфогипс, являющийся отходом при производстве экстракционной фосфорной кислоты на ОАО «Гомельский химический завод», в отвалах которого уже накопилось около 20 млн. тонн. К сожалению, до сих пор многочисленные усилия во многих странах, направленные на разработку экономически обоснованной технологии переработки фосфогипса на гипсовые вяжущие, не увенчались успехом. Основная причина состоит в сложности технологического процесса, предусматривающего обезвреживание кислот и растворимых солей, что удорожает производство и делает продукцию неконкурентоспособной.

Исходя из вышесказанного, представляется перспективным для условий Республики Беларусь разработка третьего направления решения сырьевой проблемы для гипсовой промышленности. Оно состоит в сернокислотном разложении доломита с получением дигидрата сульфата кальция и побочного продукта – сульфата магния, либо в виде раствора, либо кристаллического порошкообразного продукта – эпсомита $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, который может быть использован в качестве компонента для производства сложномешанных минеральных удобрений, а также в качестве затворителя магнезиального вяжущего – цемента Сореля.

Хорошей предпосылкой, обосновывающей целесообразность развития такого направления является неограниченная сырьевая база доломита на ОАО «Доломит» и низкая стоимость серной кислоты на ОАО «Нафтан».

Целью настоящей работы явилось разработка технологических параметров получения синтетического гипса и гипсового вяжущего на его основе. Для этого исследовалось: влияние концентрации серной кислоты на выход целевого продукта; температура разложения; порядок сливания реагентов (суспензии доломитовой муки и серной кислоты); введение регуляторов кристаллизации; изучение процесса «старения» осадка синтетического гипса; разработка режима фильтрации и сушки синтетического гипса.

THE DEVELOPMENT OF GYPSUM SYNTHESIS TECHNOLOGY FROM SYNTHETIC RAW MATERIAL

***Abstract:** The subject-matter of the investigation is development of technological parameters of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ synthesis and ν -semihydrate obtaining on the base of $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and studying of their properties.*

Т. В. Сидорович, В. И. Байков

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: lusid@hmti.ac.by

ПУЛЬСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Интерес к интенсификации теплообмена при ламинарном режиме течения теплоносителей, в котором работают рекуперативные теплообменники для вязких сред, возник относительно недавно, и вопросы достижения максимальной теплогидродинамической эффективности, а также соответствующей экономии энергоресурсов и материалов изучены недостаточно. Перспективным является комплексный подход, включающий в себя манипулирование гидродинамикой течения, например путем организации нестационарного (пульсационного) изменения давления (скорости) в охлаждаемом (нагреваемом) канале, и геометрическими характеристиками канала за счет создания особым образом размещенных пережатий на внутренней стенке.

Теоретико-экспериментальным путем установлено, что пульсационный ламинарный режим течения вязкого теплоносителя в каналах с пережатиями хорошо обтекаемой формы является средством интенсификации процесса теплообмена только при соблюдении следующих условий:

- 1) процесс протекает в условиях развивающегося теплового пограничного слоя (короткий канал);
- 2) при стационарном режиме течения за пережатиями образуются зоны возвратно-циркуляционного течения;
- 3) величина амплитуды пульсаций скорости соизмерима со стационарной составляющей скорости жидкости во входном сечении;
- 4) частота пульсаций скорости (давления) должна принадлежать диапазону оптимальных частот.

Исследование теплообмена при наличии ламинарного отрыва потока тесно связано с определением границ переходного от ламинарного к турбулентному режиму течения под влиянием сильных возмущений, источником которых являются как пережатия, так и пульсации скорости. Отрыв потока, который реализуется в каналах с изменяющимся проходным сечением, сти-

мулирует возникновение и распад вихрей в пристеночной зоне за пережатием. Для определения возможности образования за пережатиями зон обратного циркуляционного течения следует использовать значение числа Рейнольдса, определенного по глубине пережатия, средней расходной скорости в сечении над пережатием и кинематической вязкости при температуре стенки; вихревые зоны образуются всегда при выполнении условия. Установлено, что использование работающих в стационарном режиме теплообменных аппаратов, внутренние каналы которых профилированы пережатиями, при малых перепадах между температурами теплоносителя на входе и стенке для ламинарного теплообмена нецелесообразно, поскольку при нормальных условиях эксплуатации теплообменников отношения динамических вязкостей попадают в диапазон, при котором отмечается ухудшение теплообменных свойств. В этом случае для повышения теплогидродинамической эффективности следует применять нестационарный (пульсационный) режим течения охлаждаемой (нагреваемой) вязкой жидкости, который расширяет температурный диапазон эффективной работы теплообменного аппарата и обеспечивает рост теплогидродинамической эффективности на 12-35 %.

IMPROVMENT OF HEAT EXCHANGERS POWER EFFICIENCY FOR VISCOUS LIQUIDS BY MEANS OF FORCED FLOW PULSATION

Abstract: The necessary conditions ensuring up to 12-35 % increase of power efficiency of a recuperative heat exchanger at flow pulsation regime in the internal channel are determined.

Ю.В.Жукова¹, С.А.Исаев²

¹ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: svaturb@hmti.ac.by

²Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации,
Россия, e-mail: isaev3612@yandex.ru

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОБТЕКАНИИ ПАКЕТОВ ТРУБ И ПРИ ДВИЖЕНИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТРУБАХ

Важной экономической задачей на сегодняшний день является рациональное и эффективное использование энергетических ресурсов в различных отраслях промышленности.

Тепловая энергия должна наиболее эффективно трансформироваться в теплообменных устройствах, поэтому проблема усовершенствования теплообменных аппаратов с одновременным уменьшением их размеров и массы в настоящее время является важной и актуальной. И в настоящее время, и в перспективе, одним из главных, технически и экономически наиболее до-

ступным и обоснованным путем уменьшения массы и повышения экономичности энергоустановок является применение в теплообменных аппаратах различных методов интенсификации теплообмена.

Известно, что методы интенсификации теплообмена разделяются на три основных типа. Первый тип – активные методы, требующие подвод энергии извне (наведенную вибрацию, акустическое воздействие, соскребание пограничного слоя). Второй тип – пассивные методы, не требующие подвода энергии извне. Третий тип – комбинированные методы, предполагающие использование двух или большего количества активных/пассивных методов.

В качестве некоторых современных тенденций в развитии пассивных методов интенсификации теплообмена стоит отметить следующие:

1. Использование генераторов струй и вихрей – изменение структуры потока перед/за телом: мелкомасштабные воздействия, в том числе пластины различной геометрии, выдув струи в ближний след и т.д.

2. Изменение формы поверхности теплообмена – эллиптические, овальные и другие формы цилиндров.

3. Использование различных видов технологических шероховатостей, включая лунки.

4. Использование развитых поверхностей теплообмена – полное и неполное оребрение, изменение формы ребра.

Наибольшее внимание в настоящем материале уделяется развитию и апробации пассивных методов интенсификации теплообмена.

HEAT TRANSFER ENHANCEMENT IN CROSSFLOW AROUND TUBE BUNDLES AND AT HEAR CARRIER MOTION IN SINGLE TUBES

***Abstract:** The present paper is dealing with different methods of heat transfer enhancement. Special attention is given to the development and the testing of such modern passive methods of heat transfer enhancement as the application of jet and vortex generators; the use of different-type technology roughness; the flow structure change in front of/behind a body; the shape change of a heat-releasing surface, as well as the use of developed heat transfer surfaces.*

А.Д. Чорный, Ю.В. Жукова

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: anchor@hmti.ac.by

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКИ

Формирование запоминающегося облика современных городов связано зачастую со строительством высотных зданий либо районов со слож-

ной архитектурой. Известно, что конструктивные параметры основных несущих элементов таких зданий и сооружений, а также компактных городских застроек зависят от ветровых нагрузок, задаваемых аэродинамическими свойствами как самих зданий, так и окружающего пространства. В настоящее время оценка ветрового давления выполняется главным образом с использованием строительных норм и спецификаций, которые разработаны на основе практического опыта и экспериментов в аэродинамических трубах как для отдельно стоящих, так и комплексов зданий. В последние годы, наряду с натурными и стендовыми исследованиями, широко используются методы компьютерного моделирования, позволяющие уже на этапе проектирования здания производить учет возможных неблагоприятных факторов и таким образом повышать последующую эксплуатационную безопасность архитектурных сооружений. В настоящем докладе рассматриваются возможности такого моделирования в задачах архитектурно-строительной аэродинамики, что связано с развитием экспериментальных и вычислительных технологий для разработки методов управления обтеканием зданий и сооружений как одиночных, так и в ансамбле с целью уменьшения ветровых нагрузок, улучшения вентиляции микрорайонов, создания теплового комфорта и управляемого воздухообмена и других задач. С этой целью рассмотрены имитационные математические модели и приведены примеры их применения, что может быть использовано для решения задач экспертизы технических решений, а также обоснования перспективных строительных проектов с усложнением задач аэродинамики на задачи теплообмена строительных конструкций, прочности, устойчивости и энергосбережения.

NUMERICAL SIMULATION POSSIBILITIES IN ARCHITECTURE AND BUILDING AERODYNAMICS PROBLEMS

***Abstract:** Possibilities of computer simulation of aerodynamics of buildings in the architecture and building problems involving the development of control methods of flow around buildings and structures both single and in assembly are considered with the intent to decrease wind loads, to improve ventilation of municipal developments, to provide thermal comfort and controlled air exchange. To do this, mathematical models are analyzed and examples of their use are outlined. The results obtained can be adopted to solve the examination problems of technical solutions as well as to sound perspective building projects in which aerodynamics problems are supplemented with problems for heat exchange of building constructions, strength, stability, and energy-saving.*

**В.И.Вовк¹, С.Г.Широков², Н.К.Лисай³, А.А.Семенов²,
Г.Ф.Серебряков¹**

¹РУП «Светлогорское ПО «Химволокно», Беларусь

²ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

³ДП «Мостовская сельхозтехника», Беларусь

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ БЕЗОТХОДНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОЙ
НЕКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ
ПРОИЗВОДСТВА ХИМВОЛОКНА В ХИМИЧЕСКИЕ
КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ УДОБРЕНИЯ
НА МАЛОТОННАЖНОЙ УСТАНОВКЕ**

Увеличение производства отечественного термостойкого химического волокна «Арселон» в РУП «Светлогорское ПО «Химволокно» приводит к существенному росту количества (до 10 тыс. т. в год) отходной низко-концентрированной серной кислоты. В силу этого назрела необходимость выполнить модернизацию производства, используя имеющийся в «Научно-исследовательском центре проблем ресурсосбережения НАН Беларуси» задел в области разработки технологии получения комплексных жидких удобрений и материальную базу ДП «Мостовская СХТ», что позволяет оптимизировать выпуск синтетического волокна «Арселон», которое является экспортоориентированной продукцией.

Для решений этой проблемы сотрудниками «НИЦПР НАН Беларуси» и СПО «Химволокно» предложен и разработан ресурсосберегающий технологический процесс синтеза жидких азотно-серосодержащих удобрений (АСУ) из отходной серной кислоты РУП «СПО «Химволокно». Были выполнены комплексные исследования по разработке рецептур и режимов получения удобрений двух марок: АСУ – 1 (N-S=20-4S) и АСУ – 2 (N-S=12-8S). Далее на опытном реакторе (объем 2,5м³) малотоннажной установке технологический режим процесса переработки отходной серной кислоты путем ее нейтрализации аммиаком водным (отход производства ОАО «Гродно Азот») с добавлением азотного компонента – карбамида (или КАС). В технологии процесса используется тепло химических реакций нейтрализации серной и фосфорной кислоты аммиаком, что позволяет экономить существенное количество тепла на обогрев производственных помещений или на возврат тепла в технологический процесс основного производства.

Исследованы физико-химические, токсиколого-гигиенические свойства двух марок АСУ и разработаны технические условия на продукт «Удобрения жидкие азотно-серосодержащие» ТУ BY 400031289.019-2010.

В РУП «Институт почвоведения и агрохимии» проведены двухлетние регистрационные испытания и агрохимические производственные испытания партии АСУ, которые подтвердили их экономическую эффективность.

В отчете о патентных исследованиях (№ госрегистрации 1119 от 12.05.2010 г.), отмечено, что объект исследования – технология получения из отходов сырьевых компонентов, – серной кислоты и аммиака водного, азотно-серосодержащих удобрений, обладает патентной чистотой в отношении стран СНГ и Республики Беларусь.

Результаты коррозионных испытаний углеродистой стали в среде жидких АСУ подтвердили высокую эффективность использования ингибитора коррозии в виде добавки фосфатов аммония (0,25 % P_2O_5), поэтому АСУ могут храниться и транспортироваться в таре из обычной углеродистой стали вместо специальной стали или вместо дорогих и дефицитных нержавеющих сталей.

На основании выполненных нами исследований и технологических расчетов разработаны исходные данные для проектирования малотоннажной промышленной установки для отечественной химической промышленности до 50 тыс. тонн в год новых отечественных удобрений стоимостью более 15 млрд. рублей.

РУП «Светлогорское ПО «Химволокно» принято и в декабре 2010 года успешно реализовано решение о создании малотоннажной промышленной установки производительностью до 120 т/сутки комплексного азотно-серосодержащего удобрения (АСУ).

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE RESOURCESAVING NON-WASTE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF THE UNCONCENTRATED SULFURIC ACID USED IN MAN-MADE FIBER MAKING TO THE CONCENTRATED FERTILIZERS ON A INEFFICIENT DEVICE

Abstract: *The resourcesaving non-waste technology of processing of the unconcentrated sulphuric acid used in man-made fiber making on Republican Unitary Enterprise «Svetlogorsk PA «Khimvolokno» to a nitrogen and sulphur-containing liquid fertilizers have been developed using device include reactor (2.5 m³) with productivity 2 tonne-day. Physical and chemical, corrosion, toxicological –hygienic and agrochemical properties of two marks of fertilizers (N-S = 20-4S u N-S = 12-8S) have been investigated. Specifications on a product «Fertilizers liquid nitrogen and sulphur-containing» have been developed. On the basis of the executed researches and technological calculations the initial data for designing of a inefficient industrial device for making of a new effective nitrogen and sulphur-containing fertilizers have been developed. On the basis of the developed technology and initial data the engineering project have been executed, the device by productivity to 120 complex nitrogen and sulphur-containing fertilizers tonne-days which is delivered to agriculture of the Gomel area of Republic have been created.*

МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

А.В.Белый¹, В.А.Кукареко², А.А.Колесникова¹, А.Г.Кононов²

¹ ГНУ «Физико-технический институт Беларуси»,

Беларусь, e-mail: vmo@tut.by

² ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,

Беларусь

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОСОВМЕСТИМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ Ti и Zr, МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТОДАМИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ИОННО-ЛУЧЕВОГО АЗОТИРОВАНИЯ

В настоящее время к наиболее перспективным для нужд ортопедии материалам относятся Ti, Zr, Nb, Ta и сплавы на их основе. Вместе с тем проблема повышения прочностных и триботехнических свойств материалов на основе Ti и Zr при сохранении биологической инертности и коррозионной стойкости весьма актуальна. Принципиально новые возможности в этом направлении открывает использование комбинированных методов высокоэнергетического воздействия, в частности, сочетание интенсивного пластического деформирования и инженерии поверхности с использованием концентрированных ионов заряженных частиц.

Результаты исследований показали, что кривые весового износа для циркония и титана в исходном состоянии и после интенсивной пластической деформации практически совпадают. Данный факт можно объяснить тем, что при трении происходит интенсивное пластическое деформирование поверхностных слоев контактирующих тел. Степень пластической деформации достигает $10^2 - 10^3$ %, что сравнимо со степенью деформации при интенсивной пластической деформации. Можно полагать, что формирующаяся при трении структура поверхностного слоя подобна структуре, образующейся в процессе интенсивной пластической деформации.

Ионная имплантация циркония и титана существенно влияет на триботехнические свойства поверхностных слоев. В частности, на начальных стадиях испытаний модифицированные ионами азота Ti и Zr имеют низкую интенсивность изнашивания и коэффициент трения. По мере увеличения пути трения интенсивность изнашивания и коэффициент трения сплавов возрастают до значений соответствующих исходному неимплантантовому состоянию материала.

В случае сплава Zr-Nb интенсивная пластическая деформация приводит к увеличению износостойкости сплава по сравнению с исходным состоянием. Причиной повышенной износостойкости является понижение энергии дефекта упаковки сплава Zr-Nb в однофазном состоянии (α -фаза) вследствие образования твердого раствора атомов Nb в α -Zr. В результате ионно-лучевой обработки зарегистрировано увеличение износостойкости и снижение коэффициента трения сплава на начальных стадиях испытаний. После изнашивания модифицированного азотом слоя коэффициент трения и весовой износ сплава Zr-Nb увеличиваются. Вместе с тем износостойкость сплава сохраняется на более высоком уровне. Повышенная износостойкость обусловлена существенным измельчением зеренной структуры сплава в процессе ионно-лучевой обработки.

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF BIOCOMPATIBLE Ti AND Zr BASED MATERIALS MODIFIED BY PLASTIC DEFORMATION AND ION BEAM NITRIDING

***Abstract:** Ti and Zr based alloys are considered as prospective materials for biomedical applications. In this research the synergistic technique based on intensive plastic deformation and ion implantation of materials has been used for bulk and surface engineering of Ti and Zr alloys to improve their biocompatibility and mechanical properties. Data obtained demonstrate that intensive plastic deformation significantly improves mechanical properties of bulk materials, but does not influence its wear resistance. Nitrogen ion implantation of deformed blocks dramatically improved tribological properties of Ti and Zr alloys.*

О.Р.Юркевич, Е.В.Иноземцева

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им.В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: otdell6mpri@mail.ru

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЛОЕВ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

Современные тенденции в области получения функциональных покрытий высокого качества связаны с рациональным сочетанием свойств различных термопластичных полимеров. Комбинированные покрытия не только аддитивно сочетают свойства различных полимеров, но и позволяют получать дополнительные преимущества за счет формирования переходных зон между слоями, свойства которых могут улучшить качество, в частности защитные свойства покрытий. Об уровне взаимодействия

полимеров можно судить по величине прочности адгезионной связи, возникающей между слоями.

Изучены структура и свойства комбинированных покрытий, формируемых из термопластичных полимеров: полиамида (ПА-6), полиэтилен-терефталата (ПЭТФ), полиэтилена низкого давления (ПЭНД) и низкоплавкого полиэфира (со-ПЭТ). крупнотоннажное производство которых освоено в РБ.

Образцы покрытий получали методом свободного спекания слоя порошкового материала на фольговых субстратах. На первом этапе формировали слои из ПА-6 и ПЭТФ по режимам, установленным в предварительных экспериментах. На втором этапе на поверхность первого слоя насыпали порошок низкоплавкого термопласта и термообработывали по различным температурно-временным режимам. О характере взаимодействия между слоями судили по величине прочности на расслаивание модельных соединений.

Результаты исследований показали, что между слоями формируется переходная зона, свойства которой существенно зависят как от режимов, так и условий контактирования. Полученные результаты позволяют судить о механизме адгезионного взаимодействия между слоями в процессах получения комбинированных покрытий. В частности, кроме физических сил взаимодействия в таких системах существенную роль играет диффузия фрагментов макромолекул низкоплавких полимеров в поверхностные слои высокоплавких. При этом прочность адгезионных связей может достигать значений когезионной прочности низкоплавкого полимера и наблюдается упрочнение слоя высокоплавкого полимера. По степени упрочнения комбинированных пленок можно косвенно судить о совместимости полимеров. Установлены режимы получения комбинированных покрытий с улучшенным комплексом свойств. Рассмотрены конструктивные варианты усиления межслоевого взаимодействия.

INTERACTIONS BETWEEN LAYERS IN COMBINATION THERMOPLASTIC-BASED COATINGS

***Abstract:** The combination coatings make possible to correlate additively the properties of different polymers and to gain some complementary advantages via the formation of a transitional area between the layers with the properties imparting higher quality to the coatings. The character of interactions between the layers has been studied depending on the conditions of obtaining splices, and the parameters of producing the combination coatings with the improved spectrum of properties have been determined.*

С.Е.Орехова, В.А.Ашуйко, И.И.Курило, О.И.Сальчик
УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, e-mail: oliSa_@list.ru

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ДЛЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С АНТИКОРРОЗИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

При воздействии атмосферы, химических и электрохимических процессов, которые протекают на поверхности изделий за счет коррозии, в металлах происходят значительные изменения, продолжающиеся до их полного разрушения.

К наиболее распространенным способам защиты металлов от коррозии относится нанесение на их поверхность других металлов, защитных пленок, лака, грунтовки, эмали. Металлические покрытия заменяют лакокрасочными материалами (ЛКМ), наиболее доступными для широкого круга потребителей и в некоторых случаях являющимися более предпочтительными по сравнению с металлическими защитными покрытиями. К их достоинствам относятся водоотталкивающие свойства и низкие газо- и паропроницаемость. Наличие этих свойств затрудняет доступ к поверхности металла воды, кислорода и содержащихся в атмосфере агрессивных компонентов.

Важной составной частью лакокрасочных материалов являются пигменты, вещества, обеспечивающие цветность и коррозионную устойчивость ЛКМ. Противокоррозионное действие пигментов обусловлено их способностью создавать в ЛКМ определенную концентрацию пассивирующих ионов, диффундирующих к металлическому субстрату и образующих на его поверхности пассивирующую коррозию пленки.

Нами синтезирован ряд композиций, которые могут быть использованы в качестве пигментной части ЛКМ. В составе синтезированных пигментов содержатся соединения ванадия (IV и V), вольфрама, никеля, меди, хрома, цинка, висмута. Определены физико-химические свойства синтезированных композиций, обеспечивающие их устойчивость к коррозии: растворимость в воде, маслосъемность, pH водной вытяжки. На основании результатов проведенных исследований установлено, что композиции пигментов обладают низкими водорастворимостью ($PP = 1,02 \cdot 10^{-15} - 4,72 \cdot 10^{-32}$) и маслосъемностью I рода ($(13,53 \pm 0,53 - 20,9 \pm 0,70)$ г/100 г пигмента) и II рода ($(37,87 \pm 1,0 - 42,24 \pm 1,0)$ г/100 г пигмента), pH водных вытяжек пигментов составил 6–7. Разработана методика проведения электрохимического исследования коррозионной стойкости синтезированных пигментов. Установлены составы, обладающие высокой коррозионной стойкостью.

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF PIGMENTS FOR CORROSION-RESISTING PAINT AND VARNISH MATERIALS

Abstract: Pigments for corrosion-resisting paint and varnish materials were synthesized. Physicochemical properties and corrosion stability (in sodium chloride NaCl solutions) of the obtained pigments were determined.

Е.В.Граховльская, В.Г.Барсуков

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
Беларусь, e-mail: v.g.barsukov@grsu.by

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСТРУЗИОННЫХ МАШИН ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одним из актуальных направлений развития машин и оборудования для переработки полимерных материалов является повышение их надежности и долговечности, расширение технических возможностей за счет модернизации конструкций рабочих органов. Известно большое количество разновидностей конструкций основных рабочих деталей (червяк и цилиндр), которые зависят от типа перерабатываемого материала, его характеристик. В процессе эксплуатации, особенно при отсутствии материала в межвитковом пространстве, данные детали находятся в контакте, в результате чего они изнашиваются, а срок их службы сокращается. В связи с низкой долговечностью червяков экструдер часто комплектуют несколькими червяками, которые являются дорогими и технологически сложными в изготовлении. Для продления срока службы червяки подвергают упрочнению различными методами: наплавки, поверхностной заделки токами высокой частоты и т.д., которые также дороги.

В данной работе предлагается модернизировать конструкцию экструдера путем установки в зоне наконечника дополнительной опоры, выполненной в виде адаптера с опорным вкладышем, взаимодействующим с наконечником таким образом, что обеспечивается перенос пятна контакта и, соответственно, износа, с витков червяка на дополнительную опору. Применительно к модернизации стандартных червяков разработана расчетная схема для анализа напряженного состояния червяка в виде статически неопределимой консольно закрепленной балки, установленной с зазором, меньшей величины прогиба. Результаты исследования позволили определить размеры элементов опорного узла.

Конструкция предлагаемого опорного узла позволяет легко выполнять обслуживание и замену износившихся частей опоры, которые просты и недороги в изготовлении.

Предложенные усовершенствования позволяют продлить срок службы рабочей пары червяк-цилиндр, одновременно способствуют решению задач по ресурсосбережению и импортозамещению.

RESOURCE SAVING MODERNIZATION OF MACHINES FOR POLYMERIC MATERIALS EXTRUSION PROCESSING

Abstract: The method of wear resistance increasing for screw and barrel of extruder for polymeric materials processing with help of additional support for screw are described.

И.А.Левицкий, С.Е.Баранцева, А.И.Позняк

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, e-mail: root@bstu.unibel.by

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СТЕН

Производство облицовочных плиток имеет большой удельный вес в общем объеме производства строительных материалов, поэтому снижение их материалоемкости является в настоящее время первостепенной задачей и может быть достигнуто путем уменьшения их толщины за счет повышения механической прочности при сохранении основных физико-химических свойств.

В качестве базового для исследования принят состав керамической массы, применяемой для производства облицовочной плитки в Республике Беларусь, включающий местное сырье: глину легкоплавкую «Новолукомль»; гранитоидную породу Микашевичского месторождения, доломит месторождения Руба, кварцевый песок Гомельского ГОКа, а также импортируемые из Украины глину огнеупорную марки ДНПК и каолин марки КС-1. Облицовочная плитка, полученная из вышеуказанной керамической массы, имеет водопоглощение 14–16 %, усадку до 2 %, механическую прочность при изгибе 18–20 МПа при толщине плитки 6,5 мм.

Повышение механической прочности при изгибе осуществляется посредством регулирования фазового состава за счет введения добавок, увеличивающих количество стекловидной фазы или армирующих структуру керамики. В качестве добавки в керамическую массу вводился толеитовый базальт Ровенского месторождения (Украина) и субщелочной оливиновый базальт разведанного в Республики Беларусь месторождения (Малоритсткий р-н., Брестская обл.), являющегося частью крупной Вольско-Брестской магматической провинции. Качественный химический

состав базальтов аналогичен, содержание оксидов в Ровенском базальте составляет, мас. %: SiO_2 49,9; TiO_2 2,0; Al_2O_3 14,0; Fe_2O_3 15,2; CaO 9,3; MgO 6,0; Na_2O 2,0; K_2O 0,5; P_2O_5 0,25; MnO 0,16; в отечественном – SiO_2 48,5; TiO_2 2,2; Al_2O_3 15,3; Fe_2O_3 15,0; CaO 8,0; MgO 6,8; Na_2O 2,9; K_2O 0,96; P_2O_5 0,32; MnO 0,2. Минералогический состав базальтов также аналогичен и представлен плагиоклазом, клинопироксеном, калиево-натриевым полевым шпатом, хлорофеем, вулканическим стеклом и небольшим количеством рудных минералов.

Базовый состав был дополнен базальтами обоих типов, оценка качества полученных изделий проводилась по комплексу физико-химических свойств. Доказана равноценная эффективность их введения в состав сырьевой композиции (до 5 мас. %), что подтверждается увеличением механической прочности при изгибе в 2–2,5 раза и служит предпосылкой снижения материалоемкости облицовочных плиток и, соответственно, ресурсосбережения.

SAVINGS OF RESOURCES BY MANUFACTURE OF TILES FOR INTERNAL FACING OF WALLS

Abstract: The composition of ceramic mixes with using natural raw materials of the Republic of Belarus were developed and on the basis of these mixes ceramic tiles with high mechanical properties were obtained.

А.В.Арабей, И.В.Рафальский

УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: arabei@mail.ru, rafalski@mail.ru

СИНТЕЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-КРЕМНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЛИГАТУР

В Республике Беларусь отсутствуют предприятия, занимающиеся производством первичных алюминиевых сплавов для литейного производства, поэтому необходимые для промышленности отливки производят из вторичного сырья или материалов, приобретаемых за рубежом. Из общего количества алюминиевых сплавов, используемых в промышленности, литейные сплавы системы Al-Si (силумины) занимают основное место.

Возможность получения силуминов методом прямого восстановления кремния из его оксидов алюминием в плавильных печах, используемых в литейном производстве, при относительно низких температурах (до 800-900 °С) представляется перспективным и экономичным способом синтеза этих сплавов. Разработка и использование такой технологии по-

зволит сократить затраты на закупку импортируемого кристаллического кремния, а также получать силумины в замкнутом производственном цикле литейного производства при сравнительно низких энергозатратах.

Авторами работы были изучены закономерности и способы получения сплавов системы Al-Si из алюмоматричных композиционных лигатур (АКЛ) на основе кремнезема с целью снижения затрат на производство силуминов, в том числе с использованием вторичного сырья.

В результате проведенных исследований были установлены закономерности фазовых превращений в системе Al-SiO₂. Было установлено, что процесс восстановления кремния определяется температурно-временными параметрами приготовления АКЛ, количеством вводимой фракции наполнителя, состоянием поверхности раздела контактирующих фаз. Полученные результаты позволили предложить новый ресурсосберегающий способ получения синтетических сплавов и лигатур системы алюминий-кремний с высокими показателями выхода годного материала.

SYNTHESIS OF ALUMINUM-SILICON ALLOYS USING OF ALUMINIUM-MATRIX COMPOSITE MASTER-ALLOYS

Abstract: Phase transitions in Al-Si alloys synthesized of aluminium-matrix composite (AMC) master-alloys on the basis of SiO₂-sand were studied. The structure of synthetic Al-Si alloys as well as parameters of the synthesis process of AMC master-alloys were investigated.

**А.А. Бильдокевич, Н.Н. Якимович, В.Н. Гринько,
И.В. Якимович, А.А. Шункевич, А.А. Шипат**

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: gms_124@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАНОЛА

Крахмал, как основной компонент сухих веществ зернового сырья, из которого образуется этиловый спирт, непосредственно дрожжами не сбраживается. Поэтому его необходимо гидролизовать до сбраживаемых сахаров, что достигается путем применения различных ферментных препаратов амилолитического и целлюлолитического действия. Кроме того, для нормального развития дрожжей в процессе брожения необходимо, чтобы в заторе содержались не только сбраживаемые сахара, но и достаточное количество усвояемых азотистых веществ. В связи с этим, наряду с «осахаривающими» ферментами, в затор необходимо

вносить и протеолитические ферментные препараты, катализирующие гидролиз белков и пептидов до аминокислот.

В производстве спирта к ферментам предъявляют определенные требования в отношении состава ферментативного комплекса, оптимальных условий их действия (рН, температура), степени очистки и ряда других факторов.

Цель настоящей работы – исследование влияния ферментных препаратов различного действия на процессы разжижения, декстринизации и осахаривания ржаного сусла.

Для получения разваренного и осахаренного ржаного сусла использовали следующие ферментные препараты:

Источник амилаз: Амилайв AN 2300L (КНР), Альфамил 2500L (КНР), Термозим 100L (КНР), Глюкозид 500L (КНР).

Источник целлюлаз: ксиланолитический препарат ВискоСтар 150L, производства компании «DX Acid International. Inc.» (США),

Источник протеаз: Пролайв PAC 30L, производства фирмы «Lyven SA Zac Normadic» (Франция).

В результате проведенных исследований был подобран комплекс ферментных препаратов, внесение которого в среду позволяет получать зрелую бражку с концентрацией этилового спирта 10,5 – 11,5 об. % за 36 – 48 часов культивирования.

USING THE ENZYME PREPARATIONS IN THE ETHANOL PRODUCTION

Abstract: It was proposed a complex of enzymes which entry into the medium allow to produces a cultural liquid with the concentration of ethyl alcohol 10.5 – 11.5 % vol. for 36 – 48 hours cultivation.

В.В.Савич¹, М.Г.Киселев², Г.А.Есьман², В.Л.Габец²

¹ГНУ «Институт порошковой металлургии», Беларусь,
e-mail: savich@pminstitute.by

²УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: vgabets@bntu.by

ЭКОНОМИЧНЫЙ И ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАТОВ

Проблема создания качественного и эффективного имплантата сложна и многообразна. Для ее решения требуются фундаментальные знания анатомии и физиологии человека, основ биомеханики, биохимии и биофизики, общего и специального материаловедения, современных процес-

сов технологии обработки материалов, основ и специфических принципов конструирования. Успех имплантации в большой степени зависит от характера и степени взаимодействия живых биологических тканей и жидкостей с материалом имплантата, которые осуществляются по его поверхности. Для ортопедических имплантатов главное – максимальное скорое такое взаимодействие, обеспечивающее наиболее высокую силу сцепления (адгезии) имплантата с костной тканью. Стабильная остеоинтеграция зависит как от параметров макроструктуры, так и от химического и фазового состава поверхности имплантата, а также, как показали наши последние исследования, от величины свободной поверхностной энергии, которую можно повышать, используя высокоэнергетические методы обработки – струйно-абразивную, обработку с использованием УЗК и т.п.

Перспективным и экономичным методом изготовления зубных и ортопедических имплантатов является электроэрозионная обработка (ЭЭО), которая позволяет совместить размерную обработку и финишную – формирование текстуры поверхности с одновременным наращиванием толщины нативного оксидного слоя и увеличением свободной поверхностной энергии. Так, варьируя параметрами ЭЭО можно изменять шероховатость поверхности от $Ra = 0,2-0,3$ мкм до $Rz = 80-200$ мкм, а глубина модифицированного слоя может составлять от 0,5 до 40-80 мкм. Изучение адсорбции человеческого сывороточного альбумина (ЧСА) при концентрации ЧСА 20 мг/мл показало, что образцы после ЭЭО адсорбируют больше белка ($259,7$ мкг/см²), чем необработанные образцы (контроль) – $23,1-23,8$ нг/см². Таким образом, можно сделать вывод о том, что ЭЭО формирует рельеф и увеличивает свободную энергию поверхности имплантатов, способствующие адсорбции белка. Поскольку ЭЭО может быть при этом использована для придания заготовке формы и размеров, то данная технология представляется не только эффективной, но и экономичной в производстве ортопедических имплантатов.

ECONOMICAL AND EFFICIENT METHOD OF PRODUCING ORTHOPAEDIC IMPLANTS

Abstract: *A promising and economical method of manufacture of dental and orthopedic implants is electrical discharge machining (EDM), which allows you to combine processing and dimensional finish – the formation of surface texture at the same time building up the thickness of the native oxide layer and an increase in free surface energy. Study of adsorption of human serum albumin (HSA) showed that the EDM creates relief and increases the free energy surface of the implant to facilitate protein adsorption. Since the EDM may be used at the same time to give the workpiece shape and size, this technology is not only effective but also economical in the manufacture of orthopedic implants.*

А.И.Буря¹, А.И.Свириденко², О.Ю.Кузнецова¹, Э.В.Ткаченко¹

¹Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина,
e-mail: ol.burya@gmail.com

² ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: rs_konf2011@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОЛОКНА АРИМИД-Т НА ПРОЧНОСТНЫЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНОПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА-6

Сегодня уже очевидно, что полимерные композиты на основе химических волокон – это самостоятельный класс материалов, имеющий новый комплекс заданных свойств и успешно заменяющий традиционные материалы и стеклопластики. Учитывая это, целью данной работы было изучение влияния полиимидного волокна Аримид-Т на прочностные и триботехнические характеристики алифатического полиамида-6 (ПА-6).

Композиции готовили смешением компонентов во вращающемся электромагнитном поле и перерабатывали в блочные образцы методом компрессионного прессования при давлении 45 МПа и температуре 453 К. Содержание волокна составляло 15, 30 и 45 % мас. %. При исследовании свойств органопластиков (ОП) определяли прочностные характеристики при сжатии (ГОСТы: 4651-78 и 9550-81), относительную износостойкость при изнашивании нежестко закрепленными абразивными частицами – $K_{\text{и}}$ (ГОСТ 23.208-79), коэффициент трения и износ в режиме трения без смазки при давлении 0,4 МПа, скорости скольжения – 1 м/с, пути трения – 1000 м.

Анализируя свойства ОП, определено, что наилучший армирующий эффект достигается при содержании волокна 30 мас. %, когда внутренние напряжения наименьшие и число контактов макромолекул с поверхностью наполнителя достаточно большое, то есть обеспечивается высокая прочность адгезионных связей. В данном случае наблюдаются оптимальные значения $K_{\text{и}}$ и интенсивности изнашивания в режиме трения без смазки ($I_{\text{н}}$), что хорошо коррелирует с максимальным значением прочности при данном процентном содержании наполнителя. Так, если для исходного связующего $I_{\text{н}}$ принимает значение $81,8 \times 10^{-8}$, то для ОП данный показатель уменьшается до $0,42 \times 10^{-8}$. Дальнейшее повышение содержания волокна приводит к некоторому увеличению $I_{\text{н}}$, хотя коэффициент трения снижается. Температура в зоне контакта монотонно снижается во всем диапазоне армирования.

Существенное отличие в износостойкости исходного и армированного ПА-6 объясняется характером изнашивания указанных материалов: в первом случае механизм изнашивания адгезионный, во втором – усталостный.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ARIMIDE-T FIBRE CONTENT ON THE PROPERTIES OF ORGANOPLASTICS BASED ON POLYAMIDE-6

Abstract: the properties of fibrous polymer composition materials based on polyamide-6 are discussed. The reinforcement of the initial polymer with Arimide-T fibre has been stated to improve the mechanical and tribological properties of the elaborated plastics.

А.М.Валенков

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: Valenkov_and@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ УПРОЧНЕННЫХ ПОЛИАМИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЗМОВ В УЗЛАХ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ

Повышение работоспособности, а также проведение ремонтно-восстановительных работ деталей механизмов узлов трибосопряжения, работающих в условиях повышенных нагрузок, является актуальной задачей в авиа- и машиностроении.

Одним из способов повышения эксплуатационных свойств данных деталей является формирование на их поверхности полимерных покрытий. Для этих целей широкое применение находят алифатические полиамиды. Однако, при формировании качественных покрытий с повышенным «жизненным циклом» возникает потребность в упрочнении базовой полимерной матрицы, что достигается введением частиц наполнителя различного состава и действия. Одними из наиболее перспективных наполнителей являются различные формы структурированного углерода.

Целью работы явилось формирование и исследование деформационно-прочностных и триботехнических свойств покрытий на основе алифатических полиамидов и углеродного наполнителя.

В качестве полимерного связующего использовали порошкообразный полиамид 6, полученный криогенным измельчением гранулированного продукта и полиамид 12 торговой марки «Rilsan A». Размер полиамидных частиц не превышал 200 мкм. В качестве наполнителя использовали структурированные формы углерода в виде волокон с диаметром частиц 50 – 750 нм. Композиции получали сухим смешением исходным компонентов в течении 20 минут в шаровой мельнице с использованием керамических и стальных шаров диаметром 20 – 50 мм. Покрытия получали путем погружения в псевдооживленный слой порошковой смеси

композиции предварительно нагретых до температуры 270 °С металлических подложек, изготовленных из стали марки 45. Спекание полученного покрытия осуществляли в электропечи СНОЛ при температуре 240 °С в течении 5 минут. Механические свойства композитов на растяжение исследовали по стандартной методике (ГОСТ 11262-80). Триботехнические свойства покрытий исследовали на возвратно-поступательном микротрибометре MTU – 2К7 (ИММС НАНБ Беларусь) без смазки при нагрузке 750 мН.

В результате проведенного исследования получены полимерные покрытия с повышенными механическими и триботехническими свойствами. Установлена оптимальная концентрация углеродного наполнителя, обеспечивающая повышение комплекса эксплуатационных свойств формируемых покрытий.

Показан предположительный механизм повышения деформационно-прочностных свойств исследуемых покрытий, в котором существенную роль играют эффекты армирования матричного полимера частицами наполнителя.

FORMATION OF HARDENING POLYAMIDE COATINGS TO IMPROVE PERFORMANCE SURFACES DETAILS OF THE MECHANISM AT THE NODES OF FRICTION UNITS

Abstract: This paper investigates the strength and tribological properties of polyamide coatings modified ultrafine particles of a structured carbon. It is established that the introduction of a polyamide matrix 0,8 – 1 mas. % carbon filler observed increase of the complex formed by coating performance properties.

М.В.Дяденко, И.А.Левицкий, Л.Ф.Папко

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by, dyadenko-mihail@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОЖИЛЬНОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Малоресурсоемкая технология изготовления оптического волокна и изделий на его основе требует научного сопровождения, направленного на оптимизацию составов стекол, технологических режимов их синтеза и формирования жесткого многожильного волокна.

Наиболее сложной задачей при синтезе стекол для световедущей жилы оптического волокна являлось подавление процессов фазового разделения, протекающих в температурном интервале вытягивания волокна (700–1150 °С). Задача решалась путем последовательного введения в ба-

зовые составы стекол системы $\text{La}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ оксидов BaO и TiO_2 , а также добавок ZrO_2 , Nb_2O_5 , WO_3 и Y_2O_3 . Разработаны составы стекол, характеризующихся отсутствием признаков кристаллизации при их термической обработке в температурном интервале 600–1050 °С в течение 24 ч.

Установлены закономерности влияния оксидов лантана, бария и титана на оптические постоянные стекол, их вязкостные и термические характеристики. Показатель преломления стекол оптимальных составов составляет 1,79–1,81, что обеспечивает числовую апертуру оптического волокна больше единицы – условие максимальной передачи светового сигнала.

Температурная зависимость вязкости стекол системы $\text{BaO-La}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ в интервале значений $10^{10}\text{-}10^4$ Па·с определена с помощью вискозиметра РРV–1000 (США). Установлено, что повышение содержания оксида лантана от 5 до 25 мол. %, вводимого взамен оксида бария, приводит к росту вязкости на 1,5–2 порядка. В интервале пластического состояния введение BaO в количестве 15–30 % приводит к смещению температурного интервала, соответствующего вязкости $10^{10}\text{-}10^7$ Па·с, на 50–60 °С в область более высоких температур. При переходе из пластического состояния в жидкое (температура свыше 800 °С) вязкость исследуемых стекол снижается с ростом содержания BaO, что является закономерным.

Регулирование температурной зависимости вязкости обеспечивает требуемые геометрические параметры оптического волокна и стабильность процесса его вытягивания. С использованием разработанного состава стекла для световедущей жилы изготовлена партия волоконно-оптических пластин в количестве 200 единиц.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF RECEPTION OF MULTICORE OPTICAL FIBER

Abstract: The composition of glass for light-guiding core of optical fiber with high stability to crystallization is developed. Viscosity and crystallization properties of glass are provided stability of process optical fiber drawing.

Л.М. Акулович, А.В. Линник, А.М. Ефимов

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Беларусь, e-mail: Sanya_lin@mail.ru

АНАЛИЗ ОДНОРОДНОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ В УСТАНОВКАХ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ И УПРОЧНЕНИЯ

Известно, что изменение эксплуатационных свойств обрабатываемого поверхностного слоя в процессах магнитно-абразивной обработ-

ки (МАО) и магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) происходит за счет воздействия на него переменного магнитного поля. Производительность процесса МАО и МЭУ, а также качество обрабатываемых поверхностей определяются геометрическими параметрами рабочей зоны и градиентом магнитной индукции. Указанные параметры формируют магнитную систему, которая составляет основу станков для МАО и МЭУ. Рабочая зона должна удовлетворять основному требованию – создавать максимальную магнитную индукцию при минимальной магнитодвижущей силе.

Для получения однородного магнитного поля с учетом принципа суперпозиции требуется, чтобы векторная сумма напряженностей полей источников была постоянной в заданном объеме.

Для установления распределения магнитной индукции по ширине и высоте рабочего зазора были проведены измерения магнитной индукции. Опыты проводились на полюсных наконечниках двух видов: для МАО наконечниках серповидной формы поперечного рабочего зазора, угол охвата наконечника 90°; для магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) ширина рабочей поверхности 5 мм.

Измерения проводились с помощью от тарированного датчик на основе элемента Холла на который подавалось постоянное напряжение 30 В от источника тока Б5-44А, силой тока 25 мА. Выходное напряжение от датчика, равное 153 мВ, соответствовало 625 мТл. Диаметр обрабатываемой детали 20 мм. Величина рабочего зазора 2 мм. Магнитная индукция в рабочем зазоре измерялась по длине зазора в трех точках, по краям и по центру.

Установлено, что наибольшее влияние на магнитную индукцию в рабочем зазоре оказывают потери в воздушном зазоре и конфигурация полюсного наконечника. Компенсировать неоднородность магнитного поля можно выбором соответствующего отношения диаметра полюсных наконечников к длине зазора, приданием нужной конфигурации поверхности наконечников, подбором материала для них, размещением на концах катушек дополнительных витков, компенсирующих убывание магнитного поля от центра к периферии.

ANALYSIS OF MAGNETIC FIELD HOMOGENEITY IN THE WORKING AREA IN UNITS FOR MAGNETIC TREATMENT AND HARDENING

***Abstract:** Performed theoretical calculations and experimental studies of magnetic induction in the gap. The results of comparative analysis of the magnitude and distribution of magnetic induction, depending on the size of the working gap in the magnetic-electric hardening and magnetic-abrasive processing.*

Г.В.Медяк, В.И.Соколова, А.А.Шункевич
 ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Беларусь,
 e-mail: shunkevich@ifoch.bas-net.by

ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЛОКНИСТЫХ АНИОНИТОВ ФИБАН ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ

В последние годы успешно развивается метод очистки воды с использованием специальных гранульных анионитов-органопоглотителей, которые выпускаются различными зарубежными фирмами (Dow Chemical, Amberlite, Purolite). Такие иониты применяют для очистки маломутных природных вод на некоторых ТЭС в СНГ. В то же время в процессе эксплуатации эти материалы подвергаются механическому истиранию и химической деградации и требуют ежегодной 10 %-й досыпки и полной замены примерно через 6 лет эксплуатации. Кроме того, эти аниониты требуют значительных валютных затрат (9000\$ за м³), имеют высокое гидродинамическое сопротивление и, следовательно, обеспечивают невысокую скорость очистки. Целью настоящей работы было провести сравнительное исследование гранульных органопоглотителей и волокнистых анионитов, разработанных в ИФОХ НАН Беларуси, при очистке больших объемов воды на высоких скоростях потоков для предприятий энергетики.

В качестве волокнистых органопоглотителей использовали аниониты ФИБАН на основе ПАН волокна, а в качестве гранульных – лучшие импортные иониты. Результаты исследований, приведенные в таблице, свидетельствуют, что при традиционно заданном технологией времени контакта сорбента с водой (45-50 сек, скорость потока $v = 72-80$ колоночных объемов BV/час) волокнистые аниониты ФИБАН работают на уровне специально разработанного для удаления органики гранульного сорбента Purolite A-860S. При снижении времени контакта в 2,5 раза ФИБАН А-5 очищает в 2 раза больше воды, чем Purolite A-860S. При сокращении времени контакта в 5 раз ФИБАН А-5 продолжает очищать воду, тогда как Purolite A-860S в этих условиях не работает.

Тип ионита и основные функциональные группы	Перманганатный индекс исходной воды, мг О/л	v, BV/час	СЕ, мг О/г ионита	V, BV/г ионита
1	2	3	4	5
ФИБАН А-7, $\approx N$, $\approx N^+$	15,4	72-80	190,4	2 743
ФИБАН А-5, $\approx N$	11,9		98,8	1 473
РА-501, $\approx N^+$	11,9		51,0	1 026
Purolite A-860S, $\approx N^+$	15,4		141,3	1 807

1	2	3	4	5
ФИБАН А-5, ≈N	4,0	184-197	46,1	3 365
Purolite A-860S, ≈N ⁺	4,0		15,1	1 640
ФИБАН А-5, ≈N	4,0	369-393	43,7	2 445
Purolite A-860S, ≈N ⁺	4,0		0	0

СЕ и V – количество поглощенных органических веществ и объем очищаемой воды до ПИ=3 мг О/л.

Устойчивая работа волокнистых ионитов ФИБАН по глубокой очистке воды от органических веществ наряду с высокой скоростью сорбции и регенерации, механической и химической стойкостью обеспечивают возможность обработки больших объемов воды при минимальных затратах электроэнергии и перспективность их использования на предприятиях энергетики.

ADVANTAGES OF FIBROUS ANION EXCHANGERS FIBAN FOR THE WATER TREATMENT

***Abstract:** Comparative study of granulated scavengers and FIBAN fibrous anion exchangers for deep purification of large water volumes with high-velocity streams demonstrated the promise of FIBAN materials use on energy industries.*

В.П.Сергиенко, С.Н.Бухаров

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: sergienko_vp@mail.ru

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ И ШУМА ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ МАШИН

Склонность фрикционных узлов к вибро- и шумообразованию являются значимыми критериями, определяющими конкурентоспособность машин. Повышенные уровни вибраций и шума существенно снижают надежность и долговечность машин и, по сути, характеризуют их качество. Важен также и экологический аспект проблемы, поскольку шум, генерируемый колебаниями механических систем, введён Европейской Экономической Комиссией ООН в число важнейших экологических параметров машин. Таким образом, исследования механизмов возникновения вибрации и шума в узлах трения и разработка методов снижения их виброакустической активности являются актуальными в трибологии и машиностроении.

Одним из перспективных направлений решения задачи минимизации вибрации и шума фрикционных узлов является снижение колебаний в самом источнике путем проектирования фрикционных материалов с оптимальными виброакустическими параметрами. Имеющиеся научные данные показывают, что такой подход уже на стадии проектирования позволяет осуществлять выбор материалов пары трения с учётом их фрикционных характеристик и, тем самым, влиять на параметры виброакустической активности трибосопряжений.

В настоящее время при разработке и выборе фрикционных материалов учитывается более 20 параметров, в том числе, плотность, теплостойкость, прочность (на растяжение, на сжатие, на изгиб, на сдвиг), технологичность, экологичность, склонность к визгу и др. Уровень вибрации и шума определяется 2 – 3 факторами, зависящими от состава фрикционного материала. Экспериментально установлено, что определяющее влияние оказывают статико-кинетические фрикционные характеристики и демпфирующая способность материалов пары трения. В отношении вынужденной низкочастотной вибрации интерес представляют такие свойства фрикционного материала, как деформация при сжатии (сжимаемость), коэффициент теплового расширения, теплопроводность, теплоемкость, стойкость к коррозии и пористость.

Получить оптимальную фрикционную пару, в частности, создать фрикционный материал со сбалансированным составом в отношении склонности к вибрации, шуму и комплексом эксплуатационных параметров является наиболее трудноразрешимой задачей фрикционного материаловедения. Высокая затратность разработки определяется тем, что первоочередным критерием выбора материалов пары трения являются фрикционно-износные характеристики, которые оптимизируются в ходе серий лабораторных и стендовых испытаний. И только на заключительных этапах стендовых и ходовых испытаний оценивается склонность узла к вибро- и шумообразованию.

REDUCTION OF THE VIBRATION AND NOISE IN VEHICLE BRAKES

***Abstract:** The work reviews theoretical and experimental studies in noise, vibration and hardness (NVH) of automotive brake systems. Introduction of fundamental mechanisms of the noise and vibration appearing at braking are presented. The analysis is given of numerical, experiment-calculated methods and analysis procedures used in the study of automotive brake NVH. Results of prediction the friction induced vibration are considered.*

А.В. Сушкевич, М.И. Кузьменков
УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, e-mail: unibel.chtvm@tut.by

СТОМАТОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕМЕНТ, ОБЛАДАЮЩИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Применяемые в Республике Беларусь стоматологические материалы в основном зарубежного производства, за исключением цементов, разработанных на кафедре химической технологии вяжущих материалов БГТУ. В настоящее время на рынке появились стоматологические цементы последнего поколения Mineral Trioxide Aggregate (MTA), предназначенные для пломбирования корневых каналов, которые представляют собой гидравлическое вяжущее. Они обладают хорошими герметизирующими свойствами, биосовместимостью, способствуют регенерации костной ткани. Учитывая их высокую стоимость (около 40 евро за 1 грамм), разработка отечественного стоматологического цемента MTA и технологии его изготовления являются актуальной задачей.

Анализ литературных и патентных данных показал, что основными оксидами, которые присутствуют в цементах MTA являются CaO , Al_2O_3 , SiO_2 , а так же соединения, придающие цементу рентгеноконтрастность (Bi_2O_3 , BaSO_4 , ZrO_2 и др). Синтез цементных клинкеров вели на базе системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. В указанной тройной системе, определена оптимальная область составов – CaO 75–85 %, SiO_2 15–25 %, Al_2O_3 5–25 %, обладающих гидравлическими свойствами.

С целью интенсификации твердофазового взаимодействия и снижения температуры обжига 3-компонентные составы модифицировались P_2O_5 , CaF_2 , Bi_2O_3 . Положительное действие CaF_2 наблюдалось, когда его количество не превышает 1 %, P_2O_5 – 0,8 %, Bi_2O_3 – 5 %. Четырехкомпонентные клинкера, полученные в системе $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$ и $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-CaF}_2$, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3$, содержат те же кристаллические фазы, что и 3-компонентные. Установлено, что при введении минерализатора интенсивность основных рефлексов клинкерных минералов увеличивается, что связано с ускорением процесса их фазообразования. При этом снижается температура обжига с 1450 до 1350 °С. Проведенные предварительные испытания цементов, полученных из синтезированных клинкеров, показали, что основные их свойства находятся на уровне зарубежных аналогов.

DENTAL CEMENTS HAVING HYDRAULIC PROPERTIES

Abstract: Presented a brief description of a new type of dental cement to seal the root canals such as Mineral Trioxide Aggregate (MTA). Defined the optimum region of compositions in the $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ for clinker and dental

cement based on them. The effect of P_2O_5 , CaF_2 and Bi_2O_3 on the rate of phase formation have been investigated.

Ю.Н.Мицкевич¹, В.В.Хоружкин¹, Г.И.Воробьева²

¹РУП «Новополоцкий завод БВК» научно-технический центр, Беларусь,
e-mail: stcbvk@yandex.ru

²ОАО «ГосНИИсинтезбелок», Россия, e-mail: stcbvk@yandex.ru

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОИЗВОДСТВА БЕЛКОВОЙ ДОБАВКИ КОРМОВОГО
НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ ГРИБА
*FUSARIUM SAMBUCINUM MKF-2001-3***

Постоянное решение задач по совершенствованию технологии промышленного животноводства требует поиска новых источников кормовых добавок, в первую очередь белковых, которые применяют для сбалансирования состава комбикормов по белковому компоненту для получения качественной мясной продукции.

К перспективным источникам такого рода добавок можно отнести мицелиальные грибы, которые давно используют для производства биологически активных веществ, а также являются источником белка пищевого и кормового назначения. Грибные культуры имеют достаточно высокую продуктивность, характеризуются развитым ферментативным аппаратом, который обеспечивает их рост на широком спектре питательных сред, что даёт возможность использовать в качестве таковых вторичные сырьевые ресурсы пищевой и перерабатывающей промышленности. По сравнению с другими микроорганизмами (дрожжи, бактерии) грибная биомасса отличается пониженным содержанием нуклеиновых кислот и пуринов, что положительно влияет на количество и продолжительность употребления обогащённого комбикорма, а также повышенным содержанием сырого протеина (до 60 %).

В то же время, применение грибного белка для производства кормовых добавок сдерживается низкой скоростью роста продуцентов и поэтому разработка экономически эффективной технологии в промышленном масштабе является актуальной задачей.

В настоящей работе описана эффективная технология производства белковой кормовой добавки на основе биомассы гриба *Fusarium sambucinum MKF-2001-3*. Для данного продуцента характерно повышенное содержание белка (44-51 % сырого протеина от АСВ), аминокислотный состав которого на 45 % представлен незаменимыми аминокислотами.

В основу разработанной технологии положен принцип культивирования продуцента объёмно-доливным методом, позволяющий поддержи-

вать высокий уровень конструктивного метаболизма в клетках, при котором происходит активный синтез белковых веществ. Применение разработанной технологии повышает выход целевого продукта в единицу времени на 60 % по сравнению с традиционным периодическим способом культивирования.

CREATION OF HIGH PERFORMANCE PRODUCTION TECHNOLOGY OF PROTEIN FEED ADDITIVE ON BASIS OF FUNGUS BIOMASS *FUSARIUM SAMBUCINUM* MKF-2001-3

*Abstract: It is described the high performance production technology of protein feed additive on basis of fungus biomass *Fusarium sambucinum* MKF-2001-3. The fundamental for this technology is principle of producer cultivation by separable-added method, which allows maintaining the high level of the structural metabolism in the cells wherein the active synthesis of protein substance and accumulation of producent biomass is performed. The technology allows receiving 0,056g of moist-free fungus biomass with percent of vera protein 36-44 % of moist-free biomass per 1 hour of cultivation.*

М.Г.Таврогинская¹, Е.В.Воробьева²

¹ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларусь», Беларусь, mprgi@mail.ru

²УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины», Беларусь

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ПРИ УСКОРЕННОМ СТАРЕНИИ

Для получения качественного вторичного полимерного материала необходимо ввести несколько модифицирующих добавок, которые прерывают лавинообразный характер нарастания деструкции, защищают полимер от высоких напряжений сдвига в расплаве, от механодеструкции и положительно влияют на его физико-механические свойства. При этом необходимо изучить их совместное действие на полимер, так как компоненты полимерных композиций (или продукты их превращений) могут взаимодействовать между собой и влиять как на скорость старения полимера, так и комплекс технологических и эксплуатационных свойств, проявляя как синергетические, так и антагонистические эффекты.

Объектом исследования являлся первичный (порошкообразный) и вторичный (пленочные отходы в виде агломерата) полиэтилен. В экспериментах использовался промышленный фенольный антиоксидант (АО) ирганокс 1010, стеараты кальция (CaSt₂) и натрия (NaSt), марганца (MnSt₃),

меди (CuSt_2) и цинка (ZnSt_2), оксиды алюминия (Al_2O_3), цинка (ZnO), марганца (Mn_2O_3), меди (CuO).

Окисление пленок, полученных методом термического прессования, проводили в термошкафах в воздушной среде при температуре $150\text{ }^\circ\text{C}$. Степень окисления полимерных пленок оценивали по изменению показателя экстинкции полосы 1720 см^{-1} . По кинетическим кривым окисления определяли продолжительность индукционного периода окисления (ИПО) образцов. Композиции из вторичного полимера получали, нанося добавки на полимер методом опудривания на стадии экструзии и литья под давлением. Эффективность действия комплексной модифицирующей добавки оценивали по изменению прочности при растяжении ($\tau_{\text{пр}}$), относительного удлинения (ϕ), показателя текучести расплава (ПТР) в исходном и модифицированном ПЭ. Ускоренное термическое старение вторичных полиэтиленов проводили при температуре на $50\text{ }^\circ\text{C}$ ниже температуры плавления полимера ($70\text{ }^\circ\text{C}$). Продолжительность испытаний составляла 96 часов.

Показано, что введение во вторичный полиэтилен АО является обязательным, так как положительно влияет на структуру, а следовательно, и на свойства полимера. По этой причине большинство композиций анализируемых в данной работе содержат в своем составе АО.

Предварительные исследования, проведенные на первичном полиэтилене, показали, что введение в полиэтилен MnSt_3 , CuSt_2 , ZnSt_2 существенно снижают термоокислительную стойкость полимера – ИПО образцов сократился с 30 часов до 1-5 часов. Но при этом введение CaSt_2 или NaSt увеличивает окислительную стойкость ингибированного полимера на 30-80 %. Трехкомпонентная композиция ПЭ+АО+ CaSt_2 на основе вторичного полиэтилена так же имеет улучшенные показатели по механическим свойствам.

Введение в ингибированный полимер оксидов металлов также по-разному отражается на термоокислительной устойчивости материала. Так, при введении в ингибированный ПЭ оксида Ca или Zn происходит увеличение ИПО полимерных образцов (40-45 часов), а введение других активных оксидов – оксида Mn_2O_3 или CuO – приводит к сокращению ИПО до 8 часов. При этом применение малых добавок оксидов металлов во вторичный ПЭ приводит к повышению предела прочности полимера до 35 % относительно не модифицированного.

Следующим этапом стали испытания четырехкомпонентной композиции, содержащей АО, ZnO и CaSt_2 . Все эти компоненты, введенные в ингибированный полимер в составе трехкомпонентных композиций, показали положительные результаты изменения показателей механических свойств полимерного материала. Однако, совместное введение ZnO и CaSt_2 в одной композиции привело к получению материала, лишенного термоокислительной стойкости – ИПО образца полимера составлял лишь несколь-

ко минут. В экспериментах со вторичным ПЭ композиция ПЭ+АО+ZnO+CaSt₂ после старения стала очень хрупкой – уменьшилось на 70 %, почти на 38 % изменился ПТР.

В то же время показано, что если в данной композиции заменить стеарат кальция на стеарат натрия, то мы получаем композицию (ПЭ+АО+ZnO+NaSt) с удовлетворительными термоокислительными свойствами (ИПО составляет 35 часов) и удовлетворительными прочностными показателями, которые сохраняются при твердофазном старении материала.

Таким образом, рациональный выбор добавок позволил стабилизировать реологические и повысить механические свойства полиэтилена на основе отходов пленки при вторичной переработке и дальнейшей эксплуатации изделия из него. На ряду с повышением предела прочности (на 20 %) и деформации при растяжении (до 180 %), наблюдается стабилизация комплекса свойств после старения (изменения показателей не превышают 8 %). Результаты проведенных исследований необходимо учитывать при создании полифункциональных добавок или комплексных стабилизаторов для полимеров.

А. В. Кравцевич

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, resource@mail.grodno.by

ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ХИМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА

Исследовано влияние различных способов химического модифицирования (функционализации) поверхности углеродных наноматериалов (УНМ) на возможность управления некоторыми техническими характеристиками полимерных нанокompозитов, полученных на их основе. В исследованиях применялся отечественный УНМ, характеризующийся высокой полидисперсностью, однако значительно меньшей стоимостью в сравнении с зарубежными углеродными нанонаполнителями.

Для получения ковалентно функционализированного УНМ (f-УНМ) порошок УНМ обрабатывался смесью неорганических кислот в ультразвуковом поле. Нековалентно функционализированный УНМ (s-УНМ) получали в результате обработки в растворе анионноактивного ПАВ также в ультразвуковом поле. Эффективность ковалентной функционализации УНМ оценена по ИК-спектрам.

Композиты на основе полиамида-6 (ПА-6) и УНМ получали путем литья под давлением. Подготовку нанокompозита сополимера этилена с

винилацетатом (СЭВ) проводили способом смешения УНМ в растворе СЭВ в органическом растворителе в ультразвуковом поле.

Установлено существенное различие влияния f-УНМ и s-УНМ на деформационно-прочностных характеристик нанокompозита ПА-6. В зависимости от вида предварительной модификации УНМ все исследованные образцы нанокompозиционного ПА-6 с содержанием УНМ не менее 0,5 мас. % не поддерживают горения после удаления пламени горелки, и они могут быть отнесены к категории стойкости к горению ПВ-2.

Изучено изменения адгезионных свойств к металлическим поверхностям расплава нанокompозита СЭВ по результатам разрушения клеевых соединений. Установлено, что более прочные клеевые соединения СЭВ получается в случае использования в качестве наполнителя f-УНМ. При чем только образцы СЭВ с f-УНМ на ряду с адгезионным разрушением появляются признаки когезионного разрушения по клеевому соединению.

POLYMER NANOCOMPOSITES BASED ON CHEMICALLY MODIFIED CARBON NANOMATERIALS

Abstract: The effect of various methods of chemical surface modification of carbon nanomaterials can manage some of the technical characteristics of the polymeric nanocomposites of polyamide and ethylene-vinyl acetate.

С.И.Микулич, А.В.Кравцевич

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ СУСПЕНЗИЙ УГЛЕРОДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА

В последние десятилетия внимание фундаментальных ученых и практиков в области материаловедения привлечено к полимерным композиционным наноматериалам, обладающим усовершенствованными физико-механическими, термическими, барьерными и иными свойствами. Основной трудностью получения таких нанокompозитов является то, что в чистом виде наноапполнители и, в частности, каркасные углеродные наноструктуры склонны к агломерации, что приводит к образованию дефектных структур и повышению концентрации напряжений в готовом изделии. Для проведения деагломерации наноапполнителей применяются различные методы: ультразвуковая обработка, электростатическая обработка плазмой, размол апполнителей в шаровой мельнице и другие.

В НИЦПР НАН Беларуси разрабатываются методы повышения эффективности диспергирования нанонаполнителей в промежуточных средах, используемых для изготовления нанокompозитов. В частности, изготовлена опытная лабораторно-технологическая установка для получения высокодисперсных наножидкостей. На основании анализа теоретических представлений и известных технологических и конструктивных решений, выбрана многоступенчатая схема, сочетающая последовательную обработку нанонаполненных жидкостей: механоакустическое (первичное), затем пневмо- (гидро) диспергирование, ударно-механическое разрушение капель и совмещенные акусто-кавитационные воздействия в условиях избыточного статического давления. Выбран гибкий блочный вариант установки, позволяющий в зависимости от поставленных целей получать микро- и нанодисперсные составы раздельно на каждом из блоков и в единой технологической схеме.

Произведена оценка влияния каждого физико-технического воздействия на основные параметры получаемых суспензий: седиментационная устойчивость, размер дисперсной фазы. Установлено, что при обработке суспензий углеродных наноматериалов способами ультразвукового диспергирования при избыточном статическом давлении и пневмораспыления достигается наибольшая дисперсность и длительная седиментационная устойчивость дисперсионной фазы. Суспензии при содержании УНМ 1÷3 г/л сохраняют агрегационную и седиментационную устойчивость до 3-х месяцев.

INVESTIGATION OF THE PRODUCTION OF HIGHLY CARBON NANOMATERIAL SUSPENSIONS

***Abstract:** We propose multi-step method of dispersing the suspensions of carbon nanomaterials, including acoustic, air-dispersion, shock and mechanical disruption of the droplet and combinations of acoustic cavitation effects in conditions of excessive static pressure. It is established that the treatment of suspensions of carbon nanomaterials means of ultrasonic dispersion with excess static pressure and air dispersion achieved the highest dispersion and sedimentation stability of long-term dispersion phase.*

А.И.Викторович, В.И.Скачков

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларусь», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

СТЕЛЬКИ ОРТОПЕДИЧЕСКИЕ

Одним из наиболее доступных и распространенных средств профилактики и коррекции деформаций стоп, а также обеспечения опорной ком-

фортности при носке обуви, являются вкладные ортопедические стельки, изготавливаемые как индивидуально, так и массово.

Ортопедические стельки – это индивидуальные супинаторы, которые возвращают стопу в правильное положение. Ортопедические стельки можно назвать своеобразным «регулирующим корсетом» для стопы. Те мышцы, которые страдают от излишнего перенапряжения, расслабляются. А те, которые не работали, напротив, приводятся в тонус.

В рамках проводимых в НИЦПР исследований по созданию ортопедических стелек разрабатывается конструкция и технология изготовления вкладной разгружающей стельки. При этом решается задача снижения болевых ощущений при статической недостаточности стопы путем перераспределения нагрузки по ее опорной поверхности.

Изготовление ортопедических стелек производится исключительно индивидуально. Стельки подбираются на основании конкретного диагноза или показания, анатомических особенностей стопы, веса человека, возраста, состояния его позвоночника, суставов и других особенностей организма. Для этого сначала снимается гипсовый слепок с обеих стоп (делается позитив). Затем из позитива делается негатив, который в последствии обрабатывается для придания нужной формы. Одним из методов в производстве ортопедических стелек является технология обработки специального пластического полуфабриката. Данный полуфабрикат должен соответствовать определенным требованиям, предъявляемым к нему. Прежде всего, это твердость, плотность, а также кратность вспенивания. При выборе материала для изготовления ортопедических стелек наиболее важной характеристикой является остаточная деформация при сжатии, так как основным видом нагрузок испытываемого материала в процессе эксплуатации является сжатие как статическое, так и динамическое.

При изготовлении ортопедических стелек из эластичных листовых пенопластов использовался метод механического термоформования. Данный метод основан на предварительном разогреве материала в термокамере и последующем механическом формовании. При разогреве материал заготовки становится пластичным, что делает его пригодным для формования. Материал разогревается в термокамере до температуры 140 °С в течении 2,5 мин., затем помещается в соответствующую оснастку (гипсовый слепок). Формование осуществляется путем наложения нагрузки в гидравлическом прессе. По мере увеличения давления на гипсовый слепок, растет удельное давление на формующий материал, и заготовка принимает нужную форму изделия. Сформованное изделие медленно охлаждается до комнатной температуры с целью минимизации усадки материала, которая неизбежно возникает, если изделие сразу извлечь из термокамеры.

Конструкция и материалы стельки способствуют оптимальному распределению давления по подошвенной поверхности стопы, амортизируют ударные нагрузки при ходьбе. За счет снижения концентрации давле-

ния под костными выступами стопы исчезают болезненные ощущения, снижается утомляемость ног в течение дня. Анатомическая форма стельки обеспечивает профилактику возникновения статических деформаций стоп, снимает болевые ощущения.

ORTHOPEDIC INSOLES

***Abstract:** Research Center conducts studies of problems of resource to create orthopedic insoles. Center specialists engaged in the development of design and technology of deposit unloading insole.*

В.В.Клубович, М.М.Кулак

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: mmk_vit@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕМ В ПРОЦЕССАХ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Открытие самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) дало начало целому ряду новых экономичных, энерго- и ресурсосберегающих технологий получения широкой гаммы материалов. Это открытие легло в основу нового научного направления на стыке материаловедения и химической физики – структурной макрокинетики СВС-процессов. Изучение СВС ведется на стыке химической физики, физики твердого тела и материаловедения: исследование теории процессов СВС происходит на базе науки о горении, а изучение продуктов СВС – с помощью методов и представлений, развитых в физике твердого тела и материаловедении тугоплавких соединений. Создание научных принципов управления процессом СВС и свойствами продуктов синтеза с наложением интенсивных ультразвуковых колебаний (УЗК), несомненно, актуально и представляет большой научный и практический интерес.

В работе рассмотрено влияние УЗК на структурообразование конечных продуктов синтеза на примере систем титан-углерод-металлическая связка, титан-кремний, титан-бор, на основе которых возможно получение как моно-, так и многофазный продукт. Для системы титан-углерод получено, что наложение УЗК интенсифицируется процесс растекания инертного компонента по поверхности частиц углерода и титана, повышается структурная однородность продуктов и увеличивается степени насыщенности карбида углеродом. Для системы титан-кремний наложе-

ние УЗК во время синтеза изменяет параметры решеток фаз, уменьшается размер зерна, и происходит перераспределение фаз по зерну. Получается более равномерная структура (увеличивается однородность распределения по размерам зерна и происходит равномерное распределение фаз по зерну). Для системы титан-бор с многофазным конечным продуктом (стехиометрия Ti+1,5B) на внутренней поверхности пор наблюдается увеличение содержания кубической фазы TiB, структура зерен боридной системы Ti+2B приобретает более четкую огранку.

В результате наложения ультразвука на процесс синтеза для всех составов прослеживается измельчение фазовых составляющих с образованием большого числа новых боридов и перераспределением их в объеме. Наложение ультразвука приводит к изменению как фазового, так и количественного состава синтезированных фаз.

Проведенные исследования показали, что применение ультразвуковых колебаний приводит к тому, что неравновесность уменьшается и образующиеся конечные продукты обладают более равновесной кристаллической структурой.

APPLICATION OF ULTRASOUND FOR CONTROL OF STRUCTURE FORMATION IN PROCESSES OF SELF-PROPOGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

***Abstract:** The article reports about the studies of structures in the samples with multiphase final products of titan-silicon and titan-boron, obtained in the self-propagating high-temperature synthesis.*

ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Д.А.Стрижаков¹, А.П.Солнцев¹, В.Е.Агабеков¹, В.П.Селькин²,
Ю.М.Плескачевский²

¹ ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: mixa@ichnm.basnet.by

² ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь

ВЛИЯНИЕ η -ОБЛУЧЕНИЯ НА СОСТАВ СОСНОВЫХ ОПИЛОК И ПРОДУКТОВ ИХ ПИРОЛИЗА

В последнее время существенный интерес представляют исследования, направленные на разработку методов получения разнообразных химических веществ из возобновляемых растительных ресурсов или отходов их переработки. Целью данной работы являлось изучение влияния ионизирующего воздействия на состав сосновых опилок и продуктов их пиролиза.

Методами ИК-Фурье спектроскопии и термогравиметрического анализа показано, что η -облучение приводит к существенному изменению компонентного состава древесины, вызывая деструкцию целлюлозы с разрывом гликопиранозного кольца и 1-4 гликозидных связей. В свою очередь в лигнине образуются новые алкиларильные эфирные связи между фенилпропановыми структурными единицами. Увеличивается количество углеводных остатков.

При пиролизе сосновой древесины образуются жидкие (48 %масс.), твердые (24 %масс.) и газообразные (28 %масс.) продукты. Предварительное η -облучение сосновых опилок (доза 2,0 МГр) снижает температуру их пиролиза на 80 °С, при этом выход пиролизной жидкости составляет 42,5 %масс., твердых – 29,1 %масс., а газообразных – 28,4 %масс.

Установлен количественный состав жидких и газообразных продуктов. Основными компонентами пиролизной жидкости являются уксусная кислота, формальдегид, ацетон, метанол, метилэтилкетон и др. В незначительном количестве образуется фурфурол, содержание которого при η -облучении сосновых опилок дозой в 2,0 МГр увеличивается более чем в два раза и достигает 9,3 масс. %, в то же время уменьшается количество уксусной кислоты и формальдегида.

Основными компонентами неконденсируемых пиролизных газов являются диоксид углерода (56,6 %масс.), монооксид углерода (27,9 %масс.), метан (13,1 %масс.), водород и углеводороды C_nH_m (2,1 %масс.). При

η -облучении сосновых опилок дозой в 2,0 МГр образуется 45,7 %масс. диоксида углерода, 35,7 %масс. монооксида углерода, 15,4 %масс. метана и 3,2 %масс. водорода и углеводородов C_nH_m .

Твердые продукты пиролиза сосновых опилок содержат наноструктуры, которые представляют собой углеродные нанотрубки (УНТ) диаметром 30 нм и длиной до 20 мкм. Выход УНТ достигает 5,2 % от массы исходных опилок.

THE INFLUENCE OF η IRRADIATION ON PINE SAWDUST COMPOSITION AND THEIR PYROLYSIS PRODUCTS

Abstract: this report presents the results of studies on the effect of ionizing radiation on the pine sawdust composition as well as yield and composition of the products of their pyrolysis.

В.А.Ашуйко, А.Н.Калинка, О.И.Карпович, А.В.Спиглазов
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: a.n.k@mail.ru

ПЕРЕРАБОТКА СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В ФОРМОВАННЫЕ ИЗДЕЛИЯ

При утилизации аккумуляторных батарей на УП «Белцветмет» образуются смешанные полимерные отходы, не используемые в настоящее время. Отходы аккумуляторных батарей содержат серную кислоту и свинец и поэтому представляют опасность для окружающей среды. Технология переработки отходов должна исключать негативное влияние на окружающую среду и на организм человека.

Цель работы – оценить условия переработки смешанных полимерных отходов аккумуляторных батарей и области применения формованных изделий.

Определена природа полимерных компонентов и их содержание в исходных отходах. Установлено, что в состав отходов аккумуляторных батарей входят полипропилен (до 16 мас. %), полиамид (до 8 мас. %), полиэтилен (до 2 мас. %), АБС-пластик (до 5 мас. %), эбонит (до 18 мас. %), войлок (до 5,5 мас. %), неплавкие компоненты (до 40 мас. %). Некоторые из полимерных отходов содержат остатки свинца до 71 мас. % и серную кислоту, рН водных вытяжек которых равен ~ 3.

Предлагаемая технология переработки в формованные изделия включает измельчение разнородных отходов, их смешивание, пластикацию в шнековом экструдере, формирование заготовки и прессование изделия в

охлаждаемой форме. На экспериментальном оборудовании методом прессования с предварительной пластикацией композиции получены образцы материалов. При интенсивном смесительном воздействии и содержании полипропилена не менее 30 мас. % термопластичный полимер капсулирует частицы, содержащие оксиды свинца и серную кислоту. Содержание серной кислоты и свинца в поверхностном слое полученного в результате переработки материала находятся в пределах 1 мас. %.

На основании результатов исследований установлено, что смешанные полимерные отходы аккумуляторных батарей могут быть использованы для получения изделий методом прессования в предварительно пластицированном состоянии. Выработаны рекомендации по режимам переработки отходов, приемлемым по технологическим и технико-экономическим параметрам; возможным вариантам получаемых изделий.

RECYCLING POLYMER MIXED WASTE ACCUMULATOR BATTERIES IN A MOLDED ARTICLES

***Abstract:** The structure and properties of polymer mixed waste accumulator batteries are investigated. Possibility of recycling storage waste into molded articles by molding with pre-plasticizing is estimated. Recommendations for the regimes of the process and products are given.*

И.Ю.Козловская, В.Н.Марцуль

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: lima-inna@mail.ru, martcul@tut.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ

Одним из важнейших процессов нефтепереработки является каталитический крекинг, который обеспечивает получение высокооктановых товарных бензинов, а также ценного сырья для нефтехимии. В процессе регенерации катализатора значительное его количество переходит в отходы. На сегодняшний день отработанный катализатор крекинга не используется, накапливается в отвале промышленных отходов, оказывая негативное воздействие на окружающую среду.

Цель работы – поиск возможных направлений повторного использования отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти. Для достижения поставленной цели были изучены состав и свойства отработанного катализатора, продуктов его переработки. Объект исследования – отработанный катализатор крекинга углеводородов нефти, отобранный на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод».

Известно, что катализатор крекинга представляет собой материал, состоящий из алюмосиликатной матрицы и цеолита, модифицированного ионами лантана. На основании анализа информации о способах его использования выбраны следующие направления дальнейшего применения отработанного катализатора крекинга:

- добавление в составы строительных и дорожных смесей;
- использование в качестве сорбента при очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов, а также для связывания, ограничения их подвижности и осадках сточных вод;
- применение в качестве сырья для получения соединений редкоземельных элементов;
- получение на его основе микроудобрений, содержащих микроэлемент лантан, который благоприятно влияет на рост и развитие растений.

Повторное использование отработанного катализатора крекинга углеводородов является целесообразным, т.к. способствует решению задач импортозамещения за счет получения соединений редкоземельных элементов и сорбентов для очистки сточных вод, а также способствует снижению уровня воздействия на окружающую среду и сокращению расходов, связанных с хранением и транспортировкой данного отхода.

UTILIZATION OF THE WASTE-CATALYST OF PETROLEUM HYDROCARBON CRACKING

***Abstract:** The waste-catalyst of petroleum hydrocarbon cracking represents a serious problem for oil-refining enterprises. recycling of waste-catalyst of petroleum hydrocarbon cracking is an important problem, it will reduce the environmental impact of the waste-catalyst and reduce costs associated with its transportation and storage.*

И.А.Левицкий, Ю.Г.Павлокевич, Е.О.Богдан, О.В.Кичкайло
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В работе исследовались осадки сточных вод гальванических цехов ПО «Минский тракторный завод», РУП «Белорусский металлургический завод», РУП «Гомельский станкостроительный завод им. С. М. Кирова», Гомельского ОАО «Ратон», ЗАО «Атлант» и других предприятий, образующиеся в объемах от 30 до 380 т/год и требующие утилизации.

Исследование химического состава позволило классифицировать все осадки по содержанию основного компонента на две группы: с высоким содержанием оксида железа (Fe_2O_3 60–80 мас. %); кальцийжелезосодержащие (CaO до 30 мас. %, Fe_2O_3 до 24 мас. %).

Осадки первой группы являются аморфными сложными гетерополисоединениями или гидратированными полимерами, содержащими молекулярные звенья, включающие $\text{Fe}(\text{Me})(\text{OH})-\text{O}-$, а также ортофосфатные группы. В осадках второй группы оксид кальция присутствует в виде сульфатов ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) и карбоната (CaCO_3), остальные компоненты – в виде аморфных соединений. Железо, никель, марганец, хром и кадмий осаждаются в виде гидроксидов, медь и цинк – в виде фосфатов.

Все исследуемые отходы являются полидисперсными материала-ми с различным содержанием частиц и их агломератов размером от 0,2 до 60 мкм в зависимости от метода очистки сточных вод и получения осадков.

При термической обработке осадков сточных вод гальванических производств первой группы в качестве основных кристаллических фаз образуются гематит, маггемит, магнетит, второй группы – гематит и гидроксипатит.

В соответствии с токсикологическими исследованиями все железосодержащие осадки сточных вод отнесены к 3 классу опасности. Результаты исследований химического и гранулометрического состава, физико-химических свойств, поведения при нагревании исследуемых осадков позволяют сделать вывод о возможности их использования в керамической промышленности для получения строительных материалов различного назначения: кирпича и камней керамических, керамзита, аглопорита и других изделий, изготавливаемых в значительных объемах.

Проведенные исследования показывают, что осадки сточных вод гальванических производств могут использоваться для получения объемно окрашенного керамического лицевого кирпича, а также при производстве пористых заполнителей – как технологическая добавка, снижающая насыпную плотность.

DEPOSITS OF SEWAGE OF GALVANIC MANUFACTURES AND PROSPECT OF THEIR USE IN CERAMIC INDUSTRY

***Abstract:** In work the basic results on research chemical and granulometric structure of deposits of sewage of the galvanic manufactures formed at leading enterprises of Byelorussia are presented. The physical and chemical processes proceeding in deposits at heating are studied. Possibility of their use for reception of building materials of different function is considered.*

А.П.Бежок, Г.А.Румянцева, Б.М.Немененко
УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: haline@open.by

ФЛЮСОВАЯ ОБРАБОТКА РАСПЛАВА И ЭКОЛОГИЯ

Исследование характера пылегазовых выбросов, образующихся при плавке и рафинировании алюминиевых литейных сплавов в различных плавильных агрегатах, показало, что основную экологическую опасность представляют процессы плавки неподготовленного возврата и рафинирующей обработки расплава. При этом выбросы пыли и газов во время рафинирования превышают данные показатели, отмечаемые по ходу плавки в несколько раз. В большинстве случаев для рафинирования используют флюсы системы $\text{NaCl-KCl-Na}_2\text{AlF}_6$, что объясняет присутствие в отходящих газах значительного количества хлоридов и фторидов, относящихся ко второму классу опасности. Из анализа патентной литературы следует, что в составах рафинирующих флюсов также используются карбонаты, оксиды, сульфаты и другие соединения щелочных и щелочноземельных металлов. Наличие в пылегазовых выбросах веществ различных концентраций и классов опасности затрудняет оценку степени их токсичности. Поэтому предлагается для сравнительной гигиенической оценки различных рафинирующих флюсов использовать приведенные показатели, когда все составляющие загрязняющих веществ с учетом значений их предельно допустимых концентраций пересчитываются на один из компонентов выбросов. Отношение значений приведенных выбросов позволяет сравнить их экологическую безопасность и принять решение о целесообразности их использования.

FLUX MELT PROCESSING AND THE ECOLOGY

***Abstract:** The listed indicators of emissions are proposed to use for assess the environmental safety of refining fluxes.*

Г.А.Румянцева, С.П.Задруцкий, Б.М.Немененко
УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: haline@open.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ФЛЮСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЛОМА

При выплавке чушкового поршневого сплава АК12М2МгН из лома алюминиевых сплавов в пламенных печах для защиты расплава от окисления используют рафинирующие флюсы. В результате взаимодействия флюса

с расплавом образуется шлак, который является хорошим теплоизолятором. Так, при толщине шлака 100 мм на плавление алюминия затрачивается на 30 % больше энергии, чем при слое шлака в 25 мм. Поэтому с экономической и экологической точек зрения невозможно иметь излишек флюса, поскольку его стоимость увеличивает производственные затраты как и утилизация солевого шлака, удаляемого из печи в конце плавки.

Учитывая, что алюминий хорошо смачивает оксиды, то при съеме шлака вместе с ними замешивается большое количество металла (от 50 до 70 %). При использовании карбонатного флюса образуется оксид натрия, который способствует более эффективному растворению оксида алюминия, что и облегчает процесс отделения капель алюминия и слияния их с расплавом. В результате содержание алюминия в шлаке по сравнению с серийной технологией снижается на 33 %, а металлургический выход увеличивается на 2.2 %. Одновременно уменьшаются выбросы хлоридов и фторидов, а концентрация CO изменяется незначительно в связи в догоранием его в рабочем пространстве печи. Удельные выбросы пыли также значительно снижаются (почти на 20 %) по сравнению с серийной технологией плавки.

Использование карбонатного флюса при выплавке годового объема сплава АК12М2MgN позволит получить годовой экономический эффект около 165 млн. рублей за счет изменения затрат на флюсовую обработку, снижения расхода шихтовых материалов в связи с увеличением металлургического выхода, изменения величины экологического налога на образующиеся пылегазовые выбросы и уменьшения расходов на захоронение отвального шлака в связи с сокращением его объемов.

THE USE OF CARBONATE FLUXES TO IMPROVE THE PROCESSING OF ALUMINUM SCRAP

Abstract: Environmental and economic feasibility of a carbonate flux for melting of pig piston alloy AK12M2MgN from aluminum alloys scrap is shown.

**В.М.Шаповалов¹, К.С.Носов¹, Е.М.Лапшина¹, А.В.Чуб²,
В.С.Маршалов²**

¹ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: V.Shapovalov@tut.by

²КУП «Экопластсервис», Беларусь

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕР-ПЕСЧАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Одним из перспективных направлений в области технологий строительного производства и жилищно-коммунального хозяйства является

разработка полимер-песчаных материалов (ППМ), которые основываются на применении вторичных полимеров и минеральных наполнителей. В то же время с целью расширения номенклатуры изделий для их применения в других отраслях промышленности, в частности, машиностроении возникает потребность в получении изделий с усовершенствованными физико-механическими свойствами, которые, в свою очередь, во многом определяются рецептурно-технологическими параметрами переработки ППМ.

Целью работы явилось совершенствование технологии получения полимер-песчаных материалов путем модифицирования и оптимизации рецептурно-технологических параметров переработки.

В качестве наполнителя использовали строительный (ГОСТ 8736-93) и формовочный (ОАО «Гомельский литейный завод «Центролит») песок с размером частиц 125, 315 и 500 мкм. В качестве полимерного связующего применяли вторичные полиолефины (ПЭВД, ПЭНД и ПП), измельченные, отсортированные и отмытые на специальной подготовительной линии. Композиции для переработки в изделия получали путем гомогенизации исходных компонентов в нагревательно-плавильном агрегате на КУП «Экопластсервис». Образцы получали прессованием полученных формовочных масс в холодной пресс-форме. Механические свойства на сжатие определяли согласно ГОСТ 10180-90.

Одним из важнейших параметров при формовании таких изделий является получение однородной массы, что во многом определяется свойствами расплава. Показано, что введение в композицию полифункциональной добавки увеличивает текучесть материала и повышает качество конечного продукта. Определены оптимальные сочетания вторичных ПП и ПЭНД, ПЭВД в композиции, находящиеся в соотношении 1: 1-2 соответственно и обеспечивающие наиболее высокие прочностные свойства изделий.

Установлены зависимости механических свойств ППМ от концентрационного и фракционного состава наполнителя. Определены рациональные параметры технологического процесса получения изделий из ППМ. Отработаны рецептурные составы ППМ и проведена их апробация в опытно-промышленных условиях для производства тротуарной плитки, бордюрного камня и других изделий технического назначения.

SAND TECHNOLOGY POLYMER-POLYMER MATERIALS BASED ON WASTE

Abstract: *The main work was to improve the technology of polymer-sand materials by modifying and optimizing retsepturno and technological parameters of processing. It is shown that the introduction of a multifunctional additive composition increases the fluidity of the material and improves the quality of the final product.*

В.П.Прокопович¹, С.Е.Губарь²

¹ ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: mixa@ichnm.basnet.by

²Сморгонский завод оптического станкостроения, Беларусь,
e-mail: omis@szos.by

ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Производство топлив и химического сырья из отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности, бытовых отходов (далее – отходы) путем применения термохимических технологий газификации и пиролиза для переработки отходов в газообразное и жидкое топливо является актуальной энергетической и экологической задачей.

Применение технологий газификации смещается от производства только тепловой энергии к комбинированной выработке тепловой и электрической энергии, с использованием когенерационных установок с двигателями внешнего сгорания.

Использование отходов в газогенераторах показало необходимость их предварительной топливподготовки. Отходы в виде пеллет обладают устойчивыми топливными характеристиками и представляют собой самостоятельный топливный продукт.

Исследование процессов газификации топлив привело к разработке газогенератора, в котором осуществлен комбинированный процесс газогенерирования. Технологические исследования разработанного образца газогенератора показали устойчивость процесса газогенерации при влажности топлива до 50 %, что позволило расширить топливную сырьевую базу для получения горючих газов.

Имеющийся уровень технологических исследований в газификации топлив позволяет осуществлять на местах собственную генерацию электроэнергии и тепла (СГЭТ). Отладку механизма СГЭТ следует провести на демонстрационных производственных, либо жилищно-производственных объектах. Выбору места расположения объектов должна предшествовать экспертиза, предусматривающая наличие в регионе неэксплуатируемого и возобновляемого резервуара отходов, жилой зоны, сельскохозяйственной и производственной активности. Например, когенерационная установка на древесных отходах тепловой мощностью 1,1 МВт и электрической мощностью 450 кВт работает с 2001 г. в Финляндии (Tervola).

Термолиз отходов проводился на экспериментальной пиролизической установке в ИХНМ НАН Беларуси. Продуктами пиролиза были углеродородный газ, пиролизическая жидкость и твердый углистый материал. Изучен групповой состав полученной пиролизической жидкости. Жидкие продукты пиролиза имели высокую энергетическую плотность (20-25 МДж/кг), привлекательны прежде всего как котельное топливо,

являются сырьевым ресурсом для переработки в моторные топлива, ценным сырьем для дальнейшей химической переработки.

Таким образом, прогрессивным технологическим подходом получения энергии и энергетического сырья в виде генераторного газа и пиролитической жидкости являются термохимические процессы переработки отходов путем газификации и пиролиза, наряду с внедрением на местах СГЭТ.

POWER CHEMICAL CONVERSION OF CARBONACEOUS WASTES

***Abstract:** The use of carbonaceous waste thermochemical processing technology to produce gaseous and liquid fuels as well as the formation of raw materials for chemical processing, organization and generation of waste fuel preparation and generation of electricity and heat are considered.*

В.А.Сатишур¹, Д.А.Сатишур¹, А.П.Клапоток²

¹ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: satischurviktor@mail.ru

²СОО «Ляховичский молочный завод», Беларусь, e-mail: liahmolzavod@tut.by

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЫВОРОТКИ (РЕТЕНТАТА ОТ ОБРАТНОГО ОСМОСА)

Годовой объем промышленных отходов от производства концентрированной сыворотки (ретентата от обратного осмоса) на СОО «Ляховичский молочный завод» составляет 5000 тонн. Результаты химического анализа отходов от производства концентрированной сыворотки (ретентата от обратного осмоса) показали, что в пересчете на естественную влажность содержание в них азота составляет 0,028 %, фосфора – 0,135-0,136 %, калия – 0,64 %, кальция – 0,014-0,015 %, магния – 0,0008 %. Зольность отходов составляет в среднем 1,20 %, влажность – 97,8 %, содержание сухого вещества – 2,25 %. Отходы от производства концентрированной сыворотки в своем составе содержат определенное количество микроэлементов, а также тяжелых металлов. Так, содержание цинка в отходах от производства концентрированной сыворотки в пересчете на естественную влажность составляет 1,41-0,48 мг/кг, железа – 0,88-1,05, никеля 0,03-0,056, марганца – 0,09-0,115, хрома – 0,052-0,09 и меди – 0,06-0,09 мг/кг соответственно. Учитывая концентрацию вышеуказанных макро- и микроэлементов в отходах можно констатировать, что применение отходов в качестве удобрений будет способствовать поступлению этих элементов в почву и растения. Определенную опасность применения раз-

личных отходов в качестве удобрений вызывают различные ксенобиотики, которые могут накапливаться в почве и растениях в избыточных количествах. Анализ показывает, что данный вид отходов содержит в пересчете на естественную влажность около 0,015 мг/кг свинца и 0,0017 мг/кг кадмия. При внесении в почву различных веществ в качестве удобрений необходимо учитывать концентрацию токсичных примесей в них. Считается, что концентрация токсикантов в применяемых отходах не должна превышать предельно допустимую концентрацию загрязняющего вещества, установленного для почв. В настоящее время предельно допустимые концентрации (ПДК) свинца и кадмия для почв сельскохозяйственного назначения установлены на уровне 32,0 и 0,5 мг/кг почвы соответственно. Учитывая химический состав отходов, содержание в них свинца и кадмия, можно констатировать, что применение этих отходов под сельскохозяйственные культуры экологически безопасно и не будет способствовать накоплению этих элементов (свинец, кадмий) в почвах и растениях в избыточных количествах.

RECYCLING INDUSTRIAL WASTE FROM PRODUCTION CONCENTRATED WHEY (RETENTATE OF REVERSE OSMOSIS)

Abstract: On the basis of laboratory analysis and existing (MPC) of heavy metals in soils the possibility of secondary use of retentate in the crop production was found.

А.Л.Наркевич, В.П.Ставров

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: narkevichan@rambler.ru

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ПУЛТРУЗИИ СТЕКЛОАРМИРОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Значительные сырьевые ресурсы и относительная дешевизна в сочетании с достаточно высокими эксплуатационными свойствами вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТФ) обусловили интерес к получению из него изделий конструкционного назначения. Армирование высокопрочными стеклянными волокнами путем пултрузионной пропитки полимерным расплавом с последующим формообразованием профильных изделий позволяет существенно расширить сферу применения и повысить эффективность утилизации вторичного ПЭТФ. Пултрузия армированных профилей с on-line («в линии») пропиткой непрерывного стекловолоконного наполнителя, последующей консолидацией препрега и формообразованием изделия характеризуется также низкими энергозатратами по

сравнению с другими вариантами получения изделий. Однако требования к реологическим свойствам матричного полимера и структурообразованию композита на различных стадиях on-line процесса противоречивы. Это обуславливает необходимость модифицирования вторичного ПЭТФ, предназначенного для одностадийной пултрузии профилей. Цель работы – выбор модификатора, обеспечивающего высокую производительность и экономическая эффективность утилизации ПЭТФ путем получения высокопрочных стеклоармированных профилей методом пултрузии.

Исследовали вязкость и особенности кристаллизации вторичного ПЭТФ с модификаторами различной природы, условия пултрузионной пропитки, консолидации и структурообразования, показатели физико-механических свойств получаемых на его основе материалов и стеклоармированных композитов. Показано, что наиболее пригодны для достижения поставленной цели модификаторы, позволяющие повысить вязкость расплава матричного полимера на стадии формообразования изделия и снизить при этом температуру, при которой скорость кристаллизации достигает максимума. Выбранные по результатам исследований модификаторы позволили получить однонаправленно армированные профили различного поперечного сечения с площадью до 250 мм² и содержанием стекловолокнутого наполнителя до 60 мас. %, пригодные для использования в строительстве, сельском и коммунальном хозяйстве.

MODIFYING OF SECONDARY POLYETHYLENETHEREPTALATE FOR GLASSFIBER REINFORCED PULTRUSION PROFILES

Abstract: Viscosity and crystallisation of secondary polyethylenethereptalate with various modifiers are Investigated. The modifiers chosen by results of researches have allowed to receive unidirectionally reinforced profiles of various cross-section.

М.Г.Таврогинская

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: mpri@mail.ru

МОЛЕКУЛЯРНО-СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Использование вторичного полимерного сырья в качестве новой ресурсной базы – одно из наиболее развивающихся направлений переработки полимерных материалов в мире.

Вторичная переработка технологических однородных полимерных отходов – относительно простая задача, если их структура сохранилась и

в процессе получения изделий, не было значительной деструкции. Процесс деструкции, следствием которого могут быть структурные и морфологические изменения, вызванные снижением молекулярной массы, образованием ветвей, ростом концентрации карбоксильных групп и приводит к существенному ухудшению всех физических свойств. Повторное использование вторичного сырья требует особой перенастройки параметров технологического процесса в связи с тем, что вторичное сырье изменяет свою вязкость, а также может содержать неполимерные включения. Следовательно, для использования вторичных полимеров необходимо достижение баланса между заданными свойствами конечного продукта и средними характеристиками вторичного материала.

Поэтому при механической повторной переработке однородных полимеров задача заключается в том, чтобы избежать дальнейшей деструкции в ходе технологического процесса. Этого можно достичь правильным выбором оборудования для переработки, условий переработки и введением стабилизаторов. Одним из существенных моментов является способность полимеров сохранять или изменять свойства в процессе многократной переработки. Поскольку от этого зависит целесообразность самой переработки отходов.

Цель работы рассмотреть связь свойств однородных вторичных полимеров с условиями их переработки (в том порядке, в котором свойства полимеров изменяются с увеличением числа циклов переработки), а также от условия эксплуатации; кроме того, и исследовать зависимость свойств от исходной структуры.

Объектами исследования являлись вторичные полимеры на основе полиэтиленов высокой и низкой плотности (ПЭВП, ПЭНП) и полипропилена (ПП), в виде отходов пленок, упаковочного материала и изделий бытового назначения. Образцы сырья были отобраны на предприятиях РУП СКТЬ «Металлополимера», ДК ПУП «Экопластсервис», Гомельский завод «Импульс», УП «Белвнешпродукт», в виде агломерата или дробленки.

Установлено, что резкое уменьшение молекулярной массы, наблюдается после первого цикла переработки; с увеличением числа циклов переработки кривые показывают тенденцию к выравниванию зависимости. Это можно объяснить тем, что кинетика деструкции зависит от механического напряжения, приложенного к расплаву. При снижении молекулярной массы и, следовательно, вязкости полимера механическое напряжение уменьшается и его влияние на деструкцию падает. Поэтому кинетика деструкции ускорена на первых циклах, когда молекулярная масса и механическое напряжение выше.

Снижение молекулярной массы полимеров при многократной переработке приводит к определенным изменениям их прочностных показателей. Исследовано влияние многократной переработки вторичного по-

лиэтилена и полипропилена и установлено, что после 5 циклов прочность вторичных материалов может даже несколько возрастать, но относительное удлинение падает после первого цикла и на протяжении следующих циклов практически не меняется.

Изменение молекулярной массы сопровождается изменением кристалличности, причем уменьшение массы обычно влечет увеличение кристалличности; эти две тенденции сильно влияют на механические свойства, хотя и в различной степени. Уменьшение молекулярной массы и увеличение кристалличности вызывают уменьшение относительного удлинения. Прочность при растяжении растет с увеличением кристалличности и уменьшаются с падением молекулярной массы. Показано, что прочность при растяжении экструдированных образцов возрастает с числом циклов переработки, тогда как циклы литья под давлением не влияют на этот параметр. Относительное удлинение, напротив, уменьшается в большей степени в полимере, переработанном многократно литьем под давлением.

При исследовании емкости для жидкостей и упаковочной пленки на основе ПЭВП установлено, что молекулярная масса этих бывших в употреблении изделий из ПЭВП остается весьма высокой, потому что деструкция, испытываемая материалом этого типа, при краткосрочном использовании весьма незначительна, также наблюдалось увеличение у переработанного материала прочности при растяжении.

Для некоторых образцов из ПЭВП (ящики для овощей) незначительное изменение механических свойств (5-10 %), при этом показатель текучести расплава уменьшается более чем на 25-30 %. Последнее обстоятельство можно объяснить сильной зависимостью вязкости от молекулярной массы и это означает, что обрабатываемость материала существенно изменилась. Те же результаты наблюдались для образцов ПЭВП, полученного при переработке канистр и бочек.

Таким образом, необходимо знать связь между свойствами и циклами переработки, чтобы иметь возможность до некоторой степени предусмотреть вероятные характеристики вторично переработанных полимеров и, следовательно, определить доступные для этих материалов сферы применения. Разумеется, конечные свойства будут зависеть не только от числа циклов переработки, но также от свойств вторичных материалов, от характера переработки и ее условий.

MOLECULAR-STRUCTURAL CHANGES IN SECONDARY MATERIALS ON THE BASIS OF POLYMER WASTE

Abstract: Based on the relationship between the properties and processing cycles of a secondary polymer, one predict characteristics of recycled polymers and, therefore, to define available spheres of application of these materials.

**Н.Н.Якимович¹, А.А.Пушкарь², А.А.Бильдюкевич¹,
В.Н.Гринько¹, И.В.Якимович¹**

¹ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: gms_124@mail.ru

²РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»,
Беларусь

ВЫБОР ПРОДУЦЕНТА МИКРОБНОГО БЕЛКА ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ

Проблема утилизации послеспиртовой барды актуальна для всех стран, где осуществляется биосинтез этилового спирта. Среди разрабатываемых технологических приемов утилизации послеспиртовой барды в настоящее время все большую популярность набирают способы, основанные на глубокой утилизации питательных веществ барды продуцентами микробного белка с получением дрожжевых кормовых концентратов.

Цель настоящей работы – выбор штамма-продуцента микробного белка, обеспечивающего максимальный уровень накопления биомассы на питательной среде, основным компонентом которой является грубый фильтрат послеспиртовой барды, а также оптимизация условий непрерывного культивирования выбранного продуцента на автоматизированных лабораторных ферментационных установках.

В качестве продуцентов микробного белка исследовали 7 промышленных штаммов дрожжей, способных использовать в качестве питательной среды для своего роста различные отходы химической и пищевой промышленности.

В результате проведенных исследований был отобран штамм дрожжей *Candida guilliermondii* M-2, который при культивировании на грубом фильтрате барды наиболее полно утилизировал органические, минеральные компоненты среды и накапливал наибольшее количество белковой биомассы.

В результате проведенной экспериментальной работы установлено, что максимальное накопление биомассы продуцента *Candida guilliermondii* M-2 в ферментационной среде может быть достигнуто путём его культивирования при температуре 30-32 °С, значении pH = 5,0-5,5, концентрации растворённого кислорода воздуха, подаваемого на аэрацию ферментационной среды 25-40 % от максимального насыщения.

THE CHOICE OF MICROBIAL PROTEIN PRODUCER STRAIN FOR DISPOSAL OF DISTILLARY GRAINS

Abstract: It was selected yeast strain *Candida guilliermondii* M-2, which can better utilizes organic and mineral components of the nutrition media and accumulate the

largest number of protein mass in cultivation process with use of rough distillery grains filtrate. It was optimized the medium composition and physical-chemical parameters of the biosynthesis of microbial protein producer Candida guilliermondii M-2.

Е.А.Егорова¹, К.С.Матвеев², Н.С.Ковальков³

¹УО «Витебский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: lenegorova@mail.ru

²РИУП «Научно-технологический парк Витебского государственного
технологического университета», Беларусь

³ЧПУП «Обувное ремесло», Беларусь

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рост промышленного потенциала Республики Беларусь не представляется возможным без эффективного решения проблемы использования отходов, образующихся на предприятиях легкой промышленности и, в частности, на обувных предприятиях. Этой проблеме в промышленно развитых странах уделяется первостепенное внимание. Задача комплексного и максимального использования вторичных материалов неразрывно связана с решением ряда научных и практических задач, среди которых важное место занимает определение объемов образующихся промышленных отходов и организация их переработки.

В настоящее время для решения проблемы переработки образующихся отходов обувной промышленности на ЧПУП «Обувное ремесло» (г. Витебск) реализуется технология получения пластин из отходов термопластичного уретана методом литья под давлением, а в условиях Республиканского инновационного унитарного предприятия «Научно-технологический парк Витебского государственного технологического университета» применяется технология получения композиционных материалов на основе отходов искусственных кож методом прокатки. Опыт указанных предприятий показывает, что переработка отходов производства является экономически целесообразной и позволяет снижать нагрузку на экологическую обстановку региона за счет уменьшения количества образующихся отходов.

С целью оценки безопасности получаемых материалов на основе отходов производства проведена санитарно-токсикологическая экспертиза, результаты которой показали безвредность материалов. Также были исследованы физико-механические свойства материалов: плотность, усадка, твердость, условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, остаточная деформация после разрыва, устойчивость к многократному изгибу.

Результаты проведенных исследований показывают, что композиционные материалы по потребительским свойствам удовлетворяют требованиям, предъявляемым к подошвенным материалам, следовательно, их можно рекомендовать для изготовления и ремонта низа обуви.

PROCESSING OF PRODUCTION WASTE FOR RECYCLING COMPOSITION MATERIALES FOR SCHOE INDUSTRY

Abstract: The technology for receiving the composition materials for shoe bottom on the base of thermo-plastics PU waste, artificial leather is developed and the investigation of their consumer properties is conducted.

К.С.Матвеев¹, Н.С.Ковальков², А.К.Матвеев³, Е.А.Егорова³

¹РИУП «Научно-технологический парк Витебского государственного технологического университета», Беларусь, e-mail: konstant_m@tut.by

²ЧПУП «Обувное ремесло», Беларусь

³УО «Витебский государственный технологический университет», Беларусь

СТАРЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ПОЛИУРЕТАНОВ

В настоящее время предприятия легкой промышленности, применяющие полиуретановые композиции, столкнулись с дополнительными проблемами. Дело в том, что в «Классификаторе отходов, образующихся в Республике Беларусь», в результате изменений, внесенных постановлением Минприроды от 31.12.2010 № 63, такой вид отходов производства, как «Прочие отходы полиуретана, пенополиуретана (код 5711019)» перешли из 3 в 4 класс опасности. В результате, особую актуальность приобретает возможность вторичного использования отходов подобных материалов.

Основной принцип, которым следует руководствоваться при решении проблемы утилизации полимерных отходов, сводится к необходимости обеспечения у продукта рециклинга высокой стойкости к климатическим факторам и агрессивным средам. Этот принцип требует применения термомеханических методов переработки малочувствительных к разбросу технологических параметров и загрязненности вторичного полимерного материала и накладывает ограничения на номенклатуру изделий из отходов. В частности, такие изделия должны иметь достаточно большой срок эксплуатации, по крайней мере, не менее 10 лет, чтобы ограничить их попадание на третичную переработку.

В 1999 году, в результате выполненной научно-исследовательской разработки, на обувном предприятии ОАО «Красный Октябрь» была внедрена установка по получению подошвенных материалов из отходов пе-

нополиуретанов. Результаты прочностных и эксплуатационных испытаний полученных образцов позволили организовать серийное производство подошвенного материала. Для прогноза старения полученных материалов были проведены испытания на стойкость к термическому старению по ГОСТ 9.024-74, которые позволили определить эксплуатационный период в 8-10 лет со снижением прочностных характеристик за это время в пределах 35-40 %. При этом часть материала была подвергнута испытаниям на стойкость к старению при воздействии естественных климатических факторов (ГОСТ 9.066-76), которые проходили в течение 12 лет. Результаты показывают, что прогноз, который был определен по ускоренной методике, оказался не совсем точен. Ежегодные испытания показали, что реальное снижение прочностных характеристик соответствует значениям в 0,5-1 % в год и за 12 лет составили всего 7-8 %.

Таким образом, установлено, что переработка отходов обувных пенополиуретанов методом термомеханического рециклинга, позволяет получать высококачественные композиционные материалы, обладающие высоким сроком их эксплуатации.

AGING OF COMPOSITE MATERIALS FROM WASTE POLYURETHANES

***Abstract:** The work is devoted to research on the effects of natural climatic factors on composite materials from waste polyurethane foam. Studies show that these materials for 12 years have worsened their performance only by 7-8 %. This allows you to use the method of processing in industry.*

СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ

**В.М.Александров¹, В.А.Лобачев¹, Н.В.Киршина¹,
А.А.Бадькин², Ю.Л.Иневаткин³, В.Ф.Колодкин³, А.В.Оксинь⁴**
¹ОХП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов с опытным
производством», Беларусь, e-mail: impuls@bn.by
²КУПП «Брестское котельное хозяйство», Беларусь
³РУП «Витебскэнерго», Беларусь
⁴ЗАО ПТТ «Факел», Беларусь, e-mail: isachenko@ Rambler.ru

ЭФФЕКТИВНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Значительное расширение областей применения ППМ, создание новых видов техники выдвигают к ним ряд повышенных требований, удовлетворить которые традиционными технологиями порошковой металлургии практически не представляется возможным. На водоподготовительных ионообменных установках тепловых станций, отопительных и промышленных котельных актуальным является вопрос снижения удельных расходов реагентов, сокращения расходов воды и времени по ремонту и переналадке действующего оборудования. Решение данного вопроса всецело связано с видом используемого дренажно-распределительного устройства (ДРУ). Разработанная конструкция и технология получения фильтроэлементов из компактно-пористых материалов позволила отказаться от традиционной технологии сварки базовых элементов. Использование для изготовления фильтроэлементов порошков хромоникелевой стали марки 12Х18Н10 и титана марки ТПП позволило создать изделия, которые помимо высоких коррозионных свойств отличаются широким диапазоном пористости, проницаемости, высокой механической прочностью, стойкостью к высоким температурам и гидроударам, технологичностью и регенерируемостью.

С учетом того, что гранулометрический состав наиболее широко применяемых ионитных засыпок в состоянии поставки составляет – 0,315-1,2 мм, применение разработанных фильтроэлементов будет включать возможность уноса засыпок через поровое пространство. Применение компактно – пористых материалов в сочетании с технологией получения фильтроэлементов данного вида позволило снизить трудоёмкость изготовления на 15-20 %, себестоимость на 8-12 %, а также за счёт устранения операций сварки повысить производительность и снизить процент брака.

EFFECTIVE DEVICES BASED ON POROUS POWDER COMPONENTS FOR WATER TREATMENT SYSTEM ENERGY ENTERPRISES

Abstract: *The results of the work to create a porous powder elements of water treatment systems for energy enterprises. Based on the results of studies of design and technology of the drainage-distribution device based on porous powder elements from titanium powder. The design is patented RB for utility model and its application reduces the complexity of manufacturing devices known by 15-20 %, reduce production costs by 8-12 %, and also by eliminating the welding operations, increase productivity and lower reject rates.*

И.И.Курило, А.А.Черник, И.М.Жарский

УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Беларусь, e-mail: september@tut.by

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕДНЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Основными направлениями совершенствования технологического процесса электролитического меднения печатных плат в настоящее время, наряду с оптимизацией состава электролита, является применение нестационарных токовых режимов.

Целью работы было исследование влияния нестационарных режимов электролиза на качество электрохимически нанесенного медного покрытия и его распределение по высоте отверстий многослойных печатных плат.

Электролиз проводили в сернокислом электролите с использованием импульсно-реверсивного тока промышленной частоты без анодного импульса (режим I) и с величиной амплитуды анодного импульса, составляющей 50 % от амплитуды катодного (режим II). Длительность катодного импульса составляла 5/6 периода, анодного – 1/9 периода. Средняя катодная плотность тока составляла 70,7 %, а средняя анодная – 25 % от амплитуды катодного импульса.

Проведенные исследования показали, что использование нестационарных токовых режимов при электролитическом меднении позволяет значительно улучшить распределение меди в отверстиях печатных плат и получить качественные мелкокристаллические полублестящие осадки при плотностях тока 1,0–2,0 А/дм² в отсутствие перемешивания и 3,0–4,5 А/дм² при перемешивании электролита. Использование нестационарного токового режима с анодной составляющей (режима II) позволяет использовать более широкий диапазон рабочих плотностей тока и способствует более равномерному распределению меди по высоте отверстия многослойных печатных плат

(отклонение не превышает 10–15 %). Это, вероятно, объясняется более высокой степенью выравнивания активности различных участков поверхности. При увеличении диаметра металлизированных отверстий наблюдается более равномерное распределение меди по высоте отверстия. При этом повышение плотности тока приводит к снижению отклонения по толщине осадочного слоя меди как в центре, так и на краях отверстия. Повышение температуры электролита для всех исследуемых режимов электролиза приводит к снижению пластичности осадков и равномерности их распределения по поверхности и высоте отверстий печатных плат.

THE USE OF THE IMPULSIVE REGIMES OF ELECTROLYSIS FOR ELECTROCHEMICAL COPPER OF PLATING PLAT

***Abstract:** In the work involved actual problems of electrolytic copper of plating plat of been studied. In has been shown that the variable industrial-frequency current, mixer, temperature, diameter of hole, composition of electrolyte has an very influence on character of distribute of copper in hole.*

**Е.В.Дубоделова, В.В.Горжанов, П.И.Письменский,
Т.В.Соловьева**

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: horzhanovvadim@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ

В настоящее время древесному топливу в Республике Беларусь уделяется значительное внимание. Это связано с его высоким технически реализуемым потенциалом – от 3,5 до 3,7 млн. т у. т. в год. Особый интерес среди большого разнообразия видов древесного топлива несомненно вызывают пеллеты, обладающие рядом следующих достоинств: высокая энергоемкость; высокая насыпная плотность; высокая конкурентоспособность; экологичность; удобство применения. Видимо, поэтому этот вид топлива рассматривают в Европе как «топливо будущего» или «топливо с уверенностью в будущем». В Республике Беларусь топливные гранулы получают из древесины сосны в виде отходов лесопиления. Однако в настоящее время увеличивается использование в деревообрабатывающей промышленности и производстве мебели древесины лиственных пород, поэтому количество таких отходов возрастает, а вместе с тем и интерес к топливу из них. Лиственные породы древесины мало используются в производстве топливных пеллет, так как они не обеспечивают требуемых теплотворных и прочностных свойств.

Целью работы являлось вовлечение древесины лиственных пород в массовое производство пеллет. Исследовались свойства топливных пеллет, полученных из разных пород лиственной и хвойной древесины. Для древесины лиственных пород проводили активирование реакций основных ее компонентов – лигнина и гемицеллюлоз для интенсификации конденсационно-полимеризационных процессов, протекающих при образовании гранул. Это позволило увеличить прочностные свойства и транспортабельность пеллет и повысить их теплотворную способность. Повышенная теплотворная способность топливных пеллет из древесины лиственных пород объясняется тем, что в лиственной древесине содержание лигнина несколько меньше 21,8 %, чем в хвойной – 24,7 %.

Разработка будет использоваться на отечественных предприятиях по производству топливных пеллет и учитывать свойства конкретных древесных пород. Особое внимание будет уделено снижению энергоемкости производства, оптимизации технологических параметров с учетом особенностей оборудования.

RESOURCE SAVING TECHNOLOGIES OF THE FUEL GRANULES

***Abstract:** Given working is dedicated to problem of the conversion departure from hardwood on fuel granules. Designed technology of the reception of the wood fuel granules from hardwood birches and alders, allowing get the product with high calorific and transport behavior.*

П. И. Письменский, Е. В. Дубоделова, Т. В. Соловьева

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: ppismenskii@gmail.com

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ

В настоящее время наиболее распространенным видом механической массы является термомеханическая масса (ТММ), получаемая из хвойных пород древесины, которая широко используется в композиции различных видов бумаги и картона. Процесс получения ТММ является энергоемким, при этом более 90 % расходуется на механическую обработку щепы. Снижение энергозатрат в процессе получения ТММ возможно за счет вовлечения в технологический процесс древесины мягколиственных пород, а также химической активацией основных компонентов древесины – лигнина и гемицеллюлоз в процессе термогидролитической обработки щепы.

По литературным данным древесина осины представляет реальный интерес для производства ТММ. Древесина этой породы имеет светлую

окраску, она отличается мягкостью и низкой плотностью по сравнению с другими лиственными породами. Кроме того в лиственных породах гемицеллюлоз намного больше – 25–40 %, чем в хвойных – 20–25 %, которые преимущественно располагаются в наружных слоях вторичной оболочки. В следствии этого они более доступны и обладают способностью размягчаться в процессе термогидролитической обработки. Также лигнин лиственных пород древесины по строению элементарных звеньев, степени полимеризации, сетчатой структуры и способности к реакциям конденсации отличается от лигнина хвойной древесины. Это также способствует его более интенсивному размягчению, что позволит затрачивать меньшее количество энергетических ресурсов в процессе термогидролитической обработки щепы и при ее размоле.

Проведенные на кафедре химической переработки древесины исследования показали, что частичная замена (до 30 %) древесины ели на древесину осины и химическое активирование основных компонентов древесины лигнина и гемицеллюлоз в процессе термогидролитической обработки щепы и при последующем ее размоле позволяет снизить энергозатраты в процессе получения ТММ без снижения физико-механических и листообразующих свойств волокнистого полуфабриката.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF THERMO-MECHANICAL PULP

Abstract: Developed resource and energy saving technology of thermo-mechanical pulp consisting of compositions based on spruce and aspen.

Ю.А.Станкевич, К.Л.Степанов, Л.К.Станциц

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: usa@hmti.ac.by

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

В данной работе изложены результаты численного моделирования тепловых режимов работы нагревательных печей, которые широко применяются в металлургическом производстве: нестационарного нагрева в печах загрузочного типа и стационарного режима работы проходной нагревательной печи. Приведены результаты численного моделирования динамики нагрева загрузочной печи в 3D постановке (по разработанному в ИТМО комплексу программ) и режима работы проходной нагревательной печи (с использованием коммерческого пакета FLUENT). Такого рода расчеты необходимы на стадии проектирования нагревательных печей при

проведении реконструкции и модернизации металлургического производства с целью оптимизации режимов их работы.

Физико-математическая модель, описывающая тепловые режимы работы нагревательных печей, требует решения ряда задач, комплексно описывающих протекающие тепловые, радиационные и гидродинамические процессы в печи с учетом нелинейности теплофизических и оптических характеристик элементов конструкции печи, продуктов сгорания топлива в горелках в широком диапазоне изменения температуры.

Приведены результаты расчетов динамики нагрева загрузочной печи с заданными геометрическими параметрами, расположением и мощностью газовых горелок и различным расположением нагреваемых металлических заготовок. Приведены результаты численного моделирования течения продуктов сгорания стехиометрической смеси метана с воздухом и распределения температуры в нагревательной печи проходного типа при различных геометриях расположения отверстий для отвода дымовых газов.

MODELLING OF THERMAL REGIME OF HEATING FURNACES

***Abstract:** In present work the physical and mathematical model of non-stationary loading type heating furnace and pusher-type furnace. Results of calculations of dynamics of heating of the furnace with the set of geometrical parameters, layout and power of gas.*

И. Г. Кухарчук, А. Д. Чорный

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: anchor@hmti.ac.by

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КАВИТАТОРА

Кавитация как физическое явление, известно давно. Со времен Рейнольдса исследование кавитации проводилось с целью определения геометрических и скоростных параметров технических устройств, позволяющих предотвратить или минимизировать вредное влияние данного явления.

Во второй половине XX века стали публиковаться работы, посвященные возможному использованию кавитации для интенсификации некоторых технологических процессов, для очищения, обеззараживания воды, для диспергирования и гомогенизации различных двух и более компонентных сред.

Кавитация – процесс образования и разрушения парогазовых полостей в жидкости при падении местного статического давления в данной жидкости ниже давления парообразования. Для изменения статического давления чаще всего используют акустическое воздействие на не-

подвижную жидкость (статическое давление падает в фазе разряжения акустической волны) и увеличение скорости течения жидкости (давление падает за счет перевода потенциальной энергии в кинетическую).

Акустическая кавитация по сравнению с гидродинамической легче исследуется и управляется. Однако в экономическом плане более предпочтительно выглядит использование гидродинамических кавитаторов.

Для диспергирования углеродосодержащих материалов (наноматериалов) в воде предложено использовать двухступенчатый гидродинамический кавитатор. В настоящем докладе рассматриваются основные инженерные способы определения статического давления среды на входе в кавитатор, результаты измерений давления по характерным сечениям устройства, акустических характеристик, а также результаты диспергирования на различных режимах работы. Исследовано влияние эжекции воды в первое критическое сечение на изменение интенсивности акустических характеристик.

STUDY OF A TWO-STAGE HYDRODYNAMIC CAVITIZER

***Abstract:** The present work deals with developing designs of hydrodynamic multistage cavitizers with the intent to solve the problems of dispersion and homogenization of multicomponent media. The designed pilot installation permits preparing highly dispersed blends and emulsions. The influence of ejection of a miscible (dispersible) medium on the cavitation intensity is considered. The resistance of the cavitation module is estimated. The measurement results of the main process parameters of the installation and acoustic characteristics of the proposed cavitation module are presented.*

А.Ф.Магсумова, Р.Р.Хасанов, Л.М.Амирова

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева,
Россия, e-mail: ajzamags@mail.ru

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Несомненно, полимерные композиционные материалы (ПКМ) обладают рядом положительных качеств, главными из которых являются высокие удельные прочностные и усталостные показатели. Вместе с тем, технология их изготовления является дорогостоящей и, чаще всего, экологически вредной. Дороговизна композитных изделий связана, прежде всего, со стоимостью и доступностью исходных компонентов; длительностью процесса отверждения при высоких температурах с использованием оборудования, расходующего достаточно большое количество электроэнергии; преобладанием ручного труда, что, как правило, приводит к низкой производительности.

Вредность производства изделий из ПКМ во многом определяется рецептурой используемых компонент, прежде всего связующего. Многие составы эпоксидных связующих содержат в себе органические растворители, которые при отверждении выделяются в окружающую среду. Кроме того, пары органических растворителей являются пожаро- и взрывоопасными. Поэтому поиск путей снижения энерго-, трудо- и временных затрат при производстве изделий из ПКМ является весьма актуальным, поскольку в конечном счете, это должно привести к удешевлению композитной продукции при сохранении на том же уровне физико-механических характеристик.

Одним из путей снижения энергозатрат является использование катализаторов отверждения, которые позволяют получать ПКМ с высокой теплостойкостью при достаточно низких температурах отверждения. В докладе обобщены результаты исследований с использованием различных катализаторов отверждения эпоксиаминных и эпоксиангидридных композиций. Предложены новые высокоэффективные катализаторы для получения эпоксидных связующих быстрого низкотемпературного отверждения.

Для минимизации вредных выбросов и соответствующих мероприятий, направленных на их устранение, при создании низковязких связующих предлагается использование составов, содержащих активные разбавители взамен летучих органических растворителей, что способствует устранению ряда недостатков. В дополнении, активные разбавители показали ускоряющий эффект в процессе отверждения, что позволяет сократить энерго- и временные затраты при получении композитных деталей.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ISSUES IN POLYMER COMPOSITE MATERIALS PRODUCTION

Abstract: Environmental issues in polymer composite materials production as well as a possibility of low cost composites manufacturing are considered in the paper.

**Т.А.Мамедова, Х.Р.Велиев, А.Г.Талыбов, З.М.Алиева,
Н.К.Андрющенко**

Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г.Мамедалиева
НАН Азербайджана, Азербайджан, e-mail: mamedova.tarana@rambler.ru

ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ И АНТИСТАТИЧЕСКИЕ ПРИСАДКИ К ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВАМ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

На сегодняшний день производство дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями развивается по двум направлениям.

Во-первых, это вовлечение в их состав продуктов переработки растительного сырья и их модификаций, во-вторых – снижение содержания в них сернистых, азотных соединений и полициклических ароматических углеводородов за счет гидрогенизационных процессов.

Снижение содержания серы в дизельных топливах в соответствии с экологическими требованиями хотя и ведет к общему уменьшению выбросов оксидов серы, однако, с другой стороны, приводит к уменьшению смазывающей способности топлива и накоплению статического электричества, что ведет к преждевременному износу узлов и агрегатов топливopодающей системы и увеличивает пожароопасность топлив.

Для устранения подобного рода недостатков требуется применение различных присадок, перспективным сырьем для получения которых является возобновляемое сырье, в частности, триглицериды растительных масел.

В соответствие с этим была поставлена задача получения многофункциональных присадок на основе растительных масел и двухатомных спиртов с применением гетерогенного катализатора Цеокар-600. Исследованы топливные композиции с различным содержанием этилен- и пропиленгликолевых эфиров органических кислот хлопкового, кукурузного и подсолнечного растительных масел и сделан вывод о целесообразности их использования в качестве противоизносной и антистатической присадки к дизельным топливам.

THE ANTIWEAR AND ANTI-STATIC ADDITIVES TO DIESEL FUELS BASED ON VEGETABLE RAW MATERIALS

Abstract: It was synthesized ethylene and propilenglikolevyje fatty acid esters of cotton, corn and sunflower oils and derived esters investigated as antiwear and anti-static additives to diesel fuels.

**С.В.Плышевский¹, К.Б.Подболотов¹, Е.С.Какшко²,
А.В.Гибхин³**

¹УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

²УО «Белорусский государственный экономический университет», Беларусь
³ОАО «Керамика», Беларусь

ТЕРМОСТОЙКИЙ МЕРТЕЛЬ ДЛЯ КЛАДКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ

Мертели, предназначенные непосредственно для кладки бытовых и других низкотемпературных печей, в Республике Беларусь не выпуска-

ются, требования к ним не регламентируются. В большинстве случаев не достигается согласованность термических характеристик кирпича и затвердевшего раствора, что приводит к появлению трещин в кладочных швах, нередко к их разрушению. Все это и приводит к повышению пожароопасности при эксплуатации печи и возникновению пожаров со всеми вытекающими последствиями.

Цель работы заключалась в разработке специального состава кладочного раствора (мертеля) с повышенными термомеханическими свойствами с целью гармонизации композиции «керамический кирпич – мертель – керамический кирпич».

При исследовании образцов мертеля показано, что наиболее близким по согласованности свойств с разработанным материалом для термостойкого керамического кирпича является состав смеси, включающий, мас. %: глинистый компонент (сочетание легко- и тугоплавкой глины) 35; низкоактивное гидравлическое вяжущее 19,6; тонкомолотый бой термостойкого кирпича 45 и водоудерживающая добавка 0,4. На ОАО «Лесохимик» выпущена опытная партия мертеля данного состава и в ГП «Институт НИИСМ» определены физико-механические и эксплуатационные свойства термостойкого мертеля: прочность при сжатии 7–8 МПа; прочность сцепления с основанием – 0,6 МПа; термостойкость – 22 теплосмены; ТКЛР – $4,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; рабочая температура – 1050 °С.

Указанные свойства мертеля обеспечивают кладочному раствору повышенную термостойкость, близкие значения ТКЛР к керамическому печному кирпичу, что позволяет увеличить срок эксплуатации кладки в печах периодического действия. Разработанный состав мертеля рекомендовано применять для приготовления кладочных, уплотнительных и других растворов повышенной термостойкости при сооружении низкотемпературных тепловых установок (бытовых, банных печей, каминов и др.).

THERMAL RESISTANCE MORTAR FOR THE LAYING OF THE LOW-TEMPERATURE STOVES

Abstract: Examinations on deriving of mortar with heightened thermal stability for a laying of the low-temperature household stoves and other furnaces are given. The composition is elaborated and the basic performances of mortar and masonry compositions are spotted.

К.Б.Подболотов, Е.М.Дятлова, А.А.Бабак
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ И ДОБАВОК
РАЗЛИЧНОГО ТИПА НА ПРОЦЕСС
САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОГНЕУПОРНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ $Al-SiO_2-C$**

Применение технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) эффективно при получении мастик, обмазок и покрытий, применяемых при изготовлении футеровок печей, поскольку высокоэкзотермическая реакция, протекающая при иницировании СВС, позволяет сократить расход энергии, затрачиваемой на синтез и спекания керамического материала. Однако, иницирование СВС при малом содержании восстановителя (алюминий) затрудняется, в связи с этим возникает необходимость проведения механической и химической активации системы.

В ходе исследования установлено, что проведение механоактивации повышает экзотермический эффект и скорость СВС-процессов, что связано с увеличением площади контакта частиц и поверхностной энергии системы.

Установлено, что при введении неметаллических соединений, наибольшую эффективность показали добавки фторсодержащих соединений, связано это с тем, что при разложении данных добавок образуются газообразные фториды, которые способствуют появлению газотранспортного механизма переноса вещества и образованию промежуточных комплексов, что снижает энергию активации процесса синтеза. При этом наибольшую активность проявляют фторид алюминия и кремнефтористый натрий, это подтверждается и результатами термического анализа. Для повышения интенсивности взаимодействия эффективно введение борной кислоты, а также соединения кальция (карбонат и сульфат). Данные добавки повышают скорость взаимодействия, что свидетельствует о том, что они также участвуют в процессе синтеза, претерпевая различные превращения.

Таким образом, при проведении исследований было определено влияние различного типа добавок на процесс экзотермического синтеза при получении огнеупорных покрытий. Установлены возможные механизмы и степень влияния металлических и неметаллических добавок, а также механоактивации исходной шихты при проведении СВС в системе $Al - SiO_2 - C$.

EFFECT OF MECHANICAL ACTIVATION AND ADDITIONS DURING
PRODUCING OF REFRACTORY COATINGS BASED ON $Al-SiO_2-C$
USING THE METHOD OF SELFPROPAGATING
HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS

Abstract: *The paper discusses the effect of mechanical activation and activating additions on the process of self-propagating high-temperature synthesis during formation of refractory coatings based on the $Al-SiO_2-C$ system. The paper presents the processes and mechanisms that possibly occur during volume heating and pulse mode of initiating the exothermal synthesis of coatings.*

**В.Н.Соловьев¹, И.Г.Плецанков¹, Н.Д.Кузьмина¹,
В.А.Гайко², Н.М.Позылова²**

¹ГНУ «Объединённый институт энергетических и ядерных исследований –
Сосны» НАН Беларуси, Беларусь

²ГНПО «Центр», Беларусь

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРОВЯНОГО СЫРЬЯ
С ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ
ТЕРРИТОРИЙ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Разработаны концептуальные положения использования дровяного сырья с загрязненных радионуклидами территорий в качестве топлива, включая топливо, образующее золу категории радиоактивных отходов. Проводится анализ сценариев использования древесных ТЭР с загрязненных территорий:

- базовый (существующий) – использование древесного топлива с нормативным содержанием Cs-137 до 740 Бк/кг в различных топочных устройствах при сжигании в промышленных котельных, мини-ТЭЦ и в домашних хозяйствах;

- предлагаемый основной с разделением древесных ТЭР на два потока – «чистые» ТЭР и «загрязненные» ТЭР с содержанием радиоцезия от 200-300 Бк/кг до 740 Бк/кг и выше, используемые в модернизированных энергоустановках;

В базовом сценарии ТЭО предусматривается создание топливно-энергетической инфраструктуры в составе поставщиков топлива, которое не ограничивается содержанием радионуклидов и может иметь уровни содержания свыше контрольных или допустимых; котельных, вновь созданных или переведенных в группу радиоактивных объектов и получивших разрешение на работы с открытыми источниками ионизирующего излучения государственных органов контроля Минздрава и МЧС; служб, обеспечивающих безопасное обращение с зольными отходами, в том числе категории РАО. Предложен концептуальный проект демонстрационной

мини-ТЭЦ для производства тепловой и электрической энергии из загрязненного радионуклидами древесного топлива.

Использование древесного топлива в котельных установках без ограничений содержания радионуклидов в топливе, при сжигании которого зольные отходы могут иметь активность уровня категории РАО и выше, требует оснащения станции специальными системами безопасности, очистки топочного пространства, газоочистки, обращения с зольными отходами, радиационного контроля, подготовленного персонала, что обеспечит безопасную эксплуатацию котельных и минимизацию воздействия объекта на окружающую среду. Одним из условий создания мини ТЭЦ – наличие ресурсной базы топлива, наличие потребителя энергетической продукции – электроэнергии и тепла, приемлемые технико-экономические и социально-экологические показатели.

Планируется отработать технологии сжигания и обращения с радиоактивной золой на опытном объекте, а затем использовать весь потенциал древесных ТЭР в модернизированных котельных и 1-2 мини-ТЭЦ, оснащенных системами газоочистки, золоудаления и контроля, обеспеченных оборудованием, инфраструктурой для обращения и захоронения радиоактивных зольных отходов.

USE OF WOOD RAW MATERIALS FROM THE TERRITORIES POLLUTED BY RADIONUCLIDES AS FUEL

***Abstract:** Conceptual positions of use of wood raw materials from the territories polluted by radionuclides as fuel including the fuel forming ashes from the category of a radioactive waste are developed. The analysis of scenarios of use wood power sources from the polluted territories is carried out.*

О.Н.Медведева

Саратовский государственный технический университет, Россия,
e-mail: medvedeva-on@mail.ru

РАСПОЛАГАЕМЫЙ ПЕРЕПАД ДАВЛЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СЕТЯХ

Эффективность проектных решений систем газоснабжения со шкафными газорегуляторными пунктами (ШГРП) в значительной степени определяется правильным выбором расчетного перепада давлений в распределительных газопроводах с учетом системной связи элементов технологической цепочки по комплексу: ШГРП – распределительный газопровод – потребитель. Как известно, надежная, безопасная и экономичная работа газовых приборов обеспечивается при давлении

газа, близком к номинальной величине. При этом создаются наиболее благоприятные условия для сжигания газа. Гидравлические режимы эксплуатации распределительных сетей и газорегуляторных установок обуславливают определенную специфику работы газовых приборов. При этом рабочее давление газа перед прибором, как правило, отличается от номинальной величины.

Предельные колебания давления газа для бытовых приборов установлены соответствующими стандартами. В качестве обобщающих данных по всей совокупности номенклатуры бытовых газовых приборов можно принять:

- для приборов с повышенным номинальным давлением $R_{\text{ном}}^{\text{приб}} = 2000$ Па, $R_{\text{max}}^{\text{приб}} = 2500$ Па, $R_{\text{min}}^{\text{приб}} = 1700$ Па;

- для приборов с пониженным номинальным давлением $R_{\text{ном}}^{\text{приб}} = 1300$ Па, $R_{\text{max}}^{\text{приб}} = 1764$ Па, $R_{\text{min}}^{\text{приб}} = 650$ Па.

При этом максимально допустимый перепад давлений, реализуемый в системе газоснабжения, составляет:

- для приборов ($R_{\text{ном}}^{\text{приб}} = 2000$ Па) $EP_{\text{max}} = 800$ Па;

- для приборов ($R_{\text{ном}}^{\text{приб}} = 1300$ Па) $EP_{\text{max}} = 1114$ Па.

Увеличение диапазона допустимого перепада давлений во втором случае объясняется тем обстоятельством, что приборы с пониженным номинальным давлением газа более устойчивы к явлениям проскока и отрыва пламени. Поскольку снижение номинального давления газа повышает также и общий уровень безопасности систем газоснабжения, применение приборов ($R_{\text{ном}}^{\text{приб}} = 1300$ Па) в газовой практике более предпочтительно и целесообразно. Как показывают результаты исследований, предполагаемый перепад давлений в распределительных газопроводах от шкафных ГРП находится в следующих пределах:

- для газовых приборов с номинальным давлением 1300 Па $EP^P = 596 \div 914$ Па;

- для газовых приборов с номинальным давлением 2000 Па $EP^P = 150 \div 600$ Па.

DISPOSABLE PRESSURE IN DISTRIBUTIVE GAS NETWORKS

Abstract: The results substantiate the value of disposable pressure drop in gas distribution pipelines from the gas cabinet regulatory settlements.

А.С.Семенов

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СРЕДНИХ И МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Важной проблемой является энергосбережение в малых и средних предприятиях республики. Возьмем, например, проблемы энергосбережения в таких достаточно мелких производствах, как многочисленные местные предприятия хлебопрома концерна «Белпищепром». Группа энергосбережения Научно-исследовательского центра проблем ресурсосбережения провела в 5 областях республики работу по аудиту и проектно-техническому обеспечению утилизации выбрасываемых в атмосферу горячих газов (табл.).

Таблица – Применение газосберегающих технологий на предприятиях хлебопрома концерна «Белпищепром» в 2006 – 2010 гг.

№	Область (города)	Экономия газа, т.у.т.
1.	Витебская (Полоцк, Новополоцк)	178,0
2.	Брестская (Брест)	211,0
3.	Гомельская (Гомель, Калинковичи, Речица, Светлогорск)	743,0
4.	Гродненская (Гродно, Лида, Новогрудок, Слоним, Сморгонь)	1794,0
5.	Минская (Слуцк)	212,0
	ИТОГО	3138,0

Экономия газа составила за 2006 – 2010 годах 3138,0 тонн условного топлива. Эта экономия сравнима с расходами бюджетных средств НИЦПР НАН Беларуси за прошлую пятилетку.

ENERGY SAVING IN SMALL-SCALE AND MEDIUM ENTERPRISES

***Abstract:** The efficiency of energy saving in bakery plants of concern «Belpischeprom» is shown.*

**И. В. Ангихович, Е. А. Добровольский, А. А. Черник,
И. М. Жарский**

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: ksaven2006@yandex.ru

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЯ ИЗ ХЛОРИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ПРИСУТСТВИИ АЦЕТАТОВ НАТРИЯ И АММОНИЯ

Применение электролитов никелирования с уменьшенной на 20–30 °С температурой по сравнению с традиционно применяемыми представляет значительный интерес для промышленной гальванотехники. Для интенсификации процессов электроосаждения никеля и увеличения стабильности электролита в прикатодной области представляется перспективным применение веществ, позволяющих увеличить буферную емкость электролита, например, CH_3COONa , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

В качестве объекта исследования выступают электролиты, содержащие моль/дм³: Ni^{2+} – 0,95; CH_3COO^- – 0,36; pH = 4–4,5; t = 20 °С.

Поляризационные измерения проводились на потенциостате ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8 на электродах из стали различных марок. Установлено, что увеличение содержания углерода в стали смещает поляризационную кривую в отрицательную сторону. Причем, такое поведение характерно как для электролита с добавлением CH_3COONa , так и $\text{CH}_3\text{COONH}_4$.

Исследование буферных свойств проводили методом потенциометрического титрования с помощью универсального ионометра со стеклянным индикаторным электродом. Установили, что электролиты никелирования, содержащие соли $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ и CH_3COONa , имеют значительно более высокую буферную емкость по сравнению с электролитом Уоттса. Причем буферная емкость в электролите с $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ выше, чем в электролите с CH_3COONa .

Проведение измерений в ячейке Хулла позволило определить диапазон рабочих плотностей тока. Этот диапазон находится в интервале 0,5–2,5 А/дм² для электролита с добавкой CH_3COONa и 0,5–7 А/дм² для электролита с добавкой $\text{CH}_3\text{COONH}_4$. Выход по току для данных электролитов колеблется в диапазоне 80–97 %.

Определение рассеивающей способности проводили по ГОСТ 9.309-86 в ячейке Молера. Рассеивающая способность по току и по металлу в интервале плотностей тока 1–5 А/дм² составляет 10–22 % и 10–19 % соответственно.

Пористость никелевого покрытия определялась в соответствии с ГОСТ 9.302-88 методом наложения фильтровальной бумаги. Установлено, что при толщине 30 мкм пористость покрытия составила 2 пор/см².

Определение адгезии покрытия с основой проводилось по ГОСТ 9.302-88 по методу изгиба при толщинах до 60 мкм. Полученные покрытия хорошо сцеплены с основой при толщине до 40 мкм, при толщине 60 мкм происходит отслаивание покрытия.

ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF NICKEL FROM CLORIDE ELECTROLYTES WITH ADDITION OF SODIUM AND AMMONIUM ACETATE

Abstract: Very interesting is the use of electrolytes with a low by 20 – 30 °C temperature as compared with the standard Watt's electrolyte. It is promising intensification of the nickel plating by using as buffer additives CH_3COONa or $\text{CH}_3\text{COONH}_4$. The object of the study are the electrolytes containing $c(\text{Ni}^{2+}) = 0,95 \text{ mol/dm}^3$, $c(\text{CH}_3\text{COO}) = 0,36 \text{ mol/dm}^3$, $\text{pH} = 4-4,5$, $t=20^\circ\text{C}$.

Д.А.Багрец¹, В.В.Рубаник¹, Л.В.Маркова²

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: ita@vitebsk.by

²ГНУ «Институт порошковой металлургии НАН Беларуси», Беларусь

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ TiN ПОКРЫТИЙ

Одним из главных достоинств нитрида титана является возможность его использования в качестве защитно-декоративных покрытий для производства изделий медицинского назначения, товаров народного потребления, в машиностроении и др. отраслях. Такие покрытия характеризуются повышенной износо- и коррозионной стойкостью, биосовместимостью, улучшенными трибологическими характеристиками, а также высокими декоративными свойствами. Во многих случаях для получения более широкой гаммы цветовых оттенков, а также снятия температурных напряжений, возникающих в процессе осаждения, применяется термообработка (ТО), в результате которой происходит изменение химического состава и структуры TiN покрытия и материала подложки.

Целью данной работы являлось исследование влияния режимов термообработки на структуру и элементный состав TiN покрытий, осажденных на стали X18H10T.

В качестве подложек для нанесения TiN покрытий использовали образцы из аустенитной нержавеющей стали (X18H10T). Непосредственно перед осаждением покрытия образцы подвергали ионной бомбардировке

(с ускоряющим напряжением до 1100 В) с целью нагрева и активации поверхности. TiN покрытие формировали вакуумным электродуговым методом (ток дуги $I=90$ А, время осаждения $t=15$ мин, температура подложки при напылении $T=350..370$ °С) из сепарированного плазменного потока. Образцы с покрытиями подвергали отжигу на воздухе в различных режимах.

Электронно-микроскопические исследования показали, что морфология поверхности для всех образцов с TiN покрытием имеет одинаковый вид: на поверхности покрытий присутствуют как частицы капельной фракции, так и поры.

Известно, что покрытия на основе нитрида титана отличаются высокой коррозионной стойкостью. Этот факт подтверждается в данной работе: на поверхности исходного образца в незначительных количествах обнаружены элементы стальной основы Fe, Cr и Ni.

Отжиг образцов на воздухе стимулирует диффузионные процессы на границе «покрытие-подложка», и с увеличением температуры интенсивность диффузии элементов основы к поверхности покрытия резко возрастает. Так, после отжига при температуре 300 °С концентрация элементов подложки составляет: для железа – около 9 %, хрома – 3 %, никеля – 0,8..0,9 %, что примерно в 3-3,5 раза превышает соответствующие значения концентраций для исходного образца. При этом увеличение времени термообработки с 15 до 40 мин не приводит к существенным изменениям в распределении элементов подложки на поверхности TiN покрытия.

Таким образом, отжиг образцов с TiN покрытиями на воздухе приводит к значительной диффузии элементов основы (железа, хрома и никеля) к поверхности, в особенности, при температуре 300 °С, что может негативно повлиять на защитные свойства TiN пленок. Варьирование времени термообработки от 15 до 40 мин не вызывает увеличения концентрации элементов подложки на поверхности TiN покрытия.

THE EFFECT OF ANNEALING CONDITIONS ON THE STRUCTURE AND ELEMENTAL COMPOSITION OF THE TiN COATINGS

Abstract: *in this work the structure of the TiN coatings on the austenitic stainless steel which were formed by vacuum-arc deposition was investigated using SEM method. It was explored the influence of annealing conditions (time and temperature) on chemical elements distribution on coating surface. It was shown that annealing at air results in considerable diffusion of elements of basis to the surface that causes the reduction of corrosion resistance of the TiN coatings.*

В.В. Тимошенко¹, А.В. Шаповалов²

¹ГНУ «Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: twadim@tut.by

²ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСТРУЗИОННЫХ ДРЕВЕСНОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время разработка ресурсосберегающих технологий, в частности, на основе вторичных полиолефинов и лигноцеллюлозных отходов является одним из приоритетных направлений в современном материаловедении. Рациональное использование промышленных отходов древесины и полимеров является основой для формирования экструзионных древеснополимерных материалов (ЭДМ), обеспечивающих получение продукции с высокой экономической и экологической составляющими. В то же время, в силу плохой их термодинамической совместимости в композиционном материале, необходимо модифицирование древесного наполнителя и полимера. В связи с этим выявление наиболее эффективных способов их модифицирования с целью формирования композитов с наилучшими свойствами представляется актуальной задачей.

Установлена эффективность модифицирования лигноцеллюлозных частиц диспергированным диоксидом кремния. В результате такого модифицирования удалось достичь повышения адгезионного взаимодействия в системе «полимерная матрица-древесина. Показано, что оптимальное содержание диоксида кремния в композите (как осажжденного так и модифицированного) находится в пределах 1 – 3 мас. %. Вместе с тем для осажжденного и модифицированного диоксида кремния отмечается различное распределения частиц в материале. Если для осажжденного диоксида кремния характерно беспорядочное формирование агломератов частиц, то для модифицированного наблюдается практическое отсутствие таковых, что в процессе переработки обеспечивает стабильную однородную структуру в композитном материале. Механизм улучшения совместимости модифицированного наполнителя и полимера обеспечивается за счет возрастания его поверхностной энергии вследствие формирования на поверхности древесины ультраструктурных участков из частиц диоксида кремния. В результате этого достигаются более высокие физико-механические характеристики композитов (в особенности ударной вязкости – в 1,5-2,0 раза).

Показано, что диоксид кремния улучшает технологические свойства композита, так как выполняет, своего рода, функцию внутренней смазки в процессе переработки ЭДМ.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SILICONE DIOXIDE ON PHYSICAL, MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF EXTRUDED WOOD-POLYMER MATERIAL

***Abstract:** It is shown that silicone dioxide improves the technological properties of the composite, since it performs a function of internal lubricant during EDM processing.*

Б. Крупич, В.В. Барсуков

¹Белостокский технический университет, Польша, e-mail: b.krpicz@pb.edu.pl

²УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», Беларусь,
e-mail: barsukov2002@mail.ru

УЧЕТ МЕЖЧАСТИЧНОГО И ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАСЧЕТЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ КОМПАКТИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Процессы компактирования дисперсных материалов широко распространены во многих отраслях промышленности. Типичными представителями таких процессов являются прессование лекарственных препаратов и металлических порошков, производство топливных брикетов и пеллет, кормовых гранул, силикатного кирпича и тротуарной плитки. Эксперименты и опыт производства показывают, что значительную роль при компактировании таких материалов играет трение частиц в контакте между собой (внутреннее, или межчастичное трение) и трение частиц в контакте с формообразующими поверхностями деформирующего инструмента (внешнее, или пристенное трение). Вместе с тем, в силу сложности рассматриваемых явлений, многие вопросы на стыке трибологии и технологии остаются недостаточно изученными, что приводит к появлению погрешностей в вычислении нагрузок, действующих на формообразующую оснастку, и отрицательно сказывается на точности деформационно-прочностных расчетов этой оснастки, а также на возможности прогнозирования размеров отформованных изделий.

При выполнении исследований принималось, что компактирование дисперсных материалов осуществляется путем сочетания объемного и сдвигового деформирования. Предполагали, что сдвиг реализуется на площадках, на которых сдвигающие напряжения достигают значений удельных сил межчастичного трения. С целью повышения точности расчетов использовали усовершенствованную трибомеханическую модель, учитывающую одновременное действие межчастичного и внешнего трения на рассматриваемый объем компактируемого материала.

Предложенный подход позволил получить ряд теоретически и практически важных результатов, среди которых можно выделить:

а) аналитические зависимости для уточненного расчета коэффициента бокового давления в хрупких дисперсных материалах «безадгезионного» и «адгезионного» типов, а также в пластичных дисперсных материалах;

б) аналитические зависимости для уточненного расчета углов ориентации площадок сдвига в компактируемых дисперсных материалах.

Первая группа зависимостей составила теоретическую базу уточненных расчетов силовых параметров процессов компактирования дисперсных материалов с учетом межчастичного и внешнего трения и прогнозирования технологического натяга в сопряжении формируемого изделия с формообразующей оснасткой.

Вторая группа зависимостей явилась основой прогнозирования зон затрещинной сдвиговой деформации в объеме деформируемого материала.

В совокупности результаты исследований позволяют выполнять более строгие расчеты напряжений и деформаций в формообразующей оснастке, а также создают возможность более строгой оценки параметров упругого последействия и назначения с учетом этого размеров оформляющих элементов форм для компактирования дисперсных материалов.

ACCOUNT OF INTERPARTICULATE AND WALL FRICTION AT DESIGN AND CALCULATION OF FORMS FOR COMPACTING OF DISPERSED MATERIALS

Abstract: The tribotechnological aspects of design and calculation for forms by dispersed materials compacting into account interparticulate and wall friction are developed

Л.И.Бурдовицна, А.И.Войтенко

ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: secretar @ igic.bas-net.by

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТЕИНОВЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕНОБЕТОНОВ

Энерго- и ресурсосбережение является одним из основных направлений в области строительства. В комплексе мер по энергосбережению большое значение имеет повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий. В связи с этим возникает необходимость разработки легких и облегченных ограждений конструкций, позволяющих одновременно выполнять несущие и повышенные теплозащитные функции. Для этих целей одним из перспективных строительных материалов является пенобетон. Прин-

цип его получения основан на введении в цементное тесто пенообразователей. За счет простой технологии производство пенобетона осуществляется как в стационарных условиях, так и на мобильных мини-заводах.

Усовершенствование технологии пенобетона и оптимизация его структурно-технических свойств возможны только при глубоком понимании физико-химических процессов, протекающих в объеме пеноцементной системы на границах раздела фаз. Перспективным путем повышения качества пенобетона является применение различного рода органических модифицирующих добавок.

С этой целью разработаны составы пенообразователей на основе отходов пищевой промышленности. Показана их высокая пенообразующая активность: кратность пены составляет 6 – 10. Пены устойчивые, благодаря чему синерезис заметно не проявляется вплоть до момента минерализации пены. Изучена макроструктура образцов пенобетона в широком диапазоне классов плотности: от конструкционно-теплоизоляционного (плотностью выше 550 кг/м³) до теплоизоляционного (плотностью не более 400 кг/м³).

Показано, что разработанные пенообразователи позволяют регулировать реологические характеристики пенобетонной смеси и прочностные показатели пенобетона. Низкая стоимость добавки практически не увеличивает себестоимость получаемого материала. Введение пенообразователя в состав конструкционно-теплоизоляционного пенобетона позволяет, регулируя дисперсный состав пенобетонной смеси, увеличивать ее подвижность, а также, изменяя структуру околпорового пространства пенобетона, увеличивать прочность без изменения средней плотности.

THE APPLICATION OF PROTEIN FOAMING AGENTS IN PRODUCING OF FOAM CONCRETES

Abstract: It was shown that protein foaming agents can be used in producing of foam concretes.

**В.И. Грачек, А.А. Шункевич, З.И. Акулич,
О.И. Исакович, С.Е. Радкевич**

ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: grachek@ifoch.bas-net.by

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО ПОЛИАМФОЛИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Разработана технология получения универсального волокнистого полиамфолита ФИБАН АК-22В на основе промышленно доступного

го недорогого сырья, производимого в Беларуси. Полиамфолит получается одностадийным способом: аминированием волокна «нитрон» полиэтиленполиаминами в присутствии карбонатов щелочных металлов. Подобный полиамфолит, довольно широко используемый в качестве сорбента для очистки воздуха ВИОН АН-3 (Россия, Московская обл. ООО «ЛИРСОТ»), получают двухстадийным способом. При получении ВИОН АН-3 применяют гидразингидрат, который является сильным восстановителем, легко разлагается при нагревании и облучении, образует взрывоопасные смеси с кислородом воздуха. Кроме этого, гидразингидрат токсичен, поэтому при работе с ним необходимо соблюдать особые меры предосторожности и применять специальное оборудование.

В предлагаемой технологии получения универсального полиамфолита одностадийным способом, полиакрилонитрильное волокно обрабатывают при повышенной температуре 5 – 40 °С водным раствором полиэтиленполиамины (этилендиамином или диэтилентриамином) в течение 6 – 12 часов в присутствии 0,125 – 0,50 г-моль карбоната натрия или калия, при этом мольное соотношение полиэтиленполиамины и щелочной добавки составляет от 1: 2 до 2: 1. Статическая обменная емкость ФИБАН АК-22В по основным группам ~2,5 мг-экв/г, по кислотным группам ~2,0 мг-экв/г. Введена в эксплуатацию опытная установка получения опытных партий полиамфолита производительностью до 4 т/год. ФИБАН АК-22В по деформационно-прочностным свойствам, химической и механической стойкости, ионообменным характеристикам может применяться в качестве сорбента и перерабатываться в нетканые материалы.

Волокнистый полиамфолит ФИБАН АК-22В в карбонатной форме применяется для очистки воздуха от примесей токсичных газов кислого характера, а после пропитки минеральными кислотами (H_3PO_4) ФИБАН АК-22В применяется для тонкой очистки воздуха от примесей токсичных газов основного характера в «чистых комнатах» предприятий передовых зарубежных стран (Германия, Австрия, Корея и т.д.).

TECHNOLOGY OF FIBROUS POLYAMPFOLYTES SYNTHESIS FOR AIR PURIFICATION

***Abstract:** New fibrous polyampholytes are produced by amination of polyacrylonitrile fiber with polyethylenepolyamines in presence of alkaline metal carbonates (one stage method). The method permit to simplify the technology of polyampholytes synthesis and to exclude the use of toxic initial products.*

**Е.А.Дикусар¹, В.И.Поткин¹, Н.Г.Козлов¹,
Д.А.Рудаков¹, А.П.Ювченко², М.П.Бей², В.А.Азарко²,
Р.Т.Тлегенов³**

¹ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: dikusar@ifoch.bas-net.by

²ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: mixa@ichnm.basnet.by

³Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, Узбекистан,
e-mail: rustem_t@rambler.ru

ПРОДУКТЫ ТОНКОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ ЛИГНИНА

Одним из путей ресурсосберегающего и экспортоориентированного продвижения продукции отечественной парфюмерной, пищевой, кондитерской и ликеро-водочной промышленности на внутренние и внешние рынки сбыта, повышения ее конкурентоспособности и привлекательности для потребителей, является разработка и применение новых дешевых и безопасных ароматизаторов, душистых веществ и отдушек на основе доступных синтетических продуктов и продукции лесохимии.

В частности, получение ванилина щелочным окислением лигнина – побочного продукта целлюлозно-бумажной промышленности, открывает практически неограниченную сырьевую базу для синтеза на его основе душистых соединений, лекарственных препаратов, веществ, обладающих широким спектром биологической активности: противоопухолевой, антимикробной или фунгицидной; получения новых перспективных реагентов для бор-нейтронозахватной терапии опухолевых заболеваний, а также наноматериалов на основе нанопленок, полученных термовакuumным напылением.

THE THIN ORGANIC CHEMICAL SYNTHESIS PRODUCTS BASED ON LIGNIN

***Abstracts:** at present the large part of the vanillin is obtained by synthetic method alkaline oxidation of the lignin – the by-product pulp and paper industry. Vanillin because of the presence in its molecule of hydroxyl and aldehyde groups is accessible initial compound for obtaining on its basis the series of the new chemical substances, which possess valuable and useful properties.*

И.В.Дребенкова, Т.Я.Царюк, И.П.Фалюшина, Л.Д.Шапорева
ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: pet@ecology.basnet.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТОВ КОНСЕРВАЦИОННЫХ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В последнее время в мире наметилась тенденция получения консервационных и смазочных материалов из альтернативных источников сырья, в том числе растительного происхождения.

Цель работы – исследование возможности использования продуктов растительного происхождения в качестве компонентов консервационных и смазочных материалов.

Объектами исследования являлись продукты переработки масложировых предприятий – рапсовое масло, жирные кислоты растительных масел, олеин, стеарин, метиловые эфиры жирных кислот, кубовый остаток метиловых эфиров, глицериновая фракция и лесохимической промышленности – талловое масло.

Изучены физико-химические свойства, эмульгирующая и вытесняющая способности, а также защитная эффективность исследуемых продуктов.

Установлено, что в порядке возрастания объема образуемой эмульсии объекты исследования располагаются в ряд: кубовый остаток метиловых эфиров, рапсовое масло, талловое масло, метиловые эфиры; а по ее стойкости – талловое масло, кубовый остаток метиловых эфиров, метиловые эфиры, рапсовое масло.

Самыми высокими вытесняющими свойствами обладают глицериновая фракция и талловое масло, обеспечивающие полное вытеснение бромистоводородной кислоты с поверхности металла.

Оценкой защитной эффективности объектов исследования в среде электролита и сернистого ангидрида показано, что максимальную способность к защите металла от коррозии проявляют талловое и рапсовое масла, превосходя индустриальное масло И-20А более чем в 6–10 и 3–5 раз соответственно, минимальную – глицериновая фракция.

Таким образом, исследованные объекты обладают комплексом физико-химических, вытесняющих и защитных свойств, позволяющим применять их в консервационных и смазочных материалах.

APPLICATION OF PRODUCTS OF VEGETABLE ORIGIN AS COMPONENTS OF CONSERVATION AND LUBRICANT MATERIALS

Abstract: The study of physical-chemical, displacing and protective properties of products of vegetable origin an ability to use these as components of conservation and lubricant materials has been shown.

Е.В. Михедова, С.В. Стасенок, А.А. Черник, И.М. Жарский
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: mihedka@mail.ru

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬНУЮ И ЧУГУННУЮ ОСНОВУ ИЗ АММИАКАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Наиболее распространенными в промышленности электролитами для непосредственного нанесения меди на рабочую поверхность стальных и чугунных изделий являются цианистые, которые обладают рядом недостатков. В связи с этим актуальным является проведение исследований по выбору щелочных комплексных нецианистых электролитов для процессов скоростного электрохимического меднения. С этой точки зрения представляет значительный интерес аммиакатный электролит меднения.

В качестве объекта исследования выступает электролит следующего состава, моль/л: CuSO_4 – 0,6; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,6; NH_4NO_3 – 0,5; 25 %-й водный раствор NH_3 – 200 мл/л; $\text{pH}=9,3-9,5$; $t=20$ °С.

Поляризационные измерения проводились на потенциостате ПИ-50-1.1 в комплекте с программатором ПР-8 на электродах из меди, стали и чугуна. По данным поляризационных измерений катодный процесс на стали и чугуне наблюдается при значительно большей катодной поляризации в сравнении с медью. Это связано с тем, что первичное осаждение металла на чужеродную основу требует больших затрат энергии, и как следствие увеличивается катодное перенапряжение. По мере покрытия стальной подложки медью энергетическая неоднородность подложки и осаждаемого металла нивелируется, и поляризация катода уменьшается.

По данным измерений в ячейке Хулла диапазон рабочих плотностей тока, в котором получают удовлетворительные по качеству покрытия, находится в интервале 1,5–8 А/дм².

Пористость медного покрытия определялась в соответствии с ГОСТ 9.302-88 методом наложения фильтровальной бумаги. Установлено, что плотность тока, при которой происходит осаждение меди, существенным образом влияет на пористость покрытия. Так при толщине в 5 мкм беспористые покрытия из аммиакатного электролита получаются при

плотности тока до 2 А/дм², а для толщины в 10 мкм – при плотности тока до 5 А/дм². Увеличение плотности тока с 2 до 6 А/дм² приводит к плавному увеличению пористости до 2 пор/см². Такая незначительная пористость медного покрытия в данном диапазоне плотностей тока может быть обусловлена достаточно большим выходом по току меди.

Зависимость выхода по току от плотности тока для данного электролита имеет экстремальный характер с максимальным значением 84,4 % при значениях плотности тока 5–6 А/дм².

Определение адгезии покрытия с основой проводилось по ГОСТ 9.302-88 методом нанесения сетки цапапин (метод рисок). Полученные покрытия хорошо сцеплены с основой во всем диапазоне рабочих плотностей тока.

ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF COPPER ON STEEL AND IRON SUBSTRATE FROM AMMONIA ELECTROLYTE

Abstract: Process of electrochemical deposition of copper on steel and iron substrate from ammonia electrolyte is investigated. It is studied kinetic of the processes proceeding on various cathodic substrates. Properties of the received coatings depending on technological parameters are defined.

Е.Е.Трусова¹, В.С.Гурин², Н.М.Бобкова¹

¹УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: trusovakaterina@mail.ru

²НИИ физико-химических проблем БГУ, Беларусь, e-mail: gurin@bsu.by

РАЗРАБОТКА КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ CeO₂–TiO₂ СИСТЕМЫ

В настоящее время представляют несомненный интерес фотокаталитическое очищение воды, фотостимулированное разложение органических соединений в различных системах, в которых они являются вредными примесями, фотоосаждение металлов для микро- и нанотехнологии и другие явления, происходящие за счет активизации в таких материалах фотогенерированных носителей заряда. Однако, реальная эффективность фотокатализаторов невелика, и их применение ограничено. Поиск новых эффективных систем остается актуальной задачей до сегодняшнего дня. Фотокаталитические системы на основе оксидов тугоплавких металлов, в том числе и наноструктурированные, являются одними из перспективных разработок в этой области. Предлагаемая в настоящем работе двойная система оксидов церия и титана (условно CeO₂–TiO₂, поскольку состав и стехиометрия сложнее) исследована относительно слабо, однако нами установлены принципы, демонстрирующие ее фотокаталитическую эффективность. Особенности дан-

ной двойной оксидной системы определяются следующими факторами: значительная разница ионных радиусов $\text{Ce}^{4+(3+)}$ и Ti^{4+} , вследствие чего область образования твердых растворов $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ весьма ограничена, и состоянию двойной системы отвечает ряд соединений, в которых степени окисления церия и титана изменяются $- +3 - +4$; индивидуальные оксиды CeO_2 и TiO_2 являются эффективными фотокатализаторами и стабильны в достаточно широком диапазоне температур; оксиды титана и церия нетоксичны и доступны по стоимости для применения в качестве фотокатализаторов.

Разработана методика формирования тонких пленок на основе $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ системы. Методика изготовления тонких пленок включает подготовку исходной смеси путем совместного смешивания растворов $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$, TiCl_3 при различном молярном соотношении и органического растворителя, нанесение полученной смеси методом окунания на пористую подложку и термическую обработку последних при 400°C в воздушной среде. Качество пленок удовлетворительное, пленки характеризуются высокой прозрачностью и окрашены в светло-желтый цвет. Изучено оптическое поглощение пленок. Установлено наличие выраженной полосы поглощения в УФ области спектра.

Изучается фотокаталитическая активность Ce-Ti -содержащих пленок в реакции окисления модельных органических красителей.

THE DEVELOPMENT OF THE CATALYTICALLY ACTIVE MATERIALS ON THE BASIS $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ SYSTEM

Abstract: In the present communication, we consider the results of recent studies of the Ce-Ti-O binary oxide system both in the form of solid products and within the thin films. The methodology of the formation thin films on the basis $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ was elaborated.

Т.Я.Царюк, Л.Д.Шапорева, И.П.Фалюшина, И.В.Дребенкова
ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: pet@ecology.basnet.by

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАНАТНЫХ СМАЗОК

Для обеспечения технологических операций производства стальных канатов, а также для защиты их от коррозионно-механического поражения в процессе хранения, транспортирования и эксплуатации применяют канатные смазки. Отечественная смазка КС-У, разработанная в середине 90-х годов, по отдельным эксплуатационным характеристикам перестала соответствовать современным требованиям, предъявляемым к материалам этого типа. Кроме того, структурная перестройка нефтеперерабаты-

вающей отрасли привела к существенному сокращению сырьевой базы производства этой смазки.

Цель работы – разработка состава и технологии производства современных канатных смазок на основе доступного отечественного сырья.

Объектами исследования являлись побочные, промежуточные и остаточные продукты масляного производства ОАО «Нафтан» и масложировых предприятий, а также синтетические высокомолекулярные углеводороды.

В качестве основы разработанных смазок использованы погоны вакуумной дистилляции масляных фракций, которые наряду с выполнением основной функции за счет входящих в их состав гетероорганических соединений обеспечивают высокие защитные свойства смазок.

Загустителем смазок является синергетическая композиция гача с остатком крекинга, содержащим значительное количество естественных маслорастворимых ПАВ, положительно влияющих на адгезионные, низкотемпературные и пластичные свойства загустителя.

Требуемый уровень эксплуатационных характеристик смазок обеспечивается введением в их состав оптимальных композиций вязкостных, тугоплавких и защитных присадок, при этом в качестве последней использован побочный продукт масложирового производства.

Выполненные исследования позволили разработать на основе побочных, промежуточных и остаточных продуктов масляного производства ОАО «Нафтан» и масложировых предприятий канатные смазки КС-Ун и КС-Унм, которые находятся на уровне лучших зарубежных аналогов и экспортируются ОАО «Завод горного воска» на сталеканатные заводы России и Украины.

THE RESOURCE-SAVING «KNOW-HOW» OF ROPE GREASING

***Abstract:** On the basis of accessible domestic raw materials the resource-saving «know-how» of the rope greasing which are at level of the best foreign analogues is developed.*

Н.Г.Черкасова¹, А.И.Буря¹, А.И.Свириденко²

¹Днепропетровский государственный аграрный университет, Украина,
e-mail: ol.burya@gmail.com

²ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь

РЕАКТОПЛАСТЫ, ХАОТИЧНО АРМИРОВАННЫЕ ХИМИЧЕСКИМИ ВОЛОКНАМИ

Во всех промышленно-развитых странах мира быстрыми темпами растет производство полимеров и композитов на их основе, что обусловле-

но уникальным комплексом свойств этих материалов и возможностью их регулирования в широком диапазоне в зависимости от функционального назначения и условий эксплуатации. Использование полимерных композиционных материалов в конструкциях машин и механизмов позволяет уменьшить массу, повысить ресурс эксплуатации, надежность и долговечность, снизить материалоемкость изделий, заменить дефицитные металлы и сплавы.

В докладе приводятся сведения о разработке, исследовании свойств и закономерностях формирования композитов на основе термореактивных связующих (эпоксидных, фенолоформальдегидных), хаотично армированных волокнистыми материалами (углеродными, арамидными, полиоксадиазольными). Установлены оптимальный состав, геометрические параметры дискретного волокнистого наполнителя, обеспечивающие максимальную степень упрочнения термореактивной матрицы при хаотичной схеме армирования, однородность материала. Определены параметры технологических стадий получения и переработки органо- и углепрепегов, обеспечивающие высокую технологичность материала, энергоемкость процесса формования изделий, что важно при серийном производстве.

Обсуждается влияние содержания и прочностных свойств армирующих волокон на комплекс эксплуатационных характеристик композитов (физико-механических, триботехнических, теплофизических). Показана высокая устойчивость разработанных пластиков к широкому спектру агрессивных сред. Это позволило установить области применения разработанных композитов как химически стойких, высокопрочных, износостойких материалов, работающих при повышенных температурах, в условиях сухого трения и в присутствии смазки.

В заключение приведены примеры успешного применения полимерных композитов в оборудовании металлургических и химических заводов, машиностроении, сельхозтехнике, городском и железнодорожном транспорте.

RANDOMLY REINFORCED BY CHEMICAL FIBERS REACTOPLASTS

***Abstract:** Principal regularities of formation of the randomly reinforced reactoplasts's properties have been installed. Technological parameters of manufacture and processing of the organo- and carbonprepregs have been optimized. Polymeric composites with high operating characteristics, wear- and chemo firmness have been obtained.*

Г.А.Жогло¹, С.И.Микулич¹, А.Л.Наркевич²

¹ГНУ «НИЦПР НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by
²УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
 e-mail: mmik.bstu@gmail.com

ФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Фрикционные покрытия – покрытия износостойкими, антикоррозийными материалами с высоким коэффициентом трения. Покрытия применяются на несущих валах механизмов, металлических деталях конвейеров, полов и т.п. изделиях.

Оценку фрикционных параметров полимерных покрытий проводили протягиванием при разных тянущих усилиях волокнистых материалов (стекловолокно, стеклоткань, полиамид) по модельным металлическим поверхностям цилиндрической формы, покрытым предварительно различными фрикционными материалами, в т.ч. содержащими нанодобавки.

В таблице представлены результаты исследований.

Сила трения Т (кгс) при разных нагрузках Р.

Состав \ Р, кгс	1	2	3	5
Поверхность – резина				
Стекловолокно	2,4	5,2	6,0	8,4
Стеклоткань	3,4	5,9	6,8	-
Полиамид	3,3	5,5	8,2	-
Поверхность – полиуретановый эластомер				
Стеклоткань	3,3	4,5	7,7	-
Полиамид	2,9	5,5	7,0	9,7
Поверхность – сэвилен				
Стеклоткань	3,2	4,5	5,6	9,1
Полиамид	4,0	6,9	9,0	-

Анализ полученных результатов показывает, что силы трения в зоне фрикционного контакта во всех случаях достигают высоких значений. Коэффициент трения составляет в зависимости от нагрузки 1,0–2,0 условных единиц.

FRICIONAL COVERINGS OF METAL SURFACES

***Abstract:** Friction properties of polymeric coverings of metal surfaces are investigated. The pilot batch is made.*

**М.И.Игнатовский, А.И.Свириденко, В.А.Максимович,
Л.И.Шашура**

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

КОРРИГИРУЮЩИЕ И СПОРТИВНЫЕ СТЕЛКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассматриваются вопросы конструирования и изготовления двух типов стелек:

- корригирующих, т.е. обеспечивающих биомеханическое исправление приобретенной плоско-вальгусной деформации (плоскостопия) детских стоп. В таких стельках нуждаются 40 % детей в возрасте от 7 до 15 лет.
- спортивных, обладающих рессорными функциями. Использование упругодемпфирующих стелек позволяет заметно увеличивать высоту прыжков волейболистов, результативность метательных движений, снижать усталость ног бегунов и т.д.

Исходными данными для проектирования конструкций стелек являются результаты экспериментального биометрического и биомеханического (оптоплантографического и педобарометрического) исследования стоп: распределения давления в различных положениях статического и динамического контакта подошвы на опорную поверхность. Эти данные являются основой для расчетного определения основных конструктивных размеров стелек и выбора технологии их производства. Наибольшей эффективностью обладают стельки индивидуального изготовления, учитывающие все биомеханические особенности стопы конкретного человека.

Оригинальная технология изготовления корригирующих и спортивных стелек разработана в ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси». Отличительной чертой этой технологии является высокая точность воспроизводства натурального свода, сокращение операций и стоимости стелек, которая в западных странах может колебаться от 300 до 1 500 у.е.

CORRECTING AND SPORTS INNER SOLES FABRICATED OF COMPOSITE MATERIALS

Abstract: New composite inner soles Technology is discussed.

**Е.О.Осипова, Л.Ф.Шломина, Н.И.Позняк,
Л.В.Дихтиевская, В.В.Шевчук**

ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: dixti@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ СОЛЕЙ ВЫСШИХ АЛИФАТИЧЕСКИХ АМИНОВ ПРИ ФЛОТАЦИИ КАЛИЙНЫХ РУД

В качестве собирателя хлористого калия при флотационном обогащении калийных руд используются катионоактивные поверхностно-активные вещества – соляно- и уксуснокислые соли высших алифатических аминов. Водные растворы этих солей представляют собой высокоструктурированные системы, характеризующиеся наличием сложных мицеллярных агрегатов. Интенсивное мицеллообразование и высаливание солей аминов, усиливающееся в концентрированных растворах неорганических электролитов, служащих жидкой фазой при флотационном обогащении калийных руд, снижает эффективность действия реагента-собирателя и повышает его расход.

Установлено, что использование аминов в виде смесей гомологов различной длины цепи, введение полярных солюбилизаторов (алифатических кислот и спиртов с длиной углеводородной цепи C_4-C_8), повышение температуры и снижение концентрации растворов собирателя обеспечивают высокую дисперсность, устойчивость к высаливающему действию неорганических электролитов и равномерность распределения собирателя в жидкой фазе, что способствует его контакту с большим количеством флотируемых частиц. В результате возрастает адсорбционная и флотационная активность аминов, сокращается их удельный расход и повышается извлечение хлорида калия в концентрат при флотационном обогащении сильвинитовых руд.

Исследования флотационного обогащения сильвинитовых руд Старобинского месторождения с использованием в качестве собирателя хлорида калия композиции на основе солянокислой соли технического амина марки Флотигам, представленного смесью аминов различной длины цепи, и пенообразователя – соснового масла, состоящего в основном из спиртов – терпинеолов, показали, что при введении в раствор соли амина соснового масла в количестве 5 г/т руды извлекается 83,7 % KCl в концентрат, против 79,9 % – в его отсутствие, а при 20 г/т извлечение повышается до 88,3 %. Таким образом, сосновое масло, используемое как пенообразователь в составе комплексного собирателя, при оптимальных его расходах обеспечивает повышение извлечения хлорида калия в концентрат на 4-8 %.

INTENSIFICATION OF COLLECTING ACTION OF HIGHER ALIPHATIC AMINE SALTS IN FLOTATION OF POTASH ORES

Abstract: *It was shown that using amines in the form of homologues mixtures, polar solubilisates, increasing of temperature and reducing of concentration of the collector solution increase the dispersion, reduce aggregation and salting of amines in solutions of inorganic electrolytes, extend the temperature range of surfactants activity. As a result, the adsorption and flotation activity of amines increase, their flowrate reduces and the extraction of potassium chloride increases during flotation of ores.*

А.С.Панасюгин, Н.В.Чайкина, И.Л.Зыкович, С.П.Задруцкий, А.В.Розум, А.П.Бежок

УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: bensonall@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ТЕХНОЛОГИЮ РАФИНИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ КАРБОНАТОМ КАЛЬЦИЯ

Использование вторичных алюминиевых сплавов в цветнолитейных цехах при отсутствии высокоэффективных очистных сооружений повышает актуальность создания экологически безвредного рафинирующего материала.

Термодинамическое моделирование вероятных химических и фазовых превращений в системе CaCO_3 -Al-Si при различных температурах и давлениях с использованием программного комплекса HSC CHEMISTRY выявило возможность применения карбоната кальция в качестве рафинирующей добавки для сплавов на основе алюминия. Изучение кинетических закономерностей процессов, протекающих в системе CaCO_3 -Al-Si, и адаптация их для реальных производственных условий позволили установить оптимальную степень дисперсности карбоната кальция как рафинирующего материала, которая составила 40 мкм.

Экспериментальным путем установлено, что превышение расхода CaCO_3 свыше 0.05 % от массы расплава нецелесообразно, так как не вызывает дальнейшего прироста плотности сплава.

Изучение сравнительной эффективности карбоната кальция и широко используемых в настоящее время аналогичных рафинирующих препаратов: «Дегазер» (Россия), «Degasal T-200» (Германия), «ТПФ-1» (Республика Беларусь), «Таблетка дегазирующая» (Республика Беларусь) выявило возможность использования CaCO_3 в качестве высокоэффективного рафинирующего реагента для очистки расплавов на основе алюминия от газов и неметаллических включений. Анализ веществ, выделяющихся в процессе обработки расплава изучаемыми материалами, свидетельствует

об экологической безопасности рафинирования расплава алюминия с использованием карбоната кальция.

Таким образом, карбонат кальция является высокоэффективной, недорогой, экологически безвредной рафинирующей добавкой для обработки расплавов на основе алюминия.

THE MODERN VIEW ON TECHNOLOGY OF REFINEMENT OF ALUMINIUM WITH THE CALCIUM CARBONATE

Abstract: The calcium carbonate is an effective, ecologically harmless, cheap material for refinement Al – alloys.

**Е.М.Дятлова¹, К.Б.Подболотов¹, Е.С.Какошко²,
И.И.Быченко³, П.С.Прижитомский⁴**

¹УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

²УО «Белорусский государственный экономический университет», Беларусь

³НИИ ПБ и ЧС МЧС РБ, Беларусь

⁴ОАО «Керамика», Беларусь

КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ С ПОВЫШЕННЫМИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДЛЯ КЛАДКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЕЧЕЙ

В настоящее время в Республике Беларусь для сооружения топочных устройств в бытовом и агропромышленном комплексе используется строительный керамический кирпич на основе местных глин с различными добавками. Однако он не в полной мере обеспечивает комплекс свойств, требуемых для печной кладки: термостойкости, теплопроводности, механической прочности и др.

Целью настоящей работы являлась разработка составов и технология получения керамического кирпича повышенной термостойкости для сооружения низкотемпературных теплогенерирующих установок (печей, каминов и др.).

Для исследования использовались керамические массы, включающие сочетание тугоплавкой глины месторождения «Городное» и каолина месторождения «Ситница» с легкоплавкой глиной месторождения «Осетки». Для отощения использовался алюмосиликатный шамот. Содержание глинистой составляющей – 75–80 %, шамота – 25–30 %. Зерновой состав шамота: мелкая фракция (до 0,5 мм) – 30 % и крупная фракция (1–3мм) – 70 %. Установлены оптимальные составы и технологические параметры получения термостойкого керамического кирпича. В производственных условиях

изготовлена опытная партия и определены физико-химические свойства керамического кирпича в аккредитованной лаборатории, которые имеют следующие значения: предел прочности при сжатии 25–30 МПа; водопоглощение – 13–15 %; плотность – 1850–1900 кг/м³; коэффициент линейного расширения – $(5,2–5,6) \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$; коэффициент теплопроводности – 0,76 Вт/м·К; термическая стойкость (800 °С – вода) – 15 теплосмен.

Проведены испытания модельной кладки, выполненной из разработанных термостойкого кирпича и мертеля, которые показали, кладка из данных материалов имеет значительно более высокую термостойкость (40 теплосмен 800 °С – 20 °С на воздухе, против 15 теплосмен у строительного кирпича и песчано-глинистого мертеля).

Разработанные составы масс и технологические параметры получения термостойкого керамического кирпича с повышенными эксплуатационными характеристиками, предназначенного для кладки и ремонта низкотемпературных печей различного назначения, рекомендованы для организации производства на предприятиях Республики Беларусь.

CERAMIC BRICK WITH HEIGHTENED THERMOMECHANICAL PERFORMANCES FOR THE LAYING OF THE LOW-TEMPERATURE STOVES

Abstract: Examinations on deriving of a ceramic brick of heightened thermal stability for a building of the low-temperature furnace installations (stoves, mantelpieces, etc.) are in-process introduced.

Е.М.Дятлова², С.Е.Баранцева², О.А.Сергиевич¹, Е.Л.Гук¹

¹ГП «Институт НИИСМ», Беларусь, e-mail: keramika@niisn.by

²УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь, e-mail: keramika@unibel.bstu.by

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СВОЙСТВА КАОЛИНОВОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Месторождение первичных каолинов «Ситница» с общими запасами в количестве 2,53 млн.т., входящее в состав вскрышных пород месторождения строительного камня, расположено в Лунинецком районе Брестской области. Месторождение «Дедовка» разведано в Житковичском районе Гомельской области, где запасы каолинового сырья составляют: первичный каолин – 7,02 млн.т, вторичный – 1,23 млн.т. Выход полезного продукта после обогащения каолинов обоих месторождений составил 30,5–31,3 %.

Макроскопически первичные каолины «Ситница» представляют собой глинистую породу серого цвета жирную на ощупь, слабо хлоритизированную

с крупными включениями обломков полевошпатово-кварцевого состава, чешуйками биотита, зёрнами кварца и полевого шпата; «Дедовка» – порода желтовато-серой окраски с механическими примесями глауконито-кварцевого песка, мусковита, полевого шпата и обломками кристаллических пород.

Изучение пофракционного фазового и химического составов каолинов обоих месторождений показало, что примесные минералы (кварц, микроклин) содержатся в фракциях >1 мм и $1-0,063$ мм, причем максимальное содержание свободного кварца в каолине «Ситница» приходится на фракцию $1-0,1$ мм, в то время, как в «Дедовке» это характерно для частиц с размерами >1 мм. С уменьшением размеров частиц количество кварца снижается, причем более интенсивно для каолина «Дедовка»; в частицах с размерами менее $0,005$ мм в обоих каолинах примесные минералы отсутствуют и фазовый состав этих частиц представлен практически полностью глинообразующими минералами – каолинитом и гидрослюдами, а химический характеризуется максимальным содержанием Al_2O_3 . С уменьшением размера частиц повышается общее содержание Fe_2O_3 , причем в каолине «Дедовка» его почти в 4 раза меньше, чем в каолине «Ситница».

Предварительные исследования показали возможность использования природных каолинов для получения стеновых керамических материалов с повышенной термостойкостью, керамических плиток, алюмосиликатных полукислых огнеупоров. Для производства фаянса, фарфора и более качественных огнеупорных изделий необходимо повышение кондиционности каолинов с применением различных методов обогащения.

STRUCTURAL FEATURES AND PROPERTIES OF KAOLIN RAW MATERIALS REPUBLIC OF BELARUS

Abstract: The major features, structural features and properties of kaolin deposits of «Sitnica» and «Dedovka» of the Republic of Belarus are presented.

О.А.Сергиевич¹, А.В.Гибкин¹, С.В.Почуйко²

¹ГП «Институт НИИСМ», Беларусь, e-mail: keramika@niisn.by

²УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь, e-mail: keramika@unibel.bstu.by

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОСТОЙКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАОЛИНОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СИТНИЦА» РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Строительный кирпич для кладки промышленных и бытовых печей на основе местного глинистого сырья с различными добавками не обес-

печивает комплекса требуемых свойств: термостойкости, теплопроводности, теплоемкости, механической прочности и др. В результате срок безопасной службы таких печей чаще не превышает 3 лет. Поэтому целью настоящего исследования являлась разработка составов и технологии получения термостойкого кирпича, причем особое внимание уделялось использованию недефицитного отечественного минерального сырья.

В качестве сырьевых материалов для подготовки масс были использованы легкоплавкая глина месторождения «Осетки», природный каолин «Ситница», шамот алюмосиликатный, а также дегидратированная при 800 °С глина «Осетки». Более высокое содержание Al_2O_3 в каолине «Ситница» по сравнению с легкоплавкими и тугоплавкими является предпосылкой повышения термомеханических характеристик синтезируемых материалов за счет образования высокопрочного муллита.

В результате проведенных исследований определено влияние отощающих компонентов на свойства опытных образцов и установлено, что их лучшие показатели достигнуты при использовании алюмосиликатного огнеупорного шамота (лома огнеупорных изделий). Подобран и оптимизирован размер и соотношение крупной и мелкой фракций шамота. При этом механическая прочность при сжатии разработанных материалов составила 29-32 МПа, водопоглощение 8-12 %, открытая пористость 18-23 %, температурный коэффициент линейного расширения (5,2-6,5) $10^{-6} K^{-1}$, теплопроводность 0,54 Вт/м·К, термостойкость (нагрев 800 °С – охлаждение водой) – более 30 циклов.

Таким образом, применение керамического кирпича с повышенной термостойкостью из разработанных керамических масс путем комплексного использования глинистого сырья месторождений Республики Беларусь и подбором фракционного состава отощителя для кладки печей бытового назначения, каминов и др. позволит увеличить срок их службы, повысить их надежность и безопасность эксплуатации.

OBTAINING CERAMIC MATERIALS OF HIGH THERMAL STABILITY WITH USING OF KAOLIN DEPOSITS «SITNICA» OF THE REPUBLIC OF BELARUS

***Abstract:** By using the kaolin raw materials deposits of «Sitnica» was received a ceramic brick with high thermomechanical properties, which can be used for masonry stoves for industrial use.*

И.М.Терещенко¹, Р.В.Петухова², А.П.Кравчук¹, Е.В.Волков¹
¹УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by
²ОАО «Гомельстекло», Беларусь, e-mail: rpetuhova@tut.by

РОЛЬ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

В промышленном листовом стекле содержание оксидов железа, обусловленное наличием примесей в составе используемых природных сырьевых материалов, сравнительно невелико – до 0,12 мас. %, тем не менее, их наличие играет заметную роль при производстве изделий. Это относится, в первую очередь, к процессам варки и механизированного формования изделий, а также к эксплуатационным характеристикам стекол. Установлено, что стабильность технологических процессов, качество получаемого стекла, выход годной продукции, в значительной мере, обусловлены состоянием равновесия $Fe^{2+} \leftarrow Fe^{3+}$, которое может колебаться в широких пределах.

В этой связи, оптимизация соотношения FeO/Fe_2O_3 в стекле является существенным фактором снижения расхода материальных и энергетических ресурсов при производстве стеклоизделий.

В настоящей работе приведено исследование превращений и равновесия оксидов железа при варке стекол в ванной печи в условиях ОАО «Гомельстекло». Показано, что величина окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) стекломассы стабилизируется уже на стадии появления расплава. При этом практически фиксируется достигнутый уровень восстановления оксида железа, и дальнейшее изменение степени восстановления требует длительного времени. Кроме того, в стекловаренной печи наблюдается неравномерное распределение оксидов железа по глубине стекломассы. Одновременно с повышением общего содержания оксидов железа в придонном слое в нем возрастает и соотношение FeO/Fe_2O_3 .

В результате проведенных исследований установлено, что влияние характера газовой среды на превращения оксидов железа в основном сказывается на стадии нагрева шихты. Низкие скорости диффузионных процессов в расплавах приводят к тому, что в стекловаренной печи, где стекломасса вовлечена в производственный и конвективный потоки, соотношение оксидов железа не соответствует равновесным условиям.

Решающее влияние на процесс стекловарения, формования и, соответственно, технико-экономические показатели работы печей, имеет содержание ионов Fe^{2+} , сильно влияющих на теплопрозрачность стекломассы, вследствие поглощения при длине волны 1050 нм.

ROLE OF IRON OXIDES IN THE PRODUCTION OF SHEET GLASS

***Abstract:** in this work presents results of the study of equilibrium of iron oxides in glass melting in the furnace OJS «Gomelsteklo». Determining on the transformation of iron oxides has influence the character of the gaseous surroundings in the heating stage of the charge and the appearance of the melt, the equilibrium ratio of iron oxides is not reached, in view the low rate of diffusion processes in the melt. Observe uneven distribution iron oxide on the depth of the glass.*

И.М.Терещенко, А.П.Кравчук, Д.А.Омельянович

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: keramika@bstu.unibel.by

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ХРУСТАЛЬНЫХ СТЕКОЛ СМЕШАННОГО ТИПА

Внедрение в промышленность составов бессвинцового хрусталя обеспечивает значительный экономический (за счет применения более дешевых сырьевых материалов), а также экологический (за счет выведения из состава шихты свинцового сурика, относящегося к веществам 1-го класса опасности) эффекты.

В настоящей работе были проведены исследования с целью получения бессвинцовых сортовых стекол, эквивалентных по своим характеристикам хрусталю с содержанием PbO 24 мас. % (показатель преломления не менее 1,545, показатель средней дисперсии – 0,01).

При проектировании составов подобных стекол был учтен предыдущий опыт в области синтеза многокальциевых сортовых стекол. На наш взгляд, роль CaO в составах хрустальных стекол недооценена. Данный оксид способствует повышению показателя преломления и средней дисперсии стекол, является эффективным плавнем, вводится дешевым и экологически чистым сырьем. В настоящее время на рынке сырья имеется так называемый химически осажденный мел, являющийся побочным продуктом некоторых химических производств, например капролактама. Его чистота, а также низкая стоимость обеспечивает целесообразность его применения в производстве сортовых изделий.

Весьма полезными оксидами в производстве сортовых стекол, снижающими кристаллизационную способность, улучшающими их выработочные, оптические свойства, являются BaO и ZnO. В этой связи, BaO и ZnO использовались наряду с CaO для обеспечения требуемого уровня свойств стекол.

В результате проведенных исследований получены бессвинцовые стекла, которые по своим декоративно-эстетическим характеристикам приближаются к свинцовому хрусталю содержащему 24 мас. % PbO. Оп-

тимальный состав стекла характеризуется следующими показателями: микротвердость – 4110 МПа; светопропускание – 92,3 %; показатель преломления – 1,5544; средняя дисперсия – 0,0095; температурный коэффициент линейного расширения – $103,2 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$; химическая устойчивость – III гидролитический класс.

DEVELOPMENT OF STRUCTURE CRYSTAL GLASSES MIXED TYPE

***Abstract:** in this work, introduce result the development of crystal glass compositions of mixed type, not surrender in their properties of lead crystal-glass. Their use will provide significant economic and environmental effect that can be achieved by replacing in glass composition PbO on oxides CaO and BaO.*

**Г.Е.Рачковская¹, К.В.Юмашев², Г.Б.Захаревич¹,
Е.Е.Трусова¹, Н.А.Скобцов²**

¹УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: rach_halina@mail.ru

²УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: kumashev@bntu.by

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ И АБСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ЭРБИЯ

В настоящее время активно ведутся исследования в области разработки и изучения материалов, активированных ионами редкоземельных элементов (эрбия, иттербия, тулия и др.), которые обладают интенсивной ап-конверсионной люминесценцией. Данные среды перспективны для реализации различных оптикоэлектронных и лазерных устройств, в частности, ап-конверсионных преобразователей ИК-лазерного излучения в видимую область спектра, цветных дисплеев, люминофоров, температурных сенсоров, а также флуоресцентных меток в биомедицинской диагностике, в телекоммуникации и т.д. Наибольший интерес представляет ап-конверсионно люминесцирующая наностеклокерамика, полученная на основе стекол, прошедших термическую обработку, в результате которой формируется кристаллическая фаза нанометрового диапазона, обеспечивая оптическую прозрачность материала.

В данном сообщении представлены результаты исследования легкоплавких стекол, синтезированных в системе $\text{PbO} - \text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{V}_2\text{O}_5 - \text{GeO}_2$ и используемых в качестве стеклянной матрицы для введения ионов эрбия. Выбор стеклообразующей системы обусловлен низкой температурой синтеза стекол и возможностью разработки энергосберегающей тех-

нологии получения наноструктурированных материалов, активированных ионами редкоземельных элементов. Синтез стекла осуществлялся при температуре 900 – 950 °С в электрической печи с выдержкой при максимальной температуре в течение 30 минут. Скорость подъема температуры в печи поддерживалась 300 °С в час. Концентрация ионов эрбия (Er^{3+}) в составе стекла составляла 0.5 мол. %. Для получения наноструктурированной стеклокерамики стеклянная матрица, активированная ионами Er^{3+} подвергалась термической обработке при температуре стеклования ($T_g - 300$ °С). В спектрах оптического поглощения, измеренных в спектральном диапазоне 0,5–2,0 мкм, для образцов стекол до и после термической обработки, наблюдаются полосы поглощения в области длин волн 1,5 мкм, 0,975 мкм, 0,8 мкм, 0,65 мкм, 0,543 мкм и 0,52 мкм, которые относятся к переходам из основного $^4\text{I}_{15/2}$ на возбужденные состояния соответственно $^4\text{I}_{13/2}$, $^4\text{I}_{11/2}$, $^4\text{I}_{9/2}$, $^4\text{F}_{9/2}$, $^4\text{S}_{3/2}$ и $^2\text{H}_{11/2}$ иона Er^{3+} . Наличие данных полос подтверждает присутствие в матрице стекла ионов Er^{3+} .

LOW-TEMPERATURE SYNTHESIS AND ABSORPTIVE PROPERTIES OF ERBIUM IONS DOPED GLASSES

Abstract: *Low-melting glasses of $\text{PbO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-GeO}_2$ system containing erbium oxide have been synthesized. It has been shown that absorption of these glasses are determined by the trivalent erbium ions.*

М. Derlatka¹, М.И.Игнатовский²

¹Белостокский технический университет, Польша, e-mail: mder@pb.edu.pl

²ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: mii_by@mail.ru

ОБ ИЗМЕРЕНИИ СИЛЫ РЕАКЦИИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К БИОМЕХАНИКЕ СТОПЫ ЧЕЛОВЕКА

Динамометрическая платформа фирмы Kistler позволяет измерять силу реакции опорной поверхности в трех ортогональных направлениях во время ходьбы человека. Результаты измерения представляются в виде графика с тремя линиями – функциями от времени составляющих реакций опорной поверхности: поперечной или медиально-латеральной (F_y), вертикальной (F_z) и продольной или передне-задней (F_x). По оси абсцисс откладывается время ходьбы, ординат – соотношение сил реакции (F) к весу пациента ($m \cdot g$). Точка «0» совпадает началом опорной фазы шага.

При помощи динамометрической платформы были выполнены биомеханические обследования двух групп подростков. В первой группе были

собраны подростки без выявленной патологии стоп, во второй группе – подростки, которым был поставлен диагноз плоско-вальгусная деформация стопы.

Обследование первой группы показало, что максимум для F_y соответствует моментам: перенос тяжести всего тела на измеряемую стопу (первый максимум – максимум фазы нагрузки); нагрузка плюсны (пятка оторвана от опоры) перед отрывом пальцев от опоры (второй максимум – максимум пропульсии). Значения F_y в точках максимума составляет около 120 % веса тела. В середине опорной фазы вся активная поверхность подошвы стопы соприкасается с опорной поверхностью – это период разгрузки (минимум разгрузочной фазы).

F_x имеет две фазы. В первой, ее значение отрицательно. В целом направление действия F_x соответствует направлению ходьбы. Минимум фазы торможения чаще достигается перед наступлением максимума разгрузочной фазы для F_y . Во второй фазе значения F_x становятся положительными. В это же время начинается процесс ускорения, который заканчивается в момент отталкивания пальцами от опорной поверхности. Максимум фазы ускорения наступает в начальной фазе отталкивания пальцами от опорной поверхности, что происходит сразу же после достижения максимума пропульсии для F_y . Значение $F_x = 0$ достигается в момент смены стоп, что часто соответствует моменту появления минимума фазы разгрузки для F_y . Максимальные значения F_x достигают величины порядка 20 % веса тела.

Значение F_z сильно зависит от функции исследуемой стопы. Принимая во внимание, что ходьба осуществляется в направлении, определенном F_x , значения F_z будут положительными для левой стопы и отрицательными для правой стопы. Исключения составляют моменты начального контакта и отрыва пальцев от опорной поверхности, когда стопа слегка супинирована. Значения F_z зависят от способа постановки стоп пациента. Значения F_z должны увеличиваться как в случае пронации, так и при отведении стопы. Экстремальные значения для F_z имеют те же названия, что и в случае F_y : максимум фазы нагрузки (минимум фазы разгрузки), максимум фазы пропульсии. Значения F_z составляют около 10 % веса тела.

На основании выполненных исследований второй группы показано, что при одинаковой средней скорости ходьбы, максимальные значения F_y снижаются до величины 110 % веса тела. Анализ F_z показал уменьшение свободы перемещения стопы в боковой плоскости.

ABOUT A MEASURING OF FOOTPLATE'S REACTION FORCES, WITH A REFERENCE TO A HUMAN FOOT'S BIOMECHANICS

Abstract: Subject of investigation: the method of biomechanical investigation of a human walk used of dynamometrical platform. The reaction forces function of a footplate response by a human walk are discoursed.

**G.Shulga¹, S.Skudra¹, V.Shakels¹, B.Neiberte¹, A.Verovkins¹,
V.Shapovalov², A.Valenkov²**

¹Latvian State Institute of Wood Chemistry, Latvia, e-mail: shulga@junik.lv

²Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems, NAS of Belarus, Belarus,
e-mail: v.shapovalov@tut.by

USAGE OF MODIFIED KRAFT LIGNIN IN COMPOSITE MATERIALS

Lignocellulosic fillers for thermoplastic composites are applied increasingly for wide-scale application in building, internal finishes, outdoor products, household objects, etc. The use of lignocellulosic materials – wastes of wood mechanical and chemical processing as a filler in composite materials is evidently beneficial in terms of good mechanical properties with a low specific weight of obtained composites, as well as keeping in mind economic and environment aspects. Due to the bad thermodynamic compatibility between a polyolefin matrix and lignocellulose, application of compatibilisers in the composite is needed. These additives are capable of reacting with both the filler and polymer matrix surface, essentially improving the properties of composites.

Chitosan is the *2-amino-2-deoxy* derivative of cellulose. Our interest in chitosan was stimulated both its biodegradability, biocompatibility, availability and low cost as well as its polyelectrolyte nature, which allows chitosan to modify kraft lignin with the formation of lignin/polyamine interpolyelectrolyte complexes (IPC). In this work, the modified kraft lignin was obtained and used a compatibiliser in the secondary polypropylene-based composite filling with lignocellulose.

Chitosan with DD 85 % was supplied by Fluka (Sigma-Aldrich, Japan). Modified lignocellulosic wastes such as alder wood sawdust and alder bark, birch wood flour as well as modified hydrolysis lignin (HL) were used as a filler to obtain the wood-polymer composites. The modification of alder wood sawdust and bark was carried out by the treatment with diethylepoxypyrrolamine. Hydrolysis lignin was activated also with concentrated alkali and mineral acids. Birch wood flour was applied without any modification. Recycled polypropylene (PP) was used as a thermoplastic matrix. The mixtures from PP, the lignocellulosic filler and IPC were obtained by extrusion, and the samples for testing were made by casting under a pressure. The content of PP in the developed composites was varied from 35 to 50 wt %.

The peculiarities of the polymer structure of the chitosan/lignin PEC, having in its composition both fully hydrophobic and hydrophilic domains, favours its good compatibility with both the polymeric matrix and the modified wood fillers, including modified hydrolysis lignin. This promotes decreasing

the phase-to-phase tension and increasing the structuring processes at the filler-polymer interface that ensures the homogeneity of the composite structure. The improved compatibility between PP and the filler is reflected in an increase in the values of elongation at break, tangential modulus and impact strength of the composites relative to the same parameters of the composites, which do not contain the interfacial tension regulator. The structure of the surface of the composite material obtained with the PEC was characterised by a high degree of consolidation of the filler particles.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАФТ ЛИГНИНА В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

***Резюме:** В данной работе представлены результаты исследования композиционных материалов, в которых водонерастворимый полимерный комплекс крафт лигнин–хитозан использован как инградцент, позволяющий улучшить совместимость между полимерной матрицей вторичного полипропилена и модифицированной лигноцеллюлозой, являющейся многотоннажным отходом переработки древесины.*

***Abstract:** The research leading to these results has received funding from the Belarus-Latvian bilateral scientific project (2007-2009 yrs).*

G.Shulga¹, V.Shakels¹, T.Betkers¹, V.Shapovalov², E.Lapshyna²

¹Latvian State Institute of Wood Chemistry, Latvia, e-mail: shulga@junik.lv

²Institute of Mechanics of Metal-Polymer Systems, NAS of Belarus, Belarus,
e-mail: v.shapovalov@tut.by

MODIFIED BY-PRODUCT OF PULP AND PAPER MILLS FOR PROTECTION OF UNPAVED ROADS

To prevent the erosion of unpaved roads, to prolong their maintenance and to diminish the negative impact on the environment, control of soil losses is required. The use of the principles of structural mechanics makes it possible to improve the physico-mechanical properties of the soil surface, to protect it against erosion, to reinforce the ground and to prevent soil blowing off. One of the rational solutions based on the structural mechanics approaches for soil properties regulation is the application of dust suppressants affecting the inter-particle interactions in soil. The use of dust suppressants has big benefits, because it allows an effective control of the dust amount at a relatively low cost. One of the most popular and widespread dust suppressants are the lignin-based chemicals such as DUSTEX, DUSTAC, CALBINDER, POLYBINDER, RB ULTRA PLUS, etc., which are of great scientific and practical interest. Since lignin is a natural wood

polymer, these suppressants are environmentally friendly and biodegradable products. During wood sulphite pulping at pulp and paper mills, lignin is sulphonated and obtained in the form of lignosulphonates (LS), which are a wide scale low cost commercial by-product.

The aim of the work was to study the effect of the developed lignin-based suppressant on the formation of upper glued soil layers and water and wind resistance of the obtained layers.

A water concentrate of sodium LS was used to create a lignin-based dust suppressant (LDS). It represented a LS-based polyelectrolyte complex, which was obtained in laboratory defined conditions, using the chemical modification of LS with an eco-friendly water-soluble polymer. The LDS batches represented homogenous concentrated liquids with a dark brown colour without a specific odour. Their values of dynamic viscosity, determined by Hoppler viscometry, varied from 45 to $14,5 \cdot 10^3$ mPa·s (maximal Newton viscosity), depending on the modifier content in the complex.

The values of the mechanical properties, water and wind resistance of the air-dried soil layers glued with the LDS water solutions with a concentration 5-20 mas. %, as well as the negligible changing these properties as a result of the action of the climatic conditions in a climatic chamber demonstrated the effectiveness of the developed polyelectrolyte complex as a dust suppressant. A climatic testing of the reinforced soil layers was performed in a climatic chamber «Binder» under the following conditions: 85 % moisture, 20 °C, day radiation – 4000 lx, UV radiation – 1.7 Wm^{-2} in a range of 320-400 nm, during 30 days. It was shown that the soil loss as a result of the wind and water action upon the soil glued surfaces depended on the solution concentration of the suppressant, its application rate and a mass ratio between LS and the modifier in the lignin-based polycomplex. After aging in the climatic chamber, the upper soil layers treated with the LDS solutions at the LS/polymer stoichiometric mass ratio were characterized by the best resistance to the action of wind and water surface erosion. At the same time, the soil surfaces glued only with the unmodified LS solutions were destroyed during the exposure in the climatic chamber.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОТХОДЫ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК СРЕДСТВО ДЛЯ ПРОТИВОПЫЛЕНИЯ НА ГРУНТОВЫХ ДОРОГАХ

***Резюме:** В работе представлены результаты по изучению атмосферостойкости, а также устойчивости к эрозионному действию воды и ветра верхних слоев грунта, обработанных новым полимерным составом, представляющим собой полимерный комплекс на основе технического лигнина – лигносульфонатов, являющегося многотоннажным и дешевым побочным продуктом сульфитного производства целлюлозы.*

Л.С.Гайда¹, Д.В.Гузатов¹, М.И.Игнатовский²

¹УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
Беларусь, e-mail: dm_guzatov@mail.ru

²ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: mii_by@mail.ru

КАСАТЕЛЬНО ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛАНТОГРАФИИ

Одним из методов инструментальной диагностики патологии стопы является оптическая плантография, основанная на измерении и последующем анализе геометрических параметров стопы. При выполнении плантографического измерения пациент стоит на поверхности толстой стеклянной пластины, торцы которой (обычно два противоположных) освещены протяженным источником света. Изображение поверхности стоп, находящаяся в контакте со стеклянной поверхностью, получают на противоположной поверхности пластины.

Хорошо известно, что диэлектрическая пластина является планарным волноводом, в котором возбуждаются так называемые волноводные моды, распространяющиеся вдоль поверхности волновода и ответственные за перенос излучения в пластине. Поле волноводной моды может быть представлено в виде суперпозиции двух плоских электромагнитных волн, испытывающих полное внутреннее отражение на границе диэлектрика с пустотой. Благодаря эффекту полного внутреннего отражения электромагнитная энергия сохраняется в пределах диэлектрика. Электромагнитное поле в окружающем диэлектрик пространстве возникает вследствие просачивания энергии при полном отражении в другую среду, причем просачивающееся поле затухает при удалении от плоскости раздела по экспоненциальному закону.

Если вблизи пластины расположена другая диэлектрическая среда, то эффект полного внутреннего отражения для волноводной моды нарушается. В образуемой между диэлектрическими средами щели достаточно малой ширины «хвост» затухающего поля волноводной моды проникает во вторую диэлектрическую среду. При этом наличие второй границы раздела приводит к появлению второй затухающей волны, распространяющейся уже в обратном направлении, к первой границе раздела и т.д. Эта бесконечная последовательность отражений порождает результирующее распределение поля, состоящее из двух затухающих волн в щели, отраженной волны в пластине и прошедшей волны во второй среде. Энергия электромагнитного поля в щели оказывается больше энергии поля вне пластины, находящейся в пустоте, что приводит к ослаблению волноводной моды в пластине вблизи диэлектрической среды и является причиной дополнительных потерь электромагнитной энергии модой.

В месте контакта стопы и стекла эффект полного внутреннего отражения нарушается как вследствие присутствия второй отражающей поверхности (стопы), так и вследствие прогиба стекла под действием веса человека, что приводит к увеличению электромагнитного поля, просачивающегося из пластины, и перераспределению мощности рабочей волноводной моды по модам более высокого порядка. В результате, в месте контакта возникает локальное электромагнитное поле, представляющее собой совокупность затухающих полей различных мод (белый свет), характеризующее большей интенсивностью (по сравнению с областью вне контакта) вследствие нарушения полного внутреннего отражения.

CONCERNING PHYSICAL PRINCIPLES OF OPTICAL PLANTOGRAPHY

Abstract: Subject of investigation: physical principles of optical plantography. The recommendations about formation of an image of human foot on a glass surface are discoursed.

**А.С.Панасюгин¹, С.В.Григорьев¹, Д.П.Михалап¹,
В.А.Ломоносов², Н.Д.Павловский³**

¹УО «Белорусский национальный технический университет», Беларусь,
e-mail: nilogaz@tut.by

²УО «Белорусский государственный университет», Беларусь

³УО «Гродненский государственный медицинский университет», Беларусь

КРИТЕРИИ ПРИГОДНОСТИ Cu- и Ni-СОДЕРЖАЩИХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ШЛАМОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИКАТОРОВ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

В Республике Беларусь имеется необходимость в повышении эксплуатационной надежности наиболее нагруженных машиностроительных деталей из железоуглеродистых сплавов. Основным методом решения поставленной задачи является легирование этих сплавов цветными металлами. Легирование никелем способствует образованию перлита в чугунах, повышает его прочность, коррозионную и кавитационную стойкость, износостойкость. Наличие меди тормозит процесс сфероидизации графита, повышает прочность и износостойкость. В целом комплексное легирование никелем и медью способствует повышению прочности и твердости отливки. Отходы гальванических процессов никелирования и меднения являются сильными ядами, оказывающими канцерогенное и мутагенное воздействие на человека, однако, представляют несомненный интерес как сравнительно дешевый и доступный источник этих металлов.

Авторами предложена методология оценки пригодности гальваношламов для дальнейшей переработки, которая заключается в следующем:

- проводится отбор проб методом квартования;
- проводится химический анализ с целью определения содержания компонентов;
- на основании полученных данных оценивается экономическая целесообразность дальнейшей переработки (содержание целевых компонентов – Cu и Ni, наличие соединений активно поглощающих влагу, связанные с этим затраты на переработку);
- при целесообразности дальнейших исследований проводится процедура определения влагопоглощения для материала, прокаленного при температурах 300, 500, 700, 900 °C;
- материалы, у которых влагопоглощение остается в пределах 1,5 %, направляются на дальнейшую переработку для получения модификаторов, например для чугунов;
- материалы с повышенным влагопоглощением подвергаются различным методам исследований (РФА, DTA-DTG-TG-DSC, элементному анализу, прямым сорбционным измерениям) с целью выявления причины повышенного влагопоглощения;
- предлагаются мероприятия по снижению влагопоглощения, и оценивается их эффективность;
- на основании полученных данных проводится окончательная оценка экономической целесообразности дальнейшей переработки.

CRITERIA OF USE Cu- AND Ni-CONTAINING GALVANIC SLUDGES FOR THE PRODUCTION OF MODIFIERS OF FERRICARBONIC ALLOUS

Abstract: Proposed approaches to Cu- and Ni-containing waste management in the alloying elements.

В.И.Скачков

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

ДЕМПФИРУЮЩИЕ ОРТЕЗЫ

Говоря о качестве обуви, отмечают ее комфортность. Под комфортностью обуви понимают ее способность обеспечивать нормальное состояние стопы и всего организма человека в течение всего срока эксплуатации при различных условиях, определяемых назначением обуви. Обеспечение необходимого уровня гигиеничности обуви – важная задача, так как

эксплуатация негигиеничной обуви ведет к возникновению и развитию гипергидроза, кожных, грибковых заболеваний, а также патологии стоп.

В литературе последних лет приводятся данные о том, что ежегодно около 75 миллионов человек в мире получают разного рода спортивные травмы, более 10 % из которых заканчиваются летальным исходом или приводят к инвалидности. Помимо спортсменов к группе риска по травмам, причиной которых являются сильные удары, относятся сотрудники МЧС, МВД, МО.

С целью минимизации последствий несчастных случаев используют специальные защитные средства: каски, защитную одежду, обувь и др. Основной функцией такой одежды и обуви является защита от последствий ударов, столкновений, падений с помощью встраиваемых в эту одежду элементов из различных материалов, а в обувь вкладываются специальные ортопедические стельки. По своей структуре ортопедические стельки содержат слой из различных материалов, способных поглощать энергию удара. Современная промышленность предлагает широкий спектр различных эластомерных и пористых материалов, отличающихся по своим физико-механическим свойствам в зависимости от предъявляемых требований.

По механизации биомеханического воздействия на стопу ортезы подразделяют на жесткие, полужесткие и мягкие.

По функциональным задачам ортопедического назначения стельки подразделяются на корригирующие и аккомодационные. Корригирующие ортопедические стельки предназначены обеспечивать исправление наследственных и приобретенных биомеханических нарушений основных параметров стоп. Однако, они эффективны в основном до 13-15-летнего возраста пациентов. Аккомодационные (адаптационные) ортопедические стельки используются при необходимости снижения пиковых нагрузок давления на определенных участках опорной поверхности, защиты от механических воздействий опасных зон стопы. Такие стельки используются для снижения болевых симптомов взрослых и пожилых людей, больных, страдающих диабетом и от ревматических осложнений.

Совместные оригинальные исследования по созданию новых биоматериалов и конструкций ортопедических изделий и биомеханической диагностике ходьбы человека ведут Гродненский государственный медицинский университет и Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси, на базе которого освоено производство ортопедических стелек.

DAMPING ORTHOSES

***Abstract:** To reduce the peak pressure in certain parts of the supporting surface of the stop, to protect against mechanical hazard zones of the foot and to minimize the consequences of accidents using special damping orthoses. Collaborative research in this area are the Research Center of resource and Grodno State Medical University.*

А. В. Кравцевич

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КЛЕИ-РАСПЛАВЫ

Термопластичные клеи-расплавы имеют значительное распространение в машиностроении, радиоэлектронике, электронике, мебельной и обувной промышленности, при производстве тары, а также быту. Основными достоинствами клеев-расплавов являются высокая адгезия к различным субстратам, малая продолжительность отверждения, отличная химостойкость, отсутствие вредных для здоровья паров органических растворителей и т.д. Однако долгое время применение клеев-расплавов, как правило, было возможно в условиях крупного производства, т.к. существовавшие технологии формирования клеевых соединений из термопластов требовали масштабного аппаратурного оформления.

Сравнительно недавно появилась и получила значительное распространение (в том числе и в Республике Беларусь) технология склеивания различных субстратов клеями-расплавами, основанная на использовании термоклеевых пистолетов и клеевых стержней, изготовленных из полимерных материалов и их композиций. Однако названные технологические устройства и клеевые материалы импортного производства имеют высокую стоимость. В связи с этим разработка клеевых композиций на основе отечественных термопластичных полимеров является весьма актуальной задачей.

Методом смешения в расплаве подготовлено несколько вариантов композиции СЭВ марок 11708-210 и «Миравитен», наполненные монтмориллонитом, органомодифицированным монтмориллонитом (0÷4 мас. %) и углеродным наноматериалом (0÷1 мас. %). Для оценки изменения адгезионных свойств расплавов наполненных полимеров к металлическим поверхностям подготовлены модельные образцы клеевых соединений. В качестве металлических поверхностей взяты полосы оцинкованной стали, которые в свою очередь склеиваются внахлестку расплавами подготовленных композиций. Изучено изменения адгезионных свойств к металлическим поверхностям расплава нанокompозита СЭВ по результатам разрушения клеевых соединений. Установлено наибольшее увеличение адгезионных характеристик в случае использования высокодисперсных наполнителей.

TERMOPLASTIC HOT-MELT ADHESIVE

***Abstract:** Elaboration of adhesive compositions based on thermoplastic polymers home is a very urgent problem. Studied the change adhesive properties of the composites melt ethylene-vinyl acetate modified by highly dispersed fillers to metal surfaces.*

А.В.Кравцевич, С.И.Микулич, Л.И.Шашура
ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

АНТИМИКРОБНАЯ МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ И НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Антимикробная модификация волокон позволяет создавать текстильные изделия, защищающие человека от воздействия болезнетворных бактерий и грибов. Кроме того, антимикробные свойства волокон защищают сам материал от разрушительного воздействия плесневых грибов и бактерий.

В данной работе для эффективного закрепления антимикробных препаратов предложен метод криогенного активирования поверхности природных и синтетических волокон. В качестве хладагента использовали жидкий азот.

Проведена оценка антимикробного эффекта природных и синтетических волокнистых материалов (льноволокно, сэвилен, полиамид), модифицированных антибактериальными и антигрибковыми препаратами. Оценка антимикробного эффекта модифицированных волокнистых материалов выполнена на основе общепринятых методик микробиологических исследований, заключающихся в посеве микрофлоры в питательную среду и последующем подсчете выросших колоний микроорганизмов. Результаты микробиологических исследований показали значительное снижение количества колоний микроорганизмов в областях питательной среды, в которых находятся модифицированные волокна. Отмечено сохранение антимикробного эффекта после трехкратных промываний в дистиллированной воде модифицированных волокон. Проявление устойчивого антимикробного эффекта волокнистых материалов заключается как в снижении числа прорастающих колоний микроорганизмов, так и в ингибировании интенсивности их развития.

С помощью ИК-спектроскопии установлено, что, закрепление антимикробных препаратов на поверхности волокон происходит благодаря их физическому взаимодействию и, как правило, отсутствует химическое.

Установлено, что в технологическом процессе изготовления изделий из природных и синтетических волокон их модификация биоцидными препаратами возможна на любых этапах, в т.ч. на более ранних, когда из волокон прядут и скручивают нить, окрашивают либо подвергают их нагреванию.

По результатам физико-механических испытаний нитей из природных и синтетических материалов установлено, что криообработка с последующей антимикробной модификацией не ухудшает прочностные характеристики материалов.

Таким образом, использование низких температур для активации поверхности волокон является перспективным направлением в создании многофункциональных материалов, в т.ч. обладающих антимикробными свойствами.

ANTIMICROBIAL MATERIAL MODIFICATION OF SYNTHETIC AND NATURAL FIBERS

***Abstract:** We propose a method for cryogenic surface activation of natural and synthetic fibers for efficient consolidation of antimicrobial agents. The manifestation of sustained antimicrobial effect of fibrous materials is how to reduce the number of germinating colonies of microorganisms and to inhibit the intensity of their development. According to the results of physical and mechanical testing of yarns from natural and synthetic materials found that cryogenic treatment and subsequent modification of the antibiotic does not affect the strength characteristics of materials.*

В.В. Комарь, Т.А. Походина, Н.В. Кулинич
ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: kvv@igic.bas-net.by

АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ КРАСОК

Одним из эффективных средств защиты металлов от коррозии является применение покрытий на основе порошковых лакокрасочных материалов. Среди порошковых терморезистивных ЛКМ лидирующее положение для получения атмосферостойких покрытий занимают полиэфирные краски.

В докладе приведены результаты исследования влияния модификаторов и смесей экологически чистых (не содержащих соединений хрома и свинца) антикоррозионных пигментов (АКП) на условия формирования, структуру и защитные свойства покрытий на основе порошковых полиэфирных красок. В результате исследования установлено, что применение в составе полиэфирной композиции хемосорбирующегося аминного модификатора улучшает условия пленкообразования за счет снижения вязкости расплава при формировании покрытий и приводит к формированию пространственной структуры полимера с большей частотой поперечных связей, что обеспечивает уменьшение скорости диффузии и проницаемости агрессивных реагентов в материал покрытий. Определены основные факторы, позволяющие регулировать степень отверждения покрытий, плотность поперечных

связей пространственной структуры полимера, защитно-диффузионные свойства и физико-механические показатели покрытий. Показано, что покрытия на основе полиэфирных красок, содержащих смеси АКП (без применения грунтовочных слоев), могут использоваться для эффективной защиты металла при эксплуатации в агрессивных средах: при экспозиции в воде (9000 часов) и 5 %-м растворе NaCl (3000 часов) не наблюдается подпленочной коррозии металла, сохраняется целостность покрытий, адгезионная прочность (1 балл), твердость по Бухгольцу (90 усл. ед.), прочность на удар (90-100 см). Защитные свойства покрытий определяются характером сформированной структуры полимера, обеспечивающей низкую проницаемость агрессивных реагентов в материал покрытий (10^{-13} г×см/см²×с), высокой адгезионной прочностью покрытий в агрессивных средах и ингибирующим действием используемых АКП, приводящим к торможению коррозионного процесса на границе металл-покрытие.

CORROSION PROTECTIVE COATINGS BASED PAINT POLYESTER POWDER

Abstract: *The conditions for the formation, structure and protective properties of polyester powder compositions containing a mixture of clean (no chromium compounds and lead), anti-corrosive pigments are studied. It is found out that the protective properties of coatings are determined by the type of the formed polymer structure, low permeability, corrosive chemicals in the coating material, high adhesion coatings and inhibitory action of anticorrosive pigments used, which leads to inhibition of the corrosion process at the metal-coating.*

Н.К.Лулева, Е.А.Тельпук, А.В.Онуфрейчук

ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси»,
Беларусь, e-mail: luneva@igic.bas-net.by

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ

Фосфорилированная целлюлоза является ионообменным материалом и по сравнению со смолами обладает развитой поверхностью, высокой скоростью обмена. Фосфорилирование является также одним из основных способов получения целлюлозных материалов пониженной горючести. Как правило, процесс модификации целлюлозы фосфорными кислотами позволяет вводить не более 4,0 % фосфора, что обусловлено нерастворимостью целлюлозы и ее ограниченной набухаемостью

в разбавленной фосфорной кислоте. Между тем, для получения фосфатов целлюлозы с оптимальными свойствами (высокими обменной емкостью и огнезащищенностью) требуется знания механизма фосфорилирования. Целью данной работы явилось изучение особенностей протекания реакции фосфорилирования целлюлозы разной степени упорядоченности растворами орто- или триполифосфорной кислоты и карбамида в одинаковых условиях осуществления модификации хлопковой целлюлозы. Исследование осуществлялось с использованием хлопковой целлюлозы со степенью кристалличности 81 % и той же целлюлозы мерсеризованной со степенью кристалличности 70 %. Процесс фосфорилирования проводили в растворе орто- или пиродифосфорной кислоты с последующей сушкой при 140-170 °С в течение 30-103 минут и дальнейшей отмывки до нейтральной среды и сушки. Модифицированная целлюлоза содержала 4,0-6,8 мас. % фосфора, обладала ионообменной емкостью 2,1-3,7 мг-экв/г, и имела высокую огнезащищенность. Установлено, что процесс модификации полимера фосфорными кислотами протекает преимущественно в аморфных областях.

RESEARCH OF THE FEATURES OF PHOSPHORYLATION PROCESS ON CELLULOSE WITH VARIED DEGREE OF CRYSTALLINITY

Abstract: The modification of cellulose with varied degree of crystallinity by the ortho- and tripolyphosphorus acids was studied. The study was done in the presence of carbamide with temperatures between 140-170eC and the processing time was from 30 up to 103 min. It is established, that during the process of modification phosphorus-containing(4,0-6,8 % mas) phosphates of cellulose with ion-exchange capacity of- 2,1-3,7 mg-ekw/g, the injection of phosphorus into cellulose leads to an insignificant decrease in the degree of crystallinity, and it also shows that phosphorus content is higher for the polymer with the lower degree of ordering than for higher ordered polymer, this indicates that it is preferential to run the reaction in the amorphous part of polymer.

О.А.Пликус, О.Н.Опанасенко, Л.В.Овсешко

ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: zuborevao@mail.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ БИТУМНО-ЛАТЕКСНЫХ ЭМУЛЬСИЙ К ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ

Битумные эмульсии представляют водные дисперсии битума, содержащие 30-50 % воды, что обуславливает их высокую текучесть и позволяет наносить их на защищаемую поверхность механизированным методом распыления, обеспечивая высокую производительность установитель-

ных работ и создание надежной и долговечной гидроизоляции за счет формирования равномерного бесшовного покрытия. Технология использования битумных эмульсий связана с динамическим воздействием, которое реализуется при транспортировке и перекачивании.

Получены анионные битумные эмульсии с использованием промышленного эмульгатора Белэм-А, на основе производных карбоновых кислот. Установлено, что агрегативная устойчивость анионных битумных эмульсий обусловлена формированием прочного адсорбционного слоя из молекул эмульгатора на межфазной поверхности битум/вода. Известно, что карбоновые кислоты в щелочной среде имеют склонность к гелеобразованию. Было установлено, что со временем за счет упрочнения адсорбционного слоя на поверхности капель битума происходит увеличение устойчивости битумной эмульсии.

Модифицирование латексами широко используется для регулирования физико-механических характеристик эмульсий. Установлено, что введение латексов снижает вязкость эмульсии в несколько раз, что обеспечивает оптимальную текучесть, необходимую для интенсификации процессов их перекачивания. Установлено, что модифицирование натуральным латексом (НЛ) снижает устойчивость эмульсий к действию механических нагрузок, а введение бутадиен-стирольного латекса (БСЛ) – увеличивает. Наиболее перспективными модификаторами битумных эмульсий являются бинарные композиции латексов. Установлено, что в присутствии композиции БСЛ и НЛ в соотношении 1:1 и 3:1 в битумных эмульсиях формируется прочная пространственная структура, что способствует повышению стабильности эмульсий при хранении, транспортировке и перекачивании.

STABILITY OF BITUMEN-LATEX EMULSION BY DYNAMIC LOAD

Abstract: The anionic bitumen emulsions modified butadiene-styrene (BSL) and natural (NL) latexes and their compounds for damp course were developed.

А.К.Погосян, Н.Г.Меликсетян

Государственный инженерный университет Армении, Армения,
e-mail: pogosian@seua.am, n_meliksetyan@mail.ru

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ МИНЕРАЛОВ АРМЕНИИ

Существуют сотни минералов и отходов производства с уникальными свойствами. Их применение в композиционных составах фрикцион-

ных материалов (ФМ) имеет важное народно-хозяйственное значение. Согласно директивам ЕЭК запрещено применение асбестового волокна в ФМ и создание безасбестовых ФМ является актуальным вопросом. При этом необходимо решать ряд сложных проблем, связанных с выбором оптимального сочетания наполнителей и связующих, подбора оборудования и ресурсосберегающих технологий. Была поставлена задача – разработать новые безасбестовые ФМ с заранее заданными и управляемыми трибологическими свойствами на основе армирующих волокон из отходов минералов Армении.

В результате изучения процессов разрушения поверхностных слоев традиционных ФМ были созданы новые безасбестовые композиции под общим названием Бастенит. Особенности технологии изготовления этих материалов заключаются в том, что в известные материалы добавлены целевые ингредиенты, которые обеспечивают смещение в область более высоких температур деструкционные процессы связующих и армирующих наполнителей.

Применение отходов базальтовых и стеклянных волокон в композиционных составах фрикционных материалов взамен асбеста, кроме экологического, обеспечивает также и положительный технический эффект. Новые безасбестовые ФМ на основе отходов базальтовых и стеклянных волокон позволяют: стабилизировать трибологические характеристики пары трения при поверхностных температурах 400...600 °С (А.с. СССР 966105 и патент РА 753), устранить поверхностные дефекты контактирующих деталей и термические трещины контртела (А.с. СССР 1094331), уменьшить износ контртела в 1,6 раза и фрикционной накладки в 1,8 раза в условиях наличия влаги во фрикционном контакте (А.с. СССР 1142488), повысить коэффициент трения в 1,5 раза при 400...600 °С (А.с. СССР 1224321), защитить поверхность трения контртела от коррозионного и водородного изнашивания (Патенты РФ 2260018 и РА 2394). Разработаны технологии производства материалов методами одностадийного совмещенного смешивания, одноэтапного сухого смешивания и двухэтапного сухого смешивания.

THE RESOURCE SAVING FRICTION MATERIALS ON THE ARMENIAN MINERALS WASTES BASIS

***Abstract:** The results of traditional friction materials destruction studies for superficial layers are presented. Tribologic properties and manufacturing techniques are described for new resource saving brake materials on the basis of Armenian minerals wastes.*

М.Н. Чурик, А.А. Андрушевич, И.Н. Казаневская
ОХСП «Научно-исследовательский институт импульсных процессов
с опытным производством» ГНУ ИПМ, Беларусь, e-mail: mchurik@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

На предприятиях Беларуси ежегодно образуется тысячи тонн отходов алюминиевых сплавов. Отходы в виде загрязненного лома требуют специальной технологии переработки, позволяющей исключить или существенно снизить загрязнение алюминиевого сплава. В ОХП НИИИП с ОП ГНУ ИПМ разработана комплексная ресурсосберегающая технология и организовано серийное производство алюминиевых отливок деталей с использованием вторичных отходов литьем в постоянные металлические формы.

При производстве алюминиевых отливок из отходов и лома важное значение имеет подбор и подготовка шихты, технология плавки, выбор параметров рафинирующе-модифицирующей обработки расплава, режимы заливки, рациональная конструкция оснастки. Приготовление алюминиевых сплавов включает следующие этапы: сортировка и разделка лома и отходов; переплав кусковых отходов в индукционной печи с графитовым тиглем с подшихтовкой до требуемого химического состава; рафинирующе-модифицирующая обработка алюминиевого расплава, включающая обработку многокомпонентным флюсом и продувку аргоном, что обеспечивает получение сплава пористостью на уровне 1-2 балла (ГОСТ 1583-93).

Литьем в кокиль из алюминиевых сплавов АК5М2, АК12ММгН, АК12М2МгН, получаемых из лома, производятся заготовки деталей пневмо- и гидроаппаратуры как для ремонтных целей, так и для изготовления новых узлов автобусов, троллейбусов. Изготовленные из вторичного сырья поршни и шатуны компрессоров железнодорожных вагонов используются не только в РБ, но и поставляются в Россию, Украину.

Разработана и уже несколько лет успешно используется комплексная технология изготовления из алюминиевого сплава АД31 вставок токосъемников трамваев для потребностей г. Минска из отслуживших срок службы сильно загрязненных вставок. Износостойкость таких вставок сохраняется на прежнем уровне при снижении их стоимости на 30-40 % по сравнению с ранее покупаемыми в России, изготовленными способом горячей экструзии.

Использование вторичных алюминиевых сплавов и отходов для получения качественных отливок деталей возможно только на основе применения комплексной технологии их переработки.

USE OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR RECYCLING INDUSTRIAL WASTE ALUMINUM ALLOYS

Abstrakt: The complex technology of processing of the polluted waste of aluminum alloys and manufacturing from them отливок details of responsible appointment is developed and is used.

Р.М.Долинская, Е.И.Щербина, С.А.Гугович

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для повышения эффективности использования вторичных полимерных ресурсов, расширения ассортимента получения изоляционных материалов была исследована возможность применения отходов химической промышленности для замены дефицитного и дорогостоящего сырья на более дешевые и доступные материалы. В качестве добавок использовали отходы переработки термоэластопласта ДСТ-30 и отход сепарации производства полиэтилена низкого давления – низкомолекулярный полиэтилен.

Анализ полученных данных показал возможность применения указанных отходов в составе композиций, используемых для изготовления изоляционных материалов различного назначения.

Проведенные исследования показали возможность использования отходов производства термоэластопласта ДСТ-30 для модификации битума при изготовлении гидроизоляционных рулонных материалов. Это можно объяснить спецификой термоэластопласта, обладающего при нормальной температуре резиноподобными свойствами: высокими прочностью при растяжении, относительным удлинением и эластичностью. Использование в качестве модификатора битума отходов переработки термоэластопласта ДСТ-30 позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 1,2-1,8 МПа и морозостойкостью –20 °С.

Низкомолекулярный полиэтилен был исследован в составе изоляционной противошумной прокладки в качестве пластификатора вместо воско-озокеритовой композиции. Использование низкомолекулярного полиэтилена позволило улучшить обрабатываемость смесей и внешний вид изделий.

Практическое использование исследованных отходов в различных изоляционных материалах позволит сократить потребление дорогих дефицитных материалов, расширить сырьевую базу для производства изде-

лий и внесет определенный вклад в решение проблемы утилизации отходов и охраны окружающей среды.

THE USE OF POLYMERIC WASTE PRODUCTS FOR PRODUCTION OF INSULATING MATERIALS

***Abstract:** The research explores the possibility to use compositional waste products for production of different-purpose insulating materials. Subject to the intended use, the set of compositional properties obtained enables to recommend these compositions for production of materials being active under low static loads. The use of low-molecular polyethylene enables to improve both treatability of mixtures and exterior of materials.*

В.И.Зубко, Д.В.Зубко

УО «Белорусский государственный университет», Беларусь,
e-mail: Zubko@bsu.by

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Одним из важнейших научных направлений является разработка новых композиций на основе вторичных полимерных материалов, которые могут найти применение в электротехнической промышленности. Целью работы является разработка композиций на основе вторичного полиэтилена и исследование закономерностей изменения их электрических свойств в зависимости от содержания и типа наполнителя в диапазоне частот электрического тока 50 Гц-1 МГц.

Разработана технология получения композиций, в которых в качестве связующего использован вторичный полиэтилен, а наполнителями являются порошкообразное углеродное волокно, резиновая крошка, лигнин, порошкообразная электролитическая медь и др. Для исследования электрических свойств композиций создана экспериментальная установка, включающая высокочувствительный емкостной преобразователь (датчик) и малогабаритный цифровой измеритель иммитанса, обеспечивающий контроль текущих результатов на мониторе персонального компьютера.

Исследованы электрические свойства композиций на основе вторичного полиэтилена в зависимости от содержания и типа наполнителя в диапазоне частот электрического тока 50 Гц –1 МГц. Обнаружено, что при повышении содержания порошкообразного волокна от 20 до 50 % удельная проводимость композиции на основе вторичного полиэтилена возрастает при этом на 4 порядка, от значений $10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ до $10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

Таким образом, изменяя содержание и тип наполнителя, характер его распределения в полимерной матрице, уровень взаимодействия полимер – наполнитель, контактное сопротивление между частицами, можно в широких пределах регулировать удельную электрическую проводимость наполненных композиций, превращая вторичный полиэтилен (изолятор) в полупроводник или электропроводящий материал.

В итоге выполненных исследований разработаны новые композиции электротехнического назначения на основе вторичного полиэтилена, установлены закономерности изменения их электрических свойств в зависимости от содержания и типа наполнителя в диапазоне частот электрического тока 50 Гц-1 МГц. Результаты работы использованы для подбора оптимальных составов композиций на основе вторичного полиэтилена, при которых обеспечиваются их заданные электрические свойства.

DEVELOPMENT OF NEW COMPOSITIONS BASED ON SECONDARY POLYMER MATERIALS AND INVESTIGATION OF ELECTRICAL PROPERTIES

***Abstract:** The highly sensitive capacitive transducer and method for identifying a set of electrical performance of polymer compositions in the frequency range 50 Hz – 1 MHz have been developed. The electrical properties of composites based on secondary polymeric materials, depending on the electric field frequency, content and type of filler have been investigated.*

Е.Ф.Кудина, Г.Г.Печерский

ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: kudina_mpri@tut.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИТУМСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОИЗОЛИРУЮЩИХ И ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ежегодно в Республике Беларусь проводится ремонт с полным удалением кровельного ковра более 500 тыс. м² кровель с совмещенным рулонным покрытием. При этом в год накапливается до 20 тыс. тонн битумсодержащих отходов. По существующему законодательству, битумные отходы подлежат переработке. Однако в Государственном реестре введенных в эксплуатацию объектов по использованию битумсодержащих отходов зарегистрировано только 4 предприятия. Переработка данного вида отходов заключается в механическом дроблении с получением крошки, которая используется в дорожном строительстве или в качестве добавок к кровельным материалам.

Авторами ведется работа по созданию водоизолирующих и дорожно-строительных материалов (битумной мастики и асфальтобитумного материала) на основе отходов рубероида. Проведены работы по исследованию качества очистки образцов вторичного битума от минерального наполнителя. Определено количество чистого битума в образцах (от 20 до 60 %). Проведено исследование растворимости вторичного битума в органических растворителях (гептан, гексан, нефрас, уайт-спирит, керосин). Установлен оптимальный растворитель, с использованием которого разрабатываются составы гидроизоляционного материала.

Получены экспериментальные образцы асфальтобитумного материала на основе вторичного битума и отходов рубероида со следующими свойствами: предел прочности при сжатии при температуре 50 °С, не менее 0,5 МПа; предел прочности при сжатии при температуре 20 °С, не менее 2 МПа; водонасыщение – по объему до 18 %; набухание – по объему до 5 %; модуль остаточной (пластической) деформации при температуре 50 °С, до 50 МПа; коэффициент морозостойкости – 0,4-1,4.

USE OF BITUMEN-CONTAINING WASTE FOR RECEPTION OF WATER ISOLATING AND ROAD-BUILDING MATERIALS

Abstract: Developed models water isolating and road-building materials from bitumen-containing waste. The developed materials don't concede on properties to standard materials.

Р.М.Долинская, Т.Д.Свидерская

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В связи с ростом промышленного производства и возрастающим дефицитом первичного сырья проблема комплексной переработки отходов приобретает в настоящее время важное значение.

На предприятиях шинной и резинотехнической промышленности имеется большой объем различных вулканизованных, невулканизованных и изношенных отходов. Данные отходы в основном используются в виде крошки для разработки композиций, используемых для изготовления из них полимерных материалов.

Разработка состава композиций была направлена на получение определенного уровня упруго-прочностных свойств, твердости, эластично-

сти. Проведенные исследования показали, что необходимо использовать вещества, участвующие в образовании вулканизационной сетки при вторичных процессах вулканизации. Содержание этих компонентов должно составлять 5-10 мас. долей на 100 мас. долей каучука. Для вулканизации использовалась серная ускорительная группа. В составе композиции использовались различные отходы (отходы от производства панелей, отходы нетканого полотна), регенерат, различные наполнители.

Полученный комплекс свойств различных композиций в зависимости от их назначения позволяет рекомендовать данные композиции для изготовления различных неотчетственных изделий (т.е. изделий, которые работают в условиях невысоких статических нагрузок). Эти изделия предлагаются взамен изделий, изготовленных на основе дефицитного сырья (каучуки различного назначения, которые в Республике Беларусь не производятся). Кроме того, это позволяет повысить эффективность использования вторичного сырья и решать проблемы охраны окружающей среды.

WASTE AVAILABILITY FOR PRODUCTION OF STRUCTURAL MATERIALS

***Abstract:** The research explores the possibility to use waste products for production of structural materials. Subject to the intended use, the set of compositional properties obtained enables to recommend these compositions for production of materials being active under low static loads.*

Z. Tartakowski, M. Kosyl

West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland,
e-mail: Zenon.Tartakowski @zut.edu.pl

HYBRID COMPOSITES ON POLYETHYLENE RECYCLATES MATRIX

Every year, recovery of waste plastics used in packaging, electrical and automotive industry is increasing. Among those plastics the largest group is polyethylene. In the packaging industry it is used for films while in the electrical industry as isolator of power cables. Because of limited possibilities of application polyethylene recyclates, performed research on the recyclates hybrid composites where the matrix was polyethylene cable recycle (PEr) and the fillers are fly ashes (FA) and wood dust (WW). Fillers were obtained as post-production waste. Composites are made on the composition: 70PE/10FA/20WW; 60PE/20FA/20WW; 50PE/30FA/20WW; 40PE/40FA/20WW and 100PE; 80PE/20WW; 90PE/10FA; 80PE/20FA; 70PE/30FA; 60PE/40FA. The processing properties of composites such as MFR, the spiral flow (spiral flow

test in the long, spiral-channel mold) and injection shrinkage have been examined and selected electrical and mechanical properties were determined. Research suggest that with increasing amounts of fillers MFR is reduced compared with unmodified recycle. The investigation of the spiral flow showed that introduction of 30 % wt. filler (10 %wt. FA + 20 %wt. WW) decreases the length of flow for that composite by 12 % and with 40 % wt. filler by 21 % compared to the length of the spiral of non-modified material. Fillers decrease also the injection molding shrinkage. The hardness of the composites (by Shore) increases with increasing amount of fillers and is higher for composites with fillers in the form of fly ashes (PE/FA) compared to the unmodified material (PE) and material modified with wood filler (PE/WW). Tensile strength of hybrid composites PE/FA/WW has increased about 20-37 % compared to the unmodified polyethylene. It was found that with increasing amount of the modifiers in the composite the resistance to low-power electric arc is increasing, and the dielectric strength is slightly decreasing in compare with an unmodified polyethylene PE (up to 18 %). Good processing properties (a small shrinkage of the material) and a favorable electrical and mechanical properties allow to use the hybrid composites for the technical parts and isolators.

Z. Tartakowski¹, D.J. Tartakowska²

¹West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland,
e-mail: Zenon.Tartakowski @zut.edu.pl

²Technische Universität Berlin, Germany

POLYMER RECYCLATES AS CONSTRUCTION MATERIALS

Polymer composites based of recycled thermoplastic matrix are a rapidly growing group of materials used for production of technical products. Recycled plastic made of used packaging films, mostly monofilms of PE, PP, PS, PET, PVC or multilayer film PA/PE, PS/PE, PET/PE, PVC/PE are used for matrix. As modifiers for recycled materials the organic or inorganic compounds, but also other recyclates achieved from production waste of products based on polymer composites reinforced with glass- or carbon fibres can be used. The use of recycled multilayer films of PAPE and modifier in form of a recycled composite based on carbon fibres reinforced PEAK allowed to obtain a new material, that showed good tribologic properties and dimensional stability necessary for technical product in that case a rolling elements. Tribological tests of composites containing 30 % wt. PAEK reinforced with carbon fibers showed that under the pressures between 0.15 MPa and 0.45 MPa in the temperature range of operating junction friction of 35 °C, friction coefficient μ arrive 0,214 – 0,237 and at the temperature of

45 °C, the friction coefficient got 0, 219 – 0,239. At the same time it was found that the introduced modifier increases the dimensional stability of the product (roll), and injection moulding shrinkage at 30 %wt. of filler reached only 0,09 %, while the unmodified material 0,49 %. Analysis of rheological properties showed that the melt flow index – MFI of composites decreases with increasing modifier (at 20 % modifier in temperature. 220 °C, N-2010 g is 1,567 g/10 min and for 30 % of the modifier is 1,243 g/10 min), while with increasing temperature in the range of 230-240 °C, a visible increase of MFI up to 17 %. Study of degree of filling of spiral form (spiral test) showed that the growth of mold temperature up to 35 °C increases the length of part in the shape of a circular spiral about 16 % compared with the form of 25 °C (the same modifier content of 30 % wt.). Composites containing up to 30 % wt. of the modifier is processed using the same parameters as for the unmodified material. The study confirmed the possibility of producing new material and its suitability for new products with favorable tribological properties. This is important because it allows the rational use of waste and their use in the manufacture of new components.

Г.А.Жогло, С.И.Микулич

ГНУ «Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения
НАН Беларуси», Беларусь, e-mail: resource@mail.grodno.by

ЛЕНТА ПОЛИМЕРНАЯ ДЛЯ ОГРАЖДЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ

Лента полимерная (бордюрная) для ограждения растений предназначена для организации садового ландшафтного пространства на приусадебных участках и в городском пейзаже.

Применение вторичных полимеров в качестве сырья позволяет решать вопрос их утилизации и удовлетворять потребности народного хозяйства в целях ограничения размывов почвы, распространения сорняков на область, занятую культурными посевами, выполнения эстетических и других функций.

В Беларуси ныне в продаже доминируют импортные бордюрные изделия производства Польши, России и др. стран.

Использовали вторичные полиэтилен высокого и низкого давления и композиции на их основе с добавлением красителей и при необходимости структурных модификаторов (волокон, микро- и наночастиц и др.)

Полимерный материал в гранулированном виде в лабораторном мини-экструдере ГНУ «НИЦПР НАН Беларуси» доводили до вязкотекучего состояния и продавливали через отверстие заданной формы в профилирующей головке с последующим фиксированием размеров при охлаждении.

Ширина и толщина ленты задавалась размерами формирующей щели, температурой и скоростью продавливания полимерного материала. Намотку готовых изделий осуществляли в рулоны заданной длины.

Отечественные бордюрные ленты дешевле импортных на 20-30 %.

Изготовлено и реализовано несколько опытных партий в торговой сети города Гродно.

TAPE POLYMERIC FOR THE PROTECTION OF PLANTS ON THE BASIS

Abstract: With application of secondary polymeric raw material experimental batches of a tape polymeric for a protection of plants are made.

Е.В.Крышилович, С.Е.Орехова, И.М.Жарский, И.И.Курило
УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: helb@yandex.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Среди источников вторичного ванадиевого сырья важное место занимают твердые отходы сжигания мазутов на энергетических установках тепловых электростанций (ТЭС), а также отработанные ванадиевые катализаторы (ОВК) сернокислотного производства. Известно, что затраты на переработку ОВК и выделение содержащихся в них ванадийсодержащих компонентов в 2–3 раза меньше затрат на их добычу, обогащение минерального сырья и его последующую переработку. Содержание соединений ванадия в промышленных отходах в пересчете на V_2O_5 в среднем составляет 5–10 % (масс.) в составе ОВК и 5–15 % (масс.) в составе отходов ТЭС. По данным Республиканского научно-исследовательского унитарного предприятия «Бел НИЦ «Экология» в результате деятельности ТЭС на начало 2010 года в Республике Беларусь накоплено 10366,98 т ванадийсодержащих отходов.

Если ОВК хранятся в твердом виде на закрытых площадках предприятий, производящих серную кислоту, то ванадийсодержащие отходы ТЭС помещают совместно с другими промышленными отходами в открытых шламохранилищах. Долгосрочное хранение отходов ТЭС приводит, с одной стороны, к их разбавлению и образованию растворов (растворимость V_2O_5 составляет 0,4 г/л), содержание ванадия в которых не превышает 1 % (масс.). С другой стороны, происходит миграция соединений ванадия в окружающую среду.

Из приведенных данных следует, что потери ванадия со шламами ТЭС на территории Республики Беларусь к настоящему времени состав-

ляют около 500–1500 т. Это позволяет считать актуальной разработку локальных способов переработки ванадийсодержащих промышленных отходов ТЭС, предусматривающих выделение соединений ванадия непосредственно из твердых остатков сжигания мазутов.

Разработан и оптимизирован гидрометаллургический способ комплексной переработки ОВК, позволяющий выделять до 98 % соединений ванадия. Использование аналогичного метода для переработки твердых отходов ТЭС, позволит получать ценные импортозамещающие ванадийсодержащие продукты, пригодные для дальнейшего использования, и предотвратить негативное вредное воздействие на окружающую среду.

RECEIPT OF VANADIUM CONTAINING COMPOUNDS FROM INDUSTRIAL WASTES

***Abstract:** Demand for vanadium and its compounds leads to an increase in interest in the processing of spent vanadic catalysts (SVC) of sulfuric acid production and solid combustion products (SCP) of fuel oil in thermal power plants. Method of SVC utilization has been developed. The formation of SCP of fuel oil in thermal power plants in Republic of Belarus territory has been analyzed.*

В. И. Романовский

УО «Белорусский государственный технологический университет», Беларусь,
e-mail: ValSc@tut.by

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В БЕЛАРУСИ

Переработка отходов, образующихся в процессах водоподготовки, является весьма актуальной на сегодняшний день.

Основными видами отходов, образующихся при подготовке воды к использованию, являются: осадки станций обезжелезивания, осадки коагуляции природных вод, отработанные ионообменные смолы, отработанные сульфогли. На основании данных, предоставленных РУП «Бел НИЦ «Экология», в нашей стране за 2009 год образовалось 16,42 т отработанных сульфоглей, 16720,50 т осадков коагуляции природных вод, 275,1 т отработанных ионообменных смол, 133,08 т осадков станций обезжелезивания. Однако следует отметить, что реальные цифры в 2–3 раза большие. Также следует иметь в виду огромное количество накопленных отходов, хранящихся на территории промплощадок, а также на полигонах захоронения отходов.

Для снижения нагрузки на окружающую среду и вовлечение в хозяйственный оборот рассматриваемых отходов разработаны технологии

получения на основе отработанных ионитов материалов, пригодных для использования в технике защиты окружающей среды в качестве сорбентов и коагулянтов, технология получения смеси ароматических углеводов и смеси ди- и триметиламина – ценного химического сырья. Предложена комплексная утилизация неорганических отходов, образующихся на станциях водоподготовки, включающая технологии получения пигментов, сорбентов, добавки в строительные материалы, химические реагенты и др.

Не смотря на то, что разработано множество экономически рентабельных технологий по переработке данных отходов, в нашей стране они не используются в качестве вторичного сырья. Также существует ряд организационных проблем: получение достоверной информации об образующихся отходах, недостатки существующей классификации отходов, нежелание собственников отходов заниматься их использованием, а также их некомпетентность в решении данных вопросов. Существующие инновационные разработки по вовлечению в хозяйственный оборот отходов станций водоподготовки позволят решить не только задачи ресурсосбережения и импортозамещения, но и позволят в значительной степени снизить воздействие на окружающую среду.

THE ANALYSIS OF USE A WASTE OF WATER PREPARATION STATIONS IN BELARUS

***Abstract:** In spite of the fact that in the literature the set of technological schemes on use of a waste of water preparation is offered, in Belarus the given waste is not processed, and stored on industrial platforms and in process of accumulation is taken out on objects of a burial place. Practically unaccounted a waste stored in territories of industrial platform and the enterprises being on balance waste-storehouse.*

**В.О.Шабловский¹, А.В.Тучковская¹, Т.В.Ховзун²,
Ю.В.Лобанов², В.А.Рухля¹, О.Г.Пап¹, О.В.Ивашина¹,
Н.Н.Васюченко¹**

¹Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем», Беларусь,
e-mail: shablovski@bsu.by

²РУП «Институт мясо-молочной промышленности», Беларусь,
e-mail:lobanau@mail.ru

САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА УСТАНОВОК УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

В соответствии с Государственной программой переработки молочной сыворотки ряд крупных и средних предприятий молочной отрасли Республики будут укомплектованы установками ультрафильтрации и на-

нофильтрации по переработке молочной сыворотки. При осуществлении процесса фильтрации поверхность любых видов мембран постепенно блокируется минеральными (нерастворимые соли кальция и магния) и органическими (жиры и белки) отложениями. Со временем это приводит к значительной потере производительности установки и необходимости санитарной обработки оборудования. Для уже имеющихся на предприятиях установок применяются моющие средства компаний EKOLAB или Johnson Diversey, суточное обслуживание которыми обходится предприятию примерно в 200 евро. Поэтому решение вопроса разработки и производства отечественных препаратов такого рода является актуальным и своевременным.

В НИИ ФХП БГУ разработаны средства моющие технические «НАВИСАН-НМ», представляющие собой комплекс препаратов для энзимной, кислотной и щелочной мойки. Совместно с отделом санитарной обработки оборудования и помещений РУП «Институт мясо-молочной промышленности» данными средствами проведены контрольные мойки установки ультрафильтрации Tetra Alcross US 103×6-4/3/3 в производственных условиях. В качестве сырья для «загрузки» мембран использовалась сыворотка молочная подсырная. Мойку проводили после проведения процесса ультрафильтрации молочной сыворотки по специально разработанной программе. При проведении мойки учитывались факторы, влияющие на эффективность процесса – это природа загрязнений, материал мембран, степень засорения мембран, чувствительность материалов установки к значениям pH и температуре моющего раствора.

В результате проведенных испытаний установлено, что производительность загрязненного в процессе ультрафильтрации молочной сыворотки мембранного элемента после проведения мойки рабочими растворами «НАВИСАН-НМ» возвращается к первоначальному значению чистой мембраны. Мембранный элемент установки, прошедший мойку рабочими растворами «Нависан-НМ», эффективно очищается от компонентов сыворотки (белковых и жировых загрязнений). Микробиологические показатели мембранного элемента установки после обработки рабочими растворами «Нависан-НМ», соответствуют требованиям СанПиН 2.3.4.13-19 2002г. «Производство молока и молочных продуктов».

SANITIZATION OF ULTRAFILTRATION MEMBRANE EQUIPMENT

***Abstract:** Technical cleaners «NAVISAN-NM» for enzymatic, acidic and alkaline cleansing of lactoserum ultrafiltration membrane equipment have been developed. High efficiency of these cleaners to sanitization process are demonstrated.*

**В.О.Шабловский, А.В.Тучковская, В.А.Рухля, О.Г.Пап,
О.В.Ивашина, Н.Н.Васюченко**

Учреждение БГУ «НИИ физико-химических проблем», Беларусь,
e-mail: shablovski@bsu.by

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «МОЗЫРЬСОЛЬ»

Основным видом деятельности предприятия ОАО «Мозырьсоль» является производство соли класса «экстра». В процессе получения поваренной соли образуются шламовые отходы в виде извлекаемых солей кальция и магния, которые в соответствии с технологическим регламентом предусмотрено закачивать в отработанные скважины рассолопромысла. Однако отработанных скважин для закачки образующихся отходов на предприятии нет, и в этой связи остро встает вопрос об использовании уже накопившегося и постоянно образующегося шлама, количество которого в настоящее время на предприятии превышает 35 тыс. м³.

В НИИ ФХП БГУ с помощью химического, комплексного термического, рентгенофазового методов анализа, электронной микроскопии проведено изучение состава шламовых отходов производства ОАО «Мозырьсоль». Жидкая фаза отходов состоит из насыщенного раствора хлористого натрия, твердая фаза представляет собой карбонат кальция с небольшими примесями гидроксида магния, отходы не содержат тяжелых металлов, фтора, мышьяка и других вредных микропримесей. Результаты рентгенофазового анализа подтверждают наличие основной фазы – кальцита (карбоната кальция). Данные электронной микроскопии свидетельствуют о присутствии кристаллов с размерами частиц 3 – 10 мкм. Вторичное сырье по своей природе является уникальным, так как может служить источником получения товарного продукта – карбоната кальция, который в настоящее время широко востребован в народном хозяйстве республики, а наличие оптимальной дисперсности и формы частиц исключает дополнительную стадию помола и фракционирования. Очищенный от посторонних примесей карбонат кальция широко применяется в настоящее время в пищевой, бумажной, лакокрасочной промышленности, в производстве пластмасс, резины, продукции бытовой химии, в строительстве. Карбонат кальция, выделенный из вторичного сырья, будет в 1,5-2 раза дешевле импортных аналогов.

С учетом острой потребности сельского хозяйства республики в кормовых добавках (примерно 20 тыс. тонн в год), авторами проведены исследования и разработаны технологические основы получения моно- и

дикальцийфосфатов на основе шламовых отходов ОАО «Мозырьсоль» и ортофосфорной кислоты. С успехом можно использовать вторичное сырье для получения фосфатирующих препаратов, которые применяются в машиностроении, приборостроении в процессах подготовки металлической поверхности перед покраской, лакированием, нанесением порошкового полимерного покрытия.

THE PROSPECTS OF JSC «MOZYRSALT» SLIME WASTE UTILIZATION

***Abstract:** Compositions of salt-making slime waste of JSC «MozyrSalt» were investigated. Availabilities of forage phosphates production and phosphatizing agents production from calcium carbonate which these slime waste separated out are demonstrated.*

**В.В.Рубаник¹, В.Ф.Луцко¹, И.Ю.Осинов², В.И.Плиш³,
С.Н.Шрубиков¹**

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», Беларусь,
e-mail: tolstoi2009@yandex.ru

²ЧУП «Контех-05», Беларусь

³УЗ «Витебская областная станция переливания крови», Беларусь

АППАРАТ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КРОВИ

С переходом Службы крови на заготовку крови только в пластиковую тару (гемоконтейнеры), изменились технология и условия переработки крови. Для обеспечения длительного хранения и стерильности находящейся в гемоконтейнерах крови или ее компонентов требуется герметичная запайка подводящих к контейнерам полимерных магистралей. Особенно актуальным является сохранение надежной герметизации гемоконтейнеров в условиях низких температур.

В настоящее время для герметизации полимерных магистралей применяется технология сварки токами высокой частоты (ТВЧ). Однако, такая технология энергоемка и требует специальных мер по защите персонала и электронной аппаратуры от высокочастотного излучения. Кроме того, не позволяет осуществлять запайку полимерных магистралей заполненных кровью и ее компонентами. Для решения указанной проблемы в ИТА НАН Беларуси создан аппарат для ультразвуковой герметизации полимерных магистралей систем переливания крови. Процесс гермети-

зации осуществляется следующим образом. Ультразвуковые колебания поглощаются материалом полимерной магистрали, зажатой между волноводом и акустической опорой, обеспечивая переход материала в вязкопластичное состояние и герметичное соединение двух противоположных стенок магистрали.

Клинические испытания аппарата показали, что созданный аппарат по своим функциональным возможностям превосходит аналоги, так как позволяет произвести герметизацию полимерных магистралей, заполненных плазмой и кровью. Производительность процесса запайки, при этом, более чем в 2 раза превышает производительность на существующем оборудовании. Отличается малой энергоемкостью, отсутствием деструкции материала и экологической безопасностью.

ULTRASONIC SEALING POLYMERIC CONTAINERS LINKS FOR COLLECTING, STORING AND PROCESSING OF BLOOD

Abstract: The Institute of Technical Acoustics, created an apparatus for ultrasonic sealing of polymer backbones blood systems.

СПИСОК АВТОРОВ

- Betkers T., 129
 Derlatka M., 126
 Kosyl M., 147
 Lapshyna E., 129
 Neiberte B., 128
 Shakels V., 128, 129
 Shapovalov V., 128, 129
 Shulga G., 128, 129
 Skudra S., 128
 Tartakowska D.J., 148
 Tartakowski Z., 16, 147, 148
 Valenkov A., 128
 Verovkins A., 128
 Агабеков В.Е., 10, 67
 Азарко В.А., 108
 Акулич А.В., 13
 Акулич З.И., 106
 Акулович Л.М., 52
 Александров В.М., 85
 Алиева З.М., 92
 Амирова Л.М., 91
 Андрушевич А.А., 142
 Андрущенко Н.К., 92
 Антихович И.В., 100
 Антонова З.А., 23, 26
 Арабей А.В., 45
 Ашуйко В.А., 42, 68
 Бабак А.А., 95
 Багрец Д.А., 101
 Бадыкин А.А., 85
 Байков В.И., 33
 Баранцева С.Е., 44, 120
 Барсуков В.В., 104
 Барсуков В.Г., 43
 Бежок А.П., 72, 118
 Бей М.П., 108
 Белый А.В., 39
 Бильдюкевич А.А., 46, 81
 Бирюк В.А., 29
 Бобкова Н.М., 22, 111
 Богдан Е.О., 70
 Бородуля В.А., 13
 Буглак А.Ф., 23, 26
 Бурдовицына Л.И., 105
 Буря А.И., 49, 113
 Бухаров С.Н., 55
 Буцкий В.В., 24
 Быченко И.И., 119
 Валенков А.М., 50
 Василевич В.П., 13
 Васюченко Н.Н., 152, 154
 Велиев Х.Р., 92
 Викторovich А.И., 63
 Виноградов Л.М., 13
 Вовк В.И., 37
 Войтенко А.И., 105
 Волков Е.В., 123
 Воробьева Г.И., 58
 Воробьева Е.В., 59
 Габец В.Л., 47
 Гайда Л.С., 131
 Гайко В.А., 96
 Гибкин А.В., 121
 Гибхин А.В., 93
 Горбачев Н.М., 20
 Горжанов В.В., 24, 87
 Грахольская Е.В., 43
 Грачек В.И., 106
 Григорьев С.В., 132
 Гринько В.Н., 81
 Губарь С.Е., 75
 Гугович С.А., 143
 Гуз Ю.А., 30
 Гузатов Д.В., 131
 Гук Е.Л., 120
 Гурин В.С., 111
 Дикусар Е.А., 108
 Дихтиевская Л.В., 117
 Добровольский Е.А., 100
 Долинская Р.М., 143, 146
 Дребенкова И.В., 109, 112
 Дубкова В.И., 11

- Дубоделова Е.В., 87, 88
Дяденко М.В., 51
Дятлова Е.М., 95, 119, 120
Егорова Е.А., 82, 83
Есьман Г.А., 47
Ефимов А.М., 52
Жарский И.М., 86, 100, 110, 150
Жогло Г.А., 115, 149
Жукова Ю.В., 34, 35
Журавский Г.И., 27
Задруцкий С.П., 72, 118
Захаревич Г.Б., 125
Зеленькевич А.И., 28
Зубко В.И., 144
Зубко Д.В., 144
Зыкович И.Л., 118
Ивашина О.В., 152, 154
Игнатовский М.И., 116, 126, 131
Ильющенко А.Ф., 5, 6
Илюкевич А.И., 6
Иневаткин Ю.Л., 85
Иноземцева Е.В., 40
Исаев С.А., 34
Исакович О.И., 106
Каверина А.А., 24
Казак Г.В., 8
Казаневская И.Н., 142
Какошко Е.С., 93, 119
Калинка А.Н., 17, 21, 68
Капцевич В.М., 6
Карпович О.И., 68
Киршина Н.В., 5, 85
Киселев М.Г., 47
Кичкайло О.В., 70
Клапоток А.П., 76
Клубович В.В., 65
Ковальков Н.С., 82, 83
Кожин В.П., 20
Козлов Н.Г., 108
Козловская И.Ю., 69
Колесникова А.А., 39
Колодкин В.Ф., 85
Комаревич В.Г., 11
Комаров В.С., 11
Комарь В.В., 137
Кононов А.Г., 39
Кот В.С., 14
Кравцевич А.В., 61, 62, 135, 136
Кравчук А.П., 123, 124
Крупич Б., 104
Крутько Н.П., 11
Крышилович Е.В., 150
Кувшинов В.И., 7
Кулина Е.Ф., 145
Кудян С.Г., 14
Кузнецова О.Ю., 49
Кузьменков Д.М., 31
Кузьменков М.И., 57
Кузьмина Н.Д., 96
Кукареко В.А., 39
Кулак М.М., 65
Кулаковский Д.А., 28
Кулинич Н.В., 137
Курило И.И., 42, 86, 150
Курсевич В.Н., 23
Кусин Р.А., 6
Кухарчук И.Г., 90
Лапшина Е.М., 73
Левицкий И.А., 44, 51, 70
Линник А.В., 52
Лисай Н.К., 37
Лобанов Ю.В., 152
Лобачев В.А., 85
Ломоносов В.А., 132
Лукашевич А.Г., 18
Лунева Н.К., 138
Луцко В.Ф., 155
Магсумова А.Ф., 91
Максимович В.А., 116
Максимук Ю.В., 23, 26
Мамедова Т.А., 92
Маркова Л.В., 101
Мартинов О.Г., 27
Марцуль В.Н., 69
Маршалов В.С., 73
Матвеев А.К., 83

- Матвеев К.С., 82, 83
 Матвейчук А.С., 27
 Медведева О.Н., 97
 Медяк Г.В., 54
 Меликсетян Н.Г., 140
 Микулич С.И., 62, 115, 136, 149
 Михалап Д.П., 132
 Михалевич А.А., 7
 Михалычева Э.А., 18
 Михедова Е.В., 110
 Мицкевич Ю.Н., 58
 Наркевич А.Л., 77, 115
 Немененок Б.М., 72, 72
 Носов К.С., 73
 Овсеенко Л.В., 139
 Оксинь А.В., 85
 Омелянович Д.А., 124
 Онуфрейчук А.В., 138
 Опанасенко О.Н., 139
 Орехова С.Е., 42, 150
 Осипов И.Ю., 155
 Осипова Е.О., 117
 Павловский Н.Д., 132
 Павлюкевич Ю.Г., 70
 Панасюгин А.С., 118, 132
 Пап О.Г., 152, 154
 Папко Л.Ф., 51
 Петухова Р.В., 123
 Петюшик Е.Е., 5
 Печерский Г.Г., 145
 Письменский П.И., 87, 88
 Пищ И.В., 29
 Плескачевский Ю.М., 67
 Плещанков И.Г., 96
 Пликус О.А., 139
 Плиш В.И., 155
 Пльшевский С.В., 93
 Погосян А.К., 140
 Подболотов К.Б., 93, 95, 119
 Подденежный Е.Н., 22
 Позняк А.И., 44
 Позняк Н.И., 117
 Позылова Н.М., 7, 96
 Полесский Д.Э., 27
 Поткин В.И., 108
 Походина Т.А., 137
 Почуйко С.В., 121
 Прижитомский П.С., 119
 Прокопович В.П., 75
 Пушкарь А.А., 81
 Рабинович О.С., 13
 Радкевич С.Е., 106
 Рафальский И.В., 45
 Рачковская Г.Е., 125
 Розум А.В., 118
 Романовский В.И., 151
 Рубаник В.В., 101, 155
 Рудак О.Г., 30
 Рудаков Д.А., 108
 Румянцева Г.А., 72, 72
 Рухля В.А., 152, 154
 Савич В.В., 47
 Сакович А.А., 31
 Салычиц О.И., 42
 Сатишур В.А., 76
 Сатишур Д.А., 76
 Свидерская Т.Д., 146
 Свириденко А.И., 3, 49, 113, 116
 Селькин В.П., 67
 Семенов А.А., 37
 Семенов А.С., 99
 Сеньков Г.М., 10
 Сергиевич О.А., 120, 121
 Сергиенко В.П., 55
 Серебряков Г.Ф., 37
 Сидоренко А.Ю., 10
 Сидорович Т.В., 33
 Скачков В.И., 63, 133
 Скобцов Н.А., 125
 Смоляк В.В., 11
 Снопков В.Б., 30
 Соколова В.И., 54
 Солнцев А.П., 67
 Соловьев В.Н., 96
 Соловьева Т.В., 24, 87, 88
 Спиглазов А.В., 17, 68

- Ставров В.П., 17, 21, 77
Станкевич Ю.А., 89
Станчиц Л.К., 89
Стасенок С.В., 110
Степанов К.Л., 89
Стрижаков Д.А., 67
Сущкевич А.В., 57
Таврогинская М.Г., 78
Талыбов А.Г., 92
Тельпук Е.А., 138
Терещенко И.М., 123, 124
Тимошенко В.В., 14, 103
Ткаченко Э.В., 49
Тлегенов Р.Т., 108
Трифонов А.Г., 18
Трусова Е.Е., 22, 111, 125
Тучковская А.В., 152, 154
Фалюшина И.П., 109, 112
Хасанов Р.Р., 91
Хейфец М.Л., 7
Ховзун Т.В., 152
Хорушкин В.В., 58
Царюк Т.Я., 109, 112
Чайкина Н.В., 118
Черкасова Н.Г., 113
Черник А.А., 86, 100, 110
Черняк И.Н., 6
Чиркун Д.И., 17
Чорный А.Д., 35, 90
Чуб А.В., 73
Чурик М.Н., 142
Шабловский В.О., 152, 154
Шаповалов А.В., 103
Шаповалов В.М., 14, 73
Шапорева Л.Д., 109, 112
Шаранда Н.С., 27
Шашура Л.И., 116, 136
Шевчук В.В., 117
Шипат А.А., 46
Широков С.Г., 37
Шломина Л.Ф., 117
Шмурадко В.Т., 5
Шрубиков С.Н., 155
Шункевич А.А., 46, 54, 106
Щербина Е.И., 143
Ювченко А.П., 108
Юмашев К.В., 125
Юркевич О.Р., 40
Якимович И.В., 46, 81
Якимович Н.Н., 46, 81

СОДЕРЖАНИЕ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ И МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ ВОПРОСЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ.....	3
<i>Свириденко А.И.</i> Резервы оптимизации ресурсопотребления и ресурсосбережения в экономике Беларуси.....	3
<i>Шмурадо В.Т., Ильющенко А.Ф., Петюшик Е.Е., Киришина Н.В.</i> Формирование состава, структуры и свойств легковесных огнетеплозащитных материалов на основе вермикулита.....	5
<i>Ильющенко А.Ф., Капцевич В.М., Кусин Р.А., Черняк И.Н., Илюкевич А.И.</i> Разработка процесса получения порошково- волокнутого фильтрующего материала на основе отходов медных волокон.....	6
<i>Михалевич А.А., Кувшинов В.И., Хейфец М.Л., Позылова Н.М.</i> Технико-экономические и экологические аспекты сжигания древесного топлива, загрязненного радиоактивными веществами, на крупных энергетических установках.....	7
<i>Казак Г.В.</i> Развитие возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь и экологические аспекты их использования.....	8
<i>Сидоренко А.Ю., Сеньков Г.М., Агабеков В.Е.</i> Изомеризация α -пинена на отечественном природном алумосиликате.....	10
<i>Дубкова В.И., Крутько Н.П., Комаров В.С., Комаревич В.Г., Смоляк В.В.</i> Термопластичные композиционные материалы, высоконаполненные глинистыми минералами.....	11
<i>Бородуля В.А., Виноградов Л.М., Рабинович О.С., Акулич А.В., Василевич В.П.</i> Современное состояние и перспективы развития солнечной энергетики на основе поликристаллического кремния.....	13
<i>Тимошенко В.В., Шаповалов В.М., Кудян С.Г., Кот В.С.</i> Высокопрочные композиционные материалы на основе модифицированных смесей вторичных полиолефинов.....	14
<i>Tartakowski Z.</i> Problems of recycling of mixed waste.....	16
<i>Калинка А.Н., Стиглазов А.В., Ставров В.П., Чиркун Д.И.</i> Ресурсосберегающая технология утилизации стеклопластиков.....	17
<i>Трифонов А.Г., Лукашевич А.Г., Михальчева Э.А.</i> Применение компьютерной методики оценки ветропотенциала площадки расположения ветроэнергетической станции с учетом особенностей рельефа и метеорологических данных.....	18

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ	20
<i>Горбачев Н.М., Кожин В.П.</i> Сушка древесного топлива для объектов теплоэнергетики.....	20
<i>Калинка А.Н., Ставров В.П.</i> Критерий энергоэффективного совмещения смешанных полимерных отходов в червячном экструдере.....	21
<i>Бобкова Н.М., Трусова Е.Е., Подденежный Е.Н.</i> Разработка композиционного материала со светопреобразующими свойствами для высокоэкономичных светодиодных ламп.....	22
<i>Антонова З.А., Максимук Ю.В., Куревич В.Н., Буглак А.Ф.</i> Нормативные аспекты контроля качества возобновляемых топливных ресурсов.....	23
<i>Горжанов В.В., Каверина А.А., Буцкий В.В., Соловьева Т.В.</i> Энергосберегающая технология размола бумажной массы, содержащей макулатуру.....	24
<i>Максимук Ю.В., Буглак А.Ф., Антонова З.А.</i> Исследование характеристик смесевых котельных топлив на основе отходов нефтепродуктов.....	26
<i>Журавский Г.И., Матвейчук А.С., Мартинов О.Г., Шаранда Н.С., Полесский Д.Э.</i> Технология термохимической конверсии горючих органических отходов.....	27
<i>Зеленькевич А.И., Кулаковский Д.А.</i> Бесперебойное электроснабжение потребителей, работающих на нестабильных источниках энергии.....	28
<i>Пиц И.В., Бирюк В.А.</i> Энергосберегающая технология производства поризованного кирпича.....	29
<i>Рудак О.Г., Гуз Ю.А., Снопков В.Б.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния древесины при прогреве в ненасыщенной среде.....	30
<i>Сакович А.А., Кузьменков Д.М.</i> Разработка технологии получения гипса из синтетического сырья.....	31
<i>Сидорович Т.В., Байков В.И.</i> Пульсационный режим течения вязкого теплоносителя как средство повышения энергоэффективности теплообменного оборудования.....	33
<i>Жукова Ю.В., Исаев С.А.</i> Интенсификация теплообмена при поперечном обтекании пакетов труб и при движении теплоносителя в трубах.....	34
<i>Чорный А.Д., Жукова Ю.В.</i> Возможности компьютерного моделирования в задачах архитектурно-строительной аэродинамики.....	35

<i>Вовк В.И., Широков С.Г., Лисай Н.К., Семенов А.А., Серебряков Г.Ф.</i> Исследование и разработка ресурсосберегающей безотходной технологии переработки отработанной неконцентрированной серной кислоты производства химволокна в химические концентрированные удобрения на малотоннажной установке.....	37
МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ.....	39
<i>Белый А.В., Кукареко В.А., Колесникова А.А., Кононов А.Г.</i> Триботехнические свойства биосовместимых материалов на основе Ti и Zr, модифицированных методами пластической деформации и ионно-лучевого азотирования.....	39
<i>Юркевич О.Р., Иноземцева Е.В.</i> Взаимодействие слоев комбинированных покрытий на основе термопластов.....	40
<i>Орехова С.Е., Ашуйко В.А., Курило И.И., Салыщю О.И.</i> Синтез и свойства пигментов для лакокрасочных материалов с антикоррозионными свойствами.....	42
<i>Грахольская Е.В., Барсуков В.Г.</i> Ресурсосберегающая модернизация экструзионных машин для переработки полимерных материалов.....	43
<i>Левицкий И.А., Баранцева С.Е., Позняк А.И.</i> Ресурсосбережение при производстве керамических плиток для внутренней облицовки стен.....	44
<i>Арабей А.В., Рафальский И.В.</i> Синтез сплавов системы алюминий- кремний с использованием алюмоматричных композиционных лигатур.....	45
<i>Бильдюкевич А.А., Якимович Н.Н., Гринько В.Н., Якимович И.В., Шункевич А.А., Шипат А.А.</i> Использование ферментных препаратов в производстве этанола.....	46
<i>Савич В.В., Киселев М.Г., Есьман Г.А., Габеев В.Л.</i> Экономичный и эффективный метод изготовления ортопедических имплантатов.....	47
<i>Буря А.И., Свириденко А.И., Кузнецова О.Ю., Ткаченко Э.В.</i> Исследование влияния содержания волокна Аримид-Т на прочностные и трибологические свойства органопластиков на основе полиамида-6.....	49
<i>Валенков А.М.</i> Формирование упрочненных полиамидных покрытий для повышения работоспособности поверхностей деталей механизмов в узлах трибосопряжения.....	50
<i>Дяденко М.В., Левицкий И.А., Папко Л.Ф.</i> Технологические аспекты получения многожильного оптического волокна.....	51
<i>Акулович Л.М., Линник А.В., Ефимов А.М.</i> Анализ однородности магнитного поля в рабочей зоне в установках для магнитной обработки и упрочнения.....	52

<i>Медяк Г.В., Соколова В.И., Шункевич А.А.</i> Преимущества волокнистых анионитов ФИБАН для водоподготовки.....	54
<i>Сергиенко В.П., Бухаров С.Н.</i> Снижение вибрации и шума тормозных механизмов машин.....	55
<i>Сушкевич А.В., Кузьменков М.И.</i> Стоматологический цемент, обладающий гидравлическими свойствами.....	57
<i>Мицкевич Ю.Н., Хорушкин В.В., Воробьева Г.И.</i> Разработка эффективной технологии производства белковой добавки кормового назначения на основе биомассы гриба <i>Fusarium sambucinum</i> МКФ-2001-3.....	58
<i>Таврогинская М.Г., Воробьева Е.В.</i> Комплексное изменение свойств стабилизированного вторичного полиэтилена при ускоренном старении.....	59
<i>Кравцевич А.В.</i> Полимерные нанокомпозиты на основе химически модифицированного углеродного наноматериала.....	61
<i>Микулич С.И., Кравцевич А.В.</i> Исследование способов получения высокодисперсных суспензий углеродного наноматериала.....	62
<i>Викторович А.И., Скачков В.И.</i> Стельки ортопедические.....	63
<i>Клубович В.В., Кулак М.М.</i> Применение ультразвука для управления структурообразованием в процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.....	65
ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ.....	67
<i>Стрижаков Д.А., Солнцев А.П., Агабеков В.Е., Селькин В.П., Плескачевский Ю.М.</i> Влияние η - облучения на состав сосновых опилок и продуктов их пиролиза.....	67
<i>Ашуйко В.А., Калинин А.Н., Карпович О.И., Стиглазов А.В.</i> Переработка смешанных полимерных отходов аккумуляторных батарей в формованные изделия.....	68
<i>Козловская И.Ю., Марицұл В.Н.</i> Использование отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти.....	69
<i>Левицкий И.А., Павлюкевич Ю.Г., Богдан Е.О., Кичкайло О.В.</i> Осадки сточных вод гальванических производств и перспективы их использования в керамической промышленности.....	70
<i>Бежко А.П., Румянцева Г.А., Немененок Б.М.</i> Флюсовая обработка расплава и экология.....	72
<i>Румянцева Г.А., Задруцкий С.П., Немененок Б.М.</i> Использование карбонатных флюсов для повышения эффективности переработки алюминиевого лома.....	72

<i>Шапалов В.М., Носов К.С., Лапина Е.М., Чуб А.В., Маршалов В.С.</i> Технология полимер-песчаных материалов на основе полимерных отходов.....	73
<i>Прокопович В.П., Губарь С.Е.</i> Термохимическая переработка отходов....	75
<i>Сатишуур В.А., Сатишуур Д.А., Клапоток А.П.</i> Вторичное использование промышленных отходов от производства концентрированной сыворотки (ретентата от обратного осмоса).....	76
<i>Наркевич А.Л., Ставров В.П.</i> Модифицирование вторичного полиэтилентерефталата для пултрузии стеклоармированных профилей.....	77
<i>Таврогинская М.Г.</i> Молекулярно структурные изменения вторичных материалов на основе полимерных отходов.....	78
<i>Якимович Н.Н., Пушкарь А.А., Бильдюкевич А.А., Гринько В.Н., Якимович И.В.</i> Выбор продуцента микробного белка для утилизации послеспиртовой барды.....	81
<i>Егорова Е.А., Матвеев К.С., Ковальков Н.С.</i> Переработка отходов производства с целью получения композиционных материалов для обувной промышленности	82
<i>Матвеев К.С., Ковальков Н.С., Матвеев А.К., Егорова Е.А.</i> Старение композиционных материалов из отходов полиуретанов.....	83
СТЕНДОВЫЕ ДОКЛАДЫ	85
<i>Александров В.М., Лобачев В.А., Киришина Н.В., Бадыкин А.А., Иневаткин Ю.Л., Колодкин В.Ф., Оксинь А.В.</i> Эффективные устройства на основе пористых порошковых элементов для систем водоподготовки предприятий энергетического комплекса.....	85
<i>Курило И.И., Черник А.А., Жарский И.М.</i> Применение импульсного электролиза для электрохимического меднения печатных плат.....	86
<i>Дубоделова Е.В., Горжанов В.В., Письменский П.И., Соловьева Т.В.</i> Ресурсосбережение в технологии топливных гранул.....	87
<i>Письменский П.И., Дубоделова Е.В., Соловьева Т.В.</i> Энерго- сберегающая технология получения термомеханической массы.....	88
<i>Станкевич Ю.А., Степанов К.Л., Станциц Л.К.</i> Моделирование тепловых режимов нагревательных печей.....	89
<i>Кухарчук И.Г., Чорный А.Д.</i> Исследование двухступенчатого гидродинамического кавитатора.....	90
<i>Масумова А.Ф., Хасанов Р.Р., Амирова Л.М.</i> Экономические и экологические вопросы производства полимерных композиционных материалов.....	91

<i>Мамедова Т.А., Велиев Х.Р., Талыбов А.Г., Алиева З.М., Андриющенко Н.К.</i> Прогризовисносные и антистатические присадки к дизельным топливам на основе растительного сырья.....	92
<i>Пльшевский С.В., Подболотов К.Б., Какошко Е.С., Гибхин А.В.</i> Термостойкий мертель для кладки низкотемпературных печей.....	93
<i>Подболотов К.Б., Дятлова Е.М., Бабак А.А.</i> Влияние механоактивации и добавок различного типа на процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза при получении огнеупорных покрытий на основе системы Al-SiO ₂ -C.....	95
<i>Соловьев В.Н., Плещанков И.Г., Кузьмина Н.Д., Гайко В.А., Позылова Н.М.</i> Использование дровяного сырья с загрязненных радионуклидами территорий в качестве топлива.....	96
<i>Медведева О.Н.</i> Располагаемый перепад давления в распределительных газовых сетях.....	97
<i>Семенов А.С.</i> Энергосбережение в средних и малых предприятиях.....	99
<i>Антихович И.В., Добровольский Е.А., Черник А.А., Жарский И.М.</i> Электрохимическое осаждение никеля из хлоридных электролитов в присутствии ацетатов натрия и аммония.....	100
<i>Багрец Д.А., Рубаник В.В., Маркова Л.В.</i> Влияние режимов низкотемпературного отжига на структуру и элементный состав TiN покрытий.....	101
<i>Тимошенко В.В., Шаповалов А.В.</i> Исследование влияния диоксида кремния на физико-механические и технологические свойства экструзионных древеснополимерных материалов.....	103
<i>Крутич Б., Барсуков В.В.</i> Учет межчастичного и внешнего трения при проектировании и расчете оснастки для компактирования дисперсных материалов.....	104
<i>Бурдовицына Л.И., Войтенко А.И.</i> Применение протеиновых пенообразователей в производстве пенобетонов.....	105
<i>Грачек В.И., Шункевич А.А., Акулич З.И., Исакович О.И., Радкевич С.Е.</i> Технология получения волокнистого полиамфолита для очистки воздуха.....	106
<i>Дикусар Е.А., Поткин В.И., Козлов Н.Г., Рудаков Д.А., Ювченко А.П., Бей М.П., Азарко В.А., Тлегинов Р.Т.</i> Продукты тонкого органического синтеза на основе лигнина.....	108
<i>Дребенкова И.В., Царюк Т.Я., Фалюшина И.П., Шапорева Л.Д.</i> Использование продуктов растительного происхождения в качестве компонентов консервационных и смазочных материалов.....	109

<i>Михедова Е.В., Стасенок С.В., Черник А.А., Жарский И.М.</i> Электрохимическое осаждение медных покрытий на стальную и чугунную основу из аммиакатного электролита.....	110
<i>Трусова Е.Е., Гурин В.С., Бобкова Н.М.</i> Разработка каталитически активных материалов на основе $\text{CeO}_2\text{-TiO}_2$ системы.....	111
<i>Царюк Т.Я., Шапорева Л.Д., Фалюшина И.П., Дребенкова И.В.</i> Ресурсосберегающая технология производства канатных смазок.....	112
<i>Черкасова Н.Г., Буря А.И., Свириденко А.И.</i> Реактопласты, хаотично армированные химическими волокнами.....	113
<i>Жогло Г.А., Микулич С.И., Наркевич А.Л.</i> Фрикционные покрытия металлических поверхностей.....	115
<i>Игнатовский М.И., Свириденко А.И., Максимович В.А., Шашура Л.И.</i> Корректирующие и спортивные стельки из композиционных материалов.....	116
<i>Осипова Е.О., Шломина Л.Ф., Позняк Н.И., Дихтиевская Л.В., Шевчук В.В.</i> Повышение эффективности собирательного действия солей высших алифатических аминов при флотации калийных руд.....	117
<i>Панасюгин А.С., Чайкина Н.В., Зыкович И.Л., Задруцкий С.П., Розум А.В., Бежок А.П.</i> Современный взгляд на технологию рафинирования алюминия карбонатом кальция.....	118
<i>Дятлова Е.М., Подболотов К.Б., Какошко Е.С., Быченко И.И., Прижитомский П.С.</i> Керамический кирпич с повышенными термомеханическими характеристиками для кладки низкотемпературных печей.....	119
<i>Дятлова Е.М., Баранцева С.Е., Сергиевич О.А., Гук Е.Л.</i> Структурные особенности и свойства каолинового сырья Республики Беларусь.....	120
<i>Сергиевич О.А., Гибкин А.В., Почуйко С.В.</i> Получение керамических материалов повышенной термостойкости с использованием каолинов месторождения «Ситница» Республики Беларусь.....	121
<i>Терещенко И.М., Петухова Р.В., Кравчук А.П., Волков Е.В.</i> Роль оксидов железа в производстве листового стекла.....	123
<i>Терещенко И.М., Кравчук А.П., Омелянович Д.А.</i> Разработка составов хрустальных стекол смешанного типа.....	124
<i>Рачковская Г.Е., Юмашев К.В., Захаревич Г.Б., Трусова Е.Е., Скобцов Н.А.</i> Низкотемпературный синтез и абсорбционные свойства стекол, активированных ионами эрбия.....	125

<i>Derlatka M., Ignatovskiy M.I.</i> Об измерении силы реакции опорной поверхности, применительно к биомеханике стопы человека.....	126
<i>Shulga G., Skudra S., Shakels V., Neiberte B., Verovkins A., Shapovalov V., Valenkov A.</i> Usage of modified kraft lignin in composite materials.....	128
<i>Shulga G., Shakels V., Betkers T., Shapovalov V., Lapshyna E.</i> Modified by-product of pulp and paper mills for protection of unpaved roads.....	129
<i>Гайда Л.С., Гузатов Д.В., Игнатовский М.И.</i> Касательно физических принципов оптической плантографии.....	131
<i>Панасюгин А.С., Григорьев С.В., Михалап Д.П., Ломоносов В.А., Павловский Н.Д.</i> Критерии пригодности Cu- и Ni-содержащих гальванических шламов для получения модификаторов железоуглеродистых сплавов.....	132
<i>Скачков В.И.</i> Демпфирующие ортезы.....	133
<i>Кравцевич А.В.</i> Термопластичные клеи-расплавы.....	135
<i>Кравцевич А.В., Микулч С.И., Шацюра Л.И.</i> Антимикробная модификация материалов из синтетических и натуральных волокон.....	136
<i>Комарь В.В., Походина Т.А., Кулинич Н.В.</i> Антикоррозионные свойства защитных покрытий на основе порошковых полиэфирных красок.....	137
<i>Лулева Н.К., Тельпук Е.А., Онуфрейчук А.В.</i> Изучение особенностей протекания процесса фосфорилирования целлюлозы разной степени кристалличности.....	138
<i>Пликус О.А., Опанасенко О.Н., Овсєенко Л.В.</i> Устойчивость битумно-латексных эмульсий к динамическим нагрузкам.....	139
<i>Погосян А.К., Меликсетян Н.Г.</i> Ресурсосберегающие фрикционные материалы на основе отходов минералов Армении.....	140
<i>Чурик М.Н., Андрушевич А.А., Казаневская И.Н.</i> Использование ресурсосберегающих технологий переработки промышленных отходов алюминиевых сплавов.....	142
<i>Долинская Р.М., Щербина Е.И., Гугович С.А.</i> Использование полимерных отходов для производства изоляционных материалов.....	143
<i>Зубко В.И., Зубко Д.В.</i> Разработка новых композиций на основе вторичных полимерных материалов и исследование их электрических свойств.....	144

<i>Кудина Е.Ф., Печерский Г.Г.</i> Использование битумсодержащих отходов для получения водоизолирующих и дорожно-строительных материалов.....	145
<i>Долинская Р.М., Свидерская Т.Д.</i> Возможность использования отходов для получения изделий конструкционного назначения.....	146
<i>Tartakowski Z., Kosyl M.</i> Hybrid composites on polyethylene recycles matrix.....	147
<i>Tartakowski Z., Tartakowska D. J.</i> Polymer recycles as construction materials.....	148
<i>Жогло Г.А., Микулич С.И.</i> Лента полимерная для ограждения растений на основе вторичного полимерного сырья.....	149
<i>Крышилович Е.В., Орехова С.Е., Жарский И.М., Курило И.И.</i> Получение ванадийсодержащих соединений из промышленных отходов.....	150
<i>Романовский В.И.</i> Анализ использования отходов станций водоподготовки в Беларуси.....	151
<i>Шабловский В.О., Тучковская А.В., Ховзун Т.В., Лобанов Ю.В., Рухля В.А., Пап О.Г., Ивашина О.В., Васюченко Н.Н.</i> Санитарная обработка установок ультрафильтрации.....	152
<i>Шабловский В.О., Тучковская А.В., Рухля В.А., Пап О.Г., Ивашина О.В., Васюченко Н.Н.</i> Перспективы использования шламовых отходов производства ОАО «Мозырьсоль».....	154
<i>Рубаник В.В., Луцко В.Ф., Осипов И.Ю., Плиш В.И., Шрубиков С.Н.</i> Аппарат ультразвуковой герметизации полимерных магистралей контейнеров для сбора, хранения и переработки крови.....	155
Список авторов.....	157

Научное издание

**ЭНЕРГО- И МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Тезисы докладов IX международной
научно-технической конференции

(Гродно, 20-21 октября 2011 г.)

Ответственный за выпуск *М.В. Вахмянина*
Компьютерная вёрстка: *М.И. Вертак*
Дизайн обложки: *О.В. Канчуга*

Подписано в печать 12.10.2011. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Ризография. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 11,0. Тираж 135 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования «Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы».
ЛИ № 02330/0549484 от 14.05.2009.
ЛП № 02330/0494172 от 03.04.2009.
Пер. Телеграфный, 15а, 230023, Гродно.

ISBN 978-985-515-469-4



9 789855 154694 >