

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»
Всероссийский фестиваль науки
Областной фестиваль науки



Сборник докладов

Часть 11

**Повышение качества, энерго- и ресурсосбережение
в производстве силикатных и композиционных материалов**

Белгород

13-14 октября 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

**XIV Международный молодежный форум
«Образование. Наука. Производство»: эл. сборник
докладов [Электронный ресурс]:** Белгород:
М 43 БГТУ им. В.Г. Шухова, 2022. – Ч. 11. – 50 с.

ISBN 978-5-361-01063-9

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XIV Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство»

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

ISBN 978-5-361-01063-9

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

Оглавление

Акименко А.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРИДА ГАФНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... 4

Великородных А.Ю.

ДИАТОМИТОВЫЙ ПЕНОЛЕГКОВЕС..... 7

Даценко А.О., Ковылова Ю.В., Омарова Л.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА СТЕКЛОБЕТОНА 12

Жаникулов Н.Н.

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА 16

Иванов А.Д., Ершов В.С., Атаманенко Н.В.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ..... 21

Лазарова Ю.С.

О ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА..... 25

Любушкин Р.А., Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЖУРЫ ЦИТРУСОВЫХ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ D-ЛИМОНЕНА 33

Николаева А.Д.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА 37

Омарова Л.А., Даценко А.О.

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМОГРАНИТА НА ОСНОВЕ НЕФЕЛИНОВЫХ ХВОСТОВ..... 40

Поляк П.В., Ершов В.С., Талдыкин Д.С.

КАРБОН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И АВТОСПОРТЕ 45

УДК 621.039

Акименко А.В.

*Научный руководитель: Ястребинский Р.Н., канд. физ.-мат. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРИДА ГАФНИЯ В АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Наиболее распространённым поглотителем для стержней системы управления и защиты реакторов на быстрых нейтронах является карбид бора. Он хорошо изучен и полностью удовлетворяет потребности проектировщиков. Однако карбид бора имеет ряд недостатков, поэтому актуален вопрос поиска альтернативных материалов. Целью данной работы является исследование перспективы использования гидрида гафния в атомной промышленности [1].

Для реакторов на быстрых нейтронах в качестве поглощающего материала во всем мире использовался и используется, в том числе и в Росатоме, карбид бора с природным содержанием изотопов, и обогащенный по ^{10}B . В природе бор встречается в виде двух стабильных изотопов: ^{10}B (19,8%) и ^{11}B (80,2%). Для реакторов на быстрых нейтронах требуется обогащение по ^{10}B до 90% и выше. Такого обогатительного производства в России нет, поэтому весь поглощающий материал сегодня импортируется. Для реакторов с тепловыми нейтронами высокого обогащения не требуется, но весь карбид бора тоже закупается за рубежом.

У соединения есть два важных преимущества: высокое сечение поглощения нейтронов и относительная дешевизна. Но и недостатков у карбида бора много. Во-первых, этот материал, находясь в активной зоне, подвергается значительным радиационным повреждениям. Изотоп ^{10}B захватывает нейтрон и делится на два ядра: ^7Li и ^4He , с выделением большого количества энергии, более 2 МэВ. Совокупная масса ядер больше, чем у исходного ^{10}B . Происходит накопление твердых и газообразных продуктов ядерных реакций, которые давят на оболочку и могут ее разрушить. При выгорании 50% на 1 см^3 карбида бора в нормальных условиях накапливается более 400 см^3 гелия. При рабочих температурах эксплуатации, достигающих в ряде реакторов до $1800\text{ }^\circ\text{C}$, газовое давление возрастает кратно, оболочка подвергается также колоссальному газовому давлению. Последнюю проблему удалось частично решить для стержней регулирования ядерных реакторов на быстрых нейтронах, изготавливая негерметичную

конструкцию и выпуская газообразные продукты ядерных реакций в теплоноситель. Но кроме инертного гелия в этих продуктах присутствует, например, радиоактивный тритий — то есть решение это с точки зрения экологии и безопасности не самое лучшее [2-5].

Следующий негативный фактор использования карбида бора — его максимальное выгорание не может превышать 45–50%, а это всего три года нахождения в активной зоне реактора ВВЭР-1000. Частично эту проблему тоже решили путем использования комбинированного поглощающего сердечника: в нижней части, подверженной интенсивному облучению, разместили радиационно-стойкий материал (титанат диспрозия), в верхней — карбид бора, облегчив условия его эксплуатации. Таким образом удалось достичь десятилетнего периода эксплуатации стержней регулирования. При этом следует отметить, что в стержнях регулирования зарубежного дизайна практически для тех же условий эксплуатации при использовании сплавов серебра-индия-кадмия ресурс превысил 20 лет.

Есть и еще одна проблема: в соответствии с современными требованиями, стержни регулирования должны сохранять целостность в аварийных ситуациях, связанных с перегревом активной зоны до 1200 °С, хотя бы в течение пяти минут. Карбид бора этим требованиям не отвечает. Следует также отметить высокую стоимость карбида бора, обогащенного по ^{10}B [6].

Оптимальной заменой карбида бора в реакторах на быстрых нейтронах является гидрид гафния. В этом материале одновременно присутствуют замедляющие быстрые нейтроны химические элементы (водород) и поглощающие тепловые нейтроны изотопы гафния. Поэтому конструкция стержня регулирования с гидридом гафния существенно упрощается, потому что нет необходимости отдельно изготавливать поглощающие и замедляющие элементы.

Гидрид гафния обладает очень высокой радиационной стойкостью, почти не распухает и эффективно поглощает тепловые нейтроны. Для предотвращения выхода водорода в стержнях из гидрида гафния могут применяться защитные покрытия. Сегодня срок использование гидрида гафния — всего два-три года, но ресурс эксплуатации поглощающих элементов может быть кратно увеличен [7-9].

Кроме того, гидрид гафния обладает высокой плотностью, в связи с чем может быть эффективно использован в качестве материала для защиты от гамма-излучений. При этом необходимо решить вопрос об увеличении термической стабильности гидрида гафния при

радиационно-термических нагрузках для обеспечения безопасности работы ядерной энергетической установки.

Поведение гидрида гафния под облучением в реакторе БОР-60 впервые в мире было исследовано еще в 1990-х годах. По результатам исследования гидрид гафния и карбид бора обладают одинаковой физической эффективностью, при этом стоимость первого на порядок ниже, а радиационная стойкость — на порядки выше [10].

Сейчас во всех отечественных отраслях актуален вопрос импортозамещения. Этот процесс подразумевает не просто замену импортных материалов на материалы и изделия отечественного производства, а внедрение принципиально других решений, продуктов, которые превосходят исходные по качеству, техническим и экономическим характеристикам. В ходе написания работы были рассмотрены достоинства и недостатки карбида бора и гидрида гафния. По результатам исследований можно сделать вывод, что использование в стержнях регулирования гидрида гафния вместо карбида бора в реакторах на быстрых нейтронах, эффективно и имеет много преимуществ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матюхин П.В., Косов А.В. Композиционные материалы для защиты от космической радиации // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. С. 583-587.

2. Ястребинская А.В., Павленко В.И., Матюхин П.В., Воронов Д.В. Механическая активация полимерных диэлектрических композиционных материалов в непрерывном режиме // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №3. С. 74-77.

3. Рисованый В. Д., Захаров А.В., Гусева Т.М., [др]. Опыт исследования поглощающих материалов и стержней регулирования реактора бор-60 и перспективы его использования в инновационных реакторах на быстрых нейтронах // Сборник трудов АО ГНЦ НИИАР, No. 1, 2010. С. 15-26.

4. Kazumi Ikeda, Hiroyuki Moriwaki, Yoshiyuki Ohkubo, Tomohiko Iwasaki, Kenji Konashi. Application of hafnium hydride control rod to large sodium cooled fast breeder reactor // Nuclear Engineering and Design, 2014. pp. 97-107.

5. Tomohiko Iwasaki, Kenji Konashi. Development of Hydride Absorber for Fast Reactor — Application of Hafnium Hydride to Control Rod

of Large Fast Reactor // Journal of Nuclear Science and Technology, 2012. pp. 874-882.

6. Рисованный В.Д., Захаров А.В, Клочков Е.П. Поглощающие материалы и стержни СУЗ инновационных ядерных реакторов // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2011. No. 1. С. 240-248.

7. Афанасьев А.А., Конотоп Ю.Ф., Одеичук Н.П. Гафний — перспективный поглотитель для пэлов СУЗ // Вопросы атомной науки и техники. 2000. No.

8. Ефимов А.В, Ажажа В.М., Пилипенко Н.Н, Мухачев А.П. Гафний — перспективный материал для ядерной энергетики. // "Вестник Харьковского политехнического института". 2004. No. 23. С. 37-44.

9. Павленко В.И., Матюхин П.В. Основные аспекты разработки современных радиационно-защитных конструкционных металлокомпозиционных материалов // Современные наукоемкие технологии. 2005. №10. С. 85-86.

10. Соколенко И.В., Ястребинский Р.Н., Матюхин П.В., Иваницкий Д.А. Разработка радиационно-защитного композита для защиты от гамма-излучения // Успехи современного естествознания. 2015. №10. С. 40-43.

УДК 666.3-135

Великородных А.Ю.

Научный руководитель: Перетоккина Н.А., доц.
*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ДИАТОМИТОВЫЙ ПЕНОЛЕГКОВЕС

Производство и применение теплоизоляционных материалов имеет огромное значение, как в строительстве, так и при использовании различных тепловых агрегатов. Истинная пористость таких материалов достигает 45% и выше, благодаря этому они имеют более высокие теплозащитные свойства и являются теплоизоляционными. Кажущаяся плотность легковесов может варьироваться от 0,4 до 1,4 г/см³.

У этих материалов достаточно широкий спектр применения. Они используются для кладки печей и каминов, являясь огнестойкими; также для возведения стен малоэтажных построек и верхних этажей многоэтажных зданий. Главным образом, легковесы используются при футеровке различных тепловых агрегатов, а именно различных

промышленных печей: туннельных, металлургических, стекловаренных и других.

При использовании легковесных огнеупоров в качестве футеровочных материалов значительно сокращаются теплотери в окружающую среду благодаря тому, что они имеют минимальную теплопроводность. Расход топлива может сокращаться примерно от 20% до 70%. Это благоприятно влияет на уменьшение расхода топлива и электроэнергии, что хорошо отражается на себестоимости продукции данного предприятия.

Технологии производства легковесных огнеупоров постоянно совершенствуются. Необходимо получить огнеупор с минимальным объемным весом, но при этом с хорошими показателями огнеупорности, теплопроводности, прочности. Существуют такие материалы как пенолегковесы, к которым относятся и кирпич пенодиатомитовый (КПД). КПД изготавливают по ГОСТ 2694 – 78 «Изделия пенодиатомитовые и диатомитовые теплоизоляционные. Технические условия» [1]. Данные изделия не содержат каких-либо вредных компонентов в своем составе и, что особенно важно, при нагревании не выделяют опасных веществ в окружающую среду, поэтому КПД являются экологически чистыми материалами.

Главным компонентом при производстве пенодиатомитового кирпича является диатомит. Это рыхлая или слабо сцементированная осадочная горная порода, являющаяся гидратом кремнезема, которая состоит на 96% из опала. То есть состоит из останков диатомитовых водорослей, которые сцементированы опалом [2].

Для изготовления образцов пенодиатомитового легковеса использовался диатомит Инзенского месторождения. Его химический состав приведен в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Химический состав диатомита Инзенского месторождения

Оксиды	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	п.п.п
Содержание, мас. %	82,10	5,35	2,26	0,36	0,76	1,34	0,27	7,26

Масса для изготовления пенодиатомитового кирпича состоит из ВКВС диатомита, шлака ОЭМК, жидкого стекла и пенообразователя. Содержание шлакощелочного вяжущего в составе пенодиатомита варьировалось от 5 до 10 %.

На начальном этапе был произведен подбор пенообразователя и концентрации его рабочего раствора, с этой целью рассмотрены

поверхностно-активные вещества (ПАВ) такие, как ПБ-2000, ТЭАС, Морпен и ПО-6К. Концентрация ПАВ изменялась с 5 до 10 %. Пену взбивали в вертикальной лопастной мешалке. Число оборотов вала $n=900-1200$ об/мин, время взбивания $\tau= 2-5$ мин. Были определены основные характеристики пены, данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние вида и концентрации пенообразователя на устойчивость пены

ПАВ	Объем пены, мл	Объем воды через 30 мин, мл	Коэффициент устойчивости пены	Коэффициент выхода пены	Плотность пены ρ_n , г/см ³
ПБ-2000					
5%	450	11,5	0,425	22,5	0,04
7%	200	9,0	0,550	10,0	0,1
10%	225	5,6	0,720	11,25	0,09
ТЭАС					
5%	195	14,8	0,26	9,75	0,10
7%	288	16,0	0,2	14,4	0,07
10%	336	16,8	0,16	16,8	0,06
Морпен					
5%	210	15,8	0,21	10,5	0,1
7%	278	17,1	0,15	13,9	0,07
10%	250	18,4	0,8	12,5	0,08
ПО-6К					
5%	132	18,6	0,7	6,6	0,15
7%	90	18,8	0,6	4,5	0,22
10%	110	19,2	0,4	5,5	0,18

На основе проведенного эксперимента для получения пеномассы было выбрано поверхностно-активное вещество ПБ-2000 с концентрацией рабочего раствора 5 %, которое имеет высокие показатели коэффициента устойчивости и коэффициента выхода пены.

Образцы пенодиатомитовых легковесов изготавливались из карьерного диатомита, путем получения из него высококонцентрированной керамической вяжущей суспензий (ВКВС). Влажность ВКВС из карьерного диатомита составила 50%. При использовании ВКВС полуфабрикат характеризуется минимальной

усадкой при сушке и обжиге, меньшей пористостью и повышенной механической прочностью [4].

Образцы пенодиатомита получали методом литья в металлические формы, размером 70x70x70 мм. Затем производилась сушка на воздухе и в сушильном шкафу при температуре 100-110 °С до остаточной влажности не более 1%. Обжиг образцов осуществлялся при температуре 1050 °С.

У пенодиатомитовых легковесов были определены следующие важные показатели: предел прочности при сжатии, водопоглощение, открытая пористость и кажущаяся плотность, результаты представлены в таблице 3.

После спекания данные огнеупоры имеют следующие достоинства, благодаря пенно-ячеистой структуре: низкую объемную массу, низкую теплопроводность, малый вес. Также они являются тепло – и звукоизоляционными материалами.

Кроме этих характеристик пенодиатомитовые огнеупорные легковесы являются экологически чистыми огнеупорами, которые, что самое главное, при нагревании не выделяют вредных веществ. Поэтому эти материалы являются абсолютно безопасными как для окружающей среды, так и для здоровья человека [5].

Таблица 3 – Характеристики пенодиатомитового легковеса

№	Содержание шлакощелочного вяжущего σ , %	Водопоглощение W, %	Пористость открытая P_k , %	Кажущаяся плотность $\gamma_{каж}$, г/см ³	Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа	Коэффициент конструктивного качества A
1	5	150,7	80,1	0,531	4,5	16
2		118,4	78,2	0,660	7,8	18
3	7	168,7	91,6	0,543	5,3	18
4		125,8	74,6	0,593	6,7	19
5	10	190,6	94,1	0,494	5,4	22
6		155,3	87,2	0,561	7,2	23

С ростом доли шлакощелочного вяжущего в диатомитовом легковесе происходит увеличение их прочности. Для сравнения материалов использовался коэффициент конструктивного качества, который позволяет нивелировать разброс значений по плотности образцов.

Легковесы, содержащие в своем составе шлакощелочного вяжущего 10 % имеют максимальные прочностные характеристики, отличаются небольшой плотностью и имеют коэффициент конструктивного качества 22-23, что по существующей классификации [4] позволяет отнести материалы к суперматериалам.

Показатели плотности этих изделий имеют минимальные значения по сравнению с другими видами подобных материалов и соответствуют показателям, указанным в ГОСТ 2694 – 78 «Изделия пенидиатомитовые и диатомитовые теплоизоляционные. Технические условия» [1].

Пенидиатомитовые легковесы имеют много преимуществ по сравнению с другими видами легковесных огнеупоров. Как и другие легковесы он используется для уменьшения теплопотерь в окружающую среду в строительстве, в кладке доменных, стекловаренных и других печей, где достаточно высокие температуры. Но при этом данные изделия имеют меньшую объемную массу и низкую теплопроводность. Единственным минусом КПД является их высокая стоимость [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2694-78 Изделия пенидиатомитовые и диатомитовые теплоизоляционные. Технические условия [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/9056513>

2. Диатомиты [Электронный ресурс] <https://diatomitural.ru/company/blog/210/>

3. Гончаров Ю.И., Перетокина Н.А., Ткаченко А.М., Фатеев В.А. Керамика на основе опаловидных пород – диатомита // Строительные материалы, 2006. № 9. – С. 72-73.

4. Евтушенко Е.И., Перетокина Н.А., Дороганов В.А., Сулейманова Л.А., Сыса О.К. Теплоизоляционные материалы на основе искусственных керамических вяжущих различного состава // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2013. №6. с. 149-151.

5. Пенидиатомитовый кирпич: размеры, производство [Электронный ресурс] <https://etokirpichi.ru/kp/typu/penodiatomitovyj-kirpich.html>

6. Пенидиатомитовый кирпич [Электронный ресурс] <https://dzen.ru/media/samstroy24/penodiatomitovyi-kirpich-iz-nego-by-postroit-dom-no-stoimost-60-rubsht-5feecad5fe4e686f6a1135c9>

*Даценко А.О., Ковылова Ю.В., Омарова Л.А.
Научный руководитель: Бондаренко Н.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА СТЕКЛОБЕТОНА

Экология и вторичного использования различных материалов на сегодняшний момент является важным направлением в мире. Особое внимание уделяется утилизации твердых бытовых отходов (ТБО). Основной массой среди этих компонентов является стекло, которое демонстрирует собой неразлагающийся отход, засоряющий почвенный слой земли [1-3].

Стеклобой применяется во всех сферах промышленности, а также при изготовлении различных материалов. Актуальность проблем экологии и необходимость экономии топливно-энергетических ресурсов предлагают осуществлять исследования по созданию композиционных материалов с техногенными отходами, в том числе со стеклобоем [4, 5].

В Российской Федерации и за границей ведутся исследования по применению стекольного боя в составе бетонных масс. Число используемого стекольного боя в массах в различных странах разное и напрямую зависит от сферы применения и химического состава бетонной смеси [6-8].

Методика изготовления бетонной массы с применением стекольного боя схожа с методикой изготовления газобетона и бетонной массы, в состав которых входит известь и портландцемент [9, 10].

Качество цементных композитов и бетонов в большой степени зависит от используемых материалов. Правильный выбор, учитывающий, как требования к бетону, так и свойства самих материалов – важный этап в проектировании состава. Свойства используемых материалов должны удовлетворять соответствующим государственным стандартам и техническим условиям.

При проведении исследований были использованы следующие сырьевые материалы:

– кварцевый песок марки ВС-030-В ГОСТ 22551-77 «Песок кварцевый, молотый песчаник, кварцит и жильный кварц для стекольной промышленности», ООО «ТД ТАВР Неруд», содержащий, мас. %: не менее 98,5 SiO₂; не более 0,05 Fe₂O₃; не более 0,6 Al₂O₃;

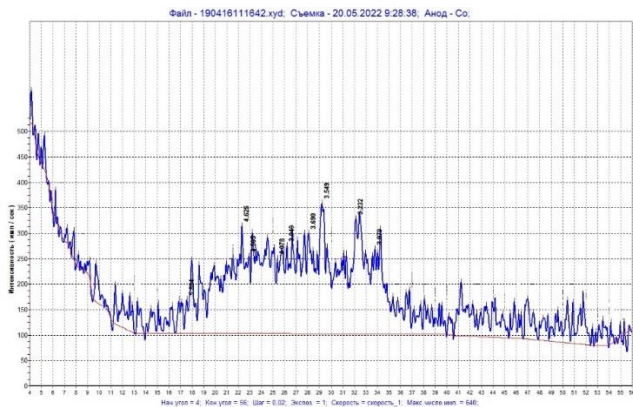


Рис. 2 Рентгенограмма стеклотетона после 28 суток твердения

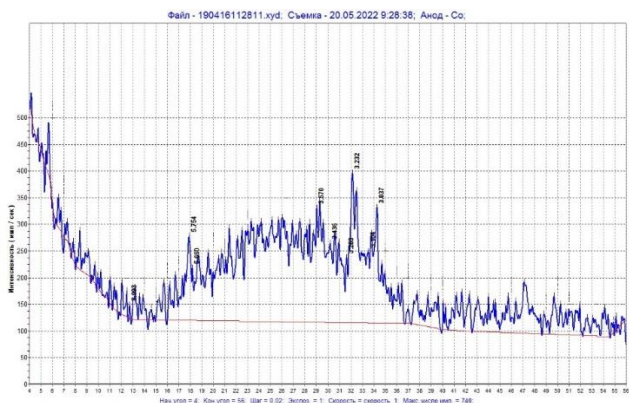


Рис. 3 Рентгенограмма стеклотетона после 56 суток твердения

Имеет место тенденция к уменьшению пиков портландита, негидратированных минералов цементного клинкера C_3S , C_3A , C_4AF по данным анализа проб нагруженного образца. Это может указывать на повышение степени гидратации цементного камня, уменьшения содержания кристаллических фаз и образование аморфно-кристаллической структуры, которая присуща гидросиликатам $C-S-H$. Появление пиков, изменение их количества и интенсивности для гидратных продуктов демонстрирует преобразование кристаллических фаз, увеличение степени аморфности гидратов, что, по мнению, может приводить к повышению их дисперсности и упрочнению цементного камня.

Постепенное увеличение площади аморфного гало косвенно может указывать на протекание щелочно-силикатной реакции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Минько Н.И., Аткарская А.Б., Кеменов С.А. Использование стекла и изделий из него в современном строительстве // Строительные материалы. 2008. № 10. С. 91–95.

2. Бондаренко Н.И., Басов В.О., Даценко А.О. Разработка составов вяжущих с использованием стеклоотходов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2022. № 1. С. 83–89.

3. Бондаренко Н.И., Яловенко Т.И., Сопотов И.А., Даценко А.О. Энергосберегающая технология получения смальты на основе боя тарных цветных стекол / Научно-технологические и инновационные технологии: сб. докладов. Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. С. 21–24.

4. Бондаренко Н.И., Даценко А.О., Бондаренко Д.О., Басов В.О. Стеклоотходы как наполнитель для композиционного вяжущего / Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. Казань, 2021. С. 750–755.

5. Яловенко Т.А., Бондаренко Н.И. Использование стеклянных бытовых отходов для получения защитно-декоративных покрытий для цементно-стружечных плит / Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сб. докл. Всероссийской научной конференции. 2019. С. 117–120.

6. Кузьмичева И.Г. Иштуин А.А., Овчинникова А.П. Разновидность стеклобетона / Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XVII Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 92–94.

7. Бондаренко Н.И. Исследование возможности применения стеклобоя в составе бетонной смеси. Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием молодых ученых и специалистов. Казань. 2021. С. 742–745.

8. Бондаренко Д.О., Валуйских К.А. Исследование влияния фракционного состава заполнителя на прочность стеклобетона. Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности //

Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых. Могилев. 2020. С. 121.

9. Бондаренко Н.И. Исследование термических свойств стеклбетона / Научное издание «Научно-технические материалы»: Тез. докл. VI Международной научно-технической конференции. Редколлегия: О.Э. Бабкин [и др.]. 2019. С. 77–78.

10. Бондаренко Д.О., Бондаренко Н.И., Бессмертный В.С. Использование стеклянных бытовых отходов в производстве бетонов с защитно-декоративными покрытиями / Актуальные вопросы охраны окружающей среды: сб. докл. Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 13–16.

УДК 666.94

Жаникулов Н.Н.

*Научный руководитель: Алферьева Я.О., канд. геол. -мин. наук
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия*

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Основным источником выделения парниковых газов относятся отрасли тяжелой промышленности и большое использование топливно-энергетических ресурсов. В настоящее время около 40 % выбросов парниковых газов приходится на развитые экономики Китая и США. Предприятия Республики Казахстан в 2020 году выбросили в атмосферу 241,0 млн тонн парниковых газов, что составляет около 0,7 % мирового показателя [1]. В Экологическом кодексе Республики Казахстан от 2 января 2021 года №400-VI ЗРЗ введено законодательное государственное регулирование и мероприятия на национальном уровне по сокращению выбросов парниковых газов. Глава 18, Часть 20, Статья 281 Экологического кодекса требовали государственного регулирования на следующие виды парниковых газов: диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), сернистый ангидрид (SO_2), оксид углерода (CO), оксид азота (NO_2), гидрофторуглероды (ГФК) и перфторуглероды (ПФК) [2]. В Казахстане также утвержден Национальный план распределения квот на выбросы парниковых газов на 2021 и 2022 годы. Общий объем квот по всем отраслям промышленности на этот период утвержден в количестве 287800018 тонн двуоксида углерода.

На основании данных, предоставленных Национальным бюро статистики Агентства Республики Казахстан по стратегическому планированию и реформам, установлено, что в 2020 году из стационарных источников загрязнения в атмосферу было выброшено 2441 тыс тонн загрязняющих веществ, что на 1,7 % меньше, чем в 2019 году. Наибольший объем выбросов загрязняющих веществ составил SO_2 - 868,1 тыс тонн, CO - 486,5 тыс тонн и NO_2 - 311,4 тыс тонн. Из общего объема загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, 79,5 % составляют газообразные и жидкие вещества, а 20,5 % - твердые вещества. Основные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу осуществлялись промышленными предприятиями, на долю которых приходится 86,6 % всех выбросов (в 2019 году - 85,8 %) [3].

Проведение расчетов по снижению выбросов парниковых газов за счет использования техногенных продуктов в составе шихты при производстве портландцемента.

Для сравнения выбраны традиционная технологии производства портландцемента с природными сырьевыми материалами и энерго- и ресурсосберегающая технология, где два компонента шихты заменены на промышленные отходы. В традиционной технологии, сырьевая смесь состоит из известняка, лесса и пиритного огарка. Обжиг клинкера происходит при традиционной температуре 1450°C. Полученные клинкера измельчаются с 5% гипса и в результате получаем портландцемент.

В разработанных нами энерго- и ресурсосберегающих технологиях традиционный глинистый компонент - лесс заменили отходом угледобычи и тефритобазальтом, а корректирующую добавку - пиритные огарки - на свинцовый шлак. Обжиг сырьевой смеси проводили при температуре 1350°C. Полученные клинкеры измельчали с 5 % гипса и получили специальные портландцемент.

По энерго- и ресурсосберегающей технологии сырьевую шихту приготавливали из следующих материалов и отходов: «Известняк+отходы угледобычи+тефритобазальт+свинцовый шлак», формовали таблетки, обжигали в электропечи при температуре 1350 °С. Обожженные таблетки размалывались для определения свободного оксида кальция. По результатам обжига содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ в клинкере составляло 0,2 %. Качество клинкера хорошее, химико-минералогический состав соответствует требованиям. Установлено, что в разработанных нами энерго- и ресурсосберегающих сырьевых смесях процесс клинкеро-образования завершается при 1350 °С, т.е. на 100 °С ниже [4].

Установлено содержание вредных газов, выделяющихся из цементного клинкера, полученного на основе отходов промышленности. Проведены расчеты по методике установления единых подходов к нормированию загрязняющих выбросов от предприятий цементного производства [5]. Технологические показатели, необходимые для проведения расчетов, следующие:

Производительность завода - 1,3 млн т цемента в год;

Основное технологическое оборудование - вращающаяся печь с циклонными теплообменниками и декарбонизатором Ø 4,2x60 м;

Время работы вращающейся печи 330 дней, 24 часа в сутки, $T=24 \times 330=7920$ ч / год;

Общий объем выхлопных газов при использовании техногенных отходов на заводе-производителе цемента производительностью 1,3 млн т/год $V = 111072$ м³/ч.

Расчет выбросов оксидов азота, серы и углерода в атмосферу

Расчет выбросов оксидов азота.

Расчет максимального разового суммарного выброса оксидов азота в атмосферу производится по формуле:

$$M_C^{NOx} = \frac{V \cdot C_{NOx}}{3600}, \text{ г/с} \quad (1)$$

где, V - объем отходящих газов, м³/ч; год

C_{NOx} - концентрация оксидов азота в отходящих газах, г/м³.

$$M_C^{NOx} = 111072 \cdot 0,436 / 3600 = 13,45 \text{ г/с.}$$

Суммарный валовый выброс оксидов азота в атмосферу производится по формуле:

$$M_{\text{год}}^{NOx} = \frac{3,6 \cdot M_C^{NOx} \cdot T}{1000}, \text{ т/год}, \quad (2)$$

где, T - время работы топливо потребляющего агрегата (без учета времени розжига), ч/год.

$$M_{\text{год}}^{NOx} = 3,6 \cdot 13,45 \cdot 7920 / 1000 = 383,48 \text{ т/год.}$$

Расчет выбросов оксидов серы.

Дымовые газы вращающихся печей содержат продукты сгорания горячей серы топлива (органической и колчеданной) в соответствии со следующим соотношением:

$$M_C^{SO2} = 0,02 \cdot B_t \cdot S^P \cdot (1 - \eta_{SO2}) - \frac{0,01 \cdot \epsilon \cdot C_{R2O} \cdot B_S}{1,5}, \text{ г/с} \quad (3)$$

где, B_t - расход натурального топлива, г/с;

S^P - содержание горячей серы в рабочей массе топлива, %;

η_{SO2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой, зависит от зольности топлива и содержания свободной щелочи в золе;

ε - первичная летучесть щелочей, принимает значение от 0.3 до 0.5; для получения верхней оценки и учета различных способов производства принимает - 0.3;

C_{R2O} - содержание щелочей в сырье, %;

V_s - расход сырья, г/с (по сухому веществу).

$$M_C^{SO_2} = 0,02 \cdot 2800 \cdot 0,36 \cdot (1 - 0,1) - \frac{0,01 \cdot 0,3 \cdot 0,51 \cdot 17352}{1,5}$$

$$= 18,14 - 17,69 = 0,44 \text{ г/с}$$

Валовый выброс оксида серы рассчитывается в том случае, когда второй член соотношения меньше первого, по формуле:

$$M_{\text{год}}^{SO_2} = \frac{3,6 \cdot M_C^{SO_2} \cdot T}{1000}, \text{ т/год} \quad (4)$$

где, T - время выделения оксида серы от источника или время работы оборудования, являющегося источником выброса вредных газообразных веществ (без учета времени розжига), ч/год.

$$M_{\text{год}}^{SO_2} = (3,6 \cdot 0,44 \cdot 7920) / 1000 = 13,59 \text{ т/год}$$

Расчет выбросов оксида углерода.

Расчет максимального разового выброса оксида углерода в атмосферу производится по формуле:

$$M_C^{CO} = \frac{V \cdot M_{CO}}{3600}, \text{ г/с} \quad (5)$$

где, V - объем дымовых газов, приведенный к 10% содержанию кислорода, м³/час;

C_{CO} - концентрация оксида углерода, приведенная к 10% содержанию кислорода, г/м³;

$$M_C^{CO} = (111072 \cdot 0,29) / 1000 = 32,21 \text{ г/с}$$

Валовый выброс оксида углерода в атмосферу производится по формуле:

$$M_{\text{год}}^{CO} = \frac{3,6 \cdot M_C^{CO} \cdot T}{1000}, \text{ т/год} \quad (6)$$

где, T - время выделения оксида углерода от источника или время работы оборудования, являющегося источником выброса вредных газообразных веществ (без учета времени розжига), ч/год.

$$M_{\text{год}}^{CO} = (3,6 \cdot 32,21 \cdot 7920) / 1000 = 918,39 \text{ т/год}$$

Расчет выбросов твердых частиц (пыли) в атмосферу

Расчет количества загрязняющих веществ (кг/ч), поступающих в атмосферу при производстве цемента ведется по формуле:

$$Q = \frac{V \cdot c}{1000}, \text{ кг/час} \quad (7)$$

где, V - объем загрязняющего газа, м³ /ч;

c - концентрация пыли в потоке загрязняющего газа, г/м³

$$Q = (111072 \cdot 40) / 1000 = 4442,88 \text{ кг/час}$$

Валовый выброс загрязняющего вещества (т/год) определяется по формуле:

$$M_{\text{год}} = \frac{Q \cdot T}{1000}, \text{ т/год} \quad (8)$$

где, T - время выделения вещества из источника (для вращающихся печей без учета времени розжига), ч/год.

$$M_{\text{год}} = (4442,88 \cdot 7920) / 1000 = 35187,6 \text{ т/год}$$

Максимальный разовый выброс загрязняющего вещества (г/с) определяется по формуле:

$$M_{\text{с}} = \frac{Q \cdot 1000}{3600}, \text{ г/с} \quad (9)$$

$$M_{\text{с}} = (4442,88 \cdot 1000) / 3600 = 1234,13 \text{ г/с}$$

В результате расчетов, выполненных на основе традиционных сырьевых материалов, количество вредных загрязняющих веществ, выбрасываемых в воздух, составило суммарный валовой выпуск NO_x 479,2 т/год, валовой выпуск SO_2 55,88 т/год, выпуск CO 1146,1 т/год. А при технологии комплексного применения техногенных отходов суммарный валовой выпуск NO_x составил 383,48 т/год, валовой выпуск SO_2 - 13,59 т/год, выпуск CO - 918,39 т/год. Это достигнуто за счет снижения содержания карбонатной породы – известняка в составе клинкера с 78% до 76%, а также внедрения свинцового шлака на 2,57% вместо пиритного огарка. Доказано, что в результате внедрения техногенных отходов в состав сырьевой смеси общее количество загрязняющих веществ снизилось на 20%.

Производителям цемента необходимо шире использовать энергосберегающие технологии производства клинкера путем замены природного карбонатного сырья промышленными отходами, прошедшими термическую обработку и содержащими некарбонатную известь, утилизировать уголь содержащие отходы, снижать расход топлива на обжиг клинкера. Совокупный потенциал сокращения выбросов парниковых газов в результате расчетов показывает, что замена природного сырья на промышленными отходами позволил снизить выбросы парниковых газов на 20%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Список стран по эмисии CO_2 . На сайте: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%>
2. Экологический кодекс Республики Казахстан №400-VI ЗРК от 02.01.2021 г. На сайте: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
3. О выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух в Республике Казахстан. Агентство по стратегическому планированию и

реформам Республики Казахстан Бюро национальной статистики. Отчет №6097-н от 09.08.2021 г.

4. Zhanikulov N.N., Kolesnikov A.S., Taimasov B.T., Zhakipbayev B.Ye., Shal A.L. Influence of industrial waste on the structure of environmentally friendly cement clinker // Complex Use of Mineral Resources. - 2022. №4 (323), -P.84-91.

5. Министерства окружающей среды и водных ресурсов Республики Казахстан. «Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий цементного производства». Приказ №221 от 12 июня 2014 года. Астана.

УДК 669.711

Иванов А.Д., Еришов В.С., Атаманенко Н.В.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

Пожалуй, самыми главными требованиями, предъявляемыми к материалам, применяемым в автомобильной промышленности, являются: высокие прочностные показатели, низкая масса, эргономичность. Помимо этого, учитывается устойчивость к коррозии, декоративная поверхность материала и, что немаловажно, экологическая безопасность. Согласно официальным данным, каждые сто килограмм алюминия экономят более одной тысячи литров бензина на каждые двести тысяч километров пробега, сокращая при этом выбросы CO₂, положительно воздействуя на экологическую обстановку, как региона, так и мира [1-4].

Целью данной статьи является изучение алюминиевых сплавов, особенностей их применения, проведение сравнительного анализа сварки, штамповки деталей из алюминия и стали, а также выявление достоинств и недостатков алюминиевого кузова автомобиля и его навесных элементов.

Материалы и методы

Алюминиевые сплавы — смеси, высокую массовую долю в которых занимает алюминий, с добавлением магния, марганца, кремния, меди (чистый алюминий используется крайне редко). До 1980 года алюминиевые сплавы использовали в производстве блоков цилиндров, поршней, радиаторов, дисков колес. Вначале 80-х гг. начались исследовательские работы по применению данных сплавов в

конструкциях кузовов автомобилей - с целью повышения ресурса эксплуатации, а также снижения массы автомобиля [5].

Классификация сплавов.

По методу обработки:

- Литейные
- Деформируемые

1) Литейные сплавы - жидкие и текучие (этот материал замечательно поддается резке после затвердевания), используются для производства сложных деталей:

а) Сплавы с кремнием - сплавы, применяемые в автомобилестроении - сплавы с кремнием, медью и магнием, серии 300 (алюминий + кремний + медь или алюминий + кремний + магний), такие как:

- для корпусов трансмиссии впускных коллекторов, головок блоков цилиндров (марки 319);

- для блоков цилиндров (марки 383).

- для головок цилиндров (марки 356);

- для дисков колес (марки А356);

Кремний является главным связующим элементом в этих сплавах, он обеспечивает замечательные литейные свойства, такие как усадка, жидкотекучесть, кристаллизация.

б) Сплавы с медью

В автомобильной промышленности широко используют сплавы серии 2xx

(алюминий + медь). Так, детали шасси, подвески, некоторые компоненты двигателя отливаются из сплавов марок 201, 204 и 206.

2) Деформируемые сплавы - выпускаются в виде профилей, плит, проволоки, прутков, листов. Эти сплавы неплохо поддаются практически всем видам деформации: штамповке, прокатке, прессованию, ковке и т.п.

• Сплавы для профилей используются для изготовления различных элементов кузовных каркасов, деталей рулевого управления, рам сидений, для обеспечения прочности передних крыльев и т.п.

• Листовые сплавы используют для панелей кузова.

• Сплавы для теплообменников: поскольку у алюминия высокое отношение прочность/плотность, а также замечательная теплопроводность, то для изготовления труб испарителей, ребер, радиаторов применяют сплавы серий 1200 и 3005.

по степени прочности: на малопрочные, среднепрочные и сверхпрочные.

Сплавы алюминий + кремний называют силуминами, а сплавы алюминий+ медь + магний называют дюралюминами.

Существует ещё достаточно много критериев для классификации алюминиевых сплавов, к сожалению, в рамках данной статьи рассмотреть их все не представляется возможным.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ штамповки деталей из алюминия и стали

Способность алюминиевых сплавов к формовке не очень высока и составляет около 2/3 от способности стали. по причине того, что алюминий довольно мягкий металл, сложные алюминиевые детали кузова могут потребовать не одну и не две, а несколько штамповочных операций, либо сборки из нескольких уже отштампованных деталей. Помимо этого, из-за низкой степени упругости алюминий, детали очень пластичные, гибкие (высокая упругая отдача после формования), не так точно повторяют форму штампа, нежели стальные [6,7]. В отличие от стальных, на алюминиевых деталях часто появляются царапины, сколы, следы используемых инструментов, поэтому необходимо большее количество смазки, предъявляются более высокие требования к чистоте, шлифовке поверхности инструментов, используемых в производстве таких деталей (штампов).

Сравнительный анализ сварки алюминиевых и стальных деталей

Детали из сплавов алюминия, как и стальные, поддаются точечной сварке сопротивления, однако существует ряд особенностей при сварке первых. При сварке алюминия требуется высокая сила тока, что обусловлено низким электрическим сопротивлением самого материала и его высокой теплопроводностью [8]. Таким образом, сила тока при сварке составляет от 15 до 31 кА по сравнению с 7-11 кА для стали.

Для контактной сварки рассматриваемого материала требуется наличие мощного сварочного аппарата (как правило, крупногабаритного), что существенно увеличивает расход электрической энергии и, как следствие, повышает затраты на проведение работ.

К алюминиевым сплавам также может применяться дуговая сварка плавлением, но при этом, из-за высокой теплопроводности, требуется повышенный расход электроэнергии, что опять же увеличивает цену изделия [9].

Помимо сварки имеются и иные методы соединения деталей из алюминиевых сплавов, такие как:

- соединение элементов при помощи специальных самопробивных заклепок (клепание);
- соединение частей прессы давлением (запрессовка);

- соединение частей посредством использования клея (склеивание);
- сочетание методов склеивания со сваркой.

Достоинства алюминиевого кузова автомобиля:

1. При аналогичных габаритных размерах алюминий на 60% легче, чем сталь, что снижает массу транспортного средства при использовании кузовных элементов, изготовленных из данного материала.

2. При соблюдении определенных условий, алюминий практически не подвержен коррозии, что существенно продлевает срок службы кузова автомобиля.

3. Возможность вторичной переработки (легкость переплавки) деталей из алюминия позволяет использовать их повторно.

4. Алюминий эффективнее стали гасит и поглощает вибрации, в том числе и от сильных ударов (имеет высокое энергопоглощение), что влияет на показатели безопасности при эксплуатации транспортного средства.

5. Кузов, изготовленный из алюминия, имеет большую жесткость, что придает устойчивость, повышает сопротивление торсионным нагрузкам, увеличивает прочностные показатели транспортного средства.

6. Использование алюминия позволяет снизить динамическую нагрузку на ходовую часть, делая её работу более стабильной и устойчивой, ввиду прямого влияния массы транспортного средства на соотношение, поддресоренной и неподдресоренной масс соответственно.

Недостатки алюминиевого кузова автомобиля:

1. Высокая стоимость материала сказывается на конечной стоимости изделия: автомобиль с полностью алюминиевым кузовом стоит значительно дороже, чем аналогичное, изготовленное с применением стали, что сужает круг потребителей продукта.

2. Высокотехнологичность, трудоемкость производства.

3. Проведение ремонтно-восстановительных работ требует применения дорогостоящего оборудования операционных процессов.

4. Потребность в дополнительной противозумовой изоляции, поскольку алюминий имеет высокую шумопроводимость, что в конечном итоге также влияет на стоимостный показатель транспортного средства.

На основании проведенного анализа применения алюминиевых сплавов в автомобилестроении можно сделать вывод, что широкое использование алюминия стало одним из важнейших этапов в развитии машиностроения и автомобильной промышленности, благодаря

которому появились более лёгкие, быстрые и надежные транспортные средства, а также снизились затраты на топливо, на основании снижения общей массы конечного продукта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горынин И.В. Алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов. М.: Изд-во Металлургия, 1978. 364 с.

2. Белецкий В.М., Г.А. Кривов, Алюминиевые сплавы, К.: Изд-во Коминтех, 2005. 365 с.

3. Макаров Г.С. Алюминиевая энциклопедия, М.: Изд-во Интернет Инжиниринг, 2011. 528 с.

4. Э.Р. Галимов, Л.В. Тарасенко, М.В. Унчикова, А.Л. Абдуллин. Материаловедение для транспортного машиностроения. СПб.: Изд-во Лань, 2013. 448с.

5. Н. М. Багров, Г. А. Трофимов, В. В. Андреев. Основы отраслевых технологий. СПб.: Изд-во СПбГУ-ЭФ, 2010. 256с.

6. Вдовина Е.В. Получение керамического кирпича на основе бейделлитовой глины и отходов минеральной ваты: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2011. 166 с.

7. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Изд-во Стройиздат. 1990. 352 с.

8. Нефедова И.Н., Крашенинникова Н.С., Гарбер Е.Г. Отходы производства минеральной ваты как техногенное сырье // Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов: материалы Третьей науч. Конф. Томск: Изд-во Томского политех. Ун-та, 2011. С. 33-34.

9. Баженов Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие. М.: Изд-во Высшая школа, 1987. 415 с.

УДК 666.125.016.1

Лазарова Ю.С.

Научный руководитель: Онищук В.И., канд. техн. наук, доц.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

О ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА

Большинство аналитиков области разработки композиционных материалов еще недавно считали, что эта отрасль получит основной

драйвер роста в виде углепластика, однако сегодня главной движущей силой рынка аналитики называют стеклопластик, в котором применяются стекловолокнистые наполнители. Преимущества стекловолокна перед другими материалами, используемыми в качестве наполнителей, обусловлены относительно небольшой массой, устойчивостью к коррозии, гниению и агрессивным средам, высокими теплоизоляционными, звукоизоляционными, электроизоляционными характеристикам, высокими удельными прочностными характеристиками, а также большим ассортиментом изделий на основе стекловолокна, который на сегодняшний день составляет более 1000 единиц [1, 2].

В настоящее время для производства стекловолокон специального назначения используют различные составы стекол, отличающиеся повышенными электрическими свойствами, термо-, щелоче- или кислотостойкостью, прочностью или жесткостью, способностью поглощать жесткие излучения, например, рентгеновские. Для композиционных материалов, как правило используются стекловолокна из стекла E при разработке, которого была поставлена задача создать стекло с высоким объёмным и поверхностным электросопротивлением, и стекла S, которое было разработано для промышленного производства высокопрочных волокон с большим модулем упругости и меньшим разупрочнением при повышенных температурах, чем у E-стекла [3].

В быту одним из основных направлений использования стеклянного волокна является теплоизоляция зданий и сооружений жилищного и промышленного комплекса.

Сегодня на рынке теплоизоляционных материалов представлен широкий ассортимент органических и неорганических материалов, среди которых наиболее часто востребованным является каменная (базальтовая) вата, что объясняется ее такими характеристиками, как низкая теплопроводность, высокие звукоизоляционные свойства, долговечность изделий, изготавливаемых на ее основе.

Основным сырьем для производства минеральной ваты являются базальты – основные каменные породы вулканического происхождения, являющиеся уже готовым природном сырьем, гомогенизированным по химическому составу в недрах земли, которое плавится в печах и вырабатывается в виде непрерывных, штапельных или супертонких волокон по одностадийной технологии [4].

Тенденция ежегодного увеличения емкости рынка стекловолокна стимулирует его производителей наращивать объемы производства с одной стороны, с другой – совершенствовать свойства и эксплуатационные показатели его качества, при этом, по возможности,

не увеличивать его стоимость. Одним из резервов, способных внести существенный вклад в решение существующих задач, является направление использования в качестве сырья для производства стекловолокон недефицитных материалов, например, золы-уноса ТЭС, которая может использоваться, как основной компонент при составлении шихты для производства непрерывного стекловолокна типа Е и S, а также применение золы-уноса ТЭС, возможно позволит разработать стекловолокно, являющееся альтернативой базальтовым волокнам, которые схожи по химическому составу с золой (табл. 1) и пользуются большим спросом.

Таблица 1 – Химические составы золы-уноса Рефтинской ГРЭС и базальта Кировского месторождения

Сырье	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Σ
Зола	61,4	1,15	26,69	6,81	0,63	2,38	0,26	0,62	0,06	100
Базальт	58,9	0,95	17,3	8,9	2,33	6,54	5,22		-	100

Базальтовые волокна имеют ряд недостатков: базальты после добычи должны пройти стадию предварительной подготовки - его моют, чистят и дробят, на что необходимы дополнительные ресурсы и время, к тому же большинство месторождений базальта находятся на территории Украины и его добыча в нынешней ситуации несколько затруднена, а то и невозможна, также базальтовый щебень, должен добываться только на карьере, который прошел аттестацию [4]. Всех вышеперечисленных недостатков лишена зола-уноса ТЭС, в частности, Рефтинской. Зола-уноса не нуждается в подобных процедурах предварительной подготовки, так как, уже представлена в виде сухого темно-серого порошка с высокой дисперсностью: средняя удельная поверхность не менее 300 м²/кг, истинная плотность 2650 кг/м³, насыпная плотность (650 –720) кг/м³, а размер частиц золы-уноса обычно не превышает 50 мкм [5, 6]. По химическому составу золы ТЭС имеют различия в зависимости от марки исходного топлива, технологии его подготовки и процесса сжигания, а так как на Рефтинской ГРЭС сжигаются только угли Экибастузского происхождения, то колебания по химическому составу не велики.

В процессе ранее проведенных исследований [5, 6], были получены стекла по типу Е и S, для которых в рецептах шихт, наряду с золой, использовались традиционные для производства стекла сырьевые материалы. Результаты расчета шихт представлены в круговых диаграммах (рис.1).

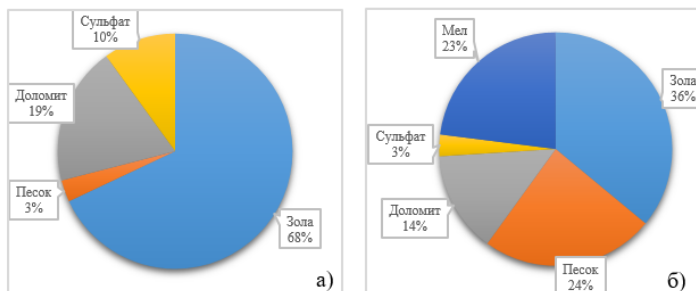


Рис. 1 Расчетный состав шихты для состава: а) стекла по типу S; б) стекла по типу E

На представленных диаграммах показано, что зола является основным сырьевым материалом, поскольку ее доля в шихтах составляет от 36 % для состава E до 96 % для состава S, что позволяет частично заменять дорогостоящий сырьевой компонент, как кварцевый песок, и полностью исключить из рецептов шихт алюминийсодержащее сырье.

Химический состав стекол, а также их некоторые технологические свойства, необходимые для выработки непрерывного стекловолокна, представлены в таблице 2, 3.

Таблица 2 – Химический состав экспериментальных и традиционных стекол

Тип стекла	Массовое содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	SO ₃
Sэ	50,7	22,8	4,7	5,5	8,7	5,7	0,6	0,9	0,2
S	60-65,5	23-35	0,01	6-11	0-9	0-0,1	-	-	-
Eэ	55,6	13,6	2,8	4,0	21,1	1,9	0,3	0,5	0,2
E	52-60	12-16	0,4	0-6	16-25	0-2	-	-	-

Таблица 3 – Реологические свойства экспериментальных и традиционных стекол

Тип стекла	Реологические свойства		
	TF, (log 3), °C	TL, °C	ρ, г/см ³
Sэ	1350	1330	2,6
S	1565	1500	2,49
Eэ	1270	1230	2,68
E	1260	1200	2,62

Сравнивая экспериментальные стекла Sэ и Eэ с традиционными E и S можно отметить следующие различия:

1. Присутствие Fe_2O_3 в обоих состав, за счет того, что основным сырьем для составления шихт является зола-уноса, в которой присутствует оксид железа;

2. Присутствие щелочей в составе Sэ, которые позволили снизить температуру варки стекла и проварить его до однородности в лабораторных условиях, так состав характеризуется высоким содержанием тугоплавких оксидов Si и Al, к тому же исследования химической устойчивости волокон, содержащих щелочные оксиды, показывают, что соответствующим подбором состава можно получить волокна высокой устойчивости, особенно к кислотам и воде и по своей водоустойчивости такие волокна не уступают даже некоторым волокнам из стекол бесщелочного состава [7]. А учитывая, что в экспериментальном составе присутствует значительное количество Al_2O_3 , то на прочность стекла введение щелочей не должно повлиять отрицательно, поскольку известно, что при введении оксида алюминия в щелочно-силикатное стекло повышается степень связности структурной сетки, так как он встраивается в кремнекислородный каркас [8].

3. TL ниже TF всего на 20 °C для стекла Sэ, что приведет к повышенной обрывности волокна, связанной с частичной кристаллизацией стекломассы. Для решения этой задачи необходима корректировка стекла по химическому составу, что является очень затруднительным и не быстрым процессом, поскольку вязкость и кристаллизационная способность колеблются даже при незначительных изменениях химического состава стекла. В данном случае для увеличения вязкости необходимо снизить или содержание щелочных оксидов, также к повышению вязкости приводит замена 1,0 % CaO на MgO [9]. Для снижения температуры ликвидуса корректировка может быть связана с вариациями содержания в составе стекла пары оксидов группы R_2O_3 , в данном случае, Al_2O_3 и Fe_2O_3 , которые по-разному влияют реологические свойства (рис. 2).

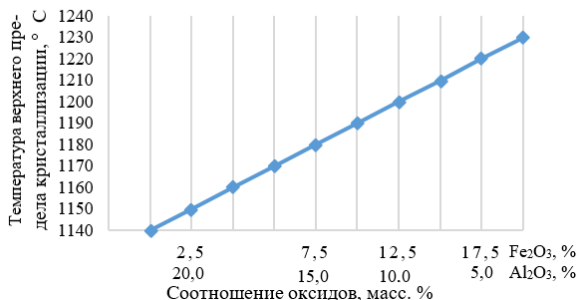


Рис. 2 Соотношение оксидов алюминия и железа в стекле [10]

Из рисунка 2 видно, что при уменьшении содержания оксида железа и увеличении содержания оксида алюминия температура верхнего предела кристаллизации уменьшается. Основным носителем этих оксидов в экспериментальном стекле является зола, и уменьшение одного оксида приводит к уменьшению другого, в таком случае появится необходимость в дополнительном введении оксида алюминия, например, каолином.

Для замены кварцевого песка в составе шихт экспериментальных стекол, предлагается использовать отход кремнеземного производства, который представляет собой кремнеземные нити, волокна и ткани, которые в своем составе в основном содержат SiO₂.

Применение отхода кремнеземного производства в качестве компонента экспериментальных шихт позволит снизить долю содержания золы в составе шихт, что приведет к снижению содержания оксида железа в составе исследуемых составов стекол, что улучшит их «выработочные» характеристики.

Кремнезёмные отходы имеют следующий состав, мас. %: 95,7-96,80 SiO₂; 3,10-3,35 Al₂O₃; 0,05-0,75 Na₂O (и/или K₂O); 0,05-0,15 Σ(CaO, MgO, TiO₂, Fe₂O₃) [11].

В таблице 4 представлен химический состав сырьевых материалов, используемых для расчета рецепта экспериментальных шихт.

Таблица 4 – Химический состав сырьевых материалов

Сырьевой материал	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Зола, X ₁	59,1	25,7	6,6	2,3	0,6	0,7	
Кремнеземный отход, X ₂	96,0	3,3	-	-	-	0,5	

Доломит, X ₃	2,0	0,9	0,08	31,0	19,8	-	-
Мел, X ₄	2,84	0,22	0,08	54,4	0,3	-	-
Сульфат, X ₅	-	-	0,01	-	-	43,3	-

Рецепты экспериментальных шихт приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика золосодержащих шихт для стекловолокна

Шихта	Зола	Кремнеземный отход	Доломит	Мел	Сульфат	Σ
S	95,7	5,1	27,4	-	1,9	130,1
	73,5	4,0	21,0	-	1,5	100%
E	41,3	34,7	18,5	30,0	2,4	126,9
	32,5	27,4	14,6	23,6	1,9	100%

Для более наглядного восприятия результаты расчета шихт представлены в круговых диаграммах на рис 3.

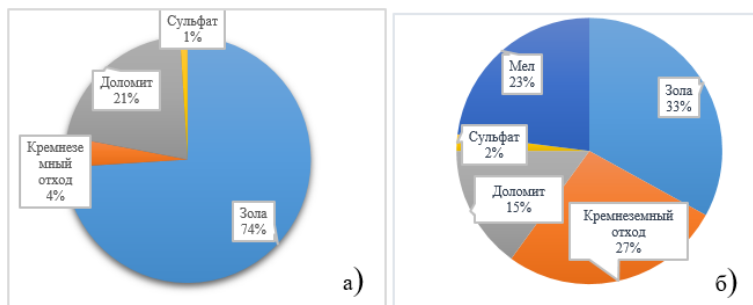


Рис. 3 Расчетный состав шихты с применением кремнеземного отхода для состава: а) стекла по типу S; б) стекла по типу E

Сравнивая диаграммы, на которых представлены компонентные составы золосодержащих шихт с применением традиционных сырьевых материалов (рис. 1) и с применением кремнеземного отхода (рис. 3), можно сделать следующие выводы:

1. Использование кремнеземного отхода позволило полностью исключить кварцевый песок из рецепта шихты, при этом соотношение оксидов в расчетных составах стекол сохранилось, а содержание сульфата натрия уменьшилась за счет того, что в составе кремнеземного отхода содержится примерно 0,5 масс. % Na₂O;

2. Содержание золы в составе шихт для стекол по типу S увеличилась с 68 % до 74 %, что говорит о том, что она является в этом

рецепте основным компонентом. Для состава стекла по типу Е доля использования золы в рецепте шихты снизилась с 36 % до 33 % по причине введения части оксидов кремния и алюминия кремнеземным отходом; его содержание доля использования которого составила 27 %.

3. Таким образом суммарное количество используемых вторичных продуктов в рецептах шихт для варки стекол по типу S составило 78 %, а для стекол по типу Е – 60 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стеклопластиковая арматура: характеристики и применение композитной стеклоарматуры [Электронный ресурс]. – URL: <http://met-all.org/metalloprokat/sortovoj/stekloplastikovaya-armaturakompozitnayastekloar-matura.html> (20.10.2022)

2. Композиции из материалов будущего [Электронный ресурс]. – URL: <https://belchemoil.by/news/tehnologii-i-trendy/kompoziciiizmateria-lov-budushhego> (20.10.2022)

3. Ходаковский М.Д. Производство стеклянных волокон и тканей. М.: Изд-во «Химия», 1973. 201 с.

4. Технология производства базальтового непрерывного волокна(ровинга) [Электронный ресурс]. – URL: <http://novitskiy1.narod.ru/basalt9.htm> (21.10.2022)

5. Онищук В.И., Лазарова Ю.С., Евтушенко Е.И. Оценка возможности использования золы Рефтинской ГРЭС в производстве непрерывного стекловолокна // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 5. С. 71–81. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-5-71-81

6. Лазарова Ю.С. Моделирование составов стекол для непрерывного стекловолокна типа Е и S с применением в составе стекольных шихт золы-уноса Рефтинской ГРЭС и изучение процесса кристаллизации этих стекол // Сборник статей II международного научно-исследовательского конкурса «Молодой ученый года 2022». 2022. С. 40 – 47.

7. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна. М.: Ростехиздат, 1962. 224 с.

8. Казьмина О. В., Беломестнова Э. Н., Дитц А.А. Химическая технология стекла и ситаллов. М.: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 170 с.

9. Асланова М.С., Колесов Ю.И., Хазанов В.Е., Ходаковский М.Д., Шейко В.Е. Стеклянные волокна. М.: Химия. 1979. 256 с.

10. Мясников А.А., Асланова М.С., Исследование области выщелачивания волокон из железосодержащих стекол и базальтов для

получения высококремнеземных материалов: дис. канд. тех. Наук. М., 1967. С. 115

11. Пат. 2737438 Российская Федерация, МПК C03C 13/00. Способ получения высокотемпературостойкого кремнеземного волокна/И.А. Лавринович, Э.Н. Журба, А.Н. Трофимов, О.Ф. Бейнарлович; заявитель и патентообладатель Акционерное общество "НПО Стеклопластик" № 2020120176, заявл. 18.06.2020; опубл. 30.11.2020, Бюл. № 34. 17 с.

УДК 665.256.15

*Любушкин Р.А., Пушкарская Д.В., Рыжих Д.А.
Научный руководитель: Черкашина Н.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЖУРЫ ЦИТРУСОВЫХ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ D-ЛИМОНЕНА

В современном мире перспективными материалами для исследований и новейших разработок являются полимерные композиты с лигноцеллюлозосодержащими наполнителями. Особую ценность представляют собой наполнители на основе растительных отходов. Так как это дешевое и возобновляемое сырье с различными свойствами, производящееся в большом объеме в результате использования полезной части продукции. Существует взаимосвязь между прочностными свойствами композитов с лигноцеллюлозосодержащими наполнителями [1, 2].

Важными стимулами развития современной биоэкономики являются сокращение полезных ископаемых, демографический рост населения, резкие и неблагоприятные изменения климата и другие факторы, требующие устойчивых механизмов развития. Основными целями биоэкономики являются активное применение биологических отходов и стимулирование развития новых технологий их переработки и применения в различных областях деятельности общества.

Цели современной биоэкономики очень актуальны, так как ежегодно увеличивается объем отходов, что сопровождается нерациональным использованием их, захоронением в неположенных местах и неправильной утилизацией, что влечет за собой многие неблагоприятные экологические последствия.

Разрешение экологической проблемы представляется достижением консенсуса сельхозпроизводителей и ученых, которые разрабатывают «зеленые технологии», для внедрения новых методов

переработки и использования отходов в качестве наполнителей для композиционных материалов [3].

Одним из веществ для новых разработок зеленых технологий является d-лимонен, который представляет собой терпеновый углеводород. Данное вещество содержится в кожуре апельсина (около 80% от массы кожуры) и в других цитрусовых. Благодаря своим уникальным свойствам лимонен используют в разных областях в качестве:

- растворителя жиров, смол, пластмасс;
- альтернативы нефтепродуктам;
- веществ для отдушек и пищевых ароматизаторов;
- сырья в промежуточной синтезе;
- для сополимеризации с различными веществами [4];
- аналога реппелента;
- антиоксиданта;
- дезинфицирующего средства;
- составляющей для производства чистящих средств;
- веществ в косметологии для осветления пигмента и др.

d-Лимонен получают фракционной дистилляцией смесей терпенов, образующихся в процессе их выделения из цитрусовых эфирных масел. В настоящее время ежегодное производство d-лимонена в мире достигает 70 тыс. тонн и продолжает быстро расти. Важное значение имеет то, что почти все вещества на основе d-лимонена являются биоразлагаемыми.

С помощью d-лимонена отечественными фармакологами разработан способ уменьшения гепатотоксичности таких препаратов как парацетамол, кофеин, фенацитин, метаболизирующихся в печени человека до активных метаболитов, т.е. веществ, легко перерабатываемых печенью. В результате медицинских, биохимических исследований получены данные о гормонорегулирующем эффекте d-лимонена, который способствует детоксикации эстрогенов путем индуцирования синтеза соответствующих ферментов в печени. Это говорит о том, что данное вещество может оказаться эффективным для профилактики и лечения рака.

В таблице приведены самые распространенные области применения d-лимонена.

Таблица – Использование веществ на основе d-лимонена

Область применения	Назначение	Рекомендуемая дозировка, %
Бытовая химия (очищение)	Очистители для окон, кухни, ванной, полов, кафеля, для чистки ковровых покрытий, ювелирных изделий, для чистки наружных поверхностей печей, мягкой мебели, духовых печей, для удаления жевательных резинок, напольного воска, настенного граффити	2 – 50
Химия (заменители растворителей)	Замена бензола, толуола, ксилола, ацетона, трихлорэтилена и др.	–
Транспортные средства (очищение)	Очистители для окон и ветровых стекол, наружных поверхностей, для обивки, добавки дизельного топлива, очистители колес, шин, удаление космолина, обезжиривающие состав для двигателя, для удаления наклеек, уничтожения следов насекомых, средство для чистки тормозного механизма	2 – 100
Мошение асфальта	Очищение оборудования	0 – 100
Судоходное хозяйство	Очищение лодок, уход за судном, удаление нефтяных загрязнений	10 – 100
Печатное дело	Очищение роликов, чистящее средство; компонент чернил	20 – 100
Электроника	Очищение офисной техники, печатных плат, контактов и переключателей, обмотки двигателя	5 – 100
Текстиль	Хозяйственное мыло, пятновыводители, стирка тканей, очищение оборудования	5 - 100
Медицина и фармацевтика	Очищение и стерилизация оборудования, лечение педикулеза, исследование и лечение рака, ликвидация радиоактивных загрязнений, диетический антиоксидант, лечение кожи, ополаскиватель для полости рта	Экспериментально (3 – 100)

А также во многих других сферах [5, 6]. Еще лимонен активно используют в науке в различных исследованиях, учеными доказано, что его можно применять для совместного каталитического действия катионных ПАВ ацетилцетонатов Co (II), Mn (II), Fe (III), Cu (II) в процессе окисления лимонена с целью выявления активных каталитических систем, обеспечивающих высокие скорости окисления в мягких условиях [7]. Обнаружена возможность получения ряда адсорбентов с поверхностью, обладающей топологической хиральностью, на основе принципов созревания Виедмы. Применение адсорбентов на основе энантиоморфных кристаллов открывает перспективы разделения энантиомеров при больших заполнениях поверхности [8].

Благодаря своим уникальным свойствам d-лимонен нашел широкое применение в различных сферах промышленности. Усилиями химиков, биологов, медиков и ученых других специальностей диапазон применения этого удивительного природного вещества, несомненно, будет расширен и наш окружающий мир станет более приятным, гармоничным и безопасным.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Минобрнауки России № FZWN-2021-0015.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочергин Е.С., Золотарева В. В. Сравнительное исследование композиционных материалов на основе диглициловых производных дифенилолметана и дифенилолпропана // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 11. С. 91–98.

2. Шакарна М. Х. Композиционные вяжущие с использованием вулканических туфов иордании // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 3. С. 38–43.

3. Прищенко Н. А., Заболотная А. М., Руденко А. А. Перспективы применения отходов сельскохозяйственных культур в производстве полимерных композитов // Молодой ученый. 2017. № 2.1 (136.1). С. 27–30.

4. Могутова А. А., Любушкин Р. А. Экологически чистый мономер – лимонен/ Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований: сб. материалов Международной (заочной) научно-практической конференции // Научно-издательский центр «Мир науки», 2019. С. 22–25.

5. Глушнев И. В. Новый взгляд на старого знакомого / И. В. Глушнев: [сайт], 2017. – URL:<https://lekostyle.com/files/pdf/Dlimonen.pdf> (дата обращения: 14.10.2022).

6. Основные свойства лимонена, сферы его применения. Применение лимонена: [сайт], 2016. – URL: https://studwood.net/1120068/matematika_himiya_fizika/primenenie_limonena (дата обращения: 14.10.2022).

7. Круговов Д. А., Писаренко Л. М., Кондратович В. Г., Щеголихин А. Н., Касаихина О. Т. Катализатор окисления лимонена катионными поверхностно-активными веществами в сочетании с ацетилацетонатами переходных металлов // Журнал Нефтехимия. 2009. Том 49. № 2. С. 137–143.

8. Гуськов В. Ю., Рамазанова Г. А., Аллаярова Д. А., Арсланова А. З., Якшибаева Г. Р., Хамзина Г. Х., Долбинцева Е. А. Изотермы адсорбции энантиомеров лимонена на поверхности кристаллов циануровой кислоты, цитозина, инола и динитрата аденина // Журнал Физической Химии. 2020. Том 94. № 11. С. 1685–1691.

УДК 542.65

Николаева А.Д.

*Научный руководитель: Логинов С.В., канд. техн. наук, доц.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет), г. Санкт-Петербург, Россия*

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кальцинированная сода является одним из самых востребованных продуктов неорганического цикла, ее производство связано с образованием огромного количества жидких отходов, содержащих хлориды кальция и натрия и скапливающихся в шламонакопителях, называемых «белыми морями» [1]. В настоящее время предложено множество способов утилизации «белых морей», как путем прямого использования хлоридов кальция и натрия или переходом на новый способ производства, так и получением новых продуктов. Вопрос до сих пор остается актуальным, так как многие способы переработки либо не имеют широкого промышленного применения, либо не завершены исследованиями [2-6].

Одним из перспективных направлений переработки отходов содового производства может быть, на взгляд авторов, получение новых продуктов, например, силикатов кальция, в том числе волластонита,

используемых в различных областях экономики: в производстве композитных материалов, пластмасс, шин, красок, керамики, а также в цветной металлургии, медицине и пищевой промышленности.

Проведен ряд исследований по переработке отходов содового производства в силикаты кальция с использованием модельных растворов, приготовленных из чистого гранулированного безводного хлорида кальция и с использованием образцов дистиллерной жидкости, карбонизированной и некарбонизированной, предоставленных с действующего производства соды (г. Стерлитамак, АО «Башкирская содовая компания») аммиачным методом, путем обработки их товарным натриевым жидким стеклом. В результате экспериментов получены различные силикаты кальция, в том числе и волластонит.

Состав и кристаллическая структура образцов определялась с помощью ИК-спектроскопии, рентгено-фазового и рентгено-флуоресцентного анализов. Показано, что химический состав и кристаллическая структура получаемых силикатов кальция зависят от соотношения исходных компонентов, меняя которое можно получать различные продукты в стандартных условиях. Так с помощью разработанного графика зависимости содержания CaO в осадке от мольного соотношения $\text{CaCl}_2:\text{SiO}_2$ в исходной суспензии определено, что при заданном соотношении должны получаться вещества с формулой CaSiO_3 , имеющие игольчатую структуру. Вид полученных кристаллов образцов и их рентгенограммы, свидетельствующие о наличии фаз метасиликата кальция, представлены на рис. 1 и 2.

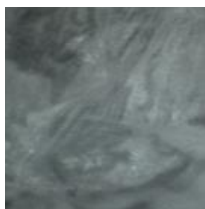


Рис. 1
Микрофотография
игольчатой формы
кристаллов CaSiO_3

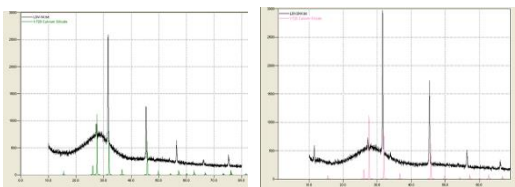


Рис. 2 Дифрактограммы образцов,
полученных из некарбонизированной (слева) и
карбонизированной (справа) дистиллерных
жидкостей

Для практической реализации способа предложена технологическая схема эффективной переработки дистиллерной жидкости в волластонит (рис. 3).

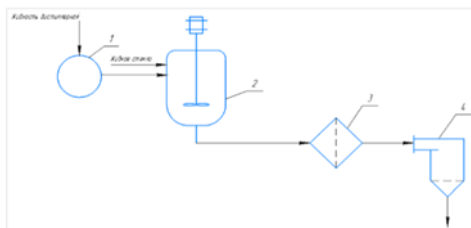


Рис. 3 Технологическая схема получения волластонита с рециклом рассола хлорида натрия в содовое производство

С помощью насоса 1 из технологического потока дистиллерной жидкости в реактор с мешалкой 2 подается дистиллерная жидкость при температуре 20-25 °С и нормальном давлении. При интенсивном перемешивании в реактор подается жидкое стекло, которое берется в молярном соотношении $\text{CaCl}_2:\text{SiO}_2=4,875:1$, после чего полученный суспензия подается на пресс-фильтр 3, где осадок силиката кальция отделяется от рассола хлорида натрия и промывается водой. Полученный осадок высушивается в циклонной сушилке 4 при температуре 80-100°С, полученный рассол хлорида натрия возвращается из фильтра на производство соды по методу Сольве.

Исследования показали принципиальную возможность переработки отходов содового производства в промышленных масштабах в чистый волластонит без применения высоких температур и давлений с рециклом рассола NaCl и ликвидацией загрязнения окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тульянова Ш. Н. Хлористый кальций - побочный продукт при производстве соды // Наука и техника Казахстана. 2020. № 2. С. 75.
2. Полвонов Х.М., Хамдамова Ш.Ш., Давлятова З.М., Ибрагимова Г.О. Физико-химическое обоснование процесса получения хлорат кальциевого дефолианта с использованием отходов содового производства // Universum: технические науки. 2019. № 11(68). С. 22-25.
3. Константинова М.С., Калинина Е.В. Исследование возможности использования дистиллерной жидкости в качестве жидкого прогивогололедного материала // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2013. № 4. С. 138-141.
4. Ткач Г.А., Шапорев В.П., Титов В.М. Производство соды по малоотходной технологии. Харьков: ХГПУ, 1998. 429 с., 359-368 с.

5. Патент 2589483 Российская Федерация, МПК В09В3/00, С01В31/20, С01F11/28. Способ переработки дистиллерной жидкости амиачно-содового производства / Загидуллин Р.Н., Загидуллина Г.Р., Мухаметов А.А.; заявитель и патентообладатель Башкирский государственный университет № 2015114698/05, заявл. 20.04.15; опубл. 10.06.17, Бюл. № 19. 5 с.

6. Беликов А.С. Получение вяжущих материалов для автоклавных изделий из отходов содового производства // Химия и химическая технология: достижения и перспективы: сб. материалов конф. IV Всерос. Конф. // Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева: Издательство КузГТУ, 2018. С. 108.1-108.3.

УДК 666.754

Омарова Л.А., Даценко А.О.

*Научный руководитель: Дороганов В.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМОГРАНИТА НА ОСНОВЕ НЕФЕЛИНОВЫХ ХВОСТОВ

Керамический гранит как искусственный отделочный материал сочетает в себе хорошие внешние и производственные характеристики. Главной особенностью керамогранитной плитки является то, что она считается самым прочным облицовочным материалом. Он прочнее, чем природный гранит, поэтому покрытые им полы хорошо переносят любые механические воздействия. Керамогранитная плитка имеет и влапоустойчивые свойства, максимально низкую пористость из-за чего водопоглощение практически отсутствует. Именно этим керамогранит отличается от керамической напольной плитки. При низкой температуре керамическая напольная плитка крошится и теряет свои качественные и внешние свойства. Все эти свойства он приобретает из-за своего химического состава и высокой температуры обжига

В связи с проблемой истощения горных пород в современном производстве все чаще ищут альтернативную замену стандартным сырьевым материалам. В связи с этим целью данной работы являлась изучение возможности получения керамического гранита на основе алюмосиликатного вяжущего (нефелиновых хвостов) [1-2].

Для достижения поставленной цели в данной работе использовались следующие сырьевые материалы: глины ЛТ-3,

Вишневагорский шпат, нефелиновые хвосты, каолин. В лабораторных условиях были разработаны составы, которые представлены в (таб. 1)

Таблица 1 – Составы масс

Компонент \ Содержание, %	№ состава			
	Исходный	1	2	3
Нефелиновые хвосты	0	15	30	45
Глина ЛТ-3	42	42	42	42
Вишневагорский шпат	45	30	15	0
Песок	7	7	7	7
Каолин	6	6	6	6

Для подготовки сырьевых материалов был произведен отдельный помол компонентов в шаровой мельнице до остатка на сите 0063 не более 1%. Многокомпонентные шликера с влажностью 38% и плотностью 1610 кг/м³ были подготовлены смешением исходных материалов в требуемом процентном соотношении (табл. 1).

Следует отметить, что гран состав ИКВ и шликера отличается незначительно. На рис. 1 и 2 видно, что оба имеют 2 фракции: суспензия нефелиновых хвостов - основные пики 2 и 14 мкм, а шликер - 2,5 и 20 мкм. ИКВ имеет более мелкодисперсный состав [3-4].

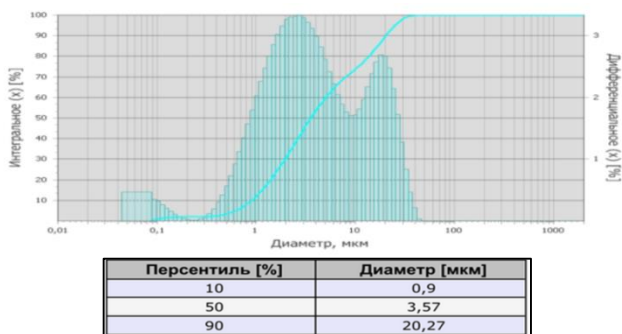
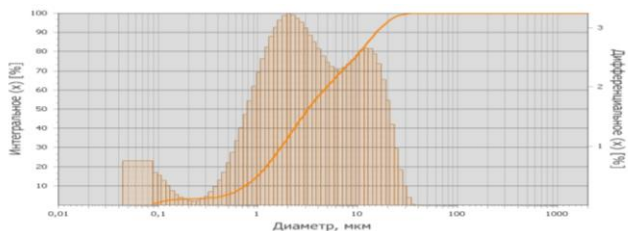


Рис. 1 Зерновое распределение частиц исходного шликера



Перцентиль [%]	Диаметр [мкм]
10	0,75
50	3,17
90	15,33

Рис. 2 Зерновое распределение частиц ИКВ нефелиновых хвостов

Из полученных многокомпонентных шликеров, были подготовлены пресспорошки с влажностью 8%, из которых двухступенчатым прессованием на гидравлическом прессе при удельном давлении 40 МПа были сформованы образцы-балочки 6*1,5*0,9 см., при этом плотность полуфабриката составляла примерно 2,0г/см³.

Обжиг образцов проводился в температурном интервале 1160-1220°C, а традиционный состав обжигался до 1250°C. После обжига на полученных образцах определяли водопоглощение, пористость, усадку, кажущуюся плотность, предел прочности при изгибе. Также оценивался внешний вид обожженных изделий. Цвет обожженных образцов – светло-коричневая. С увеличением содержания нефелина цвет изменяется до темно-коричневого. Результаты исследования показаны на рис. 3-4 и табл. 2.

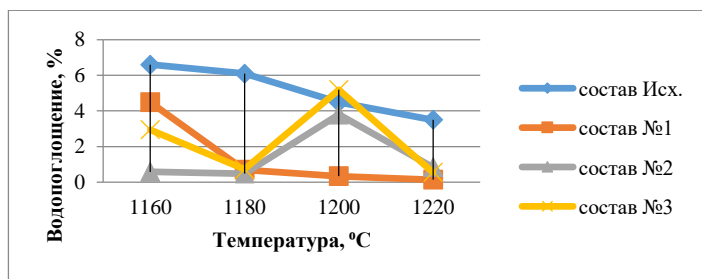


Рис. 3 График зависимости водопоглощения образцов от температуры обжига.

Из рис. 3 видно, что состав №1 с 15% содержанием нефелиновых хвостов уже при 1180°C показывает водопоглощение 0,69%, а при максимальной температуре 0,16%. При большем содержании

алюмосиликатного вяжущего (30-45%) в составе керамической массы водопоглощение снижается до 1180°C до 0,48-0,72%, а затем резко увеличивается из-за интенсивного вспучивания образцов. При 1220°C поверхность образцов оплавляется, наблюдается закрытая пористость и, соответственно, низкие значения водопоглощения не характеризуют степень спекания. Это наглядно демонстрирует график усадки образцов (рис. 4).

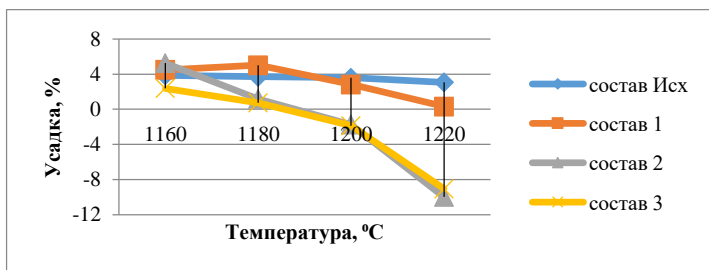


Рис. 4 График зависимости усадки образцов от температуры обжига.

На рис. 4 мы наблюдаем, что с увеличением температуры обжига усадка снижается до -9%, наблюдается вспучивание материала, что не характерно для процессов спекания. При 1200 наблюдается интенсивный процесс вспучивания, за счет образования большого количества расплава поверхность оплавляется и препятствует выход образующихся газов. Это приводит к значительному снижению прочности (рис 5) [5].

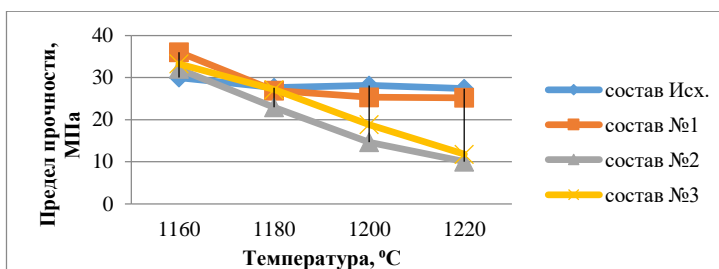


Рис. 5 График зависимости предела прочности образцов от температуры обжига.

При 1160°C-1180°C гладкая и ровная поверхность, а при более высоких температурах 1200°C и 1120°C наблюдается деформация и вспучивание образцов. Высокая пористость после вспучивания

приводит к резкому снижению предела прочности на изгиб от 33 МПа до 11 МПа. Особенно это наблюдается у составов №2 и №3 т.к. в них наибольшее содержание алюмосиликатного вяжущего (30% и 45%).

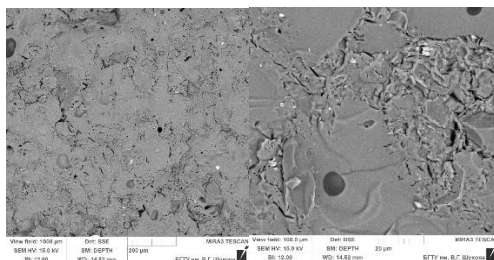


Рис. 6 Микроструктура образцов исходного состава обожжённых при температуре 1220°C.

Образцы исходного состава имеют плотно спеченный черепок, поры преимущественно закрытого характера (рис. 6).

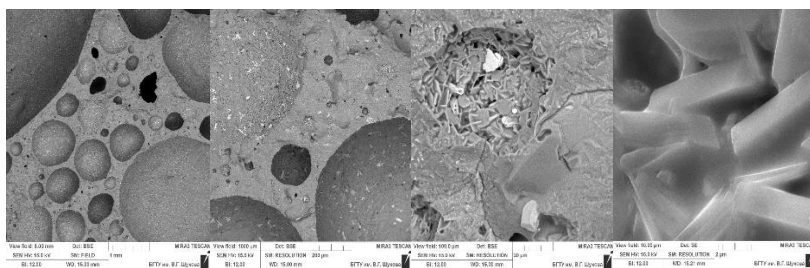


Рис. 7 Микроструктура образцов состава №3, обожжённых при температуре 1220°C.

На рис. 7 показана микроструктура вспученных образцов (содержание нефелиновых хвостов в массе 45%) на ней наблюдается множественные поры правильной округлой формы, размеры которых от 0,1 мм до нескольких миллиметров.

По результатам проведенной работы можно сделать вывод, что использование вяжущего алюмосиликатного состава в качестве флюсующей добавки при производстве керамического гранита возможно. Полученное ИКВ нефелина интенсифицирует спекание масс, в результате чего снижается температура обжига изделий за счёт образования легкоплавких эвтектик. Уже при температуре 1180°C возможно получить спёкшийся до водопоглощения менее 0,5% черепок. Выявлено, что использование вяжущей суспензии нефелиновых

хвостов сужает интервал спекания масс (1160-1180°C). При дальнейшем повышении температуры, а также при увеличении содержания суспензии в массе до 30-45% снижается деформативная устойчивость образцов в процессе обжига. Большое количество расплава в процессе обжига оплавляет поверхность и препятствует выходу образующихся в процессе окисления органических материалов и разложения фосфатов газов на поверхность – материал интенсивно вспучивается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будникова П.П. и Полубояринова Д.Н. Химическая технология керамики и огнеупоров. М.: Изд-во Стройиздат, 1972. 551 с.
2. Бельмаз, Н.С. Химическая технология керамики и огнеупоров: учебное пособие. М.: Изд-во БГТУ, 2018. 276 с.
3. Федоренко Е.Ю., Рыщенко М.И., Богданова Е.Б., Присяжная Л.В. Использование отходов добычи и переработки минерального сырья в качестве интенсификатора спекания в технологии плотнospеченной строительной керамики. //Экология и промышленность. 2018. №1. С. 98-100.
4. Кобзев В.А., Сивальнева М.Н., Нелюбова В.В. Высококонцентрированная алюмосиликатная вяжущая суспензия из гранодиорита.// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №1. С. 12-18.
5. Черватова А. В. Кремнеземистые огнеупорные массы на основе пластифицированных ВКВС. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. 151 с.

УДК 678.7

Поляк П.В., Еришов В.С., Талдыкин Д.С.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, Россия

КАРБОН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ И АВТОСПОРТЕ

Сегодня прогресс не стоит на месте, и нельзя не заметить какое влияние на повседневную жизнь оказывают современные технологии. Прогресс заметен в каждой сфере технологий, будь то строительство зданий, ракетостроение, промышленное автомобилестроение или автомобильный спорт. Одной из наиболее успешных технологий 20-21 века является производство углепластиковых композитов, в частности

– карбона [1-4]. Особенности конструктивных показателей материала, такие как высокая прочность, низкая масса композитных деталей, заставили инженеров полностью пересмотреть все свои наработки и уже привычные, но, как оказалось не совсем эффективные технологии. В свою же очередь автомобильный спорт — это очень захватывающее зрелище, но также это — серьезное соревнование на пределе человеческих и технических возможностей, знаний и техники исполнения [5]. Абсолютно не удивительно, что к автомобилю, как к творению инженеров высшего класса предъявляются достаточно высокие требования, не говоря уже про спортивный автомобиль, который нацелен исключительно на результат, а за передовые высокие технологии готовы платить любые деньги, какое бы направление автоспорта не было бы выбрано.

Карбон – это композитный материал, состоящий из полимеров. На первый взгляд, невозможно сказать, что этот композит обладает высокими прочностными характеристиками, а деталь, изготовленная с его применением, имеет сравнительно небольшие массовые показатели. Первые карбоновые детали человечество увидело еще в начале 20 века. В основе этого материала лежит огромное число переплетенных между собой углеродных нитей, которые закреплены с помощью, как правило, прозрачной эпоксидной смолы [6-8]. И нити, и эпоксидная смола обладают высокими прочностными характеристиками. Для того, чтобы этот материал правильно воспринимал и реализовывал нагрузки, приходящиеся на него, углеродные нити укладываются под определенным углом в сплетении. Именно нити являются основной составляющей карбона. Несмотря на толщину нитей, которая находится в пределах 0,005 – 0,1 мм и состоит из атомов углерода, их невозможно сломать или порвать. Углеволоконные нити работают как армирующий элемент в структуре карбона, ведь именно они и создают всю прочность углеволоконных деталей. Из этих нитей изготавливают как тканые, так и нетканые материалы [9]. Когда только был открыт карбон, как вид облегченного материала, его область применения была ограничена автомобильным спортом, но, на настоящий момент, распространилась от узкоспециализированного применения в изготовлении спортивного инвентаря до применения в авиастроении, иногда даже в ракетостроении.

Существует 3 основных вида изготовления карбоновых деталей:

Прессование. Также этот метод в обиходе носит название «мокрый» способ. Суть заключается в том, что в заранее подготовленную форму укладываются карбоновые нити и пропитываются сверху эпоксидной или полиэфирной смолой. Далее

излишки смолы убираются вакуумированием. После высыхания смолы деталь можно извлекать из формы и подравнять края, если это необходимо. За счёт вакуумирования достигается необходимая толщина детали. Процесс полимеризации смолы может происходить как при комнатной температуре, так и под нагревом [10]. Как правило таким способом изготавливается листовая карбон.

Формирование. Этот процесс схож с изготовлением деталей из стекловолокна. Суть: в форму необходимой детали укладывается карбоновое полотно, заранее пропитанное в эпоксидной смоле. Пока смола не успела полимеризоваться, нужно специальным валиком выгнать воздух из всех полостей и тем самым уплотнить первый слой. Такая операция повторяется несколько раз, пока не будет достигнута нужная толщина детали. Процесс полимеризации протекать может также, как и в прессовании под комнатной температурой и с помощью нагрева [11,12]. Важный нюанс этого способа заключается в том, что по итогу деталь можем иметь ребристую поверхность из-за нитей. Для получения глянцевого покрытия изделие покрывается глянцевым лаком и полируется.

Намотка. Здесь же всё предельно просто: для изготовления трубчатых изделий карбоновую нить наматывают на цилиндрическую заготовленную трубу и сверху либо валиком, либо кистью послойно наносят эпоксидную смолу. В этом способе преимущество имеет полимеризация смолы в печи.

Виды карбонового полотна

В промышленности виды карбона различают по виду плетения:

1. **Plane Weave.** Применяется для изготовления крупных карбоновых деталей. Изготавливают с применением простого переплетения волокон 1x1.

2. **Twill.** Используются в производстве автомобильных деталей. В них используется переплетение 2x2 (через 2 нити).

3. **Satin.** На выходе гибкие полотна, пригодные для изготовления сложных форм.

Результаты и обсуждение

Формула-1 одна из самых известных гонок в мире, где впервые и начал применяться карбон, а сейчас и вовсе невозможно представить гоночный автомобиль без этого композита. Так, в спортивном автомобиле «Ф-1» карбона больше, чем 70 %.

В автомобильный спорт карбон пришёл в 1976 году. Британская компания McLaren стала использовать углеродный композит на своих спортивных автомобилях, делая отдельные детали для них. В 1981 году на трассу вышел McLaren MP4, ставший первым в истории Формулы 1

с полностью карбоновым монококом — это и капсула безопасности пилота, и главная часть гоночного автомобиля. Однако в те года технологи из автоспорта не имели малейшего понятия, как сделать самим такой монокок. Поэтому не разрушаемую капсулу для McLaren произвела американская компания Hercules Aerospace, обладающая богатым опытом военно-космических разработок. В сегодняшние дни практически все ведущие команды Формулы-1 имеют собственное производство деталей из карбона. Современные спорткары, помимо монокока, имеют много конструктивных частей из углепластика: крылья, клюв, днище и другие [13]. Сидения также делают из углеволокна, учитывая анатомические особенности пилота, что гарантирует наивысшую эргономику в сложных условиях. А вот в тех местах, где теоретически при разрушении осколок может поранить пилота, вклеиваются маты из кевлара. Подвеска спорткара — это зачастую сочетание карбона и титана.

Еще одно интересное применение этого композитно-углепластиковые тормоза. Эта автогоночная технология заключается в том, что тормозные диски и колодки изготавливаются целиком и полностью из карбона. При высокой интенсивности торможения, когда температура поверхности достигает 400 °C и выше, карбоновые тормозные накладки в паре с карбоновым тормозным диском показывают крайне высокую эффективность. Данная особенность обусловлена устойчивым коэффициентом трения. Таким образом пилоты спортивных автомобилей не испытывают сложностей в прогреве тормозов. Недостатком тормозных механизмов, выполненных с применением карбоновых материалов является крайняя неэффективность в условиях низких температур, что определяется характеристиками самого материала.

Основные преимущества и недостатки карбона.

Преимущества:

1. Лёгкость, термическая устойчивость, упругость
2. Детали из карбона, по сравнению с деталями из металла, имеют меньшую массу. К примеру, деталь из карбона будет на 40% легче такой же объёму детали из стали, и на 20% легче алюминия.
3. Этот материал без особых последствий переносит нагрев до температур, близких к 1000 °C.

Недостатки:

1. Так как карбоновые нити залиты сверху эпоксидной смолой, то прочность напрямую зависит свойств используемой смолы. Карбон более уязвим к ударным нагрузкам. Карбоновая деталь может покрыться микротрещинами, но это вовсе не означает, что она

моментально разрушится. Она сохранит свою форму и остаточную прочность за счёт упругих свойств материала.

2. Не каждая карбоновая деталь сможет обладать рассчитываемыми прочностными характеристиками, так как прочность напрямую зависит от качества выбранной смолы и качества самих карбоновых нитей. Что немало важно, нельзя допускать не соблюдения технологии изготовления во избежание появления бракованных деталей в ходе производства.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что карбон стал незаменимым на сегодняшний день материалом благодаря своим свойствам прочности, низкой массе и упругости. Этому материалу нет аналогов среди других композитов, а, например, стеклопластик является менее востребованным, ввиду характеристик самого материала, и, прежде всего, своих прочностных показателей. Область применения карбона в масштабах одного автомобиля огромна: от элементов интерьера автомобиля, как гоночного суперкара, так и гражданского, до элементов подвески, внешней обложки и силовой составляющей рамы спорткара.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В., Клюкин П.Н., Осипов В.И., Попов А.И. Основы конструкции современного автомобиля. М.: Изд-во За рулем, 2012.

2. Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д. Новые композиционные материалы на основе несмешивающихся компонентов: получение, структура, свойства. М.: МГИУ, 1999.

3. Альперин В.И. Конструкционные стеклопластики. М.: Изд-во Химия, 1979.

4. Артём Атоян "Формула-1. Гонки и гоночные автомобили" М.: Изд-во Сентауриа Рус, 2020.

5. Папков С.П. Полимерные волокнистые материалы М.: Изд-во Химия, 1986.

6. П.Г. Бабаевский, А.А. Грабильников, С.Г. Кулик. Промышленные полимерные композиционные материалы. М.: Изд-во Химия, 1980.

7. Коробенко В. Н., Савватимский А. И. Углепластик. М.: Изд-во Вестник, 1997. 130 с.

8. Лахтин Ю. М. Материаловедение. М.: Изд-во Оникс, 1990. 528 с.

9. Любин Д. А. Композиционные материалы. М.: Изд-во Рассвет,

1988. 187 с.

10. Вдовина Е.В. Получение керамического кирпича на основе бейделлитовой глины и отходов минеральной ваты: дис. канд. техн. наук. Самара, 2011. 166 с.

11. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Изд-во Стройиздат. 1990. 352 с.

12. Нефедова И.Н., Крашенинникова Н.С., Гарбер Е.Г. Отходы производства минеральной ваты как техногенное сырье // Химия и химическая технология неорганических веществ и материалов: материалы Третьей науч. Конф. Томск: Изд-во Томского политех. Ун - та, 2011. С. 33-34.

13. Баженов Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие. М.: Изд-во Высшая школа, 1987. 415 с.