

СТЕКЛОПЛАСТИКИ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЕ

Дудкевич И. А. – студентка группы ПКМ-61
Головина Е. А. – к.т.н., доцент, Ананьин С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Большую роль в решении проблем научно-технического прогресса играет постоянное развитие сырьевой базы страны. Это предполагает создание новых породоразрушающих инструментов; внедрение усовершенствованных установок с широким использованием композиционных материалов, позволяющих получить эффективные результаты.

Проектирование и технология изготовления стеклопластикового кожуха геофизического зонда, а точнее скважинного прибора - модуля ВЭМКЗ – (высокочастотное электромагнитное каротажное зондирование), который входит в состав аппаратуры «АЛМАЗ-2» совместно с наземным прибором является целью данной работы. Прибор включает зондовый комплекс и электронно-измерительный блок.

Принцип работы комплекса «АЛМАЗ-2» основан на одновременной регистрации двух групп данных – в скважине и на поверхности земли. В скважинном комплексе с помощью МПП (модуля памяти и питания) регистрируются параметры, измеряемые ВЭМКЗ (разность фаз 9-ти индукционных зондов и потенциал ПС), а также информация с МГКР (интегральная естественная радиоактивность горных пород, удельное электрическое сопротивление бурового раствора, температура бурового раствора) с привязкой к реальному времени. Наземная система привязки глубин измеряет и регистрирует глубину нахождения скважинных модулей, также увязанную со временем.

Основные компоненты скважинного прибора Радиопрозрачный корпус



Зондовая часть



Блок электроники



Защитный кожух



Затем специальная программа путем интерполирования совмещает по индексу времени два файла данных, полученных в скважине и на поверхности, в результате чего время исключается и получается файл параметров, привязанный по глубине. Конструктивно модули ВЭМКЗ, МГКР, МПП, МАРК (модуль радиоактивного каротажа), МИА (модуль инклинометра автономный) соединяются между собой с помощью однотипных стыковочных узлов. Механическое крепление модулей осуществляется накидной гайкой

с трапецеидальной резьбой. Стыковочный узел изготовлен из титана, что обеспечивает высокую коррозионную и абразивную стойкости. Электрическое соединение модулей происходит через герметичные разъемы, выдерживающие в аварийных ситуациях гидростатическое давление до 100 МПа, что повышает живучесть комплекса в целом при разгерметизации одного из модулей. [3]

Одновременно за один спуск в режиме реального времени от прибора поступает информация о глубине залегания пластов-коллекторов, характере насыщения (наличие воды, нефти, газа), траектории ствола скважины и температуре в ней. Словом, один комплекс «АЛМАЗ-2» способен выполнить работу четырех разных приборов, которые надо было аккуратно спустить и поднять. [3]

Общие характеристики комплекса представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Общие характеристики комплекса

Максимальное гидростатическое давление, МПа	не более 60
Диапазон рабочих температур, °С:	
скважинных модулей	от +10 до +85
при использовании Li батарей MWD140CC	до +125
системы привязки глубины	от -40 до +40
Максимальный диаметр, мм	102
Габаритные размеры ВЭМКЗ: длина/диаметр, м	не более 3,8/0,102
Масса модуля ВЭМКЗ, кг	не более 80
Допустимый радиус кривизны скважины, м	не менее 60
Допустимая скорость каротажа, м/ч	720
Допустимая осевая нагрузка	
на сжатие, т	не более 10
на разрыв, т	не более 30
Габаритные размеры ВЭМКЗ: длина/диаметр, м	не более 3,8/0,102
Масса модуля ВЭМКЗ, кг	не более 80

Ознакомившись с геометрией конструкции скважинного модуля и эксплуатационными режимами, можно сделать вывод, что радиопрозрачный корпус должен выдержать нагрузку 98,07 килоньютона в направлении осевого сжатия и гидростатическое давление 60 МПа.

Наиболее перспективными среди всех высокопрочных пластмасс, удовлетворяющих требованиям стабильности их механических, диэлектрических, гидроизоляционных и других служебных свойств в процессе транспортирования, хранения и эксплуатации являются стеклопластики. Стойкость стеклопластика к воздействию агрессивных сред, непроводящая способность обуславливает применение данного вида наполнителя при производстве корпуса геофизического зонда, так как эксплуатация стеклопластикового кожуха предусматривает радиопрозрачность и электропрозрачность для фиксации требуемых сведений и характеристик.[2]

В работе был предложен вариант изменения параметров технологии производства кожуха стеклопластикового зонда. Были получены значения радиусов стеклопластиковой оболочки, позволяющие оптимизировать структуру и процесс изготовления корпуса. При проектировании использовались критерии прочности для анизотропных слоистых пластиков с различными пределами прочности на растяжение и сжатие. В критерии должны быть учтены такие особенности прочностных свойств рассматриваемых материалов, как различие пределов прочности на растяжение, сжатие, сдвиг – по разным направлениям (анизотропия); различие пределов прочности на растяжение и сжатие между собой по каждому направлению (что связано с разным механизмом разрушения), основные значения указаны в таблице 2. [1]

Таблица 2. – Основные физико-химические свойства стеклянных волокон

Свойства	Растяжение вдоль (0°)	Растяжение поперек (90°)	Сжатие вдоль
Модуль упругости, ГПа	36,5	12,6	37,9
Коэффициент Пуассона	0,257	0,093	-
Предел прочности, МПа	703,9	58,3	791,1

Представим условие прочности в виде:

$$\sum_{i,k} P_{ik} \sigma_{ik} + \sqrt{\sum_{i,k,n,m} P_{iknm}} \cdot \sigma_{ok} \cdot \sigma_{nm} \leq 1 \quad (1)$$

Для анизотропного материала тензоры прочности второй P_{ik} и четвертой P_{iknm} валентности удовлетворяют условиям симметрии. Выразим компоненты тензоров прочности P_{ik} и P_{iknm} , входящих в критерий через прочностные константы материала. Для случая растяжения и сжатия в первом основном направлении необходимо в условии положить $\sigma_{ik} = \sigma_{11} = \sigma_1^p$ - для растяжения и $\sigma_{ik} = -\sigma_{11} = -\sigma_1^c$ - для сжатия. [1]

Условие прочности ортотропной оболочки на случай внешнего давления и осевого сжатия:

$$-P_{11} - \eta \cdot P_{22} + \sqrt{P_{1111}} + \eta P_{1122} + \eta^2 P_{2222} = \delta/qR \quad (2)$$

$$P_{11} = \frac{1}{2} (1/\sigma_1^p - 1/\sigma_1^c) \quad (3)$$

$$P_{1111} = \frac{1}{4} (1/\sigma_1^p + 1/\sigma_1^c)^2 \quad (4)$$

$$P_{22} = \frac{1}{2} (1/\sigma_2^p - 1/\sigma_2^c) \quad (5)$$

$$P_{2222} = \frac{1}{4} (1/\sigma_2^p + 1/\sigma_2^c)^2 \quad (6)$$

$$P_{1122} = \frac{1}{8} ((1/\sigma_1^p + 1/\sigma_1^c)^2 + (1/\sigma_2^p + 1/\sigma_2^c)^2 - (1/\tau_{45}^+ + 1/\tau_{45}^-)^2). \quad (7)$$

В ходе варьирования радиуса срединной поверхности оболочки были получены значения максимальных критических давлений. Существующая технология производства стеклопластикового кожуха геофизического зонда методом продольно-поперечной намотки двух слоев может быть оптимизирована. Оптимизация заключается в снижении толщины наматываемых слоев до значений с учетом обеспечения запаса прочности по воздействию разрушающего давления. Предложенный вариант оптимизации позволит выдержать большие значения нагрузок при эксплуатации данного прибора.

Литература:

1. Бажанов В.Л. Сопротивление стеклопластиков. – М.: Машиностроение, 1968. – 304с.
2. Перлин С.М., Макаров В.Г. Химическое сопротивление стеклопластиков. – М.: Химия, 1983. – 184 с.
3. <http://www.looch.ru/>

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРОВЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ И БАЗАЛЬТОВОЙ ТКАНИ

Ненашев А.А. – студент ПКМ – 61,

Головина Е. А. – к.т.н., доцент, Ананьин С.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Введение

Покрытие крыши подвержено суточным и сезонным колебаниям температуры, солнечной радиации, воздействию атмосферных осадков в сочетании с температурными изменениями, вредными осадками, выбрасываемыми промышленными предприятиями. Поэтому для нормальной эксплуатации зданий и сохранения их долговечности большое значение имеют качество кровельных материалов и их рациональное применение.

Наибольшее распространение с 30-х годов XX века и по настоящее время получили рулонные кровельные материалы. Среди них главные - пергамин, рубероид и толь, в основе этих материалов лежит картон. Недостатком таких материалов является недолговечность (от 5 до 7 лет), которая обусловлена низкой прочностью, тепло-, морозо- и биостойкостью картонной основы и быстрым старением битумного связующего. Кроме того, из-за охрупчивания битумного связующего на холоде проведение в зимнее время кровельных работ невозможно. В России с введением СНиП 2-26-99 рубероид запрещен для капитального ремонта и устройства новых кровель [1].

Так, в строительстве широкое применение могут найти рулонированные кровельные материалы на основе полиэтилена. Полиэтиленовая пленка не пропускает влагу и пары, поэтому является хорошим гидро- и пароизоляционным материалом. Она значительно эластичнее и тоньше рубероида, пергамина, гидроизола, и поэтому гидроизоляция из них хорошо сочетается с основным материалом конструкции, по сравнению с традиционными битумными материалами. Преимущество содержащих ПЭ материалов еще и в том, что они гнилостойки и не разрушаются бактериями [2].

Применяемые при кровельных работах материалы по строительно-функциональным признакам можно разделить на несколько групп (рисунок 1) [3].



Рисунок 1 – Классификация мягких кровельных материалов по структурно-функциональным признакам

Проектирование кровельного материала на основе полиэтилена и базальтовой ткани.

Для производства рулонного кровельного материала была выбрана полиэтиленовая пленка (ГОСТ 10354-82), изготовленная из первичного и вторичного полиэтилена высокого

давления марки 15803-020 (ГОСТ16337-77). Для армирования ПЭ пленки выбрана базальтовая ткань БТ (ТУ 5952-031-00204949-95).

Для производства кровельного материала на основе ПЭ, армированного БТ, наиболее рациональным является способ получения методом каландрования. Для совмещения базальтовой ткани и термопластичной матрицы ткань помещается между слоями ПЭ пленки (один или два слоя ПЭ с верхней и нижней сторон БТ) и сформованный пакет пропускается через нагретые валки каландра.

При выборе режима формования кровельного материала, с необходимыми эксплуатационными свойствами, изменяемыми параметрами служат: температура от 115 °С до 150 °С, давление от 3 до 5 МПа, время каландрования от 30 до 70 с, количество слоев ПЭ пленки.

На основе проведенных испытаний согласно ГОСТ 2678-94 “Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные”, для обеспечения требуемых физико-механических характеристик материала были изменены параметры изготовления: температуру формования повысили на 25°С, давление формования снизили на 1 МПа, при этом время каландрования сократилось на 15 с. При данных параметрах формования был получен кровельный материал, прочность на разрыв которого возросла на 30 МПа, относительное удлинение составило 15 %.

При производстве базальтовых нитей на их поверхность наносятся замасливатели, которые закрывают поры, дефекты и трещины на поверхности нитей. В связи с этим не в полной мере используется физико-химический потенциал базальтовой нити, что снижает комплекс свойств базальтопластиков.

С целью повышения активности взаимодействия на границе раздела ПЭ -БТ использовались следующие виды модификации БТ. БТ модифицировали методом отжига замасливателя при температуре 250 °С в течении 1 часа. Также проводили модификацию БТ воздействием инфракрасного излучения в тепловом модуле в течении 15 с при температуре от 50°С до 100 °С.

Проведенные исследования (таблица 1) свидетельствуют о значительном повышении (на 36 %) прочности материала после удаления замасливателя методом отжига. Обработка БТ ИКС – облучение малоэффективна, так как прочностные характеристики разработанного материала повышаются незначительно (на 3%). Целесообразно применение вторичного ПЭ для получения кровельного материала, для которого также эффективна модификация БТ методом отжига.

Таблица 1 - Физико-механические характеристики модифицированного материала

Композиция	Вид модификации	σ_p , МПа	ϵ , %	Теплостойкость за 2ч при 100 °С	Водонепроницаемость За 72 ч. при 0,001МПа	Гибкость на брусе R=5 мм при минус 20 °С
2 слоя ПЭ + БТ + 2 слоя ПЭ первичный	без модификации	152	15	без изменения	абсолютная	Отсутствие трещин
	отжиг замасливателя	198	7			
	ИК-облучение	156	8,8			
слой ПЭ + БТ + слой ПЭ вторичный	без модификации	100	9			
	отжиг замасливателя	123	6,7			
	ИК-облучение	108	7,5			

Таблица 2 – Сравнительная характеристика разработанного кровельного материала с

аналогами

Марка кровельного материала	Тип материала	$\sigma_{\text{р}}$ МПа	$R_{\text{р}}$ н	ϵ , %	Гибкость на брус при температуре °С на брус			Водопоглощение за 24 ч, %	Водонепроницаемость при 0,001 МПа за 72 ч	Теплоустойчивость в течение 2 ч, °С
					R5 мм	R15 мм	R25 мм			
Требования ГОСТ 30547-97	полимерные битумно- полимерные битумные	8 - -	- 294 294	200 - -	- 20 - -		- 20 - 15 0	2	абсолютная	- + 85 + 70
Разработанный материал	ПЭ пленка + + БТ	198	1540	15-7	- 20			1,1	абсолютная	+ 100
Стеклогидроизол	стеклоткань + + битум	5	735	3	0					+ 65
Саратмаст	стеклоткань + + битум		784			0			абсолютная	+ 85
Саркроф	битум + стеклоткань битум + стеклохолст		800 300			0 0			абсолютная	+ 85
Сарфлекс-К	битум с термозластошлаком + стеклоткань		300				- 25			+ 85
Экофлекс	битум с термозластошлаком + стеклоткань полиэстер		780 670				- 5 - 5		абсолютная	+ 120

Выводы

Разработана технология получения кровельного материала на основе БТ и ПЭ пленок, обеспечивающая повышенные эксплуатационные характеристики, по сравнению с битумсодержащими кровельными материалами.

Установлена эффективность и целесообразность применения пленок из первичного и вторичного ПЭ для производства кровельных материалов, которые по физико-механическим и химическим характеристикам превышают аналоги на основе битума и стеклоткани.

Доказана целесообразность и эффективность модификации БТ методом отжига замасливателя с поверхности нити, что обеспечивает повышенное взаимодействие компонентов в структуре материала и значительно повышает химические и физико-механические характеристики.

Разработанный материал не уступает, а по некоторым параметрам превосходит существующие кровельные материалы (таблица 2).

Литература

1. Попов К.Н. Каддо М.Б. Современные кровельные материалы. Строительные материалы, 1999, №12, с.5-7.
2. Воробьев В.А. Основы технологии строительных материалов из пластических масс. М.: Высшая школа, 1975, с.39.
3. Исламкулова С.Х. Кровельные материалы для строительства и ремонта индивидуальных домов. М.:Стройиздат, 1992. – 112 с., ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОРМОЗНОГО ДИСКА ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА.

Беляшкин Н. И. – ПКМ-71, Беляшкина Т. А. – ПКМ-61

Головина Е. А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Самые распространенные на сегодняшний день автомобильные тормозные системы – дисковые тормоза. Из этого следует, что главным элементом тормоза такого типа является тормозной диск, к которому прикладывается усилие исполнительного механизма. Поскольку

существующие автомобильные тормоза используют трение в качестве основного принципа действия, между диском и тормозным механизмом находится колодка, покрытая слоем фрикционного материала.

Диск в процессе торможения нагревается, что приводит к нарушению формы его рабочей поверхности, ее короблению, следствием чего становится осевое биение диска, передаваемое на руль и тормозную педаль. Такую проблему можно решить использованием диска с внутренней вентиляцией или просто вентилируемого. Он позволяет повысить эффективность торможения за счет более благоприятных температурных режимов трения. У вентилируемого диска существенно увеличена поверхность, с которой он отдает тепло окружающей среде. А если подвести дополнительный охлаждающий воздух к тормозному диску, то о перегреве тормозов можно даже забыть. Вентилируемый тормозной диск также уменьшает температурную нагрузку на ступичный подшипник (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вентилируемый тормозной диск

Увеличению поверхности рассеивания тепла способствует и перфорация дисков, при которой обод насчитывает не один десяток сквозных отверстий с зенковкой. Проделанные по всей рабочей плоскости диска сквозные отверстия снижают вес диска, способствуют более эффективному снижению его температуры при работе (что снижает риск коробления), удаляют газы, образующиеся при трении колодок о диск. Также перфорация не допускает «всплывания» тормозной колодки при попадании воды на рабочую поверхность диска в дождь или при проезде через лужи. Оказавшаяся на пути колодки вода выдавливается внутрь диска, откуда она выбрасывается наружу под действием центробежной силы.

Чаще всего тормозные диски изготавливают из чугуна. Популярность этого материала объясняется хорошими фрикционными свойствами и невысокой стоимостью производства. Наряду с этими преимуществами, чугун имеет ряд существенных недостатков, которые ограничивают его использование в некоторых типах транспортных средств – спортивных машинах и мотоциклах. При регулярных интенсивных торможениях, вызывающих значительное повышение температуры (300°C и выше), возможно коробление диска, а если на его перегретую в таких режимах поверхность попадает вода, например, из лужи, чугунный диск покрывается сетью трещин и иногда даже рассыпается.

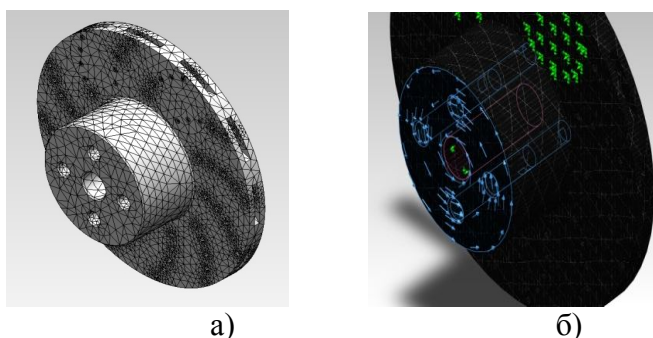
В 80-е годы на спортивные машины начали устанавливать тормозные диски из углепластика – карбоновые. Преодолев период роста, карбоновые тормоза оставили своих металлических коллег далеко позади. Диски из углепластика обладают рядом преимуществ: вес тормозного диска из карбона на порядок меньше металлического, коэффициент трения на порядок выше, а рабочий диапазон, ограничивающийся на обычных тормозах $300\text{--}400^{\circ}\text{C}$, здесь простирается далеко за отметку в 600°C . Карбоновые диски не коробятся, а снижение неподрессоренных и вращающихся масс положительно сказывается на ходовых качествах автомобиля (Рисунок 2). Тем не менее путь к обычным дорожным автомобилям таким тормозам пока заказан. Стоимость комплекта карбоновых тормозов может достигать стоимости нового автомобиля малого класса, а нормально работать они начинают только после хорошего прогрева: до этого коэффициент трения тормозов даже ниже обычных! Нельзя забывать и об удобстве управления замедлением: если с традиционными тормозами все просто и понятно, то здесь контролировать замедление сверхсложно. Фактически в обычных условиях карбоновые тормоза будут аналогом переключателя «ехать/стоять».



Рисунок 2 – Углепластиковый тормозной диск автомобиля Porsche Carrera GT

В ходе изучения темы было предложено изготавливать тормозной диск целиком из углепластика, что позволит еще более значительно уменьшить неподрессоренные массы, по сравнению с диском, представленным на рисунке 2, ступичная часть которого сделана из металла. Так же изготовление тормозного диска целиком из углепластика позволит решить проблему разности коэффициентов линейного термического расширения между углепластиковой и металлической частью диска.

Для исследования свойств сплошного углепластикового диска была создана и нагружена модель в программе SolidWorks.



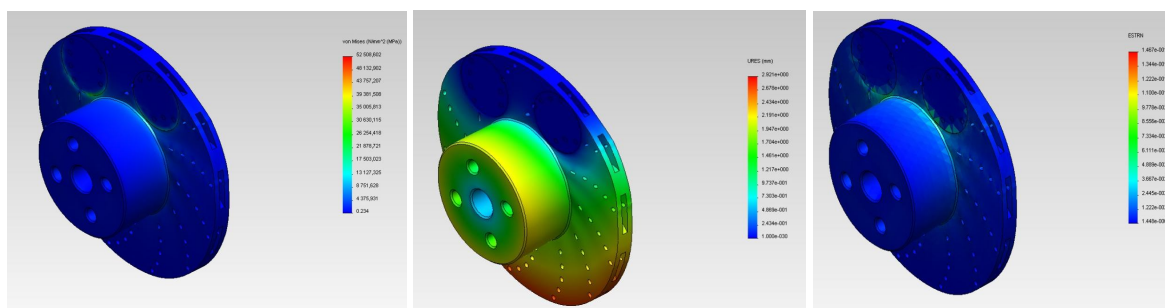
а)

б)

Рисунок 3 – Модель в программе SolidWorks, где а) диск, б) модель нагрузки и крепления

Результаты исследования

По эпюрам деформаций и напряжений в ходе исследования выявилось, что наиболее уязвимым местом у тормозного диска является внешняя кромка рабочей поверхности диска. Происходит это из-за того, что внешняя кромка является местом, где особенно много концентраторов напряжений. Так же стоит отметить, что внешняя кромка рабочей поверхности диска наиболее удалена от оси вращения диска, а следовательно на нее наиболее сильное влияние оказывает центробежная сила инерции.



а)

б)

в)

Рисунок 4 – Имитационные испытания, где а) напряжение, б) – перемещение, в)

деформация

Проведенное исследование показало, что спроектированная модель тормозного диска способна выдержать необходимые нагрузки, так как при нагружении были применены нагрузки с применением запаса прочности 1,8. Необходимые нагрузки были приняты исходя из данных о болидах Формулы 1 команды Renault – 110 кН м крутящего момента при торможении с 320 км/ч, действующие на тормозной диск переднего колеса.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ ПОРОШКОВЫХ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ткаченко С.С. - аспирант, Радченко М.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одни из направлений упрочнения деталей машин - это создание на рабочих поверхностях износостойких покрытий напылением или наплавкой.

Как известно, недостаток напыления - это невысокая прочность сцепления осажденного слоя с поверхностью и структурные напряжения [4]. Наплавкой же получают наплавленный слой образующий одно целое с основным металлом.

Цель работы - исследование новых порошковых проволок для наплавки деталей машин.

Для наплавки были использованы порошковые самозащитные проволоки: экспериментальная проволока диаметром 2,8 мм и проволока марки ПП-Нп-30X5Г2СМ диаметром 2,6 мм (ГОСТ 26101-84). Материал подложки – низкоуглеродистая сталь 20 (ГОСТ 1050-88). Порошковые проволоки с внутренней защитой обеспечивают небольшую глубину проплавления основного металла и высокую производительность наплавки [3]. Легирование происходит за счет шихты. Таким образом можно получить наплавленный металл требуемого состава.

Перед наплавкой проволоки прокаливались. Режим прокаливания 250-280 °С, со скоростью 50-100 °С /ч. с выдержкой 2 часа и охлаждением на воздухе согласно требованиям ГОСТ 26101-84. Ток наплавки 380 А, напряжение 28 В.

Как правило, тип наплавляемого металла выбирают на основе анализа условий эксплуатации детали. Пока не существует стандартных методов определения износостойкости материалов [2]. Поэтому в данном случае материалы для наплавки были выбраны исходя из критериев: высокая твердость и наличие карбидообразующих элементов.

В результате были выбраны образцы двух материалов наплавки. Химический состав наплавленного металла был определен методом спектрального опико-эмиссионного анализа на приборе Foundry-Master.

Химический состав наплавленного металла проволокой 30X5Г2СМ был определен как: С – (0,31%), Cr - (4,2%), Mn - (1,3), Si - (0,7%), Ti – (0,24%), Mo – (0,6%), S – (0,03%), P – (0,03%). Хим. состав наплавленного металла соответствует ГОСТ 26101-84.

Хим. состав наплавленного металла экспериментальной проволоки: С – (3,1%), Cr - (0,04%), Mn - (4,9%), Si - (0,8%), Ni – (0,03%), S – (0,02%), P – (0,15%)

Поскольку в процессе наплавки происходит частичное перемешивание металла подложки с наплавляемым металлом, то чтобы определить на какую глубину происходит перемешивание и как это влияет на твердость, измерения производили по пяти точкам в поперечном сечении наплавки через каждые 2- 2,5 мм.

В результате измерений установлено, что значения твердости валиков, наплавленных обеими проволоками сопоставимы, и составляют 50-55 HRC. Динамика изменения также схожа. В обоих случаях приблизительно в 2-3 мм от зоны сплавления твердость наплавленного металла резко падает по сравнению с верхней частью наплавки, это вызвано отличием химического состава в результате перемешивания наплавленного металла с основным.

Помимо требований высокой твердости неременным условием качества наплавки

является получение хорошего сплавления, отсутствие пор и трещин. При анализе образцов, наплавленных экспериментальной проволокой, были обнаружены единичные поперечные трещины.

Учитывая, что по содержанию углерода, наплавленный экспериментальной проволокой металл, можно отнести к доэвтектическим чугунам, то можно предположить, что причиной появления трещин стала повышенная линейная усадка. Также необходимо отметить высокое содержание фосфора, что является причиной образования фосфидной эвтектики, что также ухудшает механические свойства наплавки и сплавление с основным металлом. На рисунке 1 изображена микроструктура наплавки экспериментальной проволокой.

Полученная структура имеет вид ледебурита, а крупные темные поля на фоне ледебурита вероятно перлит, образовавшийся из структурно свободного аустенита. Причиной возникновения хрупкой и склонной к образованию трещин структуры ледебурита, по всей видимости, послужили высокие скорости охлаждения свойственные сварочным процессам, и высокое содержание марганца, который, как известно при большом его содержании (больше 1,2%) служит аустенитизатором.

Очевидно, что экспериментальная проволока, с таким химическим составом для наплавки без предварительного подогрева не подходит.

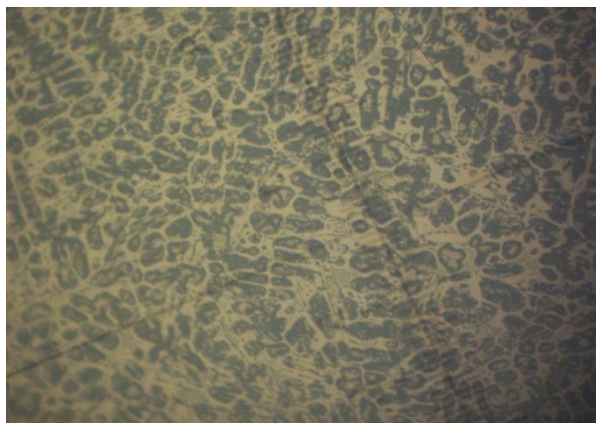


Рисунок 1 – Микроструктура наплавленного металла экспериментальной проволокой увеличение 100 крат.

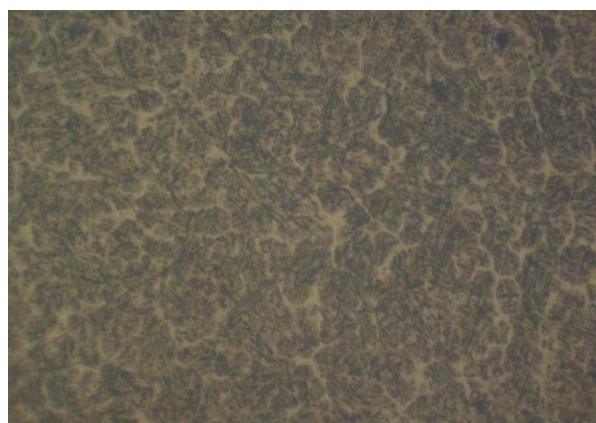


Рисунок 2 – Микроструктура наплавленного металла проволокой ПП-Нп-30Х5Г2СМ, увеличение 200 крат.

Серийно выпускаемая проволока 30Х5Г2СМ, была использована в качестве образца для сравнения. Полученная микроструктура изображена на рисунке 2.

Получена довольно однородная дисперсная структура с темными игольчатыми включениями и светлыми прослойками по границам зерен. Вероятно, полученный материал наплавки содержит помимо мартенситной и аустенитную составляющую-светлые прослойки

по границам зерен. Возможно, что такое сочетание твердой и мелкодисперсной структуры с карбидными включениями и более пластичной аустенитной прослойкой является оптимальным для наплавки деталей машин, например, таких как лопадки тягодутьевых машин (ТДМ).

Таким образом, выполненные технологические исследования показали, что экспериментальную порошковую проволоку возможно использовать только с предварительным подогревом. А наплавка порошковой проволокой ПП-Нп-30Х5Г2СМ позволяет получить наплавленный слой с более высоким комплексом физико-механических свойств.

Список литературы

1. **Волченко, В.Н.** «Сварка и сварочные материалы» справочник, Москва «Металлургия» 1991, 376 с.
2. **Патон, Б.Е.** «Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением» Москва «Машиностроение» 1974. 240 с.
3. **Шоль, Н.Р.,** В.Д. Лосев, Л.Я. Иконникова, В.Ю. Прохоров «Применение современных материалов для изготовления и ремонта деталей машин», Ухта 2004. стр. 171.
4. **Хасуи, А.,** Моригаки О. «Наплавка и напыление», под редакцией Степина В.С., Шестеркина Н.Г., перевод с японского, Москва «Машиностроение» 1985г., 125 с.

ОБЗОР РЫНКА ПОРОШКОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Ледников Е.А. - аспирант, Радченко М.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В соответствии с Программой развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года, правительство намерено внедрять нанотехнологии во всех областях науки и техники. Огромный объем финансирования этой программы и государственный контроль за исполнением, позволит существенно увеличить объем продаж российской продукции nanoиндустрии. Развитие нанотехнологий было стимулировано разработкой полупроводниковых наноструктур, выращиваемых методами молекулярно-пучковой и металлоорганической эпитаксии, и созданием на их основе принципиально новых приборов и устройств электроники и оптоэлектроники, широко используемых сейчас в системах хранения, передачи и обработки информации, а также генной инженерии, материаловедении (поверхностное упрочнение, фуллерены, катализаторы, мембраны).

Таким образом, использование наноструктурированных материалов в различных отраслях промышленности сейчас не вызывает споров среди ученых. Их применение должно вывести технологии производства техники на новый качественный уровень, а значит, актуальность данной темы весьма высока. Такие наноматериалы как нанотрубки, фуллерены и нанопорошки являются одними из приоритетных направлений развития работ в области нанотехнологий и наноматериалов. Новые методы и технологии получения порошковых материалов позволили существенно уменьшить минимальный размер частиц. На сегодняшний день уже преодолен рубеж в 5 нм. В свободной продаже имеются порошки, фракция которых составляет от 5 до 100 нм.

Наноструктурированные, они же ультрадисперсные материалы практически не встречаются в природе в свободном состоянии, а представляют собой искусственный продукт. Поэтому для производства ультрадисперсных порошков постоянно разрабатывают и внедряют различные технологии производства и обработки, основанные на последних достижениях науки и техники [1]. Наночастицы определяются как частицы, имеющие диаметр от 1 до 100 нм. В действительности, около 44% нанопорошков имеет диаметр менее 30 нм. Однако стоит сказать, что 9% порошков, относящихся к этой группе, имеют диаметр более 100 нм [2]. Такое распределение размеров связано с физическими особенностями материала порошка. Так, например порошки обладающие высокой твердостью и

тугоплавкостью, такие как вольфрам и хром с трудом поддаются измельчению, поэтому и выпускаются как порошки средней и крупной фракции.

Нано - или ультрадисперсная структура формируется в результате таких процессов, как кристаллизация, рекристаллизация, фазовые превращения, высокие механические нагрузки, интенсивная пластическая деформация, полная или частичная кристаллизация аморфных структур. В зависимости от условий и метода получения, порошки имеют сферическую, гексагональную, хлопьевидную, игольчатую, мелкокристаллическую или аморфную структуру. Характеристики получаемого продукта - гранулометрический состав и форма частиц, содержание примесей, величина удельной поверхности - могут колебаться в зависимости от способа получения в весьма широких пределах [3].

Нанопорошки, применяемые в машиностроении, можно разделить на три категории:

1. порошки оксидов металлов;
2. порошки чистых металлов;
3. смеси порошков и порошки сложных оксидов.

Задачей данной работы, является анализ современного рынка порошковых ультрадисперсных материалов и выявление порошков, наиболее подходящих для создания защитных покрытий.

Оксиды металлов составляют не менее 80% от общего числа производимых порошков. Это связано с особенностью процесса производства нанопорошков. Любой материал, измельченный до нано- состояния в большей степени подвержен окислению. Это связано с большей поверхностью контакта материала с воздухом. Доля кремнезема (SiO_2), титания и глинозема (Al_2O_3) составляет 80 % от производства порошков оксидов металлов [4].

К сожалению, ни один из вышеперечисленных оксидов, не применим для создания защитных покрытий, так как не обладает нужными технологическими свойствами: твердостью, износостойкостью, способностью образовывать гомогенные структуры.

Практически все твердые металлические элементы выпускаются серийно в виде порошков чистых металлов. Промышленное применение многих из них нуждается в дальнейшем развитии. Затраты на производство однородных порошков металлов с высокой степенью чистоты значительно выше, чем на производство оксидов металлов. По объему производства лидируют пять порошков: порошки железа, алюминия, меди, никеля и титана.

Кремний широко используется в металлургии, являясь отвердителем железа и сплавов, а также добавкой для получения жаропрочности. Кроме того, он используется в керамике и сварочных прутках.

Сложные оксиды составляют небольшую долю объема производства. Смеси более разнообразны, хотя они в высшей степени специализированы и объем их производства крошечный по сравнению с оксидами металлов и порошками чистых металлов.

Нитрид кремния обычно используется в производстве жаропрочных и теплоизоляционных материалов, а также тепло- и коррозиестойчивых зажимов.

Наноалмазы используются почти исключительно в обрабатывающей промышленности, обычно для нанесения прочных покрытий на полирующие и режущие инструменты и сверла, а также смазывающих и износостойких покрытий. При добавлении к стали наноалмаз повышает ее сопротивление коррозии.

Вольфрамово-кобальтовый карбид широко используется для увеличения срока службы инструментов, особенно металлообрабатывающих и добывающих.

Основными поставщиками наноструктурированных порошков являются: Северная Америка, Европа, и Азия.

На цену порошка влияет не столько размер частиц, сколько его чистота и однородность. Так, стоимость основных порошков, применяемых в металлургии и машиностроении колеблется в районе 12 000 за 1 кг.

Основные характеристики наноструктурированных порошков, широко представленных на потребительском рынке, выражаются такими величинами, как средний размер частиц, насыпная плотность, удельная поверхность и температура плавления. Удельная поверхность

достигает весьма больших значений (до 350 м²/г для нановолокон). Это обуславливается малым размером фракции порошка. Как правило, цвет у нанопорошка черный или серый. Это обусловлено большой степенью поглощения падающего света в следствии высокой шероховатости поверхности порошкового материала.

Благодаря своим уникальным свойствам, кардинально отличающимся от свойств макро- и микропорошка идентичного состава, нанопорошок, введенный в расплавленный металл способствует модифицированию металла, вызывая перераспределение вредных примесей между границами зерен, размер которых уменьшается, что обуславливает повышение предела текучести, прочности, пластичности и деформируемости стали, а также приводит к снижению коэффициента трения [5]. Тугоплавкие наночастицы, обладающие температурой плавления более 1600 °С могут выступать в качестве центров кристаллизации. Малая площадь поверхности зерна порошка обуславливает большую площадь контакта между матрицей модифицируемого материала и частицами порошка. Это приводит к увеличению прочности сцепления между основой и наночастицами. Также, малый размер частиц, а как следствие – их более равномерное распределение в объеме повышает сопротивляемость материала к истиранию, так как снижается вероятность выкрашивания частиц.

Наибольший интерес для создания защитных покрытий методом газотермического наплавления представляют тугоплавкие нанопорошки обладающие наибольшей твердостью. Также, большую роль играет возможность образования таких тугоплавких высокотвердых структур. К таковым можно отнести карбиды вольфрама, хрома, вольфрамокобальтовый карбид. При наплавке защитного покрытия они будут образовывать твердые, высокопрочные структуры, существенно повышая износостойкость наплавленного покрытия. Для доставки частиц порошка от горелки к наплавляемой поверхности, необходимо применять высокоэффективные источники тепла. К таковым относится оборудование для сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Высокая скорость истекающего потока из сопла позволяет доставить разогретые частицы порошка до наплавляемой поверхности, пока они еще не успели остыть. Это является предпосылкой формирования качественного покрытия.

Из всего вышеизложенного следует сказать, что применение наноструктурированных порошков при создании защитных покрытий является прямой поддержкой программы правительства РФ по развитию наноиндустрии, что в свою очередь стимулирует развитие отечественного рынка ультрадисперсных материалов. Защитные покрытия созданные с добавлением наноструктурированного порошка обладают более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с порошками более крупных фракций. Вследствие высокой стоимости, нанопорошки следует рассматривать лишь в качестве одного из компонентов наплавочного материала, основной объем которого будет состоять из более крупных фракций.

Список литературы

1. **Обуденов, А.** Русские нанопорошки / Александр Обуденов // Российский электронный наножурнал [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.fabrikamisli.ru/>. – Загл. с экрана.
2. **Нанопорошки.** Назначение, свойства, производство // Нанотехнологии: научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.nano-info.ru/>. – Загл. с экрана.
3. **Анциферов, В.Н.** Нанопорошки: получение и свойства. Новые материалы / В.Н.Анциферов [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Карабасова. – М : МИСИС, 2002. – 736 с.
4. **Нанопорошки:** описание и объемы производства // Abercade consulting [Электронный ресурс]: [сайт] / Исследовательская компания «Abercade»; разработка сайта Astronim.ru. – Электрон. дан. – М., 2008. – Режим доступа: <http://abercade.ru/research/analysis/67.html>. – Загл. с экрана.
5. **Жуков, М.Ф., Черский И.Н., Черепанов А.Н., Крушенко Г.Г.** Упрочнение

металлических, полимерных и эластомерных материалов ультрадисперсными порошками плазмохимического синтеза.- Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.-312с. - Т. 14

АНАЛИЗ СПОСОБОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Князьков К.В. - аспирант, Радченко М.В. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Горнодобывающие и горно-обогажительные комплексы состоят из большого количества различных машин для добычи и обогащения полезных ископаемых. В горной промышленности имеет место высокий уровень износа крупногабаритных деталей и механизмов машин и инструмента. Высокие нагрузки, тяжелые среды работы влияют на работоспособность механизмов машин и требуют постоянного ремонта или замены. Абразивный, адгезионный, тепловой, усталостный виды износа воздействуют на детали машин. При данных работах устранить факторы, влияющие на образование износа на данный момент невозможно. Для повышения качества деталей машин, а соответственно повышение их работоспособности, производительности, снижение простоя оборудования, влияющих на общую производительность шахт в целом, используют новые способы изготовления, а также восстановления деталей для увеличения ресурса работы.

При ремонте деталей машин, возможно, использовать различные способы наплавки [1]. Данными способами, можно, не только восстановить детали, но и повысить технологические свойства, увеличить ресурс рабочих поверхностей деталей. Например, способ наплавки под флюсом заключается в нагреве и расплавлении металла, так же как при сварке (рис. 1). К недостаткам наплавки деталей под слоем флюса относятся большая зона термического влияния, значительный нагрев деталей малых размеров, снижение усталостной прочности деталей на 20–40 %.

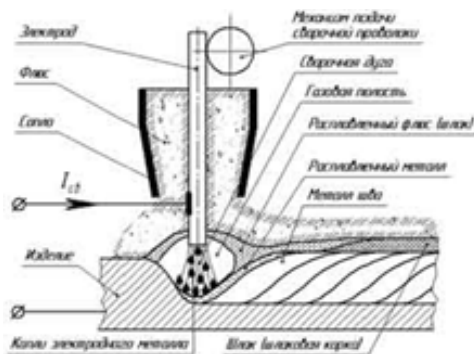


Рисунок 1 - Схема наплавки плавящимся электродом в защитном газе

Дуговая наплавка в защитных газах применяется в тех случаях, когда невозможны или затруднены подача флюса и удаление шлаковой корки (рис. 2). С целью уменьшения разбрызгивания металла наплавка в защитном газе производится самой короткой дугой. Недостатком способа является то, что в процессе наплавки в углекислом газе наблюдается сильное разбрызгивание жидкого металла, приводящее к налипанию брызг на мундштук и засорению сопла горелки. Кроме того, возможность сдувания газовой струи ветром затрудняет наплавку на открытом воздухе.

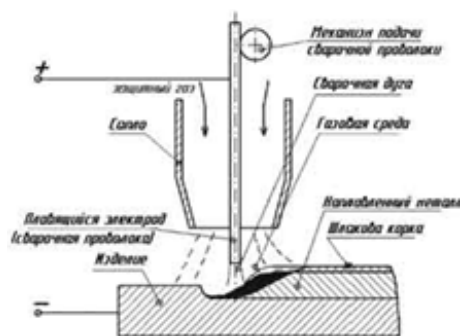


Рисунок 2 - Дуговая наплавка в защитных газах

Плазменная наплавка представляет собой более технологичный способ. Плазматрон создает струю плазмы с высокой плотностью столба энергии мощности дуги. Достоинством дуги плазменной наплавки является возможность получения малого, но гарантированного проплавления основного металла от 1 до 8% и, следовательно, возможность получения уже в первом наплавленном слое требуемого химического состава.

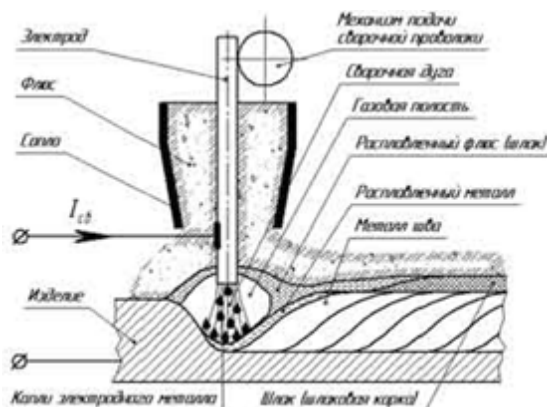


Рисунок 3 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу

Это позволяет существенно сократить расход наплавочных материалов, время наплавки, а также затраты на последующую механическую обработку. Высокая производительность наплавки до 25 кг/ч. Высокая износостойкость в условиях абразивного изнашивания предопределяет наличие в структуре наплавленного слоя карбидов тугоплавких металлов.

При использовании плазменно-порошкового способа наплавки при восстановлении деталей машин, можно добиться высоких показателей рабочих поверхностей, повысить свойства поверхностей до 12 раз [2].

Экономическая целесообразность проведения работ по восстановлению деталей машин связана с тем, что по сравнению с изготовлением при ее восстановлении требуется примерно в 5-8 раз меньше технологических операций, чем при изготовлении новой детали [3].

Таким образом, с учётом крупных габаритов деталей горно-обоганительного комплекса, а также технико-экономических показателей технологического процесса плазменно-порошковая наплавка является одним из наиболее предпочтительных процессов для восстановления изношенных деталей и производства новых с защитными износостойкими покрытиями.

Список литературы

1. **Воловик, Е.Л.**, Справочник по восстановлению деталей – М: Колос, 1981.
2. **Бишутин, С.Г.**, Горленко А.О., Матлахов В.П. Износостойкость деталей машин и механизмов. Брянск: БГТУ, 2010.
3. **Войнов, Б. А.** Износостойкие сплавы и покрытия. М.: Машиностроение, 1980.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бархатова Л.Н. – студентка ПКМ-71

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время трудно найти сферу человеческой деятельности, где бы не приходилось сталкиваться с явлениями адгезии в том или ином виде, начиная от изготовления мебели, заканчивая производством сложнейших летательных аппаратов. Адгезия наблюдается в самых разнообразных процессах: при склеивании и дублировании материалов, нанесении органических и неорганических покрытий, производстве слоистых пластиков, металлопластов и т. п.

Адгезия – прилипание, сцепление, слипание или притяжение. Явление адгезии относится к числу поверхностных явлений, то есть таких, которые возникают на границе раздела соприкасающихся фаз. Адгезионная прочность является одной из важнейших практических характеристик адгезионного соединения. Количественную характеристику этого свойства выражают сопротивлением разрушению адгезионного соединения по межфазной границе под действием внешних усилий (напряжений отрыва, отслаивания, расслаивания, сдвига, вырывания, кручения и тому подобное). При измерении адгезионной прочности обычно пользуются удельными значениями величин, относя сопротивлений к единице площади контакта (при отрыве, сдвиге, кручении, вырыве) или к единице ширины образца (при отслаивании и расслаивании).

В данной работе представлена информация по практическому определению адгезионной прочности лака к металлическим поверхностям.

За основу испытаний взят ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии». Среди представленных в ГОСТе методов определения адгезии (отслаивания, метод решетчатых надрезов, метод параллельных надрезов), выбран первый, так как он максимально соответствует замыслу, и имеющимся средствам для воплощения опыта в жизнь.

Метод отслаивания заключается в определении адгезии отслаиванием гибкой пластинки от армированного стеклотканью покрытия и измерении необходимого для этого усилия. В опытных испытаниях вместо стеклоткани были взяты две металлические пластины, так как в дальнейшем данный лак планируется применять для покрытия металлических изделий.

В данной работе было решено исследовать, как будет влиять качество поверхности металлической пластинки на адгезию. А также как будет изменяться значение адгезионной прочности при дисперсном наполнении лака оксидом алюминия и дисперсном наполнении наноалмазами. Каждая серия состоит из 10 испытаний.

Аппаратура и материалы:

- машина разрывная марки 3369 фирмы Instron, с максимальной нагрузкой 50 кН, и максимальной скоростью – 500 мм/мин;
- ультразвуковая мешалка;
- прибор для измерения толщины образцов с погрешностью не более 10 % (микрометр);
- лента стальная, марка стали Ст5, толщина 0,5 мм;
- высокоочищенный двухкомпонентный акриловый лак с отвердителем;
- порошок Al_2O_3 ;
- наноалмазный порошок;
- ножницы по металлу;
- кисть волосяная плоская, мягкая, шириной 10 мм, длина волос 15 мм;
- ацетон технический по ГОСТ 2768-84.

Изготовление образцов

Перед началом изготовления опытных образцов подготовили стальную ленту, и нарежали пластинки размером 20 мм на 50 мм, затем отобрали из нарезанных лент наиболее

идеальные, без царапин и выгнутостей, чтобы избежать лишних дефектов и искажения результатов из-за разницы по толщине слоя лака.

Первая серия включает образцы, на которые наносится лак без предварительной обработки поверхности пластинок.

Отмеряем 20мм от края и наносим лак, затем сверху накладываем вторую пластину и немного прижимаем для равномерного распределения лака и удаления его излишков, вытеснение воздуха. В итоге получаем образец (рисунок 1).

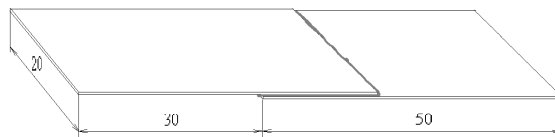


Рисунок 1 – Эскиз образца - стальные пластинки, склеенные лаком

И так делаем 10 штук. Равномерно раскладываем полученные образцы на ровную гладкую поверхность. Лак холодного отверждения, поэтому оставляем образцы отверждаться в нормальных комнатных условиях.

Вторая серия отличается от первой только тем, что поверхность пластинок заранее подготовлена. Пластинки зашкуриваем шлифовальной бумагой, затем обезжириваем ватным тампоном, смоченным в ацетоне. Все остальное делаем по аналогии с первой серией.

В третьей серии поверхность пластинок подготовленная, обезжиренная, а лак наполняем ультрадисперсными алмазами в количестве 0,5% от массы. Перемешиваем ультразвуковым смесительным устройством. Количество образцов, как и везде, 10 штук.

Четвертая серия - пластинки подготовленные, лак, наполненный оксидом алюминия в количестве 0,5% от массы, также перемешан, как и в третьем опыте.

Пятая серия: то же, что и третья только количество наноалмаза 0,1% от массы.

Шестая серия то же, что и пятая, только количество Al_2O_3 0,1% от массы.

Все образцы помечаем в соответствии с серией и оставляем отверждаться.

После полного высыхания приступаем к испытаниям на разрывной машине. Испытание проводим при температуре $(24 \pm 2)^\circ C$ и относительной влажности воздуха $(45 \pm 5) \%$. Образец расслаиваем при скорости движения подвижного зажима 1мм/мин и угле расслаивания $180^\circ C$.

Обработка результатов

По полученным значениям напряжения и деформации считаем средние значения для каждой серии, таблица 1. оцениваем промахи и не рассматриваем их при дальнейших расчетах. Для каждого среднего значения считаем доверительный интервал. Строим графики.

Таблица 1 – Средняя зависимость между напряжением и деформацией при растяжении

<u>1 серия,</u> необработанные пластинки	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0, 100	0, 195	0, 225	0, 244	0, 180	0, 120
	ε_i , м/мм	0	0, 002	0, 004	0, 006	0, 008	0, 010	0, 012
<u>2 серия,</u> обработанные пластинки	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0, 268	0, 180	0, 090	0, 080	0, 072	0, 068
	ε_i , м/мм	0	0, 005	0, 010	0, 015	0, 020	0, 030	0, 031
<u>3 серия, лак с</u> содержанием наноалмазов в количестве 0,5% от	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0, 146	0, 334	0, 245	0, 220	0, 110	0, 072
	ε_i ,	0	0, 002	0, 004	0, 006	0, 008	0, 010	0, 012

массы	м/мм							
4 серия, лак с содержанием Al_2O_3 в количестве 0,5% от массы	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0,153	0,217	0,178	0,135	0,120	0,063
	ε_i , м/мм	0	0,003	0,005	0,010	0,013	0,015	0,020
5 серия, лак с содержанием нанодиазмов в количестве 0,1% от массы	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0,186	0,321	0,206	0,120	0,117	0,067
	ε_i , м/мм	0	0,002	0,003	0,005	0,010	0,014	0,016
6 серия, лак с содержанием Al_2O_3 в количестве 0,1% от массы	$\bar{\sigma}_i$, МПа	0	0,230	0,234	0,197	0,142	0,102	0,059
	ε_i , м/мм	0	0,002	0,005	0,007	0,010	0,015	0,017

Приведем значение разрывного напряжения и деформации в таблице 2.

Таблица 2 – Средние значения напряжений и удлинений при разрыве

Серия опыта	1	2	3	4	5	6
$\sigma_{раз}$, КПа	4,2	6,8	7,2	6,3	6,7	5,9
$\varepsilon_{раз}$, мм/мм	0,016	0,031	0,012	0,020	0,016	0,017

Для того чтобы проанализировать проведенные опыты необходимо перенести все полученные значения прочности и относительного удлинения на один обобщенный график (рисунок 2).

На графике наглядно видно, что прочность адгезии будет снижаться при необработанной поверхности, это объясняется присутствием на поверхности окислов, замасливателей и различных загрязнений, препятствующих образованию связей на границе адгезив - субстрат.

При рассмотрении второго и третьего графика можно увидеть, что введение алмазного порошка резко увеличивает прочность и соответственно твердость. Образцы выдерживают большие напряжения из-за образования внутри лака углеродных связей, из-за возрастания модуля упругости, но они становятся менее пластичным и разрушается при небольших значениях относительного удлинения ($\varepsilon_3=12\%$, в отличие от $\varepsilon_2=31\%$).

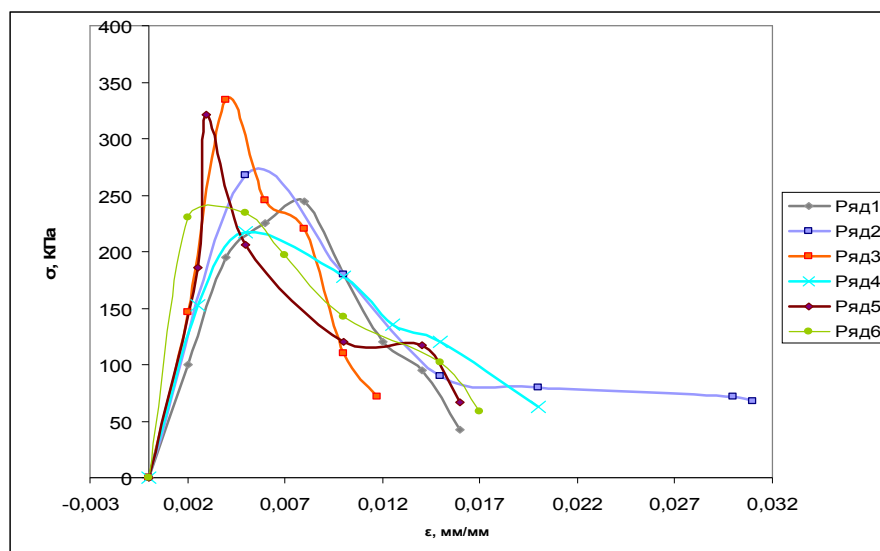


Рисунок 2 – График зависимости напряжения от деформации

Если рассмотреть графики наполнения оксидом алюминия, то сразу понятно, что это не очень удачный способ для увеличения адгезионной прочности, так как мы теряем не только устойчивость к воздействию деформаций, но и прочность, она становится даже ниже чем у обычного лака.

При сравнении третьего и пятого, где менялось только содержание алмаза, хорошо видно, что при уменьшении наноалмазов падает прочность, образцы также имеют малое значение относительного удлинения при разрыве ($\epsilon_5=16\%$).

Необходимо помнить, что наполнять материал можно до определенного значения, так как бесконечное увеличение наполнителя приводит к дальнейшему снижению прочности, кроме того, при наполнении материалов нужно тщательно подходить к вопросу, какие свойства необходимо увеличивать и какой наполнитель будет уместнее. Так, в нашем случае, для увеличения адгезионной прочности лучший вариант это использование наноалмаза.

ПОЛОЗКОВОЕ ШАССИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В КОНСТРУКЦИИ ВЕРТОЛЕТА

Астраханцева А. А. – студентка ПКМ-71, Пронский А. Е. – студент ПКМ – 71,
Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время производство изделий в авиа- и автомобилестроении из традиционных материалов уступает место деталям, выполненным на основе композиционных материалов. Такая замена дает: экономию массы конструкции (снижая расход горючего, и увеличивая транспортируемую полезную массу); повышенные прочностные и жесткостные характеристики конструкции по сравнению с конструкциями выполненными на основе традиционных материалов. Помимо всего прочего, сниженная за счет применения КМ масса, позволяет использовать больший диапазон моделей двигателей в связи со снижением потребляемой мощности.

Использование композиционных материалов в производстве летательных аппаратов позволяет также снизить их общую стоимость и варьировать условия проектирования. Применение композитов благодаря анизотропии их деформационно-прочностных свойств дает возможность создавать конструкции с заданным распределением прочности и жесткости.

На данный момент в мире существует множество моделей вертолетов, в конструкцию которых входят различные виды шасси. Выбор конструктивно-силовой схемы шасси определяется эксплуатационными требованиями, предъявляемыми к вертолету, компоновкой

и массой вертолета, а также требованиями аэродинамики. Шасси может быть колесным, полозковым, поплавковым и т.д.

Полозковое шасси применяют в основном на легких вертолетах, оно имеет простую конструкцию, малую массу и аэродинамическое сопротивление. Но недостаток такого шасси – отсутствие возможности перемещения по земле. Цель данной статьи – создание максимально надежной, прочной и легкой конструкции из композиционного материала с более лучшими показателями чем у традиционно применяемой стали.

Рассмотрим конструкцию шасси вертолета Bell 47 (рисунок 1):

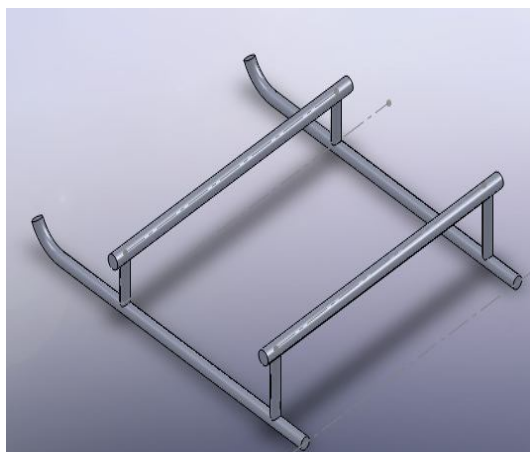


Рисунок 1 – Конструкция шасси вертолета Bell 47

В стандартной конструкции в качестве основного элемента используются стальные трубы из среднелегированной, конструкционной стали радиусом $R = 35\text{ мм}$ и толщиной стенки $H = 4,5\text{ мм}$, что придает конструкции необходимую жесткость и эффективную аэродинамику. В статическом состоянии на раму шасси приходится максимальная нагрузка $M = 1066\text{ кг}$. В состоянии динамического нагружения (например при штатной \ внештатной посадке на землю, ударе о землю) нагрузка может превышать 4000 кг . Поэтому при конструировании аналогичного изделия из композиционного материала коэффициент запаса прочности (α) следует принимать равным $\alpha = 5$ и более.

Так как целью данной статьи является получение максимально надежной, жесткой и легкой конструкции, то целесообразно применение углепластика взамен стали, который при 100% замещении стали в рассматриваемой конструкции, позволяет снизить вес изделия на 20 – 25%.

Ввиду того, что проектирование сложного изделия из композиционного материала имеет определенные особенности, рассмотрим таблицу 1, в которой указаны необходимые параметры рамы для конструирования:

Таблица 1 – основные характеристики рамы шасси:

Снаряженная масса, кг	798
Длина, м	12,56
База шасси, мм	2, 280
Колея шасси, мм	1,784
Нормальная взлетная масса, кг	963
Максимальная взлетная масса, кг	1066
Длина опорной части шасси, мм	2050
Радиус посадочной площадки, мм	35
Радиус стойки $R_{\text{стойки}}$ (сталь) перед \ зад, мм	30 \ 30
Длина стойки перед \ зад, мм	300 \ 400
Радиус поперечной балки R_6 (сталь) перед \ зад, мм	300 \ 300

Удаление точки закрепления стойки от конца «лыжи» (зад),мм	250
Удаление точки закрепления стойки от конца «лыжи» (перед),мм	1520

Из таблицы 1 видно, что длина вертикальных стоек спереди и сзади различна. Такое различие объясняется особенностями закрепления рамы шасси к вертолету сзади.

Для полного анализа конструкции, необходимо создать модель с применением выбранного КМ, и с использованием стандартных значений из табл. 1, позволяющую оценить распределение нагрузок в раме и обнаружить критические области, подлежащие дополнительному упрочнению, рисунок 2.

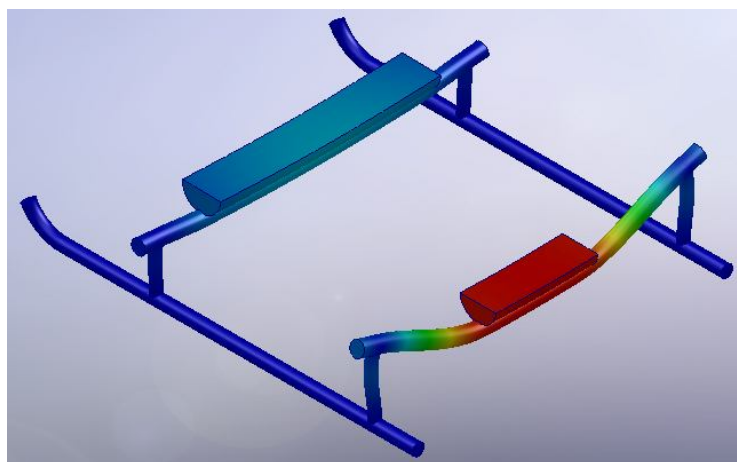


Рисунок 2 – распределение напряжений в модели из УП со стандартными габаритами

Из рисунка 3 видно, что задняя поперечная балка под нагрузкой в 10кН подвергается разрушительным деформациям, а задние вертикальные опоры сильно деформируются. Коэффициент запаса прочности α при этом равен 0,71. Это говорит о том, что для рамы из углепластика не подходят стандартные геометрические значения стальной рамы. Для определения нужного значения было проведено варьирование параметров. В результате этого, было выявлено, что: оптимальным значением радиуса поперечной задней балки является $R_{б. зад} = 40$ мм, а значение радиуса задней стойки $R_{з. стойки} = 35$ мм. Также решено использовать не трубчатый каркас рамы, а сплошной стержневой, что, несомненно, увеличит массу, но в тоже время и жесткость оставив внешние габариты без значительных изменений. В результате таких изменений получена следующая картина (рисунок 3):

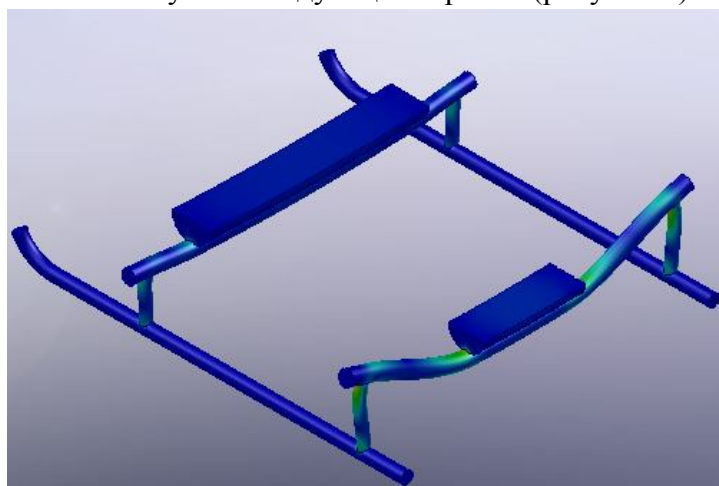


Рисунок 3 – деформации и напряжения в раме из УП с применением новых геометрических значений

Из рисунка 3 видно, что под действием такой же нагрузки (10кН), деформации в раме минимальны, конструкция разрушению не подвергается. Коэффициент запаса прочности при этом составляет $\alpha = 5,19$, что удовлетворяет конструктивному предназначению рамы.

Далее детально рассмотрим соединительные узлы, которые принимают на себя высокие сжимающие и сдвиговые нагрузки. В данной конструкции ползкового шасси в случае использования КМ в качестве замены традиционному металлу, применяется одно типовое решение по закреплению взаимно перпендикулярных элементов – клее-клепанное соединение. Рассмотрим 2 соединяемых узла спроектированных в программе SolidWorks (рисунок 4):

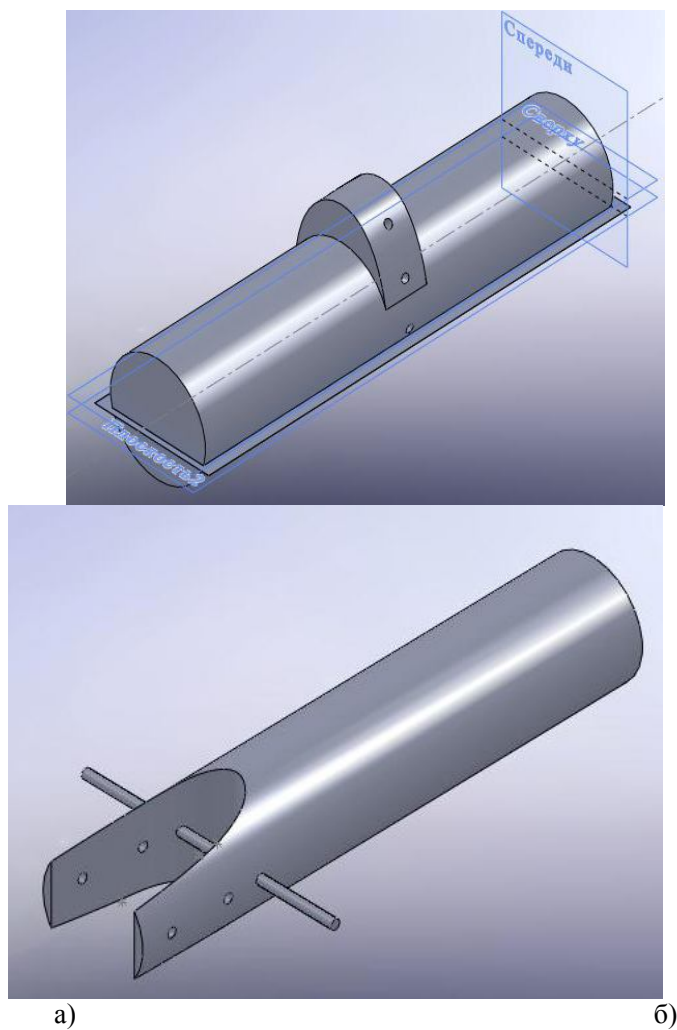


Рисунок 4 – Основные элементы соединительного узла: а) участок ползья с приливом для закрепления

б) Участок вертикальной опоры рамы с углублением для закрепления враспор на ползьях

В представленных элементах основными концентраторами напряжения являются отверстия расположенные по бокам. Используем приложение CosmosExpress и проведем испытание на нагружение обеих конструкций (рисунок 5).

Как видно из рисунка 5, области подверженные максимальному нагружению (20кН) находятся у основания прилива шасси по границам отверстий. Характер деформаций, как видно из рисунка, находится в безопасной зоне, - разрушение не последует. Запас прочности элемента равен 6,4.

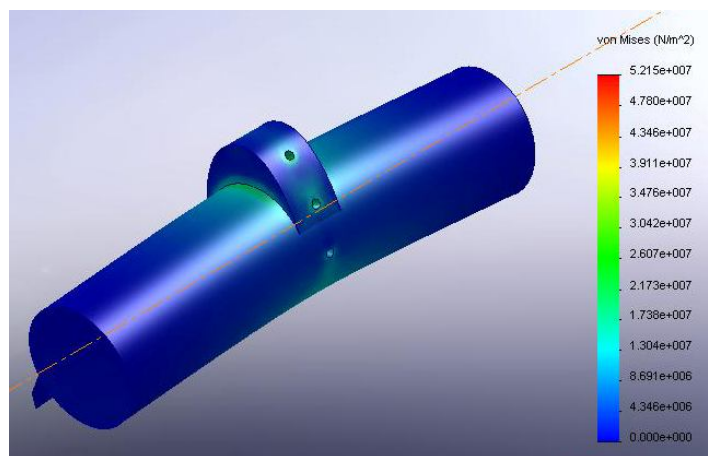


Рисунок 5 – Нагружение участка шасси с закреплением за отверстия, с целью выявления опасных напряжений

Рассмотрим второй элемент узла, и оценим деформации при его нагружении (рисунок 6):

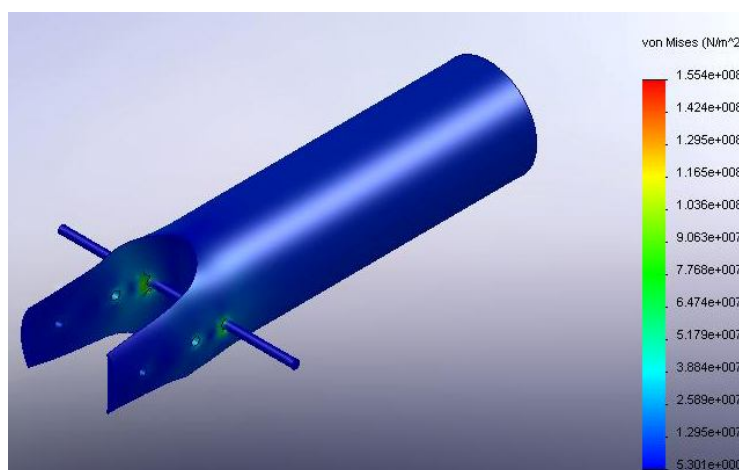


Рисунок 6 – Нагружение участка вертикальной опоры шасси, с целью выявления опасных напряжений.

Характер деформаций и зона напряжений показанные на рисунке 6 находятся в «зеленой зоне», - т.е. не представляют опасности для элемента узла в случае его нагружения весом до 20кН. Запас прочности элемента по оценке приложения CosmosExpress равен 5,7, что дает уверенность использовать данный элемент в самых экстримальных условиях.

После того как мы рассмотрели основные элементы и узлы ползкового шасси, в заключение стоит остановиться на клее, который будет использоваться в соединениях для придания им дополнительных прочностных свойств. Мы предлагаем использовать авиационный клей марки ВК – 77, который представляет собой эпоксидную композицию, состоящую из смеси эпоксидных и полиамидных смол, наполнителя – каучука со сшивающим агентом, модифицированный кремнийорганическими соединениями. Выбор остановлен на данном клее не только потому что он будет разгружать болты, которыми станет крепиться конструкция, но и потому, что он обладает достаточно высокой трещиностойкостью, которая в свою очередь обеспечит всему соединению более долговечную работу и возможность эксплуатации в экстримальных условиях нагружения .

РАКОВИНА ИЗ ИСКУССТВЕННОГО КАМНЯ

Бархатова Л.Н. – студентка ПКМ-71, Головина Е.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Натуральный камень с давних времен служил средством выражения творческих способностей человека, позволял реализовать его понятие красоты, не подверженных внешним воздействиям стихий и обстоятельств. Но в настоящее время натуральный камень – дорогое удовольствие, именно поэтому камень и стали имитировать различными способами. Одним из таковых является изготовление изделий из искусственного камня. Кроме внешнего сходства с натуральным, он прочнее и долговечнее своих природных аналогов, а иногда и эффектнее.

Искусственный камень – современный композитный материал, использующийся в декоративных целях. Искусственный камень на 70% состоит из природных элементов, выполняется на основе акриловых соединений.

Изначально искусственный камень стал альтернативным вариантом для природного отделочного камня. Внешний вид имеет сходство с мрамором и натуральным камнем, но по своим качествам и характеристикам он превосходит естественные природные аналоги. Наибольшее распространение материал получил в изготовлении кухонных столешниц.

Среди основных характеристик столешниц из искусственного камня стоит отнести следующие:

- Термостойкость, твёрдость, ударопрочность, стойкость к механическим повреждениям – на искусственном акриловом камне сложно встретить дефекты в виде трещин, царапин или выбоин; не расслаивается
- Высокая устойчивость в агрессивной среде – на искусственном камне не появляются плесень, бактерии или грибок в условиях повышенной влажности;
- Гигиеничность, превосходные экологические характеристики – не выделяет вредные вещества, следовательно, искусственный камень безвреден и экологически чист;
- Искусственный камень выглядит монолитным и цельным, так как при производстве изделий из искусственного камня используется технология бесшовной склейки;
- Разнообразие цветовой палитры – доступно более 46 цветов и оттенков;
- Долговечность – даже спустя долгие годы искусственный камень будет радовать своим цветом и красотой;
- Искусственный камень приятен на ощупь, передаёт человеку своё тепло;
- Благодаря современной технологии изготовления, декоративный камень позволяет производить изделия самой различной формы.

Природный камень очень тяжелый по сравнению с искусственным камнем (2700 кг/куб. м по сравнению с 1750). Это означает, что мраморный подоконник или подоконник из гранита размерами 100см x 50см и толщиной в 5 см будет весить больше 60кг, а подоконник из искусственного мрамора или искусственного камня всего от 10 до 30 кг в зависимости от наполнителей и технологии производства. Обработка натурального камня гораздо сложнее, к тому же, как известно, природный камень разрушается под воздействием внешних факторов, например, той же воды, не говоря уже про более действенные химические препараты. Стойкость искусственного камня в подобных условиях гораздо выше.

Чтобы до конца убедиться в способности искусственного камня заменить традиционный и оценить преимущества воспользуемся программой для моделирования SolidWorks. Работа будет заключаться в следующем: мы сначала спроектируем модель раковины совмещенной со столешницей в натуральном виде. Затем применить к модели материал натурального и искусственного камня и посмотреть, как будет работать данные изделия при нагружении.

За основу мы взяли раковину для ванной комнаты, современного дизайна (рисунок 1).

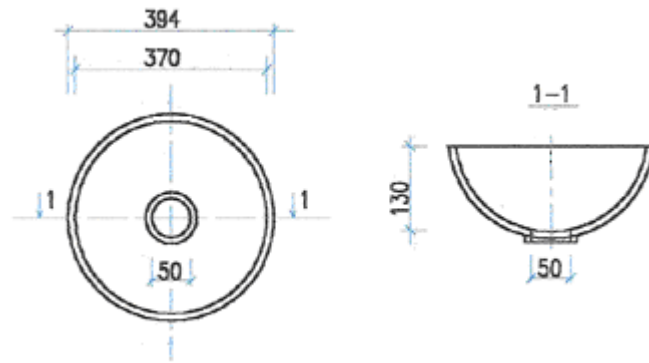


Рисунок 1 – Раковина, из натурального камня взятая за основу проекта

Построили модель раковины монолитную со столешницей, рисунок 2. Затем в базу данных добавили материал мрамор с его показателями (модуль упругости, предел прочности, коэффициент Пуассона и другие), и второй материал – акриловый камень с его характеристиками.

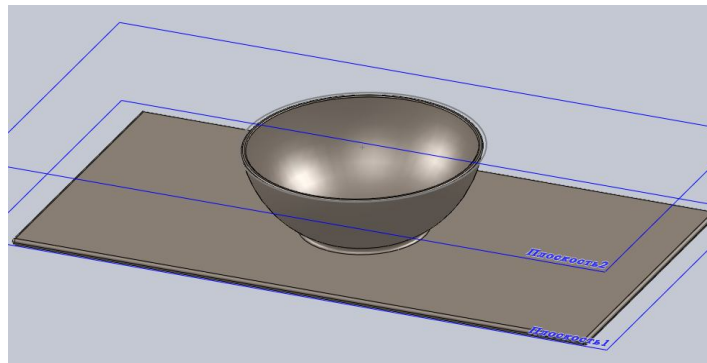


Рисунок 2 – Модель раковины со столешницей для ванной комнаты

В программе есть пакет COSMOSXpress, данное приложение позволяет проанализировать исследуемый объект при различном закреплении изделия и его нагружении, максимально приблизив тем самым модель к реальным условиям эксплуатации. В данном случае нижняя часть столешницы будет закреплена, а нагружение будет перпендикулярно, то есть, направлено по нормали к раковине. Условие закрепления и нагружения одинаково в обоих случаях, что позволяет сравнить полученные данные (рисунок 3).

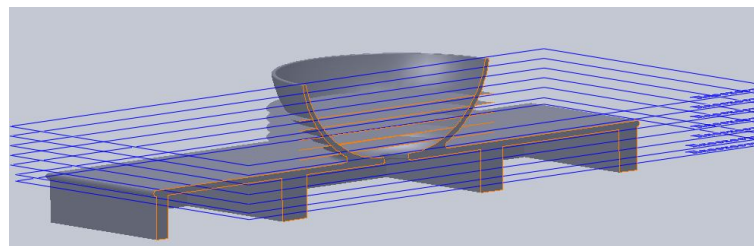


Рисунок 3 – Построения для нагружения исследуемого объекта

Проанализируем полученные после расчета данные. Так масса мраморной раковины 37,7997 кг, масса раковины из акрилового камня – 24,4006 кг, очевидно, что раковина из искусственного камня легче, чем из мрамора, что является большим плюсом при транспортировке, установке, монтаже и эксплуатации.

Напряжения и перемещения в материале приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные напряжения и перемещения в мраморе и акриловом камне

Материал	Максимальные напряжения, МПа	Предел прочности, МПа	Перемещение, мм
Мрамор	9,939	10,3	0,0846869
Акриловый камень	6,340	39,5	0,0794175

При нагружении раковины давлением в 60 КПа мрамор почти достигает своего предела прочности, тогда как у искусственного камня остается большой запас прочности, что позволяет изготовить раковину с меньшим расходом материала, и меньшей массой, по сравнению с традиционным материалом.

Приложим к объекту бесконечно большое давление, что бы определить какие напряжения возникнут и как они распределяться по поверхности. Проанализируем картинку напряжений (рисунок 4), наглядно видно, что наиболее слабым местом является низ раковины, так как там находится конструктивное отверстие и туда прилагается основное давление струи воды. Менее напряженными являются боковые стороны, и практически не деформируется столешница, так как напряжения возникающие на ней много меньше придельных.

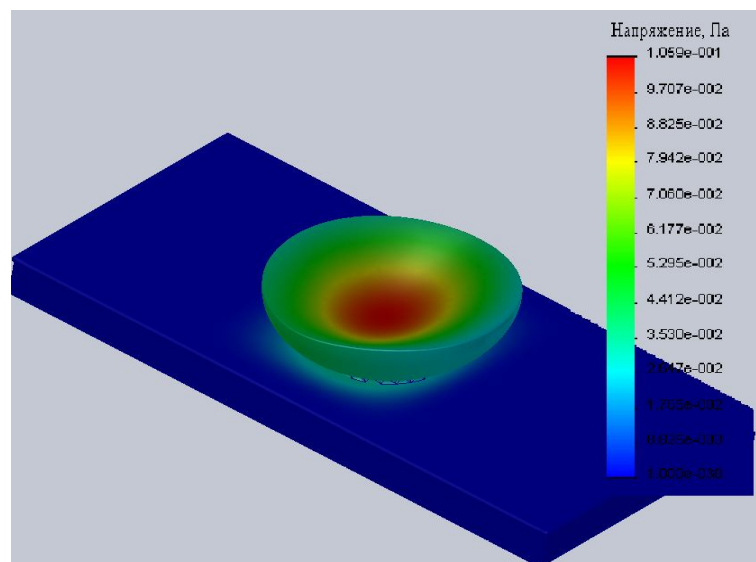


Рисунок 4 – Распределение напряжений

В полученной модели не учтен тот факт, что изготовить монолитную столешницу с раковиной из мрамора не возможно, что подчеркивает еще один недостаток натурального камня и преимущество искусственного.

Изысканная красота, широкая цветовая гамма (более 100 цветов), прочность и долговечность позволяют искусственному камню быть идеальным материалом для создания абсолютно разных по стилю и функциональности интерьеров.

Пожалуй, ни один из природных материалов не сочетает в себе такое количество достоинств одновременно.

БАССЕЙН ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Хомякова Т. В. – студентка ПКМ-71, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Бассейн из стеклопластика – это, обычно, монолитная чаша, при ее монтаже не возникает никаких стыков или швов. Прочность и эластичность композитного материала гарантируют отсутствие проблем, связанных с сезонными подвижками и вспучиванием грунтов.

В случае сравнения технических характеристик и рентабельности, композитные бассейны имеют ряд основных преимуществ перед другими видами бассейнов таких, как – бетонные, полипропиленовые или сборные бассейны. В случае, когда дело касается частного сектора, то сравнительные преимущества цельных стекловолоконных бассейнов очевидны, это –

1. Минимальные сроки строительства, в среднем от 7 до 25 дней.
2. Целостность, герметичность, высокая прочность и долговечность бассейна.
3. Износостойкий и устойчивый к воздействиям окружающей среды, облицовочный слой.
4. Разнообразный и практичный дизайн, с элементами римских лестниц, гидромассажных зон и сидений.
5. Многообразная палитра расцветок, включая эксклюзивные цвета.
6. Возможность реставрации и восстановления целостности.
7. Расширенные гарантии производителей (от 10 лет).
8. Универсальное решение, для размещения конструкции на улице или в помещении.

Чтобы наглядно представить достоинства бассейнов из стеклопластика, проведем сравнение основных характеристик бассейнов из стеклопластика и на основе традиционной бетонной чаши (Таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение основных характеристик бассейнов из стеклопластика и на основе традиционной бетонной чаши

Характеристики	Бассейн из стеклопластика	Бетонная чаша
Эластичность и прочность чаши	В 17 раз прочнее бетона	Плохо работает на изгиб
Сейсмоустойчивость	да	нет
Стойкость при подвижке грунта	да	нет, дает осадку, возможны трещины
Устойчивость к коррозии	да	нет, возможна коррозия арматуры
Устойчивость к поражению грибками и плесенью	да	нет
Контроль за качеством бассейна	Осуществляется изготовителем чаши	зависит от строителей
Срок службы	100 и более	не определено
Гарантия	пожизненная	не определено
Теплопроводность	низкая (хорошо держит тепло)	высокая (вода быстро остывает)
Возможность демонтажа и перестановки без потери товарного вида	да	нет

Чаша бассейна испытывает на себе большие нагрузки: давление воды, промерзшей почвы, подземные толчки в сейсмоопасных районах. Сравним эти два материала под нагрузками при помощи программы Solid Works и приложения Cosmos Express.

Рассмотрим одну из модификаций бассейнов (рисунок 1).

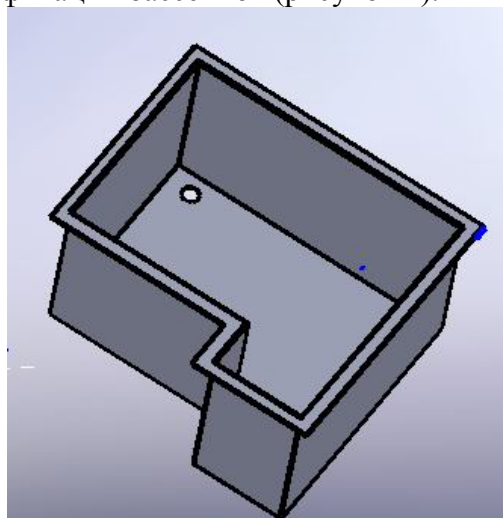


Рисунок 1 – Модель бассейна

Основные характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики бассейна

Длина, мм	2100
Ширина, мм	1600
Глубина, мм	1500
Площадь зеркала воды, м ²	2,4
Объем чаши, м ³	2,8±0,1
Объем воды, м ³	2,4±0,2
Периметр по внутренней грани борта, м	6,4

Основные характеристики стеклопластика и бетона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики стеклопластика и бетона

Показатели	Стеклопластик	Бетон
Модуль упругости, МПа	55000	2350
Коэффициент Пуассона	0,39	0,22
Плотность, кг/м ³	1800	2200

Рассмотрим модели распределения напряжений в модели при использовании стеклопластика (рисунок 2,а) и бетона (рисунок 2,б).

Напряжения распределены равномерно по стенкам бассейна. Бортики бассейна не подвержены давлению воды и напряжений не испытывают.

Под давлением воды бассейн из стеклопластика испытывает напряжение 852 Па, из бетона – 1335 Па, т.е. бассейн из стеклопластика на 36% меньше испытывает напряжения, чем бетонный бассейн. Максимальные смещения в модели из стеклопластика $1,17 \cdot 10^{-10}$ м, из бетона – $4,83 \cdot 10^{-9}$ м, смещения при использовании стеклопластика меньше в 40 раз, чем при использовании бетона.

Масса бассейна из стеклопластика составляет 234 кг, из бетона – 300 кг, т.е. стеклопластиковый бассейн на 22% легче бетонного.

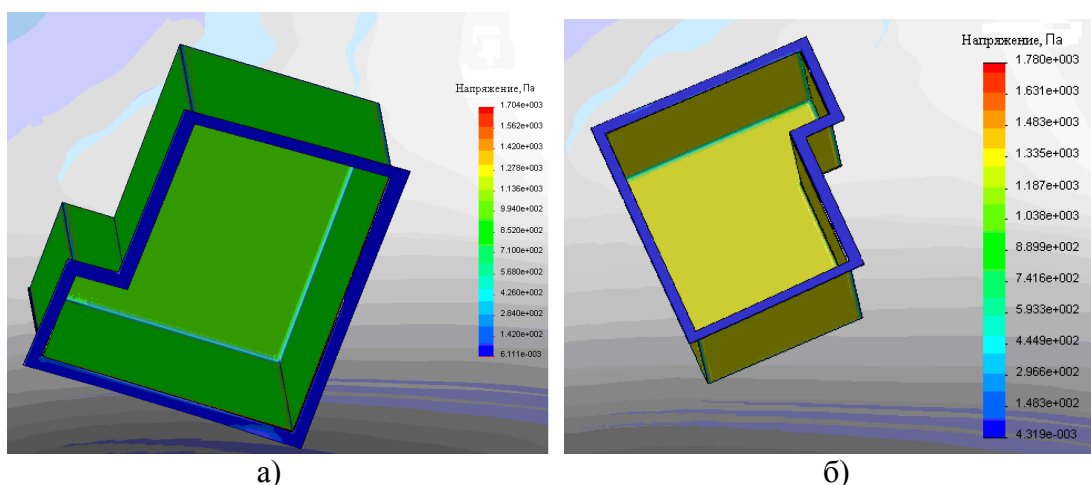


Рисунок 2 – Распределение напряжений в бассейне а) из стеклопластика, б) из бетона

Для достижения оптимальных характеристик бассейна из бетона стенки такого бассейна следовало бы сделать толще почти в 40 раз, а следовательно увеличить массу изделия, это усложнит перемещение и установку такого бассейна. Поэтому бетонный бассейн изготавливают на месте, а это обычно очень долго и неудобно. Стеклопластиковый же бассейн привозят на место уже готовым, необходимо только его установить, что происходит в очень короткие сроки.

МИНИ-ЭСТАКАДА ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Митрофанова М. А. – студентка ПКМ – 71,

Головина Е. А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время перспективы прогресса, в основном, связывают с разработкой и широким применением композиционных материалов (композитов).

Композиционные материалы (КМ) обладают комплексом свойств и особенностей, отличающихся от традиционных конструкционных материалов (металлических сплавов) и в совокупности открывающих широкие возможности, как для совершенствования существующих конструкций самого разнообразного назначения, так и для разработки новых конструкций и технологических процессов.

Мини-эстакады представляют собой наилучший вариант для поднятия автомобиля, так как в этом случае можно обойтись без домкрата. При поднятии необходимо, естественно, следить за тем, чтобы они были поставлены точно перед колесами, чтобы добиться сохранения направления въезда. Для дополнительной надежности в опорной поверхности эстакады должно быть углубление для колес. На рисунке показано, как должно располагаться колесо на эстакаде.

Мини эстакада для автомобиля состоит из прочного металлокаркаса и выдерживает нагрузку до 500 кг на колесо. Покрытие эстакады для автомобиля - порошковая краска. Полный вес опоры под автомобиль - 15 кг.

Наша задача состояла в том, чтобы спроектировать мини-эстакаду этой же конструкции, но которая являлась бы прочнее и легче.

Проанализировав различные варианты композиционных материалов, мы остановили свой выбор на стеклопластике и сравнили его характеристики с характеристиками стали, которые отражены в таблице 1



Рисунок 1 – Мини-эстакада

Таблица 1 – Характеристики материалов

	Сталь	Стеклопластик
Плотность (кг/м ³)	7800	1800-1900
Модуль упругости, ГПа	2692	2895-3056
Предел прочности при растяжении, МПа	240	1700
Отношение усталостной прочности к статической (число циклов 10 ⁷)	0,26	0,29
Теплопроводность при 20 °С, Вт/м °С	64	0,75
Стойкость к воздействию химически агрессивных сред	Не стоек. Требуется мероприятия по защите от коррозии	Стойк
Эксплуатационные затраты	Требуется регламентные работы не реже 1-2 раза в год	Восстановление цветовой окраски по мере снижения её интенсивности

Спроектированная модель

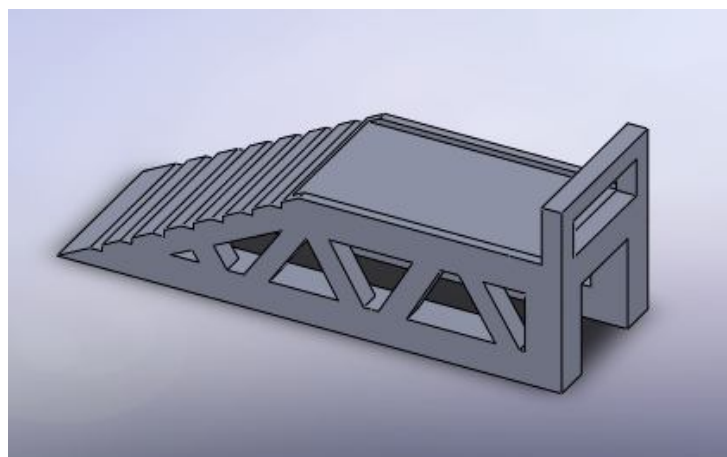


Рисунок 2 – спроектированная модель мини-эстакады

Параметры нагружения

Материал	Ограничение	Нагрузка
Сталь	Нижняя грань	Верхняя площадка. (приложение нормальной силы 5000 N используя равномерное распределение)
Стеклопластик		

Модель после нагружения

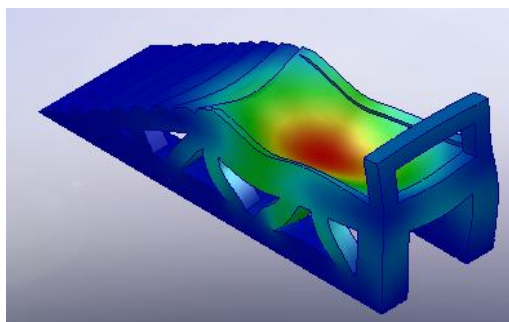


Рисунок 3 - Модель из стали

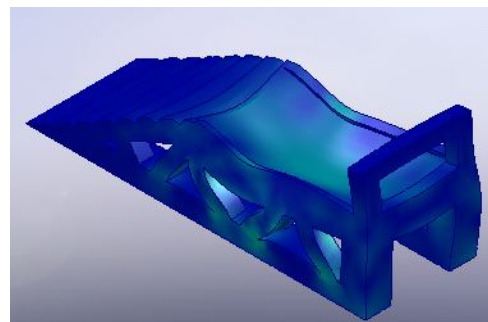


Рисунок 4 – Модель из стеклопластика

Анализ полученных результатов

Материал:

Материал	Масса
Сталь AISI 1020	14, 7589 кг
Стеклопластик	7, 32897 кг

Напряжения:

Материал	Min напряжения	Max напряжения
Сталь AISI 1020	409.094 N/m ²	4.96051e+006 N/m ²
Стеклопластик	356.097 N/m ²	1.9971e+006 N/m ²

Перемещения:

Материал	Min перемещения	Max перемещения
Сталь AISI 1020	0 mm	0.000833293 mm
Стеклопластик	0 mm	1.88226e-009 mm

В ходе проделанной работы, можно сделать вывод о том, что использование композиционного материала, в частности стеклопластика, эффективнее, чем традиционного материала.

Анализируя таблицы с результатами, видно, что конструкция из стеклопластика прочнее и легче, чем из стали. Эстакада для автомобиля легко транспортируется на место работы или хранения. Так же одним из преимуществ стеклопластика перед сталью, является и то, что стеклопластик стоек к воздействию химически агрессивных сред и долговечен в эксплуатации.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЙСБОЛЬНОЙ БИТЫ

Магера И. А. – студентка ПКМ – 71,

Головина Е. А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Материалы, которые человек использовал в своей деятельности, всегда играли важную, а часто и определяющую роль в прогрессе цивилизации. Они даже дали названия целым этапам развития человечества: каменный век, бронзовый век, железный век... Конечно, сейчас круг материалов, созданных и используемых в быту и технике чрезвычайно широк. Однако с небольшой долей пристрастности современную эпоху можно назвать веком композиционных материалов.

В настоящее время композиты широко применяются в авиации, ракетно-космической технике, судостроении, машиностроении и в других отраслях промышленности. Но как мы видим, автомобилестроение, современные космические технологии и авиастроение – далеко не полный список применения композиционных материалов. Благодаря своим улучшенным физическим свойствам, технологичности изготовления, а также универсальности в применении, композиты уже нашли свою нишу в производстве многих товаров народного потребления. Этот список постоянно расширяется, что определяет постоянное развитие и поиск новых решений в применении композиционных материалов.

Сейчас традиционные материалы, такие как, например, металлы и дерево часто заменяются композиционными материалами, что и является главной целью данной работы.

Объектом исследования в моей работе является бейсбольная бита. Данное изделие выполняется в виде круглого в сечении стержня. Бита равномерно утолщается, достигая максимальной толщины в части, используемой для удара по мячу. Бита по правилам ограничена в размерах 106 см в длину и 7 см в диаметре сечения. В момент удара по мячу бита подвергается нагрузкам, равным 5000 Н.

В профессиональном бейсболе игроки обязаны использовать биту, сделанную целиком из дерева, не содержащую полостей и посторонних материалов, например пробки. Деревянные биты обычно делают из ясеня. В качестве материала для изготовления бейсбольных бит также используются клён, береза, бук.

В любительском бейсболе могут использоваться также биты, сделанные из металла. Обычно используются сплавы алюминия. Металлическая бита позволяет отбивать мяч с большой скоростью, прилагая при этом меньшие усилия. Взамен алюминиевой биты можно спроектировать биту из стеклопластика

Стеклопластики – достаточно дешёвые материалы, их широко используют в строительстве, судостроении, радиоэлектронике, производстве бытовых предметов и спортивного инвентаря.

Стеклопластик обладает низкой теплопроводностью, прочностью стали, долговечностью, биологической и химической стойкостью, является прекрасным диэлектриком, не подвержен гниению. А при пожаре не выделяет сильнодействующий газ диоксин в отличие, например, от поливинилхлорида.

Также изделия из стеклопластика имеют ряд других преимуществ;

- Не требуют специального ухода. Мойка стеклопластиковых изделий осуществляется с применением обычных моющих средств;
- Обладают высокой ремонтпригодностью;
- Цветовая гамма стеклопластиковых изделий может быть разнообразна;
- Стеклопластик не представляет опасности для здоровья человека, так как не содержит летучих мономерных соединений;
- Удовлетворяет требованиям пожарной безопасности по воспламеняемости и выделениям ядовитых веществ при горении;
- Наружные поверхности не имеют острых травмоопасных выступов;
- По сравнению с алюминием дешевле и не подвержен коррозии.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики стеклопластика и алюминия.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики стеклопластика и алюминия

Характеристика	Стеклопластик	Алюминий
Прочность, кг/м ²	1600 – 2000	2700
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	410 – 1180	80 – 430
Модуль упругости, МПа	21 – 41	70
Коэффициент линейного расширения, х10 ^{°С}	5 – 14	140 – 190
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	0,25 – 0,3	140 – 190

Для оценки характеристик готового изделия я спроектировала модель бейсбольной биты с помощью программы SolidWorks 2008. Размеры модели: длина – 700 мм, максимальный диаметр – 50 мм.

Одной из функций этой программы является анализ модели. В ходе анализа рассчитываются максимальные и минимальные напряжения и перемещения, а также масса модели.

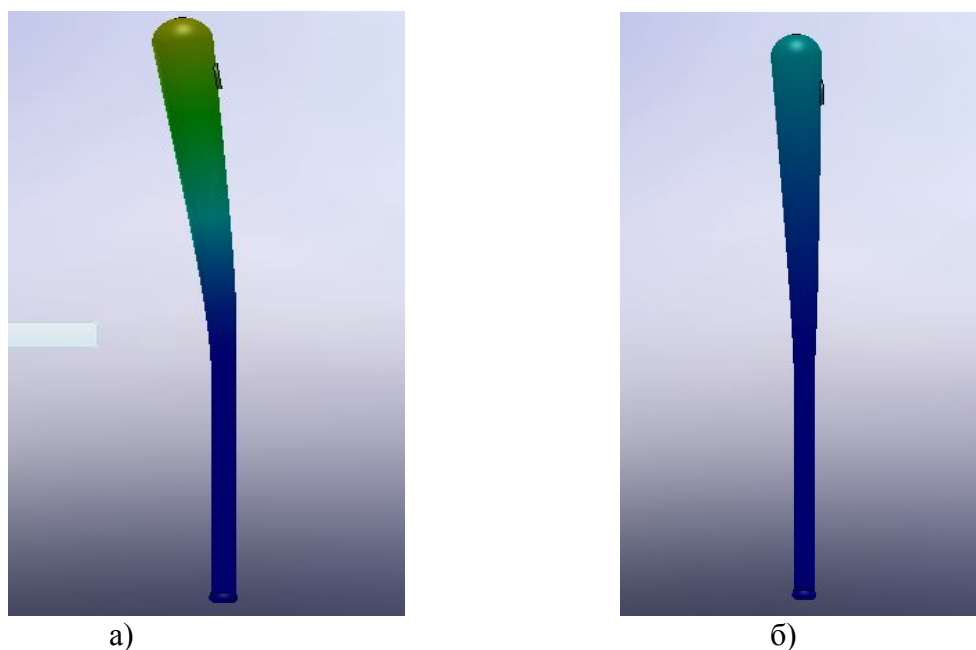


Рисунок 1 – Распределение напряжений а) в алюминиевой бейсбольной бите, б) в стеклопластиковой бейсбольной бите

Таблица 2 – Сравнение массы биты из стеклопластика и биты из алюминия

Материал	Масса изделия, кг
Стеклопластик	1,82
Алюминий	3,48

Таблица 3 – Результаты анализа напряжений для биты из стеклопластика и для биты из алюминия

Материал	Минимальное напряжение, Н/мм ²	Максимальное напряжение, Н/мм ²
Стеклопластик	2,22e-006	14,1+008

Алюминий	1.61 e-006	5,65 e+008
----------	------------	------------

Анализ алюминиевой и стеклопластиковой моделей показал, что масса стеклопластиковой модели практически вдвое меньше, чем алюминиевой. Напряжения и перемещения в стеклопластиковой модели меньше, чем в алюминиевой.

Следовательно, исходя из результатов анализа можно сделать вывод, что применение стеклопластика повышает прочность бейсбольной биты на 40% и снижает ее массу в два раза. Кроме того, стеклопластиковая бита дешевле алюминиевой на 30% и не подвержена коррозии.

ДЕКОРАТИВНАЯ КОЛОННА ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Егорова О.С. – студентка АлтГТУ, ПКМ-71, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Колонна является одним из древнейших архитектурных украшений домов. В любом интерьере она притягивает к себе взгляд. В словарях колонна описывается как архетонический элемент, представляющий собой сооружение в виде цилиндрического или многогранного столба, который служит опорой в здании или является отдельно стоящим монументом. Колонной также называют всякую подобную ей опору из любого материала. Это нестареющая архитектурная деталь, которая и сейчас пользуется популярностью.

История колонны насчитывает много веков. Сначала она служила исключительно опорным элементом, а в античные времена сформировался тот образ колонны, который дошел до наших дней - к несущей функции добавилась декоративная.

Конструкция любой колонны состоит из трех частей: базы - основания, на которое устанавливается сооружение; ствола, то есть основной части, и капители - верхнего завершения. Колонны декорируют каннелюрами (вертикальными желобками вдоль ствола), волютой (орнаментом, скульптурным украшением в виде витка спирали) или пальметтой (орнаментом, напоминающим листья пальмы). В архитектуре различают следующие стили колонн: дорический, ионический и коринфский ордера.

Современные функции колонны различны. Она может служить декоративным элементом и подчеркивать стилевую принадлежность интерьера, его величавость, торжественность. Колонна помогает создавать и усиливать ритмическую организацию окружающего пространства и зрительно изменять пропорции - расширять стены и поднимать потолки. Еще одна функция - чисто утилитарная, колонна помогает закрыть выступающие коммуникации или массивную несущую конструкцию. Кроме того, при помощи нее можно зонировать помещение.

В настоящее время композиционные материалы находят широкое применение в различных областях техники. Эффективность их применения в различного назначения конструкциях определяется степенью совершенства специфических методов расчета, проектирования и изготовления изделий. Характерной особенностью рассматриваемых материалов является то, что они, как правило, образуются одновременно с изготовлением конструкции. При этом их механические характеристики, обуславливаемые схемой расположения армирующих элементов, могут изменяться в широких пределах.

Таким образом, проектирование конструкции из КМ, кроме назначения ее геометрических параметров, предусматривает определение рациональной структуры материала, то есть числа и порядка чередования слоев, углов ориентации и вида армирующих элементов, их относительного содержания в композиции и других параметров.

Особенностью КМ, связанной с их структурной неоднородностью, является резкая анизотропия механических свойств, которая проявляется в ярко выраженной зависимости прочности и жесткости от направления нагружения. Таким образом, КМ обладают рядом специфических свойств, находящихся в прямой зависимости от технологического процесса, основные параметры которого подлежат поддержанию, изменению или регулированию.

Технический уровень изделий из КМ оказывается сильно зависящим от точности и оптимальности построения технологического процесса.

Для разработки и проектирования колонны я выбрала стеклопластик. Стеклопластики – вид композиционных материалов – пластические материалы, состоящие из стекловолоконного наполнителя (стеклянное волокно, волокно из кварца и др.) и связующего вещества (термореактивные и термопластичные полимеры).

Стеклопластики – материалы с малым удельным весом и заданными свойствами, имеющие широкий спектр применения. Стеклопластики обладают очень низкой теплопроводностью (примерно, как у дерева), прочностью как у стали, биологической стойкостью, влагостойкостью и атмосферостойкостью полимеров, не обладая недостатками, присущими термопластам.

Стеклопластики уступают стали по абсолютным значениям предела прочности, но в 3,5 раза легче её и превосходят стали по удельной прочности. При изготовлении равнопрочных конструкций из стали и стеклопластика, стеклопластиковая конструкция будет в несколько раз легче. Коэффициент линейного расширения стеклокомпозита близок к стеклу (составляет $11... 13 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$), что делает его наиболее подходящим материалом для светопрозрачных конструкций. Плотность стеклопластика, полученного путем прессования или намотки, составляет $1,8-2,0 \text{ г/см}^3$.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика свойств стеклопластика, стали и алюминиевых сплавов

	Сталь	Алюминиевые сплавы	Стеклопластик
Плотность (кг/м ³)	7800	2640-2800	1800-1900
Модуль упругости, ГПа	210	70-71	55
Удельный модуль упругости, км	2692	2500-2689	2895-3056
Предел прочности (для металлов предел текучести) при растяжении, МПа	240	50-440	1700
Удельный предел прочности (для металлов предел текучести), км	3,1	1,8-16,7	89-94
Отношение усталостной прочности к статической (число циклов 10 ⁷)	0,26	0,27	0,29
Теплопроводность при 20 оС, Вт/м оС	64	105-200	0,75
Удельное объёмное электрическое сопротивление, Ом х м	Проводник	Проводник	1,0x10 ¹⁰
Коэффициент линейного расширения, х10 ⁶ град-1	11,9-14,2	19,6-26,9	0,45-8,3
Гигроскопичность, %	-	-	0,5
Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	Не стоек. Требуются мероприятия по защите от коррозии	Подвержен электрохимической коррозии. Требуются специальные меры по защите	Стоек
Эксплуатационные затраты	Требуются регламентные работы не реже 1-2 раза в год	Требуются регламентные работы не реже 1 раза в год	Восстановлен ие цветовой окраски по мере снижения её интенсивности
Возможность реализации архитектурно-дизайнерских решений	Требуется дорогостоящая реконструкция оборудования	Требуется дорогостоящая реконструкция оборудования	Требуется изготовление недорогой технологической оснастки

Стеклопластики являются одним из самых доступных и недорогих композиционных материалов. Основные затраты при производстве изделий из стеклопластика приходятся на технологическое оборудование и рабочую силу.

Стеклопластик обладает низкой теплопроводностью, прочностью стали, долговечностью, биологической и химической стойкостью, является прекрасным диэлектриком, не подвержен гниению. Может обладать трудногорючестью, а при пожаре не выделяет сильнодействующий газ диоксин в отличие от поливинилхлорида.

Существует много способов изготовления стеклопластиковых изделий. Прочность конструкций из стеклопластика определяется во многом за счёт процесса изготовления - прессования, намотки, пултрузии и так далее.

Также изделия из стеклопластика имеют ряд других преимуществ;

- Не требуют специального ухода. Мойка стеклопластиковых изделий осуществляется с применением обычных моющих средств;

- Обладают высокой ремонтпригодностью;

- Цветовая гамма стеклопластиковых изделий может быть разнообразна;

- Стеклопластик не представляет опасности для здоровья человека, так как не содержит летучих мономерных соединений;

- Удовлетворяет требованиям пожарной безопасности по воспламеняемости и выделениям ядовитых веществ при горении;

- Наружные поверхности не имеют острых травмоопасных выступов:

По сравнению с алюминием дешевле и не подвержен коррозии

Для оценки характеристик готового изделия я спроектировала модель колонны с помощью программы SolidWorks 2010. Размеры модели: высота - 2,773м., габаритные размеры верхней части (базы): - 410×410мм., наружный диаметр тела (в средней части колонны): 225мм., наружный диаметр основания (нижней части колонны): 330мм.

Одной из функций этой программы является анализ модели. В ходе анализа рассчитываются максимальные и минимальные напряжения и перемещения, а также масса модели.

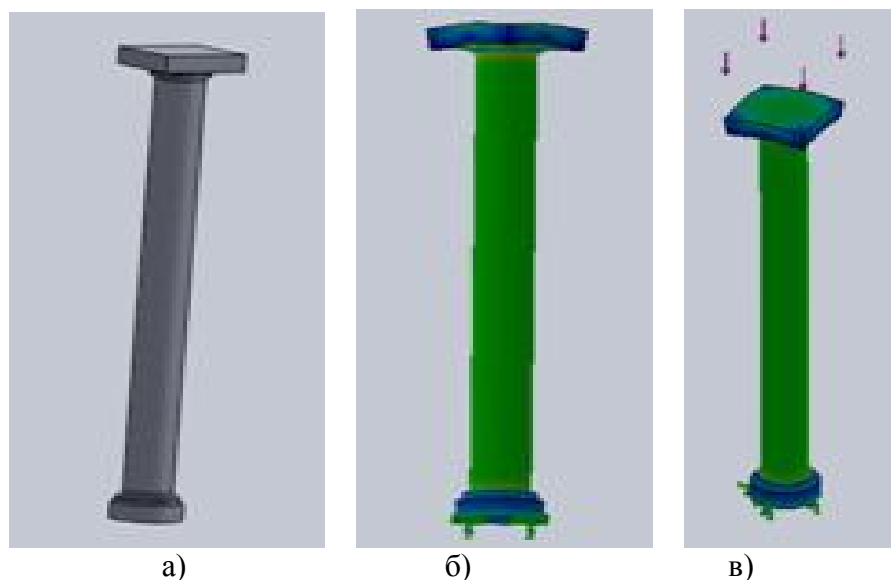


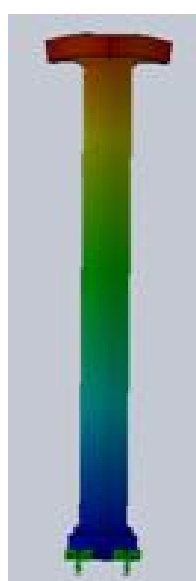
Рисунок 1 – Колонна, где а) внешний вид проектируемого изделия, б) распределение напряжений в модели колонны из алюминия, в) распределение напряжений в модели колонны из стеклопластика

Таблица 2 – Напряжения в модели

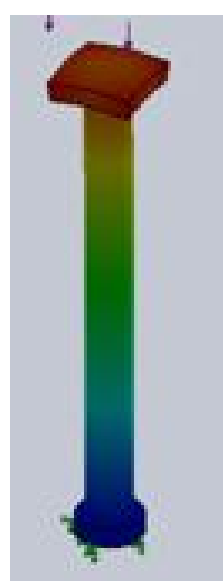
Материал	Минимальное напряжение, Н/м ²	Максимальное напряжение, Н/м ²
Алюминий	180403	1,48658e+007
Стеклопластик	124386	1,51729e+007

Таблица 3 – Перемещения в модели

Материал	Минимальное перемещение, мм	Максимальное перемещение, мм
Алюминий	0	1,49
Стеклопластик	0	0,400



а) алюминий



б) стеклопластик

Рисунок 2 – Распределение смещений в модели

Таблица 4 – Сравнение массы колонны из стеклопластика и алюминия

Наименование материала	Масса изделия, кг
Стеклопластик	234,119
Алюминий	351,178

Анализ алюминиевой и стеклопластиковой моделей показал, что масса стеклопластиковой модели на 34 % меньше, чем алюминиевой. Стеклопластиковая модель выдерживает напряжения на 0,3 МПа больше чем алюминиевая, следовательно модель из стеклопластика прочнее. Перемещения в стеклопластиковой модели также меньше, чем в алюминиевой на 1,09 миллиметров.

Следовательно, исходя из результатов анализа, применение стеклопластика повышает прочность колонны и снижает ее массу. Кроме того, стеклопластиковая колонна дешевле алюминиевой на 20 % и не подвержена коррозии.

ПРУЖИНА СЖАТИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Нитиевский Е. С. – студент ПКМ-71, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Пружина - упругий элемент, используемый для амортизации толчков и ударов, виброизоляции, создания заданных начальных усилий, аккумуляирования механической энергии.

По виду воспринимаемой нагрузки:

- пружины сжатия;
- пружины растяжения;
- пружины кручения;
- пружины изгиба.

Мы рассмотрим пружину сжатия. Пружины сжатия — рассчитаны на уменьшение длины под нагрузкой. Витки таких пружин без нагрузки не касаются друг друга. Концевые витки поджимают к соседним и торцы пружины шлифуют. Длинные пружины сжатия, во избежание потери устойчивости, ставят на оправки или стаканы.

По конструкции:

- витые цилиндрические (винтовые);
- витые конические (амортизаторы);
- спиральные (в балансе часов);
- плоские;
- пластинчатые (например, рессоры);
- тарельчатые;
- торсионные;
- жидкостные;
- газовые.



Рисунок 1 – Пружина сжатия

Ввиду того, что проектирование сложного изделия из композиционного материала имеет определенные особенности, рассмотрим таблицу 1, в которой указаны необходимые параметры рамы для конструирования:

Стальные пружины общего назначения изготавливают из высокоуглеродистых сталей (У9А-У12А, 65, 70), легированных марганцем, кремнием, ванадием (65Г, 60С2А, 65С2ВА). Для пружин, работающих в агрессивных средах, применяют нержавеющую сталь (12Х18Н10Т), бериллиевую бронзу (БрБ-2), кремнемарганцевую бронзу (БрКМц3-1), оловянноцинковую бронзу (БрОЦ-4-3).

Таблица 1 – основные характеристики пружины сжатия:

Масса, кг	24
Длина, м	0,4
Количество витков	4.5
Диаметр проволоки проволоки, м	0,1
Диаметр пружины, м	0,3

Минимальная нагрузка, которую должна выдерживать пружина данной конструкции 300 кг.

Преимущества композиционных материалов:

- высокая удельная прочность
- высокая жесткость (модуль упругости 130...140 ГПа)
- высокая износостойкость
- высокая усталостная прочность
- из КМ возможно изготовить размеростабильные конструкции

Причём, разные классы композитов могут обладать одним или несколькими преимуществами. Некоторых преимуществ невозможно добиться одновременно.

Недостатки композиционных материалов:

- Большинство классов композитов (но не все) обладают недостатками:
- высокая стоимость
- анизотропия свойств

Применение таких пружин ограничивается в основном из-за их высокой стоимости, поэтому они применяются, в основном, в спорте (Например: автоспорт, велоспорт, и т.д.), где каждая секунда, а иногда даже и доля секунды играют большое значение.

Спроектировав данную пружину из углепластика, я добился того, что масса уменьшилась на 20 %, а модуль упругости возрос на 15 %. На рисунке 2 изображено распределение нагрузок в пружине, при силе равной 4000 н.

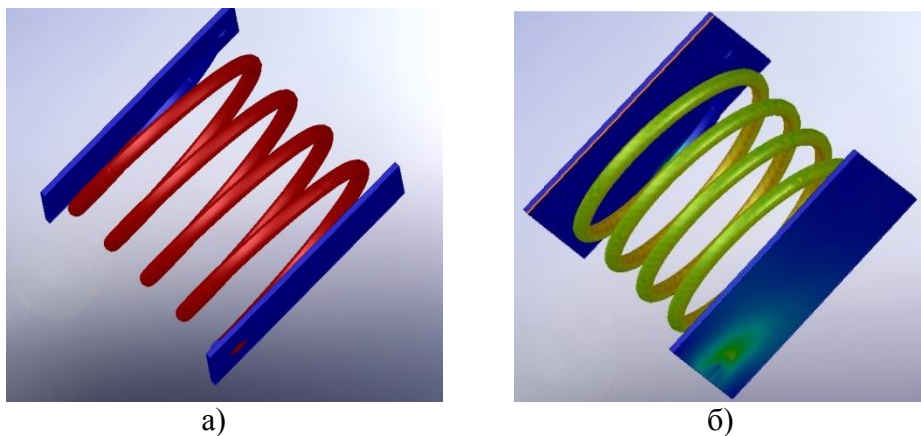


Рисунок 2 – Распределение нагрузок в пружине

ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛА

Колесников М.М. – студент ПКМ-61, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Прочно укоренившееся в русском спортивно-туристическом обиходе название "пенка" ("пена") приемлемым считать нельзя, потому, что материалом для производства туристических ковриков могут быть не только вспененные полимеры. Заимствование "изомат" (Isomatte, Isoliermatte), взятое из немецкого языка, представляется более удачным, поскольку оно и в русском "исполнении" (в отличие от таких многозначных выражений, как "туристические коврики" или "туристические подстилки", а также в отличие от весьма "непрозрачного" и исковерканного заимствования "карема") абсолютно однозначно, коротко и ясно определяет основную функцию описываемого предмета. Помимо этой основной, то есть теплоизолирующей, функции, изомат обладает следующими свойствами: он повышает комфорт сна, а также служит защите спального мешка от повреждений. Исключая параметр "стоимость" как не относящийся к функциональным характеристикам предмета снаряжения, при выборе туристического коврика необходимо найти компромисс между следующими четырьмя важнейшими параметрами:

- СТЕПЕНЬ ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ
- ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЙ КОМФОРТ
- ВЕС
- РАЗМЕРЫ В УПАКОВАННОМ ВИДЕ

Оценивая данные параметры, рассмотрим достоинства и недостатки существующих изоматов.

1. НАДУВНЫЕ МАТРАСЫ

Надувные матрасы, изготовленные по стандартной технологии, слабы почти по всем перечисленным параметрам; для горных походов они непригодны в первую очередь из-за того, что не обеспечивают достаточной термоизоляции в случае их применения в качестве единственной подстилки. Процесс накачивания матраса либо длительный (ртом), либо увеличивает вес снаряжения (дополнительный насос). В последние годы, правда, стали появляться надувные матрасы, имеющие встроенный ножной насос, однако, стоимость таких матрасов весьма значительна. По длительности накачивания воздухом, надувные матрасы стоят на первом месте среди всех туристических ковриков, процесс эксплуатации которых предполагает наполнение коврика воздухом. Требуют большой осторожности в обращении и предназначены в первую очередь для использования внутри палатки (угроза прокола); ремонтный набор необходим. Недостатком надувных матрасов следует признать также уменьшение их объема при сильном снижении температуры окружающего воздуха, иногда вынуждающее ночью подкачивать матрас.

2. КОВРИКИ ИЗ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ С ЗАКРЫТЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

Простейшие коврики из "газонаполненного" пенополиэтилена

Убеждают только весом (150-400 гр.), низкой ценой и полным сохранением функциональности при проколах. В горных походах, особенно в зимнее время (т.е. при низких температурах и достаточно жестком и неровном рельефе) могут быть использованы как дополнительный "изолятор" в комбинации с другим изоматом ("сэндвич"). Для многолетнего использования непригодны – быстро рвутся, у фольгированных изоматов – быстрое отслоение фольги, как следствие разрывы полиэтиленовой начинки; выражение "предмет одноразового пользования", в применении к фольгированным изоматам, весьма недалеко от истины.

Коврики из пенополиэтилена с поперечной межмолекулярной связью
(XLPE - cross-linked polyethylene)

Термоизоляция: у ламинированных моделей достаточно высокая (позволяющая использовать такие модели ковриков при температурах до около минус 5-10°C). Необходимо учитывать двойные теплоизоляционные свойства рифлёных ковриков: с одной стороны,

выемки (углубления) на поверхности изомата теоретически должны обеспечивать задержку воздуха, что повышает термоизоляцию; с другой стороны, в этих же выемках толщина коврика минимальна. Значения термического сопротивления (R), указанные в техданных ковриков с рифлёной (ячеистой) оболочкой, ориентированы на идеальную ситуацию, в которой задержка воздуха в выемках (углублениях) оболочки является гарантированной, однако, вероятность такой задержки в реальных походных условиях остаётся неизвестной - можно только предположить, что в случае, когда эта задержка по каким-то причинам не может быть обеспечена, термическое сопротивление коврика с рифлёной (ячеистой) оболочкой будет стремиться к тому значению, которое соответствует самым тонким местам этого коврика, то есть тем местам, термическое сопротивление которых производитель не указывает.

Комфорт: несмотря на то, что продольное/поперечное или ячеистое рифление является достаточно мягким, рифлёные коврик из XLPE-пены всё же требуют привыкания.

Вес и размеры в сложенном виде: у ламинированных рифлёных изоматов незначительно выше, чем у безоболочных изоматов из газонаполненного пенополиэтилена.

Коврики из этиленвинилацетата (ЭВА)

Достаточно комфортабельные и лёгкие изоматы, вполне пригодные для трекинга при небольших отрицательных температурах; при плотности материала около 50 кг/м³ и толщине примерно 2 см, коврик из ЭВА вполне могут быть употреблены при температурах около минус 20-25 градусов; вес их при этом будет составлять около 1000 гр. У рифлёных ламинированных моделей повышенная прочность, позволяющая использовать их в очень жёстких условиях. Не требуют особого ухода или особой осторожности в обращении, а также сохраняют свои теплоизоляционные свойства в случае прокола. У наиболее толстых моделей (толщиной 2-3 см), несмотря на высокие теплоизоляционные свойства, слишком большой размер в упакованном (скатанном) виде. По сравнению с пенополиэтиленовыми ковриками, коврик из ЭВА более восприимчив к нагреву; длительное пребывание под жаркими лучами солнца может вызвать их сильную деформацию.

3. КОВРИКИ ИЗ ПЕНОМАТЕРИАЛОВ С ОТКРЫТЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

Наиболее подходящий для длительного (многодневного) трекинга тип изомата, если взвесить 4 основных параметра, определённые в начале данной статьи (термоизоляция, комфорт, вес, размеры в сложенном виде). Убеждают прежде всего отличной термоизоляцией, позволяющей успешно использовать эти изоматы при достаточно низких температурах, а также очень высоким комфортом. Учитывая довольно высокую стоимость самонадувающихся изоматов, при покупке необходимо ОБЯЗАТЕЛЬНО знать и учитывать свойства пеноматериала, использованного в этом типе изоматов (открытоячеистый пеноматериал). В отличие от изоматов из закрытоячеистых пеноматериалов, повреждения оболочки самонадувающегося изомата приводят к потере изоматом воздуха, сдавливанию пеноматериала и, соответственно, к ухудшению теплоизоляционных свойств последнего. Поэтому самонадувающиеся изоматы требуют большой осторожности в обращении и предназначены в первую очередь для использования внутри палатки, несмотря на то, что практика подтверждает достаточно высокую прочность оболочки этих изоматов, допускающую их использование без дополнительных чехлов даже за пределами палатки (например, на песке, камнях с ровной поверхностью, крупных корнях). В холодной (зимней) обстановке при очень жёстких походных условиях с большой вероятностью повреждения коврика как острыми неровностями рельефа, так и предметами походного снаряжения, следует воздержаться от использования самонадувающихся изоматов и использовать коврик или комбинации ковриков, теплоизоляционные свойства которых не ухудшаются при проколах, например, изоматы из пенополиэтилена с поперечной межмолекулярной связью (XLPE, см. выше) или этиленвинилацетата (см. выше). В случае использования самонадувающегося коврика за пределами палатки, с целью обезопасить коврик от проколов следует использовать под ковриком плотную подкладку, например, подкладку для палатки (при необходимости использовать самонадувающийся коврик за пределами палатки в случае,

когда отсутствует палаточная подкладка, можно заранее подготовить кусок соответствующего материала с размерами, слегка превышающими размеры коврика). Большую угрозу для самонадувающихся изоматов представляет, помимо острых предметов в почве, также и огонь (искры от костра, тлеющий сигаретный пепел).

4. ПУХОВЫЕ КОВРИКИ

Превосходное сочетание веса, размеров и теплоизолирующих свойств. Вес и размеры намного ниже, чем у самых тёплых моделей самонадувающихся изоматов, стоимость - примерно такая же. Из недостатков следует отметить скатывание пуха при попадании влаги, возникновение аллергических реакций на пух, а также возникновение паразитов, снижение теплоизоляционных свойств при проколах.

5. КОВРИКИ ИЗ КОМБИНИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

При учёте только функциональных характеристик туристических ковриков, то есть, отбросив фактор стоимости, можно прийти к выводу, что самонадувающиеся коврики, имея несколько крупных положительных свойств (большой комфорт сна, высокие теплоизоляционные свойства, весьма компактные размеры в упакованном виде и в некоторых случаях сравнительно небольшой вес, аналогичный весу стандартных "пенки"), обладают только одним отрицательным свойством, а именно, частичной или почти полной потерей теплоизолирующих свойств при проколах. Однако, учитывая основную область применения самонадувающихся ковриков (туризм), это негативное свойство следует признать весьма значительным. Технология "устойчивости к проколам" (Puncture-Resistant Technology), разработанная производителем изоматов Therm-a-Rest, фирмой Cascade Designs, заключается в использовании в одном изомате 2 типов пеноматериала одновременно, а именно, пеноматериала с открытыми ячейками и пеноматериала с закрытыми ячейками. Данная технология позволяет продлить срок службы изомата, особенно при использовании его на поверхностях, имеющих острые и скрытые глазу неровности, например, колючки в песке, острые камни под снегом, прутья и корни, скрытые травой и т.д.

По данным опроса немецких, австрийских и швейцарских треккеров выяснилось, что более половины опрошенных (54%) используют самонадувающиеся изоматы, но учитывая потерю теплоизоляционных свойств при проколах (за счет их открытоячейковой структуры) было решено создать закрытоячейковый материал на основе пенополиуретана, во многом объединяющий достоинства вышеперечисленных изоматов.

При изменении компонентного состава, а именно применением полиолов с различной молекулярной массой, получили закрытоячейковый материал, отвечающий необходимым требованиям. Данный материал на сегодняшний день проходит лабораторные исследования.

БАМПЕР АВТОМОБИЛЯ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Свиридова М.Ю. – студентка ПКМ-71, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время автомобилестроение развивается с большой скоростью. Автомобили становятся все более красивыми и комфортными. Но помимо этих качеств, при производстве не забывают и о безопасности. К примеру такая деталь как бампер является защитной конструкцией, созданной для смягчения удара транспортных средств и может выдержать нагрузку до 200 кг. Располагается он у механических транспортных средств в передней и задней частях.

Изначально бамперы у легковых автомобилей были в виде бруса, но со временем они приобрели «дизайнерский» вид и стали выглядеть аэро-динамичней. Внутри бамперов расположены усилители из металла, задающие характер деформации при серьёзном ударе и входящие в продуманную систему мер по запрограммированной деформации кузова. Также бампер обладает широкими крыльями, предназначенными для защиты от боковых ударов.

Для производства бамперов используют стандарты, благодаря которым высота установки бампера и его энергопоглощающие свойства позволяют при дорожно-

транспортном происшествии предотвратить сильные повреждения кузовных соединений и самого кузова. Другими словами, если бампера устанавливать на различных высотах, то при столкновении движущихся транспортных средств, у которых защитные устройства установлены на разных уровнях, в наибольшей степени разрушается кузов.



Рисунок 1 – Задний бампер автомобиля.

В таблице 1 представлены материалы и их удельные характеристики, наиболее часто используемые в производстве бампера.

Таблица 1 – Механические свойства материалов

	Сталь	Стеклопластик
Плотность (кг/м ³)	8200	1800-1900
Модуль упругости, ГПа	2754	2895-3056
Предел прочности при растяжении, МПа	354	1700
Отношение усталостной прочности к статической (число циклов 10 ⁷)	0,26	0,29

Приведенные данные объясняют целесообразность применения композиционных материалов, что приводит к существенным экономическим результатам, а также позволит снизить массу детали.

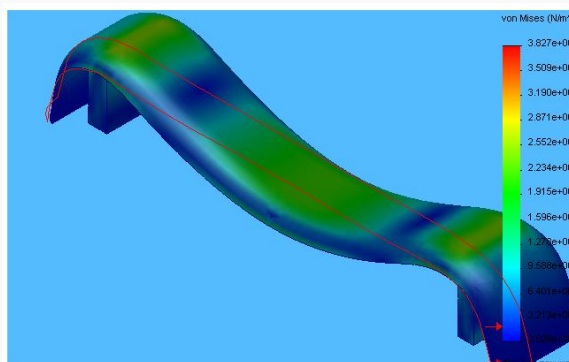
Приведенная выше таблица отражает превосходство ПКМ над традиционным материалом по удельным характеристикам прочности и модуля упругости.

Предъявляют следующие требования к конструкции и материалу конструкции: максимальная жесткость и прочность.

При помощи программы Solid Works и приложения Cosmos Express был проведен анализ напряженно – деформационного состояния бампера автомобиля при ударе (рис.2).



а



б

Рисунок 2 – Напряженно-деформационное состояние бампера автомобиля, где а – из стеклопластика; б – из стали.

На основании анализа можно сделать вывод, что характеристики, указывающие на результаты усилий существенно отличаются. Также следует отметить и больший показатель усилий у стеклопластика, значит, этот материал, не смотря свой маленький вес, способен выдержать большую нагрузку, по сравнению со сталью.

Современное автомобилестроение уже невозможно представить без применения в них новых композиционных материалов, которые позволяют усовершенствовать характеристики автомобиля.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТСКОЙ ГОРКИ

Лукина К. А. – студентка ПКМ-71, Головина Е. А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время происходит благоустройство детских площадок с большой скоростью. Для детских площадок изготавливают различные аттракционы, одним из основных являются горки. Изначально их изготавливали из металла, но с каждым годом все актуальнее становятся детские горки из пластика, поскольку они значительно легче, что облегчает их транспортировку и установку. К тому же горка из пластика безопаснее, чем из металла.



Рисунок 1 – Горка для детской площадки.

Для того, чтобы лучше понять рациональность изготовления горки из стеклопластика, рассмотрим таблицу.

Таблица 1: Сравнительная характеристика свойств стеклопластика и стали и.

	Сталь	Стеклопластик
Плотность (кг/м ³)	7800	1800-1900

Модуль упругости, ГПа	210	55
Предел прочности при растяжении, МПа	240	1700
Отношение усталостной прочности к статической (число циклов 10^7)	0,26	0,29
Теплопроводность при 20 °С, Вт/м °С	64	0,75
Гигроскопичность, %	–	0,5
Эксплуатационные затраты	Требуются регламентные работы не реже 1-2 раза в год	Восстановление цветовой окраски по мере снижения её интенсивности
Возможность реализации архитектурно-дизайнерских решений	Требуется дорогостоящая реконструкция оборудования	Требуется изготовление недорогой технологической оснастки

Приведенные данные объясняют целесообразность применения композиционных материалов, что приводит к существенным экономическим результатам, а также позволит снизить массу детали, что очень важно при производстве детских горок.

Приведенная выше таблица отражает превосходство стеклопластика над традиционным материалом по удельным характеристикам прочности и модуля упругости.

Предъявляют следующие требования к конструкции и материалу конструкции: максимальная жесткость и прочность, а также легкость.

При помощи программы SolidWorks и приложения Cosmos Express был проведен анализ напряженно – деформационного состояния детской горки (рис.2).

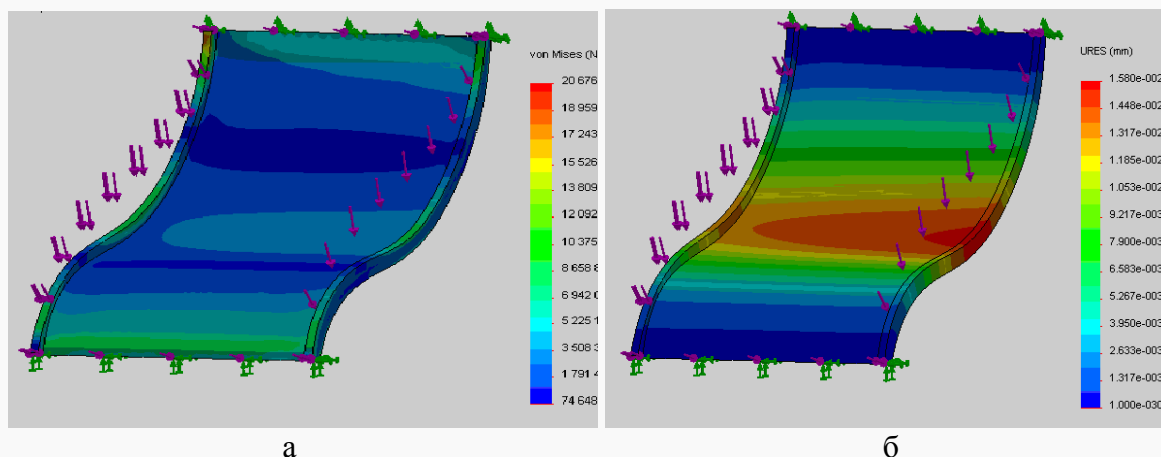


Рисунок 2 – Напряженно-деформационное состояние бампера автомобиля, где а – из стеклопластика; б – из стали.

На основании анализа можно сделать вывод, что характеристики, указывающие на результаты усилий существенно отличаются. Также следует отметить и больший показатель усилий у стеклопластика, значит, этот материал, не смотря свой маленький вес, способен выдержать большую нагрузку, по сравнению со сталью. К тому же если сравнить массу изделия из стали и стеклопластика, то видно, что изделие из композита значительно легче. Это очень удобно при транспортировке и установке.

В настоящее время детские площадки разрастаются все быстрее и быстрее и все больше детских горок производят из стеклопластика.

МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ПО ГОРЮЧЕСТИ ЭПОКСИДОВ

Коклягин В. А. – студент ПКМ-61, Арсентьева С. Н. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Введение в проблему

Высококачественные эпоксидные связующие являются одним из широко применяемых классов полимерных матриц в производстве композиционных материалов конструкционного назначения для машиностроения, авиационной и аэрокосмической промышленности, энергетического машиностроения. Существенным фактором, ограничивающим применение композиционных материалов на основе эпоксидных и других полимерных связующих в производстве высокопрочных и высоконадежных конструкций, является их пожарная опасность, обусловленная горючестью и сопутствующими процессами.

Наиболее характерная черта пожаров в наше время – это переход за считанные минуты от начального возгорания к неуправляемому горению, что является следствием повсеместного использования легкогорючих полимерных материалов. Природа органических полимеров такова, что сделать их полностью пожаробезопасными невозможно. Однако снижение способности их к возгоранию и поддержанию горения в настоящее время является актуальной задачей. Введение антипиренов и химическая модификация часто приводит к ухудшению физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств материала. Поэтому снижение горючести является задачей по оптимизации комплекса характеристик создаваемого материала.

Материалы по снижению горючести эпоксидов

Горение полимеров представляет собой очень сложный физико-химический процесс (схема 1), включающий как химические реакции деструкции, сшивания и карбонизации полимера в конденсированной фазе (а также химические реакции превращения и окисления газовых продуктов), так и физические процессы интенсивных тепло- и массопередачи. Реакции в конденсированной фазе фактически приводят к двум основным типам продуктов: 1) газообразным веществам (горючим и негорючим) и 2) твердым продуктам (углеродсодержащим и минеральным). При протекании реакции в газовой фазе в предпламенной области образуются топливо для пламени, сажа и прочее.

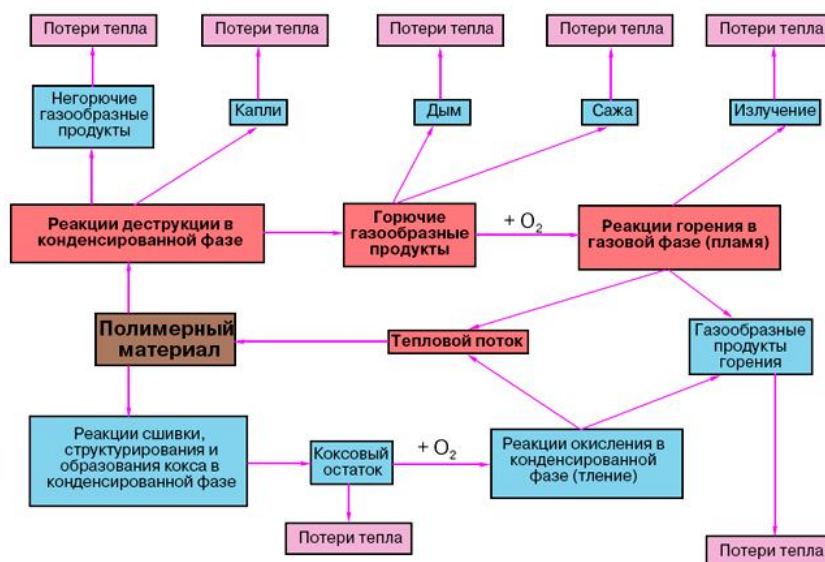


Схема 1. Схема горения полимерных материалов

Процессы горения полимеров делятся на обычное газовое и гетерогенное горение, или тление. В первом случае большая часть тепла, ответственного за поддержание самостоятельного химического превращения, выделяется в газовой фазе при окислении газообразных продуктов деструкции полимера. При этом область максимальной скорости выделения тепла (газовое пламя) обычно отстоит от поверхности на расстояние порядка

миллиметров и более в зависимости от конкретных условий горения. Поверхность полимера в таком случае оказывается значительно холоднее области газового пламени. Температуры поверхности составляют 400 – 650 °С, а максимальные температуры в газовой фазе достигают 1100 – 1200 °С и более. При тлении же все тепло выделяется, главным образом, в поверхностном слое конденсированной фазы, где и наблюдаются максимальные температуры (800 – 900 °С).

При горении органических полимерных материалов окислителем является кислород воздуха, а горючим – водород и углеродсодержащие газообразные продукты деструкции полимера, которые в результате окисления превращаются в воду и углекислый газ или – при неполном окислении – в угарный газ (СО). Потoki горючего и окислителя в этом случае пространственно разделены, и химическая реакция их взаимодействия обычно лимитируется подачей реагентов к пламени диффузией или конвекцией. Полимерные материалы считаются: горючими – КИ меньше 25; самозатухающими – КИ больше 25, но меньше 32; трудногорючими – КИ больше 33, но меньше 50; негорючими – КИ больше 50.

Воздействие на человека продуктов горения полимерных композиционных материалов в условиях пожара основными факторами, которые вызывают потерю сознания или смерть людей, являются: прямой контакт с пламенем; высокая температура; недостаток кислорода; и наличие токсических веществ. 50–60% смертельных случаев при пожаре происходят от отравления и удушья.

Кроме оксида углерода и других токсичных газов, полимерные материалы в условиях пожара выделяют летучие металлсодержащие соединения, которые при вдыхании попадают в кровь и отрицательно влияют на центральную нервную систему человека.

Из приведенных данных видно, что при термоокислительной деструкции образуются вещества, имеющие токсическое воздействие. Особенно ядовиты фосген и цианид водорода, которые при дальнейшем горении при доступе воздуха превращаются: фосген – в оксид углерода и хлорид водорода, а цианид водорода – в диоксид азота. Очень опасен оксид углерода, не имеющий запаха и очень ядовитый.

Методы и способы снижения горючести полимеров

Снижение горючести полимеров возможно физическими и химическими способами. К числу физических способов воздействия на процесс горения относятся:

- замедление подвода тепла к полимерному материалу;
- охлаждение зон горения в результате увеличения физических стоков тепла в окружающую среду;
- ухудшение условий переноса реагентов к фронту пламени;
- срыв пламени потоком газа;
- воздействие акустического, гравитационного полей и др.

К химическим мерам воздействия могут быть отнесены следующие:

- целенаправленное изменение строения и структуры полимерного вещества, состава и соотношения компонентов материалов;
- воздействие на пламя химических реагентов – ингибиторов газофазных реакций горения.

Физические и химические способы воздействия на полимерную систему, осуществляемые извне, используются на практике для подавления уже возникшего и развившегося загорания, т. е. для тушения пожара. Однако влияние физических и химических факторов должно проявляться в самой системе без внешнего вмешательства. В этом случае можно говорить о ведущем механизме снижения горючести полимерного материала.

В разработке полимерных материалов пониженной горючести можно выделить следующие направления: синтез негорючих полимеров; химическая модификация полимеров; применение антипиренов; применение наполнителей; комбинация различных способов получения материалов пониженной горючести, диктуемая соображениями

целевого назначения материала, требованиями в отношении его технических и технологических показателей, стоимости и т. д.

В мировой практике создания огнестойких полимеров используются такие принципы:

- изменение теплового баланса пламени за счет увеличения различного рода теплопотерь;

- снижение потока тепла от пламени на полимер за счет создания защитных слоев, например, из образующегося кокса;

- уменьшение скорости газификации полимера;

- изменение соотношения горючих и негорючих продуктов разложения материалов в пользу негорючих.

Добавки применяемые для снижения горючести полимеров

Влияние огнезащитных добавок на горючесть и огнестойкость материалов При введении в материал огнезащитных добавок (антипиренов) изменяется состав и структура материала, что приводит к снижению горючести.

Антипирены способствуют снижению горючести различным образом:

- ингибируют реакцию горения;

- уменьшают долю возвращенной теплоты горения;

- приводят к получению менее горючих продуктов пиролиза к фронту пламени;

- приводят к получению менее горючих продуктов пиролиза.

Антипирены делят на группы: а) первичные; б) синергисты и активаторы; в) добавки, изменяющие физический характер действия антипиренов.

К первичным добавкам относят фосфор- и галогенсодержащие соединения; к активаторам и синергистам – соединения, содержащие азот и сурьму, к добавкам третьей группы – гидроокись алюминия, соединения бора, силикаты, карбонаты.

Применение наполнителей в полимерных материалах обусловлено необходимостью снижения их ползучести, повышения теплостойкости и прочности, а также снижения горючести. В пенопластах или пенорезинах нередко наполнителями являются углекислый газ, азот, меламин, гуаномин. Азотсодержащие вещества действуют по принципу поглощения тепла и образования негорючих газов в зоне огня. Этот принцип требует потребления большего количества тепла для плавления, сублимации и разложения, что связано с выделением аммиака и других негорючих газов во время термической деструкции антипирена, содержащего азот.

В качестве порошкообразных наполнителей, способствующих снижению горючести, применяют окислы и гидроокиси некоторых металлов, окислы кремния, сурьмы, природные неорганические вещества типа каолина, пемзы, гипса, перлита, верникулита, оксилаты и карбонаты. Широкое применение для строительных негорючих полимерных материалов разнообразного назначения получили такие материалы как песок, перлит, верникулит, окись кремния.

Вывод

Применение добавок в эпоксидах есть необходимость, в связи со слишком высоким спросом этих материалов на рынке, и их не безопасностью по отношению к человеку. Существенно выделяются фосфоро- и боросодержащие добавки по качеству и достигнутому результату в преобразованных эпоксидах. Эти преобразования дают надежду на дальнейшее развитие пожаробезопасных эпоксидных смол во всех отраслях промышленности, которые имеют разные запросы.

МОРФОЛОГИЯ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОГО БАЗАЛЬТОВОГО ПОРОШКА, ПОЛУЧЕННОГО В ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ АГО-2С

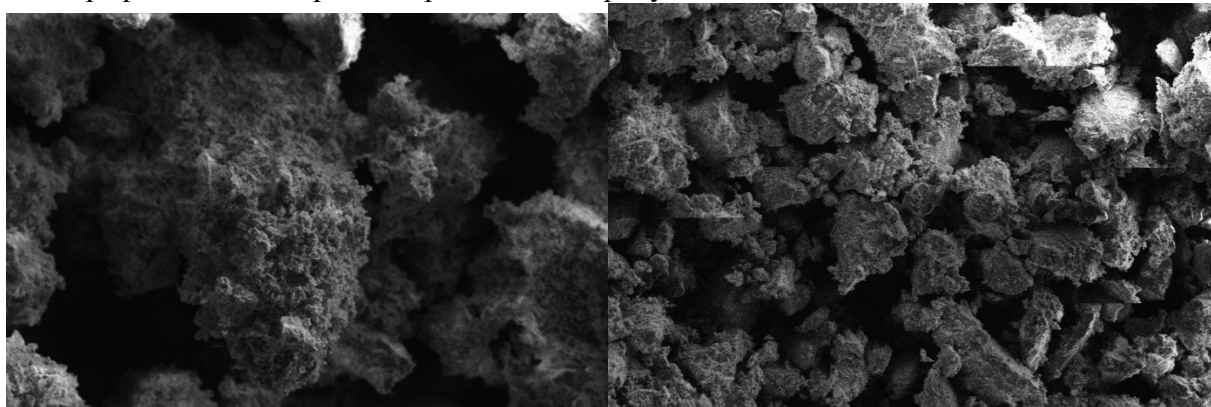
Собачкин А. В. – аспирант, Ситников А. А. – д.т.н., проф., Терехин С. В. – инженер
кафедры СХМ

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из важных технологических свойств любого порошка является форма его частиц. В зависимости от метода получения форма частиц порошка может быть сферической (распыление), губчатой (восстановление), осколочной (измельчение в шаровых мельницах), тарельчатой (измельчение в вихревой мельнице), дендритной (электролиз), каплевидной (распыление). Первичная форма частиц может несколько видоизменяться при последующей обработке порошка (размоле, отжиге, грануляции и др.). Форма частиц существенно влияет на технологические свойства порошка в различных применениях, в частности существенно влияет на стабильность и равномерность процесса дозирования при детонационном напылении.

Базальтовый порошок был получен нами в г.Бийске в ФНПЦ «Алтай». Измельчение проводилось с помощью планетарной шаровой мельницы АГО-2С с последующим ситовым методом определения гранулометрического состава по ГОСТ 18318-94. Из полученных навесок была отобрана навеска порошка дисперсностью от 63 до 100 мкм, поскольку для детонационного напыления используется порошок именно этой дисперсности.

Фотографии частиц порошка приведены на рисунке 1.



а) ($\times 546$)

б) ($\times 207$)

Рисунок 1 – Фотография порошка базальта, полученная при помощи растровой электронной микроскопии

Для более полного гранулометрического анализа фракции порошка, используемой для напыления (дисперсность от 63 до 100 мкм), была применена специализированная программа «Видеотест Структура» версии 5.2, которая позволяет по цифровой фотографии частиц проводить измерения их размеров. Также были сделаны фотоснимки этих частиц, представленные на рисунке 2.

В силу того, что частички базальта имеют неглобулярную форму, то проводились соответствующие линейные измерения диагоналей зерна по наиболее удаленным точкам на диагонали. Результаты измерений представлены в таблице 1.

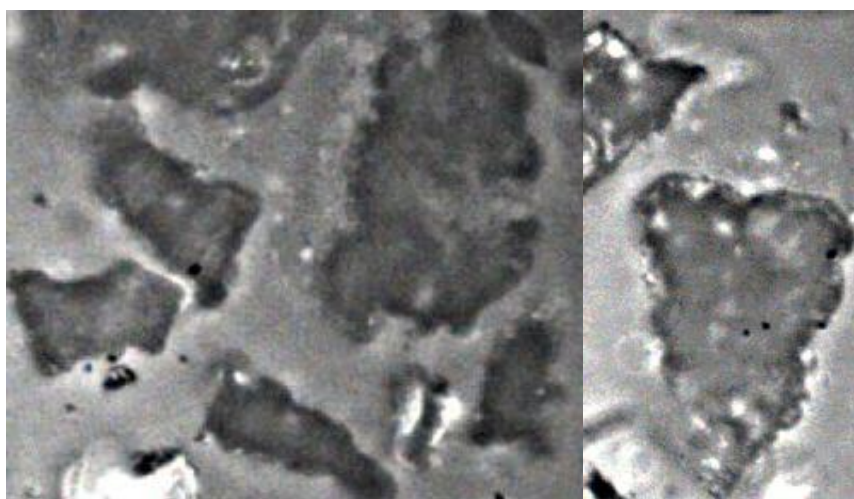


Рисунок 2 – Фотография частиц порошка базальта, ($\times 320$)

По результатам измерений диагоналей зерен базальта была построена гистограмма распределения частиц порошка по дисперсности в исследованной навеске: меньше 63 мкм, от 63 до 70 мкм, от 70 до 80 мкм, от 80 до 90 мкм, от 90 до 100 мкм, свыше 100 мкм. Обработка полученных экспериментальных данных была проведена с использованием программы MS Excel следующим образом. Если одна из диагоналей зерна базальта попадает в выбранный диапазон, то считается, что все зерно удовлетворяет выдвинутому условию. Однако эта же частичка будет в дальнейшем проверяться на попадание другой ее диагонали в другой диапазон. Таким образом, каждая диагональ зерна базальта проверяется на удовлетворение каждому из условий.

Построена гистограмма, показывающая процент содержания частиц базальта с определенными размерами в исследуемой навеске, представленная на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты гранулометрического анализа

	Размер большей диагонали, мкм	Размер меньшей диагонали, мкм		Размер большей диагонали, мкм	Размер меньшей диагонали, мкм	Средне е значение большей диагонали, мкм	Средне е значение меньшей диагонали, мкм
	139,52	135,33	1	116,16	103,18	33	82,281
	135,59	80,89	2	36,18	27,5		
	79,86	46,02	3	33,51	31,09		
	84,64	35,38	4	34,03	27,32		
	79,59	56,25	5	146,97	91,65		
	90,93	35,4	6	115,65	89,02		
	106,76	63,14	7	101,16	55,69		
	104,15	66,01	8	137,53	99,17		
	46,85	21,59	9	86,53	76,78		

0	58,75	15,27	0	81,32	44,72
1	47,11	22,42	1	77,8	70,67
2	34,38	23,04	2	130,46	79,51
3	89,78	51,39	3	123,72	73,07
4	86,55	47,35	4	142,87	96,97
5	46,81	28,55	5	44,4	30,51
6	233,23	28,23	6	66,72	43,97
7	80,43	40,42	7	37,68	30,3
8	38,22	16,67	8	92,3	27,32
9	30,01	16,38	9	99,1	77,73
0	80,06	37,08	0	29,29	25,91
1	136,95	66,06	1	178,17	131,62
2	44,3	28,52	2	82,51	60,77
3	72,73	55,05	3	116,39	107,85
4	66,64	43,78	4	26,79	8,23
5	83,61	59,32	5	29,43	21,22
6	35,07	18,35	6	58,47	33,33
7	107,11	66,02	7	32,58	17,17
8	48	10,81	8	41,97	28,57
9	45,47	43,58	9	61,83	44,43
0	131,67	95,54	0	110,59	65,88

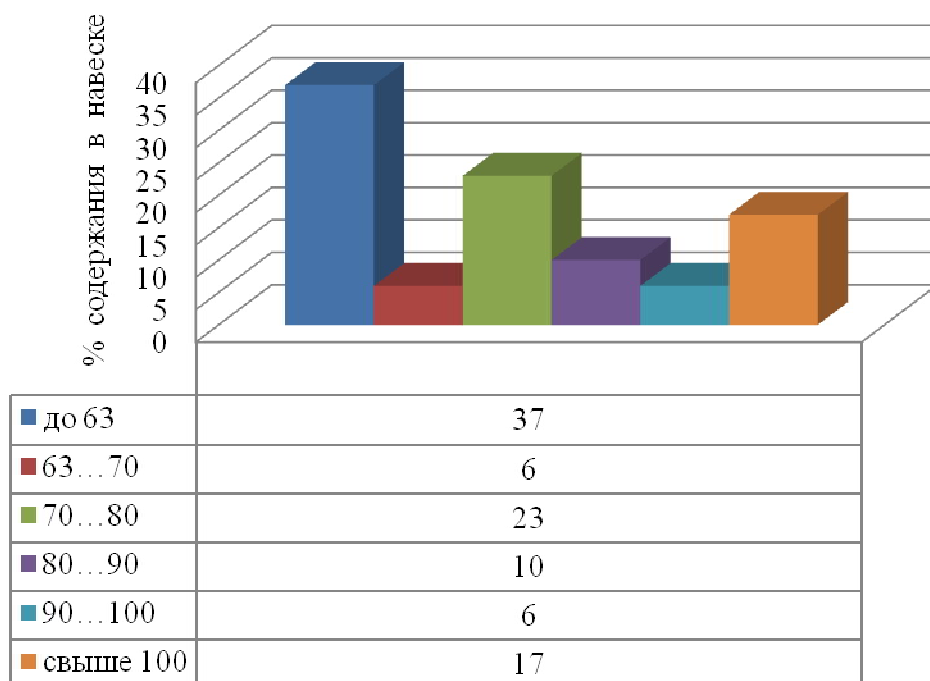


Рисунок 3 – Гистограмма распределения частиц порошка базальта по размерам

Как следует из вышеприведенной гистограммы и фотографий, частицы порошка базальта имеют ярко выраженную неглобулярную форму. Подобная форма зерен порошка вызовет определенные трудности при его дозировании в ходе детонационного напыления. Дозирование порошка осуществляется путем его свободного самоистечения из так называемого бункера, поэтому необходимо провести исследование текучести порошка базальта, и на основании этих, а также полученных ранее данных сделать соответствующие выводы о возможности его дозирования.

Литература

- 1 Богуслаев, В.О. Детонационное нанесение покрытий на детали авиадвигателей и технологического оснащения с последующей магнито-абразивной обработкой (монография) / В.О. Богуслаев, А.И. Долматов, П.Д. Жеманюк, А.И. Кулагин, В.Г. Михайлуца, В.А. Симоненко. – Запорожье: Дека, 1996. – 366 с.
- 2 Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ ПО ПЕРЕЧНОМУ СРЕЗУ ОБРАЗЦА С НАНЕСЕННЫМ ДЕТОНАЦИОННЫМ БАЗАЛЬТОВЫМ ПОКРЫТИЕМ
Собачкин А. В. – аспирант, Шабалин В. Н. – к.т.н., проф., Яковлев В. И. – к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Способ детонационного напыления покрытий из порошка базальта был экспериментально опробован в ПНИЛ СВС АлтГТУ. Для проведения напыления покрытия был использован чистый базальтовый порошок месторождения Республики Алтай. После предварительной подготовки порошка, заключающейся в его классификации до нужной грануляции с использованием стандартного набора сит и помещения в термическую печь для удаления паров воды, было проведено его детонационное напыление на металлические образцы, изготовленные из стали Ст3. Напыление базальта осуществлялось в трех режимах [1]:

- слабовосстановительное газовое пламя;
- стехиометрическое соотношение газов;

- слабоокислительное пламя.

Напыление проводилось на закрепленные в приспособлении образцы при неизменном пространственном положении детонационной пушки.

После напыления базальта был проведен ряд исследований, направленных на изучение свойств получившегося детонационного покрытия.

Микротвердость базальтового покрытия была измерена на поперечном срезе образца микротвердомером для проведения испытаний по Виккерсу 402MVD с возможностью компьютерной обработки данных. Результаты измерения микротвердости представлены в таблице 1, графическая зависимость приведена на рисунке 1. Поскольку покрытия из базальта ожидаемо будет обладать износостойкими свойствами [2], а также стойкостью к агрессивным средам, то область его применения будет конкурировать с покрытиями из электрокорунда. Поэтому для сравнения на том же рисунке приведена графическая зависимость изменения по перечному срезу микротвердости детонационного покрытия, полученного из электрокорунда.

Таблица 1 – Микротвердость поперечного среза образца

Вид покрытия	Расстояние, мкм	Твердость, HV	Вид покрытия	Расстояние, мкм	Твердость, HV
покрытие из базальта	10	447	покрытие из электрокорунда	10	613
	45	435		45	611
	90	445		90	602
	135	323		135	604
	180	323		180	327
	225	297		225	323
	285	280		285	297
	345	156		345	166
	405	159		405	165
	465	156		465	156

На приведенном графике микротвердости покрытий четко прослеживаются 3 участка. Первый участок представляет собой микротвердость собственно покрытия (от 435 до 447 HV для базальтового покрытия и от 602 до 613 HV для электрокорундового).

Вторым участком является зона наклепа основного материала в результате многочисленных соударений частиц порошка с основой. Микротвердость данной области составляет от 280 до 323 HV для базальтового покрытия и от 297 до 327 HV для электрокорундового.

Третий участок представляет собой микротвердость основного материала, которым является сталь Ст 3 (от 156 до 166 HV).

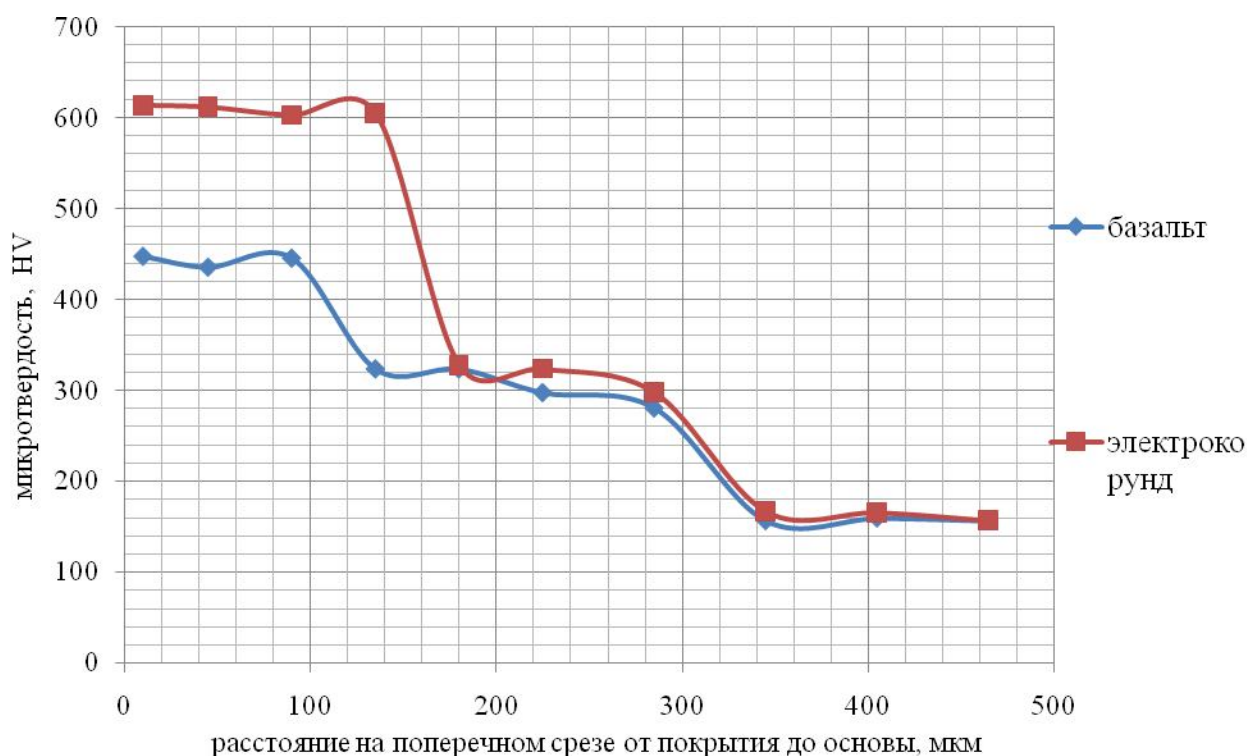


Рисунок 1 – Микротвердость по поперечному срезу образца

По данным определения микротвердости можно сказать, что покрытие из электрокорунда превосходит по микротвердости базальтовое покрытие в 1,35 раза. На основе этого можно сделать вывод о том, что базальтовое покрытие будет уступать электрокорундовому в износостойкости, но это требует проведения дополнительных исследований. Однако себестоимость покрытий из электрокорунда значительно превосходит себестоимость базальтовых покрытий. Так, в себестоимость покрытия значительную долю вносит стоимость напыляемого материала, а, например, стоимость 1 кг электрокорунда составляет от 200 до 300 руб. [3], тогда как стоимость 1 кг базальтового сырья составляет 0,3 руб. [2,4].

Литература

- 1 Хасуй, А. Наплавка и напыление / А. Хасуй, О. Моригаки/ пер. с яп. В.И. Попова; под ред. В.С. Степина, И.Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с., ил.
- 2 Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.
- 3 ООО «Литпром» [Электронный ресурс] / Абразивные материалы: электрокорунд нормальный, электрокорунд белый, электрокорунд черный, электрокорунд зеленый. – Режим доступа: <http://www.litpromabrasiv.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
- 4 ООО «Булат СБС» [Электронный ресурс] / Базальтовый камень, базальтовый щебень и базальтовая крошка. – Режим доступа: <http://bazalt-on.ru/home>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

ОСОБЕННОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО ПОРОШКА ДЛЯ ДЕТОНАЦИОННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

Собачкин А. В. – аспирант, Ситников А. А. – д.т.н., проф., Яковлев В. И. – к.т.н., с.н.с.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для получения качественного детонационного покрытия немаловажным является вопрос об организации процесса дозирования порошка, подающегося в ствол установки ДГН.

На процесс оказывает воздействие ряд параметров, наиболее существенно проявляется влияние стабильности дозирования на массу навески напыляемого порошка. Регулирующими параметрами дозатора устройства является а) давление транспортирующего газа и б) продолжительность его подачи. Поэтому важным этапом исследования особенностей процесса дозирования порошка базальта является установление зависимости массы навески порошка от продолжительности подачи импульса сжатого воздуха и величины давления сжатого воздуха, подающего порцию из дозатора в ствол установки детонационного напыления. Для проведения эксперимента был создан специальный стенд, схема и фотография которого приведена на рисунке 1, а) и б) соответственно. Стенд состоит из следующих основных элементов: бункер 1; дозатор 2; емкость 3 для сбора порошка; магистрали подвода сжатого воздуха.

Для выполнения эксперимента был использован пневматический дозатор, используемый в УДГН «Катунь М». Газораспределительная станция позволяет изменять давление подачи транспортирующего газа в пределах от 0,05 до 0,25 МПа. Блоком управления можно задавать продолжительность импульса транспортирующего газа в широких пределах, однако максимальная продолжительность импульса, исходя из циклограммы процесса, ограничивается 50 мс.

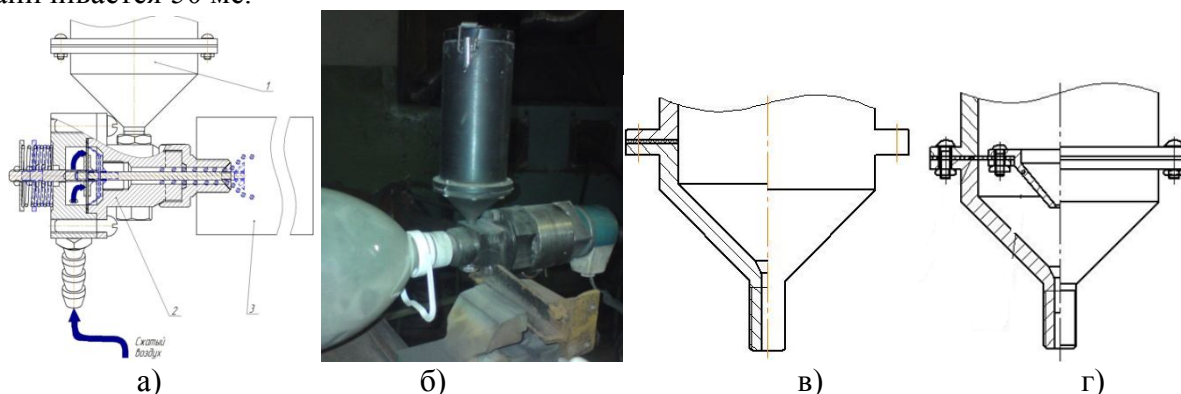


Рисунок 1 – Лабораторный стенд для определения расходных характеристик дозатора

Для проведения исследований расходной характеристики дозатора были использованы два типа бункера: бункер базовой конструкции (рис. 1, в) и бункер с установленной дополнительной воронкой (рис. 1, г).

При проведении эксперимента зазор между бункером и регулировочным винтом оставался постоянным и составлял 2 мм. Давление подачи импульса транспортирующего газа варьировалось в пределах: 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 МПа. Уменьшение давления ниже 0,1 МПа (т.е. до 0,05 МПа) приводит к невозможности осуществления процесса дозирования. В силу этого нижним пределом является давление 0,1 МПа. При проведении серии экспериментов изменялась также продолжительность импульса подачи воздуха: она составляла 10, 20, 25, 30, 40, 50 мс. Масса навески порошка базальта измерялась на аналитических весах с точностью до 0,01 г. На каждом из вышеуказанных параметров было проведено три эксперимента по 300 импульсов подачи воздуха.

По результатам проведенных исследований для бункера базовой конструкции можно сделать выводы:

1. При увеличении продолжительности импульса подачи транспортирующего газа масса навески порошка базальта уменьшается на более высоких давлениях (0,25 и 0,2 МПа). На

более низких давлениях (0,15 и 0,1 МПа) наблюдается первоначальный рост массы навески порошка, а затем ее резкое снижение.

2. Увеличение давления также вызывает уменьшение массы навески базальтового порошка.

Данная ситуация связана с тем, что порошок представляет собой уплотняемую среду. Поэтому при увеличении давления и продолжительности импульса подачи транспортирующего газа базальтовый порошок уплотняется в каналах дозатора и бункера, что вызывает существенное уменьшение массы навески.

3. Наиболее оптимальная продолжительность импульса подачи воздуха составляет от 20 до 30 мс. Оптимальное давление лежит в пределах от 0,1 до 0,2 МПа.

Такая же серия экспериментов была проведена на дозаторе с применением бункера модернизированной конструкции. Дополнительная воронка устанавливалась внутрь бункера на специальной мембране, в результате вибраций самого дозатора происходит встряхивание столба порошковой среды в бункере и отделение дозы базальтового порошка через дополнительную воронку. Результаты проведенных экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расходная характеристика дозатора с бункером новой конструкции

	Давление, МПа	Продолжительность импульса, мс	Число циклов			Масса навески порошка, мг/цикл			Средняя масса навески за один цикл, мг
						2	31,	29	
	0,25	10	00	01	00	7,57	97	,9	29,79
		20	00	00	01	7,13	33	,23	33,23
		25	01	00	00	3,52	26	,97	30,58
		30	00	00	01	9,87	46	,31	27,88
		40	00	00	00	3,13	36	,87	48,78
		50	01	01	00	9,27	81	,37	56,15
	0,2	10	00	00	00	0,27	3	,9	29,78
		20	01	00	01	2,52	6	,13	31,06
		25	00	00	00	0,6	4	,5	30,5
		30	00	00	01	0,43	8	,5	31,61
		40	00	00	00	6,87	13	,01	36
		50	00	00	00	4,2	2	,33	57,57
	0,15	10	00	00	00	5,7	2	,3	35,45
		20	00	00	01	0,37	29	,01	29,68
		25	00	00	00	8,43	76	,89	28,1
		30	00	00	01	2,43	13	,45	31,78
		40				3	29,	31	31,11

			01	00	00	2,59	63	,2	
		50	00	00	01	7,07	73	,82	34,9
	0,1	10	00	01	01	8,4	72	,8	30,30
		20	00	00	00	7,67	86	,43	36,65
		25	00	00	00	6,03	6	,97	38,2
		30	01	01	00	6,05	75	,6	34,46
		40	02	00	01	1,16	23	,75	25,71
		50	00	00	01	2	43	,96	22,46

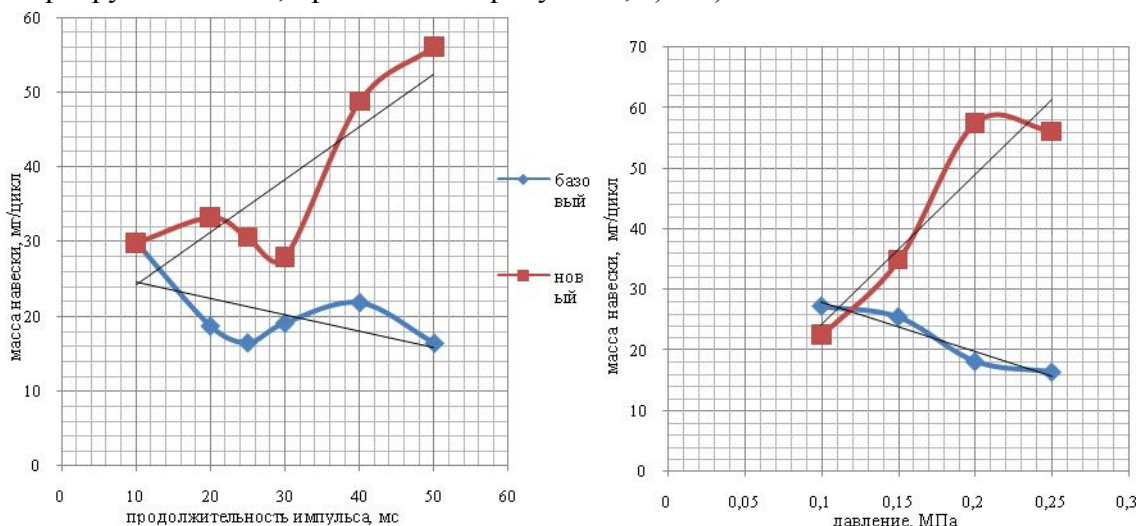
По данным таблицы 1 можно сделать выводы:

1. При увеличении продолжительности импульса подачи транспортирующего газа масса навески порошка базальта увеличивается на более высоких давлениях (0,25 и 0,2 МПа). На более низких давлениях (0,15 и 0,1 МПа) масса навески остается практически неизменной.

2. Увеличение давления практически не вызывает изменение массы навески базальтового порошка, за исключением более длительных продолжительностей импульса подачи транспортирующего газа (40 и 50 мс).

3. Наиболее оптимальная продолжительность импульса подачи воздуха составляет от 10 до 30 мс. Оптимальное давление лежит в пределах от 0,15 до 0,25 МПа.

Некоторые графики, показывающие соотношения массы навески базальтового порошка, полученной с применением бункера базовой и предложенной конструкции в зависимости от давления транспортирующего газа и продолжительности импульса подачи транспортирующего газа, приведены на рисунке 2, а) и б) соответственно.



а) давление 0,25 МПа

б) импульс 50 мс

Рисунок 2 – Соотношение расходных характеристик дозатора при различных условиях

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1. Дозатор с бункером предложенной конструкции обеспечивает лучший процесс дозирования на давлениях 0,25 и 0,2 МПа.

2. Сравнительно одинаковая дозировка порошка обеспечивается при давлении транспортирующего газа 1,5 МПа.

3. Наиболее рационально применять дозатор с бункером базовой конструкции (с точки зрения получения наибольшей навески порошка базальта) для давления 1 МПа.

4. Новая конструкция дозатора обеспечивает увеличение массы навески порошка базальта при продолжительности импульса подачи транспортирующего газа от 20 до 50 мс.

5. Базовый вариант дозатора может быть использован для осуществления дозирования при небольшой продолжительности импульса подачи транспортирующего газа (в пределах 10 мс).

В целом, исходя из представленных выше данных, можно сделать вывод о том, что конструкция нового бункера более оптимальна. В этом случае не возникает уплотнений в бункере в порошке в процессе дозирования, и модернизированный бункер позволяет проводить дозирование в более широком диапазоне изменения параметров дозирования. Кроме того, на основании проведенных экспериментов по определению расходных характеристик дозатора была определена степень его точности, т.е. повторяемость получения навески за то же количество циклов. Так, при использовании бункера базовой конструкции отклонение массы навески от среднего значения составило от 6 % до 27 % за цикл, а при использовании бункера модернизированной конструкции – от 7 % до 20 % за цикл. Поэтому бункер модернизированной конструкции позволяет снизить затраты на использование порошка при детонационном напылении, а также обеспечить более надежную работу установки.

Литература

1 Бартенев, С.С. Детонационные покрытия в машиностроении / С.С. Бартенев, Ю.П. Федько, А.И. Григоров. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 215 с..

2 Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 416 с.