

СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ГЕТЕРОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ

Ш.А.Халимов

доцент Наманганского инженерно-строительного института

Рассматриваются состояния вопросы по получению высокопрочных армированных гетерокомполитов для изготовления баллонов высокого давления и показано возможности получения высокопрочных гетерокомполитов с использованием местного сырья.

CONDITION AND PROSPECTS OF CREATION HIGH-STRENGTH HETEROCOMPOSITION FOR GAS CYLINDERS

Ш.А.Халимов

*Associate Professor, Namangan Engineering
Construction Institute*

Is considered(examined) a condition questions on reception high-strength reinforced heterocomposition for manufacturing cylinders of high pressure and is shown to an opportunity of reception high-strength heterocomposition with use of local raw material.

ГАЗ БАЛЛОНЛАРИ УЧУН ЮҚОРИ МУСТАХКАМЛИҚДАГИ ГЕТЕРОКОМПОЗИТЛАРНИ ЯРАТИШ ХОЛАТИ ВА ИСТИҚБОЛЛАРИ

Халимов Ш.А

Наманган муҳандислик-қурилиш институти, доцент.

Юқори босимли газ баллонлар тайёрлаш учун юқори мустахкамликка эга синчанган гетерокомполитларни олиш имкониятлари масаласи ҳолати ва маҳаллий ашёлардан фойдаланиб юқори мустахкам гетерокомполитларни олиш имкониятлари қўрилган.

Армированные волокнами композиционные материалы не смотря на достаточно сложности получение из них изделия широко применяется в машиностроении. Например, требующий наивысшей коэффициент надёжностей самолёты так же вынуждены потребности армированном КПМ благодаря их высокой удельной прочности (прочность материала к единице его объему), что очень важно для обеспечения низкого собственного веса которая также является одним из важных параметров надёжности полёта.

Упрочнение КМ достигается не только за счет с использование волокнистых армирующих наполнителей, но и обработкой их с различным технологическими способами ориентации волокон в различных формах и масштабах. Наибольшие применение в различных видах композиционных материалов нашли однонаправленное волокно. Такое волокно выпускают четырех марок по ТУ 755-52, ТУ 1384-58 и ВТУ 12-58. однонаправленное волокно, изготовляемое по этим ТУ, представляет собой пучки срезов стеклянных волокон длиной до 650 мм, соединенных в первичную нить при помощи специальных замасливателей: эти волокна применяют без замасливателей.

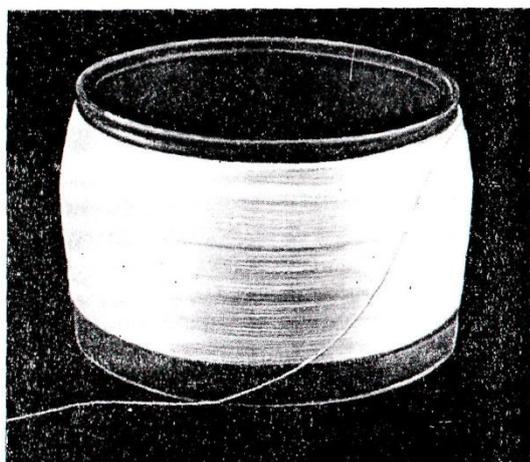
Волокна в виде пучка или нити (рисунок 1) перекрещены под очень небольшими углами. Для изготовления нитей употребляют бесщелочное (алюмоборосиликатное) стекло; диаметр волокна составляет от 6,0 до 13,0 мкм. Вес одного среза достигает 600 г.



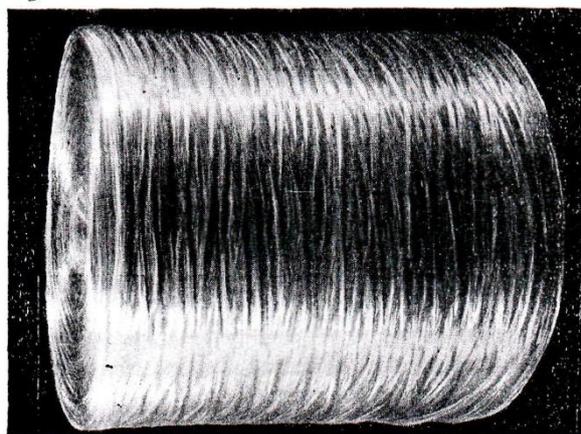
Рис.1. Стеклянные волокна в виде пучка или нити, перекрещенные под небольшим углом.

Этот вид стекловолкнистых материалов предназначается для изготовления прессмасс или различных теплоизоляционных материалов фильтров и др. проводятся работы по использованию этих материалов для изготовления стеклопластиков электроизоляционного назначения с целью тонких тканей, нити стеклянные крученые и некрученые стеклянные нити не выпускаются в виде товарной продукции вследствие нетранспортабельности и малой устойчивости их к механическим воздействиям.

До последнего времени некрученую стеклянную нить (рисунок 2,а) применяли в качестве утка при производстве некоторых видов стеклянных тканей. Основная же масса этой нити проходила процессы кручения и после этого поступала к потребителям или перерабатывалась в стеклоткани. В настоящее время установлен, что стеклопластики из некрученых стеклонитей получают более высокого качества, чем стеклопластики из крученых нитей или жгута(рисунок 2, б).



а)



б)

Рис.2. Некрученая стеклянная нить, намотанная на катушку(а) и стеклянный жгут из первичных некрученых стеклянных нитей(б)

Стеклянный жгут представляет собой непрерывную некрученую пряжу, состоящую из большого числа первичных некрученых стеклянных нитей, намотанных в бухты крестовой мотки весом до 18 кг размотку такого жгута можно производить на высоких скоростях.

В зависимости от назначения стекложгут может быть изготовлен различных метрических номеров (от 0,2 до 2,0 м/г), из волокон диаметром от 10 до 14 мкм, для чего используются стекла различных составов и применяются различные замасливатели.

Стеклянный жгут можно применять непосредственно для изготовления различных стеклопластиков или из него изготавливать другие стекловолоконистые наполнители для стеклопластиков.

Наиболее «древние» из волокнистых композитов стеклопластики, и на сегодня адгезионная прочность при взаимодействии связующих со стеклянными волокнами исследована наиболее подробно. В таблице 1. приведены значения адгезионной прочности эпоксидных олигомеров (чистых и модифицированных), отверженных отвердителями аминного типа и ангидридом карбоновой кислоты.

Таблица 1

Адгезионная прочность диановых эпоксидных смол ЭД-20 и ЭД-16, отверженных различными отвердителями, с бесщелочным стеклянным волокном и стальной проволокой.

Состав связующего масс. ч.	Условия отверждения	Адгезионная прочность, МПа		
		Стекловолоконное волокно*	Стальная проволока**	
			А	Б
ЭД-20,100 ТЭА,15	90 °С, 2 ч	36,5	52,5	45,0
	120 °С, 2 ч			
	160 °С, 2 ч			

ЭД-20,100 ТЭАТ,20	То же	35,0	44,0	35,0
ЭД-16,100 ТЭА,10	То же	32,0	49,0	40,0
ЭД-16,100 ТЭАТ,20	80 °С, 1 ч 130 °С, 6 ч 150 °С, 6 ч	33,0	-	-
ЭД-16,100 МДФА,8	80 °С, 2 ч 120 °С, 2 ч 150-160 °С, 2 ч	27,6	-	-
ЭД-20,100 МТГФА,85 ТЭА,1	130 °С, 5 ч 150 °С, 5 ч 170 °С, 4 ч	31,0	50,0	36,0

* диаметр $d = 10-12$ мкм, площадь склейки $S = 8 \times 10^{-3}$ мм².

** $d = 150$ мкм, $S = 0,55$ мм² (А), $S = 0,95$ мм² (Б).

Высокие физико-механические свойства эпоксидных смол, отверженных ангидридами, вполне сравнимые со свойствами, достигаемыми при использовании аминных отвердителей. Для реализации в пластике прочности высокомодульных волокон требуются связующие со значительно более высокими механическими характеристиками, чем для низкомолекулярных.

Для повышения технологичности наполнителя и обеспечения его текстильной переработки поверхность углеродных волокон обрабатывают специальными аппретами. Активирование поверхности волокон путем окислительной электрохимической обработки приводит к существенному повышению прочности на границе раздела. Для связующего ЭДТ-10 в результате такой обработки адгезионная прочность возрастает примерно на 30%. Адгезия к жесткоцепным полиарамидным волокнам типа СВМ, Армос, Терлон, Кевлар, РВЗ исследована значительно меньше, чем к стеклянным и углеродным волокнам. При изготовлении склеек терморезактивного полимерного связующего с полимерными органическими волокнами, как и при получении органоволокнитов, возможна диффузия связующего в волокно. Поэтому в таких системах следует особенно тщательно контролировать характер разрушения. В большинстве случаев при адгезионном разрушении склеек с органическими волокнами (после выдергивания волокна), как и в системе со стеклянными волокнами, в слое смолы под микроскопом видно круглое отверстие. Однако в то время как конец стеклянного волокна, выдернутый из адгезионно разрушившейся склейки, чистый и гладкий (без следов смолы), конец органического волокна в большинстве случаев представляет собой «метелку», состоящую из отдельных тонких фибрилл.

Результаты, приведенные в таблице 2. показывают, что для исследованных связующих адгезия к полиарамидным волокнам не ниже, чем к стеклянным, и для таких связующих, как ЭДТ-10 и 5-211, достигает 57 МПа.

Это самые высокие значения, полученные до сегодняшнего дня для склеек подобной геометрии.

Таблица 2

Адгезионная прочность терморезактивных связующих с органическими и стеклянными волокнами

Связующее	Волокно	Адгезионная прочность, МПа, при $d = 13$ мкм, $S = 6 \times 10^{-3} \text{ мм}^2$
ЭДТ-10	СВМ	57
	Кевлар	44
	Стеклоанное	43
УП-2218	СВМ	52
ЭХД-МК	СВМ	40
ЭДФ	СВМ	51
5-211 Б	СВМ	57
	Стеклоанное	54

Вернемся к вопросу о связи прочности границы раздела волокно, связующее с прочностью армированного волокнами композита. Корреляционные зависимости «прочность композита σ - адгезионная прочность τ_0 », как указано выше, определяются многими факторами (природа и состав связующего, температура, скорость приложения внешней нагрузки, условия отверждения, условия и время хранения и т.д.). Вообще, под действием всех этих факторов свойства пластика могут изменяться не только за счет изменения прочности на границе раздела, но и за счет изменения физико-механических свойств связующего. Поэтому при изучении корреляции прочности композита и адгезионного сцепления его составляющих необходимо использовать образцы строго идентичные (поскольку их свойства могут варьировать в зависимости от технологии получения), а адгезию менять, модифицируя поверхность самого волокнистого наполнителя.

Предварительные теоретические расчеты показывает возможности получения высокопрочных армированных КМ для газовых баллонов не только для сжиженных (пропан) но и для сжатых природных (метан) газов.

При оценке прочностной надёжности ряд распространенных элементов конструкций (трубопроводы, полные валы, сосуды, корпуса и т.п.) схематизируют в форме тонкостенных оболочек вращения.

Если нагрузка на оболочки осесимметричная, то определение напряжений в стенках не вызывает затруднений. При толщине стенки не свыше 1/10 минимального радиуса её кривизны с приемлемой для практики точностью принимают, что в стенках от внешней нагрузки (например, давления рабочего тела) возникают только нормальные напряжения (растягивающие, сжимающие), которые постоянны по толщине.

В качестве примера рассмотрим сосуд (рисунок 3, а) под давлением q . Двумя поперечными и двумя продольными сечениями вырежем из стенки бесконечно малый элемент с длиной грани dl (рисунок 3, б). В этих сечениях действуют осевые σ_m и окружные (кольцевые) σ_θ напряжения, т.е. вырезанный элемент находится в плоском напряженном состоянии.

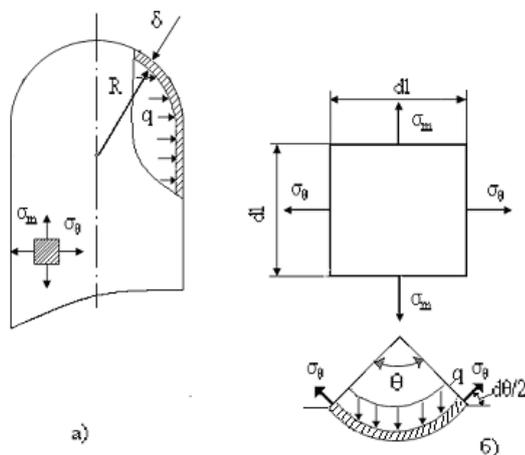


Рис.3. Цилиндрический сосуд(а) и его расчётные параметры(б).

Осевые напряжения вызываются осевой силой

$$N = q\pi R^2 = \pi D\delta\sigma_m \quad (1),$$

где R - внутренний радиус сферической части сосуда; $D=2R$ -средний диаметр цилиндрической части сосуда; δ -толщина стенки.

Из уравнения(1) находим $\sigma_m = qD/(4\delta)$ (2)

Окружные напряжения вызываются силами $dN_\theta = \sigma_\theta\delta dl$ (3),

которые должны уравновешивать силу dF_R , обусловленную давлениями q , действующими на поверхность элемента. $dF_R = qdl^2$

Составим уравнение равновесия, проецируя силы dN_θ и dF_R направление радиуса в середине элемента:

$$2dN_\theta\sin(d\theta/2) - dF_R = 0$$

$$2\sigma_\theta\delta dl\sin(d\theta/2) = qdl$$

Учитывая, что $dl = R d\theta$ и $\sin(d\theta/2) = d\theta/2$, получим $\sigma_\theta = qD/(2\delta)$ (4)

Из зависимостей (2) и (4) видно, что в цилиндрическом сосуде напряжения в продольном сечении в 2 раза больше, чем в поперечном сечении.

Это обстоятельство учитывают на практике при изготовлении составных резервуаров: продольные сварные швы выполняют более прочными, чем поперечные швы. Проведенный анализ литературных источников и

предварительные расчеты показывают и возможности разработки высокоэффективных КМ для автомобильных баллон высокого давление.

Таблица 3

Основные характеристика ЭД-16 и ЭД-20.

№	Наименование показателя	ЭД-16		ЭД-20	
		Высший сорт	Первый сорт	Высший сорт	Первый сорт
	Цвет по железокобальтовой шкале, не более	6	10	4	12
	Массовая доля эпоксидных групп, %	16,0-18,0	16,0-18,0	19,9-22,0	19,9-22,0
	Массовая доля иона хлора, %, не более	0,00 2	0,00 5	0,00 3	0,00 6
	Массовая доля омыляемого хлора, %, не более	0,4	0,6	0,5	0,9
	Массовая доля гидроксильных групп, %, не более	2,5	-	1,7	-
	Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,2	0,6	0,5	0,9
	Динамическая вязкость, Па*с при 50 °С	5-18	5-20	2-18	12-25
	Время желатинизации с отвердителем, ч, не менее	4,0	3,0	5,0	4,0

В качестве связующего можно выбрать эпоксидные компаунда на основе ЭД-16 и ЭД-20, т.к. они имеют высокие прочностные свойства и хорошая адгезия к стеклянным и углеграфитовым волокном.

В таблице 3 представлены основные характеристики промышленных эпоксидных смол ЭД-20 и ЭД-16(ГОСТ 10587-84) [7].

Важнейшим характеристикам КМ для баллонов высокого давления являются удельная прочность, т.е. прочность материала в единице объёма (таблице 4).

Таблица 4

Характеристики полимерных и композиционных материалов, применимых для изготовления газовых баллонов

Характеристики материалов	Прочность на разрыв, МПа	Удельная прочность, МПа(кг/см ³)
Основные связующие: -полиэтилен(ПЭВП)	10-15	11-16

	-полиамиды	20-45	18-42
	-поликапроамидин на основе капролактами	15-45	13-42
	-эпоксидный компаунд на основе ЭД-16	20-60	16-42
	-эпоксидный компаунд на основе ЭД-20	25-40	21-35
	-эпоксидный компаунд на основе ФАЭД-20	10-20	8-18
	Наполненные стекло и углеродными волокнами:		
	- полиамидные КПМ	300-	220-300
	- поликапроамидные КПМ	400	220-300
	- эпоксидные КПМ	350-	300-400
	- фураноэпоксидные КПМ	400	250-300
		350-	
		450	
		300-	
		350	
	Литые стали газовых баллонов Ст.40л, Ст.45л.	500- 550	65-70

Таким образом можно заключить, что методом армирования стеклянными или углеродными волокнами на основе ФАЭД – 20 получаемого из местного сырья можно получить высокопрочный КМ для газовых баллонов для легковых автомобилей, не уступающих стеклопластикам на основе ЭД-16 и ЭД-20 (см. табл. 3 и табл.4). использование в качестве структурообразователей механохимически активированных минеральных наполнителей и ПАВ из отходов местной промышленности обеспечивает широкие возможности создания высокопрочных гетерокомпозиций с использованием местных сырьевых ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Халимов Ш. А., Хожиев Б. Р., Абдурахимова Г. Ш. Исследования физико-механических свойств армированных композиционных полимерных материалов при разных температурах //Научное знание современности. – 2017. – №. 4. – С. 373-378.
2. Халимов Ш. и др. Исследование прочностных свойств армированных эпоксидных гетерокомпозиций для газовых баллонов высокого давления //Узбекский науч. тех. и производ. журнал "Композиционные материалы"-Ташкент,(3). – 2008. – С. 25-27.
3. Халимов Ш., Джумабаев А. Б. Исследование вязкоупругих и прочностных свойств армированных эпоксидных гетерокомпозиций при разных температурах //Узбекский науч.-тех. и производ. журнал «Композиционные материалы,(4). – 2008. – Т. 11.

4. Abdurahimovich K. S. et al. STUDY EVALUATION OF ADHESION BETWEEN POLYMER AND REINFORCING FILLERS //INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH IN COMMERCE, IT, ENGINEERING AND SOCIAL SCIENCES ISSN: 2349-7793 Impact Factor: 6.876. – 2022. – Т. 16. – №. 5. – С. 67-72.

5. Халимов Ш. А., Каримов Б. Ю., Абдурахимова Г. Ш. Исследование прочностных свойств композиционных полимерных материалов для газовых баллонов //Научное знание современности. – 2017. – №. 4. – С. 368-372.

6. Norkulov A. A., Khalimov S. A. Features of the forming of the viscoelastic and strength properties of reinforced epoxy heterocomposites for high-pressure gas cylinders //International Polymer Science and Technology. – 2011. – Т. 38. – №. 6. – С. 61-63.

7. Норкулов А. А., Халимов Ш. А. Особенности формования вязкоупругих и прочностных свойств армированных эпоксидных гетерокомполитов для газовых баллонов высокого давления //Пластические массы. – 2010. – №. 2. – С. 45-47.

8. Норкулов А. А., Халимов Ш. А. Исследования вязкоупругих и прочностных свойств армированных эпоксидных гетерокомполитов для газовых баллонов высокого давления //Пластические массы. – 2010. – №. 4. – С. 43-45.

9. Khalimov S. et al. Study of the physico-chemical characteristics of reinforced composite polymer materials //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 401. – С. 05039.

10. Халимов Ш. А., Нурмухаммадов Р., Турғунпұлатов А. Исследование технологии получения автомобильных тормозных колодок на основе местного сырья //Инновации в сельскохозяйственном машиностроении, энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования ресурсов. – 2022. – С. 271-274.

11. Халимов Ш. А., Маликов С., Ўринбоев Қ. Ғ. МЕВАЛАРДАН ДАНАГИНИ АЖРАТИШГА МЎЛЖАЛЛАНГАН ЭНЕРГИЯТЕЖАМКОР МАШИНАНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ //Scientific Impulse. – 2023. – Т. 1. – №. 8. – С. 1047-1054.

12. Abduraximovich X. S., Farhodxon Axmadxonovich N., Muhammadyunus o'g'li N. R. GAZ BOSIMI OSTIDA ISHLOVCHI IDISH KONSTRUKSIYALARINI OPTIMALLASHTIRISH //SO'NGI ILMIY TADQIQOTLAR NAZARIYASI. – 2023. – Т. 6. – №. 12. – С. 16-24.

13. Мелибаев М. и др. Напряженно-деформированное состояние шины и загруженность ее элементов //АВТОМОБИЛИ, ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОЦЕССЫ: НАСТОЯЩЕЕ, ПРОШЛОЕ, БУДУЩЕЕ. – 2019. – С. 120-124.

14. Мелибаев М., Нишонов Ф. А. Определение площади контакта шины с почвой в зависимости от сцепной нагрузки и размера шин и внутреннего давления //Научное знание современности. – 2017. – №. 3. – С. 227-234.

15. Нишонов Ф. А., Мелибоев М. Х., Кидиров А. Р. Требования к эксплуатационным качествам шин //Science Time. – 2017. – №. 1 (37). – С. 287-291.

16. Нишонов Ф. А., Мелибоев М. Х., Кидиров А. Р. Тягово-сцепные показатели машинно-тракторных агрегатов //Science Time. – 2017. – №. 1 (37). – С. 292-296.

17. Мелибаев М. и др. Показатели надежности пропашных тракторных шин //Universum: технические науки. – 2021. – №. 2-1. – С. 91-94.
18. Мелибаев М., Нишонов Ф., Норбоева Д. Плавность хода трактора. Наманган муҳандислик технология институти //НМТИ. Наманган. – 2017.
19. Rustamov R. et al. International scientific and scientific-technical conference" Collection of scientific works" on improving the machine for harvesting walnuts. – 2020.
20. Мелибаев М. и др. Определение глубины колеи и деформации шины в зависимости от сцепной нагрузки, внутреннего давления и размеров шин ведущего колеса //Научное знание современности. – 2018. – №. 5. – С. 61-66.
21. Нишонов Ф. А. и др. Буксование ведущих колес пропашных трехколесных тракторов //Научное знание современности. – 2018. – №. 4. – С. 98-100.
22. Мелибаев М., Нишонов Ф., Кидиров А. Тягово-сцепные показатели машинно-тракторного агрегата //SCIENCE TIME. Общество Науки и творчества.//Международный научный журнал.–Казань. – 2017. – №. 1. – С. 292-296.
23. Мелибаев М., Нишонов Ф. А., Кидиров А. Р. Грузоподъемность пневматических шин //Научное знание современности. – 2017. – №. 4. – С. 219-223.
24. Мелибаев М., Нишонов Ф., Кидиров А. Акбаров. Буксование ведущих колес пропашных трехколёсных тракторов //Журнал «Научное знание современности». Материалы Международных научно-практических мероприятий Общества Науки и Творчества (г. Казань). – №. 4. – С. 16.
25. Нишонов Ф. А. и др. Дон махсулотларини сақлаш ва қайта ишлаш технологияси //Научное знание современности. – 2018. – №. 5. – С. 67-70.
26. Хожиев Б. Р., Нишонов Ф. А., Қидиров А. Р. Углеродли легирланган пўлатлар қуйиш технологияси //Научное знание современности. – 2018. – №. 4. – С. 101-102.
27. Mansurov, M. T., F. A. Nishonov, and B. R. Hojiev. "Substantiate the Parameters of the Plug in the" Push-Pull" System." Design Engineering (2021): 11085-11094.
28. Мансуров Мухторжон Тохиржонович, Хожиев Бахромхон Рахматуллаевич, Нишонов Фарходхон Ахматханович, Кидиров Адхам Рустамович МАШИНА ДЛЯ УБОРКИ АРАХИСА // Вестник Науки и Творчества. 2022. №3 (75). URL:
29. Toxirjonovich M. M., Akhmatkhanovich N. F., Rakhmatullaevich X. B. COMBINATION MACHINE FOR HARVESTING NUTS //Conference Zone. – 2022. – С. 19-21.