

УДК 678.002:674

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ,
ПОДВЕРГАЮЩИЕСЯ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫМ НАГРУЗКАМ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ИЗДЕЛИЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Т.Н. Стородубцева, В.И. Харчевников, Н.В. Федянина,
А.И. Томилин (ВГЛТА)

При строительстве промышленных и транспортных объектов специального назначения в изделиях и конструкциях достаточно широко применяются различные композиционные материалы (КМ), вид которых определяется реализуемыми технологическими процессами создаваемых производств и условиями их эксплуатации. К ним относятся: покрытия полов, фундаменты, корпуса аппаратов и емкостей, лотки и отстойники сточных технологических вод, шпалы верхнего строения железных дорог и метрополитенов, лесовозных и трамвайных путей, переезды, платформы, подверженные воздействию химически активных жидкостей, грунтовых вод, атмосферных осадков, переменных температур, что и предопределяет необходимость обеспечения особых свойств этих материалов, основными из которых являются коррозионная стойкость, долговечность и экологическая безопасность.

Учитывая острую необходимость повышения экономической эффективности широкого использования техногенных продуктов лесного комплекса, химической промышленности и местного сырья, основное внимание уделялось разработке стекло- и древесностекловолоконистых композиционных материалов (СВКМ, ДСВКМ), главные исходные компоненты которых отличались по своим генезису и свойствам.

Совершенствование КМ потребовало детального изучения как взаимосвязи появляющихся внутренних сил и определяющих их факторов в процессах изготовления конструкций, так и в условиях их эксплуатации при различных видах силовых воздействий.

Решение проблемы создания эффективных КМ для специальных конструкций и изделий на основе широко распространенного растительного сырья, а также сырья техногенного происхождения, является важной хозяйственной задачей, что обеспечит снижение стоимости строительства, повышение надежности, улучшение экологии. При этом предусматривается использование входя-

щих в состав композитов материалов, дополняющих друг друга по различным комплексам свойств [1, 2].

Современные технологии КМ требуют учета процессов и явлений, протекающих на границах раздела фаз, которые способствуют коренному изменению свойств межфазных поверхностей и, соответственно, структуры и свойств композита в целом.

К особенностям проявления межфазных взаимодействий в композитах относится наличие в них частиц, существенно различающихся по размерам – от коллоидных, как близких к сферическим, так и волокнистым, обладающих значительной поверхностной энергией [1].

Совершенствование КМ потребовало детального изучения как взаимосвязи появляющихся внутренних сил и определяющих их факторов в процессах изготовления конструкций, так и в условиях их эксплуатации при различных видах силовых воздействий и сред.

Представлялось важным изучить влияние различных физических факторов на полимерную матрицу из стекловолоконного композиционного материала (СВКМ) [2].

Исследования стекловолоконного композиционного материала (СВКМ) ФАМ были начаты еще в прошлом столетии. Затем они были продолжены учеными школы В.И. Харчевникова: Л.Н. Стадник, О.П. Плужниковой, Б.А. Бондаревым, Зобовым С.Ю., Т.Н. Стородубцевой, Э.А. Черниковым и др. Их результаты отражены в совместных публикациях и приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Составы СВКМ ФАМ на андезите, % по массе

Компоненты СВКМ	Ориентированное армирование стеклонитями	Хаотическое армирование стеклосечкой	Комбинированное армирование стеклосеткой и стеклосечкой
ФАМ (ТУ 64-11-17-89)	19,0	25,0	25,0
БСК (бензолсульфокислота) (ТУ 6-36-0204229-1-25-89)	3,0	4,0	3,5
Песок кварцевый $M_k = 1,2$ (ГОСТ 8736-85)	71,0	53,0	51,3
Андезитовая и пиритовая мука	–	16,0	15,0
Стеклонить НС 75/24 (ГОСТ 8325-70)	7,0	–	–
Стеглосечка из нитей или жгута ЖС 24-10 (ГОСТ 17139-71)	–	2,0	2,2
Стеглосетка СС-3 (ТУ 6-11-99-75)	–	–	3,0

Таблица 2 – Нормативные механические характеристики стекловолокнистого полимербетона ФАМ на андезите

Характеристика	Ориентированное армирование стеклонитями	Хаотическое армирование стеклосечкой	Комбинированное армирование стекло-сеткой и стеклосечкой
Условные пределы прочности, МПа, при:			
растяжении	65,0	4,68	9,0
сжатии	64,0	82,0	78,0
чистом изгибе	81,0	11,40	24,5
скалывании (сдвиг)	7,0	8,60	9,0
Мгновенные модули упругости, 10^4 МПа, при:			
растяжении	1,36	0,82	1,31
сжатии	1,16	1,11	1,33
чистом изгибе	1,63	1,90	1,61
сдвиге	0,045	0,032	0,034
Коэффициент Пуассона	0,19	0,26	0,25
Предельная растяжимость, %	0,55	0,35	0,42
Предельная сжимаемость, %	0,20	0,31	0,25

Таблица 3 – Физические свойства СВКМ ФАМ на андезите

Свойства	Единица измерения	Показатели
Объемная масса	г/см ³	1,6 ... 1,9
Твердость по Бринеллю	МПа	350
Истираемость полужакрепленным абразивом	г/см ³	0,18 ... 0,21
Коэффициент термического расширения	1/°С	(12 ... 14)·10 ⁻⁶
Коэффициент теплопроводности	Вт/м·К	0,66 ... 0,85
Термостойкость по Мартенсу	град.	170
Усадка объемная	%	5,81
Усадка линейная	%	0,43
Диэлектрическая проницаемость при $T=20^{\circ}\text{C}$	–	5,55 ... 5,32
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 Гц и 65% влажности и $T=20^{\circ}\text{C}$	–	(13,02 ... 11,09)·10 ⁻²
Удельное электрическое сопротивление при $T=20^{\circ}\text{C}$:		
поверхностное	Ом	$3,7 \cdot 10^{10}$
объемное	Ом·см	$3,8 \cdot 10^8$
Показатель горючести К		0,14
Водопоглощение за 24 ч.	%	0,05 ... 0,3
максимальное	%	3,0 ... 3,8
Морозостойкость свыше	цикл	300

Разработанные материалы с армирующим наполнителем в виде сетки на основе стекла алюмоборосиликатного состава – СВКМ в дальнейшем, приме-

нены для повышения трещиностойкости полимерного раствора ФАМ во внешних слоях поперечного сечения изделий специального назначения, подвергающихся знакопеременным нагрузкам, а именно в подкладочных плитах.

Функциональная роль штабелера состоит в перевозке металлических отливок из сталеплавильного цеха к месту их складирования и укладки в штабель, что и определило его название. Штабелер перемещается по рельсам, которые укладываются на ленточные бетонные фундаменты и крепятся к ним с помощью болтов, замоноличенных в бетон. На болты должны быть предварительно уложены стальные литые подкладочные плиты, а уже на них – рельсы.

Таблица 4 – Коэффициенты химической стойкости СВКМ ФАМ на андезите

Наименование реагентов	Концентрация, %	Значение коэффициентов	Полимербетон на графитном наполнителе
Вода	100	0,46/0,48	0,85
Серная кислота	70	0,47/0,54	0,90
Едкий натр	30	0,24/0,27	0,90
Едкий натр	10	0,38/0,35	0,85
Минеральное масло	20-80	0,90/0,90	0,90
Керосин	100	0,94/0,94	0,94
Соляная кислота	27	0,79/0,79	0,95

Особенность рельсового пути заключается в том, что подкладочные плиты на всей их длине должны быть уложены на одном уровне, т.е. строго горизонтально. Отклонение по вертикали может быть не более 0,5 мм, что объясняется очень большими нагрузками, которые испытывает подрельсовое основание при наезде на него высотного штабелера со стальными отливками.

Кроме этого, изделие – (плита) из СВКМ должно сглаживать амплитуду колебаний, возникающих при движении штабелера, не допуская резонансных частот, максимальная нагрузка на одно колесо штабелера составляет около 1000 кН (100 т).

В существующей конструкции стыка бетонное основание – стальная литая плита горизонтальность, т.е. отсутствие перепада высот укладки плит, осуществлялось подливанием под них специального безусадочного раствора «Pagel» (ФРГ), затем осуществлялось придавливание плит в раствор до уровня, который фиксировался с помощью теодолита. Данная стыковка не обеспечивала главного – прочности бетона под стальной подкладкой, который выкрашивался, болты расшатывались и искривлялись, штабелеры приходилось остав-

лять для ремонта пути, что приводило комбинат к существенным экономическим потерям. Эти плиты из СВКМ и были призваны устранить недостатки.

Они имели следующие характеристики: в первом случае разрушающая нагрузка равнялась 2166 кН (216 т), во втором 1500 кН (150 т), а минимальная прочность на сжатие (смятие) СВКМ – $\sigma_{пч}^{см} = 25 \dots 30$ МПа, при необходимой прочности, равной

$$\sigma_{см}^{необх} = P_{макс} / A_{пл} = 100000 / 22 \cdot 36 = 126 \approx 13.$$

Величина нормативного сопротивления равна, МПа

$$R_{см}^н = \sigma_{пч}^{см} \cdot K^{одн} = 27 \cdot 0,71 \approx 19,$$

а расчетное сопротивление равно

$$R_{см} = R_{см}^н \cdot K_{t=60^\circ C} = 19,0 \cdot 0,88 = 16,7 \approx 17 \text{ МПа, т.е. } \sigma_{см}^{необх} = 13 < R_{см} = 17.$$

Относительная предельная деформация при сжатии СВКМ $\varepsilon_{см}^{np} = 0,21$ %, а фактическая $\varepsilon_{см}^{\phi} = 0,1$ %, т.е. $\varepsilon_{см}^{\phi} = 0,1$ % < $\varepsilon_{см}^{np} = 0,21$ %.

Плиты прошли экспериментальные и производственные испытания.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований, изложенные в настоящей статье, вносят существенный вклад в решение проблемы замены на СВКМ традиционных материалов – древесины и железобетона в изделиях специального назначения. Его внедрение должно помочь сохранить лес, использовать огромное количество отходов лесного комплекса и деревообрабатывающих производств, улучшить экологическую обстановку и создать новые рабочие места.

Библиографический список

1 Патуроев, В. В. Полимербетоны НИИ бетона и железобетона / В. В. Патуроев. – М. : Стройиздат, 1987. – 286 с.

2 Стародубцева, Т. Н. Композиционный материал на основе древесины для железнодорожных шпал : Трещиностойкость под действием физических факторов / Т. Н. Стародубцева : моногр. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 216 с.