

УДК 674.8:630*836.002.5

ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Т.Н. Стородубцева, А.М. Томилин, Н.В. Федянина, В.И. Харчевников

В настоящее время на дорогах общего назначения и лесовозных железных дорогах, а также подъездных и трамвайных путях используются, в основном, деревянные и железобетонные шпалы.

В результате анализа работ, посвященных вопросам конструкции железнодорожного пути и его взаимодействия с подвижным составом, а также исследования работоспособности деревянных шпал сделан вывод о том, что основными причинами их дефицита является небольшой срок их службы из-за механического износа и гниения, особенно в узле соединения «рельс-шпала». Деревянные шпалы из высокосортного леса в возрасте 80...100 лет фактически потеряли сырьевую базу в России из-за варварского ее уничтожения.

Использование железобетонных шпал в конструкциях верхнего строения пути железных дорог хотя и решает в какой-то мере проблему дефицита железнодорожных шпал, но ведет к большим экономическим потерям, которые складываются из физико-технических и механических недостатков железобетона – большой массы, хрупкости, ограниченной коррозионной стойкости и, главное, жесткости, приводящей к разрушению ходовой части подвижного состава, появлению профессиональных заболеваний. Кроме этого, для железобетонных шпал, работающих в условиях блуждающих токов, существует опасность электрокоррозии бетона, т.к. они содержат дефицитную высокопрочную стальную, которая часто выступает из торцов шпал, снижая их диэлектричность в присутствии воды.

Наиболее серьезные работы по изготовлению шпал из композиционных материалов (КМ) проводились в Австрии и Японии – это синтетические шпалы из жесткого полиуретана, армированного стекловолокном; в США и Японии – это древесностружечные шпалы, спрессованные из мелко измельченного во-

локнистого растительного материала и полимерного связующего, шпалы из склеенных послойно ДСП большой плотности и обычной ДСП. В данном случае можно сделать вывод, что несмотря на практически неограниченный срок службы синтетических шпал, меньшую массу по сравнению с железобетонными, применение их в России экономически не выгодно из-за дефицита полиуретана и сложности конструкции железобетонного основания. Опыт изготовления шпал из древесностружечного материала интересен тем, что в качестве вяжущего была использована смола ФАМ, но прессование увеличивает их стоимость, сомнительны технологичность узла «рельс-шпала» и водостойкость.

Краткий анализ свойств КМ показал, что необходимо искать новые пути в решении проблемы их применения в РФ для железнодорожных шпал. Одним из них оказалась возможность использования в КМ отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности. Представлялось крайне актуальным применить их как для производства весьма ценного продукта – фурфурола, в процессе поликонденсации которого с ацетоном можно получить смолу (олигомер) ФАМ – вяжущее вещество полимерной матрицы, так и в качестве армирующего заполнителя.

Обращаясь к литературным источникам в начале работы над созданием нового КМ для шпал, мы не обнаружили публикаций о каких-либо серьезных теоретических исследованиях, подтверждающих совместимость фурановых смол и древесины, хотя косвенные сведения об этом имелись.

В работе [1] сделан анализ структурных схем молекул компонентов ДСВКМ – составляющих смолы ФАМ (моно- и дифурфурилиденацетонов) и древесины (целлюлозы и лигнина), который показал возможность возникновения водородных связей по схеме диполь-дипольного взаимодействия и гидроксильных групп с образованием эфирных связей, что создает прочное адгезионное соединение в зоне раздела фаз и подтверждается экспериментально. Из изложенного видно, что этот процесс очень сложный, его фазы взаимно переплетаются во времени и завершается отверждением системы, которое сопрово-

ждается обжатием древесного армирующего заполнителя за счет усадочных сил [2].

Поскольку возникновение прочных адгезионных связей между смолой ФАМ и древесиной было установлено, дальнейшие исследования были направлены на разработку базового состава древесностекловолоконистого композиционного материала (ДСВКМ) и получение его механических характеристик, которые удовлетворяли бы требованиям МПС РФ к железнодорожным шпалам. Такой состав был разработан и использован при отливке шпал, которые затем были впервые установлены в действующий путь Елецкого отделения Юго-Восточной железной дороги в 1995 г. Однако эксплуатационные испытания показали, что на поверхности шпал после осенне-зимнего периода появились волосяные трещины, одной из причин возникновения которых, как выяснилось, является влага, диффузионно проникающая через слой полимерной матрицы на ФАМ к древесному армирующему заполнителю [3].

Как известно древесина содержит капилляры и поры различных размеров. Крупные капилляры могут заполняться водой, которая мало влияет на состояние древесины и ее качество как строительного материала. Она сравнительно легко проходит в капилляры и поры, заполняет полости и может составлять 100...200 % к массе абсолютно сухой древесины, но она также сравнительно быстро и легко удаляется из них при сушке.

Тонкие поры и капилляры заполняются водой не только при контакте с ней, но и в условиях влажного воздуха, в связи с гигроскопичностью древесины и по законам капиллярных сосудов. Эта гигроскопическая влага сорбируется на стенках клеток и частично переходит в коллоидно-связанное состояние с веществом дерева.

Было обращено внимание на то, что насыщение волокон древесины гигроскопической влагой составляет в среднем 30 % к массе абсолютно сухой древесины ($W_{п.н.}=30\%$), называемое точкой насыщения. Насыщение гигроскопической влагой до этой точки сопровождается набуханием древесины и ухудшением ее физико-механических свойств. Увеличение влажности после 30 % ее со-

держания в древесине почти не отражается на свойствах последней и, что самое главное, не увеличивается ее объем за счет разбухания, что очень важно учитывать при создании КМ.

Таким образом, стало ясно, что без предварительной пропитки армирующего древесного заполнителя жидкими растворами примерно до $W_{п.н.}=30\%$, матрица ДСВКМ будет давать трещины под влиянием давления стесненного набухания.

Наши дальнейшие исследования были направлены на то, чтобы пропитывать древесину до предела насыщения не просто водой, а составами, способными, кроме этого, защитить ее от гниения.

Решение о выборе состава для пропитки древесины связано со многими и часто взаимно исключаящими требованиями, предъявляемыми к нему. Состав должен: достаточно быстро проникать в древесину; защищать ее в течение всего срока эксплуатации от гниения; не препятствовать хотя бы механической адгезионной связи между древесиной и полимерной матрицей; содержать минимальное количество компонентов; быть достаточно технологичным и дешевым; соответствовать требованиям экологической и пожарной безопасности [3, 4].

Для обработки поверхности и объема древесных заполнителей применялись следующие составы: раствор в керосине низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ, ТУ 6-05-1837-82) – «саломассы», являющейся отходом производства полиэтилена; раствор дивинилстирольного термоэластопласта (ДСТ 30-Р-01) и канифоли в бензине, керосине, этилацетате, уайт-спирите или нефрасе; раствор сырого каучука в керосине; раствор эфира глицериновой таловой канифоли в керосине (ЭГТК, ТУ 13-002.81074-462-950); отработанное машинное масло (ОММ); кубовые остатки ректификации стирола (КОРС) малеиновым ангидридом, растворенные в толуоле с добавкой керосина или дизельного топлива.

Некоторые из шести примененных составов имели существенные недостатки. Например, при обработке древесины раствором НМПЭ в керосине ее поверхность покрывалась тонким слоем «саломассы», которая вызывала при нагружении «проскальзывание» армирующего заполнителя в полимерной матри-

це, снижая прочность и жесткость ДСВКМ. Вместе с тем, поверхностная обработка этим составом шпал была использована в дальнейшем для обеспечения последним гидрофобных свойств.

Таблица 1 - Нормативные характеристики древесностекловолоконного композиционного материала при армировании отходами лесопереработки с длиной элементов 150...200 мм

Характеристика	Средне-арифметическое значение	Коэффициент однородности	Нормативная характеристика
1	2	3	4
Условные пределы прочности, МПа при растяжении вдоль волокон сжатии (смятии) поперек волокон щепы изгибе скалывании (полимер-древесина)	9,61	0,73	7,0
	22	0,82	20,0
	24	0,83	15,0
	8,5	0,81	7,0
Предел выносливости, МПа при сжатии вдоль волокон щепы	35,0	0,71	25,0
Условные модули упругости, 10^4 МПа, при растяжении сжатии изгибе	1,37	0,88	1,21
	1,30	0,83	1,08
	1,50	0,87	1,30
Плотность, т/м ³	1,42	0,83	1,12...1,7 2
Водопоглощение за 260 сут, %	0,05	–	–

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Относительная деформация набухания на 180 сут, %	0,06	–	–
Коэффициент стойкости в воде на 260 сут	0,76	–	–
Предельная растяжимость, %	0,50	0,9	0,45
Диэлектрическая проницаемость, ϵ	5,60	–	–
Тангенс угла диэлектрических потерь, $\operatorname{tg}\delta$	$3,03 \cdot 10^{-2}$	–	–
Выдергивание болтов-шпилек, кН	70,0	0,86	61,0
Удельная ударная вязкость, Дж/см ²	0,15...0,25	–	–
Истираемость, г/см ²	0,018...0,21	–	–
Показатель горючести	0,14	–	–
Морозостойкость не ниже, циклы	300	–	–

Наиболее приемлемыми на данном этапе исследований были признаны составы, представляющие собой раствор сырого каучука в керосине и отработанное машинное масло. Оба они способны защищать древесину от гниения, быстро (за 15 часов) ее насыщать, гидрофобны и дешевы. Однако для обеспечения адгезии заполнителя к полимерной матрице после его пропитки необходимо предварительно обрабатывать, например раствором соляной кислоты, или подсушивать поверхность с целью обезжиривания [5-8].

В результате проведенных исследований был разработан водостойкий производственный состав ДСВКМ, включающий в себя следующие компоненты (% по массе на 1 шпалу и м³):

- фурфуролацетоновый олигомер (смола ФАМ, ТУ 64-11-17-89) – 19,0;
- бензолсульфоокислота (БСК, ТУ 6-36-02040229125-89) – 4,8;
- песок речной с модулем крупности, равным 1,2 (П, ГОСТ 8736-85) – 43,5;
- графитовая электродная мука (ГЭ, ГОСТ 7885-86) – 2,5;

- мука из пиритовых огарков с удельной поверхностью 350 м²/кг (ПО) – 3,9;
- кусковые отходы из отходов переработки древесины с длиной элементов 150...200 мм и условной площадью поперечного сечения 4...6 см² – щепа, пропитанная отработанным машинным маслом (ОММ) – 12,7;
- стеклосетка (СС-3, ТУ 6-99-75) – 1,6 %;
- глицерин (ЗРК – замедлитель реакции кристаллизации БСК, ГОСТ 6259-75) – 0,1 % от массы ФАМ;
- дивинилстирольный термоэластопласт (ДСТ-30Р-01) с канифолью (400 г на 1 м² поверхности шпалы).

Нормативные физико-механические характеристики ДСВКМ приведенного выше состава при его использовании для отливки железнодорожных шпал должны соответствовать указанным в таблице в пределах $\pm 5\%$.

В заключение отметим, что приведенные характеристики ДСВКМ полностью удовлетворяют требованиям ВНИИЖТ МПС к материалу железнодорожных шпал. Их фрагменты прошли стендовые испытания в этом институте, а 28 штук шпал установлены на полигонные в путь экспериментального кольца ст. Щербинка Московской области для дополнительного изучения их соответствия реальным нагрузкам и условиям эксплуатации.

Список литературы

1. Харчевников В. И. Древесностекловолоконный полимербетон – новый композиционный материал [Текст] / В.И. Харчевников, О.П. Плужникова // Строительство. Изв. Вузов, 1995. – № 1. – С.48–51.
2. Композиционный материал на основе отходов лесного комплекса [Текст] / В.И. Харчевников, Б.А. Бондарев, О.Р. Дорняк, Т.Н. Стородубцева, С.Ю. Зобов, Ю.Н. Бухонов, О.П. Плужникова: Под ред. В.И. Харчевникова.– Воронеж, ВГЛТА, 2000.– 296 с.
3. Стородубцева, Т. Н. Обеспечение трещиностойкости композиционного материала на основе древесины для железнодорожных шпал при отвержде-

нии и всестороннем увлажнении: Автореф. дис. ...канд. техн. наук.– Воронеж, 1999.– 20 с.

4. Хрулев, В. М. Обработка древесины полимерами [Текст] / В.М. Хрулев, Р.И. Рыков.– Улан-Уде: Бурятское кн. изд-во, 1984.– С. 51–53.

5. Гидрофобизирующие и модифицирующие составы для пропитки древесного армирующего заполнителя композиционных конструкционных материалов [Текст] / В.И. Харчевников, Т.Н. Стородубцева, Э.А. Черников, Е.Н. Сапрыкин // Технологии и оборудование деревообработки в XXI веке: Сб. науч. тр.– Воронеж. гос. лесотехн. акад.: Воронеж, 2001.– С. 105–109.

6 Стородубцева, Т.Н. Композиционный материал на основе древесины для железнодорожных шпал: Трещиностойкость под действием физических факторов [Текст]: моногр. / Т.Н. Стородубцева.– Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002.– 216 с.

7 Стородубцева, Т. Н. Зависимость механических характеристик древесины сосны и полимерной матрицы композиционного материала от влияния температуры [Текст] / Т. Н. Стородубцева, В. И. Харчевников, А. И. Томилин ; Т. Н. Стородубцева, В. И. Харчевников, А. И. Томилин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2012. - № 3. - С. 83-85. - Библиогр.: с. 84-85.

8 Харчевников В. И. Водостойкий композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал [Текст] / В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева ; В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2002. - № 12. - С. 74-78.