

УДК 674.8:630*836.002.5

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ШПАЛ

Стородубцева Т.Н., Федянина Н.В.

*ГОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»,
Воронеж, e-mail: rivelenasoul@mail.ru*

В статье проведен анализ работ, посвященных вопросам изучения композиционных материалов. В результате проведенных исследований предложен водостойкий производственный состав композиционного материала в конструкции железнодорожного пути.

Ключевые слова: композиционные материалы, водостойкость, отходы лесного комплекса, адгезия, физико-механические характеристики

COMPOSITE MATERIAL BASED ON WOOD WASTE FOR COMPLEX RAILWAY SLEEPERS

Storodubtseva T.N., Fedyanina N.V.

*Voronezh State Academy of Forestry Engineering and Technologies, Voronezh,
e-mail: rivelenasoul@mail.ru*

The article analyzes the works devoted to studying composite materials. As a result of behavior studies suggested the production of water-resistant composite material in the construction of railway track.

Keywords: composite materials, water resistance, waste wood complex, adhesion, physico-mechanical characteristics

В настоящее время на лесовозных железных дорогах и дорогах общего назначения, 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 мелкоизмельченного волокнистого 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 – фурфуrolа, в процессе поликонденсации которого с ацетоном можно получить смолу (олигомер) ФАМ – вязущее вещество полимерной матрицы, так и в качестве армирующего наполнителя.

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 сопровождается обжатием древесного армирующего наполнителя 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 древесностекловолокнистого 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 наполнителю [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 содержания 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 наполнителя 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 дре-

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

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 наполнителя к полимерной матрице после его пропитки необходимо предварительно обрабатывать, например раствором соляной кислоты, или подсушивать поверхность с целью обезжиривания [5].

Нормативные характеристики древесностекловолокнистого композиционного материала при армировании отходами лесопереработки с длиной элементов 150...200 мм

Характеристика	Среднеарифметическое значение	Коэффициент однородности	Нормативная характеристика
1	2	3	4
Условные пределы прочности, МПа при растяжении вдоль волокон сжатию (смятию) 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 сжатию вдоль волокон щепы	35,0	0,71	25,0
Условные модули упругости, 10 ⁴ МПа, при растяжении сжатию 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...1,72
Водопоглощение за 260 сут, %	0,05	–	–
Относительная деформация набухания на 180 сут, %	0,06	–	–
Коэффициент стойкости в воде на 260 сут	0,76	–	–

Окончание таблицы

1	2	3	4
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	–	–

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

– фурфууролацетоновый олигомер (смола ФАМ, ТУ 64-11-17-89) – 19,0;

– бензолсульфокислота (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. Древесностекловолокнистый полимербетон – новый композиционный материал / В.И. Харчевников, О.П. Плужникова // Строительство. Изв. вузов. – 1995. – № 1. – С. 48–51.

2. Композиционный материал на основе отходов лесного комплекса / 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 отверждении и всестороннем увлажнении: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 1999. – 20 с.

4. Хрулев В.М. Обработка древесины полимерами / 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 / 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.