УДК 678.47-1

ВЛИЯНИЕ КОРОТКИХ ОБРЕЗИНЕННЫХ КОРДНЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА РЕЗИН

Н.Л. Пантелеева, О.П. Панченко

Исследовано влияние концентрации кордных обрезиненных волокон на свойства резин для подрельсовых прокладок. Показано, что увеличение концентрации резинокордного наполнителя выше 40 % масс. вызывает ухудшение свойств резиновых смесей и прокладок.

Ключевые слова: волокна, подрельсовые прокладки, свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Резиноволокнистые системы как конструкционные материалы широко используются для производства шин [1], и других резинотехнических изделий [2]. Особый интерес представляют композиты с короткими волокнами. По существу короткие волокна выполняют те же армирующие функции, что и длинные нити корда: они способны увеличивать жесткость, прочность и сопротивление ползучести композитных материалов.

Основным преимуществом резиноволокнистых композитов с короткими волокнами по сравнению с резинокордными системами является возможность существенного снижения трудоемкости изготовления изделий, то есть создания на их основе малооперационного технологического процесса [1].

Степень приближения армирующего действия коротких волокон к действию направленных нитей корда зависит от величины адгезии между резиновой матрицей и поверхностью волокон, их ориентации в изделии и сохранения геометрических размеров в процессе переработки [2].

Решающую роль в передаче усилий от волокна к волокну через резиновую матрицу играет образование химических связей на границе раздела. Более высокая адгезионная прочность на границе резиновой матрицы с волокном уровень статической прочности резиноволокнистого композита повышается эффективность армирующего действия короткого волокна. Тип каучука резиновой матрицы изменяет уровень статической прочности композита не более чем на 10–15 %, что связано с качеством распределения волокон [1].

Наибольшее применение для рельсовых скреплений железнодорожных путей находят резиновые прокладки, которые обеспечивают эффективное гашение вибраций, продольное сопротивление смещению рельсов, снижение динамических нагрузок и электроизоляцию.

Резиноволокнистые композиты являются перспективными материалами для этих изделий. Поэтому целью данной работы было изучение влияния резиноволокнистых наполнителей на свойства подрельсовых прокладок для железнодорожных путей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве резиноволокнистого наполнителя использовали измельченные отходы обрезиненного полиамидного корда шинного производства. Как известно, высокопрочный полиамидный корд для каркаса шин обрезинивается смесью на основе каучука СКИ-3 с полуактивным техническим углеродом N550 и содержит систему модификаторов адгезии. Это обеспечивает высокую прочность, как самой резины, так и высокий уровень адгезии резины с кордом.

Обрезиненный текстильный корд измельчают следующим образом: брикеты корда, распиленные пилой на пластины толщиной не более 30 мм, измельчают на роторном измельчителе «Шинорез». И затем корд пропускают через дробилку XPZ – 800 с зазором между подвижными и неподвижными ножами (1,0–1,5) мм. Этим достигали необходимую длину кордных волокон.

В таблице 1 представлен состав резиновой смеси с содержанием резиноволокнистого наполнителя (РВН) 20 % масс., которую использовали как эталон сравнения и изготавливали в резиносмесителе РСВД 250-30.

Резиновую смесь изготавливали в две стадии. На первой стадии изготавливали маточную смесь, на второй – вводили в маточную смесь вулканизующий агент, ускоритель вулканизации и модификатор: серу, этилцимат и N.N$^{/}$- дитиодиморфолин. Полуэффективная серная вулканизующая система обеспечивает необходимую степень вулканизации и высокую стойкость к тепловому старению [3, 4].

Таблица 1 – Состав резиновой смеси с 20 % масс. РВН

Наименование материала	Масс. ч. на 100 масс. ч. каучука	Масс. доли, %
Каучук СКМС-30АРКМ-15	100,00	35,87
Углерод технический П803	50,00	17,94
Мел	50,00	17,93
Белила цинковые	5,00	1,79
Битум нефтяной	10,00	3,59
Масло ПН-6ш	5,00	1,79
РВН	55,00	19,73
Сантогард PVI	0,09	0,03
Стеариновая кислота	1,00	0,36
N.N$^{/}$-дитиодиморфолин	1,20	0,43
Сера	0,50	0,18
Этилцимат	1,00	0,36
Итого	289,00	100,00

Режим изготовления маточной смеси приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Продолжительность операций изготовления маточной смеси

Последовательность ввода материалов, наименование операции	Начало операции, мин	Продолжительность операции, мин
1. Загрузить каучук СКМС-30 АРКМ-15, битум, РВН. Перемешать.	0	2,0±0,5
2. Загрузить мел, техуглерод П803, белила цинковые, стеариновую кислоту, сантогард PVI, масло ПН-6ш. Перемешать.	2,0±0,5	4,0±0,5
3. Выгрузить смесь и охладить резиносмеситель.	6,0±0,5	5,0±0,5

В резиновую смесь с содержанием РВН 20 % масс. на дробильных вальцах вводили РВН для получения образцов с разной концентрацией. Для исследований были получены резиновые смеси с содержанием РВН 30, 35, 40, 65, 70 % масс. Режим обработки подбирался таким образом, чтобы размер волокон и качество их распределения был постоянным.

Режим проведения второй стадии смешения приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Продолжительность операций изготовления резиновой смеси

Последовательность ввода материалов, наименование операции	Начало операции, мин	Продолжительность операции, мин
1. Загрузить резиновую смесь первой стадии, N,N-дитиодиморфолин, этилцимат и серу. Перемешать.	0	3,0±0,5
2. Выгрузить смесь и охладить резиносмеситель.	3,0±0,5	7,0±0,5
Общее время смешения, мин	10,0±0,5	

Подготовку и вулканизацию образцов, а также их испытания производили в соответствии с нормативно-технической документацией на данные виды испытаний.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 4 приведены данные результатов испытаний вулканизатов, содержащих 20 % масс. РВН.

Сравнение показателей с нормами, заложенными в нормативно-технической документации на подрельсовые прокладки для железнодорожных путей [5], показывает, что резина с 20 масс. % РВН соответствует нормам по всем показателям.

Таблица 4 – Результаты испытаний резин с 20 % масс. РВН

Наименование показателя	Норма по НД	Значение
1. Условная прочность при растяжении, МПа, (ГОСТ 270-75, Тип 1)	Не менее 4,0	4,4
2. Относительное удлинение при разрыве, %, (270-75, Тип 1)	Не менее 40	190
3. Твердость по Шор А, ед. Шор А, (ГОСТ 263-75)	65–80	71
4. Плотность, кг /м^3, (ГОСТ 267-73)	1270±30	1289
5. Удельное объемное сопротивление, Ом×см, (ГОСТ 9.030-74 (метод А).)	Не менее 1×10^9	$4{,}9\times10^{13}$

Из полученной смеси были изготовлены прокладки. Результаты физико-механических испытаний прокладок приведены в таблице 5. Прокладки были свулканизованы по следующему режиму: температура (165±5) ºС, давление 150 МПа, продолжительность 13 минут.

Как видно из таблицы 5 все физико-механические показатели прокладок соответствуют нормам нормативно-технической документации на подрельсовые прокладки.

Данные по влиянию концентрации РВН на прочность и относительное удлинение при растяжении резин приведены на рисунках 1 и 2.

Как видно из рисунка 1 благодаря введению в резиновую смесь резиноволокнистого материала условная прочность при растяжении возрастает с повышением его содержания в резиновой смеси.

Относительное удлинение при разрыве с повышением содержания резиноволокнистого материала уменьшается (график 3.2). При содержании корда 70 % значение относительного удлинения очень близко к пограничному значению. При содержании корда менее 40 % все значения соответствуют требованиям.

Таблица 5 – Физико-механические показатели прокладок с содержанием РВМ 20 % масс.

Наименование показателя	Норма по НД	Значение
1. Условная прочность при растяжении, МПа	Не менее 4,0	4,5
2. Относительное удлинение при разрыве, %	Не менее 40,0	240
3. Твёрдость по Шору, А, уел. ед.	65–90	72
4. Удельное объёмное сопротивление для прокладок, применяемых для железобетонных шпал, Ом×см	Не менее 1×10^9	$2{,}9\times10^{13}$
5. Изменение массы после воздействия агрессивной среды в течение (24±1) ч, при температуре (23±2) ºС, %, (ГОСТ 9.030-74 (метод А):		
– СЖР-3	от –1 до 7	6,0
– воды	от 0 до 0,5	0,1
6. Плотность, кг/м^3	1270±30	1290
7. Изменение свойств прокладок после теплового старения		
– по условной прочности при растяжении, %	±20	+4
– по относительному удлинению при разрыве, %	±20	–14
– по твердости по Шору А, %	±20	+2

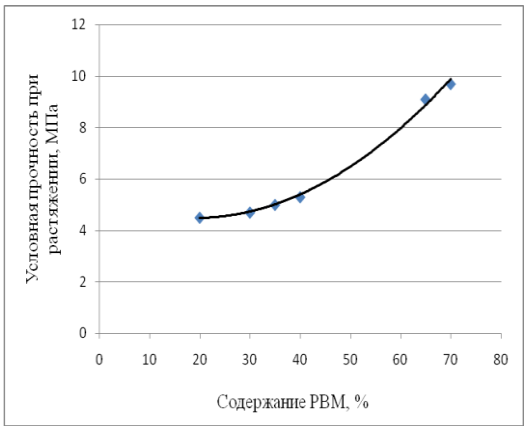


Рисунок 1 – Зависимость условной прочности резин от содержания РВН

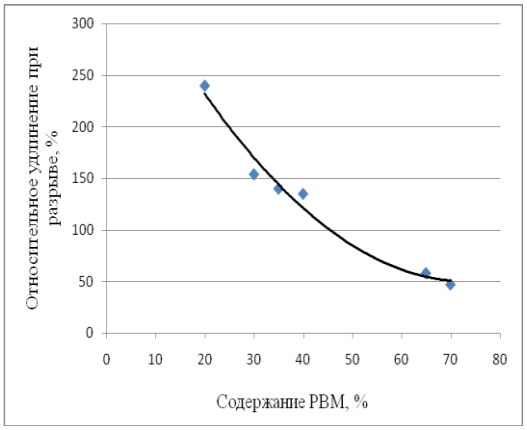


Рисунок 2 –Зависимость относительного удлинения при растяжении резин от содержания РВН

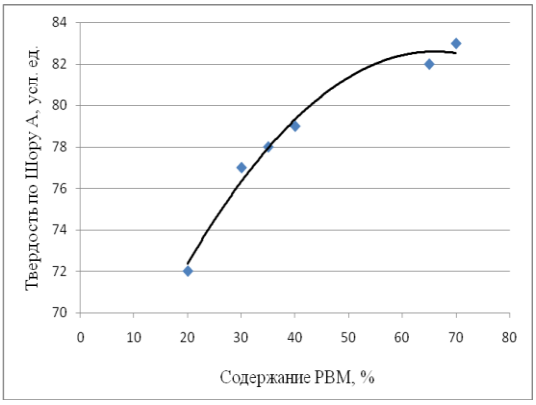
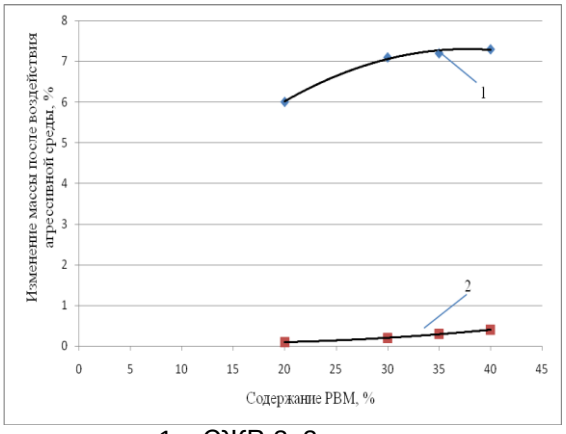


Рисунок 3 – Изменение твердости резин при увеличении содержания РВН

Изменение ряда показателей свойств подрельсовых прокладок по сравнению с показателями, определяемыми для резин, связано, вероятно, с разностью в условиях изготовления образцов для испытаний, которые не учитывают ориентацию волокон при вальцевании («каландровый» эффект).

Удельное объемное сопротивление электрическому току прокладок уменьшается с увеличением содержания РВН с $2{,}9\times10^{13}$ Ом×см (при содержании РВН 20 %) до $4{,}0\times10^{7}$ Ом×см (при содержании РВН 70 %). Это можно объяснить тем, что у РВН сопротивление электрическому току меньше, чем у резины, и с уменьшением содержания резины сопротивление электрического току пропорционально уменьшается. При увеличении содержания корда до 65–70 % прокладки не соответствуют по этому показателю требованиям НД (не менее 1×10^{9} Ом×см).

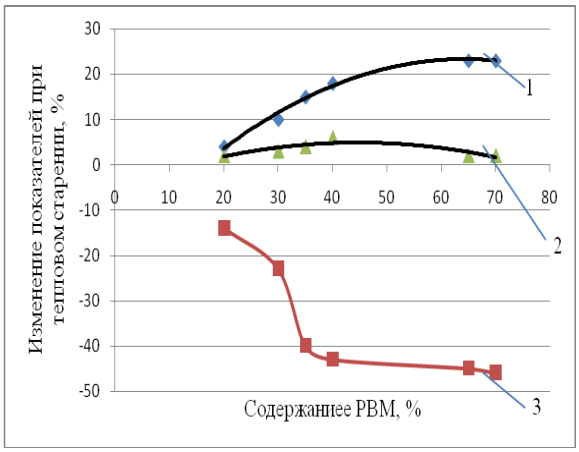
Набухание в агрессивных средах (СЖР-3 и воде) повышается с увеличением содержания РВН (рисунок 4).



1 – СЖР-3; 2 – вода

Рисунок 4 – Зависимость показателя «изменение массы после воздействия агрессивной среды» от содержания РВН

Показатель «**изменение массы после воздействия агрессивной среды»** в СЖР-3 соответствует нормам (от -1 до 7 %) только при содержании корда 20 %. Очевидно это связано с увеличением количества торцевых срезов волокон на поверхности образцов и, следовательно, с увеличением площади контакта волокно- агрессивная среда. Набухание в воде при концентрациях до 40 % не превышает нормы, так как используемый полиамидный корд имеет низкую гигроскопичность.



1 – условная прочность при растяжении; 2 – твердость по Шору А; 3 – относительное удлинение при разрыве

Рисунок 5 — Зависимость «изменения физико-механических показателей прокладок после теплового старения» от содержания РВН

При повышении содержания РВН изменение свойств после теплового старения увеличивается (рисунок 5). Изменение твердости по Шору А после теплового старения соответствует нормативным значениям. Изменение условной прочности при растяжении

после теплового старения не соответствует требованиям НТД при содержании корда 65–70 %. Изменение относительного удлинения при разрыве не соответствует требованиям НТД уже при содержании корда 30 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для снижения стоимости подрельсовых прокладок для железнодорожных путей возможно использование отходов шинного обрезиненного корда до 40 % масс.

Анализ всего комплекса свойств резин и подрельсовых прокладок показывает, что значительное увеличение содержания резиноволокнистого наполнителя неоднозначно влияет на показатели свойств. Это определяется, вероятно, особенностями ориентации коротких волокон в процессах обработки резиновых смесей заготовки образцов, как для испытаний, так и для прокладок

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзюра, Е. А. Принципы создания резиноволокнистых композитов для корпуса бескордных пневматических шин // Междунар. конф. по каучуку и резине. Москва. – 1984. – Препринт С1.

2. Науменко, А. П. Эластомерные композиционные материалы конструкционного назначения / А. П. Науменко // Производство и использование эластомеров. – 1997. – № 6. – С. 10–13.

3. Пантелеева, Н. Л. Кинетические параметры окисления серных вулканизатов СКИ-3 / Н. Л. Пантелеева, Е. А. Ильина, С. М. Кавун // Ползуновский сб. научных работ. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ. – 1997. – С. 87–88.

4. Пантелеева, Н. Л. Изучение деструкции серных вулканизатов полиизопрена / Н. Л. Пантелеева // Ползуновский вестник. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ. – 2004. – С. 87–88.

5. ЦПТ 11/ 100 с изменениями № 1,2,3.

Пантелеева Н.Л. *– к.х.н., доцент кафедры «Химическая технология» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».*

Панченко О.П. *– аспирант кафедры «Химическая технология» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».*