

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ СВЯЗИ СИСТЕМЫ "РЕЗИНА-КАПРОНОВЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ КОРД"

WAYS TO INCREASE THE BOND STRENGTH OF THE SYSTEM "RUBBER-NYLON TEXTILE CORD"

Г.Ф. САГИТОВА¹, Г.З. ТУРЕБЕКОВА¹, Г.И. ИСАЕВ²,
Л. АБИЛХАЙМКЫЗЫ¹, М.Т. СИХИМБАЕВА¹, А.Б. АЛПАМЫСОВА²

G.F. SAGITOVA¹, G.Z. TUREBEKOVA¹, G.I. ISSAYEV²,
L. ABILHAIMKYZY¹, M.T. SIKHIMBAYEVA¹, A.B. ALPAMYSSOVA²

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, Республика Казахстан,

²Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, Республика Казахстан)

(M. Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan,
South Kazakhstan State Pedagogical University, Republic of Kazakhstan)

E-mail: g.ture@mail.ru.

В статье показаны результаты исследований по возможности улучшения прочности связи между резиной и капроновым текстильным кордом. Слои обрешиненного текстильного корда используются в качестве каркаса при производстве автомобильных покрышек. Обрешиненный текстильный корд из капрона обладает рядом преимуществ по сравнению с кордом из натуральных волокон, но имеются значительные недостатки: вискозный корд обладает низкой прочностью сцепления с резиной. Для улучшения прочности связи резины с капроновым кордом предлагается использовать в пропиточном составе новый химический компонент – смолу ЭКС-20, полученную из отходов гидролизного производства. Результаты экспериментов показали, что прочность связи резин с капроновым кордом, обработанным пропиточным составом с ЭКС -20 при 120°С, на 32% выше, чем с капроновым кордом, обработанным обычным пропиточным составом. Полиамидные кордные нити являются наиболее прочным текстильным материалом, используемым в шинном производстве.

Таким образом, при изучении свойств и видов кордной технической ткани было выявлено, что их эксплуатационные свойства определяются составом пропитки для текстильных кордов и технических условий пропитки и термообработки капронового корда.

The article shows the results of studies on the possibility of improving the bond strength between rubber and nylon textile cord. Layers of rubberized textile cord are used as a frame in the production of automobile tires. Rubberized textile cord made of nylon has a number of advantages compared to the cord made of natural fibers, but there are significant drawbacks: viscose cord has low adhesion strength to rubber. To improve the bond strength of rubber with nylon cord, it is proposed to use a new chemical component resin EX-20, obtained from the waste of hydrolysis production, in the impregnation composition. The results of the experiments showed that the bond strength of rubbers with nylon cord treated with impregnation composition with EX-20 at 120°C is 32% higher than with nylon cord treated with conventional impregnation composition. Polyamide cord threads are the most durable textile material used in tire production.

Thus, when studying the properties and types of cord technical fabric, it was revealed that their performance properties are determined by the composition of impregnation for textile cords and technical conditions of impregnation and heat treatment of nylon cord.

Ключевые слова: шины, пропиточные составы, капроновый корд, резинордные детали, эпоксисилитановая смола (ЭКС), прочность сцепления, функциональные группы, каучук, адгезия, эластомерная матрица.

Keywords: tires, impregnation compositions, nylon cord, rubber cord parts, epoxy saltine resin (EX), adhesion strength, functional groups, rubber, adhesion, elastomeric matrix.

Корд является конструкционным материалом шин и резиновых технических изделий, воспринимающих нагрузки, поэтому выносливость изделий в эксплуатации в значительной степени определяется как комплексом физико-механических свойств корда, так и прочностью связи между кордом и резиной.

Комплекс характеристик полиэфирных волокон делает их перспективным материалом для корда, применяемого в каркасе легковых и легкогрузовых шин. Во всем мире продолжается рост применения в каркасе легковых радиальных шин полиэфирного корда разных марок на основе полиэтилентерефталата.

Недостаток полиэфирного корда заключается в том, что его невозможно обрабатывать обычными латексно-резорцинформальдегидными составами без предварительной химической модификации волокон, поэтому для достижения высокой адгезии необходима либо поверхностная модификация полиэфирного корда, либо разработка и использование новых адгезивов.

Повышение адгезионной прочности достигается за счет их химической или физической обработки. Несмотря на большое количество работ в этой области, до сих пор не найдены оптимальные условия обработки, позволяющие повысить адгезию корда к резине. В связи с этим перспективным является использование в пропиточном составе нового химического компонента – смолы ЭКС-20, полученной из отходов гидролизного производства.

Известны различные типы модификаторов, улучшающих адгезионные свойства

резин. Модификаторы, диффундируя из резины в граничные области адгезивов, могут оказывать влияние на их свойства. Поэтому применение новых модификаторов в обкладочных резинах может потребовать новых подходов к рецептуростроению адгезивов. Это обуславливает необходимость дальнейшего развития представлений о свойствах граничных областей.

Сегодня резинотекстильные изделия – это широкий класс самых необходимых изделий в нашей жизни и технике. Они включают большое число разных видов, в том числе следующие:

- автомобильные, авиационные и другие виды шин;
- передаточные элементы устройств для перемещения различных материалов (конвейерные ленты, рукава, шланги);
- гибкие тяговые связи передач (приводные ремни, гусеничные ленты и др.);
- воздухо- и водоплавательные средства (аэростаты, надувные лодки, плоты, понтоны и др.);
- устройства безопасности в авто- и авиатранспорте (надувные трапы, подушки безопасности и др.);
- пневматические строительные конструкции (сборно-разборные промышленные, сельскохозяйственные, общественные и жилые здания и сооружения и др.), а также надувная мебель;
- средства защиты человека (костюмы, фартуки) и многие другие.

Особенностью резинотекстильных изделий является то, что они почти всегда создаются как конструкции, и их в большинстве случаев получают путем соединения

текстильного армирующего наполнителя и резиновых заготовок с последующей вулканизацией [1...3].

Резинотекстильные изделия в основном работают в условиях преимущественного воздействия растягивающих нагрузок; они легко деформируются также при воздействии изгибающих или сжимающих нагрузок. В резинотекстильных материалах основным структурным элементом являются нити или системы нитей. Нити могут состоять из волокон (пряжа) или являться непрерывными химическими нитями. Входящие в их состав волокна или элементарные нити (филаменты) объединены в единый структурный элемент путем обязательной крутки и пропитаны связующим резиновым компонентом. Важнейшим условием армирования резинотекстильных материалов и изделий является низкое значение модуля деформации матрицы (резины) по сравнению с нитями $E_m \ll E_n$.

Резинотекстильные изделия представляют собой специально созданные изделия – конструкции с заданным расположением волокнистого наполнителя в направлении растягивающих нагрузок и находящихся между ними слоев резины. Слои резины вследствие малого модуля деформации и высокой деформативности почти не препятствуют изгибающим и сжимающим нагрузкам.

Наиболее распространенным техническим текстильным материалом, используемым в производстве шин, является корд. Для резино-тканевых изделий ответственного назначения (тяжелые автомобильные, авиационные и некоторые другие виды шин) наиболее пригоден корд из полиамидных волокон (капроновый корд). Корд – плотная, особо прочная ткань, применяемая при изготовлении автопокрышек. Корд используют преимущественно в производстве шинных покрышек. Корд отличается от обычных тканей тем, что основа его состоит из нитей двойного кручения, а уток – из обыкновенной некрученой пряжи. Редкий уток служит только для связи нитей основы и сохранения равномерности их расположения при обрешивании. Таким образом, основа кордной технической ткани

принимает на себя большую часть нагрузки, испытываемой покрышкой. Это очень важно, именно шины обеспечивают безопасность, комфорт езды, управляемость и проходимость.

Снаружи автомобильная резина делится на такие элементы: протектор – главная рабочая часть ската автомобиля, который расположен на поверхности – диаметра снаружи. От особенностей протекторного рисунка зависит назначение резины в зависимости от погодных условий, ее проходимость и скоростные характеристики. Протекторный рисунок выполнен из чередующихся между собой блоков и канавок (ламелей); боковина или плечо – находится сбоку шины. Устройство автомобильной шины, рассчитанной на преодоление бездорожья, включает в себя дополнительный боковой протектор, расположенный на плече колеса, посадочный бортик – круговое утолщение – которое проходит вдоль внутреннего диаметра. Бортик "заправляется" под изогнутость края диска. Такое устройство шины автомобиля позволяет хорошо зафиксировать покрышку на диске колеса. Каркас шины – выполнен на тканевой основе. Он изготавливается из специальной прорезиненной нити корда. Нитяные слои чередуются с прослойками резины, которые называются сквиджами. Высокая динамическая нагрузка требует от шины гибкости. В матрицу резины, которая придает шине форму и работает одновременно как эластичная оболочка, вводится каркас повышения прочности. Он воспринимает действующие на шину нагрузки.

Основными требованиями к каркасу являются:

- прочность;
- стабильная размерность (высокий модуль, – низкая усадка);
- усталостная прочность;
- прочность связи с другими деталями покрышки (протектор, бреккерный пояс);
- устойчивость к высоким температурам при эксплуатации.

Образование адгезионного соединения начинается с приведения в контакт его элементов, при этом происходит смачивание и растекание адгезива на поверхности суб-

страта, что способствует образованию молекулярного контакта. В зоне контакта между молекулами адгезива и субстрата действуют дисперсионные силы с образованием и других молекулярных связей. Вследствие молекулярного контакта под действием тепла при наличии в эластомерной матрице адгезива функциональных групп, способных к реакциям с функциональными группами субстрата, образуются химические связи. Образующееся адгезионное соединение характеризуется определенной прочностью (статической и динамической или усталостной), зависящее от механических и усталостных свойств граничных (переходных) слоев. Для обеспечения высокой адгезионной прочности необходимо, чтобы механические и усталостные свойства переходных слоев приближались к соответствующим характеристикам монолитной резины. Упругоэластические свойства переходных слоев должны быть промежуточными между соответствующими характеристиками адгезива и субстрата для того, чтобы свести их деформацию до минимума. При этих условиях разрушение композита будет проходить по массиву адгезива или субстрата (когезионный характера разрушения). Если субстрат имеет сильно расчлененную поверхность, как, например, кордная нить, свитая из многих тонких ниточек (стенг) или проволочек, то для достижения высокой прочности композита очень большое значение имеют реологические свойства. Для достижения молекулярного контакта необходимо, чтобы резиновая смесь в короткий промежуток времени при прохождении кордной ткани зазор каландра прошла внутрь кордной нити и вытеснила оттуда воздух и влагу [2].

Полиамидные кордные нити являются наиболее прочным текстильным материалом, используемым в шинном производстве. Благодаря высокой прочности полиамидного (капронового) корда, удается изготовить нейлоновую шину, по прочности не уступающую вискозной, но такая шина легче вискозной, имеет высокую ударную прочность и способна выдерживать большие пробеги. Сравнительные испытания грузовых шин, изготовленных из вискоз-

ного и капронового кордов, на очень плохих дорогах показали, что с применением последнего пробег шин увеличивается примерно в 1,5 раза. Кордные нити, изготовленные из капрона, обладают высокой прочностью. Он отличается легкостью (плотность 1,14 г / см³) и высокой усталостной прочностью. При увлажнении он мало понижает свою прочность, сохраняя 87% исходной прочности. Капроновые кордные нити выдерживают более значительные динамические деформации по сравнению с вискозным кордом, так как он отличается высокой упругостью, низким модулем и большим разрывным удлинением [3...5], [8]. Капроновые кордные нити, обладающие хорошим сопротивлением ударным нагрузкам, применяются в грузовых шинах больших размеров, работающих в тяжелых дорожных условиях, и в легковых шинах высокого класса. Высокая разрывная прочность капронового корда дает возможность уменьшить толщину каркаса и, следовательно, теплообразование в шине, определяет перспективность этого корда для шин на основе синтетических каучуков. Эти нити наряду с достоинствами, которые рассмотрены выше, имеют такие недостатки, как ползучесть, изнашиваемость, повышенная усадка при высоких температурах. В процессе эксплуатации увеличиваются размеры изделия. Это вызывает дополнительное напряжение в резине, что приводит к образованию трещин и преждевременной порче изделий [6], [7], [9].

Однако капрону свойственны недостатки, к которым в первую очередь относятся низкий модуль упругости, малая теплостойкость и недостаточная стабильность размеров. А также недостатком капронового корда является повышенная изнашиваемость его в процессе эксплуатации шин, которая частично устраняется специальной горячей вытяжкой корда при пропитке и вытяжкой сырых покрышек при вулканизации, а также охлаждением шин под давлением после вулканизации. В результате изучения характеристик и особенностей кордных нитей, выявлены их преимущества и недостатки в зависимости от сырьевого состава. Использование полиамидных

нитей обеспечивает повышенную износостойчивость шин, стабильность их размеров и вследствие этого мягкую бесшумную езду. Капроновые кордные нити обладают хорошим сопротивлением ударным нагрузкам, что дает возможность применять их в грузовых шинах больших размеров, работающих в тяжелых дорожных условиях, и в легковых шинах высокого класса [10]. Свойства кордной технической ткани определяются также и способом их переплетения. Строение ткани определяется взаимным расположением продольных (основа) и поперечных (уток) нитей, видом и толщиной основных и уточных нитей, числом нитей по основе и утку, приходящимся на единицу длины ткани, видом переплетения нитей в ткани. При изменении толщины нитей основы или утка изменится и их изгиб в ткани, что приведет к изменению строения ткани, а следовательно, и к изменению ее физико-механических свойств [11]. Полот-

няное переплетение технических тканей является одним из наиболее простых и распространенных. Технические ткани полотняного переплетения имеют ровную матовую поверхность и одинаковый внешний вид лицевой и изнаночной сторон. При большой разнице в линейной плотности основной и уточной пряжи в ткани полотняного переплетения образуются продольные или поперечные рубчики [12]. Кордные технические ткани для изготовления шин имеют чаще всего полотняное переплетение с основой из крученых кордных нитей различной линейной плотности (обычно используются нити в интервале линейных плотностей 125...500 текс) и очень редким утком из тонких нитей (около 15...25 текс). Такая конструкция кордных тканей обусловлена конструкцией каркаса шин, в котором механические напряжения должны действовать в направлении нитей основы [13],[14].

Т а б л и ц а 1

Пропиточный состав (масс. ч.)	20°С		120°С	
	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3	резина на основе НК	резина на основе СКИ-3
Контрольный пропиточный состав	9,5	7,4	8	7,3
Пропиточный состав с ЭКС-20 (1,0)	11,3	9,7	9,7	7,9
Пропиточный состав с ЭКС-20 (2,5)	12,9	12,8	10,9	10
Пропиточный состав с ЭКС-20 (4,0)	14	12,6	14,1	10,9
Пропиточный состав с ЭКС-20 (5,5)	13,9	11	11,8	9,9

Резиновая смесь легко взаимодействует с функциональными группами пропитанного капронового корда. Интенсивность химического взаимодействия смолы и продуктов ее термохимических превращений с карбоцепными эластомерами (СКИ, СКД, БСК) относительно невелика. После введения в пропиточный состав смолы ЭКС-20 прочность связи в резинокордных системах существенно возрастает за счет функциональных амидных, эпoxисилитановых групп, входящих в состав ЭКС-20 (табл. 1 – прочность связи резин с капроновым кордом 23К, пропитанным различными соста-

вами, Н-метод, Н). Существенное замедление снижения прочности связи в указанных системах при повышении температуры испытания, а также после набухания в парах бензола или утомления подтверждает увеличение концентрации химических связей на границе резины с кордом. Несколько больший уровень прочности связи в резинокордных системах при применении натурального каучука в сравнении с СКИ-3 при применении в пропиточном составе ПАВ ЭКС-20 объясняется также увеличением концентрации химических связей в межфазной границе за счет взаимодействия по-

лимера с функциональными кислородсодержащими (карбокисильными, гидроксильными) группами. Неодинаковая концентрация химических связей на межфазной границе, вероятно, связана из-за различия в прочности связи при введении в пропиточный состав смолы и латекса. Поэтому корреляцию между содержанием гель-фракции, образующейся при прогреве каучука СКИ-3, и прочностью связи в резинокордной системе с капроновым кордом также можно объяснить различной скоростью взаимодействия молекул пропиточного состава с каучуком обкладочной смеси.

Наибольший эффект повышения прочности связи при введении ЭКС-20 достигается при дозировке 5,5 масс. ч. По-видимому, химические связи, образующиеся при взаимодействии эпоксициллитановой смолы и макромолекулами эластомера, относительно стабильны.

ВЫВОДЫ

Положительное влияние на прочность связи резин с волокнами оказывает замена в пропиточных составах смолы на ЭКС-20. Прочность связи резин с капроновым кордом, обработанным пропиточным составом с ЭКС-20 при 120°C, на 32% выше, чем с капроновым кордом, обработанным обычным пропиточным составом. Наиболее высокие прочностные свойства резинокордных систем в каркасе покрышки достигаются при образовании спектра вулканизационных и межфазных связей различной энергии. По-видимому, аналогично можно объяснить часто наблюдаемый эффект синергизма при применении ЭКС-20 с различными типами функциональных групп, а также при сочетании продуктов, улучшающих смачивание резиновой смесью субстрата и текучесть смеси с соединениями, образующими химические связи.

Таким образом, при изучении свойств и видов кордной технической ткани было выявлено, что их эксплуатационные свойства определяются составом пропитки для текстильных кордов и технических условий пропитки и термообработки капронового корда.

1. Особенности устройства шины автомобиля разных типов. Автомобильный информационный сайт: полезные статьи и новости о машинах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://365cars.ru/remont/ustroystvo-shinyiavtomobilya.html>

2. Корд. Технический словарь. Том IV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ai08.org/index.php/term>

3. Сакибаева С.А., Ескараева Г.З., Тасанбаева Н.Е., Белоусов В.А., Сагитова Г.Ф., Пак Н.В., Бейсенбаев О.К. Резиновая смесь // Пред. патент. По заявке № 2000/1309.1

4. Сакибаева С.А., Ескараева Г.З., Тасанбаева Н.Е., Белоусов В.А., Сагитова Г.Ф., Пак Н.В., Бейсенбаев О.К. Резиновая смесь // Патент. По заявке №2000/1309.1

5. Сатаев И.К., Сакибаева С.А., Сагитова Г.Ф. О применении ПАВ серии "Унифлор", "ЭПАН" в резиновой промышленности // Наука и образование Южного Казахстана. – 2002, №28. С.34...36.

6. Джакипбекова Н.О., Туребекова Г.З. Применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) из отходов для активации минеральных наполнителей // Наука и образование Южного Казахстана. – 2006, №2(52). С.62...64.

7. Сагитова Г.Ф., Джакипбекова Н.О., Туребекова Г.З. Снижение техногенной нагрузки при получении изолирующего состава путем применения минеральных наполнителей // Мат. III Междунар. науч.-практич. конф.: Актуальные проблемы современных наук: теория та практика – 2006, 16-30 червня. – Днепропетровск. Т.2. С.69...73.

8. Гарцева Л.А., Васильев В.В. Химическая технология текстильных материалов. – Рязань: Филиал ИГТА, 2004.

9. Большой справочник резинщика. Ч.2. Резины и резино-технические изделия /Под ред. С.В.Резниченко, Ю.Д.Морозова. – М.: ООО "Издательский центр "Техинформ" МАИ", 2012.

10. Новопольцева О.М., Каблов В.Ф., Кракшин М.А. Материалы и создание рецептур резиновых смесей для шинной и резинотехнической промышленности. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009.

11. Гришин Б.С. Материалы резиновой промышленности (информационно-аналитическая база данных). – Изд. КГТУ, 2010.

12. Мырхалыков Ж.У., Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А. Возможности повышения адгезии резины к текстильному корду из искусственных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 49...53.

13. Корд. Кордная ткань [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>

14. Туребекова Г.З., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А., Наукенова А.А., Пусурманова Г.Ж. Пути повышения прочности связи системы резина - вискозный текстильный корд // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №3. С. 67...70.

REFERENCES

1. Osobennosti ustroystva shiny avtomobilya raznykh tipov. Avtomobil'nyy informatsionnyy sayt: poleznye stat'i i novosti o mashinakh [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://365cars.ru/remont/ustroystvo-shinyavtomobilya.html>
2. Kord. Tekhnicheskiy slovar'. Tom IV [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.ai08.org/index.php/term>
3. Sakibaeva S.A., Eskaraeva G.Z., Tasanbaeva N.E., Belousov V.A., Sagitova G.F., Pak N.V., Beysenbaev O.K. Rezinovaya smes' // Pred. patent. Po zayavke № 2000/1309.1
4. Sakibaeva S.A., Eskaraeva G.Z., Tasanbaeva N.E., Belousov V.A., Sagitova G.F., Pak N.V., Beysenbaev O.K. Rezinovaya smes' // Patent. Po zayavke №2000/1309.1
5. Sataev I.K., Sakibaeva S.A., Sagitova G.F. O primenении PAV serii "Uniflok", "EPAN" v rezinovoy promyshlennosti // Nauka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana. – 2002, №28. С.34...36.
6. Dzhakipbekova N.O., Turebekova G.Z. Prime-nenie poverkhnostno-aktivnykh veshchestv (PAV) iz ot-khodov dlya aktivatsii mineral'nykh napolniteley // Na-uka i obrazovanie Yuzhnogo Kazakhstana. – 2006, №2(52). С.62...64.
7. Sagitova G.F., Dzhakipbekova N.O., Turebekova G.Z. Snizhenie tekhnogennoy nagruzki pri poluchenii izoliruyushchego sostava putem primeneniya miner-al'nykh napolniteley // Mat. III Mezhdunar. nauch.-prak-tich. konf.: Aktual'ni problemi suchastnikh nauk: teoriya ta praktika – 2006, 16-30 chervnya. – Dnepropetrovsk. T.2. S.69...73.
8. Gartseva L.A., Vasil'ev V.V. Khimicheskaya tekhnologiya tekstil'nykh materialov. – Ryazan': Filial IGTA, 2004.
9. Bol'shoy spravochnik rezinshchika. Ch.2. Reziny i rezinotekhnicheskie izdeliya /Pod red. S.V.Rez-nichenko, Yu.D.Morozova. – M.: ООО "Izdatel'skiy tsentr "Tekhinform" MAI", 2012.
10. Novopol'tseva O.M., Kablov V.F., Krakshin M.A. Materialy i sozdanie retseptur rezinovykh smesey dlya shinnoy i rezinotekhnicheskoy promyshlennosti. – Volgograd: VolgGTU, 2009.
11. Grishin B.S. Materialy rezinovoy promyshlennosti (informatsionno-analiticheskaya baza dannykh). – Izd. KGTU, 2010.
12. Myrkhalykov Zh.U., Turebekova G.Z., Sagitova G.F., Sakibaeva S.A. Vozmozhnosti povysheniya adgezii reziny k tekstil'nomu kordu iz iskusstvennykh volokon // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №1. S. 49...53.
13. Kord. Kordnaya tkan' [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://ru.wikipedia.org>
14. Turebekova G.Z., Sagitova G.F., Sakibaeva S.A., Naukenova A.A., Pusurmanova G.Zh. Puti povysheniya prochnosti svyazi sistemy rezina - viskoznyy tekstil'nyy kord // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №3. S. 67...70.

Рекомендована кафедрой нефтепереработки и нефтехимии. Поступила 22.01.20.