

Ж. С. Шашок, доцент; Н. Р. Прокопчук, член-кор. НАН Беларуси, профессор;
А. В. Касперович, доцент; Н. П. Побединская, инженер;
К. В. Вишнеvский, студент

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ТЕХНИЧЕСКИЕ И АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ «ШИННАЯ РЕЗИНА – ПОЛИЭФИРНЫЙ КОРД»

It is carried out the research of influence of highly dispersed technological additives on frame rubber compounds with the purpose of increase of adhesive properties in system rubber – a polyester cord. Introduction of all types of technological additives leads to some reduction of rubber bonding strength with an import polyester cord, exception is made with the silicate additive in a dosage of 3,0 by weight.

Research of rubber bonding strength with the polyester cord produced on Open Society "Grodnohimvolocno", has shown, that at introduction of diamond-bearing charge in elastomer composition with increase in a dosage of nanoadditive increase of bonding strength is observed. In case of carbon nanomaterial satisfactory results are received only at a dosage of 0,1 by weight, and at use of the silicate additive an optimum dosage of the silicate additive is 3,0 by weight.

The essential increase in a parameter of rubber bonding strength with a cord made on Open Society "Mogilevhimvolocno" is observed at the use carbon nanomaterial and diamond-bearing charge in all investigated dosages. Introduction of the silicate additive promotes the increase of bonding strength only at a dosage of 3,0 by weight.

Введение. Значительная часть изделий, выпускаемых резиновой промышленностью, имеет в своем составе армирующие материалы, которые обладают (по сравнению с резиной) значительно большими модулями упругости и прочностными характеристиками. Преимущественно армирующие материалы используют для создания прочного каркаса заданных размеров (покрышки пневматических шин, рукава, приводные ремни, обувь и т. д.). Основным видом армирующих материалов, применяемых в шинной промышленности, являются различные типы корда. Требования, предъявляемые к корду, определяются его назначением. Корд как конструкционный материал при работе шины воспринимает нагрузки и многократные деформации растяжения, сжатия, ударные воздействия. Поэтому от физико-механических показателей, структуры корда, прочности связи между ним и резиной в значительной мере зависит долговечность изделий [1].

В последнее время во всем мире наблюдается тенденция увеличения производства и потребления полиэфирного волокна. По сравнению с анидным полиэфирный корд имеет существенные преимущества по жесткостным и усадочным характеристикам, что делает его незаменимым армирующим материалом для каркаса высокоскоростных шин [2, 3].

Основная часть. Основными факторами, которые влияют на прочность связи в многослойных резинотканевых системах, являются природа и физико-механические свойства адгезива и склеиваемых поверхностей (главным образом резины). При введении в резины химически активных добавок усиливается межмолекулярное взаимодействие, что приводит к образованию химической сшивки на границе адгезив – резина [4].

Цель данной работы – исследование влияния рецептурных факторов на прочность системы «шинная резина – полиэфирный корд».

Объектами исследования являлись каркасная резиновая смесь на основе каучуков НК и СКИ-3 в соотношении 50 : 50 и технологические добавки: углеродный наноматериал, алмазосодержащая шихта и силикатная добавка. Добавки вводились в резиновую смесь совместно с метафенилен-бисмалеимидом в дозировках: углеродный наноматериал – 0,05, 0,1 мас. ч., алмазосодержащая шихта – 0,05, 0,1 мас. ч., силикатная добавка – 1, 3 мас. ч.

Для определения влияния рецептурных факторов на прочность связи корда с резиной использовался полиэфирный корд марки 18 ПДУ различных производителей: фирма «Трилеборг» (Швеция), ОАО «Гроднохимволокно» и ОАО «Могилевхимволокно». Элементный состав импортного и отечественного полиэфирного корда показан в табл. 1.

Таблица 1
Элементный состав импортного
и отечественного полиэфирного корда

Элемент	Образец 18 ПДУ, мас. %		
	«Трилеборг» (Швеция)	ОАО «Гроднохим- волокно»	ОАО «Мо- гилевхим- волокно»
Углерод	76,56	74,80	69,72
Кислород	17,49	14,11	16,98
Магний	0,41	0,56	0,86
Алюминий	4,50	10,27	12,30
Калий	0,20	0,16	0,09
Хлор	0,83	0,10	0,05

Существенным недостатком полиэфирного волокна является значительное ухудшение его

механических и адгезионных свойств в процессе эксплуатации резинотканевых изделий при повышенной температуре, что объясняют гидролизом и аминолизом полиэтилентерефталата под действием влаги, ускорителей вулканизации и антиоксидантов аминного типа, применяемых в резиновых смесях.

Однако в настоящее время полиэфирный корд используют для армирования каркаса легковых и легкогрузовых радиальных шин, содержащего только один-два слоя обрешиненного корда. При эксплуатации таких шин теплообразование в каркасе невелико, вследствие чего гидролиз и аминолиз полиэфирного корда не протекает [4]. В то же время динамическое нагружение материала приводит к изменению его физических и механических свойств и накоплению микродефектов в его структуре. Способность материала противостоять разрушению при динамическом нагружении характеризуется показателем усталостной выносливости.

Результаты испытаний вулканизатов на усталостную выносливость показаны в табл. 2.

Таблица 2

Усталостная выносливость резин при многократном растяжении

Мас. ч. добавки на 100 мас. ч. каучука	Усталостная выносливость при $\epsilon_{дин} = 100\%$, $\epsilon_{ст} = 0$, циклы
Без добавки	80 000
С углеродным наноматериалом	
0,05	83 000
0,1	108 000
С алмазосодержащей шихтой	
0,05	109 000
0,1	101 000
0,2	109 000
С силикатной добавкой	
1,0	100 000
3,0	70 000

Из табл. 2 видно, что при использовании исследуемых добавок наиболее высокие показатели усталостной выносливости по сравнению с данными показателями резины без модифицирующей добавки достигаются при введении алмазосодержащей шихты. Причем наибольшее количество циклов до разрушения образца наблюдается у резины, содержащей 0,2 мас. ч. нанодобавки. В этом случае усталостная выносливость образца составляет 109 000 циклов, что в 1,4 раза больше усталостной выносливости производственной резины.

Существенное увеличение усталостной выносливости отличается также при введении 0,1 мас. ч. углеродного наноматериала в резиновую смесь и составляет 108 000 циклов.

При использовании силикатной добавки наиболее высокие показатели усталостной вы-

носливости наблюдаются у образцов, содержащих 1 мас. ч. данного модификатора, и составляют 100 000 циклов. А вот введение 3 мас. ч. снижает усталостную выносливость резины.

Корд в шине является армирующим материалом, воспринимающим прилагаемую к шине нагрузку.

Поэтому выносливость шины при эксплуатации определяется комплексом физико-механических свойств корда, а также прочностью связи резины с кордом.

Результаты испытаний по определению прочности связи в системе «резина – полиэфирный корд» при нормальных условиях представлены в табл. 3.

Таблица 3

Прочность связи в системе «резина – полиэфирный корд»

Мас. ч. добавки на 100 мас. ч. каучука	Прочность связи резины с кордом 18 ПДУ, Н, при нормальных условиях		
	«Трилеборг» (Швеция)	ОАО «Гроднохимволокно»	ОАО «Могилевхимволокно»
Без добавки	132	128	136
С углеродным наноматериалом			
0,05	121	116	143
0,1	88	130	137
С алмазосодержащей шихтой			
0,05	105	128	139
0,2	118	137	145
С силикатной добавкой			
1,0	76	110	129
3,0	137	142	144

Введение всех типов технологических добавок снижает прочность связи резины с импортным полиэфирным кордом, исключение составляет силикатная добавка в дозировке 3 мас. ч. При этом показатель прочности связи резины с кордом составляет 137 Н.

При анализе результатов адгезионных свойств шинной резины с полиэфирным кордом, изготовленным в ОАО «Гроднохимволокно», не обнаружено общей зависимости влияния дозировки технологической добавки на прочность связи в системе «резина – полиэфирный корд». При введении в качестве добавки углеродного наноматериала в дозировке 0,05 мас. ч. прочность связи снижается до 116 Н, а при 0,1 мас. ч. углеродного наноматериала прочность связи практически остается на одном уровне с образцом сравнения и составляет 130 Н.

При добавлении алмазосодержащей шихты в эластомерную композицию с увеличением дозировки нанодобавки наблюдается повышение прочности связи. Так, при 0,05 мас. ч. прочность связи равна 128 Н (как и у образца сравнения), а при дозировке 0,2 мас. ч. алмазосодержащей шихты – 137 Н.

Использование силикатной добавки оказывает неоднозначное влияние на прочность связи в системе «резина – полиэфирный корд». Введение данной добавки в дозировке 1 мас. ч. несколько снижает прочность связи и составляет 110 Н, а при введении 3 мас. ч. данный показатель повышается до 142 Н.

Существенное увеличение показателя прочности связи резины с кордом при применении модифицирующих добавок наблюдается для образца корда, изготовленного в ОАО «Могилевхимволокно». В данном случае использование углеродного наноматериала и алмазосодержащей шихты при всех исследуемых дозировках приводит к повышению монолитности резины с кордом. Причем этот показатель значительно выше, чем у образца сравнения. Так, при дозировке 0,05 мас. ч. углеродного наноматериала прочность связи составляет 143 Н, а при 0,1 мас. ч. данного наноматериала остается на уровне образца сравнения (137 Н). При введении же алмазосодержащей шихты с увеличением дозировки наблюдается повышение прочности связи резины с кордом и максимальное значение в 145 Н достигается при 0,2 мас. ч.

Внесение силикатной добавки способствует повышению прочности связи (144 Н) только при дозировке добавки 3 мас. ч.

Заключение. В результате исследований установлено, что при использовании исследуемых добавок наиболее высокие показатели усталостной выносливости по сравнению с данными показателями для резин без модифицирующей добавки достигаются при введении алмазосодержащей шихты. Причем наибольшее количество циклов до разрушения образца наблюдается у резины, содержащей 0,2 мас. ч. нанодобавки. Существенное увеличение усталостной выносливости отмечается также и при введении 0,1 мас. ч. углеродного наноматериала.

В ходе проведения исследования было выявлено, что прочность связи в системе «резина – полиэфирный корд» различается для образцов, изготовленных на различных предприятиях и составляет для полиэфирного корда ОАО «Могилевхимволокно» – 136 Н, ОАО «Гроднохимволокно» – 128 Н и импортного корда – 132 Н.

Введение всех типов технологических добавок приводит к некоторому снижению прочности связи резины с импортным полиэфирным кордом, исключение составляет силикатная добавка в дозировке 3 мас. ч.

Анализ результатов прочности связи резины с полиэфирным кордом показал, что для корда, изготовленного в ОАО «Гроднохимволокно», не обнаружено общей зависимости влияния дозировки технологической добавки на прочность связи в системе «резина – полиэфирный корд». При введении алмазосодержащей шихты в эластомерную композицию с увеличением дозировки нанодобавки наблюдается повышение прочности связи. В случае углеродного наноматериала удовлетворительные результаты получены только при дозировке 0,1 мас. ч. (прочность связи остается на уровне образца сравнения), а при использовании силикатной добавки такой дозировкой является 3 мас. ч.

Прочность связи резины с кордом увеличивается при применении модифицирующих добавок для образца корда, изготовленного в ОАО «Могилевхимволокно». В данном случае использование углеродного наноматериала и алмазосодержащей шихты при всех исследуемых дозировках приводит к увеличению монолитности резины с кордом. Этот показатель значительно больше, чем у образца сравнения. Введение силикатной добавки повышает прочность связи только при дозировке 3 мас. ч.

Литература

1. Аверко-Антонович, Ю. О. Технология резиновых изделий / Ю. О. Аверко-Антонович. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
2. Петухов, Б. В. Полиэфирные волокна / Б. В. Петухов. – М.: Химия, 1976. – 264 с.
3. Власов, Г. Я. Основы технологии шинного производства: учеб. пособие / Г. Я. Власов, Ю. Ф. Шутилин. – Воронеж: ВГТА, 2002. – 460 с.
4. Шмурак, И. Л. Шинный корд и технология его обработки / И. Л. Шмурак. – М.: Науч.-техн. центр «НИИШП», 2007. – 220 с.