

уменьшению $\text{tg}\delta$ и повышению стабильности диэлектрических свойств, особенно при 15–20 мас.ч.

Наряду с изменением электрофизических характеристик, введение наполнителей оказывает заметное влияние на механическую прочность композиций. Установлено, что частицы сажи и графита способствуют повышению микротвёрдости и адгезионной прочности за счёт усиления межмолекулярных взаимодействий. Минеральные наполнители улучшают теплостойкость и устойчивость к старению, действуя как термостабилизаторы.

Таким образом, выбор наполнителя позволяет целенаправленно управлять совокупностью свойств эпоксидных композиций: электропроводностью, диэлектрическими параметрами, прочностью и термостойкостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Липатов Ю.С. Межфазные влияния в полимерах. – Киев: Наукова думка, 1980.
2. Тростянская Е.Б., Шадчина З.М. Граничные слои в полимерных композиционных материалах. – М., 1989.
3. Негматов С.С., Абед Н.С. и др. Исследование электромеханических свойств композиционных полимерных материалов. – Композиционные материалы, №4, 2020.
4. Mamunya Y.P., Davydenko V.V., Pissis P., Lebedev E.V. *Electrical and thermal conductivity of polymers filled with metal powders. // European Polymer Journal*, 2002.
5. Bauhofer W., Kovacs J.Z. *A review and analysis of electrical percolation in carbon nanotube polymer composites. // Composites Science and Technology*, 2009.

УДК 678.01

Люштык А.Ю., Каюшников С.Н., Ипонова Е.Ю.

(ОАО «Белшина»)

Шашок Ж.С., Усс Е.П.

(УО «Белорусский государственный технологический университет»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМОЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОРЕЗОУСТОЙЧИВОСТИ ПРОТЕКТОРА

В настоящее время одной из причин сокращения срока службы шин, используемых на транспортных средствах карьерной техники, самосвалов, погрузчиков, является порезы и проколы, выкрашивание резины

и вырыв элементов рисунка протектора. Это обусловлено многократным контактом шин с грубыми, острыми поверхностями.

Устойчивость к порезам и сколам – это способность поверхности материала противостоять износу, вызванному резанием и царапанием/соскабливанием при циклических ударных нагрузках. Сопротивление проколу является важной характеристикой для оценки эксплуатационных свойств многих резиновых изделий: шин, особенно работающих в тяжёлых условиях рудных карьеров или плохих дорожных покрытий.

Для оценки сопротивления проколу используют специальные приборы, или разрывную машину, заострённые инденторы или инденторы со скругленным концом. Испытания проводят в двух режимах: статическом – индентор внедряется в образец при небольшой скорости и ударном – используется маятниковый копер при скоростях порядка нескольких единиц м/с [1].

Использование специальных смол в составе эластомерных композиций для протекторных резин может эффективно улучшить сопротивление разрыву, устойчивости к порезам и устойчивости к сколам поверхности шины [2]. Среди таких продуктов в резиновых смесях на основе натурального и синтетических каучуков получили распространение углеводородные смолы.

Целью данной работы являлось исследование влияния количественного содержания модифицирующей смолы на эксплуатационные свойства шинных эластомерных композиций.

Объектами исследования являлись протекторные эластомерные композиции на основе натурального каучука. Смолы вводили в дозировка от 2,0 до 7,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука.

В таблице 1 приведены результаты исследований по оценке показателей механических свойств резин.

Таблица 1 – Механические свойства резин

Содержание смолы, мас. ч.	Условное напряжение при заданном удлинении, МПа		Относительное удлинение при разрыве, %	Условная прочность при растяжении, МПа
	100 %	300 %		
Без смолы	2,4	12,2	570	27,7
2,0	2,4	11,7	570	27,1
4,0	2,1	10,0	580	26,0
6,0	2,1	9,5	610	25,9
7,0	1,9	8,9	620	25,4

Из представленных данных видно, что с увеличением содержания смолы в составе шинной эластомерной композиции от 2,0 до 7,0 мас. ч.

приводит к уменьшению основных упруго-прочностных свойств вулканизатов. Установлено, что условное напряжение при 100 и 300 % удлинении исследуемых резин снижается на 20,8–27,0 %. Определено, что для резины без смолы условная прочность при растяжении составляет 27,7 МПа, относительное удлинение при разрыве 570 %. В случае введения 2,0 мас. ч. смолы показатель условной прочности при растяжении равен 27,1 МПа, относительного удлинения при разрыве – 579 %, а при дальнейшем увеличении дозировки смолы показатель условной прочности при растяжении уменьшается и составляет 26,0–25,4 МПа, в то время как относительное удлинение при разрыве увеличивается и составляет 580–620%.

Таким образом выявлено, что с увеличением дозировки модифицирующей смолы прочностные свойства вулканизатов снижаются, а эластические свойства – повышаются. Такой характер изменения упруго-прочностных свойств резин обусловлен пластифицирующим действием модифицирующей смолы, поскольку при введении пластификаторов практически во всех случаях снижаются прочностные свойства, напряжения при удлинении и твердость, а эластические свойства повышаются [3].

Определены характеристики динамических механических свойств образцов резины при сжатии. Влияние содержания смолы по данным испытаний на динамо-механическом анализаторе представлены в таблице 2.

На основании полученных данных установлено, что введение в резиновую смесь модифицирующей смолы приводит к снижению модуля упругости резин и повышению модуля потерь и тангенса угла механических потерь. При этом повышение гистерезисных потерь увеличивает с увеличением дозировки смолы.

Таблица 2 – Основные показатели гистерезисных свойств резин с модифицирующей смолой

Содержание смолы, мас. ч.	Модуль упругости, МПа	Модуль потерь, МПа	Тангенс угла механических потерь
Без смолы	5,270	0,6458	0,1226
2,0 мас. ч.	5,238	0,7017	0,1340
4,0 мас. ч.	5,140	0,7502	0,1464
6,0 мас. ч.	5,007	0,7647	0,1527
7,0 мас. ч.	4,796	0,7085	0,1478

Так, для композиции без смолы значение модуля упругости равно 5,270 МПа, модуля потерь 0,6458 МПа и тангенс угла механических

потерь – 0,1226, а для композиции с 4,0 мас. ч. модуль упругости составляет 5,140 МПа, модуль потерь – 0,7502 МПа, тангенс угла механических потерь – 0,1464. Аналогичные зависимости определены и при больших дозировках. В данном случае использование 2,0 мас. ч. модифицирующей смолы позволяет получать резины с наименьшими изменениями гистерезисных свойств по сравнению с резиной без смолы.

Для оценки устойчивости к порезам и сколам резин протектора (таблица 3) испытания проведены на анализаторе порезов и проколов GT-7012-Q.

Таблица 3 – Результаты испытания порезоустойчивости протектора

Содержание смолы, мас. ч.	Плотность, г/см ³	Потеря объема, см ³	Индекс сопротивления порезам, CRI, %
Без смолы	1,140	1,450	100,0
2,0 мас. ч.	1,120	1,292	112,2
4,0 мас. ч.	1,123	1,197	121,1
6,0 мас. ч.	1,125	1,144	126,8
7,0 мас. ч.	1,124	1,142	126,9

Из таблицы видно, что введение модифицирующей смолы в состав протекторных композиций позволяет повысить стойкость резин к порезам. Так, для резины без смолы потеря объема составляет 1,450 см³, а для резин со смолой находится в пределах 1,292–1,142 см³. При этом индекс сопротивления порезам увеличивается на 12,2–26,9 %. Следует отметить, что увеличение дозировки смолы с 6,0 мас. ч. до 7,0 мас. ч. практически не оказывает влияние на стойкость резины к порезам. В данном случае индекс сопротивления порезам для резины с 6,0 мас. ч. равен 126,8 %, а для резины с 7,0 мас. ч. – 126,9 %. По результатам исследования установлено, что использование модифицирующей смолы в составе протекторных смесей в дозировке до 6,0 мас. ч. способствует повышению стойкости резин к порезам. Однако, при определении оптимальной дозировки смолы необходимо учитывать влияние данного компонента на упруго-прочностные и гистерезисные свойства резин.

Сопоставление данных по сопротивлению проколу и условному напряжению при относительном удлинении (рисунок 1), свидетельствует о наличии определенной корреляции между данными показателями свойств резин, что может быть полезно для прогноза эксплуатационного поведения резин.

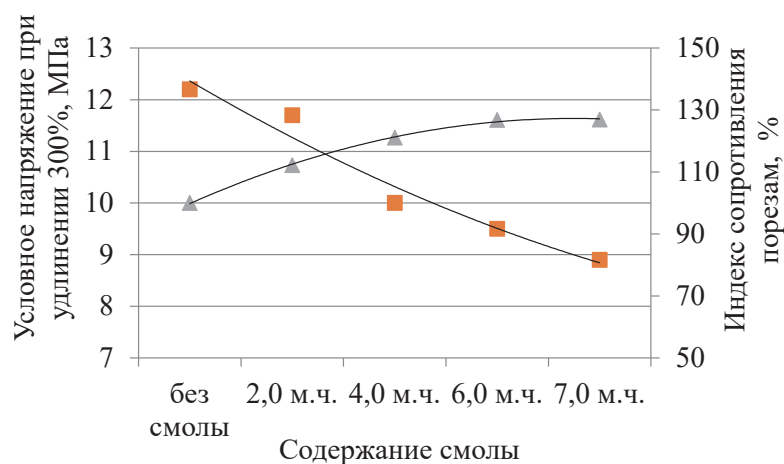


Рисунок 1 – Условное напряжение при 300 %-ом удлинении и индекс сопротивления порезам

Таким образом, на основании проведенного исследования выявлен положительный эффект по показателям, характеризующим сопротивление протекторных резин порезам и проколам при введении специальных смол в их состав. Использование модифицирующих смол позволяет повысить устойчивость протектора шин к порезам и сколам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев Ю.С. Разрушение эластомеров в условиях, характерных для эксплуатации / Ю.С. Зуев. – М.: Химия, 1980. – 288 с.
2. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. – М.: Машиностроение, 2008. – 383 с.
3. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. – М.: Истек, 2009. – 500 с.

УДК

Куликов А.А., Никифоров А.А., Вольфсон С.И.
(Казанский национальный исследовательский
технологический университет)

ПОЛИМЕРНЫЙ ВОДОРАСТВОРИМЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ В 3Д ПЕЧАТИ

Аддитивное производство, или 3D-печать, – процесс создания трехмерных объектов на основе их цифровых моделей. Один из известных методов 3D-печати на данный момент времени – моделирование методом