

А.М. Буканов, канд. техн. наук, профессор кафедры ХИТПЭ;
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИТХТ);
В.Н. Волошин, научный сотрудник;
К.А. Звезденков, канд. техн. наук, зав. лабораторией;
ОАО «ВНИИКП»;
М.В. Сяйлева, аспирант;
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»
(МИТХТ)

Влияние состава вулканизирующей группы на свойства резин на основе этиленпропиленового каучука для оболочек кабельных изделий

Аннотация. В работе исследовано влияние состава вулканизирующей группы на свойства резин на основе этиленпропиленового каучука. Изучены технологические и эксплуатационные свойства резин. Все исследуемые резины могут применяться в качестве оболочек кабельных изделий в зависимости от области их применения и с учетом стоимости ингредиентов. Установлено, что резины с пероксидной вулканизирующей группой с соагентом триметилпропантриметакрилат обладают наибольшей стойкостью к термическому старению.

Ключевые слова: вулканизирующая группа, соагенты вулканизации, этиленпропиленовый каучук, резина для оболочек кабелей.

Abstract. The authors investigated the influence of the vulcanizing group content on the properties of ethylene-propylene rubber compounds. Technological and performance properties of compounds were studied. All the investigated rubber compounds can be used as cable sheathing materials according to their application with the cost of ingredients taken into account. It was established that rubbers with peroxide vulcanizing group with trimethylolpropane-trimethylacrylate co-agent had the highest resistance to thermal ageing.

Key words: vulcanizing group; vulcanizing co-agents; ethylene-propylene rubber; rubber compounds for cable sheaths.

Материал поступил в редакцию 27.04.2016
Сяйлева М.В. E-mail: rubber@vniikp.ru

В качестве основы резин для оболочки проводов и кабелей разных марок используют тройные этиленпропиленовые каучуки (СКЭПТ). Резины на их основе привлекают к себе внимание благодаря хорошей озono- и атмосферостойкости, высокой стойкости к термическому старению и ряду химических агрессивных сред (полярные растворители, кислоты, щелочи и др.) а также хорошей морозостойкости [1, 2].

Кабельные изделия должны отвечать широкому комплексу требований, предъявляемых в зависимости от условий их эксплуатации. Оболочки кабелей и проводов служат для защиты изоляции от механических воздействий, солнечной радиации и внешних атмосферных воздействий.

Кроме того, кабельные изделия во время эксплуатации находятся под воздействием тепла, выделяемого при прохождении электрического тока, поэтому одним из важнейших показателей для кабельных резин является их термостойкость, которая чаще всего определяет срок службы кабельного изделия [3, 4].

Известно, что тройные сополимеры СКЭПТ, имеющие небольшое количество двойных связей в боковой цепи полимера, могут вулканизоваться обычными методами с применением серы, ускорителей высокой активности и активаторов, а также пероксидами с применением различных соагентов вулканизации.

Применение серных вулканизирующих систем позволяет получать резины с высокими упруго-прочностными свойствами.

При вулканизации СКЭПТ с применением пероксидов получают резины повышенной термостойкости. Для повышения степени сшивания и увеличения скорости вулканизации необходимо применение соединений с несколькими двойными связями, например метакрилатов, – соагентов пероксидной вулканизации, а также используют в качестве соагента вулканизации небольшую дозировку серы [5].

Целью данной работы являлось исследование влияния состава вулканизирующей группы на свойства резин для оболочек кабельных изделий и в частности на их термостойкость.

Для установления степени и характера влияния состава вулканизирующей группы на свойства резин были исследованы резины со следующими вулканизирующими группами: с серной, с эффективной (с уменьшенным содержанием серы) [1], с пероксидной с соагентом сера, с пероксидной с соагентом Renofit TRIM/S. Проверку проводили на композиции на основе этиленпропиленового каучука марки СКЭПТ-40, в состав которых входили, мас. ч.: каучук – 100, стеариновая кислота – 1, мягчитель – 10, оксид цинка – 5, противостаритель – 1,6, наполнители – 95. В качестве наполнителей использовалась комбинация минерального наполнителя – каолина и технического углерода с низкой удельной поверхностью. Составы вулканизирующих групп исследуемых резин приведены в табл. 1.

Исследования реологических и вулканизационных характеристик резиновых смесей показали (табл. 2), что

Таблица 1

Составы вулканизирующих групп

Ингредиенты	Вулканизирующая группа, мас.ч. (на 100 мас.ч. каучука)			
	серная	эффективная	пероксидная с соагентом сера	пероксидная с соагентом Renofit TRIM/S
Сера	2,0	1,0	0,4	–
Тетрамилтиурамдисульфид	1,5	2,5	–	–
Диметилдитиокарбамат цинка	–	1,0	–	–
Дифенилгуанидин	–	1,0	–	–
Меркаптобензтиазол	0,5	–	–	–
Бис(третбутилпероксиизопропил)бензол (Луперокс F-40)	–	–	7,5	7,0
Триметилпропантриметакрилат (Renofit TRIM/S)	–	–	–	2,0

Таблица 2

Показатели реологических и вулканизационных характеристик исследуемых смесей

Показатели	Вулканизирующая группа			
	серная	эффективная	пероксидная с соагентом сера	пероксидная с соагентом Renofit TRIM/S
Вязкость по Муни при 100 °С, усл. ед.	52	52	48	46
Пластичность по Карреру, усл. ед.	0,41	0,40	0,42	0,42
Шприцуемость, см ³ /сек	2,7	3,1	2,8	3,0
Усадка, %	30	31	30	31
Поверхность	гладкая	гладкая	гладкая	гладкая
Время начала подвулканизации, $t_s = 120$ °С, мин	13,3	16,40	31,0	7,2
Оптимальное время вулканизации при $t = 163$ °С, мин	30	40	30	40

Таблица 3

Показатели физико-механических характеристик и способность к набуханию в СЖР-1 исследуемых резин

Показатели	Вулканизирующая группа			
	серная	эффективная	пероксидная с соагентом сера	пероксидная с соагентом Renofit TRIM/S
Условное напряжение при 100 % удлинении, МПа	3,3	2,5	2,7	4,1
Условная прочность при растяжении, МПа	8,5	7,1	9,2	8,7
Относительное удлинение при разрыве, %	444	479	414	262
Относительная остаточная деформация, %	30	32	26	23
Изменение массы после выдержки в СЖР-1 (150 °С, 70 ч), %	146	234	104	61

Таблица 4

Показатели эксплуатационных характеристик исследуемых резин

Показатели	Вулканизирующая группа			
	серная	эффективная	пероксидная с соагентом сера	пероксидная с соагентом Renofit TRIM/S
Твердость по Шору А, усл. ед.				
при: 20 °С	70	67	66	68
100 °С	62	57	57	60
Эластичность по упругому отскоку, %				
при: 20 °С	30	29	32	34
100 °С	38	33	34	36
Истираемость при скольжении (ГОСТ 426–77), м ³ /ТДж	77	83	65	75
Морозостойкость по Эргометру, °С	–53	–51	–52	–51
Работа изгиба (методика ВНИИКП), Дж/см ²				
при: –30 °С	7,7	4,8	4,2	4,2
–40 °С	10,2	7,7	9,9	9,9
Соппротивление раздиру, кН/м	42	35	34	33

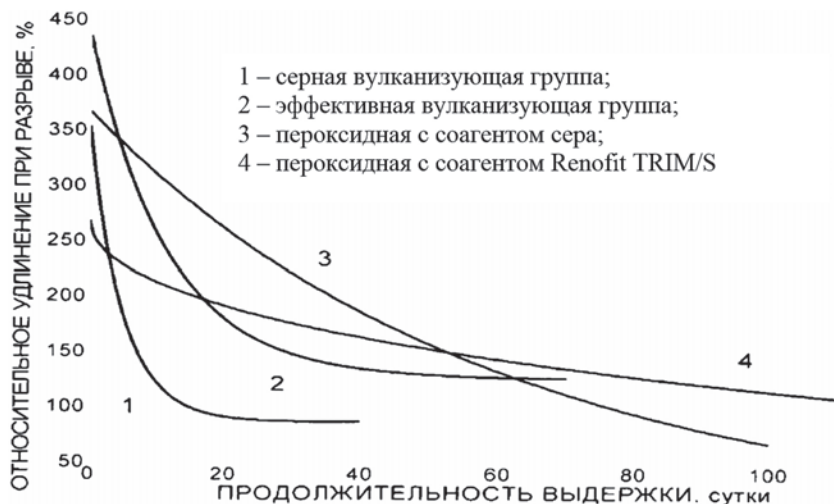


Рис. Зависимость изменения относительного удлинения при разрыве исследуемых резин в процессе термического старения от времени выдержки при температуре 135 °C

вулканизующая группа практически не оказывает существенного влияния на реологические свойства. Резиновые смеси пероксидной вулканизации с соагентом Renofit TRIM/S имеют наименьший индукционный период, а с соагентом серой – наибольший. Выбрано оптимальное время вулканизации для каждой из исследуемых резиновых смесей.

Исследовано влияние состава вулканизующей группы на физико-механические характеристики резин, свулканизованных при оптимальном времени вулканизации. Густота вулканизационных связей была оценена по величине набухания в стандартной жидкости СЖР-1. (табл. 3).

Как видно из табл. 3, физико-механические характеристики всех исследуемых резин находятся на достаточно высоком уровне. Пониженное набухание и повышенные значения условного напряжения при 100 % удлинении резины пероксидной вулканизации с соагентом Renofit TRIM/S свидетельствует о высокой густоте вулканизационных связей.

Эксплуатационные характеристики исследуемых резин, представлены в табл. 4.

Наибольшим сопротивлением раздиру обладают резины с серной вулканизующей группой, так как они характеризуются наибольшей способностью к перегруппировке межмолекулярных связей. Также повышенная стойкость к истиранию наблюдается у резин пероксидной вулканизации с соагентом сера.

Отсутствие трещин на образцах резин после воздействия озона (при концентрации 100 PPM, в течение 24 ч) говорит об озоностойкости всех испытанных вулканизатов.

Термостойкость эластомерных материалов определяет максимальную температуру и продолжительность эксплуатации кабельных изделий. На рисунке представлен график зависимости изменения относительного удлинения при разрыве исследуемых резин в процессе термического старения при температуре 135 °C.

На рисунке показано, что термостойкость резин повышается в зависимости от типа вулканизующей группы в такой последовательности: серная < эффективная < пероксидная с соагентом сера < пероксидная с соагентом Renofit TRIM/S.

Проведенная работа показала, что все исследуемые резины могут применяться в качестве материала для оболочек кабельных изделий с учетом области их применения и стоимости ингредиентов. Для кабелей с тяжелыми условиями эксплуатации и с небольшим сроком службы (до 3 лет) могут применяться резины серной вулканизующей

группы, учитывая их высокие показатели прочности, относительного удлинения, сопротивления раздиру и стойкости к истиранию. Для оболочек кабеля, эксплуатируемого без существенных механических воздействий, на воздухе, со сроком службы до 10 лет могут быть рекомендованы резины с эффективной вулканизующей группой и пероксидной с соагентом сера. Резину пероксидной вулканизации с триметилпропантриметакрилатом можно охарактеризовать как резину повышенной термостойкости с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, позволяя рекомендовать ее к использованию в оболочках кабелей с большим сроком службы (20 и более лет).

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шеввердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. – М.: НППА «Истек», 2009. – 504 с.
2. Дик Дж.С. Технология резины: Рецептуростроение и испытания. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
3. Григорьян А.Г., Дикерман Д.Н., Пешков И.Б. Технология производства кабелей и проводов с применением пластмасс и резин. / Под редакцией И.Б. Пешкова: учебн. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 2011. – 368 с.
4. Басова В.И., Волошин В.Н., Левит Р.Г., Михлин В.Э. Разработка изоляционных резин повышенной теплостойкости на основе ЭПК // Производство шин, РТИ и АТИ. – 1980. – № 6. – С. 9–11.
5. Гофман В. Вулканизация и вулканизующие агенты. – Л.: Химия, 1968. – 464 с.

