

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 678.01;678.4.06;658.6

Профессор Г.В. Попов, доцент Т.И. Игуменова,
аспирант М.А. Гудков

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и
машиностроительные технологии, тел. (473) 253-26-30

Управление качеством и формирование комплекса свойств полимерных композитов путем модификации углеродными наноматериалами

Рассмотрено управление качественными показателями резин, определяющими срок службы изделия, за счет модификации смесью фуллеренов фракции C₅₀-C₉₂.

Management of quality indicators of rubbers defining product service life at the expense of updating by a mix fullerenes fractions C₅₀-C₉₂.

Ключевые слова: управление качеством, полимеры, фуллерены, полимерные композиты.

Главным фактором в конкурентной борьбе производителей продукции является качество выпускаемых ими изделий. Для шинных полимерных композитов (резин) важнейшими показателями качества являются: высокое сцепление с мокрым покрытием, усталостная выносливость (ходимость), сопротивление истиранию покровных слоев, устойчивость к тепловому и светоозонному старению, низкий уровень шума. Мониторинг производства и реализации шин категорий С1 (легковые), С2 (легкогрузовые) и С3 (грузовые) на мировом рынке представлен на рис.1.

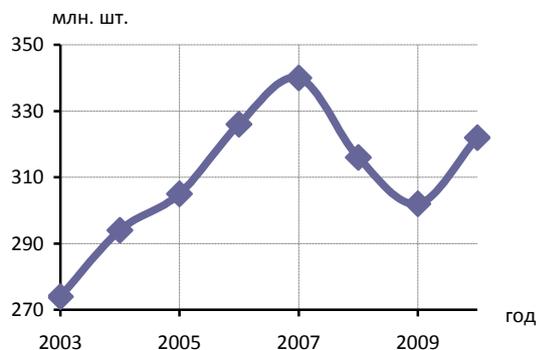


Рис. 1. Производство легковых и грузовых шин с 2003 по 2010 г

© Попов Г.В., Игуменова Т.И., Гудков М.А., 2012

В настоящее время, по оценкам Евросоюза (ЕС), технологическое лидерство в производстве шин всех категорий в период до 2020 г. по-прежнему будут удерживать три глобальных компании - Michelin, Continental и Pirelli.

Основа новой политики ЕС в отношении регулирования требований к шинам отражена в директивах 661/2009 и 1222/2009, действующих до 2020 года. Согласно этим директивам все категории шин должны соответствовать новым требованиям в отношении сцепления с мокрым покрытием (WG), сопротивления качению (RR) и уровня звука (N) и соответствующим образом промаркированы с целью донести информацию до потребителя. Требования будут постепенно введены для всех изготовителей шин в период с 2012 по 2020 гг.

Инициатива Европейского Союза по вопросам повышения качества шин и введения нового уровня оценочных показателей заключается в разработке унифицированных требований к шинам в мировом масштабе, и таким образом, по замыслу законодателей ЕС должна способствовать повышению вклада именно технологической конкуренции в сравнении с ценовым фактором. Исходя из

вышесказанного, особую актуальность приобретает проблема совершенствования технологии производства шин, основным фактором которой является улучшение эксплуатационных показателей полимерных композитов как основного составляющего компонента шины. Анализ этой проблемы по диаграмме Исикавы (рис. 2.) показал, что четыре крупных подпроцесса (технология изготовления, сырье, оборудование, персонал) формируют причинно-следственную связь возникновения дефектов продукции. При рассмотрении технологического процесса производства резиновых изделий в нем можно выделить одну из самых сложных составляющих – это многокомпонентный состав полимерного композита, в котором все ингредиенты взаимосвязаны между собой не только в определенном процентном соотношении, но и осуществляют физико-химические взаимодействия на всех этапах технологического процесса.

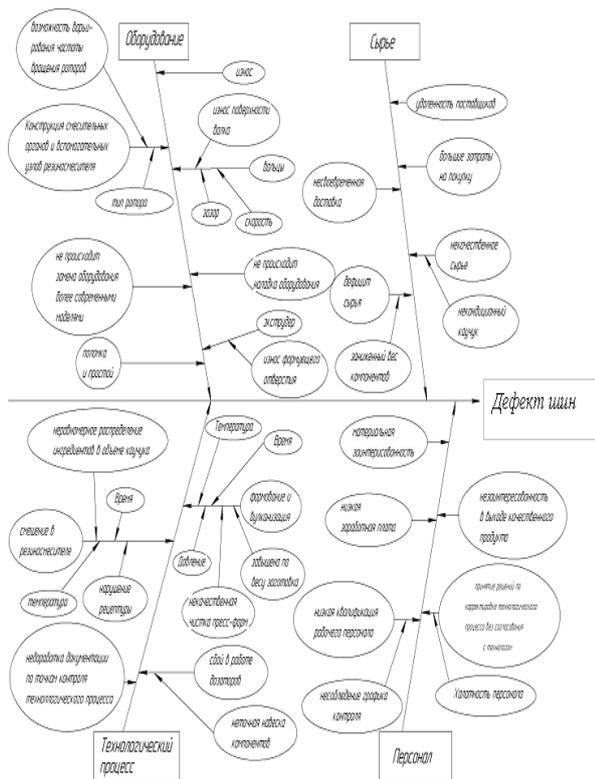


Рис. 2. Диаграмма Исикавы

Работоспособность шин наряду с другими важнейшими факторами в значительной степени определяется составом резиновых смесей, что в свою очередь, зависит

от качества используемых материалов. В условиях современной прецизионной технологии только стабильность свойств исходных резиновых смесей может обеспечить конкурентоспособность отечественных шин.

Для усиления полимерной основы резиновых смесей для шин традиционно используют такие наполнители, как технический углерод различной дисперсности, белая сажа, каолин и мел. Однако значения физико-механических показателей резин уже достигли своего максимума и дальнейшее улучшение качества связано с разработкой новых подходов к модификации свойств резиновых смесей.

Основной новизной данного исследования является решение проблемы управления показателями качества полимерных композитов с наполнителями различной природы и активности путем модификации смесью фуллеренов.

Ввиду того что резиновые смеси являются многокомпонентными системами и изменение содержания одного компонента влечет изменение остальных, с целью оптимизации состава композита и выявления основных зависимостей физико-механических и эксплуатационных показателей от соотношения компонентов был использован симплекс-решетчатый план Шеффе. Используя полиномы (рис. 3) и меняя соотношение компонентов можно управлять параметрами композиции. Универсальностью симплекса Шеффе является их насыщенность.

Для достижения поставленной цели была проведена в несколько этапов оптимизация состава полимерных композитов [1, 2, 3] с варьированием количества и типа наполнителя, вулканизирующей группы, состава полимерной матрицы и количества наноразмерного углеродного материала (фуллеренсодержащего технического углерода или смеси фуллеренов). В качестве функций отклика были выбраны не только прочностные показатели (рис. 3), но и такие важные эксплуатационные характеристики, как набухание в агрессивных средах, сопротивление истиранию и др. Проведенные в каждом конкретном случае расчеты оптимума концентрации (табл. 1) применительно к выбранному показателю как функции отклика выявили следующие

закономерности действия углеродных наноматериалов как модификаторов свойств резиновых смесей.

Т а б л и ц а 1

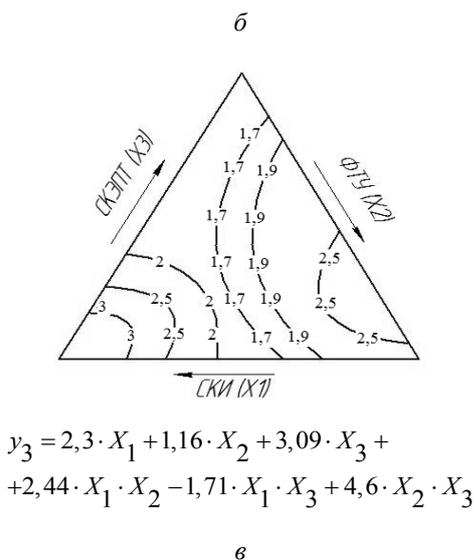
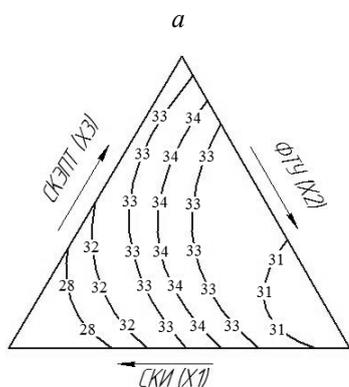
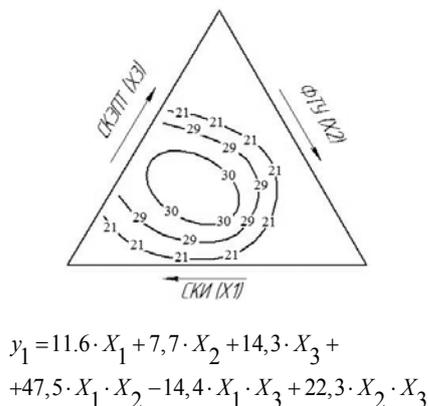


Рис. 3. Полиномы функций отклика и соответствующие им изолинии: а - условная прочность при растяжении; б – твердость по Шору; в - скорость вулканизации

Прогнозируемые изменения свойств полимерных композиций при варьировании дозировки фуллеренсодержащего технического углерода (ФТУ).

Наименование показателя	Интервалы оптимума концентрации ФТУ м.ч.	
	С разными марками технического углерода	С разными марками минеральных и кремнекислотных наполнителей
Условная прочность при разрыве, МПа	0,2-0,6	0,1-0,4
Вязкость по Муни у.е.	0,3-0,6	-
Истирание, см ³ /ТДж	0,1-0,2	0,25-0,5
Эластичность %, твердость по Шору, у.е.	0,6-1,0	0,1-1,0
Набухание в толуоле, max%	0,15-0,20	0,15-0,23
Скорость вулканизации, %/ мин.	0,4-1,0	0,4-1,0

С целью апробации полученных результатов совместно с НТЦ НИИШП были проведены испытания выбранного наномодификатора в рецептуре боковины легкогрузовых шин. Полученные результаты приведены в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Результаты сравнительных испытаний базовой рецептуры боковины

Наименование показателя	Контрольный, без модификатора	С ФТУ в оптимуме концентрации
Вязкость по Муни у.е.	68	66
Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа	5,7	5,8
Условная прочность при растяжении, МПа	15,5	17,2
Относительное удлинение при разрыве, %	576	612

Окончание табл. 2

Наименование показателя	Контрольный, без модификатора	С ФТУ в оптимуме концентрации
Сопротивление раздиру, кН/м	77	77
Твердость при 20 °С, усл. ед.	57	57
Эластичность по отскоку, % при 20 °С	42	42
Усталостная выносливость при многократном растяжении, тыс.цикл. 200 % деформации	5,5	11,0
Относительный гистерезис К/Е при 20 °С	0,42	0,41
Относительный гистерезис К/Е при 100 °С	0,34	0,31

Таким образом, показана возможность управления параметрами, влияющими на качество полимерных композитов, на примере шинных резин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, Г.В., Изучение свойств полимерных композиций с использованием фуллеренсодержащего технического углерода [Текст] / Г.В. Попов, Т.И. Игуменова, Н.Л. Клейменова, Т.П. Горячева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. -2007. - № 4. -С. 951-954.

2. Попов, Г.В., Особенности влияния фуллеренов на свойства резин с минеральными наполнителями [Текст] / Г.В. Попов, Т.И. Игуменова, М.А. Гудков // Химические технологии. - 2012. - № 4. -С. 50-53.

3. Попов, Г.В., Особенности усталостной устойчивости резин на основе комбинации минеральных наполнителей и фуллеренсодержащего технического углерода [Текст] / Г.В. Попов, Т.И. Игуменова, М.А. Гудков // Промышленное производство и использование эластомеров. -2012. - № 1. -С. 22-25.