

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВУЛКАНИЗАЦИИ ФОРМОВЫХ РЕЗИНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Астапов В.Н., Абдулин И.Г.

Технология изготовления формовых резино-технических изделий предусматривает задание основных параметров вулканизации - температуры и времени вулканизации.

Однако, нормативные параметры вулканизации, значение которых известны априорно для каждого сорта резины, могут не обеспечить требуемых показателей качества, поскольку состав исходного сырья, выходящего из резиносмесителя, может изменяться в значительной степени.

Процесс вулканизации представляет собой сшивание макромолекул, в процессе чего каучук теряет пластические и приобретает эластические свойства. Как правило, вулканизация осуществляется при повышенных температурах химическим соединением серы, ее соединений, а также перекисей, комплексных соединений. Каучуки с активными функциональными группами могут сшиваться путем химического взаимодействия с ними соответствующих реакционноспособных веществ, например, оксидами металлов для хлоропренового каучука.

Основным вулканизирующим агентом в настоящее время является сера, применяемая в сочетании с ускорителями, активаторами и вторичными активаторами процесса вулканизации.

Известно, что в процессе вулканизации каучуков изменения свойства, композиции носят монотонный характер, но в основном описываются кривыми, имеющими экстремальный характер. Характерные зависимости изменения свойств композиции показаны на рис. 1.

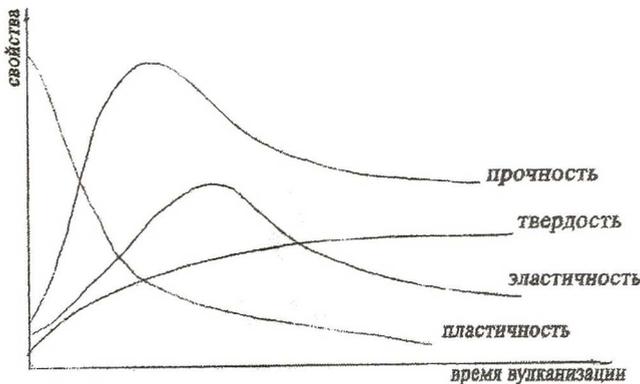


Рис. 1. Зависимость свойств композиции от времени вулканизации

Изменение физико-механических свойств композиции обусловлено структурированием молекул сшивания их с молекулами серы. Однако, если на начальном этапе преобладают процессы структурирования, то по достижении времени некоторого оптимального значения начинаются деструктивные процессы приводящие к реверсии вулканизации. С технической точки зрения реверсия вулканизации или перевулканизация являются нежелательными процессами. Перевулканизированные резины менее прочны, имеют низкое сопротивление старению. Невулканизуемые же резины имеют более высокое значение сопротивления раздиру и сопротивления образования и разрастания трещин при многократном изгибе. В точке оптимума вулканизации резина имеет наилучшую прочность и модули при растяжении, сопротивление истиранию и устойчивость к старению [1].

Обычно на практике стремятся использовать несколько недовулканизованные резины, когда процессы деструкции не начали развиваться.

Основным методом определения оптимальных параметров вулканизации является метод анализа реометрических кривых. Для этих целей проводятся лабораторные исследования вулканизационных характеристик смесей на реометрах типа «Монсанто – 100». Приборы подобного типа имеют цилиндрическую камеру, в которой совершает периодические синусоидальные колебания с амплитудой $\pm 1 \div 3^\circ$ биконический ротор. Запрессовка в камеру и испытания при $150 \div 200^\circ\text{C}$ резиновой смеси позволяют получить кривую кинетики вулканизации смеси в виде зависимости сопротивления резиновой смеси колебательным движениям ротора в камере с момента ее закрытия (Рис.2). После разогрева вязкость смеси при некоторых температурах вулканизации характеризует минимальный крутящий момент $M_{\text{мин}}$.

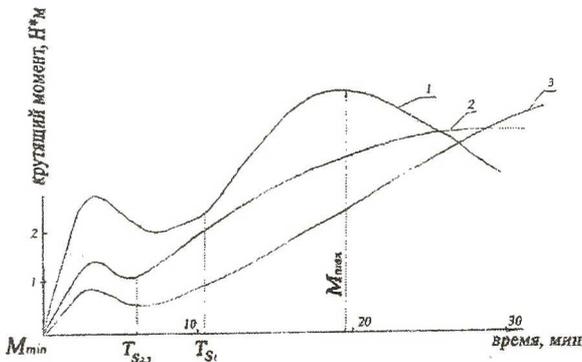


Рисунок 2 - Реометрические кривые вулканизации смесей различных типов

Время сохранения вязкотекучего состояния до начала вулканизации определяется по кривой как время T_S , характеризующее индукционный

период в начале вулканизации. Максимальный крутящий момент $M_{\text{макс}}$ определяет время достижения резины максимальной жесткости. При испытаниях резиновых смесей возможны три типа кривых (рис.2):

- 1 – крутящий момент уменьшается после достижения максимального значения, которое принимается далее за величину $M_{\text{макс}}$;
- 2 – крутящий момент достигает своего равновесного значения и его максимальное значение выбирают по равновесной величине;
- 3 – крутящий момент монотонно возрастает с переходом кривой на участок с переменной скоростью изменения крутящего момента.

Оптимальное время вулканизации $t_{\text{во}}$ рассчитывают, принимая оптимальной степень вулканизации по достижении 90% - го крутящего момента в ходе вулканизации:

$$M_{\text{во}} = M_{\text{мин}} + 0,9(M_{\text{макс}} - M_{\text{мин}}).$$

Скорости вулканизации V_s (%/мин) вычисляют по формуле:

$$V_s = 100/(t_{\text{во}} - T_s).$$

Цеховой контроль всех заливок по плотности, вязкости и вулканизационным характеристикам на реометре Монсанто дает наиболее достоверную информацию, однако использование его для контроля всех заливок не представляется технически осуществимым. Кроме того, определение вулканизационных характеристик изделий различных форм с помощью данного метода невозможно.

В связи с этим возникает необходимость поиска иного способа контроля степени вулканизации, позволяющим определять вулканизационные характеристики в реальном масштабе времени, и применимом для исследования процессов вулканизации изделий различной формы.

Способ должен допускать реализацию его доступными средствами измерения и обработки информации.

Экспериментальные исследования показали что, перспективным направлением с точки зрения оперативного контроля следует признать электрофизические методы контроля степени вулканизации.

Наибольшей чувствительностью и простотой реализации характеризуется метод измерения электрического сопротивления резины постоянному и переменному току в процессе вулканизации. Здесь относительное изменение электрофизических свойств в процессе вулканизации составляет несколько порядков. Это обстоятельство и предопределило использование данного метода в качестве методологической основы настоящей разработки. Кроме того, измерение электрического сопротивления осуществляется достаточно простыми и надежными техническими средствами и в перспективе может быть реализовано непосредственно на рабочих прессформах методом неразрушающего контроля.

Техническая реализация данного метода представлена на принципиальной схеме рис.3.

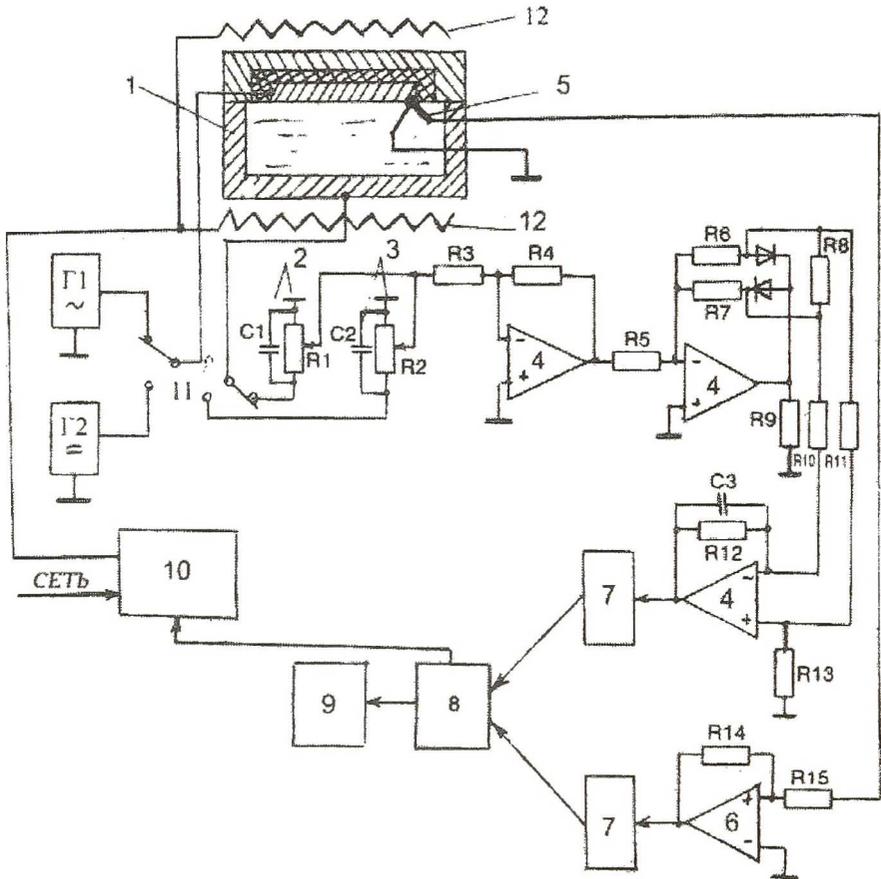


Рис.3. Схема устройства контроля и управления степени вулканизации формовых РТИ:

1-прессформа; 2-RC-фильтр переменного напряжения; 3-RC-фильтр постоянного напряжения; 4-схема усиления и выпрямления сигнала; 5-термопара; 6-усилитель термоЭДС; 7-АЦП; 8-микросонтроллер; 9-цифровая индикация; 10-коммутатор сетевого напряжения; 11-переключатели; 12-электронагреватели (ТЭН)

Генератор Г1 формирует синусоидальное напряжение частотой $100 \dots 10^6$ Гц, генератор Г2 формирует постоянное стабильное напряжение. Данные напряжения, через переключатели 10, поочередно подключаются к прессформе, заполненной сырой резиной. При нагреве начинается процесс вулканизации, в результате чего проводимость резины по переменному и постоянному току увеличивается. Таким образом, изменяющийся

сигнал с выхода прессформы поступает через фильтр на схему усиления и выпрямления 4. постоянное напряжение через АЦП 7 поступает в микроконтроллер 8. где запоминается и высвечивается на цифровом индикаторе 9 в реальном времени вулканизации. Температура вулканизации задается с помощью клавиатуры микроконтроллера. По заданному алгоритму [2] микроконтроллер через сетевой коммутатор 10 управляет нагревом ТЭНов-12, тем самым поддерживает требуемую температуру вулканизации, которая определяется с помощью термопары 5. усилителя термоЭДС-6 и второго АЦП-7.

Для определения характера зависимости сопротивления резины в процессе вулканизации были проведены эксперименты, в процессе которых исследовались некоторые марки резин. Результаты показывают, что в процессе вулканизации наблюдается ярко выраженный рост проводимостей переменному и постоянному току и снижение роста проводимостей при окончании вулканизации. Таким образом, признаком окончания вулканизации может служить момент выполаживания зависимости проводимостей на переменном и постоянном токе. Это показывают диаграммы изменения проводимости образца резины в процессе его вулканизации, приведенные на рис.4.



Рисунок 4 - Диаграмма вулканизации образца резины

Список использованных источников

1. Воробьев Г. Г., Сапрыкин В. И. и др. Автоматическая моделирующая система оценки качества вулканизации автомобильных шин. – Автоматизация процессов нефтепереработки и нефтехимии. Куйбышев, 1985.
2. Асталов В. Н., Воробьев Г. Г. и др. Устройство для испытания образцов материалов на растяжение. Патент РФ №1711571, 1993.