

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИЙ С КОМБИНАЦИЯМИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

Вулканизация является одним из важнейших процессов в технологии производства резиновых изделий. Как заключительный процесс получения резиновых изделий с заданными свойствами вулканизация имеет как теоретическое, так и практическое значение. Сложность протекающих при этом химических процессов, их специфичность для каучуков различной природы и строения обусловили исследования в этой области [1]. Сущность процесса вулканизации состоит в создании «сшитой» системы путем соединения линейных макромолекул каучука в вулканизационную сетку. Данный процесс характеризуется изменением прочностных характеристик эластомера, твердости, эластичности, тепло- и морозостойкости, степени набухания и растворимости в органических растворителях [2].

Целью исследования являлась оценка влияния типа и дозировки высокодисперсных добавок на вулканизационные свойства эластомерных композиций, содержащих минеральный наполнитель.

В качестве объектов исследования были использованы образцы резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения (натурального и полибутадиенового каучуков), содержащие высокодисперсный кремнекислотный наполнитель. В исследуемые смеси вводили образцы нанодисперсного диоксида кремния и углеродного наноматериала в дозировках 0,05–0,20 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучука. Образцом сравнения являлась эластомерная композиция без наноматериалов.

Испытания исследуемых резиновых смесей по определению их кинетических параметров процесса вулканизации проводили по ГОСТ 12535-84 на реометре ODR 2000 фирмы Alpha Technologies. Температура испытания составляла  $(143 \pm 1)$  °С.

Результаты определения вулканизационных показателей резиновых смесей показали, что эластомерные композиции с нанодисперсным диоксидом кремния, характеризуются более высокими (до 13,8 %) значениями минимального крутящего момента по сравнению с образцом, содержащим только кремнекислотный наполнитель. При этом с повышением дозировки данной нанодобавки выявлено некоторое снижение минимального крутящего момента. При введении в исследуемые резиновые смеси углеродного наноматериала установлена обратная зависимость. Показано наибольшее значение (49,92 дН·м) максимального крутящего момента для образца, содержащего углеродную нанодобавку в дозировке 0,05 мас. ч., а для смеси сравнения значение показателя составляет 42,85 дН·м. Для образца с минеральной нанодобавкой данный показатель в зависимости от дозировки находится в диапазоне 43,47–44,77 дН·м. Определено, что использование наноматериалов различных типов в исследуемых резиновых смесях приводит к снижению их времени начала подвулканизации на 5,8–18,6 %. При чем введение нанодисперсного диоксида кремния в большей степени сокращает индукционный период эластомерных композиций по сравнению с применением углеродного наноматериала, что может быть связано с особенностями функциональных групп на поверхности нанодобавок, которые способны изменять рН среды и ускорять образование действительного агента вулканизации. Однако время достижения оптимальной степени вулканизации резин с нанодисперсным диоксидом кремния или углеродным наноматериалом увеличивается до 6,4 % по сравнению с вулканизатом без нанодобавок, что свидетельствует о влиянии вводимых высокодисперсных добавок на завершающую стадию формирования вулканизационной структуры резин.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Каблов В. Ф. Современные тенденции эволюции рецептов резин / В. Ф. Каблов // Каучук и резина. – 2018. – № 5. – С. 14–16.
2. Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. – СПб.: Лань, 2022 – 368 с.