

*Т. В. Фижбах, А. А. Чуприкова, А. С. Ермаков**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЗАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

Вулканизация – технологический процесс взаимодействия каучуков с вулканизирующим реагентом, при котором происходит сшивание молекул каучука в единую пространственную сетку. За процесс вулканизации отвечают технологические параметры, такие как время, температура, давление. Время и температура вулканизации имеют очень большое значение для качества резиновых деталей. Существует определенный оптимальный режим вулканизации для каждой резины и типовых групп деталей.

Суть процесса вулканизации заключается в том, что при нагревании резиновой смеси макромолекулы каучука и сера образуют трехмерную сетчатую структуру, обладающую повышенной прочностью за счет

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «Материалы и технологии» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. О. Завражина.

устранения пластичности. Атомы серы присоединяются по двойным связям макромолекул и создают между ними сшивающие сульфидные мостики.

Наличие химического взаимодействия каучука с серой подтверждается следующими экспериментальными данными:

1) химически связанную серу не удастся извлечь из каучука даже путем продолжительного экстрагирования горячим ацетоном;

2) при вулканизации наблюдается тепловой эффект, пропорциональный количеству присоединенной серы;

3) температурным коэффициентом скорости химических реакций.

В зависимости от количества содержания серы в резиновой смеси определяются и ее свойства. Так, при введении в каучук 0,5...5,0% серы получается мягкая эластичная резина, а с увеличением содержания серы возрастает число межмолекулярных связей и увеличивается жесткость резины. При введении в каучук до 50% серы образуется жесткий неэластичный материал – эбонит.

При вулканизации не вся сера химически присоединяется к каучуку, небольшое количество ее всегда остается в свободном состоянии. В соответствии с этим серу, содержащуюся в вулканизате, подразделяют на связанную и свободную. Сумма свободной и связанной серы называется общей серой. Обычно содержание связанной серы составляет 40...95% от ее общего количества в смеси. Следовательно, содержание свободной серы составляет не более 40%. Определение свободной серы в резиновых изделиях имеет большое значение для установления степени вулканизации резины; чем больше содержание свободной серы, тем недовулканизованней резина.

Если говорить о физико-механических показателях, на которые стоит обратить внимание при выборе режима вулканизации, то большое значение имеет изменение показателей после старения. Старение резины – процесс окисления при длительном хранении или в процессе эксплуатации, приводящий к изменению ее физико-механических свойств. Основной причиной старения является окисление каучука, т.е. присоединение кислорода по месту двойных связей в каучуке, в результате чего его молекулы разрываются на части и укорачиваются. Большинство ингредиентов в той или иной степени влияют на процесс старения. Технический углерод и другие наполнители адсорбируют противостарители на своей поверхности, уменьшают их концентрацию в каучуке и, следовательно, ускоряют старение. Это приводит к потере эластичности, охрупчиванию и, наконец, появлению сетки трещин на поверхности состаренной резины.

Экспериментальные исследования проводились на синтетическом каучуке СКИ-5ПМ.

При выборе оптимального режима вулканизации будем ориентироваться на следующие физико-механические показатели для данной резиновой смеси.

Вулканизация детали будет происходить на горизонтальной инжекционно-литьевой машине MFT 700/300. Для определения оптимального режима вулканизации было изготовлено по пять деталей на пяти отличных друг от друга режимах (таблица) и проведены испытания. Неизменными параметрами останутся давление, равное 200 МПа, и температура в камере инъекции литьевой машины – 55 °С.

Проанализировав полученные данные, можно заметить, что после вулканизации деталей по режиму 1 и 5 значение показателя условной прочности после старения резко упало. Из этого можно сделать вывод, что при дальнейшей работе на данных режимах физико-механические характеристики резиновой смеси будут падать, что приведет к несоответствующим показателям и возможной перевулканизации деталей. В свою очередь высокая температура вулканизации может привести к осмолению деталей.

1. Показатели резиновой смеси

Наименование показателя	Значение показателя
Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	11,8
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500
Изменение показателей после старения в воздухе за 24 ч при 100 °С, %: – условной прочности – относительного удлинения	От 0 до –30
Содержание свободной серы, %	0,7

2. Время вулканизации резиновой смеси

	1	2	3	4	5
Температура в месте установки термопреобразователя, °С	162	162	165	165	170
Время, с	135	115	110	95	95

3. Физико-механические показатели вулканизованных деталей

Наименование показателя	Значение показателя	1	2	3	4	5
Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	11,8	22,9	23,3	23,5	24,1	21,3
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	500	720	720	720	730	720
Изменение показателей после старения в воздухе за 24 ч при 100 °С, %: – условной прочности – относительного удлинения	От 0 до –30	–3,9 –16,7	–16,8 –19,4	–15,7 –18,8	–12,9 –20,4	–6,4 –20,8
Содержание свободной серы, %	0,7	0,11	0,18	0,18	0,14	0,12

На режимах 3–4 физико-механические показатели имеют похожие значения. При этом показатель условной прочности после старения, в отличие от описанного выше, на этих режимах имеет более стабильное значение.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что оптимальной температурой для вулканизации деталей на полученной резине является 164 ± 2 °С в течение 105 ± 10 с. При таком режиме детали будут иметь показатели, соответствующие нормам. Это также обеспечит снижение риска перевулканизации и осмоления деталей.

Список литературы

1. ГОСТ 10722–76. Каучуки и резиновые смеси. Метод определения вязкости и способности к преждевременной вулканизации.
2. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Е. Гальгин, Г. С. Баронин, В. П. Таров, Д. О. Завражин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ГГТУ», 2013. – 180 с.
3. Поветкина, Ю. С. Технология получения современных резиновых смесей / Ю. С. Поветкина, Т. А. Лутовинова, А. А. Чуприкова // Механические свойства современных конструкционных материалов : сб. материалов. – 2020. – С. 102–103.

4. Фунбаю, М. А. Особенности технологического режима получения резиновых смесей / М. А. Фунбаю, А. А. Чуприкова, Ю. С. Поветкина // Наука молодых – будущее России : сб. науч. ст. 5-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых : в 4 т. – Курск, 2020. – С. 188 – 191.

*Кафедра «Материалы и технология»,
НОЦ ТамбГТУ-ИСМАН «Твердофазные технологии»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»*