

УДК 519.7.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ВУЛКАНИЗАТА

Гаврилюк Ю.В., Фурса О.А., Швачка А.И.

CALCULATION OF PROCESS PARAMETERS MODIFICATION CRUSHED VULCANIZATE

Gavriliuk Y., Fursa O., Shvachka A.

Рассмотрены технологические аспекты контроля архитектуры резин содержащих измельченный вулканизат (ИВ). Изучено технологию изготовления смесей содержащих модифицированный ИВ. Показано, эффективность использования методов контроля и регулирования процессом в целом. Показана возможность расчета вариаций использования вулканизата в составе композитов и условия его распределения в эластомере.

Ключевые слова: *измельченный вулканизат; композит; перколяция; кластер; узлы решетки; пропускная способность.*

1. Введение. Скопление большого числа изношенных резиновых изделий, как на предприятиях, так и в быту приводит к экологической катастрофе, так как применение старых изделий крайне ограничено. А повторное их использование возможно только в виде разрезанных или раздробленных старых изделий, которые измельчают до получения крошки. Рациональное использование возможно, благодаря модифицированию свойств ИВ. Для обеспечения высокого уровня прочностных свойств новых резин, актуальной остается проблема регулирования как сорбционной, так и химической активности крошки за счет ее модификации.

2. Анализ последних исследований и публикаций.

Известно[2], что активные центры, формирующие вулканизационную сетку, образуются уже в процессе изготовления резиновой смеси.

На практике для анализа многокомпонентных систем используют физические и термодинамические методы анализа с последующим контролем. Но такие методы имеют общий характер и требуют для каждого конкретного случая определенного практического анализа. В физике и

химии явлением перколяции называется явление протекания или не протекания жидкостей через пористые материалы. Теория перколяции применяется для описания различных систем и явлений[3].

Система предназначена для оптимального решения задач централизованного контроля, управления и защиты при помощи средств контроля, автоматики и вычислительной техники с целью обеспечения надежной и высокоэффективной работы при условии надежной безаварийной работы оборудования, а также обеспечить потребности взрыва и пожаробезопасности.

2. Материалы и результаты исследования.

Решая поставленную задачу через теорию перколяции, сначала рассмотрели само явление в целом, то есть для начала определили среду, в которой наблюдается данное явление, а затем определили внешний источник обеспечивающий протекание. Для модификации модель проникновения активного вещества в двухмерной квадратной решетке, состоящей из узлов, пропускающих или не пропускающих, будет выглядеть следующим образом. В начальный момент времени все узлы сетки являются не пропускающими, но в дальнейшем источник заменяет не пропускающие узлы на пропускающие, и число пропускающих узлов постепенно растет. При этом замещение происходит случайным образом, то есть выбор любого из замещающих узлов является равновероятным для всей поверхности решетки.

Момент появления данного состояния решетки, при котором осуществим хотя бы один не прерывный путь через соседние пропускающие узлы и будет называться перколяцией[3]. Пропускающие и не пропускающие узлы обозначили пустыми и заполненными точками

соответственно. Двухмерной среде соответствует бинарная матрица. Пропусканию соответствует последовательность смены пустых на заполненные. В начальный момент времени матрица представляет собой пропускающую систему (рис. 1).

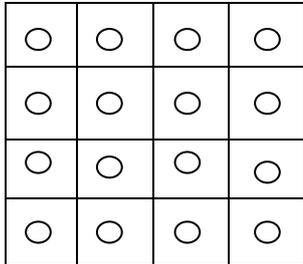


Рис. 1. Пропускающая система

При пропуске модифицирующей добавки в матрицу добавляются пропускающие элементы, но вначале их количества недостаточно для перколяции (рис. 2.)

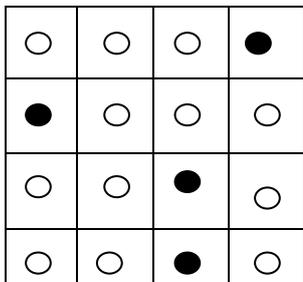


Рис. 2. Пропускание модифицирующей добавки в матрицу

Увеличивая число пропускающих узлов наступает критический момент отображающий перколяцию (рис.3).

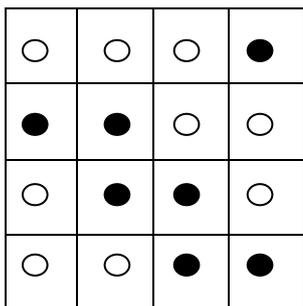


Рис. 3. Перколяция

Как видно, от левой к правой границе матрицы есть цепочка элементов, обеспечивающая пропускание по пропускающим узлам, представленных черными точками, непрерывно следующим друг за другом.

Применив таким образом, данную модель для совместности модифицированного измельченного вулканизата с матрицей установили, что для увеличения межфазного взаимодействия необходимо обеспечить повышенное содержание добавки на границе раздела. Повышение свойств наблюдается за счет образования межфазной

поверхности. Используя метод конденсации мы получаем переход из совместного состояния в несовместное, а используя метод диспергирования получаем модель перехода из несовместного состояния в совместное.

4. Экспериментальная часть. Анализ архитектуры резин оценивали по данным виброреометрии.

Виброреометрия – это современный метод исследования, позволяющий анализировать влияние реальной архитектуры полимерного материала на свойства этого материала. Характер кинетической кривой представляет собой S- подобную кривую, удобную для математического описания.

Предположим, что характер кинетической кривой (рис.4) отражает процесс образования морфологической архитектуры – вязкость материала определяется суммарным количеством межмолекулярных химических связей и плотностью вулканизационной сетки. То есть плотность – это производная от суммарной поверхности частей гетерофазы и кинетических характеристик реакционной смеси.

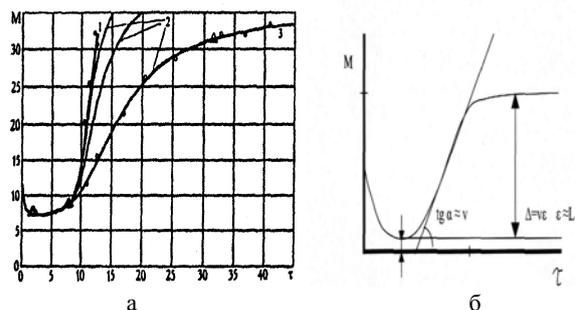


Рис. 4. Кинетические кривые Монсанта (а) и модель Ферхюльста (б)

Если допустить, что процесс вулканизации – это рост частей гетерофазы в ограниченных условиях, то размер частей определится скоростью химического процесса и количеством центров (E) где начался процесс образования структуры. В понятиях перколяционного анализа количество центров по физическому составу соответствует параметру перколяционной решетки (L).

Таким образом, характер изменений (ΔM) процесса структурных преобразований M(t) определяется двумя факторами:

- образование частиц гетерофазы;
- образование дисперсионной среды.

$$\Delta M = M(t + \Delta t) - M(t) = \Phi (M, \Delta t)$$

Примем, что $\Phi(M, \Delta t)$ линеен на Δt при малых Δt :

$$\Phi(M, \Delta t) = f(M)\Delta t$$

То есть: $f(M) = \alpha M - \beta M$, где:

α – коэффициент образования гетерофазы;

β – коэффициент образования дисперсионной среды.

Обозначив $\alpha - \beta = E$ при $\Delta t \rightarrow 0$, получаем дифференциальное уравнение:

$$M' = E(M),$$

где: E – мальтозовский параметр;

Это известное дифференциальное уравнение Т.Р. Мальтоза, коэффициент E называют мальтозовский параметром, но, данное уравнение описывает только начальный отрезок реограммы (рис. 4.).

Значительно лучше согласованы с экспериментальными данными модели П. Ф. Ферхюльста (рис.4б), отражающие влияние морфологических преобразований (ΔM) на процесс структурообразования $M(t)$:

$$M' = EM - \gamma M^2$$

где: E – мальтозовский параметр;

γ – морфологический фактор.

Если, $t \rightarrow \infty$, $M' \rightarrow M_n - M_L$ с другой стороны $M_n - M_L = E/\gamma$, то есть: $\gamma = E/(M_n - M_L)$

Анализ в задачах перколяции позволяет оценить влияние морфологического строения резин, как вероятность геометрического фазового перехода при соответствии

$$P_c = P_L$$

где: P_c – вероятность геометрического фазового перехода;

P – объемная часть гетерофазы;

L – размерность перколяционной решетки.

Параметр L пропорционален размеру частиц гетерофазы и отражает вероятность изменения свойств материала.

Для получения достоверной информации сделали статическую обработку результатов. Использование методов математической статистики защищает от недооценки или переоценки результатов и тем самым помогает интерпретировать полученные данные.

Практика показывает, что никакие измерения не могут быть исполнены абсолютно точно, так как их результаты содержат некоторые отклонения связанные с несовершенством средств измерений. В результате того или иного измерения в итоге получают не действительные (a), а приблизительные результаты (x_i), отличающиеся на величину Δx_i :

$$a = x_i + \Delta x$$

Поэтому различают систематическую и случайную погрешность. Систематическую погрешность различной природы находят и стараются исключить, если это не возможно то вводят поправочные коэффициенты, но полностью

их исключить, на практике, не удается. Случайные погрешности обусловлены рядом случайных причин, действие которых при каждом измерении различны и не могут быть рассчитаны предварительно. Исключить случайные погрешности не возможно. Измерение состоит из нескольких независимых повторных замеров проведенных в одинаковых условиях. Полученные таким образом результаты x_i ($i=1,2,3...n$) имеют отклонения. При отсутствии доминирующих случайных факторов находят среднее арифметическое x_i .

Количественной характеристикой разброса значений x_i относительно x_z служит среднеквадратичное отклонение – дисперсия:

$$\sigma x^2 = ((x_1 - x_z)^2 + \dots + (x_n - x_z)^2) / M$$

На практике число измерений $n \neq \infty$, поэтому можно рассчитать только приблизительное значение, называемое оценкой среднеквадратичного отклонения или выборочным среднеквадратичным отклонением

$$S_{x_i} = \sqrt{\left(\frac{(x_1 + x_i)^2 + \dots + (x_n - x_i)^2}{n-1} \right)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - x_i)^2}{n-1}}$$

где: a -интервал значений которые может принимать измеряемая величина от $(x_i - \Delta x_i)$ до $(x_i + \Delta x_i)$, называется сравнительным интервалом.

5. Выводы. При использовании данного алгоритма проектирования главным является правильное построение технологической схемы и определения регулируемых параметров (параметров которые мы можем изменять в ходе технологического процесса). И данную задачу можно спокойно разделять для специалистов разных отраслей, то есть технологи занимаются построением правильных технологических схем, специалисты по автоматизации правильно выбирают регулируемые параметры и регулирующие воздействия, а так же формируют требования к точности измерений.

Применение предложенного метода построения АСУ ТП позволяет получить достоверную информацию на стадии проектирования и соответственно построить оптимальную систему управления. Что в свою очередь позволит оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем и повысить качество производства.

Л и т е р а т у р а

1. Mynre Marvin, Mac Killop Duncan A. Rubber recycling// Rubber Chemistry and Technology. – 2002. - 75, N 3. – P.429-474.
2. Леонов Д.И., Леонов И.В. Анализ способов измельчения изношенных шин // Машиностроитель. – 1999. - № 8. – С.28-29.

3. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. 2002. 112 с.
4. Former C., Osen E. Stand and Perspektiven des Gummi Recyclings // Kautsch. und Gummi Kunstst. - 2003 – 56, N 3. - С.81-89.
5. Мікульонюк І.О. Основні методи використання гумовмісних відходів // Хімічна промисловість України. – 2001. - №5. - С.53-58.
6. Гуль Е.В., Орловский П.Н., Шохин И. А. Регенерация и другие методы переработки старой резины. – М.: Химия, 1966. - 140с.
7. Дьяконов В. MathCAD 2001: специальный справочник / В.Дьяконов. - СПб.: Питер, 2006. - 832с.
8. Hoffman Dolf D. Verfahren der zerkleinereeng von altreifen // Gummi – Asbest – Kunststoffe. – 1978. – 31. - №3. – S.150-157.
9. Influence of the cerve system on the properties of vulcanizates incorporating whole tyre scrap rubber crumb / Hilyard N.C., Tong S.G., Harrison K. // Plast and Rubber Process and app. – 1983. – V.3. - №4. – P.315-322.
10. Rajalingam P., Baker W.S. // Rubber Chem. a. Technol. – 1992. – Vol.65, №5. - P. 908-916.

References

1. Mynre Marvin, Mac Killop Duncan A. Rubber recycling// Rubber Chemistry and Technology. – 2002. - 75, N 3. – P.429-474.
2. D. I. Leonov I.V. Leonov. Analysis of the methods of grinding used tires // Mashinostroitel. - 1999. - № 8. - p.28-29.
3. Tarasevich Y.Y. Percolation theory, applications, algorithms. 2002. 112 p.
4. Former C., Osen E. Stand and Perspektiven des Gummi Recyclings // Kautsch und Gummi Kunstst. - 2003 – 56, N 3. - p.81-89.
5. Mikulonok I.O. Osnovni methodological vikoristannya gemovmisnih vidhodiv // Himichna promislovist Ukraine. - 2001. - №5. - p.53-58.
6. Gul E.V., Orlov P.N., Shokhin I.A. Regeneration and other methods of processing of old tires. - M.: Chemistry, 1966. – 140p.
7. Dyakonov V. MathCAD 2001: A special handbook / V.Dyakonov. - SP6.: Peter, 2006. - p832.
8. Hoffman Dolf D. Verfahren der zerkleinereeng von altreifen // Gummi – Asbest – Kunststoffe. – 1978. – 31. - №3. – p.150-157.
9. Influence of the cerve system on the properties of vulcanizates incorporating whole tyre scrap rubber crumb / Hilyard N.C., Tong S.G., Harrison K. // Plast and Rubber Process and app. – 1983. – V.3. - №4. – P.315-322.
10. Rajalingam P., Baker W.S. // Rubber Chem. a. Technol. – 1992. – Vol.65, №5. - P. 908-916.

Гаврилюк Ю. В., Фурса О. О., Швачка А.І., РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ МОДИФІКАЦІ ПОДРІБНЕНОГО ВУЛКАНИЗАТУ

Розглянуто технологічні аспекти контролю архітектури гум, що містять подрібнений вулканіза́т (ПВ). Вивчено технологію виготовлення сумішей, що містять модифікований ПВ. Показано, ефективність використання методів контролю і регулювання процесом в цілому. Показана можливість розрахунку варіацій використання вулканізата у складі композитів і умови його розподілу в еластомері.

Ключові слова: подрібнений вулканіза́т; композит; перколяція; кластер; вузли решітки; пропусна здатність.

Gavriluk Y., Fursa O., Shvachka A. CALCULATION OF PROCESS PARAMETERS MODIFICATION CRUSHED VULCANIZATE

Rational use is possible, thanks to the modification of the properties of IP. To ensure a high level of strength properties of new rubbers, pressing problem is how to control the sorption and chemical activity crumb due to its modification.

When using this algorithm, the main design is the correct construction of the technological scheme and the definition of control parameters (parameters that we can change in the course of the process). Application of the proposed method makes it possible to obtain reliable information at the design stage and, accordingly, to build the optimal control system.

Studied the technology of manufacturing of mixtures containing the modified IV. To show the effectiveness of the use of methods of control and regulation of the whole process. The possibility of calculating variations in the use of composites in the composition of the vulcanizate and conditions of its distribution in the elastomer.

Key words: crushed vulcanizate; composite; percolation; cluster; lattice sites; bandwidth.

Фурса Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: yaroslav_dfz@mail.ru.

Гаврилюк Юрій Володимирович – аспірант, кафедри «Інформаційних систем»

Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: yuragavriluk@gmail.com.

Швачка Олександр Іванович – викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: aleksandrshvachka@gmail.com

Рецензент: Суворін О. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 21.01.2015