

Зміна важливих у практичному відношенні властивостей гуми обумовлена утворенням геометричної фазової морфології, параметри якої визначають реалізацію необхідних фізико-механічних властивостей. Науково обґрунтований підхід до розробки оптимального складу гумових сумішей буде базуватися на детальному аналізі впливу інгредієнтів на параметри морфології таких систем

Ключові слова: методика, аналіз, фазова морфологія, гуми

Любые изменения важных в практическом отношении свойств технических резин обусловлен формированием в них фазовой морфологии, параметры которой ответственны за реализацию тех или иных физико-механических характеристик. Следовательно, научно обоснованный подход к разработке резиновых смесей с определёнными свойствами должен базироваться на детальном анализе характера морфологии таких систем, как в процессе формирования, так и в полностью сшитом состоянии

Ключевые слова: методика, анализ, фазовая морфология, резины

It is known that any change of properties of rubber blends for mechanical goods important in usage are stipulated by formation of microheterogeneous structure, the elements of which are responsible for particular physical and mechanical properties. Therefore, a scientific approach to development of rubber blends with certain properties should be based on a detailed analysis of supermolecular organization in such systems both in process of their formation and in completely cured state

Key words:

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФАЗОВОЇ МОРФОЛОГІЇ ГУМИ

Н.М. Євдокименко

Доктор технічних наук, професор, викладач*

А.Ю. Піскорський

Аспірант*

Ю.В. Гаврилук

Студент*

І.В. Бур'ян

Аспірант*

*Кафедра хімії і технології переробки еластомерів
Державний вищий навчальний заклад «Український
Державний хіміко-технологічний університет»

пр. Гагаріна, 8, м. Дніпропетровськ

E-mail: innetis@bigmir.net

Контактний тел.: 8-068-906-36-53

Актуальність проблеми створення еластомерних композицій, в тому числі гум, з заданим комплексом властивостей беззаперечна.

Багаточисельні дослідження останніх років [1] показали певну роль фазової структури в забезпеченні високого рівня властивостей полімерного матеріалу.

Виходячи з того, що, на відміну від інших матеріалів конструкційного призначення, розвиток технології еластомерів обумовлений не тільки підвищенням рівня міцносних властивостей (традиційний підхід для всіх матеріалів конструкційного призначення), але і необхідністю збереження основної властивості гум

– здатності дисипувати механічну енергію, а також з урахуванням принципів відмінностей фізичної природи таких властивостей як міцність та еластичність, геометричну фазову структуру визначили як дисперсне еластичне середовище в якому розподілена дисперсна фаза – галузі, які характеризуються більш високою молекулярною взаємодією [2].

Потенційну міцність матеріалу визначають як величиною міжмолекулярної взаємодії (інтенсивний фактор), так і кількістю зв'язків, які утворюються (екстенсивний фактор). Кількість зв'язків, що утворюються, прямопропорційна сумарній поверхні часток

гетерофази, отже при постійному об'ємі часток гетерофази, кількість зв'язків зростає зворотньопропорційно радіусу часток гетерофази, тобто зменшення розміру часток дозволяє збільшити міцність та еластичність матеріалів [3].

Роботу присвячено розробці методики оцінки параметрів геометричної фази морфології гуми.

Уявимо собі, що процес структуроутворення при вулканізації гуми розвивається неконтрольовано в умовах необмеженого ареалу та необмежених ресурсів в постійному середовищі. Ці припущення носять «модельний» характер. Однак в певній мірі відображають властивості реальних систем.

Зміна кількості вулканізаційних зв'язків $x(t)$ в нашій моделі визначається тільки двома факторами: утворенням зв'язків та їх руйнуванням, тому приріст (або спад) $x(t)$ за проміжок часу від t до $t + \Delta t$ залежить тільки від щільності вулканізаційної сітки та величини . Таким чином,

$$\Delta x = x(t + \Delta t) - x(t) = F(x, \Delta t)$$

Будемо вважати, що $\Phi(x, \Delta t)$ лінійна на Δt при малих Δt : $\Phi(x, \Delta t) = f(x) \Delta t$.

Що стосується функції $f(x)$, то для багатьох систем, які розвиваються в умовах нашої моделі, вона дорівнює різниці $\alpha x - \beta x^2$, де α і β – коефіцієнти процесів структуроутворення та деструкції. Іншими словами вважаємо, що приріст $x(t)$ внаслідок процесу вулканізації, та спад $x(t)$, внаслідок процесу деструкції, в одиницю часу пропорційні щільності (γ) вулканізаційних зв'язків. Таким чином, $\Delta x = (\alpha x - \beta x^2) \Delta t$.

Поділимо на Δt , перейдемо до границі при $\Delta t \rightarrow 0$ і позначимо $\alpha - \beta = \epsilon$, отримаємо диференціальне рівняння:

$$x' = \epsilon x \tag{1}$$

Це рівняння легко проінтегрувати. Нехай $x(t)$ – рішення рівняння (1), яке задовольняє умову $x(t_0) = x_0$. Права частина рівняння (1) задовольняє умові теореми Коши. Таким чином підставимо це рішення в (1) і отримаємо тотожність

$$x'(t) \equiv \epsilon x(t) \text{ або } \frac{1}{x(t)} x'(t) \equiv \epsilon, \text{ або } \frac{d[\ln x(t)]}{dt} \equiv \epsilon, \\ \text{або } \frac{d}{dt} [\ln x(t) - \epsilon t] \equiv 0.$$

Якщо $x(t)$ – рішення рівняння (1), то похідна функції $\ln x(t) - \epsilon t$ тотожно дорівнює нульовому значенню. Отже функція – це стала: $\ln x(t) - \epsilon t = a$.

$$\text{Звідси } x(t) = e^{\epsilon t + a} \\ \text{Позначимо } e^a = c$$

$$x(t) = ce^{\epsilon t} \tag{2}$$

Будь-яке рішення рівняння (1) повинно дорівнювати $ce^{\epsilon t}$ з деяким c . Якщо підставити в (2) початкові дані $x(t_0) = x_0$, знайдемо c , яке відповідає цим умовам: $x_0 = ce^{\epsilon t_0}$, тобто $c = x_0 e^{-\epsilon t_0}$.

$$\text{Таким чином, рішення має вигляд } x(t) = x_0 e^{\epsilon(t-t_0)} \tag{2'}$$

Рішення (2) можна отримати, якщо «поділити змінні» в рівнянні (1), тобто записати його у вигляді $\frac{dx}{x - \epsilon t}$, а потім кожену частину цього рівняння проінтегрувати за своєю змінною.

Інтегральною кривою рішення (2') є експонента (рис. 1).

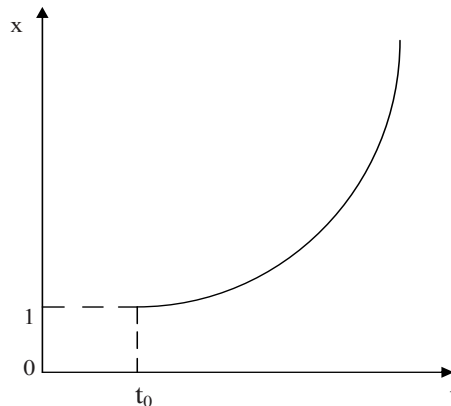


Рис. 1. Інтегральна крива рішення (2')

Побудована модель показує, як міг би розвиватися процес структуроутворення при необмеженій концентрації вулканізуючих агентів.

Рівняння (1) для аналізу кінетичних кривих було отримане в 1803 році Т.Р. Мальтусом. Коефіцієнт приросту тому називають мальтузіанським параметром.

Наступний крок був зроблений в 1845 році П.Ф. Ферхюльстом. Відмовившись від вимог необмеженості ареалу, П.Ф. Ферхюльст врахував вплив зменшення концентрації агентів вулканізації внаслідок реакції зшивання. Цей вплив в моделі П.Ф. Ферхюльста пропорційний квадрату щільності і зменшує приріст в одиницю часу. Таким чином, замість (1) отримаємо

$$x' = \epsilon x - \gamma x^2 \tag{3}$$

де $\epsilon > 0$ має той же зміст, що і у рівнянні (1), а $\gamma > 0$ – коефіцієнт внутрішньовидової конкуренції.

Рівняння (3) запишемо у вигляді

$$x' = \frac{\epsilon}{h} (h - x)x, h = \frac{\epsilon}{\gamma} \tag{4}$$

і функцію $f(x) = \frac{\epsilon(h-x)}{h}$ трактують як новий «коефіцієнт приросту», який тепер залежить від щільності. Рішення цього рівняння з початковою умовою $x(t_0) = x_0$ також легко знайти.

Знайдемо стаціонарні рішення рівняння (3). Для цього потрібно прирівняти до нуля його праву частину: $\epsilon x - \gamma x^2 = 0$. Знайдемо два стаціонарних рішення: $x = 0$ та $x = \frac{\epsilon}{\gamma} = h$.

Звідси можна зробити висновок: будь-яке рішення з початковою умовою $0 < x(t_0) = x_0 < h$ для всіх моментів часу $t \geq t_0$ обмежене знизу нульовим значенням функції та зверху h – максимальне значення функції. В іншому випадку його інтегральній кривій прийшлося б пересіктися з однією із прямих $x = 0$ або $x = h$, що суперечить унікальності рішення, так як через точку пересікання пройшли б дві інтегральні криві.

Далі, так як $0 < x(t_0) < h$, то $(h-x)x > 0$, і тоді із самого рівняння витікає, що $x'(t) > 0$. А це значить, що $x(t)$ зростає. На відміну від експоненти (2) чисельність по-

пуляції за моделлю Ферхюльста хоча й зростає, однак не може перевищити величину h .

Продиференціюємо рівняння і отримаємо

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon \frac{dx}{dt} - 2\gamma x \frac{dx}{dt} = (\varepsilon - 2\gamma x) \frac{dx}{dt}.$$

Так як $x'(t) > 0$, то знак правої частини визначається знаком різниці $\varepsilon - 2\gamma x$. Отже, поки $x < \frac{\varepsilon}{2\gamma} = \frac{h}{2}$, тобто поки $\varepsilon - 2\gamma x > 0$, друга похідна $\frac{d^2x}{dt^2}$ позитивна і як наслідок графік функції $x(t)$ випуклий вниз, якщо $x > \frac{h}{2}$, графік випуклий вгору. Можна показати, що при $t \rightarrow \infty$ графік $x(t)$ знизу асимптотично наближається до прямої $x=h$, але ніколи не перевищує цієї величини.

Проінтегруємо рівняння (3)

$$x(t) = x_0 \frac{h}{(h - x_0)e^{-\varepsilon(t-t_0)} + x_0} \quad (5)$$

Аналізуючи цю функцію можна отримати такі ж висновки, які отримали виходячи з рівняння.

Графік функції нагадує витягнуту букву S. Тому його називають S-подібною кривою (рис. 2)

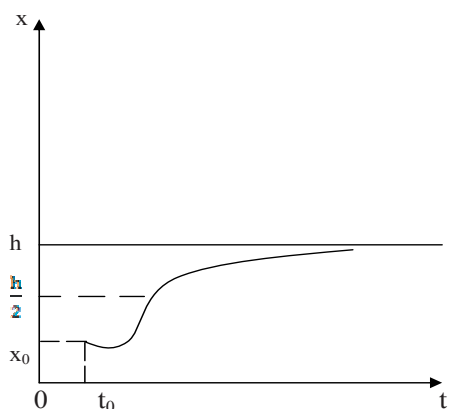


Рис. 2. S-подібна крива

Ця крива близька до експериментальних кривих розвитку багатьох хімічних процесів (рис. 3-5).

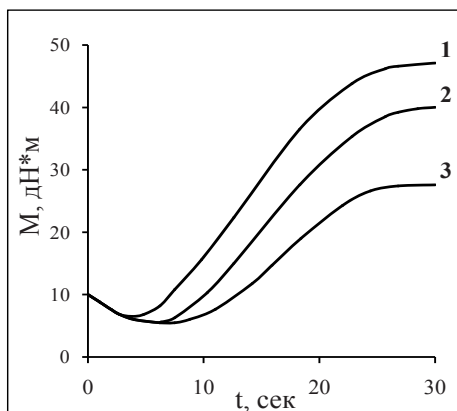


Рис. 3. Кінетичні криві для композицій, що різняться вмістом сірки, мас.ч.:
1 – 5,0; 2 – 2,5; 3 – 1,0

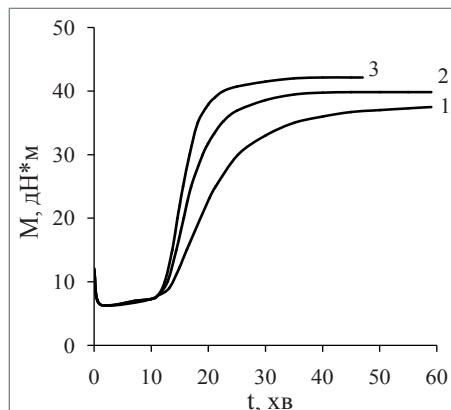


Рис. 4. Кінетичні криві композицій, що різняться вмістом сульфенаміду, мас.ч.:
1 – 0,3; 2 – 0,6; 3 – 0,9

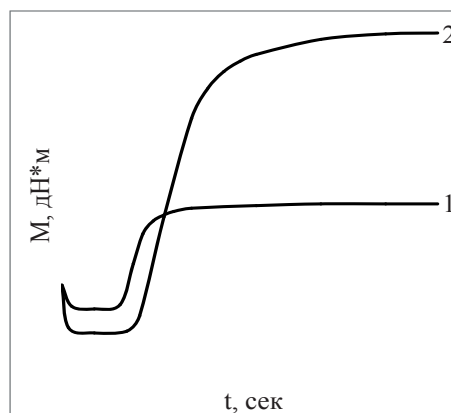


Рис. 5. Кінетичні криві композицій, що різняться вмістом оксиду цинку, мас.ч.:
1 – 0; 2 – 5,0

Побудована модель достатньо точно відображає особливості зростання ступеня зшивання при заданій концентрації агентів вулканізації. Користуючись функцією (5) можемо не тільки прогнозувати ступінь вулканізації в будь-який момент часу, але і передбачати максимальну ступінь зшивання, теоретично можливу за даних умов.

Наведені кінетичні криві зручні для математичної формалізації моделі П.Ф. Ферхюльста. При умові $t \rightarrow \infty \quad h \rightarrow M_H - M_L$, з іншого боку $M_H - M_L = \frac{V}{\gamma}$. Таким чином $\gamma = \frac{V}{M_H - M_L}$.

Виходячи з того, що за своїми властивостями гуми відповідають матричним структурам, що складаються з еластичних елементів та елементів з високою міцністю.

Міцність забезпечують хімічні зв'язки. Кількість центрів де утворюються зв'язки (отже кількість часток гетерофази) визначаємо графічно (рис. 6) за кінетичними кривими (рис. 3-5).

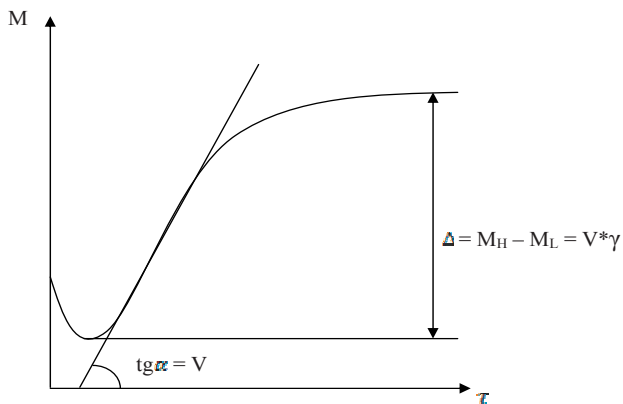


Рис. 6. Модель Ферхюльста

Розроблені математичні моделі узгоджені з відомими експериментальними даними, мають велике практичне значення – дозволяють визначити вплив кожного компоненту гуми на її властивості.

Література

1. Баранец И.В. Принципы формирования фазовой структуры, необходимые для усиления композиции// Сборник Rubber-94. - 1994. - Т.3. - С.241-248.
2. Гулдах Х., Табочкин Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч2/ Пер. с англ. - М.: Мир. - 1990. - 400с.
3. Кухарь В.П. Влияние добавок ПАВ на деформационные свойства полиэпоксидов, наполненных каучуков// Высокмолекулярные соединения. Серия Б. - 1976. - XVIII. - №5. -С.301.

□ □

Показана можливість погодженого збудження мм коливаний в резонаторі з допомогою \vec{E} - поляризованої решітки, розташованої в розкриві рупорного випромінювача

Резонатор, дифракційна решітка, рупорні випромінювачі

□ ————— □

Показана возможность согласованного возбуждения мм колебаний в резонаторе с помощью \vec{E} - поляризованной решетки, расположенной в раскрыве рупорного излучателя

□ ————— □

Possibility of the concerted excitation of mm of vibrations is rotined in a resonator with a help \vec{E} - the polarized grate, located in raskryve of feedhorn

Resonator, diffraction grate, feedhorns

□ □

УДК 631.371

ВОЗБУЖДЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ В ПРИЗМАТИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ РУПОРНЫМИ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ С \vec{E} -ПОЛЯРИЗОВАННОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКОЙ

П.В. Потапский

Л.Н. Михайлова

Подольский государственный аграрно-технический университет

Постановка проблемы

Для угнетения вредных микроорганизмов в шерсти перед ее классировкой необходима величина мощности в резонаторе с шерстью около 500 Вт. Накопить такую мощность в резонаторной системе с шерстью

можно лишь при согласованном возбуждении мм колебаний в резонаторе.

В связи с этим возникает необходимость рассмотреть задачу по размещению \vec{E} - поляризованной дифракционной решетке в раскрывах рупорных излучателей.