

I. Добротвор

(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя)

ПАРАМЕТРИ ДИНАМІКИ СТРУКТУР ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ

Дослідження зовнішніх поверхневих шарів (ЗПШ) дисперсних часток наповнювачів епоксикомпозитів (ЕК) в процесі тверднення показало, що аналітичне представлення радіального поширення ЗПШ може бути записане у виді:

$$y(t) = q_0 + q_1 e^{-\alpha t} + q_2 e^{-\beta t} \sin(\gamma t + \varphi), \quad (1)$$

q_0, q_1, q_2 – деякі сталі. Параметри $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma$ та φ визначаються із графічного представлення дослідних даних замірів протяжності ЗПШ, функціонально залежних від часу, виходячи із фізичного змісту коливної складової процесу (1) та аналітичних особливостей локалізації точок екстремуму та перегину гладкої функції $y(t)$ на кожному із етапів формування ЗПШ вздовж вибраних магістральних ліній, що починаються в центрі дисперсної частки і мають своє продовження в деякому її околі в об'ємі в'язучого. Величину γ оцінюємо, обчислюючи $T = 1/\gamma$ – період $\text{sign}(y'(t))$ – похідної $y(t)$ для значень змінної t із деякого часового проміжку $t > t_0 > 0$, або ж для зовнішності деякого околу точки, яку ми вибираємо за початкову (центр дисперсної частки) $r > R_0 > 0$, такого, де вплив інерційної складової майже не впливає на характер монотонності $y(t)$. Параметр φ обчислюємо, знаючи частку φ/γ – зміщення локальних максимумів процесу $y(t)$ від точок виду $T(\pi/2 + 2k\pi)$, k – ціле число, або ж локальних мінімумів $y(t)$ від часових точок $T(3\pi/2 + 2k\pi)$, або ж для аналогічних зміщень відповідно кінців (початків) додатних проміжків $\text{sign}(y'(t))$ даного процесу. Диференціюючи (1), після перепозначень першої та другої складової швидкості поширення ЗПШ, отримуємо:

$$y'(t) = -q_1 \alpha e^{-\alpha t} + \frac{q_2}{\sqrt{\gamma^2 + \beta^2}} e^{-\beta t} \sin(\gamma t + \varphi + \theta) = \text{del}(t) + \text{osc}(t), \quad (2)$$

де експоненціальна складова $\text{del}(t)$ носить швидко затухаючий характер функції Дірака і є відзивом на початок структуроутворення ЗПШ, а коливна $\text{osc}(t)$ є відгуком на релаксаційні повільно затухаючі процеси в об'ємі КМ. У формулі (2) маємо: $\theta = -\arctg(\gamma/\beta)$, таким чином параметр θ ми маємо змогу обчислити із частки $(\varphi + \theta)/\gamma$, яка визначається як зміщення максимумів похідної $y'(t)$ від часових точок виду $2\pi k$, або ж мінімумів від точок $\pi(1 + 2k)$, k – ціле число, тобто по початках (кінцях) додатних проміжків $\text{sign}(y''(t))$ даного процесу. Звідси отримуємо: $\beta = -\gamma \text{ctg} \theta$.

Отримані коливні складові дають змогу обчислити решту параметрів аналітичного виразу (1). Перетворимо представлення процесу (1) до вигляду:

$$(y(t) - q_0) e^{\beta t} = q_1 e^{(\beta - \alpha)t} + c(t), \quad (3)$$

де $c(t) = q_2 \sin(\gamma t + \varphi)$ – обмежена функція для значень t , що належать проміжку між першими екстремумами, починаючи із T_0 , процесу $y(t)$, а фактично лише коливної складової $y(t)$. Після відповідних перепозначень у (3) здійснюємо наближення виразу у правій частині:

$$z(t) = s_0 + s_1 e^{s_2 t}, \quad (4)$$

так щоб мінімізувати відхилення між правими частинами (3) і (4). Тоді $\beta - \alpha = s_2$, звідки отримуємо α . Отримані оцінки параметрів α, β, γ та φ представлення (1) процесу поширення ЗПШ, обчислюємо q_0, q_1 та q_2 , що реалізують регресію даних експерименту на одному вибраному етапі процесу.