

Маскайкіна Л.М., студ.; Боровик О.В., студ.; Шпак Д.Ю., к.т.н., доц.;
Шидловський М.С., к.т.н., доц.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЗУЧОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПЛАСТМАС ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИНЦИПУ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВОЇ АНАЛОГІЇ

Конструкційні пластмаси, як і інші полімерні матеріали, є чутливими до температур. Окрім впливу на характеристики міцності (границя міцності, границя текучості або границя вимушеної еластичності), температурний фактор суттєво впливає на процес розвитку деформацій повзучості, зокрема на швидкість останньої.

Однією з важливих задач механіки полімерних та композиційних матеріалів є прогнозування довготривалого процесу повзучості за результатами короточасних випробувань. Це дає можливість, не застосовуючи довготривалих експериментів, провести аналогічні випробування на повзучість за короткий час. При цьому виникає необхідність якимось чином активізувати процес повзучості без зміни механізму самого процесу. Фактором, що приводить до цього, служить температура.

При підвищеній температурі зростає рухомість макромолекул полімеру і зменшується час релаксації. Виходячи з цього, одне з формулювань принципу температурно-часової аналогії (ТЧА) є таким: вплив часового фактору та температури на властивість в'язко-пружних матеріалів еквівалентна.

Використовуючи цей принцип, можна здійснити екстраполяцію від малих до великих часів релаксації, що істотно скорочує час експерименту. Екстраполяція зводиться до того, що експериментальні криві релаксації (або повзучості), одержані при різних температурах, зсуваються горизонтальним переносом їх вздовж осі логарифму часу на деяку величину $\ln a_T$ до одержання єдиної узагальненої кривої.

Для багатьох полімерів ця залежність може бути апроксимована рівнянням:

$$\ln a_T = \frac{a(T - T_0)}{b + (T - T_0)},$$

Цей вираз одержав назву рівняння Вільямса-Ландела-Фері.

Використання принципу ТЧА дозволяє прогнозувати зміну деформаційних властивостей полімерів на тривалі строки (до декількох років) за результатами нетривалих випробувань.

За допомогою спеціально розробленої експериментальної установки побудовані криві повзучості найбільш розповсюджених конструкційних полімерів, таких як поліетилен, полівінілхлорид, полікарбонат, поліетилентерефталат та інших матеріалів.

Підібрано коефіцієнти рівняння Вільямса-Ландела-Фері та побудовані узагальнені криві повзучості, що дає можливість здійснювати прогноз процесу повзучості на декілька років. Зіставлені результати прогнозу з даними довготривалих (до 1 року) експериментів. Відносна похибка не перевищувала 5%.

Для аналітичного опису отриманих кривих повзучості було використано експоненційне рівняння, що відповідає узагальненій моделі Кельвіна-Фойгта.

Для більш точної апроксимації експериментальних результатів використовували інтегральне рівняння на основі лінійної спадкової теорії Больцмана-Вольтерра. Ядро зазначеного рівняння приймали у вигляді дрібно-експоненціальної функції Ю.Н.Работнова з використанням М.І.Розовського.