

Формула винаходу

Спосіб визначення фізико-механичних характеристик матеріалів, **який полягає** у тому, що досліджуваний зразок матеріалу нагрівають (охолоджують) з одночасною реєстрацією виниклих деформацій в залежності від зміни температури, за вимірними значеннями деформацій обчислюють контактний тиски, а далі за наперед відомими математичними залежностями визначають коефіцієнт лінійного температурного розширення, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу, **відрізняється тим**, що зразки досліджуваного матеріалу виготовляють у формі сполучних деталей, напружено-деформований стан в яких і в реальних конструкціях описувались би одними і тими ж рівняннями, в кількості, необхідній для того, щоб складені рівняння були лінійно незалежні, з'єднують з іншими пробними матеріалами, характеристики яких добре вивчені і відрізняються від відповідних характеристик досліджуваного матеріалу, а потім поміщають у термокамеру, проводять східчасту зміну температури і визначають шукані характеристики після кожної зміни температури.

Спосіб визначення фізико-механичних характеристик матеріалів по п.1 відрізняється тим, що вимірювання проводять багатократно, а у математичні залежності враховують середнє значення результатів вимірювань.

Проректор з наукової роботи

Параска Г.Б.

Спосіб визначення фізико-механичних характеристик матеріалів

Винахід відноситься до області досліджень фізико-механичних властивостей матеріалів, зокрема нових матеріалів з недостатньо вивченими властивостями, фізико-механічні характеристики яких мають значний розкид, наприклад полімерних та композитних матеріалів.

Відомий спосіб [1] визначення теплофізичних і фізико-механичних характеристик ізотропних еластомірних матеріалів, який може бути використаний для визначення коефіцієнта лінійного температурного розширення, коефіцієнта Пуассона і модуля пружності ізотропного еластомірного матеріалу, в якому за один цикл для визначення вказаних характеристик зразок поміщають у термостатичну комірку з діаметром, більшим за діаметр зразку, і вимірюють відносну зміну його висоти в залежності від зміни температури. Далі після досягнення боковою поверхнею зразка бокових стінок термостатичної комірки вимірюють відносну зміну висоти зразка в залежності від зміни температури і т.д. Після заповнення всього об'єму комірки фіксують зміну тиску у ній в залежності від зміни температури, після чого розраховують коефіцієнт лінійного температурного розширення, коефіцієнт Пуассона і модуль пружності матеріалу зразка.

Недоліком способу є те, що визначені значення фізико-механичних характеристик для зразку і реальної конструкції можуть суттєво різнитись, а для полімерних композитних матеріалів, які існують лише у вигляді певної конструкції, спосіб взагалі не може бути застосований. Крім того, вказаним способом визначення фізико-механичних характеристик не можливо провести при від'ємних експлуатаційних температурах.

Завданням запропонованого винаходу є підвищення точності одночасного визначення фізико-механичних характеристик (коефіцієнта лінійного температурного розширення, коефіцієнта Пуассона і модуля пружності) матеріалів, а також їх визначення при від'ємних температурах, коли інші методи не можуть бути застосовані.

Завдання досягається тим, що досліджуваний зразок матеріалу нагрівають (охолоджують) з одночасною реєстрацією виниклих деформацій в залежності від зміни температури, за вимірними значеннями деформацій обчислюють контактний тиски, а далі за наперед відомими математичними залежностями визначають коефіцієнт лінійного температурного розширення, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу.

Значення параметрів, які ідентифікуються, вважають у розрахунковій моделі невідомими. Значення же тих параметрів пробних конструкцій, які добре відомі або можуть

бути виміряні достатньо точно експериментальними способами в реальних умовах функціонування виробів, а також характеристики пробних матеріалів і геометричні розміри конструкцій пропонується підставляти в ту ж модель в якості вхідної інформації.

Зразки досліджуваного матеріалу виготовляють у формі сполучних деталей, напружено-деформований стан в яких і в реальних конструкціях описувались би одними і тими ж рівняннями, з'єднують з іншими пробними матеріалами, характеристики яких добре вивчені і відрізняються від відповідних характеристик досліджуваного матеріалу. Виготовляючи певну кількість пробних зразків із значеннями фізико-механічних характеристик, які задаються таким чином, щоб вимірювальні величини деформації відрізнялись і рівняння не були тотожними, на базі прийнятої розрахункової моделі записують таку кількість лінійно-незалежних рівнянь відносно ідентифікованих параметрів, яка необхідна для їх визначення. Далі зразки поміщають у термокамеру, проводять східчасту зміну температури і визначають шукані характеристики після кожної зміни температури.

Приклад виконання. Для визначення при різних від'ємних температурах коефіцієнта лінійного температурного розширення (КЛТР), модуля пружності і коефіцієнта Пуассона компаунда, що герметизує і оточує керамічний циліндричний резистор в конструкції герметизований електронний елемент – герметик, було виготовлено двошарові циліндричні конструкції «пробний матеріал - компаунд» (рис. 1), обираючи в якості пробного матеріалу мідь або сталь.

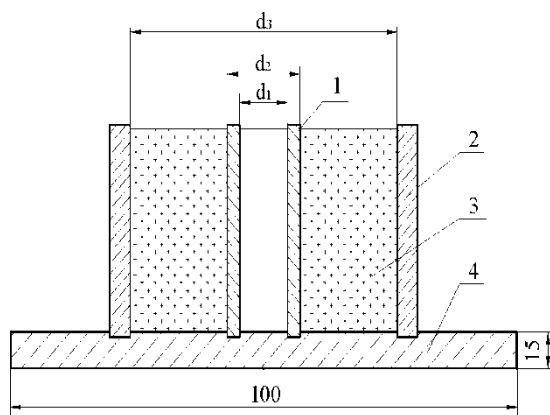


Рис. 1. Схема пристосування для визначення фізико-механічних характеристик компаунда:

- 1 - полий мідний циліндр;**
- 2 - полий сталевий циліндр;**
- 3 - компаунд;**
- 4 - опорна пластина.**

В цих конструкціях на границі розділу матеріалів при перепаді температури виникав контактний тиск. За умови відомих радіальних розмірів конструкцій за визначеними експериментально значеннями деформацій знайшли величину контактної тиску, значення якого підставили у розрахункову модель в якості вхідної інформації. Для визначення коефіцієнта лінійного температурного розширення (КЛТР), модуля пружності і коефіцієнта Пуассона компаунда було виготовлено три зразки з різними наборами значень всієї сукупності первинних факторів і виміряні відповідні їм значення контактних тисків, а далі розв'язана система трьох лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) відносно невідомих χ_1 , χ_2 , α_2 .

$$P_i B_i \chi_2 - P_i \chi_1 + \alpha_2 \Delta t = -(E_i - C_i D_i) P_i + \alpha_{1i} \Delta t, \quad i=1,2,3, \quad (2)$$

де $B = R_3^2 / (R_3^2 - R_2^2)$, $C = (2 - \mu_1) / E_1$, $D = R_1^2 / (R_2^2 - R_1^2)$, $E = (1 - 2\mu_2) / E_1$, $\chi_1 = (1 - 2\mu_2) / E_2$, $\chi_2 = (2 - \mu_2) / E_2$, P - контактний тиск між виробом і герметиком, α_1 , α_2 - КЛТР матеріалу виробу і компаунда, відповідно; E_1 , E_2 - їх модулі пружності, μ_1 , μ_2 - їх коефіцієнти Пуассона, R_1 , R_2 , R_3 - внутрішній і зовнішній радіуси виробу та зовнішній радіус компаунда відповідно, а індекси коефіцієнтів B_i , C_i , D_i , E_i і контактного тиску P_i відповідають номеру вектора параметрів $\bar{x}_i = \{\alpha_{1i}, \mu_{1i}, E_{1i}, R_{1i}, R_{2i}, R_{3i}\}$ i -го пробного зразка ($i=1,2,3$). Коефіцієнти α_1 , μ_1 , E_1 вважаються відомими.

Результати визначення фізико-механічних характеристик компаунда в діапазоні -60°C...-20°C представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення фізико-механічних характеристик компаунду

| Температурний діапазон | Модуль Юнга E, Н/мм ² ·10 ⁴ | Коефіцієнт Пуассона, μ | КЛТР α , 1/град ·10 ⁻⁶ |
|------------------------|---|----------------------------|--|
| -20°C...-30°C | 1,24 | 0,29 | 44,99 |
| -30°C...-40°C | 1,21 | 0,31 | 43,03 |
| -40°C...-50°C | 1,21 | 0,32 | 42,61 |
| -50°C...-60°C | 1,20 | 0,33 | 42,07 |

Визначивши фізико-механічні характеристики компаунда, аналогічно можна визначити фізико-механічні характеристики кераміки резисторів.

Переваги способу. Запропонований спосіб дозволяє одночасно ідентифікувати коефіцієнт лінійного температурного розширення (КЛТР), модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу, підвищити точність визначення фізико-механічних характеристик матеріалів із мало вивченими властивостями, а також визначити ці характеристики при від'ємних температурах, при яких інші способи не можуть бути застосовані.

Проректор з наукової роботи

Параска Г.Б.

Джерела інформації

- [1] Патент 1390527 A1 SU G01N3/08, 25/00. Г.М. Шишков, В.М. Виноградов, В.Н. Мымрин. Способ определения теплофизических и физико-механических характеристик изотропных эластомерных материалов. Бюл.№13, 1986г.

РЕФЕРАТ

Спосіб визначення фізико-механічних характеристик

Винахід відноситься до області досліджень фізико-механічних властивостей матеріалів, зокрема нових матеріалів з недостатньо вивченими властивостями, фізико-механічні характеристики яких мають значний розкид, наприклад полімерних та композитних матеріалів.

Запропоновано спосіб визначення фізико-механічних характеристик, а саме коефіцієнта лінійного температурного розширення, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона матеріалу. Спосіб полягає у тому, що досліджуваний матеріал з'єднують із іншими пробними матеріалами, характеристики яких добре вивчені і відрізняються від відповідних характеристик досліджуваного матеріалу, при цьому форми деталей, що сполучаються, мають бути такими, щоб напружено-деформівний стан у досліджуваних зразках і в реальних конструкціях описувались одними і тими ж рівняннями. Для визначення фізико-механічних характеристик значення параметрів, які ідентифікуються, вважають у розрахунковій моделі невідомими. Значення же тих параметрів пробних конструкцій, які добре відомі або можуть бути виміряні достатньо точно експериментальними способами в реальних умовах функціонування виробів, а також характеристики пробних матеріалів і геометричні розміри конструкцій пропонується підставляти в ту ж модель в якості вхідної інформації. Виготовляючи певну кількість пробних зразків із значеннями фізико-механічних характеристик, які задаються таким чином, щоб вимірювальні величини деформації відрізнялись і рівняння не були тотожними, можна на базі прийнятої розрахункової моделі записати таку кількість лінійно-незалежних рівнянь відносно ідентифікованих параметрів, яка необхідна для їх визначення. Після східчастого нагріву (охолодження) досліджуваних зразків у термокамері з одночасною реєстрацією виниклих деформацій обчислюють контактній тиски, а далі за наперед відомими математичними залежностями визначають коефіцієнт лінійного температурного розширення, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона матеріалу.