



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98835** (13) **U**
(51) МПК
G01N 25/16 (2006.01)

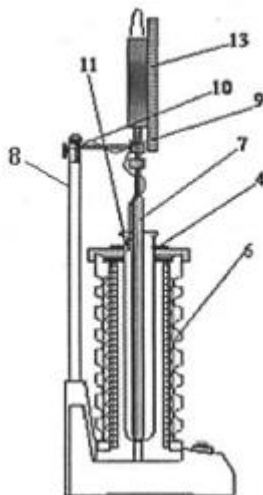
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 12299	(72) Винахідник(и): Свідерський Владислав Петрович (UA), Яремчук Василь Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.11.2014	(73) Власник(и): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.05.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2015, Бюл.№ 9	

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЛІНІЙНОГО ТЕПЛОГО РОЗШИРЕННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ

(57) Реферат:

Установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл містить індикатор годинникового типу, захисний кожух, корпус, прокладку, скляну пробірку, нагрівач, досліджуваний зразок, стояк, кронштейн, гвинт, кришку, шток, рухома поворотну шкалу, індикаторну лампу, кнопку вимикача. Установка оснащена пристроєм для термостатування DigiCOP, який з'єднаний з нагрівачем, важільно-зубчасту вимірювальну головку з ціною поділки 0,002 мм та діапазоном вимірювань 0-2 мм, встановлену на штоку, що виконаний з можливістю переміщення у вертикальній площині вгору чи вниз.



UA 98835 U

Корисна модель належить до установок для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл і може бути використана у компресоробудуванні, автомобільній галузі та загальному машинобудуванні для дослідження теплового розширення матеріалів, а також у навчальному процесі.

5 До прикладу, при використанні ущільнюючих елементів з неметалевих матеріалів у компресорах, які працюють без змащення, необхідно детально визначати та розраховувати теплові зазори в ущільненнях. Інакше, при роботі компресора, ущільнення в результаті теплового розширення може вийти з ладу [1].

10 Відома установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення (КЛТР) твердих тіл [2], із незначним розширенням, і яка використовується у коксохімічній та скляній галузях промисловості, де діапазон вимірювання КЛТР становить $2 \cdot 10^{-8}$ - $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Також відома установка ДКТ-40 для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення зразків вуглецевих матеріалів діапазоном температур 20-600 °С [3], яка має діапазон вимірювання КЛТР $(0,5-15) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

15 Недолік цих установок полягає в тому, що область їх застосування обмежена діапазоном вимірювання КЛТР.

Відома установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення композиційного матеріалу [4]. Недоліком цієї установки є те, що вона застосовується для вимірювання КЛТР листового композиційного матеріалу у порівнянні із зразком листового металевого еталонного матеріалу, з відомим коефіцієнтом лінійного теплового розширення. Однак, виготовлення листових композиційних матеріалів однакової щільності, а особливо композиційних матеріалів на основі фторопласта-4, є досить складною та пов'язаною зі значними труднощами технологічною задачею [5]. Асортимент виготовлення таких матеріалів, в основному представлений у вигляді втулок або стрижнів.

25 Більш універсальною є установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл, яка вибрана за прототип. До складу цієї установки входять: індикатор годинникового типу; захисний кожух; корпус; прокладка; скляна пробірка; нагрівач; досліджуваний зразок; стійка; кронштейн; гвинт; кришка; шток; рухома поворотна шкала; індикаторна лампа; кнопка вимикача [6].

30 Твердотільний досліджуваний зразок нагрівають у воді, що залита у скляну пробірку. Зміна довжини нагрітого зразка порівняно з його початковою довжиною (при кімнатній температурі) вимірюється індикатором годинникового типу, який має рухомий шток, що переміщується у вертикальній площині вгору чи вниз. Прилад складається з корпусу, всередині захисного кожуха якого встановлений нагрівач. При проведенні дослідів у нагрівач через прокладку та отвір у кришці приладу вводять скляну пробірку зі стрижнем. На корпусі приладу встановлений стояк з кронштейном, який може повертатися навколо осі на 90°. Кронштейн фіксується за допомогою гвинта.

Установка для визначення коефіцієнта лінійного розширення [6] має наступні недоліки:

40 а) у зв'язку з відсутнім термостатуванням зразка її застосовують, переважно для визначення середнього коефіцієнта лінійного розширення ізотропних речовин - металів;

б) зміна довжини нагрітого зразка порівняно з його початковою довжиною (при кімнатній температурі) вимірюється індикатором годинникового типу з ціною поділки шкали 0,01 мм, що недостатньо для точного вимірювання, особливо у випадку малих значень КЛТР.

45 Задачею корисної моделі є розширення функціональних можливостей та підвищення точності вимірювання, яка вирішується тим, що установка оснащена пристроєм термостатування DigiCOP і рідиною для охолодження "Тосол А-40" (температура кипіння якого 120 °С) [7], і яка на 4/5 заповнює скляну пробірку з досліджуваним зразком та дозволяє забезпечити його рівномірний нагрів до 100 °С, а більш точне визначення зміни довжини нагрітого зразка порівняно з його початковою довжиною (при кімнатній температурі) досягається за рахунок заміни індикатора годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм на важільно-зубчасту головку 2МИГ з ціною поділки 0,002 мм.

Нами розроблено удосконалену експериментальну установку для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення з достатньо високою точністю твердих тіл - як металів, так і неметалів.

55 Технічна характеристика цифрового терморегулятора DigiCOP: точність вимірювання температури - 0,1 °С, точність її відображення - 0,1 °С, діапазон вимірювань температури - від -55 °С до +125 °С, робоча напруга - 140-250 В, максимальний струм навантаження - 10 А.

60 На Фіг. 1 та 2 зображена установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл, де: 1 - важільно-зубчаста головка; 2 - захисний кожух; 3 - корпус; 4 - прокладка; 5 - пробірка; 6 - нагрівач; 7 - досліджуваний зразок; 8 - стояк; 9 - кронштейн; 10 -

гвинт; 11 - кришка; 12 - шток; 13 - рухома поворотна шкала; 14 - індикаторна лампа; 15 - кнопка вимикача; 16 - пристрій для термостатування; 17 - термопара.

Твердотільний досліджуваний зразок 7, що заходиться у скляній пробірці 5, нагрівають у рідині для охолодження "Тосол А-40" (з температурою кипіння 120 °С) до температури 100 °С. Після цього, за допомогою пристрою для термостатування DigiCOP 16, з термопарою 17, зразок витримують при цій температурі протягом п'яти хвилин. Зміну довжини нагрітого зразка порівняно з його початковою довжиною (при кімнатній температурі) вимірюється за допомогою важільно-зубчастої головки 2МИГ з ціною поділки 0,002 мм і діапазоном вимірювань 0-2 мм, з рухомих штоком 12, що може переміщатися у вертикальній площині. Прилад складається з корпусу 3, всередині захисного кожуха 2 якого знаходиться нагрівач 6, який з'єднано з пристроєм для термостатування 16. При виконанні дослідів у нагрівач через прокладку 4 та отвір у кришці приладу 11 вводять скляну пробірку 5 з досліджуваним стрижнем 7. На корпусі приладу встановлена стояк 8 з кронштейном 9, який може повертатися навколо своєї осі на 90° градусів. Кронштейн фіксують гвинтом 10.

Ступінь розширення твердого тіла визначається коефіцієнтом лінійного теплового розширення.

Коефіцієнт лінійного теплового розширення α чисельно дорівнює відносній зміні лінійних розмірів тіла $\frac{\Delta L}{L}$, зумовленій зміною його температури на 1 К:

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta L}{L} \cdot \frac{1}{\Delta T} \quad (1)$$

Оскільки $\alpha = f(T)$, то формула (1) дозволяє визначити тільки середнє значення α для заданого інтервалу зміни температури ΔT .

Коефіцієнт лінійного теплового розширення при заданій температурі T , визначений для безмежно малого інтервалу температури dT , називають істинним:

$$\alpha_i = \frac{dL}{L} \cdot \frac{1}{dT} \quad (2)$$

Розв'язок диференціального рівняння (2) має вигляд: $\ln L = \alpha T + C$. Константу інтегрування C знаходимо з початкових умов, коли $T = 0, C = \ln L_0$.

Отже, основне рівняння залежності довжини твердих тіл від температури має вигляд:

$$L = L_0 e^{\alpha T}, \quad (3)$$

де L - довжина тіла за температури T ; L_0 - довжина тіла за абсолютного нуля температури. Експериментально встановлено, що коефіцієнт α не є постійною величиною, а є функцією температури, що особливо помітно за її низьких значень.

З рівняння (3) зрозуміло, що зі зміною температури довжина тіла змінюється за експоненціальним законом. Однак на практиці частіше всього використовують наближену формулу, яку одержують при розкладанні виразу $e^{\alpha T}$ в ряд.

При $\alpha T \ll 1$, маємо: $e^{\alpha T} = 1 + \alpha T + \dots$.

Нехтуючи членами із степенями вище перших за температурою, отримаємо наступний вираз:

$$L = L_0(1 + \alpha T).$$

Оскільки довжина досліджуваного тіла L_0 за абсолютного нуля практично не може бути визначена, то зручно, використовуючи експоненціальний закон, знайти довжину тіла L_1 та L_2 за довільних температур: $L_1 = L_0 e^{\alpha T_1}$ та $L_2 = L_0 e^{\alpha T_2}$, звідки випливає, що $L_2 = L_1 e^{\bar{\alpha} \Delta T}$ або наближено:

$$L_2 = L_1(1 + \bar{\alpha} \Delta T), \quad (4)$$

де $\bar{\alpha}$ - середній коефіцієнт лінійного розширення тіла в інтервалі температури ΔT .

На практиці, частіше за величину T_1 приймають температуру танення льоду при нормальних умовах, тобто 273,15 К (або $t=0$ °С), а за L_1 - відповідно довжину тіла L_0 при температурі T_1 . Тоді довжина тіла L за будь-якої температури t (за шкалою Цельсія) може бути визначена за допомогою рівняння:

$$L = L_0(1 + \bar{\alpha} t). \quad (5)$$

Встановивши експериментально $\bar{\alpha}$ будь-якого заданого твердого тіла, можна на основі закону Гука розрахувати деформації та напруження, які виникають у деталях та конструкціях при їх тепловому розширенні. Оскільки $\bar{\alpha}$ залежить від температури T , то в багатьох практично важливих випадках виникає потреба експериментально дослідити цю залежність.

Приклад визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення за допомогою установки

1. Пробірки з комплексу приладу наповнюють рідиною для охолодження "Тосол А-40" на 4/5 їх об'єму (за кімнатної температури) і опускають у кожну з них досліджуваний стрижень, сферичним кінцем донизу, після чого лабораторним термометром вимірюють температуру води t_1 .

2. У кронштейн 9 встановлюють важільно-зубчасту головку 2МИГ і повертають її на чверть обороту в бік, до упору. Пробірку з досліджуваним стрижнем через гумову прокладку 4 та отвір у кришці приладу 11 вносять у нагрівач. Після цього встановлюють у пробірку термометр 17.

3. Відтягують шток важільно-зубчастої головки і встановлюють її над пробіркою, повертаючи кронштейн до упору у протилежному напрямі. Опускають шток у заглиблення на торці стрижня, фіксуючи кронштейн гвинтом.

4. За допомогою рухомої поворотної шкали важільно-зубчастої головки 13, встановлюють стрілку на нульову поділку. Після цього вмикають прилад в електромережу (світиться індикаторна лампа 14).

5. Зміну довжини зразка ΔL визначають за відхиленням стрілки важільно-зубчастої головки від початкового положення, після термостатування зразка при температурі 100 °С протягом п'яти хвилин. Для більш правильного визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення ($\bar{\alpha}$) виконують 3-5 відліків з точністю до половини ціни поділки шкали важільно-зубчастої головки 2МИГ (1 мкм).

6. Кнопкою вимикача 15 вимикають живлення приладу, виймають нагріту пробірку із зразком. Повторюють операції пп. 1-5 для іншого зразка, а результати вимірювань заносять у таблицю.

Обробка результатів

1. Після закінчення роботи з приладом визначають чисельне значення коефіцієнта лінійного теплового розширення зразка за формулою:

$$\alpha_i = \frac{L_2 - L_1}{L_1(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\Delta L}{L_1(t_2 - t_1)}, \quad (6)$$

де t_1 та t_2 - початкова та кінцева температура тіла, °С; L_1 та L_2 - довжина тіла, що відповідає цим температурам, мм; ΔL - зміна довжини тіла, мм.

2. Визначають вибіркове середнє значення коефіцієнта лінійного теплового розширення зразків:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}, \quad (7)$$

де α_i - відповідний коефіцієнт лінійного теплового розширення за даними одного заміру; n - кількість замірів.

3. Знаходять вибіркочну дисперсію і середнє квадратичне відхилення коефіцієнта лінійного теплового розширення:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2, \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (8, a)$$

4. Визначають вибірковий коефіцієнт варіації:

$$\gamma = \frac{\sigma}{\bar{\alpha}} \cdot 100\%. \quad (9)$$

Приклад 1. Визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення металевого зразка із застосуванням установки за корисною моделлю. Стрижень (сталь 45) довжиною $L=160$ мм, встановлюють у скляну пробірку, на 4/5 наповнену рідиною "Тосол А-40", при температурі $t_1=20$ °С.

Результати п'яти дослідів наведені у таблиці 1.

Таблица 1

Експериментальні та розрахункові дані

№ з/п	$\Delta L_i, \text{ мм}$	$\alpha_i, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\bar{\alpha}, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\sigma^2, \times 10^{-12}, 1/\text{K}$	$\sigma, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\gamma, \%$
1	0,15	11,72	11,95	0,1217	0,349	2,92
2	0,15	11,72				
3	0,16	12,50				
4	0,155	12,11				
5	0,15	11,72				

У техніці, як ущільнюючі елементи компресорів і насосів широко застосовують матеріали на основі фторопласта-4 [8]. Технологічною особливістю виготовлення заготовок антифрикційних деталей на його основі є те, що наявна оснастка дозволяє отримувати вироби довжиною, що не перевищують 80 мм. У зв'язку з цим, для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення таких матеріалів пропонується досліджувати стрижні довжиною 75 мм, які встановлюються сферичним кінцем донизу, у скляну пробірку відповідної довжини.

Приклад 2. Визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення полімерного антифрикційного матеріалу Ф4УВ20 [8] із застосуванням установки за корисною моделлю. Результати п'яти дослідів наведено у таблиці 2.

Таблица 2

Експериментальні та розрахункові дані

№ з/п	$\Delta L_i, \text{ мм}$	$\alpha_i, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\bar{\alpha}, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\sigma^2, \times 10^{-12}, 1/\text{K}$	$\sigma, \times 10^{-6}, 1/\text{K}$	$\gamma, \%$
1	0,861	67,3	66,94	0,608	0,780	1,16
2	0,845	66,0				
3	0,870	68,0				
4	0,850	66,4				
5	0,858	67,0				

Таким чином, удосконалена експериментальна установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл дає можливість виконувати їх дослідження, включно, як для металів, так і неметалів, причому точність досліджень зростає для металевого зразка (сталь 45) і антифрикційного полімеру Ф4УВ20 відповідно, у 1,92 та 3,16 рази.

Джерела інформації:

1. Поршневые компрессоры / Б.С. Фотин, И.Б. Пирумов, И.К. Прилуцкий, П.И. Пластинин. - Л.: Машиностроение, 1987.-372 с.

2. Пат. № 2089890 Российская Федерация, МПК G01N25/16, МПК G01D9/02. Итерференционный dilatometer для измерения малорасширяющихся твердых материалов / А.Н. Аматыни, Т.А. Компан, Г.Х.Тагабилев, В.И. Шувалов, В.В. Мочалов; заявитель и патентообладатель АО "Уральский электродный институт". -№ 93009002/28; заявл. 16.02.1993, опубл. 10.09.1997.

3. Дилатометр ДКТ-40 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: granat-e.ru/dkt-40.html

4. Пат. № 2111480 Российская Федерация, МПК G01N25/16. Способ определения температурного коэффициента линейного расширения композиционного материала / В.Ф. Кутыинов, Ю.С. Ильин; заявитель и патентообладатель ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского. -№ 97111652/25; заявл. 07.07.1997, опубл. 20.05.1998.

5. Пугачев А. К. Переработка фторопластов в изделия: Технология и оборудование / А.К. Пугачев, О.А. Росляков. - Л.: Химия, 1987.-168 с.

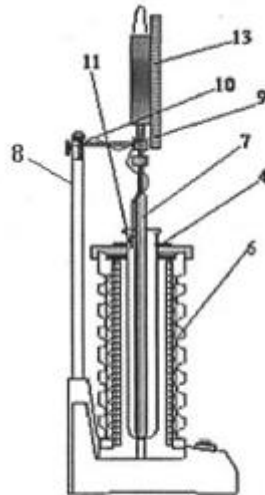
6. Кортнев А.В. Практикум з фізики / А.В. Кортнев, Ю.В. Рубанов, А.Н. Куценко. - К.: Вища школа, 1993. - С. 154-156.

7. Милованов А.В. Топливо и смазочные материалы: учеб. пособие / А.В. Милованов, С.М. Ведищев. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2003.-80 с.

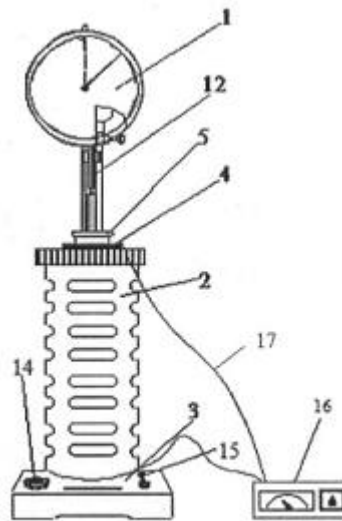
8. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики / Г.А. Сиренко. - К.: Техніка, 1985.-195 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Установка для визначення коефіцієнта лінійного теплового розширення твердих тіл, що містить індикатор годинникового типу, захисний кожух, корпус, прокладку, скляну пробірку, нагрівач, досліджуваний зразок, стояк, кронштейн, гвинт, кришку, шток, рухома поворотну шкалу, індикаторну лампу, кнопку вимикача, яка **відрізняється** тим, що установка оснащена пристроєм для термостатування DigiCOP, який з'єднаний з нагрівачем, важільно-зубчасту вимірювальну головку з ціною поділки 0,002 мм та діапазоном вимірювань 0-2 мм, встановлену на штоку, що виконаний з можливістю переміщення у вертикальній площині вгору чи вниз.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601