



УКРАЇНА

(19) UA (11) 47331 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 21/71

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПІВСФЕРИЧНОГО ІНТЕГРАЛЬНОГО СТУПЕНЯ ЧОРНОТИ ПОВЕРХНІ ТІЛ З НЕПРОЗОРИХ МАТЕРІАЛІВ

1

2

(21) u200908432

(22) 10.08.2009

(24) 25.01.2010

(46) 25.01.2010, Бюл.№ 2, 2010 р.

(72) БРУХАЛЬ МАР'ЯН БОГДАНОВИЧ, ГАЧКЕВИЧ ОЛЕКСАНДР РОМАНОВИЧ, КУШНІР РОМАН МИХАЙЛОВИЧ, СОСНОВИЙ ЮЛІАН РОМАНОВИЧ, ТЕРЛЕЦЬКИЙ РОСТИСЛАВ ФЕДОРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНИХ ПРОБЛЕМ МЕХАНІКИ І МАТЕМАТИКИ ІМ. Я.С. ПІДСТРИГАЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб визначення півсферичного інтегрального ступеня чорноти поверхні тіл з непрозорих матеріалів, що включає нагрів та охолодження зразка в камері з високим вакуумом, реєстрацію зміни в часі температури поверхні зразка при його охолодженні і розрахунок півсферичного інтегрального ступеня чорноти на основі співвідношень теплового балансу при теплообміні випроміню-

ванням зразка зі стінками камери певної геометричної форми з відомими радіаційними характеристиками, який **відрізняється** тим, що стінки камери виготовляють з частково прозорого матеріалу, за якого практично вся енергія випромінювання зразка при його охолодженні належить спектральному діапазону прозорості стінок і випромінювання проходить в оточуюче середовище, не впливаючи на їх тепловий стан, а методика розрахунку півсферичного інтегрального ступеня чорноти не вимагає використання даних про радіаційні характеристики і форму стінок камери.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при низьких температурах зразка, за яких енергія випромінювання належить спектральному діапазону практичної непрозорості стінок камери, проводять їх охолодження до температури оточуючого середовища одним із відомих способів.

Корисна модель відноситься до області теплофізики (теорії теплообміну випромінюванням), а саме до визначення півсферичного інтегрального ступеня чорноти поверхні (ПІСЧП) тіл з непрозорих матеріалів, що характеризує їх випромінювальну здатність.

Відомі радіаційний і калориметричний способи визначення ступеня чорноти. При використанні радіаційного способу випромінювана нагрітим тілом тепла енергія вимірюється спеціальними приймачами і порівнюється з енергією випромінювання абсолютно чорного тіла, яке знаходиться в однакових з ним умовах [1, ст. 121-147]. Метод характеризується високою трудомісткістю, так як для його реалізації необхідно використовувати складні приймачі випромінювання, а для підвищення точності вимірювань приймач і випромінювач енергії необхідно розмістити в замкнутому об'ємі, в якому підтримується високий вакуум. Крім того використання при вимірюваннях для фокусування лінз і дзеркал приводить до спотворення значень як інтенсивності теплового потоку, так і його спектральних складових.

В основі калориметричного способу [1, ст. 147-

159] лежить безпосереднє вимірювання енергії, яка випромінюється тілом. При цьому необхідно точно визначити кількість тепла, що підводиться до зразка, температуру поверхні зразка і температуру оболонки (приймача), на яку випромінює зразок. Необхідно також мати достовірні дані про радіаційні характеристики поверхні приймача. Оскільки всі вимірювання потрібно проводити в умовах високого вакууму, використання цього методу, як і радіаційного, пов'язане зі значними труднощами.

Також відомий нестационарний калориметричний спосіб визначення ПІСЧП, який базується на дослідженні зміни в часі температури поверхні нагрітого зразка при його охолодженні в високому вакуумі [1, ст. 159-161]. Ступінь чорноти визначають із співвідношення, що окреслює його залежність від температури за значень температури, що відповідають експериментальній кривій охолодження тонкого зразка. Це співвідношення встановлюють на основі розв'язку рівнянь теплового балансу, які описують теплообмін випромінюванням зразка зі стінками камери відповідної геометричної форми при відомих їх радіаційних характеристи-

(13) U

(11) 47331

(19) UA

ках. Однак, проведення досліджень ускладнюється необхідністю контролю температури стінок камери, в якій проводять вимірювання, та спеціального їх охолодження (наприклад, рідким азотом). Крім того, для точного розрахунку ступеня чорноти потрібні дані про радіаційні характеристики внутрішньої поверхні стінок камери, а геометрична форма стінок повинна відповідати формі зразка (наприклад, циліндрична). Зауважимо, що використане співвідношення теплового балансу, яке передбачає обмеження на товщину дослідного зразка не має достатнього теоретичного обґрунтування. Останній з наведених способів визначення ПІСЧП, прийнятий нами як найближчий аналог.

Метою корисної моделі є спрощення процесу визначення ПІСЧП. Поставлена мета досягається тим, що у запропонованому способі стінки камери виготовляють з частково прозорого матеріалу. При цьому практично вся енергія теплового випромінювання зразка проникає через стінки камери в оточуюче середовище і не впливає на їх тепловий стан, а тому не потрібні дані про радіаційні характеристики стінок камери і їх форму. Запропонована числова методика розрахунку температури поверхні зразка при тепловіддачі випромінюванням не передбачає обмежень на його товщину і форму. За шукане значення ступеня чорноти в певному температурному діапазоні приймається значення, за якого забезпечується співпадіння експериментальних та розрахункових кривих охолодження зразка. При температурах зразка, за яких його теплове випромінювання не проникає через стінки камери, проводять охолодження з метою підтримки на них температури оточуючого середовища. При розрахунку температури охолодженого зразка тепловим випромінюванням стінок камери (за таких температур) нехтують. Приймають, що температура зразка значно вища за температуру оточуючого камеру середовища і є застосовним наближення не випромінюючого тіла [2, ст. 517].

Сутність корисної моделі пояснюється кресленням. На Фіг.1 схематично подана установка для практичної реалізації способу. Установка складається з вакуумної камери 1, з'ємної циліндричної частини 2 камери, еластичного ущільнення 3, дослідного зразка 4, високочастотного індуктора 5, розташованого зовні камери, генератора 6, термомпари 7, мілівольтметра 8, вакуумних вводів термомпари 9, фланця 10, стійки 11, штуцерів 12 подачі водяного охолодження на індуктор.

Визначення ПІСЧП проводиться наступним чином. Дослідний зразок циліндричної форми (така форма найбільш оптимальна при використанні в якості нагрівника багатовиткового циліндричного індуктора) за допомогою тонкого дроту ($d < 0,1 \text{ мм}$) підвішують до стійки з метою зменшення тепловідводу теплопровідністю, закріплюють на його поверхні термомпару типу ХА діаметром $0,1 \text{ мм}$. Після такого монтажу дослідного зразка встановлюють з'ємну частину камери у вигляді порожнистого скляного циліндра запаяного з однієї сторони: відкритий кінець циліндра через еластичне ущільнення під'єднують до основної частини камери.

Через фланець з камери відкачують повітря до тиску не вище $2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$ і нагрівають зразок за допомогою індуктора під'єданого до генератора. Для рівномірного нагріву зразка необхідно, щоб довжина індуктора була більшою за довжину зразка не менше, ніж на 20%. При досягненні зразком потрібної температури виключають високочастотний генератор, знімають індуктор і реєструють зміну в часі температури поверхні зразка при його охолодженні, яке здійснюється за рахунок тепловіддачі випромінюванням.

Для реалізації запропонованої методики визначення ступеня чорноти поверхні зразка, з'ємну частину камери, в якій встановлено дослідний зразок, виготовлено із кварцового скла, пропускна здатність якого в діапазоні довжин хвиль $\lambda = 0,22 \div 5,0 \text{ мкм}$ випромінювання за товщин стінок $h < 1,5 \text{ мм}$ становить більше 90% [1, ст. 455-459; 3, ст. 145]. Кварцове скло має меншу пропускну здатність (є частково прозорим для випромінювання) в діапазоні видимого світла ($\lambda = 0,15 \div 0,22 \text{ мкм}$) та в ближній і середній областях інфрачервоного діапазону спектра ($\lambda > 5,0 \text{ мкм}$). Однак, при температурах зразка $T_{\text{зр}} < 2300 \text{ К}$ доля випромінювання, що лежить у видимій області незначна і нею при розрахунках можна знехтувати [2, ст. 33, ст. 829]. При температурах $600 \text{ К} < T_{\text{зр}} < 2300 \text{ К}$ незначна доля випромінювання припадає і на діапазон $\lambda > 5,0 \text{ мкм}$. Отже, за температур $600 \text{ К} < T_{\text{зр}} < 2300 \text{ К}$ теплове випромінювання зразка без суттєвого поглинання проходить через тонку стінку ($h \approx 1 \text{ мм}$) циліндра камери із кварцового скла в оточуюче середовище. У діапазоні температур $400 \text{ К} < T_{\text{зр}} < 600 \text{ К}$, значна кількість випромінювання зразка припадає на діапазон довжин хвиль $\lambda > 5,0 \text{ мкм}$, де пропускна здатність кварцового скла мала. Скло поглинає випромінювання, нагрівається і саме стає джерелом випромінювання. Випромінена стінкою тепла енергія може мати вплив на тепловіддачу випромінюванням з поверхні зразка. Тоді для зменшення цього впливу проводять охолодження стінок до температури оточуючого середовища.

По запропонованому в корисній моделі способу визначався ступінь чорноти поверхні зразка зі сталі Ст.3 діаметром 8 мм і довжиною 68 мм . З'ємна циліндрична частина виготовлена із кварцового скла. Зовнішній діаметр циліндра 50 мм , а товщина 1 мм . На Фіг.2 показано зміну в часі t температури $T_{\text{зр}}$ поверхні зразка при охолодженні від 928 К до 437 К . Розрахунок температури $T_{\text{зр}}$ поверхні проводився числово з використанням методу скінченних елементів на основі відповідної нелінійної задачі теплопровідності для циліндра. За ступінь чорноти поверхні на кожному температурному інтервалі приймалося таке його значення, яке забезпечувало співпадіння розрахункових та експериментальних температур з вибраною точністю. У таблиці подано отримані значення ПІСЧП є поверхні зразка для різних температур $T_{\text{зр}}$.

$T_{зр}, K$	450	500	550	600	650	700	750	800
ε	0,3	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,27	0,25

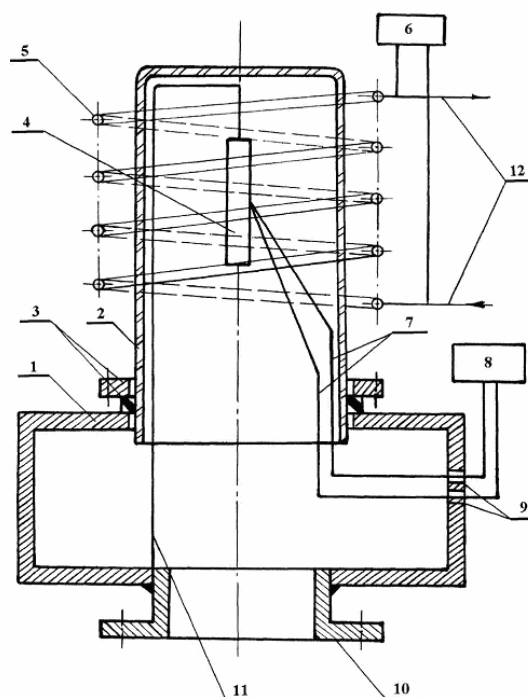
Запропонований спосіб, при використанні в пристрої з'ємної частини з кварцового скла, дозволяє без додаткового охолодження стінок камери визначати з достатньою точністю ПІСЧП поверхонь тіл з непрозорих матеріалів в діапазоні температур $600 < T_{зр} < 2300$ К. Завдяки відносній простоті пристрою і розробленим методикам експериментального вимірювання температури та її розрахунку, запропонований спосіб може використовуватися як експрес метод оцінки радіаційних характеристик виробів та елементів конструк-

цій різного цільового призначення.

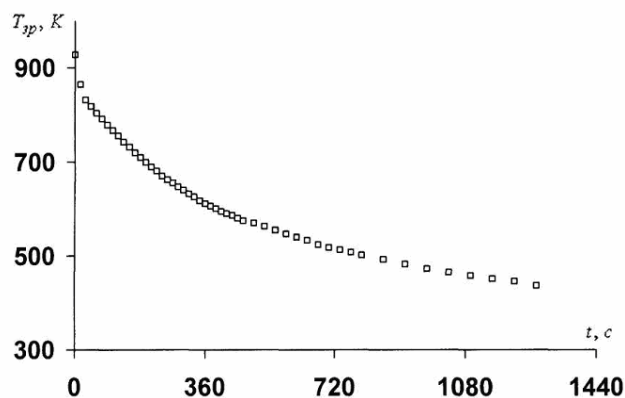
1. Излучательные свойства твердых материалов: Справочник / Под ред. А. Е. Шейдлина. - М: Энергия, 1974. - 471с.

2. Зигель Р., Хауелл Дж. Теплообмен излучением. М.: Мир, 1975. - 935с.

3. Оптические материалы для инфракрасной техники / Справочное издание // Е. М. Воронкова, Б. Н. Гречушников, Г. И. Дистлер, И. П. Петров. М: Наука, 1965,-366с.



Фиг. 1



Фиг. 2

