

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **234170**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422263**

(22) Data zgłoszenia: **18.07.2017**

(51) Int.Cl.

G01N 25/18 (2006.01)

G01N 25/20 (2006.01)

G01K 7/00 (2006.01)

G01K 7/02 (2006.01)

(54) **Sposób i urządzenie do wyznaczania przewodności cieplnej
zwłaszcza materiałów izolacyjnych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
28.01.2019 BUP 03/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.01.2020 WUP 01/20

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

SEBASTIAN PAWLAK, Katowice, PL
WOJCIECH ADAMCZYK, Mikołów, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Katarzyna Borkowy

PL 234170 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do wyznaczania przewodności cieplnej zwłaszcza materiałów izolacyjnych o niskiej wartości współczynnika przewodności cieplnej, w tym materiałów niejednorodnych, m.in. kompozytów warstwowych o osnowie polimerowej.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL223459 sposób pomiaru przewodności cieplnej materiałów, polegający na przygotowaniu płaskiej płytki badanego materiału o danej powierzchni i grubości, dostarczeniu do jednej z powierzchni tej płytki (ze źródła ciepła) strumienia ciepła, zmierzeniu dwóch wartości temperatury na obu powierzchniach płytki, wyznaczeniu strumienia ciepła i obliczeniu przewodności cieplnej badanego materiału stosując znaną zależność. Sposób charakteryzuje się tym, że do wyznaczenia strumienia ciepła wykorzystuje się element termoelektryczny, który łączy się szeregowo z płytką badanego materiału i tak dobiera prąd tego elementu termoelektrycznego, aby różnica dwóch wartości temperatury między wartością temperatury jego powierzchni stykającej się z płytką badanego materiału i wartością temperatury jego przeciwległej powierzchni była równa zero, i strumień ciepła wyznacza się z podanej zależności, w której dwie z występujących wielkości stanowią parametry reprezentujące stałą Peltiera oraz elektryczną rezystancję wewnętrzną zastosowanego elementu termoelektrycznego.

Znany jest z innego polskiego opisu patentowego PL210610 aparat do pomiaru współczynnika przewodności cieplnej materiałów ceramicznych wyposażony w termoelement i grzejnik, charakteryzujący się tym, że w cylindrycznej obudowie usytuowana jest komora grzewcza z grzejnikiem rozmieszczonym na jej wysokości. W komorze grzewczej zainstalowany jest wentylator zapewniający równomierny rozkład temperatury oraz termoelement, który zainstalowany jest w taki sposób, że jego końcówka pomiarowa przylega do dolnej powierzchni badanej próbki. Komora grzewcza zamykana jest od góry ruchomym pierścieniem uszczelniającym, którego wewnętrzna powierzchnia posiada korzystnie wysoki współczynnik odbicia promieniowania termicznego. Pod komorą grzewczą w podstawie aparatu usytuowany jest układ sterujący oraz silnik napędzający wentylator. Na osi silnika, pomiędzy komorą grzewczą a podstawą, zamocowany jest wirujący radiator. Nad komorą grzewczą zainstalowany jest pirometr przeznaczony do bezstykowego pomiaru temperatury górnej powierzchni badanej próbki.

Istotą znanych metod wyznaczania przewodności cieplnej materiałów, w tym izolacyjnych, jest pomiar dwóch wartości temperatury występujących na dwóch równoległych powierzchniach próbki badanej, przy czym jedna z tych powierzchni jest nagrzewana a druga jest chłodzona. Z polskich i zagranicznych opisów patentowych znane są metody wyznaczania przewodności cieplnej ciała stałego, w których do nagrzewania próbki stosuje się płaską metalową płytę grzewczą (np. w jedno- i dwupłytkowych aparatach Poensgena). Niedogodnością podczas stosowania tych rozwiązań są niekorzystne warunki przekazywania ciepła od płyty grzewczej do próbki badanej, co w efekcie często prowadzi do zafałszowania wyników pomiaru. Stosowanie płyty grzewczej wymaga specjalnego przygotowania próbki badanej celem dopasowania jej kształtu do płaskiej płyty grzewczej poprzez zeszlifowanie jej warstwy wierzchniej, tak aby próbka najkorzystniej całą swą powierzchnią stykała się z płytą grzewczą. Celem zwiększenia efektywności przekazywania ciepła z płyty grzewczej do próbki badanej w praktyce laboratoryjnej są stosowane środki sprzęgające w postaci cienkiej warstwy pasty przewodzącej (nakładanej pomiędzy płytą grzewczą a próbką), co w założeniu wyeliminować ma możliwe występowanie warstw powietrza zaburzających pomiar, przy czym obecność środka sprzęgającego ma również wpływ na uzyskiwany wynik pomiaru.

Niektóre znane urządzenia do wyznaczania przewodności cieplnej wyposażone są w układ dociskający próbkę do płyty grzewczej (np. aparatura stosowana do badań materiałów izolacyjnych typu λ -Meter EP500e firmy Lambda-Messtechnik GmbH Dresden, Niemcy), tak aby zwiększyć powierzchnię efektywnego przekazywania ciepła i w rezultacie zmniejszyć błąd pomiaru wynikający z oporu cieplnego na granicy płyta grzewcza – próbka badana.

Praktyka laboratoryjna dowiodła, że w przypadku stosowania znanych metod wyznaczania przewodności cieplnej wykorzystujących nagrzewanie próbki za pośrednictwem płyty grzewczej, szczególnie podczas badań materiałów izolacyjnych w tym niejednorodnych (np. warstwowych materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej), uzyskuje się znaczące błędy pomiarowe, wynikające m.in. ze strat cieplnych na granicy pomiędzy elementem grzewczym a próbką badaną. Konieczne staje się przy tym uwzględnianie w obliczeniach oporu cieplnego, którego brak rzeczywistej wartości może prowadzić również do zafałszowania wyników. Ponadto, w przypadku większości znanych metod badawczych, ze

względu na konieczność przygotowania powierzchni próbki, nie ma możliwości wyznaczenia przewodności cieplnej niektórych gotowych produktów, jak np. niejednorodne warstwowe materiały kompozytowe, dla których ingerencja w warstwę wierzchnią powoduje zmianę ich własności cieplnych.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu i urządzenia do wyznaczania przewodności cieplnej materiałów izolacyjnych w tym niejednorodnych, głównie warstwowych kompozytów o osnowie polimerowej, dla których jest to trudne (lub niemożliwe) stosując znane metody, m.in. ze względu na brak możliwości odpowiedniego przygotowania ich powierzchni (np. poprzez szlifowanie).

Sposób wyznaczania przewodności cieplnej zwłaszcza materiałów izolacyjnych, polegający na nagrzewaniu jednej z powierzchni próbki, rejestracji wartości temperatury na powierzchni nagrzewanej oraz wartości temperatury na powierzchni przeciwległej do nagrzewanej i po ustabilizowaniu się obu mierzonych wartości temperatury wyznacza się na ich podstawie przewodność cieplną materiału **polega na tym, że** badaną próbkę, korzystnie w postaci bryły prostopadłościennej lub walcowej, umieszcza się tak, aby jej dolna powierzchnia stykała się bezpośrednio z cieczą termostatowaną o temperaturze wyższej od temperatury otoczenia, korzystnie wodą, która nagrzewa tę powierzchnię w celu wymuszenia przepływu ciepła na drodze przewodzenia w kierunku grubości badanej próbki i dokonuje się bezstykowego pomiaru temperatury na górnej jej powierzchni za pomocą korzystnie kamery termowizyjnej, jednocześnie dokonuje się pomiaru temperatury dolnej powierzchni za pomocą termoelementu zanurzonego w cieczy i stykającego się z dolną powierzchnią badanej próbki.

Urządzenie do wyznaczania przewodności cieplnej zwłaszcza materiałów izolacyjnych **charakteryzuje się tym, że** zbudowane jest ze zbiornika na ciecz zaizolowanego termicznie zewnętrzną izolacją, na którym umieszczona jest pokrywa uszczelniająca, a wewnątrz zbiornika osadzona jest grzałka i termoelement, który połączony jest z regulatorem temperatury, przy czym nad badaną próbką posadowioną na podporach, zamocowany jest na statywie o regulowanej wysokości detektor podczerwieni, korzystnie kamera termowizyjna. Wyposażone jest w otwór przelewowy odprowadzający nadmiar cieczy ze zbiornika. Wyposażone jest w podstawę poziomującą korzystnie za pośrednictwem śrub nastawnych, na której posadowiony jest zbiornik.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość wyznaczenia przewodności cieplnej materiału bez nagrzewania próbki za pośrednictwem płyty grzewczej. Dodatkową korzyścią jest brak wykonywania dodatkowych czynności wynikających z konieczności przygotowania powierzchni próbki (np. szlifowanie). Sposób według wynalazku pozwala na szybkie uzyskanie wyniku, ze względu na bardzo dużą efektywność przekazywania ciepła do badanej próbki, a tym samym brak jest konieczności wprowadzania do obliczeń korekt/poprawek związanych z oporem cieplnym. Stosując sposób według wynalazku można wyznaczać przewodność cieplną materiałów niejednorodnych (np. warstwowe materiały kompozytowe o osnowie polimerowej), izolacyjnych tworzyw spienionych (np. spieniony polistyren, pianka poliuretanowa), lecz z wyłączeniem materiałów charakteryzujących się znaczną chłonnością wilgoci. Istotną zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość badania przewodności cieplnej gotowych produktów np. w postaci płyt o zróżnicowanej grubości, gdyż metoda ta nie wymaga pobierania próbek grubości ściśle określonej. Ze względu na fakt, iż stosowana aparatura do realizacji sposobu według wynalazku nie posiada równoległych względem siebie płyt metalowych (grzewczej chłodzącej), a pomiar temperatury jednej z powierzchni próbki odbywa się bezstykowo, możliwy jest pomiar dla próbek posiadających nieznaczące odchyłki płaskości obu jej powierzchni (górnej i dolnej), lecz konieczne jest przy tym, aby w obliczeniach przewodności cieplnej uwzględnić jedynie grubość próbki w miejscu pomiaru obu wartości temperatury. Dodatkową korzyścią przy stosowaniu sposobu według wynalazku jest możliwość przedstawienia wyniku pomiaru w postaci rozrzutu/rozkładu wartości pochodzących z wybranych punktów pomiarowych na powierzchni próbki, na której dokonywany jest bezstykowy pomiar temperatury, co ma szczególne znaczenie w przypadku badań materiałów niejednorodnych.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania ilustruje rysunek przedstawiający schemat ideowy stanowiska pomiarowego do realizacji sposobu będącego przedmiotem wynalazku.

Badaną próbkę (5) wytworzoną z warstwowego materiału kompozytowego o osnowie polimerowej w postaci płyty prostopadłościennej o podstawie kwadratu o boku 200 mm i grubości 10 mm umieszcza się na podporach (4), tak aby cały obszar jej dolnej powierzchni (5b) stykał się z nagrzewającą cieczą termostatowaną, korzystnie wodą, o temperaturze wyższej od temperatury otoczenia (dla badanego materiału kompozytowego o grubości 10 mm i dla temperatury otoczenia równej temperaturze pokojowej, tj. 21°C, ustalono temperaturę cieczy termostatowanej na styku z dolną powierzchnią próbki na poziomie 40°C). Od góry zbiornika (1) nakłada się uszczelniającą pokrywę (3) z otworem o kształcie dopasowanym do kształtu badanej próbki (5), która przylega do jej ścianek bocznych. Posadowienie

badanej próbki (5) na podporach (4) determinuje warunki pomiarowe, w których dolna powierzchnia (5b) badanej próbki (5) styka się z końcówką pomiarową termoelementu (7) zamocowanego na wysokości górnych krawędzi tych podpór (4). Za pomocą statywu (12) posiadającego możliwość regulacji (R) wysokości dopasowuje się odległość kamery termowizyjnej (11) od badanej próbki (5) i rozpoczyna pomiar. Po ustabilizowaniu się dwóch mierzonych wartości temperatury, to jest temperatury na dolnej powierzchni (5b) zmierzonej za pomocą termoelementu (7) i temperatury na górnej powierzchni (5a) zmierzonej za pomocą kamery termowizyjnej (11), oblicza się współczynnik przewodności cieplnej badanego materiału na podstawie uzyskanych dwóch wartości temperatury oraz znanej grubości badanej próbki (5).

Urządzenie do realizacji sposobu według wynalazku zbudowane jest ze zbiornika (1), którego zarówno ścianki boczne jak i podstawa są zaizolowane termicznie zewnętrzną izolacją (2). Na górze zbiornika (1), na jego ściankach bocznych, umieszczona jest pokrywa (3) uszczelniająca, wykonana z materiału izolacyjnego. Wewnątrz zbiornika (1) osadzona jest grzałka (6) i termoelement (7), który usytuowany jest tak, że jego część pomiarowa styka się z dolną powierzchnią (5b) próbki (5). Zarówno grzałka (6) jak i termoelement (7) połączone są przewodami elektrycznymi z regulatorem temperatury (8) znajdującym się na zewnątrz zbiornika (1). Na ściance bocznej zbiornika (1) w górnej jego części znajduje się otwór przelewowy (9) ustalający poziom (∇) cieczy (10). Kamera termowizyjna (11) usytuowana jest nad górną powierzchnią (5a) próbki (5) i zamocowana jest na statywie (12), posiadającym możliwość regulacji (R) wysokości. Zbiornik (1) posadowiony jest na podstawie poziomicą (13), wyposażonej w śruby nastawne (14), których przekręcanie powoduje zmianę nachylenia całego urządzenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania przewodności cieplnej zwłaszcza materiałów izolacyjnych, polegający na nagrzewaniu jednej z powierzchni próbki, rejestracji wartości temperatury na powierzchni, nagrzewanej oraz wartości temperatury na powierzchni przeciwległej do nagrzewanej i po ustabilizowaniu się obu mierzonych wartości temperatury wyznacza się na ich podstawie przewodność cieplną materiału **znamienny tym**, że badaną próbkę (5), korzystnie w postaci bryły prostopadłościennej lub walcowej, umieszcza się tak, aby jej dolna powierzchnia (5b) stykała się bezpośrednio z cieczą (10) termostatowaną o temperaturze wyższej od temperatury otoczenia, korzystnie wodą, która nagrzewa tę powierzchnię (5b) w celu wymuszenia przepływu ciepła na drodze przewodzenia w kierunku grubości badanej próbki (5) i dokonuje się bezstykowego pomiaru temperatury na górnej jej powierzchni (5a) za pomocą korzystnie kamery termowizyjnej (11), jednocześnie, dokonuje się pomiaru temperatury dolnej powierzchni (5b) za pomocą termoelementu (7) zanurzonego w cieczy i stykającego się z dolną powierzchnią (5b) badanej próbki (5).
2. Urządzenie do wyznaczania przewodności cieplnej zwłaszcza materiałów izolacyjnych **znamiennie tym**, że zbudowane jest ze zbiornika (1) na ciecz (10) zaizolowanego termicznie zewnętrzną izolacją (2), na którym umieszczona jest pokrywa (3) uszczelniająca, a wewnątrz zbiornika (1) osadzona jest grzałka (6) i termoelement (7), który połączony jest z regulatorem temperatury (8), przy czym nad badaną próbką (5) posadowioną na podporach (4), zamocowany jest na statywie (12) o regulowanej (R) wysokości detektor podczerwieni, korzystnie kamera termowizyjna (11).
3. Urządzenie według zastrz. 2 **znamiennie tym**, że wyposażone jest w otwór przelewowy (9) odprowadzający nadmiar cieczy ze zbiornika (1).
4. Urządzenie według zastrz. 2 **znamiennie tym**, że wyposażone jest w podstawę poziomującą (13) korzystnie za pośrednictwem śrub nastawnych (14), na której posadowiony jest zbiornik (1).

Rysunek

