



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

195082

(11)

(B1)

/22/ Přihlášeno 08 07 77
/21/ /PV 4558-77/

(51) Int. Cl.³
G 01 K 7/02
H 01 L 35/32

(10) Zveřejněno 28 04 79

(45) Vydáno 15 04 82

(75)

Autor vynálezu

RŮŽEK JOSEF doc. ing. CSc., KUTZENDÜRFER JAROSLAV ing. CSc., PRAHA
a VRÁNA VILÉM ing., HAVÍŘOV

(54) Způsob měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů a zařízení k provádění tohoto způsobu

I

Vynález se týká způsobu měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů a zařízení k provádění tohoto způsobu.

Pro měření teplotní a tepelné vodivosti se používá jednak způsobů využívajících stacionárního teplotního pole, jednak způsobů s nestacionárním teplotním polem.

Tepelná vodivost při ustáleném tepelném toku se stanovuje z množství tepla, procházejícího vzorkem. Toto teplo se měří kalometricky nebo se vypočítává přímo z příkonu elektrického vytápění. Dosud je známo například měření tepelné vodivosti, které spočívá v tom, že na topnou část deskovitého tvaru těsně přiléhají jedna nebo dvě desky z měřeného materiálu. Měří se množství tepla vybavené topnou deskou, tj. vlastně teplo odvedené. Dále je známá srovnávací metoda, kde odpadáva stanovení množství tepla, avšak používá se jednoho nebo více srovnávacích normálových tělísek o známé hodnotě tepelné vodivosti metodou válce. Podstata spočívá v tom, že se měří množství tepla vybavované topením umístěným v ose válce z měřeného materiálu.

Dosud je také známo měření tepelné vodivosti metodou koule. Měří se množství tepla, které se uvolňuje ve středu koule. Materiál ve tvaru koule pak obklopuje topné těleso.

Všeobecnou nevýhodou způsobů využívajících stacionární teplotní pole je, že měření trvá relativně velmi dlouho a pro běžnou potřebu nejsou tyto způsoby z uvedeného důvodu vhodné, a navíc většinou vyžadují dobrou tepelnou izolaci, což vede ke komplikovanému konstrukčnímu řešení.

2

Z nestacionárních způsobů je známa a používána především desková metoda. Podstata spočívá v tom, že vzorek je z jedné strany zahříván na různé vysokou teplotu a v jednotlivých průřezích vzorku je potom sledován průběh teplot v závislosti na čase. Obvykle se měří pomocí diferenčně zapojeného termočlánku rozdíl teplot mezi horní ohřívanou a spodní plochou vzorku. Z této difference v závislosti na čase je potom vypočítána tepelná vodivost.

Další běžně používanou nestacionární metodou je měření vzestupu teploty přímokového tepelného zdroje, který je uložen podélně ve zkušebním tělísku, a který vybavuje v průběhu měření konstantní množství energie. Jako tepelný zdroj slouží topný drát, k němuž je uprostřed přivařen termočlánek pro měření vzestupu teploty.

Nevýhodou této metody je její zdlouhavost, složitost regulační aparatury a to, že podstata metody je založena na měření energie, což je obtížnější než měření teploty. Tímto způsobem se dají měřit látky, které mají tepelnou vodivost větší než 0,23 W/mK.

Všechny popsány způsoby vyžadují vesměs kompaktní vzorek a nejsou tedy vhodné pro měření vláknitých a sypkých materiálů, tj. vesměs izolačních materiálů majících tedy nízkou teplotní a tepelnou vodivost a nízkou tepelnou kapacitu.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny způsobem měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů, podle vynálezu, jehož podstatou je, že nekompaktní materiál se umístí v trubici uzavíratelné

z jedné strany a vyhřeje se na konstantní zvolenou základní teplotu měření, potom se teplota trubice prudce zvýší na horní teplotu měření, při čemž se sleduje stoupání teploty v měřeném materiálu v závislosti na čase.

Zařízení podle vynálezu, sloužící k provádění způsobu podle vynálezu, sestává z pece spočívající na izolačních deskách, vyplněné izolační vrstvou, v jejímž středu je umístěna tenkostěnná trubice opatřená topným ústrojím s regulačním termočlánkem a ve střední části trubice, v definované vzdálenosti r od vnitřní stěny trubice, je umístěn druhý měřicí termočlánek.

Dále je rovněž podle vynálezu výhodné, jestliže u vnitřní stěny trubice je umístěn první měřicí termočlánek.

Dále je podle vynálezu výhodné, jestliže je topné ústrojí vytvořeno vlastním elektrickým odporem trubice, připojeným na zdroj elektrické energie.

Způsob měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů a zařízení k provádění tohoto způsobu podle vynálezu umožňuje měření teplotní a tepelné vodivosti materiálů s vysokou tepelnou izolačností, především materiálů nekompaktních, jako jsou například materiály sypké nebo vláknité. Měření je relativně rychlé. Závislost teplotní a tepelné vodivosti na teplotě lze stanovit v podstatně kratším čase ve srovnání s jinými dosud známými přístroji. Zařízení podle vynálezu je použitelné od 20 °C do teploty, kterou vydrží materiál trubice, případně termočlánky.

Vynález je blíže objasněn na příkladech provedení a pomocí přiloženého výkresu, na kterém je schematicky nakresleno zařízení pro měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů.

Základem zařízení je pec 1, která je tvořena tenkostěnnou, na jedné straně uzavíratelnou trubicí 2. Trubice 2 je opatřena topným ústrojím 3. Vyhřívání se provádí elektrickým proudem, přiváděným na napájecí svorky 10. Těsně u topného ústrojí 3 je umístěn regulační termočlánek 4. Druh regulačního termočlánku 4 volíme s ohledem na teplotu měření.

Dno pece 1 je vytvořeno z keramických izolačních desek 5. U vnitřní stěny trubice 2 je umístěn první měřicí termočlánek 6. Je-li trubice do 1 mm tloušťky nebo velmi dobře tepelně vodivá, lze první měřicí termočlánek 6 vypustit a použít při měření místo něho regulační termočlánek 4.

Ve střední části trubice 2, v přesně definované vzdálenosti r od vnitřní stěny trubice 2, je umístěn druhý měřicí termočlánek 7. Přesnost měření je vyšší, jestliže je každý drát termočlánku 4, 6, 7 uveden na opačnou stranu. Od pláště pece 1 je trubice 2 oddělena izolační vrstvou 8. Měřený materiál 9 je nadusán nebo nasypán v trubicí 2.

Dále je popsán příklad uspořádání zařízení podle vynálezu, pro měření teploty 900 °C. Trubice 2 je v tomto případě vytvořena z křemenného skla. Vnitřní průměr trubice 2 je 80 mm a její tloušťka 1 mm. Topné ústrojí 3 je realizováno kantarovým páskem tloušťky 0,5 mm a šířky 2 mm, navinutým na trubicí 2. Měřicí termočlánky 6, 7 jsou zhotoveny z niklového a niklochromového drátu, nebo platinrhodiového a zlatopaládiového drátu, chromelového a zlatopaládiového drátu a chromelového a niklového drátu.

V zařízení do teploty 1600 °C je trubice 2 vyrobena z korundu o vnitřním průměru 60 mm a tloušťce stěny 2 mm a na ní je navinut odporový drát ze slitiny 60 % hmotnostních platiny, 40 % hmotnostních rhodia. Měřicí termočlánky 6, 7 jsou vyrobeny z drátu ve složení 94 % hmotnostních platiny, 6 % hmotnostních rhodia, a 70 % hmotnostních platiny, 30 % hmotnostních rhodia.

V zařízení do teploty 1450 °C je trubice 2 vyrobena ze siliciumpkarbidu o vnitřním průměru 600 mm a tloušťce stěny 3 mm a je zároveň topným ústrojím. Měřicí termočlánky 6, 7 jsou vyrobeny z drátu ve složení 94 % hmotnostních platiny, 6 % hmotnostních rhodia a 70 % hmotnostních platiny a 30 % hmotnostních rhodia nebo 90 % hmotnostních platiny a 10 % hmotnostních rhodia a platiny.

Podstatou způsobu měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů je, že materiál 9 se umístí v trubicí 2 uzavíratelné z jedné strany a vyhřeje se na konstantní zvolenou spodní teplotu měření. Teplota vnější stěny trubice 2 se potom prudce zvýší na horní teplotu měření. Doba potřebná na zvýšení teploty by neměla být delší než 1/5 doby odečítání závislosti $T/r, \tau/$. S prodlužováním doby vyhřívání klesá přesnost měření. Potom se sleduje stoupání teploty v proměřovaném materiálu 9 v závislosti na čase. Ze závislosti teplotního gradientu na čase se odečte teplota $T/r, \tau/$ v čase a určí se bezrozměrná teplota θ podle vztahu

$$\theta = \frac{T/r, \tau - T_c}{T_o - T_c} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{x_n J_1/x_n} \cdot \exp(-x_n^2 Fo)$$

Z tabulky se potom pro příslušné θ naleznou Fo a potom se stanoví teplotní a tepelná vodivost podle vztahu

$$a = \frac{Fo \cdot R^2}{\tau}, \quad \lambda = \frac{Fo \cdot R^2 \cdot c \cdot \rho}{\tau}$$

kde

a je teplotní vodivost,

λ je tepelná vodivost,

T_o je původní teplota systému,

$T/r, \tau/$ je teplota v místě r po čase τ ,

T_c je teplota stěny po zahřátí na konečnou teplotu,

x_n je kořen Besselovy funkce,

$J_1/x_n/$ je Besselova funkce /má nekonečně mnoho kořenů/,

Fo je Fourierovo kritérium,

R je poloměr válce /vzdálenost stěny od osy/,

r je vzdálenost místa měření od osy,

τ je čas,

c je měrné teplo dané látky a

ρ je objemová hmotnost.

Závislost Fo na θ je dána geometrií systému, tj. šíření tepla z celého povrchu válcové plochy, trubice 2 k ose trubice 2 a počátečními a okrajovými podmínkami systému. Matematické řešení této závislosti je obtížné, avšak po vypočtení univerzálně použitelné tabulky závislosti Fo na θ pomocí počítače, umožňuje toto jednoduché vyhodnocení. Závislost Fo na θ se mění pouze s poměrem r/R , tj. s místem měření ve vztahu k ose trubice 2.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob měření teplotní a tepelné vodivosti nekompaktních materiálů, vyznačený tím, že nekompaktní materiál se umístí v trubici uzavíratelné z jedné strany a vyhřeje se na konstantní zvolenou základní teplotu měření, potom se teplota trubice prudce zvýší na horní teplotu měření, při čemž se sleduje stoupání teploty v měřeném materiálu v závislosti na čase.

2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačené tím, že sestává z pece /1/, spočívající na izolačních deskách /5/ a vyplněné izolační vrstvou /8/, v je-

jímž středu je umístěna tenkostěnná trubice /2/ s topným ústrojím /3/ a s regulačním termočlánkem /4/, přičemž ve střední části trubice /2/, v definované vzdálenosti od vnitřní stěny trubice /2/, je umístěn druhý měřicí termočlánek /7/.

3. Zařízení podle bodu 2, vyznačené tím, že u vnitřní stěny trubice /2/ je umístěn první měřicí termočlánek /6/.

4. Zařízení podle bodů 2 a 3, vyznačené tím, že topné ústrojí /3/ je vytvořeno vlastním elektrickým odporem trubice /2/, připojeným na zdroj elektrické energie.

1 list výkresů

