

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2011-37**
(22) Přihlášeno: **26.01.2011**
(40) Zveřejněno: **11.01.2012**
(Věstník č. 2/2012)
(47) Uděleno: **01.12.2011**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **11.01.2012**
(Věstník č. 2/2012)

(11) Číslo dokumentu:

302 897

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
G01N 25/18 (2006.01)
G01K 17/04 (2006.01)
G01K 17/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

GB 1080435 A; US 5258929 A; WO 8201248 A1; DE 4320781 A1.

(73) Majitel patentu:

Technická univerzita v Liberci, Liberec, CZ

(72) Původce:

Doležal Ivan Doc. Ing. CSc., Jablonec nad Nisou, CZ

Hes Luboš Prof. Ing. DrSc., Liberec, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.

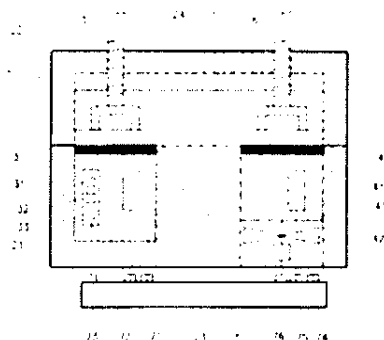
Dobroslav Musil, Cejl 38, Brno, 60200

(54) Název vynálezu:

Způsob a zařízení k měření tepelné vodivosti

(57) Anotace:

Vynález se týká způsobu měření tepelné vodivosti, při kterém se zkoušený vzorek (1) podlouhlého deskovitého tvaru uvede v prostoru alespoň částečně tepelně izolovaném od okolního prostředí do tepelného kontaktu s aktivními plochami alespoň dvou snímačů (3, 4) tepelného toku, jejichž teploty se volitelně udržují na dvou rozdílných hodnotách. Do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů (3, 4) tepelného toku se uvede alespoň jedna z dlouhých povrchových ploch zkoušeného vzorku (1), přičemž aktivní plochy snímačů (3, 4) tepelného toku udržované na rozdílných teplotách jsou v kontaktu s oblastmi sousedícími s opačnými konci zkoušeného vzorku (1) ve směru jeho délky a tepelný tok se ve zkoušeném vzorku (1) vede jeho nejmenším průřezem. Vynález se také týká příslušného zařízení k měření tepelné vodivosti.



CZ 302897 B6

Způsob a zařízení k měření tepelné vodivosti

Oblast techniky

5

Způsob měření tepelné vodivosti, při kterém se zkoušený vzorek podlouhlého deskovitého tvaru uvede v prostoru alespoň částečně tepelně izolovaném od okolního prostředí do tepelného kontaktu s aktivními plochami alespoň dvou snímačů tepelného toku, jejichž teploty se volitelně udržují na dvou rozdílných hodnotách.

10

Zařízení k měření tepelné vodivosti zkoušeného vzorku podlouhlého deskovitého tvaru, obsahující alespoň částečně tepelně izolovanou skříň, v jejímž vnitřním prostoru jsou uspořádány alespoň dva snímače tepelného toku tepelně spojené s termostatickými bloky, přičemž termostatický blok tepelně spojený s prvním snímačem tepelného toku je opatřen snímačem teploty a topným prostředkem a termostatický blok tepelně spojený s druhým snímačem tepelného toku je opatřen snímačem teploty a chladicím prostředkem, přičemž aktivní plochy snímačů tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné.

15

Dosavadní stav techniky

20

Znalost tepelné vodivosti materiálů je nutnou v technických oborech zabývajících se sdílením tepla ať už z hlediska potřeby jeho přenosu, nebo naopak při zabránění jeho přenosu tepelně izolačními prostředky. Z tohoto důvodu existuje celá řada řešení zabývajících se měřením tepelné vodivosti, tepelné kapacity a podobně, která se liší například z hlediska skupenství materiálu, jehož vlastnosti se zjišťují, rozsahu izolačních schopností, případně cíle, například přesnosti výsledku, které má být měřením dosaženo.

25

Dokument DE 3344383 C2 navrhuje zjišťování hodnot týkajících se přestupu tepla pro vzorek určitého materiálu, především měření tepelné vodivosti a tepelné kapacity. Zkušební vzorek ve tvaru delší trubice je uspořádán na jádru, jehož prostřednictvím je zavěšen ve válcové topné komoře. Vnější povrchem je topná komora umístěna v sousedě vnitřní rozváděcí trubce vířivé komory. Prostor mezi vnitřní a vnější trubicí vířivé komory je připojitelný ke zdroji chladicího vzduchu. Na vnějším a vnitřním průměru trubice vzorku jsou na jedné radiální přímce umístěny senzory snímající teplotu na vnitřním a vnějším povrchu trubice vzorku. Topná komora ohřívá vzorek tak dlouho, až oba senzory signalizují stejnou teplotu. Potom se topná komora vysune z vířivé komory a chladicí vzduch přiváděný do vířivé komory ochlazuje rovnoměrně povrch vzorku. To trvá do okamžiku, kdy vnitřní senzor zaznamená pokles teploty vnitřního povrchu vzorku. Vyhodnocením měření je tak zjišťována jak tepelná vodivost, tak tepelná kapacita vzorku. Zařízení mělo vzhledem k době své realizace relativně dobrou přesnost a spolehlivost, vzhledem k dostupným technickým možnostem však bylo především z hlediska obsluhy těžkopádné.

30

35

40

US 3680374 A (analogie k JP 49009996 B) navrhuje zařízení k měření tepelného toku, které obsahuje dva tenké disky z tepelně dobře vodivého materiálu, které jsou k sobě přivráceny prohloubenými částmi obsahujícími vzduch nebo materiál o velkém tepelném odporu. Mezi těmito deskami jsou vloženy dvě tenké desky z tepelně vodivého materiálu opatřené elektricky nevodivými povrchy. Mezi nimi jsou vloženy v jedné rovině skupiny měřicích termočlánků. Kolmo k plochám disku prochází tepelný tok, měří se rozdíl poklesu teplot při průchodu v místech, kde jsou ve vnějších deskách prohlubně vyplněné vzduchem nebo materiálem o velkém tepelném odporu a v místech, kde je celý průřez vnějších desek tvořen dobře vodivým materiálem.

45

50

Pro mimolaboratorní použití například v oboru stavebnictví nebo zemědělství, navrhuje vhodné řešení CZ 4511-90 A3. Mobilní sonda je opatřena čidlem tepelného toku, jehož měřicí plocha je přizpůsobena ke kontaktu s měřeným předmětem, kterým je například zdivo. Čidlo je tvořeno diferenciálním multitermočlánkem snímajícím teplotní rozdíl na tenké tepelně izolační destičce.

55

Plocha čidla tepelného toku odvrácená od měřicí plochy se topnou spirálou umístěnou v bloku sondy ohřeje na požadovanou stabilizovanou teplotu. Měřicí plocha plošného čidla tepelného toku se uvede do kontaktu s povrchem měřeného předmětu, přičemž se čidlem tepelného toku snímá teplotní rozdíl na uvedené tepelně izolující destičce. Ustálená hodnota teplotního toku je
 5 úměrná tepelné vodivosti měřeného předmětu. Obdobná zařízení a způsoby měření tepelné vodivosti relativně tenkých vzorků materiálu o nízké tepelné vodivosti jsou popsány ve spisech CZ 250316 B1 a CZ 255063 B1.

Řešení podle EP 347571 B1 navrhuje zjišťování tepelné vodivosti zkoušeného plochého materiálového vzorku známé tloušťky, který je jednou svou plochou v tepelném kontaktu s ohřívacím
 10 zařízením známého povrchu, které mu předává teplo. Opačná plocha ohřívacího zařízení je navíc v kontaktu s jednou plochou prvního standardního vzorku se známou tepelnou vodivostí a tloušťkou. Druhá plocha prvního standardního vzorku je v tepelném kontaktu s plochou prvního tepelného
 15 zkoušeného vzorku je v tepelném kontaktu s jednou plochou druhého standardního vzorku, který je stejný jako první standardní vzorek. Opačná plocha druhého standardního vzorku je v tepelném kontaktu s plochou druhého tepelného snímače. Tepelná vodivost zkoušeného vzorku se potom počítá pomocí známého vztahu z množství tepla vyzařovaného ohřívacím zařízením, tloušťky standardních vzorků a zkoušeného vzorku, vyzařovací plochy ohřívacího zařízení a rozdílu okamžitých teplot protilehlých ploch zkoušeného vzorku.

Dokument US 5711604 řeší způsob měření součinitele tepelné vodivosti vzorku pevného materiálu. Jedno měření se provádí se zkoušeným vzorkem vloženým do dráhy přiváděného tepla, přičemž při druhém měření zkoušený vzorek z dráhy přiváděného tepla vyjmut. Ve skříni vyrobené z materiálu majícího vysokou tepelnou vodivost jsou umístěny dva stejné držáky spojené
 25 se skříňovou stěnou, z nichž každý má stejný tepelný odpor. Dna držáků jsou opatřena teplotními čidly. V každém držáku jsou svými čelními plochami na sobě uloženy vždy dva stříbrné disky, na kterých je vždy uložen kontejner vyrobený z materiálu o vysokém součiniteli tepelné vodivosti. Při prvním měření je mezi dvěma disky uloženými pod jedním kontejnerem vložen zkoušený plochý vzorek, jehož průměr je větší než průměr disků. V kontejneru nad zkoušeným vzorkem je uloženo těleso z čistého india. Vnější povrch skříně je řízeně ohříván až nad teplotu tavení india, přičemž je řídicím zařízením sledován aktuální rozdíl teplot snímáný teplotními čidly na jednom a druhém držáku. Od dosažení teploty tavení india do úplného roztavení indiového tělesa se vzhledem ke skupenskému teplu tavení nemění teplota snímáná teplotním čidlem na držáku, na kterém je umístěno indiové těleso. Při druhém měření je zkoušený vzorek z příslušného držáku
 35 vyjmut. Ke zjištění tepelné vodivosti zkoušeného vzorku je využito rozdílu průběhu aktuálního rozdílu teplot snímáných teplotními čidly na jednom a druhém držáku z prvního a druhého měření.

Zařízení pro dynamické testování tepelných vlastností předmětu, případně způsob jeho využití, navrhuje dokument CZ 301152 B2 (resp. CZ 18281 U1). Vzorek zkoušeného stavebního materiálu o rozměrech zhruba 40 x 40 x 10 cm se vloží jako střední příčka do krychlového prostoru tepelně izolovaného kontejneru, přičemž se mezi jednu plochu vzorku a přilehlou vnitřní stěnu kontejneru vloží první nádoba s vodou a celek se vytemperuje na nízkou teplotu, např. 10 °C. Uvnitř vzorku, přibližně v jeho střední části, jsou ve vodorovné rovině uloženy tři teploměry s výstupy vyvedenými mimo kontejner a připojenými k měřicí ústředně. Mezi druhou plochu vzorku a přilehlou vnitřní stěnu kontejneru se vloží druhá nádoba s vodou ohřátou například na 80 °C, přičemž je zajištěn dokonalý tepelný kontakt mezi zkoušeným vzorkem a k němu přilehlými stěnami obou nádob. Nádoba se uzavře tepelně izolovaným víkem. Po dobu, než dojde k vyrovnání teplot vody v jedné a druhé nádobě se provede několik měření teplot snímáných
 50 teploměry. Z rychlosti ohřevu kapaliny v první nádobě lze určit tepelný tok odpovídající gradientu určenému pomocí tří teploměrů a tím i tepelnou vodivost zkoušeného vzorku.

Novější a relativně moderní zařízení podle dosavadního stavu techniky mají některá zásadní omezení. Do jedné skupiny známých zařízení patří výše uvedená řešení. Ta se vyznačují tím, že
 55 zkoušený vzorek má deskovitý tvar, přičemž v tepelném kontaktu s teplosměnnými plochami

měřicích zařízení jsou jeho velké plochy a jeho tloušťka je relativně malá. Použití těchto známých provedení je však funkční pouze pro materiály o nízké tepelné vodivosti. Druhou skupinou jsou zařízení publikovaná v pracích týkajících se již vyšší tepelné vodivosti kolem $30 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Jedná se o dynamické testery tepelné vodivosti, které jsou však v principu málo přesné, elektro-

5

Cílem vynálezu je odstranit, nebo alespoň podstatně snížit nedostatky stavu techniky a navrhnout způsob a zařízení k měření součinitele tepelné vodivosti, které by bylo využitelné pro ploché relativně tenké vzorky pevných materiálů, jejichž očekávaný součinitel tepelné vodivosti, které by bylo využitelné pro ploché relativně tenké vzorky pevných materiálů, jejichž očekávaný sou-

10

Podstata vynálezu

15

Cíle vynálezu je dosaženo způsobem měření tepelné vodivosti vzorku podlouhlého deskovitého tvaru, jehož podstatou je to, že do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů tepelného toku se uvede alespoň jedna z dlouhých povrchových ploch zkoušeného vzorku, přičemž aktivní plochy snímačů tepelného toku udržované na rozdílných teplotách jsou v kontaktu s oblastmi

20

sousedícími s opačnými konci zkoušeného vzorku ve směru jeho délky a tepelný tok se ve zkoušeném vzorku vede jeho nejmenším průřezem.

Tepelný tok prochází relativně malým průřezem vzorku, čímž se sníží vliv tepelného odporu snímačů tepelného toku, přechodové vrstvy mezi těmito snímači a termostatickým blokem a vzorkem a vliv konečné tepelné i teplotní vodivosti materiálu termostatických bloků na výsledek měření.

25

Výhodné je také, když se tepelný tok ve zkoušeném vzorku vede po dráze delší, než je tloušťka zkoušeného vzorku, což dále zvyšuje přesnost měření.

30

Do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů tepelného toku se uvede jedna z dlouhých povrchových ploch zkoušeného vzorku. To umožňuje vytvořit kompaktní měřicí skříň s vedle sebe uspořádanými snímači.

35

Přesnost měření se dále zvyšuje, když se do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů tepelného toku uvede širší dlouhá povrchová plocha zkoušeného vzorku.

Zkušební vzorek je k aktivním plochám snímačů tepelného toku přitlačován alespoň jedním přitlačným elementem vytvořeným z materiálu o vysokém tepelném odporu. Zajištění dokonalého přestupu tepla mezi snímači tepelného toku a zkoušeným vzorkem a zabránění výstupu tepla mimo kontaktní plochy snímačů je dalším předpokladem objektivního výsledku měření.

40

Cíle vynálezu je také dosaženo zařízením k měření tepelné vodivosti vzorku podlouhlého deskovitého tvaru, které obsahuje alespoň dva snímače tepelného toku tepelně spojené s termostatickými bloky, přičemž aktivní plochy snímačů tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné, jehož podstatou je to, že snímače tepelného toku jsou uspořádány v oblastech sousedících s opačnými konci zkoušeného vzorku ve směru jeho délky, přičemž průměty aktivních ploch snímačů tepelného toku do roviny s nimi rovnoběžné jsou od sebe vzdáleny. Tak lze provádět měření na relativně dlouhém plochém vzorku, který je ve velkoplošném kontaktu s aktivními plochami snímačů tepelného toku, přičemž tepelný tok prochází malým průřezem vzorku.

50

Z hlediska kompaktní stavby měřicího zařízení je výhodné, když aktivní plochy dvou snímačů tepelného toku jsou ve směru svých normálových os orientovány ve shodném smyslu. Pro některé typy zkoušených vzorků, například vytvořených z anizotropního materiálu, může být naopak

výhodné, když jsou aktivní plochy dvou snímačů tepelného toku ve směru svých normálových os orientovány v opačném smyslu.

5 Zařízení obsahuje prostředky pro vyvození vzájemného přitlaku aktivních ploch snímačů tepelného toku a příslušných ploch zkoušeného vzorku, přičemž materiál alespoň těch částí, které jsou určeny k přímému kontaktu se zkoušeným vzorkem, má vysoký tepelný odpor. Výhodou je dokonalý tepelný kontakt ploch, kterými přestupuje teplo mezi snímači tepelného toku a zkoušeným vzorkem, přičemž nedochází k nežádoucímu výstupu tepla ze vzorku cestou přitlačných prostředků.

10 Zařízení obsahuje elektronickou řídicí jednotku spřaženou alespoň s výstupy snímačů tepelného toku a snímačů teploty jejich termostatických bloků, se vstupem topného prostředku termostatického bloku prvního snímače tepelného toku a se vstupem chladicího prostředku druhého snímače tepelného toku, přičemž je elektronická řídicí jednotka opatřena zařízením ke zpracování výstupních signálů snímačů tepelného toku a snímačů teploty jejich termostatických bloků a alespoň 15 k výpočtu součinitele tepelné vodivosti zkoušeného vzorku. To umožňuje usnadnit obsluhu zařízení a přitom rychle a s opakovatelnou přesností vyhodnotit výsledky měření.

20 Zásadní výhodou řešení podle vynálezu je prodloužení dráhy měřicího tepelného toku a zúžení průřezu, kterým tepelný tok prochází vzorkem, čímž je dosaženo řádového zvětšení měřeného tepelného odporu. Výsledky měření jsou podstatně méně ovlivněny tepelným odporem snímačů tepelného toku, přechodovými vrstvami mezi snímači, termostatickými bloky a zkoušeným vzorkem, a omezenou tepelnou i teplotní vodivostí materiálu termostatických bloků.

25 Přehled obrázků na výkrese

Na obrázku je schematicky znázorněn svislý řez příkladným zařízením k měření tepelné vodivosti podle vynálezu.

30 Příklady provedení vynálezu

35 Výhodné provedení zařízení k měření tepelné vodivosti zkoušeného vzorku 1 podlouhlého deskovitého tvaru podle vynálezu obsahuje skříň 2, na jejíž dolní části 21 je uloženo víko 22, přičemž vnitřní prostor pro umístění zkoušeného vzorku 1 je materiálem víka 22 a izolací dolní části 21 skříně 2 tepelně izolován.

40 V dolní části 21 skříně 2 jsou v blízkosti jejich stěn vytvořeny dvě v podstatě svislé rovnoběžné dutiny. V jedné z nich je uspořádán první snímač 3 tepelného toku, který je tepelně spojen s pod ním umístěným termostatickým blokem 31. Ve druhé dutině je uspořádán druhý snímač 4 tepelného toku, který je tepelně spojen s pod ním umístěným termostatickým blokem 41. Výškově jsou termostatické bloky 31, 41 se snímači 3, 4 tepelného toku uspořádány tak, že horní, tedy aktivní plochy snímačů 3, 4 tepelného toku jsou v úrovni, nebo těsně nad úrovní střední části 23 skříně 2. V příkladném provedení jsou snímače 3, 4 tepelného toku vytvořeny na základě známých diferenciálních multitermočlánků. V tepelně vodivém materiálu termostatického bloku 31 prvního snímače 3 tepelného toku je uspořádána topná vložka 32 a snímač 33 teploty. Pod termostatickým blokem 41 druhého snímače 4 tepelného toku vyrobeným z tepelně vodivého materiálu je uspořádán chladicí ventilátor 42. V tepelně vodivém materiálu termostatického bloku 41 je 50 uspořádán snímač 43 teploty. Tělesa termostatických bloků 31, 41 jsou v příkladném provedení kovová, mohou být ovšem i z jiného vodivého materiálu, například ze speciální keramiky.

Na dolní části 21 skříně je umístěna nosná část 24, tvořená převráceným profilem „U“, jehož vnitřní šířka je větší, než předpokládaná šířka uvažovaných zkoušených vzorků 1. V podélné ose 55 nosné části 24 jsou v podstatě ve svislých osách snímačů 3, 4 tepelného toku uspořádány závitové

otvory. V nich jsou uloženy tepelné izolační příločky 5, 6 pro upnutí zkoušeného vzorku 1 prostřednictvím šroubů 51, 61.

Součástí zařízení je v příkladném provedení elektronická řídicí jednotka 7, jejíž vstupy 71, 72 jsou připojeny k výstupu prvního snímače 3 tepelného toku a k výstupu snímače 33 teploty termostatického bloku 31, a vstupy 74, 75 k výstupu druhého snímače 4 tepelného toku a k výstupu snímače 43 teploty termostatického bloku 41. Výstupy 73, 76 elektronické řídicí jednotky 7 jsou připojeny ke vstupu topné vložky 32 termostatického bloku 31 a ke vstupu hnacího motoru ventilátoru 42 termostatického bloku 41.

V neznázorněném provedení je ve skříni 2 obrácena poloha například prvního snímače 3 tepelného toku a příslušného termostatického bloku 31 vzhledem k příslušné izolační příložce 5 tak, že aktivní plocha prvního snímače 3 tepelného toku přiléhá shora na plochu zkoušeného vzorku, zatímco přitlačná příložka 5 přitlačuje zkoušený vzorek 1 k aktivní ploše prvního snímače 3 tepelného toku směrem zdola. Samozřejmě musí být zajištěna taková poloha aktivní plochy prvního snímače 3 tepelného toku, aby docházelo k dokonalému tepelnému kontaktu mezi zkoušeným vzorkem 1 a aktivními plochami obou snímačů 3, 4 tepelného toku. Uspořádání tepelně izolované skříně 2 z hlediska tloušťky stěn, umístění a celistvosti izolace vlastního měřicího prostoru je provedeno jako kompromis s ohledem na dokonalost izolace a přístupnost vzorku a prvků zařízení umístěných uvnitř skříně 2. Je zřejmé, že níže uvedené výpočtové kalibrační koeficienty budou platit vždy pro aktuální dané uspořádání.

Následně je popsán způsob měření na alternativě zařízení uspořádaného podle obrázku, které je z hlediska přesnosti výsledků měření srovnatelné s výše popsaným neznázorněným zařízením, u kterého aktivní plocha prvního snímače 3 tepelného toku přiléhá shora na plochu zkoušeného vzorku, zatímco přitlačná příložka 5 přitlačuje zkoušený vzorek 1 k aktivní ploše prvního snímače 3 tepelného toku směrem zdola.

Sejmutím víka 22 skříně 2 a částečným vyšroubováním přitlačných příložek 5, 6 se získá přístup k prostoru pod nosnou částí 24, do kterého se z jeho čela vloží plochý dlouhý zkoušený vzorek 1 z materiálu, který má očekávanou tepelnou vodivost v rozsahu 10 až 100 W.m⁻¹.K⁻¹. Vzorek 1 je svou dolní plochou uložen na velkoplošných snímačích 3, 4 tepelného toku. Z důvodu dosažení optimálního tepelného kontaktu je vhodné potříty styčné plochy mezi snímači 3, 4 tepelného toku a zkoušeným vzorkem 1 tepelně vodivou vazelinou. Prostřednictvím ovládacích šroubů 51, 61 se příložkami 5, 6 vzorek přitlačí do dokonalého kontaktu s aktivními plochami snímačů 3, 4 tepelného toku. Na nosnou část 24 se nasadí izolační víko 22. Délka části zkoušeného vzorku 1 nacházející se mezi plochami, kterými je zkoušený vzorek 1 v kontaktu s aktivními plochami snímačů 3, 4 tepelného toku, je větší, než je tloušťka zkoušeného vzorku 1, přičemž průřez této části vzorku je menší než velikost aktivní plochy snímače 3, 4 tepelného toku.

Spustí se ohřev termostatického bloku 31 topnou vložkou 32 a chlazení termostatického bloku 41 ventilátorem 42. K tomu jsou topná vložka 32 a ventilátor 42 připojeny k výkonovým výstupům 73 a 76 elektronické řídicí jednotky 7 a jejím prostřednictvím k neznázorněnému zdroji elektrické energie. Teplota t₃₁ a t₄₁ termostatických bloků 31 a 41 jsou měřeny snímači 33 a 43 teploty, jejichž signály jsou přiváděny na vstupy 72 a 75 elektronické řídicí jednotky 7. Signály reprezentující okamžité hustoty q₃ a q₄ tepelného toku měřené snímači 3, 4 tepelného toku jsou přiváděny na vstupy 71 a 74 elektronické řídicí jednotky 7.

Elektronická řídicí jednotka 7 vyhodnotí ustálení rozdílu Δt

$$\Delta t = t_{31} - t_{41}$$

teplot t₃₁ a t₄₁ termostatických bloků 31 a 41 i hustot q₃ a q₄ příslušných tepelných toků a vypočítá tepelný tok Q₃ (zvoleno záporné znaménko) vstupující do zkoušeného vzorku 1 snímačem 3

tepelného toku a tepelný tok Q_4 (kladné znaménko) vystupující ze zkoušeného vzorku 1 snímačem 4 tepelného toku

$$Q_{3,4} = S \cdot q_{3,4},$$

5

kde S je aktivní plocha snímače $3, 4$ tepelného toku.

Část tepelného toku Q_3 vstupujícího do zkoušeného vzorku 1 se odvádí do okolí jednak vedením příločkami $5, 6$ a prostupem tepelnou izolací skříně 2 , jednak konvencí a radiací z nezakrytých částí povrchu zkoušeného vzorku 1 . Proto je hustota tepelného toku q_4 vystupujícího ze zkoušeného vzorku 1 do snímače 4 tepelného toku poněkud nižší než hustota tepelného toku q_3 vstupujícího do zkoušeného vzorku 1 snímačem 3 tepelného toku.

Elektronická řídicí jednotka 7 počítá efektivní střední tepelný tok Q_s procházející zkoušeným vzorkem 1

15

$$Q_s = (1 - k_q) \cdot Q_4 - k_q \cdot Q_3,$$

s využitím váhovacího kalibračního koeficientu k_q , jehož výchozí hodnotou je $0,5$ pro prostou střední hodnotu tepelného toku Q_s . Tepelný tok Q_s se dále přepočte na hustotu q_s v průřezu zkoušeného vzorku 1 o šířce d_1 a tloušťce h_1

20

$$q_s = Q_s / (d_1 \cdot h_1).$$

Teplotní spád Δt_1 na zkoušeném vzorku 1 se vzhledem k rozdílu Δt teplot t_{31} a t_{41} termostatických bloků 31 a 41 snižuje o úbytky teploty na plošném odporu $r_{3,4}$ snímačů $3, 4$ tepelného toku a tenké adhezni vrstvě mezi nimi a termostatickými bloky 31 a 41

25

$$\Delta t_1 = \Delta t - r_{3,4} \cdot (q_4 - q_3).$$

30

Jako střední délka l_1 zkoušeného vzorku 1 se považuje vzdálenost l_s středů aktivních ploch snímačů $3, 4$ tepelného toku korigovaná délkovým kalibračním koeficientem k_L

$$l_1 = k_L \cdot l_s.$$

35

Následně vypočítá elektronická řídicí jednotka 7 součinitel λ tepelné vodivosti zkoušeného vzorku 1 s využitím přístrojového kalibračního koeficientu k_λ tepelné vodivosti ze známého vztahu

40

$$\lambda = k_\lambda \cdot q_s \cdot l_1 / \Delta t_1.$$

Způsob měření a příslušné zařízení podle vynálezu je použitelné i pro anizotropní, zejména kompozitní materiály. Výše popsaným způsobem se tepelná vodivost změří především ve směru délky zkoušeného vzorku 1 . Pro změření tepelné vodivosti v obou směrech je nutné provést soubor více měření téhož materiálu s výrazně odstupňovanými tloušťkami vzorku. Výsledky měření však budou méně přesné. Bude-li však materiál zkoušeného vzorku elektricky vodivý a elektrická vodivost se změří v podélném i příčném směru, lze pro výpočet tepelné vodivosti s úspěchem využít téměř přímé úměrnosti mezi elektrickou a tepelnou vodivostí látek. Tepelná vodivost v příčném směru se vypočte ze změřené vodivosti podélné.

50

Prodloužením dráhy měřícího tepelného toku a zúžením průřezu, kterým tepelný tok prochází vzorkem, se dosáhne řádového zvětšení měřeného tepelného odporu. Tím se současně řádově zmenší vliv tepelného odporu snímačů tepelného toku, přechodové vrstvy mezi nimi a termo-

statickým blokem a vzorkem a vliv konečné tepelné i teplotní vodivosti materiálu termostatických bloků.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

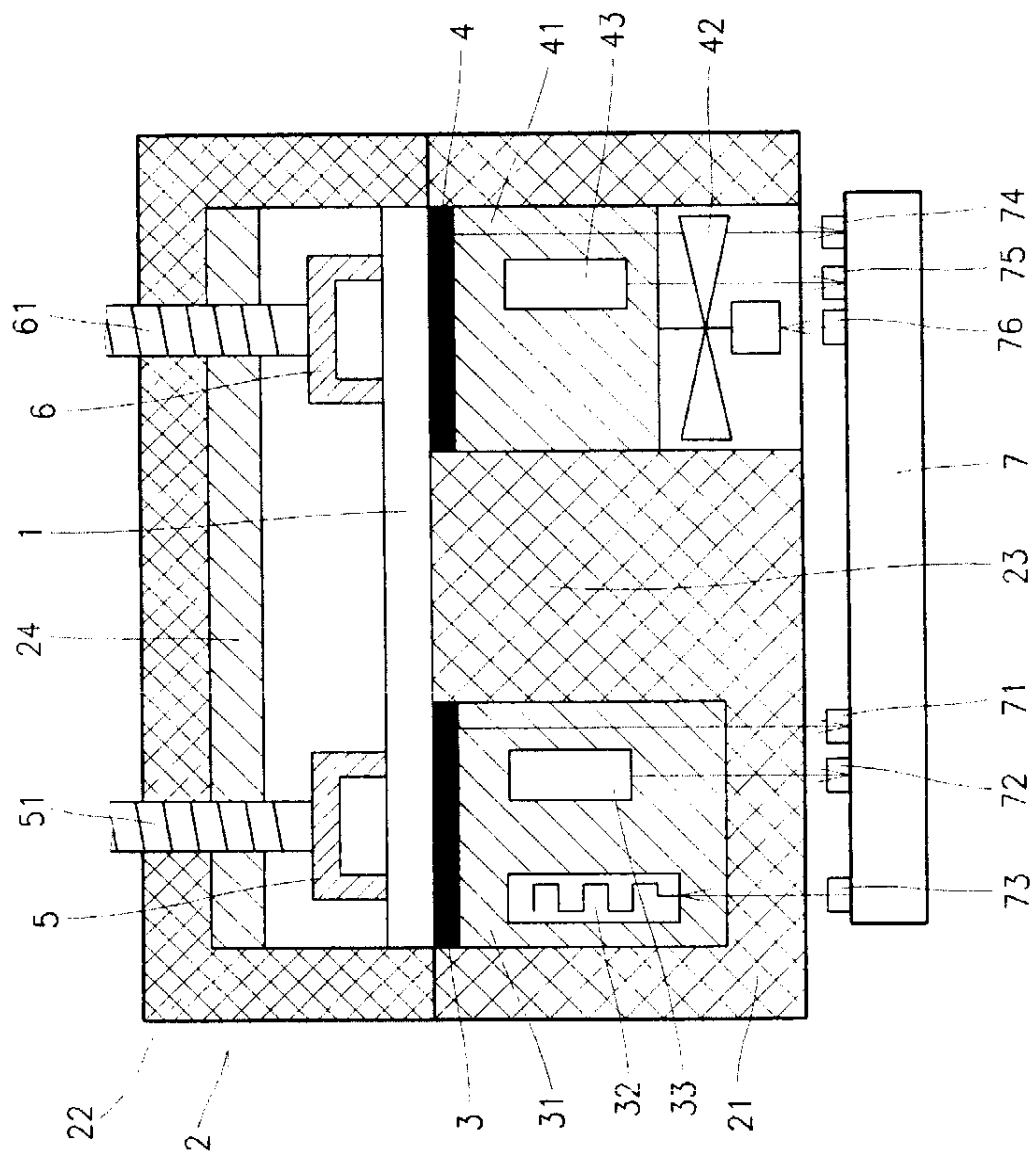
- 10 1. Způsob měření tepelné vodivosti, při kterém se zkoušený vzorek (1) podlouhlého deskovitého tvaru uvede v prostoru alespoň částečně tepelně izolovaném od okolního prostředí do tepelného kontaktu s aktivními plochami alespoň dvou snímačů (3, 4) tepelného toku, jejichž teploty se volitelně udržují na dvou rozdílných hodnotách, **vyznačující se tím**, že do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů (3, 4) tepelného toku se uvede alespoň jedna z dlouhých povrchových ploch zkoušeného vzorku (1), přičemž aktivní plochy snímačů (3, 4) tepelného toku udržované na rozdílných teplotách jsou v kontaktu s oblastmi sousedícími s opačnými konci zkoušeného vzorku (1) ve směru jeho délky a tepelný tok se ve zkoušeném vzorku (1) vede jeho nejmenším průřezem.
- 15 2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že tepelný tok se ve zkoušeném vzorku (1) vede po dráze delší, než je tloušťka zkoušeného vzorku (1).
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů (3, 4) tepelného toku se uvede jedna z dlouhých povrchových ploch zkoušeného vzorku (1).
- 25 4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že do tepelného kontaktu s aktivními plochami snímačů (3, 4) tepelného toku se uvede širší dlouhá povrchová plocha zkoušeného vzorku (1).
- 30 5. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že zkoušební vzorek (1) je k aktivním plochám snímačů (3, 4) tepelného toku přitlačován alespoň jedním přitlačným elementem vytvořeným z materiálu o vysokém tepelném odporu.
- 35 6. Zařízení k měření tepelné vodivosti zkoušeného vzorku (1) podlouhlého deskovitého tvaru, obsahující alespoň částečně tepelně izolovanou skříň (2), v jejímž vnitřním prostoru jsou uspořádány alespoň dva snímače (3, 4) tepelného toku tepelně spojené s termostatickými bloky (31, 41), přičemž termostatický blok (31) tepelně spojený s prvním snímačem (3) tepelného toku je opatřen snímačem (33) teploty a topným prostředkem (32) a termostatický blok (41) tepelně spojený s druhým snímačem (4) tepelného toku je opatřen snímačem (43) teploty a chladicím prostředkem, přičemž aktivní plochy snímačů (3, 4) tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné, **vyznačující se tím**, že snímače (3, 4) tepelného toku jsou uspořádány v oblastech sousedících s opačnými konci zkoušeného vzorku (1) ve směru jeho délky, přičemž průměty aktivních ploch snímačů (3, 4) tepelného toku do roviny s nimi rovnoběžné jsou od sebe vzdáleny.
- 45 7. Zařízení podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že aktivní plochy dvou snímačů (3, 4) tepelného toku jsou ve směru svých normálových os orientovány ve shodném smyslu.
- 50 8. Zařízení podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že aktivní plochy dvou snímačů (3, 4) tepelného toku jsou ve směru svých normálových os orientovány v opačném smyslu.
9. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 6 až 8, **vyznačující se tím**, že obsahuje prostředky pro vyvození vzájemného přitlaku aktivních ploch snímačů (3, 4) tepelného toku

a příslušných ploch zkoušeného vzorku (1), přičemž materiál alespoň těch částí, které jsou určeny k přímému kontaktu se zkoušeným vzorkem (1), má vysoký tepelný odpor.

- 5 10. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 6 až 9, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje elektronickou řídicí jednotku (7) spřaženou alespoň s výstupy snímačů (3, 4) tepelného toku a snímačů (33, 43) teploty jejich termostatických bloků (31, 41), se vstupem topného prostředí termostatického bloku (31) prvního snímače (3) tepelného toku a se vstupem chladicího prostředí druhého snímače (4) tepelného toku, přičemž je elektronická řídicí jednotka (7) opatřena
10 zařízením ke zpracování výstupních signálů snímačů (3, 4) tepelného toku a snímačů (33, 43) teploty jejich termostatických bloků (31, 41) a alespoň k výpočtu součinitele tepelné vodivosti zkoušeného vzorku (1).

15

1 výkres



Obr. 1

Konec dokumentu