(19) Republik Österreich Patentamt

(11) Nummer: AT 399 777 B

PATENTSCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: 1511/93

(22) Anmeldetag: 5. 2.1991

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1994

(45) Ausgabetag: 25. 7.1995

(51) Int.Cl.[6] : G01K 17/00

(62) Ausscheidung aus Anmeldung Nr.: 698/90

(56) Entgegenhaltungen:

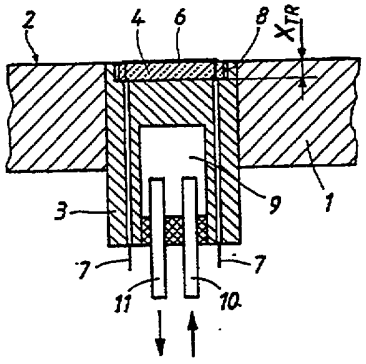
AT 388455B

(73) Patentinhaber:

PISCHINGER RUDOLF DIPL.ING. DR.
A-8010 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) MESSSYSTEM ZUR MESSUNG DER OBERFLÄCHENTEMPERATUR EINER WAND

(57) Bei einem Meßsystem zur Messung der Oberflächentemperatur einer Wand (1) sind wenigstens ein Aufnehmer mit einem in die Wand (1) einsetzbaren Grundkörper (3) und wenigstens einem Temperaturmeßelement (6) sowie eine Auswertungseinrichtung für die Meßsignale vorhanden. Zur Erzielung exakter und wiederholbarer Meßbedingungen ist das Temperaturmeßelement (6) auf einem Trägerkörper (4) aus elektrisch isolierendem Material in der Weise angebracht, daß an der Meßstelle nur ein eindimensionaler, in das Trägermaterial gerichteter Wärmestrom auftreten kann. Die Dicke des Trägerkörpers (4) ist so dimensioniert, daß Temperaturschwankungen in ihm abklingen können. In der Auswertungseinrichtung wird das gemessene Signal nach einem die Unterschiede von Wandmaterial und Trägerkörper berücksichtigenden Faktor einer Umrechnung unterzogen. Die Oberflächentemperatur des Trägerkörpers (4) wird an die Oberflächentemperatur der Wand (1) angeglichen.



AT 399 777 B

Die Erfindung betrifft ein Meßsystem zur Messung der Oberflächentemperatur einer Wand, mit wenigstens einem Aufnehmer mit in die Wand einsetzbarem Grundkörper mit einem Trägerkörper aus elektrisch isolierendem Material, auf dem ein oder mehrere dünnflächige Temperaturmeßelemente, insbesondere Thermopaarungen oder Meßwiderstände aus dünnen Schichten, in einer mit ihrer freien Oberfläche zumindest im wesentlichen mit der Wandoberfläche fluchtenden Meßstellung anbringbar sind und einer Auswertungs- oder Anzeigeeinrichtung für die Meßsignale.

Meßsysteme dieser Art werden für die Messung rascher Temperaturänderungen einer Wandoberfläche, z.B. der Zylinderwand einer Verbrennungskraftmaschine, verwendet. Für solche Messungen sind Temperaturaufnehmer, d.h. Meßelemente erforderlich, die Ansprechzeiten im Mikrosekundenbereich aufweisen. Derartig kurze Ansprechzeiten werden durch sehr dünne, in speziellen Vakuumverfahren durch Bedampfung oder Kathodenstrahlzerstäubung aufgebrachte Meßelemente in Stärken unter 1/1000 mm erreicht. Wegen ihrer geringen Wärmekapazität sprechen derartige Schichten rasch auf Temperaturänderungen an und nehmen auf Grund ihrer kleinen Abmessungen auch keinen merkbaren Einfluß auf das Temperaturfeld. Sie ermöglichen also die Messung des tatsächlichen Oberflächentemperaturverlaufes des Materials, auf dem sie aufgebracht sind.

Bei entsprechender Konstruktion des Temperaturaufnehmers kann der instationäre Wandwärmestrom aus dem gemessenen instationären Wandoberflächentemperaturverlauf nach der Oberflächentemperaturmethode berechnet werden, vgl. etwa Eichelberg G.: "Temperaturverlauf und Wärmespannungen in Verbrennungsmotoren" Forsch.-Arb. a.d. Geb. d. Ing.-Wesens, Heft 163, 1923). In diesem Fall wird das instationäre Temperatur- und Wärmestromfeld in der Wand als exakte Lösung der Fourierschen Differentialgleichung der Wärmeleitung (Gleichung (1), siehe Tafel) für periodische Temperaturschwankungen in Form der Gleichungen (2) und (3) beschrieben. In diesen Gleichungen stellt a die Temperaturleitfähigkeit dar, die sich entsprechend Gleichung (4) aus den Materialwerten λ,ρ und c errechnen läßt. Die Winkelgeschwindigkeit ω läßt sich nach Gleichung (5) mit der Frequenz f, bzw. der Periodendauer T der auftretenden zyklischen Oberflächentemperaturänderung berechnen. Aus einer Fourieranalyse des gemessenen instationären Temperaturverlaufes an der Wandoberfläche (x = Null) erhält man die Koeffizienten A_i und B_i in Gleichung (2) und damit auch den instationären Wandwärmestromanteil in Gleichung (3).

Dabei ist vorauszusetzen, daß das Temperaturfeld an der Meßstelle eindimensional ist und die Temperaturschwankung innerhalb des Materials, auf dem das Meßelement aufgebracht ist, weitgehend abklingt. Die Werkstoffwerte dieses Trägermaterials sind in die Gleichung (2) und (3) einzusetzen. Bei bisherigen Ausführungen wird versucht, das Temperaturfeld in der Wand durch den Einbau des Aufnehmers möglichst wenig zu verändern, siehe dazu Kiell, M.: "Messung und Berechnung instationärer Oberflächentemperaturen und Wandwärmeströme in Verbrennungskraftmaschinen" Mitteilungen des Institutes für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Heft 52, Technische Universität Graz 1989. D. h., der Aufnehmergrundkörper wird aus Wandmaterial hergestellt, die Kühlbedingungen am Aufnehmer werden weitgehend den Kühlbedingungen der umgebenden Wand angepaßt und die Isolierschicht, auf der das dünne Meßelement aufgebracht ist, und deren Aufgabe die elektrische Isolation der Meßschicht vom Grundkörper ist, wird möglichst dünn (unter 1 μm) ausgeführt, so daß diese Isolierschicht praktisch keinen Einfluß hat und mit den Materialwerten der Wand (bzw. des Aufnehmers) gerechnet werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es demnach, ein Meßsystem der eingangs genannten Art zu schaffen, das wiederholbar exakte Messungen der Oberflächentemperatur bzw. des Oberflächentemperaturverlaufes und damit eine Bestimmung des instationären Wandwärmestromes ermöglicht.

Die gestellte Aufgabe wird prinzipiell dadurch gelöst, daß der Trägerkörper in der Meßfläche über die Meßstelle bzw. Meßstellen hinausreicht und am Umfang thermisch abgeschirmt ist, so daß an der bzw. den Meßstellen zumindest im wesentlichen nur ein eindimensionaler, in das Trägermaterial gerichteter Wärmestrom auftreten kann, daß die Mindestdecke des Trägerkörpers entsprechend den auftretenden zyklischen Temperaturschwankungen nach der Gleichung

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left(e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \right)^{\sqrt{i}\ x_{TR}} \leq 0,01$$

bestimmt ist, wobei ω die niedrigste, bei der Messung zu berücksichtigende Winkelgeschwindigkeit, die sich aus den entsprechenden Werten der Frequenz f bzw. der Periodendauer T der auftretenden zyklischen

Temperaturänderung nach der Gleichung

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{\frac{}{}}$$

errechnet, i die Zählvariable der Summenfunktion und a die Temperaturleitfähigkeit des Materials des Trägerkörpers sind, so daß diese Temperaturschwankungen im Trägerkörper abklingen können und daß die Auswertungseinrichtung das an den Temperaturmeßelementen gemessene, der Oberflächentemperatur entsprechende Signal nach einem die Unterschiede von Wandmaterial und Trägerkörper berücksichtigenden Umrechnungsfaktor einer Umrechnung unterzieht und für die Messung die Oberflächentemperatur des Trägerkörpers über Kühl- oder Heizeinrichtungen an die Oberflächentemperatur der Wand angleichbar ist und bzw. oder Oberflächentemperaturunterschiede durch entsprechende Faktoren bei der Umrechnung des Meßsignales berücksichtigbar sind.

Eine Grundüberlegung der Erfindung ist es, daß es günstiger ist, die Materialunterschiede des Trägerkörpers gegenüber dem Wandmaterial durch Umrechnung zu berücksichtigen und dafür weitgehend exakte Meßbedingungen herzustellen, bei denen tatsächlich ein zumindest im wesentlichen eindimensionaler Wärmestrom auftritt, so daß auch exakte Bestimmungen des instationären Wärmestromanteiles möglich sind. Durch die erfindungsgemäße Konstruktion wird an den Meßstellen ein eindimensionales Temperaturfeld erhalten und die Oberflächentemperaturschwankungen klingen innerhalb des Trägerkörpers aus elektrisch isolierendem Material ab. Wegen der geringen Wärmekapazität der Temperaturmeßelemente folgen sie praktisch trägheitslos den Temperaturänderungen des Trägermatrials und nehmen keinen merkbaren Einfluß auf das Temperaturfeld.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen nach den Unteransprüchen, Einzelheiten und Vorteile des Erfindungsgegenstandes entnimmt man der nachfolgenden Zeichnungsbeschreibung.

In der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand beispielsweise veranschaulicht. Es zeigen

- Fig. 1 in schematisierter Darstellungsweise eine Meßanordnung zur Messung der Oberflächentemperatur einer Wand, wobei die Wand und der Aufnehmer im Schnitt dargestellt sind,
- Fig. 2 eine Draufsicht zu Fig. 1,
- Fig. 3 in einer der Fig. 1 ähnlichen Darstellungsweise eine weitere Meßanordnung,
- Fig. 4 eine Draufsicht zu Fig. 3,
- Fig. 5 eine dritte Meßanordnung im Schnitt und
- Fig. 6 eine Draufsicht zu Fig. 5.

In der Zeichnung wurden in den Fig. 3 und 4 bzw. 5 und 6 gleichartige Teile mit den gleichen Bezugszeichen wir in den Fig. 1 und 2 bezeichnet und durch den Zusatz a bzw. b unterschieden.

Nach den Fig. 1 und 2 ist eine Wand 1, bei der der Verlauf der Temperatur der Oberfläche 2 zu messen ist, aus einem Material A hergestellt. In die Wand ist ein Aufnehmer-Grundkörper 3 eingesetzt, der aus dem gleichen Material wie die Wand oder auch aus einem anderen geeigneten Werkstoff bestehen kann. Anschließend an die Oberfläche 2 ist in den Grundkörper 3 eine Trägerschicht 4 aus elektrisch isolierendem Material B eingesetzt. Diese Trägerschicht 4 weist zum Unterschied zu den bisherigen Ausführungen, bei denen diese Schicht möglichst den (unter 1 µm) ausgeführt wird, ein Dicke X_{TR} im Bereich weniger mm auf. Auf der Oberfläche 5 des Trägerkörpers 4 ist ein als Thermopaarung aus Dünnschichtelementen bestehendes Temperaturmeßelement 6 angebracht, von dem zwei Leitungsdrähte 7 durch den Trägerkörper 4 und, isoliert, durch den Grundkörper 3 nach außen zu einer nicht weiter dargestellten Meß- und Auswertungsanordnung geführt sind. Zur Verhinderung radialer Wärmeströme ist zwischen dem Trägerkörper 4 und dem Rand der für den Trägerkörper vorgesehenen Aufnahmevertiefung im Grundkörper 3 eine Nut 8 vorgesehen, die gegebenenfalls auch mit einem wärmeisolierenden Material ausgefüllt sein kann. Der Grundkörper 3 besitzt eine Höhlung 9, die von einem über Leitungen 10, 11 zu- und abgeführten Kühlmedium durchströmt sein kann. Durch Regeleinrichtungen wird angestrebt, die Temperatur der Oberfläche 5 exakt an die Temperatur der Oberfläche 2 anzugleichen.

Aufgrund der geringen Wärmekapazität des sehr dünnen Meßelementes 6, das durch geeignete Vakuumverfahren hergestellt wird, folgt dieses der Oberflächentemperaturänderung am Trägermaterial 4 praktisch trägheitslos und nimmt keinen merkbaren Einfluß auf das Temperaturfeld. Die Temperaturmessung erfolgt durch die elektrische Widerstandsänderung einer dünnen Meßschicht oder durch die abgegebene Thermospannung einer Thermopaarung aus dünnen Schichten zweier Leiter.

Der gemessene Temperaturverlauf entspricht also der Oberflächentemperaturänderung auf dem vom Wandmaterial A unterschiedlichen Trägermaterial B. Aus diesem gemessenen Temperaturverlauf an der Oberfläche des Trägermaterials 4 kann bei erfindungsgemäßer Ausführung des Aufnehmers der Temperaturverlauf an der ungestörten Wandoberfläche berechnet werden. Unter der Voraussetzung eindimensionaler Temperaturfelder und dem weitgehenden Abklingen der Temperaturschwingung innerhalb des Trägermaterials wurde von den Erfindern zwischen den Amplituden der Oberflächentemperatur auf den beiden verschiedenen Materialien A und B bei gleichem Wärmestromeinfall der Zusammenhang (6) abgeleitet.

$$\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B} = \frac{\sqrt{\lambda_A \varrho_A c_A}}{\sqrt{\lambda_B \varrho_B c_B}} \qquad (6)$$

Darin bedeutet:

ΔT_A [°C, K]	Temperaturamplitude Material A
λ_A [W/mK]	Wärmeleitfähigkeit Material A
ρ_A [kg/m³]	Dichte Material A
c_A [J/kgK]	spezifische Wärmekapazität Material A
ΔT_B [°C, K]	Temperaturamplitude Material B
λ_B [W/mK]	Wärmeleitfähigkeit Material B
ρ_B [kg/m³]	Dichte Material B
c_B [J/kgK]	spezifische Wärmekapazität Material B

Durch die Umrechnung der gemessenen Temperaturamplituden an der Oberfläche von Trägermaterial B mit Hilfe von Gleichung (6) erhält man den gesuchten Oberflächentemperaturverlauf auf dem Wandmaterial A. Über eine Fourieranalyse (Berechnung der Fourierkoeffizienten (A_i und B_i) des berechneten Temperaturverlaufes an der Wandoberfläche kann in weiterer Folge das instationäre Wandwärmestromfeld bestimmt werden, wobei darauf zu achten ist, daß mit den Werkstoffwerten des Wandmaterials gerechnet wird. Die Bestimmung des instationären Wandwärmestromfeldes ist auch über eine Fourieranalyse des gemessenen Temperaturverlaufes an der Oberfläche des Trägermaterials möglich, wenn mit den Werkstoffwerten des Trägermaterials gerechnet wird.

Voraussetzung für diese Vorgangsweise ist wie oben bereits angeführt eine Aufnehmerkonstruktion, die einen eindimensionalen Wärmestrom an der Meßstelle und ein weitgehendes Abklingen der Temperaturschwingung im Trägermaterial, sowie einen gleichen Wärmestromeinfall in das Trägermaterial und in die ungestörte Wand gewährleistet:

Um eine Störung des Temperaturfeldes durch die Drahtdurchführungen zu vermeiden, die einen radialen und damit mehrdimensionalen Wärmestrom verursachen, liegt der Ort der Temperaturmessung räumlich von den Drahtdurchführungen getrennt. Radialer Wärmestrom vom Trägermaterial zur Wand kann durch die isolierende Nut 8 weitgehend verhindert werden.

Um ein weitgehendes Abklingen der Temperaturschwingung innerhalb des Trägermaterials zu erreichen, muß das Trägermaterial eine bestimmte Mindestdicke x_{TR} aufweisen. Diese Mindestdicke des Trägermaterials läßt sich mit der aus Gleichung (2) abgeleiteten Beziehung (7) errechnen, wobei durch diese Bedingung sichergestellt ist, daß die Amplitude der Temperaturschwingung in der Tiefe $x = x_{TR}$ des Trägermaterials unter 1 % der Amplitude an der Oberfläche (x = Null) abklingt.

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left(e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \right)^{\sqrt{i}\ x_{TR}} \leq 0,01 \qquad (7)$$

Darin bedeutet:

a [m²/s]	Temperaturleitfähigkeit
ω [s^{-1}]	Winkeleschwinigkeit

i [] Zählvariable

x_{TR} [m] Dicke des Trägermaterials

Dabei ist in die Beziehung (7) für a die Temperaturleitfahigkeit des Trägermaterials und für ω die niedrigste, bei der Messung zu berücksichtigende Winkelgeschwindigkeit, die sich mit den entsprechenden Werten der Frequenz f bzw. der Periodendauer T der auftretenden zyklischen Temperaturänderung nach Gleichung (5) berechnen läßt, einzusetzen.

Damit der Wärmestrom über dem Trägermaterial dem über der ungestörten Wandoberfläche entspricht, ist es erforderlich, daß die mittlere Oberflächentemperatur des Trägermaterials der der ungestörten Wandoberfläche entspricht. Das wird durch entsprechende Wahl der Wärmeleitfähigkeit des Grundkörpermaterials und durch entsprechende Kühlung des Aufnehmers etwa durch Luft oder Wasser über Kühlzuführungen 10,11 zum Hohlraum 9 erreicht.

Bei der Ausführung nach den Fig. 3 und 4 ist der z.B. aus Stahl bestehende Grundkörper 3a mit einem Gewinde versehen und in eine entsprechende Gewindeöffnung der z.B. aus Grauguß (Material A) bestehenden Wand 1a eingeschraubt, wobei eine Dichtung 12 vorgesehen ist. Die Höhlung 9a ist für die Kühlung an ein Außenrohr 13 und ein Innenrohr 14 angeschlossen.

Als Meßelemente dienen zwei Widerstandsmeßelemente 15, die, wie insbesondere Fig. 4 zeigt, gegengleich symmetrisch auf der Oberfläche 5a angebracht sind, aus aufgedampften Meßbahnen 16 aus Platin bestehen können, wobei auch eine Mäanderform in der Leitungsführung möglich ist und deren Anschlußenden 17 einen stark vergrößerten Querschnitt aufweisen. Im Bereich der Anschlußenden 17, die außen vorgesehen sind, sind die Meßbahnen 16 mit Leiterpaaren 7a verbunden.

Die Änderung des Schichtwiderstandes infolge der Oberflächentemperaturschwankung wird als Meßsignal umgeformt, verstärkt und einem digitalen Meßdatenerfassungssystem zugeführt. Mit einer entsprechenden Auswertesoftware wird der gemessene Verlauf unter Verwendung des Zusammenhangs (6) auf den Temperaturverlauf auf dem Wandmaterial umgerechnet und Ober eine Fourieranalyse der Wandwärmestrom bestimmt.

Die Eindimensionalität des Temperaturfeldes an der Meßstelle wird durch eine Nut 8a mit wärmeisolierendem Material (spezielle Keramik oder Luft) und die geometrische Ausbildung der Meßstelle erzielt. Die Ausführung als Meßwiderstand ergibt eine örtlich mittlere Temperatur über die Struktur der Platinschicht. Die Bereiche um die Drahtdurchführungen sind als dickere Bahnen ausgeführt. Das Temperaturfeld wird durch die Drähte lokal verfälscht, im Drahtbereich tritt radialer Wärmestrom auf. Der dünnere Teil der Platinschicht liegt in einem Bereich des Trägermaterials, der im wesentlichen einen Wärmestrom nur normal zur Aufnehmeroberfläche aufweist. Duch die geometrische Form bestimmt dieser schmale Bahnteil infolge seines dominierenden Widerstandsanteiles den gemessenen Temperaturverlauf.

Der Grundkörper des Aufnehmers ist über Kühlzuführungen 14 wassergekühlt, um das Meßelement dem Temperaturniveau der ebenfalls wassergekühlten Graugußwand anpassen zu können.

Bei der Ausführung nach den Fig. 5 und 6 ist wieder ein aus einer Thermopaarung bestehendes Meßelement 6b vorgesehen. Die Wand 1b kann z.B. aus Aluminiumguß (Material A) und der Grundkörper 3b aus Aluminium bestehen. Der Grundkörper 3b wird mit Hilfe einer Hülse 18 fixiert. Der eine der beiden Drähte 7b besteht aus Nickel und der andere aus einem Nickelchromdraht. Dementsprechend ist auch das Dünnschichtelement 6b aus einer Nickel- und einer Nickelchromschicht in Stärken unter 1/1000 mm gebildet, wobei die Meßstelle in der Mitte des aus einer Quarzscheibe bestehenden Trägerkörpers 4b liegt. Die temperaturabhängig erzeugte Thermospannung der Meßstelle wird verstärkt, an die Datenerfassungsanlage weitergeleitet und mit der Auswertesoftware sinngemäß entsprechend den Meßsignalen bei den Aufnehmern nach den vorherigen Ausführungsbeispielen weiterverarbeitet. Das Temperaturfeld an der Meßstelle in der Mitte der Quarzscheibe 4b wird durch die Drahtdurchführungen der Drähte 7b nicht beeinflußt. Ein radialer Wärmestrom wird durch die isolierende Nut 8b verhindert. Kühlleitungen 13b, 14b sind ebenfalls vorhanden.

$$\frac{\delta T_W}{\delta t} = a \frac{\delta^2 T_W}{\delta x^2} \tag{1}$$

$$T_W(x,t) = T_{WO_m} - \frac{\dot{q}_{W_m}}{\lambda} x + \sum_{i=0}^{\infty} e^{-x\sqrt{\frac{i\omega}{2a}}} \sqrt{A_i^2 + B_i^2} \cdot \sin\left(i\omega t - x\sqrt{\frac{i\omega}{2a}} + \arctan\frac{A_i}{B_i}\right) \tag{2}$$

$$\dot{q}_W(x,t) = \dot{q}_{W_m} + \sum_{i=0}^{\infty} \lambda \sqrt{\frac{i\omega}{2a}} e^{-x\sqrt{\frac{i\omega}{2a}}} \sqrt{2} \sqrt{A_i^2 + B_i^2} \cdot \sin\left(i\omega t - x\sqrt{\frac{i\omega}{2a}} + \arctan\frac{A_i}{B_i} + \frac{\pi}{4}\right) \tag{3}$$

$$a = \frac{\lambda}{\varrho c} \tag{4}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} \tag{5}$$

Darin bedeuten:

T_W	[°C, K]	Wandtemperatur
$T_{WO_{mv}}$	[°C, K]	mittlere Wandoberflächentemperatur
t	[s]	Zeit
x	[m]	Wandkoordinate
i	[-]	Ordnung der Fourieranalyse
A_i, B_i	[°C, K]	Fourierkoeffizienten
$\dot{q}_W$	[W/m²]	Wandwärmestrom
$\dot{q}_{W_{mv}}$	[W/m²]	mittlerer Wandwärmestrom
a	[m²/s]	Temperaturleitfähigkeit
λ	[W/mK]	Wärmeleitfähigkeit
ϱ	[kg/m³]	Dichte
c	[J/kgK]	spezifische Wärmekapazität
ω	[s⁻¹]	Winkelgeschwindigkeit
f	[s⁻¹]	Frequenz
T	[s]	Periodendauer

Tafel 1: Gleichungen

Formelzeichen und Indizes

Formelzeichen

A [-]	Materialbezeichnung
a [m²/s]	Temperaturleitfähigkeit

B [-]	Materialbezeichnung
c [J/kg K]	spezifische Wärmekapazität, $c = dq_{rev}/dT$
n^r [ ]	bezogene Drehzahl (verschiedene Dimensionen möglich)
q [J/kg]	spezifische Wärme
s [m]	Schichtdicke (des Gaskörpers, der Flamme)
T [K]	Temperatur
t [°C]	Temperatur
t[s]	Zeit
α [W/m² K]	Wärmeübergangszahl
ϵ [-]	Emissionszahl, -verhältnis
ζ [-]	exergetischer Wirkungsgrad
x [-]	Isentropenexponent
λ [W/m K]	Wärmeleitfähigkeit, Wärmeleitzahl
ρ [kg/m³]	Dichte
ω [s^{-1}]	Winkelgeschwindigkeit

Indizes und Abkürzungen

A	Werkstoff A
B	Werkstoff B
i	Ordnungszahl der Fourieranalyse

Patentansprüche

1. Meßsystem zur Messung instationärer Oberflächentemperaturverläufe einer Wand, mit wenigstens einem Aufnehmer mit in die Wand einsetzbarem Grundkörper mit einem Trägerkörper aus elektrisch isolierendem Material, auf dem ein oder mehrere dünnflächige Temperaturmeßelemente, insbesondere Thermopaarungen oder Meßwiderstände aus dünnen Schichten, in einer mit ihrer freien Oberfläche zumindest im wesentlichen mit der Wandoberfläche fluchtenden Meßstellung anbringbar sind, und einer Auswertungs- oder Anzeigeeinrichtung für die Meßsignale, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Trägerkörper (4; 4a; 4b) in der Meßfläche (5; 5a; 5b) über die Meßstelle bzw. Meßstellen hinausreicht und am Umfang thermisch abgeschirmt ist, so daß an der bzw. den Meßstellen zumindest im wesentlichen nur ein eindimensionaler, in das Trägermaterial gerichteter Wärmestrom auftreten kann, daß die Mindestdicke (X_{TR}) des Trägerkörpers (4; 4a; 4b) entsprechend den auftretenden zyklischen Temperaturschwankungen nach der Gleichung

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left(e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \right)^{\sqrt{i}\ x_{TR}} \leq 0,01$$

bestimmt ist, wobei ω die niedrigste, bei der Messung zu berücksichtigende Winkelgeschwindigkeit, die sich aus den entsprechenden Werten der Frequenz f bzw. der Periodendauer T der auftretenden zyklischen Temperaturänderung nach der Gleichung

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T}$$

errechnet, i die Zählvariable der Summenfunktion und a die Temperaturleitfähigkeit des Materials des Trägerkörpers (4; 4a; 4b) sind, so daß diese Temperaturschwankungen im Trägerkörper (4; 4a; 4b) abklingen können, und daß die Auswertungseinrichtung das an den Temperaturmeßelementen gemes-

sene, der Oberflächentemperatur am Trägerkörper (4; 4a; 4b) entsprechende Signal nach einem die Unterschiede von Wandmaterial und Trägerkörpermaterial berücksichtigenden Umrechnungsfaktor einer Umrechnung unterzieht und daß die Oberflächentemperatur des Trägerkörpers (4; 4a; 4b) über Kühl- oder Heizeinrichtungen an die Oberflächentemperatur der Wand (1) angleichbar ist und/oder Oberflächentemperaturunterschiede durch entsprechende Faktoren bei der Umrechnung des Meßsignales berücksichtigbar sind.

2. Meßsystem nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, daß das gemessene Temperatursignal nach der Gleichung

$$\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B} = \frac{\sqrt{\lambda_A \varrho_A c_A}}{\sqrt{\lambda_B \varrho_B c_B}}$$

umgerechnet wird, wobei ΔT_A die Temperaturamplitude auf dem Wandmaterial, ΔT_B die Temperaturamplitude auf dem Trägerschichtmaterial, λ_A die Wärmeleitfähigkeit, ρ_A die Dichte, c_A die spezifische Wärmekapazität des Wandmaterials und λ_B die Wärmeleitfähigkeit, ρ_B die Dichte und c_B die spezifische Wärmekapazität des Trägerschichtmaterials sind.

3. Meßsystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Trägerschichtmaterial ein kleineres Produkt aus Wärmeleitfähigkeit (λ_B), Dichte (ρ_B) und spezifischer Wärmekapazität (c_B) und dadurch eine größere Oberflächentemperaturschwingung aufweist, als das Material der Wand (1; 1a; 1b), deren Oberflächentemperatur zu messen ist.

4. Meßsystem nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Umfangsabschirmung des Trägerkörpers (4; 4a; 4b) eine thermisch isolierende, gegebenenfalls mit Isoliermaterial ausgefüllte Nut (8; 8a; 8b) vorgesehen ist und die Meßstellen an der Oberfläche des Trägerkörpers örtlich getrennt von den zu den Meßelementen führenden Anschlußleitungen vorgesehen sind.

5. Meßsystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die als Dünnschicht-Widerstandselemente (15) ausgebildeten Meßelemente im Bereich der Anschlußleitungen (7a) einen mehrfach größeren Leitungsquerschnitt als im Bereich der eigentlichen Meßstellen aufweisen.

6. Meßsystem nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere Meßelemente (15) vorgesehen und in radialer Richtung verteilt auf der Oberfläche des Trägerkörpers (4a) aufgebracht sind, wobei die Kühlung dieser Oberflächenbereiche über Kühleinrichtungen (13, 14) gesondert einstellbar und über die Auswerteeinrichtung nach den von den Meßelementen erfaßten Temperaturunterschieden regelbar ist.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 25. 7.1995
Blatt 1

Patentschrift Nr. AT 399 777 B
Int. Cl.[6] : G01K 17/00

FIG.1

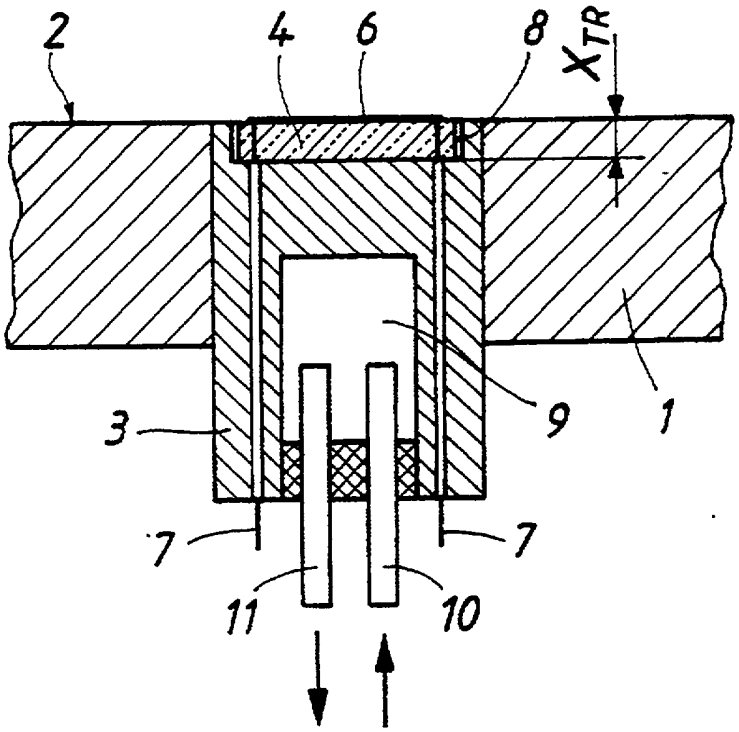
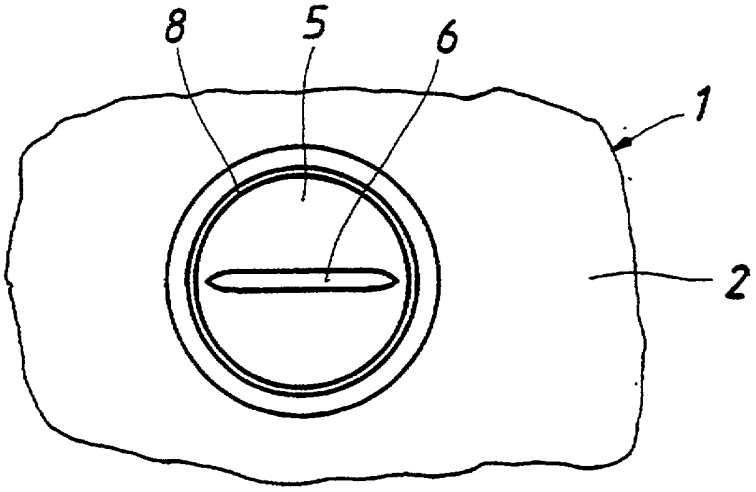


FIG.2



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 25. 7.1995
Blatt 2

Patentschrift Nr. AT 399 777 B
Int. Cl.[6] : G01K 17/00

FIG. 3

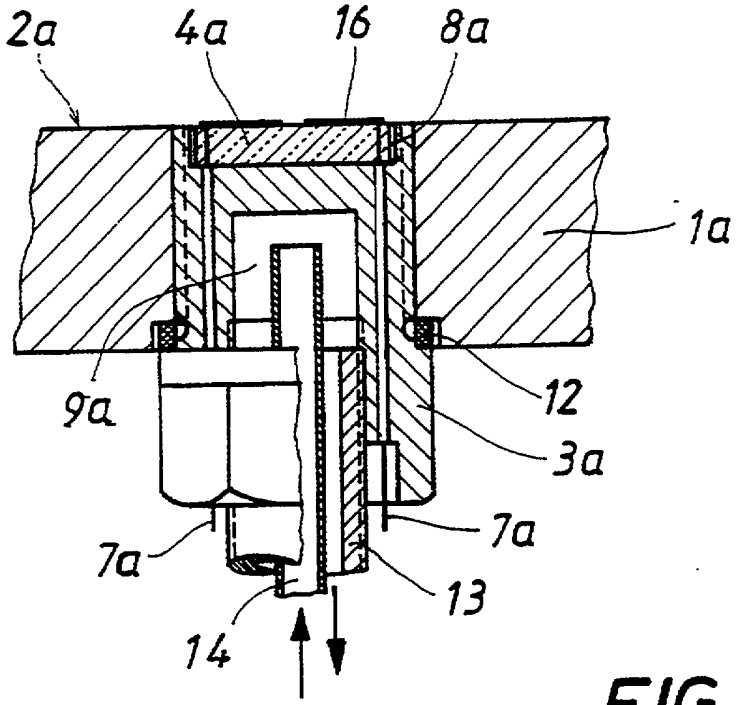
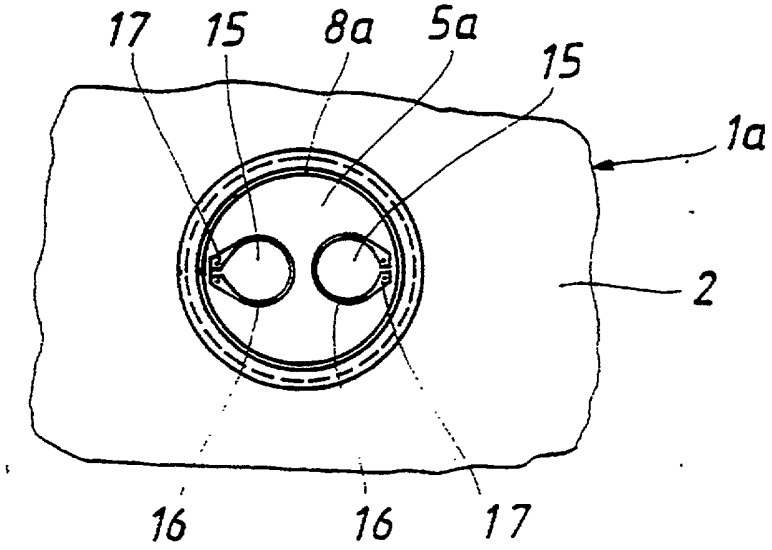


FIG. 4



ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT
Ausgegeben 25. 7.1995
Blatt 3

Patentschrift Nr. AT 399 777 B
Int. Cl.[6] : G01K 17/00

FIG.5

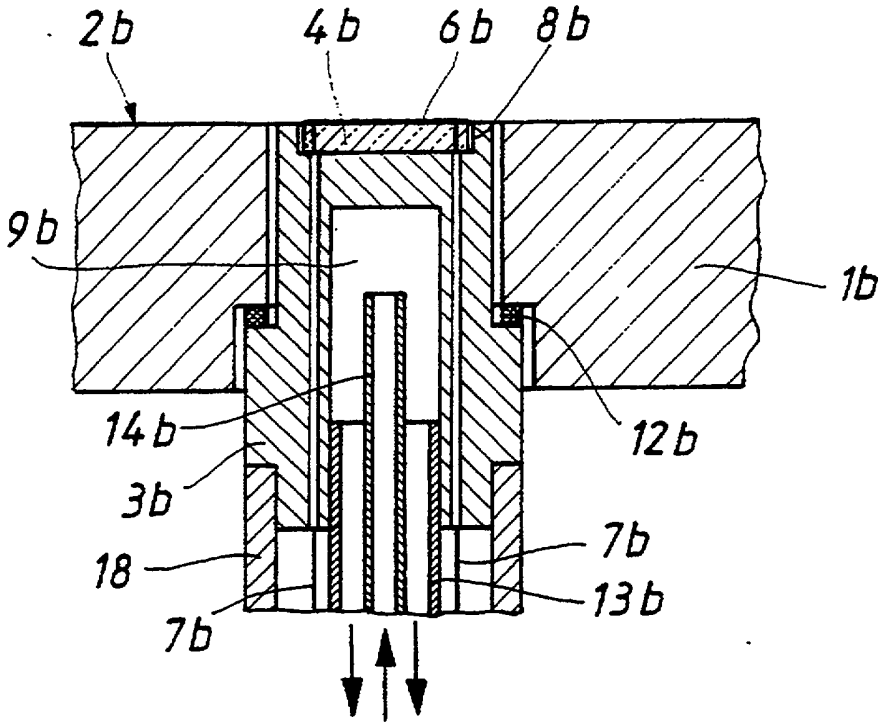


FIG.6

