(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 658 723 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2000 Patentblatt 2000/22

(51) Int. Cl.[7]: **F23M 5/00**

(21) Anmeldenummer: **94119579.4**

(22) Anmeldetag: **10.12.1994**

(54) **Thermische Isolation**

Thermal insulation

Isolation thermique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **17.12.1993 DE 4343120**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.06.1995 Patentblatt 1995/25

(73) Patentinhaber: **ABB PATENT GmbH**
68309 Mannheim (DE)

(72) Erfinder:
- **Kranzmann, Axel, Dr.**
  D-70182 Stuttgart (DE)
- **Weiler, Ludwig, Dr.**
  D-69124 Heidelberg (DE)

(74) Vertreter:
Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
68128 Mannheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 3 638 658
FR-A- 1 215 494
US-A- 2 564 497
US-A- 4 709 643

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013 no. 327 (M-854) ,24.Juli 1989 & JP-A-01 110867 (NATL AEROSPACE LAB;OTHERS: 01) 27.April 1989,**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 658 723 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine thermische Isolation aus einem Faserverbundwerkstoff gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Thermische Isolationen aus Faserverbundwerkstoffen, die zur Isolation von Heißgasströmen eingesetzt werden, unterliegen den zerstörenden Angriffen von Gaskomponenten und Schlacken, die eventuell im Gas mitgeführt werden, sowie thermischen Wechselbelastungen. Diese negativen Einwirkungen machen sich insbesondere beim Einsatz der Isolation in Verbrennungsanlagen und Gasturbinen bemerkbar. Die Zerstörung des Faserverbundwerkstoffes verläuft umso schneller, je höher die Partikelbeladung des Gasstromes und die Temperatur in den Anlagen ist. Bei stationären Gasturbinen muß die Oberfläche thermischen Belastungen bis 1500°C sowie thermischen Wechsellasten widerstehen.

[0003] Die bis jetzt vorgenommenen Maßnahmen zur Härtung der Oberfläche des Faserverbundwerkstoffes, wie beispielsweise homogene Infiltration oder Schutzkacheln, können die Zerstörung des Faserverbundwerkstoffes nur geringfügig mindern. dern. Zum anderen sind die Maßnahmen teilweise sehr kostenintensiv und mit Risiken für den Anwender verbunden, Zu den Risiken gehört die Schädigung der Kachelbefestigung durch Thermoschock, was zu deren Versagen führen kann.

[0004] In der US-A-2 564 497 ist ein Brennkammereinsatz beschreiben, der von einem metallischen Mantel begrenzt wird. Die Oberfläche dieses metallischen Brennkammereinsatzes ist mit einem gegen Hitze und Korrosion beständigen Überzug aus Glas oder einer anderen feuerfesten Beschichtung versehen sein, wobei spezielle Mittel vorgesehen sind, mit denen dieser Überzug in dem Mantel verankert ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein thermische Isolation aus einem Faserverbundwerkstoff für Verbrennungsanlagen und Gasturbinen aufzeigen, welche gegenüber den zerstörenden Wirkungen heißer Gase und thermischer Wechselbelastungen beständig sind.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

[0007] Die zum Schutz des Faserverbundwerkstoffs verwendeten platten- und stabförmigen Verstärkungselemente lassen sich sehr leicht an die Anforderungen der Isolation, der Haftfestigkeit, der Gasflußrichtung sowie der Partikelbeladung des heißen Gases anpassen. Die Materialien, welche für die Fertigung der Faserverbundwerkstoffe und der Verstärkungselemente verwendet werden, lassen sich ohne zusätzlichen Aufwand aufeinander abstimmen. Ebenso kann das Material der Verstärkungselemente an die zerstörenden thermischen Bedingungen der Verbrennungsanlagen bzw. Gasturbinen angepaßt werden. Eine optische Überprüfung der thermischen Isolation innerhalb der Verbrennungsanlagen und Gasturbinen ist leicht möglich. Risse in der Isolation entstehen nur sehr langsam, jedoch mit großer. Rißöffnung, so daß sie sofort erkannt werden können. Da die Verstärkungselemente im Oberflächenbereich in einer vorgegebenen Weise angeordnet werden, sind Stellen leicht zu erkennen, an denen Verstärkungselemente herausgebrochen sind. Erfindungsgemäß können die Verstärkungselemente gleich bei der Herstellung der Isolation oder bei Bedarf auch später in den Faserverbundwerkstoff integriert werden. Durch die spezielle Anordnung von stabförmigen und plattenförmigen Verstärkungselementen kann der Gasstrom von der Oberfläche der thermischen Isolierung ferngehalten werden. Das ist in allen Fällen möglich, gleichgültig, ob der Gasstrom parallel zur Oberfläche der thermischen Isolation verläuft, oder die thermische Isolation von dem Heißgas direkt angeströmt wird. Die thermische Isolation kann den Einwirkungen von heißen Gasen bis zu Temperaturen von 1600°C auszusetzen werden, auch dann, wenn diese mit Schwefel, Öl, Aschen, Sauerstoff, Alkalien, Erdalkalien und Vanadium belastet sind.

[0008] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1	einen Ausschnitt aus einer Verbrennungsanlage,
Fig. 2	eine Variante der in Figur 1 dargestellten Anordnung,
Fig. 3	mögliche Anströmwinkel des Heißgases ,
Fig. 4	stabförmiges Verstärkungselement mit Kopf,
Fig. 5	stabförmiges Verstärkungselement mit rundem und rechteckigem Kopf in Draufsicht,
Fig. 6, 7 und 8	die Anordnung plattenförmiger Verstär kungselemente.

[0009] Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer Verbrennungsanlage 1. Auf die Innenflächen 2I der Verbrennungsanlage 1 ist eine Isolation 3 aufgebracht. Diese ist aus einem Faserverbundwerkstoff 3V hergestellt. Bestandteil dieses Faserverbundwerkstoffes 3V sind keramische Fasern, die zusammen mit einem Bindemittel zu der Isolation 3 vergossen werden. Die Isolation 3 schirmt einen Kanal 4 ab, in dem ein heißes Gas (hier nicht dargestellt) in Richtung des Pfeils geleitet wird. Um den Faserverbundwerkstoff vor der Zerstörung zu schützen, ist auf den Oberflächen 3S der Isolation 3 ein Schutz 5 angeordnet. Dieser Schutz 5 wird bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel durch stab-

förmige Verstärkungselemente 5 gebildet. Die stabförmigen Verstärkungselemente 5 sind so angeordnet, daß ihre Längsachsen senkrecht zur Oberfläche 3S verlaufen. Die stabförmigen Verstärkungselemente 5 weisen einen Durchmesser von 2 bis 5 mm auf. Ihre Länge beträgt 10 bis 25 mm. Strömt das Gas ausschließlich parallel zu den Oberflächen 3S, so werden die stabförmigen Verstärkungselemente 5 so in dem Faserverbundwerkstoff 3V angeordnet, daß die dem Kanal zugewandten Enden der stabförmigen Verstärkungselemente 5 bündig mit der Oberfläche 3S der Isolation 3 abschließen bzw. einige mm in der Oberfläche 3S versenkt sind. Wie anhand von Figur 1 zu sehen ist, sind die stabförmigen Verstärkungselemente 5 unregelmäßig angeordnet, wenn das Gas parallel zu den Oberflächen 3S des Isolation 3 strömt.

Durch die Anordnung der Verstärkungselemente 5 wird sich nach einer anfänglich starken Abtragung des Faserverbundwerkstoffs eine optimale Oberflächenstruktur ausbilden, da die Zerstörung durch die allmählich aus der Oberfläche heraustretenden Verstärkungselemente 5 vollständig unterbunden wird.

Strömt das heiße Gas innerhalb des Kanals 4 nicht parallel zu den Oberflächen 3S, sondern mit einem definierten Anströmwinkel gegen die Oberfläche 3S, so ist eine spezielle Anordnung der stabförmigen Verstärkungselemente 5 erforderlich. Hierfür werden, wie Figur 2 zeigt, die stabförmigen Verstärkungselemente im Bereich einer jeden Oberfläche 3S reihenweise angeordnet. Die stabförmigen Verstärkungselemente 5 zweier benachbarter Reihen sind zusätzlich gegeneinander versetzt und zwar so, daß in Strömungsrichtung des heißen Gases gesehen, zwischen den stabförmigen Verstärkungselementen 5 keine freien Durchgänge für das Gas verbleiben. Damit wird sichergestellt, daß das Gas durch die Verstärkungselemente 5 von der Oberfläche 3S abgelenkt wird. Der Abstand zwischen zwei Verstärkungselementen 5 einer Reihe sollte mindestens dem Durchmesser eines Verstärkungselementes 5 entsprechen. Das gleiche gilt für den senkrechten Abstand zwischen zwei benachbarten Reihen von Verstärkungselementen 5. Die in den Figur 1 und 2 dargestellten Verstärkungselemente 5 werden bereits beim Gießen des Faserverbundwerkstoffs 3V im Bereich der Oberflächen 3S angeordnet und direkt durch die bei der Verfestigung des Faserverbundwerkstoffs 3V auftretenden Bindephasen verankert. Erfindungsgemäß können die Verstärkungselemente 5 auch nachträglich in die Isolation 3 eingebracht werden.

Hierfür müssen die Oberflächen 3S der Isolation 3 mit Bohrungen (hier nicht dargestellt) versehen werden, in welche die stabförmigen Verstärkungselemente 5 abgesenkt werden können. Die Befestigung der Verstärkungselemente 5 erfolgt dann mit Hilfe eines keramischen Klebers (hier nicht dargestellt).

Die Länge der stabförmigen Verstärkungselemente 5 bestimmt die Lebensdauer und Isolationwirkung des Faserverbundwerkstoffs 3V. Lange stabförmige Verstärkungselemente 5 senken die Isolationswirkung lokal ab. Eine optimale Isolierwirkung wird dadurch erreicht, daß die stabförmigen Verstärkungselemente 5 aus Zirkoniumdioxid gefertigt werden, da dieses Material nur mit 3 bis 5,5 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ die Wärme leitet. Sie können jedoch auch aus Al_2O_3, Mullit, Magnesiumoxid oder einem Spinell gefertigt werden. Stabförmige Verstärkungselemente 5, wie sie hier beschrieben sind, haben wegen ihres kleinen Querschnitts die höchste Thermowechselbeständigkeit bei gleichem Material. Zudem können sie mit einem vollen oder einem hohlen Profil ausgebildet werden. Bei der Verwendung von Verstärkungselementen mit hohlen Profilen wird das Gewicht der thermischen Isolation 3 wesentlich reduziert.

Wie Figur 3 zeigt, läßt sich der maximale Anströmwinkels Ω des Heißgases, mit dem dieses gegen die Oberflächen 3S strömen darf, aus der Länge H, mit der die Verstärkungselemente 5 aus der Oberfläche 3S der Isolation 3 herausragen, und dem senkrechten Abstand D zwischen zwei stabförmigen Verstärkungselementen 5 wie folgt ermitteln: $\Omega = \arctan(H/D)$.

Ω = 11,3°, 21,8°, 30,9°, 38,7°, 45° für
H = 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm und
D = 5mm, 5mm, 5mm, 5mm, 5mm.

[0010] Bei Anströmwinkeln Ω, die klein sind bieten, stabförmige Verstärkungselemente 5 in dieser Anordnung einen optimalen Schutz.

Weist das heiße Gas einen Anströmwinkel Ω auf, der größer als 60° ist, und ist dieses heiße Gas zusätzlich mit Teilchen beladen, so werden vorzugsweise Verstärkungselemente 5 verwendet, wie sie in den Figuren 4 und 5 dargestellt sind.

Es handelt sich hierbei ebenfalls um stabförmige Verstärkungselemente 5. Diese sind jedoch an ihrem aus der Oberfläche 3S der Isolation herausragenden Ende mit einem Kopf 5K versehen, der als runde oder rechteckige Platte ausgebildet ist. Der Durchmesser des Kopfes 5K entspricht etwa dem Zehnfachen des stabförmigen Teiles des Verstärkungselementes 5. So ausgebildete stabförmige Verstärkungselemente 5 können bei jedem Anströmwinkel verwendet werden, ohne daß weitere Maßnahmen bezüglich der Anordnung der Verstärkungselemente getroffen werden müssen. Diese Verstärkungselemente 5 können jedoch leichter aus dem Faserverbundwerkstoff 3V herausbrechen als die Verstärkungselemente 5 ohne Kopf. Um dieses zu vermeiden, werden an den ersten Enden dieser Verstärkungselemente, die weit im inneren der Isolation angeordnet sind, zusätzliche Verankerungselemente (hier nicht dargestellt) angeordnet. Hierfür bieten sich keramische Kleber oder metallorganische Vorstufen des Bindemittels vermischt mit keramischen Pulvern gleicher Art an.

[0011] Figur 6 zeigt eine thermische Isolation 3, die in ihrem Oberflächenbereich 3S mit plattenförmigen Verstärkungselemente 5 versehen ist. Diese plattenför-

migen Verstärkungselemente 5 werden ebenfalls reihenweise angeordnet, und zwar so, daß die Ebenen zweier benachbarter Verstärkungselemente 5 senkrecht zueinander verlaufen. Die unmittelbar angrenzenden Reihen der Verstärkungselemente 5 werden versetzt angeordnet, so daß die Ebenen zweier unmittelbar gegenüberliegende Verstärkungselemente 5 ebenfalls senkrecht zueinander angeordnet sind.
Figur 7 zeigt in einer Draufsicht eine weitere Möglichkeit, wie plattenförmige Verstärkungselemente 5 angeordnet werden können. Vorzugsweise werden die plattenförmigen Verstärkungselemente 5 gemäß Figur 8 so in dem Faserverbundwerkstoff 3 angeordnet, daß ihre Oberflächen 5S mit der Oberfläche 3S des Faserverbundwerkstoffs 3V einen Winkel zwischen 10° und 70°, vorzugweise 45° und 60° einschhließen.

Patentansprüche

1. Thermische Isolation (3) aus einem Faserverbundwerkstoff (3V) für die von heißen Gasen durchströmten Innenbereiche (4) von Verbrennungsanlagen (1) und Gasturbinen (1), **dadurch gekennzeichnet,** daß die Oberfläche (3S) der Isolation (3) mit einem Schutz (5) in Form von stab- oder plattenförmigen Verstärkungselementen (5) versehen ist, die aus Zirkoniumdioxid, Al_20_3, Mullit, Magnesiumoxid oder einem Spinell gefertigt sind, daß die Verstärkungselemente (5) teilweise oder vollständig in den Faserverbundwerkstoff (3V) integriert und die in dem Faserverbundwerkstoff (3V) angeordneten Enden der Verstärkungselemente (5) mit einer zusätzlichen Verankerung (5A) versehen sind, und daß die Längsachsen der stabförmigen Verstärkungselemente (5) senkrecht zur der Oberfläche (3S) des Faserverbundwerkstoffs (3V) ausgerichtet sind, während die Oberflächen der plattenförmigen Verstärkungselemente (5) mit der Oberfläche (3S) des Faserverbundwerkstoffs (3V) einen Winkel zwischen 10° und 70° einschließen.

2. Thermische Isolation nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkungselemente (5) reihenweise angeordnet und die Verstärkungselemente (5) einer Reihe gegenüber den Verstärkungselementen (5) der beiden unmittelbar benachbarten Reihen versetzt angeordnet sind.

3. Thermische Isolation nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der kleinste Abstand zwischen zwei stabförmigen Verstärkungselementen (5) einer Reihe gleich dem Durchmesser der Verstärkungselemente (5) ist, und daß der Abstand zwischen zwei benachbarten Reihen von stabförmigen Verstärkungselementen (5) ebenfalls gleich dem Durchmesser eines stabförmigen Verstärkungselements (5) entspricht.

4. Thermische Isolation nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die stabförmigen Verstärkungselemente (5) an ihrem dem heißen Gas zugewandten Ende mit einem Kopf (5K) versehen sind, der rund oder rechteckig ausgebildet ist.

5. Verfahren zum Schutz einer thermische Isolation (3) aus einem Faserverbundwerkstoff (3V) für die von heißen Gasen unter einem Anstromwinkel Ω durchströmten Innenbereiche (4) von Verbrennungsanlagen (1) und Gasturbinen (1), **dadurch gekennzeichnet,** daß die Oberfläche (3S) der Isolation (3) mit einem Schutz (5) in Form von stabförmigen Verstärkungselementen (5) aus Zirkoniumdioxid, Al_20_3, Mullit, Magnesiumoxid oder einem Spinell versehen wird, die teilweise oder vollständig in den Faserverbundwerkstoff (3V) integriert und deren in dem Faserverbundwerkstoff (3V) angeordneten Enden mit einer zusätzlichen Verankerung (5A) versehen werden, und daß die Längsachsen der stabförmigen Verstärkungselemente (5) senkrecht zur der Oberfläche (3S) des Faserverbundwerkstoffs (3V) ausgerichtet werden und der Abstand zwischen den stabförmigen Verstärkungselementen (5) um so geringer ausgebildet wird, je größer der Anströmwinkel Ω des heißen Gases ist.

Claims

1. Thermal insulation (3) consisting of a fibre composite (3V) for the inner regions (4), through which hot gases flow, of combustion plants (1) and gas turbines (1), characterized in that the surface (3S) of the insulation (3) is provided with a protection (5) in the form of bar- or plate-shaped reinforcing elements (5) which are manufactured from zirconium dioxide, Al_2O_3, mullite, magnesium oxide or a spinel, in that the reinforcing elements (5) are integrated partially or completely into the fibre composite (3V) and those ends of the reinforcing elements (5) which are arranged in the fibre composite (3V) are provided with additional anchoring (5A), and in that the longitudinal axes of the bar-shaped reinforcing elements (5) are oriented perpendicularly to the surface (3S) of the fibre composite (3V) whilst the surfaces of the plate-shaped reinforcing elements (5) form an angle of between 10° and 70° with the surface (3S) of the fibre composite (3V).

2. Thermal insulation according to Claim 1, characterized in that the reinforcing elements (5) are arranged in rows, and the reinforcing elements (5) of one row are arranged offset relative to the reinforcing elements (5) of the two directly adjacent rows.

3. Thermal insulation according to one of Claims 1 or 2, characterized in that the smallest spacing between two bar-shaped reinforcing elements (5) of a row is equal to the diameter of the reinforcing elements (5), and in that the spacing between two adjacent rows of bar-shaped reinforcing elements (5) likewise corresponds to the diameter of a bar-shaped reinforcing element (5).

4. Thermal insulation according to one of Claims 1 to 3, characterized in that the bar-shaped reinforcing elements (5) are provided, at their end facing the hot gas, with a head (5K) which is made round or rectangular.

5. Method for the protection of thermal insulation (3) consisting of a fibre composite (3V) for the inner regions (4), through which hot gases flow at an onflow angle Ω, of combustion plants (1) and gas turbines (1), characterized in that the surface (3S) of the insulation (3) is provided with protection (5) in the form of bar-shaped reinforcing elements (5) consisting of zirconium dioxide, Al_2O_3, mullite, magnesium oxide or a spinel, which are integrated partially or completely into the fibre composite (3V) and of which the ends arranged in the fibre composite (3V) are provided with additional anchoring (5A), and in that the longitudinal axes of the bar-shaped reinforcing elements (5) are oriented perpendicularly to the surface (3S) of the fibre composite (3V), and the distance between the bar-shaped reinforcing elements (5) is made the smaller, the larger the onflow angle Ω of the hot gas is.

Revendications

1. Isolation thermique (3) formée d'un matériau composite à base de fibres (3V) pour les zones intérieures (4) balayées par des gaz chauds d'installations de combustion (1) et de turbines à gaz (1), caractérisée par lefait que la surface (3S) de l'isolation (3) est pourvue d'une protection (5) sous la forme d'éléments de renforcement (5) conformés en barreaux ou en plauqes, qui sont fabriqués à partir de dioxyde de zirconium, d'Al_2O_3, de mullite, d'oxyde de magnésium ou d'un spinell, par le fait que les éléments de renforcement (5) sont intégrés en partie ou en totalité dans le matériau composite à base de fibres (3V) et que les extrémités des éléments de renforcement (5) disposées dans le matériau composite à base de fibres (3V) sont munies d'un moyen d'ancrage (5A) supplémentaire, et par le fait que les axes longitudinaux des moyens de renforcement (5) conformés en barreaux sont orientés perpendiculairement à la surface (3S) du matériau composite à base de fibres (3V), tandis que les surfaces des éléments de renforcement (5) conformés en plaque forment un angle compris entre 10° et 70°avec la surface (3S) du matériau composite à base de fibres (3V).

2. Isolation thermique selon la revendication 1, caractérisée par le fait que les éléments de renforcement (5) sont disposés en rangées et que les éléments de renforcement (5) d'une rangée sont décalés par rapport aux éléments de renforcement (5) des deux rangées immédiatement voisines.

3. Isolation thermique selon une des revendications 1 ou 2, caractérisée par le fait que la plus faible distance entre deux éléments de renforcement (5) conformés en barreaux d'une rangée est égale au diamètre deux éléments de renforcement (5) et par le fait que la distance entre deux rangées consécutives d'éléments de renforcement (5) conformés en barreaux est elle aussi égale au diamètre d'un élément de renforcement (5) conformé en barreau.

4. Isolation thermique selon une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les éléments de renforcement (5) conformés en barreaux, à leur extrélités tournée vers les gaz chauds, sont munis d'un tête (5K) de forme ronde ou rectangulaire.

5. Procédé de protection d'une isolation thermique (3) formée d'un matériau composite à base de fibres (3V) pour la protection dez zones intérieures d'installations de combustion (1) et de turbines à gaz (1) balayées sous un angle Ω par les gaz chauds, caractérisé par le fait que l'on munit la surface (3S) de l'isolation (3) d'un moyen de protection (5) sous la forme d'éléments de renforcement (5) conformés en barreaux de dioxyde de zirconium, d'Al_2O_3, de mullite, d'oxyde de magnésium ou d'un spinell, qui sont intégrés en partie ou en totalité dans le matériau composite à base de fibres (3V) et dont les extrémités disposées dans le matériau composite à base de fibres (3V) sont munies d'un moyen d'ancrage (5A) supplémentaire, et par le fait que l'on oriente les axes longitudinaux des moyens de renforcement (5) conformés en barreaux perpendiculairement à la surface (3S) du matériau composite à base de fibres (3V) et que l'on réduit la distance entre les éléments de renforcement (5) conformés en barreaux d'autant plus foprtement que l'angle d'incidence Ω des gaz chauds est plus grand.

Fig.1

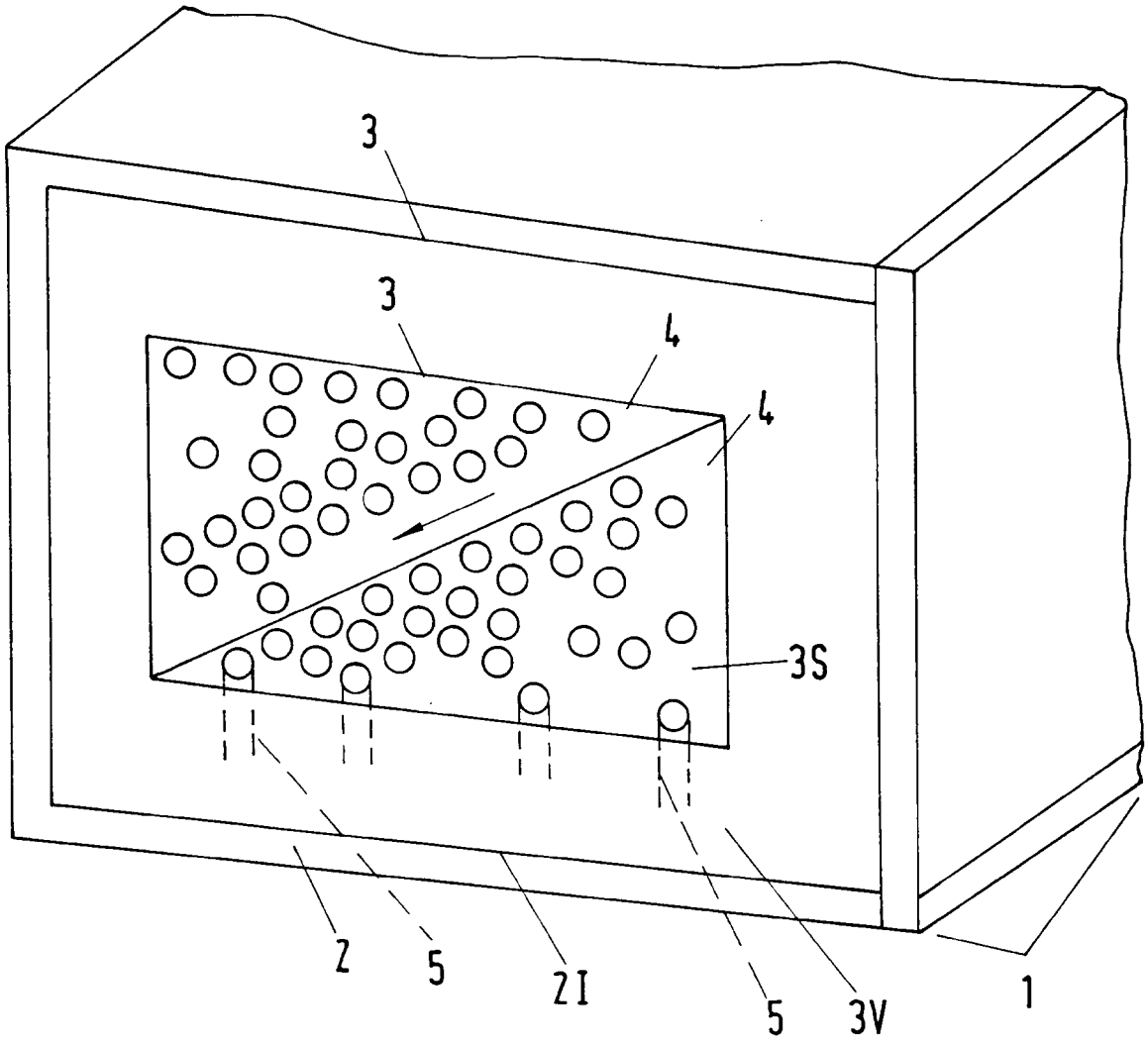


Fig.2

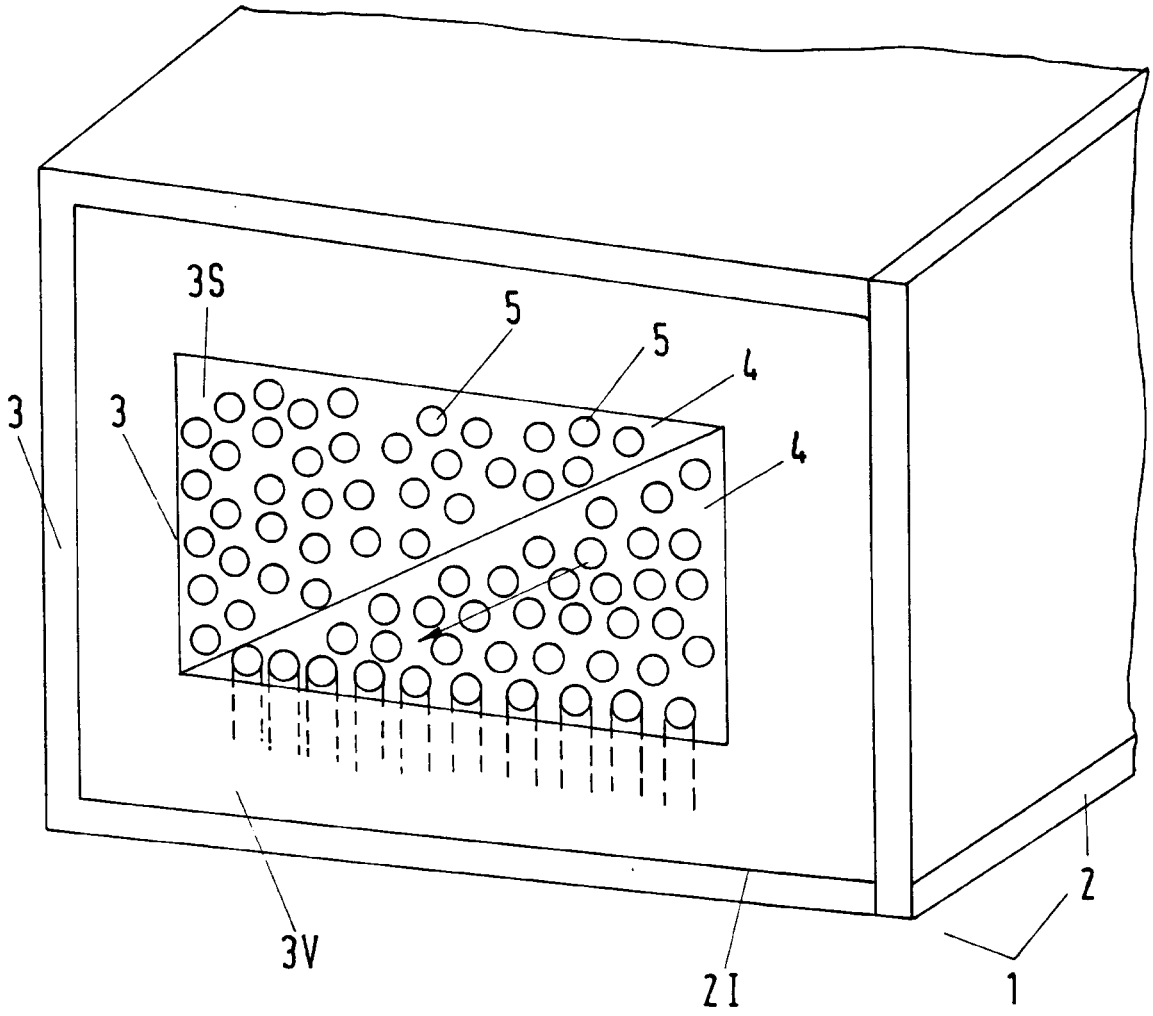
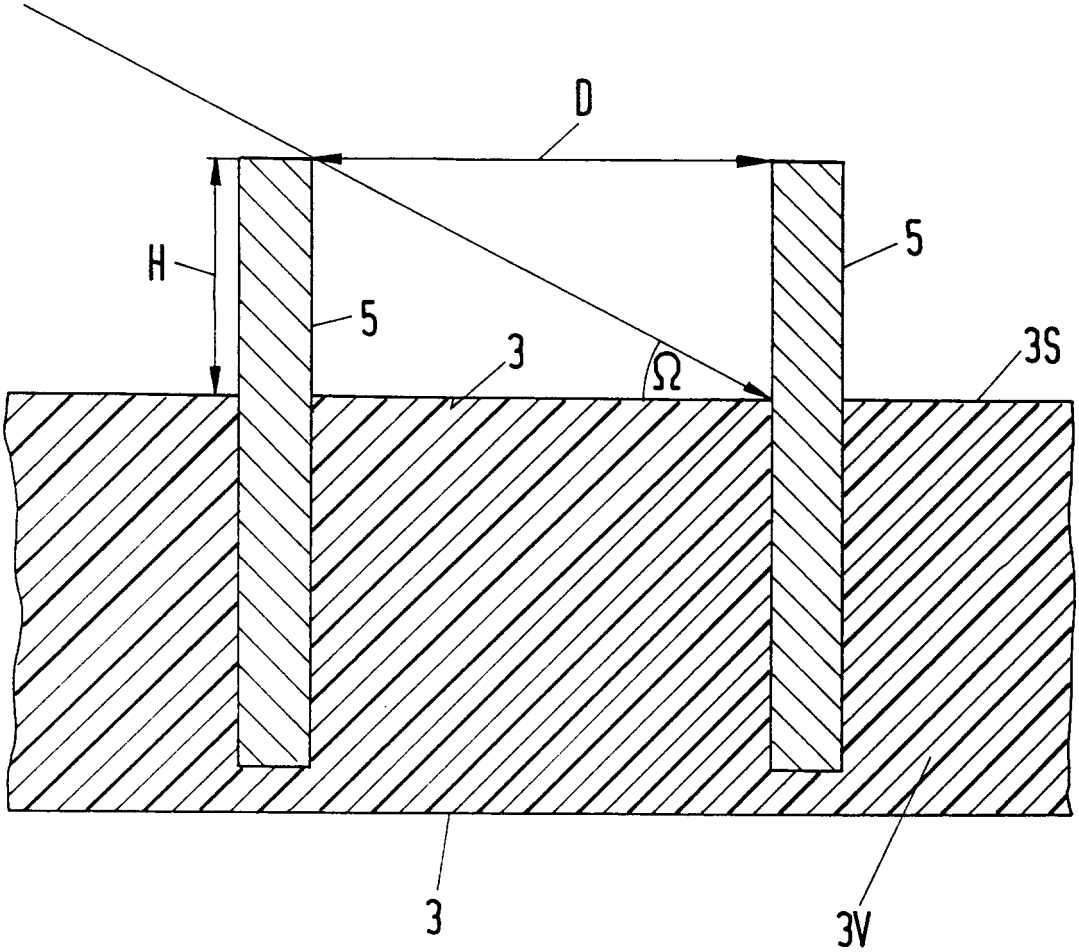


Fig.3



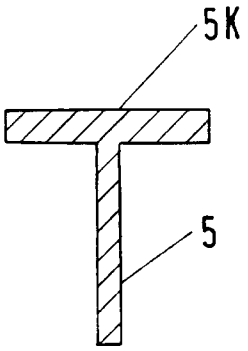


Fig.4

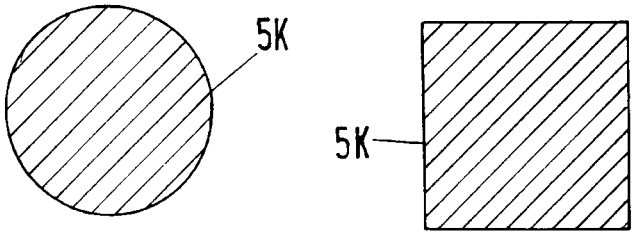


Fig.5

Fig.6

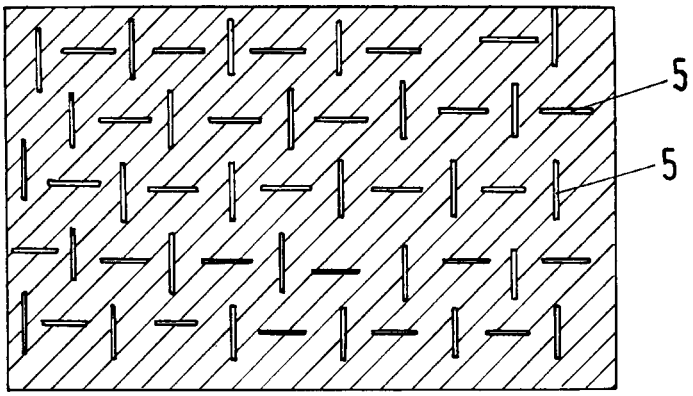


Fig.7

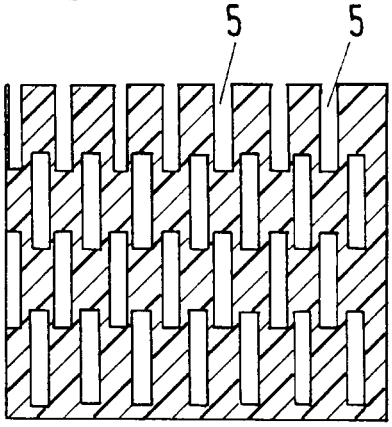


Fig.8

