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

(11) EP 1 006 315 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.01.2004 Patentblatt 2004/04

(51) Int Cl.[7]: **F23M 5/02**, F23R 3/00

(21) Anmeldenummer: **98811182.9**

(22) Anmeldetag: **30.11.1998**

(54) **Keramische Auskleidung für einen Brennraum**

Ceramic lining for a combustion chamber

Garnissage céramique d'une chambre de combustion

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.06.2000 Patentblatt 2000/23

(73) Patentinhaber: **ALSTOM (Switzerland) Ltd**
5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:
- **Benz, Urs**
  5073 Gipf-Oberfrick (CH)
- **Heger, Armin**
  5415 Nussbaumen (CH)
- **König, Marcel**
  5423 Freienwil (CH)
- **Kranzmann, Axel, Dr.**
  70182 Stuttgart (DE)
- **Pfeiffer, Andreas, Dr.**
  79787 Lauchringen (DE)
- **Suter, Roger**
  8001 Zürich (CH)
- **Wetter, Hugo**
  5033 Buchs (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 224 817
EP-A- 0 658 724
DE-A- 1 922 679
DE-A- 3 625 056
GB-A- 783 521
GB-A- 1 121 991
US-A- 2 919 549
US-A- 4 569 659
US-A- 5 624 256

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 1 006 315 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine keramische Auskleidung für thermisch hochbeanspruchte Wände von Brennräumen gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1. Solche Auskleidungen finden insbesondere Anwendung als innere Wandisolierung von metallischen Brennkammern, beispielsweise für Gasturbinen.

Stand der Technik

[0002] Brennkammerwände können mit vieleckigen Flächenelementen aus keramischem Material oder aus Metall ausgelegt sein. Die Anzahl der Ecken dieser Elemente beträgt in der Regel 3 bis 4. Es sind aber auch sechseckige Flächenelemente bekannt. Diese Flächenelemente haben die Struktur einer Platte und werden mit einem separaten Bolzen an der metallischen Tragstruktur befestigt.

[0003] Aus DE 195 02 730 A1 ist beispielsweise eine keramische Auskleidung einer Brennkammer bekannt, welche aus mindestens einer Wandplatte aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik, auch monolithische Keramik genannt, mit mindestens einer durchgehenden Öffnung und aus einem Befestigungselement pro Öffnung besteht. Das Befestigungselement ist mit seinem Fuss in einer an der metallischen Tragwand angebrachten metallischen Haltevorrichtung befestigt, wobei der Kopf des Befestigungselementes in der Öffnung der Wandplatte ruht. Das Befestigungselement besteht ebenfalls aus hochtemperturbeständiger Strukturkeramik und ist federelastisch an die Haltevorrichtung angebunden. Zwischen der metallischen Wand und der keramischen Wandplatte ist eine Isolationsschicht aus Faserkeramik vorgesehen.

[0004] Die Vorteile dieser Lösung bestehen darin, dass die Auskleidung zerstörungsfrei demontierbar ist und daher mehrfach verwendet werden kann. Ferner können durch eine federelastische Anbindung der keramischen Struktur an die metallische Haltekonstruktion die thermischen Dehnungen zwischen metallischen und keramischen Komponenten bzw. Verformungen der Isolationsschicht durch mechanische Beanspruchungen aufgenommen werden.

[0005] Diesen Vorteilen steht nachteilig gegenüber, dass die Befestigung der Auskleidung an der metallischen Tragstruktur aufgrund des separaten Bolzens und der Haltevorrichtung recht aufwendig ist, und dass die Auskleidung wegen der Notwendigkeit mehrerer Lagen kompliziert ist.

[0006] Wegen der Plattenstruktur muss bei einer keramischen Ausführung der Brennkammer auch die Isolationsschicht auf der dem Heissgas abgewandten Seite aus Platten ausgeführt werden. Durch die in der Regel poröse Struktur des Isolationswerkstoffes werden die Isolationsplatten sehr empfindlich gegen Schwingungen, was zum Bruch der Teile führen kann. Zusätzlich müssen Halterungen für die Isolation vorgesehen werden.

[0007] Ausserdem sind die heissgasführenden Brennkammerziegel in Plattenform sehr empfindlich gegenüber Schwingungen und gegen Beschädigungen durch Fremdteile, da die Platten sehr dünn und fragil sind.

[0008] Aus EP-A-658 724 ist eine Brennkammer mit keramischer Auskleidung bekannt, deren Keramikelemente als Trapezoeder ausgebildet sind, welche spaltfrei aneinanderliegend radial an die Tragwand angesetzt sind und mit einem mittig in der Grundfläche der Trapezoeder angeordneten Haltemittel, beispielsweise Bolzen, an der Innenseite der Tragwand befestigt sind. Nachteilig an diesem Stand der Technik ist, das einerseits keine zusätzlichen Isolationen vorgesehen sind und andererseits durch die Trapezoederform schroffe Querschnittsübergänge zwischen den Trapezoedern und den Haltemitteln bestehen, was zu grossen Temperaturgradienten mit damit verbundenen Nachteilen führt.

Darstellung der Erfindung

[0009] Die Erfindung versucht, alle diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine keramische Auskleidung für Brennräume zu entwickeln, welche unempfindlich gegen Schwingungen und grosse Temparaturgradienten ist, welche sich leicht fertigen lässt, und bei welcher keine zusätzliche Halterungen für die Isolationen benötigt werden.

[0010] Erfindungsgemäss wird dies bei einer keramische Auskleidung gemäss Oberbegriff des Patentanspruches 1 dadurch erreicht, dass die keramischen Elemente im wesentlichen die Form einer geraden regelmässigen Pyramide aufweisen, deren Grundfläche n Ecken besitzt und dem Brennraum zugewandt ist, und in deren Spitze der Haltebolzen integriert ist.

[0011] Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass infolge der volumenmässigen Ausführung der keramischen Elemente eine funktionsmässig günstige Form erreicht wird. Grosse heisse Flächen der keramischen Elemente gehen kontinuierlich in den Haltebolzen über, so dass eine stetige Wärmeableitung aus der heissen Fläche in den (gekühlten) Bolzen erfolgt. Damit werden schroffe Querschnittsübergänge, die sich ungünstig auf die Spannungen im Bauteil auswirken würden, vermieden. Durch den integrierten Haltebolzen sind die keramischen Elemente unempfindlich gegen Schwingungen und Temperaturgradienten, so dass sie nicht brechen. Ausserdem sind die so geformten Elemente leicht zu fertigen. Durch ihre allseitige Ausformbarkeit beim Pressen der Rohlinge kann ein guter Verdichtungsgrad erreicht werden.

[0012] Es ist zweckmässig, wenn die Hohlräume, die von den keramischen Elemente mit ihren dem Brennraum abgewandten Flächen gebildet werden, mit Isola-

tionskörpem, die einen Formschluss mit den keramischen Elementen einerseits und der metallische Tragstruktur andereseits bilden, ausgefüllt sind. Dadurch wird die metallische Tragstruktur besonders gut von den hohen Temperaturen des Brennraumes abgeschirmt. Durch den Formschluss sind auch vorteilhaft keine zusätzlichen Halterungen für die Isolationskörper notwendig.

[0013] In einer Ausgestaltungsvariante ist es ferner von Vorteil, wenn die Hohlräume, die von den keramischen Elemente mit ihren dem Brennraum, d. h. der Heissgasseite, abgewandten Flächen gebildet werden, mit Luft gefüllt sind. Dies ist eine sehr preiswerte Variante, weil hier billige Luft als Isolationsmaterial dient.

[0014] Weiterhin ist es zweckmässig, wenn die keramischen Elemente eine dreieckige Grundfläche, vorzugsweise eine Tetraederform, aufweisen. Diese Form ist fertigungstechnisch am günstigsten herstellbar und durch die gedrungene Form der keramischen Elemente wird ein guter Verdichtungsgrad erreicht.

[0015] Schliesslich sind mit Vorteil die keramischen Elemente mit den Isolationskörpern mittels elastischer Elemente, vorzugsweise Tellerfedern, Zylinderdruckfedern oder gewellter Bleche, gegen die metallische Tragstruktur gepresst, oder die Isolationskörper sind mittels elastischer Elemente gegen die keramischen Elemente gepresst. Dadurch werden zusätzliche Halterungen für die Isolation überflüssig, sowie Kühlluftleckagen vermindert und eine Schwingungsdämpfung erreicht. Letzteres wird auch mit einem elastisch gelagerten Haltebolzen erzielt. Durch die federelastische Anbindung der keramischen Struktur bzw. des Isolationsmaterials werden die thermischen Dehnungen zwischen den verschiedenen Komponenten sowie die Verformungen des Isolationsmaterials durch mechanische Beanspruchungen aufgenommen.

[0016] Es ist weiterhin möglich, die Flächen der keramischen Elemente und der Isolationskörper konvex oder konkav auszubilden. Das hat den Vorteil, dass auf diese Weise Krümmungen in der Brennkammerwand nachgebildet werden können und damit eine optimale Auskleidung möglich ist.

[0017] Schliesslich ist es zweckmässig, wenn die Grundfläche der keramischen Elemente, die die Heissgasseite bildet, mit Wärmedämmschichten oder abriebbeständigen Schichten versehen ist. Dies bietet sich dann an, wenn für die Elemente anstelle von monolytischer Keramik weniger beständiges, aber dafür preiswerteres Grundmaterial verwendet wird. Auch in diesem Falle wird dann eine stabile, gegen Schwingungen und hohe Temperaturen unempfindliche Auskleidung des Brennraumes ermöglicht.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0018] In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer thermisch hochbelasteten Gasturbinenbrennkammer dargestellt.

[0019] **Es zeigen**:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht mehrerer nebeneinander angeordneter keramischer Elemente in einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung;
- Fig. 2 einen Längsschnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1, wobei zusätzlich die metallische Tragstruktur abgebildet ist;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht mehrere nebeneinander angeordneter keramischer Elemente mit Isolationskörpern in den Hohlräumen zwischen den keramischen Elementen;
- Fig. 4 einen Teillängsschnitt mit verschiedenen elastischen Elementen zur Anpressung der Isolation an die keramischen Elemente;
- Fig. 5 eine Draufsicht auf die Grundfläche eines keramischen Elementes in einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 eine Draufsicht auf die Grundfläche eines keramischen Elementes in einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0020] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der Figuren 1 bis 6 näher erläutert.

[0021] Fig. 1 zeigt in perspektivischer Ansicht mehrere nebeneinander angeordnete keramische Elemente 1 einer keramischen Auskleidung einer nicht dargestellten Gasturbinenbrennkammer. Die keramischen Elemente 1 haben in diesem Ausführungsbeispiel im wesentlichen die Form eines Tetraeders. Sie weisen somit eine Grundfläche 2 mit einer Anzahl n Ecken auf, wobei in diesem Falle n = 3. Die drei Seitenlängen der Grundfläche 2 sind gleich gross. An der Spitze jeden Elementes 1, hier also an der Spitze des Tetraeders, ist ein Haltebolzen 3 angeordnet, der in den Tetraeder integriert ist. Jedes keramische Element 1 besteht somit aus dem Tetraeder einschliesslich dem Haltebolzen 3. Die Tetraederform ist fertigungstechnisch sehr günstig. Durch ihre allseitige Ausformbarkeit beim Pressen der Rohlinge wird ein guter Verdichtungsgrad erreicht. Durch die Tetraederform wird aber auch funktionsmässig eine günstige Form erreicht. Die grossen heissen Flächen des Tetraeders gehen kontinuierlich in den Haltebolzen 3 über. Das ist spannungsmässig sehr günstig, so dass der Brennkammerziegel unempfindlich gegen Schwingungen und Temperaturgradienten ist und dadurch seine Bruchwahrscheinlichkeit gering ist.

[0022] Fig. 2 zeigt einen Schnitt entlang der Linie II-II in Fig. 1. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass die keramischen Elemente 1 jeweils mit ihrem Haltebolzen 3 an der metallischen Tragwand 4 der Brennkammer befestigt sind.

Die Zwischenräume zwischen der Tragwand 4 und den keramischen Elementen 1 sind mit Isolationsmaterial 5 ausgefüllt. Im einfachsten Falle kann als Isolationsmaterial 5 Luft verwendet werden. Eine bessere isolierende Wirkung haben dagegen Isolationskörper 5 aus beispielsweise Al_2O_3, ZrO_2, Schäume oder Legierungen beider Oxide, sowie Retikulärkeramik aus beiden Oxiden oder Legierungen, sowie Isoliersteine aus Oxidkeramik insbesondere der genannten Oxide.

[0023] Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung die Anordnung von Isolationskörpern 5 in den Hohlräumen zwischen den keramischen Elementen 1. Zwischen den Isolationsteilen 5 und den keramischen Elemente 1 gibt es einen Formschluss. Dadurch werden separate Halterungen für die Isolation überflüssig.

[0024] In Fig. 4 sind Varianten dargestellt, wie die Isolation 5 elastisch angebunden sein kann. Es wird gezeigt, dass zwischen der metallischen Tragstruktur 4 und der Isolation 5 elastische Elemente 6 angeordnet sind, welche die Isolation 5 gegen die keramischen Elemente 1 drücken und somit Kühlluftleckagen verhindern sowie eine Schwingungsdämpfung verursachen. Die elastischen Elemente 6 können dabei z. B. Zylinderdruckfedern (linker Teil von Fig. 4), Tellerfedern (Mitte von Fig. 4) oder gewellte Bleche (rechter Teil von Fig. 4) sein. Fig. 4 zeigt auch zwei mögliche Befestigungsvariantenfürden Brennkammerziegel (keramisches Element 1) an der Tragwand 4. Im linken Teil von Fig. 4 ist dargestellt, dass der Haltebolzen 3 mit einem Gewinde 9 versehen ist, auf das eine Mutter 10 aufgeschraubt ist, während im rechten Teil von Fig. 4 die Befestigung des Haltebolzens 3 und damit des keramischen Elementes 1 an der Tragwand 4 mittels einer Gewindebüchse 11 und eines zweiteiligen Gewindeeinsatzes 12 dargestellt ist.

[0025] In anderen Ausführungsbeispielen können auch die keramischen Elemente 1 über elastische Elemente 6 mit der Isolation 5 gegen die Tragstruktur 4 gedrückt werden. Dann werden die gleichen Vorteile erzielt. Bei geeignetem Isolationsmaterial kann die Isolation 5 auch selbst als Federlement 6 dienen.

[0026] Neben den bisher beschriebenen tetraederförmigen Elementen 1 können als keramische Auskleidungen beispielsweise auch pyramidenförmige Elemente verwendet werden, welche eine Grundfläche 2 mit 4 Ekken (Fig. 5) oder 6 Ecken (Fig. 6) aufweisen. In Fig. 6 ist angedeutet, dass die der Heissgasseite zugewandte Grundfläche 2 auch mit speziellen Wärmedämmschichten oder abriebbeständigen Schichten 13 versehen sein kann. Dies ist dann zu empfehlen, wenn qualitativ minderwertigeres Grundmaterial verwendet wird, so dass dieses dann einer höheren thermischen und mechanischen mechanischen Beanspruchung standhalten kann. Als Schichten 13 sind beispielsweise Schichten aus retikularen Strukturen geeignet, aber auch kurzfaserverstärkte Schichten, Spritzschichten, chemisch abgeschiedene Schichten oder in elektrischen Feldern (Elektrophorese) abgeschiedene Schichten sowie Sol-Gel oder aus der Gas- oder Flüssigphase abgeschiedene Schichten.

[0027] Als Material für die keramischen Elemente 1 ist vor allem monolytische Keramik, gesintert oder reaktionsgebunden, geeignet. Faserverstärkte Keramik ist aber ebenfalls geeignet.

[0028] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die eben beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So kann beispielsweise auch der Haltebolzen 3 elastisch gelagert sein, oder es können keramische Elemente 1 als Auskleidung der Brennkammer verwendet werden, die einen anderen pyramidenförmigen Körper als oben beschrieben aufweisen. Die keramischen Elemente 1 können z. B. konvex oder konkav gekrümmte Tetraederflächen aufweisen, was vorteilhaft ist, weil damit Krümmungen der Brennkammerwände gut ausgeglichen werden können.

Bezugszeichenliste

[0029]

1	keramisches Element
2	Grundfläche von Pos. 1
3	Haltebolzen
4	Tragwand
5	Isolation
6	elastisches Element, z. B. Tellerfeder, Zylinderdruckfeder
7	Schicht auf Pos. 2
8	Brennraum
9	Gewinde auf Pos. 3
10	Mutter
11	Gewindebüchse
12	Gewindeeinsatz
13	Wärmedämm-, abriebbeständige Schichten

Patentansprüche

1. Keramische Auskleidung für Brennräume (8), welche aus einer Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Elementen (1) besteht, die an der Innenseite einer thermisch hochbeanspruchten metallischen Tragwand (4) jeweils mittels eines Haltebolzens (3) befestigt sind, wobei zwischen der metallischen Tragwand (4) und den keramischen Elementen (1) mindestens ein Isolationskörper (5) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) im wesentlichen die Form einer geraden regelmässigen Pyramide aufweisen, deren Grundfläche (2) n Ecken besitzt und dem Brennraum (8) zugewandt ist, und in deren Spitze der Haltebolzen (3) integriert ist.

2. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) mit ihren dem Brennraum (8) abge-

wandten Flächen Hohlräume bilden, welche mit Isolationskörpern (5), die einen Formschluss mit den keramischen Elementen (1) einerseits und der metallische Tragwand (4) andererseits bilden, ausgefüllt sind.

3. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) mit ihren dem Brennraum (8) abgewandten Flächen Hohlräume bilden, welche mit Luft gefüllt sind.

4. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) eine dreieckige Grundfläche (2) aufweisen.

5. Keramische Auskleidung nach Anspruche 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) im wesentlichen die Form eines Tetraeders aufweisen.

6. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Isolationskörper (5) mittels elastischer Elemente (6), vorzugsweise Tellerfedem, Zylinderdruckfedem oder elastischer Bleche, gegen die keramischen Elemente (1) gepresst sind.

7. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4, oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramischen Elemente (1) mit den Isolationskörpem (5) mittels elastischer Elemente (6), vorzugsweise Tellerfedern, Zylinderdruckfedern oder elastischer Bleche, gegen die metallische Tragwand (4) gepresst sind.

8. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Haltebolzen (3) des keramischen Elementes (1) elastisch gelagert ist.

9. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Flächen der keramischen Elemente (1) und der Isolationskörper (5) konvex oder konkav ausgebildet sind.

10. Keramische Auskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundfläche (2) der keramischen Elemente (1) mit Wärmedämmschichten oder abriebbeständigen Schichten (13) versehen ist.

Claims

1. Ceramic lining for combustion spaces (8), which consists of a plurality of elements (1) which are arranged next to one another and are fastened to the inside of a metallic carrying wall (4) subjected to high thermal stress, in each case by means of a holding bolt (3), at least one insulation body (5) being arranged between the metallic carrying wall (4) and the ceramic elements (1), **characterized in that** the ceramic elements (1) have essentially the form of a straight regular pyramid, the base (2) of which possesses n corners and faces the combustion space (8), and in the vertex of which the holding bolt (3) is integrated.

2. Ceramic lining according to Claim 1, **characterized in that** the ceramic elements (1) form, with their faces facing away from the combustion space (8), cavities which are filled with insulation bodies (5) which make a form fit with the ceramic elements (1), on the one hand, and the metallic carrying wall (4), on the other hand.

3. Ceramic lining according to Claim 1, **characterized in that** the ceramic elements (1) form, with their faces facing away from the combustion space (8), cavities which are filled with air.

4. Ceramic lining according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the ceramic elements (1) have a triangular base (2).

5. Ceramic lining according to Claim 4, **characterized in that** the ceramic elements (1) have essentially the form of a tetrahedron.

6. Ceramic lining according to one of Claims 1, 2, 4 or 5, **characterized in that** the insulation bodies (5) are pressed against the ceramic elements (1) by means of elastic elements (6), preferably cup springs, cylindrical compression springs or elastic plates.

7. Ceramic lining according to one of Claims 1, 2, 4 or 5, **characterized in that** the ceramic elements (1), together with the insulation bodies (5), are pressed against the metallic carrying wall (4) by means of elastic elements (6), preferably cup springs, cylindrical compression springs or elastic plates.

8. Ceramic lining according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the holding bolt (3) of the ceramic element (1) is mounted elastically.

9. Ceramic lining according to one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the faces of the ceramic elements (1) and of the insulation bodies (5) are of convex or concave design.

10. Ceramic lining according to one of Claims 1 to 9,

characterized in that the base (2) of the ceramic elements (1) is provided with heat-insulating layers or abrasion-resistant layers (13).

Revendications

1. Garnissage céramique pour chambres de combustion (8), constitué d'une pluralité d'éléments (1) disposés les uns à côté des autres et fixés au moyen d'un boulon de maintien (3) respectif à la face intérieure d'une paroi métallique porteuse (4) fortement sollicitée thermiquement, au moins un corps isolant (5) étant disposé entre la paroi métallique porteuse (4) et les éléments céramiques (1), **caractérisé en ce que** les éléments céramiques (1) présentent essentiellement la forme d'une pyramide régulière à arêtes rectilignes dont la surface de base (2) possède n coins et est tournée vers la chambre de combustion (8), le boulon de maintien (3) étant intégré au sommet de la pyramide.

2. Garnissage céramique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les surfaces des éléments céramiques (1) non tournées vers la chambre de combustion (8) forment des espaces vides qui sont remplis par des corps isolants (5) en correspondance géométrique avec d'une part les éléments céramiques (1) et d'autre part la paroi métallique porteuse (4) .

3. Garnissage céramique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les surfaces des éléments céramiques (1) non tournées vers la chambre de combustion (8) forment des espaces vides qui sont remplis d'air.

4. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les éléments céramiques (1) ont une surface de base (2) triangulaire.

5. Garnissage céramique selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les éléments céramiques (1) présentent essentiellement la forme d'un tétraèdre.

6. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1, 2, 4 ou 5, **caractérisé en ce que** les corps isolants (5) sont pressés contre les éléments céramiques (1) au moyen d'éléments élastiques (6), de préférence des ressorts en plateau, des ressorts cylindriques de compression ou des tôles élastiques.

7. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1, 2, 4 ou 5, **caractérisé en ce que** les éléments céramiques (1) sont pressés avec les corps isolants (5) contre la paroi métallique porteuse (4) au moyen d'éléments élastiques (6), de préf érence des ressorts en plateau, des ressorts cylindriques de compression ou des tôles élastiques.

8. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le boulon de maintien (3) de l'élément céramique (1) est monté élastiquement.

9. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les surfaces des éléments céramiques (1) et des corps isolants (5) ont une configuration convexe ou une configuration concave.

10. Garnissage céramique selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la surface de base (2) des éléments céramiques (1) est dotée de couches thermiquement isolantes ou de couches (13) qui résistent à l'abrasion.

Fig. 1

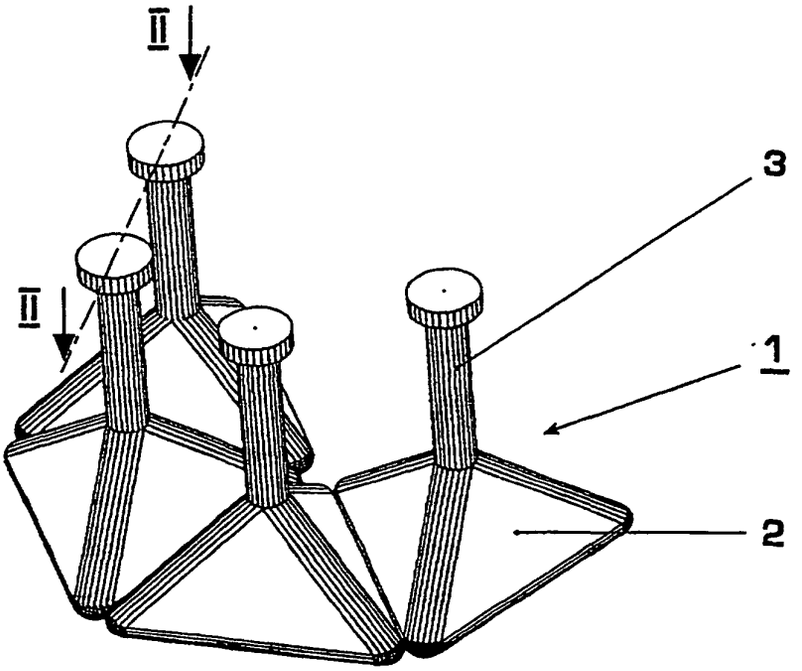
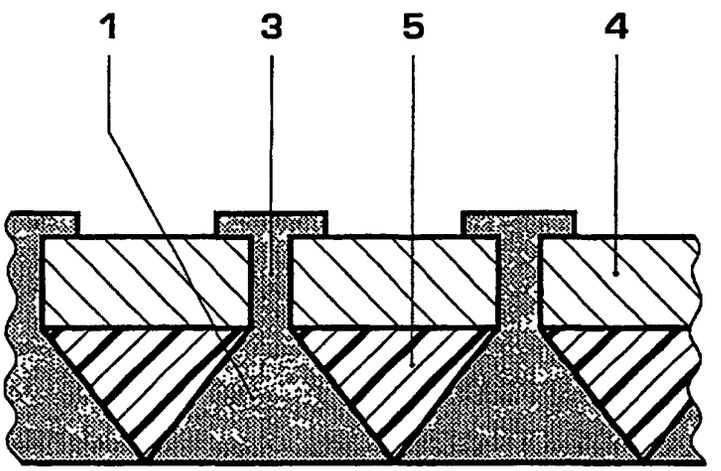


Fig. 2



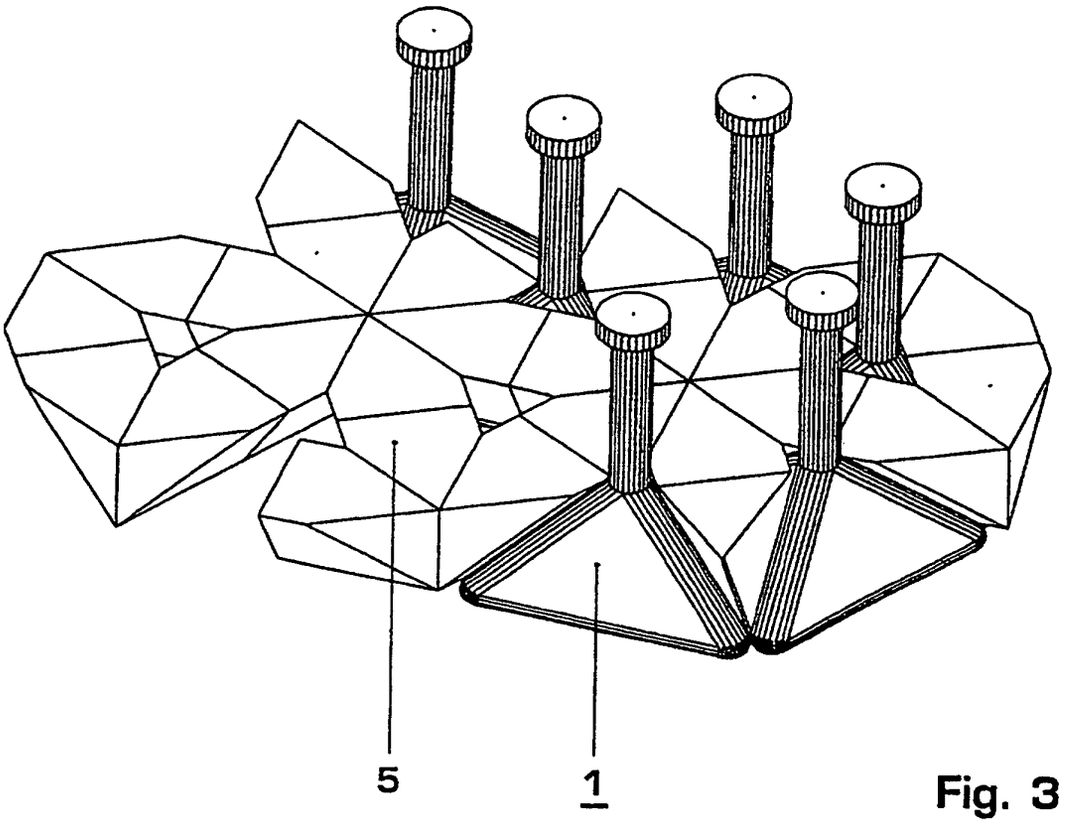


Fig. 3

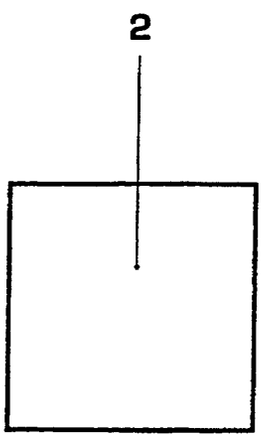


Fig. 5

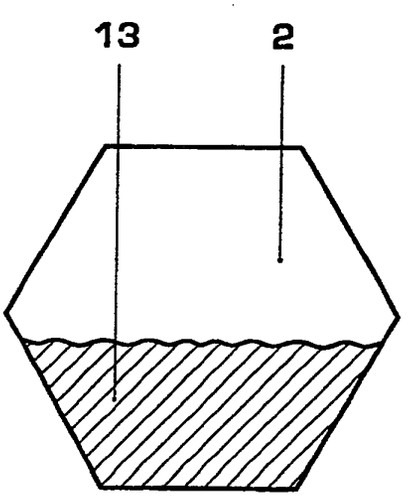
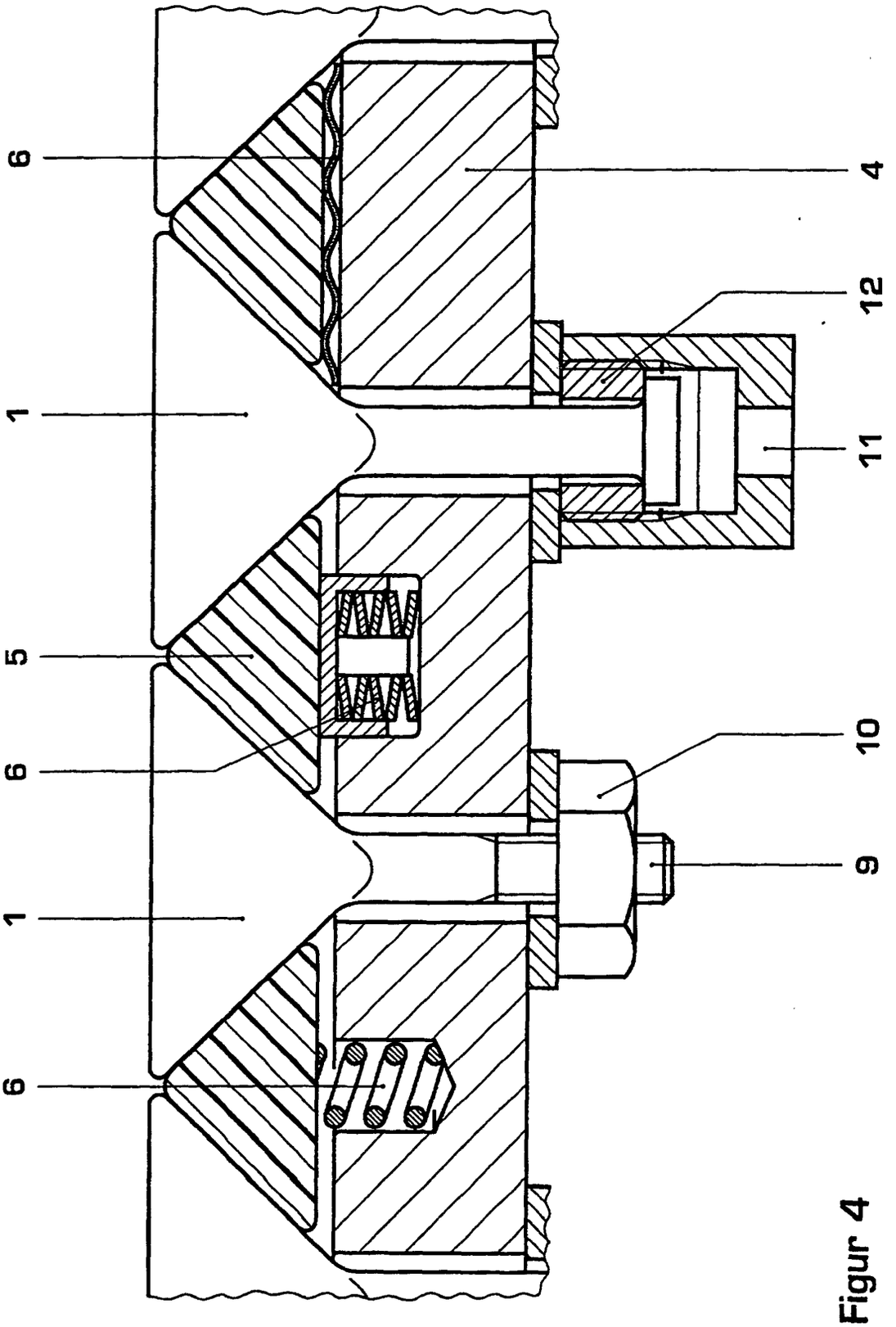


Fig. 6



Figur 4