

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 724 116 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.1996 Patentblatt 1996/31

(51) Int Cl.⁶: **F23M 5/04**, F27D 1/04,
F27D 1/14

(21) Anmeldenummer: **96810022.2**

(22) Anmeldetag: **10.01.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE GB IT

(30) Priorität: **28.01.1995 DE 19502730**

(71) Anmelder: **ABB Management AG**
CH-5401 Baden (CH)

(72) Erfinder:

- **Pfeiffer, Andreas, Dr.**
D-79787 Lauchringen (DE)
- **Wetter, Hugo**
CH-5033 Suhr (CH)

(54) **Keramische Auskleidung**

(57) Bei einer keramischen Auskleidung für Brennräume, bestehend aus mindestens einer Wandplatte (3) aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik mit mindestens einer durchgehenden Öffnung (6) und aus einem Befestigungselement (4) pro Öffnung (6), wobei das Befestigungselement (4) mit seinem Fuss in einer an der metallischen Tragwand (1) befestigten metallischen Haltevorrichtung (5) befestigt ist und der Kopf des Befestigungselementes (4) in der Öffnung (6) der Wandplatte (3) ruht, und wobei zwischen der metallischen Tragwand (1) und der keramischen Wandplatte (3) eine Isolationsschicht (2) angeordnet ist, besteht das Befestigungselement (3) aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik. Die Wandplatte (3) ist im Bereich der Öffnung (6) in Richtung der metallischen Tragwand (1) eingezogen und das Befestigungselement (4) ist federelastisch an einer speziellen Haltevorrichtung (5) angebunden.

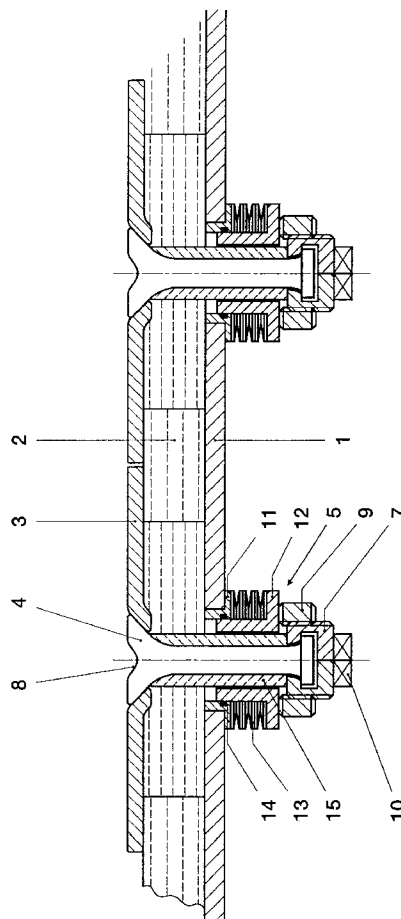


FIG. 1

EP 0 724 116 A2

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine keramische Auskleidung für thermisch hochbeanspruchte Wände von Brennräumen, insbesondere Brennkammern für Gasturbinen, wobei die Auskleidung aus einzelnen Elementen besteht, welche mittels Haltevorrichtungen an der metallischen Wand befestigt sind.

Stand der Technik

Der Einsatz von keramischen Materialien zur Auskleidung von thermisch hochbelasteten Brennräumen ist bekannt.

Als Stand der Technik kann die Ausmauerung mit feuerfesten Elementen auf der Basis oxidischer Werkstoffe angesehen werden. Neben der geringen mechanischen Stabilität und der dickwandigen, schweren Konstruktion weisen diese Ausmauerungen den Nachteil auf, dass die Einzelelemente nicht zerstörungsfrei demontierbar sind. Ausserdem sind die verwendeten oxidischen Werkstoffe für diese Auskleidungen von den Materialeigenschaften her nicht den immer grösser werdenden mechanischen und thermischen Belastungen, z.B. in Gasturbinen-Brennkammern, gewachsen.

Ein prinzipiell ähnlicher Aufbau aus formschlüssigen Einzelelementen ohne feste Verbindung der einzelnen Teile, wie beispielsweise in DE 2 854 580 beschrieben, ist für den Einsatz in hochbelasteten Industrie-Brennkammern ebenfalls ungeeignet.

Lösbare Verbindungen keramischer Einzelelemente beruhen fast immer auf der Verwendung gekühlter metallischer Haltevorrichtungen (z.B. US 2 548 485), die einen wesentlichen Vorteil des Konzepts - einen quasi-adiabatischen Brennraum zu schaffen - zumindestens teilweise wieder zunichte machen.

In EP 080 444 B2 wird für eine gegossene feuerfeste Auskleidung eines Ofens vorgeschlagen, die Verankerungseisen in eine feuerfeste Masse einzusintern. Diese bildet dann mit den Verankerungseisen Verankerungselemente, welche mit Bolzen an der Ofenwand befestigt sind. Dies hat den Nachteil, dass durch die Inhomogenitäten innerhalb des keramischen Strukturelements die mechanischen Eigenschaften des Bauteils verschlechtert werden.

Für Brennräume kleiner Abmessungen sind Ansätze bekannt, die Brennraumwand aus ringförmigen Elementen aufzubauen, die neben einer axialen Fixierung nur noch zentriert werden müssen. Dieses Konzept ist aber für grössere Brennräume aus herstellungstechnischen und fertigungsbezogenen Gründen nicht anwendbar.

Die heute verfügbaren hochtemperaturbeständigen Strukturkeramiken, wie beispielsweise Siliciumcarbid SiC und Siliciumnitrid Si₃N₄, sind nicht als Auskleidung mit einem formschlüssigen Aufbau aus Einzelelemen-

ten ohne feste Verbindung der Teile für den Einsatz in Industrie-Brennkammern geeignet.

Darstellung der Erfindung

Die Erfindung versucht, all diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine ungekühlte lösbare Auskleidung eines Brennraumes mit keramischen Elementen zu schaffen, welche den hohen mechanischen und thermischen Beanspruchungen in einer kommerziellen hochbelasteten Brennkammer Stand hält.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass bei einer keramischen Auskleidung für Brennräume, bestehend aus mindestens einer Wandplatte aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik mit mindestens einer durchgehenden Öffnung und aus einem Befestigungselement pro Öffnung, wobei das Befestigungselement mit seinem Fuss in einer an der metallischen Tragwand befestigten metallischen Haltevorrichtung befestigt ist und der Kopf des Befestigungselementes in der Öffnung der Wandplatte ruht, und wobei zwischen der metallischen Wand und der keramischen Wandplatte eine Isolationsschicht angeordnet ist, das Befestigungselement aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik federelastisch an die Haltevorrichtung angebunden ist.

Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass die Auskleidung auf Grund ihrer Homogenität und des eingesetzten Materials sehr hohen mechanischen und thermischen Beanspruchungen gewachsen ist, dass die Auskleidung zerstörungsfrei demontierbar ist und daher mehrfach verwendet werden kann und dass durch die 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.

Es ist besonders zweckmässig, wenn das Befestigungselement eine in wärmetechnischer Hinsicht optimierte Form aufweist, vorzugsweise eine Einwölbung in der Mitte des Kopfes, einen abgerundeten Kopf und abgerundete Querschnittsübergänge mit grossen Radien vom Kopf zum Schaft und vom Schaft zum Fuss. Dadurch wird erreicht, dass die mechanisch und thermisch bedingten Belastungen nur geringe Spannungen verursachen.

Von Vorteil ist es, wenn der Schaft des Befestigungselementes von einer geteilten Hülse aus verfestigten, vorgeformten Isolationsmaterial umgeben ist und auch die Kontaktflächen zum Metall im Bereich des Fusses des Befestigungselementes mit einer isolierenden Schicht versehen sind. Das führt zu einer Minimierung des Temperaturgradienten innerhalb des keramischen Befestigungselementes, so dass die thermischen Spannungen auf einem geringen Niveau gehalten werden können.

Weiterhin ist es in wärmetechnischer Hinsicht vorteilhaft, wenn die Wandplatte im Bereich der Öffnung in Richtung der metallischen Tragwand eingezogen ist, so dass der Kopf des Befestigungselementes völlig von der Öffnung in der keramischen Wandplatte aufgenommen wird.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die Isolationsschicht aus keramischen Fasermaterial besteht, welches in Form von vorgefertigten Blöcken aufgebracht werden kann.

Schliesslich wird mit Vorteil die Isolationsschicht bei Verwendung von mindestens zwei Wandplatten mindestens im Bereich der Stossfuge der benachbarten Wandplatten verfestigt oder anderweitig an der Oberfläche geschützt. Dadurch wird bei parasitären Heissluftströmungen im Spalt ein Herausspülen der Isolation vermieden. Ausserdem weist die Isolationsschicht im Bereich des aufzunehmenden Befestigungselementes eine Bohrung auf.

Es ist zweckmässig, wenn die metallische Haltevorrichtung aus einer längsgeteilten Gewindehülse besteht, welche den Fuss des Befestigungselementes umfasst, mit einer auf dem Aussengewinde der Hülse sitzenden Mutter, sowie einem in die metallische Wand eingelassenen Führungsring, einer Führungshülse und Federelementen. Damit wird eine zuverlässige, demonstrierbare und über die Gewindemutter gut einstellbare Verbindung zwischen dem Fuss des keramischen Befestigungselementes und den metallischen Teilen erreicht.

Schliesslich wird mit Vorteil zwischen der Führungshülse und dem Führungsring eine Dichtung angeordnet. Diese verhindert mögliche Leckageluftströme, die sich auf Grund des in der Regel positiven Druckgefälles zwischen der äusseren, kühlluftseitigen und der inneren, heissgasseitigen Seite der Auskleidung einstellen könnten.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Teillängsschnitt der Auskleidung für eine Gasturbinen-Brennkammer;
- Fig. 2 eine Draufsicht auf die Auskleidung bei Verwendung quadratischer Wandplatten;
- Fig. 3 eine Draufsicht auf die Auskleidung bei Verwendung hexagonaler keramischer Wandplatten;
- Fig. 4 einen vergrösserten Schnitt der Wandplatte im Bereich der Öffnung entlang der Linie IV-IV in Fig. 2;
- Fig. 5a,b je einen Längsschnitt des Befestigungselementes.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung

wesentlichen Elemente gezeigt.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der Fig. 1 bis 5 näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Teillängsschnitt der erfindungsgemässen Auskleidung für eine Gasturbinen-Brennkammer. Auf der metallischen Tragwand 1 der Brennkammer ist eine Isolationsschicht 2 aufgebracht. Diese besteht vorzugsweise aus keramischem Fasermaterial. Auf der Isolationsschicht sind wiederum keramische Wandplatten 3 angeordnet, welche aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik, beispielsweise SiC oder Si₃N₄, bestehen. Die Wandplatten 3 und die Isolationsschicht 2 sind mit Hilfe von Befestigungselementen 4, welche jeweils in einer metallischen Haltevorrichtung 5, die später im Detail beschrieben wird, angeordnet sind, an der metallischen Tragwand 1 befestigt. Diese Befestigungselemente 4 bestehen ebenfalls wie die Wandplatten 3 aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik.

Die äussere Form und die Abmessungen der Wandplatten 3 können problemlos an die Geometrie des auszukleidenden Raumes angepasst werden und sind in keiner Weise vorbestimmt.

Fig. 2 zeigt, dass dies im einfachsten Fall eine quadratische Kontur sein kann, um ebene oder nur leicht gekrümmte Brennräume auszukleiden. Ebenso sind auch Wandplatten 3 mit einer rechteckigen Aussenkontur einsetzbar.

Aus Fig. 3 geht eine weitere mögliche Form der Wandplatten 3 hervor. Sie haben in dieser Ausführungsvariante eine sechseckige Aussenkontur. Aus Gründen einer einfachen Herstellung und einer gleichmässigen Spannungsverteilung bei thermischer und mechanischer Beanspruchung sind symmetrische Formen zu bevorzugen. Die Dicke d der Wandplatte 3 ergibt sich einerseits aus der geforderten mechanischen Stabilität und andererseits aus einer Minimierung der thermischen Spannungen auf Grund von Temperaturgradienten im Bauteil.

Im Zentrum der Wandplatte 3 ist eine durchgehende Öffnung 6 zur Aufnahme eines Befestigungselementes 4, welches hier ein Bolzen ist, der aus Kopf, Schaft und Fuss besteht, angeordnet. Selbstverständlich können in anderen, hier nicht gezeigten Ausführungsbeispielen auch mehrere Öffnungen 6 in jeder Wandplatte 3 vorhanden sein.

Wie aus Fig. 4 hervorgeht, welche einen vergrösserten Schnitt der Wandplatte 3 gemäss Fig. 2 im Bereich der Öffnung 6 entlang der Linie IV-IV zeigt, ist die Öffnung 6 in Richtung der metallischen Tragwand 1 eingezogen. Dadurch wird einerseits die Kontaktfläche zwischen dem Befestigungselement 4 und der Wandplatte 3 vergrössert, andererseits werden die Wärme-flüsse bei stationären und instationären Beanspruchungsgefällen so beeinflusst, dass nur minimale ther-

mische Spannungen entstehen. Die geometrische Gestaltung dieser Zone resultiert aus einer Abstimmung zwischen den Wärmespeicher- und Wärmeleitungseigenschaften der verwendeten Materialien. Als vorteilhaft hat sich ein Verhältnis der Dicke d der Wandplatte 3 zur Tiefe t des eingezogenen Teils der Wandplatte 3 im Bereich der Öffnung 6 von ca. 5 zu 3 erwiesen.

Die Kontaktfläche zwischen dem in der Öffnung 6 angeordnetem Kopf des Befestigungselementes 4 (in Fig. 4 nicht dargestellt) und der Wandplatte 3 ist in optimaler Weise sphärisch ausgeführt, um auch bei geringen Winkellagen des Bolzens eine flächige Berührung sicherzustellen (Kugelpfprinzip). Das bedeutet, dass auch der Kopf des Befestigungselementes 4 sphärisch ausgeführt ist, wie gut in den Fig. 5a und 5b zu erkennen ist, welche jeweils einen Längsschnitt von zwei unterschiedlich ausgebildeten Befestigungselementen 4 zeigen.

Bei dem in Fig. 5b beispielhaft dargestellten Befestigungselement 4 ist auch der Fuss des Befestigungselementes 4 sphärisch ausgebildet, welcher dann von einer entsprechend ausgebildeten Gewindehülse 7 der metallischen Haltevorrichtung 5 aufgenommen wird. Da also auch die Metall/Keramik-Kontaktfläche am Fuss des Befestigungselementes 4 sphärisch ausgebildet ist, wird hier ebenfalls eine flächige Berührung auch bei geringen Winkellagen sichergestellt.

Eine weitere Besonderheit des in wärmetechnischer Hinsicht optimierten Befestigungselementes 4 besteht darin, dass der Kopf des Befestigungselementes 4 in seinem Zentrum eine Einwölbung 8 aufweist. Ausserdem werden grosse Radien und moderate Querschnittsübergänge verwendet, so dass grundlegende Regeln für das Konstruieren mit spröden keramischen Werkstoffen eingehalten werden.

Der Hohlraum zwischen dem Schaft des Befestigungselementes 4 und der Isolationsschicht 2 wird durch eine geteilte Hülse 15 aus verfestigtem, vorgeformtem Isolationsmaterial ausgefüllt. Da auch die Kontaktflächen zum Metall im Bereich des Fusses des Befestigungselementes 4 mit einer isolierenden Zwischenschicht versehen ist, werden dadurch die Temperaturgradienten innerhalb des Befestigungselementes 4 minimiert und die thermischen Spannungen auf einem niedrigen Niveau gehalten.

Die Dicke der Isolationsschicht 2 wird gemäss der thermischen Belastung des Gesamtverbundes der Auskleidung gewählt. Sie ist so festzulegen, dass die maximal zulässigen Temperaturen der metallischen Tragwand 1 nicht überschritten werden. Das Isolationsmaterial kann beispielsweise in Form von vorgefertigten Blöcken aufgebracht werden, wobei im Bereich des Befestigungsbolzens 4 eine entsprechende Bohrung für die Montage der Auskleidung vorhanden sein muss. Da der Montageabstand zwischen zwei Wandplatten 3 durch die thermischen Dehnungen der Wandplatten 3 bestimmt ist, ist zumindestens im Bereich unterhalb der Stossfugen zweier benachbarter Plattenelemente das

Isolationsmaterial an seiner Oberfläche in geeigneter Weise verfestigt oder anderweitig geschützt, so dass bei parasitären Heissluftströmungen im Spalt ein Herausspülen der Isolationsschicht 2 vermieden wird.

Ein zentraler Punkt der Erfindung ist die dehnungstolerante elastische Einspannung des keramischen Befestigungselementes 4 auf der Aussenseite der metallischen Tragwand 1.

Gemäss Fig. 1 besteht die metallische Haltevorrichtung 5 aus einer längsgeteilten Gewindehülse 7, welche den Fuss des Befestigungselementes umfasst. Auf dem Aussengewinde der Gewindehülse 7 ist eine Gewindemutter 9 angeordnet, über welche, wie weiter unten erklärt wird, die Einspannkraft eingestellt werden kann. Gleichzeitig hält die Mutter 9 die beiden Hälften der Gewindehülse 7 zusammen. Die gegenseitige Positionierung der beiden Gewindehülsehälften kann durch zusätzliche Konstruktionselemente, z.B. die Bolzen, sichergestellt werden. Ein Vierkant 10 dient dazu, die geteilte Hülse beim Anziehen der Gewindemutter 9 zu halten. Die Positionen 7 und 10 sind ein Teil der geteilten Hülse.

Weiterhin besteht die metallische Haltevorrichtung 5 aus einem in die metallische Tragwand 1 eingelassenen Führungsring 11, einer einteiligen Führungshülse 12 für das Befestigungselement 4 und aus zwischen der Führungshülse 12 und dem Führungsring 11 angeordneten Federelementen 13. Die Feder 13 ist beispielsweise, wie in Fig. 1 dargestellt, eine Tellerfeder. Durch die federelastische Anbindung der keramischen Struktur an die metallische Haltevorrichtung wird erreicht, dass thermische Relativdehnungen zwischen den metallischen und keramischen Komponenten oder Verformungen der Isolationsschicht 2 ("Setzen") durch mechanische Beanspruchungen, beispielsweise Pulsationen im Brennraum, aufgenommen werden, ohne dass an den Kontaktflächen unzulässig hohe Spannungen im keramischen Bauteil induziert werden. Über einen bestimmten Federweg der Einspannung (über die auf dem Aussengewinde der Hülse 7 aufgeschraubte Gewindemutter 9 einstellbar) werden nahezu konstante Einspannkraften gewährleistet.

Da zwischen der äusseren kühlflutseitigen und der inneren heissgasseitigen Seite der Auskleidung in der Regel ein positives Druckgefälle vorliegt, ist eine Dichtung 14 gegen mögliche Leckageluftströme angeordnet. Diese Dichtung 14 befindet sich zwischen der Führungshülse 12 und dem in der metallischen Tragwand 1 eingelassenen Führungsring 11. Das Spiel in der Führung lässt dabei auch eine gewisse Winkelstellung des Bolzens zu, ohne dass zusätzliche Kräfte in den Bolzen eingeleitet werden.

Durch Verwendung der Haltevorrichtung 5 in Verbindung mit den keramischen Befestigungselementen 4 wird eine zerstörungsfreie Demontage der keramischen Auskleidung und damit ein mehrfacher Einsatz der keramischen Elemente ermöglicht.

Bezugszeichenliste

1	metallische Tragwand
2	Isolationsschicht
3	keramische Wandplatte
4	Befestigungselement
5	Haltevorrichtung
6	Öffnung
7	Gewindehülse
8	Einwölbung
9	Gewindemutter
10	Vierkant
11	Führungsring
12	Führungshülse
13	Feder
14	Dichtung
15	Hülse aus Isolationsmaterial
d	Dicke der Wandplatte
t	Tiefe des eingezogenen Teils der Wandplatte

Patentansprüche

1. Keramische Auskleidung für Brennräume, bestehend aus mindestens einer Wandplatte (3) aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik mit mindestens einer durchgehenden Öffnung (6) und aus einem Befestigungselement (4) je Öffnung (6), wobei das Befestigungselement (4) mit seinem Fuss in einer an der metallischen Tragwand (1) befestigten metallischen Haltevorrichtung (5) angeordnet ist und der Kopf des Befestigungselementes (4) in der Öffnung (6) der Wandplatte (3) ruht, und wobei zwischen der metallischen Tragwand (1) und der keramischen Wandplatte (3) eine Isolationsschicht (2) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (3) aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik besteht und federelastisch an die Haltevorrichtung (5) angebunden ist.
2. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Befestigungselement (4) eine in wärmetechnischer Hinsicht optimierte Form aufweist, vorzugsweise eine Einwölbung (8) in der Mitte des Kopfes und abgerundete Querschnittsübergänge mit grossen Radien vom Kopf zum Schaft und vom Schaft zum Fuss.
3. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaft des Befestigungselementes (4) von einer geteilten Hülse (15) aus verfestigten, vorgeformten Isolationsmaterial umgeben ist.
4. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandplatte (3) im Bereich der Öffnung (6) in Richtung der metalli-

schen Tragwand (1) eingezogen ist.

5. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht (2) aus keramischen Fasermaterial besteht.
6. Keramische Auskleidung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht (2) bei Verwendung von mindestens zwei Wandplatten (3) mindestens im Bereich der Stossfuge der benachbarten Wandplatten (3) verfestigt ist.
7. Keramische Auskleidung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht (2) im Bereich des aufzunehmenden Befestigungselementes (4) eine Bohrung aufweist.
8. Keramische Auskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Haltevorrichtung (5) aus einer längsgeteilten Gewindehülse (7) besteht, welche den Fuss des Befestigungselementes (4) umfasst, mit einer auf dem Aussengewinde der Hülse (7) sitzenden Gewindemutter (9), sowie einem in die metallische Tragwand (1) eingelassenen Führungsring (11), einer Führungshülse (12) für das Befestigungselement (4) und zwischen Führungshülse (12) und Führungsring (11) angeordneten Federelementen (13).
9. Keramische Auskleidung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Führungshülse (12) und dem Führungsring (11) eine Dichtung (14) angeordnet ist.

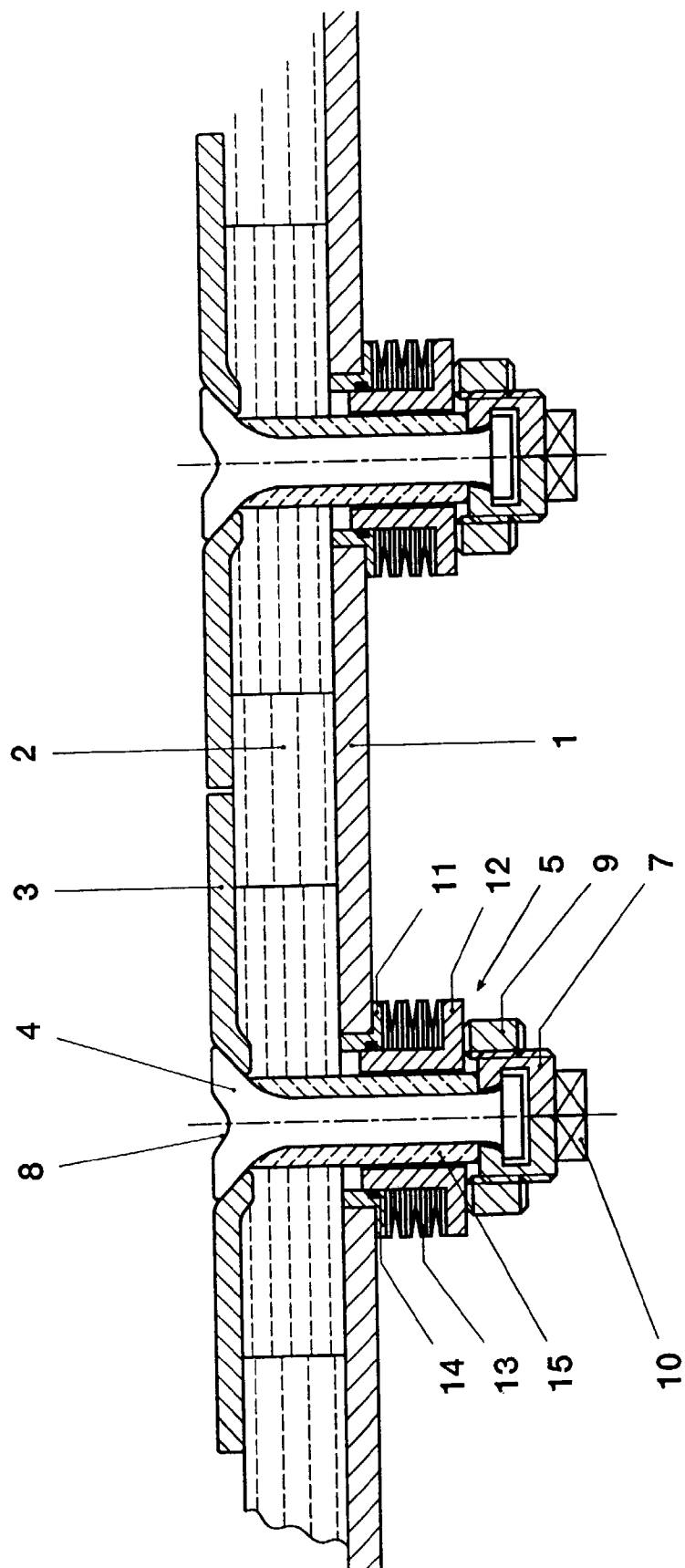


FIG. 1

FIG. 3

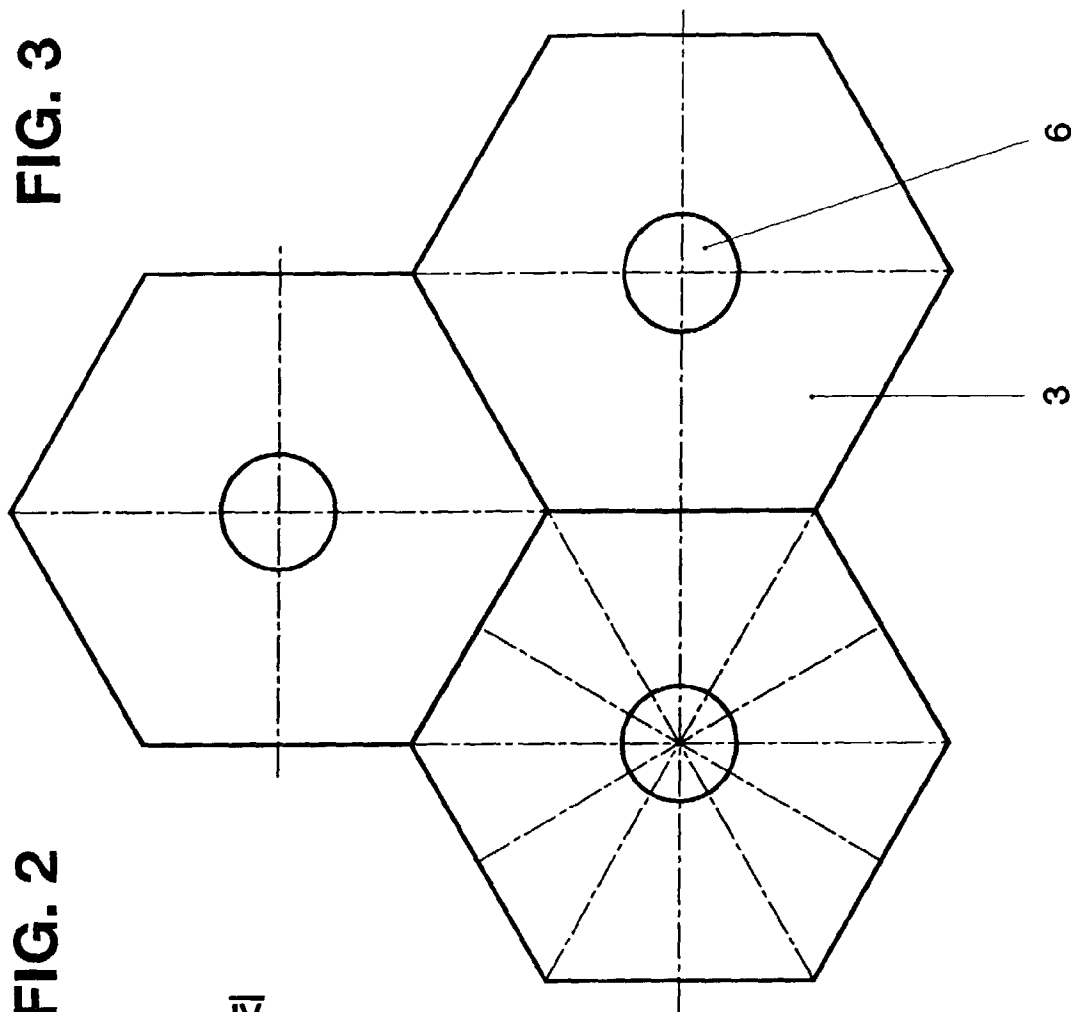


FIG. 2

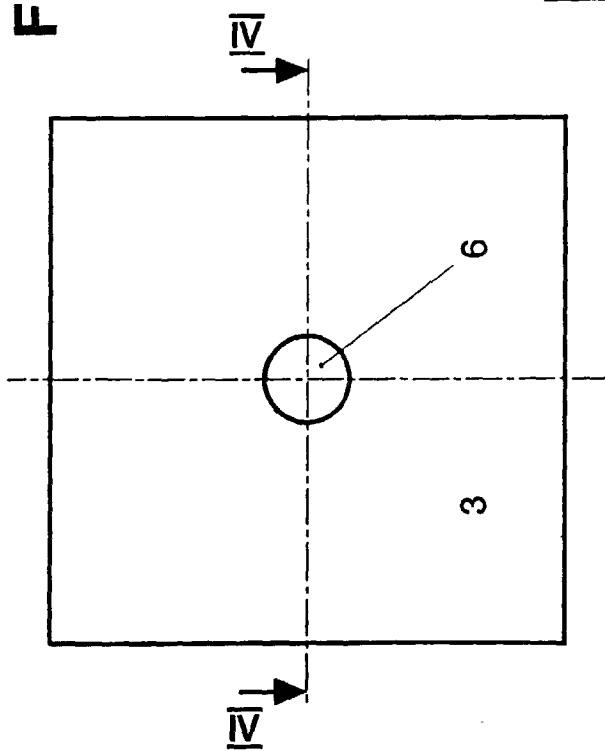


FIG. 4

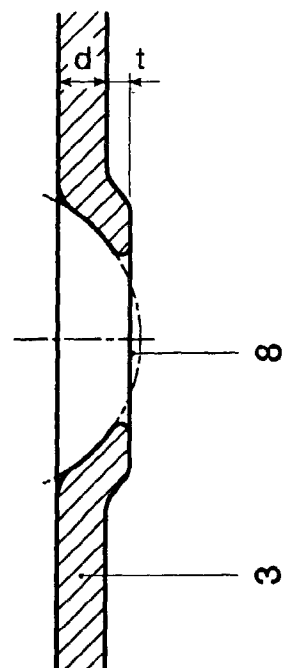


FIG. 5b

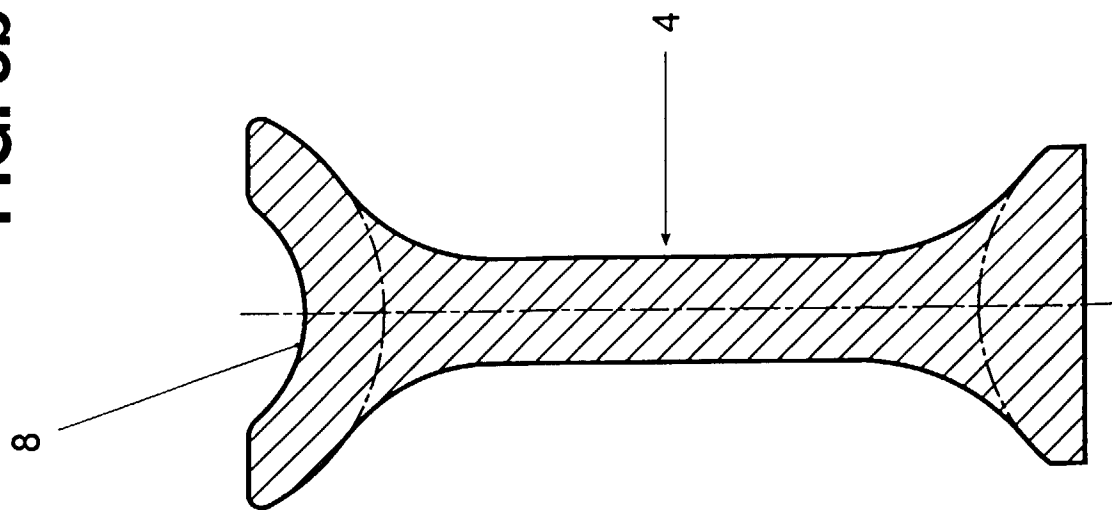


FIG. 5a

