



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 199 520 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.04.2002 Patentblatt 2002/17

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

(21) Anmeldenummer: **00122553.1**

(22) Anmeldetag: **16.10.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Taut, Christine, Dr.
45359 Essen (DE)**

(54) **Hitzeschildstein zur Auskleidung einer Brennkammerwand, Brennkammer sowie Gasturbine**

(57) Die Erfindung betrifft einen Hitzeschildstein (1,1A,1B), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand (43), mit einer einem heißen Medium (M) aussetzbaren Heißeite (3) und einer der Heißeite (3)

gegenüberliegenden Wandseite (5). An die Heißeite (3) grenzt ein Heißeitenbereich (7) an. An die Wandseite (5) grenzt ein Wandseitenbereich (9) an. Die mittlere Korngröße (D) im Wandseitenbereich (9) ist kleiner als im Heißeitenbereich (7) eingestellt.

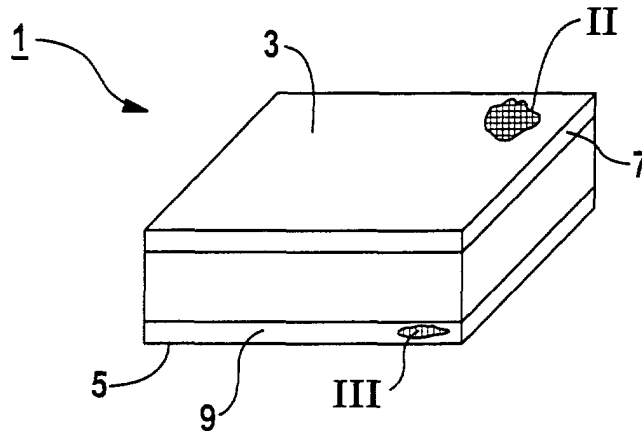


FIG 1

EP 1 199 520 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium aussetzbaren Heißeite und einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite. Der Hitzeschildstein weist einen an die Heißeite angrenzenden Heißeitenbereich sowie einen an die Wandseite angrenzenden Wandseitenbereich auf. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung sowie eine Gasturbine.

[0002] Um einen extrem hohen Temperaturen ausgesetztes Bauteil, beispielsweise ein Hitzeschildelement, etwa einen Hitzeschildstein oder eine Gasturbinenschaufel, hitzebeständig zu machen, ist es z.B. aus der US-PS 4,321,311 bekannt, das Bauteil aus einem metallischen Grundkörper herzustellen und den metallischen Grundkörper mit einer keramischen Wärmedämmschicht aus ZrO_2 zu beschichten. Die Anbindung der keramischen Wärmedämmschicht geschieht dabei über eine metallische Haftvermittlungsschicht aus einer Legierung der Art MCrAlY. Da die keramische Wärmedämmschicht in der Regel ein guter Sauerstoffionenleiter ist, kommt es im Laufe des Betriebseinsatzes des Bauteils zu einer Autoxidation der Haftvermittlungsschicht, wodurch es zu einer Ablösung der Wärmedämmschicht von dem metallischen Grundkörper kommen kann. Dadurch ist die Einsatzdauer eines derartigen Bauteils beschränkt. Dies ist insbesondere bei häufigen Temperaturwechseln der Fall, welche beim An- und Abfahren einer Gasturbine auftreten.

[0003] In dem Artikel "Keramische Gradientenwerkstoffe für Komponenten in Verbrennungsmotoren" von W. Henning et al. in Metall, 46. Jahrgang, Heft 5, Mai 1992, Seiten 436 bis 439, ist zur Verbesserung der Temperaturwechselbeständigkeit von Kolbenböden ein Faserkeramik-Körper mit Dichtegradienten angegeben. Dieser Faserkeramik-Körper ist aus vier Schichten unterschiedlicher Schichtdicke mit unterschiedlichem Keramikanteil aufgebaut. Der Unterschied in dem Keramikanteil besteht darin, dass sich das Verhältnis an Fasern (Al_2O_3 -Kurzfasern) zu Keramikpartikeln aus Al_2TiO_5 der vier Schichten deutlich unterscheidet. Hierdurch ist auch die Porosität der vier Schichten deutlich voneinander verschieden. Die hohe Porosität der Schichten zwischen 40 % und 79 % wird dazu genutzt, um mittels Pressgießens in die Hohlräume des Faserkeramik-Körpers geschmolzenes Metall zur Herstellung eines defektfreien Verbundes einzubringen. Dadurch ist ein Kolbenboden herstellbar, der einen sich stark sprungartig ändernden Gradienten an Metall und Keramik aufweist. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit der keramischen Anteile wird eine thermische Barriere gebildet und der Kolben somit isoliert. Zudem bewirkt die Faserkeramik eine mechanische Verstärkung des Kolbens und damit eine Verbesserung der Thermoschockbeständigkeit des Kolbens.

[0004] In dem Artikel "Projected Research on High Efficiency Energie Conversion Materials", von M. Niino, M. Koizumi in FGM 94, Proceedings of the 3rd International Symposium on Functional Gradient Materials, ed. B. Ilchner, N. Cherradi, S. 601-605, 1994, sind Verbundwerkstoff im Zusammenhang der Entwicklung von Werkstoffen für einen Raumgleiter angegeben, die als Functional Gradient Material (FGM) bezeichnet sind. Wesentliches Merkmal von FGM ist ein kontinuierlicher Zusammensetzungs- und/oder Mikrostrukturgradient, der zu einem kontinuierlichen Gradienten der relevanten Funktionen, z.B. der Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Duktilität und ähnliches mehr führen soll, wobei durch Vermeidung abrupter Eigenschaftsänderung die Belastbarkeit und Effizienz des Werkstoffs gesteigert werden soll. FGM sollen daher die positiven Eigenschaften von Schicht- und Stückverbunden in einem Werkstoff vereinen.

[0005] Aus der WO 98/53940 ist ein Metall-Keramik-Gradientenwerkstoff, insbesondere für ein Hitzeschild oder eine Gasturbinenschaufel, bekannt. Der Metall-Keramik-Gradientenwerkstoff weist einen metallischen Grundwerkstoff, eine Keramik und einen Zusatzstoff für einen Hochtemperatur-Oxidationsschutz auf. Hierbei nimmt die Konzentration des metallischen Grundwerkstoffs von einer metallreichen Zone in eine keramikreiche Zone ab, wobei die Konzentration des Zusatzstoffes einen Konzentrationsgradienten aufweist. In der WO 98/53940 ist weiter ein Verfahren zur Herstellung eines Metall-Keramik-Gradientenwerkstoffs sowie ein daraus hergestelltes Erzeugnis, beispielsweise eine Gasturbinenschaufel oder ein Hitzeschutzelement einer Gasturbine, beschrieben.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, anzugeben. Der Hitzeschildstein soll insbesondere im Hinblick auf die unterschiedlichen Anforderungen auf der mit einem heißen Medium, z.B. ein Heißgas, aussetzbaren Heißeite und der der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite, ausgestaltet sein. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung sowie eine Gasturbine anzugeben.

[0007] Die erstgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium aussetzbaren Heißeite und einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite, und mit einem an die Heißeite angrenzenden Heißeitenbereich sowie einem an die Wandseite angrenzenden Wandseitenbereich, wobei im Mittel die Korngröße im Wandseitenbereich kleiner ist als im Heißeitenbereich.

[0008] Die Erfindung geht von der Beobachtung aus, dass die Anforderungen an Hitzeschildsteine auf der Heißeite und der der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite unterschiedlich sind. Im Betrieb eines Hitzeschildsteins werden die Hitzeschildsteine beispielsweise in Brennkammern von stationären Gasturbinen ein-

gesetzt und dienen der thermischen Isolierung der üblicherweise metallischen Brennkammerwand. Ein Hitzeschildstein ist dabei mit seiner Wandseite angrenzend über eine Tragstruktur an der Brennkammerwand befestigt. Die Heißseite ist im Betrieb einem heißen Medium, beispielsweise dem heißen Verbrennungsgas, ausgesetzt. Aufgrund der Einsatzbedingungen sind an die Heißseite der Hitzeschildsteine daher wesentlich andere Anforderungen gestellt als an die demgegenüber viel kältere Wandseite. In einer Gasturbinenbrennkammer ist die Heißseite der Hitzeschildsteine einer hohen Beanspruchung durch schnell strömende, korrosive, heiße Gase mit typischen Temperaturen von etwa 1500 °C ausgesetzt. Außerdem müssen durch Be- und Entlastungsvorgnge der Gasturbine häufig schroffe Temperaturwechsel von bis zu 1000 °C ertragen werden. Die unter diesen Bedingungen angestrebten Lebensdauern der Steine liegen bei ca. 50.000 Betriebsstunden.

[0009] Mit der Erfindung wird ein neuer Weg beschritten, die teilweise konkurrierenden Erfordernisse, beispielsweise hohe Festigkeit auf der Wandseite und demgegenüber Ertragen hoher Wärmespannungen, Temperatur- und Temperaturwechselstabilitt auf der Heißseite, mit dem vorgeschlagenen Hitzeschildstein besser miteinander zu verbinden. Dabei werden die relevanten kritischen Bereiche, nämlich der an die Heißseite angrenzende Heiseitenbereich sowie der an die Wandseite angrenzende Wandseitenbereich des Hitzeschildsteins hinsichtlich ihrer Struktur gezielt an die jeweiligen Anforderungen angepasst. Hierbei wird die Korngrößenverteilung im Heiseitenbereich und im Wandseitenbereich bereichsspezifisch an die jeweilige thermomechanische Belastung angepasst. Als ausgewählter Strukturparameter wird die Korngröße in dem Wandseitenbereich und in dem Heiseitenbereich eingestellt, wobei im Mittel die Korngröße im Wandseitenbereich kleiner ist als im Heiseitenbereich. Als Mittel der Korngröße wird hierbei der Mittelwert der Korngrendurchmesserverteilung in einem jeweiligen Bereich verstanden. Mit einer an die Anforderungen angepassten Korngrenstrukturierung der jeweiligen Bereiche ist ein hinsichtlich der Belastung angepasster und gegenüber herkömmlichen Hitzeschutzelementen verbesserter Hitzeschildstein realisiert. Hierbei können insbesondere die Anforderungen einer großen Thermoschockbeständigkeit im Heiseitenbereich sowie einer großen Festigkeit im Wandseitenbereich miteinander in einem Hitzeschildstein realisiert werden.

[0010] Vorteilhafterweise kann der Hitzeschildstein hierbei aus einem einheitlichen Material bestehen, beispielsweise aus einem feuerfesten Material, wobei lediglich die Einstellung der unterschiedlichen Korngrößen im Wandseitenbereich und im Heiseitenbereich erfolgt. Bereits durch die strukturelle Anpassung des Hitzeschildsteins wird das gewünschte Ergebnis erzielt. Es ist aber auch durchaus möglich einen Stein mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen, bei-

spielsweise ein Gemisch aus zwei oder mehreren Substanzen, auszuwählen, und die strukturelle Anpassung in Bezug auf die Korngröße in dem Wandseitenbereich und in dem Heiseitenbereich gemäß der Erfindung in entsprechender Weise vorzunehmen. Die Erfindung zeichnet sich somit durch eine hohe Flexibilität aus, da der relevante Parameter, nämlich die Korngrößenverteilung oder das arithmetische Mittel hieraus, ein struktureller Parameter ist, der a priori unabhängig von der chemischen Zusammensetzung beeinflussbar und somit im Hinblick auf die oben genannten Anforderungen einstellbar ist.

[0011] Vorzugsweise ist die Korngröße im Wandseitenbereich um etwa einen Faktor 0,4 bis 0,9, insbesondere einen Faktor 0,6 bis 0,8, kleiner als im Heiseitenbereich. Durch diese Skalierungsfaktoren ist die Korngröße in dem Heiseitenbereich und in dem Wandseitenbereich relativ zueinander einstellbar, so dass man von absoluten Dimensionen des Hitzeschildsteins und der relevanten Belastungsbereiche (Heiseitenbereich, Wandseitenbereich), weitgehend unabhängig ist. Vorteilhafterweise sind dadurch Hitzeschildsteine unterschiedlicher Geometrie, Materialdicke oder Zusammensetzung, mit belastungsbereichsspezifischer Korngrößenanpassung realisierbar.

[0012] Vorzugsweise beträgt im Mittel die Korngröße im Heiseitenbereich zwischen etwa 1,5 mm und 3,5 mm. Insbesondere ist im Mittel die Korngröße im Heiseitenbereich größer als etwa 2 mm.

[0013] Bevorzugt beträgt im Mittel die Korngröße im Wandseitenbereich zwischen etwa 0,6 mm und 1,4 mm. Insbesondere ist im Mittel die Korngröße im Wandseitenbereich kleiner als etwa 1,2 mm.

[0014] Mit der Dimensionierung der Korngröße gemäß oben genannten Grenzen sind insbesondere Hitzeschildsteine mit Dimensionen, wie sie üblicherweise beim Einsatz eines Hitzeschildsteins in der Brennkammer einer Gasturbine von Bedeutung sind, belastungsgerecht angebbar. Im konkreten Fall ist natürlich empirisch und/oder rechnerisch die jeweilige thermomechanische Belastung im Wandseitenbereich und im Heiseitenbereich zu ermitteln, und eine belastungsgerechte Korngröße in den Bereichen präzise vorzusehen.

[0015] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung sind entlang einer Richtung von der Heißseite zu der Wandseite Schichten mit abnehmender Korngröße vorgesehen.

[0016] In den Schichten wird hierbei jeweils eine mittlere Korngröße eingestellt, so dass von dem Heiseitenbereich zu dem Wandseitenbereich die mittlere Korngröße schichtweise abnimmt. In jeder Schicht wird dabei vorzugsweise eine jeweilige Korngröße eingestellt. Diese schichtweise Abstufung der eingestellten Korngrößen in den Schichten erfolgt vorteilhafterweise graduell, so dass unzulässig große Änderungen (Sprünge) in den Materialeigenschaften weitgehend vermieden und ein Hitzeschildstein mit an die Anforderungen entsprechend angepassten Eigenschaften erreichbar

ist. Die relevanten Werkstoffeigenschaften, z.B. Festigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Duktilität und ähnliches mehr, können durch die Vermeidung abrupter Eigenschaftsänderungen zu einer Steigerung der Belastbarkeit und Effizienz des Hitzeschildstein führen. Vorteilhafterweise kann dabei der Wandseitenbereich und/oder der Heißeitenbereich eine jeweilige Schicht mit entsprechender Korngrößenanpassung aufweisen.

[0017] Vorzugsweise beträgt die Anzahl der Schichten hierbei etwa 5 bis 30, insbesondere etwa 10 bis 20.

[0018] Die genaue Wahl der Anzahl der Schichten hängt vom jeweiligen Belastungsfall und von der erforderlichen graduellen Anpassung der Korngröße von dem Heißeitenbereich zu dem Wandseitenbereich ab. Verfahrenstechnisch kann beispielsweise die Herstellung eines solchen Hitzeschildsteins mit einem bezüglich der Korngröße eingestellten Strukturgradienten derart erfolgen, dass ein Pulver mit einem Grundwerkstoff für den Hitzeschildstein, beispielsweise eine Keramik oder ein anderes Feuerfestmaterial, übereinander zu einer Schüttung schichtweise geschüttet wird, und dass die Schüttung anschließend entsprechen gepresst und zu dem einen Strukturgradienten aufweisenden Hitzeschildstein gesintert wird, wobei im Mittel die Korngröße im Wandseitenbereich kleiner ist als im Heißeitenbereich und entsprechend der Anzahl der Schichten eine graduelle Anpassung der Korngröße erfolgt.

[0019] Vorzugsweise ändert sich entlang einer Richtung von der Heißeite zu der Wandseite die Korngröße im Wesentlichen kontinuierlich.

[0020] Eine kontinuierliche Änderung der Korngröße ist besonders vorteilhaft, weil hierdurch praktisch jegliche abrupte Änderungen in den relevanten Materialeigenschaften beim Übergang von dem Wandseitenbereich zu dem Heißeitenbereich vermieden werden. Durch eine entsprechend hohe Anzahl von Schichten kann eine quasi-kontinuierliche Anpassung erreicht werden.

[0021] Herstellungstechnisch ist eine solche kontinuierliche Anpassung entsprechend aufwendiger. Ein kontinuierlicher oder quasi-kontinuierlicher Übergang der Korngrößenverteilung (Mittelwert der Korngrößen-durchmesser-Verteilung) kann hierbei beispielsweise in einer linearen Funktion erfolgen. Allgemein können aber auch Polynome höherer Ordnung oder andere stetige oder stetig-differenzierbare Funktionen diesen Übergang erreichen. Die Wahl ist je nach Belastungsfall und Belastungsverlauf von der Heißeite zu der Wandseite des Hitzeschildsteins in geeigneter Weise zu treffen und entsprechende Funktionen für die Anpassung des Übergangs anzuwenden.

[0022] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der Hitzeschildstein aus mindestens zwei Stoffen, mit einem ersten Stoff und mit einem davon verschiedenen zweiten Stoff, zusammengesetzt.

[0023] Durch diese Ausgestaltung sind vorteilhafterweise auch Hitzeschildsteine, die zumindest aus einem Zweistoffgemisch bestehen, gemäß dem Konzept der

Erfindung mit einer bereichsspezifischen Korngrößenanpassung ausgestaltbar. Neben Zweistoffgemischen sind auch Hitzeschildsteine, die aus mehr als zwei chemischen Verbindungen zusammengesetzt sind hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung strukturierbar.

[0024] Bevorzugt ist hierbei die Konzentration des ersten Stoffs im Wandseitenbereich größer als im Heißeitenbereich.

[0025] Hierdurch werden die Vorteile einer strukturellen Anpassung der Korngröße im Heißeitenbereich und im Wandseitenbereich in vorteilhafter Weise mit einer chemischen Anpassung hinsichtlich der Konzentration des ersten Stoffes im Wandseitenbereich und im Heißeitenbereich kombiniert. Zu der strukturellen Abstufung tritt bei Zweistoffgemischen eine chemische Abstufung, die wie die strukturelle auch graduell mit einem Schichtsystem oder im Wesentlichen kontinuierlich von dem Heißeitenbereich in den Wandseitenbereich durchführbar ist.

[0026] Durch die Abstufung der Korngröße und der chemischen Zusammensetzung können abrupte Änderungen in den Materialeigenschaften in besonders vorteilhafter Weise vermieden werden. Die Anpassung des Hitzeschildsteins an die thermomechanischen Erfordernisse ist dadurch weiter verbessert. Durch die Korngrößen- und Konzentrationsanpassung ist ein mehrdimensionaler Parameterraum für eine belastungsbereichsspezifische Ausgestaltung eines Hitzeschildsteins erreicht.

[0027] Der erste Stoff, mit der höheren Konzentration im Wandseitenbereich als im Heißeitenbereich, weist vorteilhafterweise Eigenschaften auf, die die Festigkeit im Wandseitenbereich gegenüber der Festigkeit im Heißeitenbereich erhöhen, da aufgrund der Anforderungen beispielsweise beim Einsatz des Hitzeschildsteins in der Brennkammer einer Gasturbine, der Wandseitenbereich die größere Festigkeit erfordert. Demgegenüber ist das Festigkeitserfordernis im Heißeitenbereich von untergeordneter Bedeutung gegenüber der Thermoschockbeständigkeit im Heißeitenbereich. Daher ist die Konzentration des ersten Stoffes im Heißeitenbereich gegenüber dem Kaltseitenbereich vorzugsweise geringer einzustellen. Die Anpassung der Konzentration, d. h. der Konzentrationsgradient des ersten Stoffes und/oder des zweiten Stoffes erfolgt dabei vorteilhafterweise graduell in entsprechenden Schichten oder ist in kontinuierlicher Weise angepasst.

[0028] Vorzugsweise ist der erste Stoff ein Oxid und der zweite Stoff ein Silicat, insbesondere eine Silicatkeramik.

[0029] Vorzugsweise ist der erste Stoff Aluminiumoxid Al_2O_3 und der zweite Stoff Aluminiumsilicat $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

[0030] Als für den Einsatz unter den oben beschriebenen Bedingungen besonders gut geeignet erweisen sich Hitzeschildsteine einer Qualität, die Aluminiumsilicat $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ sowie Aluminiumoxid Al_2O_3 enthalten. Das Aluminiumoxid kann dabei als Korund (grob kri-

stallin) eingebracht sein. Aluminiumoxid bildet sehr harte, farblose Kristalle und weist einen hohen Schmelzpunkt bei 2050 °C auf. Daher ist es für Hochtemperaturanwendungen als Bestandteil eines Hitzeschildsteins in besonderer Weise geeignet. Aluminiumsilicat $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, auch als Mullit bezeichnet, entsteht beispielsweise durch Brennen (Erhitzen) von geformtem, feuchtem Ton, evtl. mit Zuschlägen von Quarzsand und Feldspat, bis zum Sintern oder Schmelzen. Hitzeschildsteine, die zumindest Aluminiumoxid und Aluminiumsilicat aufweisen, sind hinsichtlich der Korngröße im Heißeitenbereich und im Wandseitenbereich und hinsichtlich der Konzentrationsanteile der beiden Stoffe gut anpassbar.

[0031] Hierbei kann insbesondere der Mullitanteil gegenüber dem Aluminiumoxidanteil im Wandseitenbereich geringer sein als im Heißeitenbereich. Bevorzugt kann der Mullitanteil im Wandseitenbereich deutlich kleiner sein als der Aluminiumoxidanteil. Insbesondere kann der Aluminiumoxidanteil im Wandseitenbereich der dominante Anteil bei der Zusammensetzung des Hitzeschildsteins sein. Weiter bevorzugt kann der Wandseitenbereich überwiegend aus Aluminiumoxid, insbesondere praktisch ausschließlich aus Aluminiumoxid, bestehen. Weiter bevorzugt ist in dem Heißeitenbereich der Mullit-Anteil größer als der Aluminiumoxid-Anteil. Insbesondere ist in dem Heißeitenbereich der Mullit-Anteil so viel größer als der Aluminiumoxid-Anteil, dass insbesondere der Mullit-Anteil der dominante Bestandteil des Hitzeschildsteins in dem Heißeitenbereich ist. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung besteht der Heißeitenbereich praktisch ausschließlich aus Mullit.

[0032] Vorteilhafterweise weist ein gemäß den obigen Ausführungen bevorzugt ausgestalteter Hitzeschildstein, mit einem dominanten Mullit-Anteil im Heißeitenbereich und einem dominanten Aluminiumoxid-Anteil im Wandseitenbereich, eine hohe Festigkeit im Wandseitenbereich bei gleichzeitig hoher Thermoschockbeständigkeit im Heißeitenbereich auf.

[0033] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist der erste Stoff eine Keramik und der zweite Stoff ein Metall. Dadurch können vorteilhafterweise auch Metall aufweisende Hitzeschildsteine, wie sie beispielsweise in der WO 98/53940 mit einem Metall-Keramik-Gradientenwerkstoff beschrieben sind, hinsichtlich einer belastungsbereichsspezifischen Korngrößenanpassung verbessert werden. Das Konzept der Erfindung ist mithin auf eine Vielzahl von unterschiedlicher chemischen Zusammensetzungen von Hitzeschildsteinen anwendbar.

[0034] Die auf eine Brennkammer gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung, die Hitzeschildsteine gemäß den obigen Ausführungen aufweist.

[0035] Die auf eine Gasturbine gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Gasturbine mit einer solche Hitzeschildsteine aufweisenden Brenn-

kammer.

[0036] Die Vorteile einer solchen Brennkammer und einer solchen Gasturbine ergeben sich entsprechend den Ausführungen zum Hitzeschildstein.

[0037] Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen hierbei schematisch und teilweise vereinfacht:

- 5
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
 - 30
 - 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
- | | |
|-------|--|
| FIG 1 | in perspektivischer Darstellung einen Hitzeschildstein, |
| FIG 2 | eine vergrößerte Ansicht der in FIG 1 gezeigten Einzelheit II, |
| FIG 3 | eine analog zu FIG 2 vergrößerte Ansicht der in FIG 1 gezeigten Einzelheit III, |
| FIG 4 | in einem Ausschnitt eine Seitenansicht eines Hitzeschildsteins mit Schichtaufbau, |
| FIG 5 | ein Diagramm mit der Darstellung des Verhaltens der Korngröße des in FIG 4a gezeigten Hitzeschildsteins, und |
| FIG 6 | einen stark vereinfachten Längsschnitt durch eine Gasturbine. |

[0038] Gleiche Bezugszeichen haben in den verschiedenen Figuren die gleiche Bedeutung.

[0039] In FIG 1 ist in perspektivischer Darstellung ein Hitzeschildstein 1 gezeigt. Der Hitzeschildstein 1 weist eine quaderförmige Geometrie auf, mit einer Heißeite 3 und einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite 5. An die Heißeite 3 grenzt ein Heißeitenbereich 7 an. An die Wandseite 5 grenzt ein Wandseitenbereich 9 an. Der Heißeitenbereich 7 und der Wandseitenbereich 9 erstrecken sich jeweils von der Heißeite 3 bzw. der Wandseite 5 in das Innere des quaderförmigen Hitzeschildsteins 1. Das Material aus dem der Hitzeschildstein 1 zusammengesetzt ist, beispielsweise eine Feuerfestkeramik, weist in dem Wandseitenbereich 9 und in dem Heißeitenbereich 7 eine jeweilige Korngrößenverteilung auf. Dabei ist die Korngrößenverteilung so eingestellt, dass im Mittel die Korngröße D im Wandseitenbereich 9 kleiner ist als im Heißeitenbereich 7. Durch diese strukturelle Ausgestaltung des Hitzeschildsteins 1 ist dieser an die thermomechanischen Anforderungen bereichsspezifisch angepasst. Insbesondere beim Einsatz des Hitzeschildsteins 1 in einer Brennkammer, beispielsweise einer Brennkammer einer Gasturbine, sind die Anforderungen an den Hitzeschildstein 1 in dem Heißeitenbereich 7 und dem Wandseitenbereich 9 unterschiedlich. Mit der gezielten Korngrößeneinstellung gemäß der Erfindung können die teilweise konkurrierenden Erfordernisse im Heißeitenbereich 7 und im Wandseitenbereich 9 gleichermaßen weitgehend erfüllt und gegenüber herkömmlich ausgestalteten Hitzeschildsteinen 1 deutliche Verbesserungen erzielt

werden. Dadurch ist beispielsweise im Wandseitenbereich 9 eine hohe Festigkeit und im Heiseitenbereich 9 eine besondere Resistenz gegenüber hohen Wärme-
spannungen, Temperatur- und Temperaturwechselbe-
lastung (Thermoschockbeständigkeit) erreicht. Der Hit-
zeschildstein 1 ist mithin für Hochtemperaturanwen-
dungen und für eine Beaufschlagung mit einem korrosiven,
heißen Medium, beispielsweise einem Heißgas, mit
Temperaturen von bis zu 1500 °C, ausgelegt.

[0040] Um die unterschiedlichen Korngrößen in dem
Heiseitenbereich 7 und im Kaltseitenbereich 9 zu ver-
anschaulichen sind in den Figuren 2 und 3 jeweils Ein-
zelheiten II bzw. III in vergrößerter Darstellung gezeigt.
Die Einzelheiten X1, X2 sind hierbei um etwa den glei-
chen Faktor gegenüber der Darstellung in FIG 1 vergr-
ert. FIG 2 zeigt die Einzelheit II, d. h. einen vergrer-
ten Ausschnitt aus dem Heiseitenbereich 7 des Hitze-
schildsteins 1. Der Heiseitenbereich 7 weist eine Korn-
struktur mit einer Vielzahl von aneinander grenzenden
Körner 21, 23 auf. Das Ensemble einer Vielzahl von Kr-
nern 21, 23 kann hinsichtlich der Korngröße D, d. h. des
Korngrendurchmessers, untersucht werden. Dabei
weist die Korngröße im Heiseitenbereich 7 im Mittel
eine Größe D_H auf. Zum Vergleich dazu zeigt FIG 3 mit
der Einzelheit III ausschnittsweise eine Kornstruktur,
wie sie im Wandseitenbereich 9 des Hitzeschildsteins 1
gemäß der Erfindung eingestellt ist. Die Kornstruktur im
Wandseitenbereich 9 weist eine Vielzahl von Körnern
25, 27 auf, die aneinander grenzen und ein Gefüge in
dem Wandseitenbereich 9 bilden. Die Korngröße D_W
in dem Wandseitenbereich 9 ist hierbei kleiner als die
Korngröße D_H im Heiseitenbereich 7.

[0041] FIG 4 zeigt ausschnittsweise eine schemati-
sche Seitenansicht eines Hitzeschildsteins 1. Auf die Fi-
gur 5 wird in diesem Zusammenhang zum besseren
Vergleich ebenso hingewiesen. Entlang einer Richtung
13 von der Heißseite 3 zu der Wandseite 5 des Hitze-
schildsteins 1 sind Schichten 11A bis 11F vorgesehen.
Der Heiseitenbereich 7 umfasst dabei eine der
Heißseite 3 zugeordnete Schicht 11A, während der
Wandseitenbereich 9 eine der Wandseite 5 zugeordne-
te Schicht 11F umfasst. Der Hitzeschildstein 1 ist hierbei
aus zumindest zwei Stoffen 17, 19 zusammengesetzt,
wobei ein erster Stoff 17 und ein davon verschiedener
zweiter Stoff 19 in den Hitzeschildstein 1 eingebaut ist.

[0042] In FIG 5 ist ein Diagramm gezeigt, welches die
mittlere Korngröße D entlang der Richtung 13 von der
Heißseite 3 zu der Wandseite 7 graphisch veranschau-
licht (vertikale Achse). Die Schichtabfolge der Schichten
11A bis 11F ist dabei entlang der Richtungsachse 13
veranschaulicht. Die Korngröße D ist entlang der Achse
15 aufgetragen (horizontale Achse). In dem die Schicht
11A umfassenden Heiseitenbereich 7 weist der Hitze-
schildstein 1 eine Korngröße D_H auf. In dem die Schicht
11F umfassenden Wandseitenbereich 9 weist der Hitze-
schildstein 1 eine mittlere Korngröße D_W auf. Dabei
ist die Korngröße D_W kleiner als die Korngröße D_H . Wei-
ter ist in den zwischen der Schicht 11A und der Schicht

11F liegenden Zwischenschichten 11B bis 11E eine je-
weilige Korngröße D eingestellt. Hierbei nimmt die Korn-
größe D entsprechend schichtweise von der Heißseite
3 zu der Wandseite 5 ab. Somit ist entlang der Richtung
13 von der Heißseite 3 zu der Wandseite 5 eine gradu-
elle, insbesondere treppenförmige, Anpassung der
Korngröße D erreicht, wodurch auch die relevanten Ma-
terialeigenschaften des Hitzeschildsteins 1, z.B. Festig-
keit, Wärmeleitfähigkeit, Duktilität, u..m. entsprechend
graduell aufeinander abgestimmt sind. Hierdurch wer-
den abrupte Eigenschaftsänderungen vermieden und
die Belastbarkeit und Effizienz des den Hitzeschildstein
1 bildenden Werkstoffs erheblich gesteigert.

[0043] In FIG 5 sind mögliche Varianten für den Ver-
lauf der Korngröße D als Funktion der Schichtabfolge
11A bis 11F vereinfacht dargestellt. Der Kurvenzug T_1
liefert hierbei ein Abbild einer graduellen, insbesondere
treppenförmigen, Anpassung der Korngröße D von der
kleineren Korngröße D_W bis zur größeren Korngröße
 D_H , wie sie in den Bereichen 7, 9 jeweils eingestellt sind.
Bei einer entsprechenden Vielzahl von Schichten 11A
bis 11F ist es aber auch möglich, die Anpassung der
Korngröße D entlang einer Richtung 13 von der
Heißseite 3 zu der Wandseite 9 durch eine kontinuierli-
che, zumindest aber eine quasi-kontinuierliche Funkti-
on, zu ändern. Zur Veranschaulichung dieses Sachver-
haltes ist in dem Diagramm der FIG 5 ein weiterer Kur-
venzug T_2 dargestellt. Der Kurvenzug T_2 stellt eine li-
neare Anpassung entlang der Richtungsachse 13 dar.
Hierbei wird die Korngröße D von dem Heiseitenbe-
reich 7 zu dem Wandseitenbereich 9 entlang der Rich-
tungsachse 13 linear von D_H bis D_W geändert. Neben
den Kurvenzgen T_1 und T_2 sind aber auch andere An-
passungen der Korngröße D entlang der Richtungsach-
se 13 möglich. So sind Anpassungen mittels Polynomen
höherer Ordnung oder wahlweise anderer stetiger oder
stetig-differenzierbarer Funktionen möglich. Dies ist be-
lastungsfallabhngig und abhängig von den thermome-
chanischen Anforderungen für den Hitzeschildstein 1 je-
weils anpassbar.

[0044] Zusätzlich zu der Anpassung der Korngröße D
kann, insbesondere im Falle eines Zweistoffgemisches,
eine Anpassung der Konzentrationen der chemischen
Bestandteile, nämlich des ersten Stoffes 17 und des
zweiten Stoffes 19 in dem Hitzeschildstein 1 eingestellt
sein. Durch diese Kombination von struktureller und
chemischer Anpassung des Hitzeschildsteins 1 ist ins-
besondere eine hohe Thermoschockbeständigkeit im
Heiseitenbereich 7 bei einer hohen Festigkeit im
Wandseitenbereich 9 erzielbar. Als erster Stoff 17
kommt beispielsweise Aluminiumoxid Al_2O_3 zum Ein-
satz, während als zweiter Stoff 19 Mullit Verwendung
findet. Dabei kann sich die Konzentration des ersten
Stoffes 17 und/oder des zweiten Stoffes 19 entlang der
Richtungsachse 13 von der Wandseite 3 zu der
Heißseite 5 in einer an die Belastung angepassten Wei-
se ändern.

[0045] Beim Einsatz in einer Gasturbine beispielswei-

se ist die Heißseite 3 einem heißen aggressiven Medium, dem Heißgas, ausgesetzt und die Konzentration des ersten Stoffes 17, z.B. Aluminiumoxid Al_2O_3 , im Wandseitenbereich 9 größer als im Heiseitenbereich 7 eingestellt. In dem Heiseitenbereich 7 ist die Konzentration des zweiten Stoffes 19, beispielsweise Mullit, größer als die Konzentration des ersten Stoffes 17 (z. B. Aluminiumoxid Al_2O_3). Beispielsweise kann in einem Zweistoffgemisch die Konzentration des ersten Stoffes 17, etwa Aluminiumoxid Al_2O_3 , im Wandseitenbereich 9 nahezu 100% betragen, während im Heiseitenbereich 7 die Konzentration des zweiten Stoffes 19, z.B. Mullit, nahezu 100% beträgt.

[0046] FIG 6 zeigt stark schematisiert und vereinfacht in einem Längsschnitt eine Gasturbine 31. Entlang einer Turbinenachse 33 sind aufeinander folgend angeordnet: Ein Verdichter 35, eine Brennkammer 37 sowie ein Turbinenteil 39. Die Brennkammer 37 ist mit einer Brennkammerauskleidung 41 innen ausgekleidet. Die Brennkammer 37 weist eine Brennkammerwand 43 auf. Durch die Brennkammerwand 43 ist eine Tragstruktur 45 gebildet. Die Brennkammer 37 weist Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B gemäß den obigen Ausführungen auf. Hierbei sind die Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B mit ihrer Wandseite 5 der Tragstruktur 45 zugewandt an der Tragstruktur 45 mittels geeigneten, nicht näher dargestellten, Befestigungselementen befestigt. Im Betrieb der Gasturbine 31 sind die Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B zumindest mit ihrer jeweiligen Heißseite 3 von einem heißen Medium M, dem Heißgas der Gasturbine, beaufschlagt. Gerade bei einer Gasturbine 31 kann es zu erheblichen Vibrationen etwa durch Brennkammerbrummen kommen. Im Resonanzfall können sogar stoßartige akustische Brennkammerschwingungen mit großen Schwingungsamplituden auftreten. Diese Vibrationen führen zu einer erheblichen Beanspruchung der Brennkammerauskleidung 41. Dabei sind sowohl die Tragstruktur 45 als auch die Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B betroffen. Durch Stöße sind vor allen Dingen die Hitzeschildsteine 1A, 1B gefährdet, insbesondere wegen der bestehenden Bruchgefahr. Weiter sind die Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B besonders stark thermisch belastet, insbesondere auf der mit dem Heißgas M beaufschlagten Heißseite 3. Durch die Ausgestaltung der Hitzeschildsteine 1, 1A, 1B mit einer bereichsspezifisch belastungsgerechten Einstellung der Korngröße D, vorzugsweise auch zusätzlich mit einer Variation der chemischen Zusammensetzung bei einem Zweistoffsystem, ist ein an die Anforderungen angepasster Hitzeschildstein 1, 1A, 1B in der Brennkammer 37 eingebaut. Dadurch ergibt sich eine besonders hohe Unempfindlichkeit der Brennkammerauskleidung 41 gegenüber Stößen oder Vibrationen oder Temperaturbelastung, insbesondere Temperaturwechselbelastung.

Patentansprüche

1. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand (43), mit einer einem heißen Medium (M) aussetzbaren Heißseite (3) und einer der Heißseite (3) gegenüberliegenden Wandseite (5), und mit einem an die Heißseite (3) angrenzenden Heiseitenbereich (7) sowie einem an die Wandseite (5) angrenzenden Wandseitenbereich (9),
dadurch gekennzeichnet, dass im Mittel die Korngröße (D) im Wandseitenbereich (9) kleiner ist als im Heiseitenbereich (7).
2. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Korngröße (D) im Wandseitenbereich (9) um etwa einen Faktor 0,4 bis 0,9, insbesondere einen Faktor 0,6 bis 0,8, kleiner ist als im Heiseitenbereich (7).
3. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass im Mittel die Korngröße (D) im Heiseitenbereich (7) zwischen etwa 1,5 mm und 3,5 mm beträgt, insbesondere größer als etwa 2 mm ist.
4. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, dass im Mittel die Korngröße (D) im Wandseitenbereich (9) zwischen etwa 0,6 mm und 1,4 mm beträgt, insbesondere kleiner als etwa 1,2 mm ist.
5. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass entlang einer Richtung (13) von der Heißseite (3) zu der Wandseite (5) Schichten (11A, 11B, 11C) mit abnehmender Korngröße (D) vorgesehen sind.
6. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der Schichten (11A, 11B, 11C) etwa 5 bis 30, insbesondere etwa 10 bis 20, beträgt.
7. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass entlang einer Richtung (13) von der Heißseite (3) zu der Wandseite (5) die Korngröße (D) sich im wesentlichen kontinuierlich ändert.
8. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass dieser aus mindestens zwei Stoffen (17, 19), mit einem ersten Stoff (17) und einem davon verschiedenen zweiten Stoff

(19), zusammengesetzt ist.

9. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration
des ersten Stoffs (17) im Wandseitenbereich (9) 5
größer ist als im Heißeitenbereich (7).
10. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach einem der Ansprü-
che 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass der erste Stoff 10
(17) ein Oxid und der zweite Stoff (19) ein Silicat,
insbesondere eine Silicatkeramik, ist.
11. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach einem der Ansprü-
che 8 bis 10, 15
dadurch gekennzeichnet, dass der erste Stoff
(17) Aluminiumoxid Al_2O_3 und der zweite Stoff (19)
Aluminiumsilicat $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ist.
12. Hitzeschildstein (1, 1A, 1B) nach Anspruch 8 oder 20
9,
dadurch gekennzeichnet, dass der erste Stoff
(17) eine Keramik und der zweite Stoff (19) ein Me-
tall ist. 25
13. Brennkammer (37) mit einer inneren Brennkam-
merauskleidung, die Hitzeschildsteine (1, 1A, 1B)
nach einem der vorhergehenden Ansprüche aus-
weist. 30
14. Gasturbine (31) mit einer Brennkammer (37) nach
Anspruch 11. 35

40

45

50

55

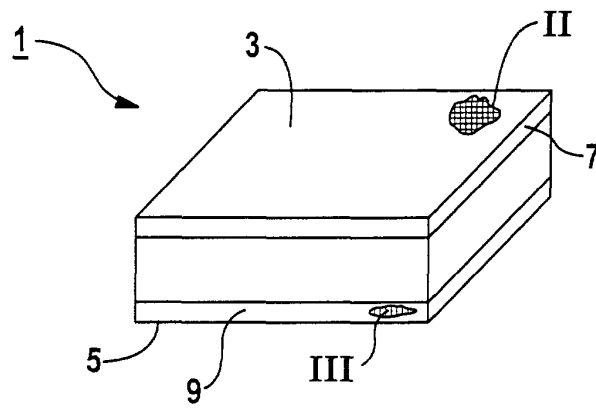


FIG 1

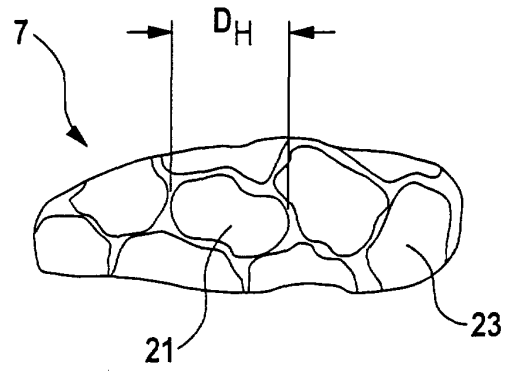


FIG 2

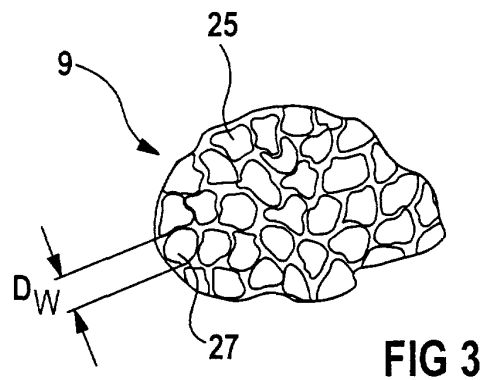


FIG 3

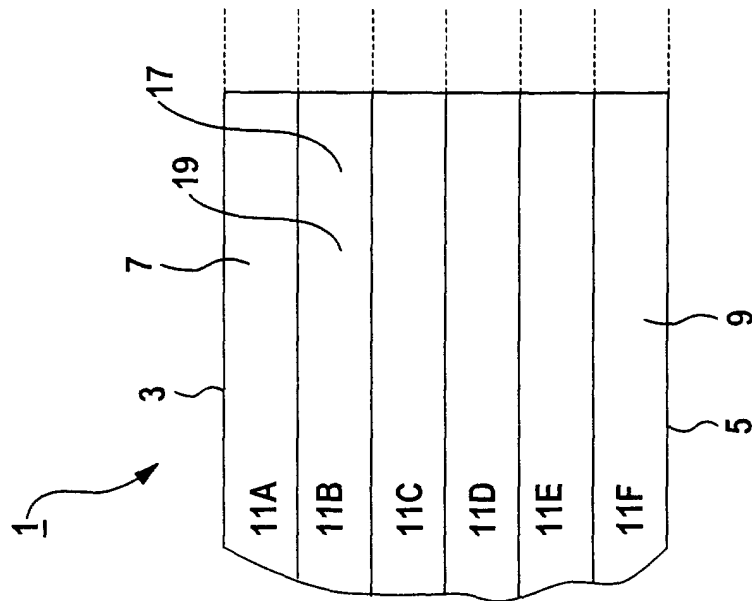


FIG 4

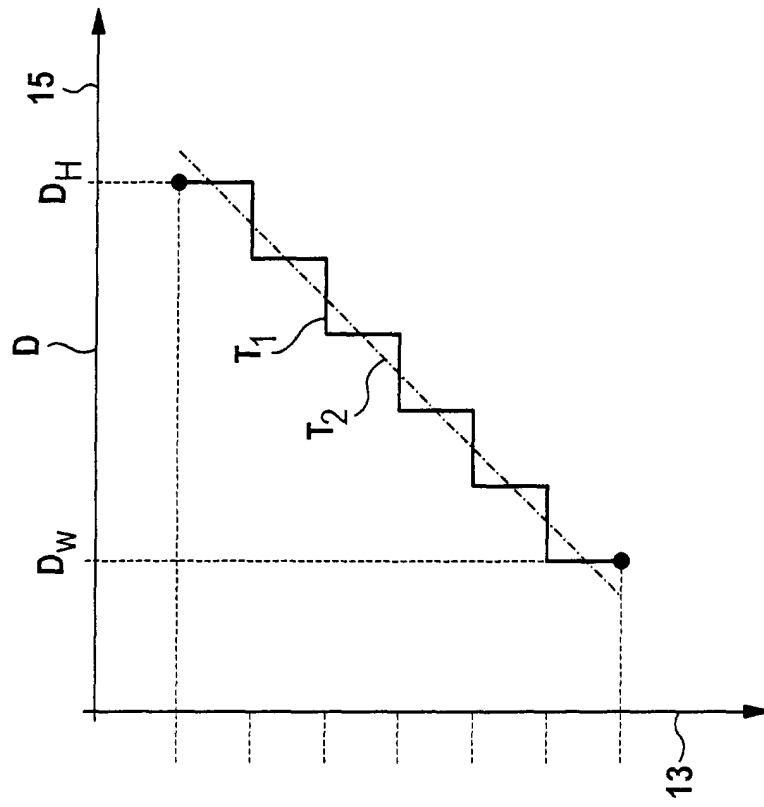


FIG 5

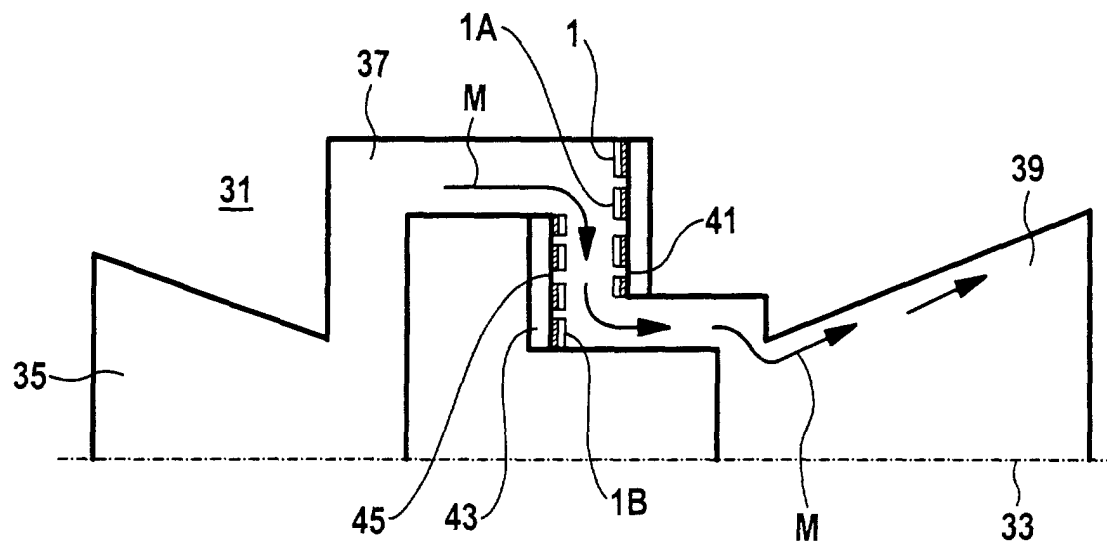


FIG 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 12 2553

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A, D	WO 98 53940 A (WILLERT PORADA MONIKA ;BORCHERT RALPH (DE); SIEMENS AG (DE)) 3. Dezember 1998 (1998-12-03) * Seite 12, Zeile 10 - Zeile 13; Ansprüche 1,8,12 *	1-14	F23R3/00 F23M5/00
A	US 4 810 677 A (HEINZE REINHARD ET AL) 7. März 1989 (1989-03-07) * Spalte 1, Zeile 26 - Zeile 56 * * Spalte 2, Zeile 14 - Zeile 17 * * Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 46 * * Spalte 3, Zeile 62 - Spalte 4, Zeile 14; Abbildung 1 *	1,8-14	
A, D	US 4 321 311 A (STRANGMAN THOMAS E) 23. März 1982 (1982-03-23)		
A	US 4 659 547 A (SVENSSON LARS-ERIK ET AL) 21. April 1987 (1987-04-21)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F23R F23M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 13. Februar 2001	Prüfer Coli, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 12 2553

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-02-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9853940 A	03-12-1998	EP 0984839 A	15-03-2000
US 4810677 A	07-03-1989	DE 3638658 C	21-04-1988
		FR 2606456 A	13-05-1988
		GB 2198660 A,B	22-06-1988
		JP 1784068 C	31-08-1993
		JP 4072053 B	17-11-1992
		JP 63134824 A	07-06-1988
US 4321311 A	23-03-1982	AU 543223 B	04-04-1985
		AU 6774381 A	07-08-1981
		BE 886975 A	04-05-1981
		BR 8105750 A	24-11-1981
		CA 1167329 A	15-05-1984
		DE 3163778 D	05-07-1984
		DE 42872 T	20-01-1983
		EP 0042872 A	06-01-1982
		IL 61878 A	30-09-1984
		IT 1134957 B	20-08-1986
		JP 1018993 B	10-04-1989
		JP 57500291 T	18-02-1982
		KR 8401683 B	15-10-1984
		NO 813000 A	04-09-1981
		NO 156748 B	10-08-1987
		WO 8101982 A	23-07-1981
		US 4405659 A	20-09-1983
		US 4401697 A	30-08-1983
US 4659547 A	21-04-1987	SE 442487 B	13-01-1986
		AT 47378 T	15-11-1989
		DE 3573769 D	23-11-1989
		DK 35286 A,B,	23-01-1986
		EP 0226575 A	01-07-1987
		ES 543427 D	16-07-1986
		ES 8609180 A	16-12-1986
		JP 4075872 B	02-12-1992
		JP 61502185 T	02-10-1986
		WO 8505352 A	05-12-1985

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82