



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.02.2005 Patentblatt 2005/08

(51) Int Cl.7: **F27D 1/00**

(21) Anmeldenummer: **03019093.8**

(22) Anmeldetag: **22.08.2003**

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

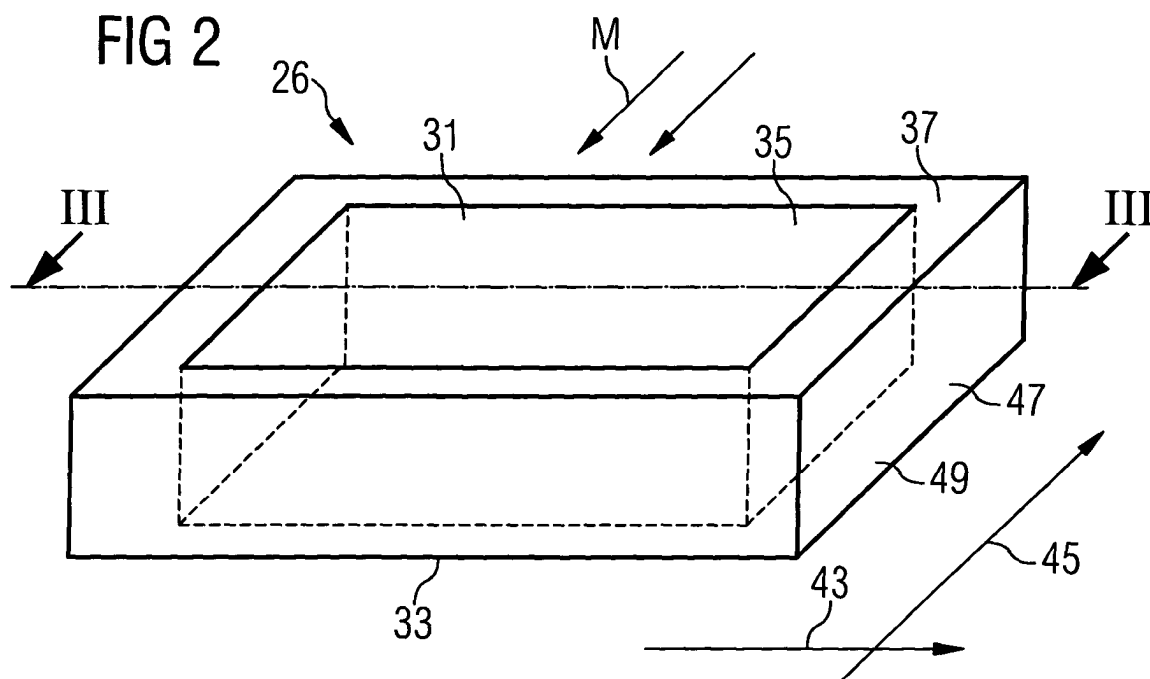
(72) Erfinder:
• **Grote, Holger**
53115 Bonn (DE)
• **Heilos, Andreas**
45468 Mülheim (DE)
• **Tertilt, Marc**
45529 Hattingen (DE)

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

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Hitzeschildstein (26), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand (24), mit einer von einem heißen Medium (M) beaufschlagbaren Heißeite (35) und einer der Heißeite (35) gegenüberliegenden Wandseite (33). Von der Heißeite (35) zu der Wandseite (33) erstreckt sich innerhalb des Hitzeschildsteins (26) ein Kernbereich (31), der ein Kernmaterial (39) aufweist. Der Kernbereich (31) ist von einem Randbereich (37) mit einem Randmaterial (41) umgeben, dessen Wärmeleitfähigkeit niedriger ist

als die des Kernmaterials (39). Durch diese gezielte thermische Isolierung im Randbereich (37) in einem Materialverbund zwischen dem Kernmaterial (39) und dem Randmaterial (41) ist der Hitzeschildstein (26) besonders unempfindlich gegenüber Rissbildung und Risswachstum im Kernbereich (31) auf der Heißeite (35). Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkammer (4) mit derartigen Hitzeschildsteinen (26) sowie eine Gasturbine (1) mit einem einen derartigen Hitzeschildstein (26) aufweisenden Brennkammer (4).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer von einem heißen Medium beaufschlagbaren Heißeite und einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite und mit einem sich von der Heißeite zu der Wandseite erstreckenden Kernbereich mit einem Kernmaterial. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung sowie eine Gasturbine.

[0002] Ein thermisch und/oder thermomechanisch hochbelasteter Brennraum, wie beispielsweise ein Brennofen, ein Heißgaskanal oder eine Brennkammer in einer Gasturbine, in dem ein heißes Medium erzeugt und/oder geführt wird, ist zum Schutz vor zu hoher thermischer Beanspruchung mit einer entsprechenden Auskleidung versehen. Die Auskleidung besteht üblicherweise aus hitzeresistentem Material und schützt eine Wandung des Brennraums vor dem direkten Kontakt mit dem heißen Medium und der damit verbundenen starken thermischen Belastung.

[0003] Die US-Patentschrift 4,840,131 betrifft eine Befestigung von keramischen Auskleidungselementen an einer Wand eines Ofens. Hierbei ist ein Schienensystem, welches an der Wand befestigt ist. Die Auskleidungselemente weisen eine rechteckige Form mit planarer Oberfläche auf und bestehen aus einem wärmeisolierenden, feuerfesten, keramischen Fasermaterial.

[0004] Die US-Patentschrift 4,835,831 behandelt ebenfalls das Aufbringen einer feuerfesten Auskleidung aus einer Wand eines Ofens, insbesondere einer vertikal angeordneten Wand. Auf die metallische Wand des Ofens wird eine aus Glas-, Keramik-, oder Mineralfasern bestehende Schicht aufgebracht. Diese Schicht wird durch metallische Klammern oder durch Kleber an der Wand befestigt. Auf dieser Schicht wird ein Drahtnetz mitförmigen Maschen aufgebracht. Das Maschennetz dient ebenfalls der Sicherung der Schicht aus Keramikfasern gegen ein Herabfallen. Zusätzlich befestigt wird mittels eines Bolzens eine gleichmäßige geschlossene Oberfläche aus feuerfestem Material aufgebracht. Mit dem beschriebenen Verfahren wird weitgehend vermieden, dass während des Aufsprühens auftretende feuerfeste Partikel zurückgeworfen werden, wie dies bei einem direkten Aufsprühen der feuerfesten Partikel auf die metallische Wand der Fall wäre.

[0005] Eine keramische Auskleidung der Wandungen von thermisch hoch beanspruchten Brennräumen, beispielsweise von Gasturbinenbrennkammern, ist in der EP 0 724 116 A2 beschrieben. Die Auskleidung besteht aus Wandelementen aus hochtemperaturbeständiger Strukturkeramik, wie z. B. Siliziumcarbid (SiC) oder Siliziumnitrid (Si₃N₄). Die Wandelemente sind mechanisch mittels eines zentralen Befestigungsbolzens federelastisch an einer metallischen Tragstruktur (Wandung) der Brennkammer befestigt. Zwischen dem Wandelement und der Wandung des Brennraums ist eine dicke thermische Isolationsschicht vorgesehen, so dass das Wandelement von der Wandung der Brennkammer entsprechend beabstandet ist. Die im Verhältnis zum Wandelement etwa drei mal so dicke Isolationsschicht besteht aus keramischem Fasermaterial, das in Blöcken vorgefertigt ist. Die Abmessungen und die äußere Form der Wandelemente sind an der Geometrie des auszukleidenden Raumes anpassbar. Eine andere Art der Auskleidung eines thermisch hochbelasteten Brennraums ist in der EP 0 419 787 B1 angegeben. Die Auskleidung besteht aus Hitzeschildelementen, die mechanisch an einer metallischen Wandung des Brennraumes gehalten sind. Die Hitzeschildelemente berühren die metallische Wandung direkt. Um eine zu starke Erwärmung der Wand zu vermeiden, z. B. in Folge eines direkten Wärmeübergangs vom Hitzeschildelement oder durch Eindringen von heißem Medium in die durch die voneinander angrenzenden Hitzeschildelementen gebildeten Spalte, wird der von der Wandung des Brennraums und dem Hitzeschildelement gebildeter Raum mit Kühlluft, der so genannten Sperrluft beaufschlagt. Die Sperrluft verhindert das Vordringen von heißem Medium bis zur Wandung und kühlt gleichzeitig die Wandung und das Hitzeschildelement.

[0006] Die WO 99/47874 betrifft ein Wandsegment für einen Brennraum sowie einen Brennraum einer Gasturbine. Hierbei wird ein Wandsegment für einen Brennraum, welcher mit einem heißen Fluid, z. B. ein Heißgas, beaufschlagbar ist, mit einer metallischen Tragstruktur und einem auf der metallischen Tragstruktur befestigten Hitzeschildelement angegeben. Zwischen die metallische Tragstruktur und das Hitzeschildelement wird eine verformbare Trennlage eingefügt, die mögliche Relativbewegungen des Hitzeschildelements und der Tragstruktur aufnehmen und ausgleichen soll. Solche Relativbewegungen können beispielsweise in der Brennkammer einer Gasturbine, insbesondere einer Ringbrennkammer, durch unterschiedliches Wärmedehverhalten der verwendeten Materialien und durch Pulsationen im Brennraum, die bei einer unregelmäßigen Verbrennung zur Erzeugung des heißen Arbeitsmediums unter die Resonanzeffekte entstehen können, hervorgerufen werden. Zugleich bewirkt die Trennschicht, dass das relativ unelastische Hitzeschildelement insgesamt flächiger auf der Trennschicht und der metallischen Tragstruktur aufliegt, da das Hitzeschildelement teilweise in die Trennschicht eindringt. Die Trennschicht kann so fertigungsbedingte Unebenheiten an der Tragstruktur und/oder dem Hitzeschildelement, die lokal zu einem ungünstigen punktuellen Kräfteintrag führen können, ausgleichen.

[0007] Insbesondere bei Wänden von Hochtemperaturgasreaktoren, wie z. B. von unter Druck betriebenen Gasturbinenbrennkammern, müssen mit geeigneten Brennkammerauskleidungen ihre tragenden Strukturen gegen einen Heißgasangriff geschützt werden. Keramische Materialien bieten sich hierfür im Vergleich zu metallischen Werkstoffen aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und niedrigen Wärmeleitfähigkeit idealerweise

an. Wegen Materialtypischer Wärmedehnungseigenschaften unter im Rahmen des Betriebs typischerweise auftretenden Temperaturunterschiede (Umgebungstemperatur bei Stillstand, maximale Temperatur bei Vollast) muss die Wärmebeweglichkeit keramischer Hitzeschilde in Folge temperaturabhängiger Dehnung gewährleistet sein, damit keine bauteilerstörenden Wärmespannungen durch Dehnungsbehinderung auftreten. Dies kann erreicht werden, indem die vor Heißgasangriff zu schützende Wand durch eine Vielzahl von in ihrer Größe begrenzten, einzelnen keramischen Hitzeschildern, z. B. Hitzeschildsteine aus einer Feuerfestkeramik, ausgekleidet wird. Wie bereits oben im Zusammenhang mit der EP 0 419 487 B1 diskutiert, müssen zwischen den einzelnen keramischen Hitzeschildelementen entsprechende Dehnspalten vorgesehen werden, die aus Sicherheitsgründen auch im Heißzustand auslegungsgemäß nie völlig geschlossen sein dürfen. Es muss dabei sichergestellt werden, dass das Heißgas nicht über die Dehnspalte die tragende Wandstruktur übermäßig erwärmt. Der einfachste und sicherste Weg, um dies in einer Gasturbinebrennkammer zu vermeiden, ist dabei die Spülung der Dehnspalte mit Luft, so genannte Sperrluftkühlung. Hierzu kann die Luft verwendet werden, die ohnehin zur Kühlung von Halterungselementen für die keramischen Hitzeschilder erforderlich ist.

[0008] In der WO 02/25173 A1 ist ein Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer einem heißen Medium aussetzbaren Heißeite, einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite und einer an die Heißeite und die Wandseite angrenzende Umfangsseite, die eine Umfangsseitenfläche aufweist, offenbart. An der Umfangsseite ist ein in Umfangsrichtung vorgesehenes Zugelement vorgesehen, wobei eine Druckspannung normal zur Umfangsseitenfläche erzeugt wird. Hierdurch wird eine äußerst effiziente und langzeitstabile Sicherung für einen Hitzeschildstein angegeben. Das Zugelement ist in Umfangsrichtung vorgespannt, wobei eine gewisse Druckspannung normal zur Umfangsseitenfläche erzeugt wird. Durch diese Normalkraft, die in Richtung des inneren des Hitzeschildsteins in dessen Zentrum gerichtet ist, wird der Hitzeschildstein bereits bei sehr geringen Normalkräften gesichert. Hierdurch wird einem Materialanriss, beispielsweise in Folge einer Stoßbelastung, wirkungsvoll entgegengetreten. Vorhandene Materialanrisse können sich bei entsprechender Anordnung und Ausgestaltung des Zugelements nicht oder nur eingeschränkt weiterbilden oder ausdehnen. Das Zugelement hält den Hitzeschildstein sozusagen zusammen und sichert ihn einerseits gegenüber Materialanrissen und andererseits vor allem gegenüber einem vollständigen Materialdurchriss. Zusätzlich wird der Gefahr eines HerauslöSENS oder Herausfallens von kleineren oder größeren Bruchstücken im Falle eines möglichen Materialdurchrisses wirkungsvoll entgegengetreten.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Hitzeschildstein anzugeben, welcher sowohl hinsichtlich unbeschränkter thermischer Ausdehnung als auch hinsichtlich seiner Beständigkeit gegenüber einem Heißgasangriff eine hohe Betriebssicherheit und lange Standzeit gewährleistet. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Angabe einer Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung sowie die Angabe einer Gasturbine mit einer Brennkammer.

[0010] Die auf einen Hitzeschildstein gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Hitzeschildstein, insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand, mit einer von einem heißen Medium beaufschlagbaren Heißeite und einer der Heißeite gegenüberliegenden Wandseite, und mit einem sich von der Heißeite zu der Wandseite streckenden Kernbereich mit einem Kernmaterial, wobei der Kernbereich von einem Randbereich mit einem Randmaterial umgeben ist, dessen Wärmeleitfähigkeit niedriger ist als die des Kernmaterials.

[0011] Die Erfindung geht hierbei bereits von der Erkenntnis aus, dass im Einsatzfall in Folge der die Kanten des Hitzeschildsteins kühlenden Luftdurchströmung der Spalte zwischen den Hitzeschildsteinen und dem Wärmeeintrag auf die Heißeite des Hitzeschildsteins in Folge der Beaufschlagung mit Heißgas, sich eine dreidimensionale Temperaturverteilung innerhalb des Hitzeschildsteins einstellt. Diese ist geprägt durch einen Temperaturabfall von der Heißeite zur Wandseite sowie in Folge der Sperrluftkühlung der Kanten ("Kantekühlung") von zentralen Punkten im keramischen Hitzeschildstein hin zu den gekühlten Kanten. Bei typischerweise parallel zur Heißeite bzw. zur Wandseite flachen Hitzeschildsteinen führt der Temperaturgradient senkrecht zur Wandseitenoberfläche zur vergleichsweise nur geringen thermischen Spannungen, so lange für den Hitzeschildstein im Einbauszustand keine Behinderung der thermisch-induzierten Aufwölbung vorliegt. Hingegen führt ein zur Wandseite paralleler Temperaturgradient - ausgehend von einer Kante zu einem inneren Bereich des Hitzeschildsteins - in Folge der mechanischen Steifigkeit von plattenähnlichen Geometrien bezüglich Verformungen parallel zu ihrer Größenprojektionsflächen besonders leicht zu erhöhten Thermospannungen. Kalte Kanten werden dabei in Folge ihrer vergleichsweise geringen thermischen Dehnung von heißeren Zentralbereichen, die einer größeren thermischen Dehnung unterworfen sind, unter Zug gesetzt und können bei Überschreiten der Materialfestigkeit zur Rissbildung, ausgehend von den Kanten des Hitzeschildsteins, führen.

[0012] Mit der Erfindung wird nunmehr ein völlig neues Konzept aufgezeigt, insbesondere ein Versagen des Hitzeschildsteins in Folge des Rissbildungsproblems, ausgehend von den Kanten des Hitzeschildsteins, zu vermeiden. Die Erfindung macht sich dabei die Erkenntnis zunutze, dass thermisch bedingte Zugspannungen in der Regel nur dort auftreten, wo Temperaturgradienten vorhanden sind. Wird nunmehr verhindert, dass von den Kanten des Hitzeschildsteins ausgehende Temperaturgradienten tief in das innere des Hitzeschildsteins eindringen, so können hierdurch bedingte Risse nur begrenzt eindringen bzw. bilden sich erst gar nicht. Dabei können kurze, von den Kanten ausgehende Risse, die nur geringfügig in Richtung des inneren des Hitzeschildsteins eindringen, toleriert werden, da diese

die Funktionsfähigkeit des Hitzeschildsteins theoretisch sowie auch in der praktischen Erfahrung nicht beeinträchtigen.

[0013] Mit der Erfindung wird ein Hitzeschildstein bereitgestellt, dessen Wärmeleitfähigkeit lokal gezielt eingestellt ist, um Rissbildung und Risswachstum zu vermeiden. Hierzu ist der Kernbereich von einem Randbereich mit einem Randmaterial umgeben, dessen Wärmeleitfähigkeit niedriger ist als die des Kernmaterials. Es wird also ein Zweistoff-Hitzeschildstein angegeben mit einer thermischen Isolierung im Randbereich, aufgrund der gezielten Materialwahl für das Randmaterial, mit gegenüber dem Kernmaterial verringerter Wärmeleitfähigkeit. Der Kernbereich und der Randbereich sind dabei integrale Bestandteile des Hitzeschildsteins, so dass ein Hitzeschildstein mit über dessen Volumen variabler Wärmeleitfähigkeit bereitgestellt ist. Durch die größere Wärmeleitfähigkeit im Kernbereich wird erreicht, dass sich im Kernbereich ein parallel zur Heißeite näherungsweise ausgeglichenes Temperaturprofil einstellt. Der Kernbereich bleibt somit weitgehend wärmespannungsfrei. Temperaturgradienten und hiermit verknüpfte Wärmespannungen treten nur im Randbereich auf.

[0014] Der Randbereich umfasst dabei vorteilhafterweise auch die äußeren Kanten des Hitzeschildsteins, so dass diese aufgrund der gegenüber dem Kernbereich geringeren Wärmeleitfähigkeit als thermische Isolierung bzw. als Isolationsbereich wirken. Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass die Länge von thermospannungsbedingten Rissen verkürzt wird, weil diese auf den Randbereich beschränkt sind, wodurch der Hitzeschildstein bezüglich einer Rissbildung stabilisiert ist.

[0015] In bevorzugter Ausgestaltung des Hitzeschildsteins beträgt die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials weniger als 60%, insbesondere weniger als 50% der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials. Der Hitzeschildstein wird demnach so ausgelegt, dass eine deutliche Absenkung der Wärmeleitfähigkeit am Übergang vom Kernbereich in den Randbereich zu verzeichnen ist.

[0016] Der Randbereich wirkt dabei als thermische Isolierung, die den Kernbereich umgibt. Vorteilhaft umschließt dabei der Randbereich den Kernbereich unmittelbar, wobei ein stoffschlüssiger Verbund aus dem Kernmaterial und dem Randmaterial realisiert ist.

[0017] Vorzugsweise ist das Randmaterial dabei porös, wobei die Porosität des Randmaterials gezielt so eingestellt ist, dass hierdurch die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials gegenüber der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials abgesenkt ist. Über die Dichteverteilung und Größeverteilung der Porenstruktur des Randmaterials kann in dem Randbereich die Wärmeleitfähigkeit je nach Anforderung im Belastungsfall gezielt eingestellt werden. Dabei kann gegebenenfalls auch innerhalb des Randbereichs eine Variation der lokalen Wärmeleitfähigkeit über eine entsprechende Variation der Porengröße- und Porendurchmesserverteilung erreicht werden.

[0018] In besonders bevorzugter Ausgestaltung ist das Kernmaterial und das Randmaterial aus demselben keramischen Grundmaterial, insbesondere einer Feuerfestkeramik, gebildet. Durch diese Materialidentität des Grundmaterials ist ein besonderes guter Stoffschluss zwischen dem Kernmaterial und dem Randmaterial erzielbar. Zur Erzielung der gewünschten porösen Struktur innerhalb des Randbereichs kann beispielsweise bei der Herstellung des Hitzeschildsteins das Einmischen von so genannten Porenbildnern in das Grundmaterial vorgesehen sein. Der Porenbildner wird dabei vorteilhafterweise im kantennahen Bereich, das heißt im Randbereich des Dröhnlings eingepresst oder eingegossen. Während dem Sinter-Prozess verflüchtigt sich der Porenbildner und hinterlässt die Poren, die die effektive Wärmeleitfähigkeit des Grundmaterials entsprechend absenken. Im Kernbereich wird dieser Porenbildner vorzugsweise nicht angewandt, so dass die gewünschte Absenkung der Wärmeleitfähigkeit beim Übergang von Kernbereich in den Randbereich resultiert.

[0019] In vorteilhafter Ausgestaltung ist entlang der Heißeite des Hitzeschildsteins die axiale Erstreckung des Randbereichs kleiner als 20%, insbesondere zwischen etwa 5 und 10%, der axialen Gesamterstreckung des Hitzeschildsteins. Insbesondere wird der Hitzeschildstein an allen vom Randbereich umfassten Kanten mit vom Kernmaterial abweichender niedriger Wärmeleitfähigkeit im Abstand von etwa kleiner als 10% der jeweiligen Gesamterstreckung (Traglänge) mit einer Absenkung der Wärmeleitfähigkeit gegenüber der Wärmeleitfähigkeit des Kernbereichs auf kleiner als 50% des Kernmaterials versehen.

[0020] Bevorzugt erstreckt sich der Randbereich von der Heißeite zu der Wandseite. In dieser Ausgestaltung ist der Kernbereich umfangsseitig vollständig von dem Randbereich umschlossen, so dass eine voll umfängliche thermische Isolierung des Kernbereichs unter Realisierung eines Stoffschlusses zwischen Kernmaterial und Randmaterial erreicht ist.

[0021] Bevorzugt weist der Hitzeschildstein eine an die Heißeite und die Wandseite angrenzende Umfangsseite mit einer Umfangsseitenfläche auf, die zumindest teilweise von dem Randmaterial gebildet ist. Bei einer zur Auswertung einer Brennkammerwand erforderlichen Anordnung einer Vielzahl von Hitzeschildsteinen sind die Spalte zwischen den Hitzeschildsteinen dabei zumindest teilweise von dem Randmaterial auf der Umfangsseitenfläche begrenzt. Vorteilhafterweise ist die Umfangsseitenfläche vollständig durch das Kernmaterial gebildet, so dass eine möglichst gute thermische Isolierung des Kernmaterials gegeben ist.

[0022] Bevorzugt besteht der Hitzeschildstein aus einem keramischen Grundmaterial, insbesondere aus einer Feuerfestkeramik. Durch die Wahl einer Keramik als Grundmaterial für den Hitzeschildstein ist der Einsatz des Hitzeschildsteins bis zu sehr hohen Temperaturen sicher gewährleistet, wobei zugleich oxidative und/oder korrosive Angriffe, wie

sie bei einer Beaufschlagung der Heißseite des Hitzeschildsteins mit einem heißen Medium, z. B. einem Heißgas auftreten, weitestgehend unschädlich für den Hitzeschildstein sind. Dies ist von besonders großem Vorteil beim Einsatz des Hitzeschildsteins in einer Brennkammer, weil selbst nach einem Anriss des Materials im Randbereich die Hitzeschildfunktion des Hitzeschildsteins weiterhin gewährleistet ist, insbesondere ist ein Versagen des Hitzeschildsteins, beispielsweise ein vollständiger Bruch, sicher vermieden, so dass auch keine Bruchstücke in den Brennraum gelangen können.

[0023] Wirtschaftlich ergibt sich hieraus einerseits der Vorteil, dass im normalen Betriebsfall keine außerordentliche Wartung und/oder Revision einer den Hitzeschildstein aufweisenden Brennkammer erforderlich ist. Andererseits verfügt der Hitzeschildstein im Fall besonderer Vorkommnisse über Notlaufeigenschaften, so dass Folgeschäden für eine Turbine, beispielsweise für die Beschufelung vermieden werden können, da durch die gezielte Einstellung der Wärmeleitfähigkeit in unterschiedlichen Bereichen des Hitzeschildsteins eine Rissausbreitung weitgehend vermieden ist.

[0024] Die Brennkammer kann zumindest mit den üblichen Wartungszyklen betrieben werden, wobei aber zudem eine Verlängerung der Standzeiten aufgrund der geringeren Rissausbreitungsneigung erzielbar ist.

[0025] Die auf eine Brennkammer gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Brennkammer mit einer inneren Brennkammerauskleidung, die Hitzeschildsteine gemäß den obigen Ausführungen aufweist.

[0026] Die auf eine Gasturbine gerichtete Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Gasturbine mit einer solchen Brennkammer.

[0027] Die Vorteile einer solchen Brennkammer oder einer solchen Gasturbine ergeben sich entsprechend den Ausführungen zu dem Hitzeschildstein.

[0028] Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen hierbei schematisch und teilweise vereinfacht:

Figur 1 einen Halbschnitt durch eine Gasturbine,

Figur 2 in einer perspektivischen Darstellung ein Hitzeschildstein,

Figur 3 eine Schnittansicht des in der Figur 2 gezeigten Hitzeschildsteins entlang der Schnittlinie III-III.

Figuren 4 bis Figur 7 verschiedene Ausgestaltungen eines Hitzeschildsteins mit einem Kernbereich und mit einem Randbereich.

[0029] Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0030] Die Gasturbine 1 gemäß Figur 1 weist einen Verdichter 2 für Verbrennungsluft, eine Brennkammer 4 sowie eine Turbine 6 zum Antrieb des Verdichters 2 und eines nicht dargestellten Generators oder eine Arbeitsmaschine auf. Dazu sind die Turbine 6 und der Verdichter 2 auf einer gemeinsamen, auch als Turbinenläufer bezeichneten Turbinenwelle 8 angeordnet, mit der auch der Generator bzw. die Arbeitsmaschine verbunden ist, und die um ihre Mittelachse 9 drehbar gelagert ist. Die in der Art einer Ringbrennkammer ausgeführte Brennkammer 4 ist mit einer Anzahl von Brennern 10 zur Verbrennung eines flüssigen oder gasförmigen Brennstoffs bestückt.

[0031] Die Turbine 6 weist eine Anzahl von mit der Turbinenwelle 8 verbundenen rotierbaren Laufschaufeln 12 auf. Die Laufschaufeln 12 sind kranzförmig an der Turbinenwelle 8 angeordnet und bilden somit eine Anzahl von Laufschaufelreihen. Weiterhin umfasst die Turbine 6 eine Anzahl von feststehenden Leitschaufeln 14, die ebenfalls kranzförmig unter der Bildung von Leitschaufelreihen an einem Innengehäuse 16 der Turbine 6 befestigt sind. Die Laufschaufeln 12 dienen dabei zum Antrieb der Turbinenwelle 8 durch Impulsübertrag vom die Turbine 6 durchströmenden heißen Medium, dem Arbeitsmedium M. Die Leitschaufeln 14 dienen hingegen zur Strömungsführung des Arbeitsmediums M zwischen jeweils zwei in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums M gesehenen, aufeinander folgenden Laufschaufelreihen oder Laufschaufelkrnzen. Ein aufeinanderfolgendes Paar aus einem Kranz von Leitschaufeln 14 oder einer Leitschaufelreihe und aus einem Kranz von Laufschaufeln 12 oder einer Laufschaufelreihe wird dabei auch als Turbinenstufe bezeichnet.

[0032] Jede Leitschaufel 14 weist eine auch als Schaufelfuß bezeichnete Plattform 18 auf, die zur Fixierung der jeweiligen Leitschaufel 14 am Innengehäuse 16 der Turbine 6 als Wandelement angeordnet ist. Die Plattform 18 ist dabei ein thermisch vergleichsweise stark belastetes Bauteil, das die äußere Begrenzung eines Heißgaskanals für das die Turbine 6 durchströmende Arbeitsmedium M bildet. Jede Laufschaufel 12 ist in analoger Weise über eine auch als Schaufelfuß bezeichnete Plattform 20 an der Turbinenwelle 8 befestigt.

[0033] Zwischen den beabstandet voneinander angeordneten Plattformen 18 der Leitschaufeln 14 zweier benachbarter Leitschaufelreihen ist jeweils ein Führungsring 21 angeordnet. Die äußere Oberfläche jedes Fhrungsrings 21 ist dabei ebenfalls dem heißen, die Turbine 6 durchströmenden Arbeitsmedium M ausgesetzt und in radialer Richtung vom äußeren Ende 22 der ihm gegenüberliegenden Laufschaufel 12 durch einen Spalt beabstandet. Die zwischen benachbarten Leitschaufelreihen angeordneten Führungsringe 21 dienen dabei insbesondere als Abdeckelemente,

die die Innenwand 16 oder andere Gehäuse-Einbauteile vor einer thermischen Überbeanspruchung durch das die Turbine 6 durchströmende heiße Arbeitsmedium M schützt. Die Brennkammer 4 ist von einem Brennkammergehäuse 29 begrenzt, wobei brennkammerseitig eine Brennkammerwand 24 gebildet ist. Im Ausführungsbeispiel ist die Brennkammer 4 als so genannte Ringbrennkammer ausgestaltet, bei der eine Vielzahl von im Umfangsrichtung um die Turbinenwelle 8 herum angeordneten Brennern in einem gemeinsamen Brennkammerraum münden. Dazu ist die Brennkammer 4 in ihrer Gesamtheit als ringförmige Struktur ausgestaltet, die um die Turbinenwelle 8 herum positioniert ist.

[0034] Zur Erzielung eines vergleichsweise hohen Wirkungsgrades ist die Brennkammer 4 für eine vergleichsweise hohe Temperatur des Arbeitsmediums M von etwa 1200 °C bis 1500 °C ausgelegt. Um auch bei diesen, für die Materialien ungünstigen Betriebsparametern eine vergleichsweise lange Betriebsdauer zu ermöglichen, ist die Brennkammerwand 24 auf ihrer dem Arbeitsmedium M zugewandten Seite mit einer aus Hitzeschildsteinen 26 gebildeten Brennkammerauskleidung versehen. Für einen heißgasbeständigen Aufbau der als Ringbrennkammer ausgestalteten Brennkammer 4 ist die Brennkammerauskleidung mit einer Vielzahl von hochtemperaturfesten Hitzeschildsteinen 26 versehen, so dass auf diese Weise eine vollflächige, weitgehend leakagefreie Brennkammerauskleidung in dem Ringraum gebildet ist.

[0035] Figur 2 zeigt ein Hitzeschildstein 26 in perspektivischer Ansicht, wie er insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand 24 gemäß der Erfindung ausgestaltet ist. Der Brennkammerstein 26 weist eine quaderförmige oder quaderähnliche Geometrie auf und erstreckt sich entlang einer Längsachse 43 und einer im Wesentlichen senkrecht zur Längsachse 43 verlaufenden Querachse 45. Der Hitzeschildstein 26 weist eine von dem heißen Medium M beaufschlagbare Heißeite 35 und eine der Heißeite 35 gegenüberliegende Wandseite 33 auf. Von der Heißeite 35 zu der Wandseite 33 erstreckt sich durch das Innere des Hitzeschildsteins 26 ein Kernbereich 31 mit einem Kernmaterial 39. Der Kernbereich 31 ist von einem Randbereich 37 mit einem Randmaterial 41 umgeben, wobei die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials 41 niedriger ist als die Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials 39. Der Randbereich 37 umschließt den Kernbereich 31 vollumfänglich entlang den Kanten des quaderförmigen oder quaderähnlichen Hitzeschildelements 26. Der Materialübergang von dem Kernmaterial 39 im Kernbereich 31 zu dem Randmaterial 41 in dem Randbereich 37 erfolgt durch einen Stoffschluss. Die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials 41 beträgt weniger als 50% der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials 39. Hierdurch wird erreicht, dass beim Einsatz des Hitzeschildsteins 26 in der Brennkammer 4 einer Gasturbine 1 (vgl. Figur 1) sich im Kernbereich ein parallel zur Heißeite 35 näherungsweise ausgeglichenes Temperaturprofil einstellt. Der Kernbereich 31 bleibt in Folge der thermischen Isolationswirkung des Randbereichs 37 mit der abgesenkten Wärmeleitfähigkeit weitgehend wärmespannungsfrei. Temperaturgradienten und hiermit verknüpfte Wärmespannungen treten folglich nur oder nahezu ausschließlich im Randbereich 37, das heißt nahe der Kanten des Hitzeschildsteins 26 auf. Somit wird die Länge von thermospannungsbedingten Rissen verkürzt, auf den Randbereich 31 beschränkt und der Hitzeschildstein 26 insgesamt bezüglich Rissbildung und Rissausbreitung gegenüber herkömmlichen Ausgestaltungen stabilisiert.

[0036] Figur 3 zeigt eine Schnittansicht entlang der Schnittlinie III-III des in Figur 2 dargestellten Hitzeschildsteins 26. Hierbei ist eine Ansicht des Hitzeschildsteins 26 in Richtung der Querachse 45 auf die Schnittfläche dargestellt. Der Kernbereich 31 ist quaderförmig oder quaderähnlich. Der Randbereich 37 umgibt den Kernbereich 31 vollumfänglich wobei sich der Randbereich 31 von der Heißeite 35 bis zu der Wandseite 33 erstreckt. Der Randbereich 37 besteht aus einem Randmaterial 41, wobei die Umfangsseitenfläche 49 das Randmaterial 41 aufweist. Die Umfangsseitenfläche 49 ist dabei die äußerste Begrenzungsfläche der Umfangsseite 47, welche an die Heißeite 35 und an die Wandseite 33 angrenzt. Zur Einstellung einer reduzierten Wärmeleitfähigkeit im Randbereich 41 gegenüber dem Kernbereich 31 ist das Randmaterial 41 als poröses Material mit einer Vielzahl von Poren ausgestaltet, wobei die Porosität des Randmaterials 41 gezielt so eingestellt ist, dass hierdurch die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials 41 gegenüber der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials 39 auf ein gewünschtes Maß abgesenkt ist. Die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials 41 beträgt beispielsweise weniger als 60%, insbesondere weniger als 50% der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials 39. Dabei kann das Kernmaterial 39 und das Randmaterial 41 beispielsweise aus demselben keramischen Grundmaterial, insbesondere einer Feuerfestkeramik, gebildet sein. Durch diese Stoffidentität des Grundmaterials für das Kernmaterial 39 und das Randmaterial 41 ist ein besonders fester und dauerhaltbarer Materialverbund realisiert.

[0037] Die Einstellung einer gewünschten Porosität zur Absenkung der Wärmeleitfähigkeit in dem Randbereich 37 erfolgt beispielsweise durch Einmischen von geeigneten Porenbildnern in die keramische Masse, wobei die Porenbildner in den durch den Randbereich 37 definierten kantennahen Bereich des Dröhlings eingepresst oder eingegossen werden. Während dem Sinter-Prozess verflüchtigt sich der Porenbildner und hinterlässt Poren mit vorbestimmter Porendurchmesserverteilung und Porendichteverteilung innerhalb des Randbereichs 37. Der Hitzeschildstein 26 wird somit in Randbereich 37 mit vom Kernmaterial 39 abweichender niedrigerer Wärmeleitfähigkeit, beispielsweise mit einer Absenkung der Wärmeleitfähigkeit auf kleiner 50% des Kernmaterials 39 versehen. Dabei ist entlang der Heißeite 35 die axiale Erstreckung d_R des Randbereichs 37 kleiner als 20%, insbesondere zwischen etwas 5% und 10% der axialen Gesamterstreckung L des Hitzeschildsteins 26. Folglich ist in dieser Ausgestaltung die axiale Erstreck-

kung d_K des Kernbereichs 31 mit dem Kernmaterial 39 deutlich größer als die axiale Erstreckung d_R des Randbereichs 37. Die Vorteile des Kernmaterials 39 in den Kernbereich 31 im Hinblick auf die Resistenz gegenüber Hochtemperaturbelastung und Beaufschlagung mit einem heißen Medium M, beispielsweise einem Heißgas, bleiben somit weitgehend erhalten, wobei eine Rissbildung insbesondere auf der Heißeite 35 im Kernbereich 31 durch die thermische Isolationswirkung des porösen Randmaterials 41 auch bei hoher Temperaturbelastung oder Temperaturwechselbelastung weitgehend unterdrückt ist. Eine eventuelle Rissbildung oder Rissausbreitung kann allenfalls in Randbereich 37 auftreten, wo dies tolerierbar ist.

[0038] Die Figuren 4 bis 7 zeigen weitere Ausgestaltungen des Hitzeschildsteins 26 mit Modifizierung der Geometrie des Hitzeschildsteins 26 (vgl. Figur 6 und 7) bzw. mit Variation der Geometrie von Kernbereich 31 und Randbereich 37. In einer Schnittansicht zeigt dabei Figur 4 ein Hitzeschildelement 26 mit einem sich von der Heißeite 35 zu der Wandseite 33 erstreckenden Randbereich 37, wobei der Querschnitt des Randbereichs 37 sich zu der Wandseite 33 hin verhängt. Entsprechend nimmt der Querschnitt des Kernbereichs 31 von der Heißeite 35 zu der Kaltseite 33 kontinuierlich zu. Demgegenüber zeigt Figur 5 ein Ausführungsbeispiel des Hitzeschildsteins 26, bei dem der Randbereich 37 mit dem Randmaterial 41 eine Teilfläche der Umfangsseitenfläche 49 bildet. Der Randbereich 37 ist der Heißeite 35 zugewandt und ist zugleich ein Bestandteil der Heißeite 35. Die Umfangsseitenfläche 49 weist sowohl das Kernmaterial 39 als auch das Randmaterial 41 auf, wobei das Randmaterial 41 der Heißeite 35 zugewandt ist und das Kernmaterial 39 der Wandseite 33 zugewandt ist. Je nach anwendungstypischer Belastungsfall für den Hitzeschildstein 26 kann sowohl die Geometrie des Randbereichs 37 und des Kernbereichs 31 als auch die lokalen Wärmeleitungseigenschaften im Randbereich 37 durch Einstellen einer entsprechenden Porosität des Randmaterials 41 im Randbereich 37 modifiziert und angepasst werden.

[0039] Die Figuren 6 und 7 zeigen unterschiedliche Geometrien des Hitzeschildsteins 26 in einer Draufsicht auf die Heißeite 35. In beiden Ausführungsbeispielen ist die Geometrie des Kernbereichs 31 im Wesentlichen zylinderförmig und erstreckt sich von der Heißeite 35 zu der Kaltseite 33. Der äußere Begrenzungsrand des Hitzeschildelements 26 ist in Figur 6 von quadratischer Geometrie und in Figur 7 von sechseckiger Geometrie. Der Randbereich 37 ergibt sich im Wesentlichen als Komplementärvolumen zu dem zylinderförmigen Kernbereich 31. Zur thermischen Isolierung weist das Randmaterial 41 eine Porosität auf, so dass im Randbereich 37 eine gegenüber dem Kernbereich 31 deutlich erniedrigte Wärmeleitfähigkeit erzielt ist. Das Kernmaterial 39 und das Randmaterial 41 sind aus identischem Grundmaterial oder im Wesentlichen ähnlichem Grundmaterial aufgebaut, so dass der Übergang von dem Kernbereich 31 zu dem Randbereich 37 in Form eines stoffschlüssigen, weitgehend homogenen Materialverbunds erreicht ist, der zwar chemisch identisch oder ähnlich, aber aufgrund der physikalischen Wirkung der gezielt eingestellten Porosität des Randmaterials 41 die gewünschte Absenkung der Wärmeleitfähigkeit vom Kernbereich 31 zu dem Randbereich 37 verursacht.

Patentansprüche

1. Hitzeschildstein (26), insbesondere zur Auskleidung einer Brennkammerwand (24), mit einer von einem heißen Medium (M) beaufschlagbaren Heißeite (35) und einer der Heißeite (35) gegenüberliegenden Wandseite (33), und mit einem sich von der Heißeite (35) zu der Wandseite (33) erstreckenden Kernbereich (31) mit einem Kernmaterial (39),
dadurch gekennzeichnet, dass der Kernbereich (31) von einem Randbereich (37) mit einem Randmaterial (41) umgeben ist, dessen Wärmeleitfähigkeit niedriger ist als die des Kernmaterials (39).
2. Hitzeschildstein (26) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials (41) weniger als 60 %, insbesondere weniger als 50%, der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials (39) beträgt.
3. Hitzeschildstein (26) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass das Randmaterial (41) porös ist, wobei die Porosität des Randmaterials (41) gezielt so eingestellt ist, dass hierdurch die Wärmeleitfähigkeit des Randmaterials (41) gegenüber der Wärmeleitfähigkeit des Kernmaterials (39) abgesenkt ist.
4. Hitzeschildstein (26) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kernmaterial (39) und das Randmaterial (41) aus demselben keramische Grundmaterial, insbesondere einer Feuerfestkeramik, gebildet sind.
5. Hitzeschildstein (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kernmaterial (39) und das Randmaterial (41) einen stoffschlüssigen Mate-

rialverbund bilden.

5 6. Hitzeschildstein (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass entlang der Heißseite (35) die axiale Erstreckung (d_R) des Randbereichs (37) kleiner als 20 %, insbesondere zwischen 5 % und 10 %, der axialen Gesamterstreckung (L) ist.

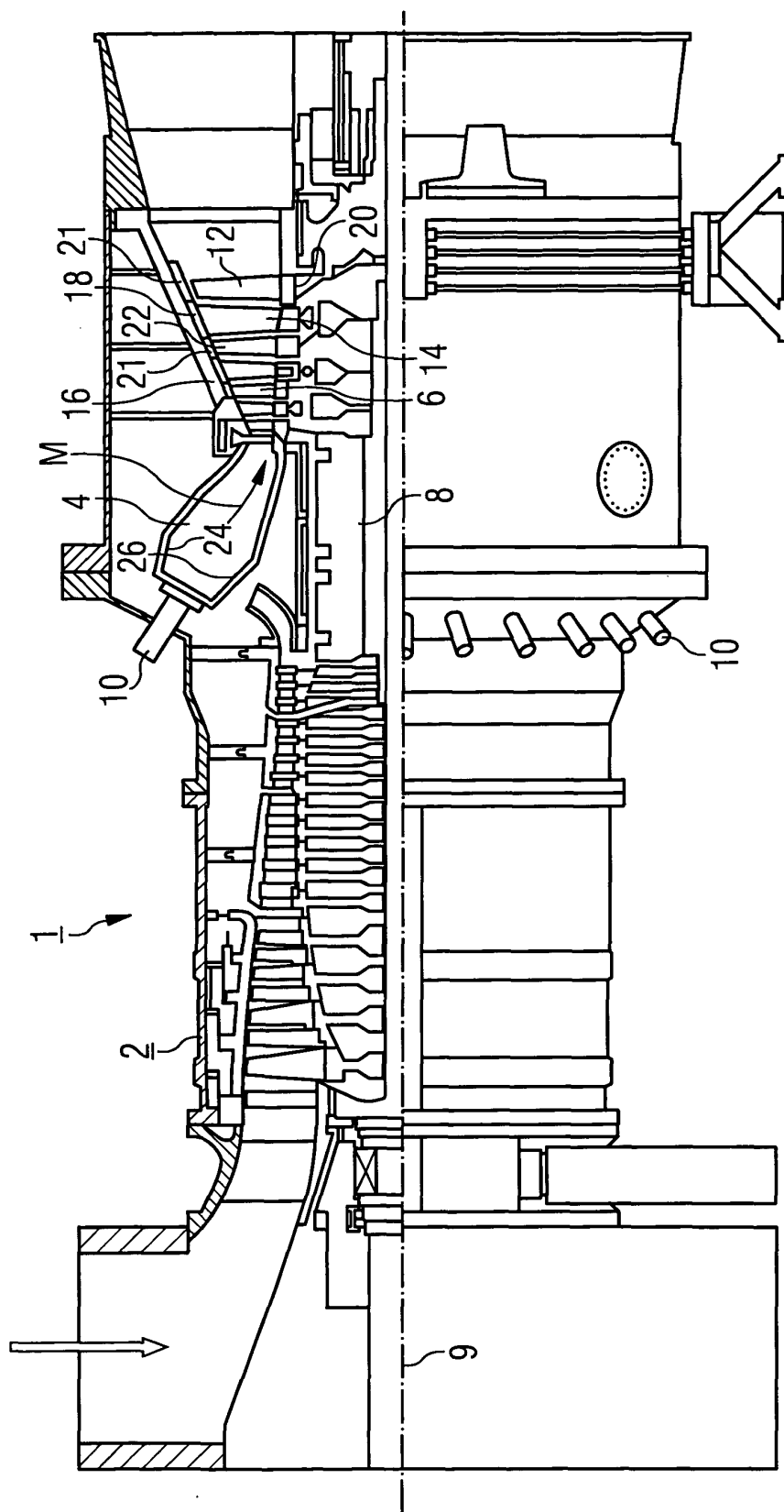
7. Hitzeschildstein (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass sich der Randbereich (37) von der Heißseite (35) zu der Wandseite (33) erstreckt.

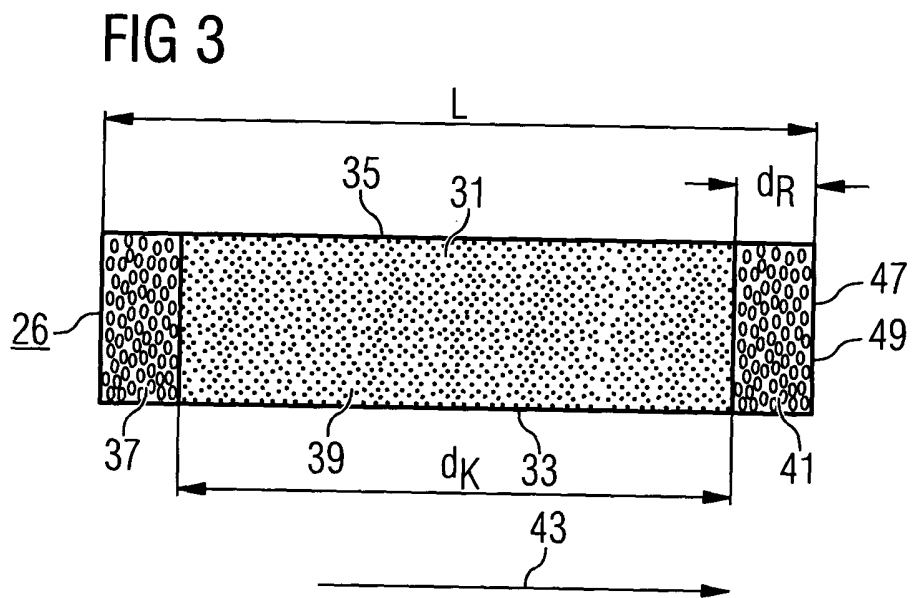
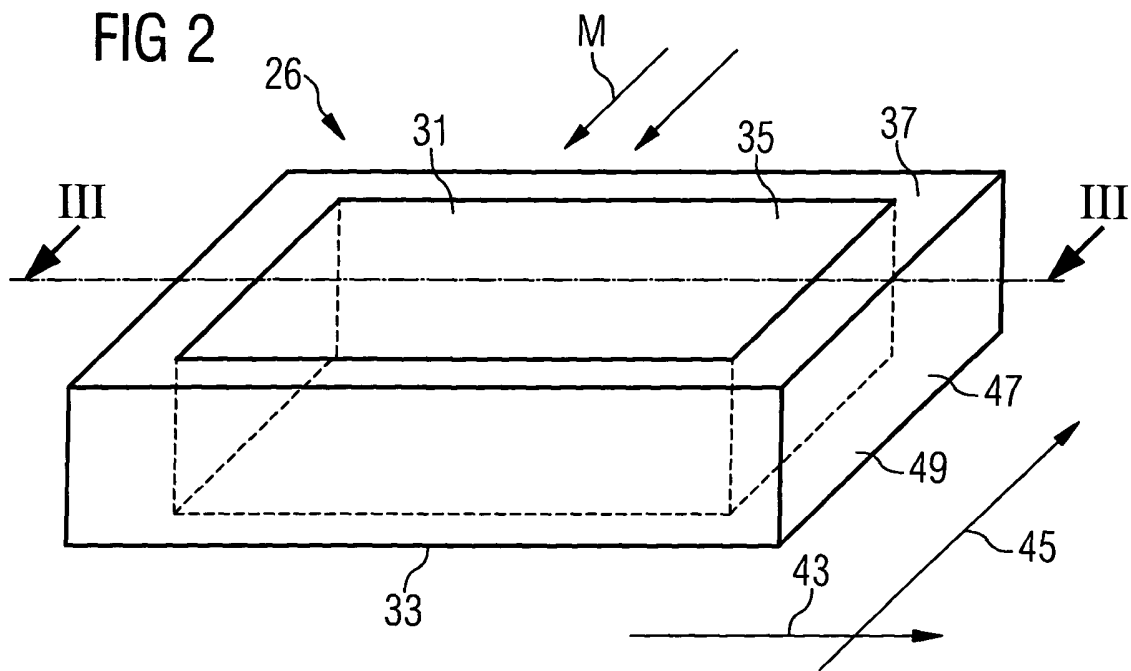
10 8. Hitzeschildstein (26) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass eine an die Heißseite (35) und die Wandseite (33) angrenzende Umfangsseite (47), die eine Umfangsseitenfläche (49) aufweist, die zumindest teilweise von dem Randmaterial (41) gebildet ist.

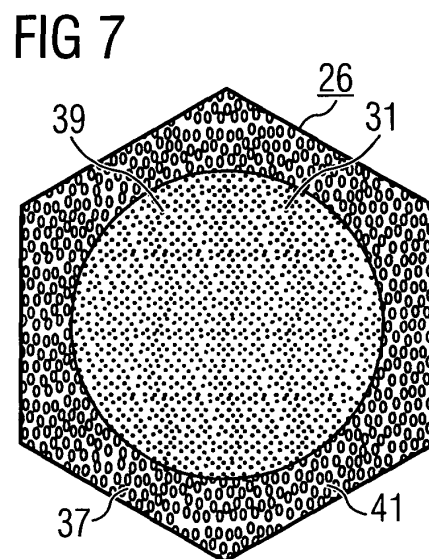
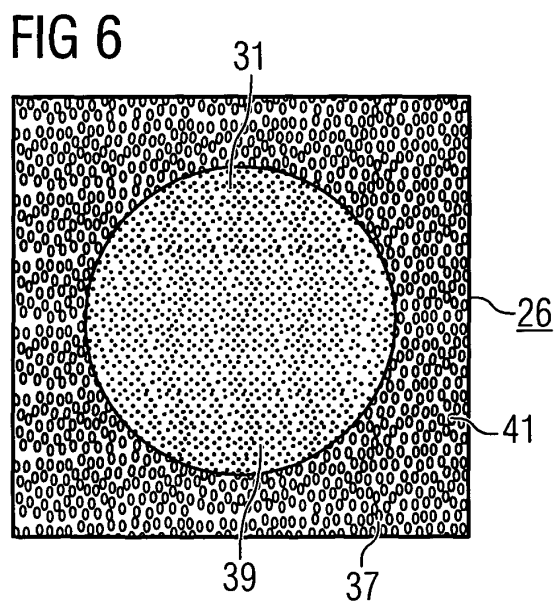
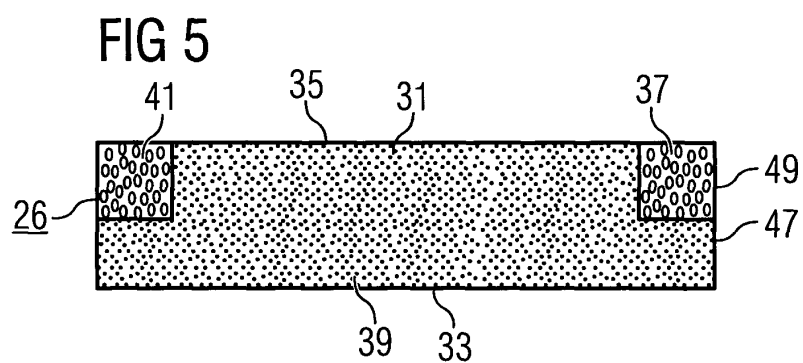
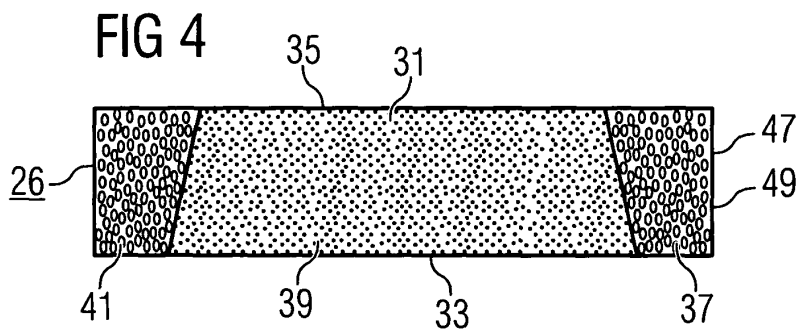
15 9. Brennkammer (4) mit einer inneren Brennkammerauskleidung, die Hitzeschildsteine (26) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

10. Gasturbine (1) mit einer Brennkammer (4) nach Anspruch 9.

FIG 1









Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 01 9093

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	WO 02 25197 A (JEPPEL PAUL HEINZ ;MAGHON HANS (DE); SCHMAHL MILAN (DE); HOFMANN D) 28. März 2002 (2002-03-28) * Seite 1, Zeile 6 - Zeile 12 * * Seite 4, Zeile 10 - Zeile 29 * * Seite 5, Zeile 20 - Zeile 14 * * Seite 7, Zeile 19 - Seite 9, Zeile 33 * * Ansprüche; Abbildung 1 *	1-10	F27D1/00
A	DE 19 04 373 A (DEKETELAERE EUGENE CAMILLE) 25. September 1969 (1969-09-25) * das ganze Dokument *	1-10	
D,A	EP 1 199 520 A (SIEMENS AG) 24. April 2002 (2002-04-24) * das ganze Dokument *	1-10	
D,A	EP 1 126 221 A (SIEMENS AG) 22. August 2001 (2001-08-22) * das ganze Dokument *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F27D F23M F23R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15. Januar 2004	Prüfer Ceulemans, J
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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 03 01 9093

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

15-01-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0225197 A	28-03-2002	DE 10046094 A1	02-05-2002
		CA 2422557 A1	14-03-2003
		CN 1452711 T	29-10-2003
		WO 0225197 A1	28-03-2002
		EP 1325276 A1	09-07-2003
		US 2003172856 A1	18-09-2003
DE 1904373 A	25-09-1969	DE 1904373 A1	25-09-1969
		LU 57834 A1	14-05-1969
EP 1199520 A	24-04-2002	EP 1199520 A1	24-04-2002
		WO 0233322 A1	25-04-2002
		EP 1327108 A1	16-07-2003
EP 1126221 A	22-08-2001	EP 1126221 A1	22-08-2001
		WO 0161250 A1	23-08-2001
		EP 1281028 A1	05-02-2003

EPO FORM P0481

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