

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 1 741 981 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2007 Patentblatt 2007/02

(51) Int Cl.:
F23R 3/00 (2006.01)
F23M 5/04 (2006.01)
F23M 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05014474.0

(22) Anmeldetag: 04.07.2005

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

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

(72) Erfinder:

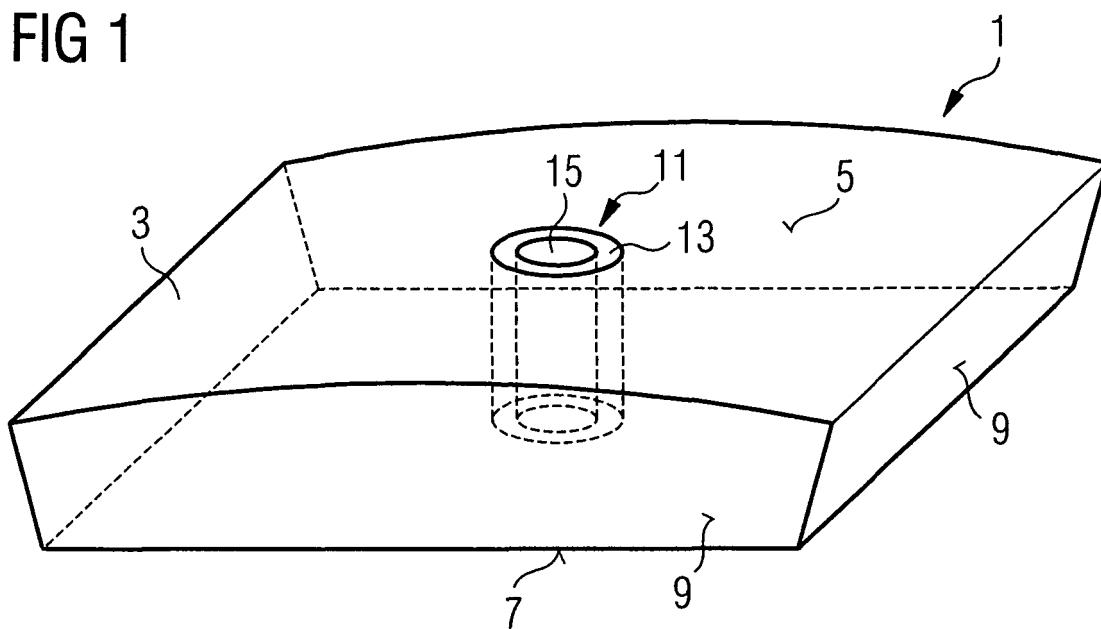
- **Grote, Holger**
53121 Bonn (DE)
- **Heilos, Andreas**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Tertilt, Marc**
45529 Hattingen (DE)

(54) Keramisches Hitzeschildelement sowie damit ausgekleideter Hochtemperaturgasreaktor

(57) Es wird ein Keramisches Hitzeschildelement (1) zum Aufbau eines Hitzschildes an einer Tragstruktur eines heißgasführenden Hochtemperaturgasreaktors, insbesondere einer Gasturbinenbrennkammer, zur Verfügung gestellt, welches einen Keramikkörper (3) mit einer

dem Heißgas zuzuwendenden Heißseite (5) und einer der Tragstruktur zuzuwendenden Kaltseite sowie einen im Keramikkörper (3) vorhandenen Fixierabschnitt (13) aufweist. Der Fixierabschnitt (13) ist in einem zentralen Bereich (11) des Keramikkörpers (3) wenigstens in dessen Kaltseite (7) angeordnet.

FIG 1



EP 1 741 981 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein keramisches Hitzeschildelement zum Aufbau eines Hitzeschildes an einer Tragstruktur eines heißgasführenden Hochtemperaturgasreaktors.

[0002] Die Wände von Hochtemperaturgasreaktoren, beispielsweise von unter Druck betriebenen Gasturbinenbrennkammern, erfordern eine geeignete Abschirmung ihrer Tragstruktur gegen einen Angriff des heißen Gases. Keramische Materialien sind aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit sowie ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit im Vergleich zu metallischen Werkstoffen besonders geeignet, um einen die Tragstruktur abschirmenden Hitzeschild aufzubauen.

[0003] Aufgrund materialtypischer Wärmedehnungs-eigenschaften und der im Rahmen des Betriebs eines Hochtemperaturgasreaktors typischerweise auftretenden Temperaturunterschiede, beispielsweise der Umgebungstemperatur bei Stillstand im Vergleich zur maximalen Temperatur bei Vollast, muss die Möglichkeit der Wärmeausdehnung des keramischen Hitzeschildes gewährleistet sein, damit keine bauteilzerstörenden WärmeSpannungen durch Behinderung der Wärmeausdehnung auftreten. Die Möglichkeit der temperaturabhängigen Ausdehnung kann gewährleistet werden, indem der Hitzeschild aus einer Anzahl keramischer Hitzeschildelemente ausgebaut ist, wobei zwischen benachbarten Hitzeschildelementen die Wärmeausdehnung der Elemente ermöglichte Dehnspalte vorgehalten werden. Aus Sicherheitsgründen dürften diese Dehnspalte nur so ausgelegt sein, dass sie auch bei Höchsttemperatur nicht geschlossen sind.

[0004] Da die Dehnspalte grundsätzlich den Durchtritt des Heißgases durch den Hitzeschild in Richtung auf die Tragstruktur ermöglichen, müssen Maßnahmen getroffen werden, um diesen Durchtritt zu unterbinden. Die einfachste und sicherste Maßnahme, die insbesondere in Gasturbinenbrennkammern zur Anwendung kommt, ist das Spülen der Dehnspalte mit Sperrluft. Mit anderen Worten, von der Tragstruktur aus wird Druckluft in Richtung auf die Hitzeschildelemente geleitet, die durch die Dehnspalte in die Brennkammer eintritt und so den Eintritt von Heißgas aus der Brennkammer in die Dehnspalte verhindert.

[0005] In Gasturbinenbrennkammern werden die Hitzeschildelemente in der Regel mittels Halteklemmern an der Tragstruktur fixiert, die in Umfangsflächen der Hitzeschildelemente eingreifen, welche eine dem Brennkammerinneren zugewandte Heißseite mit einer der Tragstruktur zugewandten Kaltseite des Hitzeschildelementes verbinden. Ein derartiger Hitzeschild ist beispielsweise in EP 0 558 540 B1 beschrieben.

[0006] Infolge des Spülens der Dehnspalte mit Sperrluft werden die die Spalte begrenzenden Umfangsflächen ebenso wie die Kaltseite der Hitzeschildelemente gekühlt. Andererseits findet an der Heißseite der Hitze-

schildelemente ein hoher Wärmeeintrag aufgrund des Heißgases statt. Es stellt sich daher innerhalb eines Hitzeschildelementes eine dreidimensionale Temperaturverteilung ein, die durch einen Temperaturabfall von der Heißseite zur Kaltseite sowie durch eine von zentralen Punkten des Hitzeschildelementes zu den Kanten hin auftretenden Temperaturabfall geprägt ist.

[0007] Typischerweise sind die Hitzeschildelemente in einer Gasturbinenbrennkammer flach ausgebildet und parallel zur Tragstruktur angeordnet. Ein Temperaturgradient, der senkrecht zur Oberfläche der Tragstruktur verläuft, führt dabei nur zu vergleichsweise geringen thermischen Spannungen, solange für das keramische Hitzeschildelement im Einbauzustand eine Vorbeugung in Richtung auf das Innere der Brennkammer ohne Behinderung möglich ist.

[0008] Ein zur Tragstruktur und damit zur Oberfläche eines Hitzeschildelementes parallel verlaufender Temperaturgradient wie derjenige, der von den Umfangsflächen des Hitzeschildelementes ausgehend zum Zentrum des Hitzeschildelementes verläuft, erzeugt infolge der Steifigkeit plattenähnlicher Geometrien bezüglich Verformungen parallel zu ihrer größten Projektionsfläche vergleichsweise höhere Thermospannungen. Diese führen dazu, dass die kalten Kanten der Umfangsflächen infolge ihrer vergleichsweise geringen thermischen Dehnung von heißeren Zentralbereichen, die einer größeren thermischen Dehnung unterworfen sind, unter Zug gesetzt werden. Dieser Zug kann bei Überschreiten der Materialfestigkeit zur Bildung von Rissen führen, die von den Kanten des Hitzeschildelementes ausgehen und in Richtung auf zentrale Bereiche des Hitzeschildelementes verlaufen.

[0009] Infolge des während des Betriebes auftretenden Temperaturfeldes im keramischen Hitzeschildelement wölbt sich dieses in Richtung auf das Brennkammerinnere leicht auf. Dadurch kann im heißen Zustand eine Beschränkung der Auflage der im kalten Zustand flächig auf der Tragstruktur aufliegenden keramischen Hitzeschildelemente auf die Ecken der Hitzeschildelemente erfolgen. Damit die Halteklemmen möglichst keine Zug- bzw. Biegespannungen auf die heißen keramischen Hitzeschildelemente ausüben, werden die Halteklemmen so angeordnet, dass das Einleiten der Haltekraft in die Hitzeschildelemente in der Nähe der Ecken, vorzugsweise oberhalb der Auflagepunkte erfolgt.

[0010] Damit die keramischen Hitzeschildelemente in der Nähe der im heißen Zustand auf der Tragstruktur aufliegenden Ecken gehalten werden können, werden mehrere in der Nähe der Ecken angeordnete und in die Umfangsseiten der keramischen Hitzeschildelemente eingreifende metallische Halteklemmen verwendet, deren Kühlungsbedarf zu einem an den Rändern der keramischen Hitzeschildelemente abströmenden Kühlstrom führt. Der Kühlstrombedarf der Halteklemmen führt daher ebenfalls zu einem Temperaturgradienten innerhalb der keramischen Hitzeschildelemente, der parallel zu deren Oberfläche verläuft.

[0011] Um die beschriebenen Nachteile zu vermeiden sind im Stand der Technik mehrere Wege vorgeschlagen worden. Ein Vorschlag besteht darin, die Dehnspalte zwischen benachbarten keramischen Hitzeschildelementen mittels elastischen Dichtungen abzudichten und so den Kühl- und Sperrluftbedarf im Bereich der Dehnspalte zwischen den Umfangsflächen zu vermeiden. Ein derartiger Hitzeschild ist beispielsweise in EP 1 302 723 A1 offenbart. Die Dichtungen erhöhen jedoch die Teilezahl, die Kosten und - wenn auch nur geringfügig - den Montagezeitbedarf.

[0012] Ausgehend vom beschriebenen Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes keramisches Hitzeschildelement zum Aufbau eines Hitzeschildes in einem Hochtemperaturgasreaktor zur Verfügung zu stellen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen verbesserten Hochtemperaturgasreaktor, insbesondere eine verbesserte Gasturbinenkammer, zur Verfügung zu stellen.

[0013] Die erste Aufgabe wird durch ein keramisches Hitzeschildelement nach Anspruch 1 gelöst, die zweite Aufgabe durch einen Hochtemperaturgasreaktor nach Anspruch 13. Die abhängigen Ansprüche erhalten vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0014] Ein erfindungsgemäßes keramisches Hitzeschildelement zum Aufbau eines Hitzeschildes an einer Tragstruktur eines heißgasführenden Hochtemperaturgasreaktors, insbesondere einer Gasturbinenbrennkammer, umfasst einen Keramikkörper mit einer dem Heißgas zuzuwendenden Heißseite und einer der Tragstruktur zuzuwendenden Kaltseite sowie einen im Keramikkörper vorhanden Fixierabschnitt. Erfindungsgemäß ist der Fixierabschnitt in einem zentralen Bereich des Keramikkörpers wenigstens in dessen Kaltseite angeordnet. Diese Ausgestaltung ermöglicht es, das keramische Hitzeschildelement so auszustalten, dass die Auflage auf der Tragstruktur unter allen Betriebsbedingungen alleine im Bereich des Fixierabschnittes erfolgt. Vorteilhaftweise weist die Kaltseite im Bereich des Fixierabschnittes einen Vorsprung mit einer Auflagefläche zur Auflage des Hitzeschildelementes auf der Tragstruktur auf.

[0015] Biege und Zugspannungen im keramischen Hitzeschildelement lassen sich mit dem erfindungsgemäßem keramischen Hitzeschildelement im Vergleich zu keramischen Hitzeschildelementen nach Stand der Technik deutlich verringern. Auf die im Stand der Technik verwendeten, in die Umfangsseiten der Hitzeschildelemente eingreifenden Halteklemmern kann daher beim erfindungsgemäßem Hitzeschildelement verzichtet werden. Dies verringert den Kühlungluftbedarf im Bereich der Dehnspalte, da nun nur noch die Spalte abzusperren, jedoch nicht mehr die im Bereich der Spalte in Umfangsflächen des Hitzeschildelementes eingreifenden Halteklemmern zu kühlen sind. Im erfindungsgemäßem Hitzeschildelement kann die Kühlung eines am Fixierabschnitt des Hitzeschildelementes angreifenden Fixierelementes zusammen mit dem Kühlen der Kaltseite erfolgen, so

dass kein zusätzlicher Kühlungluftbedarf für das Kühlen des Fixierelementes vorhanden ist.

[0016] Der Fixierabschnitt kann beispielsweise eine sich von der Kaltseite zur Heißseite durch den Keramikkörper erstreckende Öffnung aufweisen. Diese Öffnung kann etwa zum Aufnehmen einer Schraube dienen, mit der das Hitzeschildelement mit der Tragstruktur verschraubt wird. Bei einer Wartung des Hitzeschildelementes, in der einzelne Hitzeschildelemente ausgetauscht werden müssen, braucht dann nur noch die Verschraubung der auszutauschenden Hitzeschildelemente gelöst zu werden, anstatt dass alle Hitzeschildelemente entfernt werden müssen, deren Halteklemmern in eine Profilnute der Tragstruktur eingreifen.

[0017] Der Fixierabschnitt im Keramikkörper kann insbesondere als ein keramischer Einsatz, beispielsweise in Form einer keramischen Hülse, ausgebildet sein, der mit dem Keramikkörper materialschlußig verbunden ist und der eine höhere Festigkeit aufweist als das Keramikmaterial des Keramikkörpers aufweist. Wenn ein derartiges Hitzeschildelement mittels eines Fixierelementes an einer Tragstruktur befestigt ist, kann die erhöhte Festigkeit des keramischen Einsatzes sicherstellen, dass das keramische Hitzeschildelement im Fixierbereich nicht beschädigt wird, selbst wenn aufgrund wärmebedingter Ausdehnung des keramischen Hitzeschildelementes im Fixierabschnitt Spannungen aufgrund der Fixierung auftreten. In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn der keramische Einsatz sowohl bei Raumtemperatur als auch bei 1000°C eine Festigkeit von mindestens 100MPa aufweist. Zudem ist es vorteilhaft, wenn der keramische Einsatz eine Druckfestigkeit von mindestens 150MPa aufweist.

[0018] Als Keramikmaterial für den keramischen Einsatz eignen sich insbesondere keramische Materialien, die mindestens 80 Gew.-% Al_2O_3 und höchstens 20 Gew.-% SiO_2 umfassen und die eine Porosität von höchstens 5 % aufweisen. Aber auch andere Keramikmaterialien mit höherer Festigkeit als das Keramikmaterial des Keramikkörpers eignen sich grundsätzlich. Beispielhaft seien an dieser Stelle Zirkoniumoxid (ZrO_2), Siliziumcarbid (SiC) und Spinell (MgAl_2O_4) als mögliche Materialien genannt.

[0019] Wenn der Keramikkörper als Gusskörper ausgebildet ist, kann der keramische Einsatz beim Gießen des Keramikkörpers eingegossen werden. Dies ermöglicht eine vergleichsweise einfache Herstellung eines mit einem keramischen Einsatz versehenen Keramikkörpers.

[0020] Ein erfindungsgemäßer Hochtemperaturgasreaktor, der beispielsweise als Gasturbinenbrennkammer und insbesondere als Ringbrennkammer einer Gasturbinenanlage ausgebildet sein kann, umfasst eine Tragstruktur und einen aus einer Anzahl erfindungsgemäßer Hitzeschildelementen aufgebauten Hitzeschild, wobei die Hitzeschildelemente jeweils mittels eines mit dem Fixierabschnitt zusammenwirkenden Fixierelementes an der Tragstruktur fixiert sind.

[0021] Im erfindungsgemäßen Hochtemperaturgasreaktor ist im Vergleich zu Hochtemperaturgasreaktoren mit konventionellen keramischen Hitzeschilden das Auswechseln eines Hitzeschildelementes vereinfacht, da jedes Hitzeschildelement individuell entfernt werden kann. Zudem kann der Kühlungsbetrieb verringert werden, da die Fixierelemente nun nicht mehr in die Dehnspalte zwischen benachbarten Hitzeschildelementen hineinragen und deshalb nicht mehr einem direkten Heißgasangriff ausgesetzt sind. Es genügt daher, wenn die Fixierelemente mit Kühlung von innen gekühlt werden.

[0022] In einer Ausgestaltung des Hochtemperaturgasreaktors stehen die Hitzeschildelemente nur im Fixierabschnitt mit der Tragstruktur mittelbar oder unmittelbar in Kontakt. Außerdem ist die Form der Keramikkörper der Hitzeschildelemente derart an die Tragstruktur des Hochtemperaturgasreaktors angepasst, dass sowohl im stationären Betrieb des Reaktors als auch im transienten Betrieb des Reaktors, also beim Übergang zwischen zwei Zuständen, beispielsweise beim An- oder Abfahren oder bei einem Wechsel der Last, immer ein Spalt zwischen den die Kaltseite des Keramikkörpers begrenzenden Kanten und Ecken sowie der Tragstruktur verbleibt. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass während des Betriebs des Hochtemperaturgasreaktors keine Last auf die Ecken und Kanten ausgeübt wird, die zu mechanischen Spannungen im Hitzeschildelement führen würden. Eine im Bereich des Fixierabschnittes vorhandene Auflagefläche des Hitzeschildelementes zur Auflage auf der Tragstruktur kann zudem eine weitgehend freie thermische Bewegung des Hitzeschildelementes ermöglichen.

[0023] Um eine thermische Ausdehnung eines an der Tragstruktur fixierten Hitzeschildelementes in Richtung auf die Tragstruktur ohne Auftreten übermäßiger mechanischer Belastungen zu ermöglichen, ohne auf eine sichere Lagefixierung des keramischen Hitzeschildelementes verzichten zu müssen, können die Hitzeschildelemente unter Zwischenschaltung von Federpaketen, insbesondere von Tellerfederpaketen, an der Tragstruktur fixiert sein. Die Federpakete bilden dann eine Auflagefläche zur Auflage der Hitzeschildelemente auf der Tragstruktur. Die Fixierung mittels des Fixierelementes braucht dann nur so weit zu gehen, dass die Federkraft der Federpakete für einen sicheren Sitz des Hitzeschildelementes sorgt, bei einer Erwärmung des Hitzeschildelementes jedoch genügend Raum für eine Ausdehnung gegen die Federkraft der Federpakete möglich ist. Diese Art der Fixierung bietet auch eine verbesserte Toleranz, falls es zur unerwünschten Auflage auf der Tragstruktur in Rand- oder Eckbereichen der Hitzeschildelemente kommt.

[0024] Als Fixierelemente kommen insbesondere metallische oder keramische Fixierelemente, beispielsweise metallische oder keramische Schrauben, in Betracht.

[0025] Die erfindungsgemäßen Hitzeschildelemente können durch einen Formschluss gegen Verdrehen relativ zur Tragstruktur gesichert werden.

[0026] Um eine wärmebedingte Ausdehnung der Hitzeschildelemente in Richtungen parallel zur Tragstruktur zu ermöglichen, ohne dabei mechanische Spannungen aufgrund des Aneinanderstoßens benachbarter Hitzeschildelemente zu erzeugen, ist es vorteilhaft, auch die erfindungsgemäßen Hitzeschildelemente unter Spaltbelassung zwischen benachbarten Hitzeschildelementen flächendeckend anzuordnen. Insbesondere können die Umfangsseiten der Hitzeschildelemente derart ausgestaltet sein, dass ein Überlapp der Umfangsseiten möglich ist, wenn die Hitzeschildelemente in den Hitzeschild eingebaut sind. Bspw. können die Umfangsseiten Stufen aufweisen, wobei einander gegenüberliegende Seiten jeweils eine zueinander komplementäre Stufung aufweisen.

Ingesamt bietet die Erfindung folgende Vorteile:

[0027] Aufgrund des verringerten Kühlungsbedarfs im Bereich der Dehnspalte sind im Vergleich zum Stand der Technik die Temperaturgradienten parallel zur Tragstruktur verringert. Dies führt zu einer Verminderung der Risslänge von Kantenrissen und infolgedessen zu einer Reduktion von Austauschraten von keramischen Hitzeschildelementen sowie zu einer Erhöhung der Lebensdauer der keramischen Hitzeschildelemente.

[0028] Zudem lassen sich wartungsbedingte Ausfallzeiten von Hochtemperaturgasreaktoren aufgrund der Möglichkeit des individuellen Austausches einzelner Hitzeschildelemente, ohne dass dazu benachbarte Hitzeschildelemente ebenfalls aus- und wieder eingebaut werden müssen, verringern.

[0029] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Figuren.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Hitzeschildelementes in perspektivischer Ansicht.

Figur 2 zeigt eine geschnittenen schematische Darstellung eines an der Tragstruktur einer Gasturbinenbrennkammer angeordneten Hitzeschildelementes.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt eines an einer Tragstruktur einer Gasturbinenbrennkammer angeordneten Hitzeschildes von der Brennkammerinnenseite aus in einer schematischen Darstellung.

Figur 4 zeigt einen Ausschnitt aus der Wand einer Gasturbinenbrennkammer mit einer Tragstruktur und einem daran befestigten Hitzeschild.

[0030] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes keramisches Hitzeschildelement in einer perspektivischen Darstellung. Das keramische Hitzeschildelement 1 besteht aus einem Keramikkörper 3, welcher eine einem Heißgas

zuzuwendende Heißseite 5, eine einer Tragstruktur zuwendende Kaltseite 7 und vier die Heißseite 5 mit der Kaltseite 7 verbindende Umfangsseiten 9 aufweist. In einem zentralen Bereich ist eine Keramikhülse 13 als ein keramisches Element angeordnet, welches eine im Vergleich zum Keramikmaterial des Keramikkörpers 3 erhöhte Festigkeit sowohl bei Raumtemperatur als auch bei 1000°C aufweist. Bei beiden Temperaturen beträgt seine Festigkeit mindestens 1000MPa. Zudem beträgt seine Druckfestigkeit bei Raumtemperatur mindestens 150MPa.

[0031] Die Keramikhülse 13 ist aus einem Material hergestellt, welches mindestens 80 Gew.-% Aluminiumoxid (Al_2O_3) und höchstens 20 Gew.-% Siliziumoxid (SiO_2) enthält. Außerdem besitzt das keramische Material der Keramikhülse 13 eine Porosität von höchstens 5 %. Alternativ kann die Keramikhülse 13 bspw. auch aus einem Zirkoniumoxid (ZrO_2), Siliziumcarbid (SiC) oder Spinell ($MgAl_2O_4$) umfassenden Material hergestellt sein. Auch sind Dotierungen des Materials der Keramikhülse möglich, um dessen Eigenschaften gezielt einzustellen.

[0032] Das Material der Keramikhülse 13 ist im Ausführungsbeispiel insbesondere derart gewählt, dass es den gleichen oder einen sehr ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt wie das Keramikmaterial des Keramikkörpers 3. Dadurch lassen sich Spannungen im Grenzbereich zwischen der Keramikhülse 13 und dem Keramikkörper 3 aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnung vermeiden.

[0033] Das keramische Hitzeschildelement 1 ist als ein in Form gegossenes Gussteil ausgebildet. Die keramische Hülse 13 wird beim Gießvorgang in den Keramikkörper eingegossen, so dass eine materialschlüssige Verbindung zwischen dem Keramikkörper 3 und Keramikhülse 13 entsteht.

[0034] Eine alternative Möglichkeit zum Befestigen der keramischen Hülse 13 besteht darin, diese mittels eines hochtemperaturfesten Keramikklebers in eine im Keramikkörper 3 des keramischen Hitzeschildelementes 1 vorhandene Aufnahme einzukleben.

[0035] Die Keramikhülse 13 umgibt eine sich durch in Keramikkörper 3 von der Heißseite 5 bis zur Kaltseite 7 erstreckende Öffnung 15, die zur Aufnahme einer das Hitzeschildelement 1 an einer Tragstruktur 50 fixierenden Keramikschaube 17, die als Fixierelement dient, ausgebildet ist. Die Fixierung des Hitzeschildelementes 1 an einer Tragstruktur 50 ist in Figur 2 in einer geschnittenen Seitenansicht des Hitzeschildelementes sowie der Tragstruktur dargestellt. Statt der Keramikschaube 17 kann alternativ auch eine Metallschraube Verwendung finden, die vorzugsweise aus hochtemperaturfestem Material hergestellt ist und die zudem ggf. mit einer wärmedämmenden Beschichtung versehen sein kann.

[0036] Die Keramikschaube 17 ist durch die Öffnung 15 der keramischen Hülse 13 geführt und in eine Gewindebohrung 52 der Tragstruktur eingeschraubt. Alternativ ist es auch möglich, die Tragstruktur mit einer sich durch die gesamte Tragstruktur zu erstreckenden Bohrung zu

versehen und die Keramikschaube 17 mit einer Länge auszustatten, die es ihr ermöglicht, sich durch die Öffnung 15 und die Gewindebohrung soweit zu erstrecken, dass jenseits der Bohrungen eine Mutter auf sie aufgeschraubt werden kann. Schließlich ist es auch möglich, einen an der Tragstruktur befestigten Gewindestift vorzusehen, der sich durch die Öffnung 15 eines an der Tragstruktur angeordneten Hitzeschildelementes 1 erstrecken kann, so dass vom Brennkammerinneren aus eine Mutter auf den Gewindestift aufschraubar ist.

[0037] Zwischen dem Keramikkörper 3 und der Tragstruktur 50 ist ein Tellerfederpaket 54 angeordnet über das das Hitzeschildelement 1 mit der Tragstruktur 50 mitelbar in Kontakt steht.

[0038] Beim Verschrauben des Hitzeschildelementes mittels der Keramikschaube 17, werden die Tellerfedern des Tellerfederpaketes 54 ein wenig zusammengedrückt, so dass das Hitzeschildelement 1 in Richtung auf die Tragstruktur 50 sicher fixiert ist. Hiermit wird zunächst die Elastizität der Schraubverbindung mit der materialtypisch vergleichsweise steifen Schaubverbindung erhöht. Wenn nun bei einem Heißgasangriff an der Heißseite 50 des Hitzeschildelementes eine Wärmeausdehnung des Keramikkörpers 3 und der Keramikhülse

13 stattfindet, so können die Tellerfedern des Tellerfederpaketes 54 weiter zusammengedrückt werden. Sie setzen daher der thermischen Ausdehnung des keramischen Hitzeschildelementes 1 und der Keramikhülse 13 nur einen relativ geringen Widerstand entgegen. Zudem kann das Tellerfederpaket 54 als Abstandshalter zwischen dem keramischen Hitzeschildelement 1 und der Tragstruktur 50 dienen, welches gewährleistet, dass zwischen diesen genügend Platz für das Strömen von Kühl Luft verbleibt.

[0039] Die Kühl Luft wird über in der Tragstruktur 50 angeordnete Kühlluftkanäle 56 zugeleitet und über Kühl luftöffnungen 58 in Richtung auf die Kaltseite 7 des Hitzeschildelementes 1 ausgeblasen. Die ausgeblasene Kühl Luft strömt an der Kaltseite des Hitzeschildelementes 1 entlang in Richtung auf zwischen den Hitzeschildelementen vorhandene Dehnspalte 60. Dabei findet eine konvektive Kühlung der umströmten Hitzeschildelemente statt. Schließlich tritt die Kühl Luft durch die Dehnspalte 60 in das Innere der Brennkammer aus und sperrt so die Dehnspalte 60 gegen den Eintritt von Heißgas aus der Brennkammer.

[0040] Die erfindungsgemäßen Hitzeschildelemente können insbesondere dazu Verwendung finden, einen flächendeckenden Hitzeschild für einen Hochtemperaturgasreaktor wie etwa eine Gasturbinenbrennkammer aufzubauen. Dazu werden eine Anzahl keramischer Hitzeschildelemente 1 flächendeckend an der Tragstruktur der Brennkammer fixiert, wie dies in Figur 3 dargestellt ist. Zwischen benachbarten Hitzeschildelementen 1 werden dabei Dehnspalte 60 belassen, um eine thermische Ausdehnung der Hitzeschildelemente 1 parallel zur Tragstruktur ohne Behinderung zu ermöglichen.

[0041] Der Ausbau eines erfindungsgemäßen kerami-

schen Hitzeschildelementes 1 aus einem Hitzeschilde kann in einfacher Weise derart erfolgen, dass die Keramikschaube 17 vom Brennkammerinneren aus gelöst wird und das Hitzeschildelement 1 anschließend entfernt wird. Der Einbau des Hitzeschildelementes 1 kann in analoger Weise durch Einsetzen des Hitzeschildelementes und anschließendes Verschrauben mit der Tragstruktur erfolgen.

[0042] Eine alternative Ausgestaltung des Hitzeschildelementes ist in Fig. 4 dargestellt. Die Figur zeigt einen Ausschnitt aus der Wand einer Gasturbinenbrennkammer mit einer Tragstruktur 50 und einem daran befestigten Hitzeschilde, welcher aus einer Anzahl erfindungsähnlicher Hitzeschildelemente 100 aufgebaut ist. Der Übersichtlichkeit halber sind die Schrauben, welche die Hitzeschildelemente an der Tragstruktur 50 fixieren sowie die zugehörigen Gewinde in der Tragstruktur 50 nicht dargestellt.

[0043] Die keramischen Hitzeschildelemente 100 weisen einen Keramikkörper 103 mit einer in seinem zentralen Bereich 111 angeordneten keramischen Hülse 113 auf. Die Umfangsseiten 90, 91 des Keramikkörpers 103 sind derart gestuft ausgebildet, dass einander gegenüber liegende Umfangsseiten 90, 91 komplementär zueinander sind. Auf diese Weise entsteht im Hitzeschilde im Bereich der Spalte zwischen zwei aneinander angrenzenden Hitzeschildelementen 100 ein Überlapp, der zu einem verringerten Sperrluftbedarf führt.

[0044] Zudem weisen die keramischen Hitzeschildelemente 100 an ihrer Kaltseite jeweils einen die Keramikhülse 113 umgebenden Vorsprung 112 auf. Die Unterseite 114 des Vorsprungs 112 bildet eine Auflage, mit dem das keramische Hitzeschildelement 100 auf der Tragstruktur 50 aufliegt. Da die das Hitzeschildelement 100 an der Tragstruktur 50 fixierende Kraft zentral über den Vorsprung 112 und die Auflage 114 auf die Tragstruktur übertragen wird, lassen sich Biegungen im keramischen Hitzeschildelement 100 zuverlässig vermeiden.

Patentansprüche

1. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) zum Aufbau eines Hitzschildes an einer Tragstruktur (50) eines heißgasführenden Hochtemperaturgasreaktors, insbesondere einer Gasturbinenbrennkammer, welches einen Keramikkörper (3, 103) mit einer dem Heißgas zuzuwendenden Heißseite (5, 105) und einer der Tragstruktur (50) zuzuwendenden Kaltseite (7, 107) sowie einen im Keramikkörper (103) vorhandenen Fixierabschnitt (13, 113) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fixierabschnitt (13, 113) in einem zentralen Bereich (11, 111) des Keramikkörpers (3, 103) wenigstens in dessen Kaltseite (7, 107) angeordnet ist.
2. Keramisches Hitzeschildelement (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kalt-

seite (107) im Bereich des Fixierabschnittes (113) einen Vorsprung (112) mit einer Auflagefläche (114) zur Auflage des Hitzeschildelementes (100) auf der Tragstruktur (50) aufweist.

3. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Fixierabschnitt (13, 113) eine sich von der Kaltseite (7, 107) zur Heißseite (5, 105) durch den Keramikkörper (3, 103) erstreckende Öffnung (15, 115) aufweist.
4. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Fixierabschnitt ein keramischer Einsatz (13, 113) mit dem Keramikkörper (3, 103) materialschüssig verbunden ist und der keramische Einsatz (13, 113) eine höhere Festigkeit aufweist als das Keramikmaterial des Keramikkörpers (3, 103).
5. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Einsatz als keramische Hülse (13, 113) ausgestaltet ist.
6. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Einsatz (13, 113) sowohl bei Raumtemperatur als auch bei 1000°C eine Festigkeit von mindestens 100 MPa aufweist.
7. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Einsatz (13, 113) eine Druckfestigkeit von mindestens 150 MPa aufweist.
8. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Einsatz (13, 113) aus einem Keramikmaterial besteht, das mindestens 80 Gew.-% Al_2O_3 und höchstens 20 Gew.-% SiO_2 umfasst und das eine Porosität von höchstens 5% aufweist.
9. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Einsatz (13, 113) aus einem Keramikmaterial besteht, das Zirkoniumoxid und/oder Siliziumcarbid und/oder Spinell umfasst.
10. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Keramikkörper (3, 103) ein Gusskörper ist.
11. Keramisches Hitzeschildelement (1, 100) nach einem der Ansprüche 4 bis 9 und Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der keramische Ein-

- satz (13, 113) in den Keramikkörper (3, 103) einge-
gossen ist.
12. Keramisches Hitzeschildelement (100) nach einem
der Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Umfangs-
seiten (90, 91), die zueinander komplementäre Stu-
fungen aufweisen. 5
13. Hochtemperaturgasreaktor mit einer Tragstruktur
(50) und einem aus einer Anzahl von Hitzeschildele-
menten (1, 100) nach einem der vorangehenden An-
sprüche aufgebauten Hitzeschild, wobei die Hitze-
schildelemente (1, 100) jeweils mittels eines mit dem
Fixierabschnitt (13, 113) zusammenwirkenden Fi-
xierelementes (17) an der Tragstruktur (50) fixiert 10
15 sind.
14. Hochtemperaturgasreaktor nach Anspruch 13, **da-
durch gekennzeichnet, dass** die Hitzeschildele-
mente (1, 100) nur im Fixierabschnitt (13, 113) mit
der Tragstruktur (50) in Kontakt stehen und die Form
der Keramikkörper (3, 103) der Hitzeschildelemente
(1, 100) derart an die Tragstruktur (50) angepasst
ist, dass sowohl im stationären Betrieb des Hoch-
temperaturgasreaktors als auch im transienten Be-
trieb des Hochtemperaturgasreaktors ein Spalt zwi-
schen den die Kaltseite (7, 107) des Keramikkörpers
(3, 103) begrenzenden Kanten und Ekken und der
Tragstruktur (50) verbleibt. 20
25
30
15. Hochtemperaturgasreaktor nach Anspruch 14, **da-
durch gekennzeichnet, dass** die Hitzeschildele-
mente (1) mittels der Fixierelemente (17) unter Zwi-
senschaltung von Tellerfederpaketen (54) an der
Tragstruktur (50) fixiert sind. 35
16. Hochtemperaturgasreaktor nach einem der Ansprü-
che 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
Fixierelemente (17) metallische oder keramische Fi-
xierelemente sind. 40
17. Hochtemperaturgasreaktor nach einem der Ansprü-
che 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
Hitzeschildelemente (1, 100) durch Formschluss ge-
gen ein Verdrehen gegenüber der Tragstruktur ge-
sichert sind. 45
18. Hochtemperaturgasreaktor nach einem der Ansprü-
che 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die
Hitzeschildelemente (1, 100) unter Belassung von
Spalten (60, 160) zwischen benachbarten Hitze-
schildelementen (1, 100) flächendeckend an der
Tragstruktur (50) angeordnet sind. 50
19. Hochtemperaturgasreaktor nach einem der Ansprü-
che 13 bis 18, **gekennzeichnet durch** seine Aus-
gestaltung als Gasturbinenbrennkammer. 55
20. Hochtemperaturgasreaktor nach einem der Ansprü-
che 13 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** be-
nachbarte Hitzeschildelemente (100) einen Über-
lapp aufweisen.

FIG 1

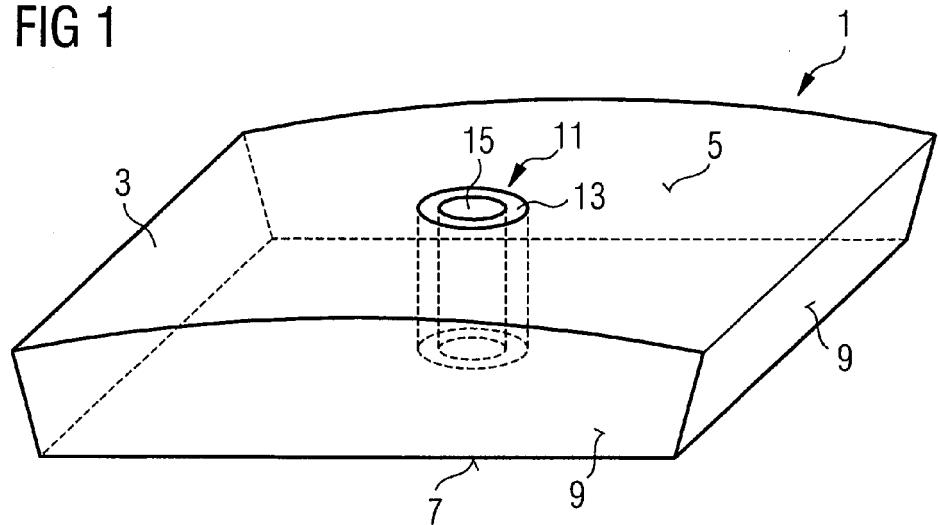


FIG 2

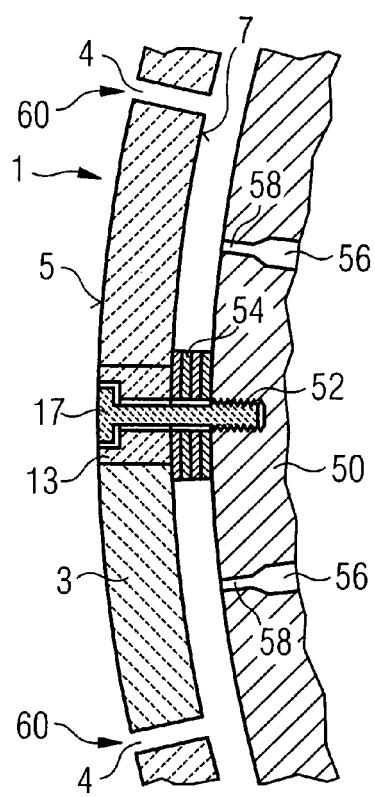


FIG 3

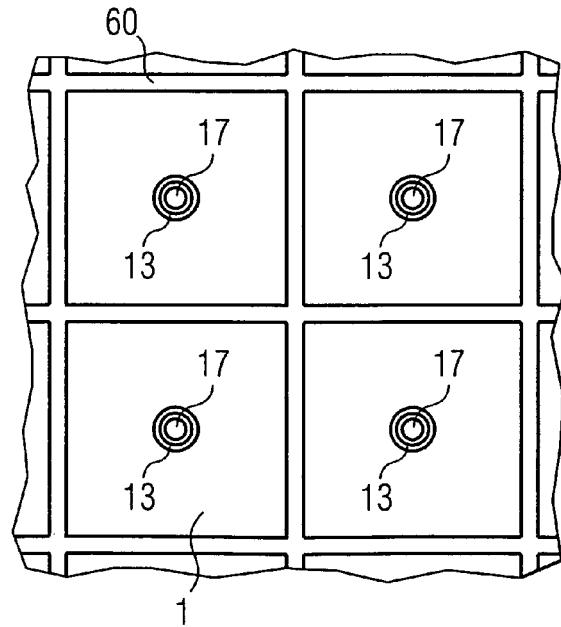
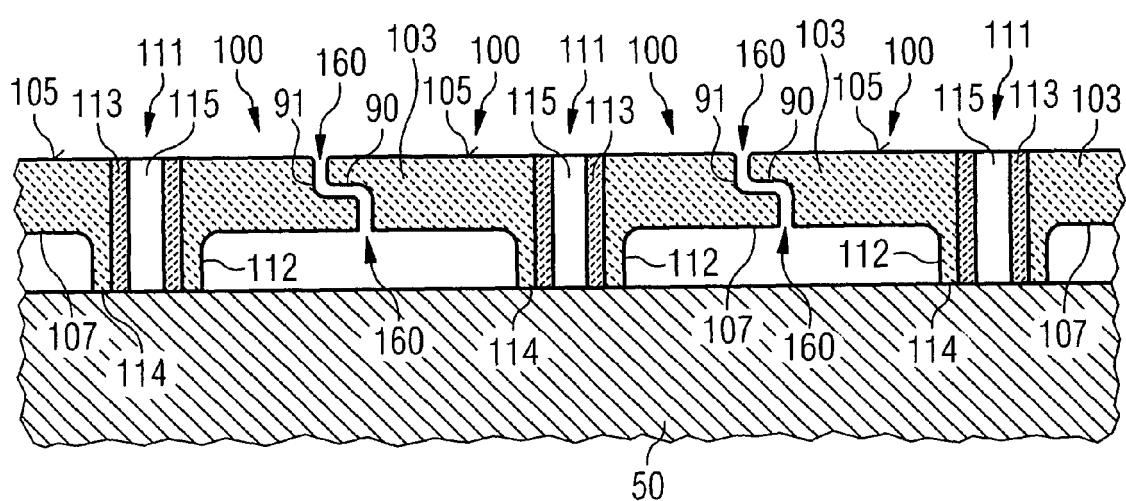


FIG 4





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 145 452 A (HEGER ET AL) 14. November 2000 (2000-11-14)	1,3-5,9, 13,16, 17,19 12,20 2,15,18	F23R3/00 F23M5/04 F23M5/00
Y A	* Abbildungen 1,2 * * Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 52 * * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 6 * * Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 41 * * Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 4, Zeile 3 * -----		
X	US 5 957 067 A (DOEBBELING ET AL) 28. September 1999 (1999-09-28) * Abbildungen 1,2 * * Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 53 * * Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 27 * * Spalte 4, Zeile 7 - Zeile 21 *	1-3,10, 13-19	
X	US 5 083 424 A (BECKER ET AL) 28. Januar 1992 (1992-01-28) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----	1,2,10, 13,14, 16,19	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
Y	US 6 267 066 B1 (SCHICKLING JAY S ET AL) 31. Juli 2001 (2001-07-31) * Abbildungen 12-15 *	12,20	F23R F23M
A	EP 0 706 009 A (SOLAR TURBINES INCORPORATED) 10. April 1996 (1996-04-10) * Spalte 7, Zeile 21 - Zeile 54; Abbildungen 2,7 * -----	12,20	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2005	Prüfer Coquaau, S
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 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			

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

EP 05 01 4474

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.

15-12-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6145452	A	14-11-2000	DE EP JP	59706558 D1 0895028 A1 11094242 A	11-04-2002 03-02-1999 09-04-1999
US 5957067	A	28-09-1999	DE EP JP	59706557 D1 0895027 A1 11094241 A	11-04-2002 03-02-1999 09-04-1999
US 5083424	A	28-01-1992	WO EP IN JP	8912789 A1 0419487 A1 171210 A1 3504999 T	28-12-1989 03-04-1991 15-08-1992 31-10-1991
US 6267066	B1	31-07-2001		KEINE	
EP 0706009	A	10-04-1996	JP US	8121772 A 5636508 A	17-05-1996 10-06-1997

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0558540 B1 **[0005]**
- EP 1302723 A1 **[0011]**