

(19)



(11)

EP 2 554 904 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

06.02.2013 Patentblatt 2013/06

(51) Int Cl.:

F23R 3/00 (2006.01)

F23M 5/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12179345.9**

(22) Anmeldetag: **06.08.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

(30) Priorität: **04.08.2011 DE 102011052413**

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.
51147 Köln (DE)**

(72) Erfinder:

- **Hald, Hermann
71287 Weissach (DE)**
- **Ortelt, Markus
74223 Flein (DE)**
- **Greuel, Dirk
74219 Möckmühl (DE)**

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner
Patentanwälte
Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart (DE)**

(54) Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung

(57) Es wird eine Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung (10) bereitgestellt, umfassend eine erste Wandeinrichtung (28), welche mit einer Innenseite einen Brennraum oder einen Schubraum (14) begrenzt, und eine zweite Wandeinrichtung (36), welche mit einer Innenseite (38) einer Außenseite (32) der ersten Wandeinrichtung zugewandt ist, wobei die erste Wandeinrichtung aus einem keramischen Verbundwerkstoff hergestellt ist, und eine Kühlkanaleinrichtung (54) zur

Kühlung der ersten Wandeinrichtung mit einem Kühlfluid, welche mindestens einen Kühlkanal (56) umfasst, welcher an der ersten Wandeinrichtung und/oder der zweiten Wandeinrichtung und/oder zwischen der ersten Wandeinrichtung und der zweiten Wandeinrichtung angeordnet oder gebildet ist, wobei in der ersten Wandeinrichtung Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit angeordnet sind, welche in Wärmetransportrichtung von der Innenseite weg angeordnet sind und welche eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 100 W/mK aufweisen.

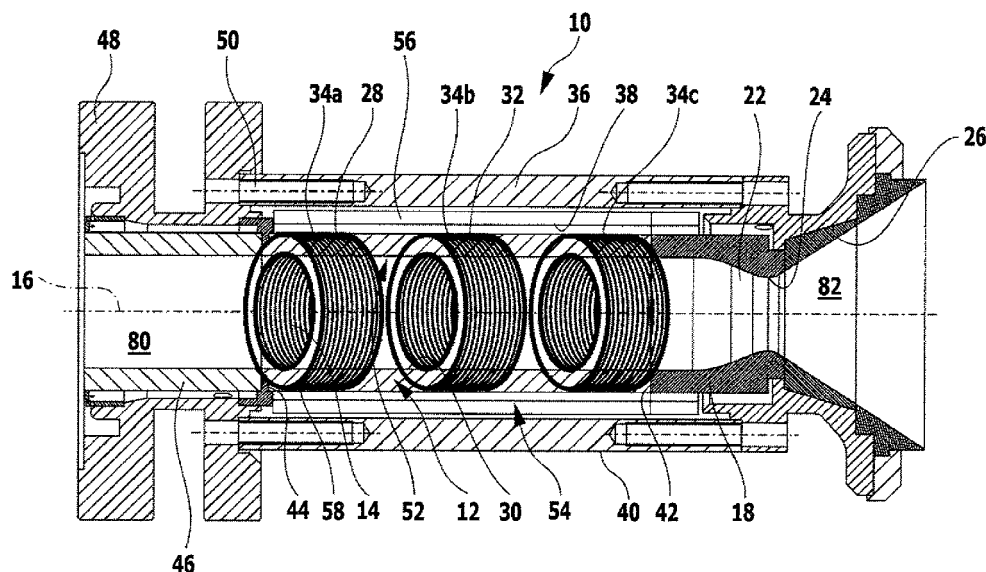


FIG.1

EP 2 554 904 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung.

[0002] Aus der EP 1 748 253 A2 ist eine Brennkammer, umfassend einen Außenmantel und einen Innenmantel, welcher einen Brennraum begrenzt und welcher zur Effusionskühlung oder Transpirationskühlung fluiddurchlässig ist, bekannt, wobei der Innenmantel eine Mehrzahl von längs einer axialen Achse aufeinander folgenden Scheibenelementen umfasst.

[0003] In einer Brennkammervorrichtung wird ein Brennstoff mit einem Oxidator verbrannt und über Verbrennungsgase lässt sich ein Schub erzeugen. Eine Brennkammervorrichtung ist ein spezielles Beispiel für eine Schubkammervorrichtung. Ein Schub lässt sich über Gase erzeugen, auch wenn keine Verbrennung stattfindet, indem beispielsweise ein Gas auf andere Weise wie nuklear erhitzt wird.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkammervorrichtung mit hoher struktureller Stabilität und hoher Temperaturbeständigkeit bereitzustellen.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eine erste Wandeinrichtung vorgesehen ist, welche mit einer Innenseite einen Brennraum oder einen Schubraum begrenzt, und eine zweite Wandeinrichtung vorgesehen ist, welche mit der Innenseite einer Außenseite der ersten Wandeinrichtung zugewandt ist, vorgesehen ist, wobei die erste Wandeinrichtung aus einem keramischen Verbundwerkstoff hergestellt ist, und eine Kühlkanaleinrichtung zur Kühlung der ersten Wandeinrichtung mit einem Kühlfluid, welche mindestens einen Kühlkanal umfasst, welcher an der ersten Wandeinrichtung und/oder der zweiten Wandeinrichtung und/oder zwischen der ersten Wandeinrichtung und der zweiten Wandeinrichtung angeordnet oder gebildet ist, vorgesehen ist, wobei in der ersten Wandeinrichtung Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit angeordnet sind, welche in Wärmetransportrichtung von der Innenseite weg angeordnet sind und welche eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 100 W/mK aufweisen.

[0006] Ein keramischer Verbundwerkstoff wie beispielsweise ein carbidkeramisches Material oder oxidkeramisches Material weist grundsätzlich eine hohe Temperaturbeständigkeit auf. Das Material weist insbesondere im Vergleich zu einem metallischen Material einen relativ geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten auf. Wenn die erste Wandeinrichtung entsprechend dick ist, dann ist sie entsprechend strukturell stabil und es lässt sich eine hohe Temperatur an einer Heißgasseite erreichen. Dadurch kann über die erste Wandeinrichtung ein hoher Temperaturgradient entstehen. Dies kann aber zu hohen thermischen Spannungen mit den entsprechenden Materialproblemen führen. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass gezielte Wärmeleitpfade über in der ersten Wärmeleiteinrichtung angeordnete Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit bereitgestellt sind. Dadurch lässt sich auf effektive Weise von der Innenseite der er-

sten Wandeinrichtung Wärme in die Kühlkanaleinrichtung abkoppeln, wobei ein Kühlfluid wie beispielsweise Wasserstoff dann für eine regenerative Kühlung sorgt. Es lässt sich dadurch bei hoher struktureller Integrität eine hohe Kühleffizienz erreichen.

[0007] Die Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit weisen eine Wärmeleitfähigkeit (insbesondere integrale Wärmeleitfähigkeit) von mindestens 100 W/mK, vorzugsweise mindestens 300 W/mK, und insbesondere bis über 600 W/mK auf. Dadurch lässt sich eine effektive Wärmeableitung erreichen.

[0008] Die Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit sind in der Matrix des keramischen Verbundwerkstoffs geschützt angeordnet.

[0009] Insbesondere enden Faserenden von Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit an oder in der Nähe der Innenseite der ersten Wandeinrichtung. Es lassen sich dadurch effektive Wärmeleitpfade entlang der entsprechenden Fasern bereitstellen. Weiterhin lässt sich beispielsweise die Innenseite dann gut abschleifen und es lässt sich eine homogene raue Oberfläche erhalten, welche wiederum ein guter Träger für eine Beschichtung ist.

[0010] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit von der Innenseite der ersten Wandeinrichtung zu dem mindestens einen Kanal geführt sind. Dadurch lässt sich effektiv Wärme in einen Kanal ableiten, in dem ein Kühlfluid strömt.

[0011] Es ist ferner günstig, wenn Faserenden von Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit an einem Strömungsraum oder in der Nähe eines Strömungsraums des mindestens einen Kanals enden. Dadurch wird ein effektiver Wärmeleitpfad über eine Faser bereitgestellt.

[0012] Günstigerweise weist der mindestens eine Kanal eine Erstreckungsrichtung auf, welche mindestens näherungsweise parallel zu einer axialen Achse der ersten Wandeinrichtung ist. Es ist dabei vorteilhaft, wenn ein Kühlfluid entgegen einer Hauptströmungsrichtung in dem Brennraum oder Schubraum geführt ist. Dadurch lässt sich eine effektive Kühlung im Gegenstromprinzip erreichen. Ferner lässt sich beispielsweise ein Kühlfluid, welches dann als Brennstoff verwendet wird, vorwärmen.

[0013] Bei einer Ausführungsform ist es vorgesehen, dass Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit mindestens näherungsweise in radialer Richtung bezogen auf eine axiale Achse der ersten Wandeinrichtung ausgerichtet sind. Dadurch lässt sich, wenn die erste Wandeinrichtung eine gleichmäßige Dicke aufweist, ein Wärmeleitpfad minimierter Länge bereitstellen und dadurch lässt sich effektiv Wärme abführen. Es müssen dabei nicht alle Fasern radial ausgerichtet sein. Es ist insbesondere vorgesehen, dass die überwiegende Anzahl der Fasern (beispielsweise mehr als 70 %) mindestens näherungsweise radial ausgerichtet sind.

[0014] Die erste Wandeinrichtung ist insbesondere als Innenliner ausgebildet. Die zweite Wandeinrichtung umgibt die erste Wandeinrichtung. Die zweite Wandeinrich-

tung ist insbesondere als Außenliner ausgebildet.

[0015] Bei einer Ausführungsform sind an der ersten Wandeinrichtung im Bereich der Außenseite eine Mehrzahl von Kühlkanälen gebildet, welche in einer Umfangsrichtung beabstandet sind. Die Kühlkanäle sind dadurch in die erste Wandeinrichtung integriert, welche insbesondere dann an ihrem Umfang einen mäanderförmigen Verlauf hat.

[0016] Es ist günstig, wenn die Kühlkanäle in der Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordnet sind. Dadurch lässt sich eine gleichmäßige Kühlung über die gesamte Oberfläche der ersten Wandeinrichtung erreichen.

[0017] Es kann vorgesehen sein, dass zwischen der ersten Wandeinrichtung und der zweiten Wandeinrichtung eine thermische Sperreinrichtung angeordnet ist, insbesondere wenn die zweite Wandeinrichtung ohne thermische Sperreinrichtung in direktem thermischen Kontakt stehen würde. Die thermische Sperreinrichtung ist aus einem Material mit niedriger Wärmeleitfähigkeit hergestellt. Es lässt sich dadurch verhindern, dass ein Wärmeleitpfad von der ersten Wandeinrichtung direkt in die zweite Wandeinrichtung führt. Die thermische Sperreinrichtung selber kann beispielsweise porös ausgebildet sein, um über Kühlfluid beispielsweise eine Transpirationskühlung dort zu erreichen. Die thermische Sperrereinrichtung ist beispielsweise durch eine (Flächen-)Beschichtung oder ein Rohrelement gebildet.

[0018] Bei einer Ausführungsform ist die thermische Sperreinrichtung durch mindestens ein Rohrelement gebildet. Dieses Rohrelement lässt sich über die erste Wandeinrichtung anordnen, um so eine effektive thermische Entkopplung von der zweiten Wandeinrichtung zu erhalten.

[0019] Beispielsweise sind die Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit C-Fasern. Diese Fasern sind dabei in der ersten Wandeinrichtung erhalten, das heißt es liegen C-Pfade im keramischen Material von der Innenseite zu der Außenseite vor, welche durchgehend und ununterbrochen sind.

[0020] Bei einer fertigungstechnisch günstigen Ausführungsform weist die erste Wandeinrichtung eine Mehrzahl von axial hintereinander angeordneten Segmenten auf. Dadurch lässt sich beispielsweise ein rotationssymmetrischer Brennraum auf einfache Weise herstellen. Es wird in diesem Zusammenhang auf die EP 1 748 253 A2 verwiesen, auf die ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0021] Insbesondere weisen benachbarte Segmente unterschiedliche Faserorientierungen in einer Faserverstärkungsmatrix auf. Dadurch lässt sich eine erste Wandeinrichtung bereitstellen, welche eine hohe thermische Beständigkeit mit geringer thermischer Ausdehnung aufweist.

[0022] Beispielsweise sind Segmente oder Segmentgruppen axial verspannt in der zweiten Wandeinrichtung positioniert. Dadurch lässt sich auf einfache Weise eine entsprechende Brennkammervorrichtung herstellen.

[0023] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn die erste Wandeinrichtung mindestens teilweise fluidundurchlässig ausgebildet ist. Dadurch lässt sich auf effektive Weise eine regenerative Kühlung erreichen. Das Kühlfluid nimmt Wärme auf und führt diese ab. Bei einer teilweisen Fluiddurchlässigkeit durch Vorsehen von entsprechenden Kanälen bzw. Poren kann an bestimmten Stellen ein Transpirationskühlungseffekt erreicht werden. Es ist beispielsweise auch möglich, dass lokal sich Kühlfluidfilme in dem Brennraum an der ersten Wandeinrichtung ausbilden können. Dadurch kann beispielsweise lokal die Wandreibung und der Wandwärmeübergang herabgesetzt werden.

[0024] Eine Fluidundurchlässigkeit lässt sich beispielsweise dadurch erreichen, dass die erste Wandeinrichtung an der Außenseite eine fluidundurchlässige Beschichtung aufweist. Beispielsweise ist eine Kupferbeschichtung vorgesehen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass der Werkstoff der ersten Wandeinrichtung geschlossene Poren aufweist oder porenfrei ist. Bei der Herstellung der ersten Wandeinrichtung wird dafür gesorgt, dass diese porenfrei ist bzw. entstandene Poren werden durch entsprechende Imprägnierung geschlossen.

[0025] Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Volumenanteil von Fasern hoher Wärmeleitfähigkeit der ersten Wandeinrichtung mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 %, insbesondere mindestens 50 %, vorzugsweise mindestens 60 % und vorzugsweise mindestens 65 % oder mindestens 70 % erreicht. Dadurch lässt sich eine hohe integrale Wärmeleitfähigkeit von beispielsweise mehr als 300 W/mK durch die erste Wandeinrichtung erreichen.

[0026] Günstigerweise ist der Brennraum oder Schubraum rotationssymmetrisch zu einer axialen Achse ausgebildet. Dadurch ergeben sich effektive Strömungsverhältnisse.

[0027] Die erste Wandeinrichtung ist insbesondere aus einem carbidkeramischen oder oxidkeramischen Material oder hochwärmeleitfähigen Kohlenstoffwerkstoff (wie C/C) hergestellt. Bei dem carbidkeramischen Material kann es sich beispielsweise um ein C-XC- bzw. C/C-XC-Carbidmaterial handeln, wobei X ein Carbidbildner wie Silizium ist.

[0028] Bei einer Ausführungsform ist es vorgesehen, dass die zweite Wandeinrichtung aus einem Faserverbundwerkstoff hergestellt ist. Die Brennkammervorrichtung lässt sich dadurch mit geringem Gewicht herstellen.

[0029] Es kann günstig sein, wenn die erste Wandeinrichtung an der Innenseite beschichtet ist. Als Beschichtungsmaterial wird ein Material mit hoher Temperaturbeständigkeit und möglichst hoher thermischer Leitfähigkeit verwendet. Dadurch werden "hot spots" mit den entsprechenden Materialproblemen vermieden. Insbesondere wird ein Keramikmaterial verwendet. Dadurch lässt sich ein höherer Temperaturgradient über die erste Wandeinrichtung aufbauen, um für einen effektiven Wärmetransport zu sorgen.

[0030] Es kann ferner günstig sein, wenn die erste Wandeinrichtung an der Außenseite beschichtet ist. Dadurch kann zum einen eine Fluidundurchlässigkeit der ersten Wandeinrichtung erreicht werden. Es ist dadurch auch möglich, wenn als Beschichtungsmaterial ein Material hoher Wärmeleitfähigkeit wie ein metallisches Material wie beispielsweise Kupfer verwendet wird, für eine gleichmäßige Wärmeverteilung an der Außenseite der ersten Wandeinrichtung zu sorgen.

[0031] Als Kühlfluid wird beispielsweise Wasserstoff oder Methan verwendet. Das entsprechend vorgewärmte Kühlfluid kann dann als Brennstoff eingesetzt werden.

[0032] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit den Zeichnungen der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkammervorrichtung beziehungsweise Schubkammervorrichtung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Segmentgruppe einer ersten Wandeinrichtung (Figur 2(c)) und eines Herstellungsverfahrens;

Figur 3 einen Ausschnitt aus einer ersten Wandeinrichtung und zweiten Wandeinrichtung (Figur 3(a)) und eine vergrößerte Schnittdarstellung eines Ausschnitts aus der ersten Wandeinrichtung (Figur 3(c));

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Teils der ersten Wandeinrichtung und der zweiten Wandeinrichtung mit Strömungsverlauf;

Figur 5 eine Draufsicht auf ein weiteres Ausführungsbeispiel einer ersten Wandeinrichtung.

[0033] Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkammervorrichtung, welches in einer Schnittdarstellung schematisch in Figur 1 gezeigt und dort mit 10 bezeichnet ist, umfasst eine als Ganzes mit 12 bezeichnete Brennkammer. Die Brennkammer weist dabei einen Brennraum 14 auf. Dieser Brennraum 14 ist insbesondere rotationssymmetrisch zu einer axialen Achse 16 ausgebildet ist. Der Brennkammer 12 ist eine geeignete Injektoreinrichtung 46 zugeordnet, durch welche Brennstoff und Oxidator in den Brennraum 14 einblasbar sind. In dem Brennraum 14 erfolgt eine Verbrennung zur entsprechenden Schuberzeugung.

[0034] Die Brennkammervorrichtung 10 weist eine Düseneinrichtung 18 auf, welche sich in einer Hauptströmungsrichtung 20 (vergleiche Figur 4) an den Brennraum anschließt. Die Düseneinrichtung 18 weist einen Düsenraum 22 auf, welcher rotationssymmetrisch ausgebildet ist mit einer Achse, welche koaxial zur axialen Achse 16

ist.

[0035] Die Düseneinrichtung 18 hat eine Querschnittsverengung 24 im Vergleich zu dem Querschnitt des Brennraums 14, an welchen sich eine Erweiterung 26 anschließt. Über die Düseneinrichtung 18 wird ein entsprechender Schub mittels von bei der Verbrennung entstandenen Verbrennungsgasen erzeugt.

[0036] Eine Brennkammervorrichtung ist ein Sonderfall einer Schubkammervorrichtung. Über eine Schubkammervorrichtung lässt sich ein Schub erzeugen, wobei zur Schuberzeugung nicht unbedingt eine Verbrennung stattfinden muss. Beispielsweise können Gase in einer Schubkammer einer Schubkammervorrichtung über nukleare Zerfallsprozesse erhitzt werden.

[0037] Bei der erfindungsgemäßen Lösung sind Brennkammer und Schubkammer grundsätzlich gleich ausgebildet.

[0038] Die Brennkammer 12 umfasst eine erste Wandeinrichtung 28. Die erste Wandeinrichtung ist aus einem keramischen Verbundwerkstoff (CMC-Werkstoff; Ceramic Matrix Composite-Werkstoff) hergestellt. Die erste Wandeinrichtung 28 weist dabei eine Innenseite 30 auf, welche den Brennraum 14 begrenzt. Sie weist weiterhin eine der Innenseite gegenüberliegende Außenseite 32 auf.

[0039] Die erste Wandeinrichtung 28 erstreckt sich längs der axialen Achse 16. Sie ist dabei längs dieser axialen Achse 16 geschlossen ausgebildet. In Figur 1 sind aus darstellerischen Gründen drei Segmentgruppen 34a, 34b, 34c als nicht verbunden gezeigt. Tatsächlich sind die einzelnen Segmentgruppen miteinander verbunden, sodass die erste Wandeinrichtung 28 einen Innenliner (Innenhülle) für den Brennraum 14 bildet.

[0040] Die Segmentgruppen können unlösbar beispielsweise durch Verklebung oder keramisches Fügen miteinander verbunden sein oder sie können lösbar miteinander verbunden sein; beispielsweise können sie über einen axialen Verspanndruck geklemmt sein.

[0041] Die Brennkammervorrichtung 10 umfasst eine zweite Wandeinrichtung 36, welche geschlossen ausgebildet ist und die erste Wandeinrichtung 28 umgibt. Die zweite Wandeinrichtung 36 hat eine Innenseite 38, welche der Außenseite 32 der ersten Wandeinrichtung 28 zugewandt ist. Ferner hat sie eine der Innenseite 38 gegenüberliegende Außenseite 40. Die zweite Wandeinrichtung 36 ist ein Außenliner (Außenhülle) der Brennkammervorrichtung 10. Die Brennkammer 12 mit der ersten Wandeinrichtung 28 ist in der zweiten Wandeinrichtung 36, welche geschlossen ausgebildet ist, angeordnet.

[0042] Die erste Wandeinrichtung 28 sitzt bei einem Ausführungsbeispiel zwischen einer Stirnseite 42 der Düseneinrichtung 18 und einer Stirnseite 44 einer Injektoreinrichtung 46. Die Injektoreinrichtung 46 ist wiederum durch einen Flansch 48 gehalten, welcher über Verbindungselemente 50 wie Bolzen oder dergleichen an der zweiten Wandeinrichtung 36 fixiert ist. Die Stirnseiten 42 und 44 sind insbesondere als Ringflächen ausgebildet.

Zwischen diesen sitzt die erste Wandeinrichtung 28 axial verklemmt.

[0043] Das Material der ersten Wandeinrichtung 28 weist in axialer Richtung einen geringeren (insbesondere wesentlich geringeren) E-Modul auf im Vergleich zu einer radialen Richtung 52 senkrecht dazu. Dadurch lässt sich eine Art von axialer "Federwirkung" erreichen und die erste Wandeinrichtung 28 lässt sich axial zwischen den Stirnseiten 42 und 44 vorspannen. Die erste Wandeinrichtung 28 lässt sich dadurch lose einschieben und es lässt sich auch eine mechanische Entkopplung von der zweiten Wandeinrichtung erreichen.

[0044] Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine als Ganzes mit 54 bezeichnete Kühlkanaleinrichtung vorgesehen, welche einen oder mehrere Kühlkanäle 56 umfasst, durch die ein Kühlkanalfluid an der Außenseite 32 der ersten Wandeinrichtung 28 vorbeiströmbar ist, um eine regenerative Kühlung der ersten Wandeinrichtung 28 zu erreichen.

[0045] Der Kühlkanal 56 oder die Kühlkanäle 56 sind als Ausnehmungen an der zweiten Wandeinrichtung 36 an deren Innenseite 38 gebildet oder zwischen der ersten Wandeinrichtung 28 und der zweiten Wandeinrichtung 36 gebildet und laufen längs der Außenseite 32 an der ersten Wandeinrichtung 28 entlang. Ein entsprechender Kühlkanal 56 ist mindestens näherungsweise parallel zur axialen Achse 16 orientiert.

[0046] Es können dabei mehrere beabstandete Kühlkanäle 56 vorgesehen sein, welche umfänglich um die erste Wandeinrichtung 28 verteilt angeordnet sind und insbesondere gleichmäßig verteilt angeordnet sind. Es ist auch möglich, dass ein Kühlkanal 56 vorgesehen ist, welcher ringförmig die erste Wandeinrichtung 28 umgibt.

[0047] Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die erste Wandeinrichtung 28 eine Mehrzahl von in der axialen Richtung 16 hintereinander angeordneten Segmenten 58, welche insbesondere Ringsegmente sind. Benachbarte Segmente 58 sind miteinander verbunden und insbesondere einstückig miteinander verbunden. Es können dabei mehrere Segmente 58 zu Segmentgruppen 34a, 34b, 34c verbunden sein, wobei benachbarte Segmentgruppen 34a, 34b bzw. 34b, 34c wiederum miteinander verbunden sind und insbesondere einstückig miteinander verbunden sind.

[0048] Bei einem Ausführungsbeispiel, welches in der Figur 2 schematisch angedeutet ist, werden Segmente 58 bzw. dann eine Segmentgruppe 34a usw. aus keramischem Verbundmaterial hergestellt, indem zunächst Lagen 60 eines Vorläufermaterials hergestellt sind. Die Lagen 60 umfassen dabei Fasergelege (bzw. Fasergewebe oder Fasergewirke 62) mit beispielsweise senkrecht zu einander orientierten Fasern. In Figur 2(b) sind 0°/90°-Fasergelege 62 angedeutet. Benachbarte Lagen 60 weisen dabei eine unterschiedliche Faserorientierung auf. Beispielsweise beträgt die Faserorientierung bezogen auf benachbarte Lagen $\pm 45^\circ$. Dies ist in Figur 2(b) angedeutet. Ein zu dem Fasergelege benachbartes Fasergelege 64 ist ebenfalls ein 0°/90°-Fasergelege, wobei

eine $\pm 45^\circ$ -Ausrichtung vorliegt.

[0049] Grundsätzlich können die Lagen 60 in beliebigen Winkeln zueinander orientiert sein. Die einzelnen Fasern innerhalb einer Lage 60 können in beliebigen Winkeln zueinander orientiert sein.

[0050] Es werden dabei mehrere Lagen 60 aufgebaut. Dies kann beispielsweise in einer Form erfolgen. Ein solcher Stapel 66 (Figur 2(a)) wird mit einem Kohlenstoff-Precursormaterial und insbesondere einem Harzmaterial infiltriert bzw. die Fasergelege 62 sind bereits mit einem solchen Kohlenstoff-Precursormaterial versehen (Prepreg-Gelege). Aus einem solchen Stapel 66 wird dann nach Aushärtung des Kohlenstoffprecursor-Materials eine Vorläufer-Segmentgruppe 68 ausgeschnitten. Das Ausschneiden kann dabei vor einer Pyrolyse des Stapels 66 oder nach der Pyrolyse erfolgen. Wenn das Ausschneiden vor der Pyrolyse erfolgt, dann ist die Vorläufer-Segmentgruppe 68 ein Harz-Fasergelegekörper (beziehungsweise Harz-Fasergewebekörper, Harz-Fasergewirkekörper usw.). Wenn das Ausschneiden nach der Pyrolyse erfolgt, dann ist der Vorläufer-Segmentgruppe-Körper ein Kohlenstoffkörper.

[0051] Der entsprechende Kohlenstoffkörper nach der Pyrolyse wird dann keramisiert. Beispielsweise erfolgt eine Keramisierung mittels des LSI-Verfahrens (Liquid Silicon Infiltration), bei dem dem porösen Kohlenstoffkörper flüssiges Silizium zugeführt wird. Dieses flüssige Silizium reagiert mit Kohlenstoff zu Siliziumkarbid. Es entsteht dann ein carbidkeramischer C/C-SiC-Körper, wenn die Fasern der Fasergelege 62, 64 Kohlenstofffasern waren und bei denen eine Vorläuferpolymer-Kunststoffmatrix in Kohlenstoff umgewandelt wurde. Bei alternativen Keramisierungsverfahren, wie beispielsweise CVI, LPI usw. entsteht in der Regel ein C-SiC-Werkstoff. Bei solchen Keramisierungsverfahren reagieren die Kohlenstofffasern nur marginal mit dem Silicium.

[0052] Anstatt Silizium kann auch ein anderer Carbidbildner verwendet werden.

[0053] Üblicherweise tritt bei der Pyrolyse eine Schrumpfung auf. Es ist deshalb vorteilhaft, wenn die Pyrolyse an dem Stapel 66 durchgeführt wird und dann der Vorläufer-Segmentgruppen-Körper 68 hergestellt wird.

[0054] Es lässt sich so die erste Wandeinrichtung 38 aus einem Stück herstellen oder es werden mehrere Segmentgruppen 34a, 34b, 34c hergestellt. Es können auch verschiedene Vorläufer-Segmentgruppen-Körper hergestellt werden, welche dann beispielsweise bei der Keramisierung miteinander gefügt oder beispielsweise auch geklebt werden. Die Segmentgruppen 34a, 34b, 34c beziehungsweise Vorläufer-Segmentgruppen-Körper 68 können bei gewährleisteter Zentrierung auch nur durch äußere Verspannung axial gegeneinander geklemmt werden.

[0055] In Figur 3(a) ist ein Ausschnitt aus der Brennkammer 12 gezeigt. In Figur 3(b) ist ein Ausschnitt aus der ersten Wandeinrichtung schematisch gezeigt. Unterschiedliche Segmente 58 haben unterschiedliche Faser-

orientierungen (vergleiche Figur 2(b)).

[0056] Erfindungsgemäß ist es nun vorgesehen, dass in der ersten Wandeinrichtung 28 Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit angeordnet sind. Die Wärmeleitfähigkeit (integral) beträgt dabei mindestens 100 W/mK und vorzugsweise mindestens 300 W/mK. Sie kann beispielsweise auch 1000 W/mK oder mehr erreichen. Die Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit sind dabei in einer Wärmetransportrichtung 72 von dem Brennraum 14 (bzw. Schubraum) weg ausgerichtet.

[0057] Die Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit sind beispielsweise C-Fasern. Sie sind dabei als Fasern in der ersten Wandeinrichtung 28 erhalten. Die C-Fasern bleiben bei der Pyrolyse erhalten. Ein Oxidationsschutz für den Betriebseinsatz kann bei Bedarf durch Keramisierung mit Carbidbildner erreicht werden, oder durch Einbringen zusätzlicher oxidischer Faserkomponenten beziehungsweise Matrixkomponenten.

[0058] Die Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit verlaufen von der Innenseite 30 zu der Außenseite 32 in einen Kühlkanal 56. Eine entsprechende Faser 70 endet mit einem entsprechenden Faserende an der Innenseite 30 und mit dem gegenüberliegenden Faserende in einem Strömungsraum 74 des entsprechenden Kanals 56. Die entsprechenden Faserenden können dabei direkt an der Innenseite 30 bzw. Außenseite 32 enden oder es kann dort noch eine entsprechende Beschichtung vorhanden sein, wie untenstehend noch näher erläutert wird.

[0059] Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit (insbesondere alle oder die meisten Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit) sind quer und insbesondere senkrecht zu der axialen Achse 16 orientiert. Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit sind insbesondere radial (das heißt parallel zur radialen Richtung 52) orientiert. Insbesondere sind die meisten der Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit in mindestens näherungsweise radialer Richtung orientiert. Die radiale Richtung 52 ist eine Richtung, in welcher der Abstand zwischen der Innenseite 30 und der Außenseite 32 am kleinsten ist.

[0060] Es können auch Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit vorgesehen sein, welche nicht in radialer Richtung orientiert sind.

[0061] Es ist insbesondere vorgesehen, dass Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit in der ersten Wandeinrichtung 28 mindestens 30 %, vorzugsweise mindestens 40 % und insbesondere vorzugsweise mindestens 50 % und vorzugsweise mindestens 55 %, oder mindestens 60 %, oder mindestens 65 % beträgt. Bei einer Ausführungsform beträgt der Volumenanteil ca. 70 %.

[0062] Durch die Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit lässt sich in der Wärmetransportrichtung 72 gezielt Wärme von der Innenseite 38 in die Kühlkanaleinrichtung 54 abführen. Dadurch wiederum lässt sich auf effektive Weise die Brennkammer 12 bzw. Schubkammer regenerativ kühlen.

[0063] Grundsätzlich ist es so, dass, um eine Überhitzung der ersten Wandeinrichtung 28 zu verhindern, das entsprechende Wandmaterial eine hohe Temperaturbe-

ständigkeit aufweisen muss und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen muss. Je stabiler und damit vor allem je dicker die erste Wandeinrichtung 28 ist, desto höher ist die Temperatur an einer Heißgasseite, das heißt an der Innenseite 30. Ein hoher lokaler Temperaturgradient bedeutet in der Regel, dass hohe Thermospannungen vorliegen, was wiederum zu Materialproblemen (insbesondere Materialermüdung) führen kann. Ein keramischer Verbundwerkstoff weist einerseits eine hohe Temperaturbeständigkeit auf und eine geringe thermische Ausdehnung. Die Kombination aus hoher Temperaturbeständigkeit, hoher Wärmeleitfähigkeit und geringer thermischer Sprödigkeit ermöglicht hohe Temperaturgradienten über das Wandprofil hinweg von der Heißgasseite bis zu dem Kühlkanal 56. Hohe Temperaturgradienten ermöglichen zudem einen bestimmten und notwendigen Wärmeabfluss in die erste Wandeinrichtung 28 bei bereits geringeren Wärmeleitfähigkeiten und größeren Wandstärken als beispielsweise bei metallischen Wandstrukturen.

[0064] Durch das Vorsehen von Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit zur Bereitstellung definierter Wärmetransportpfade und damit zur Erhöhung der integralen Wärmeleitfähigkeit, erhält man bei großer struktureller Integrität eine hohe Kühleffizienz.

[0065] Es ist grundsätzlich vorgesehen, dass die erste Wandeinrichtung 28 fluiddicht ausgebildet ist. Dies lässt sich auf unterschiedliche Arten und Weisen erreichen. Bei einer Ausführungsform weist die erste Wandeinrichtung 28 an der Außenseite 82 eine fluidundurchlässige Beschichtung auf. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass der Werkstoff der ersten Wandeinrichtung 28 geschlossene Poren aufweist, oder porenfrei ist. Falls Poren vorhanden sind, dann lassen sich diese durch eine entsprechende Imprägnierung schließen. Es kann beispielsweise auch bei der Keramisierung dafür gesorgt werden, dass der keramische Werkstoff porenfrei ist bzw. geschlossene Poren aufweist.

[0066] Es kann vorgesehen sein, dass die erste Wandeinrichtung 28 partiell durchlässig ist zwischen dem Brennraum 14 (bzw. Schubraum) und der Kühlkanaleinrichtung 54. Dadurch kann Kühlfluid, welches insbesondere Brennstoff wie Wasserstoff ist, durch die erste Wandeinrichtung hindurch in den Brennraum 14 gelangen. Dadurch kann ein bestimmter Anteil einer Transpiration durch die erste Wandeinrichtung 28 in bestimmten Bereichen erfolgen. Dadurch wiederum kann eine Transpirationskühlung an diesen bestimmten Bereichen erfolgen und es kann sich beispielsweise ein Film an Kühlfluid an der Innenseite 30 der ersten Wandeinrichtung 28 in bestimmten Bereichen ausbilden. Ein solcher Film reduziert beispielsweise die Wandreibung und verringert dadurch Drosselverluste. Es kann, wie erläutert, auch eine zusätzliche Kühlwirkung über Transpirationskühlung erfolgen.

[0067] Die Innenseite 30 und die Außenseite 32 lassen sich gut schleifen und auch beschichten, da Faserenden an der Innenseite 30 und der Außenseite 32 enden. Da-

durch kann es nicht zum Aufspleißen von Fasern kommen. Eine Schleiffläche besitzt dann eine homogene Rauigkeit. Dadurch wiederum lassen sich Beschichtungen gut haftend aufbringen. Beispielsweise lassen sich dann Sputter-Schichten, Plasmabeschichtungen, Galvanikbeschichtungen usw. herstellen.

[0068] Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Außenseite 32 mit einer Beschichtung 76, wie in Figur 3(c) angedeutet, versehen. Die Beschichtung 76 ist insbesondere aus einem metallischen Material hergestellt und erstreckt sich über die gesamte Außenseite 32.

[0069] Dadurch wird eine fluiddichte Ausbildung der ersten Wandeinrichtung 28 erreicht.

[0070] Durch das Vorsehen der Beschichtung 76 aus einem metallischen Material hoher Wärmeleitfähigkeit wie Kupfer wird erreicht, dass sich eine homogene Temperaturverteilung auf der Außenseite 32 der ersten Wandeinrichtung 28 ausbildet. Dadurch wiederum werden lokale Spitzenbelastungen des Materials der ersten Wandeinrichtung 28 verhindert.

[0071] Die Innenseite 30 kann mit einer Beschichtung 78 (vergleiche Figur 3(c)) versehen sein. Diese Beschichtung ist vorzugsweise aus einem Material mit hohem Wärmeübergang zur ersten Wandeinrichtung 28 hergestellt. Insbesondere ist sie aus einem keramischen Material (carbidkeramisch oder oxidkeramisch) hergestellt. Ein mögliches Material ist beispielsweise Siliziumcarbid. Durch Verwendung eines solchen Materials, welches eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist, kann ein höherer Temperaturgradient zwischen der Innenseite 30 und der Außenseite 32 erreicht werden. Ein solcher höherer Gradient wiederum sorgt für einen effektiven Wärmetransport und dadurch für eine effektive Kühlwirkung.

[0072] Die Fasern 70 in der ersten Wandeinrichtung 28 sind effektiv geschützt in einer Matrix, dem keramischen Verbundwerkstoff, geschützt angeordnet.

[0073] Wie oben erwähnt, kann die erste Wandeinrichtung 28 beispielsweise aus einem carbidkeramischen Material hergestellt sein. Sie kann beispielsweise auch aus einem oxidkeramischen Material hergestellt sein.

[0074] Die Brennkammervorrichtung funktioniert wie folgt:

Die Brennkammervorrichtung 10 wird in einem Beispiel erläutert, bei dem in dem Brennraum 14 eine Verbrennung stattfindet. Wasserstoff und Oxidator werden über die Injektoreinrichtung 46 in den Brennraum 14 eingekoppelt.

Eine Hauptströmungsrichtung 20 in dem Brennraum 14 ist dabei parallel zur axialen Achse 16 (vergleiche Figur 4). Beispielsweise ist in einem Brennraumbereich 80 (Figur 1), die Strömung subsonisch, das heißt es liegt eine Unterschallströmung vor. An der Düsenrichtung 18 liegt an den Bereichen 24, 26 ein Überschallströmungsbereich 82 vor.

[0075] Kühlfluid, insbesondere Wasserstoff, wird

durch den oder die Kühlkanäle 56 in einer Strömungsrichtung 84 durchgeführt, welche entgegen der Hauptströmungsrichtung 20 in dem Brennraum 14 ist. Das Kühlfluid nimmt Wärme auf, welche über die erste Wandeinrichtung 28 bereitgestellt wird, und wird dabei vorgewärmt. Das vorgewärmte Kühlfluid wird dann, wenn es Brennstoff ist, über die Injektoreinrichtung 46 in den Brennraum 14 eingespritzt. Das Kühlfluid ist beispielsweise Wasserstoff und insbesondere flüssiger Wasserstoff. Über die Fasern 70 hoher Wärmeleitfähigkeit wird effektiv Wärme von der Innenseite 30 zu der Außenseite 32 der ersten Wandeinrichtung 28 abgeführt.

[0076] Die Strömungsrichtung 84 kann auch in umgekehrter Richtung ausgeführt sein.

[0077] Beispielsweise bei einem Expander-Zyklus eines europäischen VINCI-Oberstufentriebwerks wird der vorgewärmte Brennstoff vor der Einspritzung an einem Injektor noch mittels Enthalpieabgabe zum Betrieb von Turbopumpen verwendet, das heißt Brennstoff, welcher in der entsprechenden (Regenerativ-)Kühlkanaleinrichtung, welcher einer Brennkammer beziehungsweise Schubkammer zugeordnet ist, aufgeheizt wurde, gibt die dabei aufgenommene Enthalpie beim Durchströmen einer Turbine an diese ab, bevor der Brennstoff in einem Einspritzkopf in den Brennraum injiziert wird. Mit dem Brennstoff wird dann beim Expander-Zyklus auch eine Turbopumpe betrieben. Eine Strömungsrichtung des Kühlfluids kann dabei parallel zur Hauptströmungsrichtung einer Heißgasströmung im Brennraum sein (Co-Flow) oder entgegengesetzt (Counter-Flow).

[0078] Bei einer weiteren Ausführungsform einer Brennkammer 86, welche in Figur 5 in einem Querschnitt schematisch gezeigt und dort mit 86 bezeichnet ist, ist eine erste Wandeinrichtung 88 vorgesehen, welche einen um die axiale Achse 16 (für gleiche Elemente wie bei der Brennkammer 12 werden gleiche Bezugszeichen verwendet) rotationssymmetrisch den Brennraum 90 begrenzt. Die erste Wandeinrichtung ist aus einem keramischen Verbundmaterial hergestellt. Sie hat eine Innenseite 92, welche den Brennraum begrenzt, und eine Außenseite 94. Im Bereich der Außenseite 94 sind in der ersten Wandeinrichtung 88 Kühlkanäle 96 der Kühlkanaleinrichtung 54 gebildet. Die Kühlkanäle 96 sind dabei umfänglich an der Außenseite 94 angeordnet. Benachbarte Kühlkanäle 96a, 96b sind in Umfangsrichtung beabstandet zueinander mit einem dazwischen liegenden Steg 98. Insbesondere sind die Kühlkanäle 96 gleichmäßig verteilt um den Umfang der ersten Wandeinrichtung 88 an der Außenseite 94 angeordnet.

[0079] Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Kühlkanäle 96 in die erste Wandeinrichtung 88 integriert. Die erste Wandeinrichtung 88 ist dadurch an der Außenseite 94 entsprechend mäanderrförmig ausgebildet.

[0080] An der Innenseite 92 und/oder der Außenseite 94 kann dabei wie oben beschrieben eine Beschichtung vorgesehen sein.

[0081] Die Kühlkanäle 96 sind dabei parallel zur axialen Achse 16 orientiert.

[0082] Insbesondere kann eine thermische Sperreinrichtung 100 vorgesehen sein. Dieses ist um die Außenseite 94 der ersten Wandeinrichtung 88 angeordnet. Durch die thermische Sperreinrichtung lässt sich ein hoher Wärmeeintrag in eine zweite Wandeinrichtung, welche die erste Wandeinrichtung 88 umgibt, verhindern. (Über die Stege 98 kann grundsätzlich ein solcher hoher Wärmeeintrag erfolgen.) Die thermische Sperreinrichtung 100 liegt zwischen einer Außenseite der Stege 98 und der zweiten Wandeinrichtung als Außenliner. Die thermische Sperreinrichtung 100 ist beispielsweise durch ein Rohrelement 102 gebildet, welches über die erste Wandeinrichtung 84 übergeschoben ist.

[0083] Die thermische Sperreinrichtung 100 stellt eine thermische Isolationsschicht bereit. Sie ist beispielsweise aus einem schlecht Wärme leitenden faserkeramischen Material beispielsweise auf Aluminiumoxidbasis hergestellt.

[0084] Es kann dabei vorgesehen sein, dass diese thermische Sperreinrichtung eine gewisse offene Porosität aufweist. Dann lässt sich diese thermische Sperrereinrichtung 100 durch "kaltes" Kühlfluid sättigen und zusätzlich kühlen.

[0085] Ansonsten funktioniert die Brennkammer 86 wie oben beschrieben.

[0086] Die erfindungsgemäße Brennkammervorrichtung ist beispielsweise Teil einer Antriebsvorrichtung eines Flugkörpers und insbesondere einer Rakete.

Bezugszeichenliste

[0087]

10	Brennkammervorrichtung
12	Brennkammer
14	Brennraum
16	Axiale Achse
18	Düseneinrichtung
20	(Haupt-)Strömungsrichtung
22	Düsenraum
24	Querschnittsverengung
26	Erweiterung
28	Erste Wandeinrichtung
30	Innenseite
32	Außenseite
34a, b, c	Segmentgruppe
36	Zweite Wandeinrichtung
38	Innenseite
40	Außenseite
42	Stirnseite
44	Stirnseite
46	Injektoreinrichtung
48	Flansch
50	Verbindungselement
52	Radiale Richtung
54	Kühlkanaleinrichtung
56	Kühlkanal
58	Segmente

60	Lagen
62	Fasergelege
64	Fasergelege
66	Stapel
5 68	Vorläufer-Segmentgruppen-Körper
70	Faser
72	Wärmetransportrichtung
74	Strömungsraum
76	Beschichtung
10 78	Beschichtung
80	Brennraumbereich
82	Überschallströmungsbereich
84	Strömungsrichtung
86	Brennkammer
15 88	Erste Wandeinrichtung
90	Brennraum
92	Innenseite
94	Außenseite
96	Kühlkanal
20 96a, b, c	Kühlkanal
98	Steg
100	Thermische Sperreinrichtung
102	Rohrelement

25

Patentansprüche

1. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung, umfassend eine erste Wandeinrichtung (28; 88), welche mit einer Innenseite (30; 92) einen Brennraum (14; 90) oder einen Schubraum begrenzt, und eine zweite Wandeinrichtung (36), welche mit einer Innenseite (38) einer Außenseite (32; 94) der ersten Wandeinrichtung (28; 88) zugewandt ist, wobei die erste Wandeinrichtung (28; 88) aus einem keramischen Verbundwerkstoff hergestellt ist, und eine Kühlkanalrichtung (54) zur Kühlung der ersten Wandeinrichtung (28; 88) mit einem Kühlfluid, welche mindestens einen Kühlkanal (56; 96) umfasst, welcher an der ersten Wandeinrichtung (84) und/oder der zweiten Wandeinrichtung (36) und/oder zwischen der ersten Wandeinrichtung und der zweiten Wandeinrichtung angeordnet oder gebildet ist, wobei in der ersten Wandeinrichtung (28) Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit angeordnet sind, welche in Wärmetransportrichtung (72) von der Innenseite (30; 92) weg angeordnet sind und welche eine Wärmeleitfähigkeit von mindestens 100 W/mK aufweisen.
2. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Faserenden von Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit an oder in der Nähe der Innenseite (30; 92) der ersten Wandeinrichtung (28; 88) enden.
3. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,**

- zeichnet, dass** Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit von der Innenseite (30; 92) der ersten Wandeinrichtung zu dem mindestens einen Kanal (56; 96) geführt sind, und insbesondere, dass Faserenden von Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit an einem Strömungsraum (74) oder in der Nähe eines Strömungsraums (74) des mindestens einen Kanals (56; 96) enden.
4. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Kanal (56; 96) eine Erstreckungsrichtung aufweist, welche mindestens näherungsweise parallel zu einer axialen Achse (16) der ersten Wandeinrichtung (28; 88) ist. 5
 5. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit mindestens näherungsweise in radialer Richtung (52) bezogen auf eine axiale Achse (16) der ersten Wandeinrichtung (28; 88) ausgerichtet sind. 10
 6. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wandeinrichtung (28; 88) als Innenliner ausgebildet ist und/oder dass die zweite Wandeinrichtung (36) die erste Wandeinrichtung (28; 88) umgibt und/oder dass die zweite Wandeinrichtung (88) als Außenliner ausgebildet ist. 15
 7. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der ersten Wandeinrichtung (88) im Bereich der Außenseite (94) eine Mehrzahl von Kühlkanälen (96) gebildet sind, welche in einer Umfangsrichtung beabstandet zueinander sind, und insbesondere, dass die Kühlkanäle (96) in der Umfangsrichtung gleichmäßig verteilt angeordnet sind. 20
 8. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der ersten Wandeinrichtung (88) und der zweiten Wandeinrichtung eine thermische Sperreinrichtung (100) angeordnet ist, und insbesondere, dass die thermische Sperreinrichtung (100) durch mindestens ein Rohrelement (102) gebildet ist. 25
 9. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit C-Fasern umfassen. 30
 10. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wandeinrichtung (28; 88) eine Mehrzahl von axial hintereinander angeordneten Segmenten (58) aufweist, und insbesondere, dass benachbarte Segmente (58) unterschiedliche oder gleiche Faserorientierungen einer Faserverstärkungsmatrix aufweisen, und insbesondere, dass Segmente (58) oder Segmentgruppen (34a, 34b, 34c) axial verspannt in der zweiten Wandeinrichtung (36) sitzen. 35
 11. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wandeinrichtung (28; 88) mindestens teilweise fluidundurchlässig ausgebildet ist, und insbesondere, dass die erste Wandeinrichtung (28; 88) an der Außenseite (32) eine fluidundurchlässige Beschichtung (76) aufweist, und insbesondere, dass der Werkstoff der ersten Wandeinrichtung (28; 88) geschlossene Poren aufweist oder porenfrei ist. 40
 12. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Volumenanteil von Fasern (70) hoher Wärmeleitfähigkeit in der ersten Wandeinrichtung mindestens 30 %, insbesondere mindestens 40 % und insbesondere mindestens 50 %, insbesondere mindestens 60 % und insbesondere mindestens 70 % beträgt. 45
 13. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennraum (14) oder Schubraum rotationssymmetrisch zu einer axialen Achse (16) ausgebildet ist. 50
 14. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wandeinrichtung (28; 88) aus einem karbidkeramischen oder oxidkeramischen Material oder hochwärmeleitfähigen Kohlenstoffwerkstoff hergestellt ist und/oder dass die zweite Wandeinrichtung (36) aus einem Faserverbundwerkstoff hergestellt ist. 55
 15. Brennkammervorrichtung oder Schubkammervorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Wandeinrichtung (28; 88) an der Innenseite (30; 92) beschichtet ist und/oder dass die erste Wandeinrichtung (28; 88) an der Außenseite (32) beschichtet ist.

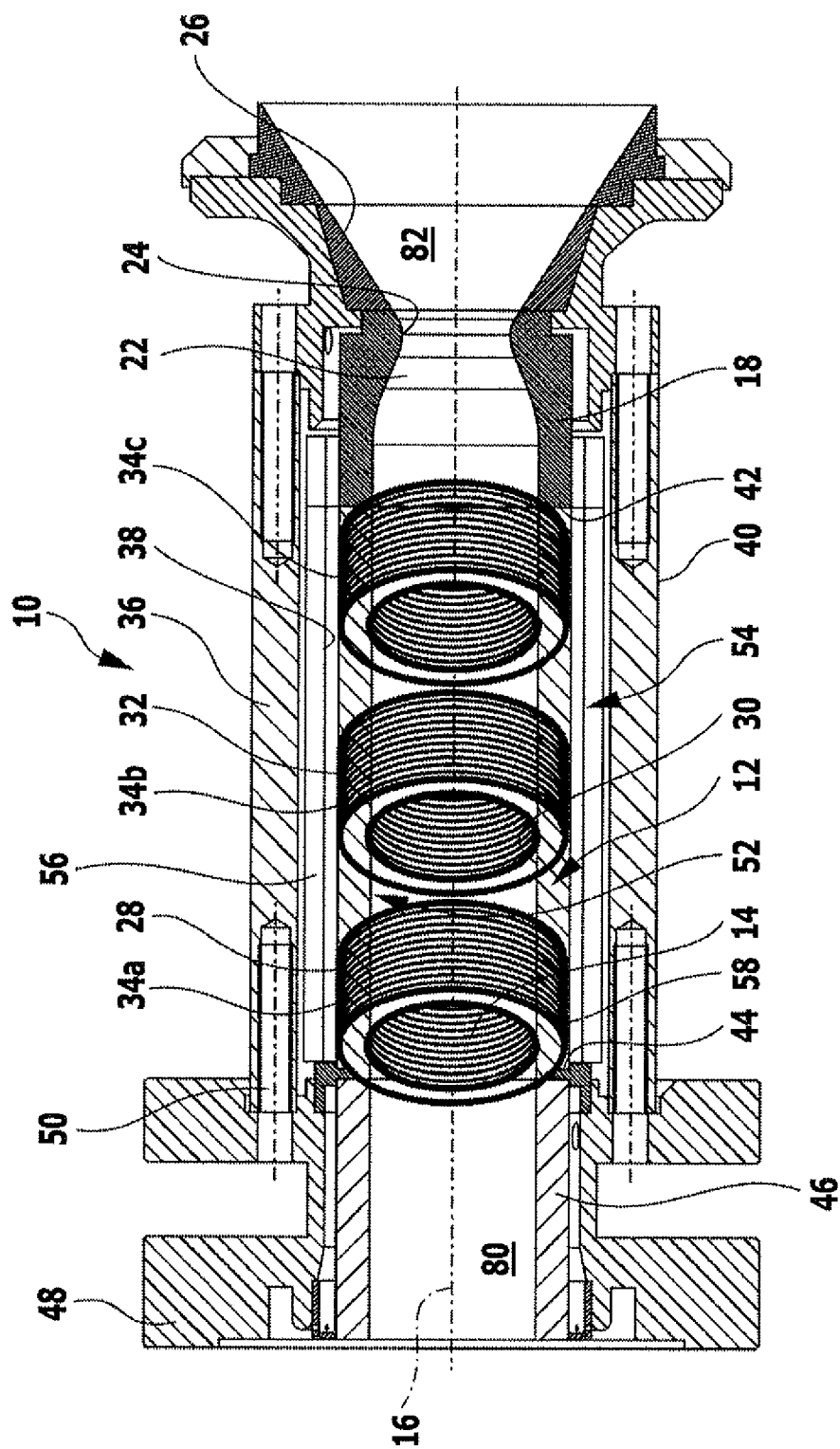


FIG. 1

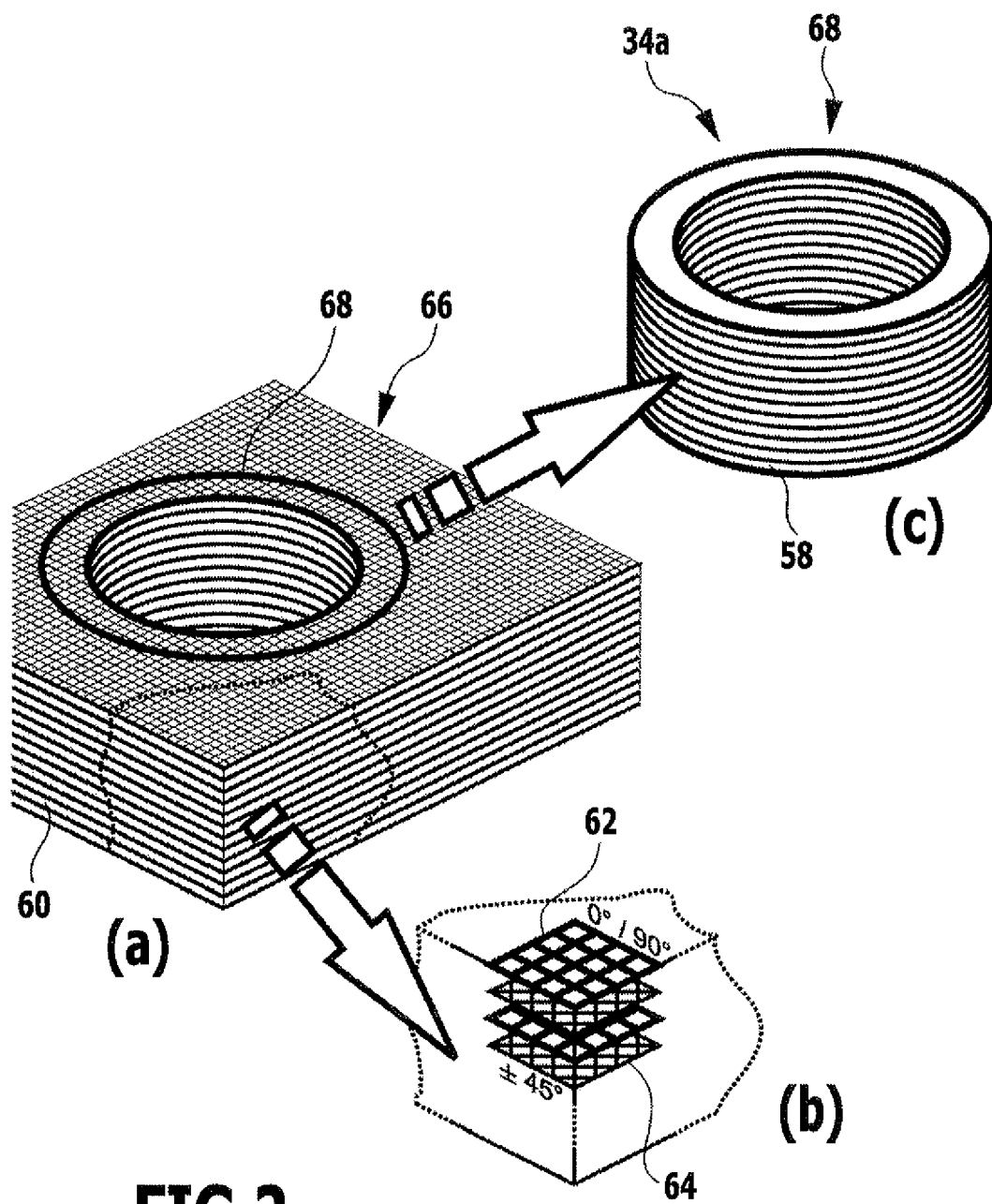


FIG.2

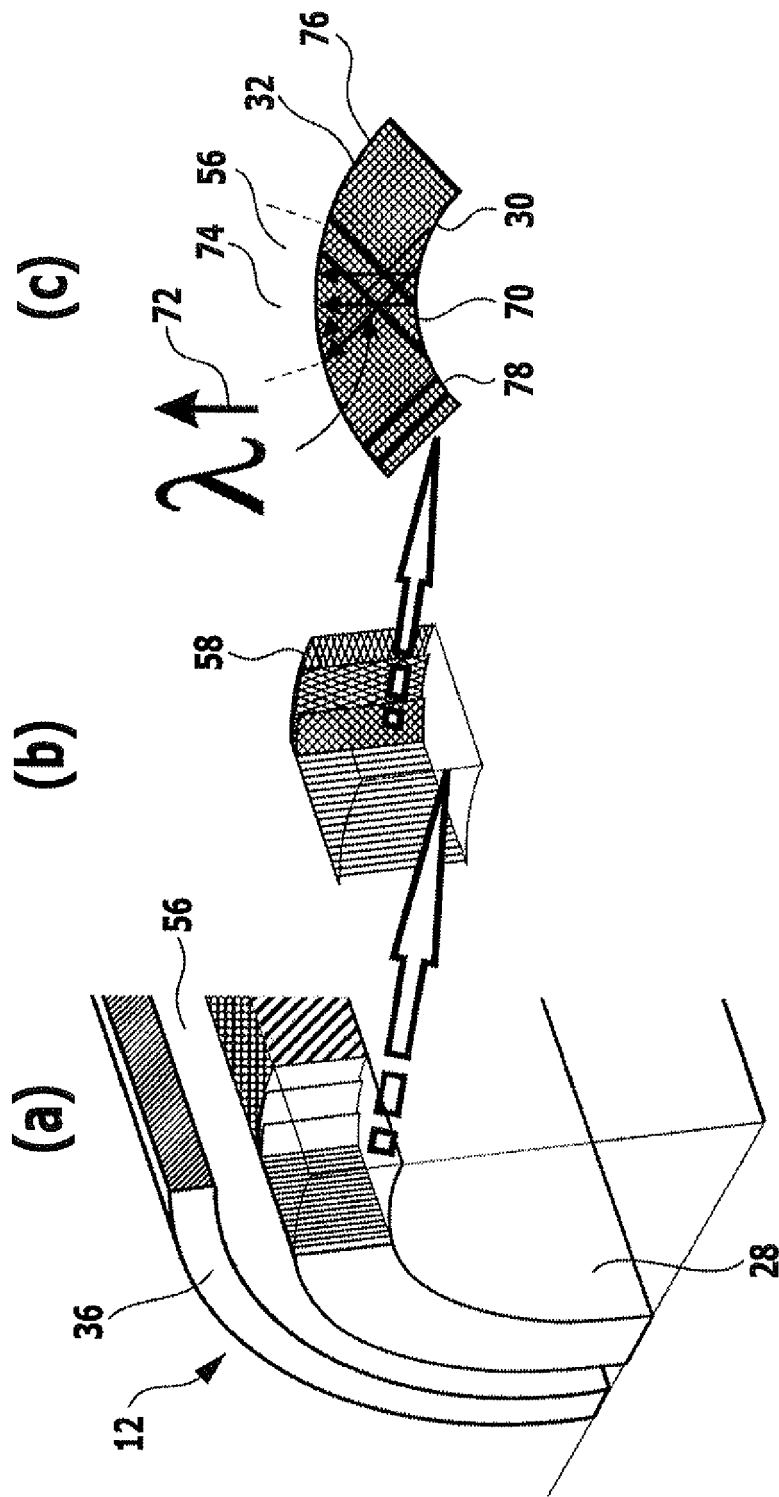


FIG.3

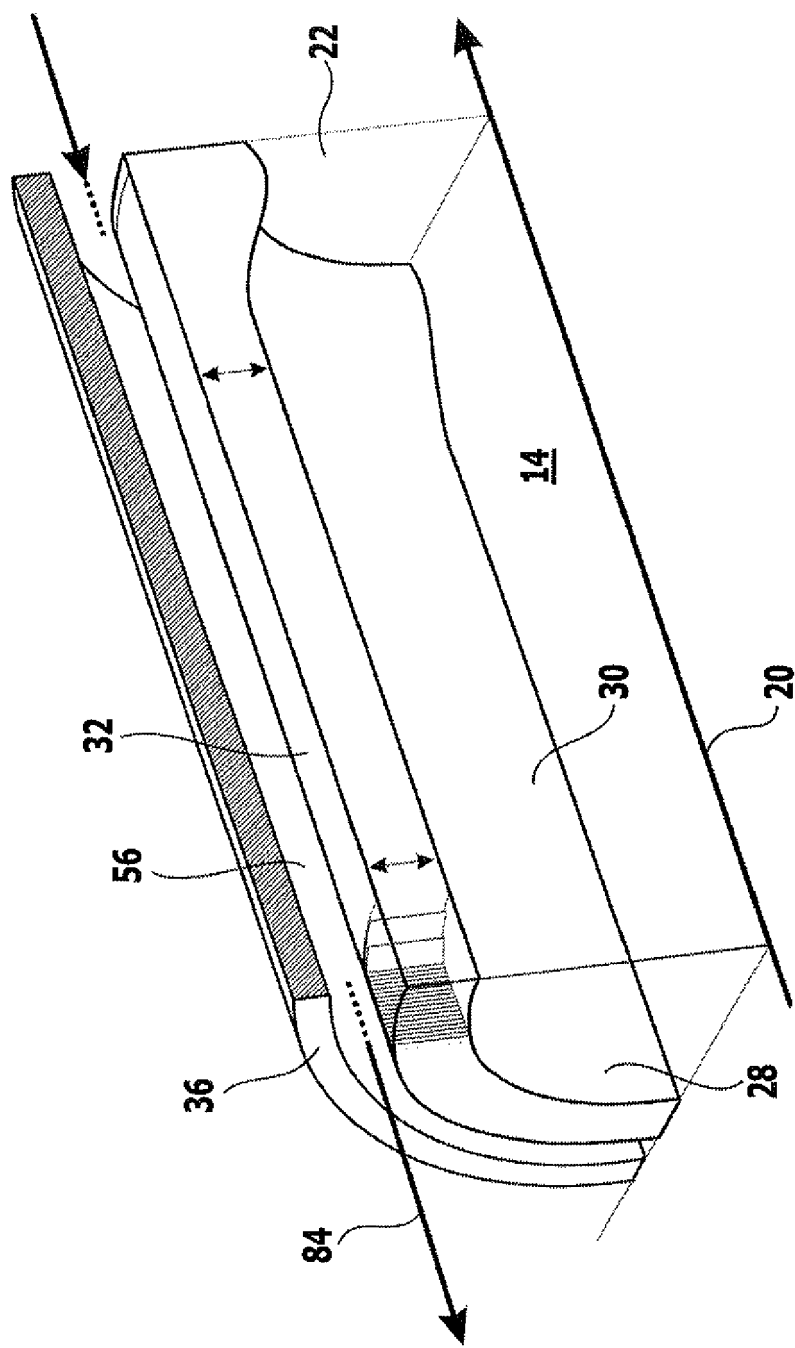


FIG.4

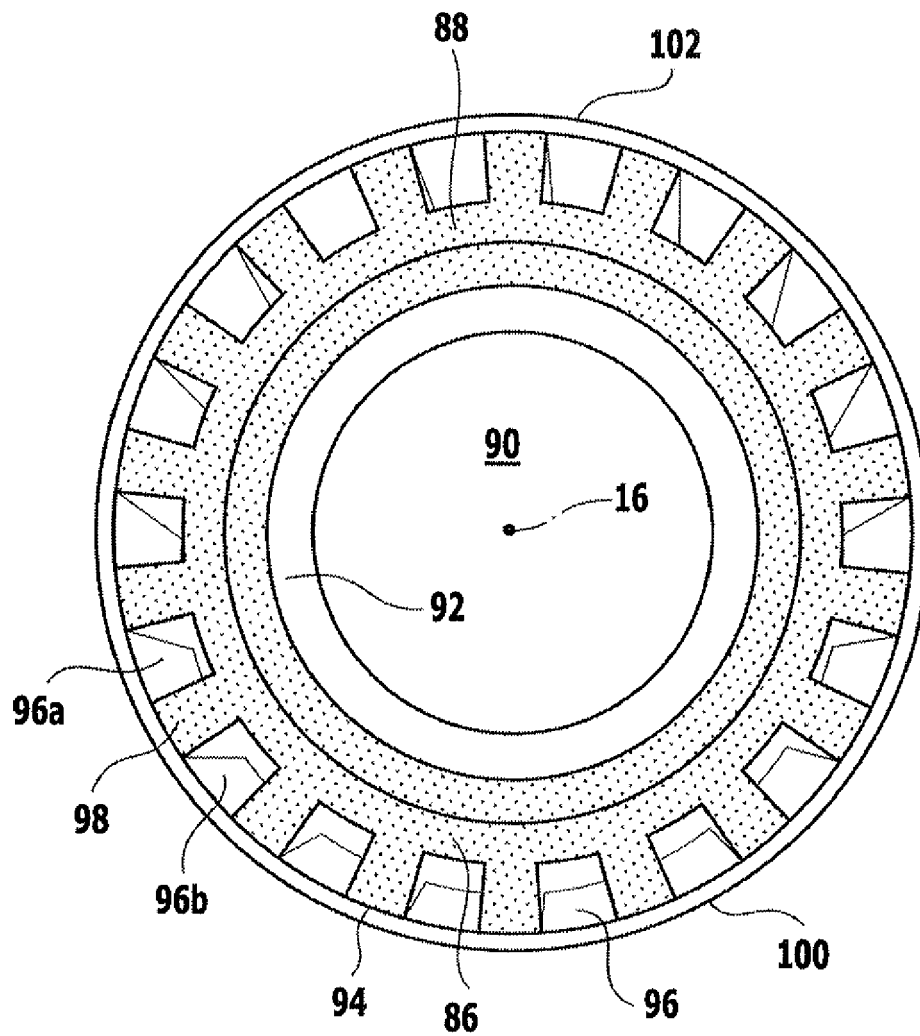


FIG.5

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 1748253 A2 [0002] [0020]