



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

703 596 A2

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

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00923/11

(22) Anmeldedatum: 30.05.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.02.2012

(30) Priorität: 02.08.2010 US 12/848,563

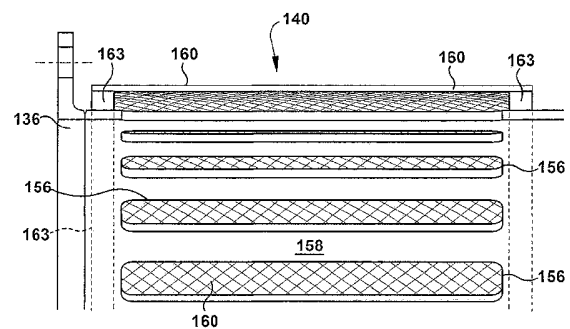
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Thomas Edward Johnson,
Greenville, South Carolina 29615 (US)
Baifang Zuo, Greenville, South Carolina 29615 (US)
Christian Xavier Stevenson,
Greenville, South Carolina 29615 (US)

(74) Vertreter:
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4
8008 Zürich (CH)

(54) Brennkammer für eine Verbrennungsturbine.

(57) Eine Brennkammer für eine Verbrennungsturbine enthält: eine Kammer, die durch eine Aussenwand definiert ist und einen Kanal zwischen Fenstern (156), die durch die Aussenwand hindurchführend zu einem vorderen Ende hin definiert sind, und wenigstens einem Brennstoffinjektor bildet, der zu einem hinteren Ende hin positioniert ist; und einen mehrlagigen Siebfilter (160), der wenigstens zwei Sieblagen (160) über wenigstens einem Teil der Fenster (156) und wenigstens eine einzige Sieblage (160) über dem restlichen Teil der Fenster (156) aufweist. Die Fenster (156) enthalten ein vorderes Ende und einen vorderen Teil sowie ein hinteres Ende und einen hinteren Teil. Der mehrlagige Siebfilter (160) ist derart konfiguriert, dass der hintere Teil der Fenster (156) wenigstens zwei Sieblagen (160) enthält, während der vordere Teil der Fenster (156) eine Sieblage (160) weniger als der hintere Teil der Fenster (156) enthält.



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung wurde mit Unterstützung der Regierung der Vereinigten Staaten unter dem durch das Energieministerium vergebenen Auftrag Nr. DE-DC26-05NT42643 geschaffen. Die US-Regierung kann bestimmte Rechte an der Erfindung haben.

Hintergrund zu der Erfindung

[0002] Die vorliegende Anmeldung betrifft allgemein Vorrichtungen und Systeme zur Verbesserung des Wirkungsgrads, Leistungsverhaltens und/oder der Betriebsweise von Brennkammern in Verbrennungsturbinen. Insbesondere, jedoch keineswegs beschränkend, betrifft die vorliegende Anmeldung Vorrichtungen und Systeme für verbesserte Lufteinlässe, Luftfilter und/oder Strömungskonditionierer innerhalb von Brennkammern. (Es ist zu beachten, dass, obwohl die vorliegende Erfindung nachstehend im Zusammenhang mit einer ihrer bevorzugten Anwendungen innerhalb des Verbrennungssystems einer Verbrennungsturbine zur Energieerzeugung präsentiert ist, Fachleute auf dem Gebiet verstehen werden, dass die Anwendung der hierin beschriebenen Erfindung nicht darauf beschränkt ist und diese auf andere Arten von Verbrennungsturbinenanlagen, -maschinen oder -triebwerken angewandt werden kann.)

[0003] Fachleute auf dem Gebiet werden erkennen, dass Verbrennungsturbinen Brennkammern betreiben können, die Mikrokanal-Brennstoffinjektoren enthalten. Ein Mikrokanal-Brennstoffinjektor wird so bezeichnet, weil er das Brennstoff/Luftgemisch durch eine Reihe kleiner Kanäle einleitet. Diese Arten von Brennstoffinjektoren sind bei der Zuführung einer gewünschten Strömung vorgemischten Brennstoffs zu dem Brennraum effektiv und ergeben Leistungsvorteile in bestimmten Anwendungen sowie ermöglichen eine Flexibilität in Bezug auf die Art des Brennstoffs, die die Maschine bzw. das Triebwerk verbrennen kann. Jedoch ist diese Brennstoffinjektorbauart, die hierin nachstehend als ein «Mikrokanal-Brennstoffinjektor» bezeichnet ist, für eine Blockade bzw. Zusetzung durch kleine Partikel anfällig, die in dem Strom komprimierter Luft, die der Verdichter zu der Brennkammer liefert, enthalten sein können. Das heisst, die Mikrokanäle können durch kleine Partikel verstopft werden, die in den meisten herkömmlichen Brennstoffinjektoren nicht problematisch sein würden. Eine derartige Verstopfung oder Blockade führt zu einer schlechten Maschinen- bzw. Triebwerksleistung und kann einen deutlichen Schaden an dem Brennstoffinjektor und dem Verbrennungssystem hervorrufen. In einigen Fällen führt die Blockade tatsächlich dazu, dass sich die Flamme von dem Brennraum aus in den Brennstoffinjektor hinein ausbreitet, was den Injektor beschädigen kann.

[0004] Infolgedessen stellen Brennkammern, die Mikrokanalinjektoren enthalten, gewöhnlich einen Filter stromaufwärts von den Injektoren bereit, um Partikel, die die Mikrokanäle blockieren können, zu entfernen. Es ist verständlich, dass dieser Filter allgemein aus einem Sieb besteht, das über durch die Kappenanordnung hindurch gebildeten Öffnungen oder «Fenstern» positioniert ist. Aufgrund der kleinen Grösse der Partikel, die aufgefangen werden müssen, muss das Sieb eine feine Maschenweite aufweisen. Dies bedeutet natürlich, dass das Sieb ein grosses Blockierverhältnis aufweist, d.h. das Siebmaschennetz einen grossen Anteil des Fensterbereichs blockiert, durch den die in die Brennkammer eintretende Luft strömen muss. Blockierverhältnisse von 50% oder mehr sind bei Sieben, die in diesen Arten von Filterungsanwendungen eingesetzt werden, üblich. Ausserdem sind die Fenster innerhalb der Kappenanordnung hinsichtlich ihrer Grösse beschränkt. Es versteht sich, dass dieser vordere Bereich der Kappenanordnung den hinteren Bereichen der Kappenanordnung strukturellen Halt bietet, da die Kappenanordnung von der Verbindung aus, die sie mit der Endabdeckung hat, in einer Richtung nach hinten frei auskragt.

[0005] Die Kombination aus diesen notwendigen Entwurfsbeschränkungen, d.h. der feinen Maschenweite des Siebs und der begrenzten Fensterfläche, ergibt einen effektiven Durchflussbereich, der bei der gegebenen Zufuhr der Luft, die hindurchtreten muss, beschränkend ist. Das heisst, dass die herkömmliche Sieb/Fenster-Konfiguration, die, wie nachstehend in grösseren Einzelheiten erläutert, allgemein ein feinmaschiges Sieb enthält, das unmittelbar über den Fenstern platziert ist, eine effektive Durchflussfläche ergibt, die einen relativ hohen Druckabfall hervorruft, der natürlich die Maschinen- bzw. Triebwerksleistung negativ beeinflusst. Infolgedessen besteht in Bedarf nach einer effektiveren Konfiguration für diesen Bereich der Brennkammer. Eine derartige Verbesserung sollte einen grösseren effektiven Durchflussbereich durch den vorderen Bereich der Kappenanordnung bieten und dabei auch noch den notwendigen strukturellen Halt für die Einheit aufrechterhalten. Ausserdem sollte eine gelungene Verbesserung bei der Herstellung und Installation kostengünstig sowie in der Lage sein, in arbeitende Verbrennungsturbinen nachträglich eingebaut zu werden. Eine jegliche derartige Verbesserung sollte hinsichtlich des Betriebs flexibel sein. Das heisst, die Verbesserung sollte unter vielfältigen Bedingungen und mit verschiedenen Sorten von Brennstoffen funktionieren. Ferner würde ein Filterelement, das verbesserte aerodynamische Leistungseigenschaften bietet, während es langlebig und bei der Umsetzung kosteneffizient ist, einen wesentlichen Bedarf auf dem Gebiet decken.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Anmeldung beschreibt somit eine Brennkammer, die enthält: eine Kammer, die durch eine Aussenwand definiert ist und einen Kanal zwischen Fenstern, die durch die Aussenwand hindurchführend zu einem vorderen Ende der Kammer hin definiert sind, und wenigstens einem Brennstoffinjektor bilden, der zu einem hinteren Ende der Kammer hin positioniert ist; und einen mehrlagigen Siebfilter, der wenigstens zwei Sieblagen über wenigstens einem Abschnitt der Fenster sowie wenigstens eine einzige Sieblage über dem restlichen Abschnitt der Fenster aufweist. Die

Fenster enthalten ein vorderes Ende und einen vorderen Abschnitt sowie ein hinteres Ende und einen hinteren Abschnitt. Der mehrlagige Siebfilter ist über den Fenstern derart positioniert, dass im Betrieb eine Zufuhr der Druckluft, die durch die Fenster in die Kammer eintritt, durch wenigstens eine einzige Sieblage hindurchtritt. Der mehrlagige Siebfilter ist derart konfiguriert, dass der hintere Abschnitt der Fenster wenigstens zwei Sieblagen enthält und der vordere Abschnitt der Fenster eine Sieblage weniger als der hintere Abschnitt der Fenster enthält.

[0007] In einigen Ausführungsformen ist der mehrlagige Siebfilter derart konfiguriert, dass der hintere Abschnitt der Fenster zwei Sieblagen enthält, während der vordere Abschnitt der Fenster eine einzige Sieblage enthält; und der vordere Abschnitt der Fenster weist ungefähr die Hälfte der axialen Länge der Fenster auf, während der hintere Abschnitt der Fenster den Rest aufweist.

[0008] In einigen Ausführungsformen enthalten die Fenster einen mittleren Abschnitt, der zwischen dem vorderen Abschnitt und dem hinteren Abschnitt positioniert ist. Der mehrlagige Siebfilter ist derart konfiguriert, dass der hintere Abschnitt der Fenster wenigstens drei Sieblagen enthält, der mittlere Abschnitt der Fenster eine Sieblage weniger als der hintere Abschnitt der Fenster enthält. Der vordere Abschnitt der Fenster enthält eine Sieblage weniger als der mittlere Abschnitt der Fenster.

[0009] In einigen Ausführungsformen weist der vordere Abschnitt der Fenster ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster auf; der mittlere Abschnitt der Fenster weist ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster auf; und der hintere Abschnitt der Fenster weist ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster auf.

[0010] In einigen Ausführungsformen weist jede der Sieblagen ungefähr die gleiche Maschenweite auf. In einigen Ausführungsformen weist die Maschenweite Öffnungen mit einer Grösse von 0,015 Quadratzoll oder weniger auf. In einigen Ausführungsformen weist die Maschenweite Öffnungen in einem Bereich zwischen 0,0009 und 0,0025 Quadratzoll auf. In einigen Ausführungsformen entspricht die Maschenweite der Grösse der kleinsten Kanäle innerhalb des Mikrokanal-Brennstoffinjektors. In einigen Ausführungsformen entspricht die Maschenweite Blockierverhältnissen von wenigstens 50%.

[0011] In einigen Ausführungsformen weisen die Kammer und die Aussenwand eine zylindrische Kappenanordnung auf; die Fenster weisen eine rechteckige Gestalt mit einem Paar langer Seiten, die in der Axialrichtung ausgerichtet sind, und einem Paar kurzer Seiten auf, die in der Umfangsrichtung ausgerichtet sind; die Fenster sind um den Umfang der zylindrischen Kappenanordnung herum im Abstand gleichmässig verteilt; und zwischen jedem Paar benachbarter Fenster sind Streben definiert, wobei die Streben und Fenster eine Weite, die die Strecke umfasst, über die sich jede bzw. jedes in Umfangsrichtung erstreckt, und eine Länge aufweisen, die die Strecke umfasst, über die sich jede bzw. jedes in Axialrichtung erstreckt. In einigen Ausführungsformen erstreckt sich die Kappenanordnung von einer ersten Verbindung, die mit einer Endabdeckung geschaffen ist, nach hinten bis zu einer zweiten Verbindung, die mit einer Strömungshülse geschaffen ist; der Brennstoffinjektor weist einen Mikrokanal-Brennstoffinjektor auf; und das Sieb weist eine vorbestimmte Maschenweite auf, die hinsichtlich ihrer Grösse der Grösse der Kanäle in dem Mikrokanal-Brennstoffinjektor entspricht.

[0012] Diese und weitere Merkmale des vorliegenden Anmeldegegenstandes werden bei einer Durchsicht der folgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen in Verbindung mit den Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen offensichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Diese und weitere Aspekte dieser Erfindung werden beim sorgfältigen Studium der folgenden detaillierteren Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen umfassender verstanden und erkannt, worin zeigen:

[0014] Fig. 1 eine schematisierte Darstellung einer beispielhaften Turbine, in der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung eingesetzt werden können;

[0015] Fig. 2 eine Schnittansicht eines beispielhaften Verdichters, der in der Gasturbine verwendet werden kann;

[0016] Fig. 3 eine Schnittansicht einer beispielhaften Turbine, die in der Gasturbine nach Fig. 1 eingesetzt werden kann;

[0017] Fig. 4 eine Schnittansicht einer beispielhaften Brennkammer, die in der Gasturbine nach Fig. 1 verwendet werden kann und in der die vorliegende Erfindung angewandt werden kann;

[0018] Fig. 5 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer beispielhaften Brennkammer, in der die vorliegende Erfindung verwendet werden kann;

[0019] Fig. 6 eine weggeschnittene Perspektivansicht der Kappenanordnung der Brennkammer nach Fig. 5, die eine Siebanordnung gemäss einer herkömmlichen Konstruktion enthält;

[0020] Fig. 7 eine vergrösserte Ansicht der Siebanordnung nach Fig. 6;

[0021] Fig. 8 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer Siebanordnung mit einem Abstandshalter gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0022] Fig. 9 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer Siebanordnung mit einem Abstandshalter gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0023] Fig. 10 eine Seitenansicht eines Abstandshalters, wie er an der Aussenfläche der Kappenanordnung positioniert werden kann, gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0024] Fig. 11 eine Seitenansicht eines Abstandshalters, wie er an der Aussenfläche der Kappenanordnung positioniert werden kann, gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0025] Fig. 12 eine Seitenansicht einzelner, diskreter Abstandshalter, wie sie an der Aussenfläche der Kappenanordnung positioniert werden können, gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0026] Fig. 13 eine Schnittdansicht eines diskreten Abstandshalters gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0027] Fig. 14 eine Schnittdansicht eines diskreten Abstandshalters gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0028] Fig. 15 eine Seitenansicht von Abstandshalterstreifen und diskreten Abstandshaltern, wie sie an der Aussenfläche der Kappenanordnung kombiniert werden können, gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0029] Fig. 16 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer mehrlagigen Siebanordnung mit einem Abstandshalter gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0030] Fig. 17 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer mehrlagigen Siebanordnung mit einem Abstandshalter gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung;

[0031] Fig. 18 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer mehrlagigen Siebanordnung mit einem Abstandshalter gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung; und

[0032] Fig. 19 eine weggeschnittene Perspektivansicht einer mehrlagigen Siebanordnung in einer Anwendung ohne einen Abstandshalter gemäss einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0033] Wie vorstehend und im Folgenden angegeben, wird die vorliegende Erfindung im Zusammenhang mit einer ihrer bevorzugten Anwendungen in dem Verbrennungssystem einer Verbrennungsturbine präsentiert. Hier nachstehend ist die vorliegende Erfindung in erster Linie in Bezug auf diese Anwendung beschrieben; jedoch ist diese Beschreibung nur beispielhaft und nicht dazu bestimmt, beschränkend zu sein, ausser wenn dies speziell so angegeben ist. Fachleute auf dem Gebiet werden erkennen, dass die Nutzungsform der vorliegenden Erfindung auf verschiedene Arten von Verbrennungsturbinenmaschinen bzw. -triebwerken angewandt werden kann.

[0034] Indem nun auf die Figuren Bezug genommen wird, veranschaulicht Fig. 1 eine schematisierte Darstellung einer Gasturbine 100, in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Allgemein arbeiten Gasturbinen, indem sie Energie aus einer unter Druck stehenden Heissgasströmung entziehen, die durch die Verbrennung eines Brennstoffs in einem Druckluftstrom erzeugt wird. Wie in Fig. 1 veranschaulicht, kann die Gasturbine 100 mit einem Axialverdichter 106, der über eine gemeinsame Welle oder einen gemeinsamen Rotor mit einer stromabwärtigen Turbinengruppe oder Turbine 110 mechanisch gekoppelt ist, und einem Verbrennungssystem 112 eingerichtet sein, das, wie veranschaulicht, eine Rohrbrennkammer ist, die zwischen dem Verdichter 106 und der Turbine 110 positioniert ist.

[0035] Fig. 2 veranschaulicht eine Ansicht eines Axialverdichters 106, der in der Gasturbine 100 verwendet werden kann. Wie veranschaulicht, kann der Verdichter 106 mehrere Stufen enthalten. Jede Stufe kann eine Reihe von Verdichterrotorschaukeln 120 enthalten, der eine Reihe von Verdichterstatorschaukeln 122 folgt. Somit kann eine erste Stufe eine Reihe von Verdichterrotorschaukeln 120 enthalten, die um eine zentrale Welle herum rotieren, gefolgt von einer Reihe von Verdichterstatorschaukeln 122, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Verdichterstatorschaukeln 122 sind allgemein in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und um die Drehachse herum fixiert. Die Verdichterrotorschaukeln 120 sind in Umfangsrichtung um die Achse des Rotors beabstandet und rotieren an der Welle während des Betriebs. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, sind die Verdichterrotorschaukeln 120 derart konfiguriert, dass sie, wenn sie an der Welle umlaufen, kinetische Energie der Luft oder dem Arbeitsfluid, die bzw. das durch den Verdichter 106 strömt, verleihen. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen wird, kann der Verdichter 106 über die Stufen, die in Fig. 2 veranschaulicht sind, hinaus viele weitere Stufen aufweisen. Jede weitere Stufe kann mehrere längs des Umfangs voneinander beabstandete Verdichterrotorschaukeln 120 mit nachfolgenden mehreren längs des Umfangs beabstandeten Verdichterstatorschaukeln 122 enthalten.

[0036] Fig. 3 veranschaulicht eine Teilansicht einer beispielhaften Turbinengruppe oder Turbine 110, die in der Gasturbine 100 verwendet werden kann. Die Turbine 110 kann mehrere Stufen enthalten. Es sind drei beispielhafte Stufen veranschaulicht, wobei jedoch mehrere oder weniger Stufen in der Turbine 110 vorhanden sein können. Eine erste Stufe enthält mehrere Turbinenlaufschaufeln oder Turbinenrotorschaukeln 126, die während des Betriebs an der Welle umlaufen, und mehrere Leitschaufeln oder Turbinenstatorschaufeln 128, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln 128 sind im Allgemeinen in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und über der Drehachse fixiert. Die Turbinenrotorschaukeln 126 können an einem (nicht veranschaulichten) Turbinenrad für eine Drehung an der (nicht veran-

schaulichten) Welle montiert sein. Eine zweite Stufe der Turbine 110 ist ebenfalls veranschaulicht. Die zweite Stufe enthält in ähnlicher Weise mehrere längs des Umfangs voneinander beabstandete Turbinenstatorschaufeln 128, denen mehrere längs des Umfangs voneinander beabstandete Turbinenrotorschaufeln 126 folgen, die ebenfalls an einem Turbinenlaufrad zur Drehung montiert sind. Eine dritte Stufe ist ebenfalls veranschaulicht und enthält in ähnlicher Weise mehrere längs des Umfangs beabstandete Turbinenstatorschaufeln 128 und Turbinenrotorschaufeln 126. Es ist verständlich, dass die Turbinenstatorschaufeln 128 und die Turbinenrotorschaufeln 126 sich in dem Heissgaspfad der Turbine 110 befinden. Die Strömungsrichtung der Heissgase durch den Heissgaspfad ist durch den Pfeil angezeigt. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, kann die Turbine 110 über die Stufen, die in Fig. 3 veranschaulicht sind, hinaus viele weitere Stufen aufweisen. Jede weitere Stufe kann mehrere längs des Umfangs beabstandete Turbinenstatorschaufeln 128 mit nachfolgenden mehreren längs des Umfangs beabstandeten Turbinenrotorschaufeln 126 enthalten.

[0037] Eine Gasturbine der vorstehend beschriebenen Art kann wie folgt arbeiten. Die Drehung der Verdichterrotorschaufeln 120 innerhalb des Axialverdichters 106 komprimiert eine Luftströmung. In der Brennkammer 112 wird, wie in grösseren Einzelheiten nachstehend beschrieben, Energie freigesetzt, wenn die Druckluft mit einem Brennstoff vermischt und gezündet wird. Die resultierende Strömung von Heissgasen aus der Brennkammer 112 kann anschliessend über die Turbinenrotorschaufeln 126 geführt werden, was die Rotation der Turbinenrotorschaufeln 126 an der Welle hervorrufen kann, wodurch die Energie der Heissgasströmung in die mechanische Energie der umlaufenden Welle umgesetzt wird. Die mechanische Energie der Welle kann anschliessend verwendet werden, um die Drehung der Verdichterrotorschaufeln 120, so dass die notwendige Druckluftzufuhr erzeugt wird, und auch z.B. einen Generator anzutreiben, um Elektrizität zu erzeugen.

[0038] Bevor weiter fortgefahren wird, ist zu erkennen, dass es, um die vorliegende Erfindung klar zu vermitteln, erforderlich wird, eine Terminologie zu wählen, die sich auf bestimmte Teile oder Maschinenkomponenten einer Turbine und zugehörige Systeme, insbesondere das Verbrennungssystem, bezieht und diese beschreibt. Wenn es möglich ist, wird industriell übliche Terminologie genutzt und auf eine mit ihrer akzeptierten Bedeutung konsistente Weise verwendet. Jedoch bedeutet dies, dass jede derartige Terminologie eine breite Bedeutung erhalten und nicht derart eng aufgefasst werden soll, dass die hierin beabsichtigte Bedeutung und der Schutzbereich der beigefügten Ansprüche in unvernünftiger Weise beschränkt wird. Fachleute auf dem Gebiet werden erkennen, dass häufig eine bestimmte Komponente unter Verwendung mehrerer verschiedener Ausdrücke bezeichnet werden kann. Ausserdem kann das, was hierin als ein Einzelteil beschrieben sein kann, mehrere Komponententeile enthalten und im anderen Kontext als aus mehreren Komponententeilen bestehend bezeichnet werden, oder das, was hierin beschrieben ist, dass es mehrere Komponententeile enthält, zu einem Einzelteil geformt und in einigen Fällen als ein Einzelteil bezeichnet werden. An sich sollte beim Verstehen des Umfangs der Erfindung, wie hierin beschrieben, nicht auf die bereitgestellte Terminologie und Beschreibung sondern auch auf die Struktur, Konfiguration, Funktion und/oder den Gebrauch der Komponente, wie hierin vorgesehen, geachtet werden.

[0039] Ausserdem können verschiedene beschreibende Ausdrücke regelmässig hierin verwendet werden, und es kann hilfreich sein, diese Ausdrücke an dieser Stelle zu definieren. Die Ausdrücke und ihre Definition bei der Verwendung hierin sind wie folgt. Der Ausdruck «Rotorschaufel» ohne weitere Spezifität ist eine Bezugnahme auf die umlaufenden Schaufeln entweder des Verdichters oder der Turbine, was sowohl Verdichterrotorschaufeln als auch Turbinenrotorschaufeln umfassen kann. Der Ausdruck «Statorschaufel» ohne weitere Spezifität ist eine Bezugnahme auf die stationären Schaufeln entweder des Verdichters oder der Turbine, die sowohl Verdichterstatorschaufeln als auch Turbinenstatorschaufeln umfassen. Der Ausdruck «Schaufeln» wird hierin verwendet, um auf jede Art einer Schaufel Bezug zu nehmen. Somit schliesst der Ausdruck «Schaufeln» ohne weitere Spezifität alle Arten von Turbinenmaschinen- oder Turbinentriebwerksschaufeln, einschliesslich Verdichterrotorschaufeln, Verdichterstatorschaufeln, Turbinenrotorschaufeln und Turbinenstatorschaufeln, ein.

[0040] Ferner zeigen «vorne»/»nach vorne» und «hinten»/»nach hinten», wie hierin verwendet, eine Richtung in Bezug auf die Position des Verdichters 106, der als an dem vorderen Ende der Turbine 100 angeordnet gelten soll, und des Turbinenabschnitts 110 an, der als an dem hinteren Ende der Turbine 100 angeordnet gelten soll. Demgemäss zeigt «vorne»/»nach vorne» eine Richtung zu dem Verdichter 106 hin an, während «hinten»/»nach hinten» eine Richtung zu dem Turbinenabschnitt 110 hin anzeigt. Die Ausdrücke «stromaufwärts» und «stromabwärts» zeigen eine Richtung relativ zu der Strömung eines Arbeitsfluids durch die Turbine 100 an, wobei sie jeweils, wenn sie dazu verwendet werden, eine Richtung innerhalb des Verdichters 106 oder der Turbine 110 zu beschreiben, häufig mit «vorne» und «hinten» austauschbar verwendet werden. Jedoch versteht es sich, dass in der Brennkammer 112 das Arbeitsfluid sowohl in einer Richtung nach vorne als auch in einer Richtung nach hinten strömt. Das heisst, die Zufuhr der Druckluft aus dem Verdichter 106 tritt allgemein in die Brennkammer 112 ein und strömt innerhalb eines engen Ringraums in einer Richtung nach vorne (d.h. zu dem Verdichter hin). Diese Strömung wird anschliessend umgedreht, wenn die Druckluft in die Kappenanordnung hinein gelenkt wird, und breitet sich zu den Brennstoffinjektoren der Brennkammer 106 hin aus. An sich beziehen sich auf die Ausdrücke «stromabwärts» und «stromaufwärts», wie sie in Verbindung mit der Beschreibung der Funktionsweise einer Brennkammer verwendet werden, auf eine Strömungsrichtung, und sie sind unabhängig davon, ob das Arbeitsfluid zu dem Verdichter oder dem Turbinenabschnitt der Maschine bzw. des Triebwerks hin strömt.

[0041] Die Ausdrücke «radial», «axial» und «in Umfangsrichtung» können auch hierin verwendet werden, weil Brennkammern gewöhnlich eine zylindrische Gestalt aufweisen. Der Ausdruck «radial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position senkrecht zu einer Achse und bezeichnet in Bezug auf eine zylindrische Brennkammer, die häufig als eine «Rohr»-Brennkammer bezeichnet wird, eine Bewegung oder Position senkrecht zu der Mittelachse der zylindrischen Gestalt. Ferner ist es häufig erforderlich, Teile, die sich an unterschiedlichen radialen Positionen befinden, in Bezug auf die Mittelachse zu

beschreiben. In diesem Fall kann, wenn sich eine erste Komponente näher an der Achse als eine zweite Komponente befindet, hier angegeben werden, dass sich die erste Komponente «radial innen» oder «radial innerhalb» von der zweiten Komponente befindet. Falls sich die erste Komponente andererseits von der Achse weiter entfernt als die zweite Komponente befindet, kann hier angegeben werden, dass sich die Komponente «radial aussen» oder «radial ausserhalb» der zweiten Komponente befindet. Der Ausdruck «axial» bezieht sich auf eine Bewegung oder Position parallel zu einer Achse. Schliesslich bezeichnet der Ausdruck «in Umfangsrichtung» bzw. «längs des Umfangs» eine Bewegung oder Position um eine Achse herum.

[0042] Fig. 4 und 5 veranschaulichen eine beispielhafte Brennkammer 130, die in einer Gasturbine verwendet werden kann und in der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen wird, kann die Brennkammer 130 ein Kopfende 134, das im Wesentlichen die verschiedenen Verteiler enthält, die die benötigte Luft und den benötigten Brennstoff zu der Brennkammer liefern, und eine Endabdeckung 136 enthalten. Mehrere Brennstoffleitungen 137 können sich durch die Endabdeckung 136 zu Brennstoffdüsen oder Brennstoffinjektoren 138 erstrecken, die an dem hinteren Ende eines vorderen Gehäuses oder einer Kappenanordnung 140 positioniert sind. Es ist verständlich, dass die Kappenanordnung 140 allgemein eine zylindrische Gestalt aufweist und an einem vorderen Ende an der Endabdeckung 136 fixiert ist.

[0043] Allgemein bringen die Brennstoffinjektoren 138 ein Brennstoffgemisch mit Luft zur Verbrennung zusammen. Der Brennstoff kann z.B. Erdgas sein, und die Luft kann Druckluft sein (deren Strömung in Fig. 4 durch die verschiedenen Pfeile angezeigt ist), die von dem Verdichter geliefert wird. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen wird, befindet sich stromabwärts von den Brennstoffinjektoren 138 ein Brennraum 141, in dem die Verbrennung erfolgt. Der Brennraum 141 ist im Wesentlichen durch eine Auskleidung bzw. Wand 146 gebildet, die innerhalb einer Strömungshülse 144 eingeschlossen ist. Zwischen der Strömungshülse 144 und der Auskleidung 146 ist ein Ringraum ausgebildet. Von der Auskleidung 146 aus leitet ein Übergangsstück 148 die Strömung von dem Abschnitt mit kreisförmigem Querschnitt der Auskleidung zu einem Abschnitt mit ringförmigem Querschnitt über, während diese stromabwärts zu dem (in Fig. 4 nicht veranschaulichten) Turbinenabschnitt strömt. Eine Übergangsstück-Prallhülse 150 (hier nachstehend als «Prallhülse 150» bezeichnet) kann das Übergangsstück 148 umgeben und dabei ebenfalls einen Ringraum zwischen der Prallhülse 150 und dem Übergangsstück 148 bilden. An dem stromabwärtigen Ende des Übergangsstücks 148 kann ein Übergangsstück-Hinterahmen 152 die Strömung des Arbeitsfluids zu den Schaufelblättern hin leiten, die in der ersten Stufe der Turbine 110 angeordnet sind. Es versteht sich, dass die Strömungshülse 144 und die Prallhülse 150 gewöhnlich durch diese hindurch ausgebildete (in Fig. 4 nicht veranschaulichte) Pralllöcher aufweisen, die einer aufgeprallten Druckluftströmung von dem Verdichter 106 ermöglichen, in die Hohlräume einzutreten, die zwischen der Strömungshülse 144 und der Auskleidung 146 sowie zwischen der Prallhülse 150 und dem Übergangsstück 148 ausgebildet sind. Die Strömung der Druckluft durch die Pralllöcher kühlt konvektiv die Aussenflächen der Auskleidung 146 und des Übergangsstücks 148.

[0044] Wie in Fig. 5 veranschaulicht, kann die Kappenanordnung 140 eine Reihe von Öffnungen oder Fenstern 156 enthalten, durch die die Druckluftzufuhr in den Innenraum der Kappenanordnung 140 eintritt. Die Fenster 156 können, wie veranschaulicht, eine näherungsweise rechteckige Gestalt aufweisen, wobei das Rechteck ein paar lange Seiten, die in der Axialrichtung ausgerichtet sind, und ein paar kurzer Seiten, die in der Umfangsrichtung ausgerichtet sind, aufweist. Die Fenster 156 können parallel zueinander angeordnet sein, wobei sie rings um den Umfang der zylindrischen Kappenanordnung zueinander beabstandet sind. In dieser Anordnung versteht es sich, dass zwischen all den Fenstern 156 Streben 158 definiert sind, die die Kappenanordnungsstruktur während des Betriebs halten bzw. stützen. Um örtlich begrenzte Spannungskonzentrationen zu verhindern, kann die Rechteckgestalt der Fenster 156 rundliche oder ausgerundete Ecken aufweisen, wie veranschaulicht.

[0045] Der Brennstoffinjektor 138 kann einen Mikrokanal-Brennstoffinjektor aufweisen. Ein Mikrokanal-Brennstoffinjektor wird so bezeichnet, weil er das Brennstoff/Luft-Gemisch durch mehrere kleine Kanäle oder Mikrokanäle einleitet. In dem hierin verwendeten Sinne umfassen «Mikrokanäle» Kanäle, die eine Durchflussquerschnittsfläche von 0,05 Quadratzoll oder weniger aufweisen. Diese Art einer Kanalkonfiguration ist bei der Lieferung einer gewünschten Strömung von Vormischerbrennstoff und Luft zu dem Brennraum 141 effektiv. Wie ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen wird, bietet dies Leistungsvorteile in bestimmten Anwendungen und ermöglicht eine grössere Flexibilität in Bezug auf die Brennstoffart, die die Maschine bzw. das Triebwerk verbrennen kann. Jedoch ist diese Art eines Brennstoffinjektors allgemein für eine Blockade anfällig, die durch kleine Partikel hervorgerufen wird, die in dem durch den Verdichter gelieferten Druckluftstrom enthalten sein können. Die Mikrokanäle können durch kleine Partikel zugesetzt werden, die in den meisten herkömmlichen Brennstoffinjektoren (d.h. denjenigen, die keine Mikrokanäle verwenden) nicht problematisch sein würden. Ein derartiges Zusetzen führt allgemein zur schlechten Maschinen- bzw. Triebwerksleistung und kann einen wesentlichen Schaden an dem Brennstoffinjektor und dem Verbrennungssystem hervorrufen. Infolgedessen sehen Brennkammern, die Mikrokanalinjektoren enthalten, gewöhnlich einen Filter stromaufwärts von den Injektoren vor, um möglicherweise schädigende Partikel zu entfernen. Wie in den Fig. 6 bis 7 veranschaulicht, ist eine Filterart, die häufig eingesetzt wird, ein Siebfilter oder Sieb 160, der bzw. das über den Fenstern 156 positioniert ist. Diese Filterart wird verwendet, weil sie gut funktioniert und kostengünstig herzustellen und einzubauen ist.

[0046] Wie ein Fachmann auf dem Gebiet ohne weiteres verstehen wird, sind die Fenster 156 bei den gegebenen strukturellen Anforderungen der Kappenanordnung 140 in ihrer Grösse begrenzt. Dies rührt von der Tatsache her, dass der vordere Bereich der Kappenanordnung 140 die hinteren Bereiche der Kappenanordnung 140 tragen muss, da die Kap-

penanordnung 140 in einer Richtung nach hinten von der Verbindung, die sie mit der Endabdeckung 136 macht, im Wesentlichen frei auskragt. An sich werden allgemein eine Reihe von Streben 158 zwischen benachbarten Fenstern 156 aufrechterhalten, wie in den Fig. 5 bis 7 veranschaulicht, so dass die Struktur passend gehalten ist. Die Streben 158 müssen gewöhnlich mit einer wesentlichen Umfangsweite gestaltet sein, um die erforderliche Stütze bzw. den erforderlichen Halt zu bieten. Während die Grösse der Stützen 158 reduziert werden kann, hat die Reduktion im Allgemeinen einen hohen Preis, indem es erforderlich wird, die Kappenanordnung 140 entweder mit teureren Materialien, komplizierteren strukturellen Geometrien oder kostspieligen Herstellungsverfahren aufzubauen. Infolgedessen ist die Weite der Streben 158 (d.h. die Strecke, über die sich die Streben 158 in der Umfangsrichtung erstrecken) gewöhnlich, wie in Fig. 6 veranschaulicht, ungefähr gleich der Weite der Fenster 156 (d.h. der Strecke, über die sich die Fenster 156 in der Umfangsrichtung erstrecken). Ausserdem ist auch die Länge der Fenster 156 (d.h. die Strecke, über die sich die Fenster 156 in der Axialrichtung erstrecken) in gleicher Weise aufgrund von strukturellen Gesichtspunkten begrenzt.

[0047] Die Kombination aus diesen erforderlichen Konstruktionsbeschränkungen, d.h. der feinen Maschenweite des Siebs 160 und dem begrenzten Bereich der Fenster 156 hat einen effektiven Durchflussbereich durch das Fenster zufolge, der bei der gegebenen Luftzufuhr, die hindurchtreten muss, übermässig beschränkend ist. Ausserdem positionieren herkömmliche Konfigurationen mit Sieb 160/Fenster 156 das Sieb 160 im Wesentlichen bündig gegen die Aussenfläche der Fenster 156 der Kappenanordnung. Die Aussenfläche der Kappenanordnung 156 stützt das Sieb 160 ab (d.h. das Sieb 160 ist im Wesentlichen über den Fenstern 156 gespannt und ruht unmittelbar darauf und ist durch die Aussenfläche der Kappenanordnung 140 gehalten). Die herkömmliche Siebanordnung, die am deutlichsten in Fig. 7 zu sehen ist, trägt nichts dazu bei, das Problem eines übermässig beschränkenden Durchflussbereiches zu mindern. Demgemäss arbeiten herkömmliche Anordnungen im Einsatz häufig mit einem relativ hohen Druckabfall über den Fenstern 156, was natürlich parasitäre Wirkungsgradverluste zur Folge hat.

[0048] Im Einsatz arbeitet die Brennkammer 130 gemäss den Fig. 4 bis 7 im Wesentlichen wie folgt. Eine Zufuhr von Druckluft aus dem Verdichter 106 kann in den ringförmigen Hohlraum eingeleitet werden, der durch die Strömungshülse 144/die Auskleidung 146 und/oder das Übergangsstück 148, die Prallhülse 150 definiert ist. Die Druckluft strömt anschliessend in einer Richtung im Wesentlichen nach vorne (d.h. zu dem Verdichter hin), wobei sie die Aussenfläche der Auskleidung 146 und des Übergangsstücks 148 entlang des Wegs kühlt, bis sie die Fenster 156 erreicht, die durch die Kappenanordnung 140 hindurchführend ausgebildet sind. Die Druckluft strömt anschliessend durch die Fenster 156 und wird durch das Sieb 160 gefiltert, das über den Fenstern 156 platziert ist. Indem sie ihre Strömungsrichtung umkehrt, tritt die Druckluft in die Kappenanordnung 140 ein und strömt zu den Brennstoffinjektoren 138 hin, die an dem hinteren Ende der Kappenanordnung 140 positioniert sind. Die Druckluft strömt anschliessend in die Mikrokanäle der Brennstoffinjektoren 138 hinein. An den Brennstoffinjektoren 138 kann die zugeführte Druckluft allgemein mit einer Brennstoffzufuhr vermischt werden, die durch einen Brennstoffverteiler bereitgestellt wird, der mit den Brennstoffinjektoren 138 durch die Endabdeckung 136 hindurch (über die Brennstoffleitung 137) verbunden ist. Insbesondere werden die Brennstoffströmung und die Druckluft beim Heraustreten aus der hinteren Seite der Brennstoffinjektoren 138 vermischt und in dem Brennraum 141 verbrannt. Die Verbrennung erzeugt eine Strömung von sich schnell bewegenden, extrem heissen Gasen, die stromabwärts durch die Auskleidung 146 und das Übergangsstück 148 zu der Turbine 110 geleitet wird, wo die Energie der Heissgase in die mechanische Energie umlaufender Turbinenschaufeln umgesetzt wird.

[0049] Fig. 8 veranschaulicht eine Kappenanordnung 140, die ein Sieb 160 enthält, das durch einen Abstandshalter 163 in einer Abstandsbeziehung zu der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 und der Fenster 156 gehalten ist, was einer beispielhaften Ausführungsform des vorliegenden Anmeldegegenstandes entspricht. Der Abstandshalter 163 weist eine Struktur oder mehrere Strukturen auf, die gegenüber der Ebene der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 angehoben bzw. erhöht sind und dadurch das Sieb 160 in einer angehobenen Position in Bezug auf die Ebene der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 halten. (Es ist zu beachten, dass die verschiedenen Figuren, die Abstandshalter 163 veranschaulichen, nicht massstabsgetreu gezeichnet sind.) In einer Ausführungsform, wie sie in Fig. 8 veranschaulicht ist, kann der Abstandshalter 163 rechteckige Streifen aufweisen, die sich in Umfangsrichtung um die Aussenfläche der Aussenwand der Kappenanordnung 140 herum erstrecken. Der Abstandshalter 163 hält das Sieb 160 in einer Position, die gegenüber der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 erhöht ist. In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Abstandshalter 163, wie veranschaulicht, einen vorderen Abstandshalter 163a, der gerade vor dem vorderen Ende der Fenster 156 platziert ist, und einen hinteren Abstandshalter 163b enthalten, der gerade hinter dem hinteren Ende der Fenster 156 platziert ist.

[0050] Fig. 9 veranschaulicht eine Kappenanordnung 140, die alternativ konfigurierte Fenster 156 gemeinsam mit einem Abstandshalter 163 gemäss einer alternativen Ausführungsform des vorliegenden Anmeldegegenstandes enthält. Wie veranschaulicht, ist jedes Fenster 156 derart ausgebildet, dass es entlang seiner axialen Längserstreckung unterbrochen ist, wodurch ein vorderes Fenster 156a und ein hinteres Fenster 156b an jeder Umfangsstelle gebildet sind. Es ist zu verstehen, dass dies der Kappenanordnung 140 strukturelle bzw. statische Vorteile bietet, die in bestimmten Anwendungen erforderlich sein können. Mit den auf diese Weise ausgebildeten Fenstern 156 kann zwischen dem vorderen Fenster 156a und dem hinteren Fenster 156b ein mittlerer Abstandshalter 163c, wie dargestellt, hinzugefügt werden. Es versteht sich, dass das Vorsehen dieses zusätzlichen mittleren Abstandshalter-Streifens 163c einen zusätzlichen Halt bzw. eine zusätzliche Abstützung für das Sieb 160 bereitstellt, der bzw. die je nach der Steifigkeit dieses Siebs 160, der axialen Länge der Fenster 156 oder anderen relevanten Kriterien erforderlich sein kann.

[0051] Die Fig. 10 und 11 zeigen Seitenansichten von Abstandshaltern 163, wie diese gemäss alternativen Ausführungsformen des vorliegenden Anmeldegegenstandes an der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 positioniert sein können. Wie in Fig. 11 veranschaulicht, kann der Abstandshalter 163 in einer alternativen Ausführungsform sich axial erstreckende Abstandshalterstreifen 163d enthalten, die an den Streben 158 angeordnet sind. Diese axialen Abstandshalter 163d können sich von dem vorderen Abstandshalter 163a bis zu dem hinteren Abstandshalter 163b erstrecken. Diese Konfiguration bietet zusätzlichen Halt für das Sieb 160, der wiederum je nach der Anwendung, der Art des Siebs 160 oder anderen relevanten Kriterien erforderlich sein kann. Es versteht sich ferner, dass der axiale Abstandshalter 163d in der ungefähren Mitte der Streben 158 positioniert sein kann. Diese Positionierung erzeugt oder stellt einen Puffer 165 zwischen dem Rand des Abstandshalters 163 und dem Rand des Fensters 156 bereit. Wie in grösseren Einzelheiten nachstehend erläutert, verbessert dieser Puffer 165 die Funktionsweise des Abstandshalters 163, indem er die Fläche, durch die Luft in den Zwischenraum zwischen dem Sieb 160 und der Kappenanordnung 140 eintreten kann (und auf diese Weise die Luftmenge, die in das Fenster 156 einströmen kann) vergrössert. Fig. 11 veranschaulicht eine weitere alternative Ausführungsform. In diesem Fall erstreckt sich der axial verlaufende Abstandshalter 163d nicht kontinuierlich von dem vorderen Abstandshalter 163a bis zu dem hinteren Abstandshalter 163b. Stattdessen erstreckt sich der axial verlaufende Abstandshalter 163d mit Unterbrechungen. Es versteht sich, dass diese Ausführungsart dem Sieb 160 einen zusätzlichen Halt bzw. eine zusätzliche Abstützung bietet, während sie, wie in grösseren Einzelheiten nachstehend beschrieben, einen vergrösserten Bereich bereitstellt, damit eine Strömung in den Zwischenraum zwischen dem Sieb 160 und der Kappenanordnung 140 auftreten kann. Es ist verständlich, dass andere Konfigurationen ausser den beispielhaften, wie sie in den Fig. 10 und 11 veranschaulicht sind, möglich sind.

[0052] Fig. 12 und 13 zeigen eine alternative Ausführungsform eines Abstandshalters gemäss dem vorliegenden Anmeldegegenstand. Fig. 12 zeigt eine Seitenansicht von einzelnen, diskreten Abstandshaltern 163e, wie sie an der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 in dieser Art einer Ausführungsform verwendet und positioniert sein können. Fig. 13 zeigt eine Schnittdansicht eines diskreten Abstandshalters 163 gemäss einer bevorzugten Ausführungsform, während Fig. 14 eine Schnittdansicht eines diskreten Abstandshalters gemäss einer modifizierten bevorzugten Ausführungsform zeigt. Wie veranschaulicht, sind die diskreten Abstandshalter 163e anders als die Streifen der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen hinsichtlich ihrer Grösse kleiner, zahlreicher und voneinander getrennt. Wie veranschaulicht, können die diskreten Abstandshalter 163e eine kreisrunde Gestalt aufweisen, wenn sie von der Seite aus betrachtet werden (d.h. wie in Fig. 12 veranschaulicht). Es sind auch andere Formen möglich. Wie in den Fig. 13 und 14 veranschaulicht, können die diskreten Abstandshalter 163e unterschiedliche Querschnittsformen einnehmen. Fig. 13 veranschaulicht einen eingedrückten diskreten Abstandshalter 163e, der eine gerundete Gestalt aufweist und ein Profil mit einem Gipfel oder einer Vertiefung bzw. ein eingedrücktes Profil mit einem Bereich grösster Höhe ungefähr zu seiner Mitte hin aufweist. Fig. 14 veranschaulicht einen zylindrisch geformten diskreten Abstandshalter 163e, der, wie zu erkennen ist, ein rechteckiges Profil und eine konstante Höhe aufweist.

[0053] Es versteht sich, dass der diskrete eingedrückte Abstandshalter 163e nach Fig. 13 hinsichtlich eines kostengünstigen Aufbaus und einer Langlebigkeit bestimmte Vorteile aufweisen kann. Z.B. können die eingedrückten Abstandshalter 163e geformt werden, indem die Innenfläche einer herkömmlichen Kappenanordnung 140 mit herkömmlichen Verfahren verformt wird. D.h., wie ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen wird, können die eingedrückten Abstandshalter 163e erzeugt werden, indem eine hinreichende nach aussen gerichtete Kraft auf punktuelle Stellen an vorbestimmten Stellen entlang der Innenfläche der Kappenanordnung 140 ausgeübt wird. Auf diese Weise können die Abstandshalter 163e einen integral gebildeten Teil der Kappenanordnung 140 bilden, was jedes Verlagerungsrisiko, das gesonderte und angebrachte Teile begleitet, im Wesentlichen beseitigen würde. In einigen Ausführungsformen, obwohl diese nicht veranschaulicht sind, können die eingedrückten Abstandshalter 163e gebildet werden, indem die Innenfläche der Kappenanordnung 140 verformt wird, während ferner eine Öffnung durch die Aussenwand in der Kappenanordnung 140 erzeugt wird. Die Öffnung würde bei dieser gegebenen Konstruktionsbauart ungefähr in der Mitte des eingedrückten Abstandshalters 163e positioniert sein. Es versteht sich, dass dieses Verfahren verwendet werden kann, um den erhöhten Eindruck (der für die Funktion des Abstandshalters 163 erforderlich ist) auf der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 zu erzielen und dabei gleichzeitig auch eine weitere Eintrittsstelle für die in die Kappenanordnung 140 eintretende Druckluft zu schaffen. Wie in Fig. 15 veranschaulicht, kann in einigen Ausführungsformen eine Kombination aus Abstandshalterstreifen 163 und diskreten Abstandshaltern 163e gemeinsam verwendet werden. In einer Ausführungsform, wie sie in Fig. 15 veranschaulicht ist, können die umfangsseitigen Abstandshalterstreifen 163a/163b verwendet werden, um die Fenster innerhalb des Siebs 160 zu umgeben, während die diskreten Abstandshalter 163e verwendet werden können, um dem Sieb 160 zwischen den beiden Abstandshalterstreifen Halt bzw. Unterstützung zu bieten.

[0054] Wie in den verschiedenen Figuren veranschaulicht, ist der Abstandshalter 163 derart konfiguriert, dass ein Puffer zwischen dem Rand des Fensters 156 und dem Rand des Abstandshalters 163 geschaffen ist. Das heisst, es wird ein Zwischenraum entlang der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 zwischen dem Fenster 156 und den Abstandshaltern 163 aufrechterhalten. Im Gebrauch ermöglicht dieser Puffer jedem der Fenster 156, eine Strömung, die bereits das Sieb 160 passiert hat, von einer Kontur aufzunehmen, die deutlich grösser ist als die Grundfläche des Fensters 156. Es versteht sich, dass dies nicht möglich ist, wenn das Sieb 160 flach gegen die Aussenfläche der Kappenanordnung 140 angelegt ist. Insbesondere stützen die Abstandshalter 163 das Sieb 160 in einer erhöhten bzw. angehobenen Position ab, was die Fläche des Siebs 160 vergrössert, die den Zustrom der Druckluft entgegennehmen kann. Sobald sie sich an der Innenseite

des Siebs 160 befindet, kann die Druckluft anschliessend durch die hindernisfreie Öffnung des Fensters 156 strömen. Es ist zu verstehen, dass die Abstandshalter 163 auf diese Weise verwendet werden können, um durch Vergrösserung des Bereichs, in dem die Luft durch das Sieb strömen kann, eine wesentliche Blockade zu verringern, die durch die feine Maschenweite des Siebs 160 hervorgerufen werden kann. Dies ergibt einen geringeren parasitären Druckabfall, während es den Streben 158 weiterhin ermöglicht, eine Weite zu haben, die die Struktur passend hält.

[0055] Im Allgemeinen kann die Höhe der Abstandshalter 163 (d.h. die Strecke, über die sich der Abstandshalter 163 von der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 aus erstreckt) in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien variieren. In einigen Ausführungsformen ist die Höhe der Abstandshalter 163 derart ausgelegt, dass bei den gegebenen Anforderungen der Turbine, der Grösse der Fenster 156, der Maschenweite des Siebs 160, der Platzierung der Abstandshalter 163 und/oder der Grösse des Pufferbereichs, der um die Fenster 156 herum verbleibt, eine notwendige Luftströmung in die Fenster 156 hinein erreicht wird. Als eine allgemeine Regel ist die Höhe der Abstandshalter 163 (die, wie erwähnt, die Höhe wesentlich bestimmt, auf der das Sieb 160 oberhalb der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 gehalten wird) derart ausgelegt, dass der Strömungszwischenraum, der zwischen dem Sieb 160 und der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 erzeugt ist, ausreicht, um die Strömung zu führen, die durch den Bereich des Siebs 160, der sich über den Pufferbereichen befindet, zu den Fenstern 156 hindurchtritt. In einigen bevorzugten Ausführungsformen weist der Abstandshalter 163 eine Höhe zwischen ungefähr 0,032 und 0,188 Zoll auf. In bevorzugteren Ausführungsformen weist der Abstandshalter 163 eine Höhe zwischen ungefähr 0,062 und 0,125 Zoll auf. In einigen Ausführungsformen weist der Abstandshalter 163 eine gleichmässige oder konstante Höhe auf. Jedoch versteht es sich, dass der Abstandshalter 163 auch gestaltet sein kann, um eine variierende oder ungleichmässige Höhe zu haben. Es versteht sich ferner, dass die vorliegende Erfindung insofern Vorteile bietet, als sie verwendet werden kann, um in kostengünstiger Weise Brennkammern mit einer herkömmlichen Konstruktion nachzurüsten.

[0056] Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Anmeldung ist der mehrlagige Aufbau aus mehreren Sieben 160, um ein Funktionsverhalten zu erzielen, das die Eigenschaften der Strömung in die Kappenanordnung 140 hinein verbessert. Es versteht sich, dass im Allgemeinen die Geschwindigkeit der in die Fenster 156 einströmenden Luft je nach der axialen Lage des Eintritts variiert. Druckluft, die in das Fenster 156 an einer hinteren Position, d.h. an einer Position in der Nähe des hinteren Endes des Fensters 156, eintritt, hat meist eine grössere Geschwindigkeit und, indem sie beim Eintritt in die Kappenanordnung 140 die notwendige 180°-Drehung zu den Brennstoffinjektoren 138 hin vollzieht, bildet einen weiten Kurvenbogen, der einen Teil der Strömung bis tief in die inneren Bereiche der Kappenanordnung 140 hinein aufnimmt, wodurch eine relativ grosse Trennblase erzeugt wird. Dagegen hat Druckluft, die in das Fenster 156 an einer weiter vorne befindlichen Position, d.h. an einer Position in der Nähe des vorderen Endes des Fensters 156 eintritt, meist eine reduzierte Geschwindigkeit und, indem sie beim Eintritt in die Kappenanordnung 140 die notwendige 180°-Drehung zu den Brennstoffinjektoren 138 hin vollzieht, bildet einen engeren Kurvenbogen, so dass ein Grossteil der Strömung an dem Rand der Kappenanordnung 140 bleibt. Bei dieser Strömungsumkehr und der Bewegung der Luft in Richtung auf die Brennstoffinjektoren versteht es sich, dass die Luft mit geringerer Geschwindigkeit und kleinerem Kurvenradius mit der Luft mit grösserer Geschwindigkeit und grösserem Kurvenradius zusammenstösst. Dieses gemeinsame resultierende Strömungsmuster ruft zusätzlichen Widerstand, eine turbulente Strömung und aerodynamische Verluste hervor. Zum Beispiel ist in diesem zweilagigen Bereich, in dem die Strömungen zusammenstossen, die Geschwindigkeit der Luft, die aus dem Abschnitt des Fensters austritt, das sich am nächsten zu den Brennstoffdüsen befindet, reduziert.

[0057] Gemäss Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können diese aerodynamischen Verluste vermieden werden, indem ein mehrlagiger Siebfilter (d.h. ein Siebfilter, der wenigstens zwei gestapelte Sieblagen bzw. -schichten in wenigstens einem Abschnitt des Filters enthält) bereitgestellt wird. In einigen Ausführungsformen enthält der mehrlagige Siebfilter wenigstens zwei Lagen eines Siebs 160 zu dem hinteren Ende der Fenster 156 hin, während das vordere Ende der Fenster 156 durch lediglich eine einzige Lage des Siebs 160 bedeckt belassen wird. Es sind andere Konfigurationen möglich, wie nachstehend in grösseren Einzelheiten erläutert. In anderen Ausführungsformen können weitere Sieblagen 160 vorgesehen sein (d.h. Lagen zusätzlich zu den beiden hinteren Lagen/einer vorderen Lage des Siebs 160). In diesen Fällen versteht es sich, dass in Bezug auf das hintere Ende des Fensters 156 das vordere Ende des Fensters 156 mit einer reduzierten Anzahl von Sieblagen 160 bedeckt wird. Während des Betriebs erhöhen die zusätzlichen Sieblagen 160 die Variation der Geschwindigkeit der Druckluft, die entlang der axialen Längserstreckung des Fensters 156 in das Fenster 156 eintritt, sowie die Variation des Kurvenradius dieser Strömung bei der Umkehr der Strömungsrichtung. Insbesondere schaffen die zusätzlichen Sieblagen 160, die das hintere Ende der Fenster 156 bedecken, eine grössere Blockade oder einen grösseren Widerstand, und sie verlangsamen dadurch die Strömung der Druckluft durch die hintere Region der Fenster 156, was den Bogen, den die Strömung beim Drehen zu den Brennstoffinjektoren 138 hin macht, verkleinert. Auf diese Weise können die in den hinteren Abschnitt des Fensters 156 einströmende Druckluftströmung und die in den vorderen Abschnitt des Fensters 156 einströmende Druckluftströmung vergleichmässigt und dadurch zusammengebracht werden, ohne die begleitenden aerodynamischen Verluste, wie vorstehend beschrieben, zu erleiden.

[0058] Wie in Fig. 16 veranschaulicht, können gemäss einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zwei Sieblagen 160 verwendet werden. Ein erstes Sieb 160a kann weitgehend ähnlich wie die Siebe 164 in den vorstehend erläuterten Ausführungsformen positioniert werden, positioniert werden. Das heisst, das erste Sieb 160a kann sich von einem vorderen Abstandshalter 163a bis zu einem hinteren Abstandshalter 163b erstrecken. Ein zweites Sieb 160b kann, wie veranschaulicht, über dem ersten Sieb 160a platziert werden. In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich das

zweite Sieb 160b von dem hinteren Abstandshalter 163b bis zu einer axialen Stelle in der ungefähren Mitte des Fensters 156. Es ist zu verstehen, dass in (nicht veranschaulichten) alternativen Ausführungsformen das zweite Sieb 160b die innenliegende Position einnehmen kann, während das erste Sieb 160a die aussenliegende Position einnimmt.

[0059] Fig. 17 veranschaulicht eine alternative Ausführungsform, in der drei Sieblagen verwendet werden. Ein erstes Sieb 160a kann sich von dem vorderen Abstandshalter 163a zu dem hinteren Abstandshalter 163b erstrecken. Ein zweites Sieb 160b kann, wie veranschaulicht, über dem ersten Sieb 160a platziert sein und sich von dem hinteren Abstandshalter 163b aus erstrecken, um ungefähr 2/3-te der axialen Längserstreckung des Fensters 156 zu bedecken. Ein drittes Sieb 160c kann, wie veranschaulicht, über dem zweiten Sieb 160b aus derart platziert sein und sich von dem hinteren Abstandshalter 163b erstrecken, dass es ungefähr 1/3-tel der axialen Längserstreckung des Fensters 156 umfasst.

[0060] Fig. 18 veranschaulicht eine alternative Ausführungsform, in der zwei Sieblagen mit einer Fensterkonfiguration verwendet werden, in der die Fenster 156 ein hinteres Fenster 156b und ein vorderes Fenster 156a enthalten. Wie veranschaulicht, kann sich ein erstes Sieb 160a von dem vorderen Abstandshalter 163a bis zu dem hinteren Abstandshalter 163b erstrecken. Ein zweites Sieb 160b kann, wie veranschaulicht, über dem ersten Sieb 160a platziert sein und sich von dem hinteren Abstandshalter 163b bis zu einem zwischen den Fenstern 156 positionierten Abstandshalter 163 erstrecken.

[0061] Fig. 19 veranschaulicht eine Ausführungsform, die mehrlagige Siebe 160 ohne Abstandshalter 163 enthält. Es ist für Fachleute auf dem Gebiet verständlich, dass die Verwendung der mehrlagigen Siebe 160 eine Verbesserung des Funktionsverhaltens unabhängig von dem Einsatz der Abstandshalter 163 ergibt. Das heisst, die mit der Reduktion der aerodynamischen Verluste verbundenen Leistungsvorteile können unabhängig davon erreicht werden, ob auch Abstandshalter 163 gemäss der vorliegenden Anmeldung eingesetzt werden oder nicht.

[0062] Das Sieb 160 ist allgemein mit einem bei der gegebenen Umgebung innerhalb der Brennkammer geeigneten Material aufgebaut. Zum Beispiel kann das Sieb mit rostfreiem Stahl, nickelbasiertem Draht, einem Lochblechmaterial oder beliebigen sonstigen geeigneten Materialien aufgebaut sein. Im Allgemeinen muss das Sieb 160 aufgrund der kleinen Grösse der Partikel, die aufgefangen werden müssen, eine sehr feine Maschenweite aufweisen. In bevorzugten Ausführungsformen kann die Maschenweite des Siebs Öffnungen von 0,015 Zoll/2 oder weniger aufweisen. Mehr bevorzugt liegt die Maschenweite des Siebs gemäss der vorliegenden Anmeldung in einem Bereich zwischen ungefähr 0,0006 und 0,015 Zoll/2. Idealerweise liegt die Maschenweite des Siebs innerhalb eines Bereichs zwischen ungefähr 0,0009 und 0,025 Zoll/2. In anderen Ausführungsformen gemäss der vorliegenden Anmeldung kann die Maschenweite im Verhältnis zu der Grösse der kleinsten Öffnungen innerhalb des Mikrokanal-Brennstoffinjektors 138 eingerichtet sein. In diesen Fällen kann die Maschenweite allgemein derart konfiguriert sein, dass sie kleiner ist als die kleinsten Öffnungen, die durch den Brennstoffinjektor hindurchführen. Wie erwähnt, führt die Feinheit der Maschenweite dazu, dass das Sieb 160 einen wesentlichen Anteil der Fenster 156 blockiert, das heisst die feine Maschenweite des Siebs blockiert einen grossen Anteil des Fensterbereiches, durch den die in die Brennkammer eintretende Luft strömen muss. Blockierverhältnisse von 50% oder mehr sind bei den Sieben 160, die in diesen Arten von Filterungsanwendungen eingesetzt werden, üblich. In einigen Ausführungsformen erweisen sich die Abstandshalter 163 als effektiv, wenn sie in Verbindung mit Sieben 160 verwendet werden, die Blockierverhältnisse von wenigstens 40% aufweisen. In bevorzugten Ausführungsformen erweisen sich die Abstandshalter 163 als effektiv, wenn sie in Verbindung mit Sieben 160 verwendet werden, die Blockierverhältnisse von wenigstens 50% aufweisen. Die Siebe 160 können an der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 oder an den Abstandshaltern 163 oder an einer anderen Sieblage 160 gemäss herkömmlichen Verfahren befestigt werden. Die Befestigungsverfahren können z.B. Punktschweissung, Hartlötung, mechanische Anbringung oder andere ähnliche Methoden enthalten.

[0063] Die Abstandshalter 163 können mit Materialien aufgebaut sein, die in der Lage sind, den rauen Bedingungen innerhalb der Brennkammer zu widerstehen. In bestimmten bevorzugten Ausführungsformen sind die Abstandshalter 163 mit den folgenden Materialien aufgebaut: rostfreier Stahl, Kohlenstoffstahl oder nickelbasierte Legierungen. Es sind auch andere Materialien möglich. Die Abstandshalter 163 können an der Aussenfläche der Kappenanordnung 140 oder an den Sieben 160 gemäss herkömmlichen Verfahren befestigt werden. Die Befestigungsverfahren können z.B. Hartlötung, Schweissung, mechanische Anbringung oder andere ähnliche Methoden umfassen.

[0064] Aus der vorstehenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung werden Fachleute auf dem Gebiet Verbesserungen, Veränderungen und Modifikationen wahrnehmen. Derartige Verbesserungen, Veränderungen und Modifikationen innerhalb der Fachkenntnis sollen durch die beigefügten Ansprüche mit umfasst sein. Ferner sollte verständlich sein, dass das Vorstehende lediglich die bevorzugten Ausführungsformen des vorliegenden Anmeldegegenstandes anbetrifft und dass zahlreiche Veränderungen und Modifikationen daran vorgenommen werden können, ohne von dem Rahmen und Umfang des Anmeldegegenstandes, wie er durch die folgenden Ansprüche definiert ist, und deren Äquivalenten abzuweichen.

[0065] Eine Brennkammer 112 für eine Verbrennungsturbine enthält: eine Kammer, die durch eine Aussenwand definiert ist und einen Kanal zwischen Fenstern 156, die durch die Aussenwand hindurchführend zu einem vorderen Ende hin definiert sind, und wenigstens einem Brennstoffinjektor bildet, der zu einem hinteren Ende hin positioniert ist; und einen mehrlagigen Siebfilter 160, der wenigstens zwei Sieblagen 160 über wenigstens einem Teil der Fenster 156 und wenigstens eine einzige Sieblage 160 über dem restlichen Teil der Fenster 156 aufweist. Die Fenster 156 enthalten ein vorderes Ende und einen vorderen Teil sowie ein hinteres Ende und einen hinteren Teil. Der mehrlagige Siebfilter 160 ist derart

konfiguriert, dass der hintere Teil der Fenster 156 wenigstens zwei Sieblagen 160 enthält, während der vordere Teil der Fenster 156 eine Sieblage 160 weniger als der hintere Teil der Fenster 156 enthält.

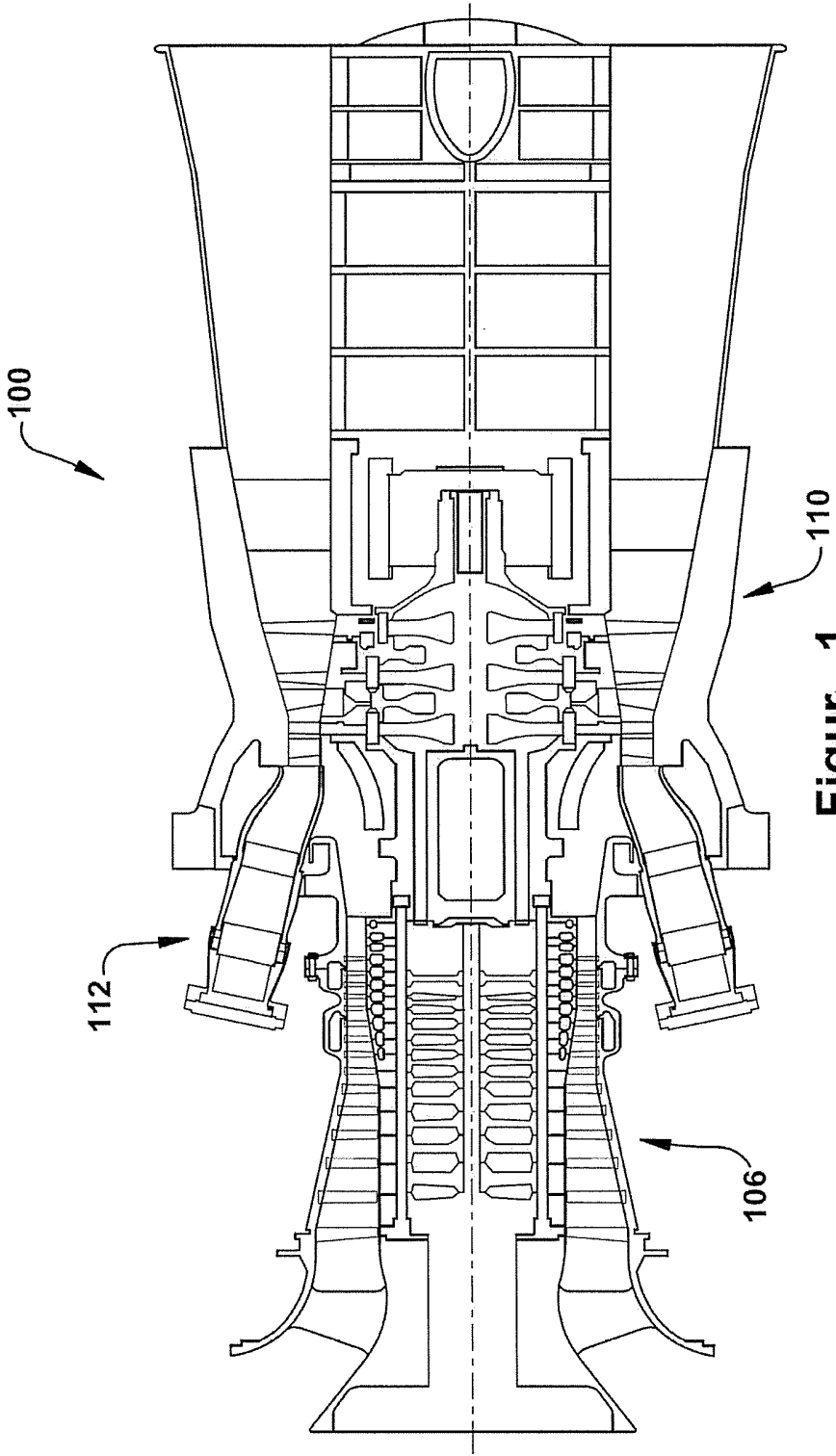
Bezugszeichenliste

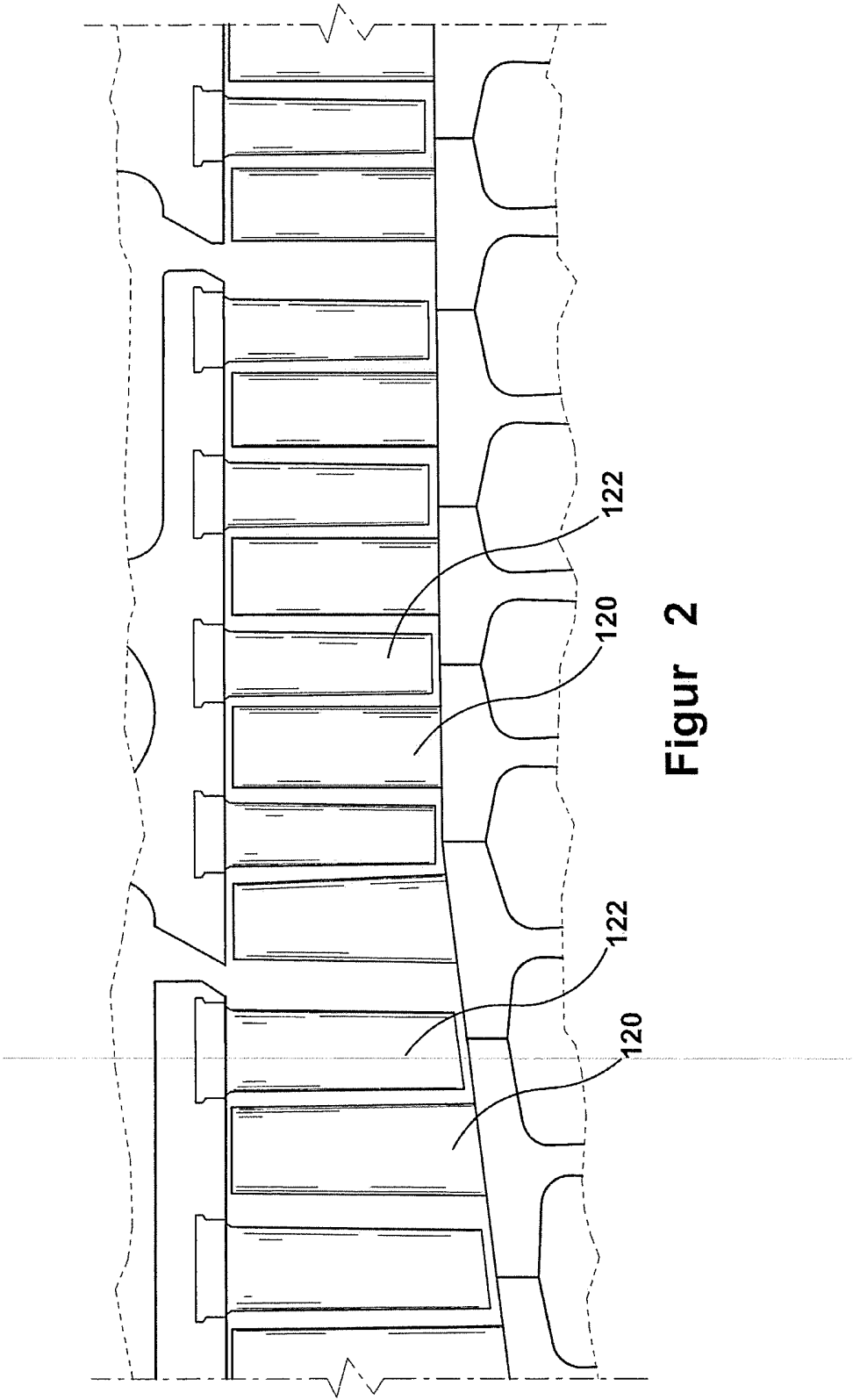
[0066]

100	Gasturbine
106	Verdichter
110	Turbine
112	Brennkammer
120	Verdichterrotorschaukeln
122	Verdichterstatorschaukeln
126	Turbinenrotorschaukeln
128	Turbinenstatorschaukeln
130	Brennkammer
134	Kopfende
136	Endabdeckung
137	Brennstoffleitung
138	Brennstoffinjektor
140	Kappenanordnung
141	Brennraum
144	Strömungshülse
146	Auskleidung
148	Übergangsstück
150	Prallhülse
152	Übergangsstück-Hinterrahmen
154	Pralllöcher
156	Fenster
156a	vorderes Fenster
156b	hinteres Fenster
158	Strebe
160	Sieb
163	Abstandshalter
163a	vorderer Abstandshalter
163b	hinterer Abstandshalter
163c	mittlerer Abstandshalter
163d	axial verlaufender Abstandshalter
163e	diskreter Abstandshalter

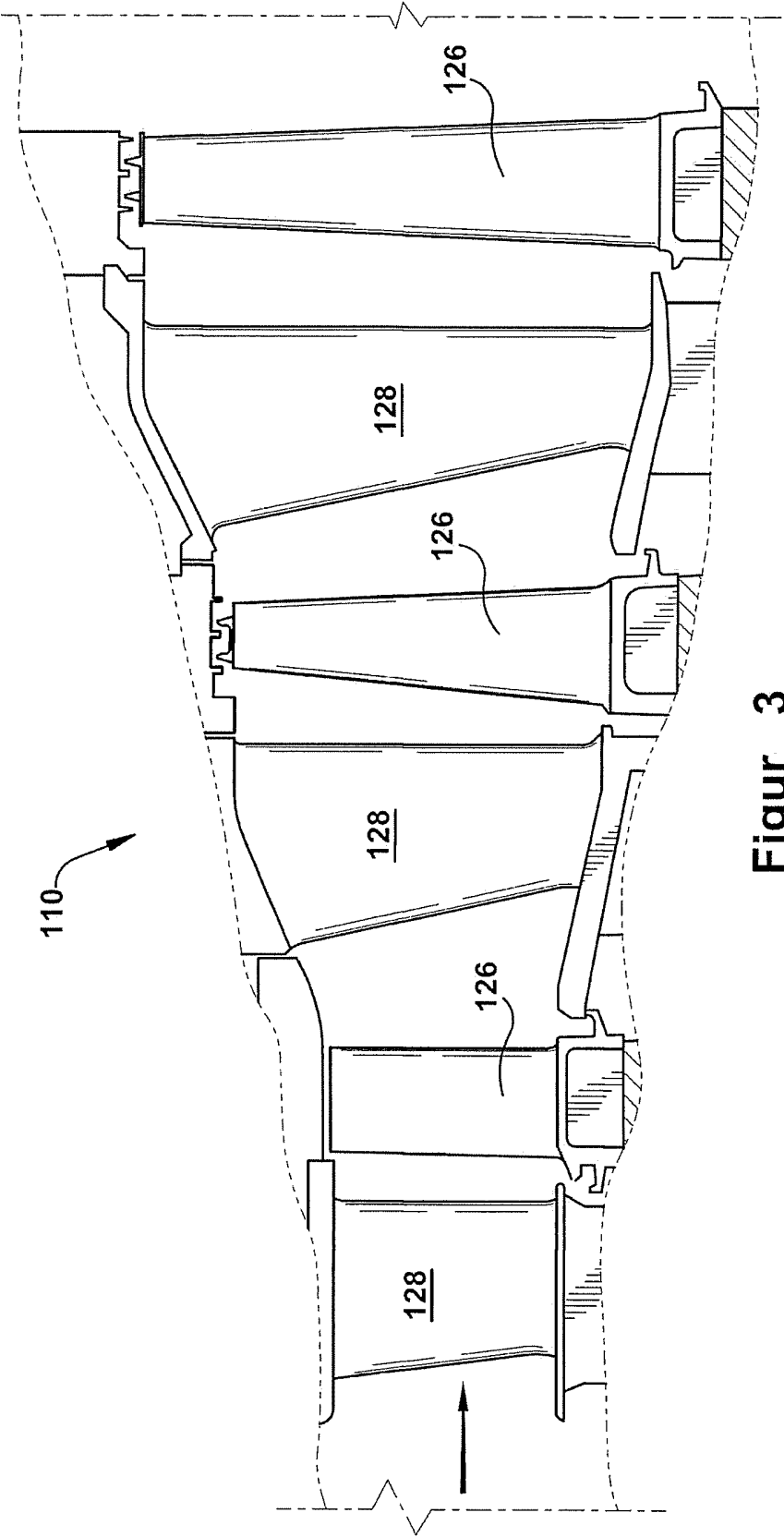
Patentansprüche

1. Brennkammer (112) für eine Verbrennungsturbine, wobei die Brennkammer (112) aufweist:
eine Kammer, die durch eine Aussenwand definiert ist und einen Kanal zwischen Fenstern (156), die durch die Aussenwand hindurch zu einem vorderen Ende der Kammer hin definiert sind, und wenigstens einem Brennstoffinjektor bildet, der zu einem hinteren Ende der Kammer hin positioniert ist; und
einen mehrlagigen Siebfilter (160), der wenigstens zwei Sieblagen (160) über wenigstens einem Abschnitt der Fenster (156) und wenigstens eine einzige Sieblage (160) über dem restlichen Abschnitt der Fenster (156) aufweist;
wobei die Fenster (156) ein vorderes Ende und benachbart zu dem vorderen Ende einen vorderen Abschnitt sowie ein hinteres Ende und benachbart zu dem hinteren Ende einen hinteren Abschnitt enthalten;
wobei der mehrlagige Siebfilter (160) über den Fenstern (156) derart positioniert ist, dass im Betrieb eine Druckluftzufuhr, die durch die Fenster (156) hindurch in die Kammer eintritt, durch wenigstens eine Sieblage (160) hindurchtritt; und
wobei der mehrlagige Siebfilter (160) derart konfiguriert ist, dass der hintere Abschnitt der Fenster (156) wenigstens zwei Sieblagen (160) enthält und der vordere Abschnitt der Fenster (156) wenigstens eine Sieblage (160) weniger als der hintere Abschnitt der Fenster (156) enthält.
2. Brennkammer (112) nach Anspruch 1, wobei der mehrlagige Siebfilter (160) derart konfiguriert ist, dass der hintere Abschnitt der Fenster (156) zwei Sieblagen (160) enthält, während der vordere Abschnitt der Fenster (156) eine einzige Sieblage (160) enthält;
wobei der vordere Abschnitt der Fenster (156) ungefähr die Hälfte der axialen Längserstreckung der Fenster (156) aufweist und der hintere Abschnitt der Fenster (156) den Rest aufweist; und
wobei die Kammer eine Kappenanordnung (140) aufweist.
3. Brennkammer (112) nach Anspruch 1, wobei die Fenster (156) einen zwischen dem vorderen Abschnitt und dem hinteren Abschnitt positionierten mittleren Abschnitt enthalten;
wobei der mehrlagige Siebfilter (160) derart konfiguriert ist, dass der hintere Abschnitt der Fenster (156) wenigstens drei Sieblagen (160) enthält, der mittlere Abschnitt der Fenster (156) wenigstens eine Sieblage (160) weniger als der hintere Abschnitt der Fenster (156) enthält und der vordere Abschnitt der Fenster (156) eine Sieblage (160) weniger als der mittlere Abschnitt der Fenster (156) enthält.
4. Brennkammer (112) nach Anspruch 3, wobei der vordere Abschnitt der Fenster (156) ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster (156) aufweist, der mittlere Abschnitt der Fenster (156) ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster (156) aufweist und der hintere Abschnitt der Fenster (156) ungefähr ein Drittel der axialen Länge der Fenster (156) aufweist.
5. Brennkammer (112) nach Anspruch 1, wobei jede der Sieblagen (160) ungefähr die gleiche Maschenweite aufweist.
6. Brennkammer (112) nach Anspruch 5, wobei die Maschenweite Öffnungen mit einer Grösse von 0,015 Zoll² oder weniger aufweist.
7. Brennkammer (112) nach Anspruch 5, wobei die Maschenweite Öffnungen mit einer Grösse in einem Bereich zwischen 0,0009 und 0,0025 Zoll² aufweist.
8. Brennkammer (112) nach Anspruch 5, wobei die Maschenweite der Grösse der kleinsten Kanäle innerhalb des Mikrokanal-Brennstoffinjektors entspricht.
9. Brennkammer (112) nach Anspruch 5, wobei die Maschenweite Blockierverhältnissen von wenigstens 50% entspricht.
10. Brennkammer (112) nach Anspruch 1, wobei:
die Kammer und die Aussenwand eine zylindrische Kappenanordnung aufweisen;
die Fenster (156) eine rechteckige Gestalt mit einem Paar langer Seiten, die in der Axialrichtung ausgerichtet sind, und einem Paar kurzer Seiten aufweisen, die in der Umfangsrichtung ausgerichtet sind;
die Fenster (156) rings um den Umfang der zylindrischen Kappenanordnung gleichmässig beabstandet verteilt sind;
und
zwischen jedem Paar benachbarter Fenster (156) Streben (158) definiert sind, wobei die Streben (158) und die Fenster (156) eine Weite, die die Strecke umfasst, über die sich jede bzw. jedes in Umfangsrichtung erstreckt, und eine Länge aufweisen, die die Strecke umfasst, über die sich jede bzw. jedes in Axialrichtung erstreckt.
11. Brennkammer (112) nach Anspruch 10, wobei:
die Kappenanordnung sich nach hinten von einer ersten Verbindung mit einer Endabdeckung bis zu einer zweiten Verbindung mit einer Strömungshülse erstreckt;
der Brennstoffinjektor einen Mikrokanal-Brennstoffinjektor aufweist; und
das Sieb (160) eine vorbestimmte Maschenweite aufweist, die hinsichtlich ihrer Grösse der Grösse der Kanäle in dem Mikrokanal-Brennstoffinjektor entspricht.

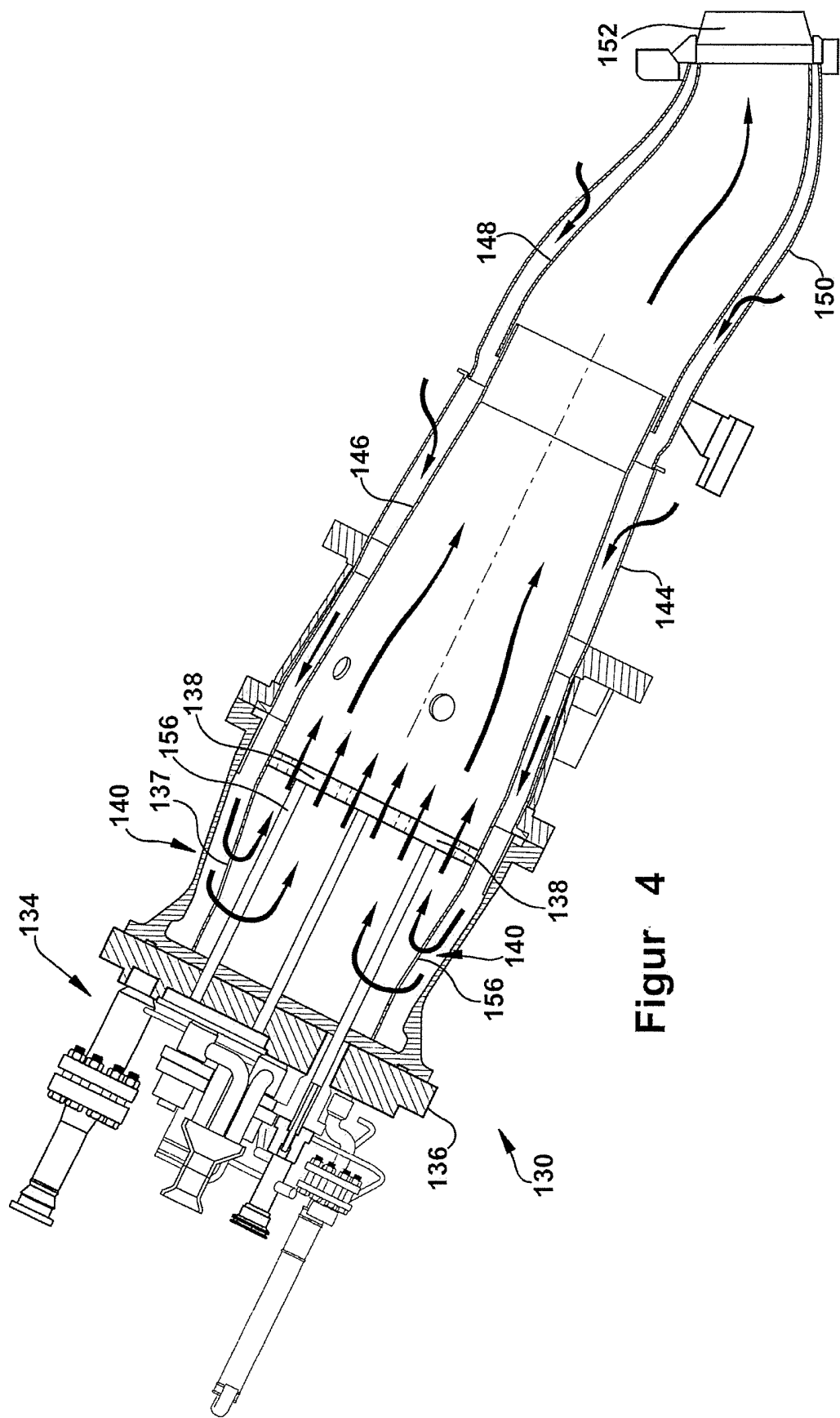




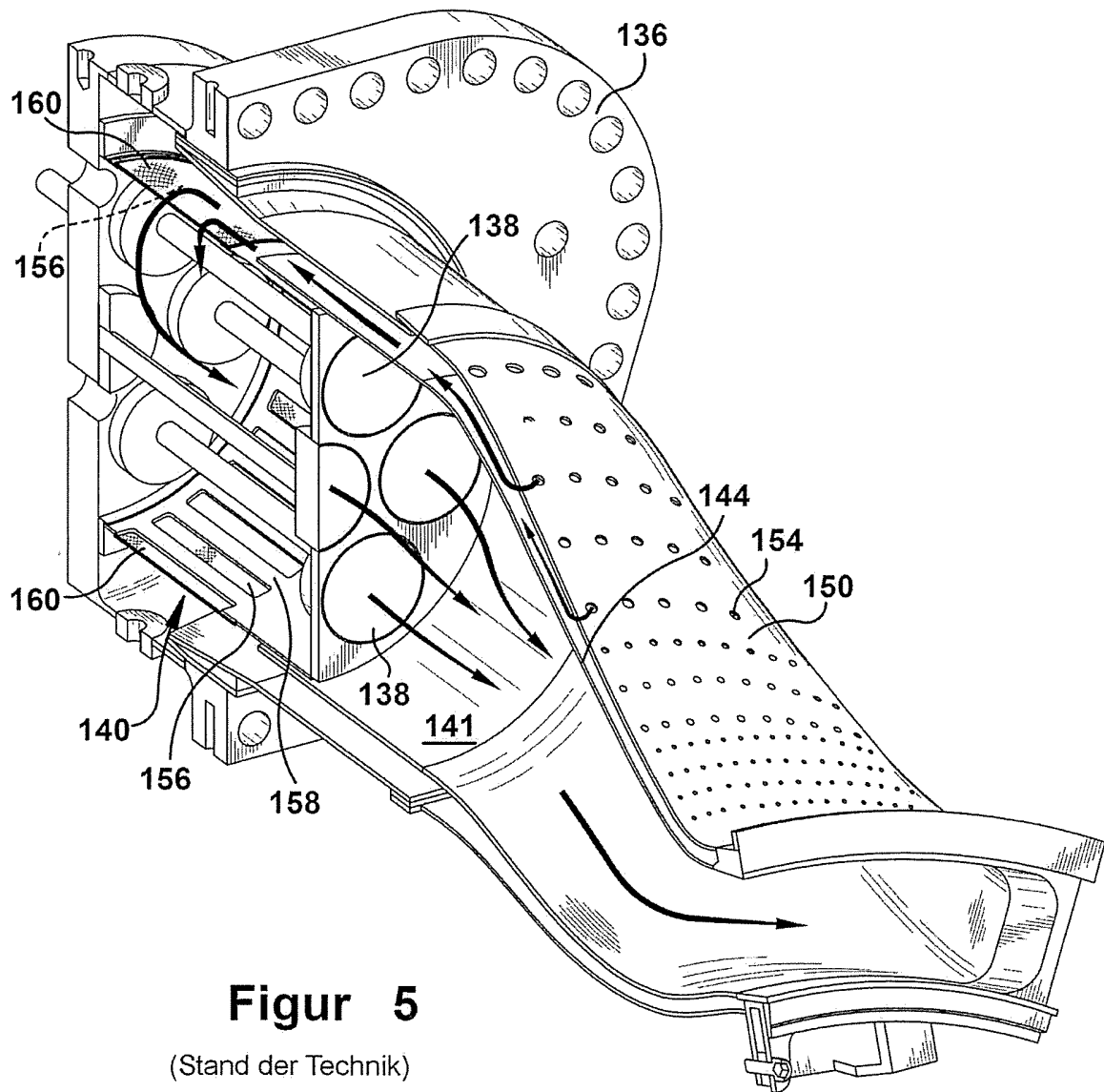
Figur 2



Figur 3

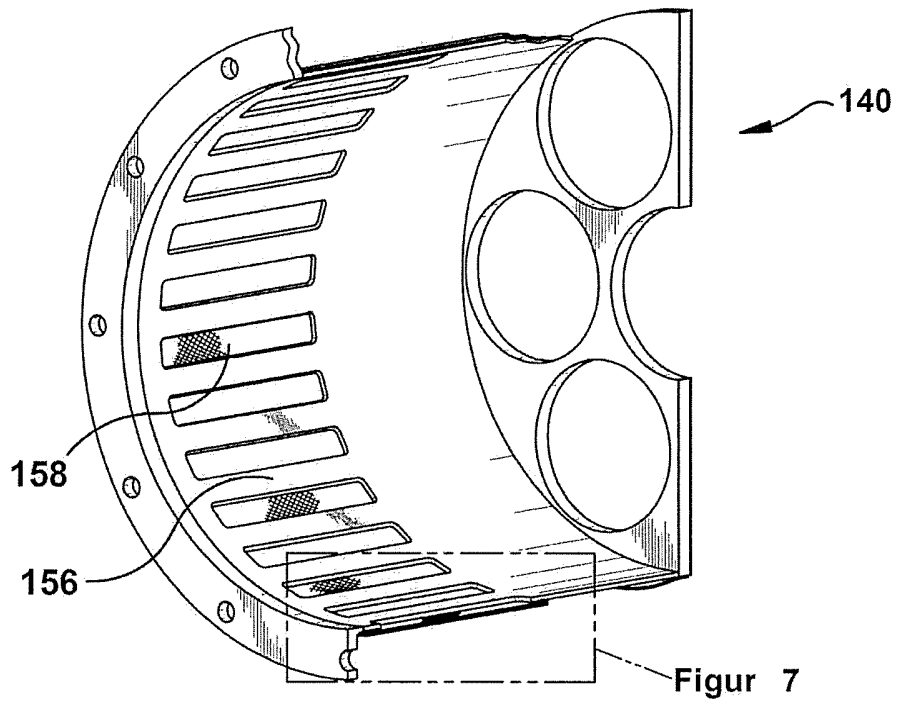


Figur 4



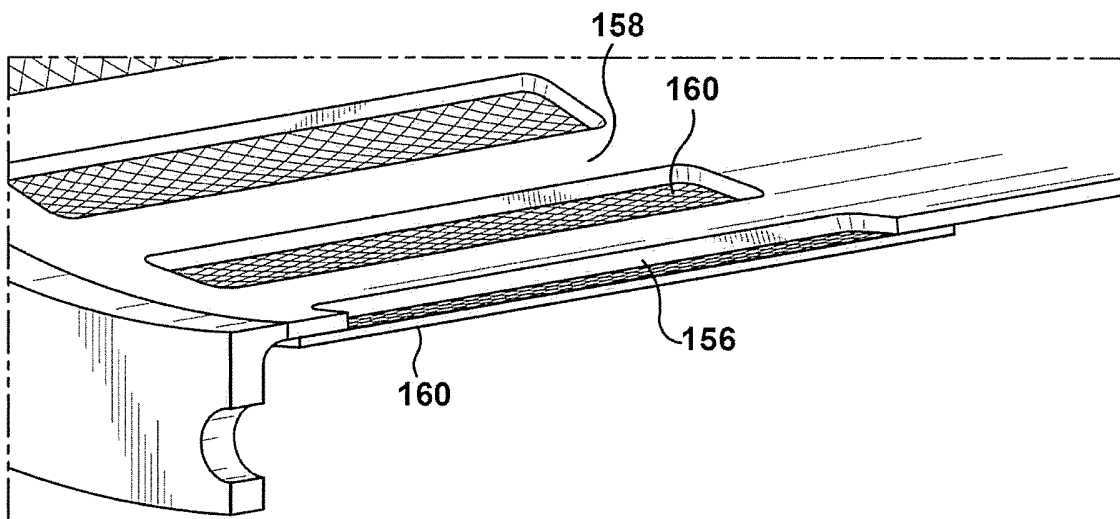
Figur 5

(Stand der Technik)

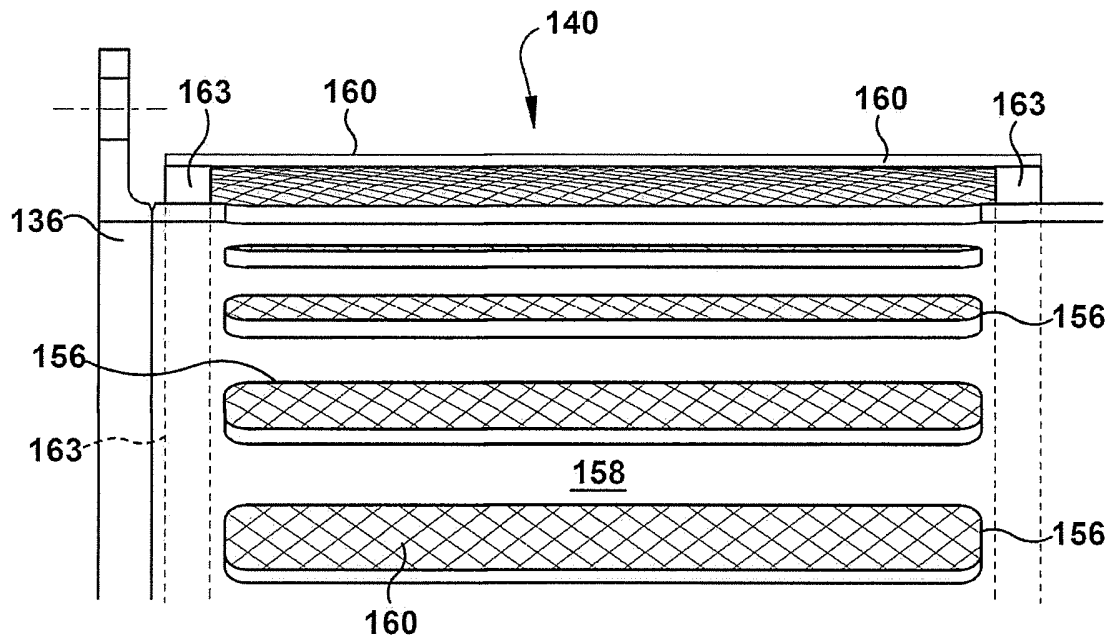


Figur 6

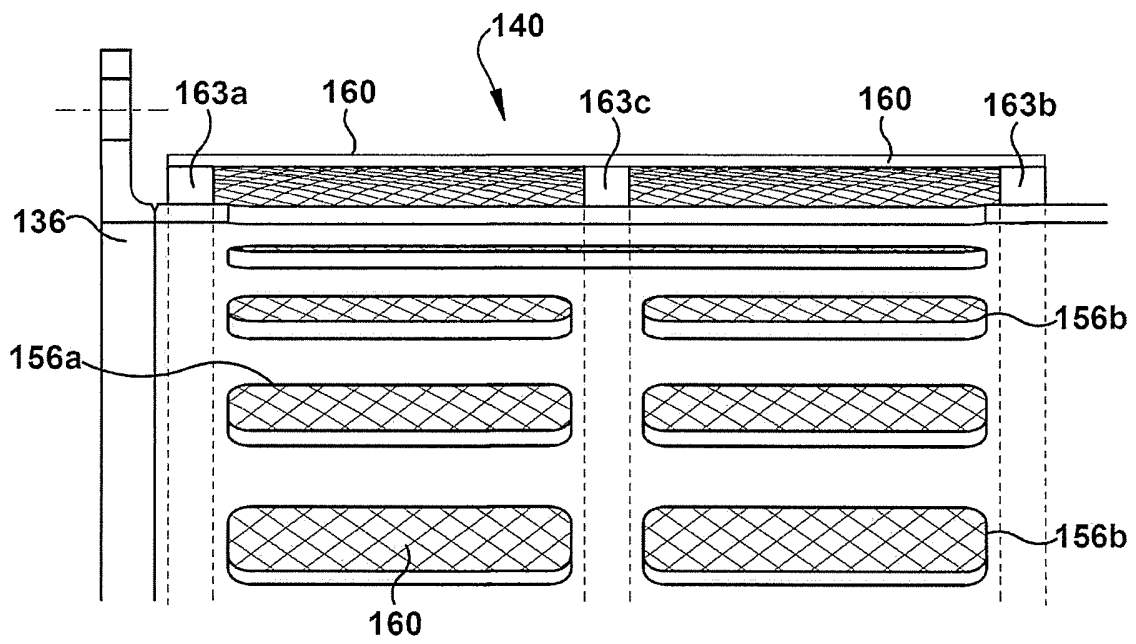
(Stand der Technik)



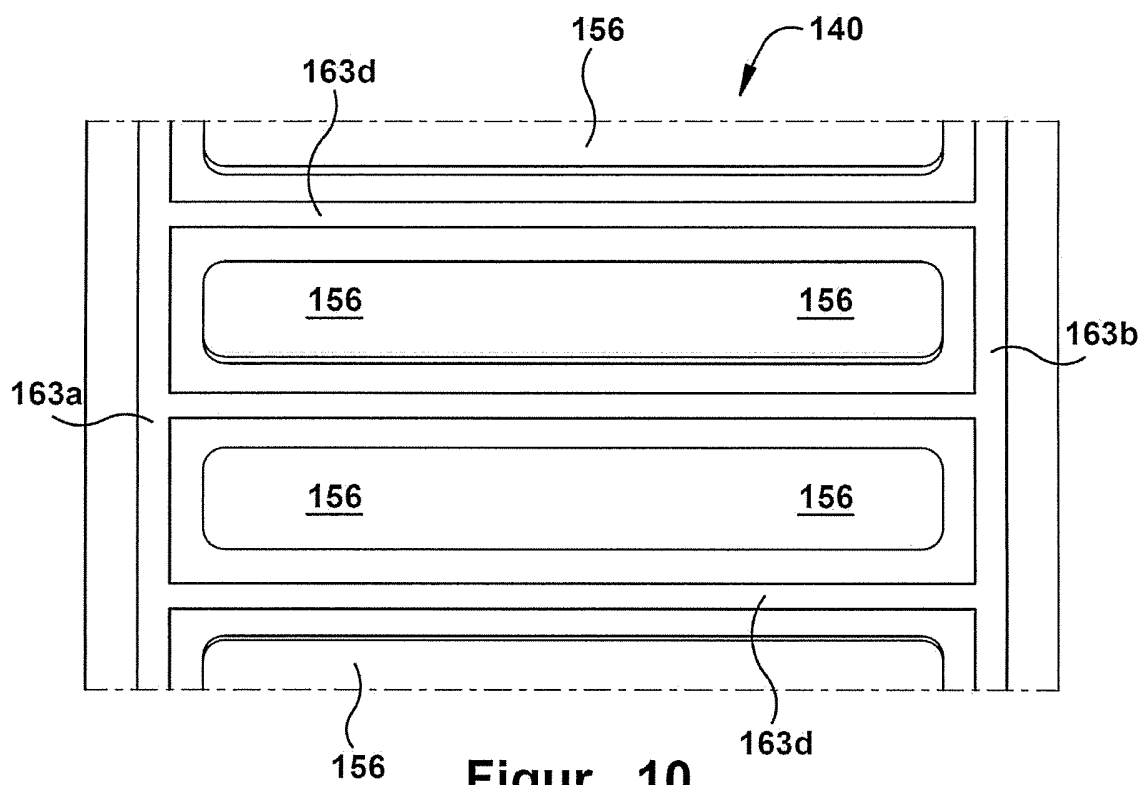
Figur 7



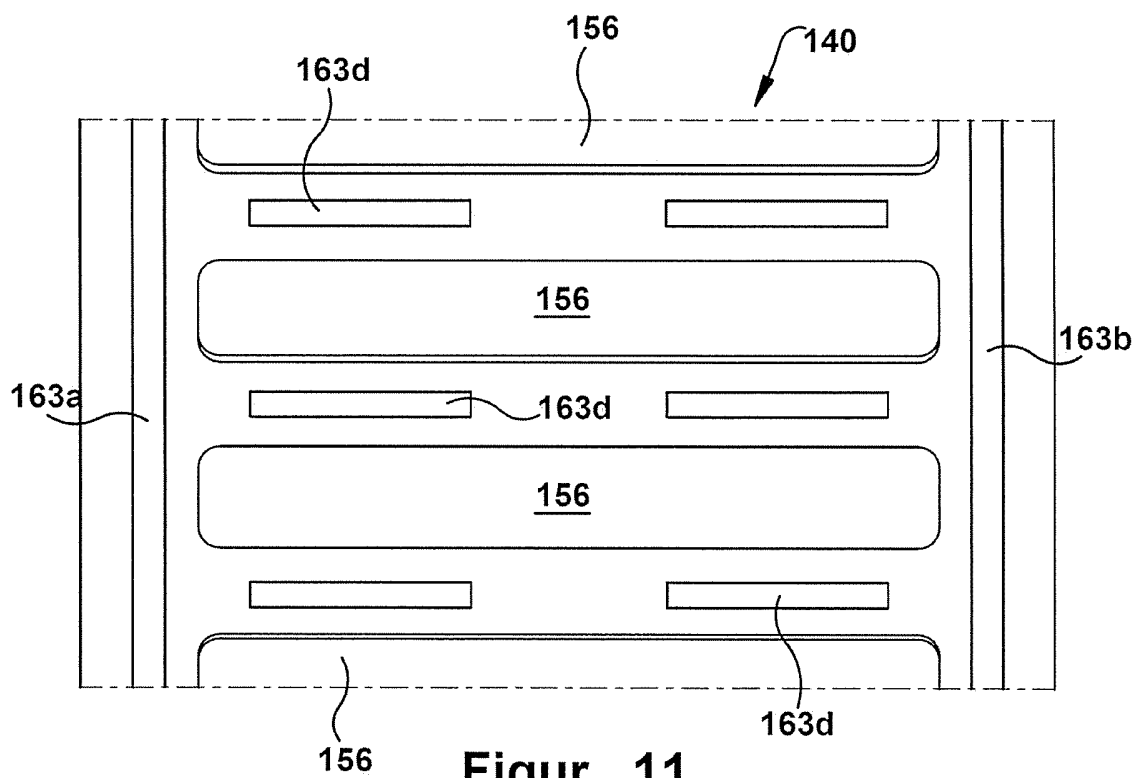
Figur 8



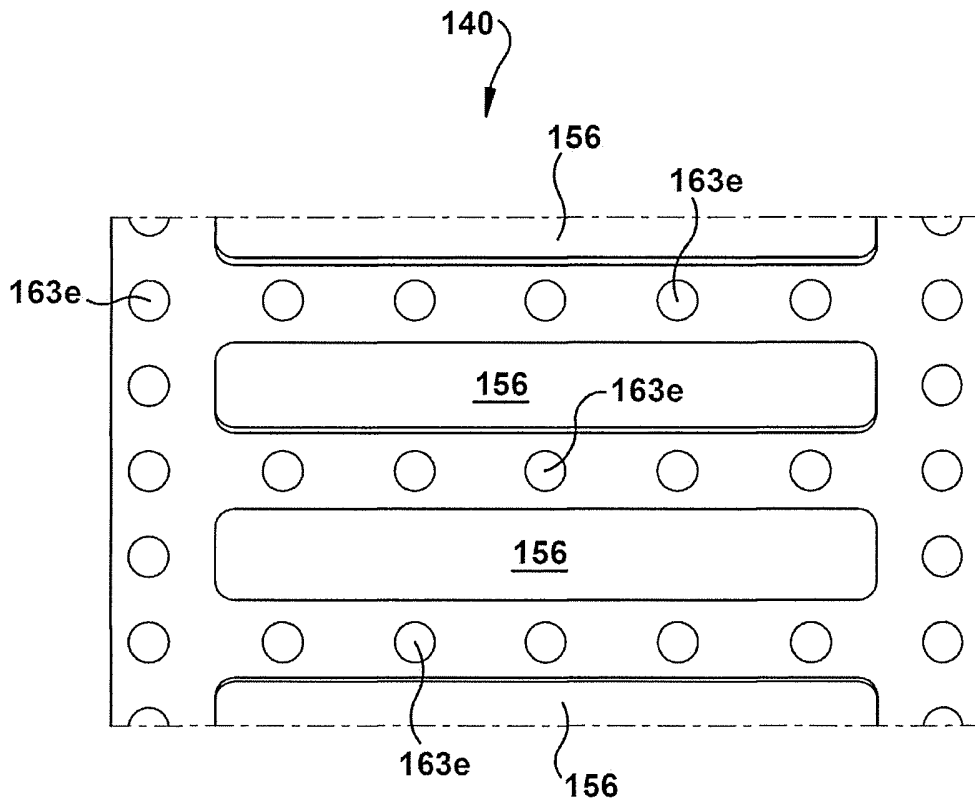
Figur 9



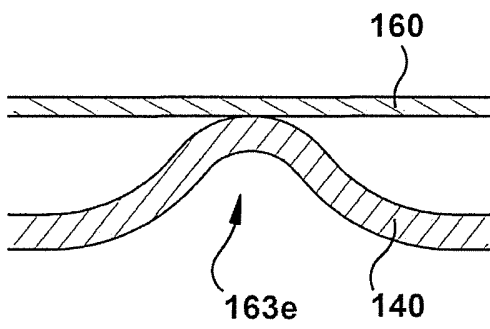
Figur 10



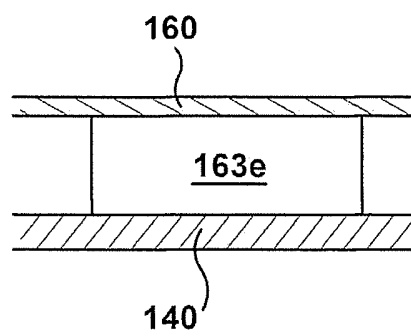
Figur 11



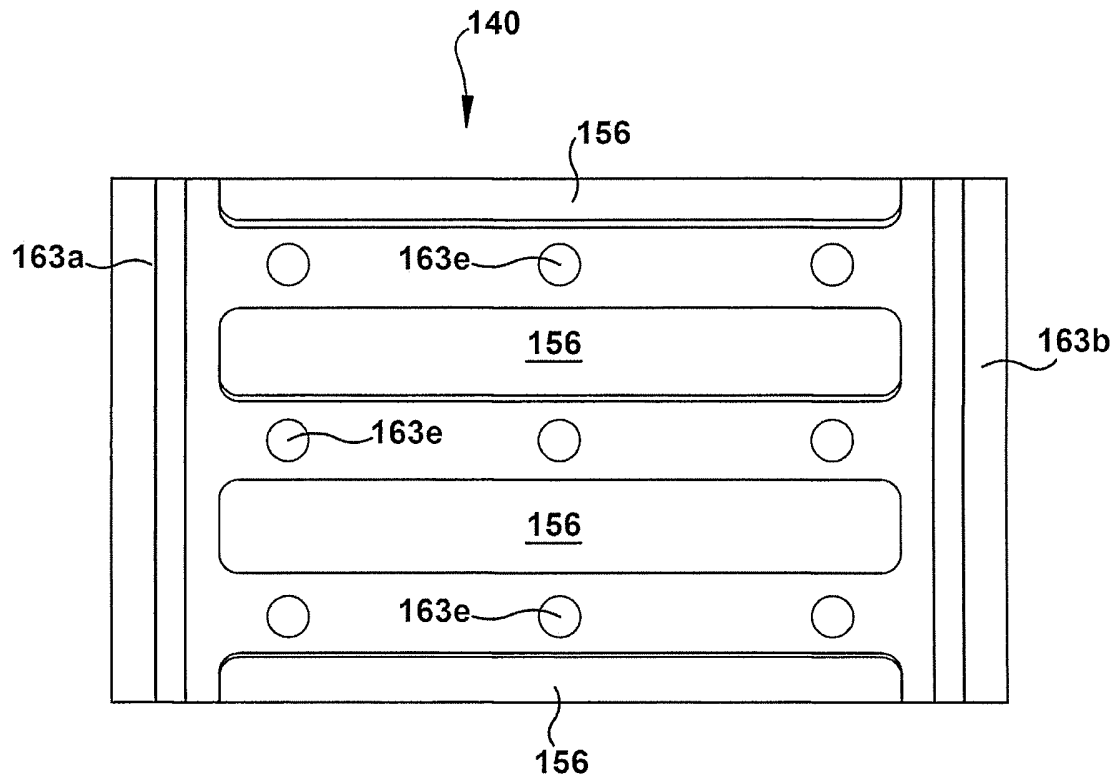
Figur 12



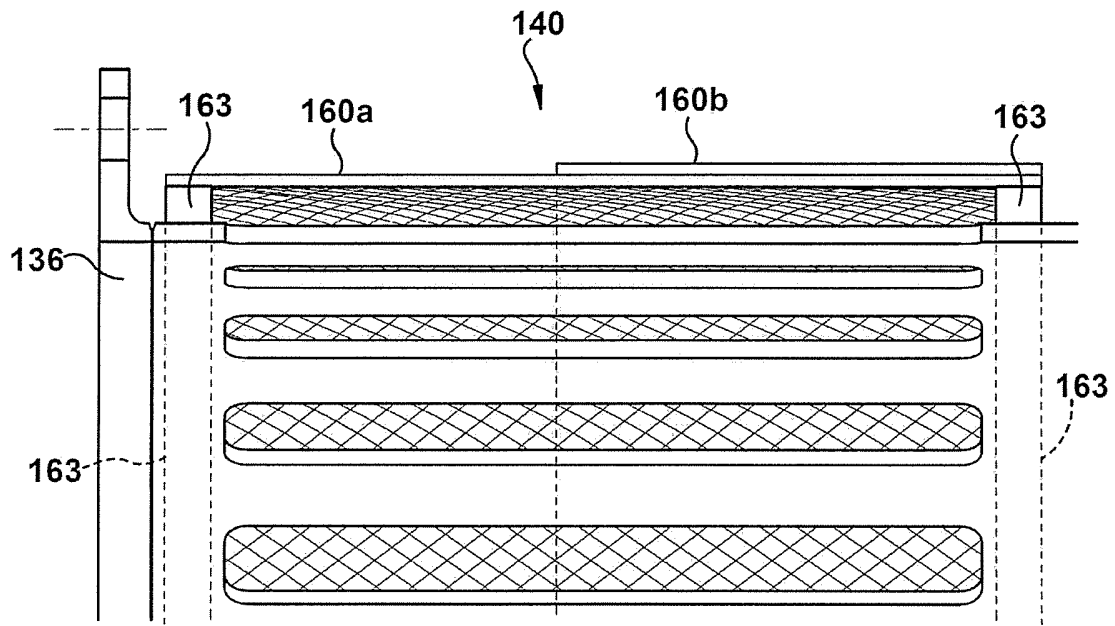
Figur 13



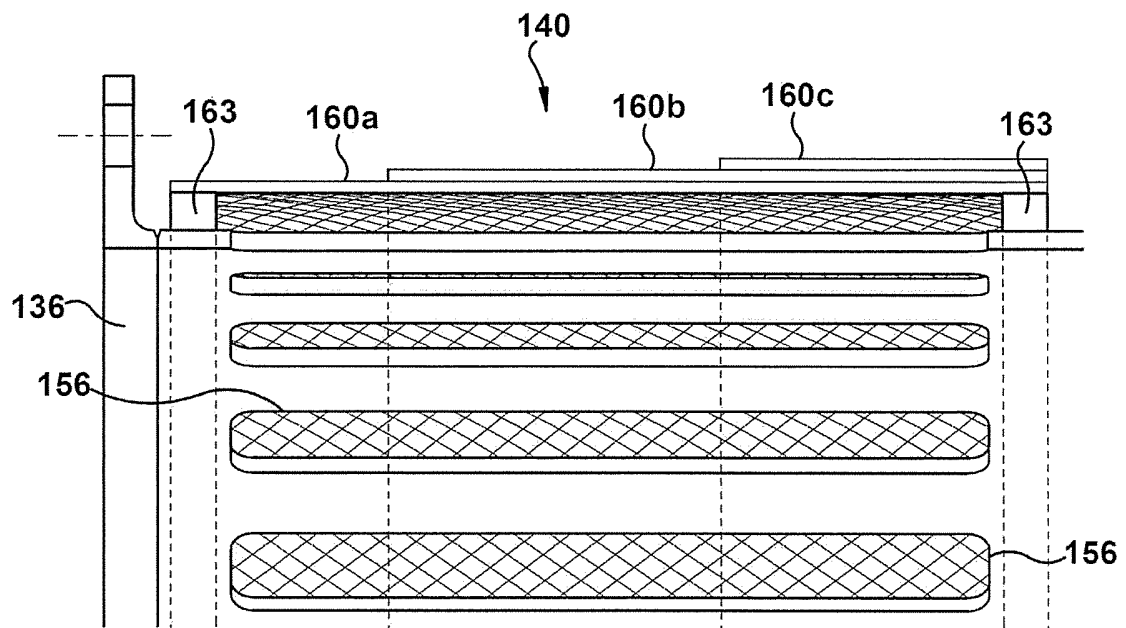
Figur 14



Figur 15



Figur 16



Figur 17

