



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 10 170 T2 2007.03.15**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 391 652 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 10 170.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 254 682.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.07.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.12.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F23D 11/10 (2006.01)**

F23K 5/22 (2006.01)

F23R 3/28 (2006.01)

F23R 3/32 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0219458 21.08.2002 GB

(73) Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Sanders, Noel Anthony, Chellaston Derby DE73
1PU, GB**

(54) Bezeichnung: **Brennstoffinjektionsvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Brennstoffeinspritzvorrichtung für die Brennkammer eines Gasturbinenriebwerks und insbesondere auf einen Prefilmer (zylinderförmige Teilerwand) eines solchen Triebwerks.

[0002] Es besteht ein zunehmender Bedarf nach einer Verminderung der Emissionen, die von den Brennkammern von Fluggasturbinenriebwerken, Schiffstriebwerken und industriellen Anlagen erzeugt werden. Eine Möglichkeit zur Verminderung der Emissionen besteht darin, ein mageres, vorgemischtes, vorverdampftes Verbrennungsgemisch (LPP) zu benutzen, bei dem der flüssige Brennstoff in einem Vormischkanal vermischt und verdampft wird. Eine typische LPP-Brennstoffeinspritzvorrichtung ist in der EP 0660038 beschrieben. Das Brennstoff/Luft-Gemisch strömt dann in die Brennkammer ab, wo es verbrannt wird. Es werden dabei nur geringe Pegel von Stickoxidemissionen (NOx) erzeugt, weil der Vormischer ein gleichmäßig gemischtes Brennstoff/Luft-Gemisch mit einem Äquivalenzverhältnis erzeugt, das geringer ist als der stochiometrische Wert. Dieses Gemisch brennt mit einer relativ niedrigen Flammentemperatur, wodurch die Erzeugung von NOx vermieden wird, die bei herkömmlichen Verbrennungssystemen bei hohen Temperaturen auftritt.

[0003] Um die Vermischung zu unterstützen, weisen zahlreiche Vormischkanäle einen Prefilmer auf, der in dem Kanal montiert ist. Dieser liegt gewöhnlich zwischen radial benachbarten Verwirbelungsschaufeln. Der Brennstoff wird von der stromabwärtigen Kante des Prefilmers abgezogen und zerstäubt, wenn er durch einen Abscherungsbereich hindurchläuft, der durch die Verwirbelungsschaufeln erzeugt wird. Auf diese Weise wird der Brennstoff immer von der Mitte des Kanals her verteilt, und es wird vermieden, dass eine fehlerhafte Vermischung infolge einer übermäßigen oder untermäßigen Brennstoffeinführung erfolgt. Bei einem typischen LPP-Brennstoffinjektor ist dies der einzige Zweck des Prefilmers. Ein solcher Brennstoffinjektor ist in der GB 713406 beschrieben.

[0004] Obgleich LPP-Verbrennungssysteme NOx-Emissionen erzeugen können, die beträchtlich niedriger sind als bei herkömmlichen Systemen, so gibt es dort doch schwerwiegende Nachteile. Einer der Nachteile ist die Verbrennungsinstabilität. Wenn die Veränderungen in Wärmeabgabe und Druck in Phase liegen, dann steigt die Größe der beiden Fluktuationen an. Die Härte der erzeugten Verbrennungsinstabilität ändert sich von einem lästigen Geräusch zu einer Stärke, die ausreicht, um die Strömung in den Kompressoren des Gasturbinenriebwerks abreißen zu lassen, wodurch eine strukturelle Beschädigung der Verbrennungssysteme verursacht wird. Bei

einem herkömmlichen Fluggasturbinen-Verbrennungssystem arbeiten verschiedene Bereiche innerhalb der Brennkammer mit unterschiedlichen Brennstoff/Luft-Verhältnissen. Hier liegen die Fluktuationen in der Wärmeabgabe außer Phase miteinander, und dies führt zu einer Verminderung der Gesamtwärmeabgabe. Bei einem LPP-System tendieren alle Teile des Verbrennungssystems dazu, in Phase miteinander zu oszillieren, da das System mit einem gleichförmigen Brennstoff/Luft-Verhältnis arbeitet. Die Gesamtwärmeabgabefluktuationen tendieren demgemäß dazu, hoch zu werden.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Mittel zu schaffen, die die Verbrennungsinstabilität vermindern und insbesondere die Gesamtwärmeabgabefluktuationen innerhalb der Brennkammer vermindern.

[0006] Demgemäß schafft die Erfindung eine Brennstoffeinspritzvorrichtung für ein Gasturbinenriebwerk mit einem Prefilmer, der einen Körper aufweist, welcher eine Achse, eine zylindrische Oberfläche und eine stromabwärtige Kante definiert, wobei der Prefilmer so angeordnet ist, dass dann, wenn er betriebsmäßig mit der Brennstoffeinspritzvorrichtung zusammenwirkt, Brennstoff auf die Oberfläche auftrifft und durch einen hindurchtretenden Luftstrom gefördert nach der stromabwärtigen Kante strömt, von wo der Brennstoff abfließt, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffeinspritzvorrichtung außerdem Mittel aufweist, um die Verweilzeit des Brennstoffs in Umfangsrichtung über der Oberfläche zu verändern.

[0007] Vorzugsweise weist die Brennstoffeinspritzvorrichtung einen Brennstoffauslasskanal auf, der so angeordnet ist, dass er Brennstoff auf die Oberfläche spritzt, wobei die Mittel, die in Umfangsrichtung die Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche verändern, darin bestehen, dass der Brennstoffauslasskanal in Umfangsrichtung an verschiedenen Axialstellen austritt, so dass der Brennstoff auf die Oberfläche an wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen aufgespritzt wird.

[0008] Stattdessen können die Mittel zur Veränderung der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche aus einer Oberfläche bestehen, die eine in Umfangsrichtung unterschiedliche axiale Länge besitzt, so dass der von der stromabwärtigen Kante abgezogene Brennstoff an wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen abgerissen wird. Vorzugsweise hat die Oberfläche eine allgemein sinusförmige Gestalt, oder stattdessen kann die Oberfläche zinnenförmig oder allgemein sägezahnförmig oder abgeschrägt verlaufend ausgebildet sein, oder sie kann bogenförmige Abschnitte besitzen oder eine Spirale definieren.

[0009] Stattdessen können die Mittel zur Verände-

zung der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche darin bestehen, dass die Oberfläche wenigstens einen aufgerauten Abschnitt aufweist.

[0010] Stattdessen können die Mittel zur Veränderung der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche asymmetrisch um die Brennstoffeinspritzvorrichtung herum angeordnet sein.

[0011] Stattdessen können die Mittel zur umfangmäßig veränderten Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche darin bestehen, dass der Brennstoffauslasskanal allgemein in einer Ebene liegt und so ausgebildet ist, dass der Brennstoff unter mehr als einem Winkel aufgespritzt wird, derart, dass der Brennstoff auf der Oberfläche an wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen auftritt und die Verweilzeit des Brennstoffs über der Oberfläche sich in Umfangsrichtung ändert.

[0012] Stattdessen kann der Brennstoffauslasskanal wenigstens zwei Winkelstellungen aufweisen, wobei der Winkel des Auslasskanals zwischen 45 und 135 Grad beträgt.

[0013] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) ist eine schematische Schnittansicht eines Fan-Mantelstrom-Gasturbinentriebwerks gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0015] [Fig. 2](#) ist eine Schnittansicht einer Brennstoffeinspritzvorrichtung gemäß der Erfindung, die am stromaufwärtigen Ende einer Brennkammer angeordnet ist;

[0016] [Fig. 3a](#) bis d zeigen vier Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Prefilmers;

[0017] [Fig. 4](#) ist eine Teilschnittansicht der Brennstoffeinspritzvorrichtung nach [Fig. 2](#) mit einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0018] [Fig. 5](#) ist eine Teilschnittansicht der Brennstoffeinspritzvorrichtung nach [Fig. 2](#) mit einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0019] Das in [Fig. 1](#) dargestellte Fan-Mantelstrom-Gasturbinentriebwerk **110** weist in axialer Strömungsrichtung hintereinander einen Lufteinlass **112**, einen Vortriebsfan **114**, ein Kerntriebwerk **116** und einen Abgasdüsenaufbau **118** auf, die alle um eine zentrale Achse **120** herum angeordnet sind. Das Kerntriebwerk **116** umfasst in axialer Strömungsrichtung mehrere Kompressoren **122**, eine Brennkammer **124** und mehrere Turbinen **126**. Die Richtung der

Luftströmung durch das Triebwerk **110** im Betrieb ist durch den Pfeil A gekennzeichnet. Die Luft wird über den Lufteinlass **112** eingesaugt und durch den Fan **114** komprimiert und beschleunigt. Die Luft aus dem Fan **114** wird aufgespalten in eine Kerntriebwerksströmung und eine Nebenschlussströmung. Die Kerntriebwerksströmung durchläuft eine ringförmige Anordnung von Statorschaufeln **128** und tritt in das Kerntriebwerk **116** ein und strömt dann durch den Kompressor **122** des Kerntriebwerks und wird weiter hierdurch komprimiert und strömt in die Brennkammer **124**, wo die Luft mit Brennstoff vermischt wird, der Brennkammer **124** zugeführt und in dieser verbrannt wird. Die Verbrennung des mit der komprimierten Luft aus den Kompressoren **122** vermischten Brennstoffs erzeugt einen Gasstrom hoher Energie und hoher Geschwindigkeit, der nach Austritt aus der Brennkammer **124** durch die Turbinen **126** stromab strömt. Bei Durchströmen der Turbinen **126** dreht der Gasstrom hoher Energie die Turbinenrotoren an, die aus dem Gasstrom Energie abziehen, die benutzt wird, um den Fan **114** und die Kompressoren **122** über Triebwerkswellen **130** anzutreiben, die die Rotoren der Turbinen **126** mit den Kompressoren **122** und dem Fan **114** verbinden. Nach Durchströmen der Turbinen **126** besitzt der aus der Brennkammer mit hoher Energie austretende Gasstrom immer noch eine erhebliche Energie und Geschwindigkeit, und dieser Gasstrom wird über den Abgasdüsenaufbau **118** des Kerntriebwerks ausgeblasen, um einen Antriebschub zu erzeugen. Der Rest der Luft, der vom Fan **114** beschleunigt wurde, strömt durch einen ringförmigen Aufbau von Leitschaufeln **132** innerhalb eines Nebenstromkanals **134** um das Kerntriebwerk **116** herum. Die Nebenschlussströmung, die durch den Fan **114** beschleunigt wurde, strömt nach dem Abgasdüsenaufbau **118**, wo die Nebenstromluft ausgeblasen wird, um einen weiteren Anteil und tatsächlich den Hauptanteil des ausnutzbaren Vortriebschubs zu erzeugen. Die Brennkammer **124** weist eine nicht dargestellte Brennstoffeinspritzvorrichtung auf, die gemäß der Erfindung ausgebildet ist.

[0020] Im Folgenden wird auf [Fig. 2](#) Bezug genommen. Eine für das Gasturbinentriebwerk **110** geeignete Brennstoffeinspritzvorrichtung ist mit dem Bezugszeichen **10** gekennzeichnet. Diese Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** gemäß [Fig. 2](#) entspricht der Brennstoffeinspritzvorrichtung gemäß EP 0660038.

[0021] Die Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** ist am stromaufwärtigen Ende der Brennkammer **11** des Gasturbinentriebwerks angeordnet, und ein Teil der Brennkammer ist aus [Fig. 2](#) ersichtlich. Im Zusammenhang mit dieser Beschreibung sollen die Ausdrücke "stromauf" und "stromab" in Bezug auf die allgemeine Strömungsrichtung des flüssigen und gasförmigen Materials durch die Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** und die Brennkammer **11** benutzt werden, wie dies durch den Pfeil A angedeutet ist. Demge-

mäß befindet sich in Bezug auf die beiliegende Zeichnung das "stromaufwärtige" Ende auf der linken Seite der Zeichnung, und das "stromabwärtige" Ende befindet sich auf der rechten Seite der Zeichnung. Die allgemeine Ausbildung der Brennkammer **11** ist von herkömmlicher Bauart und wird daher nicht im Einzelnen beschrieben. Es genügt jedoch zu sagen, dass die Brennkammer **11** eine bekannte Ringbrennkammer sein kann oder stattdessen aus Flammrohren besteht, d.h. aus einer ringförmigen Anordnung gleicher einzelner Brennkammern oder Flammrohren. Im Falle einer aus Flammrohren bestehenden Brennkammer wird normalerweise jeweils eine Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** für jede Brennkammer **11** benötigt. Im Falle einer ringförmigen Brennkammer **11** würde die Brennkammer jedoch mit einer Mehrzahl von Brennstoffeinspritzvorrichtungen **10** zu versehen sein, die in einer ringförmigen Anordnung am stromaufwärtigen Ende angeordnet sind. Außerdem könnte jedoch mehr als eine derartige ringförmige Anordnung vorgesehen werden, wenn dies erforderlich ist. Beispielsweise könnten zwei koaxiale Anordnungen vorgesehen werden.

[0022] Die Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** weist einen axial symmetrischen Mischkanal **12** auf, in dem ein Zentralkörper **13** koaxial angeordnet ist.

[0023] Der Zentralkörper **13** weist seinerseits einen zentralen axial langgestreckten Kern **14** auf, der erste und zweite Brennstoffzuführungskanäle **15** und **16** umfasst. Das stromaufwärtige Ende des Kerns **14** ist mit einer integralen radial verlaufenden Strebe **17** versehen, die den Zentralkörper **13** mit einem Trägerring **18** verbindet. Die Strebe **17** ist integral mit dem Trägerring **18** verbunden.

[0024] Der Trägerring **18** trägt das stromaufwärtige Ende einer Haube **19**, die die radial äußere Oberfläche des Zentralkörpers **13** definiert. Das stromabwärtige Ende der Haube **19** wird vom stromabwärtigen Ende des Kerns **14** über mehrere allgemein radial verlaufende Verwirbelungsschaufeln **20** getragen. Daher wird ein erster Ringkanal **21** zwischen dem Mischkanal **12** und der Haube **19** definiert. In gleicher Weise wird ein zweiter Ringkanal **22** durch die Haube **19** und den Kern **14** definiert.

[0025] Unter Druck stehende Luft wird einem Ringbereich **30**, d.h. stromauf des Hauptteiles der Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** zugeführt. Zwei allgemein radial, verlaufende axial im Abstand zueinander liegende Wände **23** und **23a** definieren diesen Bereich **30**. Die weitere stromabwärtige Wand **23a** trägt zusätzlich das stromaufwärtige Ende der Brennstoffeinspritzvorrichtung **10**. Die Hochdruckluft wird im Betrieb über die Kompressoren **122** des Gasturbinentriebwerks **110** der Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** zugeführt.

[0026] Der Mischkanal **12** besitzt zwei ringförmige Anordnungen von Verwirbelungsschaufeln **24** und **25** an seinem stromaufwärtigen Ende, die durch einen zylindrischen Prefilmer **26** voneinander getrennt sind. Der zylindrische Prefilmer **26** erstreckt sich von den Verwirbelungsschaufeln **24** und **25** stromab und endet in einer stromabwärtigen Ringlippe **27**. Die zylindrische Teilerwand (Prefilmer **26**) teilt dadurch das stromaufwärtige Ende des Ringkanals **21** in zwei koaxiale Abschnitte **28** und **29**, die eine allgemein gleiche radiale Erstreckung besitzen. Es ist daher ersichtlich, dass Druckluft aus dem Bereich **30** über die Verwirbelungsschaufeln **24** und **25** fließt, um zwei koaxiale Luftverwirbelungsströmungen zu erzeugen, die anfänglich durch die zylindrische Tellerwand (Prefilmer **26**) unterteilt sind. Die beiden Luftverwirbelungsströme werden dann im Ringkanal **21** stromab der Ringlippe **27** des Prefilmers **26** kombiniert. Die Verwirbelungsschaufeln **24** und **25** können so ausgebildet sein, dass die beiden Luftströmungen entweder im gleichen Sinn umlaufen oder im Gegensinn.

[0027] Ein weiterer durch die Wand **23** definierter Bereich **31** enthält ebenfalls Druckluft. Die Luft aus diesem Bereich **31** strömt durch die Mitte des Trägerings **18** und dann in den zweiten Ringkanal **22**. Dann strömt die Luft weiter durch den Ringkanal **22**, bis sie das erweiterte stromabwärtige Ende **32** des zentralen Kerns **14** erreicht. Dort wird die Luftströmung unterteilt. Ein Teil der Luftströmung verläuft über Verwirbelungsschaufeln **20**, die das stromabwärtige Ende des Kerns **14** abstützen und die Luftströmung verwirbeln. Die verwirbelte Luftströmung wird dann vom stromabwärtigen Ende des Zentralkörpers **13** ausgeblasen, worauf sie mit der Luft gemischt wird, die aus dem Ringkanal **21** austritt. Der übrige Teil der durch den Ringkanal **22** strömenden Luft fließt dann durch Löcher **33**, die im Kern **14** vorhanden sind, um in einen Kanal **34** einzutreten, der am stromabwärtigen Ende **32** des zentralen Kerns angeordnet ist. Die Luftströmung wird danach aus dem stromabwärtigen Ende des Kanals **34** abgegeben, wo sie mit der verwirbelten Luftströmung gemischt wird, die aus den Verwirbelungsschaufeln **20** austritt. Die radial innere Oberfläche des stromabwärtigen Endes des Zentralkörpers **13** hat eine konvergent-divergente Form, wie bei **34** angedeutet ist, wodurch die Vermischung fortschreitet.

[0028] Der erste Brennstoffkanal **15** führt flüssigen Brennstoff durch die Strebe **17** in einen ringförmigen Stollen **35**, der dicht benachbart zur radial äußeren Oberfläche des Trägerringes **18** angeordnet ist. Eine Vielzahl von radial verlaufenden Kanälen **36** kleinen Durchmessers verbinden den ringförmigen Stollen **35** mit der radial äußeren Oberfläche des Trägerringes **18**. Die Kanäle **36** lassen eine Brennstoffströmung aus dem ringförmigen Stollen **35** in den Teil **28** des Ringkanals **21** austreten. Dort trifft der Brennstoff auf die verwirbelte Luftströmung, die aus den Verwir-

belungsschaufeln **24** austritt. Ein Teil des Brennstoffs wird durch die Luftströmung verdampft und fließt weiter in Richtung stromab durch den Ringkanal **21**. Der übrige Brennstoff, der zu dieser Zeit die Form von Tropfen hat, trifft auf die radial innere Oberfläche **40** eines Ringkörpers **50**, der den zylindrischen Prefilmer **26** definiert. Dort wird ein Film aus flüssigem Brennstoff gebildet, der dann in Richtung stromab über die radial innere Oberfläche des zylindrischen Prefilmers **26** abströmt. Der Brennstofffilm strömt nach der stromabwärtigen Ringlippe **27** am stromabwärtigen Ende des zylindrischen Prefilmers **26** und fließt von dieser Lippe ab. Hier trifft der Brennstofffilm auf die verwirbelte Luftströmung, die aus den Verwirbelungsschaufeln **25** ausgetreten ist und über die radial äußere Oberfläche des zylindrischen Prefilmers **26** geströmt ist.

[0029] Gemäß der vorstehenden Beschreibung wurde der Brennstoff über die verwirbelte Luftströmung, die aus den Verwirbelungsschaufeln **24** austrat, auf die radial innere Oberfläche **40** des Prefilmers **26** ausgeblasen, aber dies ist in der Tat nicht wichtig. Beispielsweise könnte der Brennstoff auf die radial innere oder auch auf die radial äußere Oberfläche des Prefilmers **26** über die Brennstoffkanäle geleitet werden, die innerhalb des Prefilmers **26** angeordnet sind.

[0030] Die benachbarte Wirbelluft strömt über die radial inneren und äußeren Oberflächen des zylindrischen Prefilmers **26** ab, wodurch der Brennstoff zerstäubt wird, wenn er von der Ringlippe **27** abreißt. Der zerstäubte Brennstoff wird dann schnell durch die Luftströmung verdampft, die aus den Verwirbelungsschaufeln **25** austritt, bevor der Brennstoff in den Hauptteil des Ringraumes **21** eintritt. Der Ringkanal **21** ist genügend lang, um zu gewährleisten, dass der verdampfte Brennstoff und die ihn führende Verwirbelungsluftströmung innig miteinander während der Zeit vermischt werden, bis sie das stromabwärtige Ende des Kanals **12** erreichen. Um weiter den Mischprozess zu verbessern, hat der Kanal **12** allgemein eine konvergentdivergente Konfiguration. Der divergente Auslass des Kanals **12** gewährleistet auch eine Flammenrezirkulation in dem äußeren Bereich, wodurch wiederum gewährleistet wird, dass die notwendige Flammenstabilität innerhalb der Brennkammer **124** gewährleistet wird.

[0031] Die innige Vermischung von Brennstoff und Luft in dem Ringkanal **21** gewährleistet, dass das resultierende Brennstoff/Luft-Gemisch, das danach in die Brennkammer **124** gerichtet wird, keine örtlich lokalisierten hohen Konzentrationen von Brennstoff, weder in Dampfform noch in Tropfenform, enthält. Dies gewährleistet, dass örtliche Bereiche hoher Temperatur innerhalb der Brennkammer **124** vermieden werden, so dass wiederum die Erzeugung von Stickoxiden vermindert wird. Da außerdem kein flüs-

siger Brennstoff sich auf der radial inneren Oberfläche des Kanals **12** ablagern kann, kann flüssiger Brennstoff nicht an der Wand entlang und in die Brennkammer **124** strömen und dort örtliche Bereiche hoher Temperatur erzeugen. Das Brennstoff/Luft-Gemisch, das aus dem Ringkanal **21** auströmt, dient primär zum Betrieb des Gasturbinentriebwerks, das die Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** benutzt, wenn das Triebwerk unter voller Leistung oder Hochgeschwindigkeitsreisebedingungen arbeitet. Unter gewissen anderen Triebwerksbetriebsbedingungen, primär beim Anlassen des Triebwerks und geringem Leistungsbedarf, ist das Brennstoff/Luft-Gemisch, das aus dem Ringkanal **21** auströmt, nicht in idealer Weise geeignet, um das Triebwerk wirksam arbeiten zu lassen. Unter diesen Bedingungen wird Brennstoff zusätzlich durch den zweiten Brennstoffzuführungskanal **16** eingeleitet.

[0032] Der zweite Brennstoffzuführungskanal **16** erstreckt sich über die gesamte Länge des zentralen Kerns **14**. Wo er das stromabwärtige Ende **32** des zentralen Kerns **14** erreicht, setzt er sich in Löchern **33** im Kernende **32** fort und endet in einem Ringkanal **38**. Der Ringkanal **38** wird durch die radial äußere Oberfläche des Kernendes **32** und eine Ringkappe **37** definiert, die über das Kernende **32** im radialen Abstand hierzu angepasst ist.

[0033] Die stromabwärtigen Enden des Kernendes **32** und der Kappe **37** sind bis zu einem gewissen Grade konvergent, so dass der Brennstoff in dem Ringkanal **38** aus diesem in einer Richtung radial nach innen ausgeblasen wird. Der Brennstoff wird demgemäß als Film auf den Pfad der vorher erwähnten Luftströmung gerichtet, die vom stromabwärtigen Ende des Kanals **34** ausgeblasen wird. Dies bewirkt eine Vernebelung des Brennstoffs, worauf das resultierende Brennstoff/Luft-Gemisch sich mit der verwirbelten Luftströmung vermischt, die aus den Verwirbelungsschaufeln **20** ausgeblasen wird, um eine Verdampfung des Brennstoffs zu erreichen. Dann tritt das Brennstoff/Luft-Gemisch in die Brennkammer **124** ein, wo eine Verbrennung stattfindet. Wie im Falle des stromabwärtigen Endes des Kanals **12** ist die innere Oberfläche des stromabwärtigen Endes der Haube **19** bei **47** divergent, so dass eine Rezirkulation und demgemäß eine Flammenstabilität gewährleistet wird.

[0034] Die Brennstoffzuführung nach dem ersten und dem zweiten Brennstoffzuführungskanal **15** bzw. **16** wird durch herkömmliche Mittel (nicht dargestellt) moduliert, so dass entweder ein Teil oder die gesamte Brennstoffzuführung nach der Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** durch jeden der Kanäle **15** und **16** strömt. Im typischen Fall strömt daher beim Start des Triebwerks und unter geringen Lastbedingungen der gesamte Brennstoff oder fast der gesamte Brennstoff durch den zweiten Kanal **16**, um am stromabwärtigen

Ende des Zentralkörpers **13** abzuströmen. Bei Hochlast jedoch und bei Hochgeschwindigkeitsreisebedingungen strömt der gesamte Brennstoff oder der größte Teil durch den ersten Kanal **15**, um in den Ringkanal **21** abgegeben zu werden. Es gibt jedoch Umstände, unter denen es erwünscht ist, den Brennstoff sowohl durch den ersten als auch durch den zweiten Kanal **15** bzw. **16** gleichzeitig zu schicken, beispielsweise bei Übergangsbedingungen, wenn die Leistungseinstellung des Gasturbinenriebwerks, das die Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** enthält, geändert wird.

[0035] Wenn die Brennstoffzuführung sowohl durch den ersten Zuführungskanal **15** als auch durch den zweiten Zuführungskanal **16** abgesperrt wird, dann strömt die Luft weiter durch die Kanäle **21** und **22**. Dies ist wichtig, um zu gewährleisten, dass jene Abschnitte der Brennstoffeinspritzvorrichtung **10**, die dem heißen Verbrennungsprozess innerhalb der Brennkammer **124** ausgesetzt sind, gekühlt werden, damit ihre Beschädigung verhindert wird. Es kann jedoch erwünscht sein, die Luftzufuhr nach dem Ringkanal **21** zu modulieren, um eine wirksame Verbrennung zu erreichen. Eine solche Luftzuführungsmodulation ist auf diesem Gebiet bekannt.

[0036] Obgleich die LPP-Verbrennungssysteme, beispielsweise die oben beschriebenen bekannten Systeme, einen NO_x-Ausstoß haben, der beträchtlich niedriger ist als bei herkömmlichen Verbrennungssystemen, so haben diese doch schwerwiegende Nachteile. Einer der Nachteile ist die Instabilität der Verbrennung.

[0037] Bei der Überprüfung dieser bekannten Brennstoffeinspritzvorrichtung **10** hat es sich gezeigt, dass bei Benutzung einer einzigen axialen Brennstoffeinspritzebene, d.h. an der ringförmigen stromabwärtigen Lippe **27**, ein hohes Maß an Verbrennungsinstabilität vorhanden ist. Die Ursache sind Druckfluktuationen, die von der Verbrennung des Brennstoffdampfes herrühren, der stromauf in den ersten ringförmigen Vormischkanal **21** wandert, wo verursacht wird, dass die Luftgeschwindigkeit innerhalb des axial symmetrischen Mischkanals **12** pulsiert. Die Luftmasse strömt daher an der Brennstoffeinspritzebene (**27**) vorbei und ändert sich demgemäß auch. Wenn jedoch die Luftdruckfluktuationen klein relativ zu dem Brennstoffeinspritzdruck sind, dann ergibt sich keine hieraus resultierende Änderung der augenblicklichen Brennstoffströmung. Anstatt ein zeitlich gleichförmiges Brennstoff/Luft-Verhältnis zu erzeugen, erzeugt der Vormischer ein räumlich gleichförmiges vermischtes Luft/Brennstoff-Verhältnis, das sich zyklisch mit der Zeit mit der Frequenz der Druckfluktuationen ändert. Da die Wärmeabgabe aus dem Verbrennungsprozess eng auf das Luft/Brennstoff-Verhältnis bezogen ist, erzeugen zeitliche Veränderungen in dem Luft/Brennstoff-Verhältnis inner-

halb des Vormischers zeitliche Veränderungen der Wärmeabgabe innerhalb der Brennkammer **11**. Dies wiederum erzeugt die Druckfluktuationen innerhalb der Brennkammer, die bewirken, dass das Brennstoff/Luft-Verhältnis innerhalb des Mischkanals **12** bei dem nächsten Zyklus oszilliert. Auf diese Weise wird eine Rückführungsschleife errichtet.

[0038] Wenn die Veränderungen in der Wärmeabgabe und im Druck in Phase sind, dann steigt die Größe beider Fluktuationen an. Die Heftigkeit der erzeugten Verbrennungsinstabilität ändert sich von einem lästigen Geräusch bis zu einer Stärke, die ausreicht, um die Strömung in den Kompressoren des Gasturbinenriebwerks abreißen zu lassen und eine strukturelle Beschädigung des Verbrennungssystems zu verursachen. Bei herkömmlichen Flugzeug-Gasturbinenverbrennungssystemen arbeiten verschiedene Bereiche innerhalb der Brennkammer mit unterschiedlichen Brennstoff/Luft-Verhältnissen. Hier kommen die Fluktuationen in der Wärmeabgabe außer Phase relativ zueinander, was zu einer Verminderung der Gesamtwärmeabgabe führt. Bei einem LPP-System tendieren alle Teile des Verbrennungssystems dazu, in Phase miteinander zu oszillieren, da das System mit einem gleichförmigen Brennstoff/Luft-Verhältnis läuft. Die Gesamtwärmeabgabefluktuationen tendieren dazu, hoch zu werden.

[0039] Daher ist es Aufgabe der Erfindung, Mittel vorzusehen, die die Verbrennungsinstabilität vermindern und die insbesondere die Gesamtwärmeabgabefluktuationen innerhalb der Brennkammer vermindern.

[0040] Die [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3c](#) zeigen drei verschiedene Ausführungsbeispiele eines Prefilmeraufbaus **42** gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Prefilmeraufbau **42** ist allgemein zylindrisch ausgebildet und besteht aus einem zylindrischen Prefilmer **26**, der eine stromabwärtige Kante **44** und radial innere und äußere Verwirbelungsschaufeln **24** bzw. **25** aufweist, die um eine gemeinsame Achse **51** herum angeordnet sind. Bei diesen drei Ausführungsbeispielen liegt die stromabwärtige Kante **44** des Prefilmers **26** nicht in einer durchgehenden, senkrecht zur Achse liegenden Ebene. Stattdessen ändert sich die Kante **44** in ihrer axialen Position in Umfangsrichtung, und dies ergibt eine Möglichkeit, die Verweilzeit des Brennstoffs am Prefilmer zu verändern, wenn der Brennstoff langsamer über die Oberfläche des Prefilmers strömt als dann, wenn er in der Luftströmung verbleibt. Die Länge des Prefilmers **26** ist daher veränderlich im Hinblick auf seine Umfangsposition.

[0041] Im Betrieb wird, wie unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) erläutert, Brennstoff radial in den Kanal **28** aus den Brennstoffauslasskanälen **36** eingespritzt, und dieser Brennstoff trifft auf die radial innere Oberfläche des Prefilmers **26** auf. Dann läuft der Brennstoff längs

der axialen Länge des Prefilmer **26** und löst sich von der stromabwärtigen Kante **44** ab. Da die axiale Länge des Prefilmer **26** sich in Umfangsrichtung ändert, so ändert sich deshalb auch die Gesamtverweilzeit des Brennstoffs innerhalb des Mischkanals **21** mit seiner Position in Umfangsrichtung. Dies bedeutet, dass der Brennstoff an unterschiedlichen axialen Stellen innerhalb des Mischkanals **12** verdampft und ein nicht gleichförmiges räumlich vermisches Luft/Brennstoff-Verhältnis erzeugt, das demgemäß in einer zeitlich ungleichförmigen Weise verbrennt, wodurch die Druckfluktuationen daran gehindert werden, eine Rückführungsschleife zu erzeugen.

[0042] Der Prefilmer **26** arbeitet immer noch in herkömmlicher Weise, wobei Brennstoff in die Mitte des Kanals **21** eingeführt wird, wobei ein übermäßiges Durchdringen bei hohen Brennstoffströmungen verhindert wird.

[0043] Gemäß [Fig. 3a](#) besteht die stromabwärtige Kante **44** aus zwei halbkreisförmigen Abschnitten **48**, **50**, die jeweils eine andere axiale Länge besitzen. Weitere Ausführungsbeispiele des Prefilmer **26** können mehr als zwei in ihrer axialen Länge unterschiedliche Abschnitte aufweisen. Stattdessen kann die stromabwärtige Kante zinnenartig ausgebildet sein.

[0044] In [Fig. 3b](#) definiert die stromabwärtige Kante **44** bogenförmige Abschnitte **52**, so dass sich eine glatt verändernde stromabwärtige Kante **44** ergibt. Dieses Kantenprofil erzeugt ein hohes Ausmaß bezüglich der Veränderung der Verweilzeit des Brennstoffs und daher ein besser räumlich vermisches ungleichförmiges Luft/Brennstoff-Verhältnis. Andere ähnliche Profile (nicht dargestellt) umfassen eine sinusförmig verlaufende und eine sägezahnförmig verlaufende stromabwärtige Kante **44**. Die Zahl und das Ausmaß der bogenförmigen Abschnitte **52** hängen jeweils von der Einspritzausbildung und Faktoren, wie Länge des Vormischkanals und dem Ausmaß ab, in dem die Luftströmung verwirbelt wird.

[0045] Bei dem Prefilmer **26** gemäß [Fig. 3c](#) ist die stromabwärtige Kante **44** abgeschrägt. Dieses Kantenprofil erzeugt wiederum eine starke Veränderung der Brennstoffverweilzeit und daher ein räumlich sehr ungleichförmiges Luft/Brennstoff-Verhältnis. Andere ähnliche Profile, die jedoch nicht dargestellt sind, umfassen eine spiralförmige stromabwärtige Kante.

[0046] Für den Fachmann ist es klar, dass unter Benutzung des Konzeptes einer variablen axialen Länge des Prefilmer **26** auch noch andere Profile für die stromabwärtige Kante **44** konstruiert werden können, und all diese Konstruktionen sollen in den Rahmen der vorliegenden Erfindung fallen.

[0047] [Fig. 3d](#) zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem der Prefilmer **26**

eine stromabwärtige Kante **44** aufweist, die in einer durchgehenden Ebene senkrecht zur Achse verläuft. Bei diesem Ausführungsbeispiel bestehen die Mittel zur Veränderung der Verweilzeit des Brennstoffs auf dem Prefilmer aus Änderungen der Rauigkeit auf der Oberfläche des Prefilmer **26**, über die der Brennstoff strömt. Aufgeraute Abschnitte **46** sind im Umfangsrichtung im Abstand zueinander auf der inneren Oberfläche des Prefilmer **26** angeordnet. Bei diesem Ausführungsbeispiel bestehen die aufgerauten Abschnitte **46** aus einer Reihe von flachen Nuten **48**, die allgemein in Umfangsrichtung verlaufen. Es ist jedoch für den fachkundigen Leser klar, dass andere Ausbildungen von Oberflächenrauigkeiten benutzt werden können, ohne vom Rahmen der Erfindung abzuweichen. Das Ziel aller Ausbildungen von Oberflächenrauigkeiten besteht darin, die Brennstoffströmung über jenen Teil der Oberfläche des Prefilmer **26** zu verzögern. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt, dass die aufgerauten Abschnitte **46** im gleichen Abstand angeordnet sind. Sie könnten jedoch auch in ungleichen Abständen über den Umfang des Prefilmer **26** verteilt sein.

[0048] Bei all diesen Ausführungsbeispielen der Erfindung wird angenommen, dass der Vormischkanal **12** allgemein zylindrisch ausgebildet ist und dass der hiermit in Verbindung stehende Prefilmer **26** ebenfalls allgemein zylindrisch gestaltet wurde. Jedoch ist es für den Fachmann klar, dass auch andere Formen für die Einspritzvorrichtung **10** und den Prefilmer **26** unter Anwendung der erfindungsgemäßen Prinzipien geschaffen werden könnten. Außerdem zeigen die [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3d](#) Verwirbelungsschaufeln **24**, **25** im Wesentlichen parallel zur Achse **120** und zum Prefilmer **26** im Gegensatz dazu, wie es in [Fig. 2](#) dargestellt ist. Es wäre für den Fachmann einfach, die Prefilmeranordnungen gemäß [Fig. 3a](#) bis [Fig. 3d](#) so zu modifizieren, dass sie den Prefilmer **26** gemäß [Fig. 2](#) ersetzen.

[0049] In [Fig. 4](#) wurden die gleichen Bezugszeichen benutzt, um die gleichen Elemente zu kennzeichnen wie in [Fig. 2](#). Die Mittel zur Änderung der Verweilzeit des Brennstoffs in Umfangsrichtung über der Oberfläche **40** bestehen hierbei darin, dass der Brennstoffauslasskanal **36** allgemein sinusförmig über die Haube **19** verlaufend ausgebildet ist. Der Brennstoffauslasskanal **36** ist so angeordnet, dass er den Brennstoff auf die Oberfläche **40** im Betrieb derart spritzt, dass der Brennstoff auf der Oberfläche **40** des Prefilmer in Form eines sinusförmigen Musters über den Umfang verteilt auftrifft. Obgleich nicht dargestellt, so ist es doch für den Fachmann naheliegend, dass dieses Ausführungsbeispiel eines Brennstoffauslasskanals **36** nur eine von zahlreichen Möglichkeiten darstellt, wie der Brennstoff auf die Oberfläche **40** auf wenigstens zwei unterschiedliche axiale Stellen aufgespritzt werden kann. Beispielsweise können andere Ausführungsformen eine "Quadratwel-

len"-Form, eine gezahnte Ausbildung oder eine Anordnung von in Umfangsrichtung angeordneten Schlitzen aufweisen, wo wenigstens zwei der Schlitze an unterschiedlichen axialen Stellen angeordnet sind.

[0050] In [Fig. 5](#) sind wieder die gleichen Bezugszeichen wie in [Fig. 2](#) beschrieben benutzt. Die Mittel, mit denen die Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche **40** in Umfangsrichtung verändert wird, bestehen hier in einem Brennstoffauslasskanal **36**, der allgemein in einer axialen Ebene angeordnet und so ausgebildet ist, dass der Brennstoff unter mehr als einem Winkel (α) derart aufgespritzt wird, dass der Brennstoff auf die Oberfläche **40** an wenigstens zwei verschiedenen axialen Stellen auftrifft, so dass sich die Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche **40** in Umfangsrichtung verändert. Der obere Teil von [Fig. 5](#) zeigt den Brennstoffauslasskanal **36'**, der durch die Haube **19** verläuft, angestellt in einem Winkel stromab gerichtet, während im unteren Teil der Figur der Brennstoffauslasskanal **36''** im Wesentlichen senkrecht zur Richtung stromab verläuft.

[0051] Es gibt noch zahlreiche Ausführungsbeispiele, die vorstehend nicht beschrieben wurden, die jedoch innerhalb des Rahmens der Erfindung liegen, wobei z.B. der Winkel (α) des Brennstoffauslasskanals **36** in zwei verschiedenen Winkeln angestellt ist, so dass der Brennstoff auf die Oberfläche **40** an wenigstens zwei verschiedenen axialen Stellen auftrifft, was in Umfangsrichtung die Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche **40** verändert. Es ist klar, dass der Winkel (α) des Brennstoffauslasskanals **36** sich über den Umfang der Haube **19** ändern kann. Eine Bestimmung des Winkels (α) umfasst die Berücksichtigung der Luftgeschwindigkeit durch die Einspritzvorrichtung **10**, die axiale Länge der Oberfläche und die erforderliche Veränderung der Verweilzeit auf der Oberfläche **40**. Es ist anzunehmen, dass ein geeigneter Bereich von Winkeln (α) zwischen 45 Grad und 135 Grad liegt.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) für ein Gasturbinentriebwerk (**110**) mit einem Prefilmer (**26**), der einen Körper (**50**) aufweist, welcher eine Achse (**51**), eine zylindrische Oberfläche (**40**) und eine stromabwärtige Kante (**44**) definiert, wobei der Prefilmer (**26**) so angeordnet ist, dass dann, wenn er betriebsmäßig mit der Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) zusammenwirkt, Brennstoff auf die Oberfläche (**40**) auftrifft und durch einen hindurchtretenden Luftstrom gefördert nach der stromabwärtigen Kante (**44**) strömt, von wo der Brennstoff abfließt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) außerdem Mittel aufweist, um die Verweilzeit des Brennstoffs in Umfangsrichtung über der Oberfläche (**40**) zu verändern.

2. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, bei welcher die Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) einen Brennstoffauslasskanal (**36**) aufweist, der so angeordnet ist, dass er Brennstoff auf die Oberfläche (**40**) spritzt, wobei die Mittel, die in Umfangsrichtung die Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) verändern, darin bestehen, dass der Brennstoffauslasskanal (**36**) in Umfangsrichtung an verschiedenen Axialstellen austritt, so dass der Brennstoff auf die Oberfläche (**40**) an wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen aufgespritzt wird.

3. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach Anspruch 1, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) darin bestehen, dass die Oberfläche (**40**) eine in Umfangsrichtung gesehen unterschiedliche Länge aufweist, so dass der Brennstoff von der stromabwärtigen Kante (**44**) von wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen abfließt.

4. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) aus einer zinnenartigen Ausbildung bestehen.

5. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach Anspruch 4, bei welcher die Zinnen eine unterschiedliche Axialstellung einnehmen, so dass wenigstens drei unterschiedliche Axialstellen gebildet werden.

6. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) eine allgemein sinusförmige Gestalt besitzen.

7. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) eine allgemein sägezahnartige Gestalt besitzen.

8. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) aus einer Abschrägung der Endkante der Oberfläche bestehen.

9. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) bogenförmige Abschnitte (**52**) definieren.

10. Brennstoffeinspritzvorrichtung (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (**40**) eine Spirale definieren.

11. Brennstoffeinspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 9, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (40) darin bestehen, dass die Oberfläche (40) wenigstens einen aufgerauten Abschnitt (46) aufweist.

12. Brennstoffeinspritzvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs auf der Oberfläche (40) asymmetrisch um die Brennstoffeinspritzvorrichtung (10) herum angeordnet sind.

13. Brennstoffeinspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 1, bei welcher die Mittel zum Verändern der Verweilzeit des Brennstoffs in Umfangsrichtung auf der Oberfläche (40) darin bestehen, dass der Brennstoffauslasskanal (36) in einer axialen Ebene angeordnet und so ausgebildet ist, dass die Brennstoffstrahlen unter mehr als einem Winkel aufgespritzt werden, so dass der Brennstoff auf der Oberfläche (40) an wenigstens zwei unterschiedlichen Axialstellen auftrifft und die Verweilzeit des Brennstoffs über der Oberfläche (40) sich in Umfangsrichtung ändert.

14. Brennstoffeinspritzvorrichtung (10) nach Anspruch 13, bei welcher der Brennstoffauslasskanal wenigstens zwei im Winkel angeordnete Abschnitte aufweist, wobei der Winkel jeweils zwischen 45 und 135 Grad verläuft.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

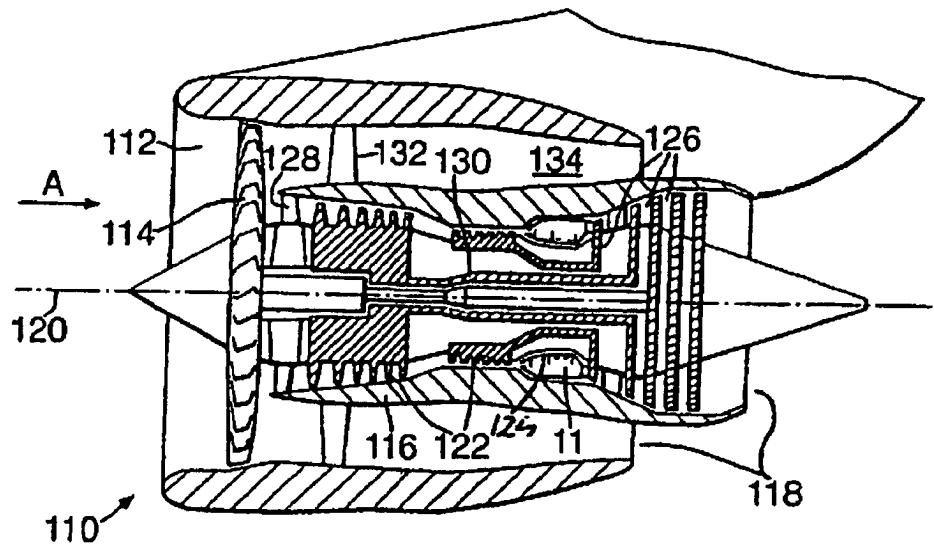


Fig.3a.

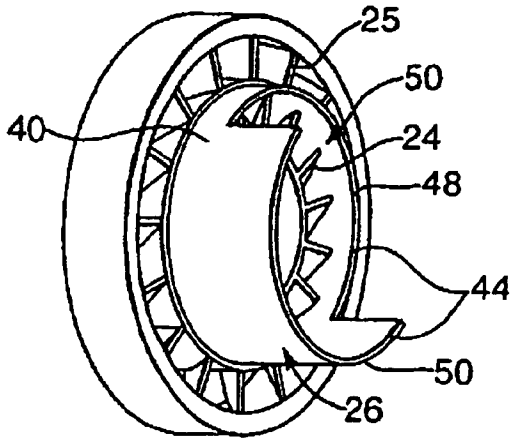


Fig.3.b.

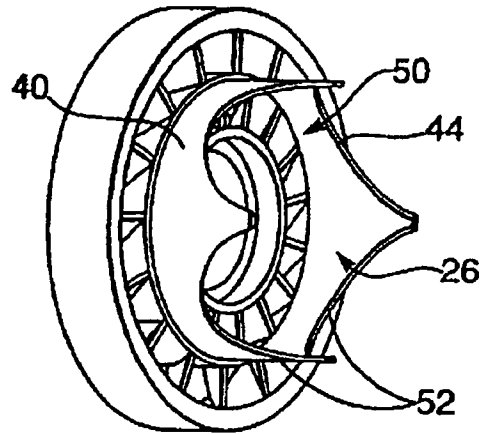


Fig.3c.

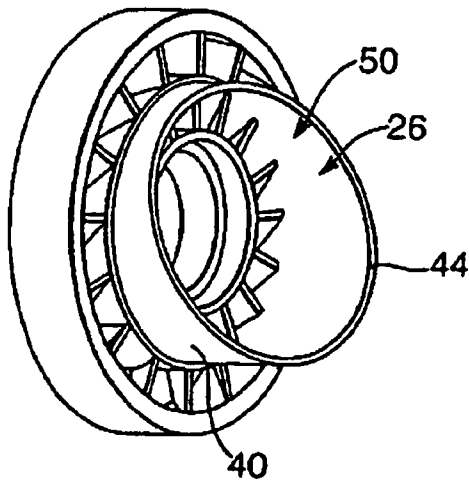


Fig.3d.

