

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 293 A2

(51) Int. Cl.: F23D 14/48 (2006.01)

## Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00569/10

(22) Anmeldedatum: 20.04.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.12.2010

(30) Priorität: 25.06.2009 US 12/491,393

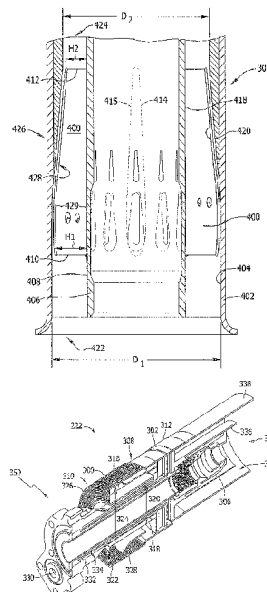
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Baifang Zuo, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)  
Willy Steve Ziminsky,  
Simpsonville, South Carolina 29681 (US)  
Benjamin Lacy, Greer, South Carolina 29650 (US)  
David Felling, Greenville, South Carolina 29607 (US)

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

### (54) Brennstoffdüse mit einer Verwirbleranordnung und mehreren Leitschaufeln sowie Gasturbinentriebwerksanordnung.

(57) Es ist eine Brennstoffdüse (222) zur Verwendung in einem Gasturbinentriebwerk geschaffen. Die Brennstoffdüse enthält eine Verwirbleranordnung (302), die ein Einlassende (310), ein Auslassende (312), eine Mantelinnenfläche (404) und eine Nabenaussenfläche (408) enthält, wobei die Innenfläche einen ersten Durchmesser (320) an dem Einlassende (310) und einen zweiten Durchmesser (324) an dem Auslassende (312) definiert, und mehrere Leitschaufeln (400), die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken, wobei jede Leitschaufel ein Paar gegenüberliegender Seitenwände (414, 416) enthält, die an einer Vorderkante (410) und an einer axial beabstandeten Hinterkante (412) miteinander verbunden sind, wobei jede Leitschaufel eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante aufweist, wobei die erste Höhe und die zweite Höhe ein differentielles Höhenverhältnis definieren, wobei wenigstens entweder das differentielle Durchmesserverhältnis und/oder das differentielle Höhenverhältnis konfiguriert ist/sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu schaffen.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein Gasturbinentriebwerke und insbesondere Verfahren und Systeme, um den Leitschaufelverwirbelungswinkel in einer Brennkammer zu reduzieren.

[0002] Wenigstens einige Gasturbinentriebwerke zünden ein Brennstoff-Luft-Gemisch in einer Brennkammer, um einen Verbrennungsgasstrom zu erzeugen, der zu einer Turbine geleitet wird. Druckluft wird von einem Verdichter zu der Brennkammer geleitet. Brennkammeranordnungen weisen gewöhnlich eine oder mehrere Brennstoffdüsen auf, die eine Zufuhr von Brennstoff und Luft zu einem Verbrennungsbereich der Brennkammer ermöglichen. Wenigstens einige bekannte Brennstoffdüsen enthalten eine Verwirbleranordnung, die mehrere damit gekoppelte Leitschaufeln enthält. Während der Montage wird eine Abdeckung oder ein Mantel mit der Brennstoffdüsenanordnung derart gekoppelt, dass die Abdeckung die Leitschaufeln im Wesentlichen umgrenzt. Als solche definieren eine Innenfläche der Abdeckung und eine Aussenfläche der Verwirbleranordnung einen Strömungspfad zum Durchleiten einer Luftströmung durch die Brennstoffdüse.

[0003] Während des Betriebs wird Brennstoff gewöhnlich durch mehrere Kanäle, die innerhalb der Verwirbleranordnung ausgebildet sind, und durch mehrere Öffnungen hindurchgeleitet, die in wenigstens einer Seite jeder entsprechenden Leitschaufel definiert sind. Bekannte Leitschaufeln sind mit einem tragflügel förmigen Profil ausgebildet, das einem Brennstoff und/oder einer Luft, der bzw. die an der Leitschaufel vorbeiströmt, einen Drall verleiht. Ausserdem erzeugen die Leitschaufeln in wenigstens einigen bekannten Verwirbleranordnungen einen Verwirbelungswinkel zwischen 0 und 60 Grad, um eine Gasflamme zu stabilisieren und um einen Flammenrückschlag in der Nähe des Düsenaustritts zu verhindern. Der Verwirbelungswinkel basiert gewöhnlich zum Teil auf der Leitschaufeldicke, Leitschaufelanforderung und/oder Leitschaufelgestalt. Für einige Brennstoffarten, wie beispielsweise Synthesegas und Wasserstoffreiche Brennstoffe, kann es vorteilhaft sein, den Leitschaufelverwirbelungswinkel zu reduzieren, um eine optimale Flammencharakteristik zu erhalten. Jedoch existiert für viele Verwirbleranordnungen ein minimaler praktikabler Verwirbelungswinkel, und der Einsatz eines Verwirbelungswinkels unter einem derartigen Minimum kann zu einer weniger optimalen Strömung (z.B. einer divergierenden Kaskadenströmung) durch die Düse führen.

[0004] Ausserdem kann sich in bekannten Konstruktionen von Verwirbleranordnungen die Optimierung des Verwirbelungswinkels für Verwirbleranordnungen, die mit hochreaktiven Brennstoffen eingesetzt werden, schwierig gestalten. Um den Verwirbelungswinkel zu optimieren, haben wenigstens einige bekannte Konstruktionen die Lage, Blattgestalt und Grösse der Verwirblerleitschaufeln modifiziert, um eine Entwirbelung der Strömung durch die Verwirbleranordnung herbeizuführen. Jedoch kann eine Modifikation bekannter Verwirbleranordnungen einen Strömungsabriss und/oder ein nachteiliges Flammenhalten aufgrund einer divergierenden Kaskadenströmung herbeiführen. Während diese bekannten Verfahren und Systeme einige nützliche Verbesserungen der Brennstoffdüsenleistung erzielt haben, besteht weiterhin ein Bedarf danach, die Brennstoffdüsenleistung zu verbessern und die Flammenhalteeigenschaften zu verbessern.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] In einem Aspekt ist ein Verfahren zur Montage einer Brennstoffdüse zur Verwendung in einer Gasturbinenmaschine bzw. Gasturbinentriebwerk geschaffen. Das Verfahren enthält ein Bereitstellen einer Verwirbleranordnung, die ein Einlassende, ein Auslassende sowie eine Mantelinnenfläche und eine Nabenaussenfläche aufweist. Die Mantelinnenfläche weist einen ersten Durchmesser neben dem Einlassende und einen zweiten Durchmesser neben dem Auslassende auf, wobei der erste Durchmesser und der zweite Durchmesser ein differentielles Durchmesser Verhältnis definieren. Das Verfahren enthält ferner ein Koppeln mehrerer Leitschaufeln mit der Verwirbleranordnung, wobei sich jede Leitschaufel zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstreckt. Jede Leitschaufel weist ein Paar gegenüberliegender Seitenwände auf, die an einer Vorderkante und an einer Hinterkante miteinander verbunden sind, wobei jede Leitschaufel eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante aufweist. Die erste Höhe und die zweite Höhe definieren ein differentielles Höhenverhältnis, wobei das differentielle Durchmesser Verhältnis, das differentielle Höhenverhältnis oder beide konfiguriert sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu erzielen.

[0006] In einem weiteren Aspekt ist eine Brennstoffdüsenanordnung geschaffen, die eine Verwirbleranordnung mit einem Einlassende, einem Auslassende, einer Mantelinnenfläche und einer Nabenaussenfläche enthält. Die Innenfläche weist einen ersten Durchmesser neben dem Einlassende und einen zweiten Durchmesser neben dem Auslassende auf, wobei der erste Durchmesser und der zweite Durchmesser ein differentielles Durchmesser Verhältnis definieren. Die Brennstoffdüsenanordnung weist ferner mehrere Leitschaufeln auf, die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken. Jede der Leitschaufeln weist ein Paar gegenüberliegender Seitenwände auf, die an einer Vorderkante und an einer axial beabstandeten Hinterkante miteinander verbunden sind, und jede der Leitschaufeln weist ferner eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante auf. Die erste Höhe und die zweite Höhe definieren ein differentielles Höhenverhältnis, wobei das differentielle Durchmesser Verhältnis, das differentielle Höhenverhältnis oder beide konfiguriert sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu erzielen.

[0007] In einem weiteren Aspekt ist eine Gasturbinenmaschine bzw. ein Gasturbinentriebwerk mit einem Verdichter und einer Brennkammer geschaffen. Die Brennkammer steht mit dem Verdichter in Strömungsverbindung und weist wenigstens

tens eine Brennstoffdüsenanordnung auf. Die Brennstoffdüsenanordnung enthält eine Verwirbleranordnung, die ein Einlassende, ein Auslassende, eine Mantelinnenfläche und eine Nabenaussenfläche aufweist. Die Innenfläche weist einen ersten Durchmesser benachbart zu dem Einlassende und einen zweiten Durchmesser benachbart zu dem Auslassende auf, wobei der erste Durchmesser und der zweite Durchmesser ein differentielles Durchmesser Verhältnis definieren. Die Brennstoffdüsenanordnung enthält ferner mehrere Leitschaufeln, die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken, wobei jede der Leitschaufeln ein Paar gegenüberliegender Seitenwände aufweist, die an einer Vorderkante und an einer axial beabstandeten Hinterkante miteinander verbunden sind. Jede der Leitschaufeln weist ferner eine erste Höhe benachbart zu der Vorderkante und eine zweite Höhe benachbart zu der Hinterkante auf. Die erste Höhe und die zweite Höhe definieren ein differentielles Höhenverhältnis, wobei das differentielle Durchmesser Verhältnis, das differentielle Höhenverhältnis oder beide konfiguriert sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu schaffen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

#### [0008]

- Fig. 1 zeigt eine schematisierte Ansicht eines beispielhaften Gasturbinentriebwerks;
- Fig. 2 zeigt eine schematisierte Querschnittsansicht einer beispielhaften Brennkammer, die bei dem in Fig. 1 veranschaulichten Gasturbinentriebwerk verwendet wird;
- Fig. 3 zeigt eine schematisierte Querschnittsansicht einer beispielhaften Brennstoffdüsenanordnung, die bei der in Fig. 2 veranschaulichten Brennkammer verwendet wird;
- Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht einer Verwirbleranordnung, die bei der in Fig. 3 veranschaulichten Brennstoffdüsenanordnung verwendet wird; und
- Fig. 5 zeigt eine ebene Ansicht eines Abschnitts einer beispielhaften Verwirblerleitschaufel, die bei der in Fig. 4 veranschaulichten Verwirbleranordnung verwendet wird.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0009] Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines beispielhaften Gasturbinentriebwerks 100. Das Triebwerk 100 enthält einen Verdichter 102 und mehrere Brennkammern 104. Das Triebwerk 100 enthält ferner eine Turbine 108 und eine gemeinsame Verdichter-/Turbinenwelle 110 (die manchmal auch als ein Rotor 110 bezeichnet wird).

[0010] Im Betrieb strömt Luft durch den Verdichter 102, so dass komprimierte Luft zu der Brennkammeranordnung 104 geliefert wird. Brennstoff wird zu einem Verbrennungsbereich innerhalb der Brennkammeranordnung 104 geleitet, worin der Brennstoff mit der Luft vermischt und gezündet wird. Es werden Verbrennungsgase erzeugt, die zu der Turbine 108 geleitet werden, worin die thermische Energie des Gasstroms in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird. Die Turbine 108 ist mit der Welle 110 drehfest gekoppelt und treibt diese an.

[0011] Fig. 2 zeigt eine schematisierte Querschnittsansicht einer Brennkammeranordnung 104. Die Brennkammeranordnung 104 ist mit der Turbinenanordnung 108 und mit der Verdichteranordnung 102 strömungsmässig gekoppelt. In der beispielhaften Ausführung enthält die Verdichteranordnung 102 einen Diffusor 112 und einen Verdichterauslassplenum 114, die in Strömungsverbindung miteinander stehen.

[0012] In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Brennkammeranordnung 104 eine Endabdeckung 220, die mehreren Brennstoffdüsen, die bei der Brennkammeranordnung 104 eingesetzt werden, einen strukturellen Halt bietet. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Brennstoffdüsenanordnung 222 mit der Endabdeckung 220 über einen Brennstoffdüsenflansch 244 gekoppelt. Die Endabdeckung 220 ist mit dem Brennkammergehäuse 224 mittels (in Fig. 2 nicht veranschaulichter) Halteteile gekoppelt. Innerhalb der Brennkammeranordnung 104 ist eine Brennkammerauskleidung 226 derart positioniert, dass die Auskleidung 226 mit dem Gehäuse 224 gekoppelt ist und dass diese Auskleidung 226 eine Verbrennungskammer 228 definiert. Ein kreisringförmiger Kühlkanal 229 der Verbrennungskammer ist zwischen dem Brennkammergehäuse 224 und der Brennkammerauskleidung 226 definiert.

[0013] Mit der Verbrennungskammer 228 ist ein Übergangsstück 230 gekoppelt, um in der Kammer 228 erzeugte Verbrennungsgase zu einer Turbinendüse 232 hin zu leiten. In der beispielhaften Ausführungsform enthält das Übergangsstück 230 mehrere Öffnungen 234, die in einer Aussenwand 236 definiert sind. Das Übergangsstück 230 enthält ferner einen kreisringförmigen Kanal 238, der zwischen einer inneren Wand 240 und einer äusseren Wand 236 definiert ist. Die innere Wand 240 definiert eine Führungskavität 242.

[0014] Im Betrieb treibt die Turbinenanordnung 108 die Verdichteranordnung 102 mittels der (in Fig. 1 veranschaulichten) Welle 110 an. Wenn die Verdichteranordnung 102 rotiert, wird Druckluft durch den Diffusor 112 geleitet, wie dies durch Pfeile in Fig. 2 veranschaulicht ist. In der beispielhaften Ausführungsform wird die Mehrheit der von der Verdichteranordnung 102 abgegebenen Luft durch das Verdichterauslassplenum 114 hindurch zu der Brennkammeranordnung 104 hin geleitet, während die restliche Druckluft stromabwärts zur Verwendung bei der Kühlung von Triebwerkskomponenten geleitet wird. Insbesondere wird die unter Druck stehende komprimierte Luft innerhalb des Plenums 114 über die Aussen-

wandöffnungen 234 in das Übergangsstück 230 hinein sowie in den Kanal 238 hinein geleitet. Die Luft wird anschliessend von dem Ringkanal 238 des Übergangsstücks in den Kühlkanal 229 der Verbrennungskammer geleitet, bevor sie in die Brennstoffdüsen 222 eingeleitet wird.

**[0015]** Innerhalb der Verbrennungskammer 228 werden Brennstoff und Luft miteinander vermischt und gezündet. Das Gehäuse 224 ermöglicht eine Isolierung der Verbrennungskammer 228 und ihrer zugehörigen Verbrennungsprozesse von der Umgebung, beispielsweise von den umgebenden Turbinenkomponenten. Erzeugte Verbrennungsgase werden von der Kammer 228 aus durch die Führungskavität 242 des Übergangsstücks hindurch in Richtung auf die Turbinendüse 232 geleitet.

**[0016]** Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht der Brennstoffdüsenanordnung 222. Die Brennstoffdüsenanordnung 222 ist in vier Bereiche unterteilt, zu denen ein Einlassströmungskonditionierer (IFC, Inlet Flow Conditioner) 300, eine Verwirbleranordnung 302, ein ringförmiger Brennstofffluidmischkanal 304 und eine zentrale Diffusionsflammen-Brennstoffdüsenanordnung 306 gehören. Die Brennstoffdüsenanordnung 222 enthält ferner ein Hochdruckplenum 308, das ein Einlassende 310 und ein Auslassende 312 enthält. Das Hochdruckplenum 308 umschliesst die Düsenanordnung 222, während das Auslassende 312 die Düsenanordnung 222 nicht umschliesst. Vielmehr erstreckt sich das Auslassende 312 in eine Brennkammerreaktionszone 314 hinein. Der Einlassströmungskonditionierer IFC 300 enthält einen ringförmigen Strömungskanal 316, der durch zylindrische Wände 318 und 322 definiert ist. Die Wand 318 definiert einen Innendurchmesser 320 für den Kanal 316, und eine gelochte zylindrische Aussenwand 322 definiert einen Aussendurchmesser 324. Eine gelochte Endkappe 326 ist mit einem stromaufwärtigen Ende 350 der Brennstoffdüsenanordnung 222 verbunden. In der beispielhaften Ausführungsform enthält der Strömungskanal 316 wenigstens eine ringförmige Leitschaufel 328. Insbesondere tritt in der beispielhaften Ausführungsform komprimiertes Fluid über in der Endkappe 326 und der zylindrischen Aussenwand 322 ausgebildete Durchlochungen in den IFC 300 hinein. Ausserdem sollte es verständlich sein, dass in der beispielhaften Ausführungsform die Düsenanordnung 222 einen Gas-Brennstoff-Vormischkreislauf definiert, der brennbarem Brennstoff und komprimiertem Fluid ermöglicht, vor der Verbrennung miteinander vermischt zu werden.

**[0017]** Bezugnehmend nun auf die Fig. 4 und 5 zeigt Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer Verwirbleranordnung 302, und Fig. 5 zeigt eine ebene Ansicht eines Abschnitts einer beispielhaften Verwirblerleitschaufel 400, die bei der Verwirbleranordnung 302 eingesetzt wird. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Verwirbleranordnung 302 mehrere Verwirblerleitschaufeln 400, die sich jeweils zwischen einem radial äusseren Mantel 402, der eine Innenfläche 404 aufweist, und einer radial inneren Nabe 406 erstrecken, die eine Aussenfläche 408 aufweist. Jede Leitschaufel 400 enthält eine Vorderkante 410, eine in Axialrichtung im Abstand angeordnete Hinterkante 412 und ein Paar gegenüberliegender Seitenwände 414 und 416, die an der Vorderkante 410 und an der Hinterkante 412 miteinander verbunden sind. Die Seitenwände 414 und 416 erstrecken sich zwischen der inneren Nabe 406 und dem äusseren Mantel 402. Ein Leitschaufelfuss 418 ist angrenzend an die innere Nabe 406 definiert, während eine Leitschaufelspitze 420 benachbart zu einer Innenfläche 404 des äusseren Mantels 402 definiert ist.

**[0018]** In der beispielhaften Ausführungsform ist der äussere Mantel 402 mit einer Innenfläche 404 ausgebildet, die zwei Durchmesser  $D_1$  und  $D_2$  enthält, die an einem Einlass 422 und einem Auslass 424 der Verwirbleranordnung 302 gemessen werden. Demgemäss weist die Leitschaufel 400 zwei Höhen  $H_1$  und  $H_2$  auf, die an den Durchmessern  $D_1$  und  $D_2$  gemessen werden, so dass die Leitschaufelspitze 420 im Wesentlichen der Kontur der Innenfläche 404 des äusseren Mantels folgt. Entlang der Innenfläche 404 zwischen den Durchmessern  $D_1$  und  $D_2$  erstreckt sich ein Mantelübergangsbereich 426. Der Mantelübergangsbereich 426 ist über der Leitschaufelspitze 420 positioniert. In der Leitschaufelspitze 420 ist ein Leitschaufelübergangsbereich 428 definiert, der einen Übergang zwischen den Leitschaufelhöhen  $H_1$  und  $H_2$  bildet. In der beispielhaften Ausführungsform befinden sich die Übergangsstellen 426 und 428 benachbart zu einer maximalen Sehnenabmessung 429 der Leitschaufel 400. In anderen Ausführungsformen sind die Übergangsstellen 426 und 428 innerhalb einer stromaufwärtigen Hälfte der Leitschaufel 400, gemessen von der Vorderkante 410 zu der Hinterkante 412, angeordnet. Es sollte verstanden werden, dass die Lage der Übergangsstellen 426 und 428 auf der Basis von Anforderungen an die Verwirbleranordnung 302 variabel gewählt werden kann. Ausserdem würde ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen, dass durch die Auswahl verschiedener Positionen für die Übergangsstellen 426 und 428 die Strömungscharakteristika optimiert werden können und dass die Strömungscharakteristika optimiert werden können, indem verschiedene Durchmesser  $D_1$  und  $D_2$  sowie Leitschaufelhöhen  $H_1$  und  $H_2$  gewählt werden.

**[0019]** In einer modifizierten Ausführungsform kann die Innenfläche 404 des Aussenmantels mehrere unterschiedliche Durchmesser zwischen den Durchmessern  $D_1$  und  $D_2$  enthalten, so dass ein gekrümmter oder stromlinienförmiger Übergang zwischen den Durchmessern  $D_1$  und  $D_2$  definiert ist. Demgemäss kann eine modifizierte Ausführungsform eine Leitschaufelspitze 420 enthalten, die mehrere Höhen enthält, die zwischen den Höhen  $H_1$  und  $H_2$  definiert sind, so dass zwischen den Höhen  $H_1$  und  $H_2$  ein gekrümmter oder stromlinienförmiger Übergang definiert ist. In modifizierten Ausführungsformen kann es mehrere Übergangsregionen/-stellen 426 und 428 geben, die verwendet werden, um die Innenfläche 404 des Aussenmantels zu definieren. Ausserdem wird ein Fachmann auf dem Gebiet verstehen, dass die Schaffung eines stromlinienförmigen Übergangs zwischen dem Einlassdurchmesser  $D_1$  und dem Auslassdurchmesser  $D_2$  eine Optimierung verschiedener Strömungscharakteristika im Durchgang durch die Verwirbleranordnung 302 ermöglichen kann.

**[0020]** In der beispielhaften Umgebung ist die Leitschaufel 400 derart ausgebildet, dass sie zwei Verwirbelungswinkel 500 und 502 von einem einzelnen Schaufelblattprofil 504 enthält. Das Schaufelblattprofil 504 kann bei der Verwirbleranordnung 302 verwendet werden. Ein erster Verwirbelungswinkel 500 ist ungefähr ein 30°-Verwirbelungswinkel, während

ein zweiter Verwirbelungswinkel 502 ein Verwirbelungswinkel von etwa  $45^\circ$  ist. Die Leitschaufel 400 ist mit der (in Fig. 4 veranschaulichten) Verwirbleranordnung 302 gekoppelt, um eine Reduktion des Schaufelverwirbelungswinkels von 502 zu 500 zu ermöglichen, ohne das Schaufelblattprofil der Leitschaufel 400 zu verändern.

**[0021]** Durch die Gestaltung des äusseren Mantels 402 mit einem Durchmesser, der sich von  $D_1$  zu  $D_2$  reduziert, wird eine sich kontinuierlich beschleunigende Kaskadenströmung bei sehr niedrigen Verwirbelungswinkeln ermöglicht. In einer Ausführungsform kann die Reduktion des Durchmessers  $D_2$  in dem Aussenmantel 402 bei einer Leitschaufel 400 verwendet werden, die einen Verwirbelungswinkel von etwa  $0^\circ$  aufweist. Die Verwendung sehr niedriger Verwirbelungswinkel ermöglicht und optimiert den Einsatz alternativer Brennstoffe, wie beispielsweise von Synthesegas und Wasserstoffreichem Brennstoff. Eine Reduktion des Aussenmanteldurchmessers von  $D_1$  auf  $D_2$  ermöglicht die Erzeugung einer konvergierenden Kaskadenströmung.

**[0022]** Die hierin beschriebene Erfindung bietet einige Vorteile, die in Konfigurationen bekannter Verwirbleranordnungen nicht vorzufinden sind. Zum Beispiel liegt ein Vorteil der hierin beschriebenen Verwirbleranordnung darin, dass das Flammenhalten optimiert wird und sie somit eine verbesserte Flammenhaltecharakteristik ergibt. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass der Verwirbelungswinkel deutlich reduziert werden kann, während eine konvergierende Kaskadenströmung innerhalb der Brennstoffdüse aufrechterhalten wird. Ein noch weiterer Vorteil liegt darin, dass der Verwirbelungswinkel deutlich reduziert werden kann, während das gleiche Schaufelblattprofil der Leitschaufel verwendet wird. Schliesslich ist die Flexibilität der Gasturbine vergrössert, weil andere Brennstoffquellen, wie beispielsweise Synthesegas und Brennstoffe mit hohem Wasserstoffanteil, eingesetzt werden können, weil die Erfindung durch Verwendung reduzierter Verwirbelungswinkel die Flammenhaltesicherheitsreserven für hochreaktive Brennstoffe erhöht.

**[0023]** Vorstehend sind beispielhafte Ausführungsformen eines Verfahrens und Systems zur Reduktion von Leitschaufelverwirbelungswinkeln in einer Gasturbinenmaschine bzw. einem Gasturbinentriebwerk im Einzelnen beschrieben. Das Verfahren und das System sind nicht auf die hierin beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt, so dass vielmehr Komponenten der Systeme und/oder Schritte der Verfahren unabhängig und gesondert von anderen hierin beschriebenen Komponenten und/oder Schritten verwendet werden können. Zum Beispiel kann das Verfahren auch in Kombination mit anderen Brennstoffsystemen und Verfahren verwendet werden, und es ist nicht darauf beschränkt, lediglich mit den hierin beschriebenen Brennstoffsystemen und Verfahren umgesetzt zu werden. Vielmehr kann die beispielhafte Ausführungsform in Verbindung mit vielen weiteren Gasturbinentriebwerks- bzw. Gasturbinenmaschinenanwendungen ausgeführt und verwendet werden.

**[0024]** Obwohl spezielle Merkmale verschiedener Ausführungsformen der Erfindung in einigen Zeichnungen veranschaulicht sein können und in anderen nicht, dient dies lediglich der Einfachheit bzw. Zweckdienlichkeit. Gemäss den Prinzipien der Erfindung kann jedes beliebige Merkmal aus einer Zeichnung in Kombination mit jedem beliebigen Merkmal irgendeiner anderen Zeichnung in Bezug genommen und/oder beansprucht werden.

**[0025]** Diese Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich der besten Form, zu offenbaren und auch um jedem Fachmann auf dem Gebiet zu ermöglichen, die Erfindung umzusetzen, wozu die Herstellung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und die Durchführung jeglicher enthaltener Verfahren gehören. Der patentierbare Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele enthalten, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Umfang der Ansprüche enthalten sein, wenn sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche unwesentlichen Unterschieden enthalten.

**[0026]** Während die Erfindung anhand verschiedener spezieller Ausführungsformen beschrieben worden ist, werden Fachleute auf dem Gebiet erkennen, dass die Erfindung innerhalb des Rahmens und Umfangs der Ansprüche mit Modifikationen ausgeführt werden kann.

**[0027]** Es ist eine Brennstoffdüse 222 zur Verwendung in einem Gasturbinentriebwerk 100 geschaffen. Die Brennstoffdüse enthält eine Verwirbleranordnung 302, die ein Einlassende 310, ein Auslassende 312, eine Mantelinnenfläche 404 und eine Nabenaussenfläche 408 enthält, wobei die Innenfläche einen ersten Durchmesser 320 an dem Einlassende 310 und einen zweiten Durchmesser 324 an dem Auslassende 312 definiert, und mehrere Leitschaufeln 400, die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken, wobei jede Leitschaufel ein Paar gegenüberliegender Seitenwände 414, 416 enthält, die an einer Vorderkante 410 und an einer axial beabstandeten Hinterkante 412 miteinander verbunden sind, wobei jede Leitschaufel eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante aufweist, wobei die erste Höhe und die zweite Höhe ein differentielles Höhenverhältnis definieren, wobei wenigstens entweder das differentielle Durchmesserverhältnis und/oder das differentielle Höhenverhältnis konfiguriert ist/sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu schaffen.

## Bezugszeichenliste

**[0028]**

100 Maschine, Triebwerk

- 102 Verdichteranordnung
- 104 Brennkammeranordnung
- 108 Turbinenanordnung
- 110 Verdichter-/Turbinenwelle
- 112 Diffusor
- 114 Plenum
- 220 Endabdeckung
- 222 Brennstoffdüsenanordnung
- 224 Gehäuse
- 226 Brennkammerauskleidung
- 228 Kammer
- 229 Kühlkanal der Verbrennungskammer
- 230 Übergangsstück
- 232 Turbinendüse
- 234 Mehrere Öffnungen
- 236 Aussenwand
- 238 Ringförmiger Kanal
- 240 Innere Wand
- 242 Führungskavität des Übergangsstücks
- 244 Brennstoffdüsenflansch
- 300 Einlassströmungskonditionierer (IFC)
- 302 Verwirbleranordnung
- 304 Brennstoff-Fluid-Mischkanal
- 306 Flammen-Brennstoffdüsenanordnung
- 308 Hochdruckplenum
- 310 Einlassende
- 312 Auslassende
- 314 Reaktionszone der Brennkammer
- 316 Strömungskanal
- 318 Zylindrische Wand
- 320 Innendurchmesser
- 322 Zylindrische Wand
- 324 Aussendurchmesser
- 326 Endkappe
- 328 Ringförmige Leiteinrichtung
- 350 Stromaufwärtiges Ende

- 400 Mehrere Verwirblerleitschaufeln
- 402 Aussenmantel
- 404 Innenfläche
- 406 Innere Nabe
- 408 Aussenfläche
- 410 Vorderkante
- 412 Hinterkante
- 414 Seitenwand
- 416 Seitenwand
- 418 Leitschaufelfuss
- 420 Leitschaufelspitze
- 422 Einlass
- 424 Auslass
- 426 Übergangsbereich/-stelle
- 428 Übergangsstelle
- 429 Maximale Sehnenabmessung
- 500 Erster Verwirbelungswinkel
- 502 Zweiter Verwirbelungswinkel
- 504 Schaufelblattprofil

#### Patentansprüche

1. Brennstoffdüse (222) zur Verwendung in einem Gasturbinentriebwerk (100), wobei die Brennstoffdüse aufweist: eine Verwirbleranordnung (302), die ein Einlassende (310), ein Auslassende (312), eine Mantelinnenfläche (404) und eine Nabenaussenfläche (408) aufweist, wobei die Innenfläche einen ersten Durchmesser (320) an dem Einlassende (310) und einen zweiten Durchmesser (324) an dem Auslassende (312) definiert; und mehrere Leitschaufeln (400), die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken, wobei jede Leitschaufel ein Paar gegenüberliegender Seitenwände (414, 416) aufweist, die an einer Vorderkante (410) und an einer axial beabstandeten Hinterkante (412) miteinander verbunden sind, wobei jede Leitschaufel eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante aufweist, wobei die erste Höhe und die zweite Höhe ein differentielles Höhenverhältnis definieren, wobei wenigstens entweder das differentielle Durchmesserverhältnis und/oder das differentielle Höhenverhältnis konfiguriert ist/sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu erzielen.
2. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 1, wobei der erste Durchmesser grösser ist als der zweite Durchmesser.
3. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 1, wobei die Innenfläche (404) ferner wenigstens einen Mantelübergangsbereich (426) aufweist, der zwischen dem ersten Durchmesser (320) und dem zweiten Durchmesser (324) definiert ist.
4. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Leitschaufeln ferner wenigstens einen Leitschaufelübergangsbereich aufweisen, der zwischen der ersten Höhe und der zweiten Höhe definiert ist.
5. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 3, wobei die mehreren Leitschaufeln (400) ferner wenigstens einen Leitschaufelübergangsbereich (426) aufweisen, der zwischen der ersten Höhe und der zweiten Höhe definiert ist, wobei der wenigstens eine Leitschaufelübergangsbereich mit dem wenigstens einen Mantelübergangsbereich im Wesentlichen ausgerichtet ist.
6. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 3, wobei der wenigstens eine Mantelübergangsbereich (426) innerhalb einer ersten Hälfte einer Länge jeder Leitschaufel (400), gemessen von der Vorderkante (410) zu der Hinterkante (412), positioniert ist.

7. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 3, wobei der wenigstens eine Mantelübergangsbereich (426) in der Nähe einer maximalen Sehnenabmessung jeder Leitschaufel (400) positioniert ist.
8. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 1, wobei jede Leitschaufel (400) ferner einen Verwirbelungswinkel (500) zwischen 0 und 60 Grad aufweist.
9. Brennstoffdüse (222) nach Anspruch 1, wobei das differentielle Durchmesser Verhältnis und das differentielle Höhenverhältnis konfiguriert sind, um eine Beschleunigung einer konvergierenden Kaskadenströmung innerhalb der Brennstoffdüse zu ermöglichen.
10. Gasturbinentriebwerksanordnung (100), die aufweist:
  - einen Verdichter (102); und
  - eine Brennkammer (104), die mit dem Verdichter in Strömungsverbindung steht, wobei die Brennkammer wenigstens eine Brennstoffdüsenanordnung (222) aufweist, wobei die Brennstoffdüsenanordnung aufweist:
    - eine Verwirbleranordnung (302), die ein Einlassende (310), ein Auslassende (312), eine Mantelinnenfläche (404) und eine Nabenaussenfläche (408) aufweist, wobei die Innenfläche einen ersten Durchmesser (320) neben dem Einlassende und einen zweiten Durchmesser (324) neben dem Auslassende aufweist, wobei der erste Durchmesser und der zweite Durchmesser ein differentielles Durchmesser Verhältnis definieren; und
    - mehrere Leitschaufeln (400), die mit der Verwirbleranordnung gekoppelt sind und sich zwischen der Mantelinnenfläche und der Nabenaussenfläche erstrecken, wobei jede Leitschaufel ein Paar gegenüberliegender Seitenwände (414, 416) aufweist, die an einer Vorderkante (410) und an einer axial beabstandeten Hinterkante (412) miteinander verbunden sind, wobei jede Leitschaufel eine erste Höhe neben der Vorderkante und eine zweite Höhe neben der Hinterkante aufweist, wobei die erste Höhe und die zweite Höhe ein differentielles Höhenverhältnis definieren, wobei wenigstens entweder das differentielle Durchmesser Verhältnis und/oder das differentielle Höhenverhältnis konfiguriert ist/sind, um eine konvergierende Strömung durch die Brennstoffdüse zu schaffen.



FIG. 1

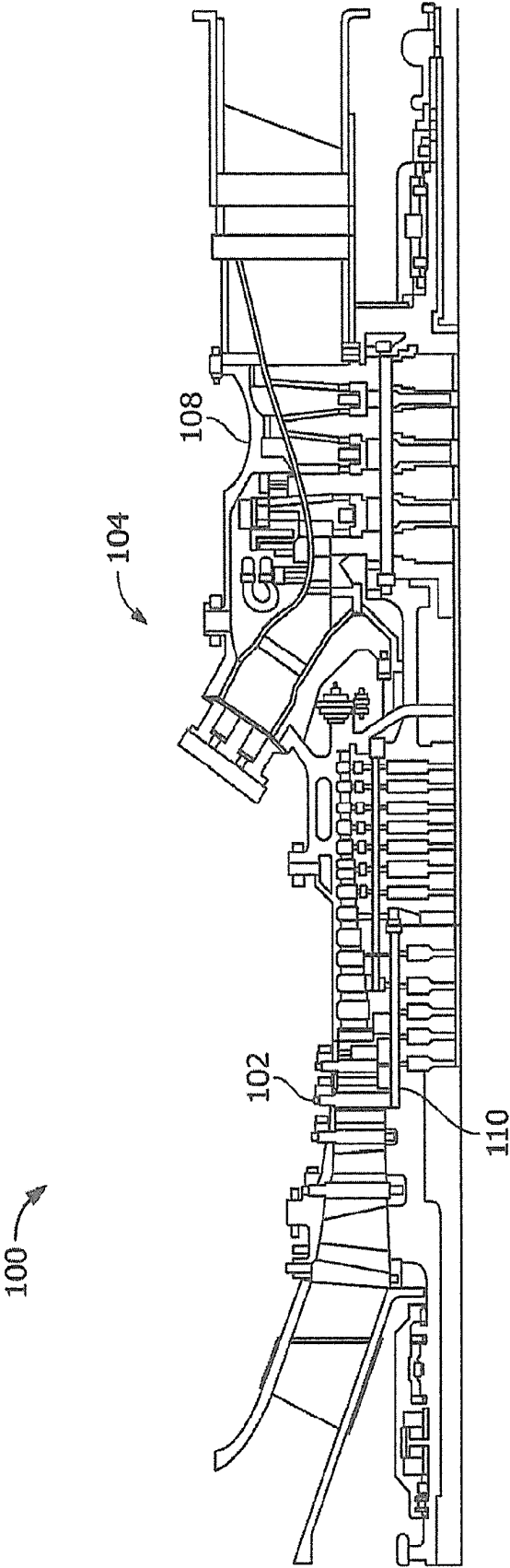


FIG. 2

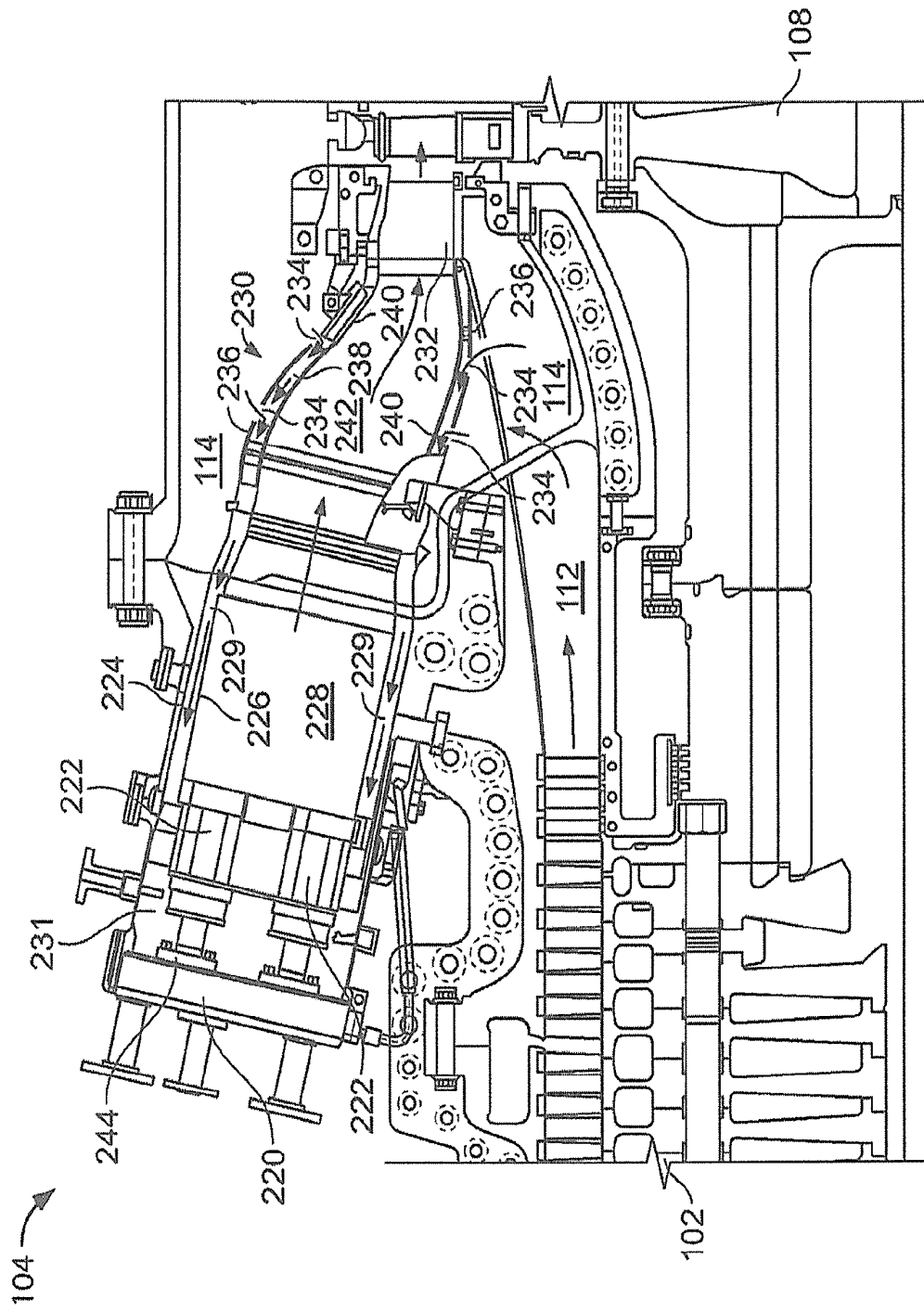


FIG. 3

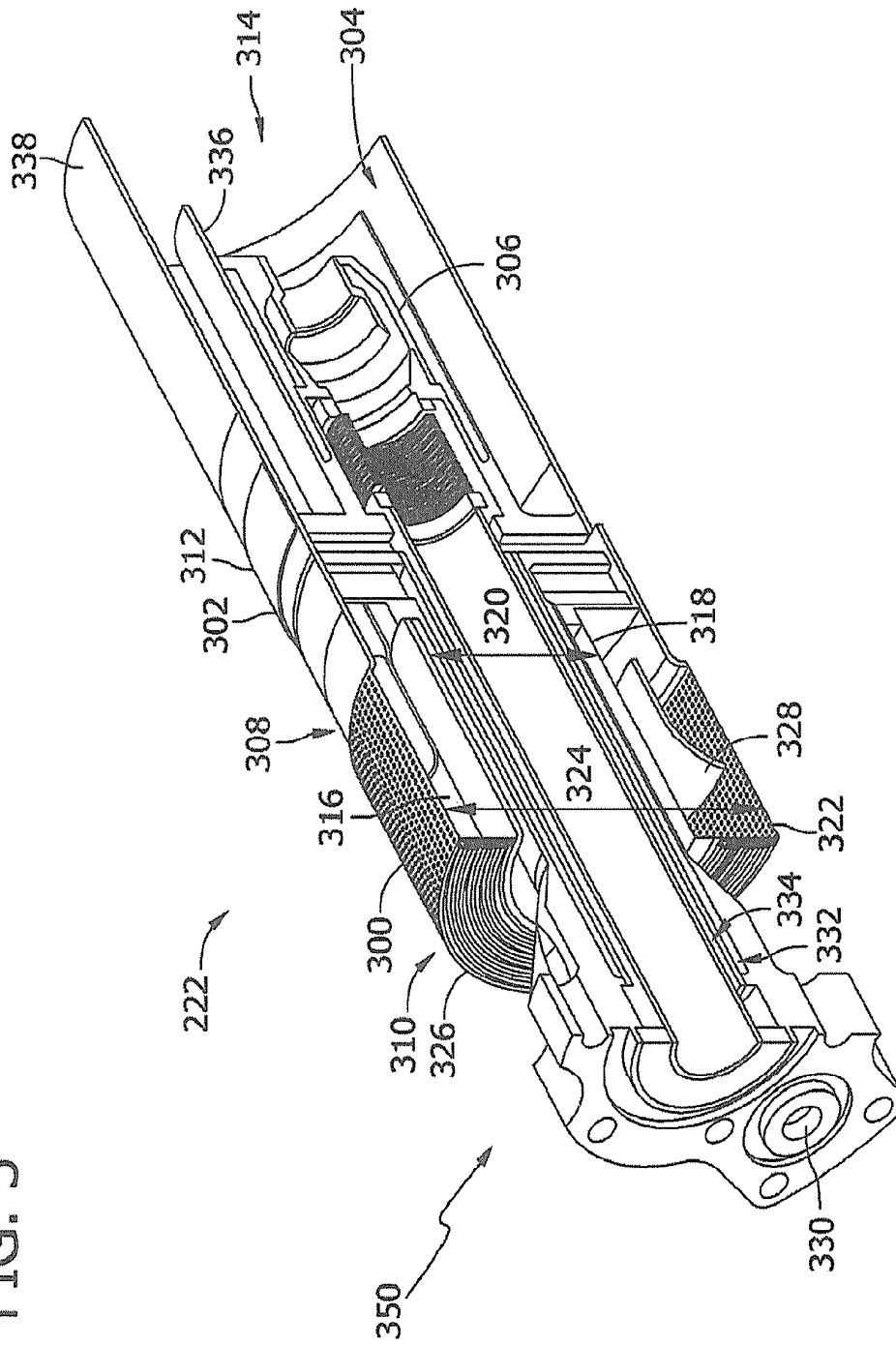


FIG. 4

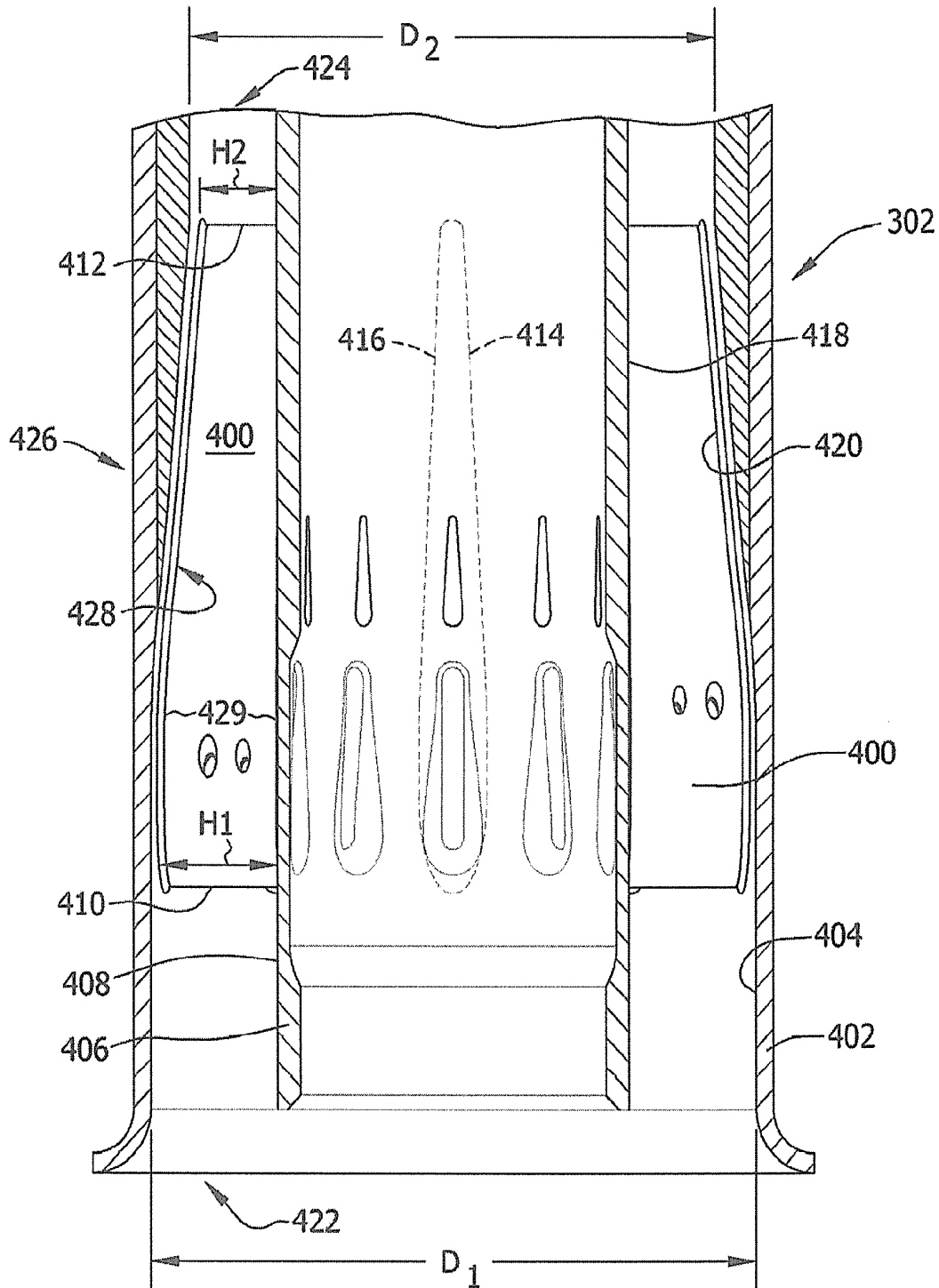


FIG. 5

