(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 702 541 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/24 (2006.01)
F02C 9/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00005/11

(22) Anmeldedatum: 03.01.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.07.2011

(30) Priorität: 06.01.2010 US 12/652,838

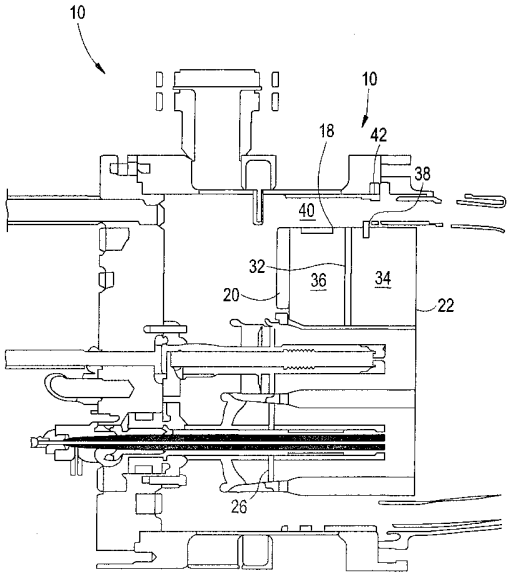
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Kwanwoo Kim, Greenville, South Carolina 29615 (US)
Sven Georg Bethke, 85748 Garching bei München (DE)
Yongqiang Fu, Greenville, SC 29615 (US)
Venkat Narra, Greenville, SC 29615 (US)
Dheeraj Sharma, Bangalore, Karnataka 560066 (IN)

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

(54) Brennkammer mit Zuführrohren in einen unterteilten Brennkammerkappenraum zur Verringerung der thermoakustischen Dynamik.

(57) Ein thermoakustischer Dämpfer für eine Brennkammer (10) enthält wenigstens einen Resonator in Strömungsverbindung mit einem Strömungskanal (40) der Brennkammer (10). Der Resonator enthält einen eingeschlossenen Raum und wenigstens eine Trennplatte (32), die in dem eingeschlossenen Raum unter Aufteilung des eingeschlossenen Raumes in wenigstens zwei Unterräume angeordnet ist. Mehrere Zuführrohre (38) erstrecken sich von dem Strömungskanal (40) aus nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Unterräume hinein und sind konfiguriert, um die thermoakustische Dynamik der Brennkammer (10) zu reduzieren. Die Brennkammer (10) enthält einen eingeschlossenen Brennkammerkappenraum und mehrere Brennstoffdüsen (26), die sich durch den Brennkammerkappenraum erstrecken.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft allgemein Brennkammern. Insbesondere betrifft der Offenbarungsgegenstand eine Verringerung der Verbrennungsdynamik in Brennkammern.

[0002] Da die Anforderungen hinsichtlich Gasturbinenemissionen immer strenger werden, liegt ein Lösungsansatz, um derartige Anforderungen zu erfüllen, darin, während vollständig vorgemischter Betriebsmodi von herkömmlichen Diffusionsflammenbrennkammern zu Brennkammern zu wechseln, die magere Brennstoff- und Luftgemische (mit Äquivalenzverhältnissen von ungefähr 0,58 bis 0,65) verwenden, um Emissionen von z.B. NO_x und CO zu reduzieren. Diese Brennkammern sind in der Technik als DLN- (Dry Low NOx, Magervormischbrenner mit niedrigem NO_x-Ausstoss), DLE- (Dry Low Emissions, Vormischbrenner mit geringen Emissionen) oder LPM- (Lean Pre Mixed, magervorgemischte) Verbrennungssysteme bekannt. Derartige Brennkammern enthalten gewöhnlich mehrere Brennstoffdüsen, die in einem Zylinder oder Mantel, der auch als Kappenhohlraum bezeichnet wird, untergebracht sind.

[0003] Weil diese Brennkammern bei derart mageren Brennstoff/Luft-Verhältnissen arbeiten, können kleine Veränderungen- bzw. Schwankungen der Geschwindigkeit grosse Veränderungen des Massendurchsatzes und Brennstoff-Luft-Schwankungen zur Folge haben. Diese Schwankungen führen zu einer grossen Schwankung der Wärmefreisetzungsrate und hohen Druckschwankungen in dem Kappenhohlraum. Eine Wechselwirkung zwischen Brennstoff/Luft-Schwankung, Wirbel-Flammen-Wechselwirkungen und unstabiler Wärmefreisetzung führt zu einem Rückkupplungsmechanismus, der dynamische Druckpulsationen in dem Verbrennungssystem zur Folge hat. Das Phänomen der Druckpulsationen wird als die thermoakustische oder verbrennungsdynamische Instabilität oder verbrennungsdynamische Instabilität oder schlicht als Verbrennungsdynamik bezeichnet. Eine hohe Verbrennungsdynamik begrenzt den Einsatzbereich der Brennkammer, was Emissionsreduktionen und/oder die Leistung begrenzt. Ferner verkürzt die Brennkammerdynamik die Lebensdauer von Bauteilen und führt zu einer Beschädigung an Brennkammerkomponenten, was Stillstandszeiten der Brennkammer zur Reparatur und/oder zum Austausch der Komponenten zur Folge hat.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Gemäss einem Aspekt der Erfindung enthält eine Brennkammer einen eingeschlossenen Brennkammerkappenraum und mehrere Brennstoffdüsen, die sich durch den Brennkammerkappenraum erstrecken. In dem Brennkammerkappenraum ist wenigstens eine Trennplatte angeordnet, die den Brennkammerkappenraum in wenigstens zwei Räume unterteilt. Mehrere Zuführrohre erstrecken sich nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Räume hinein von einem Strömungskanal aus und sind konfiguriert, um die thermoakustische Dynamik der Brennkammer zu reduzieren.

[0005] Gemäss einem weiteren Aspekt der Erfindung enthält ein thermoakustischer Dämpfer für eine Brennkammer wenigstens einen Resonator in Strömungsverbindung mit einem Strömungskanal der Brennkammer. Der Resonator enthält einen eingeschlossenen Raum und wenigstens eine Trennplatte, die in dem eingeschlossenen Raum unter Aufteilung des eingeschlossenen Raums in wenigstens zwei Räume positioniert ist. Mehrere Zuführrohre erstrecken sich nach innen von dem Strömungskanal in wenigstens einen der wenigstens zwei Räume hinein und sind konfiguriert, um die thermoakustische Dynamik der Brennkammer zu reduzieren.

[0006] Gemäss einem noch weiteren Aspekt der Erfindung enthält ein Verfahren zur Reduktion der thermoakustischen Brennkammerdynamik ein Anordnen wenigstens eines Resonators in Strömungsverbindung mit einem Strömungskanal der Brennkammer. Der Resonator enthält einen eingeschlossenen Raum, wenigstens eine Trennplatte, die in dem eingeschlossenen Raum angeordnet ist, wobei sie den eingeschlossenen Raum in wenigstens zwei Unterräume unterteilt, und mehrere Zuführrohre, die sich von dem Strömungskanal aus nach innen in wenigstens einen der beiden Unterräume hinein erstreckt. Das Verfahren enthält ferner ein Leiten einer Fluidströmung durch den Strömungskanal und über ein offenes Ende wenigstens eines Zuführrohrs der mehreren Zuführrohre und Anregen einer Resonanzfrequenz des Resonators, wodurch die thermoakustische Brennkammerdynamik reduziert wird.

[0007] Diese und weitere Vorteile und Merkmale werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den Zeichnungen ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0008] Der Gegenstand, der als die Erfindung angesehen wird, ist in den Ansprüchen am Schluss der Spezifikation besonders angeben und deutlich beansprucht. Das Vorstehende sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen offensichtlich, in denen zeigen:

[0009] Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Brennkammer;

[0010] Fig. 2 eine weitere Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Brennkammer;

[0011] Fig. 3 einen schematisierten Querschnitt der Brennkammer nach Fig. 2; und

[0012] Fig. 4 eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform einer Brennkammer.

[0013] Die detaillierte Beschreibung erläutert Ausführungsformen der Erfindung gemeinsam mit Vorteilen und Merkmalen anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0014] In Fig. 1 ist eine Ausführungsform einer Brennkammer 10 veranschaulicht. Die Brennkammer enthält eine Kappenanordnung 12 an einem stromaufwärtigen Ende 14, das mit einer Brennkammerauskleidung 16 verbunden ist. Die Kappenanordnung 12 enthält einen Kappenmantel 18, der in einigen Ausführungsformen eine im Wesentlichen rohrförmige Gestalt aufweist. Eine Rückplatte 20 ist an dem Kappenmantel 18 fixiert und definiert eine stromaufwärtige Ausdehnung bzw. ein stromaufwärtiges Ende der Kappenanordnung 12. In ähnlicher Weise ist eine Effusionsplatte 22 an dem Kappenmantel 18 fixiert und definiert eine stromabwärtige Ausdehnung bzw. ein stromabwärtiges Ende der Kappenanordnung 12. In der in Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsform sind die Rückplatte 20 und die Effusionsplatte 22 von kreisförmiger Gestalt, wobei jedoch andere Konfigurationen der Rückplatte 20 und der Effusionsplatte 22 in dem Umfang der vorliegenden Offenbarung vorgesehen sind. Der Kappenmantel 18, die Rückplatte 20 und die Effusionsplatte 22 definieren zwischeneinander einen Kappenraum bzw. ein Kappenvolumen 24. Mehrere Brennstoffdüsen 26 sind in der Brennkammer 10 angeordnet. In der veranschaulichten Ausführungsform enthalten die mehreren Brennstoffdüsen 26 mehrere primäre Brennstoffdüsen 26, die in einem kreisförmigen Muster ringsum eine sekundäre Brennstoffdüse 26 angeordnet sind, die in einer Mitte der Brennkammer 10 angeordnet ist. Jede Brennstoffdüse 26 ist von einem Brennerrohr 28 umgeben und erstreckt sich in die Kappenanordnung 12 hinein durch Öffnungen 30 in der Rückplatte 20 der Kappenanordnung 12 hindurch. Das Brennerrohr 28, das jede Brennstoffdüse 26 umgibt, erstreckt sich bis zu der Effusionsplatte 22.

[0015] Indem nun auf Fig. 2 Bezug genommen wird, ist in dem Kappenraum 24 zwischen der Rückplatte 20 und der Effusionsplatte 22 eine Trennplatte 32 angeordnet. Die Trennplatte 32 erstreckt sich vollständig quer durch den Kappenraum 24, um den Kappenraum 24 in einen abgetrennten Raum 34 zwischen der Trennplatte 32 und der Effusionsplatte 22 und einen abgegrenzten Raum 36 zwischen der Prallplatte 32 und der Rückplatte 20 zu unterteilen. Mehrere Zuführrohre 38 erstrecken sich durch den Kappenmantel 18 hindurch von dem abgetrennten Raum 34 in einen Strömungskanal 40 hinein, der durch den Kappenmantel 18 und eine Brennkammerströmungshülse 42 definiert ist. In einigen Ausführungsformen haben die Zuführrohre 38 einen kreisförmigen Querschnitt, wobei es zu verstehen ist, dass auch andere Querschnittsformen innerhalb des vorliegenden Schutzumfangs vorgesehen sind.

[0016] Wie in Fig. 3 veranschaulicht, dient der abgetrennte Raum 34 gemeinsam mit den mehreren Zuführrohren 38 als eine akustische Dämpfereinrichtung, durch die der Schalldruck und die Schallgeschwindigkeit an der Stelle des Zuführrohrs 38 verändert oder modifiziert wird, was eine Veränderung der Gesamtsystemakustik zur Folge hat. Ein Resonator, der mit einem Strömungskanal 40 ohne eine stationäre Strömung durch diesen verbunden ist, kann mit einer Frequenz (f) schwingen, die durch eine Querschnittsfläche (S) der mehreren Zuführrohre 38, eine Länge (L) der mehreren Zuführrohre 38 und ein Volumen (V) des abgetrennten Raums 34 bestimmt ist. Die Frequenz ist durch die Gleichung 1 gegeben:
f = (c/(2*#)) * sqrt(S/(V*L)) (1),
worin «c» die Schallgeschwindigkeit ist. Eine gewünschte Frequenz kann erreicht werden, indem eine Position der Trennplatte 32 verändert wird, so dass auf diese Weise das Volumen (V) des abgetrennten Raums 34 vergrössert oder verringert wird, und/oder indem die Länge (L) oder die Querschnittsfläche (S) der mehreren Zuführrohre 38 verändert wird. Jedoch wirkt ein abgetrennter Raum 34, in den eine stationäre Strömung einströmt, nicht notwendigerweise als ein Resonator, so z.B. wenn eine stationäre Strömung durch die Zuführrohre 38 vorliegt, wirkt jedoch erfolgreich als ein thermoakustischer Dämpfer. Um eine Eigenfrequenz der Brennkammer 10. abzuschwächen, wird eine Abstimmungsfrequenz gewählt, und die Merkmale V, L und S werden festgesetzt, um die gewünschte Frequenz zu erzielen. Um die gewünschte Länge L zu erreichen, können sich die Zuführrohre 38 in den abgetrennten Raum 34 hinein erstrecken, wie dies in Fig. 2 veranschaulicht ist. Während des Betriebs der Brennkammer 10 wird die gewählte Frequenz effektiv «ausgeblendet» und auf diese Weise verhindert, dass mit dieser Eigenfrequenz verbundene Verbrennungsdynamikprobleme auftreten.

[0017] In einigen Ausführungsformen sind die mehreren Zuführrohre 38 in Umfangsrichtung rings um den Kappenmantel 18 gleichmässig voneinander beabstandet. In anderen Ausführungsformen kann es jedoch erwünscht sein, den Abstand zwischen den mehreren Zuführrohren 38 längs des Umfangs zu verändern, um die Brennkammer 10 asymmetrisch abzustimmen.

[0018] In einigen Ausführungsformen kann es erwünscht sein, mehr als eine einzelne Eigenfrequenz der Brennkammer 10 auszublenden. Bezugnehmend auf Fig. 4 wird das Ausblenden von zwei Eigenfrequenzen erzielt, indem mehrere Zuführrohre 38 vorgesehen werden, die sich durch den Kappenmantel 18 hindurch von dem abgegrenzten Raum 36 aus in den Strömungskanal 40 erstrecken, so dass auf diese Weise ein zweiter Resonator unter Verwendung des abgegrenzten Raums 36 definiert ist. Wie bei dem Resonator, der den abgetrennten Raum 34 nutzt, können eine bestimmte Länge L und eine bestimmte Fläche S gewählt werden, um die gewünschte Resonanzfrequenz f zu erzeugen. Während Resonatoren und eine einzige Trennplatte 32 in Fig. 4 veranschaulicht sind, ist es zu verstehen, dass weitere Trennplatten 32 in dem Kappenraum 24 eingebaut werden können, so dass auf diese Weise weitere Räume darin geschaffen werden. Durch den Einbau mehrerer Zuführrohre 38 in den weiteren Räumen können mehrere Eigenfrequenzen der Brennkammer 10 ausgeblendet werden.

[0019] Die Verwendung der Trennplatte 32 und der mehreren Zuführrohre 38 verringert in effektiver Weise die Verbrennungsdynamik, ohne die Strömung durch den Strömungskanal 40 zu beeinflussen. Ferner kann die Trennplatte 32 in existierende Brennkammern 10 an einer gewünschten Stelle eingebaut werden, ohne dass die Notwendigkeit besteht, andere Komponenten der Brennkammer 10 zu modifizieren, wobei die Position der Trennplatte an spezifische Eigenfrequenzen der Brennkammer 10 anpassbar ist.

[0020] Während die Erfindung in Einzelheiten in Verbindung mit lediglich einer begrenzten Anzahl von Ausführungsformen beschrieben worden ist, sollte ohne weiteres verstanden werden, dass die Erfindung nicht auf derartige offenbarte Ausführungsformen beschränkt ist. Vielmehr kann die Erfindung modifiziert werden, um jede beliebige Anzahl von Veränderungen, Modifikationen, Ersetzungen oder äquivalenten Anordnungen aufzunehmen, die hier vorstehend nicht beschrieben sind, die jedoch dem Rahmen und Schutzumfang der Erfindung entsprechen. Ausserdem ist es zu verstehen, dass, während verschiedene Ausführungsformen der Erfindung beschrieben worden sind, Aspekte der Erfindung lediglich einige der beschriebenen Ausführungsformen umfassen können. Demgemäss ist die Erfindung nicht als durch die vorstehende Beschreibung beschränkt anzusehen, sondern ist nur durch den Schutzumfang der beigefügten Ansprüche beschränkt.

[0021] Ein thermoakustischer Dämpfer für eine Brennkammer 10 enthält wenigstens einen Resonator in Strömungsverbindung mit einem Strömungskanal 40 der Brennkammer 10. Der Resonator enthält einen eingeschlossenen Raum und wenigstens eine Trennplatte 32, die in dem eingeschlossenen Raum unter Aufteilung des eingeschlossenen Raumes in wenigstens zwei Unterräume angeordnet ist. Mehrere Zuführrohre 38 erstrecken sich von dem Strömungskanal 40 aus nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Unterräume hinein und sind konfiguriert, um die thermoakustische Dynamik der Brennkammer 10 zu reduzieren. Eine Brennkammer 10 enthält einen eingeschlossenen Brennkammerkappenraum 24 und mehrere Brennstoffdüsen 26, die sich durch den Brennkammerkappenraum 24 erstrecken. Wenigstens eine Trennplatte 32 ist in dem Brennkammerkappenraum 24 angeordnet, wodurch sie den Brennkammerkappenraum 24 in wenigstens zwei Unterräume aufteilt. Mehrere Zuführrohre 38 erstrecken sich von einem Strömungskanal 40 aus nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Unterräume hinein.

Bezugszeichenliste

[0022]

10 Brennkammer

12 Kappenanordnung

14 stromaufwärtiges Ende

16 Brennkammerauskleidung

18 Kappenmantel

20 Rückplatte

22 Effusionsplatte

24 Kappenraum, Kappenvolumen

26 Brennstoffdüse

28 Brennerrohr

30 Öffnung

32 Trennplatte

34 abgetrennter Raum, abgetrenntes Volumen

36 abgegrenzter Raum, abgegrenztes Volumen

38 Zuführrohr

40 Strömungskanal

42 Strömungshülse

Patentansprüche

1. Brennkammer (10), die aufweist:
einen eingeschlossenen Kappenraum der Brennkammer (10);

mehrere Brennstoffdüsen (26), die sich durch den Kappenraum der Brennkammer (10) erstrecken;
wenigstens eine Trennplatte (32), die in dem Brennkammerkappenraum angeordnet ist und den Brennkammerkappenraum (24) in wenigstens zwei Räume unterteilt; und
mehrere Zuführrohre (38), die sich von einem Strömungskanal aus nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Räume hinein erstrecken und eingerichtet sind, um die thermoakustische Dynamik der Brennkammer (10) zu reduzieren.

2. Brennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei die mehreren Zuführrohre (38) und wenigstens einer der wenigstens zwei Räume als ein thermoakustischer Dämpfer wirken.

3. Brennkammer (10) nach Anspruch 2, wobei eine Resonanzfrequenz des thermoakustischen Dämpfers einer Eigenfrequenz der Brennkammer (10) entgegenwirkt.

4. Brennkammer (10) nach Anspruch 3, wobei die Resonanzfrequenz von einem oder mehreren der folgenden Faktoren abhängig ist: Grösse des wenigstens einen Raumes, Länge der mehreren Zuführrohre (38) und Querschnittsfläche der mehreren Zuführrohre (38).

5. Brennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei eine Position der wenigstens einen Trennplatte (32) durch eine Eigenfrequenz der Brennkammer (10), der entgegengewirkt werden soll, bestimmt ist.

6. Verfahren zur Reduktion der thermoakustischen Dynamik einer Brennkammer (10), das aufweist:
Anordnen wenigstens eines thermoakustischen Dämpfers in Strömungsverbindung mit einem Strömungskanal der Brennkammer (10), wobei der wenigstens eine thermoakustische Dämpfer enthält:
einen eingeschlossenen Raum;
wenigstens eine Trennplatte (32), die in dem eingeschlossenen Raum unter Aufteilung des eingeschlossenen Raumes in wenigstens zwei Räume angeordnet ist; und
mehrere Zuführrohre (38), die sich von dem Strömungskanal aus nach innen in wenigstens einen der wenigstens zwei Räume hinein erstrecken;
Leiten einer Fluidströmung durch den Strömungskanal und über ein offenes Ende wenigstens eines Zuführrohrs der mehreren Zuführrohre (38); und
Anregen einer Resonanzfrequenz des wenigstens einen thermoakustischen Dämpfers, wodurch die thermoakustische Brennkammerdynamik reduziert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, das ein Entgegenwirken einer Eigenfrequenz der Brennkammer (10) über die Resonanzfrequenz enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 6, das ein Bestimmen der Resonanzfrequenz durch Anpassen eines oder mehrerer der Parameter enthält: Grösse des wenigstens einen Raums, Länge der mehreren Zuführrohre (38) und Querschnittsfläche der mehreren Zuführrohre (38).

9. Verfahren nach Anspruch 6, das ein Anordnen der mehreren Zuführrohre (38) in jedem Raum der wenigstens zwei Räume enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei jeder Raum der wenigstens zwei Räume als ein Resonator dient, um unterschiedlichen Eigenfrequenzen der Brennkammer (10) entgegenzuwirken.

FIG. 1

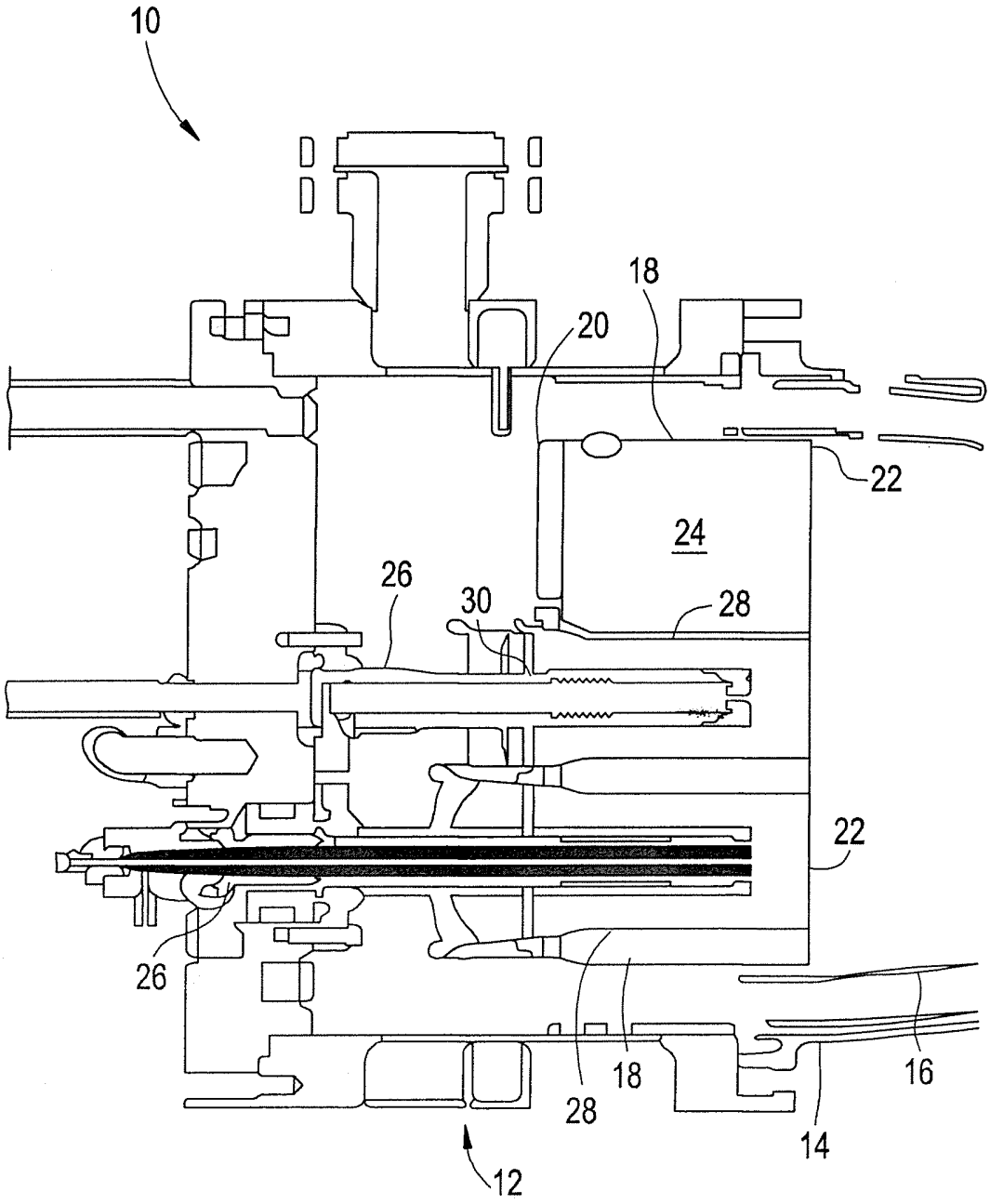


FIG. 2

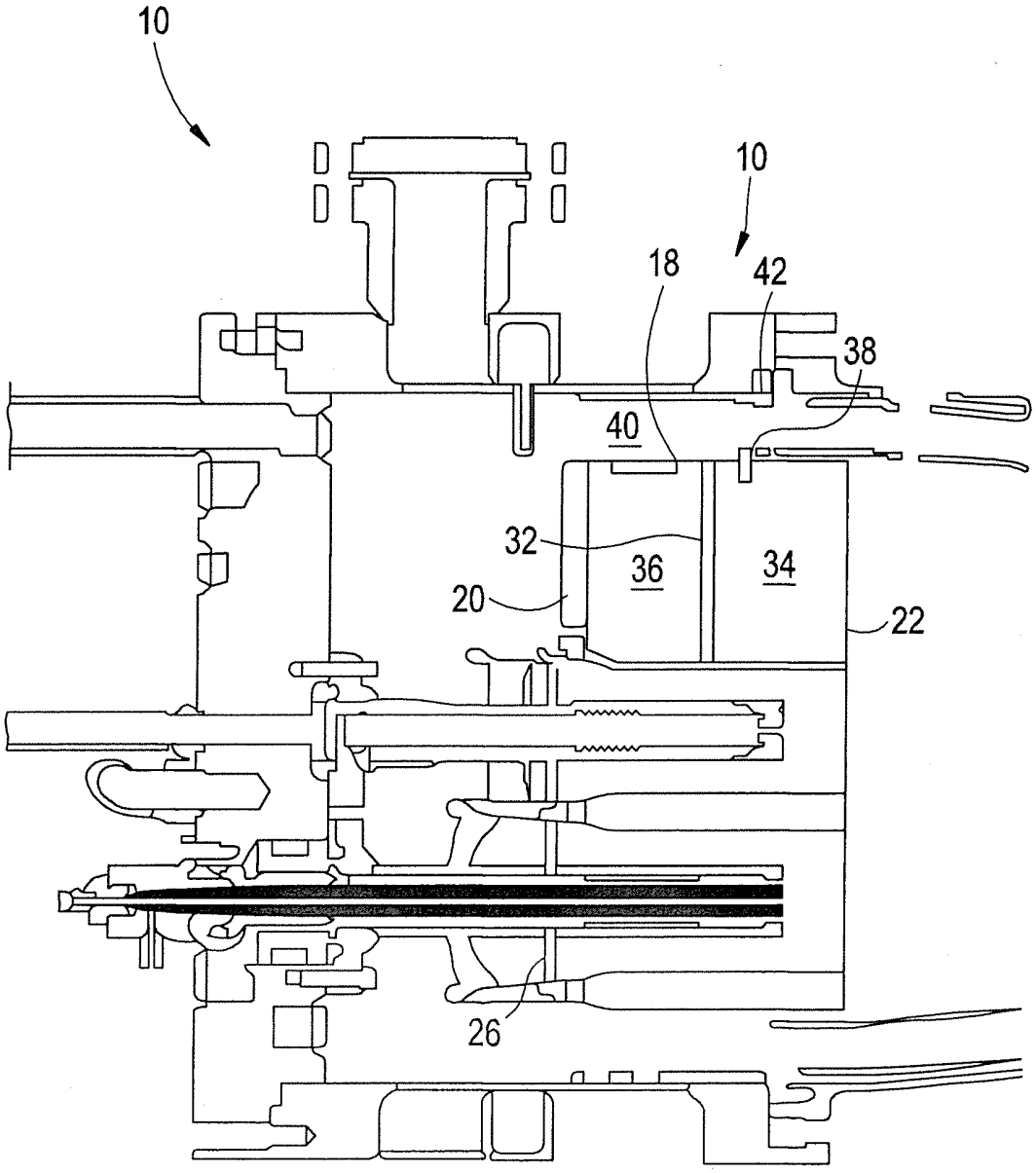


FIG. 3

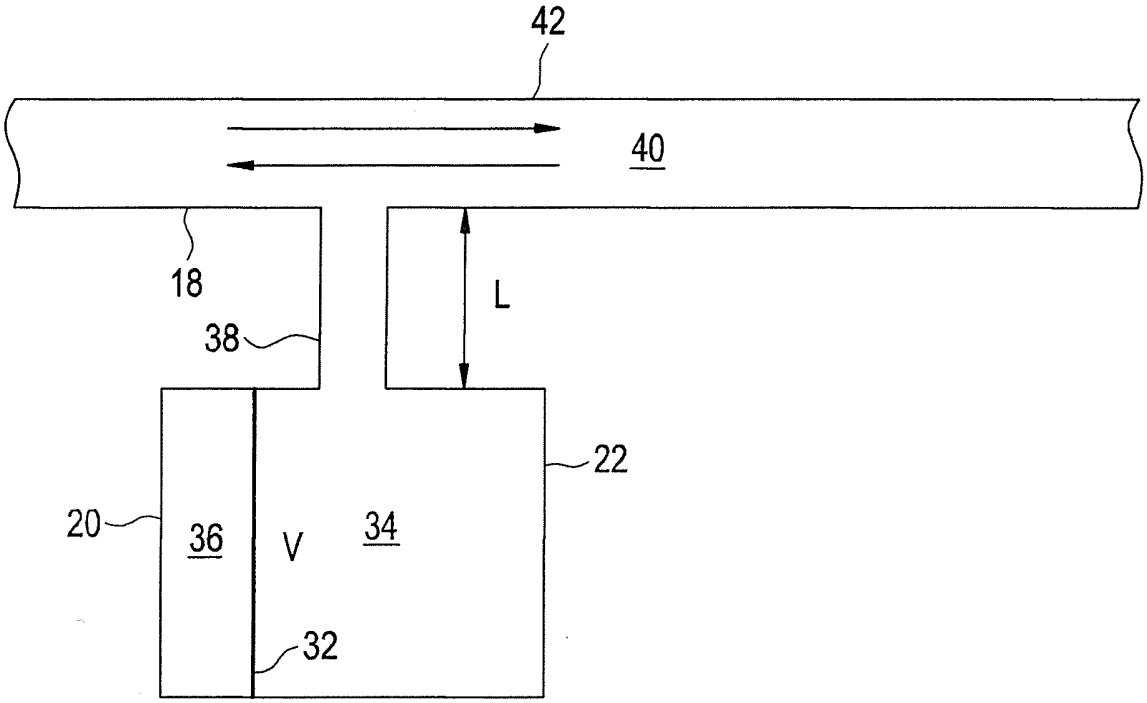


FIG. 4

