(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 701 539 A2

(51) Int. Cl.: F23D 17/00 (2006.01)

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

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01147/10

(22) Anmeldedatum: 14.07.2010

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.01.2011

(30) Priorität: 22.07.2009 US 12/507,298

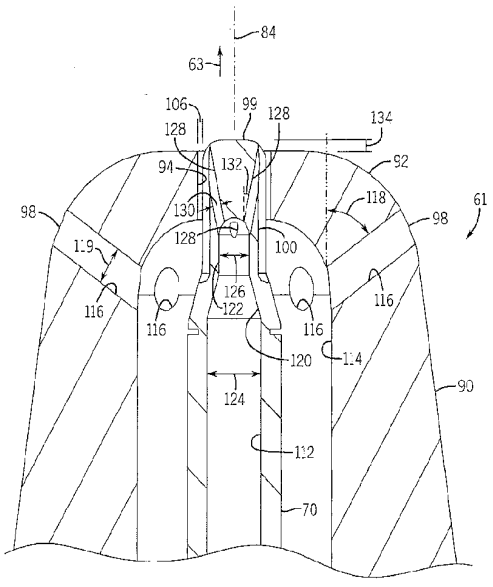
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Gregory Allen Boardman,
Greer, South Carolina 29651 (US)
Ronald Chila, Greer, South Carolina 29651 (US)
Nishant Govindbhai Parsania, Bangalore, KA, 560066 (IN)
Hasan Karim, Simpsonville, South Carolina 29681 (US)

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

(54) Vorrichtung zur Brennstoffeinspritzung bei einer Turbine.

(57) In einer Ausführungsform enthält ein System einen Brennstoffinjektor (61) mit einem Flüssigbrennstoffkanal (112), der sich zu einer ersten Öffnung in einem Düsenabschnitt (92) erstreckt. Der Brennstoffinjektor (61) enthält auch einen wählbaren Strömungskanal (114), der sich zu einer zweiten Öffnung (94) in dem Düsenabschnitt (92) erstreckt. Der wählbare Strömungskanal (114) umgibt den Flüssigbrennstoffkanal (112) bis zu dem Düsenabschnitt (92), wobei der wählbare Strömungskanal (114) dafür eingerichtet ist, wählbar einen Gasbrennstoffstrom und einen Luftstrom aufzunehmen, und der wählbare Strömungskanal (114) eine Durchflusstemperatur hat, die dafür eingerichtet ist, einen durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) strömenden Flüssigbrennstoff zu kühlen, um eine Verkokung zu verringern.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Der hierin beschriebene Erfindungsgegenstand betrifft eine Gasturbine und insbesondere eine Brennstoffdüse.

[0002] Gasturbinen enthalten eine oder mehrere Brennkammern, die verdichtete Luft und Brennstoff aufnehmen und verbrennen, um heisse Verbrennungsgase zu erzeugen. Beispielsweise kann die Gasturbine mehrere in Umfangsrichtung um die Rotationsachse positionierte Brennkammern enthalten. Die Brennkammern können entweder einen Flüssigbrennstoff, einen gasförmigen Brennstoff oder eine Kombination der zwei Brennstoffe mittels an einer Basis der Brennkammer positionierten Brennstoffinjektoren einspritzen. Leider kann der Flüssigbrennstoff aufgrund der hohen Temperaturen in Verbindung mit der Verbrennung eine Verkokung erfahren, bevor er aus den Brennstoffinjektoren austritt. Verkokung ist ein Zustand, bei dem sich der Brennstoff unter Ausbildung von Kohlenstoffpartikeln aufzuspalten beginnt. Diese Partikel können an Innenwänden der Flüssigbrennstoffinjektoren anhaften. Mit der Zeit können sich die Partikel von den Wänden lösen und die Düsen der Flüssigbrennstoffinjektoren verstopfen und dadurch den Flüssigbrennstoffström stören.

Kurzbeschreibung der Erfindung

[0003] Bestimmte dem Schutzumfang der ursprünglich beanspruchten Erfindung entsprechende Ausführungsformen sind nachstehend zusammengefasst. Diese Ausführungsformen sollen nicht den Schutzumfang der beanspruchten Erfindung einschränken, sondern stattdessen sollen diese Ausführungsformen nur eine kurze Zusammenfassung möglicher Formen der Erfindung darstellen. Tatsächlich kann die Erfindung eine Vielfalt von Formen umfassen, die den nachstehend beschriebenen Ausführungsformen ähneln oder sich davon unterscheiden.

[0004] In einer ersten Ausführungsform enthält ein System einen Brennstoffinjektor mit einem Flüssigbrennstoffkanal, der zu einer Flüssigbrennstofföffnung führt und einen Gasbrennstoffkanal, der zu einer Gasbrennstofföffnung führt. Das System enthält auch einen Luftverdichter, der dafür eingerichtet ist, dem Gasbrennstoffkanal einen Luftstrom zuzuführen, während Flüssigbrennstoff durch den Flüssigbrennstoffkanal strömt. Ferner enthält das System einen Wärmetauscher, der dafür eingerichtet ist, den Luftstrom zu kühlen.

[0005] In einer zweiten Ausführungsform enthält ein System einen Brennstoffinjektor mit einem sich zu einer ersten Öffnung in einem Düsenabschnitt erstreckenden Flüssigbrennstoffkanal. Der Brennstoffinjektor enthält ebenfalls einen wählbaren Strömungskanal, der sich zu einer zweiten Öffnung in dem Düsenabschnitt erstreckt. Der wählbare Strömungskanal umgibt den Flüssigbrennstoffkanal bis zu dem Düsenabschnitt. Der wählbare Strömungskanal ist dafür eingerichtet, selektiv einen Gasbrennstoffström und einen Luftstrom aufzunehmen, und der wählbare Strömungskanal hat eine Strömungstemperatur, die so bemessen ist, dass ein durch den Flüssigbrennstoffkanal strömender Flüssigbrennstoff gekühlt wird, um eine Verkokung zu verringern.

[0006] In einer dritten Ausführungsform enthält ein System einen Brennstoffinjektor mit einem sich zu einer ersten Öffnung erstreckenden Flüssigbrennstoffkanal. Der Brennstoffinjektor enthält ebenfalls einen sich zu einer zweiten Öffnung erstreckenden wählbaren Strömungskanal. Der wählbare Strömungskanal ist dafür eingerichtet, selektiv während eines Gasbrennstoffmodus einen Gasbrennstoffström und während eines Flüssigbrennstoffmodus einen Luftstrom aufzunehmen, und die zweite Öffnung ist dafür eingerichtet, den Luftstrom zu führen, um während des Flüssigbrennstoffmodus einen Flüssigbrennstoff ström aus der ersten Öffnung zu zerstäuben.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0007] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich, wenn die nachstehende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile durchgängig durch die Zeichnungen bezeichnen, in welchen:

[0008] Fig. 1 eine Blockdarstellung eines Turbinensystems mit einer mit einer Brennkammer verbundenen Brennstoffdüse ist, wobei die Brennstoffdüse dafür eingerichtet ist, eine Verkokung in Flüssigbrennstoffinjektoren gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik zu verringern;

[0009] Fig. 2 eine Schnittseitenansicht des in Fig. 1 dargestellten Turbinensystems gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0010] Fig. 3 eine Schnittseitenansicht des in Fig. 1 dargestellten Turbinensystems mit einer mit einer Endabdeckung der Brennkammer verbundenen Brennstoffdüse gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0011] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht der Brennstoff düse gemäss Darstellung in Fig. 3 mit einem Satz von Vormischerrohren gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0012] Fig. 5 eine perspektivische Schnittansicht der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0013] Fig. 6 eine perspektivische Explosionsansicht der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0014] Fig. 7 eine Querschnittansicht der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0015] Fig. 8 eine Seitenansicht des in Fig. 7 dargestellten Vormischerrohres gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0016] Fig. 9 eine Querschnittsseitenansicht des Vormischerrohres entlang der Linie 9-9 von Fig. 8 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0017] Fig. 10 eine Querschnittsseitenansicht des Vormischerrohres entlang der Linie 10-10 von Fig. 8 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0018] Fig. 11 eine Querschnittsseitenansicht des Vormischerrohres entlang der Linie 11-11 von Fig. 8 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0019] Fig. 12 eine perspektivische Ansicht einer in einem Gasbrennstoffinjektor gemäss Darstellung in Fig. 7 angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0020] Fig. 13 eine Draufsicht von oben auf die in dem Gasbrennstoffinjektor von Fig. 12 angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0021] Fig. 14 eine Querschnittsseitensicht der in dem Gasbrennstoffinjektor angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone entlang der Linie 14-14 von Fig. 13 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0022] Fig. 15 eine detaillierte Querschnittsseitensicht der in dem Gasbrennstoffinjektor angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone entlang der Linie 15-15 von Fig. 14 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0023] Fig. 16 eine Querschnittsseitensicht der in dem Gasbrennstoffinjektor angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone entlang der Linie 16-16 von Fig. 13 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist;

[0024] Fig. 17 eine perspektivische Ansicht eines Düsenabschnittes der Flüssigbrennstoffpatrone gemäss Darstellung in Fig. 12 gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik ist; und

[0025] Fig. 18 eine Querschnittsseitensicht des Gasbrennstoffinjektors gemäss Darstellung in Fig. 7 ist, der in einer Endabdeckung gemäss bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Technik angeordnet ist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0026] Eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachstehend beschrieben. In dem Bemühen, eine knappe Beschreibung dieser Ausführungsformen zu liefern, können nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementation in der Beschreibung beschrieben werden. Es dürfte erkennbar sein, dass bei der Entwicklung von jeder derartigen tatsächlichen Implementation wie bei jedem technischen oder konstruktiven Projekt zahlreiche implementationsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die spezifischen Ziele des Entwicklers, wie z.B. Übereinstimmung mit systembezogenen und geschäftsbezogenen Einschränkungen zu erreichen, welche von einer Implementation zur anderen variieren können. Ferner dürfte erkennbar sein, dass eine derartige Entwicklungsanstrengung komplex und zeitaufwendig sein kann, aber trotzdem hinsichtlich Auslegung, Herstellung und Fertigung für den normalen Fachmann mit dem Vorteil dieser Offenlegung eine Routineaufgabe wäre.

[0027] Wenn Elemente verschiedener Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, sollen die Artikel «einer, eines, eine», «der, die, das» und «besagter, besagte, besagtes» die Bedeutung haben, dass eines oder mehrere von den Elementen vorhanden sein kann. Die Begriffe «aufweisend», «enthaltend» und «habend» sollen einschliessend sein und die Bedeutung haben, dass zusätzliche weitere Elemente ausser den aufgelisteten Elementen vorhanden sein können.

[0028] Ausführungsformen der vorliegenden Offenlegung können das Verkoken in einem Flüssigbrennstoffkanal erheblich verringern oder beseitigen, indem sie den Flüssigbrennstoffkanal mit Kühlluft und/oder Gasbrennstoff umgeben, um eine Isolation gegenüber den heissen Verbrennungsgasen zu erzeugen. Insbesondere kann ein Turbinensystem eine Brennstoffdüse mit einer in einem Gasbrennstoffinjektor angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone enthalten. Die Flüssigbrennstoffpatrone und der Gasbrennstoffinjektor können dafür eingerichtet sein, einen Flüssig- und/oder Gasbrennstoff in ein Vormischerrohr zur anschliessenden Vermischung mit Luft vor der Verbrennung einzuspritzen. Während Perioden eines Gasbrennstoffbetriebs kann das Turbinensystem Gasbrennstoff durch einen wählbaren Strömungskanal in den Gasbrennstoffinjektor strömen lassen. Da die Flüssigbrennstoffpatrone im Wesentlichen in dem wählbaren Strömungskanal angeordnet sein kann, kann der Gasbrennstoff-ström zum Isolieren der Flüssigbrennstoffpatrone dienen und dadurch ein Verkoken wesentlich verringern oder beseitigen. Während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs kann das Turbinensystem Kühlluft aus einem Wärmetauscher durch den wählbaren Strömungskanal strömen lassen, um die Flüssigbrennstoff-patrone gegenüber heissen Verbrennungsgasen zu isolieren. In dieser Anordnung kann die Kühlluft ein Verkoken des Flüssigbrennstoffs in der Flüssigbrennstoffpatrone erheblich verringern oder beseitigen, um dadurch die Möglichkeit einer Blockierung des Flüssigbrennstoffstroms in das Vormischerrohr zu verringern. Zusätzlich kann die Kühlluft entlang dem Strömungspfad des aus der Flüssigbrennstoffpatrone austretenden Flüssigbrennstoffs geführt werden, um dadurch die Zerstäubung zu verbessern. Ferner kann die Kühlluft die Temperatur der Verbrennungsreaktion verringern. Die verrin-

gerte Temperatur kann dazu dienen, die Abgasemissionen unter vorgeschriebene Pegel zu senken, ohne ein komplexes und teures Wasserinjektionssystem einzusetzen. In bestimmten Ausführungsformen können die Flüssigbrennstoffpatronen leicht aus der Brennstoffdüse ausbaubar sein. Derartige Ausführungsformen können die Wartungskosten verringern und die Auswahl einer Flüssigbrennstoffpatrone mit Merkmalen ermöglichen, die für einen speziellen Flüssigbrennstoff eingerichtet sind.

[0029] In den Zeichnungen und zunächst in Fig. 1 ist eine Blockdarstellung einer Ausführungsform einer Gasturbine 10 dargestellt. Die Darstellung enthält eine Brennstoffdüse 12, eine Gasbrennstoffzuführung 14, eine Flüssigbrennstoffzuführung 15 und eine Brennkammer 16. Gemäss Darstellung führt die Gasbrennstoffzuführung 14 dem Turbinensystem 10 durch die Brennstoffdüse 12 in der Brennkammer 16 einen Gasbrennstoff zu, wie z.B. Erdgas. In ähnlicher Weise führt das Flüssigbrennstoffsystem 15 dem Turbinensystem 10 einen Flüssigbrennstoff zu, wie z.B. Kerosin oder Dieselbrennstoff. Das Turbinensystem 10 kann in einem Flüssigbrennstoffmodus, einem Gasbrennstoffmodus oder einem kombinierten Modus (z.B. Flüssig/Gas-Übergangsmodus) arbeiten. Wie nachstehend diskutiert, ist die Brennstoffdüse 12 dafür eingerichtet, den Brennstoff mit verdichteter Luft einzuspritzen und zu vermischen, während gleichzeitig eine Verkokung in den Flüssigbrennstoffinjektoren wesentlich verringert oder beseitigt wird. Die Brennkammer 16 zündet und verbrennt das Brennstoff/Luft-Gemisch und leitet dann das heisse unter Druck stehende Abgas in einen eigentlichen Turbinenabschnitt 18. Das Abgas passiert die Turbinenschaufeln in dem Turbinenabschnitt 18, um dadurch den Turbinenabschnitt 18 drehend anzutreiben. Die Verbindung zwischen Laufschaufeln in dem Turbinenabschnitt 18 und der Welle 19 bewirkt wiederum die Drehung der Welle 19, welche auch mit mehreren Komponenten in dem gesamten Turbinensystem 10 wie dargestellt verbunden ist. Schliesslich kann das Abgas aus dem Verbrennungsprozess das Turbinensystem 10 über einen Abgasauslass 20 verlassen.

[0030] In einer Ausführungsform des Turbinensystems 10 sind Verdichterleitschaufeln oder -laufschaufeln als Komponenten des Verdichters 22 enthalten. Die Laufschaufeln in dem Verdichter 22 können mit der Welle 19 verbunden sein und drehen sich, sobald die Welle 19 angetrieben wird, um den Turbinenabschnitt 18 zu drehen. Der Verdichter 22 kann Luft in das Turbinensystem 10 über eine Luftöffnung 24 einsaugen. Ferner kann die Welle 19 mit einer Last 26 verbunden sein, welche durch eine Drehung der Welle 19 angetrieben wird. Wie bekannt, kann die Last 26 jede beliebige geeignete Vorrichtung sein, die Energie über eine Rotationsabgabe des Turbinensystems 10 erzeugen kann, wie z.B. eine Energieerzeugungsanlage oder eine externe mechanische Last. Beispielsweise kann die Last 26 einen elektrischen Generator, einen Propeller eines Flugzeugs usw. beinhalten. Die Luftöffnung 24 saugt Luft 30 in das Turbinensystem 10 über einen geeigneten Mechanismus, wie z.B. eine Kaltluftöffnung für eine anschliessende Vermischung der Luft 30 mit einer Gasbrennstoffzuführung 14 und/oder Flüssigbrennstoffzuführung 15 mittels einer Brennstoffdüse 12 ein. Wie es nachstehend im Detail diskutiert wird, kann die durch das Turbinensystem 10 angesaugte Luft 30 in den Verdichter 22 geführt und zu einer verdichteten Luft durch die rotierenden Laufschaufeln verdichtet werden. Die unter Druck stehende Luft kann dann gemäss Darstellung durch den Pfeil 32 in die Brennstoff düse 12 eingespeist werden. Die Brennstoffdüse 12 kann dann die unter Druck stehende Luft und Brennstoff, dargestellt durch das Bezugszeichen 34, vermischen, um ein für die Verbrennung geeignetes Mischverhältnis zu erzeugen, z.B. für eine Verbrennung, die eine vollständigere Verbrennung des Brennstoffs bewirkt, um so keinen Brennstoff zu verschwenden oder übermässige Emissionen zu bewirken. Eine Ausführungsform des Turbinensystems 10 enthält bestimmte Strukturen und Komponenten in einer Brennstoffdüse 12, um eine Verkokung in den Flüssigbrennstoffinjektoren erheblich zu verringern oder zu beseitigen, um dadurch einen einwandfreien Flüssigbrennstoffström in die Verbrennungszone sicherzustellen.

[0031] Wie nachstehend im Detail diskutiert, kann während Perioden, wenn das Turbinensystem 10 in dem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet, Luft über Flüssigbrennstoffinjektoren in der Brennstoffdüse 12 streichen, um eine Verkokung zu verhindern. Verkokung ist ein Zustand, in dem sich der Brennstoff unter Ausbildung von Kohlenstoffpartikeln aufzuspalten beginnt. Diese Partikel können an Innenwänden der Flüssigbrennstoffinjektoren anhaften. Mit der Zeit können sich die Partikel von den Wänden lösen und die Spitzen der Flüssigbrennstoffinjektoren verstopfen. Die Verkokung kann erheblich verringert oder beseitigt werden, indem der Brennstoff in den Flüssigbrennstoffinjektoren auf einer Temperatur unter der Verkokungstemperatur des Brennstoffs gehalten wird. Insbesondere kann die Brennstoffdüse 12 dafür eingerichtet sein, Luft entlang den Flüssigbrennstoffinjektoren bei einer Temperatur unter der Brennstoffverkokungstemperatur strömen zu lassen. In bestimmten Konfigurationen kann ein Anteil der Luft aus einer Zwischenstufe des Verdichters 22 zu einem sekundären Verdichter 35 umgeleitet werden, um den Luftdruck zu erhöhen. Die Luft kann dann einen Wärmetauscher 37 passieren, um die Lufttemperatur auf einen Wert unter der Verkokungstemperatur des Flüssigbrennstoffs abzusenken. Beispielsweise kann Luft aus der Zwischenstufe des Verdichters 22 bei angenähert 149 bis 371 °C (300 bis 700 °F), 177 bis 344 (350 bis 650 °F), 204 bis 316 °C (400 bis 600 °F) oder angenähert 260 °C (500 °F) liegen. Ferner kann die Verdichtung in dem Verdichter 35 die Lufttemperatur auf etwa 260 bis 538 °C (500 bis 1000 °F), 316 bis 482 °C (600 bis 900 °F), 404 bis 427 °C (700 bis 800) oder etwa 399 °C (750 °F) erhöhen. Die Temperatur, bei welcher eine Verkokung auftritt, variiert in Abhängigkeit von dem Brennstoff. Jedoch kann bei typischen Petroleum-basierenden Flüssigbrennstoffen, bei denen der Brennstoff nicht mit einem Verkokungsverhinderungsmittel behandelt worden ist, oder der Sauerstoff nicht entfernt worden ist, das Auftreten der Verkokung bei einer Temperatur von angenähert 138 °C (280 °F) beginnen. Des Weiteren kann beispielsweise flüssiger auf Petroleum basierender Brennstoff bei Temperaturen grösser als angenähert 138 °C (280 °F), 193 °C (380 °F), 249 °C (480 °F), 304 °C (580 °F), 360 °C (680 °F) oder 416 °C (780 °F) verkoken. Daher kann der Wärmetauscher 37 so eingerichtet sein, dass er die Temperatur der Luft aus dem Verdichter 35 auf eine Temperatur unter der Verkokungstemperatur des Flüssigbrennstoffs absenkt. Auf diese Weise kann eine Verkokung in den Flüssigbrennst-

offinjektoren erheblich verringert oder beseitigt werden. In alternativen Ausführungsformen kann Luft aus dem Verdichter 22 direkt dem Wärmetauscher 37 zugeführt werden, bevor sie durch die Brennstoffdüse 12 strömt. Zusätzlich kann die Brennstoffdüse 12 dergestalt eingerichtet sein, dass die Kühlluft durch dieselben Kanäle strömt, die zum Einspritzen von Gasbrennstoff während Perioden eines Gasbrennstoffbetriebs verwendet werden. In dieser Konfiguration kann nur ein an die Flüssigbrennstoff-injektoren angrenzender Satz von Gas/Luft-Kanälen verwendet werden. Eine derartige Konfiguration kann Fertigungskosten in Verbindung mit der Brennstoffdüsenkonstruktion verringern. Ferner kann während Übergangsperioden, wenn sowohl Flüssigbrennstoff als auch Gasbrennstoff durch die Brennstoffdüse 12 eingespritzt werden, der an den Flüssigbrennstoff angrenzende Gasbrennstoffström ebenfalls dazu dienen, die Verkokung zu verringern, um dadurch eine Einspritzung des Kühlluftstroms unnötig zu machen.

[0032] Fig. 2 stellt eine Schnittseitenansicht einer Ausführungsform des Turbinensystems 10 dar. Gemäss Darstellung enthält die Ausführungsform einen Verdichter 22, der mit einer ringförmigen Anordnung von Brennkammern 16, z.B. sechs, acht, zehn oder zwölf Brennkammern 16 verbunden ist. Jede Brennkammer 16 enthält wenigstens eine Brennstoffdüse 12 (z.B. 5, 10, 15, 20, 25 oder mehr), die ein Luft/Brennstoff-Gemisch in eine in jeder Brennkammer angeordnete Verbrennungszone einspeist. Die Verbrennung des Luft/Brennstoff-Gemisches in den Brennkammern 16 bewirkt eine Rotation der Laufschaufeln in dem Turbinenabschnitt 18, sobald Abgase in Richtung des Abgasauslasses 20 passieren. Wie es nachstehend im Detail diskutiert wird, enthalten bestimmte Ausführungsformen der Brennstoffdüse 12 eine Vielfalt von einmaligen Merkmalen, um Verkokung in den Flüssigbrennstoffinjektoren zu verringern, um dadurch einen im Wesentlichen unbehinderten Flüssigbrennstoffström in die Verbrennungszone bereitzustellen.

[0033] Eine detaillierte Ansicht einer Ausführungsform der Brennkammer 16 gemäss Darstellung in Fig. 2 ist in Fig. 3 dargestellt. In der Darstellung ist die Brennstoffdüse 12 an der Endabdeckung 38 an einem Basis- oder Kopfende 39 der Brennkammer 16 angebracht. Verdichtete Luft und Brennstoff werden durch die Endabdeckung 38 der Brennstoffdüse 12 zugeführt, die ein Luft/Brennstoff-Gemisch in der Brennkammer 16 verteilt. Die Brennstoffdüse 12 empfängt verdichtete Luft aus dem Verdichter 22 über einen Strömungspfad, um den und teilweise durch die Brennkammer 16 von einem stromabwärts liegenden Ende zu einem stromaufwärts liegenden Ende (z.B. Kopfende 39) der Brennkammer 16. Insbesondere enthält das Turbinensystem 10 ein Gehäuse 40, das einen Einsatz 42 und eine Strömungshülse 44 der Brennkammer 16 umgibt. Die verdichtete Luft tritt zwischen dem Gehäuse 40 und der Brennkammer 16 hindurch, bis sie die Strömungshülse 44 erreicht. Nach dem Erreichen der Strömungshülse 44 passiert die verdichtete Luft Perforationen in der Strömungshülse 44, tritt in einen hohlen ringförmigen Raum zwischen der Strömungshülse 44 und dem Einsatz 42 ein und fliesst stromaufwärts in Richtung zu dem Kopfende 39. Auf diese Weise kühlt die verdichtete Luft effektiv die Brennkammer 16, bevor sie sich mit Brennstoff für die Verbrennung vermischt. Nach dem Erreichen des Kopfendes 39 strömt die verdichtete Luft in die Brennstoffdüse 12 zur Vermischung mit dem Brennstoff. Wiederum kann die Brennstoffdüse 12 ein unter Druck stehendes Luft/Brennstoff-Gemisch in die Brennkammer 16 verteilen, in der die Verbrennung des Gemisches erfolgt. Das sich ergebende Abgas strömt durch das Übergangsstück 48 zum Turbinenabschnitt 18 und bewirkt eine Rotation der Schaufeln des Turbinenabschnittes 18 zusammen mit der Welle 19. Im Wesentlichen verbrennt das Luft/Brennstoff-Gemisch stromabwärts von der Brennstoffdüse 12 in der Brennkammer 16. Die Vermischung der Luft- und Brennstoffströme kann von Eigenschaften jedes Stroms, wie z.B. Brennstoffheizwert, Durchsatz und Temperatur abhängen. Insbesondere kann sich die unter Druck stehende Luft auf einer Temperatur um 344 bis 482 °C (650 bis 900 °F) befinden und der Brennstoff kann sich bei etwa 21 bis 260°C (70 bis 500 °F) befinden. Wie nachstehend im Detail diskutiert, kann die Brennstoffdüse 12 verschiedene Merkmale enthalten, die dafür eingerichtet sind, eine Verkokung durch Isolation des Flüssigbrennstoffstroms mit Kühlluft und/oder Gasbrennstoff erheblich zu verringern oder zu beseitigen.

[0034] Fig. 4 stellt eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffdüse 121 dar, die in der Brennkammer 16 von Fig. 3 verwendet werden kann. Die Brennstoffdüse 12 enthält eine Mini-Düsenkappe 50 mit mehreren Vormischerrohren 52. Erste Fenster 54 können um einen Umfang der Mini-Düsenkappe 50 herum positioniert sein, um einen Luftstrom in die Kappe 50 in der Nähe eines stromabwärts liegenden Abschnittes 55 der Kappe 50 zu ermöglichen. Zweite Fenster 56 können ebenfalls um einen Umfang der Mini-Düsenkappe 50 herum näher an der Endabdeckung 38 positioniert sein, um einen zusätzlichen Luftstrom in der Nähe eines stromaufwärts liegenden Abschnittes 57 der Kappe 50 zu ermöglichen. Jedoch kann, wie es nachstehend detaillierter diskutiert wird, die Brennstoffdüse 12 auch dafür eingerichtet sein, einen Luftstrom aus beiden Fenstern 54 und 56 in die Vormischerrohre 52 mit grösserer Menge bei dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57 als bei dem stromabwärts liegenden Abschnitt 55 einzuführen. Die Anzahl der ersten Fenster 54 und zweiten Fenster 56 kann auf der Basis eines gewünschten Luft-Stroms in die. Mini-Düsenkappe 50 variieren. Beispielsweise können die ersten und zweiten Fenster 54 und 56 jeweils einen Satz von angenähert 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 oder 20 Fenster enthalten, die um den Umfang der Mini-Düsenkappe 50 herum verteilt sind; die vorliegende Ausführungsform hat 10 Fenster. Jedoch kann die Grösse und Form dieser Fenster so eingerichtet sein, dass sie speziellen Auslegungsgesichtspunkten der Brennkammer 16 entsprechen. Die Mini-Düsenkappe 50 kann an der Endabdeckung 38 unter Ausbildung einer vollständigen Brennstoffdüsenbaugruppe 12 befestigt sein.

[0035] Wie es später im Detail diskutiert wird, können sich Brennstoff und Luft in den Vormischerrohren 52 in eine Druckoszillation vor der Einspritzung in die Brennkammer 16 verringernden Weise mischen. Luft aus den Fenstern 54 und 56 kann in die Vormischerrohre 52 strömen und sich mit durch die Endabdeckung 38 strömendem Brennstoff vereinen. Der Brennstoff und die Luft können sich auf ihrem Weg entlang der Länge der Vormischerrohre 52 vermischen. Beispielsweise kann jedes Vormischerrohr 52 eine vergrösserte Länge, im Winkel angeordnete Perforationen zum Bewirken von Drall

und/oder einem nicht perforierten Bereich stromabwärts von einem perforierten Bereich enthalten. Diese Merkmale können die Verweilzeit des Brennstoffs und der Luft erheblich verringern und die Druckoszillationen in dem Vormischerrohr 52 dämpfen. Nach dem Verlassen der Rohre 52 kann das Brennstoff/Luft-Gemisch gezündet werden, um heisses Gas zu erzeugen, das den Turbinenabschnitt 18 antreibt.

[0036] Fig. 5 zeigt einen Querschnitt der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse 12. Dieser Querschnitt stellt die Vormischerrohre 52 in der Mini-Düsenkappe 50 dar. Wie man in Fig. 5 sehen kann, enthält jedes Vormischerrohr 52 mehrere Perforationen entlang der Längsachse des Rohres 52. Diese Perforationen 58 leiten Luft aus den Fenstern 54 und 56 in die Vormischerrohre. Die Anzahl von Perforationen und die Abmessung jeder Perforation können auf der Basis eines gewünschten Luftstroms in jedes Vormischerrohr 52 variieren. Brennstoff kann durch die Endabdeckung 38 hindurch eingespritzt werden und sich mit der durch die Perforationen 58 eintretenden Luft vermischen. Wiederum kann die Position, Ausrichtung und allgemeine Anordnung der Perforationen 58 dafür eingerichtet sein, die Verweilzeit wesentlich zu erhöhen und Druckoszillationen in dem Brennstoff und der Luft zu dämpfen, um dadurch wiederum Oszillationen in dem in der Brennkammer 16 stromabwärts von der Brennstoffdüse 12 auftretenden Verbrennungsprozess erheblich zu dämpfen. Beispielsweise kann der Prozentsatz von Perforationen 58 in dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57 höher als in dem stromabwärts liegenden Abschnitt 55 jedes Vormischerrohres 52 sein. Durch die Perforationen 58 weiter stromaufwärts 57 eintretender Luft wandert über eine grössere Strecke durch das Vormischerrohr 52, während durch die Perforationen 58 weiter stromabwärts 55 eintretende Luft über eine kürzere Strecke, durch das Vormischerrohr 52 wandert. In bestimmten Ausführungsformen können die Perforationen 58 relativ grösser in dem stromaufwärts liegenden Bereich 57 und relativ kleiner in dem stromabwärts liegenden Bereich 55 des Vormischerrohres 52 oder umgekehrt bemessen sein. Beispielsweise können grössere Perforationen 58 in dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57 zu einem grösseren Prozentsatz von durch den stromabwärts liegenden Abschnitt 57 des Vormischerrohres 52 eintretender Luft führen, was wiederum zu einer grösseren Verweilzeit in dem Vormischerrohr 52 führt. In einigen Ausführungsformen können die Perforationen 58 in einem Winkel angeordnet sein, um einen Drall zum Steigern der Vermischung, Verlängern der Verweilzeit und Dämpfen von Druckoszillationen in den Luft- und Brennstoffströmen durch das Vormischerrohr 52 zu bewirken. Schliesslich spritzt das Vormischerrohr 52 nach einer erheblichen Dämpfung der Druckoszillationen in den Brennstoff- und Luftströmen das Brennstoff/Luft-Gemisch in die Brennkammer 16 zur Verbrennung ein.

[0037] Fig. 6 ist eine Explosionsansicht der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse 12. Diese Figur stellt die Konfiguration der Vormischerrohre 52 in der Mini-Düsenkappe 50 ausführlicher dar. Fig. 6 zeigt auch eine weitere Perspektive der ersten Fenster 54 und der zweiten Fenster 56. Zusätzlich veranschaulicht diese Figur die Pfade und Strukturen für die Brennstoffzuführung in die Basis jedes Vormischerrohres 52.

[0038] Turbinen können mit Flüssigbrennstoff, Gasbrennstoff oder einer Kombination der Beiden arbeiten. Die in Fig. 6 präsentierte Brennstoffdüse 12 ermöglicht sowohl einen Flüssig- als auch Gasbrennstoffström in die Vormischerrohre 52. Jedoch können andere Ausführungsformen für einen Betrieb ausschliesslich mit Flüssigbrennstoff oder Gasbrennstoff eingerichtet sein. Der Gasbrennstoff kann durch eine Gasinjektorplatte 60 in die Vormischerrohre 52 eintreten. Diese Platte 60 enthält gemäss Darstellung mehrere konusförmige Gasbrennstoffinjektoren 61, die den Vormischerrohren 52 Gas zuführen. Gas kann der Gasinjektorplatte 60 durch die Endabdeckung 38 hindurch zugeführt werden. Die Endabdeckung 38 kann mehrere Gänge 62 (z.B. eine ringförmige oder gekrümmt geformte Aussparung) enthalten, die Gas aus der Gasbrennstoffzuführung 14 der Gasinjektorplatte 60 zuführen. Die dargestellte Ausführungsform enthält drei Gänge 62, z.B. einen ersten Gang 64, zweiten Gang 66 und dritten Gang 68. Der zweite Gang 66 und dritte Gang 68 sind in mehrere Bereiche unterteilt. Jedoch können zusammenhängende ringförmige Gänge 66 und 68 in alternativen Ausführungsformen verwendet werden. Die Anzahl der Gänge kann auf der Basis der Konfiguration der Brennstoffdüse 12 variieren. Wie man in dieser Figur sehen kann, sind die Gasbrennstoffinjektoren 61 in zwei einen zentralen Injektor 61 umgebenden konzentrischen Kreisen angeordnet. In dieser Konfiguration kann der erste Gang 64 Gas dem zentralen Injektor 61 zuführen, der zweite Gang 66 kann Gas dem inneren Kreis des Injektors 61 zuführen und der dritte Gang 68 kann Gas dem äusseren Kreis der Injektoren 61 zuführen. Auf diese Weise kann jedem Vormischerrohr 52 Gasbrennstoff zugeführt werden.

[0039] Flüssigbrennstoff kann den Vormischerrohren 52 durch mehrere Flüssigkeitszerstäuberstifte oder Flüssigbrennstoffpatronen 70 zugeführt werden. Jede Flüssigbrennstoffpatrone 70 kann durch die Endabdeckung 38 und die Gasinjektorplatte 60 hindurch verlaufen. Wie es nachstehend diskutiert wird, kann sich die Spitze jeder Flüssigbrennstoffpatrone 70 innerhalb jedes Gasbrennstoffinjektors 61 befinden. In dieser Konfiguration können sowohl Flüssig- als auch Gasbrennstoff in die Vormischerrohre 52 eintreten. Beispielsweise können die Flüssigbrennstoffpatronen 70 einen zerstäubten Flüssigbrennstoff in jedes Vormischerrohr 52 einspritzen. Diese zerstäubte Flüssigkeit kann sich mit dem eingespritzten Gas und der Luft in den Vormischerrohren 52 vereinen. Das Gemisch kann dann, während es die Brennstoffdüse 12 verlässt, entzündet werden. Wie nachstehend im Detail diskutiert wird, kann durch die Flüssigbrennstoffpatronen 70 strömender Flüssigbrennstoff gegenüber den Verbrennungsgasen mittels Gasbrennstoff und/oder Kühlluft aus dem Wärmetauscher 37, die durch die Gasbrennstoffinjektoren 61 strömen, isoliert werden. Diese Konfiguration kann ein Verkoken der Flüssigbrennstoffpatronen erheblich verringern oder beseitigen, um dadurch den Flüssigbrennstoff ström in die Vormischerrohre 52 aufrechtzuerhalten.

[0040] Fig. 7 stellt einen Querschnitt der in Fig. 4 dargestellten Brennstoffdüse 12 dar. Wie vorstehend diskutiert, kann Luft in die Mini-Düsenkappe 50 durch die ersten Fenster 54 und zweiten Fenster 56 eintreten. Diese Figur stellt den Pfad der Luft durch die Fenster 54 und 56 zu den Perforationen 58, durch die Perforationen 58 hindurch und in Längsrichtung

entlang den Vormischerrohren 52 dar. Die ersten Fenster 54 leiten Luft in den stromaufwärts liegenden Abschnitt 55 der Mini-Düsenkappe 50, um eine Kühlung zu ermöglichen, bevor die Luft in die Vormischerrohre 52 bei dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57 eintritt. Mit anderen Worten, der Luftstrom verläuft entlang der Aussenseite der Vormischerrohre 52 in einer Stromaufwärtsrichtung 59 von dem stromabwärts liegenden Abschnitt 55 zu dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57, bevor sie durch die Perforationen 58 in die Vormischerrohre 52 eintritt. Auf diese Weise kühlt der Luftstrom 59 erheblich die Brennstoffdüse 12 und insbesondere die Vormischerrohre 52 mit einer grösseren Effektivität in dem stromabwärts liegenden Abschnitt 55 in unmittelbare Nähe zu den heissen Verbrennungsprodukten in die Brennkammer 16. Die zweiten Fenster 56 ermöglichen einen Luftstrom in die Vormischerrohre 52 näher an den oder direkt in die Perforationen 58 bei dem stromaufwärts liegenden Abschnitt 57 der Vormischerrohre 52. Nur zwei erste Fenster 54 und zweite Fenster 56 sind in Fig. 7 dargestellt. Wie es jedoch am besten in Fig. 4 zu sehen ist, können diese Fenster 54 und 56 entlang dem gesamten Umfang der Mini-Düsenkappe 50 angeordnet sein.

[0041] In die ersten Fenster 54 eintretende Luft kann an den stromabwärts liegenden Abschnitt 55 der Mini-Düsenkappe 50 mittels einer Führungs- oder Kühlplatte 72 geleitet werden. Wie man in Fig. 7 sehen kann, verteilt die Brennstoffdüse 12 den Luftström aus den ersten Fenstern 54 sowohl quer als auch parallel zu der Längsachse der Brennstoffdüse 12, indem sie z.B. den Luftstrom quer über alle Vormischerrohre 52 und längsweise in der stromaufwärts führenden Richtung 59 zu den Perforationen 58 hin verteilt. Der Luftstrom 59 aus den Fenstern 54 vereint sich schliesslich mit dem Luftstrom aus den Fenstern 56, wenn die Luftströme durch Perforationen 58 in den Vormischerrohren 52 passieren. Wie vorstehend erwähnt, kühlt der Luftstrom 59 aus den Fenstern 54 die Brennstoffdüse 12 im Wesentlichen erheblich in dem stromabwärts liegenden Abschnitt 55. Somit ist aufgrund der heissen Verbrennungsprodukte in der Nähe des stromabwärts befindlichen Abschnittes 55 der Luftstrom 59 aus den Fenstern 54 wärmer als der Luftstrom aus den zweiten Fenstern 56.

[0042] Die ersten Fenster in der vorliegenden Ausführungsform sind angenähert doppelt so gross wie die zweiten Fenster 56. Diese Konfiguration kann sicherstellen, dass die Rückseite der Mini-Düsenkappe 50 ausreichend gekühlt wird, während die Temperatur der in die Vormischerrohre 52 eintretenden Luft abgesenkt wird. Jedoch kann das Fenstergrössenverhältnis auf der Basis spezieller Auslegungsgesichtspunkte der Brennstoffdüse 12 variiert werden. Ferner können zusätzliche Sätze von Fenstern in weiteren Ausführungsformen eingesetzt werden.

[0043] Die vereinten Luftströme treten in die Vormischerrohre 52 durch entlang einem perforierten Bereich 74 der Rohre 52 angeordnete (mit Pfeilen bezeichnete) Perforationen ein. Wie vorstehend diskutiert, können Brennstoffinjektoren Gasbrennstoff, Flüssigbrennstoff oder eine Kombination davon in die Vormischerrohre 52 einspritzen. Die in Fig. 7 dargestellte Konfiguration spritzt sowohl Gas- als auch Flüssigbrennstoffe ein. Gas kann durch die direkt unterhalb der Injektorplatte 60 in der Endabdeckung 38 angeordneter Gänge 82 geliefert werden. Die in Fig. 6 dargestellte gleiche Konfiguration mit drei Gängen wird in dieser Ausführungsform verwendet. Der erste Gang 64 befindet sich unter dem mittigen Vormischerrohr 52. Der zweite Gang 66 umgibt den ersten Gang 64 in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung und liefert Gas an die nächsten äusseren Vormischerrohre 52. Der dritte Gang 68 umgibt den zweiten Gang 66 in einer koaxialen oder konzentrischen Anordnung und liefert Gas an die äusseren Vormischerrohre 52. Gas kann in die Vormischerrohre 52 durch die Gasbrennstoffinjektoren 61 eingespritzt werden. In ähnlicher Weise kann Flüssigkeit durch die Flüssigbrennstoffpatronen 70 eingespritzt werden. Die Flüssigbrennstoffpatronen 70 können Flüssigbrennstoff mit einem ausreichenden Druck zum Bewirken einer Zerstäubung oder Ausbildung von Flüssigbrennstofftröpfchen eingespritzt werden. Der Flüssigbrennstoff kann sich mit dem Gasbrennstoff und der Luft in dem perforierten Bereich 74 der Vormischerrohre 52 vereinen. Eine zusätzliche Vermischung des Brennstoffs und der Luft kann sich in einem nicht perforierten Bereich 76 stromabwärts von dem perforierten Bereich 74 fortsetzen.

[0044] Die Kombination dieser zwei Bereiche 74 und 76 kann sicherstellen, dass eine ausreichende Vermischung von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung erfolgt. Beispielsweise zwingt der nicht perforierte Bereich 76 den Luftstrom 59 weiter stromaufwärts zu dem stromaufwärts befindlichen Abschnitt 57 zu strömen, um dadurch den Strömungspfad und die Verweilzeit aller durch die Vormischerrohre 52 hindurch tretender Luftströme zu verlängern. Bei dem stromaufwärts befindlichen Abschnitt 57 treten die Luftströme sowohl aus den stromabwärts liegenden Fenstern 54 als auch den stromaufwärts liegenden Fenstern 56 durch die Perforationen 56 in den perforierten Bereich 74 hindurch und wandern dann in einer Stromabwärtsrichtung 63 durch die Vormischerrohre 52, bis sie in die Brennkammer 16 austreten. Wiederum ist der Ausschluss von Perforationen 58 in den nicht perforierten Bereich 76 dafür gedacht, die Verweilzeit der Luftströmungen in den Vormischerrohren 52 zu verlängern, da der nicht perforierte Bereich 76 den Eintritt der Luftströme in die Vormischerrohre 52 vollständig blockiert und die Luftströme zu den Perforationen in den stromaufwärts befindlichen Bereich 74 führt. Ferner verbessert die stromaufwärts befindliche Positionierung der Perforationen 58 die Brennstoff/Luft-Vermischung weiter stromaufwärts 57, um dadurch mehr Zeit für die Vermischung von Brennstoff und Luft vor der Einspritzung in die Brennkammer 16 bereitzustellen. Ebenso verringert die stromaufwärts befindliche Positionierung der Perforationen 58 erheblich Druckoszillationen in den Fluidströmen (z.B. Luftstrom, Gasstrom und Flüssigbrennstoffström), da die Perforationen Querströme erzeugen, um die Vermischung mit grösserer Verweilzeit zur Vergleichmässigung des Druckes zu steigern.

[0045] Der durch die Gänge 62 strömende Gasbrennstoff kann auch zur Isolation der Flüssigbrennstoffpatronen 70 und zur Sicherstellung, dass die Flüssigbrennstofftemperatur ausreichend niedrig bleibt und zur Verringerung der Möglichkeit einer Verkokung dienen. Verkokung ist ein Zustand, bei dem sich der Brennstoff unter Ausbildung von Kohlenstoffpartikeln aufzuspalten beginnt. Diese Partikel können an Innenwänden der Flüssigbrennstoffpatronen 70 anhaften. Mit der Zeit können sich die Partikel von den Wänden lösen und die Spitzen der Flüssigbrennstoffpatronen 70 verstopfen. Die Tempe-

ratur, bei welcher Verkokung auftritt, variiert abhängig von dem Brennstoff. Jedoch kann bei typischen Flüssigbrennstoffen eine Verkokung bei Temperaturen über etwa 93 °C (200 °F), 104 °C (220 °F), 116 °C (240 °F), 127 °C (260 °F), 138 °C (280 °F) oder 149°C (300 °F) auftreten. Wie man am besten in Fig. 7 sehen kann, sind die Flüssigbrennstoffpatronen 70 in den Gängen 62 und Gasbrennstoffinjektoren 61 angeordnet. Daher können die Flüssigbrennstoffpatronen 70 vollständig von strömendem Gas umgeben sein. In ähnlicher Weise kann, wenn das Turbinensystem 10 in einem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet, das Turbinensystem 10 Kühlluft aus dem Wärmetauscher 37 an die Gänge 62 liefern, um dadurch die Flüssigbrennstoffpatronen 70 mit einem isolierenden Luftstrom zu umgeben. Der Gasbrennstoff und/oder die Luft können dazu dienen, den Flüssigbrennstoff in den Flüssigbrennstoffpatronen 70 kühl zu halten, um dadurch die Möglichkeit einer Verkokung zu verringern.

[0046] Nachdem der Brennstoff und die Luft zufriedenstellend in den Vormischerrohren 52 vermischt worden sind, kann das Gemisch gezündet werden, was zu einer Flamme 78 stromabwärts von dem stromabwärts befindlichen Abschnitt 55 jedes Vormischerrohres 52 führt. Wie vorstehend diskutiert, erhitzt die Flamme 78 die Brennstoffdüse 12 aufgrund der relativ nahen Anordnung zu dem stromabwärts befindlichen Abschnitt 55 der Mini-Düsenkappe 50. Daher strömt, wie vorstehend diskutiert, Luft aus den ersten Fenstern 54 durch den stromabwärts befindlichen Abschnitt 55 der Mini-Düsenkappe 50, um im Wesentlichen die Kappe 50 der Brennstoffdüse 12 zu kühlen.

[0047] Die Anzahl der in Betrieb befindlichen Vormischerrohre 52 kann auf der Basis einer gewünschten Turbinensystemausgangsleistung variiert werden. Beispielsweise kann während eines Normalbetriebs jedes Vormischerrohr 52 in der Mini-Düsenkappe 50 arbeiten, um eine angemessene Vermischung von Brennstoff und Luft für einen speziellen Turbinenleistungspegel zu erzeugen. Jedoch kann, wenn das Turbinensystem 10 in einen Betriebsabschaltmodus eintritt, die Anzahl der arbeitenden Vormischerrohre 52 abnehmen. Wenn eine Turbine in einem Abschalt- oder Niedrigleistungsbetrieb eintritt, kann der Brennstoffström zu den Brennkammern 16 bis zu dem Punkt abnehmen, an dem die Flamme 78 erlischt. Ebenso kann unter Niedriglastbedingungen die Temperatur der Flamme 78 abnehmen, was zu erhöhten Emissionen von Stickstoffoxiden (NOX) und Kohlenmonoxid (CO) führt. Um die Flamme 78 zu erhalten und sicherzustellen, dass das Turbinensystem 10 innerhalb zulässiger Emissionsgrenzwerte arbeitet, kann die Anzahl von Vormischerrohren 52, die mit einer Brennstoffdüse 12 arbeiten, abnehmen. Beispielsweise kann der äussere Ring der Vormischerrohre 52 durch Unterbrechung des Brennstoffstroms zu den äusseren Flüssigbrennstoffpatronen 70 deaktiviert werden. Ebenso kann der Strom des Gasbrennstoffes zu dem dritten Gang 68 unterbrochen werden. Auf diese Weise kann die Anzahl der in Betrieb befindlichen Vormischerrohre 52 verringert werden. Demzufolge kann die von den restlichen Vormischerrohren 52 erzeugte Flamme 78 auf einer ausreichenden Temperatur gehalten werden, um sicherzustellen, dass sie nicht erlischt und dass Emissionswerte innerhalb zulässiger Parameter liegen.

[0048] Zusätzlich kann die Anzahl von Vormischerrohren 52 in jeder Mini-Düsenkappe 50 auf der Basis von Auslegungsgesichtspunkten des Turbinensystems 10 variieren. Beispielsweise können grössere Turbinensysteme 10 eine grössere Anzahl von Vormischerrohren 52 in jeder Brennstoffdüse 12 verwenden. Während die Anzahl von Vormischerrohren 52 variieren kann, kann die Grösse und Form der Mini-Düsenkappe 50 für jede Anwendung dieselbe sein. Mit anderen Worten, Turbinensysteme 10, die höhere Brennstoffdurchsätze verwenden, können Mini-Düsenkappen 50 mit einer höheren Dichte von Vormischerrohren 52 einsetzen. Auf diese Weise können Baukosten des Turbinensystems 10 verringert werden, da eine gemeinsame Mini-Düsenkappe 50 für die meisten Turbinensysteme 10 verwendet werden kann, während die Anzahl von Vormischerrohren 52 in jeder Kappe 50 variieren kann. Dieses Herstellungsverfahren kann preisgünstiger als eine Auslegung spezieller Brennstoffdüsen 12 für jede Anwendung sein.

[0049] Fig. 8 ist eine Seitenansicht eines Vormischerrohres 52, das in der Brennstoffdüse 12 von Fig. 4 verwendet werden kann. Wie man in Fig. 8 sehen kann, ist das Vormischerrohr 52 in den perforierten Bereich 74 und den nicht perforierten Bereich 76 unterteilt. In der dargestellten Ausführungsform ist der perforierte Bereich 74 stromaufwärts von dem nicht perforierten Bereich 76 positioniert. In dieser Konfiguration kann sich in die Perforation 58 strömende Luft mit durch die Basis des Vormischerrohres 52 über einen (nicht dargestellten) Brennstoffinjektor eintretenden Brennstoff vermischen. Der sich vermischende Brennstoff und die Luft können dann in den nicht perforierten Abschnitt 76 eintreten, wo eine zusätzliche Vermischung erfolgen kann.

[0050] Luft- und Brennstoffdrücke schwanken typischerweise in einer Gasturbine. Diese Schwankungen können eine Brennkammeroszillation bei einer speziellen Frequenz auslösen. Wenn diese Frequenz einer Eigenfrequenz eines Teils oder Subsystems in der Turbine entspricht, kann sich eine Beschädigung an diesem Teil oder der gesamten Turbine ergeben. Eine Verlängerung der Verweilzeit der Luft und des Brennstoffs in dem Vermischungsabschnitt der Brennkammer 16 kann von der Brennkammer ausgelöste Oszillationen verringern. Beispielsweise kann, wenn der Luftdruck zeitlich schwankt, eine längere Brennstofftröpfchen-Verweilzeit eine Ausmittelung von Luftdruckschwankungen ermöglichen. Insbesondere kann, wenn das Tröpfchen wenigstens einen vollständigen Zyklus der Luftdruckschwankung vor der Verbrennung durchmacht, das Mischungsverhältnis dieses Tröpfchens im Wesentlichen ähnlich dem anderer Tröpfchen in dem Brennstoffström sein. Die Einhaltung eines im Wesentlichen konstanten Mischverhältnisses kann von der Brennkammer ausgelöste Oszillationen verringern.

[0051] Die Verweilzeit kann durch Vergrössern der Länge des Mischabschnittes der Brennkammer 16 verlängert werden. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht der Mischabschnitt der Brennkammer 16 den Vormischerrohren 52. Daher ist, je länger die Vormischerrohre 52 sind, die Verweilzeit sowohl für Luft als auch Brennstoff länger. Beispielsweise kann das Längen/Durchmesser-Verhältnis jedes Rohres 52 angenähert 5 bis 20, 10 bis 20 oder etwa 10 sein.

[0052] [0052] Der nicht perforierte Bereich 76 kann dazu dienen, die Länge des Vormischerrohres 52 zu vergrössern, ohne zuzulassen, dass sich zusätzliche Luft mit dem Brennstoff vermischt. In dieser Konfiguration können sich die Luft und der Brennstoff weiter vermischen, nachdem die Luft durch die Perforationen 58 eingespritzt worden ist, und somit die von der Brennkammer ausgelösten Oszillationen verringern. In bestimmten Ausführungsformen kann die Länge des perforierten Bereiches 74 in Bezug auf die Länge des nicht perforierten Bereiches 76 wenigstens grösser als angenähert 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 6,5, 7, 7,5, 8, 8,5, 9, 9,5 oder 10 sein. In einer Ausführungsform kann die Länge des perforierten Bereiches 74 angenähert 80 % der Länge des Vormischerrohres 52 (z.B. 20,3 cm (8 inches)) sein, während die Länge des nicht perforierten Bereiches 76 angenähert 20 % der Länge des Rohres 52 (z.B. 5,1 cm (2 inches)) sein kann. Jedoch können die Längenverhältnisse oder Prozentsätze zwischen den Bereichen 74 und 76 abhängig von den Durchsätzen und anderen Auslegungsgesichtspunkten, z.B. der gewünschten Vermischung und/oder gewünschten Betriebsfähigkeit variieren.

[0053] Die Verweilzeit kann auch durch Verlängerung der effektiven Pfadlänge von Fluidströmen (z.B. Brennstofftröpfchen) durch die Vormischerrohre 52 verlängert werden. Insbesondere kann Luft in die Vormischerrohre 52 in einer Drallbewegung eingespritzt werden. Diese Drallbewegung kann die Tröpfchen veranlassen, entlang einem nicht linearen Pfad (z.B. einem zufälligen Pfad oder auf einem spiralförmigen Pfad) durch die Vormischerrohre 52 zu wandern, um dadurch wirksam die Tröpfchenpfadlänge zu vergrössern. Der Drallanteil kann auf der Basis einer gewünschten Verweilzeit variieren.

[0054] Der radiale Einströmungsdrall kann auch dazu dienen, die Flüssigbrennstofftröpfchen von den Innenwänden der Vormischerrohre 52 fernzuhalten. Wenn die Flüssigkeitströpfchen an den Wänden anhaften, verbleiben sie für eine längere Zeitdauer in den Rohren 52, was die Verbrennung verzögert. Daher kann die Sicherstellung, dass die Tröpfchen die Vormischerrohre 52 korrekt verlassen, den Wirkungsgrad des Turbinensystems 10 erhöhen.

[0055] Zusätzlich kann der Drall der Luft in den Vormischerrohren 52 die Zerstäubung der Flüssigbrennstofftröpfchen verbessern. Der Drall der Luft kann die Tröpfchenbildung verbessern und die Tröpfchen im Wesentlichen gleichmässig durch das gesamte Vormischerrohr 52 verteilen. Demzufolge kann der Wirkungsgrad des Turbinensystems 10 weiter verbessert werden.

[0056] Wie vorstehend diskutiert, kann Luft in die Vormischerrohre 52 durch die Perforationen 58 eintreten. Diese Perforationen 58 können in einer Serie konzentrischer Kreise an unterschiedlichen axialen Positionen entlang dem Verlauf der Vormischerrohre 52 angeordnet sein. In bestimmten Ausführungsformen kann jeder konzentrische Kreis 24 Perforationen haben, wobei der Durchmesser jeder Perforation angenähert 1,27 mm (0,05 inches) beträgt. Die Anzahl und Grösse der Perforationen 58 kann variieren. Beispielsweise können Vormischerrohre 52 grosse tränenförmige Perforationen 77 enthalten, die dafür eingerichtet sind, eine verbesserte Luftdurchdringung und Vermischung zu erzeugen. Zusätzlich können mittelgrosse schlitzförmige Perforationen 79 zu dem stromabwärts liegenden Ende der Vormischerrohre 52 hin angeordnet sein, um einen hohen Drallgrad zu erzeugen. Die Perforationen 58 können in einem Winkel entlang einer Ebene senkrecht zu der Längsachse des Vormischerrohres 52 angeordnet sein. Die winklig angeordneten Perforationen 58 können einen Drall bewirken, dessen Grösse von dem Winkel jeder Perforation 58 abhängen kann.

[0057] Die Fig. 9, 10 und 11 sind vereinfachte Querschnittsansichten des Vormischerrohres 52 entlang Linien 9-9, 10- 10 und 11-11 von Fig. 8, welche die winklige Ausrichtung der Perforationen 58 an unterschiedlichen axialen Positionen entlang dem Verlauf des Rohres 52 darstellen. Beispielsweise ist ein Winkel 80 zwischen den Perforationen 58 und der radialen Achse 81 in Fig. 9 dargestellt. Ebenso ist ein Winkel 82 zwischen Perforationen 58 und der radialen Achse 83 in Fig. 10 dargestellt. Die Winkel 80 und 82 können in einem Bereich zwischen etwa 0 bis 90 Grad, 0 bis 60 Grad, 0 bis 45 Grad, 0 bis 30 Grad oder 0 bis 15 Grad liegen. Beispielsweise können die Winkel 80 und 82 etwa 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 oder 45 Grad haben oder ein beliebiger Winkel dazwischen sein.

[0058] In bestimmten Ausführungsformen kann der Winkel der Perforationen 58 an jeder durch die Linien 9-9, 10-10 und 11- 11 repräsentierten axialen Stelle sowie an anderen axialen Positionen im Verlauf des Rohres 52 derselbe sein. Jedoch kann in der dargestellten Ausführungsform der Winkel der Perforationen 58 entlang dem Verlauf des Rohres 52 variieren. Beispielsweise kann der Winkel allmählich zunehmen, abnehmen, in der Richtung wechseln oder eine Kombination davon sein. Beispielsweise ist der Winkel 80 der in Fig. 9 dargestellten Perforationen 58 grösser als der Winkel 82 der in Fig. 10 dargestellten Perforationen 58. Daher kann der durch die Perforationen in Fig. 9 bewirkte Drallgrad grösser als der durch die Perforationen 58 in Fig. 10 bewirkte Drallgrad sein.

[0059] Der Drallgrad kann entlang dem Verlauf des perforierten Abschnittes 74 des Vormischerrohres 52 variieren. Das in Fig. 8 dargestellte Vormischerrohr 52 hat keinen Drall in dem unteren Abschnitt des perforierten Bereiches 74, einen massigen Drallgrad in dem mittleren Abschnitt und einen hohen Drallgrad in dem oberen Abschnitt. Diese Drallgrade kann man in den Fig. 11, 10 bzw. 9 sehen. In dieser Ausführungsform nimmt der Drallgrad der Brennstoffströmungen in der Stromabwärtsrichtung durch das Vormischerrohr 52 zu.

[0060] In weiteren Ausführungsformen kann der Drallgrad entlang dem Verlauf des Vormischerrohres 52 abnehmen. In weiteren Ausführungsformen können Abschnitte des Vormischerrohres 52 der Luft einen Drall in einer Richtung verleihen, während andere Abschnitte der Luft einen Drall im Wesentlichen in entgegengesetzter Richtung verleihen können. Ebenso können sowohl der Drallgrad als auch die Richtung des Dralls entlang dem Verlauf der Vormischerrohre 52 variieren.

[0061] In noch einer weiteren Ausführungsform kann die Luft sowohl in einer radialen als auch axialen Richtung geführt werden. Beispielsweise können die Perforationen 58 einen zusammengesetzten Winkel in den Vormischerrohren 52 aus-

bilden. Mit anderen Worten, die Perforationen 58 können sowohl in radialer als auch axialer Richtung in einem Winkel angeordnet sein. Beispielsweise kann der axiale Winkel (d.h., der Winkel zwischen Perforationen 58 und der Längsachse 84) in einem Bereich von etwa 0 bis 90 Grad, 0 bis 60 Grad, 0 bis 45 Grad, 0 bis 30 Grad oder 0 bis 15 Grad liegen. Des Weiteren kann der axiale Winkel beispielsweise etwa 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 oder 45 Grad haben oder ein beliebiger Winkel dazwischen sein. Perforationen 58 mit zusammengesetztem Winkel können Luft einem Drall sowohl in einer Ebene senkrecht zu der Längsachse der Vormischerrohre 52 als auch eine Strömungsrichtung in axialer Richtung verleihen. Die Luft kann entweder stromabwärts oder stromaufwärts zu der Brennstoffströmungsrichtung geführt werden. Eine Stromabwärtsströmung kann die Zerstäubung verbessern, während eine Stromaufwärtsströmung eine bessere Vermischung des Brennstoffs und der Luft erzeugen kann. Die Grösse und Richtung der axialen Komponente des Luftstroms kann auf der Basis einer axialen Position entlang dem Verlauf der Vormischerrohre 52 variieren.

[0062] Fig. 12 ist eine perspektivische Ansicht einer in einem Gasbrennstoffinjektor 61 angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone 70. Wie vorstehend diskutiert, ist die Baugruppe Flüssigbrennstoffpatrone 70/Gasinjektor 61 in einem entsprechenden Vormischerrohr 52 angeordnet und dafür eingerichtet, Flüssig- und/oder Gasbrennstoff zur Verbrennung zu liefern. Der Gasbrennstoffinjektor 61 enthält eine Basis 86, einen Flansch 88 und einen konisch geformten Körper 90. Die Basis 86 ist dafür eingerichtet, jeweils Flüssig- und/oder Gasbrennstoff aus Brennstoffzuführungen 14 und/oder 15 aufzunehmen. Der Flansch 88 ist dafür eingerichtet, den Gasbrennstoffinjektor 61 an der Endabdeckung 38 zu befestigen und eine Dichtung zwischen dem Gasbrennstoffinjektor 61 und einem entsprechenden Gang 62 bereitzustellen. Der Körper 90 enthält einen Düsenabschnitt 92 mit verschiedenen Öffnungen für Luft- und Brennstoffeinspritzung. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen eine erste Öffnung für eine Flüssigbrennstoff-einspritzung, eine zweite Öffnung, die um die erste Öffnung herum angeordnet und für die Einspritzung von Gasbrennstoff und/oder Luft eingerichtet ist, und eine dritte Öffnung, die radial gegenüber den ersten und zweiten Öffnungen versetzt und dafür eingerichtet ist, Gasbrennstoff und/oder Luft einzuspritzen, enthalten. Gemäss Darstellung enthält die Spitze 92 eine zweite oder zentrale Gas/Luft-Öffnung 94, Verdichterluft-Öffnungen 96 und dritte oder radiale Gas/Luft-Öffnungen 98. Die dargestellte Ausführungsform enthält acht Verdichterluft-Öffnungen 96. Alternative Ausführungsformen können mehr oder weniger Öffnungen 96 enthalten. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen 12, 14, 16, 18 oder mehr Verdichterluftöffnungen 96 enthalten. Wie nachstehend im Detail diskutiert, enthält der Körper 90 Kanäle, die für die Aufnahme von Luft aus dem Verdichter 22 und für die Führung der Luft zu den Öffnungen 98 eingerichtet sind. Die durch die Öffnungen 96 strömende Luft kann sich mit der Luft vereinen, die durch die Perforationen 58 in den Vormischerrohren 52 hindurchtritt und sich mit dem eingespritzten Gas- und/oder Flüssigbrennstoff vermischen. Da die Luft aus den Verdichterluftöffnungen 96 im Wesentlichen entlang der Längsachse 84 eingespritzt wird, kann die Luft eine Strömung im Wesentlichen in der Stromabwärtsrichtung 63 erzeugen.

[0063] Die Öffnungen 94 und 98 können dafür eingerichtet sein, Gasbrennstoff und/oder Luft in die Vormischerrohre 52 zu liefern. Wie nachstehend im Detail diskutiert, erstrecken sich wählbare Strömungskanäle zu den Öffnungen 94 und 98 hin. Die wählbaren Strömungskanäle sind dafür eingerichtet, Gasbrennstoff zu den Öffnungen 94 und 98 zu transportieren, wenn das Turbinensystem 10 in einem Gasbrennstoffmodus arbeitet, Luft zu den Öffnungen 94 und 98 zu transportieren, wenn das Turbinensystem 10 in einem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet, und eine Kombination von Luft und Gasbrennstoff zu den Öffnungen 94 und 98 zu transportieren, wenn das Turbinensystem 10 in einem Übergangsmodus arbeitet. Wie vorstehend diskutiert, kann die Luft den wählbaren Strömungskanälen mittels des Verdichters 35 und Wärmetauschers 37 zugeführt werden. Der durch die wählbaren Strömungskanäle strömende Gasbrennstoff-strom und/oder Luftstrom können dazu dienen, den Flüssigbrennstoff in der Flüssigbrennstoffpatrone 70 gegenüber den heissen Verbrennungsgasen zu isolieren. Zusätzlich kann der Luftstrom durch die zentrale Öffnung 94 während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs dazu dienen, die Zerstäubung von aus der Flüssigbrennstoffpatrone 70 austretendem Flüssigbrennstoff zu verbessern. Insbesondere kann die Wechselwirkung zwischen dem Flüssigbrennstoff und der umgebenden Hochdruckluft bewirken, dass die Flüssigkeit in Tröpfchen zerlegt wird. Ferner kann ein Teil der Energie aus der Luft auf den Flüssigbrennstoff übertragen werden, was die Geschwindigkeit der Flüssigkeitströpfchen erhöht. Da die Tröpfchengeschwindigkeit eine Funktion des Luftstromdurchsatzes ist, kann diese Zerstäubungskonfiguration dem Turbinensystem 10 ermöglichen, die Tröpfchengeschwindigkeit unabhängig von einem Flüssigbrennstoffdurchsatz zu variieren. Daher kann eine zufriedenstellende Zerstäubung über einen Bereich von Turbinenbetriebsbedingungen hinweg erzielt werden. Zusätzlich kann eine Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Längsnuten 100 enthalten, die dafür eingerichtet sind, den Luftstrom durch die Öffnung 94 zu leiten, um dadurch die Zerstäubung des Flüssigbrennstoffs in Tröpfchen zu verbessern.

[0064] Fig. 13 ist eine Draufsicht auf die in dem Gasbrennstoffinjektor 61 angeordnete Flüssigbrennstoffpatrone 70. Wie dargestellt, sind die Verdichterluftöffnungen 96 radial gegenüber der Gas/Luft-Öffnung 94 versetzt und in Abstand um die Spitze 92 in einer ersten Umfangsanordnung angeordnet. Die radialen Gas/Luft-Öffnungen 98 sind ebenfalls gegenüber der zentralen Gas/Luft-Öffnung 94 versetzt und um die Spitze 92 in einer zweiten Umfangsanordnung in Abstand angeordnet. Die vorliegende Ausführungsform enthält acht Gas/Luft-Öffnungen 98, die jeweils in Umfangsrichtung in der Mitte zwischen den Verdichterluftöffnungen 96 positioniert sind. Alternative Ausführungsformen können mehr oder weniger Öffnungen 98 enthalten. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen 12, 14, 16, 18 oder mehr Gas/Luft-Öffnungen 98 enthalten. Zusätzlich kann die Umfangsanordnung der Verdichterluftöffnungen 96 und/oder radialen Gas/Luft-Öffnungen 98 in weiteren Ausführungsformen variieren. Ferner ist ein Aussendurchmesser 102 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 kleiner als der Innendurchmesser 104 der zentralen Gas/Luft-Öffnung 94. Da die Flüssigbrennstoffpatrone 70 im Wesentlichen in der Öffnung 94 zentriert ist, ergibt sich ein Spalt 106 (z.B. ringförmiger Raum) zwischen der Flüssigbrennstoff-

patrone 70 und der Öffnung 94. Luft aus dem Wärmetauscher 37 und/oder Gasbrennstoff, die zu der Öffnung 94 strömen, können den Gasbrennstoffinjektor 61 durch den Spalt 106 verlassen. Wie bekannt, kann die Breite dieses Spaltes 106 den Durchsatz und/oder die Geschwindigkeit der durch die zentrale Öffnung 94 strömenden Luft und/oder des Gasbrennstoffes beeinflussen. Daher können Strömungseigenschaften des Gasbrennstoffes und/oder der Luft durch Veränderung des Durchmessers 104 der Öffnung 94 und/oder des Durchmessers 102 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 angepasst werden. Beispielsweise kann eine Flüssigbrennstoffpatrone 70 aus einem Satz von Patronen 70 ausgewählt werden, wovon jede einen anderen Durchmesser 102 hat, um eine effektive Zerstäubung für einen speziellen Flüssigbrennstoff (z.B. einen Flüssigbrennstoff mit einer speziellen Viskosität) bereitzustellen.

[0065] Ebenso kann die Anzahl und/oder Konfiguration der Nuten 100 auf der Basis der gewünschten Luft und/oder Gasbrennstoffeigenschaften angepasst werden. Beispielsweise kann die durch die zentrale Öffnung 94 strömende Luftmenge während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs durch Variieren der Anzahl der Nuten 100 angepasst werden. Obwohl vier Nuten 100 in der vorliegenden Ausführungsform enthalten sind, können mehr oder weniger Nuten 100 in alternativen Ausführungsformen verwendet werden. Beispielsweise können bestimmte Ausführungs-formen 6, 8, 10, 12 oder mehr Nuten 100 enthalten. Zusätzlich kann eine radiale Abmessung 108 der Nuten 100 und/oder eine Umfangsabmessung 110 der Nuten 100 in alternativen Ausführungsformen variiert werden, um einen gewünschten Strom von Gasbrennstoff und/oder Luft in die Vormischerrohre 52 zu erzeugen. In bestimmten Ausführungsformen kann eine spezielle Flüssigbrennstoffpatrone 70 aus einem Satz von Flüssigbrennstoffpatronen ausgewählt werden, wobei jede eine andere Anzahl und/oder Konfiguration der Nuten 100 hat.

[0066] Fig. 14 ist eine Querschnittsseitenansicht der in dem Gasbrennstoffinjektor 61 angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone 70 entlang der Linie 14-14 von Fig. 13. Gemäss Darstellung enthält die Flüssigbrennstoffpatrone 70 einen Flüssigbrennstoffkanal 112, der dafür eingerichtet ist, Flüssigbrennstoff zu der Spitze 99 strömen zu lassen. Wie nachstehend im Detail diskutiert, enthält die Spitze 99 Flüssigbrennstofföffnungen, die dafür eingerichtet sind, Flüssigbrennstoff an die Vormischerrohre 52 zu liefern. Der Gasbrennstoffinjektor 61 enthält einen wählbaren Strömungskanal 114, der dafür eingerichtet ist, Luft und/oder Gasbrennstoff zu einer Reihe von Zwischenströmungskanälen 116 strömen zu lassen. Die Zwischenströmungskanäle 116 erstrecken sich jeweils zu einer entsprechenden Öffnung 98, die dafür eingerichtet ist, Gasbrennstoff und/oder Luft an das Vormischerrohr 52 zu liefern. Zusätzlich erstreckt sich der wählbare Strömungskanal 114 zu der zentralen Öffnung 96 (z.B. einem ringförmigen Zwischenraum o-der Spalt 106), um dem Flüssigbrennstoffström Zerstäubungsluft während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs und dem Vormischerrohr 52 Gasbrennstoff während Perioden eines Gasbrennstoffbetriebs zuzuführen. Somit wird der Strom der Zerstäubungsluft und/oder des Gasbrennstoffs aus dem wählbaren Strömungskanal 114 zwischen den Öffnungen 98 und der zentralen Öffnung 94 (z.B. dem Spalt 106) aufgeteilt. Gemäss Darstellung ist jeder Zwischenströmungskanal 116 in einem Winkel 118 in Bezug auf die Längsachse 84 ausgerichtet. Der Winkel 118 kann insbesondere dafür eingerichtet sein, ein Strömungsmuster in dem Vormischerrohr 52 aufzubauen, um eine einwandfreie Vermischung von Brennstoff und Luft zu ermöglichen. Beispielsweise kann der Winkel 118 angenähert zwischen 0 bis 90 Grad, 10 bis 80 Grad, 20 bis 70 Grad, 30 bis 60 Grad, 40 bis 50 Grad oder 45 Grad betragen. In weiteren Ausführungsformen kann der Winkel 118 grösser als angenähert 60 Grad sein. Ferner kann ein Durchmesser 119 von jedem Zwischenströmungskanal 116 dafür eingerichtet sein, einen gewünschten Durchsatz des Gasbrennstoffes und/oder der Luft in das Vormischerrohr 52 zu erzeugen. Zusätzlich kann der Durchmesser 119 der Zwischenströmungskanäle 116 angepasst werden, um den Gasbrennstoff und/oder den Luftstrom aus der zentralen Öffnung 94 zu variieren. Beispielsweise kann eine Verringerung des Durchmessers 119 den Strom durch die radialen Öffnungen 98 einschränken und den Strom durch die zentrale Öffnung 94 vergrössern. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Durchmesser 119 angenähert 50 % des Durchmessers 104 der zentralen Gas/Luft-Öffnung 94. In weiteren Ausführungsformen kann der Durchmesser 119 grösser als angenähert 10 %, 20 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 %, 100 % oder noch grösser als der Durchmesser 104 der zentralen Öffnung 94 sein.

[0067] Gemäss Darstellung ist der Flüssigbrennstoffkanal 112 in dem wählbaren Brennstoffkanal 114 angeordnet. Zusätzlich ist die Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 in der zentralen Öffnung 94 des Gasbrennstoffinjektors 61 angeordnet. In dieser Konfiguration ist der Flüssigbrennstoff in der Patrone 70 von Gasbrennstoff und/oder Luft bis zu der Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 umgeben. Diese Konfiguration kann eine wirksame thermische Isolation (Wärmeisolation oder Kühlung) zwischen den heissen Verbrennungsgasen und dem Flüssigbrennstoff bereitstellen, um dadurch eine Verkokung im Wesentlichen zu verringern oder zu beseitigen. Beispielsweise kann während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs gekühlte Luft aus dem Wärmetauscher 37 durch den wählbaren Strömungskanal 114 strömen und die zentrale Öffnung 94 (z.B. den Ringraum oder Spalt 106) verlassen, um dadurch den Flüssigbrennstoff mit wärmeisolierender Luft zu umgeben. Ebenso kann während Übergangsperioden Gasbrennstoff und/oder Luft die Wärmeisolation bereitstellen. Beispielsweise kann, wenn das Turbinensystem 10 in einem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet, und ein Übergang auf einen Gasbrennstoffmodus gewünscht ist, der Luftstrom durch den wählbaren Strömungskanal 114 reduziert werden, während gleichzeitig ein Durchsatz des Gasbrennstoffes allmählich vergrössert wird. Während dieser Periode kann die Kombination von Gasbrennstoff und Luft eine ausreichende Wärmeisolation für den Flüssigbrennstoff bereitstellen, um eine Verkokung im Wesentlichen zu verringern oder zu beseitigen. Sobald eine gewünschte Gasbrennstoffstromrate erzielt ist und der Luftstrom durch die wählbaren Strömungskanäle 114 beendet worden ist, kann die Flüssigstromrate allmählich reduziert werden, bis der Flüssigstrom beendet ist. Während der Periode einer Flüssigbrennstoffreduzierung kann der Gasbrennstoff eine effektive Wärmeisolation bereitstellen, um eine Verkokung des Flüssigbrennstoffs erheblich zu verringern oder zu beseitigen. Umgekehrt kann, wenn das Turbinensystem 10 in einem Gasbrennstoffmodus arbeitet und ein Übergang

zu einem Flüssigbrennstoffmodus gewünscht ist, ein Durchsatz des Flüssigbrennstoffs durch den Flüssigbrennstoffkanal 112 allmählich erhöht werden, bis der Flüssigbrennstoff mit dem gewünschten Durchsatz strömt. Während dieser Periode kann der Gasbrennstoff die Isolation bereitstellen. Sobald ein gewünschter Flüssigbrennstoffdurchsatz erreicht ist, kann der Gasbrennstoffdurchsatz verringert werden, während der Luftstrom durch den wählbaren Strömungskanal 114 erhöht wird, bis der Gasbrennstoff ström beendet ist. Der Luftstrom kann dazu dienen, den Gasbrennstoff aus dem wählbaren Strömungskanal 114 und den Zwischenströmungskanälen 114 zu spülen. Während dieser Übergangsperiode kann die Kombination von Gasbrennstoff und Luft dazu dienen, den Flüssigbrennstoff gegenüber den heissen Verbrennungsgasen zu isolieren. Daher kann der wählbare Strömungskanal 114 eine effektive Wärmeisolation für den Flüssigbrennstoff während jeder Phase des Turbinensystembetriebs bereitstellen, um dadurch eine Verkokung im Wesentlichen zu verringern oder zu beseitigen.

[0068] Ferner kann der während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs von dem Wärmetauscher 37 bereitgestellte Kühlluftstrom zur Verringerung von Emissionen dienen. In bestimmten Ausführungsformen kann der Kühlluftstrom Emissionen von Abgasen auf Werte unter Vorschriftsgrenzwerten verringern, ohne ein teures und komplexes Wasserinjektionssystem einzusetzen. Bestimmte Gasturbinensysteme 10 können ein Wasserinjektionssystem während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs zum Reduzieren von Schwefeloxiden (SOx), Stickstoffoxiden (NOx) und/oder Kohlenmonoxid (CO) neben weiteren Emissionen betreiben. Wasserinjektionssysteme spritzen typischerweise Wasser in die Brennkammer 16 durch die Brennstoffdüse 12 zum Reduzieren von Verbrennungstemperaturen ein. Die verringerten Temperaturen können die Emissionen von Vorschriften unterliegenden Abgasen verringern. Jedoch verwenden Wasserinjektionssysteme typischerweise verschiedene Pumpen, Ventile, Steuerungen und Verteiler, um dem Turbinensystem 10 Wasser zuzuführen. Derartige Konfigurationen sind im Allgemeinen komplex und teuer herzustellen und instand zu halten. Zusätzlich kann die Lieferung grosser Mengen an Wasser an das Turbinensystem 10 die Betriebskosten erhöhen.

[0069] Die vorliegenden Ausführungsformen können Verbrennungstemperaturen durch Einspritzen eines Kühlluftstroms aus dem Wärmetauscher 37 verringern. Wie vorstehend diskutiert, kann die Temperatur der Luft aus dem Wärmetauscher 37 niedriger als die Verkokungstemperatur des Flüssigbrennstoffs, z.B. etwa 138 °C (280 °F), sein. Die Einspritzung dieser Kühlluft kann die Temperatur des Verbrennungsprozesses dergestalt verringern, dass Abgasemissionen unter Vorschriftsgrenzwerte ohne den Einsatz eines Wasserinjektionssystems abgesenkt werden. Ferner kann die zusätzliche Luft zu einem mageren Brennstoff/Luft-Gemisch führen. Wie bekannt, können magere Gemische kühlere Verbrennungsprodukte im Vergleich zu einem idealen (z.B. stöchiometrischen) Brennstoff/Luft-Verhältnis erzeugen. Die Kombination des magereren Brennstoffverhältnisses und der Einspritzung von Kühlluft kann die Verbrennungstemperaturen absenken und die Emissionen verringern und dadurch die Verwendung eines Wassereinspritzsystems vermeiden.

[0070] Fig. 15 ist eine detaillierte Querschnittsseitenansicht der in dem Gasbrennstoffinjektor 61 angeordneten Flüssigbrennstoffpatrone 70 entlang der Linie 15-15 von Fig. 14. Wie dargestellt, enthält der Flüssigbrennstoffkanal 112 einen konvergierenden Bereich 120 (d.h., konvergierend in Bezug auf die Stromabwärtsrichtung 63) und einen Brennstoffverteilungsknoten 122. Ein Durchmesser 124 des Flüssigbrennstoff-kanals 112 ist grösser als ein Durchmesser 126 des Brennstoffverteilungsknotens 122. Daher kann, wie bekannt, eine Geschwindigkeit des durch den Flüssigbrennstoffkanal 112 strömenden Brennstoffes durch den konvergierenden Bereich 120 hindurch zunehmen, um dadurch den Brennstoffverteilungsknoten 122 mit Brennstoff höherer Geschwindigkeit zur Zerstäubung zu versorgen. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Durchmesser 124 des Flüssigbrennstoffkanals 122 angenähert doppelt so gross wie der Durchmesser 126 des Brennstoffverteilungsknotens 122. In alternativen Ausführungsformen kann das Verhältnis des Durchmessers 124 zu dem Durchmesser 126 grösser als 1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,2, 2,4, 26, 28, 3 oder mehr sein. In bestimmten Ausführungsformen kann eine Flüssigbrennstoffpatrone 70 mit einem speziellen Verhältnis des Durchmessers 124 zum Durchmesser 126 aus einem Satz von Patronen 70 mit variierenden Verhältnissen ausgewählt werden. Auf diese Weise kann eine geeignete Flüssigbrennstoffpatrone 70 ausgewählt werden, um eine gewünschte Flüssigbrennstoffgeschwindigkeit in dem Verteilungsknoten 122 auf der Basis der Eigenschaften (z.B. Viskosität) des von der Flüssigbrennstoffzuführung 15 gelieferten speziellen Flüssigbrennstoffs ausgewählt werden.

[0071] Der Brennstoffverteilungsknoten 122 lässt den Flüssigbrennstoff zu ersten oder Flüssigbrennstofföffnungen 128 in der Spitze 92 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 strömen. Die vorliegende Ausführungsform enthält vier Flüssigbrennstofföffnungen 128, die in der Stromabwärtsrichtung 63 divergieren. Jedoch können alternative Ausführungsformen mehrere oder weniger Flüssigbrennstofföffnungen 128 enthalten. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr Flüssigbrennstofföffnungen 128 enthalten. In bestimmten Ausführungsformen kann eine Flüssigbrennstoffpatrone 70 mit einer speziellen Anzahl von Flüssigbrennstofföffnungen 128 aus einem Satz von Patronen 70 mit variierenden Anzahlen von Flüssigbrennstofföffnungen 128 ausgewählt werden, um dadurch eine geeignete Flüssigbrennstoffströmung für einen vorgegebenen Brennstoff zu erzeugen. In weiteren Ausführungsformen können die Flüssigbrennstofföffnungen 128 ein spiralförmiges Muster ausbilden, das dafür eingerichtet ist, dem Flüssigbrennstoff einen Drall zu verleihen. Gemäss Darstellung ist ein Austritt jeder Flüssigbrennstofföffnung 128 angrenzend an eine entsprechende Nut 100 angeordnet. In dieser Konfiguration kann, wenn das Turbinensystem 10 in einem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet, der Luftstrom entlang der Nut 100 eine Niederdruckzone angrenzend an die Flüssigbrennstofföffnung 128 erzeugen, um dadurch die Flüssigbrennstoffgeschwindigkeit zu erhöhen und die Zerstäubung von Flüssigbrennstofftröpfchen zu erhöhen. In alternativen Konfigurationen können die Flüssigbrennstofföffnungen 128 in Umfangsrichtung von den Nuten 100 versetzt sein. In weiteren Ausführungsformen können die Flüssigbrennstofföffnungen 128 im Wesentlichen zu der Längsachse 84 ausgerichtet

und dafür eingerichtet sein, Flüssigbrennstofftröpfchen aus der Spitze 99 im Wesentlichen in der Stromabwärtsrichtung 63 auszugeben. Alternative Ausführungsformen können Nuten 100 verwenden, die ein spiralförmiges Muster ausbilden, das dafür eingerichtet ist, dem Luftstrom entlang den Nuten 100 und dem Flüssigbrennstoff einen Drall zu verleihen.

[0072] Jede Flüssigbrennstofföffnung 128 kann für eine spezielle Anwendung auf der Basis des von der Flüssigbrennstoffzuführung 50 gelieferten Brennstoffs eingerichtet sein. Insbesondere kann ein Durchmesser 130 jeder Flüssigbrennstofföffnung 128 speziell für die Erzeugung eines gewünschten Durchsatzes des Flüssigbrennstoffs in die Vormischerrohre 52 eingerichtet sein. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Durchmesser 130 jeder Flüssigbrennstofföffnung 128 angenähert 25 % des Durchmessers 126 des Flüssigbrennstoff-Verteilungsknotens 122. Der Durchmesser 130 der Flüssigbrennstofföffnungen 128 kann in alternativen Ausführungsformen variieren. Beispielsweise kann der Durchmesser 130 grösser als angenähert 10%, 15%, 20 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 %, 50 % oder noch mehr des Durchmessers 126 des Flüssigbrennstoff-Verteilungsknotens 122 sein. Ferner kann jede Flüssigbrennstofföffnung 128 in einem Winkel 132 in Bezug auf die Längsachse 84 ausgerichtet sein. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Winkel 132 der Flüssigbrennstofföffnungen 128 angenähert 12 Grad. Alternative Ausführungsformen können Flüssigbrennstofföffnungen 128 verwenden, die in grösseren oder kleineren Winkeln 132 angeordnet sind. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen Winkel 132 zwischen angenähert 0 bis 90, 10 bis 80, 20 bis 70, 30 bis 60, 40 bis 50, oder etwa 45 Grad enthalten. In einem weiteren Beispiel kann der Winkel 132 angenähert 0, 6, 8, 12, 18, 24 oder 30 Grad sein. Der Winkel 132 kann insbesondere dafür eingerichtet sein, eine geeignete Zerstäubung der Flüssigbrennstofftröpfchen in dem Vormischerrohr 52 zu erzielen. In bestimmten Ausführungsformen kann eine Flüssigbrennstoffpatrone 70 aus einem Satz von Patronen 70 ausgewählt werden, wovon jede Flüssigbrennstofföffnungen 128 verwendet, die in unterschiedlichen Winkeln 132 ausgerichtet sind. Auf diese Weise kann eine geeignete Flüssigbrennstoffpatrone 70 ausgewählt werden, um das gewünschte Zerstäubungsmuster auf der Basis der Eigenschaften des von der Flüssigbrennstoffzuführung 15 gelieferten Flüssigbrennstoffs zu erzielen.

[0073] Zusätzlich kann sich die Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 über eine Strecke 134 axial über das stromabwärts liegende Ende der Spitze 92 des Gasbrennstoffinjektors 61 hinaus erstrecken. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Strecke 134 angenähert gleich dem Durchmesser 130 der Flüssigbrennstofföffnungen 128. In weiteren Ausführungsformen kann die Strecke 134 grösser oder kleiner als der Durchmesser 130 sein. Beispielsweise kann die Strecke 134 grösser als das 0,25, 0,5, 0,75, 1,25, 1,5, 1,75, 2- oder Mehrfache des Durchmessers 130 der Flüssigbrennstofföffnungen 128 sein. In alternativen Ausführungsformen kann die Spitze 99 im Wesentlichen bündig mit der Spitze 92 sein. In weiteren Ausführungsformen kann die Spitze 99 in der zentralen Öffnung 94 zurückgezogen sein. Die Position der Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone 70 in Bezug auf die Spitze des Gasbrennstoffinjektors 61 kann die Zerstäubung der Flüssigbrennstofftröpfchen in dem Vormischerrohr 52 beeinflussen. Daher kann die Länge der Flüssigbrennstoffpatrone 70 ausgewählt werden, um einen gewünschten Versatz 134 zwischen der Spitze 99 und der Spitze 92 zu erreichen.

[0074] Die Flüssigbrennstoffpatrone 70 kann ausgewählt werden, um eine geeignete Zerstäubung für einen speziellen Brennstoff zu erreichen. Insbesondere kann die Flüssigbrenn-Stoffpatrone 70 dafür eingerichtet werden, Flüssigbrennstofftröpfchen mit einer speziellen Grösse zu erzeugen. Wie bekannt erzeugen kleinere Flüssigbrennstofftröpfchen eine vergrösserte Oberfläche, welche zu einer vollständigeren Verbrennungsreaktion führt. Daher kann die Flüssigbrennstoffpatrone 70 dafür eingerichtet werden, Flüssigbrennstofftröpfchen mit einem Durchmesser von weniger als angenähert 50 µm zu erzeugen. Beispielsweise kann die Flüssigbrennstoffpatrone 70 Tröpfchen mit einem Durchmesser von weniger als etwa 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 oder 50 µm erzeugen. Eine derartige Konfiguration kann den Verbrennungsvorgang verbessern und zu einem verbesserten Wirkungsgrad und verringerten Emissionen führen. Ebenso kann das Spritzmuster aus der Flüssigbrennstoffpatrone 70 auf eine im Wesentlichen konische Form mit einem speziellen Divergenzwinkel in der Stromabwärtsrichtung 63 beschränkt werden. Insbesondere kann der Divergenzwinkel dafür eingerichtet werden, den Strahl der Flüssigbrennstofftröpfchen in dem Vormischerrohr 52 zu halten. Beispielsweise kann der Strahlkonus auf einen Winkel zwischen angenähert 0° bis 40°, 5° bis 35 ° 10° bis 30°, 15° bis 25° oder etwa 20° beschränkt werden. Auf diese Weise können die Brennstofftröpfchen in dem Vormischerrohr 52 verbleiben, sodass eine einwandfreie Vermischung von Brennstoff und Luft erzielt werden kann. Wie vorstehend diskutiert, umfassen die Eigenschaften der Flüssigbrennstoffpatrone 70 und/oder des Gasbrennstoffinjektors 61, die die Zerstäubung beeinflussen können, den Spalt 106 zwischen der Flüssigbrennstoffpatrone 70 und der zentralen Öffnung 94, die Anzahl der Nuten 100, die radiale Abmessung 108 der Nuten 100, die Umfangsabmessung 110 der Nuten 100, den Durchmesser 126 des Verteilungsknotens 122 des Flüssigbrennstoffkanals 112, die Anzahl von Flüssigbrennstofföffnungen 128, den Durchmesser 130 jeder Flüssigbrennstofföffnung 128, den Winkel 132 jeder Flüssigbrennstofföffnung 128 und die stromabwärts liegende Strecke 134 der Spitze 99 über die Spitze 92 hinaus. Diese Eigenschaften können insbesondere ausgewählt werden, um eine einwandfreie Zerstäubung zu erzielen. Zusätzlich kann eine Flüssigbrennstoffpatrone 70 aus einem Satz von Patronen 70 ausgewählt werden, wovon jede eine oder mehrere unterschiedliche Eigenschaften hat. Auf diese Weise kann das Turbinensystem 10 leicht eingerichtet oder für einen speziellen Brennstoffumeingerichtet werden.

[0075] Fig. 16 ist eine Querschnittsseitensicht der in dem Gasbrennstoffinjektor 61 angeordneten Flüssigbrennstoff-patrone 70 entlang der Linie 16-16 von Fig. 13. Dieser Querschnitt veranschaulicht Verdichterluftkanäle 136, die Luft in einer im Wesentlichen stromabwärts gerichteten Richtung 63 aus Einlassen 138 bei einem stromaufwärts befindlichen Abschnitt des Körpers 90 zu den Verdichterluftöffnungen 96 transportieren. Insbesondere wird, wie es am besten in Fig. 5 dargestellt ist, Luft aus dem Verdichter 22 durch die zweiten Fenster 56 hindurch zu den Einlassen 138 geleitet. Wie bekannt, kann

die Anzahl von Einlassen 138 der Anzahl von Verdichterluftöffnungen 96 in dem Körper 90 des Gasbrennstoffinjektors 61 entsprechen. Die Verdichterluftkanäle 136 können in einem Winkel 140 in Bezug auf die Längsachse 84 ausgerichtet sein. In der vorliegenden Ausführungsform kann der Winkel 140 angenähert 5° sein. Alternative Ausführungsformen können grössere oder kleinere Winkel 140 enthalten. Beispielsweise können bestimmte Ausführungsformen Winkel 140 zwischen angenähert 0° bis 20°, 2° bis 18°, 4° bis 16°, 6° bis 14°, 8° bis 12» oder etwa 10° enthalten. Der Winkel 140 der Verdichterluftkanäle 136 in Bezug auf die Längsachse 84 kann die Zerstäubung der Flüssigbrennstoffe beeinflussen, wenn das Turbinensystem 10 in dem Flüssigbrennstoffmodus arbeitet. Ebenso kann der Winkel 140 den Gasbrennstoffström durch das Vormischerrohr 52 während Perioden eines Gasbrennstoffbetriebs beeinflussen. Wie vorstehend diskutiert, kann die Anzahl von Öffnungen 96 für eine spezielle Turbinensystemanwendung eingerichtet werden.

[0076] Fig. 17 ist eine perspektivische Ansicht der Spitze 99 der Flüssigbrennstoffpatrone 70. Wie vorstehend diskutiert, enthält die Spitze 99 Längsnuten 100 mit einer Umfangsabmessung 110. Wie es am besten in dieser Figur dargestellt ist, enden die Flüssigbrennstofföffnungen 128 angrenzend an die Nuten 100. Diese Konfiguration kann eine verbesserte Zerstäubung erzeugen, indem eine Niederdruckzone angrenzend an die Öffnungen 128 aufgrund des Luftstroms entlang den Nuten 100 aufgebaut wird. Die Niederdruckzone kann zur Erhöhung der Austrittsgeschwindigkeit des Flüssigbrennstoffs aus den Öffnungen 128 dienen, um dadurch eine verringerte Tröpfchengrösse und eine erhöhte Tröpfchengeschwindigkeit zu erzeugen. In alternativen Ausführungsformen können die Flüssigbrennstofföffnungen 128 an einer Endkappe 142 der Spitze 99 enden. Diese Konfiguration kann Flüssigbrennstofftröpfchen im Wesentlichen in der Stromabwärtsrichtung 63 ausgeben.

[0077] Fig. 18 ist eine Querschnittsseitenansicht des in der Endabdeckung 38 (siehe Fig. 3-7) angeordneten Gasbrennstoffinjektors 61. Wie dargestellt, ist der Gasbrennstoffinjektor 61 mit der Endabdeckung 38 durch ein an dem Basisabschnitt 86 des Gasbrennstoffinjektors 61 angebrachtes Befestigungselement 144 verbunden. Das Befestigungselement 144 blockiert Bewegungen des Gasbrennstoffinjektors 61 in der Stromabwärtsrichtung 63, während der Flansch 88 eine Bewegung des Injektors 61 in der Stromaufwärtsrichtung 59 blockiert. In bestimmten Ausführungsformen können das Befestigungselement 144 und der Basisabschnitt 86 passende Gewinde enthalten. Die Flüssigbrennstoffpatrone 70 ist an der Endabdeckung 38 mittels Schrauben 146 befestigt. In bestimmten Ausführungsformen können 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 oder mehr Schrauben 146 die Flüssigbrennstoffpatrone 70 an der Endabdeckung 38 befestigen. Jedoch ist die Flüssigbrennstoffpatrone 70 nicht direkt mit dem Gasbrennstoffinjektor 61 verbunden. In dieser Konfiguration kann die Flüssigbrennstoffpatrone 70 aus der Endabdeckung 38 durch Lösen der Schrauben 146 ausgebaut werden. Daher können die Flüssigbrennstoffpatronen 70 leicht ersetzt werden, um eine Brennstoffdüsenwartung zu ermöglichen und um das Turbinensystem 10 mit einer Flüssigbrennstoffpatrone 70 zu versehen, die für eine vorgegebene Anwendung speziell eingerichtet ist. Beispielsweise können vorstehend beschriebene Eigenschaften der Flüssigbrennstoffpatronen 70 auf der Basis des von der Flüssigbrennstoffzuführung 15 gelieferten Flüssigbrennstoffs ausgewählt werden. Daher kann der Betrieb des Turbinensystems 10 auf einen speziellen Brennstoff ohne teurere Umkonfiguration der Brennstoffdüse 12 speziell angepasst werden.

[0078] Zusätzlich kann jeder Gang 62 dafür eingerichtet werden, dem wählbaren Strömungskanal 114 Gasbrennstoff während Perioden eines Gasbrennstoffbetriebs, Kühlluft während Perioden eines Flüssigbrennstoffbetriebs oder eine Kombination von Gas und Luft während Übergangsperioden zuzuführen. Beispielsweise können sowohl Gasbrennstoff aus der Gasbrennstoffzuführung 14 als auch Luft aus dem Wärmetauscher 37 den Gängen 62 über ein oder mehrere Ventile zugeführt werden. Diese Ventile können zum Erzeugen eines geeigneten Stroms von Luft und/oder Brennstoff zu den Gängen 62 auf der Basis des speziellen Betriebsmodus des Turbinensystems 10 angepasst werden. Der Gasbrennstoff und/oder die Kühlluft können durch jeden Gang 62 zu einem entsprechenden wählbaren Strömungskanal 114 strömen. Auf diese Weise kann durch die Flüssigbrennstoffkanäle 112 strömender Flüssigbrennstoff gegenüber den Verbrennungsgasen durch den umgebenden Gasbrennstoff und/oder die Kühlluft isoliert werden, um dadurch eine Verkokung in dem Flüssigbrennstoffkanal 112 erheblich zu verringern oder zu beseitigen.

[0079] Diese Beschreibung nutzt Beispiele, um die Erfindung einschliesslich der besten Ausführungsart offenzulegen, und um auch jedem Fachmann auf diesem Gebiet zu ermöglichen, die Erfindung einschliesslich der Herstellung und Nutzung aller Elemente und Systeme und der Durchführung aller einbezogenen Verfahren in die Praxis umzusetzen. Der patentierbare Schutzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die für den Fachmann auf diesem Gebiet ersichtlich sind. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Schutzumfang der Erfindung enthalten sein, sofern sie strukturelle Elemente besitzen, die sich nicht von dem Wortlaut der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Änderungen gegenüber dem Wortlaut der Ansprüche enthalten.

[0080] In einer Ausführungsform enthält ein System 10 einen Brennstoffinjektor 61, 70 mit einem Flüssigbrennstoffkanal 112, der sich zu einer ersten Öffnung 128 in einem Düsenabschnitt 92, 99 erstreckt. Der Brennstoffinjektor 61, 70 enthält auch einen wählbaren Strömungskanal 114, der sich zu einer zweiten Öffnung 94 in dem Düsenabschnitt 92, 99 erstreckt. Der wählbare Strömungskanal 114 umgibt den Flüssigbrennstoff-kanal 112 bis zu dem Düsenabschnitt 92, 99, wobei der wählbare Strömungskanal 114 dafür eingerichtet ist, wählbar einen Gasbrennstoffstrom 14 und einen Luftstrom aufzunehmen, und der wählbare Strömungskanal 114 eine Durchflusstemperatur hat, die dafür eingerichtet ist, einen durch den Flüssigbrennstoffkanal 112 strömenden Flüssigbrennstoff zu kühlen, um eine Verkokung zu verringern.

Bezugszeichenliste

[0081]

10	Gasturbinensystem
12	Brennstoffdüse
14	Gasbrennstoffzuführung
15	Flüssigbrennstoffzuführung
16	Brennkammer
18	Turbine
19	Welle
20	Abgasauslass
22	Verdichter
24	Luftöffnung
26	Last
28	--
30	Luft
32	Druckluft
34	Brennstoff/Luft-Gemisch
35	sekundärer Verdichter
36	--
37	Wärmetauscher
38	Endabdeckung
39	Kopfende der Brennkammer
40	Gehäuse
42	Einsatz
44	Strömungshülse
46	--
48	Übergangsstück
50	Mini-Düsenkappe
52	Vormischerrohr
54	erstes Fenster
55	stromabwärts liegender Abschnitt der Mini-Düsenkappe
56	zweites Fenster
57	stromaufwärts liegender Abschnitt der Mini-Düsenkappe
58	Perforation im Vormischerrohr
59	Stromaufwärts liegender Abschnitt
60	Gasinjektorplatte

61 Gasbrennstoffinjektor

62 Gang in der Endabdeckung

63 Stromabwärtsrichtung

64 Erster Gang in der Endabdeckung

66 zweiter Gang in der Endabdeckung

68 Dritter Gang in der Endabdeckung

70 Flüssigbrennstoffpatrone

72 Kühlplatte

74 Perforierter Bereich des Vormischerrohres

76 nicht-perforierter Bereich des Vormischerrohres

77 tränenförmige Perforation

78 Flamme

79 schlitzförmige Perforation

80 Winkel zwischen Perforation und radialer Achse

81 radiale Achse

82 Winkel zwischen Perforation und radialer Achse

83 radiale Achse

84 Längsachse

86 Basis des Gasbrennstoffinjektors

88 Flansch des Gasbrennstoffinjektors

90 Körper des Gasbrennstoffinjektors

92 Düsenabschnitt des Körpers

94 zentrale Gas/Luft-Öffnung

96 Verdichterluftöffnung

98 radiale Gas/Luft-Öffnung

99 Spitze der Flüssigbrennstoffpatrone

100 Längsnut

102 Aussendurchmesser der Flüssigbrennstoffpatrone

104 Innendurchmesser der zentralen Gas/Luft-Öffnung

106 Spalt zwischen Flüssigbrennstoffpatrone und zentraler Gas/Luft-Öffnung

108 radiale Abmessung der Längsnut

110 Umfangsabmessung der Längsnut

112 Flüssigbrennstoffkanal

114 wählbarer Strömungskanal

116 Zwischenströmungskanal

118 Winkel zwischen Strömungskanal und Längsachse

119 Durchmesser des Zwischenströmungskanals

120 Konvergierender Bereich des Flüssigbrennstoffkanals

122 Brennstoffverteilungsknoten

124 Durchmesser des Flüssigbrennstoffkanals

126 Durchmesser des Brennstoffknotens

128 Flüssigbrennstofföffnung

130 Durchmesser der Flüssigbrennstofföffnung

132 Winkel zwischen Flüssigbrennstofföffnung und Längsachse

134 Strecke zwischen Flüssigbrennstoffpatrone und Düsenabschnitt des Körpers

136 Verdichterluftkanal

138 Verdichterluftöffnung

140 Winkel zwischen Verdichterluftkanal und Längsachse

142 Endkappe der Spitze der Flüssigbrennstoffpatrone

144 Befestigungselement

146 Schraube

Patentansprüche

1. System (10), aufweisend:
einen Brennstoffinjektor (61, 70), mit:
einem Flüssigbrennstoffkanal (112), der zu einer Flüssigbrennstofföffnung (128) führt; und
einem Gasbrennstoffkanal (114), der zu einer Gasbrennstofföffnung (94, 98) führt;
einen Luftverdichter (35), der dafür eingerichtet ist, dem Gasbrennstoffkanal (114) einen Luftstrom zuzuführen, während ein Flüssigbrennstoff (15) durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) strömt; und
einen Wärmetauscher (37), der dafür eingerichtet ist, den Luftström zu kühlen.
2. System (10) nach Anspruch 1, wobei der Luftstrom auf eine Temperatur abgekühlt wird, die dafür eingerichtet ist, den durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) strömenden Flüssigbrennstoff (15) thermisch zu isolieren, um eine Verkokung zu verringern.
3. System (10) nach Anspruch 2, wobei die Temperatur wenigstens weniger als 138 °C (280 °F) ist.
4. System (10) nach Anspruch 1, wobei der Brennstoffinjektor (61, 70) einen Gasbrennstoffmodus, einen Flüssigbrennstoffmodus und einen Übergangsmodus, der zwischen dem Gasbrennstoffmodus und dem Flüssigbrennstoffmodus umschaltet, aufweist, wobei der Gasbrennstoffmodus für einen Gasbrennstoff ström (14) durch den Gasbrennstoffkanal (114) und für den Luftstrom durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) sorgt, und der Flüssigbrennstoffmodus für einen Flüssigbrennstoffström (15) durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) und für den Luftstrom durch den Gasbrennstoffkanal (114) sorgt.
5. System (10) nach Anspruch 4, wobei der Übergangsmodus zwischen dem Gasbrennstoffström (14) und dem Luftström durch den Gasbrennstoffkanal (114) umschaltet, und wobei sich sowohl der Gasbrennstoffström (14) als auch der Luftstrom auf Temperaturen befinden, die dafür eingerichtet sind, den Flüssigbrennstoffstrom (15) durch den Flüssigbrennstoffkanal (112) thermisch zu isolieren, um eine Verkokung zu verringern.
6. System (10) nach Anspruch 1, wobei der Flüssigbrennstoffkanal (112) und der Gasbrennstoffkanal (114) konzentrisch zueinander sind, und sowohl die Flüssigbrennstofföffnung (128) als auch die Gasbrennstofföffnung (94, 98) an einem Düsenabschnitt (92, 99) des Brennstoffinjektors (61, 70) angeordnet sind.
7. System (10) nach Anspruch 1, das ein um den Brennstoffinjektor (61, 70) herum angeordnetes Vormischerrohr (52) aufweist, wobei das Vormischerrohr (52) eine perforierte Ringwand (74) aufweist, die dafür eingerichtet ist, einen weiteren Luftstrom aufzunehmen.
8. System (10) nach Anspruch 1, wobei die Gasbrennstoff-öffnung (94, 98) dafür eingerichtet ist, den Luftstrom zu führen, um den von dem Flüssigbrennstoffkanal (112) ausgegebenen Flüssigbrennstoff (15) zu zerstäuben.

9. System (10) nach Anspruch 1, wobei der Luftström auf eine Temperatur abgekühlt wird, die dafür eingerichtet ist, Emissionen von Vorschriften unterliegenden Abgasprodukten zu verringern.

10. System (10) nach Anspruch 1, das eine Turbine (10) mit dem Brennstoffinjektor (61, 70) aufweist.

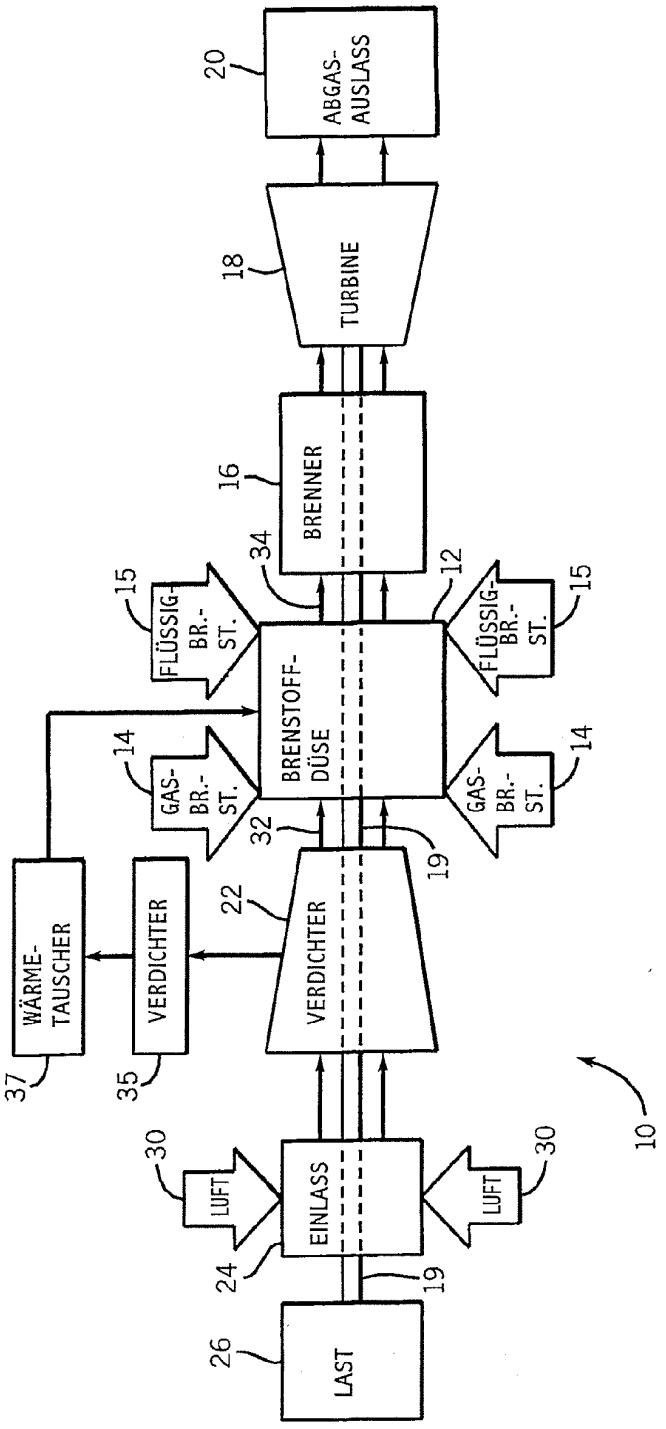

20
ABGAS-AUSLASS
18
TURBINE
16
BRENNER
34
12
15
FLÜSSIG-BR.-ST.
15
FLÜSSIG-BR.-ST.
14
GAS-BR.-ST.
BRENSTOFF-DÜSE
14
GAS-BR.-ST.
32
19
22
WÄRME-TAUSCHER
VERDICHTER
VERDICHTER
37
35
30
LUFT
EINLASS
30
LUFT
24
19
26
LAST
10

FIG. 1

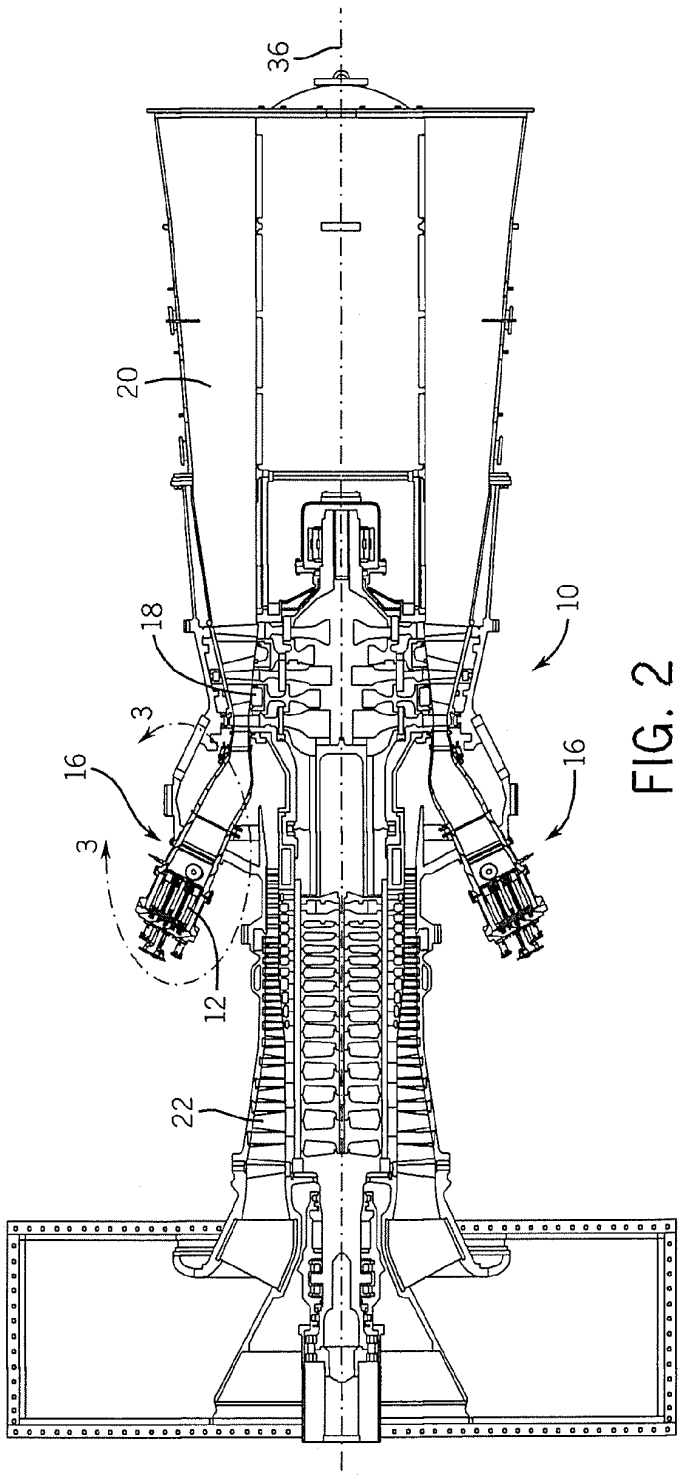


FIG. 2

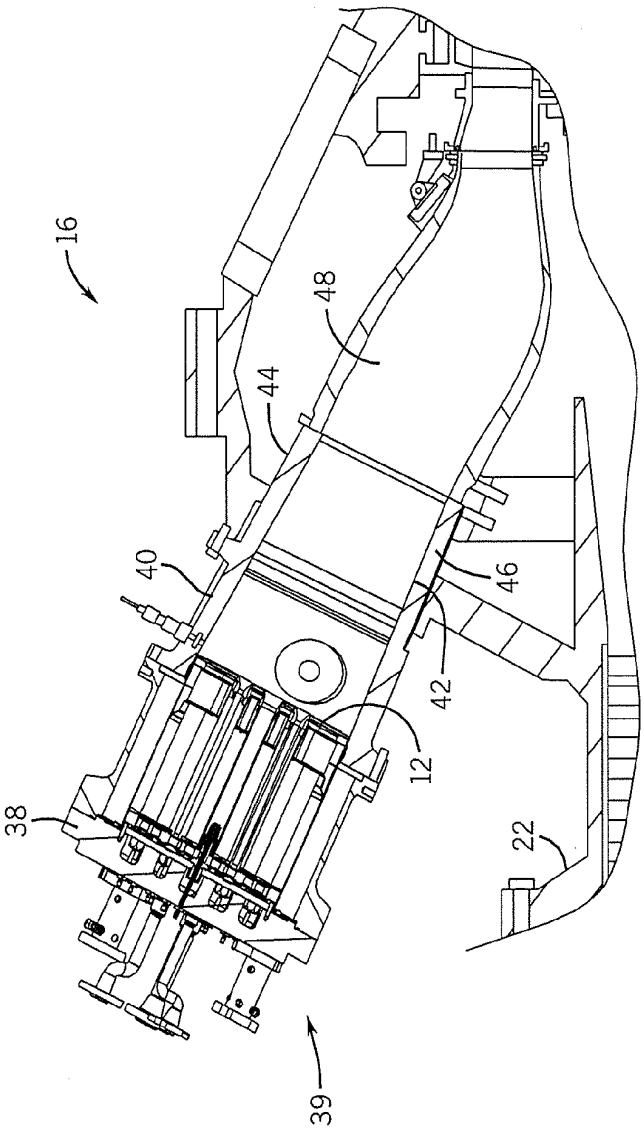


FIG. 3

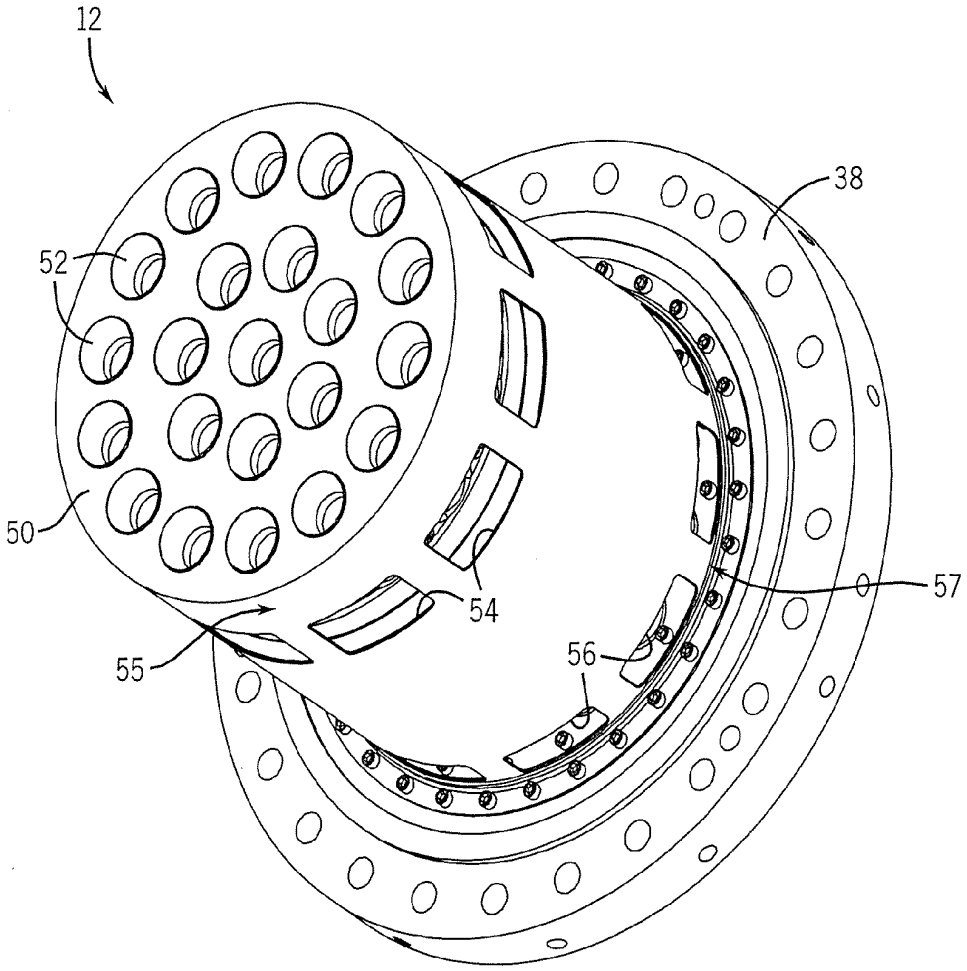


FIG. 4

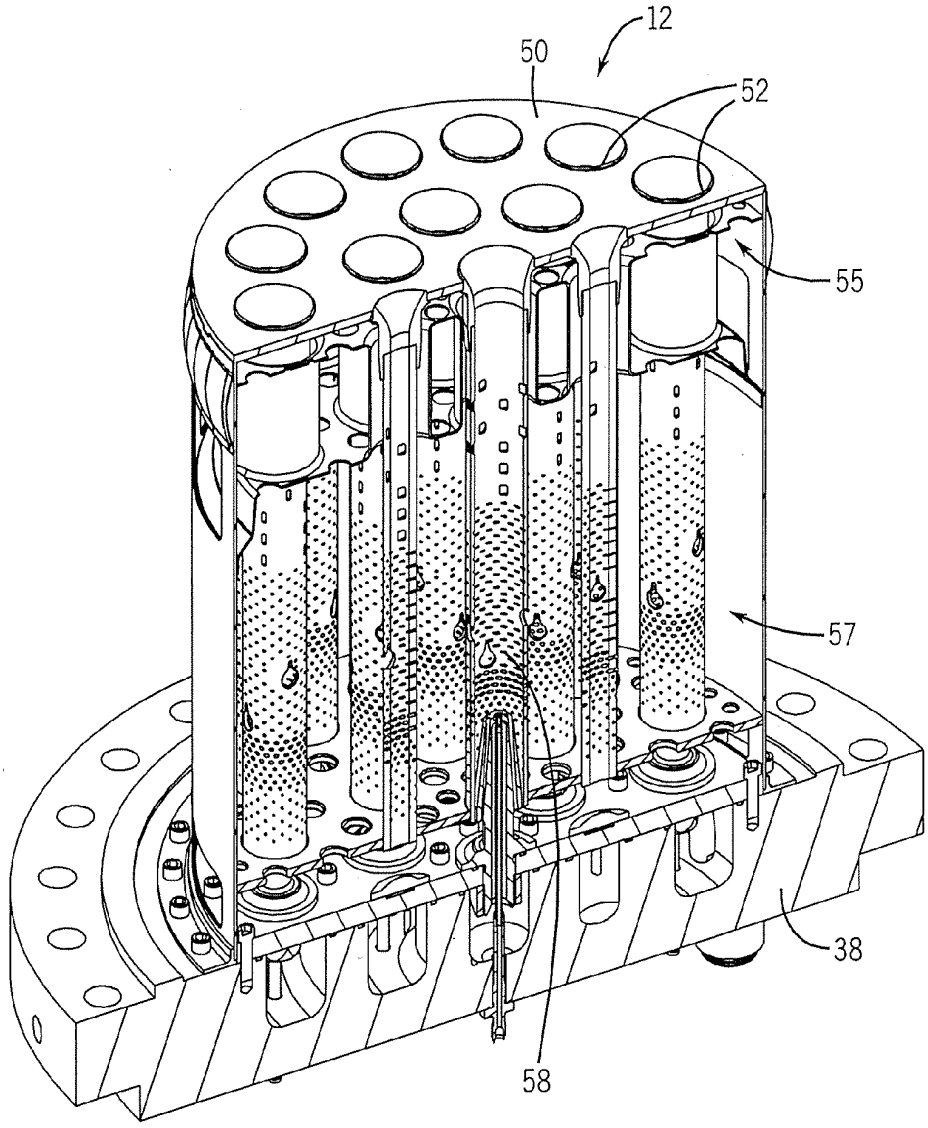


FIG. 5

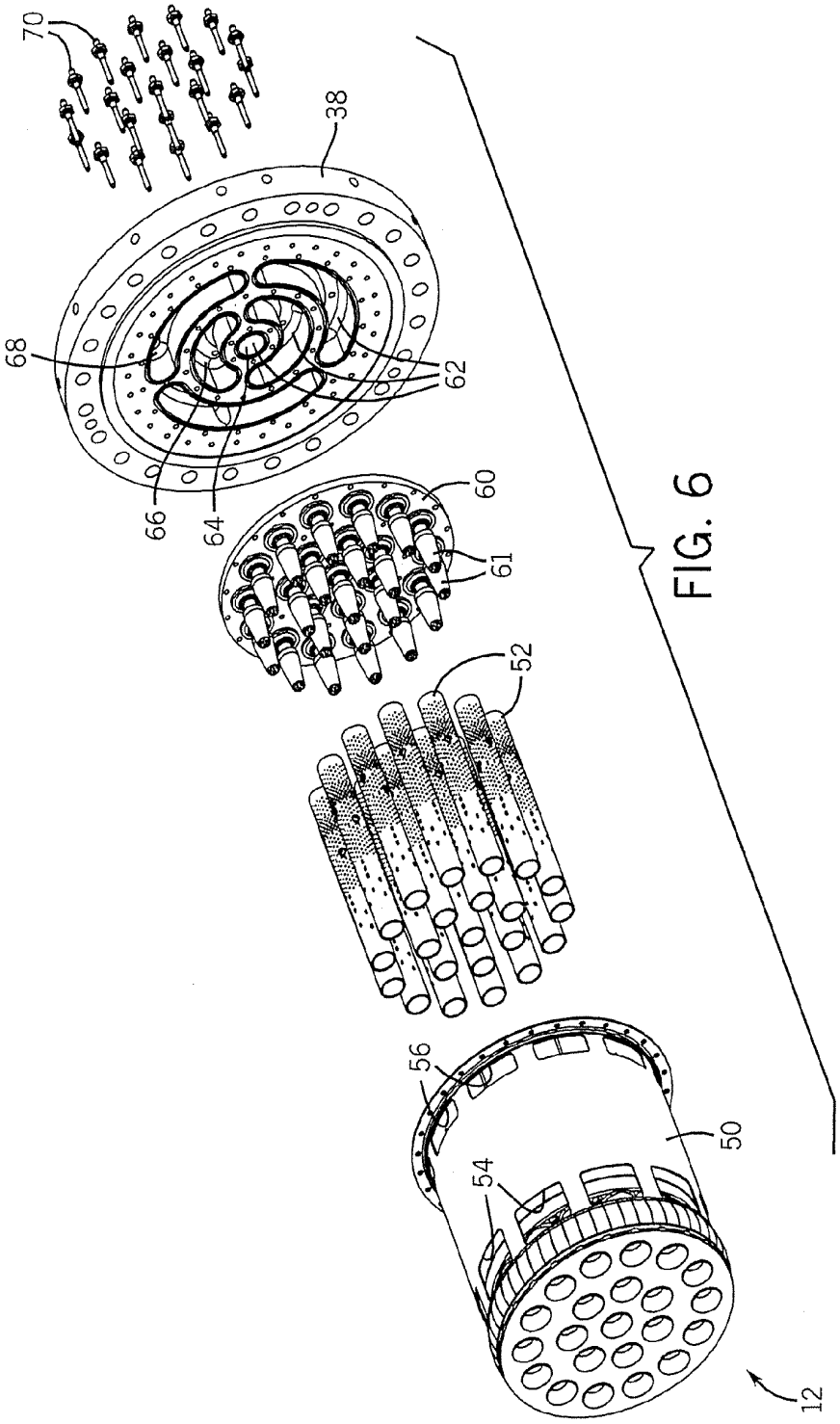


FIG. 6

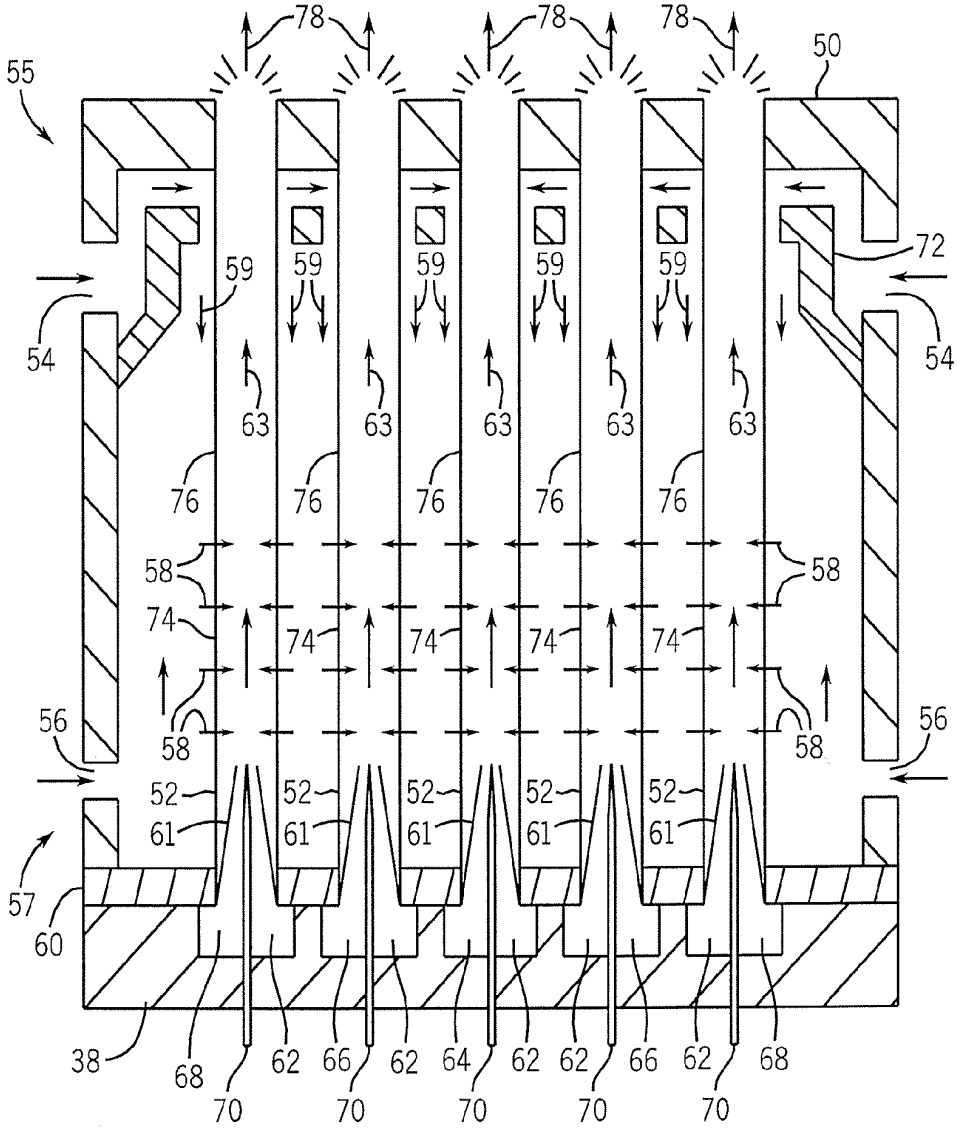

78
78
78
50
55
72
59
59
59
59
59
54
54
63
63
63
63
63
76
76
76
76
76
58
58
74
74
74
74
74
56
58
58
56
52
52
52
52
52
61
61
61
61
61
57
60
38
68
62
66
62
64
62
62
66
62
68
70
70
70
70
70

FIG. 7

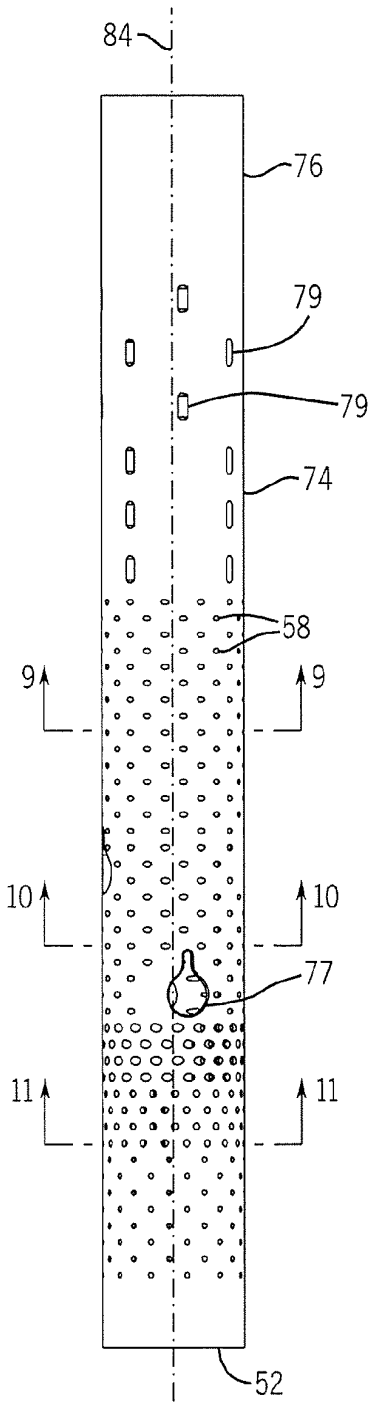


FIG. 8

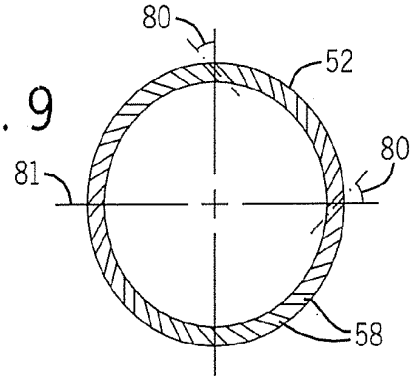


FIG. 9

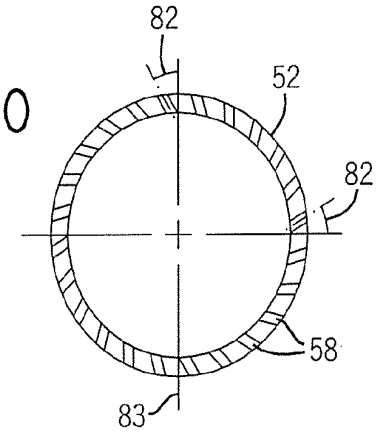


FIG. 10

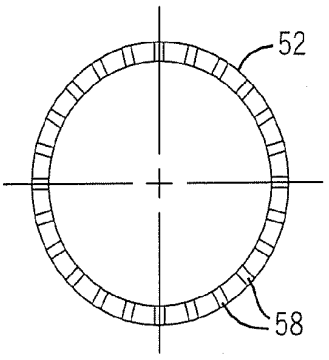
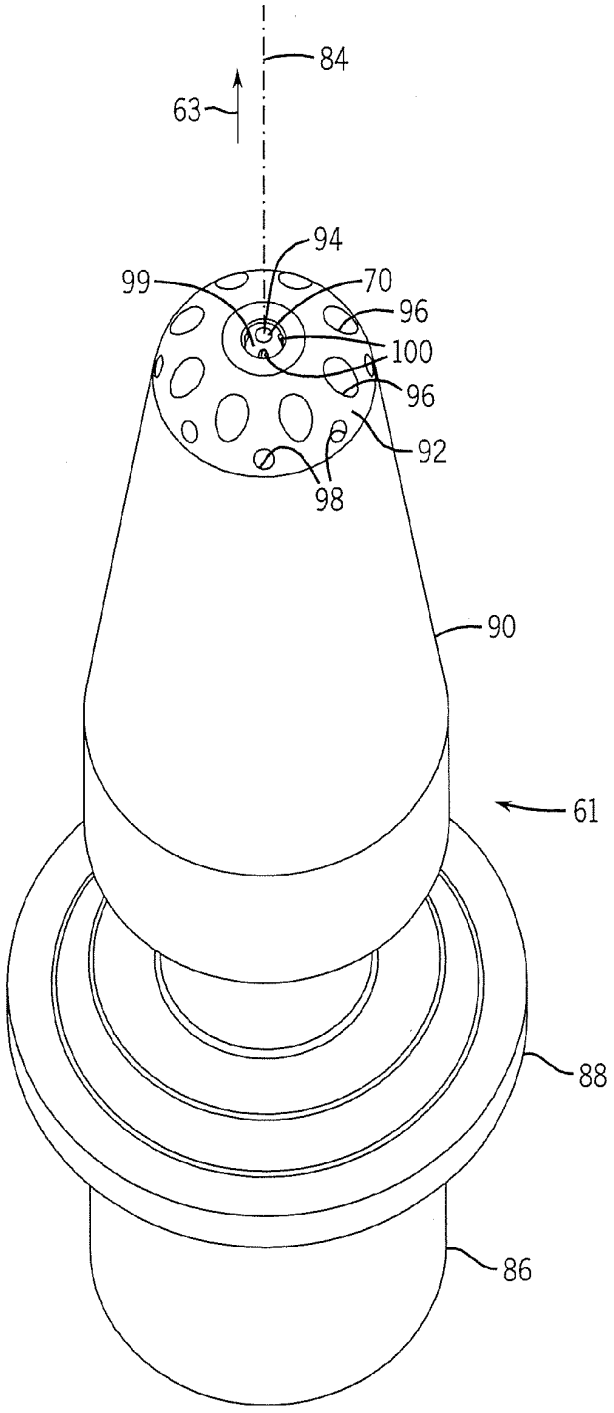


FIG. 11

FIG. 12



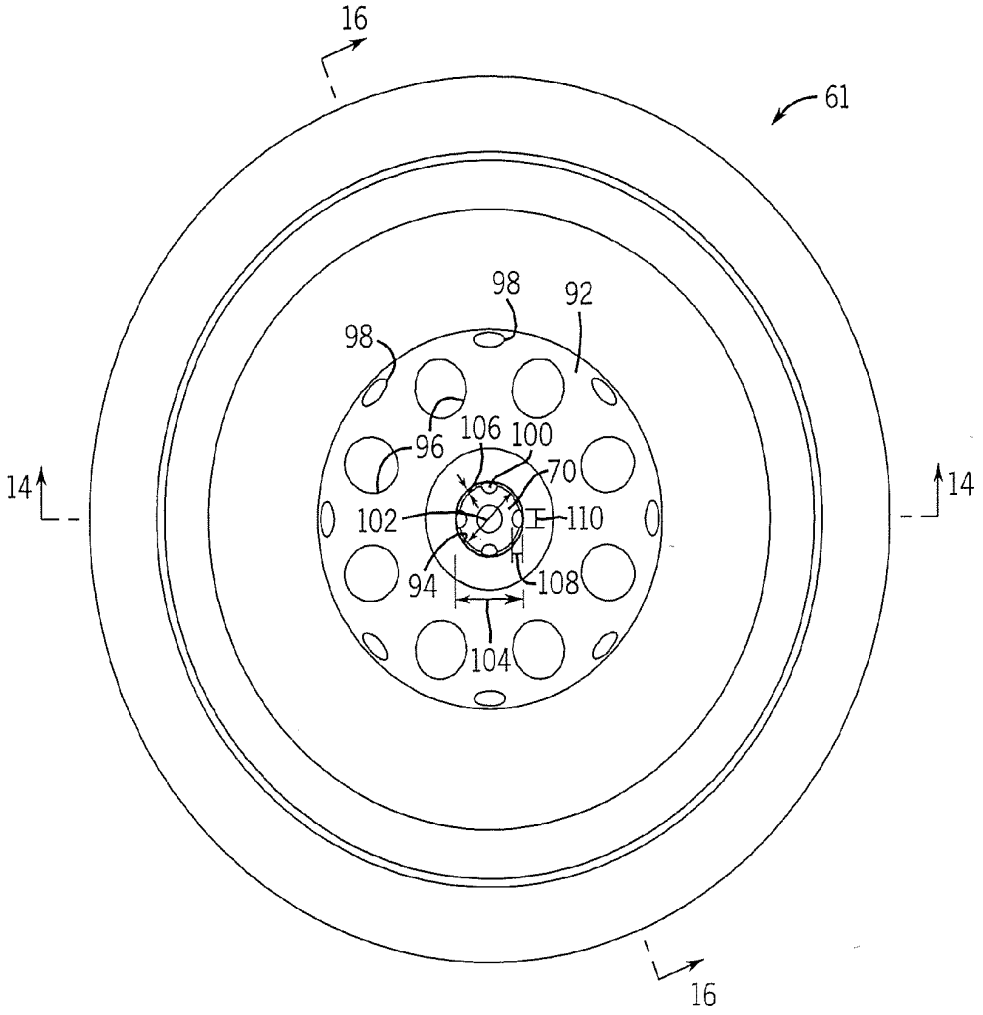
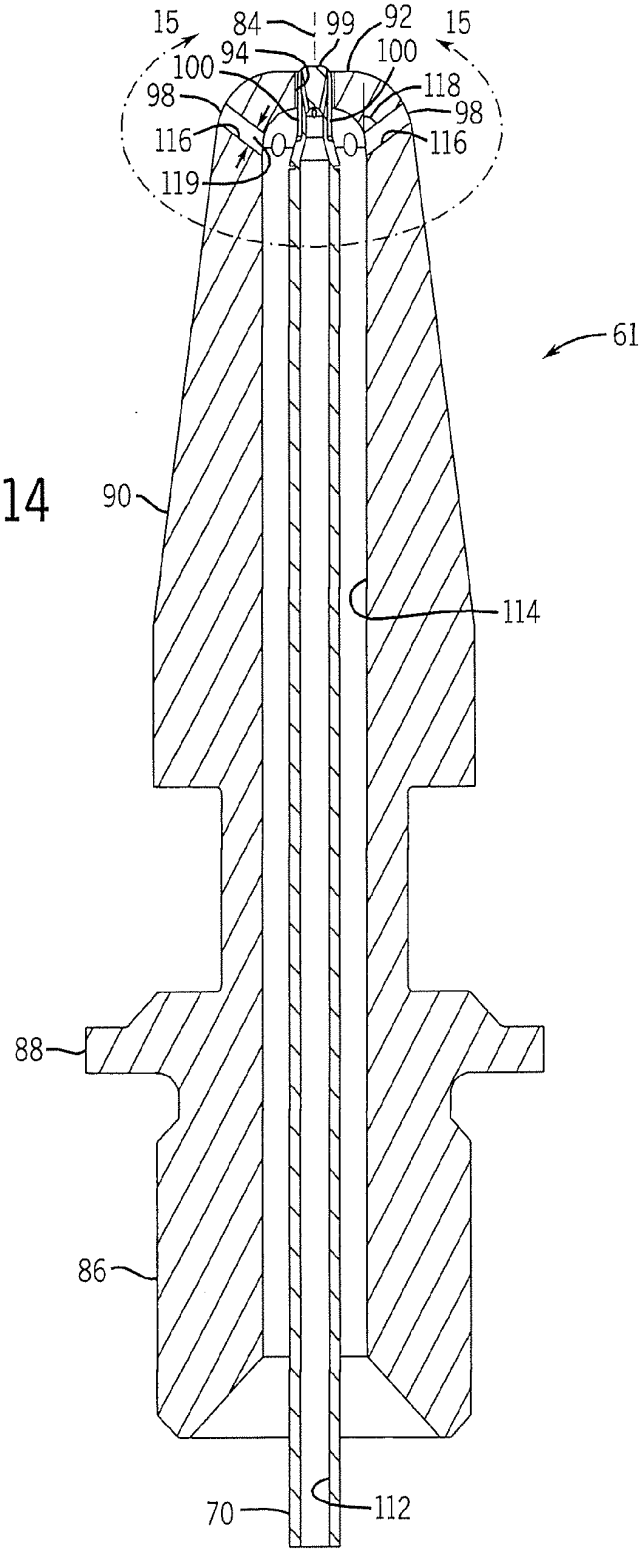


FIG. 13

FIG. 14


15
84
99
92
15
94
100
100
98
118
98
116
116
119
61
90
114
88
86
70
112

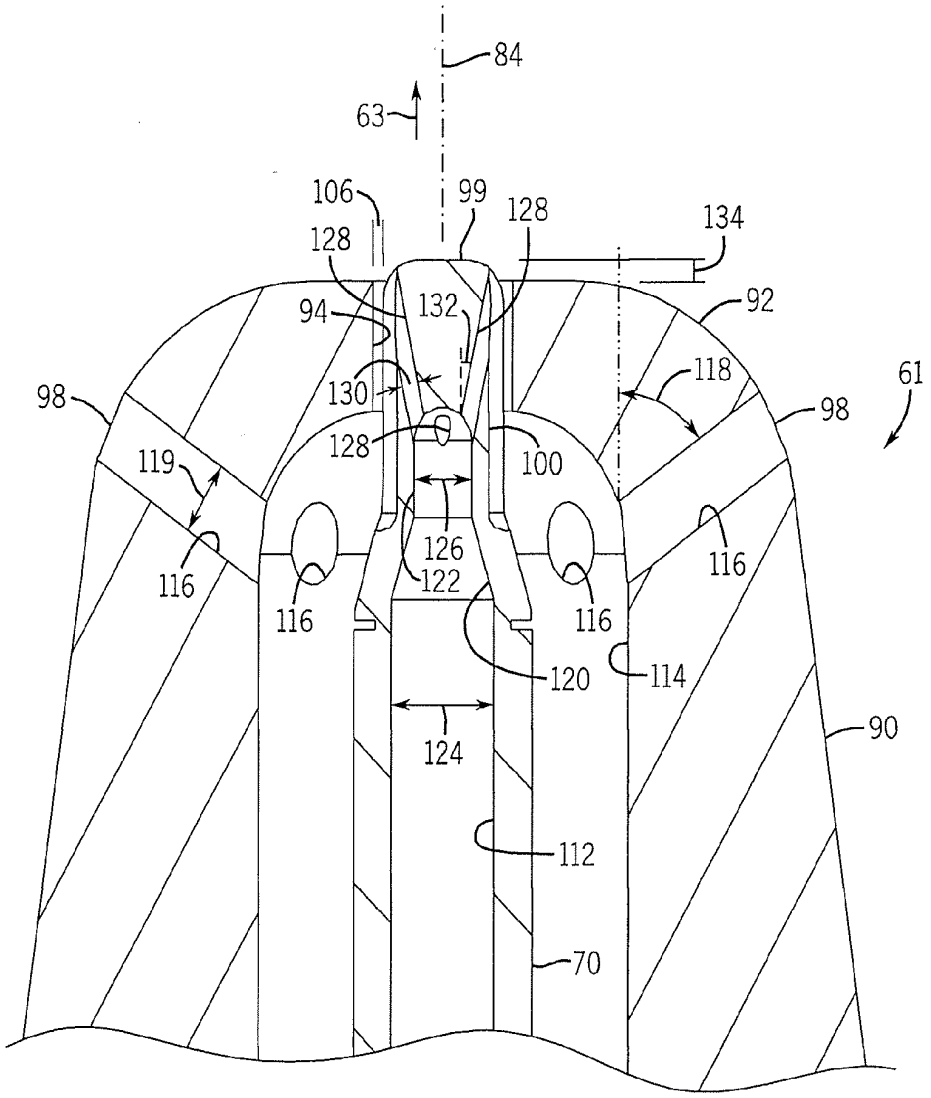

84
63
106
99
128
134
128
94
132
92
118
61
98
130
98
128
100
119
126
116
122
116
116
116
120
114
90
124
112
70

FIG. 15

FIG. 16

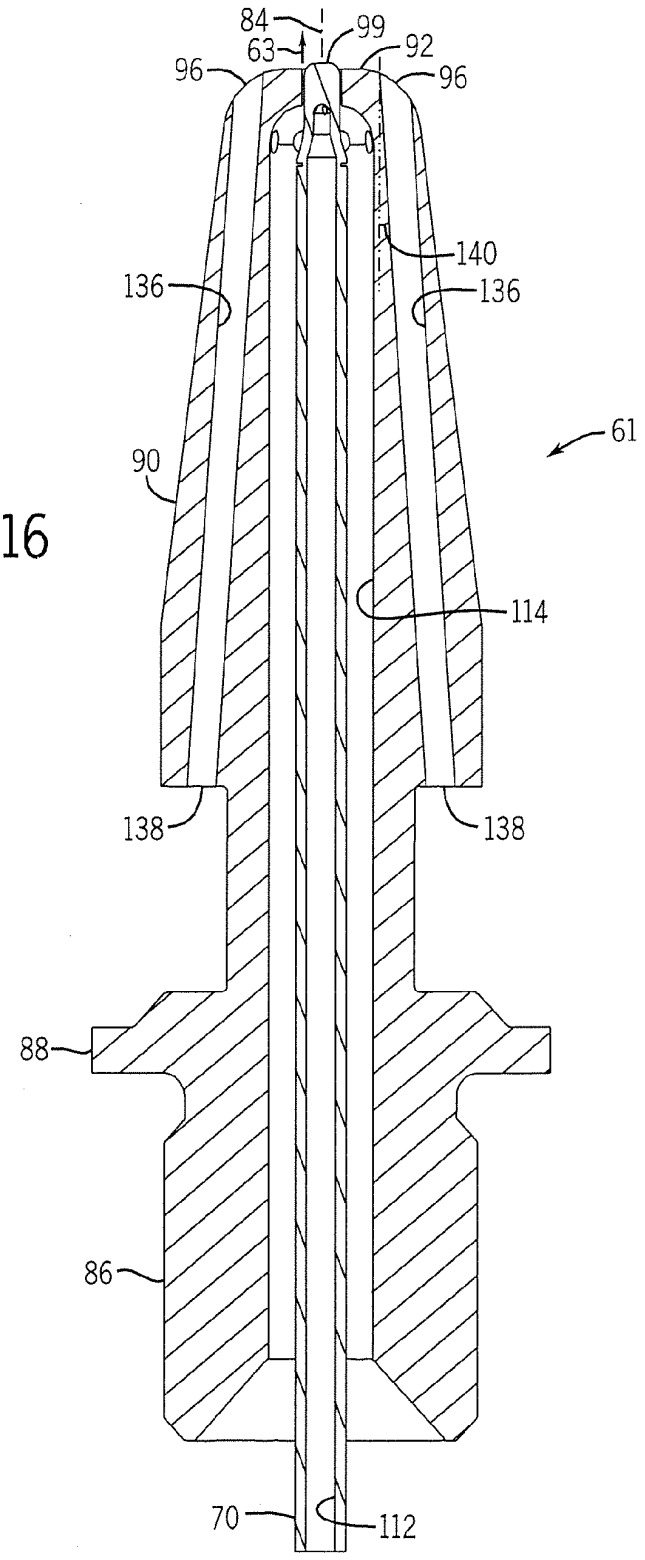


FIG. 17

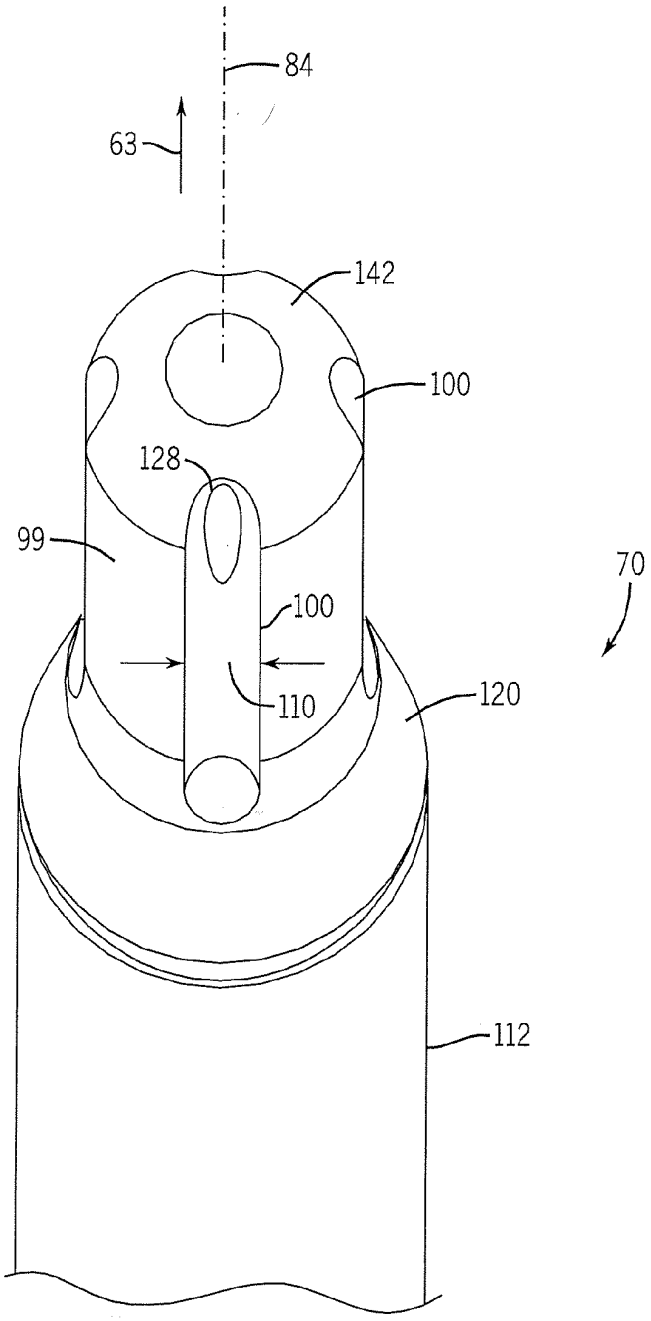


FIG. 18

