



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **707 757 A2**

(51) Int. Cl.: **F23D** **14/02** (2006.01)
F23D **14/64** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00328/14

(22) Anmeldedatum: 05.03.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.09.2014

(30) Priorität: 12.03.2013 US 13/797,848

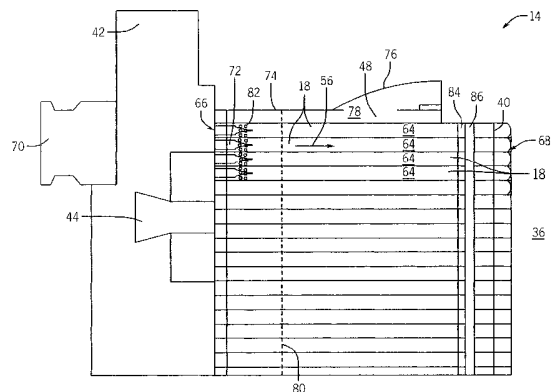
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Gregory Allen Boardman, Greenville, SC 29615 (US)
Patrick Benedict Melton, Greenville, SC 29615 (US)
James Harold Westmoreland, Greenville, SC 29615 (US)
Ronald James Chila, Schenectady, NY 12345 (US)
Sarah Lori Crothers, Greenville, SC 20615 (US)

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(54) **Brennstoff-Luft-Vormischsystem für eine Gasturbine.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein System und Verfahren zum Vormischen von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung in einer Brennkammer (14). Das System enthält mehrere Brennstoffinjektoren und mehrere Mischrohre (18), wobei jedes Mischrohr (18) einen ersten Abschnitt für die Aufnahme eines der mehreren Brennstoffinjektoren und einen zweiten Abschnitt mit einer Mischkammer (64) aufweist, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff und Luft zu mischen. Die Länge der Mischkammer (64) ist bei den mehreren Mischkammern (64) unterschiedlich, um verschiedene Mischzeiten zu ermöglichen.



Beschreibung

Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Der hierin offenbarte Gegenstand betrifft allgemein Turbinenbrennkammern und spezieller Vormischturbinenbrennkammern.

[0002] Gasturbinensysteme enthalten allgemein einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Turbine. Der Verdichter verdichtet Luft aus einem Lufteinlass und führt die verdichtete Luft anschliessend der Brennkammer zu. In der Brennkammer wird die von dem Verdichter her aufgenommene verdichtete Luft mit einem Brennstoff vermischt und verbrannt, um Verbrennungsgase hervorzubringen. Die Verbrennungsgase werden in die Turbine gelenkt. In der Turbine strömen die Verbrennungsgase über Turbinenlaufschaufeln der Turbine, so dass dadurch die Turbinenlaufschaufeln und eine Welle, an der die Turbinenlaufschaufeln angebracht sind, in Drehung versetzt werden. Die Rotation der Welle kann zudem eine mit der Welle verbundene Last, z.B. einen elektrischen Generator, antreiben. Herkömmliche Gasturbinensysteme können vielfältigen Instabilitäten, z.B. grosse Amplitude aufweisenden Schwankungen von Druck, Wärmefreisetzung und/oder Geschwindigkeit von Komponenten in der Brennkammer, unterworfen sein. Solche grosse Amplituden können beispielsweise zu erhöhten thermischen Belastungen in der Brennkammer sowie zu gesteigerter Flammhaltung und/oder ineffizienter Verbrennung führen. Es besteht somit weiter ein Bedarf nach einem Gasturbinensystem mit erhöhter Stabilität.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0003] Im Folgenden sind bestimmte Ausführungsbeispiele gemäss dem Umfang der ursprünglich beanspruchten Erfindung zusammenfassend beschrieben. Diese Ausführungsbeispiele sollen den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung nicht beschränken, vielmehr sollen diese Ausführungsbeispiele lediglich eine Kurzbeschreibung möglicher Formen der Erfindung geben. In der Tat kann die Erfindung vielfältige Formen einnehmen, die den nachstehend dargelegten Ausführungsbeispielen ähneln oder sich von diesen unterscheiden können.

[0004] In einem ersten Ausführungsbeispiel ist ein Vormischsystem für eine Gasturbine geschaffen. Das System enthält mehrere Brennstoffinjektoren und mehrere Mischrohre. Jedes Mischrohr hat einen ersten Abschnitt, der dazu eingerichtet ist, einen der mehreren Brennstoffinjektoren aufzunehmen, und einen zweiten Abschnitt mit einer Mischkammer, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff und Luft zu vermischen. Die Länge jeder Mischkammer variiert bei den mehreren Mischkammern.

[0005] Die mehreren Mischrohre können eine im Wesentlichen ähnliche Länge aufweisen.

[0006] Das Verhältnis zwischen einer ersten Länge des ersten Abschnitts und einer zweiten Länge des zweiten Abschnitts kann bei den mehreren Mischrohren variieren.

[0007] Die Mischkammer einer der mehreren Mischrohre eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann eine andere Länge aufweisen als die Mischkammer einer anderen der mehreren Mischrohre.

[0008] Mindestens zwei der mehreren Brennstoffinjektoren eines beliebigen der oben erwähnten Systeme können unterschiedliche Längen aufweisen.

[0009] Das System einer beliebigen der oben erwähnten Bauarten kann zudem mehrere Öffnungen aufweisen, die an einer Wand jedes der mehreren Mischrohre ausgebildet sind, wobei die Öffnungen dazu eingerichtet sein können, in die Mischkammer des entsprechenden Mischrohrs hinein Luft zu übertragen.

[0010] Die mehreren Öffnungen, die an einem ersten Mischrohr eines beliebigen der oben erwähnten Systeme ausgebildet sind, können in einem ersten Abstand von einem ersten Auslass des ersten Mischrohrs entfernt angeordnet sein, und die mehreren Öffnungen, die an einem zweiten Mischrohr ausgebildet sind, können in einem zweiten, unterschiedlichen Abstand von einem zweiten Auslass des zweiten Mischrohrs entfernt angeordnet sein, wobei der erste und zweite Abstand unterschiedlich sind.

[0011] Jedes der mehreren Mischrohre eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweisen, wobei das zweite Ende mit einer Öffnung ausgebildet ist, die dazu eingerichtet ist, ein Brennstoff/Luft-Gemisch in eine Brennkammer einzubringen.

[0012] Das zweite Ende jedes der mehreren Mischrohre eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann im Wesentlichen fluchtend in einer Ebene ausgerichtet sein.

[0013] In einem zweiten Ausführungsbeispiel enthält ein Gasturbinensystem eine Brennkammer. Weiter umfasst die Brennkammer einen Brennraum, mehrere Brennstoffinjektoren und mehrere Mischrohre. Jedes Mischrohr hat einen ersten Abschnitt, um eine der mehreren Brennstoffinjektoren aufzunehmen, und einen zweiten Abschnitt mit einer Mischkammer, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff und Luft zu vermischen. Die Länge der Mischkammer variiert bei den mehreren Mischrohren.

[0014] Die mehreren Mischrohre eines beliebigen der oben erwähnten Systeme können eine im Wesentlichen ähnliche Länge aufweisen.

[0015] Das Verhältnis zwischen einer ersten Länge des ersten Abschnitts und einer zweiten Länge des zweiten Abschnitts eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann bei den mehreren Mischrohren variieren.

[0016] Die Kammer eines der mehreren Mischrohren eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann eine andere Länge aufweisen als die Mischkammer eines anderen der mehreren Mischrohren.

[0017] Mindestens zwei Brennstoffinjektoren der mehreren Brennstoffinjektoren eines beliebigen der oben erwähnten Systeme können unterschiedliche Längen aufweisen.

[0018] Das System einer beliebigen der oben erwähnten Bauarten kann mehrere Öffnungen aufweisen, die an einer Wand jedes der mehreren Mischrohren ausgebildet sind, wobei die mehreren Öffnungen dazu eingerichtet sind, in die Mischkammer des entsprechenden Mischrohrs Luft zu übertragen.

[0019] Die mehreren Öffnungen, die an einem ersten Mischrohr ausgebildet sind, und die mehreren Öffnungen, die an einem zweiten Mischrohr ausgebildet sind, eines beliebigen der oben erwähnten Systeme können in unterschiedlichen Abständen zu der Brennkammer angeordnet sein.

[0020] Jedes der mehreren Mischrohren eines beliebigen der oben erwähnten Systeme kann ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweisen, wobei das zweite Ende dazu eingerichtet ist, ein Brennstoff/Luft-Gemisch in die Brennkammer einzubringen.

[0021] In einem dritten Ausführungsbeispiel beinhaltet ein Verfahren ein Aufnehmen von Luft in mehrere Mischkammern, wobei jede der mehreren Mischkammern in einem von mehreren Mischrohren angeordnet ist. Das Verfahren beinhaltet ausserdem ein Einbringen von Brennstoff von mehreren Brennstoffinjektoren in die mehreren Mischkammern, wobei jeder der mehreren Brennstoffinjektoren in einem der mehreren Mischrohren angeordnet ist. Die Luft und der Brennstoff werden in jeder der mehreren Mischkammern vermischt, so dass das Luft-Brennstoff-Mischen in einer ersten Mischkammer der mehreren Mischkammern längerer dauert als das Luft-Brennstoff-Mischen in einer zweiten Mischkammer der mehreren Mischkammern.

[0022] Das Verfahren kann beinhalten, dass mehr als zwei verschiedene Zeitdauern des Luft-Brennstoff-Mischens in den mehreren Mischkammern vorliegen.

[0023] Darüber hinaus oder alternativ kann das Verfahren beinhalten, dass wenigstens zwei der mehreren Mischkammern unterschiedliche Längen aufweisen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nach dem Lesen der nachfolgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlicher, in denen übereinstimmende Teile durchgängig mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen sind:

- Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines Gasturbinensystems mit mehreren Mischrohren;
- Fig. 2 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels einer Turbinenbrennkammer unter Veranschaulichung mehrerer Mischrohren, die in einem Kopfende der Brennkammer angeordnet sind;
- Fig. 3 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels der Turbinenbrennkammer von Fig. 2 unter Veranschaulichung der mehreren Mischrohren und mehrerer Brennstoffinjektoren;
- Fig. 4 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines Mischrohrs, das einen Brennstoffinjektor enthält;
- Fig. 5 zeigt eine schematische geschnittene Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels der Turbinenbrennkammer von Fig. 2 unter Veranschaulichung mehrerer Mischkammern unterschiedlicher Länge; und
- Fig. 6 veranschaulicht in einem Graphen die relative Amplitude in Bezug auf die Frequenz für drei verschiedene Turbinenbrennkammern.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0025] Nachfolgend werden ein oder mehrere spezielle Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben. In dem Bemühen, eine kurzgefasste Beschreibung dieser Ausführungsbeispiele vorzulegen, sind möglicherweise nicht sämtliche Merkmale einer tatsächlichen Verwirklichung in der Beschreibung aufgeführt. Es sollte erkannt werden, dass bei der Entwicklung einer jeden solchen Verwirklichung, wie in jedem technischen oder konstruktiven Projekt, zahlreiche anwendungsspezifische Entscheidungen zu treffen sind, um spezielle Ziele der Entwickler zu erreichen, z.B. Konformität mit systembezogenen und unternehmensbezogenen Beschränkungen, die von einer Verwirklichung zur anderen unterschiedlich sein können. Darüber hinaus sollte erkannt werden, dass ein solcher Entwicklungsaufwand komplex und zeit-

raubend sein könnte, jedoch nichtsdestoweniger für den Fachmann, der über den Vorteil dieser Beschreibung verfügt, eine Routinemassnahme der Entwicklung, Fertigung und Herstellung darstellen würde.

[0026] Wenn Elemente vielfältiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eingeführt werden, sollen die Artikel «ein», «eine» bzw. «der, die, das» das Vorhandensein von einem oder mehreren der Elemente bedeuten. Die Begriffe «umfassen», «enthalten» und «aufweisen» sind als einschliessend zu verstehen und bedeuten, dass möglicherweise zusätzliche Elemente vorhanden sind, die sich von den aufgeführten Elementen unterscheiden.

[0027] Gasturbinen können Bauteile enthalten, die dazu dienen, Brennstoff und Luft vor der Verbrennung in einem Brennraum vorzumischen. Einige dieser Vormischsysteme enthalten mehrere Mischrohre (z.B. 10 bis 1000 Mischrohre), wobei jedes Mischrohr mit einem Brennstoffinjektor paarweise vorgesehen ist. In manchen Ausführungsbeispielen kann jedes Mischrohr einen Durchmesser von weniger als etwa 1, 2, 3, 4 oder 5 Zentimeter aufweisen. Beispielsweise kann jedes Mischrohr einen Durchmesser im Bereich von etwa 0,5 bis 2, 0,75 bis 1,75 oder 1 bis 1,5 Zentimeter aufweisen. In speziellen Ausführungsbeispielen injiziert der Brennstoffinjektor Brennstoff in axialer Richtung in das Mischrohr, während Druckluft in radialer Richtung in das Mischrohr übertragen wird. Vorteilhafterweise können derartige Vormischsysteme dazu eingerichtet sein, mehrere Mischrohre bereitzustellen, die Vormischkammern unterschiedlicher Längen aufweisen, was unterschiedliche Mischzeiten ergibt. Dementsprechend betreffen die beschriebenen Ausführungsbeispiele eine Vormischbrennkammer, die mehrere Mischrohre enthält, die mehrere Mischkammern mit einer oder mehreren verschiedenen Längen aufweisen, so dass das System eine oder mehrere verschiedene Brennstoff/Luft-Vermischungszeiten (oder Tau-Werte) aufweist. Wie nachfolgend näher beschrieben, können unterschiedliche Mischzeiten bei den mehreren Mischkammern eine erhöhte Stabilität in der Brennkammer ergeben.

[0028] Bezugnehmend auf die Zeichnungen veranschaulicht Fig. 1 in einem Blockschaltbild ein Ausführungsbeispiel eines Gasturbinensystems 10. Wie gezeigt, enthält das System 10 einen Verdichter 12, eine Turbinenbrennkammer 14 und eine Turbine 16. Die Turbinenbrennkammer 14 kann ein oder mehrere Mischrohre 18 (z.B. 10 bis 1000 Mischrohre) enthalten, die dazu eingerichtet sind, sowohl Brennstoff 20 als auch unter Druck stehendes Oxidationsmittel 22 aufzunehmen, z.B. Luft, Sauerstoff, mit Sauerstoff angereicherte Luft, Sauerstoffreduzierte Luft oder eine beliebige Kombination davon. Obwohl die folgende Erörterung sich auf Luft als das Oxidationsmittel 22 bezieht, kann in Verbindung mit den offenbarten Ausführungsbeispielen ein beliebiges geeignetes Oxidationsmittel verwendet werden. Auch hier können die Mischrohre als Mikromischrohre beschrieben sein, die Durchmesser im Bereich von etwa 0,5 bis 2, 0,75 bis 1,75 oder 1 bis 1,5 Zentimeter aufweisen können. Die Mischrohre 18 können in Form eines oder mehrerer Bündel eng beabstandeter Rohre allgemein in einer parallelen Anordnung relativ zueinander angeordnet sein. In dieser Konstruktion ist jedes Mischrohr 18 dazu eingerichtet, das Mischen verhältnismässig kleinräumig (z.B. Mikromischen) in jedem Mischrohr 18 durchzuführen, das anschliessend ein Brennstoff/Luft-Gemisch in die Brennkammer ausgibt. In speziellen Ausführungsbeispielen kann das System 10 einen Flüssigbrennstoff und/oder einen gasförmigen Brennstoff 20, z.B. Erdgas oder synthetisches Gas, nutzen.

[0029] Verdichterlaufschaufeln sind als Bauteile des Verdichters 12 enthalten. Die Laufschaufeln in dem Verdichter 12 sind mit einer Welle 24 verbunden und drehen sich, während die Welle 24 durch die Turbine 16 in Drehung versetzt wird, wie es im Folgenden beschrieben ist. Die Rotation der Laufschaufeln in dem Verdichter 12 verdichtet Luft 32 aus einem Lufteinlass 30 zu Druckluft 22. Die Druckluft 22 wird anschliessend in die Mischrohre 18 der Turbinenbrennkammern 14 eingespeist. Die Druckluft 22 und der Brennstoff 20 werden in den Mischrohren 18 vermischt, um ein geeignetes Brennstoff-Luft-Mischungsverhältnis für eine Verbrennung hervorzubringen (z.B. für eine Verbrennung, die bewirkt, dass der Brennstoff vollständiger verbrennt, um keinen Brennstoff 20 zu vergeuden oder keine übermässigen Emissionen zu erzeugen).

[0030] Die Turbinenbrennkammern 14 entzünden und verbrennen das Brennstoff/Luft-Gemisch und leiten anschliessend heisse unter Druck stehende Verbrennungsgase 34 (z.B. Abgas) in die Turbine 16. Die Turbinenlaufschaufeln sind mit der Welle 24 verbunden, die ausserdem über das gesamte Turbinensystem 10 hinweg mit mehreren sonstigen Bauteilen verbunden ist. Während die Verbrennungsgase 34 in der Turbine 16 gegen und zwischen die Turbinenschaufeln strömen, wird die Turbine 16 in Drehung versetzt, mit der Folge, dass sich die Welle 24 dreht. Schliesslich verlassen die Verbrennungsgase 34 das Turbinensystem 10 über einen Abgasauslass 26. Weiter kann die Welle 24 mit einer Last 28 verbunden sein, die durch die Rotation der Welle 24 angetrieben wird. Die Last 28 kann beispielsweise eine beliebige geeignete Vorrichtung sein, die in der Lage ist, über die Drehmomentausgabe des Turbinensystems 10 Strom zu erzeugen, wie z.B. ein elektrischer Generator, ein Propeller eines Flugzeugs, und dergleichen.

[0031] Fig. 2 veranschaulicht einen schematischen Schnitt eines Ausführungsbeispiels der Brennkammer 14 von Fig. 1. Wie gezeigt, weist die Brennkammer 14 einen Brennraum 36 und ein Kopfende 38 auf. Mehrere Mischrohre 18 sind in dem Kopfende 38 der Brennkammer 14 positioniert. Die Mischrohre 18 können sich allgemein zwischen einer Kappe 40 und einer Endabdeckung 42 erstrecken. In einigen Ausführungsbeispielen sind die Mischrohre 18 in dem Kopfende 38 aufgehängt, so dass die Mischrohre 18 nicht an der Endabdeckung 42 oder der Kappe 40 befestigt werden müssen. Alternativ können die Mischrohre 18 jedoch mit entweder der Kappe 40 und/oder der Endabdeckung 42 verbunden sein, wie nachfolgend näher erläutert. Die Endabdeckung 42 kann zudem einen Brennstoff sammelraum 44 aufweisen, der dazu dient, den Mischrohren 18 Brennstoff zuzuführen. In der folgenden Erörterung kann Bezug genommen werden auf eine Axialrichtung 2, die entlang einer Achse 4 der Brennkammer 14 verläuft, eine Radialrichtung 6, die von der Achse 4 weg oder auf sie zu verläuft, und eine Umfangsrichtung 8 um die Achse 4 herum. Die Mischrohre 18 erstrecken sich in der

axialen Richtung 2 und sind im Wesentlichen parallel zueinander. Der Brennstoffsammelraum 44 verzweigt Brennstoff zu den Mischrohren 18 in der axialen Richtung 2, wohingegen die Mischrohre 18 Luft in der Radialrichtung 6 empfangen.

[0032] Wie oben beschrieben, nimmt der Verdichter 12 Luft 32 von dem Lufteinlass 30 auf, verdichtet die Luft 32 und erzeugt den Strom unter Druck stehender Luft 22 für die Verwendung in dem Verbrennungsprozess. Wie durch den Pfeil 46 gezeigt, wird die Druckluft 22 durch eine Lufteinlassöffnung 48, die die Luft seitlich oder radial 6 gegen Seitenwände der Mischrohre 18 lenkt, an das Kopfende 38 der Brennkammer 14 ausgegeben. Speziell strömt die Druckluft 22 in der mit dem Pfeil 46 bezeichneten axialen Richtung 2 aus dem Verdichter 12 durch einen Ringraum 50 zwischen einem Flammrohr 52 und einer Strömungshülse 54 der Brennkammer 14, um das Kopfende 38 zu erreichen. Das Flammrohr 52 ist in Umfangsrichtung um den Brennraum 36 angeordnet, der Ringraum 50 ist in Umfangsrichtung um das Flammrohr 52 angeordnet, und die Strömungshülse 54 ist in Umfangsrichtung um den Ringraum 50 angeordnet. Bei Erreichen des Kopfendes 38 dreht die Luft 22 von der Axialrichtung 2 zu der Radialrichtung 6 durch den Einlass 48 in Richtung der Mischrohre 18, wie durch die Pfeile 46 angedeutet.

[0033] Die unter Druck stehende Luft 22 wird in den mehreren Mischrohren 18 mit dem Brennstoff 20 vermischt. Wie nachstehend erläutert, nimmt jedes Mischrohr 18 den Brennstoff 20 durch einen axialen Endbereich des Mischrohrs 18 in der axialen Richtung 2 auf, während es ferner die Luft 22 durch mehrere seitliche Öffnungen in dem Mischrohr 18 aufnimmt. Somit vermischen sich der Brennstoff 20 und die Luft 22 im Inneren jedes einzelnen Mischrohrs 18. Wie durch Pfeile 56 gezeigt, strömt das Brennstoff/Luft-Gemisch in den Mischrohren 18 stromabwärts in den Brennraum 36 hinein, wo das Brennstoff-Luft-Gemisch gezündet und verbrannt wird, um die Verbrennungsgase 34 (z.B. Abgas) hervorzubringen. Die Verbrennungsgase 34 strömen in einer Richtung 58 gegen ein Übergangsstück 60 der Turbinenbrennkammer 14. Die Verbrennungsgase 34 strömen durch das Übergangsstück 60, wie durch den Pfeil 62 gezeigt, gegen die Turbine 16, wo die Verbrennungsgase 34 die Laufschaufeln in der Turbine 16 in Drehung versetzen.

[0034] Fig. 3 veranschaulicht schematisch die mehreren Mischrohre 18 in der Brennkammer 14. Wie gezeigt, ist in jedem Mischrohr 18 ein Durchlasskanal oder eine Mischkammer 64 ausgebildet. Die Mischkammer 64 ist dazu eingerichtet, den Brennstoff 20 und die unter Druck stehende Luft 22 aufzunehmen und zu vermischen. Wie zu sehen, erstreckt sich das Mischrohr 18 allgemein zwischen einem ersten Ende 66 (z.B. einer axialen Endöffnung) und einem zweiten Ende 68 (z.B. einer axialen Endöffnung) des Mischrohrs 18, und die Mischkammer 64 ist innerhalb eines Abschnitts des Mischrohrs 18 derart ausgebildet, so dass die Länge der Mischkammer 64 kürzer ist als ihr jeweiliges Mischrohr 18. Die Mischkammer 64 und ihr entsprechendes Mischrohr 18 können sich durch die Kappe 40 (z.B. eine perforierte Kappe) erstrecken, so dass das Brennstoff/Luft-Gemisch von der Mischkammer 64 in den Brennraum 36 durch eine axiale Endöffnung ausgegeben werden kann, die allgemein in der Nähe des zweiten Endes 68 des Mischrohrs 18 angeordnet ist. Die Kappe 40 kann mehrere Öffnungen oder Aufnahmen aufweisen, die die mehreren Mischrohre 18 aufnehmen und stützen. In speziellen Ausführungsbeispielen kann das Mischrohr 18 durch eine Hartlötstelle, Schweißnaht, Gewindegänge, Halterungen, Klammern, oder Presspassungen an der Kappe 40 und/oder an der Endabdeckung 42 befestigt sein. In einigen Ausführungsbeispielen ist das Mischrohr allerdings nicht fest an der Endabdeckung 42 oder an der Kappe 40 angebracht. Weiter ist das Mischrohr 18 möglicherweise an keinem Bauteil in der Brennkammer 14 dauerhaft befestigt. Vielmehr kann das Mischrohr 18 in der Brennkammer 14 in dem Kopfende 38 schwebend gehalten oder aufgehängt sein, z.B. durch eine oder mehrere Strukturen (beispielsweise durch die Kappe 40, einen Halter, eine Aufprallplatte, eine Feder und dergleichen) getragen sein. Solche Halterungskonstruktionen können das Mischrohr 18 in axialer Richtung allgemein beschränken, während sie in Reaktion auf eine Bewegung, Schwingung, Wärmeausdehnung oder -kontraktion oder eine beliebige Kombination davon auch eine axiale Bewegung erlauben.

[0035] In einigen Ausführungsbeispielen können jedes Mischrohr 18 und dessen entsprechende Mischkammer 64 eine allgemein kreisförmige Querschnittsgestalt aufweisen. Darüber hinaus können jedes Mischrohr 18 und dessen entsprechende Mischkammer 64 einen Durchmesser von weniger als etwa 1, 2, 3, 4 oder 5 Zentimeter aufweisen. In speziellen Ausführungsbeispielen können jedes Mischrohr 18 und dessen entsprechende Mischkammer 64 einen Durchmesser im Bereich von etwa 0,5 bis 2, 0,75 bis 1,75 oder 1 bis 1,5 Zentimeter aufweisen. Es sollte verständlich sein, dass sämtliche Mischrohre 18 und/oder Mischkammern 64 in der Brennkammer 14 einen weitgehend ähnlichen Durchmesser aufweisen können, dass es jedoch in speziellen Ausführungsbeispielen vorteilhaft sein kann, wenn die Mischrohre 18 und/oder Mischkammern 64 unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Ausserdem können jedes Mischrohr 18 und jede Mischkammer 64 in einigen typischen Ausführungsbeispielen mit einer Länge von etwa 1 Zentimeter bis etwa 75 Zentimeter bemessen sein. In speziellen Ausführungsbeispielen können die Mischrohre 18 und Mischkammern 64 jeweils eine Länge von etwa 10 bis 60, 15 bis 50, 20 bis 40 oder 30 bis 35 Zentimeter aufweisen. In speziellen Ausführungsbeispielen können sämtliche Mischrohre 18 in der Brennkammer 14 weitgehend (beispielsweise im Bereich von etwa 5%) ähnliche Längen aufweisen, obwohl die Mischrohre 18 in einigen Ausführungsbeispielen zwei oder mehrere verschiedene Längen aufweisen können. In Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung weisen die Mischkammern 64 in der Brennkammer 14 zwei oder mehrere unterschiedliche Längen auf, um mehrere verschiedene Mischzeiten bereitzustellen, wie nachfolgend näher erörtert.

[0036] In einigen Ausführungsbeispielen kann die Endabdeckung 42 stromaufwärts und in der Nähe des ersten Endes 66 des Mischrohrs 18 angeordnet sein. Die Endabdeckung 42 kann einen oder mehrere Brennstoffeinlässe 70 aufweisen, durch die der Brennstoff 20 an eine oder mehrere (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr) Brennstoffsammelräume 44 in der Endabdeckung 42 ausgegeben wird. Weiter kann jeder Brennstoffsammelraum 44 strömungsmässig mit einem

oder mehreren (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr) Brennstoffinjektoren 72 verbunden sein. Wie zu sehen, enthält jedes Mischrohr 18 einen entsprechenden Brennstoffinjektor 72, der den Brennstoff 20, wie durch Pfeile 45 angedeutet, in der axialen Richtung 2 aufnimmt. In einigen Ausführungsbeispielen kann die Endabdeckung 42 einen einzigen gemeinsamen Brennstoffsammelraum 44 (z.B. eine Brennstoffzuführkammer) für sämtliche Mischrohre 18 und zugeordnete Brennstoffinjektoren 72 aufweisen. In weiteren Ausführungsbeispielen kann das System 10 eine, zwei, drei oder mehrere Brennstoffsammelräume 44 enthalten, die jeweils Brennstoff 20 einer Untergruppe von Brennstoffinjektoren 72 und zuletzt dem Mischrohr 18 zuführen, das jedem Brennstoffinjektor 72 zugeordnet ist. Beispielsweise kann ein Brennstoffsammelraum 44 ungefähr 5, 10, 50, 70, 100, 500, 1000 oder mehreren Brennstoffinjektoren 72 Brennstoff bereitstellen. In einigen Ausführungsbeispielen kann die Brennkammer 14, die Untergruppen von Brennstoffinjektoren 72 aufweist, die durch verschiedene Brennstoffsammelräume 44 beliefert werden, es gestatten, dass eine oder mehrere Untergruppen von Brennstoffinjektoren 72 und entsprechende Mischrohre 18 fetter oder magerer als andere betrieben werden, was wiederum beispielsweise eine genauere Steuerung des Verbrennungsprozesses ermöglichen kann. Darüber hinaus können mehrere Brennstoffsammelräume 44 ermöglichen, mit der Brennkammer 14 (z.B. gleichzeitig) mehrerer Arten von Brennstoffen 20 zu nutzen.

[0037] Wie in Fig. 3 gezeigt, kann eine Halterungsstruktur 74 (z.B. Seitenwand) das Kopfende 38 der Brennkammer 14 längs des Umfangs umgeben, und die Halterungsstruktur 74 kann die Mischrohre 18 und sonstige Strukturen in dem Kopfende 38 allgemein schützen und/oder stützen. Beispielsweise kann die Halterungsstruktur 74 eine äussere Ringwand sein. Wie oben beschrieben, kann in einigen Ausführungsbeispielen unter Druck stehende Luft 22 durch die Lufteinlassöffnung 48 in das Kopfende 38 eintreten. Spezieller kann unter Druck stehende Luft 22 z.B. im Wesentlichen in radialer Richtung 6, wie durch Pfeil 46 gezeigt, durch die Lufteinlassöffnung 48 seitlich in einen Lufthohlraum 78 in dem Kopfende 38 strömen. Der Lufthohlraum 78 beinhaltet das Volumen des Raums, der in dem Kopfende 38 zwischen den mehreren Mischrohren 18 vorhanden ist und von der Halterungsstruktur 74 (z.B. der äusseren Wand) umgeben ist. Während die unter Druck stehende Luft 22 zu jedem der mehreren Mischrohre 18 strömt, breitet sich die unter Druck stehende Luft 22 in dem gesamten Lufthohlraum 78 aus. In einigen Ausführungsbeispielen kann ein Strömungsverteiler oder Diffusor 76 (z.B. ein Leitblech, Kanal oder eine Umlenkschaukel) in der Brennkammer 14 vorgesehen sein. Der Diffusor 76 kann ein ringförmiger Strömungskonditionierungsdiffusor sein, der dazu eingerichtet ist, die unter Druck stehende Luft 22 nach vorn, radial 6 nach innen und/oder nach aussen über die mehreren Mischrohre 18 zu verteilen. Beispielsweise kann der Diffusor 76 eine kegelig zulaufende Ringwand 75 beinhalten, die sich allmählich in der Radialrichtung 6 nach innen in Richtung des Hohlraums 78 und der Mischrohre 18 neigt oder krümmt. Der Diffusor 76 kann auch einen ringförmigen Innenkanal 77 beinhalten, dessen Querschnittsfläche in Richtung des Hohlraums 78 und der Mischrohre 18 allgemein divergiert oder wächst. Der Diffusor 76 kann dazu eingerichtet sein, die Verteilung der unter Druck stehenden Luft 22 in dem Kopfende 38 zu verbessern. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Diffusor 76 die unter Druck stehende Luft 22 so ausbreiten, dass die unter Druck stehende Luft 22 im Wesentlichen gleichmässig auf jedes Mischrohr 18 verteilt wird. Zusätzlich oder alternativ kann eine perforierte Luftverteilerplatte 80, die in Fig. 3 durch eine gestrichelte Linie angezeigt ist, in dem Hohlraum 78 des Kopfendes 38 vorgesehen sein, und die Luftverteilerplatte 80 kann allgemein zwischen der Endabdeckung 42 und der Kappe 40 angeordnet sein. Die Perforationen in der Luftverteilerplatte 80 können beliebige von vielfältigen Gestalten und Grössen haben und können allgemein eine zusätzliche Streuung und Verteilung der unter Druck stehenden Luft 22 erzielen, um die Verteilung der unter Druck stehenden Luft 22 an die Mischrohre 18 zu verbessern.

[0038] Nach dem Eintritt in das Kopfende 38 durch die Lufteinlassöffnung 48 kann die unter Druck stehende Luft 22 durch eine oder mehrere Öffnungen 82, die in den Mischrohren 18 ausgebildet sind, in jedes Mischrohr 18 und dessen entsprechende Mischkammer 64 eintreten. Die Öffnungen 82 können konstruiert sein, um beliebige von vielfältigen Formen, Grössen und Anordnungen aufzuweisen. Beispielsweise können die Öffnungen 82 im Wesentlichen kreisförmige, elliptische oder rechteckige Querschnittsformen aufweisen. Weiter können die Öffnungen 82 mit einem Durchmesser oder einer Weite im Bereich von etwa 0,001 Zentimeter bis etwa 1,5 oder mehr Zentimeter bemessen sein. Die Öffnungen 82 können auch einen Durchmesser oder eine Weite im Bereich von beispielsweise etwa 0,01 bis 1, 0,05 bis 0,5 oder 0,1 bis 0,25 Zentimeter aufweisen. In einigen Ausführungsbeispielen können eine oder mehrere Reihen von Öffnungen 82 um den Umfang des Mischrohrs 18 (z.B. gleichmässig) beabstandet angeordnet sein. Ausserdem können die Öffnungen 82 unter einem Winkel relativ zu dem Mischrohr 18 angeordnet sein. D.h., die Öffnungen 82 können so eingerichtet sein, dass die unter Druck stehende Luft 22 die Öffnung 82 durchquert und gegenüber der Wand des Mischrohrs 18 unter einem Winkel α_1 in die Mischkammer 64 des Mischrohrs 18 strömt. In speziellen Ausführungsbeispielen kann der Winkel α_1 , unter dem die unter Druck stehende Luft 22 in die Mischkammer 64 einströmt, gleich, grösser als oder kleiner als 90 Grad sein. Beispielsweise kann der Winkel α_1 etwa 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 oder 80 Grad betragen. Die Öffnungen 82, die in den Mischrohren 18 ausgebildet sind, können im Wesentlichen ähnliche Formen, Grössen und/oder Winkel aufweisen, während die Öffnungen 82 in anderen Ausführungsbeispielen möglicherweise unterschiedliche Formen, Grössen und/oder Winkel aufweisen. Allgemein können die Öffnungen 82 an einer beliebigen Stelle entlang des Mischrohrs 18 angeordnet sein. Allerdings können die Öffnungen 82 in einigen Ausführungsbeispielen allgemein stromaufwärts der Stelle angeordnet sein, an der der Brennstoff 20 durch den Brennstoffinjektor 72 in das Mischrohr 18 eintritt. Ausserdem können die Öffnungen 82 in Umfangsrichtung beabstandet um den Brennstoffinjektor 72 angeordnet sein, so dass die Luft 22 dadurch radial nach innen in Richtung des Brennstoffinjektors 72 gelenkt wird.

[0039] Alternativ können anstelle von Öffnungen 82 an dem ersten Ende 66 des Mischrohrs 18 eines oder mehrere der Mischrohre 18 einen erweiterten Durchmesser aufweisen, um die unter Druck stehende Luft 22 aufzunehmen. In anderen

Worten kann das erste Ende 66 erweitert sein, um eine Glockengestalt 91 aufzuweisen. In derartigen Konstruktionen kann die unter Druck stehende Luft 22 in das Mischrohr 18 durch das erste Ende 66 des Mischrohrs 18 eintreten. Beispielsweise kann die unter Druck stehende Luft 22 durch den Einlass 48 hindurch axial und/oder radial nach innen durch das Mischrohr 18 und gegen die Stirnplatte 42 verteilt werden. Die unter Druck stehende Luft 22 kann durch das erste Ende 66 des Mischrohrs 18 in das Mischrohr 18 eintreten. In einigen Ausführungsbeispielen können ein oder mehrere Mischrohre 18 in der Brennkammer 14 dazu eingerichtet sein, unter Druck stehende Luft 22 durch das erste Ende 66 des Mischrohrs 18 aufzunehmen, während ein oder mehrere Mischrohre 18 dazu eingerichtet sein können, die unter Druck stehende Luft 22 durch Öffnungen 82 aufzunehmen, die an der Wand des Mischrohrs 18 ausgebildet sind.

[0040] Wie in Fig. 3 gezeigt, weist die Brennkammer 14 in einigen Ausführungsbeispielen zudem einen Halter 84 und/oder eine Aufprallplatte 86 auf. Der Halter 84 und/oder die Aufprallplatte 86 kann/können stromabwärts der Brennstoffinjektoren 72 und allgemein in der Nähe der Kappe 40 angeordnet sein. In einigen Ausführungsbeispielen können die Kappe 40, der Halter 84 und/oder die Aufprallplatte 86 beispielsweise von der Halterungsstruktur 74 abnehmbar oder trennbar sein. Der Halter 84 kann eine Stütze für die Mischrohre 18 bereitstellen. Die Aufprallplatte 86 kann im Wesentlichen benachbart zu einer Kappe 40 angeordnet sein, und in einigen Ausführungsbeispielen kann die Aufprallplatte 86 zwischen dem Halter 84 und der Kappe 40 angeordnet sein. Die Aufprallplatte 86 kann die Mischrohre 18 stützen und kann zusätzlich oder alternativ eine Kühlung der Kappe 40 in der Brennkammer 14 erzielen.

[0041] Wie oben erörtert, und wie in Fig. 3 gezeigt, ist für jedes Mischrohr 18 der Brennkammer 14 ein Brennstoffinjektor 72 vorgesehen. D.h., in einem Abschnitt jedes Mischrohrs 18 ist ein Brennstoffinjektor 72 angeordnet, um Brennstoff 20 in die Mischkammer 64 jedes Mischrohrs 18 zu liefern. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Brennstoffinjektor 72 in jedem Mischrohr 18 allgemein coaxial angeordnet sein, indem der Brennstoffinjektor 72 axial 2 durch das erste Ende 66 jedes Mischrohrs 18 eingesetzt wird. In speziellen Ausführungsbeispielen können die Mischrohre 18 eine Grösse, Gestalt und Anordnung aufweisen, die es jedem Mischrohr 18 ermöglicht, den entsprechenden Brennstoffinjektor 72 aufzunehmen.

[0042] Unter Bezugnahme auf Fig. 4 kann jeder Brennstoffinjektor 72 mit der Endabdeckung 42 abnehmbar verbunden sein. Zusammen können die Endabdeckung 42 und die Brennstoffinjektoren 72 als eine Brennstoffinjektoranordnung bzw. ein Modul beschrieben sein. Während die Brennstoffinjektoren 72 als Brennstoffinjektoranordnung oder -modul mit der Endabdeckung 42 verbunden sind, können die Mischrohre 18 als Mischrohranordnung oder -modul in der Halterungsstruktur 74 gestützt sein. Somit ermöglichen das Brennstoffinjektormodul und das Mischrohrmodul einen raschen und einfachen Zusammenbau sämtlicher Mischrohre 18 und zugeordneter Brennstoffinjektoren 72, indem diese beiden Module miteinander zusammengesetzt werden.

[0043] In einigen Ausführungsbeispielen kann sich der Brennstoffinjektor 72 allgemein ausgehend von einer Schulter 100 (z.B. dem ersten rohrförmigen Abschnitt) zu einem Endabschnitt 102 (z.B. dem zweiten rohrförmigen Abschnitt) erstrecken. In speziellen Ausführungsbeispielen kann die Schulter 100 einen grösseren Durchmesser als der Endbereich 102 aufweisen, und der Endbereich 102 kann sich verjüngend (z.B. mit einer kegelig zulaufenden ringförmigen, bspw. konischen Gestalt) ausgebildet sein, so dass der Durchmesser ausgehend von der Schulter 100 hin zu einem distalen Ende 104 des Endbereichs 102 allmählich abnimmt. In speziellen Ausführungsbeispielen kann der Endbereich 102 eine Spitze bilden oder an dem distalen Ende 104, wie in Fig. 4 gezeigt, allgemein auf einen Punkt zulaufen. Es kommen auch andere Formen und Konstruktionen des Endbereichs 102 des Brennstoffinjektors 72 in Betracht, beispielsweise ein Endbereich 102 mit einer beispielsweise zylindrischen, rechteckigen oder hexagonalen Gestalt. Darüber hinaus können die Brennstoffinjektoren 72 mit beliebigen geeigneten Längen bemessen sein und können ferner unterschiedliche Längen der Schultern 100 und Längen des Endbereichs 102 aufweisen. Beispielsweise kann in einigen Ausführungsbeispielen jeder Brennstoffinjektor 72 eine Länge von etwa 0,1 Zentimeter bis etwa 25 Zentimeter oder darüber aufweisen. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Brennstoffinjektor 72 eine Länge von etwa 2 bis 15, 4 bis 10 oder 5 bis 8 Zentimeter aufweisen. Darüber hinaus können die Brennstoffinjektoren 72 in der Brennkammer 14 in einigen Ausführungsbeispielen weitgehend ähnliche Längen aufweisen, obwohl die Brennstoffinjektoren 72 in anderen Ausführungsbeispielen zwei oder mehrere verschiedene Längen (z.B. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehrere verschiedene Längen) aufweisen können. Weiter kann das Verhältnis zwischen einer Länge der Schulter 100 und einer Länge des Endbereichs 102 etwa 1:1 betragen. Dennoch kann das Verhältnis in anderen Ausführungsbeispielen beispielsweise etwa 2:1 oder 1:2, 3:1 oder 1:3, 4:1 oder 1:4 oder ein beliebiges sonstiges geeignetes Verhältnis sein. In einigen Ausführungsbeispielen kann zusätzlich eine Feder 90, beispielsweise eine radiale Feder, um einen Abschnitt der Schulter 100 des Brennstoffinjektors 72 herum angeordnet sein, um den Brennstoffinjektor 72 zu stützen.

[0044] Der Brennstoff 20 kann von dem Brennstoffsammelraum 44, der an oder in der Endabdeckung 42 angeordnet ist, durch einen Brennstoffeinlass 105 in einen Brennstoffkanal 106 in dem Brennstoffinjektor 72 strömen. Der Brennstoff 20 kann den Brennstoffkanal 106 durch ein oder mehrere Löcher 108 (z.B. Brennstoffauslässe) verlassen, die an dem Brennstoffinjektor 72 ausgebildet sind. Die Löcher 108 können an einer beliebigen geeigneten Stelle an dem Brennstoffinjektor 72 angeordnet sein. Beispielsweise können die Löcher 108 in einigen Ausführungsbeispielen an der Schulter 100 des Brennstoffinjektors 72 angeordnet sein. In weiteren Ausführungsbeispielen können die Löcher 108 auf dem Endabschnitt 102 des Brennstoffinjektors 72 angeordnet sein. Ausserdem können die Löcher auf jedem im Wesentlichen zylindrischen Abschnitt des Brennstoffinjektors 72 oder auf jedem im Wesentlichen sich verjüngenden oder konischen Abschnitt des Brennstoffinjektors 72 angeordnet sein.

[0045] Darüber hinaus können die Löcher 108 auf eine beliebige von vielfältigen Weisen angeordnet sein, und speziell können die Löcher 108 beliebige von vielfältigen Formen, Winkeln und Grössen aufweisen. Beispielsweise können die Löcher 108 in einigen Ausführungsbeispielen eine im Wesentlichen kreisförmige Querschnittsgestalt aufweisen. In einigen Ausführungsbeispielen können ein oder mehrere Löcher 108 so konstruiert sein, dass der Brennstoff 20 relativ zu der Wand des Brennstoffinjektors 72 unter einem Winkel α_2 in die Mischkammer 64 des Mischrohrs 18 injiziert wird. Beispielsweise kann das Loch 108 so konstruiert sein, dass der Brennstoff 20 relativ zu der Wand des Brennstoffinjektors 72 unter einem Winkel α_2 , der gleich, grösser oder kleiner als 90 Grad ist, in die Mischkammer 64 injiziert wird. In weiteren Ausführungsbeispielen kann das Loch 108 so konstruiert sein, dass der Brennstoff 20 relativ zu der Wand des Brennstoffinjektors 72 unter einem Winkel α_2 von etwa 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 oder 80 Grad in die Mischkammer 64 injiziert wird. Die Löcher 108 können allgemein derart konstruiert sein, dass sich die Flammenhaltungseigenschaften der Brennkammeranordnung verbessern. Darüber hinaus können das eine oder die mehreren Löcher 108 in einigen Ausführungsbeispielen um den Umfang des Brennstoffinjektors 72 angeordnet sein. Beispielsweise können die Löcher 108 gleichmässig um den Umfang des Brennstoffinjektors 72 beabstandet sein. In speziellen Ausführungsbeispielen können die Löcher 108 so eingerichtet sein, dass der Brennstoff 20, wie durch Pfeile 110 angedeutet, radial in die Mischkammer 64 des Mischrohrs 18 ausgegeben und radial nach aussen verbreitet werden kann. Die Löcher 108 können eine im Wesentlichen übereinstimmende Grösse aufweisen, obwohl die Löcher 108 in anderen Ausführungsbeispielen mit unterschiedlichen Grössen bemessen sein können. In einigen Ausführungsbeispielen, die an jedem Brennstoffinjektor 72 mehrere Löcher 108 aufweisen, können die mehreren Löcher 108 konstruiert sein, um weitgehend ähnliche Grössen, Formen und/oder Winkel aufzuweisen. Alternativ können die mehreren Löcher 108 konstruiert sein, um eine oder mehrere verschiedene Grössen, Formen und/oder Winkel aufzuweisen.

[0046] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele ermöglichen ein Mischen von Brennstoff 20 und unter Druck stehender Luft 22 vor der Verbrennung in der Brennkammer 36. Wie oben erörtert, kann die Vormischbrennkammer 14 konstruiert sein, um mehrere verschiedene Mischzeiten aufzuweisen. Verschiedene Mischzeiten bei den mehreren Mischrohren 18 können die häufig in Brennkammern auftretenden Schwankungen mit grosser Amplitude verringern und beispielsweise die Instabilität in dem Verbrennungssystem allgemein reduzieren. Es sind daher im Folgenden vielfältige Konstruktionen und Anordnungen der Mischrohre 18, der Mischkammern 64, der Brennstoffinjektoren 72, der Öffnungen 82, der Löcher 108 und/oder anderer Komponenten in der Brennkammer 14 beschrieben, die zwei oder mehr verschiedene Mischzeiten bereitstellen können.

[0047] Fig. 5 veranschaulicht ein Ausführungsbeispiel der Brennkammer 14, die dazu eingerichtet ist, mehrere verschiedene Mischzeiten bereitzustellen. Wie in dem veranschaulichten Ausführungsbeispiel gezeigt, kann sich jedes Mischrohr 18 in der Brennkammer 14 zwischen dem ersten Ende 64 und dem zweiten Ende 66 erstrecken, und jedes Mischrohr 18 kann eine im Wesentlichen ähnliche Länge 114 aufweisen. In speziellen Ausführungsbeispielen kann jedes Mischrohr 18 einen ersten Abschnitt 116 zur Aufnahme seines entsprechenden Brennstoffinjektors 72 und einen zweiten Abschnitt 118 aufweisen, der die entsprechende Mischkammer 64 zum Vermischen von Brennstoff 20 und Luft 22 aufweist. Wie oben beschrieben, kann der Brennstoff 20 durch die Löcher 108 des Brennstoffinjektors 72 in die Mischkammer 64 injiziert werden, und unter Druck stehende Luft 22 kann durch die Öffnungen 82 in die Mischkammer 64 einströmen.

[0048] Ausserdem können die mehreren Mischkammern 64, wie in Fig. 5 gezeigt, mit mehreren unterschiedlichen Längen 63 bemessen sein, um in der Brennkammer 14 mehrere verschiedene Mischzeiten bereitzustellen. Die mehreren Mischkammern 64 können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehrere verschiedene Längen 63 aufweisen. Solche Konstruktionen können allgemein verschiedene Mischzeiten bereitstellen, da eine verhältnismässig kurze Mischkammer 64 dem Brennstoff 20 und der unter Druck stehenden Luft 22 weniger Zeit für das Mischen bereitstellen kann, während eine verhältnismässig lange Mischkammer 64 dem Brennstoff 20 und der unter Druck stehenden Luft 22 vor dem Ausbringen in die Brennkammer 36 mehr Zeit für das Vermischen bereitstellen kann. Weiter können die mehreren Brennstoffinjektoren 72 in einigen Ausführungsbeispielen mehrere unterschiedliche Längen 63 aufweisen. Die mehreren Brennstoffinjektoren 72 können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehrere verschiedene Längen 63 aufweisen.

[0049] Speziell variiert in dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel die Länge sowohl der mehreren Mischkammern 64 als auch der mehreren Brennstoffinjektoren 72. In einigen derartigen Ausführungsbeispielen können die Länge 63 der Mischkammer 64 und die Länge des entsprechenden Brennstoffinjektors 72 allgemein gleich der Gesamtlänge 114 des entsprechenden Mischrohrs 18 sein. Somit kann die relative Länge, oder das Verhältnis der Längen, der Mischkammer 64 und des entsprechenden Brennstoffinjektors 72 bei den mehreren Mischrohren 18 in der Brennkammer 14 unterschiedlich sein. In anderen Worten kann jeder Brennstoffinjektor 72 eine Länge aufweisen, die im Allgemeinen die Länge seiner entsprechenden Mischkammer 64 ausgleicht oder mit dieser kompatibel ist.

[0050] Wie in Fig. 5 gezeigt, kann die Mischkammer 64 eines ersten Mischrohrs 18 (z.B. eines ersten Mischrohrs 200) eine verhältnismässig grosse Länge 120 aufweisen, und ihr entsprechender Brennstoffinjektor 72 kann eine verhältnismässig kurze Länge 122 aufweisen, so dass die zusammengeführten Längen der Mischkammer 64 und des Brennstoffinjektors 72 im Wesentlichen gleich der Länge 114 des ersten Mischrohrs 200 sind. Die Mischkammer 64 eines weiteren Mischrohrs 18 (z.B. eines zweiten Mischrohrs 202) kann eine mittlere Länge 124 aufweisen, und ihr entsprechender Brennstoffinjektor 72 kann von mittlerer Länge 126 sein, so dass die zusammengeführten Längen des Mischrohrs 64 und des Brennstoffinjektors 72 im Wesentlichen gleich der Länge 114 des zweiten Mischrohrs 202 sind. Zuletzt kann die Mischkammer 64 noch eines weiteren Mischrohrs 18 (z.B. eines dritten Mischrohrs 204), wie dargestellt, eine verhältnismässig kurze Länge

128 aufweisen, und ihr entsprechender Brennstoffinjektor 72 kann eine verhältnismässig grosse Länge 130 aufweisen, so dass die zusammengeführten Längen des Mischrohrs 64 und des Brennstoffinjektors 72 im Wesentlichen gleich der Länge 114 des dritten Mischrohrs 204 sind. Somit können die Länge der Mischkammer 64 und die Länge des entsprechenden Brennstoffinjektors 72 jedes Mischrohrs 18, wie oben erläutert, variieren. Das in Fig. 5 veranschaulichte Ausführungsbeispiel sieht drei verschiedene Längen der Mischkammer 64 vor und stellt dem Brennstoff 20 und der Luft 22 für das Vormischen in dem Mischrohr 18 entsprechend drei verschiedene Mischzeiten bereit. Das Verhältnis zwischen der Länge der Mischkammer 64 und der ihres entsprechenden Brennstoffinjektors 72 kann ein beliebiges geeignetes Verhältnis sein. Beispielsweise kann das Verhältnis von Länge 120 zu 122 beispielsweise etwa 50:1, 40:1, 30:1, 20:1, 10:1, 5:1, 4:1, 3:1 oder 2:1, oder auch umgekehrt, sein. Alternativ kann die Mischkammer 64 kürzer sein als ihr entsprechender Brennstoffinjektor 72, so dass das Verhältnis von Länge 120 zu 122 beispielsweise etwa 1:50, 1:40, 1:30, 1:20, 1:10, 1:5, 1:4, 1:2, oder auch umgekehrt, sein kann.

[0051] Zu beachten ist, dass sich die Brennstoffeinlässe (beispielsweise Löcher 108) und/oder Lufteinlässe (beispielsweise Öffnungen 82), die jedem Mischrohr 18 zugeordnet sind, in Fig. 5 in mehreren verschiedenen Ebenen befinden. Somit kann in einigen Ausführungsbeispielen ein System erzeugt werden, das mehrere verschiedene Mischzeiten bereitstellt, indem die Position der Löcher 108 und/oder Öffnungen 82 bei den mehreren Mischrohren 18 variiert wird. In einigen Ausführungsbeispielen kann die Position der Löcher 108, wie in Fig. 4 gezeigt, als Ergebnis einer Veränderung der Länge des Brennstoffinjektors 72 verändert sein. Allerdings kann die Position der Löcher 108 in einigen Ausführungsbeispielen als Ergebnis einer Veränderung des Ortes der Löcher 108 auf den mehreren Brennstoffinjektoren 72 variiert werden. Beispielsweise können die Löcher 108, wie im Vorausgehenden beschrieben, an dem Schulterabschnitt 100 oder an dem Endabschnitt 102 des Brennstoffinjektors 72 angeordnet sein. Darüber hinaus können die Öffnungen 82 in einigen Ausführungsbeispielen in verschiedenen Ebenen angeordnet sein, und infolgedessen kann die Zeit, die für das Mischen des Brennstoffs 20 und der unter Druck stehenden Luft 22 in der Brennkammer 14 vorgesehen ist, variieren.

[0052] Fig. 6 veranschaulicht anhand eines Graphen 220 die Dynamik, die in Zusammenhang mit einem System auftreten kann, das mehrere unterschiedliche Mischzeiten bei den mehreren Mischrohren 18 bereitstellt, gemäss einigen der hier beschriebenen Ausführungsbeispiele. Spezieller veranschaulicht der Graph 220 die relative Amplitude 222 gegenüber der Frequenz 224 für drei verschiedene Mischsysteme. Ein dargestelltes erstes System 226 ist dazu eingerichtet, ein einzige Mischzeit bereitzustellen, ein zweites System 228 ist dazu eingerichtet, vier verschiedene Mischzeiten bereitzustellen, und ein drittes System 230 ist dazu eingerichtet, sechs verschiedene Mischzeiten bei den mehreren Mischrohren 18 bereitzustellen. Wie gezeigt, hat das erste System 226, das lediglich eine Mischzeit aufweist, wie durch die grossen Amplitudenspitzen bei diskreten Frequenzen angezeigt, die grösste Instabilität. Das zweite System 228 mit vier verschiedenen Mischzeiten ergibt eine relativ geringere Instabilität als das erste System 226, und das dritte System 230 mit sechs verschiedenen Mischzeiten ergibt die geringste Instabilität unter den dargestellten Modellen. Anstelle einer grossen Amplitude bei einer oder zwei Frequenzen, ermöglicht ein System, das dazu eingerichtet ist, mehrere unterschiedliche Mischzeiten aufzuweisen, eine reduzierte Spitzenamplitude von Druckschwankungen bei vielen verschiedenen Frequenzen (z.B. 2–100 verschiedenen Frequenzen). IN anderen Worten dämpft das System, das für die mehreren Mischrohre mehrere verschiedene Mischzeiten aufweist, die Amplitude, indem es die Unstetigkeit auf viele Frequenzen verteilt. Wie veranschaulicht, reduzieren Systeme, die dazu eingerichtet sind, mehrere verschiedene Mischzeiten bereitzustellen, somit vorteilhafterweise die Instabilität in dem Verbrennungssystem.

[0053] Während die veranschaulichten Ausführungsbeispiele allgemein verschiedene Mischzeiten in Zusammenhang mit einem System zeigen, das mehreren Mischkammern 64 unterschiedlicher Länge und entsprechende Brennstoffinjektoren 72 unterschiedlicher Länge enthält, kommt jede Konstruktion in Betracht, die verschiedene Längen der Mischkammern 64 und unterschiedliche Zeiten des Brennstoff-Luft-Mischens ermöglicht. Es ist ebenfalls selbstverständlich, dass gemäss der vorliegenden Beschreibung eine beliebige Anzahl unterschiedlicher Mischzeiten in einer Brennkammer 14 bereitgestellt sein kann. In einigen Ausführungsbeispielen können 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 oder 9 unterschiedliche Vormischzeiten vorgesehen sein. In einigen Ausführungsbeispielen können etwa 10, 15, 20 oder mehr Vormischzeiten vorgesehen sein. In einigen Ausführungsbeispielen können die verschiedenen Mischzeiten im Bereich von etwa 0,5 bis 50 Millisekunden liegen. In einigen Ausführungsbeispielen können die verschiedenen Mischzeiten in dem System eine beliebige Kombination von Mischzeiten von etwa 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 oder 5 Millisekunden sein. Darüber hinaus kommt in Betracht, dass die vielfältigen Mischzeiten und die hier beschriebenen Konstruktionen, die dazu eingerichtet sind, die unterschiedlichen Mischzeiten bereitzustellen, auch in anderen Arten von Verbrennungssystemen verwendet werden können, und dass die Abmessungen nach Massgabe eines speziellen Verbrennungssystems massstäblich nach oben oder unten verändert werden können.

[0054] Wie oben beschrieben, enthalten einige dieser Vormischsysteme für Gasturbinen mehrere Mischrohre, wobei jedes Mischrohr mit einem Brennstoffinjektor gepaart ist. Vorteilhafterweise können derartige Vormischsysteme dazu eingerichtet sein, mehrere Mischrohre mit Vormischkammern unterschiedlicher Länge bereitzustellen, was zu unterschiedlichen Mischzeiten führt. Verschiedene Mischzeiten bei den mehreren Mischrohren können wiederum die Stabilität in der Brennkammer steigern.

[0055] Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschliesslich des besten Modus zu beschreiben, und ermöglicht ausserdem einem Fachmann, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Vorrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen.

Der patentfähige Schutzzumfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzzumfang der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche enthalten.

[0056] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung betreffen Systeme und Verfahren zum Vormischen von Brennstoff und Luft vor der Verbrennung in einer Brennkammer. Das System enthält mehrere Brennstoffinjektoren und mehrere Mischrohre, wobei jedes Mischrohr einen ersten Abschnitt für die Aufnahme eines der mehreren Brennstoffinjektoren und einen zweiten Abschnitt mit einer Mischkammer aufweist, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff und Luft zu mischen. Die Länge der Mischkammer ist bei den mehreren Mischkammern unterschiedlich, um verschiedene Mischzeiten zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Vormischsystem für eine Gasturbine, wobei zu dem Vormischsystem gehören:
mehrere Brennstoffinjektoren;
mehrere Mischrohre, wobei jedes Mischrohr aufweist:
einen ersten Abschnitt, der dazu eingerichtet ist, einen der mehreren Brennstoffinjektoren aufzunehmen; und
einen zweiten Abschnitt mit einer Mischkammer, die dazu eingerichtet ist, Brennstoff und Luft zu vermischen, wobei eine Länge der Mischkammer bei den mehreren Mischkammern variiert.
2. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Mischrohre eine im Wesentlichen ähnliche Länge aufweisen.
3. System nach Anspruch 2, wobei ein Verhältnis zwischen einer ersten Länge des ersten Abschnitts und einer zweiten Länge des zweiten Abschnitts bei den mehreren Mischkammern variiert.
4. System nach Anspruch 1, wobei die Mischkammer einer der mehreren Mischrohre eine andere Länge aufweist als die Mischkammer einer anderen der mehreren Mischrohre.
5. System nach Anspruch 1, wobei wenigstens zwei der mehreren Brennstoffinjektoren unterschiedliche Längen aufweisen.
6. System nach Anspruch 1, das zudem mehrere Öffnungen aufweist, die an einer Wand jedes der mehreren Mischrohre ausgebildet sind, wobei die Öffnungen dazu eingerichtet sind, in die Mischkammer des entsprechenden Mischrohrs Luft zu übertragen.
7. System nach Anspruch 6, wobei die mehreren Öffnungen, die an einem ersten Mischrohr ausgebildet sind, in einem ersten Abstand von einem ersten Auslass des ersten Mischrohrs entfernt angeordnet sind, und wobei die mehreren Öffnungen, die an einem zweiten Mischrohr ausgebildet sind, in einem unterschiedlichen zweiten Abstand von einem zweiten Auslass des zweiten Mischrohrs entfernt angeordnet sind, wobei der erste und zweite Abstand unterschiedlich sind.
8. System nach Anspruch 1, wobei jedes der mehreren Mischrohre ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist, wobei das zweite Ende mit einer Öffnung ausgebildet ist, die dazu eingerichtet ist, ein Brennstoff/Luft-Gemisch in eine Brennkammer einzubringen.
9. System nach Anspruch 8, wobei das zweite Ende jedes der mehreren Mischrohre im Wesentlichen in einer Ebene fluchtend ausgerichtet ist.
10. Verfahren, mit den Schritten:
Aufnehmen von Luft in mehrere Mischkammern, wobei jede der mehreren Mischkammern in einem von mehreren Mischrohren angeordnet ist;
Einbringen von Brennstoff von mehreren Brennstoffinjektoren in die mehreren Mischkammern, wobei jeder der mehreren Brennstoffinjektoren in einem der mehreren Mischrohre angeordnet ist;
Mischen der Luft und des Brennstoffs in jeder der mehreren Mischkammern, so dass das Luft-Brennstoff-Mischen in einer ersten Mischkammer der mehreren Mischkammern länger dauert als das Luft-Brennstoff-Mischen in einer zweiten Mischkammer der mehreren Mischkammern.

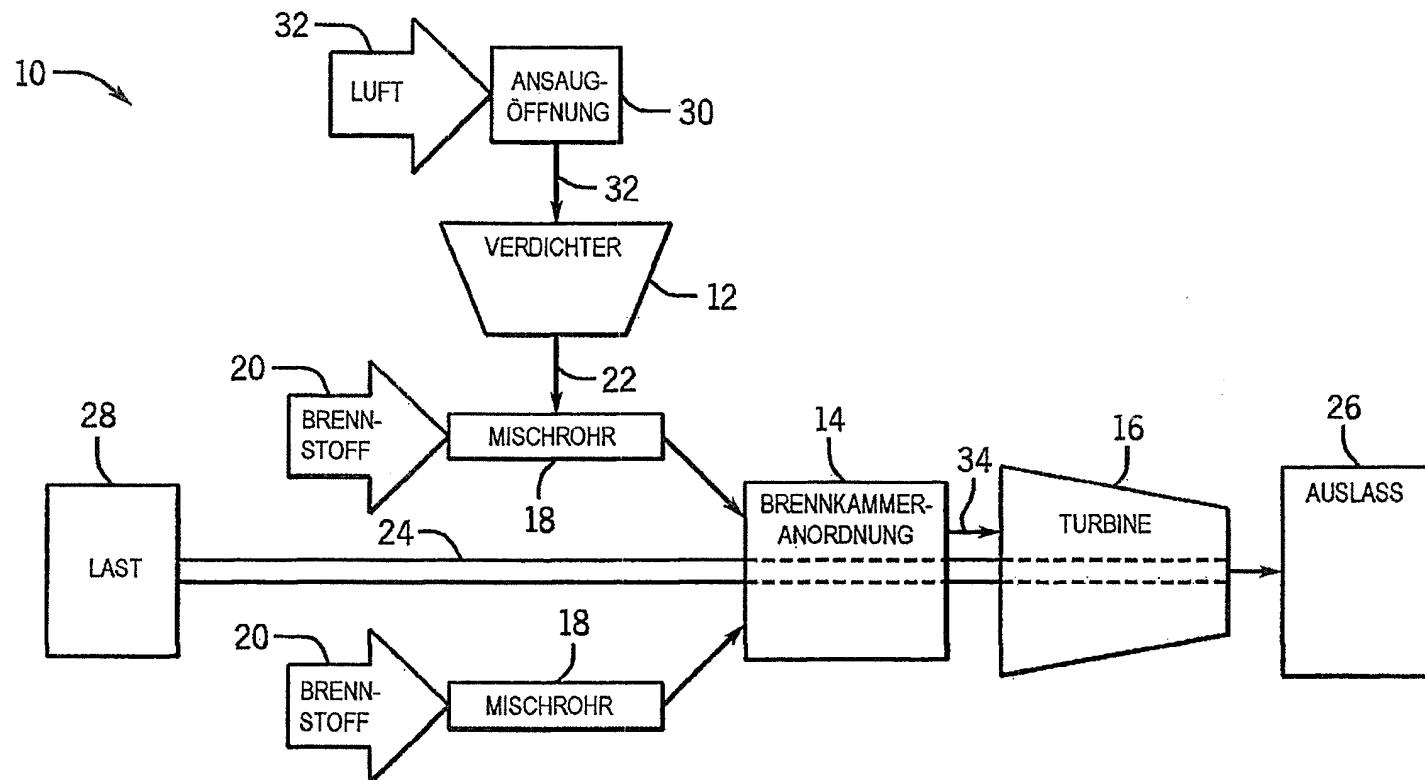


FIG. 1

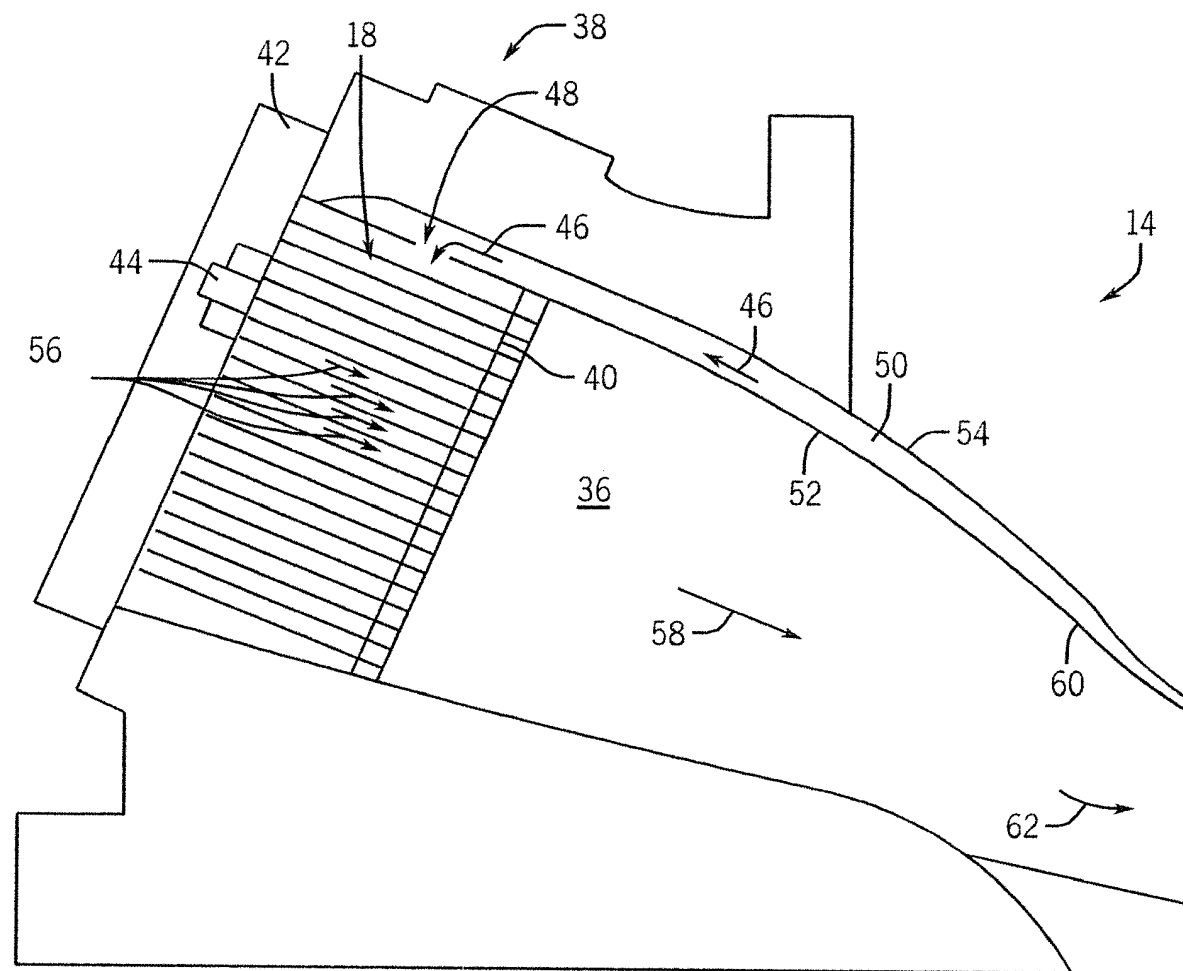


FIG. 2

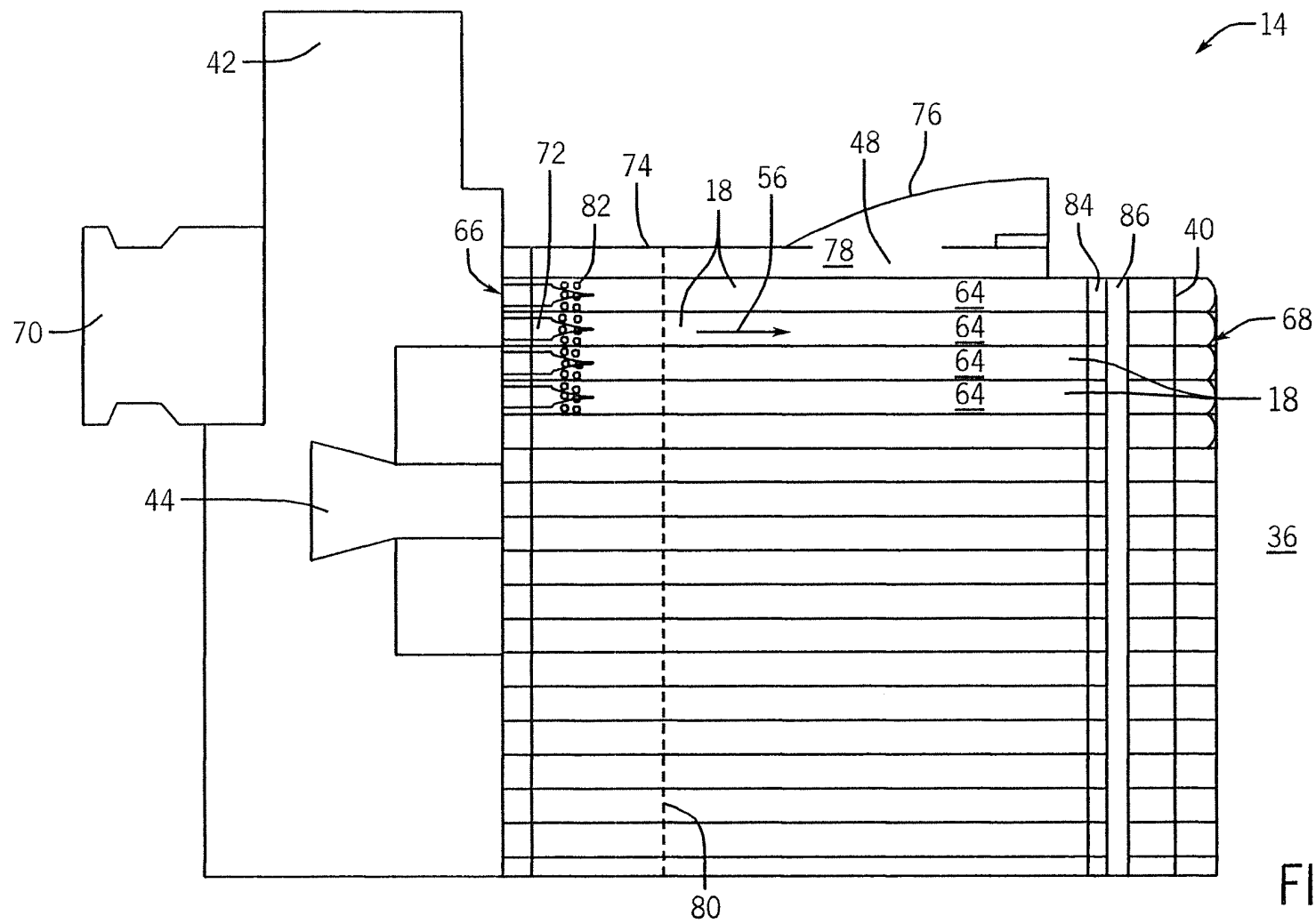


FIG. 3



FIG. 4

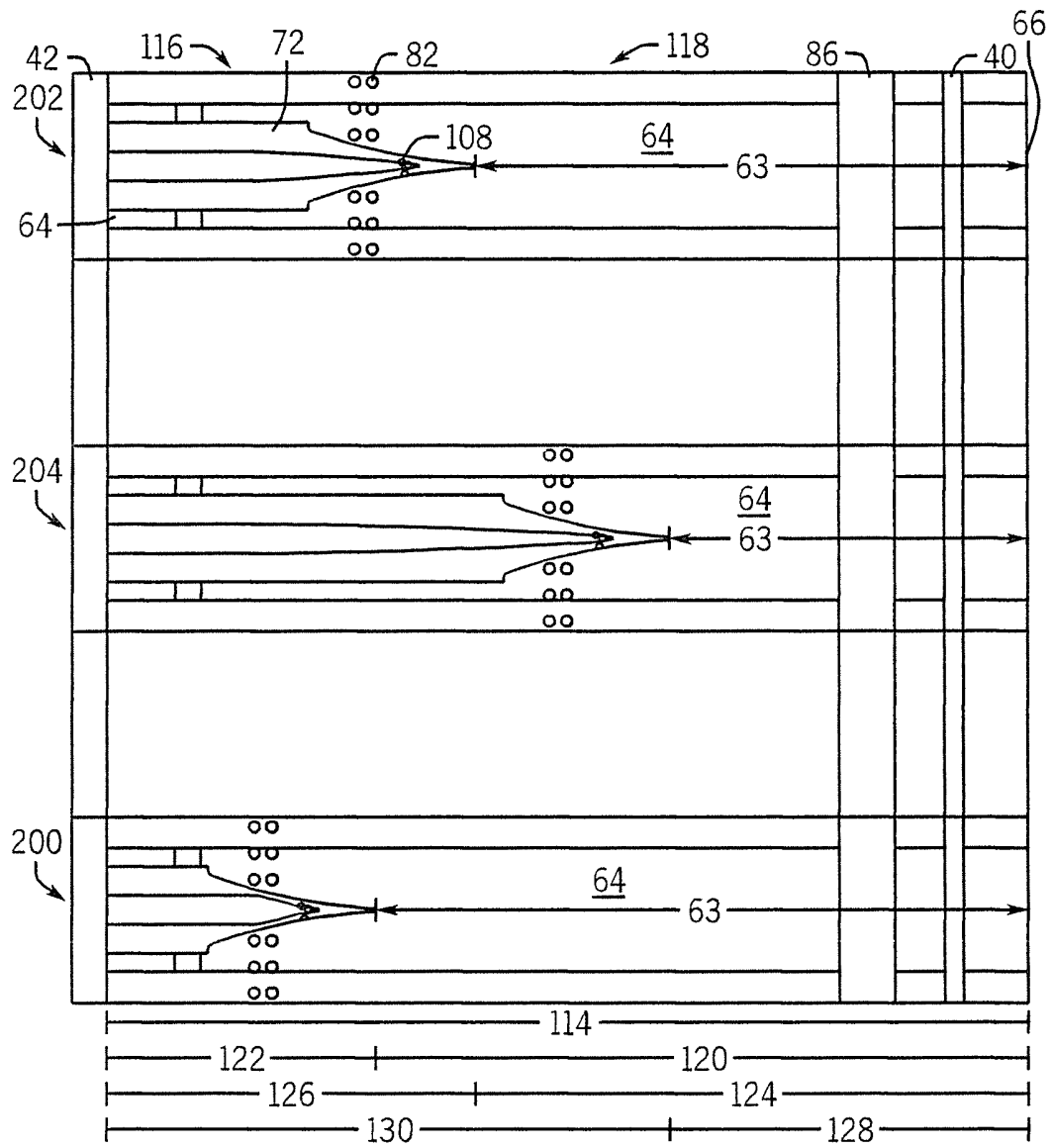


FIG. 5

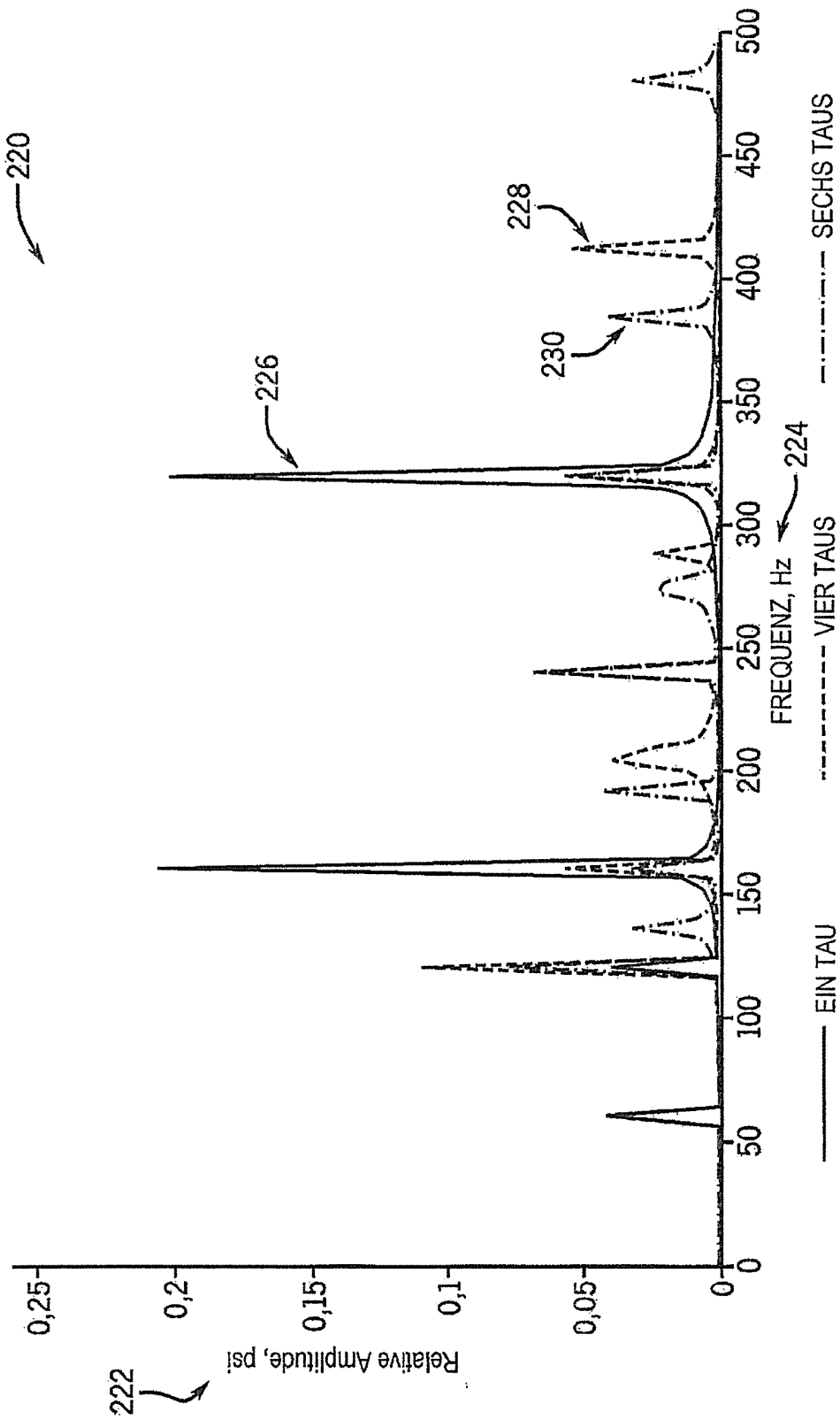


FIG. 6