



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

707 829 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/22 (2006.01)
F23D 14/58 (2006.01)
F02C 7/26 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00126/14

(22) Anmeldedatum: 31.01.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.09.2014

(30) Priorität: 25.03.2013
CN 201310097921.X

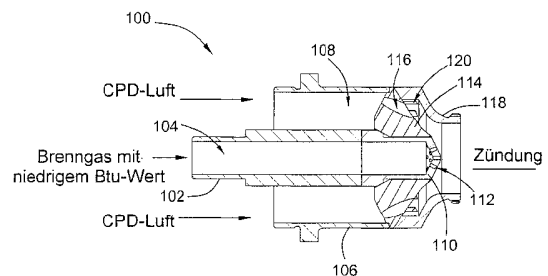
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Suhui Li, Niskayuna, NY 12309-1027 (US)
Joel Meier Haynes, Niskayuna, NY 12309 (US)
Ping Yu, Shanghai, Shanghai 201203 (CN)
Wei Chen, Niskayuna, NY 12309-1027 (US)
David Leach, Greenville, SC 29615-4614 (US)
John Joseph Lipinski, Greenville, SC 29615-4614 (US)
Manuel Moises Cardenas, Jr.,
Greenville, SC 29615-4614 (US)
Wenjie Wu, Shanghai, Shanghai 201203 (CN)
Qingguo Zhang, Niskayuna, NY 12309-1027 (US)

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

(54) Brennstoffdüsenystem und Verfahren zum Start und Betrieb von Gasturbinen mit niederenergetischen Kraftstoffen.

(57) Ein Brennstoffdüsenystem, mit dem das Starten und das Betreiben einer Gasturbine mit niederenergetischem Brenngas möglich ist, weist eine primäre Spitze (110) mit primären Brennstofföffnungen (112) und einem mit den primären Brennstofföffnungen (112) in Fluidverbindung stehenden primären Brennstoffkanal (104) und einen Brennstoffkreis auf, der in der Lage ist, Durchflussmengen von ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die in die Brennstoffdüse (100) strömen, zu steuern. Das System ist in der Lage, in einem Zündstatus zu arbeiten, in dem zumindest das erste niederenergetische Brenngas zu den primären Brennstofföffnungen (112) geliefert und entzündet wird, um die Gasturbine zu starten, und in einem Grundlaststatus zu arbeiten, in dem zumindest das zweite niederenergetische Brenngas unter einer Grundlast verfeuert wird. Das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus entzündet wird, weist einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas auf, der höher ist als derjenige des niederenergetischen Brenngases, das im Grundlaststatus verfeuert wird. Es werden auch Verfahren zur Verwendung des Systems geschaffen.



Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffdüsensystem, mit dem ein Start und Betrieb einer Gasturbine mit niederenergetischen Brennstoffen ermöglicht wird, und ein Verfahren zur Nutzung eines Brennstoffdüsensystems für einen Start und Betrieb einer Gasturbine mit niederenergetischen Brennstoffen.

[0002] Allgemein verbrennen Gasturbinen eine Brennstoff-Luft-Mischung, die Wärmeenergie freisetzt, um einen heißen Gasstrom zu bilden. Die Turbine wandelt Wärmeenergie aus dem heißen Gasstrom in mechanische Energie um, die eine Turbinenwelle antreibt. Die Turbine kann in einer Reihe verschiedener Anwendungen verwendet werden, beispielsweise für die Bereitstellung von Leistung für eine Pumpe oder einen elektrischen Generator.

[0003] In jüngerer Zeit werden Gasturbinen mit einer Brennstoffdüse ausgestattet, die Brennstoffe zur Zündung und für einen normalen Betrieb der Gasturbine liefert. Ein typischer Brennstoff, der zum Zünden und Betreiben von Gasturbinen verwendet wird, ist Erdgas. Aufgrund der Seltenheit natürlicher Gasquellen greift man jedoch immer mehr auf andere Brennstoffe zurück, wie beispielsweise niederenergetische Gase bzw. solche mit niedrigen Btu-Werten. Es gibt zum Beispiel industrielle Gasturbinen für Stahlwerke, die mit Gichtgas (BFG) mit einer kleinen Beimischung an Koksofengas (COG) betrieben werden. Jedoch startet die Gasturbine immer noch mit Erdgas oder flüssigem Brennstoff, beispielsweise unter Verwendung einer Brennstoffdüse mit einer Erdgasspitze, die sich dafür eignet, Erdgas zu entzünden, und einer BFG-Spitze zum Verfeuern von BFG während eines normalen Betriebs der Gasturbine. Das Starten der BFG-Gasturbine durch Entzünden von Erdgas verbraucht nicht nur hochwertiges Erdgas, sondern benötigt auch ein separates Zündbrennstoffsystem, wie eine Ölpatrone oder einen Öltank. Darüber kann es sein, dass unter manchen Umständen kein Erdgas an Standorten, beispielsweise Stahlwerken, zur Verfügung steht.

[0004] Anzustreben ist daher die Entwicklung einer neuartigen Gasturbinen-Brennstoffdüse, die in der Lage ist, mit niederenergetischen Brennstoffen, beispielsweise BFG, COG und Synthesegas, zu starten, ebenso wie eines neuen Verfahrens zum Starten von Gasturbinen mit niederenergetischen Brennstoffen unter Verwendung einer solchen neuartigen Gasturbinen-Brennstoffdüse.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0005] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Brennstoffdüsensystem, mit dem eine Gasturbine mit einem niederenergetischen Brennstoff gestartet und betrieben werden kann. Das Brennstoffdüsensystem weist eine primäre Spitze mit primären Brennstofföffnungen und einen mit den primären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung stehenden primären Brennstoffkanal und einen Brennstoffkreis auf, der in der Lage ist, Durchflussmengen von ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die in die Brennstoffdüse strömen, zu steuern. Das System ist in der Lage, in einem Zündstatus zu arbeiten, in dem zumindest das erste niederenergetische Brenngas zu den primären Brennstofföffnungen geliefert und entzündet wird, um die Gasturbine zu starten, und in einem Grundlaststatus zu arbeiten, in dem zumindest das zweite niederenergetische Brenngas unter einer Grundlast verfeuert wird, um die Gasturbine zu betreiben. Das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus gezündet wird, weist einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas auf, der höher ist als der des niederenergetischen Brenngases, das im Grundlaststatus verfeuert wird.

[0006] Die Brennstoffdüse kann ferner aufweisen: eine sekundäre Spitze, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen aufweist; und einen sekundären Brennstoffkanal, der mit den sekundären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung steht, wobei der Brennstoffkreis so gestaltet sein kann, dass er Zusammensetzungen des Brennstoffs, der zwischen den primären und sekundären Kanälen aufgeteilt wird, separat so steuert, dass während des Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen geliefert wird.

[0007] Das Brennstoffdüsensystem kann so gestaltet sein, dass während des Zündstatus Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen strömt.

[0008] Das Brennstoffdüsensystem kann zusätzlich oder alternativ dazu so gestaltet sein, dass während des Zündstatus Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen strömt.

[0009] Das Brennstoffdüsensystem kann zusätzlich oder alternativ dazu so gestaltet sein, dass während des Zündstatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Zünden zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen strömt.

[0010] Das Brennstoffdüsensystem kann zusätzlich oder alternativ dazu so gestaltet sein, dass während des Zündstatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Zünden zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen strömt.

[0011] Die primären Brennstofföffnungen in der primären Spitze der oben genannten Brennstoffdüsensysteme können den sekundären Brennstofföffnungen in der sekundären Spitze nachgelagert sein.

[0012] Der Durchmesser der primären Brennstoff Öffnung der oben genannten Brennstoffdüsenysteme kann weniger als 1/3 von dem der sekundären Brennstofföffnung sein.

[0013] Die Brennstoff düse der primären Brennstoff Öffnung der oben genannten Brennstoffdüsenysteme kann ferner eine sekundäre Spitze aufweisen, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen aufweist, die mit den primären Brennstoff Öffnungen in Fluidverbindung stehen; und das Brennstoffdüsenystem kann so gestaltet sein, dass: während des Zündstatus zumindest das erste niederenergetische Brenngas zum Zünden zu sowohl den primären als auch den sekundären Brennstoff Öffnungen strömt; und während des Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern und/oder Durchspülen sowohl zu den primären als auch zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt.

[0014] Die primären Brennstoff Öffnungen in der primären Spitze der oben genannten Brennstoffdüsenysteme können den sekundären Brennstofföffnungen in der sekundären Spitze nachgelagert sein.

[0015] Der Durchmesser der primären Brennstoff Öffnung des oben genannten Brennstoffdüsenystems kann weniger als 1/3 von dem der sekundären Brennstofföffnung sein.

[0016] Das Brennstoffdüsenystem eines der oben genannten Brennstoffdüsenysteme kann so gestaltet sein, dass es während des Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen strömen lässt.

[0017] Die vorliegende Offenbarung betrifft auch ein Verfahren für einen Start und Betrieb einer Gasturbine mit niederenergetischen Brennstoffen unter Verwendung einer Brennstoffdüse. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Bereitstellen einer ersten Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff, die in der Lage ist, ein erstes niederenergetisches Brenngas zu liefern, das einen niedrigeren Heizwert aufweist als das erste niederenergetische Brenngas; Bereitstellen einer Brennstoffdüse mit einer primären Spitze, die eine Mehrzahl von primären Brennstofföffnungen und einen mit den primären Brennstoffdüsen in Fluidverbindung stehenden primären Brennstoffkanal aufweist; Bereitstellen eines Brennstoffkreises zum Steuern von Durchflussmengen der ersten und zweiten niederenergetischen Brenngase, die in die Brennstoffdüse strömen; Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus, was das Zünden des ersten niederenergetischen Brenngases oder einer ersten Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen an den primären Brennstofföffnungen beinhaltet, um die Gasturbine zu starten; und Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus, was das Verfeuern des zweiten niederenergetischen Brenngases oder einer zweiten Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen beinhaltet, um die Gasturbine zu betreiben. Die zweite Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen weist einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas auf, der niedriger ist als der der ersten Kombination.

[0018] Das Bereitstellen der Brennstoffdüse kann ferner das Bereitstellen einer sekundären Spitze mit einer Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen und einem mit den sekundären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung stehenden sekundären Brennstoffkanal beinhalten; und das Betreiben der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann das Verfeuern des zweiten niederenergetischen Brenngases oder einer zweiten Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen an den sekundären Brennstofföffnungen beinhalten.

[0019] In dem oben genannten Verfahren kann das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus ferner das Zuführen von Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen beinhalten; und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann ferner das Verfeuern des ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brenngases an den primären Brennstofföffnungen beinhalten.

[0020] Das Betätigen der Brennstoff düse in einem Zündstatus kann ferner das Zuführen von Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen beinhalten, und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann ferner das Zuführen von Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstoff Öffnungen beinhalten.

[0021] Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus ferner das Zünden des ersten und/oder des zweiten niederenergetischen Brenngases an den sekundären Brennstofföffnungen beinhalten; und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann ferner das Zuführen von Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen beinhalten.

[0022] Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus ferner das Zünden des ersten und/oder des zweiten niederenergetischen Brenngases an den sekundären Brennstofföffnungen beinhalten; und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann ferner das Verfeuern des ersten und/oder des zweiten niederenergetischen Brenngases an den primären Brennstofföffnungen beinhalten.

[0023] In jedem der oben genannten Verfahren kann das Bereitstellen der Brennstoffdüse ferner beinhalten: Bereitstellen einer sekundären Spitze mit einer Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen, die mit dem primären Brennstoffkanal in Fluidverbindung stehen; und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus kann beinhalten: Zünden zumindest des ersten niederenergetischen Brenngases an sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen; und das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus kann beinhalten: Verfeuern zumindest des zweiten niederenergetischen Brenngases an sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen.

[0024] Jedes der oben genannten Verfahren kann beinhalten, dass das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus das Verfeuern von zumindest dem zweiten niederenergetischen Brenngas an den primären Brennstofföffnungen beinhaltet.

[0025] Jedes der oben genannten Verfahren kann beinhalten, dass zumindest eines von den niederenergetischen Brenngasen Synthesegas, Hochofengas, Koksofengas oder eine Kombination davon umfasst.

[0026] Jedes der oben genannten Verfahren kann beinhalten, dass das erste niederenergetische Brenngas ein Koksofengas ist.

[0027] Jedes der oben genannten Verfahren kann beinhalten, dass das zweite niederenergetische Brenngas ein Hochofengas ist.

[0028] Jedes der oben genannten Verfahren kann beinhalten, dass das erste niederenergetische Brenngas oder eine erste Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, das bzw. die an den primären Brennstofföffnungen entzündet wird, etwa 5–18 Vol.-% Wasserstoff beinhaltet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] Die obigen und andere Aspekte und Merkmale von Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden im Lichte der folgenden ausführlichen Beschreibung klarer, wenn sie im Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen betrachtet werden, in denen:

- | | |
|------------------|--|
| Fig. 1A | eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffdüse mit dualer Spitze und dualem Brennstoffkreis ist. |
| Fig. 1B | eine Querschnittsdarstellung der Brennstoffdüse von Fig. 1A ist, die den inneren Aufbau der Brennstoffdüse zeigt. |
| Fig. 2A und 2B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 1A gemäss einer Ausführungsform der Brennstoffdüsenbetätigung zeigen. |
| Fig. 3A und 3B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 1A gemäss einer anderen Ausführungsform der Brennstoffdüsenbetätigung zeigen. |
| Fig. 4A und 4B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 1A gemäss einer noch anderen Ausführungsform der Brennstoffdüsenbetätigung zeigen. |
| Fig. 5A und 5B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 1A gemäss einer noch anderen Ausführungsform der Brennstoffdüsenbetätigung zeigen. |
| Fig. 6 | einen Start- und Betriebsmodus unter Verwendung der Brennstoffdüse von Fig. 1A zeigt. |
| Fig. 7A | eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffdüse mit dualer Spitze und dualem Brennstoffkreis ist. |
| Fig. 7B | eine Querschnittsdarstellung der Brennstoffdüse von Fig. 7A ist, die den inneren Aufbau der Brennstoffdüse zeigt. |
| Fig. 8A und 8B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 7A zeigen. |
| Fig. 9A | eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffdüse mit dualer Spitze und dualem Brennstoffkreis ist. |
| Fig. 9B | eine Querschnittsdarstellung der Brennstoffdüse von Fig. 9A ist, die den inneren Aufbau der Brennstoffdüse zeigt. |
| Fig. 10A und 10B | einen Zündstatus bzw. einen Grundlaststatus der Brennstoffdüse von Fig. 9A zeigen. |
| Fig. 11 | einen Start- und Betriebsmodus unter Verwendung der Brennstoffdüse von Fig. 7A oder der Brennstoffdüse von Fig. 9A zeigt. |
| Fig. 12A und 12B | eine Magerzündgrenze (LIL) der beiden Versuche zeigen, die jeweils im Abschnittsabschnitt beschrieben sind. |

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0030] Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. In der folgenden Beschreibung werden bekannte Funktionen oder Konstruktionen nicht ausführlich beschrieben, um nicht durch unnötige Details von der Offenbarung abzulenken.

[0031] Näherungsausdrücke, wie sie in der gesamten Beschreibung und den Ansprüchen verwendet werden, können dazu dienen, eine quantitative Aussage zu modifizieren, die auf zulässige Weise variieren könnte, ohne zu einer Änderung der Grundfunktion zu führen, auf die sie bezogen ist. So soll ein Wert, der durch einen Begriff oder durch Begriffe wie «etwa» modifiziert ist, nicht auf den exakten angegebenen Wert beschränkt werden. In bestimmten Ausführungsformen bedeutet der Begriff «etwa» plus oder minus zehn Prozent (10 %) eines Wertes. Zum Beispiel bezeichnet «etwa 100» irgendeine Zahl zwischen 90 und 110. Wenn ein Begriff «etwa erster Wert - zweiter Wert» verwendet wird, soll das etwa beide Werte modifizieren. In manchen Fällen können die Näherungsausdrücke der Genauigkeit eines Instruments entsprechen, mit dem der Wert oder die Werte gemessen werden.

[0032] Jeder hierin genannte numerische Wert beinhaltet alle Werte vom unteren Wert bis zum oberen Wert in Schritten von einer Einheit, vorausgesetzt, dass ein Abstand von mindestens 2 Einheiten zwischen jedem unteren Wert und jedem oberen Wert vorhanden ist. Wenn beispielsweise angegeben wird, dass die Dosierung einer Komponente oder ein Wert einer Prozessvariablen wie beispielsweise der Temperatur, des Drucks, der Zeit und dergleichen beispielsweise bei 1 bis 90, vorzugsweise bei 20 bis 80, stärker bevorzugt bei 30 bis 70 liegt, sollen Werte wie beispielsweise 15 bis 85, 22 bis 68, 43 bis 51, 30 bis 32 usw. in dieser Patentschrift ausdrücklich aufgezählt sein. Für Werte, die kleiner sind als eins, wird 0,0001, 0,001, 0,01 oder 0,1 als Einheit betrachtet, je nach dem was zutrifft. Dies sind nur Beispiele für das, was spezifisch gelten soll, und sämtliche möglichen Kombinationen aus numerischen Werten zwischen den aufgezählten niedrigsten und höchsten Werten sind auf ähnliche Weise als ausdrücklich in dieser Anmeldung genannt zu betrachten.

[0033] Solange nichts anderes definiert ist, haben technische und wissenschaftliche Ausdrücke, die hierin verwendet werden, die gleiche Bedeutung, in der sie üblicherweise von einem Fachmann auf dem Gebiet, zu dem die Erfindung gehört, verstanden werden. Die Ausdrücke «erster», «zweiter» und dergleichen, wie hierin verwendet, bezeichnen keine Reihenfolge, Quantität oder Wichtigkeit, sondern werden vielmehr verwendet, um ein Element vom anderen zu unterscheiden. Ebenso bezeichnen die Ausdrücke «ein, eine» keine Mengenbegrenzung, sondern bezeichnen vielmehr das Vorhandensein mindestens eines der damit benannten Gegenstände.

[0034] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen ein Gasturbinen-Brennstoffdüsen-System, das niederenergetische Brenngase sowohl zum Starten als auch für einen Grundlastbetrieb verwendet. «Niederenergetisches Brenngas» wie hierin verwendet, auch als Gas mit niedrigem Heizwert (LHV) bezeichnet, was ein Brenngas mit einem niedrigen Heizwert bezeichnet, beispielsweise von weniger als 350 Btu pro Standard-Kubikfuß (Btu/scf). Beispiele für die niederenergetischen Brenngase sind unter anderem Synthesegas aus Vergasung, Hochofengas (BFG), Koksofengas (COG) und deren Kombinationen, wie BFG mit kleinen Mengen von COG-Beimischung. In bestimmten Ausführungsformen ist das BFG ein Nebenprodukt von Stahlwerken und enthält weniger als etwa 2 Vol.-% (z.B. etwa 1 Vol.-% Wasserstoff (H₂) und etwa 20–25 Vol.-% Kohlenmonoxid (CO) mit einem relativ niedrigen Heizwert von etwa 80–110 Btu/scf. Daher weist es einen engen Entflammbarkeitsbereich auf. In der Regel wird das BFG für eine stabile Verbrennung mit 7–10 Vol.-% COG gemischt. Das COG enthält 50–60 Vol.-% H₂ und 20–25 Vol.-% Methan (CH₄), was zur Stabilisierung der Flamme beiträgt.

[0035] Das Brennstoffdüsen-System kann eine Brennstoffdüse und mindestens einen Brennstoffkreis aufweisen zum Steuern des Brenngases in der Brennstoffdüse. Die Brennstoffdüse kann eine oder mehrere Spitzen aufweisen, von denen jede eine Mehrzahl von Brennstofföffnungen aufweist. Die eine oder die mehreren Spitzen können, müssen aber nicht separat gesteuert werden.

Düse mit dualer Spitze, dualen Brennstoffkreisen

[0036] Wie in Fig. 1A bis 1B dargestellt ist, weist ein Brennstoffdüsen-System auf: eine Brennstoffdüse 100, die ein primäres Brennstoffrohr 102 aufweist, das einen inneren Hohlraum definiert, der als primärer Brennstoffkanal 104 dient, und ein sekundäres Brennstoffrohr 106, welches das primäre Brennstoffrohr 102 umgibt und einen ringförmigen inneren Strömungsweg definiert, der als sekundärer Brennstoffkanal 108 dient. Das primäre Brennstoffrohr 102 und das sekundäre Brennstoffrohr 106 sind im Wesentlichen coaxial angeordnet. Das primäre Brennstoffrohr 102 endet in einer primären Spitze 110, die eine Mehrzahl von primären Brennstofföffnungen 112 aufweist, die mit dem primären Brennstoffkanal 104 in Fluidverbindung stehen. Das sekundäre Brennstoffrohr 106 endet in einer sekundären Spitze 114, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen 116 aufweist, die mit dem sekundären Brennstoffkanal 108 in Fluidverbindung stehen.

[0037] In der dargestellten Ausführungsform ist die primäre Spitze 110 der sekundären Spitze 114 nachgelagert, so dass die primären Brennstofföffnungen 112 in der primären Spitze 110 den sekundären Brennstofföffnungen 116 in der sekundären Spitze 114 nachgelagert sind. Wie hierin verwendet, bezeichnet «nachgelagert» Richtungen und Ausrichtungen in Bezug auf axiale Strömungsrichtungen mit Bezug auf die Längsachse der Brennstoffdüse 100. Dass die primären Brennstofföffnungen 112 den sekundären Brennstofföffnungen 116 «nachgelagert» sind, bedeutet, dass die primären Brennstofföffnungen 112 entlang der Längsachse der Brennstoffdüse 100 an Querschnitten angeordnet sind, die den Querschnitten, an denen die sekundären Brennstofföffnungen 116 angeordnet sind, nachgelagert sind. Man beachte, dass

dies nicht bedeutet, dass Brennstoff von den sekundären Brennstofföffnungen 116 zu den primären Brennstoff Öffnungen 112 strömen muss.

[0038] Die jeweilige Grösse der Öffnungen der primären und/oder sekundären Brennstoffspitze kann abhängig von den Anwendungen variieren, beispielsweise abhängig vom Heizwert oder der Wobbe-Zahl des Gases, das durch die Öffnung strömt. In einem Beispielssystem kann die primäre Brennstofföffnung einen Durchmesser von weniger als 0,1 Inch aufweisen, und die sekundären Brennstofföffnungen können einen Durchmesser im Bereich von 0,2–0,4 Inch aufweisen.

[0039] Wie hierin verwendet, bezeichnet «Wobbe-Zahl» ein Mass für die Wärmemenge, die von einem Gasbrenner mit einer konstanten Öffnung freigesetzt wird, gleich dem Bruttoheizwert des Gases in British Thermal Units pro Standard-Kubikfuss (Btu/scf) bei Standardtemperatur und -druck geteilt durch die Quadratwurzel des spezifischen Gewichtes des Gases. Wenn der obere Heizwert ist und G_s das spezifische Gewicht ist, ist die Wobbe-Zahl I_w definiert als $I_w = \frac{W_u}{\sqrt{G_s}}$. Sie ist ein Indikator für die Austauschbarkeit von Brenngasen, der als Basis für einen Vergleich zwischen verschiedenen Gasen verwendet werden kann.

[0040] In der dargestellten Ausführungsform sind die primären Brennstofföffnungen 112 kleiner als die sekundären Brennstoff Öffnungen 116, so dass der Druckabfall über primären Brennstofföffnungen 112 ausreichend gross ist, um zu bewirken, dass der grösste Teil der Brenngase durch die sekundären Brennstofföffnung hindurch strömt. Darüber hinaus erzeugt eine kleine primäre Brennstoff Öffnung eine relativ-hohe Brennstoffeinspritzgeschwindigkeit, was dazu beiträgt, die Brennstoffspitze im Betrieb abzukühlen. In einer spezifischen Ausführungsform ist ein Durchmesser der primären Brennstofföffnung 112 kleiner als 1/3 desjenigen der sekundären Brennstofföffnung 116, abhängig von der Zahl der sekundären Brennstofföffnungen 116.

[0041] Die Brennstoff düse 100 weist ferner einen Luftstutzen 118 auf, der an die primären und sekundären Spitzen 110 und 114 angrenzt und der eine Mehrzahl von Luftkanälen 120 definiert, die zulassen, dass während des Zündens und Verfeuerns eines Brenngases an den Öffnungen Luft von ausserhalb der Brennstoffdüse 100 zu den primären und sekundären Brennstofföffnungen 112 und 116 strömt.

[0042] Das Brennstoffdüsensystem weist ferner einen dualen Brennstoffkreis (nicht dargestellt) auf, um Brennstoff, der zwischen den primären und sekundären Brennstoffleitungen aufgeteilt wird, so zu steuern, dass Brennstoffzusammensetzungen der beiden Kanäle unterschiedlich sein können. Darüber hinaus kann in manchen Ausführungsformen der duale Brennstoffkreis feine Steuerungen einer Einsatztemperatur und anderer betriebsdynamischer Aspekte ermöglichen. In bestimmten Ausführungsformen kann der duale Brennstoffkreis zwei oder mehr Zweigleitungen aufweisen, um die primären und sekundären Brennstoffkanäle separat zu steuern.

[0043] Das Brennstoffdüsensystem ist in der Lage, in einem Zündstatus zu arbeiten, in dem ein niederenergetischer Brennstoff mit einem relativ höheren Heizwert entzündet wird, um eine Gasturbine zu starten, und in einem Grundlaststatus zu arbeiten, in dem ein niederenergetischer Brennstoff mit einem relativ niedrigeren Heizwert unter einer Grundlast verfeuert wird, um die Gasturbine zu betreiben.

[0044] Im Zündstatus ist das primäre Brennstoffrohr 102 mit einer Quelle für einen ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoff (nicht dargestellt) verbunden, um eine Fluidverbindung des ersten Brennstoffkanals 104 mit den Quellen für die ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoffe einzurichten. Die Quellen für den ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoff sind jeweils in der Lage, ein erstes Brenngas mit niederenergetisches Brenngas mit einem höheren Heizwert, zum Beispiel COG, und ein zweites niederenergetisches Brenngas mit einem niedrigeren Heizwert, zum Beispiel BFG zu liefern. Durch Verwendung eines dualen Brennstoffkreises zum Steuern von Durchflussmengen der ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brenngase in den primären Brennstoffkanal 104 kann die Brennstoffzusammensetzung im primären Brennstoffkanal 104 gesteuert werden. Daher kann zumindest das erste niederenergetische Brenngas, das zum Zünden in die primären Brennstofföffnungen 112 strömt, gesteuert werden. In bestimmten Ausführungsformen wird die Durchflussmenge des zweiten niederenergetischen Brenngases auf null gesteuert, und nur das erste niederenergetische Brenngas strömt zum Zünden in die primären Brennstofföffnungen 112. In bestimmten Ausführungsformen strömt eine Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112. Das sekundäre Brennstoffrohr 106 kann auch mit den Quellen für die ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoffe verbunden sein, damit das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Zünden zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt, oder kann mit einer (nicht dargestellten) Quelle für von einem Kompressor abgegebene Luft (CPD-Luft) verbunden sein, um Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen strömen zu lassen.

[0045] Im Grundlaststatus ist das sekundäre Brennstoffrohr 106 mit den Quellen für die ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoffe verbunden, um eine Fluidverbindung des zweiten Brennstoffkanals 108 mit den Quellen für die ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoffe einzurichten. Ebenso ist durch Steuern der Durchflussmengen des ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brenngases in den sekundären Brennstoffkanal 108 eine Steuerung möglich, mit der zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt. In bestimmten Ausführungsformen wird die Durchflussmenge des ersten niederenergetischen Brenngases auf null gesteuert, und nur das zweite niederenergetische Brenngas strömt zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116. In bestimmten Ausführungsformen strömt eine Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116. Das primäre Brennstoffrohr 102 kann auch mit

den Quellen für die ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoffe verbunden sein, damit das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt, oder kann mit einer CPD-Luftquelle verbunden sein, um Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömen zu lassen.

[0046] Die Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die während des Grundlaststatus zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt, weist einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas auf, der geringer ist als derjenige der Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die während des Zündstatus zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt, und weist daher einen Heizwert auf, der niedriger ist als derjenige der Kombination, die während des Zündstatus zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt. Das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt, kann das gleiche sein wie oder verschieden sein von dem niederenergetischen Brenngas, das im selben Status zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt. Das niederenergetische Brenngas, das im Grundlaststatus zu den sekundären Brennstofföffnungen 112 strömt, kann das gleiche sein wie oder verschieden sein von dem niederenergetischen Brenngas, das im selben Status zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt.

[0047] Vier Beispiele für Ausführungsformen der Betätigung des Brennstoffdüsen systems werden mit Bezug auf Fig. 2A–5B beschrieben und dargestellt.

[0048] Fig. 2A und 2B zeigen ein erstes Beispiel für eine Ausführungsform der Betätigung des Brennstoffdüsen systems. Wie in Fig. 2A dargestellt ist, strömt in einem Zündstatus ein niederenergetisches Brenngas mit einem relativ höheren Heizwert durch den primären Brennstoffkanal 104 zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112, wodurch eine (nicht dargestellte) Gasturbine gestartet wird, während CPD-Luft durch den sekundären Brennstoffkanal 108 zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt. Wenn die Gasturbine (GT) nach dem Zünden eine zentrale GT-Geschwindigkeit/GT-Last erreicht hat, wird das Brennstoffdüsen system in einen Grundlaststatus überführt. Wie in Fig. 2B dargestellt ist, wird im Grundlaststatus ein niederenergetisches Brenngas mit einem relativ niedrigeren Heizwert zum sekundären Brennstoffkanal 108 geliefert, und das niederenergetische Brenngas mit dem relativ höheren oder niedrigeren Heizwert oder ein niederenergetisches Brenngas, das sich von beiden unterscheidet, wird zum primären Brennstoffkanal 104 geliefert. Diese niederenergetischen Brenngase strömen jeweils zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 und den primären Brennstofföffnungen 112, um Energie bereitzustellen, die ein Arbeiten der Gasturbine unter Grundlast ermöglicht. Während des Zündens und Verfeuerns mischt sich das niederenergetische Brenngas mit Luft, die durch die Luftkanäle 120 am Luftstutzen 118 eingeblasen wird.

[0049] Fig. 3A und 3B zeigen ein zweites Beispiel für eine Ausführungsform der Betätigung des Brennstoffdüsen systems. In dieser Ausführungsform ist der Zündstatus derselbe wie derjenige der ersten Ausführungsform, die in Fig. 2A dargestellt ist. Ein niederenergetisches Brenngas mit einem relativ höheren Heizwert strömt durch den primären Brennstoffkanal 104 zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112, während CPD-Luft durch den sekundären Brennstoffkanal 108 zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt. Wenn die Gasturbine nach dem Zünden eine zentrale GT-Geschwindigkeit/GT-Last erreicht hat, wird das Brennstoffdüsen system in einen Grundlaststatus überführt. Wie in Fig. 3B dargestellt ist, wird der sekundäre Brennstoffkanal 108 im Grundlaststatus mit einem niederenergetischen Brenngas mit einem relativ niedrigen Heizwert beliefert, das zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt, und der primäre Brennstoffkanal 104 wird mit CPD-Luft beliefert, die zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt.

[0050] Fig. 4A und 4B zeigen ein drittes Beispiel für eine Ausführungsform der Betätigung des Brennstoffdüsen systems. Wie in Fig. 4A dargestellt ist, wird der primäre Brennstoffkanal 104 in einem Zündstatus mit einem niederenergetischen Brenngas mit einem relativ höheren Heizwert beliefert, während der sekundäre Brennstoffkanal 108 mit einem niederenergetischen Brenngas beliefert wird, das dem niederenergetischen Brenngas entweder gleich oder verschieden davon ist. Diese ersten niederenergetischen Brenngase strömen jeweils zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 112 und den sekundären Brennstofföffnungen 116. Wie in Fig. 4B dargestellt ist, wird in einem Grundlaststatus der primäre Brennstoffkanal 104 mit CPD-Luft beliefert, die zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen 112 strömt, und der zweite Brennstoffkanal 108 wird mit einem niederenergetischen Brenngas mit einem relativ niedrigeren Heizwert geliefert, das zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 strömt.

[0051] Fig. 5A und 5B zeigen ein viertes Beispiel für eine Ausführungsform der Betätigung des Brennstoffdüsen systems. In dieser Ausführungsform ist der Zündstatus derselbe wie derjenige der dritten Ausführungsform, die in Fig. 4A dargestellt ist. In einem Grundlaststatus wird der sekundäre Brennstoffkanal 108 mit einem niederenergetischen Brenngas mit einem relativ niedrigeren Heizwert beliefert, und der primäre Brennstoffkanal 104 wird mit einem niederenergetischen Brenngas beliefert, das dem niederenergetischen Brenngas entweder gleich oder verschieden davon ist. Diese niederenergetischen Brenngase strömen jeweils zum Verfeuern zu den sekundären Brennstofföffnungen 116 und den primären Brennstofföffnungen 112.

[0052] In bestimmten Ausführungsformen sind beide niederenergetischen Brenngase mit dem relativ höheren oder niedrigeren Heizwerten BFG-COG-Mischungen, aber mit unterschiedlichen BFG/COG-Verhältnissen. Der COG-Gehalt im niederenergetischen Brenngas mit relativ höherem Heizwert ist höher als der im niederenergetischen Brenngas mit relativ niedrigerem Heizwert. Beide können von den gleichen Quellen für BFG und COG stammen. Durch individuelles Steuern

der Durchflussmengen von BFG und COG können Mischungen mit verschiedenen BFG/COG-Verhältnissen bereitgestellt werden. In einer spezifischen Ausführungsform, die in Fig. 6 dargestellt ist, wird im Zündstatus nur COG entzündet. Wenn die Gasturbine einen Punkt, an dem sie sich mit voller Drehzahl und ohne Last (FSNL) dreht, (oder irgendeinen geeigneten Übergangspunkt) erreicht, wird eine BFG-COG-Mischung gezündet und bringt die Gasturbine auf Teillast oder Grundlast. Die Änderungen der Strömungsraten von BFG und COG sind in Fig. 6 dargestellt.

[0053] Um die oben beschriebenen Ausführungsformen der Betätigung leichter verständlich zu machen, wird im Folgenden ein nicht-beschränkendes Beispiel für einen spezifischen Betriebsprozess dargestellt. Wenn es in einem Modus betrieben wird, der in Fig. 2A und 2B dargestellt ist, kann das Brennstoffdüsensystem mit einem Prozess betrieben werden, der beinhaltet: Zünden von COG (allein) aus der primären Spitze 110, um die Gasturbine zu starten; Starten der Verfeuerung von BFG (allein) aus der sekundären Spitze 114, sobald die Gasturbine den FSNL-Punkt erreicht, während die COG-Flamme der primären Spitze aufrechterhalten wird. Die COG-Flamme wirkt als Pilot- bzw. Zündflamme, um die BFG-Flamme zu stabilisieren. Da die COG-Flamme sehr stark ist und der Auslöschung widersteht, kann die BFG-Hauptflamme stabilisiert werden. Ein solcher Verfeuerungsmodus, in dem COG als Pilotflamme an einer Spitze verfeuert wird, die sich von der BFG-Flammenspitze unterscheidet, wird viel weniger COG verbraucht als beim Verfeuern einer BFG-COG-Mischung in einer gemeinsamen Spitze, und kann eine bessere Stabilisierungswirkung erzielt werden.

[0054] Daher ermöglicht das Brennstoffdüsensystem das Starten der Gasturbine mit COG und den Betrieb mit einer geringeren COG-Beimischung und bietet mindestens zwei Hauptvorteile. Erstens kann die Gasturbine mit COG allein gestartet werden und so, dass ein Flüssigbrennstoff- oder Erdgassystem überflüssig ist. Dies senkt den Verbrauch von flüssigem Brennstoff beim Starten, was etwa 10 Tonnen pro Start-Abschalt-Zyklus ausmachen kann. Zweitens kann ein Grundlast- oder Niederlastbetrieb mit BFG mit verringertem COG-Verbrauch erreicht werden. Dadurch, dass auf ein Flüssigbrennstoff- oder Erdgassystem verzichtet werden kann und der COG-Verbrauch verringert werden kann, sind die Brennstoffdüsensysteme möglicherweise besonders geeignet für Anwendungen in einem Stahlwerk oder einen Werk mit integriertem Vergasungszyklus (IGCC), an deren Standorten Erdgas möglicherweise nicht verfügbar ist und das verfügbare COG begrenzt sein kann.

Düse mit dualer Spitze, einem Brennstoffkreis

[0055] Wie in Fig. 7A und 7B dargestellt ist, weist ein Brennstoffdüsensystem eine Brennstoffdüse 200 auf, die ein Brennstoffrohr 202 aufweist, das einen inneren Hohlraum definiert, der als Brennstoffkanal 204 dient. Das Brennstoffrohr 202 endet in einer primären Spitze 210 mit einer Mehrzahl von primären Brennstofföffnungen 212 und in einer sekundären Spitze 214 mit einer Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen 216, die grösser sind als die primären Brennstofföffnungen 212. Die primären und sekundären Brennstofföffnungen 212 stehen mit dem Brennstoffkanal 204 in Fluidverbindung. In der dargestellten Ausführungsform ist die primäre Spitze 210 einstückig mit der sekundären Spitze 214 ausgebildet und der sekundären Spitze 214 nachgelagert, wie bei der Düse 100, wie in Fig. 1A und 1B dargestellt. Die Brennstoffdüse 200 weist ferner einen Luftstutzen 218 auf, der an die primären und sekundären Spitzen 210 und 214 angrenzt und der eine Mehrzahl von Luftkanälen 220 definiert, die zulassen, dass während des Zündens und Verfeuerns eines Brenngases an den Öffnungen Luft von ausserhalb der Brennstoffdüse 200 zu den primären und sekundären Brennstofföffnungen 212 und 216 strömt.

[0056] Das Brennstoffdüsensystem weist ferner einen einzelnen Brennstoffkreis (nicht dargestellt) auf, um den Brennstoff, der auf sowohl die primäre Spitze 210 als auch die sekundäre Spitze 214 aufgeteilt wird, jeweils so zu steuern, dass die Zusammensetzungen der Brenngase, die an den beiden Spitzen entzündet oder verfeuert werden, gleich sein können. Durch die Verwendung eines einzelnen Brennstoffkreises, der den Brennstoff, der auf die primäre Spitze 210 und die sekundäre Spitze 214 aufgeteilt wird, gemeinsam zu steuern, kann nicht nur die Steuerung vereinfacht werden, sondern können auch Kosten für die Hardware gespart und somit die Produktionskosten gesenkt werden.

[0057] Das Brennstoffdüsensystem ist in der Lage, in einem Zündstatus zu arbeiten, in dem ein niederenergetischer Brennstoff mit einem relativ höheren Heizwert entzündet wird, um eine Gasturbine zu starten, und in einem Grundlaststatus zu arbeiten, in dem ein niederenergetischer Brennstoff mit einem relativ niedrigeren Heizwert bei einer Grundlast verfeuert wird, um die Gasturbine zu betreiben. Wie in Fig. 8A dargestellt ist, ist im Zündstatus das Brennstoffrohr 202 mit einer Quelle für einen ersten und/oder einer zweiten niederenergetischen Brennstoff (nicht dargestellt) verbunden, um eine Fluidverbindung zwischen dem Brennstoffkanal 204 und der Quelle für den ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoff einzurichten, so dass ein erstes und ein zweites niederenergetisches Brenngas von der ersten bzw. zweiten Quelle, das in verschiedenen Verhältnissen gemischt sein kann, zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 212 strömen kann. Wie in Fig. 8B dargestellt ist, kann das Brennstoffrohr 202 im Grundlaststatus immer noch mit den Quellen für den ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brennstoff verbunden sein. Durch Ändern der Durchflussmengen des ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brenngases kann ein niederenergetisches Brenngas, das einen niedrigeren Heizwert aufweist als das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 212 strömt, zum Verfeuern zu den primären und sekundären Brennstofföffnungen 212 und 216 geliefert werden. Da die primären Brennstofföffnungen 212 kleiner sind als die sekundären Brennstofföffnungen 216, macht das niederenergetische Brenngas, das von den primären Brennstofföffnungen 212 eingespritzt wird, einen relativen höheren Druckabfall durch und weist eine relativ höhere Einspritzgeschwindigkeit auf, weswegen es auch als Spülstrom dienen kann, um eine Überhitzung der Brennstoffspitze zu verhindern.

Düse mit nur einer Spitze, einem Brennstoffkreis

[0058] Wie in Fig. 9A und 9B dargestellt ist, weist ein Brennstoffdüsensystem eine Brennstoffdüse 300 auf, die ein Brennstoffrohr 302 aufweist, das einen inneren Hohlraum definiert, der als Brennstoffkanal 304 dient. Das Brennstoffrohr 302 endet in einer Spitze 310 mit einer Mehrzahl von Brennstoff Öffnungen 312. Die primären und sekundären Brennstofföffnungen 312 stehen mit dem Brennstoffkanal 304 in Fluidverbindung. Die Brennstoffdüse 300 weist ferner einen Luftstutzen 318 auf, der an die Spitze 310 angrenzt und der eine Mehrzahl von Luftkanälen 320 definiert, die zulassen, dass während des Zündens und Verfeuerns eines Brenngases an den Öffnungen Luft von ausserhalb der Brennstoffdüse 300 zu den Brennstofföffnungen 312 strömt. Das Brennstoffdüsensystem weist ferner einen einzelnen Brennstoffkreis (nicht dargestellt) zum Steuern der Brennstoffzusammensetzung zur Spitze 310 auf, so dass eine Zusammensetzung des Brenngases, das im Zündstatus entzündet wird, anders sein kann als diejenige des Brenngases, das in einem Grundlaststatus verfeuert wird.

[0059] Wie in Fig. 10A und 10B dargestellt ist, ist im Zündstatus das Brennstoffrohr 302 mit einer ersten und/oder zweiten Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff (nicht dargestellt) verbunden, um eine Fluidverbindung zwischen dem Brennstoffkanal 304 und der ersten und/oder zweiten Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff einzurichten, so dass ein erstes und ein zweites niederenergetisches Brenngas von der ersten bzw. zweiten Quelle, das in verschiedenen Verhältnissen gemischt sein kann, zum Zünden zu den Brennstofföffnungen 312 strömen kann. Im Grundlaststatus kann das Brennstoffrohr 302 immer noch mit der Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff verbunden sein. Durch Ändern der Durchflussmengen des ersten und/oder zweiten niederenergetischen Brenngases kann ein niederenergetisches Brenngas, das einen niedrigeren Heizwert aufweist als das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus zum Zünden zu den primären Brennstofföffnungen 312 strömt, zum Verfeuern zu den primären und sekundären Brennstofföffnungen 312 geliefert werden.

[0060] Die Brennstoffdüse 300 ist einfach aufgebaut und kann daher Hardware-Kosten sparen und die Produktionskosten deutlich senken. Die Grösse der Brennstofföffnungen 312 hängt vom Heizwert oder der Wobbe-Zahl des Brenngases ab, das zum Zünden oder Verfeuern durch die Brennstofföffnungen hindurch strömt. Durch Anpassen der Grösse der Brennstofföffnungen auf Basis des Heizwerts oder der Wobbe-Zahl des hindurchströmenden Brenngases kann die Spitze 310 BFG-COG-Mischungen mit verschiedenen Verhältnissen unter Turbinenstartbedingungen zünden, wodurch die Anforderungen eines minimalen Druckverhältnisses (üblicherweise 1,01) über der Brennstofföffnung erfüllt werden, ohne bei einem fehlgeschlagenen Warmstart oder Abschalten eine Selbstzündung in der Turbinenabgasleitung zu bewirken. Zum Beispiel kann eine Brennstoffdüse 16 mit sekundären Brennstofföffnungen von etwa 0,32 Inch Durchmesser für ein Brenngas mit einem Heizwert von 123 Btu/scf ein Druckverhältnis von 1,028 erzeugen.

[0061] Daher sind die Düsensysteme mit einem einzelnen Brennstoffkreis, beispielsweise diejenigen, die in Fig. 7A und Fig. 9A dargestellt sind, nicht nur in der Lage, den Verbrauch von flüssigem Brennstoff oder Erdgas zu eliminieren und den COG-Verbrauch zu senken, sondern sie sind auch einfach aufgebaut, was den Betrieb vereinfachen und die Produktionskosten für die Düsen selbst senken kann.

[0062] Ähnlich wie das Brennstoffdüsensystem, das in Fig. 1A dargestellt ist, können in den Düsensystemen mit dem einzelnen Brennstoffkreis sowohl die ersten als auch die zweiten niederenergetischen Brenngase jeweils BFG und COG sein. Ein nicht-begrenzendes Beispiel für einen Start- und Betriebsmodus unter Verwendung der Düse mit dem einzelnen Brennstoffkreis ist in Fig. 11 dargestellt.

[0063] In bestimmten Ausführungsformen weist das niederenergetische Brenngas zum Zünden im Zündstatus etwa 5–18 Vol.-%, oder vorzugsweise etwa 6–15 Vol.-% oder stärker bevorzugt 6–11 Vol.-% H₂ auf. In bestimmten Ausführungsformen ist das niederenergetische Brenngas zum Zünden im Zündstatus eine BFG-COG-Mischung, die 82–90 Vol.-% BFG und 10–18 Vol.-% COG aufweist. In einer bestimmten Ausführungsform ist das niederenergetische Brenngas zum Zünden im Zündstatus beispielsweise eine BFG-COG-Mischung, die 85 Vol.-% BFG und 15 Vol.-% COG aufweist.

[0064] In bestimmten Ausführungsformen weist das niederenergetische Brenngas zum Verfeuern im Grundlaststatus etwa 5–15 Vol.-%, oder vorzugsweise etwa 5–10 Vol.-% oder stärker bevorzugt 5–8 Vol.-% H₂ auf. In bestimmten Ausführungsformen ist das niederenergetische Brenngas zum Verfeuern im Grundlaststatus eine BFG-COG-Mischung, die 88–93 Vol.-% BFG und 7–12 Vol.-% COG aufweist. In einer bestimmten Ausführungsform ist das niederenergetische Brenngas zum Verfeuern im Grundlaststatus beispielsweise eine BFG-COG-Mischung, die 93 Vol.-% BFG und 7 Vol.-% COG aufweist.

[0065] In den oben genannten Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung können neben den ersten und zweiten Quellen für niederenergetische Brennstoffe zusätzliche Quellen für niederenergetische Brennstoffe vorhanden sein, die mit der Brennstoffdüse verbunden werden können, um mehr niederenergetische Brenngase zur Zündung und/oder Verfeuerung bereitzustellen.

[0066] In den oben genannten Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung kann das Brennstoffdüsensystem ferner ein Brennstoffsystem für die ordnungsgemässe Zumessung von Brennstoff zur Brennstoffdüse aufweisen oder mit einem solchen verbunden sein. Das Brennstoffsystem kann eine Brennstoffsteuerung, Drehzahlregler, einen Strömungsteiler, Pumpen, ein Zweigrohr und Verdampfungsrohre aufweisen. Brenngase können durch flexible oder starre Leitungen zwischen diesen Komponenten geleitet werden. Das Brennstoffsystem ist in der Lage, exakt dosiertes Brenngas zur Brennstoffdüse zu liefern.

[0067] Um einen Flammenrückschlag in der Brennstoffdüse zu verhindern, müssen darüber hinaus die Luft- und Brenngasströme zum Zünden über einem bestimmten Wert gehalten werden, um ein relativ hohes Düsendruckverhältnis zu gewährleisten (üblicherweise über 1,01). Um eine Selbstentzündung in der Abgasleitung der Gasturbine zu einem Wärmerückgewinnungs-Dampfgenerator während eines fehlgeschlagenen Warmstarts oder Abschaltens zu verhindern, können in bestimmten Ausführungsformen Stickstoff oder Dampf oder Wasser in das Abgas eingeblasen werden.

Beispiele

[0068] Um zu zeigen, dass die Brennstoffdüse in der Lage ist, eine Gasturbine mit niederenergetischen Brenngasen zu starten, wurden Zündversuche durchgeführt, um BFG-COG-Mischungen zu entzünden. COG-Beimischungen, die von 10–40 % (Volumengehalt) variierten, was einem H₂-Gehalt von 6–24 % (Volumengehalt) entsprach, wurden getestet und die Zündleistung wurde bewertet. Erdgase wurden ebenfalls als Grundlinienvergleich verwendet. Eigenschaften des BFG und COG, die in den Versuchen verwendet wurden, sind in der Liste wie folgt aufgeführt.

Komponente	BFG	COG	Erdgas
H ₂ (Vol.-%)	1,3	55,7	
O ₂ (Vol.-%)	0,8	0,8	
N ₂ (Vol.-%)	51,7	6,2	1,9
CO (Vol.-%)	22,6	7,0	
CO ₂ (Vol.-%)	16,8	2,6	
CH ₄ (Vol.-%)		20,7	93,1
C ₂ H ₆ (Vol.-%)		1,9	5,0
H ₂ O (Vol.-%)	6,8	5,3	
LHV (Btu/scf)	80	415	930
Wobbe-Zahl (Btu/scf)	75	638	1130

[0069] Versuche wurden unter typischen Turbinenzündbedingungen durchgeführt, d.h. Luft und Brennstofftemperatur von 59 F und Atmosphärendruck. Der Luftstrom wurde grössenmässig auf eine einzelne Düse der Gasturbine eingestellt, die 5–18 % Turbinenwellendrehzahl für die primäre Brennstofföffnung und 8–27 % Wellendrehzahl für die sekundäre Brennstofföffnung entsprach. Dieser Luftstrombereich ist ausreichend breit, um typische Gasturbinenwellendrehzahlen abzudecken, die üblicherweise im Bereich einer Turbinenwellendrehzahl von 10–15 % liegen. Der Versuch wurde mit einem Ablauf durchgeführt wie nachstehend beschrieben.

[0070] (a) Man findet die Magerzündgrenze (LIL) beim geringsten Luftstrom, bei der es sich um das niedrigste Äquivalenzverhältnis handelt, bei dem eine erfolgreiche Entzündung eingerichtet werden kann. Das Äquivalenzverhältnis ist definiert als das Verhältnis von tatsächlichem Brennstoff-Luft-Verhältnis zu stöchiometrischem Brennstoff-Luft-Verhältnis. Das stöchiometrische Brennstoff-Luft-Verhältnis ist das Brennstoff-Luft-Verhältnis, bei dem die Luft den Brennstoff gerade so vollständig oxidieren kann, um CO₂ und H₂O zu bilden, ohne irgendwelchen überschüssigen O₂ zurückzulassen.

[0071] (b) Man findet die Magerzündgrenze bei einem verstärkten Luftstrom wie in Schritt (a) beschrieben, bis der maximale Luftstrom, der der höchsten Turbinenwellendrehzahl entspricht, erreicht wird.

[0072] (c) Die Schritte (a) und (b) werden mit erhöhter COG-Beimischung wiederholt, bis die maximale COG-Beimischung erreicht wird.

[0073] (d) Die Schritte (a) und (b) werden unter Verwendung von Erdgas wiederholt.

[0074] Dann wurde die Zündleistung im Hinblick auf die Magerzündgrenze bewertet, wobei eine niedrigere Magerzündgrenze eine grössere Zündspanne anzeigt, d.h. eine bessere Zündleistung.

[0075] Zwei Versuche wurden jeweils anhand eines Brennstoffdüsen systems mit nur der primären Brennstofföffnung und eines Brennstoffdüsen systems mit nur der sekundären Brennstofföffnung durchgeführt. Im ersten Versuch wurde ein Brennstoffdüsen system mit einem einzelnen Brennstoffkreis wie das in Fig. 7A und 7B dargestellte, aber ohne sekundäre Brennstofföffnung 212 an der sekundären Spitze 210 verwendet. Die Brennstoffdüse 13 weist primäre Brennstofföffnungen von 0,1 Inch Durchmesser auf. Die Magerzündgrenzen des ersten Versuchs sind in Fig. 12A dargestellt. Im zweiten Versuch wurde ein Brennstoffdüsen system mit nur der sekundären Brennstofföffnung, ähnlich dem in Fig. 9A und 9B dargestellten, verwendet. Die Düse 16 weist sekundäre Brennstofföffnungen von 0,32 Inch Durchmesser auf. Die Magerzündgrenzen des zweiten Versuchs sind in Fig. 12B dargestellt.

[0076] Wie in Fig. 12A und 12B dargestellt ist, wiesen in beiden Versuchen BFG/COG-Mischungen eine bessere Zündleistung (eine niedrigere LIL) auf als Erdgas, ausser bei der BFG-COG-Mischung mit einer 10%-igen COG-Beimischung. Daher kann die Brennstoffdüse mit der primären Öffnung oder die sekundäre Brennstoffdüse oder die Kombination aus den primären und sekundären Brennstofföffnungen verwendet werden, um eine Gasturbine mit niederenergetischen Brennstoffen, wie BFG und COG, zu starten.

[0077] Obwohl die Offenbarung in typischen Ausführungsformen dargestellt und beschrieben worden ist, soll sie nicht auf die gezeigten Einzelheiten beschränkt werden, da verschiedene Modifikationen und Substitutionen vorgenommen werden können, ohne in irgendeiner Weise vom Gedanken der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Somit kann ein Fachmann, der lediglich routinemässige Versuche anwendet, weitere Modifikationen und Äquivalente der hierin offenbarten Offenbarung finden, und es wird davon ausgegangen, dass sämtliche Modifikationen und Äquivalente im Gedanken und Bereich der Offenbarung liegen, die von den nachfolgenden Ansprüchen definiert wird.

[0078] Ein Brennstoffdüsensystem, mit dem das Starten und das Betreiben einer Gasturbine mit niederenergetischem Brenngas möglich ist, weist eine primäre Spitze mit primären Brennstofföffnungen und einem mit den primären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung stehenden primären Brennstoffkanal und einen Brennstoffkreis auf, der in der Lage ist, Durchflussmengen von ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die in die Brennstoffdüse strömen, zu steuern. Das System ist in der Lage, in einem Zündstatus zu arbeiten, in dem zumindest das erste niederenergetische Brenngas zu den primären Brennstofföffnungen geliefert und entzündet wird, um die Gasturbine zu starten, und in einem Grundlaststatus zu arbeiten, in dem zumindest das zweite niederenergetische Brenngas unter einer Grundlast verfeuert wird. Das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus entzündet wird, weist einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas auf, der höher ist als derjenige des niederenergetischen Brenngases, das im Grundlaststatus verfeuert wird. Es werden auch Verfahren zur Verwendung des Systems geschaffen.

Patentansprüche

1. Brennstoffdüsensystem, mit dem eine Gasturbine mit einem niederenergetischen Brennstoff gestartet und betrieben wird, aufweisend:
 - eine Brennstoffdüse, wobei die Brennstoffdüse aufweist:
 - eine primäre Spitze, die eine Mehrzahl von primären Brennstofföffnungen aufweist; und
 - einen primären Brennstoffkanal, der mit den primären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung steht;
 - einen Brennstoffkreis, der in der Lage ist, Durchflussmengen von ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, die in die Brennstoffdüse strömen, zu steuern; und
 - wobei das Brennstoffdüsensystem betrieben werden kann in:
 - einem Zündstatus, in dem zumindest das erste niederenergetische Brenngas zu den primären Brennstofföffnungen geliefert und gezündet wird, um die Gasturbine zu starten;
 - einem Grundlaststatus, in dem zumindest das zweite niederenergetische Brenngas verfeuert wird, um die Gasturbine zu betreiben; und
 - wobei der Brennstoffkreis dafür ausgelegt ist, Durchflussmengen so zu steuern, dass das niederenergetische Brenngas, das im Zündstatus entzündet wird, einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas aufweist, der höher ist als der des niederenergetischen Brenngases, das im Grundlaststatus verfeuert wird.
2. Brennstoffdüsensystem nach Anspruch 1, wobei:
 - die Brennstoffdüse ferner aufweist:
 - eine sekundäre Spitze, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstofföffnungen aufweist; und
 - einen sekundären Brennstoffkanal, der mit den sekundären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung steht; und
 - der Brennstoffkreis dafür ausgelegt ist, Zusammensetzungen des Brennstoffs, der auf die primären und sekundären Kanäle aufgeteilt ist, separat so zu steuern, dass während des Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den sekundären Brennstoffdüsen geliefert wird.
3. Brennstoffdüsensystem nach Anspruch 2,
 - wobei das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass während des Zündstatus Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen strömt, und/oder
 - wobei das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass während des Zündstatus Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen strömt; und/oder
 - wobei das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass während des Zündstatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Zünden zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus Druckluft zum Durchspülen zu den primären Brennstofföffnungen strömt; und/oder
 - wobei das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass während des Zündstatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Zünden zu den sekundären Brennstofföffnungen strömt und während des Grundlaststatus das erste und/oder das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnungen strömt.

4. Brennstoffdüsensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die primären Brennstofföffnungen in der primären Spitze den sekundären Brennstofföffnungen in der sekundären Spitze nachgelagert sind.
5. Brennstoffdüsensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Durchmesser der primären Brennstofföffnung kleiner ist als $\frac{1}{3}$ von dem der sekundären Brennstofföffnung.
6. Brennstoffdüsensystem nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:
die Brennstoffdüse ferner eine sekundäre Spitze aufweist, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstoffdüsen aufweist, die mit den primären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung stehen; und
das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass:
im Zündstatus zumindest das erste niederenergetische Brenngas zum Zünden zu sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen strömt; und
im Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern und/oder Durchspülen zu sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen strömt.
7. Brennstoffdüsensystem nach Anspruch 1, wobei das Brennstoffdüsensystem so gestaltet ist, dass es während des Grundlaststatus zumindest das zweite niederenergetische Brenngas zum Verfeuern zu den primären Brennstofföffnung strömen lässt.
8. Verfahren für einen Start und Betrieb einer Gasturbine mit einem niederenergetischen Brennstoff unter Verwendung einer Brennstoffdüse, beinhaltend:
Bereitstellen einer ersten Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff, die in der Lage ist, ein erstes niederenergetisches Brenngas zu liefern;
Bereitstellen einer zweiten Quelle für einen niederenergetischen Brennstoff, die in der Lage ist, ein zweites niederenergetisches Brenngas zu liefern, dessen Brennwert niedriger ist als der des ersten niederenergetischen Brenngases;
Bereitstellen einer Brennstoffdüse, aufweisend:
eine primäre Spitze, die eine Mehrzahl von primären Brennstofföffnungen aufweist; und
einen primären Brennstoffkanal, der mit den primären Brennstofföffnungen in Fluidverbindung steht;
Bereitstellen eines Brennstoffkreises zum Steuern von Durchflussmengen der ersten und zweiten niederenergetischen Brenngase, die in die Brennstoffdüse strömen;
Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus, beinhaltend:
Zünden des ersten niederenergetischen Brenngases oder einer ersten Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen an den primären Brennstofföffnungen, um die Gasturbine zu starten; und
Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus, beinhaltend:
Verfeuern des zweiten niederenergetischen Brenngases oder einer zweiten Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen, um die Gasturbine zu betätigen, wobei die zweite Kombination aus den ersten und zweiten niederenergetischen Brenngasen einen Gehalt an dem ersten niederenergetischen Brenngas aufweist, der niedriger ist als derjenige der ersten Kombination.
9. System nach Anspruch 8, wobei:
das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus ferner das Zuführen von Druckluft zum Durchspülen zu den sekundären Brennstofföffnungen beinhaltet; und
das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus ferner das Verfeuern des ersten und/oder des zweiten niederenergetischen Brenngases an den primären Brennstofföffnungen beinhaltet.
10. System nach Anspruch 8, wobei:
das Bereitstellen der Brennstoffdüse ferner beinhaltet:
Bereitstellen einer sekundären Spitze, die eine Mehrzahl von sekundären Brennstoffdüsen aufweist, die mit der primären Brennstoffleitung in Fluidverbindung steht;
das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Zündstatus beinhaltet:
Zünden zumindest des ersten niederenergetischen Brenngases an sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen; und
das Betätigen der Brennstoffdüse in einem Grundlaststatus beinhaltet:
Zünden zumindest des zweiten niederenergetischen Brenngases an sowohl den primären als auch den sekundären Brennstofföffnungen.

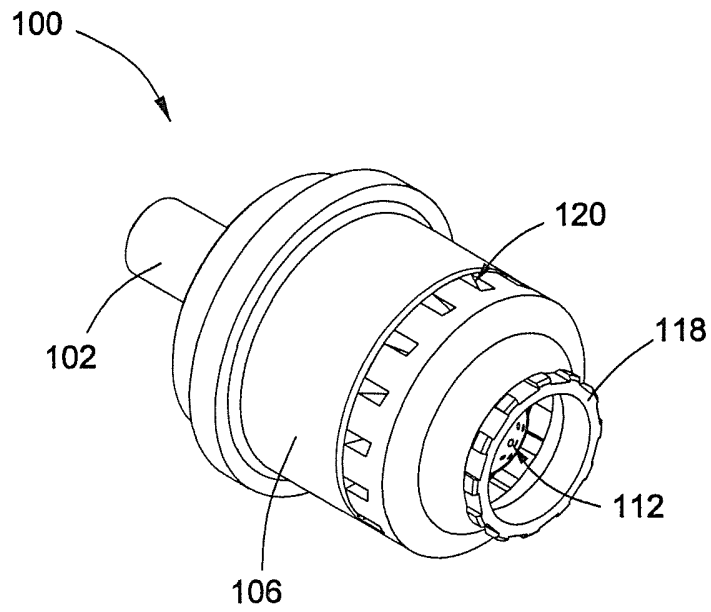


FIG. 1A

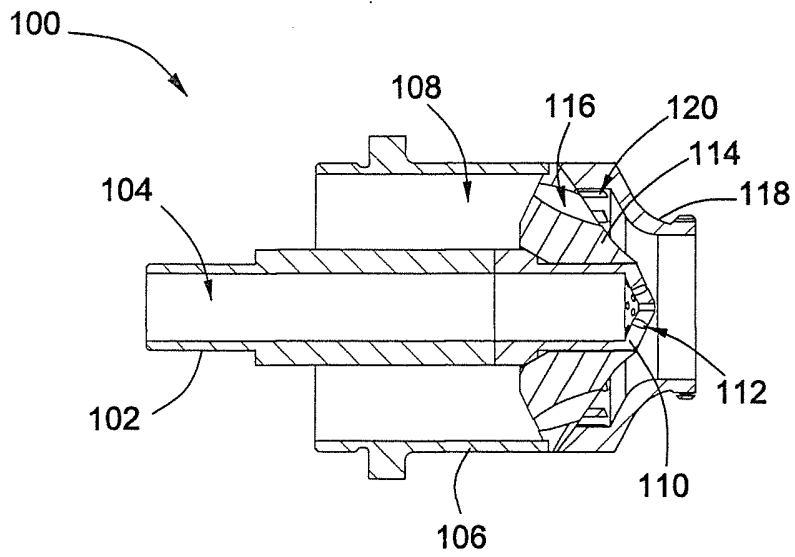


FIG. 1B

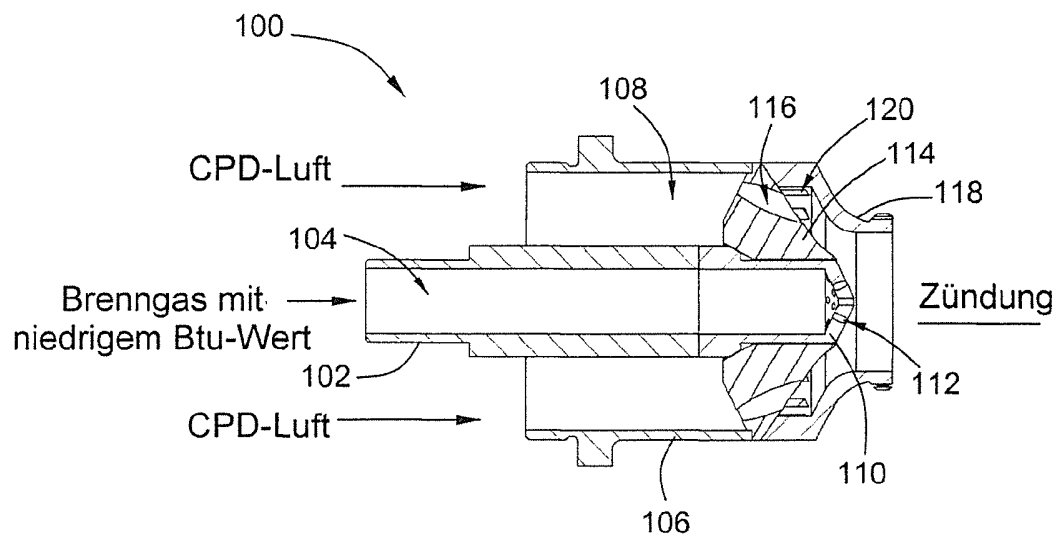


FIG. 2A

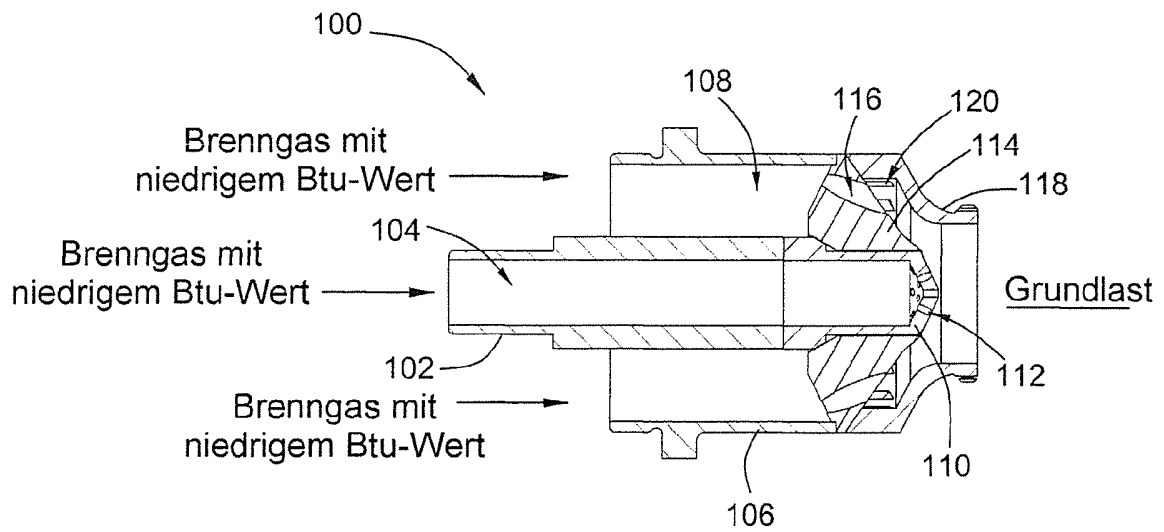


FIG. 2B

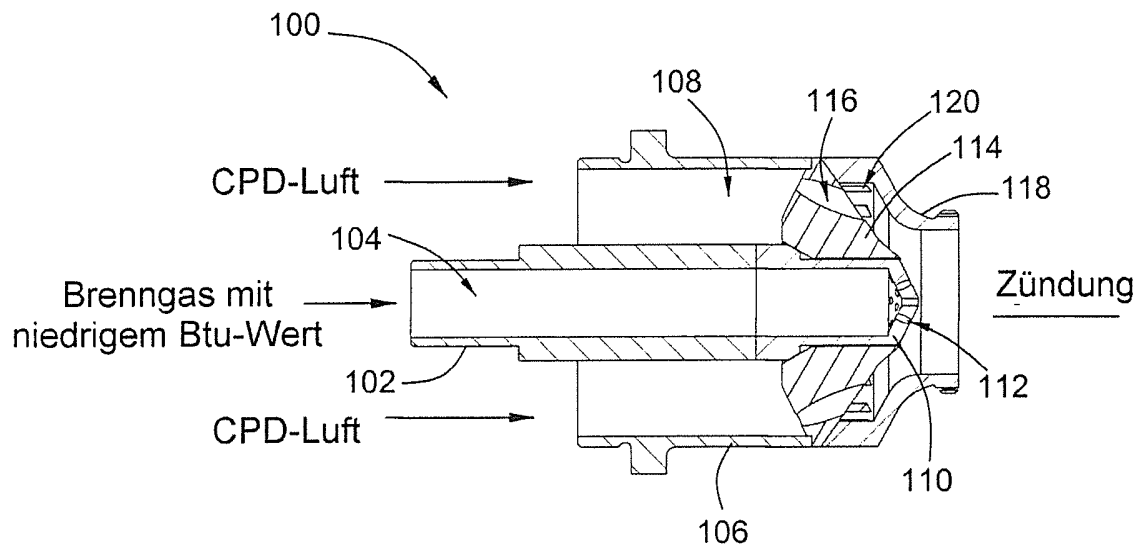


FIG. 3A

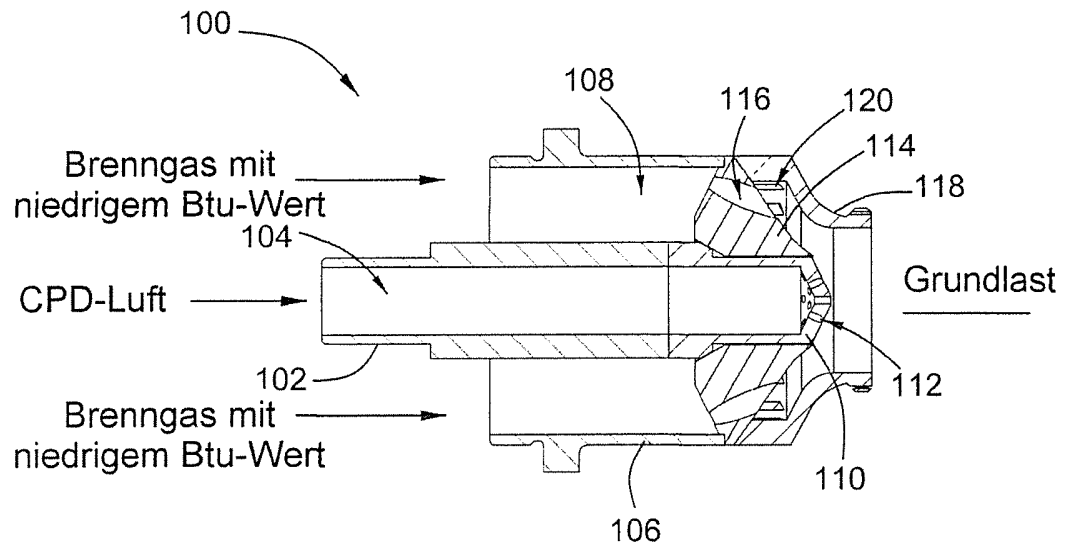


FIG. 3B

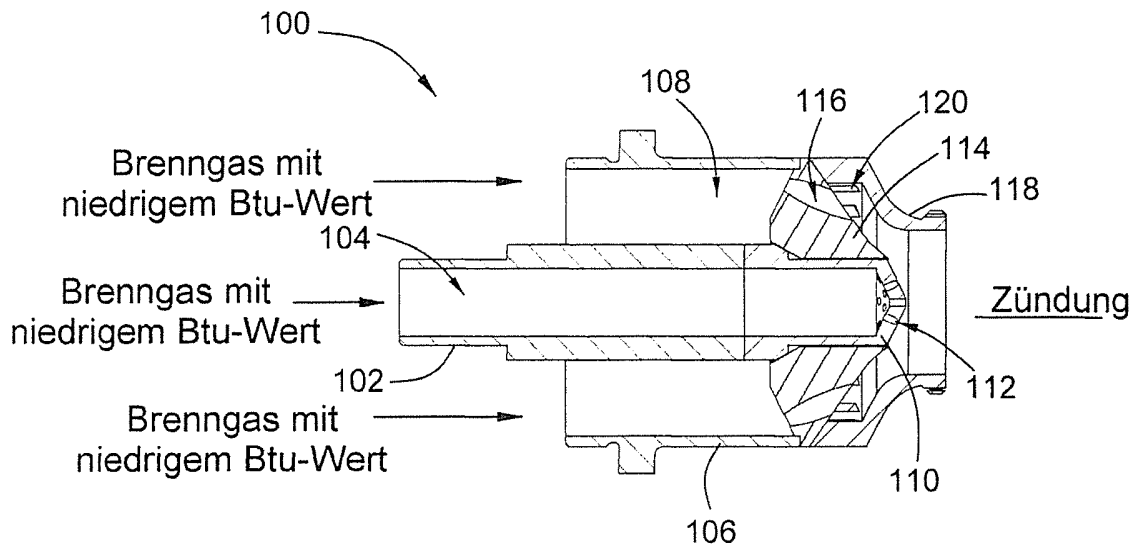


FIG. 4A

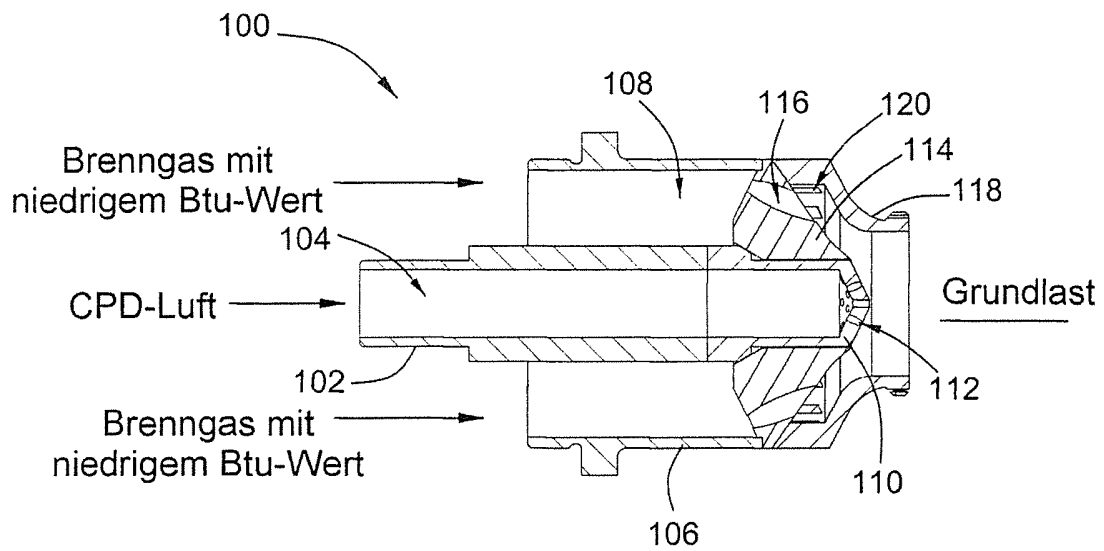


FIG. 4B

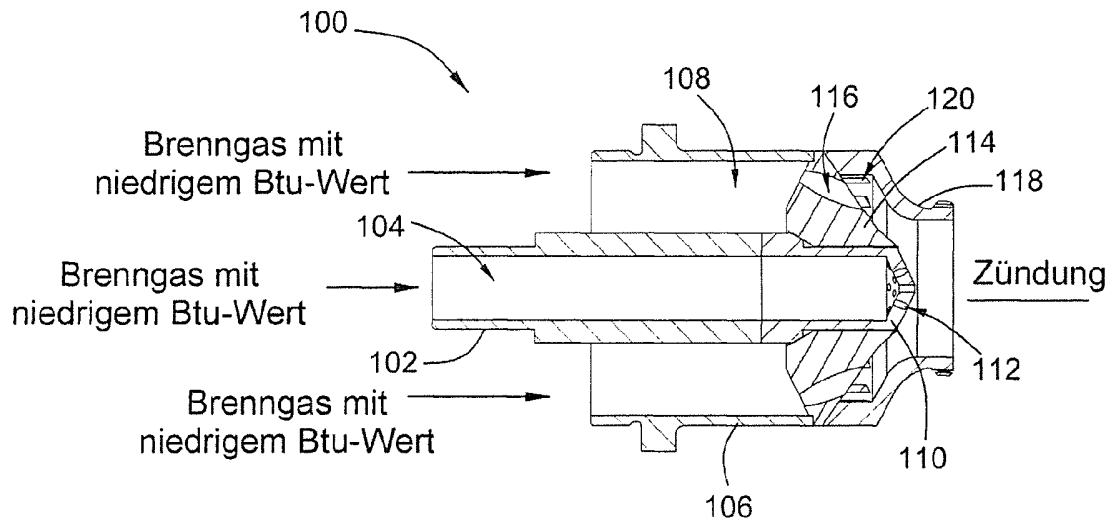


FIG. 5A

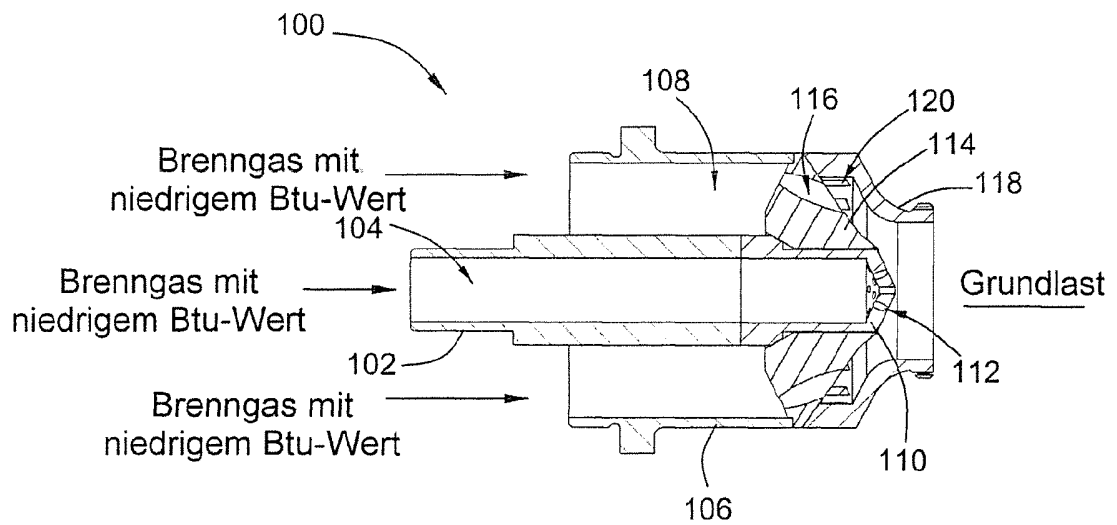


FIG. 5B

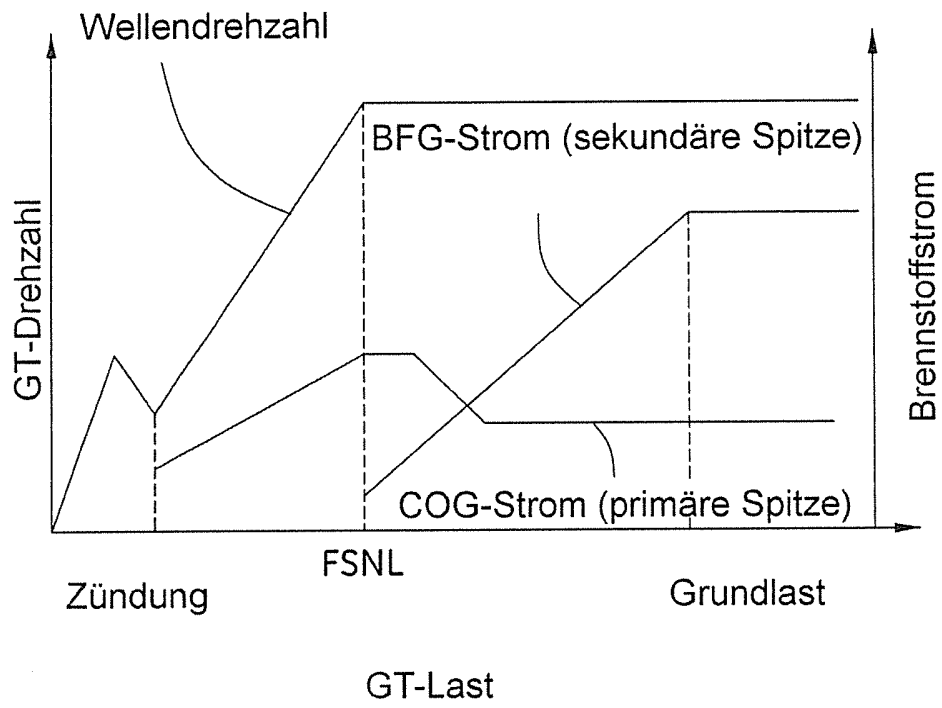


FIG. 6

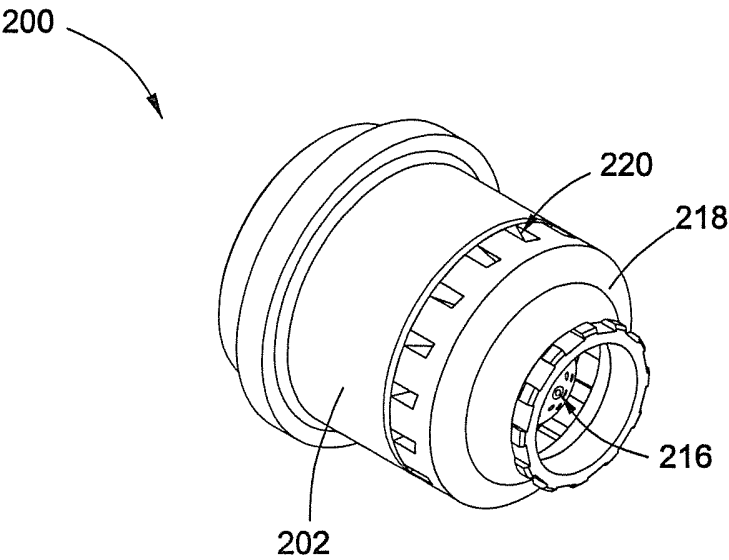


FIG. 7A

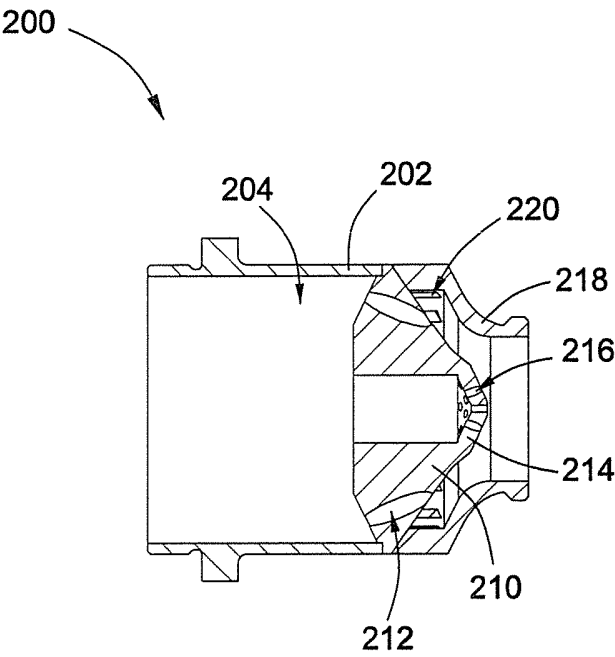


FIG. 7B

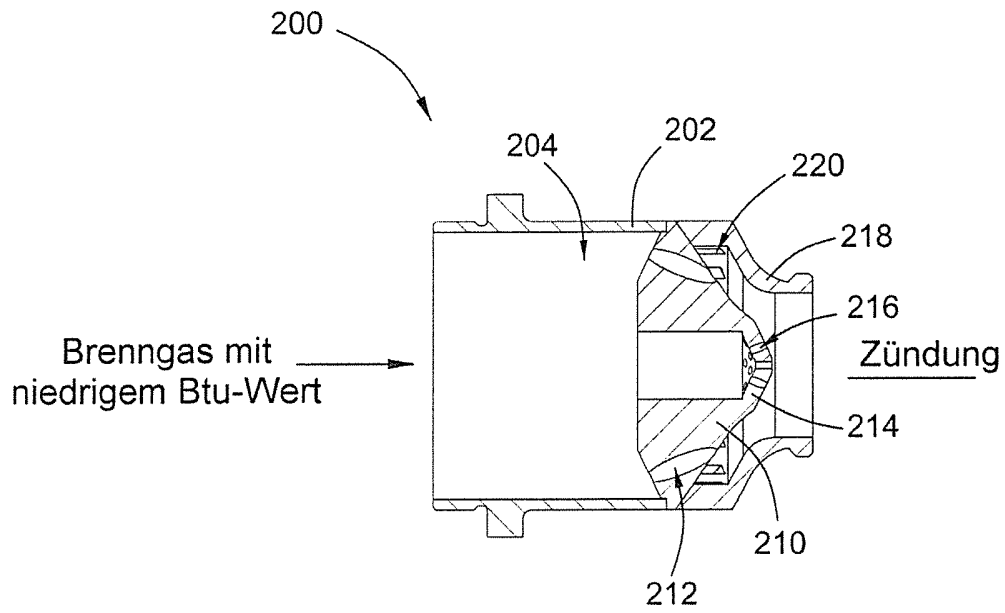


FIG. 8A

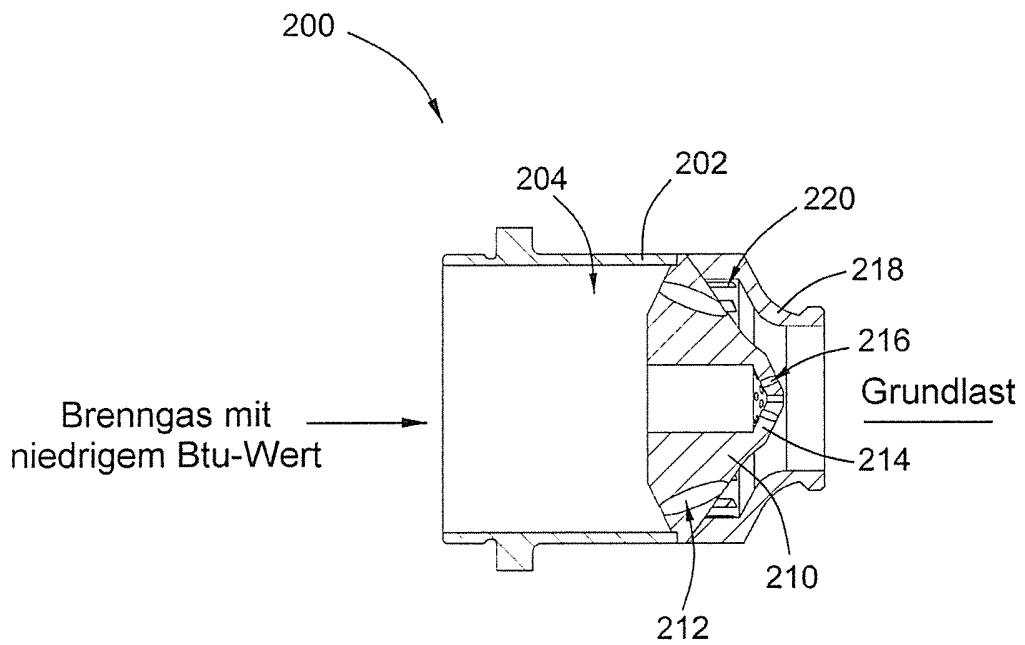


FIG. 8B

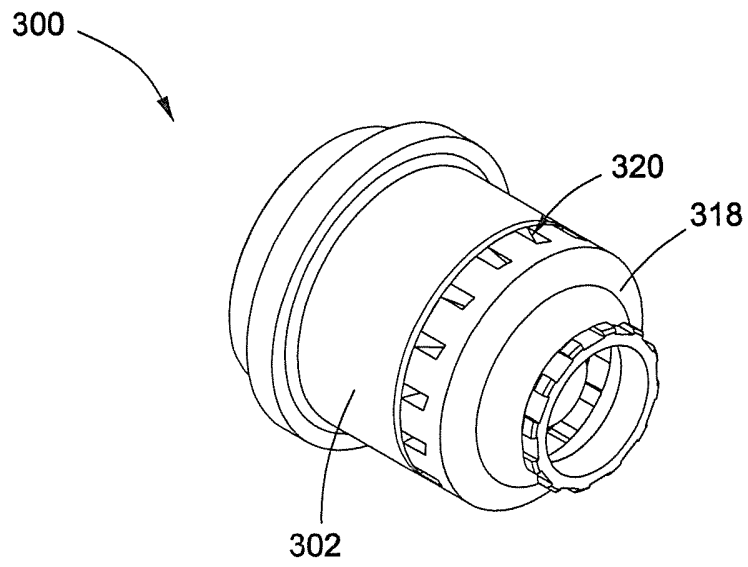


FIG. 9A

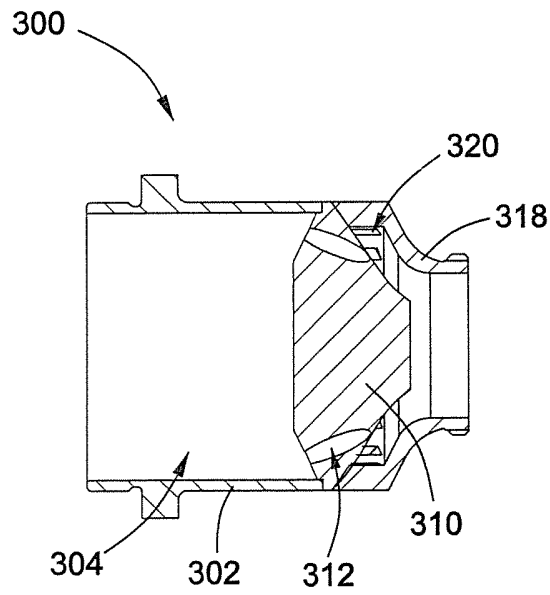


FIG. 9B

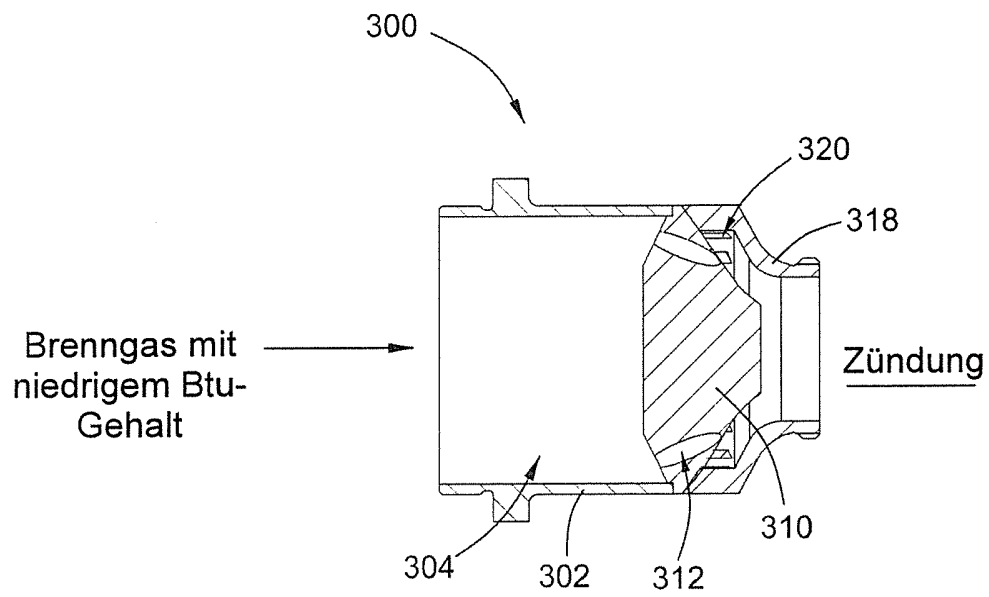


FIG. 10A

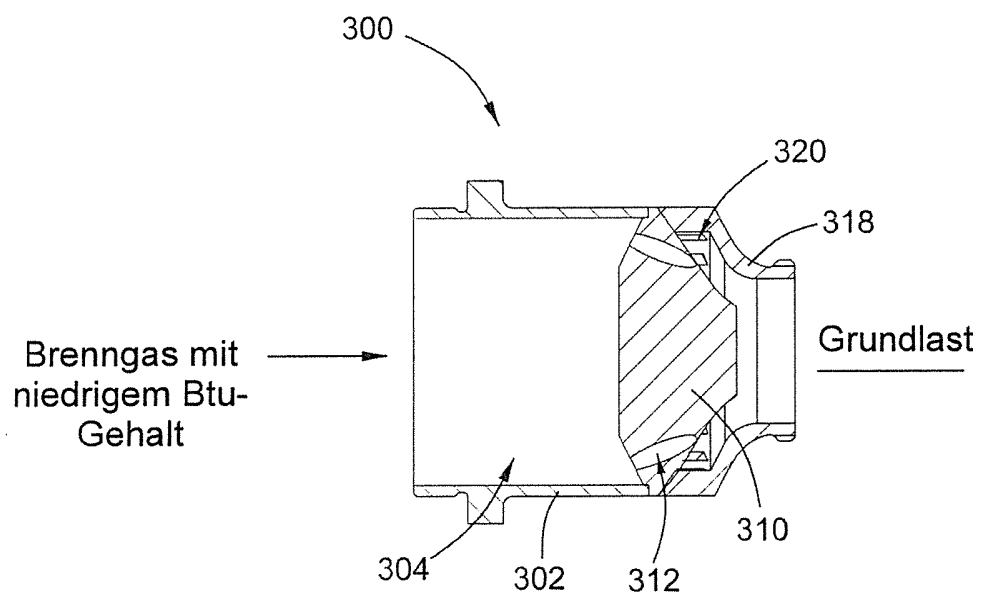


FIG. 10B

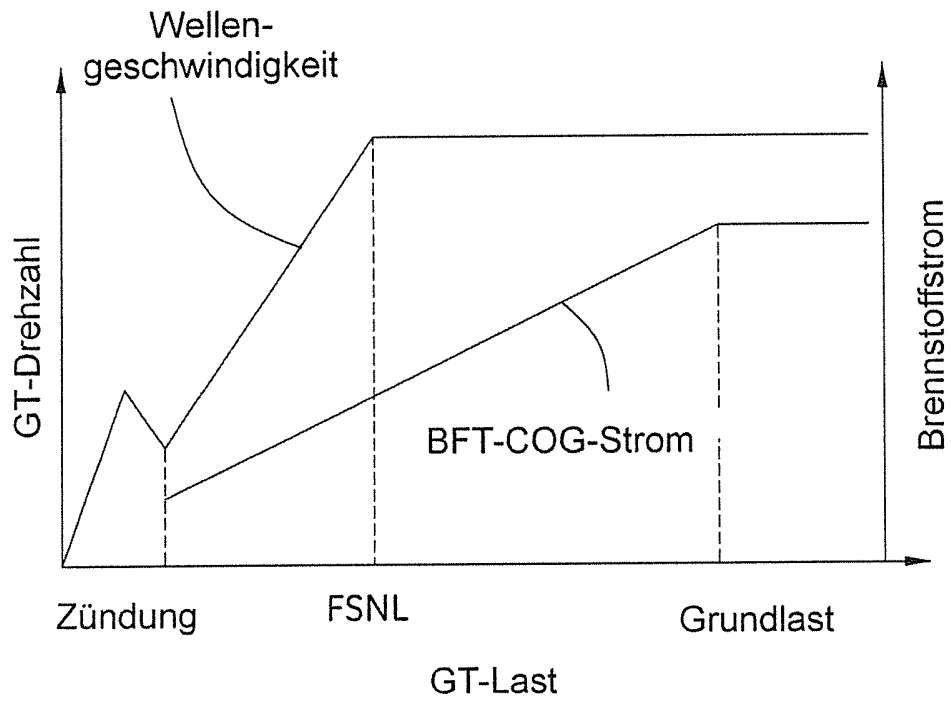


FIG. 11

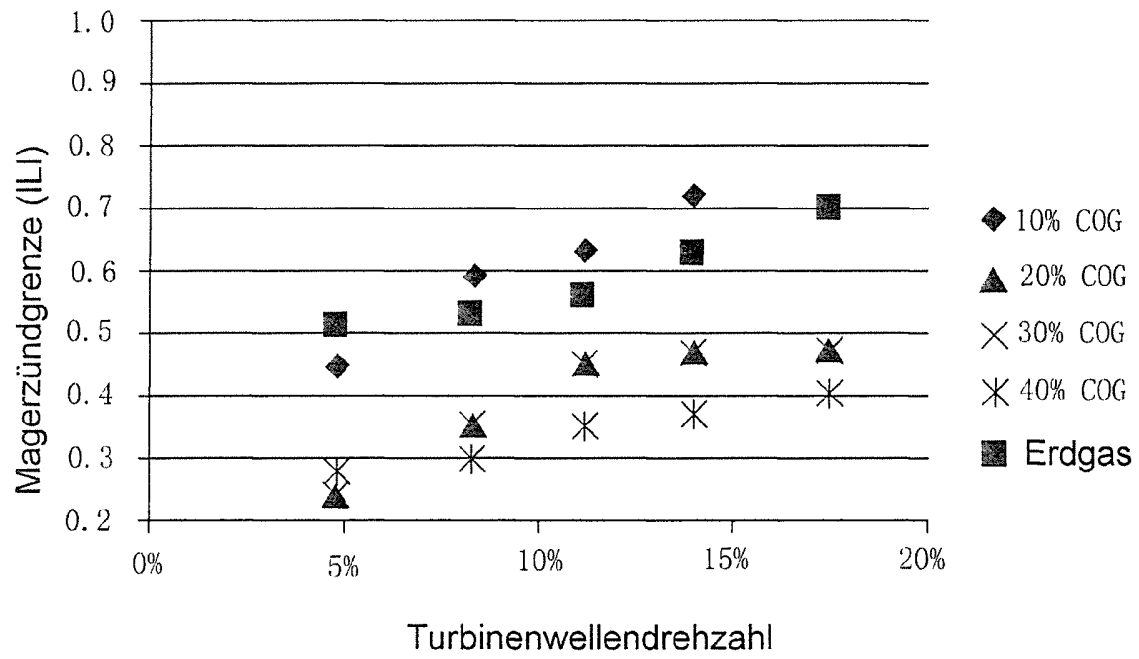


FIG. 12A

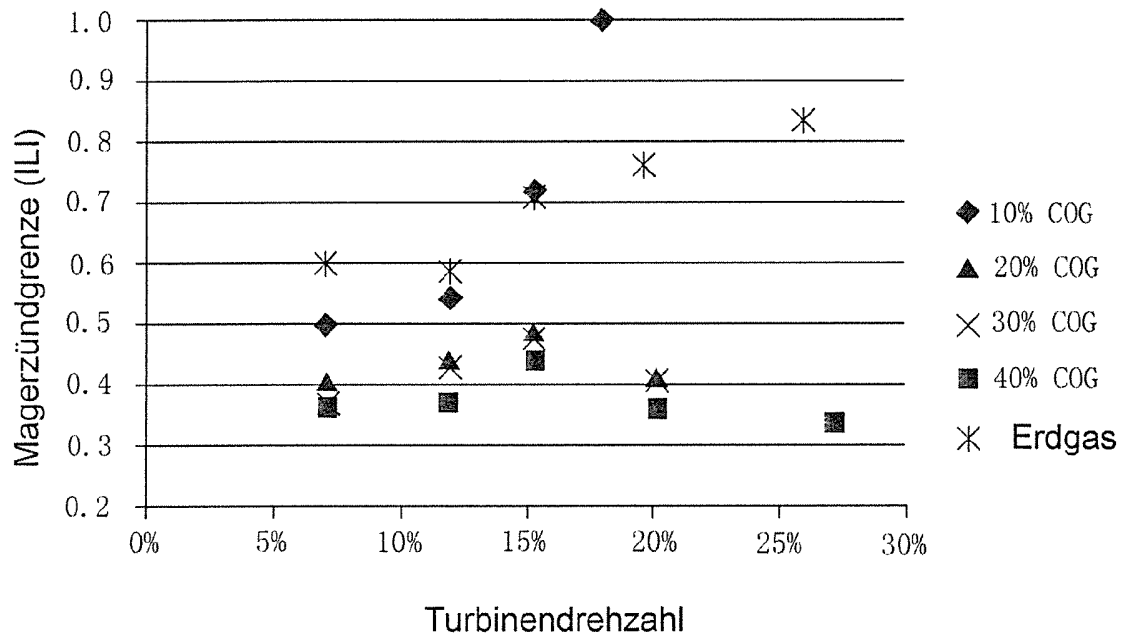


FIG. 12B