



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 15 976 T2 2005.11.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 194 719 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 15 976.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/17092**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 944 779.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/79182**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **28.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.04.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **17.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.11.2005**

(51) Int Cl.7: **F23D 14/66**
F23D 14/22, F23M 5/02

(30) Unionspriorität:
338844 23.06.1999 US

(73) Patentinhaber:
**L'air Liquide, S.A. a Directoire et Conseil de
Surveillance pour l'Etude et l'Ex, Paris, FR**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, NL

(72) Erfinder:
**JOSHI, L., Mahendra, Darien, US; FOSSEN,
Arnaud, F-57420 Verny, FR; BORDERS, A., Harley,
Lombard, US; TSIAVA, P., Remi, F-91350 Grigny,
FR; CHARON, Olivier, Chicago, US**

(54) Bezeichnung: **BRENNER MIT VORGEWÄRMTEM BRENNSTOFF UND OXIDATIONSMITTEL**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verbrennung von vorgewärmtem Brennstoff und/oder vorgewärmtem Oxidationsmittel nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Solch eine Vorrichtung ist aus der US-Patentschrift Nr. US-A-5.302.112 bekannt.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Es gibt drei Grundtypen von Verbrennungssystemen, die auf der Brennstoff- und Oxidationsmitteltemperatur basieren. Das erste und gängigste Brennersystem verwendet ungewärmten (oder Umgebungs-) Brennstoff und Oxidationsmittel zur Verbrennung. Sowohl Luft-Brennstoff- als auch Sauerstoff-Brennstoff-Brenner der obigen Typen sind in der Industrie weit verbreitet (siehe US-Patentschriften Nr. 5.199.866, 4.690.635).

[0003] Der zweite Typ von Brennersystem wendet die Vorwärmung der Umgebungstemperaturfluide (Brennstoff und Oxidationsmittel) im Inneren der Brennerausführung an. Dieses Verfahren verwendet Umgebungs- oder leicht vorgewärmten Brennstoff und Oxidationsmittel als Eingabe in den Brenner. Es wird gewöhnlich für Luft-Brennstoff-Brenner und Verbrennungsmotoren verwendet. Die US-Patentschrift Nr. 4.257.762 beschreibt ein solches Verfahren, wobei vorgewärmte Abzugsluft durch partielle Vermischung im Brennerkanal zum Vorwärmen von Brennstoffgas genutzt wird. In einer anderen Anmeldung (US 5.413.477) wird dem Brenner heisses Abgas zugeführt, um den Brennstoff und die Verbrennungsluft durch brennstoffreiche und brennstoffarme gestufte Verbrennung vorzuwärmen. Dieses Konzept wurde auf Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennungssysteme angepasst, und die Vorwärmung von Erdgas wird durch Vermischung mit einem anderen Heissfluid angewandt, oder durch partielle Verbrennung in einer sauerstoffarmen Atmosphäre, was sowohl die Rußbildung als auch die Vorwärmung zur Folge hat (US 5.725.366). Dieses sind bekannte Technologien, bei denen die Vorwärmung des Oxidationsmittels oder des Brennstoffs im Inneren des Brennergehäuses oder Brennerblocks erfolgt. Zusammenfassend wird der Brenner oder Brennerblock als Heizung für den Brennstoff, das Oxidationsmittel oder beides verwendet. In der ersten Stufe wird die partielle Verbrennung des Brennstoffs mit Oxidationsmittel durchgeführt, und in der zweiten Stufe wird die nachfolgende Vermischung der heißen Verbrennungsprodukte aus der ersten Stufe mit dem restlichen Brennstoff und Oxidationsmittel durchgeführt. Auf diese Weise wird eine Gesamtvorwärmung des Brennstoffs und Oxidationsmittels erreicht.

[0004] Vorgewärmte Luft für Luft-Brennstoff-Brennersysteme ist bekannt. Die meisten Anwendungen erfordern aber vorgewärmte Verbrennungsluft (US 4.492.568, US 5.823.769). Die traditionellen Verfahren verwenden einen feuerfesten Wärmeaustauscher (zwei Abhitzeverwerter), um die Verbrennungsluft auf eine zyklische Weise vorzuwärmen. Mit Luft-Brennstoff-Brennern und Keramik-Abhitzeverwertern sind daher bei Luft, die 21 (volumetrische) Prozent Sauerstoff enthält, Vorwärmtemperaturen von bis zu 1100°C üblich. Die Luft in solchen Vorrichtungen wird durch periodischen (oder zyklischen) Durchlauf eines gegebenen Abhitzeverwertern (z.B. Keramikelemente enthaltende Schächte) vorgewärmt, die durch die heissen Abgase während des vorigen Zyklus vorgewärmt wurden. Der Nachteil des obigen Wärmerückgewinnungssystems ist, dass es keinen Reinsauerstoff verwenden kann. Der erste Grund ist sicherheitsbezogen. Das Abgas, das aus dem Ofen austritt, ist allgemein durch Prozesspartikel, Brennstoff, Kondensat und Dämpfe verunreinigt, die mitgerissen werden und sich in einem Zyklus auf den erwärmten Schachtflächen ablagern können und im nächsten Zyklus leicht mit vorgewärmtem Sauerstoff reagieren können. Dies kann explosive Bedingungen verursachen. Der zweite Grund ist auf Leckaustritte des vorgewärmten Sauerstoffs (wertvolles Gut) durch Risse und Fugen des feuerfesten Abhitzeverwerteraufbaus zurückzuführen.

[0005] Auch die Verwendung von metallenen Abhitzeverwertern ist weit verbreitet, wegen der Metallkonstruktion und der Korrosionseffekte des heissen Oxidationsmittels (Luft) und der Abgase auf die metallenen Teile des Abhitzeverwertern liegen die Vorwärmtemperaturen aber unter 700°C. Luft-Brennstoff-Wärmerückgewinnungssysteme dieser Art weisen zudem aufgrund des in der Luft enthaltenen Stickstoffs einen geringeren Wärmewirkungsgrad auf. Dieser inerte Stickstoff muss auf Prozesstemperatur erwärmt werden, und diese Wärme wird einfach verschwendet. Überdies löst Stickstoff bei hohen Temperaturen die Bildung von NO_x aus.

[0006] Der vorgewärmte Sauerstoff für die Verbrennung wurde bereits bei einem Reformingreaktor (US-Patentschrift Nr. 5.588.974) verwendet, wobei Sauerstoff und Dampf benutzt werden, um Kohlenwasserstoffe in

Wasserstoff und Kohlenmonoxid umzuwandeln. Das heisse Oxidationsgemisch wird dem Reaktor bei Temperaturen von 260°C bis 649°C (500°F bis 1200°F) zugeführt. Die Aufgabe war, Brennstoff durch partielle Verbrennung zu H₂ und CO zu reformieren. Die Verbrennung wurde nicht in stöchiometrischen Verhältnissen durchgeführt, um Wärme für Heizanwendungen wie z.B. Stahlschmelzen, Glasschmelzen, Wärmebehandlung usw. freizusetzen. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine andere, da sie einen Verbrennungsbrenner betrifft, wobei Brennstoff mit Sauerstoff in nahestöchiometrischen Verhältnissen verbrannt wird.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Der vorliegenden Erfindung gemäss werden Brenner beschrieben, die viele der Nachteile der früher bekannten Brenner überwinden. Die erfindungsgemässen Brenner sind für eine Vorrichtung bestimmt, um mit vorgewärmten Oxidationsmittel und/oder vorgewärmtem Brennstoff (bevorzugt Erdgas) eine Oxidationsmittel-Brennstoff-Flamme für Hochtemperaturheizanwendungen zu erzeugen.

[0008] Die Erfindung betrifft eine Brennervorrichtung nach Anspruch 1.

[0009] Bevorzugt werden Brenner nach dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei das Auslassende jedes Hohlraums bündig mit einer Heissfläche des feuerfesten Brennerblocks ist. Bevorzugt werden auch Brenner nach dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei eine Vielzahl von Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel in jeweiligen Hohlräumen im feuerfesten Brennerblock angeordnet sind, und eine Vielzahl von Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff in jeweiligen Hohlräumen im feuerfesten Brennerblock angeordnet sind.

[0010] Ferner werden Brenner nach diesem ersten Aspekt der Erfindung bevorzugt, bei denen das Auslassende der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel mit einem Einlass einer Düsenanordnung für vorgewärmtes Oxidationsmittel verbunden ist, wobei die Düsenanordnung für vorgewärmtes Oxidationsmittel einen Expansionsanschluss umfasst, der einen Einlass der Düsenanordnung für vorgewärmtes Oxidationsmittel hinter dem Dehnungsausgleicher mit einer Düse für vorgewärmtes Oxidationsmittel verbindet, wobei die Düse für vorgewärmtes Oxidationsmittel einen Düsenauslass für vorgewärmtes Oxidationsmittel und eine Achse aufweist. Noch bevorzugtere Brenner nach diesem Aspekt der Erfindung sind solche, wobei der Düsenauslass für vorgewärmtes Oxidationsmittel eine Aussparung aus dem Auslassende des Hohlraums ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angeordnet ist.

[0011] Bevorzugte Brenner nach diesem Aspekt der Erfindung sind solche, wobei das Auslassende der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff mit einem Einlass einer Düse für vorgewärmten Brennstoff verbunden ist, wobei die Düse für vorgewärmten Brennstoff einen Düsenauslass für vorgewärmten Brennstoff und eine Achse aufweist; solche Brenner, wobei die Düse für vorgewärmten Brennstoff eine Aussparung aus dem Auslassende des Hohlraums ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist.

[0012] Ferner sind bevorzugte Brenner nach diesem Aspekt der Erfindung solche, wobei der Hohlraum, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist, einen Expansionsabschnitt umfasst, wobei der Expansionsabschnitt einen ersten Umgebungsfluidhohlraum, der vor dem Expansionsabschnitt angeordnet ist, mit einem zweiten Umgebungsfluidhohlraum verbindet, der hinter dem Expansionsabschnitt angeordnet ist und einen Innendurchmesser aufweist, der grösser als der Innendurchmesser des ersten Umgebungsfluidhohlraums ist, wobei der Expansionsabschnitt einen Einlass und einen Auslass aufweist, wobei der Einlass des Expansionsabschnitts einen kleineren Durchmesser als der Auslass des Expansionsabschnitts aufweist. Bevorzugte Expansionsabschnitte weisen eine frustokonische Form auf.

[0013] Bevorzugte Brenner sind solche, wobei der Düsenauslass für vorgewärmten Brennstoff bündig mit dem Einlass des Expansionsabschnitts angeordnet ist.

[0014] Bevorzugt werden auch solche Brenner nach dem ersten Aspekt der Erfindung, wobei die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff sich durch eine Zwischenleitung erstreckt und darin angeordnet ist, wobei die Zwischenleitung zwischen der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff und ihrem jeweiligen Hohlraum angeordnet ist. Die Zwischenleitung weist ein Auslass- und ein Auslassende auf, wobei das Einlassende der Zwischenleitung mit einer der Sammelkammern verbunden ist, die zur Aufnahme von Umgebungsbrennstoff geeignet sind. Die Zwischenleitung und der Hohlraum bilden einen ringförmigen Bereich zwischen der Zwischenleitung und dem Hohlraum, der die Einleitung von Umgebungsoxidationsmittel in diesen ringförmigen Bereich zulässt, wobei die Zwischenleitung und die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem

Brennstoff einen inneren ringförmigen Bereich zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff bilden.

[0015] Die erfindungsgemässen Brenner umfassen ferner eine Fluidverbindung, die den Hohlraum, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angeordnet ist, mit dem Hohlraum verbindet, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist. Diese Fluidverbindung erlaubt die Vermischung von Umgebungsoxidationsmittel mit Umgebungsbrennstoff und weist bestimmte Sicherheitsmerkmale auf, die hierin ausführlich beschrieben werden. In noch einer anderen Variante des Brenners nach dem ersten Aspekt der Erfindung weist die Fluidverbindung einen Fluidverbindungseinlass und einen Fluidverbindungsauslass auf, wobei der Fluidverbindungseinlass mit dem Hohlraum verbunden ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel an einer Stelle vor einem Punkt liegt, wo der Fluidverbindungsauslass mit dem Hohlraum verbunden ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist. Bevorzugte Brennerkonstruktionen für diesen Aspekt schliessen solche ein, wobei der feuerfeste Brennerblock aus einem oberen feuerfesten Brennerblock und einem unteren feuerfesten Brennerblock besteht, wobei der obere und der untere feuerfeste Brennerblock in einer Ebene Kontakt haben, die im Grossen und Ganzen parallel zu einer Achse der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff liegt, wobei in dem unteren feuerfesten Brennerblock der Hohlraum angeordnet ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist, und in dem oberen feuerfesten Brennerblock der Hohlraum angeordnet ist, in dem die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angeordnet ist.

[0016] Bevorzugte Brenner nach einem Aspekt der Erfindung sind solche, wobei die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel und vorgewärmtem Brennstoff beide metallenen sind und beide von der Brennervorrichtung abgenommen werden können.

[0017] Die Erfindung wird Bezug nehmend auf die folgende kurze Beschreibung der Zeichnungen und die Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen ausführlich beschrieben. Weder die Zeichnungen noch die ausführliche Beschreibung sind als den Umfang einschränkend zu verstehen, sondern vielmehr als Hilfen für den Fachmann, um die erfindungsgemässe Brenner wie beansprucht herstellen und verwenden zu können.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0018] [Fig. 1](#) ist ein Seitenriss eines Brenners;

[0019] [Fig. 2](#) ist ein Seitenriss eines zweiten Brenners;

[0020] [Fig. 3](#) ist ein Seitenriss einer erfindungsgemässen dritten Brennerausführung;

[0021] [Fig. 4](#) ist ein Seitenriss einer erfindungsgemässen vierten Brennerausführung;

[0022] [Fig. 4A](#) ist eine Vorderansicht der vierten Brennerausführung von [Fig. 4](#);

[0023] [Fig. 5](#) ist ein Seitenriss eines bevorzugten feuerfesten Brennerblocks, der zur Verwendung in der erfindungsgemässen vierten Brennerausführung von [Fig. 4](#) geeignet ist;

[0024] [Fig. 5A](#) ist eine Vorderansicht des feuerfesten Brennerblocks von [Fig. 5](#);

[0025] [Fig. 6](#) ist ein Seitenriss eines bevorzugten feuerfesten Brennerblocks, der zur Verwendung in einer erfindungsgemässen fünften Brennerausführung geeignet ist;

[0026] [Fig. 6A](#) ist eine Vorderansicht des feuerfesten Brennerblocks von [Fig. 6](#);

[0027] [Fig. 7](#) ist ein Seitenriss eines bevorzugten feuerfesten Brennerblocks, der zur Verwendung in einer erfindungsgemässen sechsten Brennerausführung geeignet ist; und

[0028] [Fig. 7A](#) ist eine Vorderansicht des feuerfesten Brennerblocks von [Fig. 7](#);

[0029] [Fig. 8](#) veranschaulicht die Vorteile des konzentrischen Düsendesigns, das in verschiedenen Ausführungsformen verwendet wird.

[0030] Der vorliegenden Erfindung gemäss werden Verbrennungsbrenner beschrieben, die bevorzugt mit einem niedrigen Oxidationsmittelversorgungsdruck betrieben wird, wie z.B. den Druck, der von einer Vacuum Swing Adsorption-Sauerstoffproduktionseinheit erhalten wird. Ein niedriger Oxidationsmitteldruck bedeutet einen Druck von etwa 105.000 bis etwa 170.000 Pa (absoluter Druck) (50 m bar bis 0,7 bar relativer Druck). Doch dies bedeutet nicht, dass keine Oxidationsmittel verwendet werden können, die über Membrantrennung, Adsorption, Absorption, Filtration und ähnliches zugeführt werden. Auch verdampfte Oxidationsmittel können verwendet werden, wie z.B. von Flüssigsauerstoff, der über ein Tankfahrzeug oder über eine Pipeline zugeführt wird. Verfahren zur Produktion, zum Transport und zum Einspeisen von Oxidationsmitteln, wie z.B. verschiedene Sauerstoffreinheiten, die von Luft getrennt sind, sind aus der Industriegastechnik bekannt und sind nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung. Die Verfahren zur Produktion, zum Transport und zum Einspeisen von Oxidationsmitteln werden daher nur beiläufig erwähnt.

[0031] Der vorliegenden Erfindung gemäss werden der Brennstoff und das Oxidationsmittel durch separate Hohlräume in die Brenneranordnung eingeleitet. Der Begriff „Brennstoff“ bedeutet dieser Erfindung gemäss zum Beispiel Methan, Erdgas, verflüssigtes Erdgas, Propan, zerstäubtes Öl oder dergleichen (in gasförmiger oder flüssiger Form) bei Raumtemperatur (etwa 25°C) oder in vorgewärmter Form. Der Begriff „Oxidationsmittel“ bedeutet dieser Erfindung gemäss ein Gas mit einer molaren Sauerstoffkonzentration grösser als 21%, bevorzugt mindestens 50%. Solche Oxidationsmittel schliessen sauerstoffangereicherte Luft ein, die mindestens 50 Volumen-% Sauerstoff enthält, wie z.B. industriell „reiner“ Sauerstoff (99,5%), der von einer kryogenen Luftzerlegungsanlage erzeugt wird, oder unreiner Sauerstoff, der durch einen Vacuum Swing Adsorption-Prozess (etwa 88 Vol-% O₂ oder mehr) erzeugt wird, oder unreinen Sauerstoff, der durch Filtration, Adsorption, Absorption, Membrantrennung oder ähnliches aus Luft oder einer anderen Quelle erzeugt wird. Der Begriff „Umgebung“ bedeutet hierin die Temperatur der Umgebungsluft, die typischerweise zwischen etwa 0°C und 30°C liegt, je nach Ort und Tages-, Monats- und Jahreszeit.

[0032] Die Hohlräume, wie sie hierin definiert werden, sind Durchgänge durch einen feuerfesten Block oder durch eine Ofenwand, und weisen bevorzugt einen allgemein zylindrischen Querschnitt auf. Jeder äquivalente Querschnitt kann verwendet werden, wie z.B. quadratisch, rechteckig, ellipsoid, oval und dergleichen.

[0033] Leitungen werden hierin als Rohrelemente definiert, die eine Aussenform aufweisen, die ihrem jeweiligen Hohlraum entspricht oder nicht, und die in ihrem jeweiligen Hohlraum angeordnet werden können, um vorgewärmte Fluide durch den feuerfesten Brennerblock zu leiten.

[0034] Es sind separate Leitungen vorgesehen, die jeweils geeignet sind, um entweder vorgewärmtes Oxidationsmittel oder vorgewärmten Brennstoff zu befördern. Die Leitungen können Metallrohre, Metallrohre oder Rohre mit Keramikenden, Keramikrohre oder eine Kombination daraus sein. Beispiele für geeignete Keramikmaterialien für Einspritzrohre schliessen Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Ytteroxid, Siliziumkarbid und ähnliches ein. Verschiedene nichtrostende Stähle können für die Leitungen verwendet werden, wenn die Leitungen metallisch sind, und auch Metallleitungen mit feuerfesten Hitzschutzüberzügen sind möglich, die Materialien wie die für Keramikleitungen genannten erwähnen.

[0035] Die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden sind in Hohlräumen installiert, die durch die Ofenwände geöffnet sind, oder durch einen feuerfesten oder keramischen Stein, der in der Ofenwand befestigt ist. In einigen Ausführungsformen reicht die Länge der Leitung absichtlich nicht aus, um die jeweilige Länge ihres Hohlraums im Brennerblock zu umspannen: der vorgewärmte Brennstoff oder das vorgewärmte Oxidationsmittel strömt aus der Leitung in ihren jeweiligen Hohlraum, dann vom Hohlraum in den Brennraum des Ofens. Daher enden die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden in einigen Ausführungsformen, bevor die Geometrie des Hohlraums dem vorgewärmten Gasstrom eine Richtungsänderung verleihen kann; in anderen Ausführungsformen können die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden mit ihrem jeweiligen Hohlraum mit einer Heissfläche des feuerfesten Brennerblocks (der Fläche des feuerfesten Brennerblocks, die dem Brennraum zugewandt ist) bündig sein.

[0036] Die Einspritzung von vorgewärmtem Brennstoff wird bevorzugt durch eine oder mehrere, bevorzugt identische Leitungen durchgeführt, wobei die Leitungen wiederum in jeweiligen Hohlräumen zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff angeordnet sind, die Hohlräume, im Seitenriss gesehen, in einer unteren Hälfte des feuerfesten Brennerblocks angeordnet sind. Jede Leitung weist eine Achse auf, und wenn zwei oder mehr Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff vorhanden sind, sind sie bevorzugt in der gleichen Ebene angeordnet, die bevorzugt parallel zu einer Oberfläche der Ladung im Brennraum liegt, wie z.B. ein ge-

schmolzenes Glasbad. Umgebungsbrennstoff wird um die (oder jede) Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff zugeführt. Der Umgebungsbrennstoff kann die gleiche oder eine andere Zusammensetzung haben als der vorgewärmte Brennstoff. Tatsächlich kann die Zusammensetzung jedes vorgewärmten Brennstoffs (in Fällen, wo mehr als eine Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff vorhanden ist) gleich oder verschieden sein. Zum Beispiel kann es bei einem erfindungsgemässen Brenner mit zwei Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff und ihren jeweiligen Hohlräumen zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff vier verschiedene Brennstoffzusammensetzungen geben.

[0037] Auch die Einspritzung von vorgewärmtem Oxidationsmittel erfolgt bevorzugt durch eine oder mehrere, bevorzugt identische Leitungen, wobei die Leitungen wiederum in jeweiligen Hohlräumen zur Beförderung von Umgebungsoxidationsmittel angeordnet sind, die Hohlräume, im Seitenriss gesehen, in einer oberen Hälfte des feuerfesten Brennerblocks angeordnet sind. Jede Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel weist eine Anfangsachsenausrichtung auf, und wenn zwei oder mehr Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel vorhanden sind, sind die Leitungen bevorzugt in der gleichen Ebene angeordnet. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel (und ihre jeweiligen Hohlräume) im wesentlichen parallel zu den Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff (und ihren jeweiligen Hohlräumen), ohne die Richtung zu ändern. Es ist aber vorzuziehen, dass die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel und ihre jeweiligen Hohlräume eine Anfangsausrichtung haben, die parallel zu den Brennstoffleitungen liegt, und dann in einem Winkel „A“ zu den Brennstoffleitungen hin angewinkelt sind, wie hierin ausführlicher beschrieben. Der Übergang zwischen der Anfangsausrichtung und der zweiten, angewinkelten Ausrichtung wird bevorzugt mit einer Düsenanordnung erreicht. Die Düsenanordnung umfasst bevorzugt ein Expansionselement und eine Düse für vorgewärmtes Oxidationsmittel. Das Umgebungsoxidationsmittel wird bevorzugt um die (oder jede) Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel zugeführt. Das Umgebungsoxidationsmittel kann die gleiche oder eine andere Zusammensetzung haben als das vorgewärmte Oxidationsmittel. Tatsächlich kann die Zusammensetzung jedes vorgewärmten Oxidationsmittels (in Fällen, wo mehr als eine Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel vorhanden ist) gleich oder verschieden sein. Zum Beispiel kann es bei einem erfindungsgemässen Brenner mit zwei Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel und ihren jeweiligen Hohlräumen zur Beförderung von Umgebungsoxidationsmittel vier verschiedene Oxidationsmittelzusammensetzungen geben.

[0038] Der Brennstoff und das Oxidationsmittel treten aus dem feuerfesten Brennerblock über Auslässe aus, die physikalisch getrennt sind (ausser in gewissen Ausführungsformen, die hierin beschrieben werden) und geometrisch angeordnet sind, um den Brennstofffluidströmen und den Oxidationsmittelfluidströmen Winkel und Geschwindigkeiten zu verleihen, die die Verbrennung des Brennstoffs mit dem Oxidationsmittel im Brennraum erlauben.

[0039] In bevorzugten Ausführungsformen sind die Brennstoffhohlräume nicht divergierend, sondern eher parallel, wenn der Brennstoff in den Brennraum eintritt. Das gleiche gilt für die Oxidationsmittelhohlräume.

[0040] Die Entfernung **1** zwischen den Enden der Hohlräume, wenn der Brennstoff in den Brennraum des Ofens eintritt, liegt bevorzugt zwischen etwa dem 4- und 10-fachen des Innendurchmessers d_f jeder Brennstoffleitung. Wenn die Brennstoffleitung oder der Hohlraum nicht kreisrund ist, ist das Mass „ d_f “ ein Äquivalent oder ein Durchschnittsdurchmesser, der der Querschnittsfläche einer äquivalenten kreisrunden Leitung oder eines äquivalenten kreisrunden Hohlraums entspricht.

[0041] Die verschiedenen mechanischen Einzelheiten einiger der bevorzugten Ausführungsformen werden Bezug nehmend auf die Zeichnungen besser verständlich.

[0042] [Fig. 1](#) veranschaulicht viele der Merkmale der ersten Ausführungsform der erfindungsgemässen Brennergervorrichtung. **2** zeigt eine Brennergervorrichtung an, die einen feuerfesten Brennerblock **4** aufweist. Der feuerfeste Brennerblock **4** umfasst einen oberen Hohlraum **6**, der als Hohlraum dient, welchen Umgebungsoxidationsmittel, das als „AO“ bezeichnet wird, auf seinem Weg zum Ofen durchläuft. Der Hohlraum **8** (im unteren Abschnitt des feuerfesten Blocks dargestellt) bildet einen Kanal, welchen Umgebungsbrennstoff (als „AF“ bezeichnet) durchläuft, wie durch den Pfeil in [Fig. 1](#) angezeigt. Ein erster Abschnitt des Hohlraums **6** ist bei **10** mit einem Durchmesser gezeigt, der ein Anfangsdurchmesser ist, der kleiner als der Rest des Hohlraums **6** ist. Bei **11** wird auch ein Expansionsabschnitt **11** angezeigt, der den Abschnitt **10** mit kleinerem Durchmesser zum Hauptabschnitt des Hohlraums **6** überleitet. Der Abschnitt mit grösserem Durchmesser wird in [Fig. 1](#) mit **12** bezeichnet. Vorgewärmtes Oxidationsmittel (in [Fig. 1](#) als „HO“ angezeigt) tritt auf der linken Seite des Brennerblocks bei **14** aus, während Umgebungsoxidationsmittel im umgebenden Bereich austritt, wie bei **16** ange-

zeigt. Das Umgebungsoxidationsmittel und das vorgewärmte Oxidationsmittel treten beide durch ein Loch **18** aus dem Brennerblock **4** in der Heissfläche des Brennerblocks **4** aus. Im unteren Abschnitt von [Fig. 1](#) tritt vorgewärmter Brennstoff, der als „HF“ bezeichnet wird, zentral durch den unteren Hohlraum **8** aus dem Brennerblock **4** aus. Vorgewärmter Brennstoff **20** ist bei **22** von Umgebungsbrennstoff umgeben, der als „AF“ bezeichnet wird. Der vorgewärmte Brennstoff und der Umgebungsbrennstoff treten beide durch ein Austrittsloch **24** aus dem Brennerblock **4** in der Heissfläche des Brennerblocks aus, die auch der Endpunkt des Hohlraums **8** ist.

[0043] Vorgewärmtes Oxidationsmittel tritt mit einer Mittelachse **26** aus dem Brennerblock **4** aus. Vorgewärmter Brennstoff tritt mit einer Mittelachse **28** aus dem Brennerblock **4** aus. Die Mittelachse **26** des vorgewärmten Oxidationsmittels und die Mittelachse **28** des vorgewärmten Brennstoffs bilden einen Winkel „A“, wie in [Fig. 1](#) gezeigt. Der Winkel A liegt bevorzugt zwischen 0° bis etwa $+20^\circ\text{C}$.

[0044] Der Hohlraum **8** umfasst einen Expansionsabschnitt **30** und einen im wesentlichen zylindrischen Abschnitt **31**. Vorgewärmtes Oxidationsmittel tritt durch eine Einlassleitung in die Brennevorrückung **2** ein, die bei **32** angezeigt ist, während vorgewärmter Brennstoff durch eine Einlassleitung **34** in die Brennevorrückung **2** eintritt. Vorgewärmtes Oxidationsmittel und vorgewärmter Brennstoff werden typischerweise und bevorzugt durch einen vorgeschalteten Wärmeaustauscher für jeden Strom zugeführt, wovon hierin keiner in den Zeichnungen dargestellt ist. Auch wenn die Einlassleitungen **32** und **34** allgemein zylindrisch und parallel dargestellt sind, ist dies in der Praxis der vorliegenden Erfindung nicht unbedingt erforderlich.

[0045] Eine Leitung **36** zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff ist in [Fig. 1](#) allgemein zentral im Hohlraum **31** angeordnet. Die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff **36** wird von einer Düse **38** abgeschlossen, die als eine konvergierende Düse dargestellt ist. Es ist anzumerken, dass in dieser bevorzugten Ausführungsform der Endpunkt der Düse **38** in der Strömungsrichtung mit dem Anfang des Expansionsraums **30** des Umgebungsbrennstoffhohlraums zusammenfällt.

[0046] Vorgewärmtes Oxidationsmittel tritt durch die Leitung **32** ein und durchläuft eine Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel, die bei **40** angezeigt wird. Die Leitung **40** wiederum ist mit einem Expansionsanschluss oder Dehnungsausgleicher **43** verbunden, und mit einem zweiten Abschnitt **42** der Leitung für vorgewärmtes Oxidationsmittel. Der Abschnitt **42** wird wiederum durch eine Düse **44** abgeschlossen. Der Endpunkt der Düse **44** ist um eine Entfernung L_0 von der Heissfläche des Brennerblocks **4** ausgespart, während die Spitze der Düse **38** um eine Entfernung L_f von der Heissfläche des Brennerblocks **4** ausgespart ist.

[0047] [Fig. 2](#) zeigt Merkmale einer Brennevorrückung **50**. Der feuerfeste Brennerblock **4** entspricht grösstenteils dem Brennerblock **4** von [Fig. 1](#). Ferner sind in dieser Vorrichtungen die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel und ihr jeweiliger Hohlraum im wesentlichen die gleichen wie in [Fig. 1](#) anzeigt, und die Details werden in [Fig. 2](#) der Klarheit halber ausgelassen. Umgebungsoxidationsmittel tritt in die Einlassleitung **46** und in eine Sammelkammer **47** ein, die mit einem konvergierenden Abschnitt **49** verbunden ist. Der Hauptunterschied der Ausführungsform in [Fig. 2](#) zu der von [Fig. 1](#) ist das Vorhandensein von Umgebungsoxidationsmittel in einer Sammelkammer **37** an einem konvergierenden Abschnitt **39**, der in den feuerfesten Brennerblock **4** führt. Vorgewärmter Brennstoff tritt bei **34** in die Vorrichtung ein und durchläuft eine zentrale Leitung, die der Leitung **36** in [Fig. 1](#) entspricht und die gleiche Düse **38** aufweist. Vorgewärmter Brennstoff tritt bei **34** in die Vorrichtung ein, während Umgebungsbrennstoff durch eine Sammelkammer **35** in die Vorrichtung eintritt. Die Sammelkammer **35** ist mit einer Zwischenleitung verbunden, die zwischen dem Hohlraum **31** und der Leitung **36** zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angeordnet ist. Diese Zwischenleitung wird in [Fig. 2](#) als **36a** angezeigt. Abgesehen von diesen Unterschieden entspricht die Ausführungsform der Ausführungsform in [Fig. 1](#). Der Winkel zwischen der Achse **26** des vorgewärmten Oxidationsmittels und der Achse **28** des vorgewärmten Brennstoffs wird auch in dieser Ausführungsform als Winkel A bezeichnet und kann den gleichen Bereich aufweisen wie in der ersten Ausführungsform.

[0048] [Fig. 3](#) zeigt die erfindungsgemässe Brennevorrückung. Diese Ausführungsform wird in [Fig. 3](#) als **60** bezeichnet und umfasst das Vorsehen eines Verbindungskanals **62**, der den Umgebungsoxidationsmittelhohlraum **11** neben der Stelle des Expansionsabschnitts **30** mit dem Umgebungsbrennstoffhohlraum **8** verbindet. In jeder anderen Hinsicht entspricht die Ausführungsform von [Fig. 3](#) der Ausführungsform von [Fig. 1](#). Das Vorsehen der Verbindung **62** bietet gewisse Vorteile, wie hierin näher erläutert.

[0049] [Fig. 4](#) und [Fig. 4A](#) zeigen eine andere Ausführungsform einer erfindungsgemässen Brennevorrückung. Die Brennevorrückung **80** umfasst einen feuerfesten Brennerblock **4** mit mehreren Umgebungsoxidati-

onsmittelhohlräumen **81a, b** und **c**, die alle einen Schlitz **82** speisen, und einen Umgebungsbrennstoffhohlraum, der bei **86** angezeigt ist. Das Umgebungsoxidationsmittel tritt im feuerfesten Brennerblock **4** in einem Hohlraum **81** mit einem ersten Durchmesser ein, der kleiner ist als der des Hohlraums **82**. Dies lässt eine Expansion des Umgebungsoxidationsmittels und des erwärmtem Oxidationsmittels zu, wobei das vorgewärmte Oxidationsmittel durch eine Leitung strömt, die in [Fig. 4](#) als **84c** bezeichnet ist. Wie vielleicht in [Fig. 4A](#) besser dargestellt, sind in dieser Vorrichtung, die eine besonders bevorzugte Vorrichtung ist, drei Leitungen für vorgewärmtes Oxidationsmittel **84a, 84b, 84c** in einem rechteckigen, schlitzförmigen Hohlraum **82** im oberen Abschnitt des feuerfesten Brennerblocks **4** angeordnet. Spitzen der Leitungen für vorgewärmtes Oxidationsmittel sind als **85a, b** und **c** angezeigt. Andererseits sind in dieser bevorzugten Vorrichtung sechs Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff als **88a, b, c, d, e** und **f** im unteren Abschnitt des feuerfesten Brennerblocks **4** vorhanden und im Hohlraum **86** horizontal angeordnet, mit Spitzen, die bei **87a** und **87f** angezeigt sind. Die Spitzen der jeweiligen Leitungen für vorgewärmte Fluide sind bevorzugt mit konvergierenden Düsen versehen, und bevorzugt in gleicher Entfernung von der Heissfläche des feuerfesten Blocks im Brennerblock **4** ausgespart. Die Düsenöffnungen sind bevorzugt am oder sehr nahe am Anfang der jeweiligen Erweiterung ihres jeweiligen Umgebungsfluidhohlraums angeordnet. Die Aussparungsentfernung der Düsen Spitzen von der Heissfläche entspricht in dieser Ausführungsform bevorzugt etwa 1/4 bis etwa 1/2 der Gesamtlänge des feuerfesten Brennerblocks **4**. Die Brenner Vorrichtung dieser Ausführungsform wird durch Dichtungsmaterial **90**, eine Einlassleitung **92** für vorgewärmtes Oxidationsmittel und eine Leitung **94** für vorgewärmten Brennstoff ergänzt.

[0050] [Fig. 5](#) zeigt eine andere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Brenner Vorrichtung. In dieser Ausführungsform **70** umfasst der feuerfeste Brennerblock **4** eine untere Hälfte **4a** und eine obere Hälfte **4b**, wie in [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) angezeigt. Dieser Aufbau erlaubt das leichtere Vorsehen der Verbindung **62**. Wie in [Fig. 5A](#) gezeigt, sind die untere Hälfte **4a** und die obere Hälfte **4b** des feuerfesten Brennerblocks **4** entlang eines Gleitkanals **72** zusammengefügt, der eine genaue Passung zwischen dem oberen und dem unteren Block gewährleistet. Die Verbindung **62** weist neben der Verbindung zum Hohlraum **6** zur Beförderung von Umgebungsoxidationsmittel einen allgemein grösserem Durchmesser auf, und neben der Verbindung zum Hohlraum **8** zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff einen kleineren Durchmesser. Auch wenn dies für den Betrieb des Brenners in dieser Ausführungsform nicht zwingend ist, gewährleistet diese Konfiguration eine ejektorartige Wirkung, wie hierin eingehend erläutert. Die Leitungen für das vorgewärmte Oxidationsmittel und den vorgewärmten Brennstoff werden in der Ausführungsform, die in [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) gezeigt wird, der Klarheit halber nicht dargestellt. Für den Fachmann versteht es sich, dass diese Leitungen der Ausführungsform von [Fig. 1](#) entsprechend angeordnet sind.

[0051] [Fig. 6](#) veranschaulicht eine weitere Ausführungsform **100** der erfindungsgemässen Brenner Vorrichtung, die einen feuerfesten Brennerblock **4** verwendet, der einen oberen Hohlraum **6** aufweist, der in einem oberen Abschnitt des feuerfesten Brennerblocks geformt ist. In dieser Ausführungsform ist der feuerfeste Brennerblock auf dem kalten Ende des feuerfesten Brennerblocks im wesentlichen hohl, wobei der hohle Bereich, der durch eine eine Wand einschliessende Innenfläche **5** definiert wird, im wesentlichen vertikal ist, die bei **7** angezeigte Wand. Die Wand ist etwa auf halbem Wege von der Heissfläche und der Kaltfläche des feuerfesten Brennerblocks angeordnet. In dieser Ausführungsform der erfindungsgemässen Brenner Vorrichtung ist eine metallener Brenneraufbau vorgesehen, der Komponenten **31, 32, 33, 34** und **35** umfasst. All diese Komponenten können aus den Brennerblock entnommen werden. Die Komponente **31** ist lediglich ein metallenes zylinderförmiges Element zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff. Die Komponente **31** ist im wesentlichen eine Metallleitung, die den Zweck des Hohlraums **31** in der Ausführungsform von [Fig. 1](#) erfüllt. Die Leitung **34**, die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff, ist eine Metalllanze, die aus dem metallenen Brenneraufbau entnommen werden kann. Die Leitung **31** ist metallenen und geeignet, Umgebungsbrennstoff in einen Raum zu befördern, der zwischen einer Innenfläche der Leitung **31** und einer Aussenfläche der Leitung **34** definiert wird. Die Leitung **32** ist eine abnehmbare Metalllanze, die geeignet ist, vorgewärmtes Oxidationsmittel zu befördern. Die Leitung **33** ist metallenen und geeignet, Umgebungsoxidationsmittel in einen Raum zu befördern, der zwischen einer Innenfläche der Leitung **33** und einer Aussenfläche der Leitung **32** definiert wird. Schliesslich erfüllt eine Verbindungsleitung **35** den Zweck des Verbindungskanals, wie zuvor Bezug nehmend auf [Fig. 3](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) erläutert.

[0052] Der einmalige Aufbau der Brenner Vorrichtung, die in [Fig. 6](#) und [Fig. 6A](#) gezeigt wird, veranschaulicht, dass in dieser spezifischen Ausführungsform der erfindungsgemässen Brenner Vorrichtung die Vorrichtung aus zwei Teilen bestehend betrachtet werden kann, einen feuerfesten Keramikblock **4** und einen Metallaufbau, bestehend aus Elementen **31, 32, 33, 34** und **35**, wovon jedes ein- oder mehrteilig sein kann. Die Leitungen **31, 33** und **35** werden bevorzugt zusammengeschweisst und lediglich in die Hohlräume **6** und **37** des feuerfesten Brennerblocks **4** eingeführt. Dann werden Lanzen **32** und **34** jeweils bevorzugt an Verlängerungen der Leitun-

gen **33** und **31** geklammert oder geschraubt, am kalten Ende des Brenners. Diese Konfiguration ermöglicht den leichten Werker- und Wartungszugang und lässt auch unzählige Formen der Einspritzverbindungen für das vorgewärmte Fluid und das Umgebungsfluid zu.

[0053] [Fig. 7](#) veranschaulicht eine andere Ausführungsform der erfindungsgemässen Brennervorrichtung, die eine Brennervorrichtung **110** zeigt, die einen feuerfesten Brennerblock **4** aufweist, der aus einer oberen Hälfte **112** und einer unteren Hälfte **113** besteht, die durch eine gestrichelte Linie bei **115** getrennt sind. Die Einspritzung des vorgewärmten Oxidationsmittels und des Umgebungsoxidationsmittels wird im wesentlichen auf die gleiche Weise wie bei der in [Fig. 3](#) gezeigten Ausführungsform durchgeführt, doch die Einspritzung des vorgewärmten Brennstoffs und Umgebungs Brennstoffs ist etwas abweichend, wobei die Leitung **36** zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff fast auf der ganzen Länge des feuerfesten Brennerblocks **4** bis zu einem Verlängerungspunkt **31a** verläuft, der im unteren Abschnitt **113** der feuerfesten Brennerblocks maschinell bearbeitet ist. Das besondere Merkmal der Brennervorrichtung von [Fig. 7](#) und [Fig. 7A](#) ist, dass das Umgebungsoxidationsmittel, oder mindestens ein Teil davon, der den Verbindungskanal **62** durchläuft, mit einer Verwirbelungskomponente versehen ist. Dem Umgebungsoxidationsmittel, das den Kanal **62** durchläuft, wird ein tangential-axialer Impuls verliehen, der die Verwirbelung des Umgebungsoxidationsmittel im Hohlraum **31** und **31a** bewirkt, was eine verzögerte Verbrennung des Umgebungs Brennstoffs und vorgewärmten Brennstoffs zur Folge hat. Die Vorteile dieser tangential-axialen Verbrennung werden hierin näher erläutert. Der obere und untere Block **112** und **113** können auch jeweils hier leichter zusammengefügt werden als ein monolithischer Block. Der obere und der untere Block **112** und **113** können mit der in [Fig. 5A](#) gezeigten Gleitschienenanordnung zusammengefügt werden, die in [Fig. 7A](#) der Klarheit halber ausgelassen wird.

[0054] [Fig. 8](#) ist eine Darstellung, in schematischer Form, einiger der Vorteile der erfindungsgemässen Brennerdesigns. Es wird ein Abschnitt einer Brennervorrichtung **150** gezeigt, der einen Abschnitt des feuerfesten Brennerblocks **4** einschliesst, und es wird ein Abschnitt der Leitung **36** und ihrer Düse **38** für erwärmten Brennstoff gezeigt, wie in [Fig. 1](#) gezeigt. Wie in [Fig. 8](#) angegeben, ist der Wärmefluss allgemein von der Leitung **36** fort, wie durch die grossen Pfeile **152** und **154** angezeigt, was von dem Standpunkt aus von Vorteil ist, dass das Umgebungsfluid in der Brennervorrichtung etwas vorgewärmt wird und die Wärme im Verbrennungsvorgang genutzt wird. Ferner, wenn das vorgewärmte Fluid aus der Düse austritt, die bei **38** angezeigt ist, ist das Strömungsmuster wie durch die Pfeile bei **156**, **158** und **160** angezeigt.

[0055] Die Geschwindigkeit des vorgewärmten Brennstoffs, der aus der Ausgangsdüse der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff austritt, liegt von etwa 5 Meter/Sekunde (m/s) bis etwa 120 m/s, noch bevorzugter von etwa 18 m/s bis etwa 45 m/s. Der Umgebungs Brennstoff, der aus dem Brenner austritt, weist bevorzugt eine Geschwindigkeit auf, die von 10 bis etwa 220 m/s beträgt, noch bevorzugter von etwa 15 bis 110 m/s.

[0056] Die Geschwindigkeit des vorgewärmten Oxidationsmittels, das aus der Ausgangsdüse der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel austritt, liegt von etwa 5 Meter/Sekunde (m/s) bis etwa 60 m/s, noch bevorzugter von etwa 18 m/s bis etwa 27 m/s. Das Umgebungsoxidationsmittel, das aus dem Brenner austritt, weist bevorzugt eine Geschwindigkeit von etwa 10 bis etwa 90 m/s auf, noch bevorzugter von etwa 15 bis etwa 60 m/s.

[0057] Die axiale Entfernung L_o von der Ausgangsspitze der Düse für das vorgewärmte Oxidationsmittel zur Heissfläche des feuerfesten Brennerblocks (wo das Umgebungsoxidationsmittel aus dem feuerfesten Brennerblock ausströmt und in den Brennraum des Ofens eintritt) liegt bevorzugt vom etwa 2- bis 6-fachen des Innendurchmessers d_o (oder äquivalenten Durchmessers, wie zuvor für „ d_o “ definiert) der Ausgangsspitze der Düse für das vorgewärmte Oxidationsmittel. Zwei benachbarte Oxidationsmittel Hohlräume bilden einen divergierenden Endwinkel (in der Strömungsrichtung) zwischen etwa 0 und 15 Grad, bevorzugt zwischen etwa 0 und 7 Grad.

[0058] Die axiale Entfernung L_f von der Ausgangsspitze der Düse für den vorgewärmten Brennstoff zur Heissfläche des feuerfesten Brennerblocks (wo der Umgebungs Brennstoff aus dem feuerfesten Brennerblock ausströmt und in den Brennraum des Ofens eintritt) liegt bevorzugt vom etwa 1- bis etwa 3-fachen des Innendurchmessers d_f (oder äquivalenten Durchmessers, wie zuvor für „ d_f “ definiert) der Ausgangsspitze der Düse für den vorgewärmten Brennstoff. Zwei benachbarte Brennstoff Hohlräume bilden einen divergierenden Endwinkel (in der Strömungsrichtung) zwischen etwa 0 und 15 Grad, bevorzugt zwischen etwa 0 und 7 Grad.

[0059] Der Brennstoffhohlraum ist typischerweise und bevorzugt mit einen entsprechenden Oxidationsmittelhohlraum im feuerfesten Brennerblock in vertikal beabstandeter Beziehung übereinstimmend angeordnet, wie

aus den verschiedenen Zeichnungen und der Beschreibung zu ersehen ist. Die Entfernung D_o zwischen der Mittelachse des Oxidationsmittelhohlraums und der Mittelachse ihres jeweiligen Brennstoffhohlraums liegt bevorzugt von etwa 1,0 Zoll bis etwa 8 Zoll.

[0060] Der Brennstoffhohlraum weist bevorzugt einen Innendurchmesser D_f auf, der von etwa 25,4 bis etwa 152 mm (etwa 1,0 Zoll bis etwa 6,0 Zoll) liegt, bevorzugt von etwa 46,7 bis etwa 29,5 mm (etwa 1,84 Zoll bis etwa 1,16 Zoll), am Auslass aus dem Brennerblock gemessen. Dieser Durchmesser ist in einigen Ausführungsformen auf der Gesamtlänge des Brennstoffhohlraums gleichbleibend. Es wird aber bevorzugt, diesen Durchmesser nur auf einem Teil der Länge beizubehalten, die oben als L_f definiert ist, bevorzugt von etwa 50 bis 90% dieser Länge. Der Brennstoffhohlraum weist bevorzugt einen divergierenden Abschnitt auf, der den Durchmesser des Brennstoffhohlraums von einem ersten Durchmesser zu einem zweiten, grösseren Durchmesser überleitet, was dem Umgebungsbrennstoff und, in einem gewissen Masse, dem vorgewärmten Brennstoff erlaubt, zu expandieren, wenn sie den Brennerblock durchlaufen. In sämtlichen Ausführungsformen ist der Innendurchmesser des Brennstoffhohlraums, oder der äussersten Leitung, grösser als der Aussendurchmesser der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff. In einigen Ausführungsformen ist eine konzentrische Leitung um die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff vorgesehen. Diese konzentrische äussere Leitung erlaubt dem Umgebungsoxidationsmittel, durch einen ringförmigen Raum zu strömen, der zwischen der konzentrischen äusseren Leitung und der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff gebildet wird.

[0061] Der Oxidationsmittelhohlraum weist bevorzugt einen Innendurchmesser D_o auf, der von etwa 25,4 bis etwa 203 mm (etwa 1,0 Zoll bis etwa 8 Zoll) liegt, bevorzugt von etwa 82,8 bis etwa 67,6 mm (etwa 3,2 Zoll bis etwa 2,66 Zoll), am Auslass aus dem Brennerblock gemessen.

[0062] Der Oxidationsmittelhohlraum weist bevorzugt einen ersten Innendurchmesser auf, und einen Übergang zu einem grösseren Durchmesser, um eine Düsenanordnung für Umgebungsoxidationsmittel aufzunehmen, der bevorzugt eine Expansionsabschnitt umfasst, um die Expansion durch das vorgewärmte Oxidationsmittel zuzulassen. In sämtlichen Ausführungsformen ist der Innendurchmesser des Oxidationsmittelhohlraums grösser als der Aussendurchmesser der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel.

[0063] Die Gesamtmengen an Brennstoff und Oxidationsmittel, die vom Verbrennungssystem verwendet werden, sind so, dass der Sauerstoffstrom, der im Oxidationsmittel enthalten ist, etwa vom 0,95- bis etwa 1,05-fachen des theoretischen stöchiometrischen Sauerstoffstroms liegt, der erforderlich ist, um die vollständige Verbrennung des Brennstoffstroms zu erreichen. Ein anderer Ausdruck dieser Aussage ist, dass das Verbrennungsverhältnis bevorzugt von etwa 0,95 bis etwa 1,05 beträgt.

[0064] Der Winkel „A“ zwischen der Mittelachse der Leitung zur Beförderung von Brennstoff und der Mittelachse der Leitung zur Beförderung von Oxidationsmittel liegt bevorzugt von etwa 0 bis etwa 20 Grad, wobei es sich versteht, dass dies allgemein bewirkt, dass der Brennstoff zum Oxidationsmittel hin konvergiert.

[0065] Die bevorzugten Betriebstemperaturbereiche des eingespeisten vorgewärmten Oxidationsmittel und vorgewärmten Brennstoffs liegen jeweils von etwa 20°C bis etwa 700°C und von etwa 20°C bis etwa 450°C. Noch bevorzugtere Bereiche liegen jeweils von etwa 300°C bis etwa 600°C und von etwa 200°C bis etwa 400°C. Der erfindungsgemässe metallene Brenner einiger Ausführungsformen ist so konstruiert, dass er sowohl kalte als auch warme Fluide (Brennstoff und Oxidationsmittel) für die Verbrennung aufnehmen kann, wodurch es leicht ist, von einem Warmfluidbetrieb auf einen Kaltfluidbetrieb umzuschalten, und umgekehrt.

[0066] Die vorliegende Erfindung offenbart verschiedene Ausführungsformen von Brennern zur Verbrennung von vorgewärmtem Brennstoff und/oder Oxidationsmittel. Der Energieverlust, der auf Inertgase wie z.B. (in Luft enthalten) Stickstoff zurückzuführen ist, wird überwunden, indem als Oxidationsmittel bevorzugt reiner Sauerstoff und als Brennstoff bevorzugt Erdgas verwendet wird. Die obigen Fluide werden bevorzugt auf vorgegebene Temperaturen erwärmt, bevor sie in die erfindungsgemässen Brenner eingespritzt werden. Das Vorwärmen von Brennstoff und/oder Oxidationsmittel wird allgemein durch separate, dedizierte Wärmeaustauscher erreicht, die den erfindungsgemässen Brennern vorgeschaltet sind, wie jene, die in der mitanhängigen Patentanmeldung des Anmelders mit der fortlaufenden Nummer 09/220.559 offenbart werden.

[0067] Um den stickstoffbedingten Energieverlust zu reduzieren und die NO_x -Emissionen zu senken, verwenden die Brenner der vorliegenden Erfindung vorgewärmten Sauerstoff und/oder vorgewärmten Brennstoff in den erfindungsgemässen Brennern zur Verbrennung.

[0068] Um Probleme mit der durch das vorgewärmte Oxidationsmittel einhergehenden Metallkorrosion zu vermeiden, wird das vorgewärmte Oxidationsmittel bevorzugt in Metalleitungen geleitet, die aus Legierungen oder keramikbeschichteten Legierungen bestehen, die eigens dafür ausgelegt sind, um der Korrosion durch heißen Sauerstoff zu widerstehen, wie z.B. in der US-Patentschrift Nr. 5.588.974 offenbart. Einige bevorzugte Materialien schliessen jene ein, die unter den Handelsnamen Inconel 600, Rostfreier Stahl 310, Incoloy 800 und PM 2000 bekannt sind. Inconel 600 weist eine Zusammensetzung aus Ni > 72%, Cr 14 – 17%, Fe 6 – 10%, C < 0,15%, Si < 0,5% und Cu < 0,5% auf (in Gewichts-%).

Einige bevorzugte Legierungszusammensetzungen (in Gewichts-%)

| | Ni | Cr | Fe | C | Mn | Si | Al | Ti | Anderes |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------------|--------------|-----------------------------------|
| Rostfreier Stahl 310 | 18-21 | 22-25 | 50-52 | <0,01 | 1,5 | <0,1 | - | - | Mo 3 |
| Incoloy 800 | 30-35 | 19-23 | >39,5 | <0,1 | <1,5 | <1 | 0,15 -0,6 | 0,15 -0,6 | |
| Inconel 600 | >72 | 14-17 | 6-10 | <0,15 | <1 | <0,5 | - | - | |
| PM2000 | | 20 | Rest | - | - | - | 5,5 | 0,5 | Y ₂ O ₃ 0,5 |

[0069] Ferner können die Legierungen eine keramische Schutzschicht oder Beschichtung aufweisen, wobei die Keramik aus der Gruppe gewählt wird, die aus Chromoxid, Aluminiumoxid und Siliziumoxid besteht. Diese können auf die Legierungsoberfläche gesprüht werden oder in einem Passivierungsprozess auf natürliche Weise aus Vorstufen – Chrom, Aluminium und Silizium – gezüchtet werden, die in die Legierungsoberfläche diffundiert wurden. Bevorzugt werden diffundiertes Aluminium und Silizium. Diffusionsbeschichtungen führen zu einer Oberflächenanreicherung von Si, die typischerweise zwischen etwa 0,2 und 7% liegt, und zu einer Oberflächenanreicherung von Al, die typischerweise zwischen etwa 5% und 40% liegt.

[0070] Ferner sind die erfindungsgemässen Brenner aufgebaut, um Mehrfacheinschlüsse aufzuweisen. Die inneren Einschlüsse (Leitungen) werden zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff und vorgewärmtem Oxidationsmittel benutzt, und die äusseren Einschlüsse (Hohlräume) werden zur Beförderung von Umgebungstemperatur-Brennstoff oder -oxidationsmittel benutzt. Die Verwendung von äusseren Einschlüssen mit kühleren Fluiden beseitigt Wärmebeanspruchungen im Brennergehäuse, und die Brennerteile bleiben bei hohen Temperaturen elastisch, im Gegensatz zu Keramiken, die sehr zerbrechlich sind, und widerstehen der thermischen Wechselbeanspruchung, wenn vom Kalt- auf den Warmfluidbetrieb umgeschaltet wird.

[0071] Die erfindungsgemässen Brenner sind so ausgelegt, dass eine „verzögerte“ Verbrennung erreicht wird. In der ersten Ausführungsform sind konzentrische Leitung(en) für vorgewärmten Sauerstoff von den Ergasleitung(en) in einer spezifischen Geometrie so getrennt, dass die Wechselwirkung des vorgewärmten Oxidationsmittels und des vorgewärmten Brennstoffs in der Verbrennungszone des Ofens auftritt.

[0072] Ein bestimmter Anteil des Umgebungsoxidationsmittels wird in einen ringförmigen Raum um eine Umgebungsbrennstofflanze herum und in den Brennstoffhohlraum des Brennerblocks eingelassen. Diese Oxidationsmittelmenge kann von etwa 5 bis etwa 20% des Gesamtsauerstoffs betragen, der zur Verbrennung benötigt wird. Die kleine Menge an Umgebungsoxidationsmittel erlaubt den reinen und kühlen Betrieb im Inneren des Brennerblocks, und gleichzeitig werden russpartikelhaltige Zwischenverbrennungsprodukte bevorzugt durch die Verbrennung des vorgewärmten Brennstoffs mit dem Umgebungsoxidationsmittel erzeugt. Die russhaltigen Zwischenverbrennungsprodukte werden dann zur nachfolgenden Verbrennung mit einem Gemisch aus vorgewärmtem und Umgebungsoxidationsmittel in den Ofen eingespritzt.

[0073] Ein Anteil des Oxidationsmittels (Gemisch aus vorgewärmtem und Umgebungsoxidationsmittel) wird durch einem ejektorartigen Effekt des Brennstoffs umgeleitet und im Brennerblock mit dem vorgewärmten Brennstoff gemischt, um die Thermospaltung des Brennstoffs und die Erzeugung von russpartikelhaltigen Zwischenverbrennungsprodukten zu unterstützen. Dies wird mit Hilfe eines speziellen Transportkanals erreicht. Die russhaltigen Zwischenverbrennungsprodukte, die (aufgrund der partiellen Verbrennung) auf höhere Vor-

wärmttemperaturen gestiegen sind, werden dann in den Ofen eingespritzt. Die nachfolgende Verbrennung findet mit dem restlichen vorgewärmten Oxidationsmittel in der Verbrennungszone des Ofens statt. Die Flamme weist bevorzugt (im Vergleich zur Flamme, die vom Brenner der ersten und zweiten Ausführungsform erzeugt wird) auch einen niedrigeren Impuls auf und gewährleistet bevorzugt eine gleichmässige Wärmeverteilung auf die Ladung.

[0074] Mehrfache konzentrische Einspritzleitungen können sowohl für den vorgewärmten Brennstoff als auch für das vorgewärmte Oxidationsmittel verwendet werden, um ein höheres Brennvermögen zu ermöglichen. In dieser Ausführungsform ([Fig. 4](#)) formen parallele oder im wesentlichen parallele Einspritzleitungen sowohl für den vorgewärmten Brennstoff als auch für das vorgewärmte Oxidationsmittel bevorzugt eine breite, flache Flamme. Die Geometrie des feuerfesten Brennerblocks kann bevorzugt aus oberen und unteren Hälften bestehen. Recht eckige Schlitze in der Heissfläche sind für die Einspritzung Umgebungs-brennstoff und -oxidationsmittel vorgesehen.

[0075] In einer weiteren Ausführungsform verwenden die konzentrischen Leitungen als kühlendes Fluid Dampf statt Umgebungs-brennstoff und Umgebungsoxidationsmittel. Das Kühlmittel (Dampf) kann durch Durchlauf des ringförmigen Bereichs zwischen den Leitungen und ihren jeweiligen Hohlräumen eingespritzt werden. Der Vorteil von Dampf ist, dass er auf ein kleines Volumen komprimiert werden kann und ein wirksames Kühlmedium ist.

[0076] Die Verwendung von vorgewärmtem Brennstoff (bevorzugt auf etwa 400°C) und vorgewärmtem Oxidationsmittel (bevorzugt bei etwa 600°C) in den erfindungsgemässen Brennern erlaubt im Vergleich zu traditionellen Brennern, die Umgebungs-brennstoff und -oxidationsmittel verbrennen, den Erhalt einer zusätzlichen Brennstoff- und Oxidationsmitteleinsparung. Ausserdem können eine höhere Produktivität des Ofens (Durchlauf) und niedrigere Emissionen erhalten werden.

[0077] Einige der neuen Aspekte und verschiedenen Brennerdetails können wie folgt zusammengefasst werden:

1. In einigen Ausführungsformen weisen metallene Komponenten Mehrfacheinschlüsse auf, um zum Erhalt eines höheren Wärmewirkungsgrads, einer erhöhten Produktivität und geringerer Emissionen aus einem Hochtemperaturofen die Verbrennung von vorgewärmtem Brennstoff und vorgewärmtem Oxidationsmittel zu ermöglichen.
2. Eine einzigartige konzentrische Brennerleitungs- und Düsengeometrie, -konfiguration und -konstruktion, wobei die Einspritzung von vorgewärmtem Brennstoff und vorgewärmtem Oxidationsmittel, die Mischung und Verbrennung durchgeführt werden, um eine Flamme mit einem sehr niedrigen Impuls und hoher Intensität zu erzeugen, die für Hochtemperaturheizeranwendungen geeignet ist. Die konzentrischen Leitungen und Düsen für vorgewärmten Brennstoff und vorgewärmtes Oxidationsmittel erlauben den Betrieb mit vorgewärmten Fluiden sowie die Verwendung von Umgebungsfluiden im Falle des Ausfalls des Brennstoff- oder Oxidationsmittelwärmeaustauschers. Die Leitungen, die bevorzugt mit Düsen versehen sind, werden zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff (oder Oxidationsmittel) benutzt, während die äusseren Hohlräume zur Beförderung von Umgebungs-brennstoff (oder -oxidationsmittel) benutzt werden.
3. Ein einzigartiger Brennergehäuseaufbau, wobei die Leitungen für das vorgewärmte Oxidationsmittel oder den vorgewärmten Brennstoff in Leitungen für nicht vorgewärmten Brennstoff oder nicht vorgewärmtes Oxidationsmittel eingetaucht sind, um Wärmebeanspruchungen an verschiedenen Brenneranteilen zu minimieren. Dieser Aufbau ist bevorzugt ein mehrfach eingeschlossener Aufbau. Schweissung wird bei den Leitungen für vorgewärmtes Oxidationsmittel mit Metallteilen bevorzugt vermieden. Die Teile werden mit Rohrgewinden, Maschinengewinden (bei Düsen) zusammengebaut, und die Lanzen der Versorgungsleitungen werden einfach zur Abdichtung mit Hochtemperatur-Keramikfaserdichtungen verflanscht. Dieser mehrfach eingeschlossene Aufbau trägt auch dazu bei, jeden Austritt von vorgewärmtem Oxidationsmittel oder vorgewärmtem Brennstoff aus dem inneren (Hochtemperatur-) Einschlusses in den jeweiligen äusseren Hohlraumeinschluss für (relativ kühleren) Umgebungs-brennstoff oder -oxidationsmittel einzuschliessen. Dieses Leckschutz- oder Einschlussmerkmal macht den Betrieb dieses Brenners sicher und praktisch.
4. Ferner reduziert der mehrfach eingeschlossene Aufbau die Gesamtwärmeverluste an die Umgebung, da der kältere Brennstoff oder das kältere Oxidationsmittel stets auf der Aussenfläche der Leitungen zur Beförderung von vorgewärmten Gasen strömt. Dieser kältere Brennstoff oder Oxidationsmittel wird dann in den Ofen eingespritzt, wodurch der Nettowärmeverlust minimiert wird.
5. Verwendung von hitze- und korrosionsbeständigen Materialien: diese Metalle und Keramiken wurden mit Sorgfalt für eine minimale Oxidation bei ständiger Hochtemperatursauerstoffaussetzung ausgewählt.
6. Die „konzentrischen“ Brennerleitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel sind bevorzugt aus einer Metalllegierung hergestellt, die sich bei hoher Temperatur als oxidationsresistent erwiesen

hat und thermischer Wechselbeanspruchung – im Falle der schnellen Umschaltung vom Warm- zum Kaltfluidbetrieb – widerstehen kann.

7. Neue Flammeneigenschaften: wenig NO_x , verzögerte Mischung von vorgewärmtem Brennstoff mit vorgewärmtem Oxidationsmittel, und Thermospaltung von Brennstoff. Indem der Brenner mit Mehrfacheinschlüssen vorgewärmten Brennstoff und vorgewärmtes Oxidationsmittel dazu bringt, zusammen zu verbrennen, führt er ein neues Hochtemperaturverbrennungsphänomen ein, das in Hochtemperaturschmelzanwendungen im allgemeinen nicht zu finden ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der erfindungsgemäße Brenner einen feuerfesten Brennerblock, der einen oberen Halbblock und einen unteren Halbblock aufweist, einen sogenannten geteilten Aufbau. In dieser Ausführungsform weist der obere Halbblock einen länglichen Hohlraum und eine darin befindliche Leitung auf, die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel, den Hohlraum zur Beförderung von Umgebungsoxidationsmittel. Der untere Halbblock weist einen ähnlichen Hohlraum und eine ähnliche Leitung auf, die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff, den Hohlraum zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff. Die zwei Hälften sind bevorzugt mit Hilfe von Standardbefestigungstechniken (feuerfeste Rutschkupplungen, Metallriemen, feuerfeste Stifte und dergleichen, oder eine Kombination davon) zusammengefügt. Dieser zweiteilige Aufbau ermöglicht einen sicheren Zusammenbau mit minimalem Risiko einer unerwünschten Verbrennung im Inneren des Blocks, die auf Leckaustritte kapillaren Typs von vorgewärmtem Oxidationsmittel und vorgewärmtem Brennstoff durch diverse Risse im feuerfesten Brennerblock zurückzuführen sind.

8. Umgebungsbrennstoff- und Umgebungsoxidationsmittelreserve: diese Reserveversorgung ist stets vorhanden, um bei einer Fehlfunktion des vorgeschalteten Wärmerückgewinnungs- (oder Wärmeaustauschersystems) zum Vorwärmen des Oxidationsmittels und Brennstoffs schnell vom Warm- zum Kaltbetrieb umzuschalten. Die Strömungskanäle für den Umgebungsbrennstoff und das Umgebungsoxidationsmittel sind mit Sorgfalt so ausgelegt, dass beim Betrieb mit vorgewärmtem Fluid oder Umgebungsfluid äquivalente Flammeneigenschaften (Flammenlänge, Breite, und Impuls) erhalten werden. Dies wird durch Implementierung von Strömungsgeschwindigkeitsbereichen erreicht, die für den Betrieb sowohl mit vorgewärmtem Fluid als auch mit Umgebungsfluid geeignet sind.

9. Eine bestimmte Menge (von etwa 5 bis etwa 40%) des gesamten Oxidationsmittels und Umgebungsbrennstoffs wird zum Kühlen von Brenneranteilen benutzt, um Wärmebeanspruchungen zu reduzieren und auch einen Einschluss zum Einschliessen von Leckaustritten bereitzustellen, die auf den mangelhaften Einschluss von vorgewärmtem Oxidationsmittel oder vorgewärmten Brennstoff zurückzuführen sind.

10. Die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel wird in einer vorgegebenen Winkelkonfiguration (0° bis 20°) zur Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff in ihren Hohlraum des feuerfesten Brennerblocks eingeführt. Die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel ist bevorzugt an ein Sauerstoffversorgungsrohr geschraubt und ist bevorzugt mit einer flexiblen Verbindung (Dehnungsausgleicher) versehen, um der Wärmedehnung entgegenzuwirken und auch das Einführen in einen angewinkelten Brennerblockhohlraum zu erleichtern. Der Brennerblockhohlraum für die Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel kann in einem Winkel von (0° bis 20°) in Bezug auf die Achse der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff stehen.

11. Der vorgewärmte Brennstoff und das vorgewärmte Oxidationsmittel werden beide in zwei „konzentrischen Strömen“ eingespritzt, das kühlere Fluid umgibt das heissere Fluid: dies ist ein Sicherheitsaspekt des Designs; Brenneranteile auf dem äusseren Gehäuse werden abgekühlt, um Wärmebeanspruchungen und Wärmeverluste an die Umgebung zu minimieren.

12. Kühleres Brennergehäuse: durch das kalte Fluid, welches das heisse umgibt, wird eine Isolierschicht geformt, die das feuerfeste Brennerblockgehäuse auf niedrigere Temperaturen hält; überdies bedeckt ein Isoliermantel die äusseren Abschnitte des Brenners, wodurch gewährleistet wird, dass ihre Handhabung für Werker nicht gefährlich ist.

[0078] Wie zuvor erläutert und in [Fig. 1](#) gezeigt, sind die Leitungen und Düsen sowohl für vorgewärmten Brennstoff als auch für vorgewärmtes Oxidationsmittel konzentrisch, und der Brenner zur Verbrennung weist Mehrfacheinschlüsse auf. Die Leitungen für das vorgewärmte Fluid (Brennstoff und Oxidationsmittel) sind in Umgebungsfluide eingetaucht. Alle Metallteile für vorgewärmtes Fluid sind entweder verschraubt oder verflanscht. Die Schweissung wird bei Metallteilen bevorzugt vermieden. Die Umgebungsfluide (Brennstoff und Oxidationsmittel) werden benutzt, um die feuerfesten Innenflächen und auch die Aussenflächen der Leitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden und ihre Düsen zu kühlen, sowie den Brennerverteiler. Auf diese Weise bleibt der gesamte Brenner bei einer Temperatur, die ohne äussere Isolierung bevorzugt nicht höher als 149°C bis 204°C (300 bis 400°F) liegt. Durch Verwendung einer äusseren Isolierung kann die Gehäuseausentemperatur des feuerfesten Brennerblocks auf etwa 66°C bis 93°C (etwa 150 bis 200°F) gehalten werden.

[0079] Die verschiedenen Auslegungsgeschwindigkeiten für den Brennstoff und das Oxidationsmittel am kon-

zentrischen Düsenauslass, die besonders bevorzugt werden, sind in Tabelle I angeführt. Der niedrige und hohe Geschwindigkeitsbereich werden gegeben, um verschiedenen Flammeneigenschaften zu entsprechen, wie z.B. eine Flamme, die kurz und buschig bis lang und träg ist. Die Geschwindigkeiten für vorgewärmten Brennstoff und vorgewärmtes Oxidationsmittel werden durch Verwenden einer Standarddüse mit geradem Innendurchmesser und leicht spitz zulaufendem äusseren Ende erreicht (siehe [Fig. 1](#)). Die Düsen weisen bevorzugt grobe Maschinengewinde auf, damit sie schnell und einfach aus- und eingebaut werden können. Die Mengen an Umgebungsbrennstoff und Umgebungsoxidationsmittel (anteilig zum Gesamtbrennstoff) sind so gewählt, dass der erfindungsgemässe Brenner unter „kalten Bedingungen“ (ohne vorgewärmte Fluide) bevorzugt mit denselben Düsen betreibbar sind. Die ringförmige Querschnittsfläche zwischen der Aussenseite der Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Fluid dem Durchmesser des Hohlraums im Inneren des Brennerblocks bestimmt die Strömungsgeschwindigkeiten der Umgebungsfluide.

Tabelle I: Geschwindigkeiten und Anteile des Umgebungs- und vorgewärmten Brennstoffs und Oxidationsmittels

| | Umgebungs- erdgas | Umgebungs sauerstoff | Vorgewärmtes Erdgas | Vorgewärmter Sauerstoff |
|--|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Niedriger Bereich m/s (Fuss/Sek.) | 9,1 (30) | 9,1 (30) | 4,57 (15) | 4,57 (15) |
| Hoher Bereich m/s (Fuss/Sek.) | 229 (750) | 91 (300) | 122 (400) | 61 (200) |
| Volumen (% gesamt) Vorgewärmter Betrieb | (0 bis 50) 0 - 15,2 | (0 bis 50) 0 - 15,2 | (50 bis 100) 15,2 - 30,5 | (50 bis 100) 15,2 - 30,5 |
| Volumen (% gesamt) Kalter Betrieb | 100 | 100 | 0 | 0 |

[0080] Die Geschwindigkeit des vorgewärmten Oxidationsmittels übersteigt am Auslass der Düse bevorzugt nicht 400 Fuss/s, um die schnellere Oxidation des Düsenmaterials zu vermeiden. Doch Brenner, die ausgelegt sind, um derart hohe Geschwindigkeiten des vorgewärmten Oxidationsmittels zu erreichen, können im Rahmen der Erfindung liegen, solange die Geschwindigkeit zeitweiliger oder zyklischer Art ist. Die Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel bestehen bevorzugt aus Nickel-Chrom-Eisen-Legierung, und die inneren Strömungsgeschwindigkeiten werden bevorzugt auf unter 30,5 m/s (100 Fuss/s) gehalten, um die Hochtemperaturoxidation des Leitungsmaterials zu reduzieren. Die Umgebungsoxidationsmittelgeschwindigkeiten im ringförmigen Bereich zwischen der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel und ihrem Hohlraum sind bevorzugt auf höchstens 45,7 m/s (150 Fuss/s) beschränkt, und die Höchstgeschwindigkeit der Düse beträgt etwa 229 m/s (750 Fuss/s). Die gewünschten volumetrischen Anteile sowohl des Umgebungsfluids als auch des vorgewärmten Fluids für den vorgewärmten „Standardbetrieb“ und den kalten „Notbetrieb“ sind ebenfalls in Tabelle I aufgelistet.

[0081] Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, sind die „konzentrische(n)“ Düse(n) für vorgewärmten Brennstoff und Umgebungsbrennstoff im wesentlichen horizontal angeordnet, wogegen die „konzentrische(n)“ Düse(n) für vorgewärmtes Oxidationsmittel und Umgebungsoxidationsmittel bevorzugt in einem Winkel $A = \pm 20^\circ$ zur Achse der Leitung für vorgewärmten Brennstoff angeordnet sind. Der bevorzugte Winkel ist etwa 10° abwärts von der horizontalen Achse. Die axiale Entfernung der konzentrischen Oxidationsmitteldüse (L_o) und der konzentrischen Brennstoffdüse (L_r) von der Heissfläche des Brennerblocks liegt bevorzugt von etwa 51 bis etwa 203 mm (etwa 2 Zoll bis etwa 8 Zoll). Diese Entfernung basiert auf der Gesamtlänge des Brennerblocks und der Dicke der Ofenwand.

[0082] [Fig. 2](#) veranschaulicht die zweite Ausführungsform, wobei etwa 5 bis etwa 20% des Sauerstoffs, der für die stöchiometrische Verbrennung erforderlich ist, bei Umgebungstemperatur in den ringförmigen Kanal um die Aussenseite der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff und die Innenseite des Brennstoffhohlraums des Brennerblocks eingeleitet wird. Das Umgebungsoxidationsmittel hält das Innere des Brennerblocks rein, kühl und stellt gleichzeitig ausreichend Sauerstoff bereit, um durch partielle Verbrennung im Hohlraum des Brennerblocks mindestens einen Teil des vorgewärmten und Umgebungsbrennstoffs (in Russpartikel) zu spalten. Die Geschwindigkeit der verschiedenen Fluide ist die gleiche wie in der ersten Ausführungsform. Die Verbrennung von russreichen vorgewärmten Brennstoffen im Ofen mit vorgewärmtem Oxidationsmittel erzeugt eine sehr intensive Flamme mit niedriger NO_x -Emission.

[0083] In der Erfindung, die in [Fig. 3](#) veranschaulicht wird, wird ein geringer Anteil des Umgebungsoxidationsmittels über einen speziellen Kanal im Brennerblock auf den Auslass der Düse für vorgewärmten Brennstoff gerichtet. Der geringe Anteil des Umgebungsoxidationsmittelstroms wird durch die ejektorartige Wirkung der Umgebungs- und vorgewärmten Brennstoffstrahlen auf effektive Weise mitgerissen. Der Niederdruckbereich um den vorgewärmten Brennstoffstrahl im Brennerhohlraum herum reicht aus, um von etwa 5 bis etwa 20% des Gesamtoxidationsmittels (Gemisch aus vorgewärmtem und Umgebungsoxidationsmittel) in den speziellen Kanal nach unten zu entziehen, und wird zum vorgewärmten Brennstoffstrahl gerichtet. Hier mischen sich der Brennstoff und das Oxidationsmittel und erzeugen Russpartikel und höhere Kohlenwasserstoffe. Die Verbrennung von höheren Kohlenwasserstoffen im Ofen mit vorgewärmtem Oxidationsmittel erzeugt eine sehr intensive Flamme mit geringer Emission.

[0084] [Fig. 4](#) veranschaulicht die vierte Ausführungsform, die einzelne rechteckige Schlitze für die Umgebungsfluide (sowohl Brennstoff als auch Oxidationsmittel) und Mehrfachleitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff und Oxidationsmittel aufweist. Die Rückseite des Brenners weist separate Verteiler für die Umgebungsbrennstoff- und Umgebungsoxidationsmittelversorgung auf. In diesem Verteiler, der bevorzugt rechteckig geformt ist, sind mehrere Leitungen zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff eingeführt und mit Hilfe von Standardflanschverbindungen auf der Rückseite des Brenners befestigt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, mit der Ausnahme, dass Mehrfachleitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden (Seite an Seite) in einem rechteckigen Verteiler angeordnet sind, dem Verteiler zur Beförderung von Umgebungsfluiden.

[0085] Die rechteckigen Schlitze (Breite und Höhe) sind bevorzugt bemessen, um die in Tabelle I genannten Umgebungsfluidgeschwindigkeitsbereiche zu ergeben. Die Mehrfachleitungen zur Beförderung von vorgewärmten Fluiden sind den Spezifikationen in Tabelle I der Geschwindigkeiten und Volumenanteile entsprechend bemessen. Es wird bevorzugt, dass alle Leitungen dieselbe Strömungsmenge und Geschwindigkeit ergeben, doch dies ist nicht notwendig. Dieser Ansatz erlaubt hohe Brennerleistungen (bis zu 30 Million Btu/Std.) und Oxidationsmittelvorwärmtemperaturen von bis zu 700°C und Brennstoffvorwärmtemperaturen von bis zu 400°C.

[0086] Die fünfte Ausführungsform verwendet statt Umgebungsbrennstoff und Umgebungsoxidationsmittel „Trockendampf“ als Kühlmedium. Der Dampf hält die äusseren Einschlüsse des Brenners sauber, kühl, und verhindert gleichzeitig Wärmebeanspruchungen am Brennergehäuse. Der Dampf wird dann in den Ofen eingeleitet. Diese besondere Ausführungsform kann auf alle Ausführungsformen angewandt werden, indem der Umgebungsbrennstoff und das Umgebungsoxidationsmittel durch Dampf ersetzt werden.

[0087] Weitere Merkmale der Erfindung schliessen die Verwendung von Heizölen in den erfindungsgemässen Brennern ein. Flüssigbrennstoffe wie Diesel vom Bunkertyp Nr. 4, Nr. 6 können verwendet werden. Die schwereren Dieselöle (wie Bunker C) werden gewöhnlich auf bis zu etwa 200°C vorgewärmt und dann mit einer Zerstäubereinheit in den Anschluss für vorgewärmten Brennstoff eingeleitet.

[0088] Die Verwendung des geteilten Brennerblocks in einigen Ausführungsformen erlaubt, einen Teil des Umgebungsoxidationsmittels in den Brennstoffstrom auszuwerfen. Dies ist im allgemeinen mit einem monolithischen Brennerblock nicht erreichbar. Eine Lösung ist die Verwendung von zwei Einzelblöcken, einen für Oxidationsmittel und einen für Brennstoff, wobei der diese verbindende Kanal für kaltes Oxidationsmittel auf geeignete Weise maschinell bearbeitet ist, und die komplementäre Formen aufweisen, um auf dichte Weise zusammengefügt zu werden. Das in [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) gezeigte Beispiel veranschaulicht das „Gleitschienen“-Design, das sich leicht zusammenfügen lässt und einen guten Verschluss gewährleistet.

[0089] Eine zusätzliche technische Lösung für den erfindungsgemässen Brenner besteht darin, sich den Brenner als aus zwei funktionalen Abschnitten bestehend vorzustellen; erstens den Abschnitt, der die Heiss-

fläche einschliesst (die der Ofenstrahlung ausgesetzt ist), der die Funktion der Wärmeisolierung erfüllt. Hier liegt das Ziel darin, Wärmeverluste des Ofens und die Überhitzung der Abschnitte, die dem Werker zugänglich sind, zu verhindern. Daher umfasst die Heissfläche bevorzugt feuerfeste Verbindungen, die wie in [Fig. 1](#) gezeigt geformt und/oder maschinell bearbeitet sind. Geeignete Werkstoffe für den feuerfesten Brennerblock schliessen gegossenes Zirkonoxid, gussgekapseltes AZS (Aluminiumoxid-Zirkonoxid-Siliziumoxid), wiedergebundenes AZS oder gussgekapseltes Aluminiumoxid ein. Die Wahl eines bestimmten Materials ist unter anderem vom Typ des Ofens oder Heizsystems abhängig, für den der Brenner verwendet wird. Zweitens ist der Abschnitt des Brenners, der die Kaltfläche einschliesst, die Seite, zu welcher der Bediener des Ofens Zugang hat, um den Brenner ein- oder auszubauen. In diesem Abschnitt ist die Hauptfunktion mechanisch. Er muss die Brennstoff- und Oxidationsmittel-Metalleitungen tragen und aufnehmen.

[0090] Die mechanische Funktion wird bevorzugt durch Verwenden eines Metallgehäuses erfüllt, das den Vorteil aufweist, dass es mit komplexen Formen aufgebaut werden kann, die mit Keramikblöcken nicht möglich sind. Daher kann die Leitung, die das ausgeworfene Umgebungsoxidationsmittel aus dem Umgebungsoxidationsmittelhohlraum in den Umgebungsbrennstoffhohlraum befördert, integraler Bestandteil dieses Metallgehäuses sein.

[0091] Zur erhöhten Wärmeisolierung kann der Raum zwischen den Metalleitungen mit einer faserigen Isolierung wie z.B. Glasfasern verstopft sein. Eine, daraus bestehende Auskleidung kann zwischen der Rückseite des feuerfesten Keramikabschnitts des Brenners und dem Metallflansch eingeführt sein, der den Metallgehäuseabschnitt mit dem feuerfesten Abschnitt des Brenners verbindet. Die Verbindung zwischen den Metallabschnitten und dem Keramikabschnitt des feuerfesten Blocks ist bevorzugt durch einen engen Kontakt zwischen Metall und Keramik im Inneren des Blocks und eine geeignete Pressdichtung auf der Rückseite des feuerfesten Keramikblocks abgedichtet. Die mitreissende Wirkung der in den Ofen strömenden Fluide verhindert jede Ansammlung von Oxidationsmittel oder Brennstoff im Inneren des hohlen Brennerblocks.

[0092] Eine aufkohlungsresistente Manschette wird bevorzugt als Teil der Leitung zur Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff in der Nachbarschaft der Brennstoffdüse verwendet. Da vorgewärmter Brennstoff bei einer Metallmanschette zu viel Aufkohlung verursachen würde, sind bevorzugt Materialien zu verwenden, die aus der Gruppe gewählt werden, die Graphit, Siliziumcarbid (SiC), Aluminiumoxid (Al_2O_3) und dergleichen umfasst, oder Kombinationen aus diesen Materialien. Das aufkohlungsresistente Material weist aufgrund des Aufpralls von Umgebungsoxidationsmittel durch die Leitung, die die Umgebungsoxidationsmittelleitung mit der Umgebungsbrennstoffleitung verbindet, bevorzugt auch eine gute Oxidationsbeständigkeit auf.

[0093] Eine Verwirbelungsbewegung kann in den Umgebungsoxidationsmittelstrom eingebracht werden. Die Verwendung eines metallenen Verbindungskanals zwischen den Umgebungsoxidationsmittel- und Umgebungsbrennstoffhohlräumen bietet Flexibilität, um für Metallkanäle zwischen den Oxidationsmittel- und Brennstoffhohlräumen komplexe Formen zu verwenden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Umgebungsoxidationsmittel in einer tangential-axialer Richtung um den vorgewärmten Brennstoffstrom herum ausgeworfen, wie in [Fig. 7A](#) gezeigt (im Gegensatz zum radialen Auswurf, der in [Fig. 5](#) und [Fig. 5A](#) gezeigt wird). Diese tangential-axiale Oxidationsmitteleinspritzung erzeugt einen verwirbelten Oxidationsmittelstrom, was für die Flamme in verschiedener Hinsicht von Vorteil ist. Die Verwirbelung im äusseren Oxidationsmittelring ist dafür bekannt, dass sie aufgrund der höheren Verweilzeit zusätzlichen Russ erzeugt, und eine verzögerte Mischung zwischen dem Brennstoff und dem restlichen Oxidationsmittel und somit eine verzögerte Verbrennung; eine langsamere Verbrennung führt dann zu niedrigeren Spitzenflammentemperaturen im Inneren der Flammenstruktur und zu einer erhöhten Flammenlänge. Dabei kann die Rückführung von Abgasen in die Flamme das NO_x -Emissionsniveau senken und möglicherweise eine höhere Flammenintensität induzieren.

[0094] Prozessvorteile durch das konzentrische Düsendesign Das konzentrische Düsendesign der Leitungen und Düsen für vorgewärmtem Brennstoff und Oxidationsmittel weist hinsichtlich des Verbrennungsvorgangs und der Wärmeübertragung eindeutige Vorteile auf. Dies wird in [Fig. 8](#) veranschaulicht.

[0095] Wie in [Fig. 8](#) veranschaulicht, verhindern konzentrische Strahlen, die das vorgewärmte Fluid (Brennstoff oder Oxidationsmittel) im Zentrum und Umgebungfluid aussen aufweisen, jede Streuung des vorgewärmten Fluids im feuerfesten Brennerblock. Die Innenseiten des feuerfesten Brennerblocks weisen allgemein poröse Flächen und kleine Risse auf, die auf thermische Wechselbeanspruchung zurückzuführen sind. Durch diesen konzentrischen Aufbau ist das vorgewärmte Fluid innerhalb eines metallenen Einschlusses gut eingeschlossen, wogegen das kühlere Fluid im Inneren des feuerfesten Einschlusses (im Brennerblock) eingeschlossen ist. Wie gezeigt, kühlt das Umgebungfluid die Leitung für das vorgewärmte Fluid und das Innere des Brennerblocks durch Zwangskonvektion.

[0096] [Fig. 8](#) zeigt auch, dass durch Kombination beider Geschwindigkeitsprofile (des vorgewärmten Fluids und des Umgebungsfluids) mit konzentrischem Leitungsdesign eine viel breitere Aufprallzone im Ofen erreicht wird. Dies wirkt sich auf die Verbrennung positiv aus. Der breitere Gesamtstrahl ermöglicht eine grössere Fläche für die Flammenentfaltung und eine viel breitere Wärmefreisetzung, was niedrigere Spitzenflammentemperaturen und eine einheitlichere Wärmeverteilung zur Folge hat.

[0097] Ein anderer Vorteil des konzentrischen Leitungsdesigns ist die aktive Kühlung des Leitungsmaterials für vorgewärmtes Fluid und die sich daraus ergebende niedrigere Betriebstemperatur des Materials. Dies hat eine niedrigere Oxidations-/Korrosionsgeschwindigkeit und eine längere Lebensdauer des Verbrennungsbrenners zur Folge.

[0098] Vorgewärmter Brennstoff und Oxidationsmittel werden durch „konzentrische“ Brennerdüse(n) eingespritzt, um eine Sauerstoff-Brennstoff-Verbrennung in der Heizofenatmosphäre zu erzeugen. Das Oxidationsmittel und der Brennstoff werden auf hohe Temperaturen vorgewärmt, z.B. 204 bis 982°C (~ 400 bis 1800°F), bevorzugt über einen Wärmeaustauscher, werden durch ein selbstgekühltes Brennergehäuse mit Mehrfacheinschluss, selbstgekühlte Brennerdüsen und schliesslich in einen speziellen feuerfesten Brennerblock geleitet. In einer Ausführungsform reagieren sowohl vorgewärmtes Oxidationsmittel als auch Brennstoff vor der Einspritzung in den Heizofen partiell im Hohlraum des feuerfesten Blocks, um die Wärmespaltung von gasförmigem Brennstoff zu unterstützen und höhere Kohlenwasserstoffarten und Russpartikel zu erzeugen. Die nachfolgende Verbrennung von russreichem, vorgewärmtem Brennstoff und vorgewärmtem Oxidationsmittel in der Ofenatmosphäre erzeugt eine sehr intensive Flamme mit niedrigen Emissionen. Die Konfiguration der Brennerdüse(n) ist derart, dass sie die Wärmespaltung von Brennstoff, die verzögerte Mischung, eine verbesserte Flammenstrahlung und geringere Emissionen an NO_x und Prozesspartikeln unterstützt. Bevorzugte Materialien für die „konzentrischen“ Oxidationsmittel- und Brennstoffdüsen sind Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen, oder keramiküberzogene, temperaturbeständige nichtrostende Stähle. Der Brenner für die Verbrennung ist in der Lage, sehr leicht vom Betrieb mit heissen Oxidationsmittel und Brennstoff auf den Betrieb mit Umgebungsoxidationsmittel- und -brennstoff umzuschalten.

Patentansprüche

1. Brennevorrichtung (2) mit:

- a) einer für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepassten Leitung (40), die ein Auslassende und ein Einlassende (32) umfasst,
- b) einer für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitung (36), die ein Auslassende und ein Einlassende (34) umfasst, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung im Wesentlichen parallel zu der für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepassten Leitung (40) ist, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) im Wesentlichen vertikal über der für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitung (36) positioniert ist,
- c) wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) und die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) jeweils in ihrem eigenen länglichen Hohlraum (10, 31) in einem feuerfesten Brennerblock (4) positioniert sind, wobei jede der Leitungen (36, 40) so in ihrem jeweiligen Hohlraum (10, 31) positioniert ist, dass ein im Wesentlichen ringförmiger Bereich zwischen einer Außenfläche jeder Leitung (36, 40) und ihrem jeweiligen Hohlraum (10, 31) vorhanden ist, und
- d) jedes Leitungseinlassende (32, 34) sich durch einen jeweiligen Sammelraum (37, 47) zur Aufnahme eines Umgebungstemperaturfluids erstreckt, wobei der Sammelraum (37, 47) dafür ausgelegt ist, das Umgebungstemperaturfluid in die jeweiligen ringförmigen Bereiche zu leiten, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- e) eine Fluidverbindung (62), die den Hohlraum, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) positioniert ist, mit dem Hohlraum (31) verbindet, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist.

2. Brenner nach Anspruch 1, wobei das Auslassende jedes Hohlraums (10, 31) bündig mit einer Heifläche des feuerfesten Brennerblocks ist.

3. Brenner nach Anspruch 1 oder 2, wobei eine Vielzahl von für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepassten Leitungen (84a, b, c) in jeweiligen Hohlräumen (81a, b, c) in dem feuerfesten Brennerblock (4) positioniert sind, und eine Vielzahl von für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitungen (88a, b, c, d, e, f) in jeweiligen Hohlräumen in dem feuerfesten Brennerblock positioniert sind.

4. Brenner nach Anspruch 1, wobei das Auslassende der für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepassten Leitung (40) mit einem Auslass einer Düsenanordnung für vorgewärmtes Oxidationsmittel verbunden ist, wobei die Düsenanordnung für vorgewärmtes Oxidationsmittel einen Expansionsanschluss (43) umfasst, der einen Einlass der Düsenanordnung (44) für vorgewärmtes Oxidationsmittel mit einer Düse für vorgewärmtes Oxidationsmittel stromabwärts von dem Expansionsanordnung (43) verbindet, wobei die Düse (44) für vorgewärmtes Oxidationsmittel einen Düsenauslass für vorgewärmtes Oxidationsmittel und eine Achse (26) aufweist.

5. Brenner nach Anspruch 4, wobei der Düsenauslass für vorgewärmtes Oxidationsmittel eine Ausparung aus dem Auslassende des Hohlraums (10) ist, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) positioniert ist.

6. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Auslassende der für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitung (36) mit einem Einlass einer Düse (38) für vorgewärmten Brennstoff verbunden ist, wobei die Düse (38) für vorgewärmten Brennstoff einen Düsenauslass für vorgewärmten Brennstoff und eine Achse (28) aufweist.

7. Brenner nach Anspruch 4 und 6, wobei die Achse (26) der Düse für vorgewärmtes Oxidationsmittel abgewinkelt zur Achse (28) der Brennstoffdüse ist.

8. Brenner nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der Düsenauslass für vorgewärmten Brennstoff eine Ausparung aus dem Auslassende des Hohlraums (31) ist, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist.

9. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Hohlraum (31), in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist, oder der Hohlraum (10), in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) positioniert ist, einen Expansionsabschnitt (11, 30) umfasst, der einen ersten Umgebungsfluidhohlraum, der stromaufwärts von dem Expansionsabschnitt (11, 30) positioniert ist, mit einem zweiten Umgebungsfluidhohlraum verbindet, der stromabwärts von dem Expansionsabschnitt (11, 30) positioniert ist und einen Innendurchmesser aufweist, der größer als der Innendurchmesser des ersten Umgebungsfluidhohlraums ist, wobei der Expansionsabschnitt (11, 30) einen Einlass und einen Auslass aufweist, wobei der Einlass des Expansionsabschnitts (11, 30) einen kleineren Durchmesser als der Auslass des Expansionsabschnitts aufweist.

10. Brenner nach Anspruch 9, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) in einer Düse (38) endet, wobei die Düse einen Düsenauslass aufweist, der bündig zu dem Einlass des Expansionsabschnitts (30) seines jeweiligen Fluidhohlraums (31) angeordnet ist.

11. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) sich durch eine Zwischenleitung (36a) erstreckt und darin positioniert ist, wobei die Zwischenleitung zwischen der für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitung (36) und ihrem jeweiligen Hohlraum (31) positioniert ist, wobei die Zwischenleitung (36a) ein Auslass- und ein Einlassende aufweist, wobei das Zwischenleitungseinlassende mit einem der für die Aufnahme von Umgebungsbrennstoff geeigneten Sammelkammern (35, 37) verbunden ist, wobei die Zwischenleitung (36a) und der Hohlraum (31) einen ringförmigen Raum für die Einleitung von Umgebungsoxidationsmittel bilden, wobei die Zwischenleitung (36a) und die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) einen ringförmigen Bereich zur Beförderung von Umgebungsbrennstoff bilden.

12. Brenner nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Fluidverbindung (62) einen Fluidverbindungseinlass und einen Fluidverbindungsauslass aufweist, wobei der Fluidverbindungseinlass mit dem Hohlraum (10) verbunden ist, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) stromaufwärts von einem Punkt positioniert ist, an dem der Fluidverbindungsauslass mit dem Hohlraum (31) verbunden ist, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist.

13. Brenner nach Anspruch 12, wobei die Fluidverbindung (62) so positioniert ist, dass sie dem Umgebungsoxidationsmittel einen im Wesentlichen tangential-axialen Impuls verleihen, um seine Verwirbelung in dem Hohlraum (31) zu bewirken, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist, wodurch eine verzögert Verbrennung des Umgebungsbrennstoffs und des vorgewärmten Brennstoffs bewirkt wird.

14. Brenner nach Anspruch 12 oder 13, wobei der feuerfeste Brennerblock (4) aus einem oberen feuerfesten Brennerblock (4b) und einem unteren feuerfesten Brennerblock (4a) besteht, wobei der obere und untere feuerfeste Brennerblock (4a, 4b) in einer Ebene Kontakt haben, die im Großen und Ganzen parallel zu einer Achse der für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepassten Leitung (36) liegt, wobei in dem unteren feuerfesten Brennerblock (4a) der Hohlraum (31) positioniert ist, in dem die für die Beförderung von vorgewärmtem Brennstoff angepasste Leitung (36) positioniert ist, und in dem oberen feuerfesten Brennerblock (4b) der Hohlraum (10) positioniert ist, in dem die für vorgewärmtes Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) positioniert ist.

15. Brenner nach Anspruch 1, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) (in Gewichtsprozent) Ni>72%, Cr 14–17%, Fe 6–10%, C<0,15%, Si<0,5% und Cu<0,5% enthält.

16. Brenner nach Anspruch 1, wobei die für die Beförderung von vorgewärmtem Oxidationsmittel angepasste Leitung (40) Legierungen umfasst, für die Inconel 600, Incoloy 800, PM 2000 oder 310 rostfreier Stahl gewählt werden.

17. Brenner nach Anspruch 16, wobei die Legierungen eine keramische Schutzschicht oder eine keramische Beschichtung aufweisen und für die Keramik Chromoxid, Aluminiumoxid oder Siliziumoxid gewählt wird.

18. Brenner nach Anspruch 15 oder 16, wobei die Legierungen durch Diffusion oder Sprühen aufgebracht sind.

19. Brenner nach Anspruch 18, wobei die Diffusionsbeschichtung zu einer Oberflächenanreicherung von Si typischerweise zwischen 0,5 und 5% und zu einer Oberflächenanreicherung von Al zwischen etwa 20% bis etwa 35% führt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

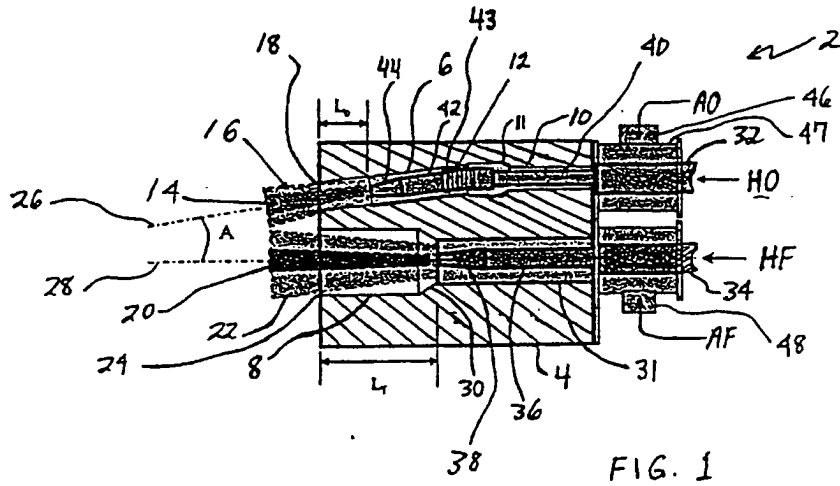


FIG. 1

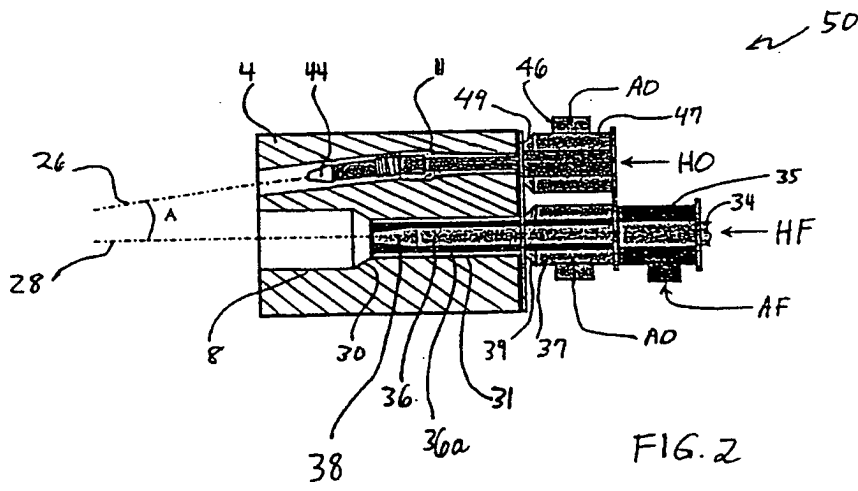


FIG. 2

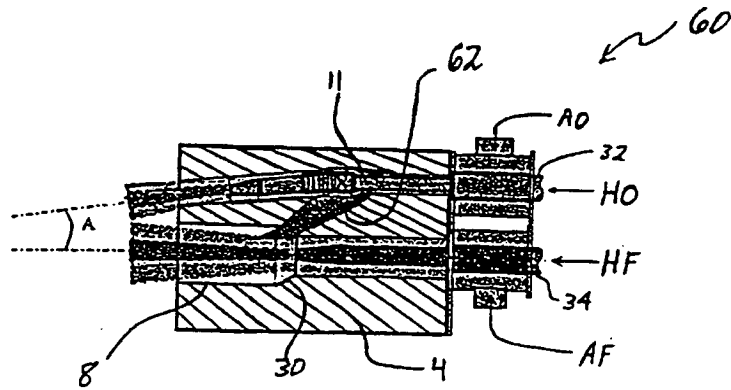


FIG. 3

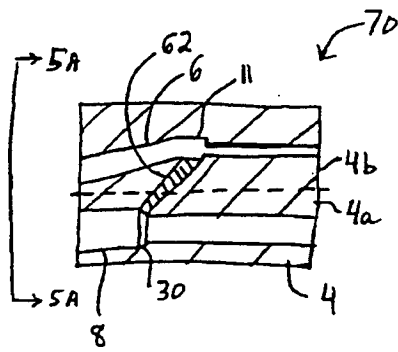


FIG. 5

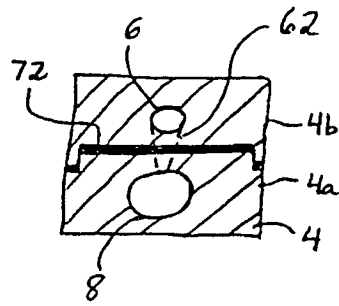


FIG. 5A

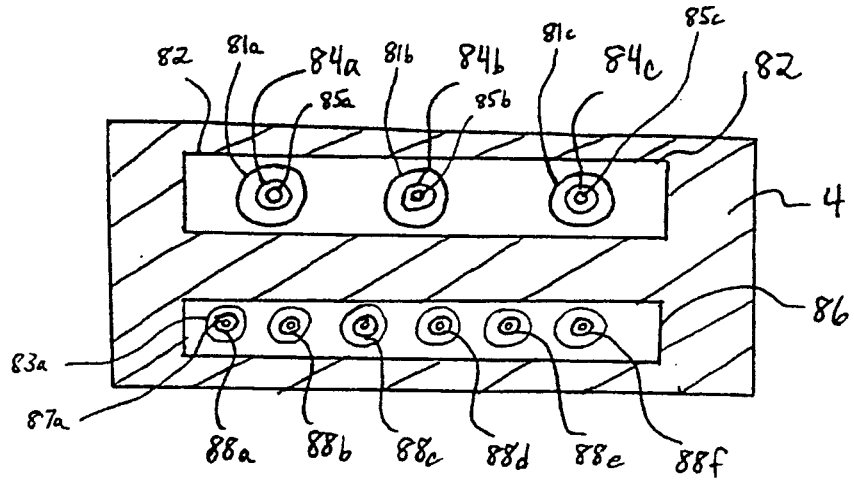


FIG. 4A

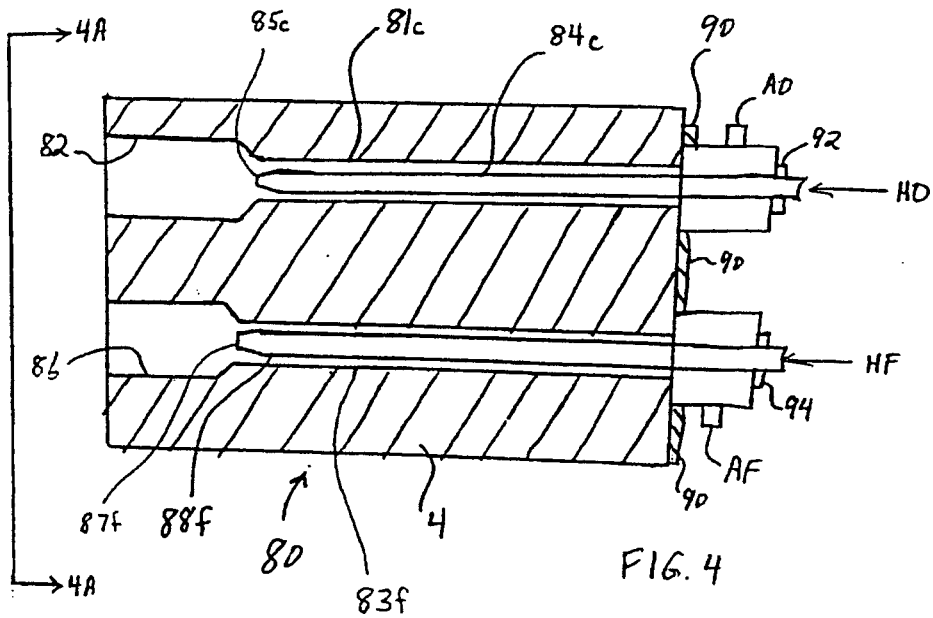


FIG. 4

