



## (12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) EP 1 077 201 B2

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 24 370.2

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 30 6970.5

(96) Europäischer Anmeldetag: 15.08.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 21.02.2001

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 30.11.2005

(97) Veröffentlichungstag  
des geänderten Patents beim EPA: 19.09.2012

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 11.04.2013

(51) Int Cl.: C03B 5/235 (2011.01)

F23M 5/02 (2011.01)

### Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:

374921 16.08.1999 US

(73) Patentinhaber:

The Boc Group, Inc., New Providence, N.J., US

(74) Vertreter:

Fleuchaus & Gallo Partnerschaft, 86152,  
Augsburg, DE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

Simpson, Neil George, Sylvania, Ohio 43560, US;  
Prusia, Gregory Floyd, Holland, Ohio 43528, US;  
Carney, Stephen McDonald, Maumee, Ohio 43537,  
US; Clayton, Thomas G., Toledo, Ohio 43615, US;  
Richardson, Andrew Peter, Clinton, US; Leblanc,  
John R., Perrysburg, Ohio 43552, US

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Zusatzerhitzen eines Glasschmelzofens mit einem im Gewölbe montierten  
Sauerstoff-Brennstoff-Brenner

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Verwendung mindestens eines Sauerstoff-Brennstoff-Brenners in der Decke eines Glasschmelzofens zur Unterstützung der Produktionskapazität oder Aufrechterhaltung der laufenden Produktionskapazität aufgrund Verschlechterung vorhandener Wärmerückgewinnungsausrüstung wie beispielsweise Rekuperatoren oder Regeneratoren. Der Prozeß umfasst den Ersatz eines Teils vorhandener oder vorher vorhandener Luft-Brennstoff- oder elektrischer Energiekapazität durch Oxibrennstoffenergie. Mit Ausnahme endbefeueter Regenerativöfen umfasst der Prozeß das Blockieren regenerativer Öffnungen oder Isolation von Rekuperativbrenner. Insbesondere verbessern die Konstruktionsauswahl, Austellwinkel und Positionierung der Brenner über den rohen Chargenmaterialien, die in den Ofen eintreten, die Schmelzraten, steigern die Produktausbeute, verbessern die Energieeffizienz und verbessern die Glasqualität. Eine genaue Steuerung des stöchiometrischen Verhältnisses der Verbrennung im Brenner, Fett-Mager-Wechselwirkung von Brennern und zonale Brennstoff/Sauerstoff-Stufung im Ofen werden zur Optimierung des Wärmeübergangs eingesetzt, während Emissionen von Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid minimiert werden.

**[0002]** Regenerativ-, Rekuperativ-, elektrische und direkt befeuerte Öfen werden bei der Herstellung von Glas und darauf bezogener Fritteprodukte üblicherweise eingesetzt.

**[0003]** Luft-Brennstoff-Regenerativöfen fallen in zwei Kategorien: Querbefeuerte und endbefeuerete Öfen. Querbefeuerte Regenerativöfen haben mehrfache Öffnungen, typischerweise drei bis acht auf jeder Seite des Ofens, die entweder mit einem gemeinsamen oder einem unterteilten Regenerator zum Vorheizen der Verbrennungsluft verbunden sind. Die Regenatoren, die in verschiedenen Formen und Größen vorkommen, werden alle 15 bis 30 Minuten umgekehrt, je nach dem Ofenbetrieb. Während jedes Umkehrzyklus tritt Verbrennungsluft aus einem Gebläse, die durch einen Kanal im Umkehrventil hindurchtritt, in die Basis des Regenerators auf einer Seite des Ofens ein und wird vorgeheizt, bevor sie in die mit dem Ofen verbundenen Öffnungen eintritt. Brennstoff in Form von Öl und/oder Gas wird entweder unter, über, durch oder seitwärts der Öffnungen eingeleitet, um eine Flamme zu erzeugen, die im Glasschmelzofen brennt. Die heißen Verbrennungsprodukte treten aus dem Ofen durch die gegenüberliegende Seitenöffnung aus, gelangen abwärts durch die Regeneratorbesatzsteine, setzen Wärme frei und treten dann durch einen zweiten Kanal im Umkehrventil in dem Abgaskamin aus. Während der luftseitige Regenerator abkühlt, heizt sich der Abgasregenerator auf, bis das Umkehrventil die Strömung um-

kehrt und Verbrennungsluft durch den zuvor heißen Abgasregenerator eintritt.

**[0004]** Das Glas wird teilweise aufgrund der Strahlung der Luft-Brennstoff-Flamme geschmolzen, aber hauptsächlich durch die Rückstrahlung vom Dach und den Wänden, die durch die Verbrennungsprodukte erhitzt werden. Um eine höhere Ofenglasproduktionskapazität zu erreichen, verwenden viele Öfen elektrische Unterstützung mittels in das Glas eingetauchter Elektroden. Dies ist kostspielig und kann die Behälterwände mit Glaskontakt beschädigen. Mit der Zeit können Regenatoren wegen thermischer/mechanischer Schäden und/oder Mitführen von rohen glasbildenden Materialien, die auch als Chargenmaterialien oder Chargen bekannt sind, oder durch Kondensation flüchtiger, von der Glascharge freigesetzter Spezies zu verstopfen beginnen. Wenn die Regenatoren zu verstopfen oder zu versagen beginnen, wird die Vorheiztemperatur der Luft im Ofen verringert. Wegen des gesteigerten Druckabfalls begrenzt die Abgasseite die Abführung von Abgasen und dadurch auch die Energiezufuhr in den Ofen, wodurch die Ofenglasproduktion verringert wird.

**[0005]** Zur Rückgewinnung von Produktionskapazität die durch vorhergehende Regeneratorprobleme verloren ging, oder zur Steigerung der Produktion in einem nicht belasteten Ofen wird Sauerstoff durch vier Mittel eingesetzt: Allgemeine Anreicherung von Luft mit Sauerstoff, spezifische Sauerstoffflanzenanordnung unter den Öffnungsflammen, Installation eines Sauerstoffbrenners zwischen der ersten Öffnung und der Beschickungsstirnwand, und wassergekühlte Oxibrennstoffbrenner, die durch die Öffnung installiert werden. Die Kapazitätssteigerungen durch diese Technologien werden durch Zugänglichkeit, Prozessanforderungen oder Grenzen bei der Temperatur der feuerfesten Materialien beschränkt.

**[0006]** Der endbefeuerete Regenerativofen ist im Betrieb ähnlich einem querbefeuerten Ofen, er hat jedoch nur zwei Öffnungen in der Endwand, die mit individuellen Regenatoren verbunden sind.

**[0007]** Die Regeneratorverschlechterung stellt den gleichen Mechanismus wie bei querbefeuerten Öfen dar, und es werden ähnliche elektrische und Sauerstoffunterstützungen angewandt.

**[0008]** Zur Rückgewinnung verlorener Produktionskapazität aufgrund der oben erwähnten Regeneratorprobleme oder zur Steigerung der Produktion wird Brennstoff durch drei Mittel benutzt: Allgemeine Anreicherung von Luft mit Sauerstoff, spezifische Sauerstoffflanzenanordnung unter der Öffnung, und Installation von Oxibrennstoffbrennern durch die Ofenseitenwände unter der Wanne. Diese Technologien sind hinsichtlich der Kapazität typischerweise wegen

ihrer Anordnung und der Gefahr der Überhitzung des Ofens beschränkt.

**[0009]** Der Rekuperativofen arbeitet mit mindestens einem Wärmetauscher der Rekuperatorbauart. Anders als der Regenerator arbeitet der Rekuperator kontinuierlich als heißer Gegenstromwärmetauscher, wobei Abgase Verbrennungsluft vorwärmen, die zu einzelnen Luft-Brennstoff-Brennern entlang der Seiten des Ofens geleitet wird. Rekuperativöfen können ebenfalls mit elektrischer Unterstützung arbeiten. Wie bei Regenerativöfen können Rekuperatoren beginnen, ihre Effizienz und Fähigkeit zur Vorwärmung der Luft zu verlieren. Sie können verstopft werden oder Löcher bilden.

**[0010]** Zur Rückgewinnung verlorener Produktionskapazität aufgrund der oben erwähnten Rekuperaturprobleme oder zur Steigerung der Produktion wird Sauerstoff durch drei Mittel eingesetzt: Allgemeine Anreicherung von Luft mit Sauerstoff, spezifische Sauerstoffflanzenanordnung unter den Luft-Brennstoff-Brennern, und Einbau von Oxibrennstoffbrennern entweder durch die Ofenseitenwände oder Ofenstirnwände. Diese Technologien sind hinsichtlich der Kapazität typischerweise wegen örtlicher Beschränkungen und der Gefahr der Überhitzung des Ofens beschränkt.

**[0011]** Die US-A-5 139 558 offenbart den Einsatz eines hochdynamischen deckenmontierten sauerstoffbefeuerten Hilfsbrenners in einem Glasschmelzofen, der zur Grenzfläche zwischen den geschmolzenen und festen glasbildenden Stoffen gerichtet ist, wodurch die festen glasbildenden Stoffe mechanisch daran gehindert werden, aus der Schmelzzone zu entweichen.

**[0012]** Die US-A-3 337 324 offenbart einen Prozeß zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen unter Verwendung eines Brenners, der so positioniert ist, daß er im wesentlichen nach unten über das Beschickungsende eines wassergekühlten Ofens feuert.

**[0013]** Die WO-A-99 31 021 offenbart die Verwendung von deckenmontierten Brennern als Hauptwärmequelle in einem Glasschmelzofen ohne Regeneratoren oder Rekuperatoren.

**[0014]** Nach der vorliegenden Erfindung sind Verfahren zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen, wie in den beigefügten Ansprüchen dargestellt, vorgesehen.

**[0015]** Kurz gesagt, können gemäß dieser vorliegenden Erfindung Glasschmelzöfen unter Verwendung mindestens eines deckenmontierten Sauerstoff-Brennstoff-Brenners unterstützt werden, der über den rohen Chargenmaterialien positioniert ist,

während die Materialien in den Ofen eintreten, um die Schmelzrate zu verbessern und die Glasqualität und/oder die Glasproduktausbeute zu verbessern. Wegen der gesteigerten Rate und Ausbeute des schmelzenden Glases, die durch die Konstruktion und Positionierung dieser Brenner erreicht werden, können in Abhängigkeit vom Ofenzustand und der Ofenbauart mindestens einer oder mehrere der folgenden Punkte erzielt werden: gesteigerte Glasproduktion, verbesserte Glasqualität, Verringerung der elektrischen Zuschaltung, Rückgewinnung von aufgrund ineffizienter Wärmerückgewinnung (zum Beispiel in Folge verstopfter Regenatoren) verlorener Produktion, Verringerung des Sauerstoffverbrauchs durch Ersetzen von Sauerstoffanreicherung der Ofenatmosphäre, Verringerung des Sauerstoffverbrauchs durch Ersetzen der Sauerstoffflanzenanordnung, Verringerung von Sauerstoffverbrauch durch Ersetzen herkömmlicher Oxibrennstoffbrenner, die in den Wänden eines Glasofens positioniert sind, gesteigerte Ofenstandzeit, verbesserte Energieeffizienz, Verringerung der Emissionen von Stickstoffoxiden und Schwefeloxiden, Verringerung des Verbrauchs fossiler Brennstoffe, Verringerung von Bruchglas, und erhöhte Produktglasausbeute.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung kann in den folgenden Ofenarten Anwendung finden. Bei Anwendungen dieser Erfindung in querbefeuerten Regenerativöfen kann es notwendig sein, mindestens ein Paar der gegenüberliegenden Öffnungen vollständig oder teilweise zu verschließen oder zu isolieren. Bei Anwendungen dieser Erfindung in endbefeuerten Regenerativöfen wird mindestens ein Sauerstoff-Brennstoff-Brenner in der Decke des Ofens montiert, und die Verbrennungsluftströmung wird um einen Teil der maximalen ursprünglichen Auslegungsströmung verringert. Bei allen Anwendungen dieser Erfindung in Rekuperativöfen wird mindestens ein Sauerstoff-Brennstoff-Brenner in der Decke des Ofens montiert. Bei Mehrbrenneröfen sollten Brenner in der Nachbarschaft der deckenmontierten Brenner entfernt werden und die Luftzufuhr abgetrennt werden. Bei Einfachbrenner- oder Einfachöffnungsanwendungen wird die Verbrennungsluftströmung um einen Teil der maximalen ursprünglichen Auslegungsströmung verringert.

**[0017]** In allen Fällen ist mindestens ein deckenmontierter Oxibrennstoffbrenner über den rohen Chargenmaterialien positioniert, die in den Ofen eintreten, um die Schmelzrate zu verbessern, und eine Qualitätsverbesserung wird ausgenutzt, und in allen Mehröffnungs- und Mehrbrenner-Luft-Brennstoff-Anwendungen wird mindestens ein Paar von Öffnungen oder ein Paar von Brennern isoliert. In allen Einöffnungs- und Einfachbrenneranwendungen werden die Luft und der Brennstoff auf einen Teil unterhalb der Maximalauslegung reduziert. Die effizienteren deckenmontierten Brenner stellen Energie

bereit, um die aus dem Prozeß abgezogene herkömmliche Energie und die zusätzliche Energie zum Erreichen der gewünschten Prozessanforderungen zu ersetzen. Das Positionieren der Brenner über der in den Ofen eintretenden Rohcharge verbessert die Schmelzrate. Die stöchiometrischen Verhältnisse und die Steuerung der deckenmontierten Brenner und der verbleibenden Luft-Brennstoff-Brenner ist für das Minimieren der Emissionen von Stickoxid und Schwefeldioxid kritisch.

**[0018]** Weitere Merkmale und Vorteile dieser Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung deutlich, die beispielshalber unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erfolgt. Es zeigen:

**[0019]** [Fig. 1](#) ein Querschnitts-Längsansicht eines Glasschmelzofens nach der vorliegenden Erfindung,

**[0020]** [Fig. 2A](#) eine Querschnitts-Draufsicht einer querbefeuerten regenerativen Ausführungsform des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 2-2,

**[0021]** [Fig. 2B](#) eine Querschnitts-Draufsicht einer endbefeuerten regenerativen Ausführungsform des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 2-2,

**[0022]** [Fig. 2C](#) eine Querschnitts-Draufsicht einer querbefeuerten rekuperativen Ausführungsform des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 2-2,

**[0023]** [Fig. 2D](#) eine Querschnitts-Draufsicht einer endbefeuerten rekuperativen Ausführungsform des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 2-2,

**[0024]** [Fig. 3](#) einer Querschnittsdarstellung des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 3-3, wobei zwei Sauerstoff-Brennstoff-Brenner angrenzend an die vorgeschaltete Stirnwand des Ofens dargestellt sind,

**[0025]** [Fig. 4](#) eine alternative Querschnittsdarstellung des Glasschmelzofens nach [Fig. 1](#) längs der Linie 3-3, wobei ein Sauerstoff-Brennstoff-Brenner angrenzend an die vorgeschaltete Stirnwand des Ofens dargestellt ist,

**[0026]** [Fig. 5](#) eine Querschnittsdarstellung eines Sauerstoff-Brennstoff-Brenners und eine schematische Darstellung einer Brennerflamme aus dem Sauerstoffbrenner.

**[0027]** Unter Bezugnahme auf die Figuren ist ein Glasschmelzofen **10** zum Bereitstellen von geschmolzenen Glases zu einem Vorherd oder Refiner **12** dargestellt, in welchem das geschmolzene Glas weiter veredelt und anschließend zu einer oder mehreren Glasherstellungsmaschinen wie beispielsweise Behälter, Fasererzeuger, Floatbäder und dergleichen (nicht dargestellt) zugeführt wird. Bei Betrach-

tung der Figuren ist klar, daß zum Zwecke der Klarheit gewisse Konstruktionseinzelheiten nicht dargestellt sind, weil solche Einzelheiten konventionell und dem Fachmann gut bekannt sind, nachdem die Erfindung dargestellt und erläutert worden ist. Spezifische weggelassene Gegenstände sind die Regeneratoröffnungen, Luft-Brennstoff-Brenner und Abgasöffnungen, da diese bei jeder Ofenbauart verschiedenen sind.

**[0028]** Der Glasschmelzofen **10** umfaßt typischerweise einen länglichen Kanal mit einer vorgeschalteten Stirnwand **14** und einer nachgeschalteten Stirnwand **16**, Seitenwänden **18**, einem Boden **20** und einer Decke **22**, die alle aus geeigneten feuerfesten Materialien wie beispielsweise Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Aluminiumoxid-Siliziumoxid, Zirkon, Zirkoniumoxid-Aluminiumoxid-Siliziumoxid, Chromoxid und dergleichen hergestellt sind. Die Decke **22** ist allgemein mit einer Bogenform quer zur Längsachse des Kanals dargestellt, jedoch kann die Decke von jeder am besten geeigneten Konstruktion sein. Die Decke **22** des typischen Glasschmelzofens **10** ist zwischen etwa 3 und 15 Fuß oberhalb der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials positioniert. Wie in der Technik bekannt ist, kann der Glasschmelzofen **10** gegebenenfalls einen oder mehrere Bubblers **24** und/oder elektrische Unterstützungselektroden (nicht dargestellt) enthalten. Die Bubblers und/oder elektrischen Unterstützungselektroden erhöhen die Temperatur der Glasmasse und steigern die Zirkulation des geschmolzenen Glases unter der Chargendecke.

**[0029]** Der Glasschmelzofen **10** weist zwei aufeinanderfolgende Zonen auf, nämlich eine Schmelzone **27** und eine nachgeschaltete Läuterzone **28**. Die Schmelzone **27** wird als die vorgeschaltete Zone des Glasschmelzofens **10** angesehen, wo das rohe glasbildende Material dem Ofen unter Verwendung einer Beschickungseinrichtung **22** einer in der Technik wohlbekannten Bauart zugeführt wird. Das rohe glasbildende Material **30** kann ein Gemisch aus Rohmaterialien sein, wie sie typischerweise bei der Herstellung von Glas eingesetzt werden. Es ist klar, daß die Zusammensetzung des rohen glasbildenden Materials (bzw. der Charge) **30** abhängig ist von der Art des herzustellenden Glases. Normalerweise umfaßt das Material unter anderem Siliziumoxid enthaltenden Materialien einschließlich Altglas, das gewöhnlich als Glasbruch bezeichnet wird. Andere glasbildende Materialien, die Feldspat, Kalkstein, Dolomit, wasserfreie Soda, Kali, Borax und Aluminiumoxid enthalten, können ebenfalls eingesetzt werden. Zur Änderung der Eigenschaften des Glases kann eine kleinere Menge Arsen, Antimon, Sulfate, Kohlenstoff und/oder Fluoride ebenfalls zugegeben werden. Darüber hinaus können farbbildende Metalloxide zugegeben werden, um die gewünschte Farbe zu erhalten.

**[0030]** Das rohe glasbildende Material **30** bildet eine Chargenschicht aus festen Teilchen auf der Oberfläche des geschmolzenen Glases in der Schmelzzone **27** des Glasschmelzofens **10**. Die schwimmenden festen Chargenteilchen des rohen glasbildenden Materials **30** werden hauptsächlich durch mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** geschmolzen, der eine gesteuert auftreffende Flammenform und Flammenlänge hat und innerhalb der Decke **22** des Glasschmelzofens **10** montiert ist. Es versteht sich, daß es sich gezeigt hat, daß die Installation und richtige Steuerung mindestens eines Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** in der Decke **22** des Glasschmelzofens **10** über dem rohen glasbildenden Material **30** gemäß der vorliegenden Erfindung die Schmelzrate des festen rohen glasbildenden Materials steigert und gleichzeitig die Betriebstemperatur des umgebenden feuerfesten Materials innerhalb annehmbarer Betriebsgrenzen hält.

**[0031]** Der Ausdruck "mindestens ein Sauerstoff-Brennstoff-Brenner", wie er hier verwendet wird, bedeutet einen oder mehrere Sauerstoff-Brennstoff-Brenner. Des weiteren bezieht sich der Ausdruck "hauptsächlich durch mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner", wie er hier verwendet wird, auf den Zustand, wo die zusätzliche oder rückgewonnene Glasproduktionskapazität und ersetzte Luft-Brennstoff- und/oder Elektro/Sauerstoffunterstützungsenergie zum Schmelzen des rohen glasbildenden Materials von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner stammt. Bei einer besonderen Ausführungsform, wie sie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2A](#) gezeigt ist, enthält der Glasschmelzofen **10** drei Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34**. Ein einzelner Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** ist vor zwei benachbart positionierten nachgeschalteten Sauerstoff-Brennstoff-Brennern positioniert. Jedoch versteht es sich, daß jede Anzahl von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern **34** an fast jeder geeigneten Stelle in der Decke **22** des Ofens **10** über der Charge zum Schmelzen des rohen glasbildenden Materials **30** positioniert sein kann. Beispielsweise können zwei Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** nebeneinander positioniert sein, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, oder ein einzelner Sauerstoff-Brennstoff-Brenner kann eingesetzt werden, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Trotzdem ist gemäß der vorliegenden Erfindung die winkelmäßige Orientierung jedes Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** in der Decke **22** des Glasschmelzofens derart, daß die erzeugte Flamme **36** im wesentlichen senkrecht auf die Glaschargeoberfläche gerichtet ist, um eine Flamme zu erzeugen, die auf die Glasoberfläche auftrifft, um einen Auftreffbereich **26** zu bilden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** im wesentlichen senkrecht zum ChargeMaterial unter einem Winkel von etwa 90° relativ zum rohen glasbildenden Material **30** positioniert. Der Winkel kann von der Senkrechten in Richtung zur nachgeschalteten Stirnwand um bis zu

30°, aber vorzugsweise weniger als 10°, abweichen. Es hat sich gezeigt, daß die Glasproduktionsrate und die Qualität des erzeugten Glases durch Schmelzen des rohen glasbildenden Materials **30** mit mindestens einem nach unten feuерnden Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** mit kontrollierter auftreffender Flammenform und Flammenlänge gemäß der Erfindung verbessert werden kann.

**[0032]** Der mindestens eine Sauerstoff-Brennstoff-Brenner erfordert Brennstoff und ein Oxidationsmittel. Der Brennstoff ist gasförmig. Zu gasförmigen Brennstoffen zählen Erdgas (Methan), Stadtgas, Produktgas, LPG, Propan, Butan und Mischungen der oben erwähnten Gase. Das Oxidationsmittel kann entweder 100% reiner Sauerstoff oder eine Mischung aus Sauerstoff und Inertgas mit einer Sauerstoffkonzentration von 40 bis 100% sein.

**[0033]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) weist der mindestens eine Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** innerhalb der Decke **22** des Glasschmelzofens **10** mindestens eine Brennstoffleitung **40** zur Zufuhr von Brennstoff und mindestens eine Sauerstoffleitung **42** zur Zufuhr einer Sauerstoffströmung auf. Der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** kann eine Kapazität im Bereich von 1 bis 15 MMBtu/h haben, je nach Größe und gewünschter Abzugsrate des Glasschmelzofens **10**. Der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** ist für die Verwendung eines höheren Sauerstoffprozentsatzes ausgelegt, als er in Luft vorhanden ist, und daher ist die Temperatur oberhalb des Auftreffbereichs der Flamme **36** aus dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** wesentlich höher als in einem herkömmlichen Glasschmelzofen, der mit Luft-Brennstoff-Brennern arbeitet. Trotzdem ist, wie dem Fachmann wohlbekannt ist, die Temperatur der Flamme **36**, die von einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** erzeugt wird, abhängig von der Qualität des Brennstoffs und vom Sauerstoff/Brennstoff-Verhältnis. Bei einer bevorzugten Ausführungsform hat die Sauerstoffkonzentration des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** typischerweise einen Wert von etwa 95 bis 125% der stöchiometrischen Sauerstoffmenge, die zum Verbrennen des Brennstoffs erforderlich ist. Das Verhältnis von Brennstoff zu Sauerstoff kann jedoch verändert werden, um einen Bereich von Betriebsbedingungen im Glasschmelzofen **10** zu erzeugen, um eine oder mehrere gewünschte Eigenschaften zu bewirken, wozu beispielsweise Redoxwert, Glasfarbe, die Konzentration der im Handel als Gispen bekannten gasförmigen Blasen und andere Glaseigenschaften gehören.

**[0034]** Der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** ragt von einem Brennerblock **38** abwärts, der in der Decke **22** des Glasschmelzofens **10** angeordnet ist. Jeder primäre Brennerblock **38** weist eine Öffnung mit einem Innendurchmesser (id) auf, der mindestens so groß wie der Außendurchmesser der größten Leitung **42** oder **40** ist, je nach der Konfiguration. Der Innen-

durchmesser (id) der Öffnung des Brennerblocks **38** kann im Bereich zwischen 2 und 8 Zoll liegen. Das Ende der primären Verbrennungszone des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** befindet sich mit einer Distanz (LBb) zwischen etwa 0 und 18 Zoll vom Ende des Brennerblocks **38**. Vorzugsweise ist es um 3 bis 18 Zoll zurückgesetzt. Die sekundäre und in manchen Fällen tertiäre Verbrennungszone liegt außerhalb des Brennerblocks **38**. Es versteht sich, daß die Öffnung des Brennerblocks **38** zwischen dem Ende des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** und dem Ende des Brennerblocks in manchen Fällen ein Fokussieren der Brennerflamme bewirkt und verhindert, daß die Brennerflamme sich auswärts ausbreitet, schützt aber darüber hinaus die Leitungen des Brenners. Der Brennerblock **38** ist aus einem feuerfesten Material hergestellt, wie in der Technik bekannt, und kann höchstens irgendeine geeignete äußere Form wie beispielsweise rechteckig und dergleichen haben.

**[0035]** Die Bodenfläche des Brennerblocks **38** kann bündig mit der Innenfläche der Decke **22** sein, oder die Bodenfläche kann unterhalb der Innenfläche der Decke um eine maximale Distanz von zwei Zoll vorstehen, um den Brennerblock **38** vor Verschleiß zu schützen. Des weiteren, wie in **Fig. 5** gezeigt ist, verlaufen die Brennstoffleitungen **40** und die Sauerstoffleitungen **42** des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** innerhalb des Brennerblocks **38** abwärts und enden auf entweder im wesentlichen der gleichen vertikalen Höhe oder auf vollständig verschiedenen vertikalen Höhen mit Bezug auf den Auslaß des Brennerblocks **38**.

**[0036]** In Abhängigkeit von der Höhe des Brennerblocks **38** von der rohen Charge und den gewünschten Betriebsbedingungen des Brenners variiert der Anteil von Brennstoffstufung und Sauerstoffstufung innerhalb und außerhalb des Brennerblocks **38** umso stärker. Zusätzliche Sauerstoffinjektoren **60** sind so positioniert, daß sie die vollständige Verbrennung bis nach dem Auftreffen der Flamme auf die rohe Charge verzögern. Die Anordnung dieser zusätzlichen Injektoren **60** ist abhängig von Anzahl und Position der deckenmontierten Brenner, kann jedoch an irgendeiner Stelle der Decke und Wände liegen.

**[0037]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die abwärts gerichtete auftreffende Flamme **36**, die von dem mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** erzeugt wird, präzise gesteuert, um eine Flammenlänge zu ergeben, die größer oder gleich der Distanz vom Auslaß des Brennerblocks **38** zur Oberfläche der rohen glasbildenden Bestandteile **30** und der Oberfläche des geschmolzenen Glases und entfernt von dem umgebenden feuerfesten Material ist, wodurch die Gefahr einer Überhitzung der Decke **22** und der Seitenwände **18** des Glasschmelzofens **10** verringert wird. Die auftreffende Flamme **36** kann durch

solche Steuergeräte gesteuert werden, wie sie in chemischen Prozessen herkömmlich und Standard sind. Beispielsweise sind Ventile, Thermoelemente, Thermistoren, die mit geeigneten Servokreisen gekoppelt sind, Wärmeregler und dergleichen leicht verfügbar und werden herkömmlicherweise zur Steuerung der Menge und Geschwindigkeit des Brennstoffs und des Sauerstoffs vom Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** eingesetzt.

**[0038]** Die auftreffende Flamme **36** wird durch Steuerung sowohl der relativen Geschwindigkeit als auch der maximalen und minimalen Geschwindigkeiten der Brennstoff- und der Sauerstoffströme und der inneren und äußeren Stufung von dem mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** präzise gesteuert.

**[0039]** Die maximale und minimale Geschwindigkeit der Brennstoff- und Sauerstoffströmung, die auf die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30** auftrifft, muß gesteuert werden, um eine Störung des Chargenmaterials und ein Mitziehen oder Verdrängen von Glaschargenmaterial gegen die Seitenwände **18** und die Decke **22** zu verhindern, während eine optimale Konvektionswärmeübertragung zur Oberfläche des rohen glasbildenden Materials aufrecht erhalten wird. Es versteht sich, daß die Verdrängung von Glaschargenmaterial gegen die Seitenwände **18** und die Decke **22** das feuerfeste Material beeinträchtigt und möglicherweise die Standzeit des Glasschmelzofens **10** verkürzt.

**[0040]** Um die richtige maximale Geschwindigkeit der Brennstoff- und Sauerstoffströmung zu bestimmen, wurde ein Brenner vertikal montiert und abwärts in ein Bett aus Glassand feuernd betrieben, in welchem Nuten gebildet worden sind. Während der Brenner auf unterschiedliche Höhen von dem Sand und Brennrücksetzpositionen in den Block (LBb) eingestellt wurde, wurden die Brennraten notiert, bei welchen die Sandbewegung aufhörte. Die Daten von diesen Experimenten wurden mit Simulationen verglichen, die auf einem kommerziell verfügbaren rechnermäßigen Strömungsdynamikcode durchgeführt wurden, was eine maximale Geschwindigkeit über der Oberfläche ergab, oberhalb welcher Sand in den vorerwähnten Experimenten gestört werden würde.

– Tabelle 1 –

Maximale Brennraten (MMBu/h)				
Höhe (Fuß)				
L (Bb) Zoll	5 ft	6 ft	7 ft	8 ft
13	3,9	4,4	5,4	6,2
11,5	4,9	5,0	6,2	6,8

9	5,5	6,1	6,4	7,1
6,5	6,4	7,2	7,4	8,1
4	6,9	8,8	8,3	9,1

**[0041]** Aus diesen Experimenten wurde die maximale Oberflächengeschwindigkeit durch Vergleich mit den CFD-Modellen mit annähernd 21 m/s festgestellt. Aufgrund von Schwankungen im Chargenmaterial, Chargenglazieren und Chargenteilchenkohäsion kann das exakte Maximum von dem oben berechneten Maximum abweichen; daher sollte es für den Fachmann möglich sein, die maximale Geschwindigkeit bis zu etwa 25 m/s zu variieren. Zum Minimieren von Störungen und Mitreißen des Chargenmaterials wird jedoch die maximale Geschwindigkeit unterhalb von 30 m/s gehalten.

**[0042]** Die maximale und minimale Geschwindigkeit des Brennstoffs und des Sauerstoffs des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** werden außerdem gesteuert, um die maximale Energie aus der auftreffenden Flamme **36** ohne Beschädigung des umgebenden feuerfesten Materials zu nutzen. Die maximale Energie aus der auftreffenden Flamme **36** wird durch Minimieren der in den Brennraum des Glasschmelzofens **10** freigesetzten Wärmemenge und Maximieren der Wärmeübertragung auf das rohe glasbildende Material **30** erreicht. Der maximale und minimale Arbeitsgeschwindigkeitsbereich für den Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** zum Erzeugen einer annehmbaren Wärmeübertragungsrate auf das rohe glasbildende Material **30** ohne Beschädigung des feuerfesten Materials der Ofenwände und des Überbaus ist eine Funktion der Auslegung und Anordnung des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners, der Brennerblocköffnungsgeometrie, der Geschwindigkeiten des Brennstoffs und des Sauerstoffs aus dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34**, der Brennerstufung, der Wechselwirkung zwischen benachbarten Sauerstoff-Brennstoff-Brennern, Brennstoffbrennern und Ofenabgasauslaß.

**[0043]** Der zweite Bereich, der Stagnationsbereich **56**, ist der Bereich, wo die Flamme **36** die thermische Grenzschicht durchdringt und auf die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30** auftrifft. In diesem Bereich **56** durchdringt die Flamme **36** die thermische Grenzschicht und trifft auf die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials auf, wobei ein scharfer Druckgradient an der Oberfläche aufgebaut wird, der die horizontale Strömung der abgelenkten Flamme beschleunigt, was bewirkt, daß die Flamme sich entlang der beaufschlagten Oberfläche radial ausbreitet. Das Ende des Stagnationsbereichs **56** ist als der Ort auf der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials definiert, wo der Druckgradient, der durch die auftreffende Flamme **36** erzeugt wird, auf Null abfällt. Innerhalb des Stagnationsbereichs **56** wird durch sorgfältige Steuerung des Impulses der Flamme **36** die

thermische Grenzschicht, die an der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30** natürlicherweise existiert, durchdrungen und eliminiert, und daher werden ihre stark wärmedämmenden Merkmale abgeschwächt. Dementsprechend dringt die von der auftreffenden Flamme **36** erzeugte Wärme leichter in das teilweise geschmolzene rohe glasbildende Material **30** ein. Des weiteren nimmt innerhalb des Stagnationsbereichs **56** die Helligkeit der Flamme **36** beträchtlich zu, was die Strahlungswärmeübertragung in das relativ kältere rohe glasbildende Material **30** steigert.

**[0044]** An den radialen Grenzen des Stagnationsbereichs **56** beginnt der Wandstrahlbereich **58**. In diesem Bereich strömt die Flamme **36** im wesentlichen parallel zur beaufschlagten Oberfläche, und die thermische Grenzschicht wächst entlang der Auftreiffläche und vom Stagnationsbereich **56** nach außen, so daß die thermische Grenzschicht sich aufzubauen beginnt, wodurch der Oberflächenwiderstand gegenüber der Wärmeströmung in die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials sich wieder herstellt.

**[0045]** Die gesteuerte Flammenwärmeerzeugung im Freistahlbereich **54** ist das Ergebnis der Auslegung des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34**, des Innen-durchmessers (id) der Öffnung des Brennerblocks **38** und sowohl der relativen Geschwindigkeiten als auch der maximalen und minimalen Geschwindigkeiten der Sauerstoff- und Brennstoffströme. Durch selektives Steuern der Auslegung des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34**, der geometrischen Auslegung des Brennerblocks **38** und der Geschwindigkeiten der Sauerstoff- und Brennstoffströme wird eine verringerte Scherspannung zwischen den Sauerstoff- und Gasströmen erzeugt, was eine gesteuerte Teilverbrennung und verringerte Wärmestrahlungsemisionen ergibt. Es versteht sich, daß durch Optimieren der Brennerkonstruktion und des Betriebs des Sauerstoff-Brennstoff-Brenners **34** die im Freistahlbereich **54** erzeugte Flammenwärme und der Wärmeübergangswiderstand an der Rohglasoberfläche im Stagnationsbereich **56** minimiert werden, wodurch die im Stagnationsbereich erzeugte Wärme maximiert wird.

**[0046]** Die im Freistahlbereich **54** erzeugte Wärme ist das Ergebnis der folgenden Prozesse. Erstens ermöglicht die gesteuerte Teilverbrennung im Freistahlbereich **54** eine gesteuerte Verbrennung an der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30**, wodurch der Verbrennungsprozeß nahe an die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials gebracht wird. Das Bringen des Verbrennungsprozesses nahe an die Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30** erzeugt einen erhöhten Temperaturgradienten an der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials, wodurch der Konvektionswärmeübergang verbessert wird. Zweitens erzeugt die gesteuerte Teilverbrennung im Freistahlbereich **54** eine annehm-

bare Temperatur für die chemische Dissoziation der Verbrennungsgase und der Verbrennungsprodukte. Diese dissozierten Spezies, wenn sie einmal auf die relativ kältere Oberfläche des rohen glasbildenden Materials **30** aufgetroffen sind, re kombinieren teilweise exotherm und erzeugen beträchtliche Wärme an der Oberfläche des rohen glasbildenden Materials. Die Wärme von den exothermen Reaktionen vergrößert weiter den konvektiven Wärmeübertragungsprozeß. Das Minimieren des Wärmewiderstands am Stagnationsgebiet **56** der Oberfläche des rohen glas bildenden Materials **30** ist das Ergebnis der folgenden Faktoren.

**[0047]** Erstens wird die thermische Grenzschicht durch den Impuls der gesteuerten Flamme **36** und die durch die sorgfältig gesteuerten Verbrennungs charakteristika an der Oberfläche des rohen glas bildenden Materials **30** erzeugten Turbulenzen eliminiert. Zweitens ermöglicht die lokalisierte Wärme erzeugung an der Oberfläche die Umwandlung des schwach wärmeleitenden rohen glasbildenden Materials **30** in ein beträchtlich besser leitendes geschmolzenes Glasmaterial. Diese Umwandlung ermöglicht das effizientere Eindringen der an der Oberfläche erzeugten Wärme in die Tiefe des rohen glasbildenden Materials.

**[0048]** In dem querbefeuerten Regenerativofen nach [Fig. 2A](#) mit Regeneratoren **81** benutzt die bevorzugte Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung mindestens einen am Gewölbe montierten Brenner **34**, der über den in den Ofen eintretenden rohen Chargenmaterialien positioniert ist, um die Schmelzrate zu verbessern und eine Qualitätsverbesserung zur Rückgewinnung oder Unterstützung von Produktionskapazität oder zum Reduzieren elektrischer Unterstützungs kapazität zu schaffen. Der im Gewölbe montierte Brenner **34** zielt auf die Oberfläche des Chargenmaterials **30** in einem Auftreffbereich **26**. Bei allen querbefeuerten Regenerativofen anwendungen dieser Erfindung ist mindestens ein Paar der gegenüberliegenden Öffnungen **71** vollständig oder teilweise blockiert oder isoliert. Dies ist typischerweise die erste Öffnung und vielleicht die zweite Öffnung, je nach dem Grad der erforderlichen Unter stützung. Zusätzliche deckenmontierte Brenner können entlang der Glaswanne angeordnet sein, vorausgesetzt, daß die im Gewölbe montierten Brenner über den nicht geschmolzenen Chargenmaterialien positioniert sind. Die von den im Gewölbe montierten Brennern freigesetzte Energie ersetzt Energie, die von den zuvor feuерnden Öffnungen oder der herkömmlichen elektrischen Unterstützung oder Oxi Unter stützung weggenommen ist.

**[0049]** In dem endbefeuerten Regenerativofen nach [Fig. 2B](#) mit Regeneratoren **81** arbeitet die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit mindestens einem im Gewölbe montierten Brenner

**34**, der über den in den Ofen eintretenden rohen Chargenmaterialien positioniert ist, um die Schmelzrate zu verbessern und eine Qualitätsverbesserung zur Rückgewinnung oder Unterstützung von Produktionskapazität oder Reduzierung elektrischer Zusatz kapazität zu erreichen. Bei allen endbefeuerten Regenerativofen anwendungen nach dieser Erfindung werden die Anforderungen an Verbrennungsluft und herkömmlichen Brennstoff gegenüber früherer Konstruktion reduziert und durch Energie aus dem mindestens einen im Gewölbe montierten Brenner **34** ersetzt, der über den rohen Chargenmaterialien positioniert ist und auf die Chargenmaterialien in einem Auftreffbereich **26** feuert. Zusätzliche im Gewölbe montierte Brenner können entlang der Glaswanne angeordnet sein, vorausgesetzt, daß die im Gewölbe montierten Brenner über den nicht geschmolzenen Chargenmaterialien positioniert sind. Die von den im Gewölbe montierten Brennern abgegebene Energie ersetzt Energie, die aus den Feueröffnungen reduziert wurde, oder weggenommene elektrische oder Oxi Unter stützung.

**[0050]** In dem querbefeuerten Rekuperativofen nach [Fig. 2C](#) mit einem Rekuperator **82** arbeitet die bevorzugte Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung mit mindestens einem im Gewölbe montierten Brenner **34**, der über den in den Ofen eintretenden rohen Chargenmaterialien positioniert ist, um die Schmelzrate zu verbessern und eine Qualitätsverbesserung zur Rückgewinnung oder Unterstützung der Produktionskapazität oder Verringerung elektrischer Unterstützungs kapazität zu erreichen. In allen querbefeuerten Rekuperativofen anwendungen nach dieser Erfindung ist mindestens ein Paar der gegenüberliegenden Brenner **73** bei Verwendung eines Blocks **74** vollständig oder teilweise blockiert oder isoliert. Dies ist typischerweise die erste Zone von Brennen und vielleicht die zweite Zone, je nach dem Grad der erforderlichen Unterstützung. Zusätzliche deckenmontierte Brenner können abwärts entlang der Glaswanne angeordnet sein, vorausgesetzt, daß die im Gewölbe montierten Brenner über den nicht geschmolzenen Chargenmaterialien positioniert sind. Die von den im Gewölbe montierten Brennern freigesetzte Energie ersetzt Energie, die von den früheren Feueröffnungen weggenommen wurde, die weggenommene herkömmliche elektrische oder Oxi Unter stützung.

**[0051]** Bei dem endbefeuerten Rekuperativofen nach [Fig. 2D](#) mit einem Rekuperator **82** arbeitet die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit mindestens einem im Gewölbe montierten Brenner **34**, der über den in den Ofen eintretenden rohen Chargenmaterialien positioniert ist, um die Schmelzrate zu verbessern und eine Qualitätsverbesserung zur Rückgewinnung oder Unterstützung der Produktionskapazität oder Verringerung elektrischer Unterstützungs kapazität zu erreichen. Bei allen

endbefeuerten Rekuperativofenanwendungen nach dieser Erfindung werden die Anforderungen an Verbrennungsluft und herkömmlichen Brennstoff gegenüber herkömmlicher Konstruktion verringert und mit Energie ersetzt, die aus dem mindestens einen im Gewölbe montierten Brenner **34** stammt, der über den rohen Chargenmaterialien positioniert ist. Zusätzliche deckenmontierte Brenner können abwärts entlang der Glaswanne vorgesehen sein, vorausgesetzt, daß die im Gewölbe montierten Brenner über den nicht geschmolzenen Chargenmaterialien positioniert sind. Die von den im Gewölbe montierten Brennern freigesetzte Energie ersetzt Energie, die aus den Feueröffnungen reduziert worden ist, die weggenommene herkömmliche elektrische oder Oxi-Unterstützung.

**[0052]** In allen Fällen können Stickstoffoxide und Schwefeldioxid durch die sorgfältige Wahl des stöchiometrischen Verhältnisses der verschiedenen deckenmontierten Brenner und übrigen Luft-Brennstoff-Brenner reduziert werden. Es wird auf [Fig. 2A](#) als Beispiel der querbefeuerten Ofenanwendung Bezug genommen, wo die in den AL- oder AR-Positionen montierten Brenner **34** mit stöchiometrischem Überschussauerstoff betrieben werden, um eine brennstoffmagere (oxidierende) Zone im Ofen zu schaffen. Durch Betreiben entweder des Brenners **34** in der Position BC und/oder der Brenner an der zweiten Öffnung **71** mit weniger als stöchiometrischem Sauerstoff oder Luft wird eine an Brennstofffette (reduzierende) Zone im Ofen geschaffen. Die übrigen Öffnungen werden mit stöchiometrischem Überschussauerstoff zur Schaffung einer brennstoffmageren (oxidierenden) Zone im Ofen betrieben. Diese Fett-Mager-Fett-Konfiguration staffelt die Verbrennungszonen des Ofens effektiv so, daß die Wärmeübertragung optimiert und die Bildung von Stickstoffoxid durch Erzeugung eines Kohlenmonoxidschirms minimiert wird.

**[0053]** Der mindestens eine deckenmontierte Sauerstoff-Brennstoff-Brenner **34** kann entweder in einem neuen Luft-Brennstoff-Glasschmelzofen **10** eingesetzt oder in einem existierenden Luft-Brennstoff-Glasschmelzofen zur Steigerung der Glasqualität relativ zu einem nur mit Luft-Brennstoff-befeuerten Ofen nachgerüstet werden. Es versteht sich, daß die vorliegende Erfindung eine wesentliche Abzugsratensteigerung, eine Verringerung der Wandtemperatur im Glasschmelzofen **10** und eine verbesserte Glasqualität im Vergleich zum gleichen Luft-Brennstoff-Ofen erleichtert, der nicht mit mindestens einem deckenmontierten Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, wie hier beschrieben, nachgerüstet ist. Des weiteren ist für den Fachmann leicht nachvollziehbar, daß die Verwendung des mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenners gegenüber einem Nur-Luft-Brennstoff-System die NO<sub>x</sub>-Emissionen beträchtlich reduziert.

**[0054]** Eine Demonstration dieser Erfindung war die Sauerstoffunterstützung, 100%-Sauerstoffumwandlung, Rückumwandlung zu Sauerstoffunterstützung und abschließende herkömmliche Luft-Brennstoff-Befeuerung eines existierenden heißen querbefeuerten Drei-Öffnungs-Regenerativofens. Der Ofen wurde ursprünglich ganz mit Luft-Brennstoff befeuert. Die Befeuerung der Öffnung Nr. 1 wurde durch mindestens einen deckenmontierten Sauerstoff-Brennstoff-Brenner ersetzt. Der Ofen wurde an den verbleibenden beiden Öffnungen mit herkömmlicher Luft-Brennstoff-Regenerativfeuerung betrieben. Die Befeuerung der Öffnung Nr. 2 wurde durch mindestens einen deckenmontierten Luft-Brennstoff-Brenner ersetzt und der Ofen an der dritten Öffnung mit herkömmlicher regenerativer Luft-Brennstoff-Befeuerung betrieben. Die Befeuerung der Öffnung Nr. 3 wurde durch Energie in den bereits installierten deckenmontierten Oxi-Brennstoff-Brennern ersetzt. Die Ofenkapazität wurde von 55 auf 85 Tonnen pro Tag bei reduzierter Energiezufuhr von 23,5 mmBTU/h auf 18 mmBTU/h gesteigert. Der Ofen wurde in zunehmenden Schritten wieder auf Luft-Brennstoff-Befeuerung rückumgestellt. Dieses Beispiel zeigt die Fähigkeit zur selektiven Unterstützung eines existierenden Luft-Brennstoff-Ofens. Der Prozeß erfordert keine wassergekühlten Brenner.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen, wobei der Glasofen Seitenwände, eine Rückwand, eine Frontwand und eine Decke aufweist, mit Erzeugen einer Flamme von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, der in der Decke des Ofens über dem Chargenmaterial montiert ist, wobei der dem Brenner zugeführte Brennstoff gasförmig ist und die Flamme eine ausreichende Geschwindigkeit hat, um die Wärmeübertragung von der Flamme auf das Chargenmaterial ohne wesentliche Störung des Chargenmaterials zu maximieren, wobei es sich bei dem Glasofen um einen Kreuzbrenner-Regenerativofen handelt und wobei mindestens ein einander gegenüberliegendes Paar Öffnungen ganz oder teilweise verstopft und isoliert ist, wobei die Flamme einen Teil der Luft-Brennstoff-Energiekapazität ersetzt, und wobei der Schritt des Erzeugens der Flamme den Schritt der Steuerung der Geschwindigkeit der Flamme auf weniger als etwa 30 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials umfasst.

2. Verfahren zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen, wobei der Glasofen Seitenwände, eine Rückwand, eine Frontwand und eine Decke aufweist, mit Erzeugen einer Flamme von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, der in der Decke des Ofens über dem Chargenmaterial montiert ist, wobei der dem Brenner zugeführte Brennstoff gasförmig ist und die Flamme eine ausreichende

Geschwindigkeit hat, um die Wärmeübertragung von der Flamme auf das Chargenmaterial ohne wesentliche Störung des Chargenmaterials zu maximieren, wobei es sich bei dem Glasofen um einen U-Flammenwannen-Regenerativofen handelt und wobei der Verbrennungsluftstrom um einen Teil des ursprünglichen vorgesehenen Maximalstroms reduziert ist, wobei der Schritt des Erzeugens der Flamme den Schritt der Steuerung der Geschwindigkeit der Flamme auf weniger als etwa 30 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials umfasst.

3. Verfahren zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen, wobei der Glasofen Seitenwände, eine Rückwand, eine Frontwand und eine Decke aufweist, mit Erzeugen einer Flamme von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, der in der Decke des Ofens über dem Chargenmaterial montiert ist, wobei der dem Brenner zugeführte Brennstoff gasförmig ist und die Flamme eine ausreichende Geschwindigkeit hat, um die Wärmeübertragung von der Flamme auf das Chargenmaterial ohne wesentliche Störung des Chargenmaterials zu maximieren, wobei es sich bei dem Glasofen um einen Kreuzbrenner-Rekuperativofen handelt und mindestens ein einander gegenüberliegendes Paar von Kreuzbrennern ganz oder teilweise isoliert oder verstopft ist, wobei die Flamme einen Teil der Luft-Brennstoff-Energiekapazität ersetzt, wobei der Schritt des Erzeugens der Flamme den Schritt der Steuerung der Geschwindigkeit der Flamme auf weniger als etwa 30 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials umfasst.

4. Verfahren zum Schmelzen von Chargenmaterial in einem Glasofen, wobei der Glasofen Seitenwände, eine Rückwand, eine Frontwand und eine Decke aufweist, mit Erzeugen einer Flamme von mindestens einem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner, der in der Decke des Ofens über dem Chargenmaterial montiert ist, wobei der dem Brenner zugeführte Brennstoff gasförmig ist und die Flamme eine ausreichende Geschwindigkeit hat, um die Wärmeübertragung von der Flamme auf das Chargenmaterial ohne wesentliche Störung des Chargenmaterials zu maximieren, wobei der Glasofen ein U-Flammenwannen-Rekuperativofen ist und wobei die Flamme einen Teil der Luft-Brennstoff-Energiekapazität ersetzt, wobei der Schritt des Erzeugens der Flamme den Schritt der Steuerung der Geschwindigkeit der Flamme auf weniger als etwa 30 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Geschwindigkeit der Flamme auf weniger als etwa 25 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Geschwindigkeit der Flamme auf

weniger als etwa 21,1 m/s nahe der Oberfläche des Chargenmaterials gesteuert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flamme zur Rückgewinnung von Produktionsverlust aufgrund der Verstopfung der Regeneratoren und/oder Rekuperatoren erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner in einem Brennerblock positioniert wird und um eine Distanz zwischen 76 mm und 447 mm (zwischen 3 und 18 Zoll) zurückgesetzt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiter das Bereitstellen zusätzlichen Sauerstoffs aus mindestens einem Sauerstoffinjektor umfasst, der an der Decke des Ofens montiert ist, um die Verbrennung an oder nahe der Oberfläche des Chargenmaterials vollständig ablaufen zu lassen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Sauerstoff-Brennstoff-Brenner in einem Brennerblock montiert ist und der Schritt des Erzeugens der Flamme in einer Flamme resultiert, die eine Länge hat, die mindestens der Distanz vom Boden des Brennerblocks bis zur Oberfläche des Chargenmaterials entspricht.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flamme senkrecht auf die Oberfläche des Chargenmaterials gerichtet wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

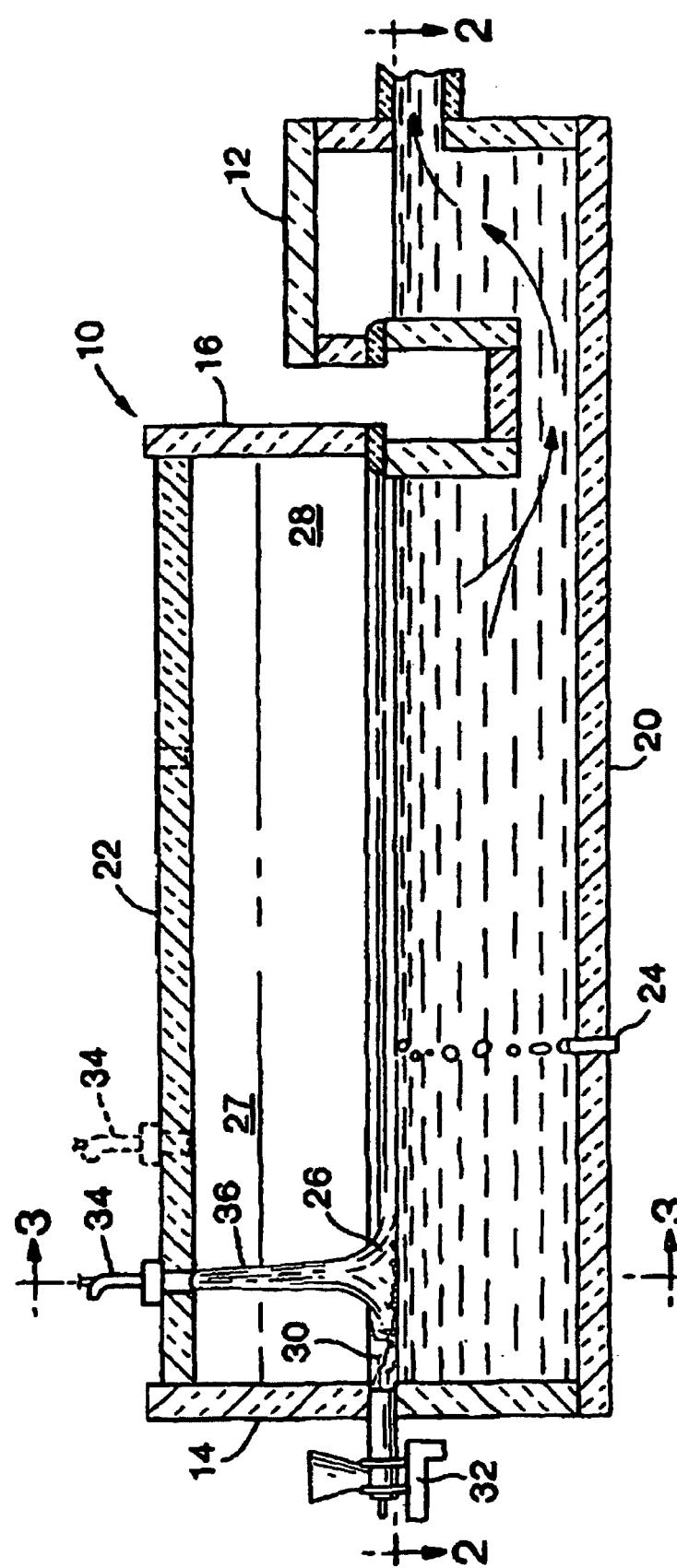


FIG. 1

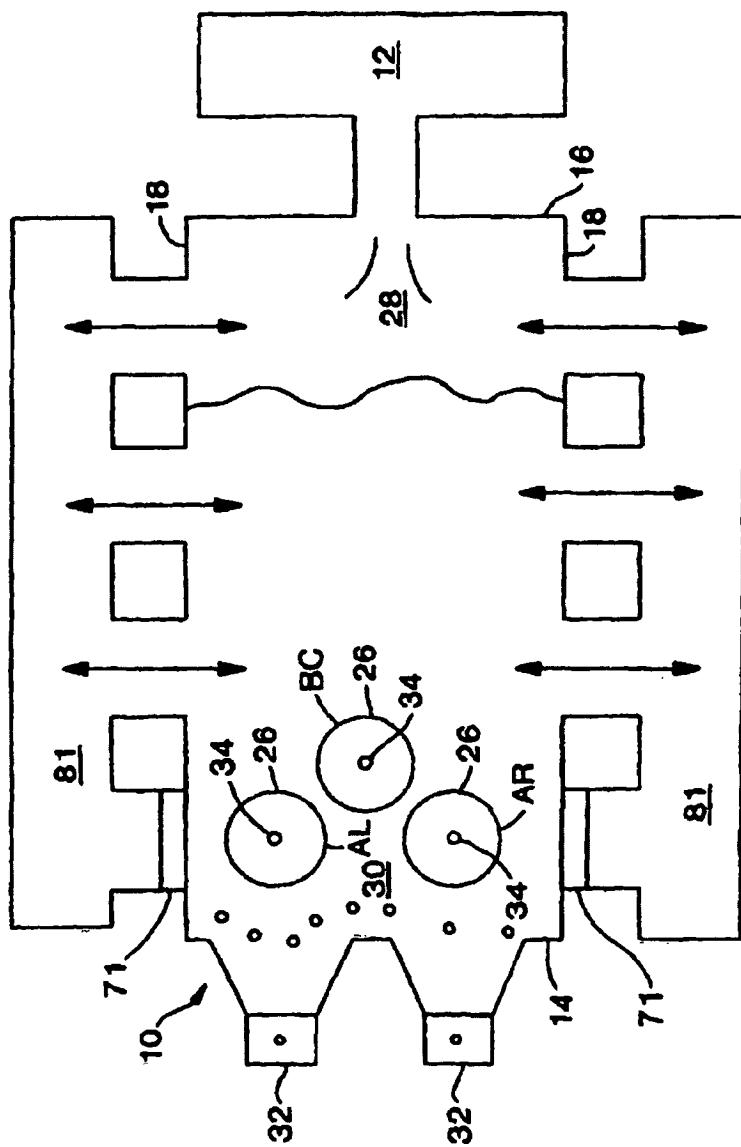


FIG. 2A

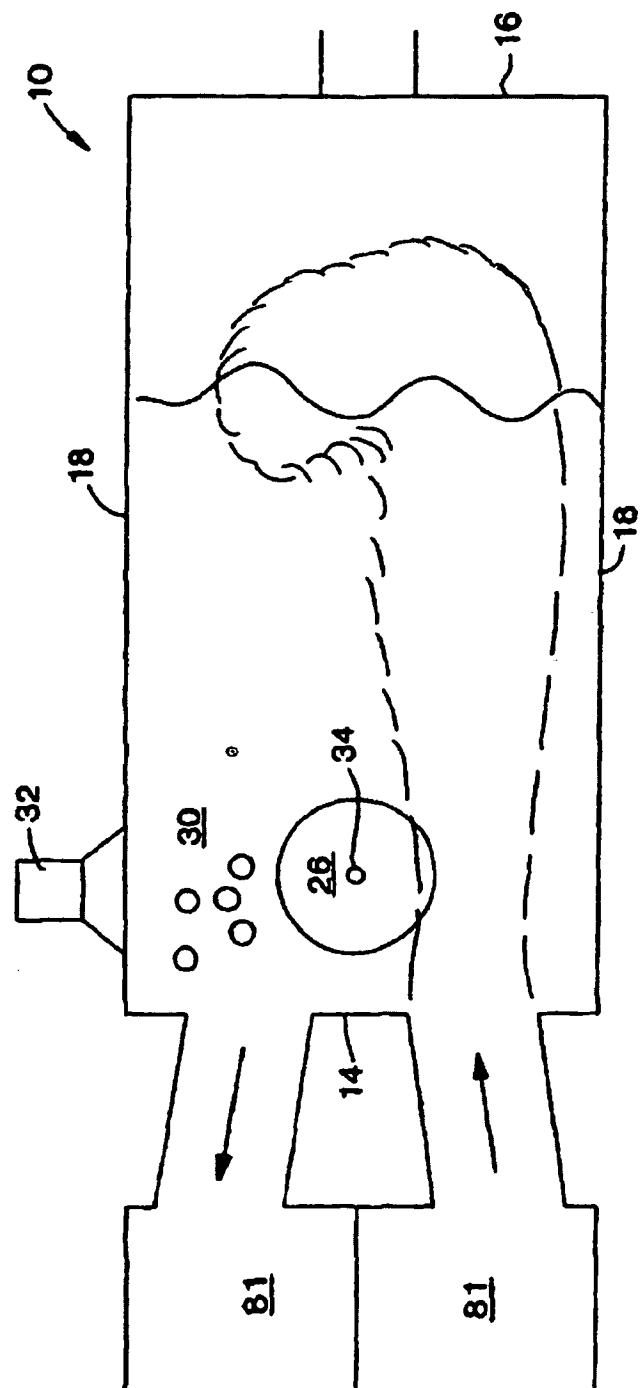


FIG. 2B

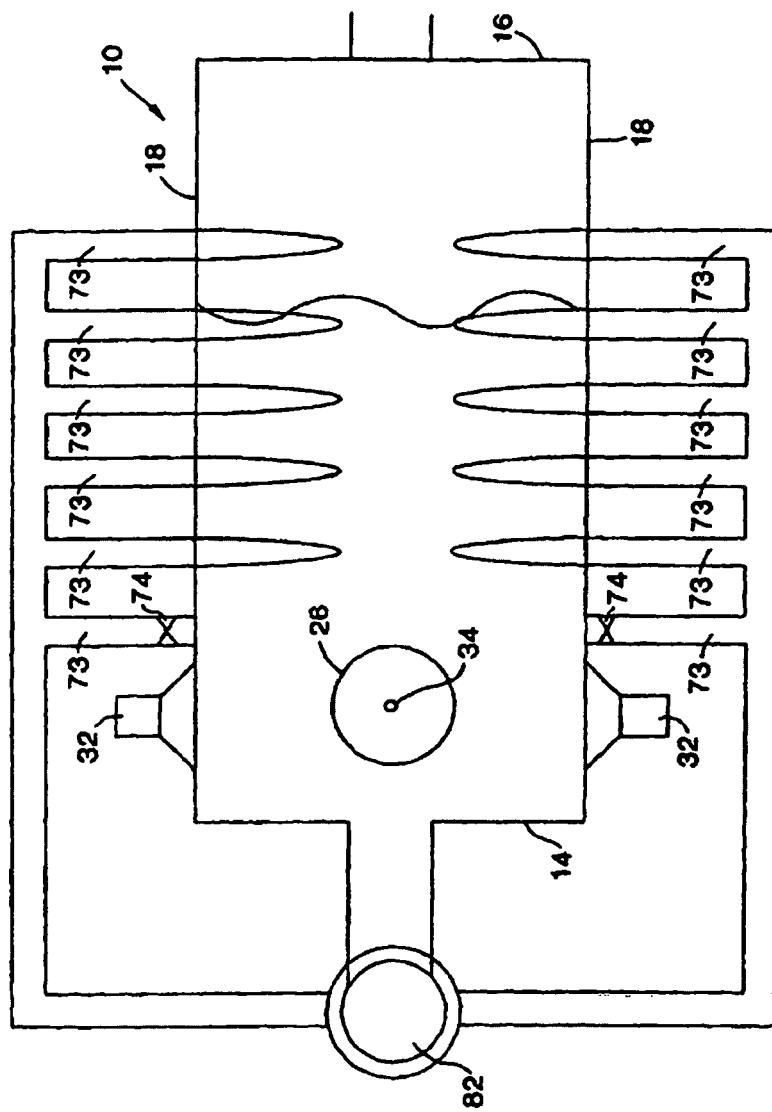


FIG. 2C

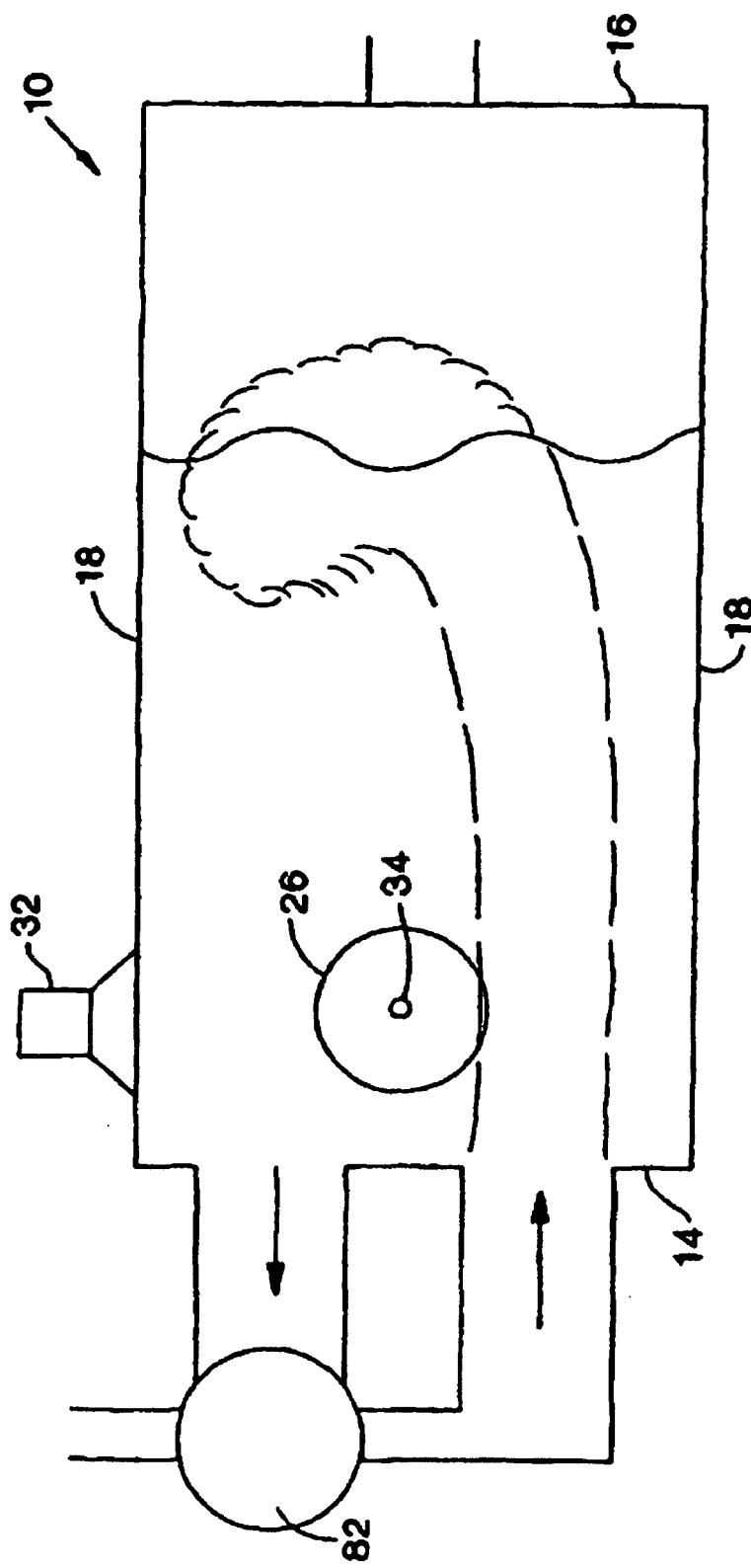
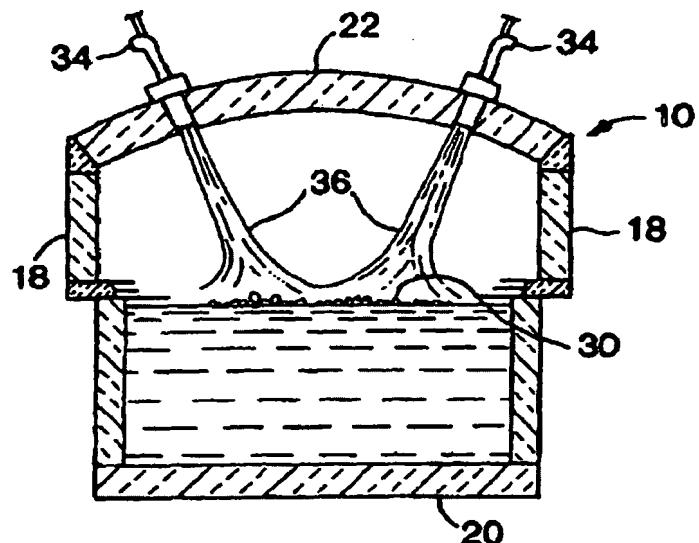
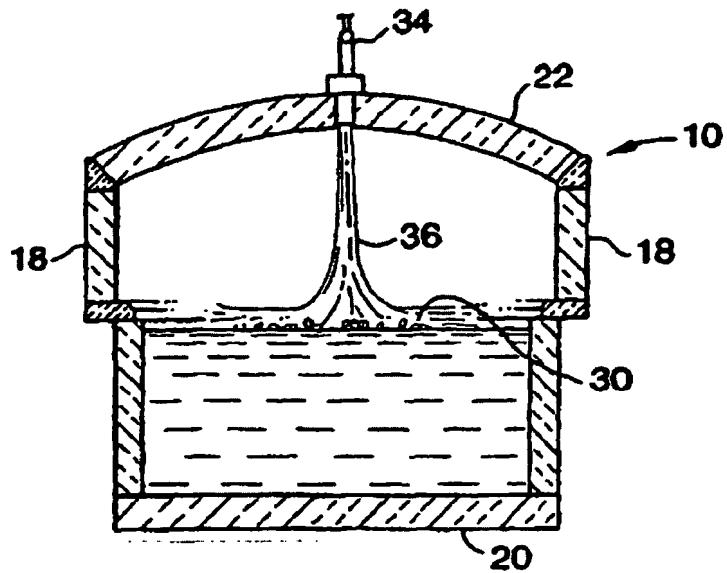


FIG. 2D



**FIG. 3**



**FIG. 4**

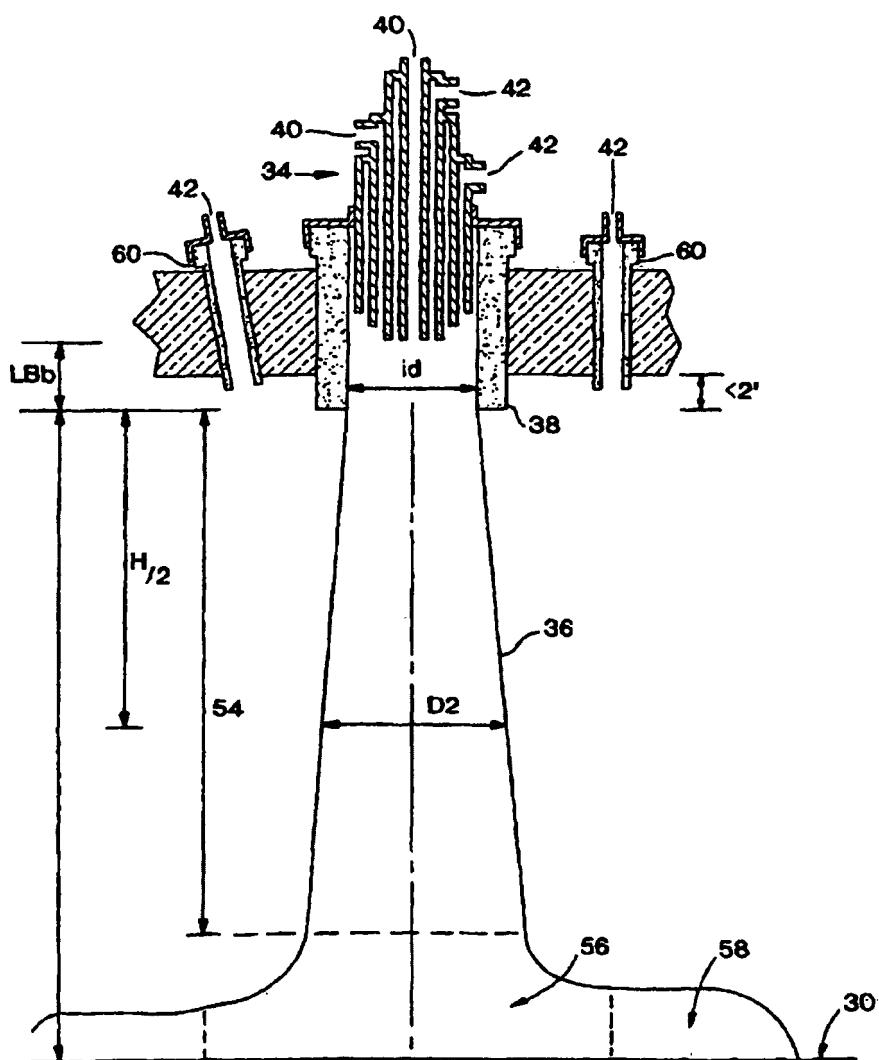


FIG. 5