



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 08 293 T2 2006.03.02

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 148 033 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 08 293.1

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 400 785.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 27.03.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 24.10.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 12.01.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 02.03.2006

(51) Int Cl.⁸: C03B 5/235 (2006.01)

C03B 5/24 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

553418 20.04.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

L'Air Liquide, S.A. a Directoire et Conseil de
Surveillance pour l'Etude et l'Exploitation des
Procédés Georges Claude, Paris, FR

(72) Erfinder:

Joshi, Mahendra L., 75321 Paris cedex 07, FR;
Marin, Ovidiu, 75321 Paris cedex 07, FR

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: Regelung von Sauerstoffbrennern in Öfen

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 eingereicht, 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**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Öfen und insbesondere die Steuerung von Ofentemperaturen.

[0002] US 5,954,498 A und US 3,954,433 A betreffen den Betrieb und die Steuerung von Glasöfen.

KURZE BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

[0003] Ein erhöhter Bedarf an Flachglas (hergestellt in Floatöfen) auf der ganzen Welt soll zur Haupttriebfeder für die Oxidans-Brennstoff-Boosting("Oxy-Boost")-Technologie werden. Joshi, M.L. et al. "Oxygen-fuel boosting as applied to float glass furnaces", präsentiert vor dem American Flame Research Committee, 1996, AFRC Spring Members Technical Meeting, Orlando, FL., 6.-7. Mai 1996. In Anbetracht relativ langer Konstruktions- und Errichtungsphasen für von Grund auf neue Floatglasanlagen wird eine effektive nachrüstbare Sauerstoff-Boosting-Lösung, um den unmittelbaren Bedarf auf dem Markt zu decken, von Brancheninsidern sowohl als kosteneffiziente als auch als risikoarme Option betrachtet.

[0004] Typische Floatöfen sind seitengefeuerte Regenerativtypen mit fünf bis acht Mäulern je Seite. **Fig. 1** stellt einen typischen Floatglasbehälter **10** mit sechs Mäulern **22** dar. Der Ofen **10** umfasst eine Seitenwand **12**, eine Innenkammer oder einen Innenraum **14** und einen Eingang oder Einlegevorbau **16**. Ein Taillenabschnitt **18** nimmt der Innenkammer **14** nachgelagert den Glasstrom entgegen, von wo sich das Glas zu einem Konditionierungsende **20** des Ofens hinbewegt. Auf Grund der großen Auslegung des Behälters ist nur eine Querfeuerung möglich. **Fig. 1** stellt einen mit sechs Mäulern versehenen Ofen dar, wobei jedem Maul eine Regeneratorkammer **24** zugewiesen ist. Die Regeneratorkammern werden zum Vorheizen von Verbrennungsluft auf zwischen etwa 2200°F (1204°C) und etwa 2400°F (1316°C) verwendet. Für gewöhnlich wird ein 20 bis 30 Minuten dauernder zyklischer Prozess zur Wärmerückgewinnung mittels der Abgase angewandt. Luft-Brennstoff-Brenner (nicht dargestellt) sind an jedem Maul angebracht, wobei je Maul 2 bis 3 Brenner vorgesehen sind. Die Brenner werden "unter dem Maul", "durch das Maul" oder durch Verwendung einer "Maulseiten"-Feuerungskonfiguration gefeuert.

[0005] Der Ofen ist auch mit Oxy-Boost-Brennern **26** ausgestattet. Das übliche Oxy-Boost-System ist "Maul 0"-Boosten, was bedeutet, dass die Oxy-Boost-Brenner **26** zwischen der Beschickungs-

wand an dem Einlegevorbau **16** und dem ersten Maul **22** angeordnet sind. Für gewöhnlich werden standardmäßige Oxy-Brenner oder abgestufte Hochleistungs-Oxy-Brenner an dem Ort des Mauls 0 installiert. Die Oxy-Boost-Feuerungskapazität kann von 5% bis 20% der gesamten Schmelzwannenfeuerungskapazität betragen. Der Oxy-Boost-Prozess wird verwendet, um zu versuchen, die Ofenzuggeschwindigkeit zu erhöhen, die Glasqualität bei derselben Zuggeschwindigkeit oder bei höherer Zuggeschwindigkeit zu verbessern (z.B. reduzierte Anzahl von Gispen, Steinen usw. je Tonne Glas), die Spitzentemperaturen der Feuerfestmaterialien im Ofen bei derselben oder einer höheren Zuggeschwindigkeit zu senken oder gleich zu halten, die Regeneratorkammertemperaturen bei derselben oder einer höheren Zuggeschwindigkeit zu senken oder gleich zu halten, Propfenbildungsprobleme in dem Regenerator zu vermeiden, sowie andere Schwierigkeiten zu überwinden, was durch die Luft-Brennstoff-Feuerung der Maulbrenner allein nicht erreicht werden kann.

[0006] Die Herausforderung für die erfolgreiche Nutzung von Oxy-Boost-Technologie ist die optimale Feuerung von Oxy-Brennern bei Maul 0 (oder an anderen strategischen Orten) verbunden mit spezifischen (gemessenen) Änderungen der Luft-Brennstoff-Feuerungsrate der Maul-brenner. Demnach versuchten frühere Systeme, das Gesamtwärmeeinsatzprofil zu optimieren, um die oben genannten Vorteile zu erreichen.

[0007] Die Ofenbedienpersonen in Flachglaswerken haben versucht, diesen Optimierungsprozess mittels empirischer Versuchs-und-Irrtumsmethoden zu realisieren. Beispielsweise kann eine Bedienperson die Luft-Brennstoff-Feuerungsrate schrittweise für jedes Maul reduzieren und hernach die Oxy-Boost-Feuerungsrate erhöhen, bis die gewünschten Feuerfestmaterialtemperaturen im Ofen und das gewünschte Feuerfestmaterialprofil, die gewünschten Glasbodentemperaturen und das gewünschte Glasbodenprofil, die erforderliche Zuggeschwindigkeit und die angestrebten Glasqualitätszahlen erreicht werden.

[0008] Die Schwierigkeit bei früheren Ofenbetrieben wird durch die Tatsache verstärkt, dass Oxy-Boost-Steuersysteme nicht dieselben wie die Luft-Brennstoff-Verbrennungssteuerung sind, noch damit integriert sind oder damit kommunizieren. Demnach sind nachgerüstete Oxy-Boost-Systeme im Allgemeinen vom alleinstehenden Typ und müssen getrennt betrieben werden, um den gesamten Ofenbetrieb zu verwalten. In vielen Fällen sind die Änderungen in der Oxy-Boost-Feuerung und der Luft-Brennstoff-Feuerung nicht komplementär und können den Ofenbetrieb stören. Dies kann zu schlechter Produktqualität oder dem möglichem Überhitzen von wesentlichem Ofenfeuerfestmaterial

während dieses Zeitraums führen.

[0009] Die Sollwerteinstellungen, um die gewünschten Ofendeckentemperaturen und Glasbodentemperaturen während des Oxy-Boostens zu erreichen, können je nach Ofen und Erfahrung der Bedienperson mehrere Wochen bis mehrere Monate in Anspruch nehmen. Eine längere Ofenausregelzeit bedeutet einen größeren Verlust an Ofenproduktivität, schlechte Produktqualität und höhere Betriebskosten. Ferner muss, wenn die Ofenzuggeschwindigkeit aus irgendwelchen Gründen (z.B. wegen Änderungen der Nachfrage auf dem Markt) geändert wird, der gesamte Einstellvorgang wiederholt werden, es müssen neue Sollwerte sowohl für das Oxy-Boosten als auch die Luft-Brennstoff-Feuerung bestimmt werden.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Erfindung betrifft ein System, das zum Erhitzen eines Produkts von Nutzen ist, gemäß Anspruch 1.

[0011] Anspruch 10 betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Systems nach einem beliebigen der vorangehenden Ansprüche.

[0012] Weitere Aufgaben, Merkmale und begleitende Vorteile der vorliegenden Erfindung sind für einschlägig versierte Fachleute nach einer Lektüre der folgenden ausführlichen Beschreibung von Ausführungsformen, die gemäß dieser konstruiert wurden, in Zusammenschau mit den beiliegenden Zeichnungen klar ersichtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] Die Erfindung der vorliegenden Ausführungsform wird nunmehr mit Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen der Vorrichtung und des Verfahrens lediglich beispielhaft und mit Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen ausführlicher beschrieben. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) eine zugehörige Ofenkonstruktion;

[0015] [Fig. 2](#) eine Querschnitt-Vorderansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Ofens gemäß der vorliegenden Erfindung; und

[0016] [Fig. 3](#) ein Schaubild eines Ofendeckentemperaturprofils.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0017] Bezugnehmend auf die Figuren der Zeichnung bezeichnen dort in allen Figuren gleiche Bezugszahlen identische oder entsprechende Elemente.

[0018] In der vorliegenden Anmeldung umfasst der Begriff "Oxidans", ist jedoch nicht beschränkt auf, Sauerstoff, mit Sauerstoff angereicherte Luft, mit Sauerstoff angereichertes (Nichtluft-)Gas, Luft und Kombinationen daraus.

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Prozesssteuerung zum Steuern einer Oxy-Boost-Feuerung, und vorzugsweise auch zum Steuern von Luft-Brennstoff-Brennerfeuerung und/oder gemischter Sauerstoff- und Luft-Brennstoff-Brennerfeuerung, in Öfen, einschließlich großer Glasöfen, beispielsweise Floatöfen. Die großen seitengefeuerten regenerativen Floatöfen bedienen sich der Oxy-Boost-Feuerung aus einer Reihe von Gründen, einschließlich Produktionssteigerung, verbesserte Glasqualität, Senkungen von Überbauteperaturen und Reduktion von Emissionen. Vorzugsweise erfolgt der Oxy-Boost zwischen dem Einlegevorbau und dem ersten Maul, was als "Maul 0"-Feuerung bekannt ist. Der Erfolg von Oxy-Boosten hing in der Vergangenheit von gut durchdachten Änderungen ab, die durch eine erfahrene Glasofenbedienperson vorgenommen wurden. Diese durch Bedienpersonen vorgenommenen Änderungen umfassen Modifikationen der individuellen Luft-Brennstoff-Brennerfeuerungsrate und -verteilung, Änderungen von Temperaturprofilen für die Ofendecke und den Glasboden, Änderungen des Glascharakterstraßenorts und umsichtige Einstellungen des Oxy-Boost-Feuerungspegels bei Versuchen, die Glasqualität bei einer bestimmten Zuggeschwindigkeit zu optimieren.

[0020] Die Charakterstraße in einem Ofen ist der körperliche Ort in der Schmelzwanne, wo man sehen kann, wie nicht geschmolzene Charge (Rohmaterial) zu geschmolzener Charge oder geschmolzenem Glas übergeht. Diese Straße, welche für gewöhnlich ein dunkleres Aussehen aufweist, bewegt sich die Ofenschmelzwannenlänge entlang und zeigt das Ausmaß des Schmelzvorgangs an. Verfahren und Vorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung verkürzen die Strecke von der Charakterstraße zu einem Ende des Ofens, was eine größere Verweilzeit in dem Ofen für das Glas, eine bessere Läuterung und eine bessere Glasgesamtqualität ermöglicht.

[0021] Die bestehenden Ofensteuersysteme waren ungeeignet, um sowohl die Oxy-Feuerung als auch die Luft-Brennstoff-Feuerung automatisch auf einen optimalen Pegel bei verschiedenen Zuggeschwindigkeiten einzustellen, während ein Oxy-Boost-Verfahren verwendet wurde. Die vorliegende Erfindung löst diese bei früheren Systemen auftretenden Unzulänglichkeiten durch Verwendung einer adaptiven Steuerung, um die Steuereinstellungen zu prognostizieren, welche sowohl bei der Oxy-Boost- als auch bei der Luft-Brennstoff-Feuerung erforderlich sind, um den Betrieb bei jeder beliebigen Zuggeschwindigkeit zu verbessern. Die adaptive Steuerung verwendet als

Eingangsvariablen verschiedene Ofenfeuerfestmaterial- und Glastemperaturen, Abgastemperaturen, Ofen- oder Regeneratorkammerdruck, Glaspegel, Glaszuggeschwindigkeit, Glasqualitätszahlen (Gispen/Steine je Tonne) als Vorwärtskopplungseingaben und prognostiziert Steuereinstellungen, die für die Oxy-Boost-Brenner erforderlich sind und um die Feuerungsverteilung für die einzelnen Luft-Brennstoff-Maulbrenner zu optimieren.

[0022] Die vorliegende Erfindung widmet sich den oben genannten Problemen, die mit dem Optimierungsbetrieb eines Oxy-Boost-Systems auf großen Glasöfen in Zusammenhang stehen und denen sich die im Stand der Technik bekannten Systeme nicht hinlänglich gewidmet hatten. Die adaptive Steuerung der vorliegenden Erfindung kann von dem "Vorwärtskopplungsmodell" lernen und sich kontinuierlich an die neuen Bedingungen des Ofenprozesses unter Oxy-Boost-Feuerung anpassen.

[0023] Die Steuerung kann eine beliebige von mehreren modernen Steuerungen, die im Handel erhältlich sind, sein. Die Steuerung kann eine adaptive Steuerung, eine prädiktive Steuerung oder eine "modellfreie" adaptive Steuerung sein. Im Allgemeinen ist ein adaptives Steuerungssystem ein Rückführungssteuerungssystem, das seine eigene Ausgabe oder sein eigenes Verhalten an den sich ändernden Prozess anpassen kann. Eine prädiktive Steuerung bedient sich eines prädiktiven Modells, eines Optimierungsprozesses innerhalb eines Zeitraumes und einer Rührführungskorrektur, um ihre Ausgabe an den Prozess anzupassen. Eine "modellfreie" adaptive Steuerung umfasst kein vorgegebenes Modell des Prozesses und erfordert daher keine exakte Kenntnis des Prozesses, welchen die Steuerung steuern soll. Derartige "modellfreie" adaptive Steuerungen erfordern kein erweitertes Abstimmen und sind in einer Konfiguration mit geschlossenem Regelkreis stabil.

[0024] Alle der vorangehenden Steuerungsprodukte sind im Handel erhältlich unter Markennamen wie Brainwave Process Control, beziehbar von Universal Dynamics Technologies, Inc., Richmond, BC, Kanada (siehe auch "The Concept in Process Control", Brainwave bulletin, (Universal Dynamics Technologies, Inc, 1999)), CyboCon, beziehbar von Cybosoft, General Cybernation Group, Inc., Rancho Cordova, CA. (siehe auch "Model-free Adaptive Control Application Papers", Cybosoft, Bd. 2, April 1998), Expert System ESII, beziehbar von Glass Service, Inc., Vsetin, Tschechische Republik, und INCA Control Package, beziehbar von IPCOS Technology b.v., Boxtel, Niederlande. Andere Beispiele für geeignete Steuerungen und Steuermethodiken werden in US-Patent Nr. 5,335,164, 5,513,098 und 5,687,077 beschrieben.

[0025] Die Steuerungen schaffen und modifizieren

ihre eigene Logik durch "Beobachten" des zu steuernden Prozesses, d.h. durch Empfangen von Daten, die anzeigen, wie verschiedene Prozesssignale in Zusammenhang stehen. Dies ermöglicht der Steuerung, das Prozessverhalten zu prognostizieren und sich selbst abzustimmen, um den Prozess zu optimieren. Adaptive Steuerungen sind eine neue Generation von automatischer Prozesssteuerung und bieten bestimmte Vorteile gegenüber im Stand der Technik bekannten Technologien, einschließlich Reglern vom "Proportional-Integral-Differential"(PID)-Typ. Während PID-Regler bekanntermaßen für einfache Prozesse geeignet funktionieren, die nur begrenzte Nichtlinearitäten und Zeitvariationen aufweisen, muss der PID-Regler jedes Mal abgestimmt werden, wenn Änderungen im Prozess stattfinden. Adaptive Steuerungen sind nicht mit dieser Unzulänglichkeit behaftet und eignen sich daher besser für die Komplexitäten der Ofensteuerung.

[0026] Durch Einbinden und Eingliedern bestimmter Ofenbetriebsparameter in die adaptive Steuerung können optimale Oxy-Boost-Pegel und die optimale Luft-Brennstoff-Brennerfeuerung schneller für eine bestimmte Zuggeschwindigkeit bestimmt werden, als dies mit im Stand der Technik bekannten Steuerungen möglich war. Zudem ist das Herumgerate, das mit der manuellen Einstellung (durch Bedienpersonen) einherging, nicht mehr erforderlich, und der Ofensollwert wird verglichen mit aktuell verwendeten Verfahren innerhalb eines erheblich kürzeren Zeitrahmens erreicht.

[0027] Gemäß der vorliegenden Erfindung können bestimmte Ofenbetriebsparameter als Vorwärtskopplungseingaben zu der adaptiven Steuerung verwendet werden, und bestimmte Ofenprozessvariablen können in dem Steuerungsvorgang verwendet werden, um die Steuerungsausgaben zu prognostizieren. Die adaptive Steuerung stellt die Oxy-Boost-Brenner, die Feuerungsraten der Luft-Brennstoff-Brenner (oder der gemischten Oxy- und Luft-Brennstoff-Brenner) (individuelle Maulfeuerungsrate und Verteilung) oder beides ein, basierend auf der Prozessausgabe der Steuerung. Die vorliegende Erfindung kann eine reduzierte Ofenausregelzeit, erhöhte Produktivität, verbesserte Produktqualität und niedrigere Betriebskosten erzielen.

[0028] Wenn wir uns nun wieder den Figuren der Zeichnung zuwenden, so zeigt dort [Fig. 2](#) schematisch eine beispielhafte Ausführungsform eines Ofensystems gemäß der vorliegenden Erfindung. Während die in [Fig. 2](#) dargestellte Ausführungsform mit Bezugnahme auf einen seitengefeuerten, regenerativen Flachglas-Floatofen **100** beschrieben wurde, betrifft die vorliegende Erfindung auch andere Arten von Öfen, wie für einschlägig versierte Fachleute klar zu erkennen sein wird.

[0029] Der Ofen **100** ist im Allgemeinen dem Ofen **10**, der oben mit Bezugnahme auf [Fig. 1](#) beschrieben wurde, ähnlich und umfasst eine Innenkammer oder einen Innenraum **102**, durch welche/welchen Glas G hindurchtritt und erhitzt wird. Eine Bodenfläche **104**, ein oberes Ende oder eine Decke **106** und Seitenwände (in [Fig. 2](#) nicht dargestellt) begrenzen die Innenkammer **102**. Mindestens ein, vorzugsweise eine Mehrzahl, und insbesondere zwischen 5 und 8 Mäuler je Seite des Ofens sind vorgesehen, welche in die Innenkammer **102** führen. Jedes der Mäuler **108, 110, 112, 114, 116, 118** enthält oder nimmt mindestens einen, vorzugsweise eine Mehrzahl und insbesondere 2 oder 3 Brenner (nicht dargestellt) auf, welche in die Innenkammer gerichtet sind, um die Kammer und deren Inhalt auf eine hohe Temperatur zu erhitzen. Wie einschlägig versierte Fachleute ohne weiteres erkennen können, können die Brenner gemeinsam das Innere des Ofens **100** auf überaus hohe Temperaturen, z.B. 3000°F (1649°C) oder höher erhitzen, wie es für die konkrete Charge erforderlich ist. Die Brenner der Mäuler **108–118** können innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung jede beliebige Art von Brenner, einschließlich Luft-Brennstoff-Brenner und gemischte Sauerstoff- und Luft-Brennstoff-Brenner, die mit einem vorgegebenen oder gesteuerten Feuerungsratenverhältnis, z.B. 50:50, betrieben werden, sein.

[0030] Auf eine der mit Bezugnahme auf [Fig. 1](#) oben beschriebenen ähnlichen Weise umfasst der Ofen **100** mindestens einen Oxy-Boost-Brenner **120** an jeder Seitenwand in der Maul-"Null"-Position zwischen der Beschickungswand und dem ersten Maul. Die Oxy-Boost-Brenner **120** liefern zwischen etwa 5% und etwa 30%, vorzugsweise zwischen etwa 5% und etwa 20%, der gesamten Ofenfeuerungskapazität. Wie oben kurz besprochen wurde, kann die Verwendung der Oxy-Boost-Brenner **120**, so diese richtig verwendet werden, bestimmte Vorteile und Vorzüge aufweisen. Die richtige Nutzung der Wärme, die durch die Oxy-Boost-Brenner verfügbar gemacht wird, kann die Ofenproduktionsrate um bis zu 10% steigern, während die Glasqualität dennoch gleich gehalten wird. Auch wenn es zahlreiche Maßstäbe für die Glasqualität gibt, kann ein derartiger Maßstab der Glasqualität durch die Anzahl von Gispen (Bläschen) je Tonne Glas oder die Anzahl von Steinen je Tonne Glas definiert werden. Diese Anzahlen können sehr niedrig sein (in der Größenordnung von 2–3 Steine/Tonne und 20–40 Gispen/Tonne).

[0031] Der Ofen **100** ist mit mindestens einem und vorzugsweise einer Mehrzahl von Temperatursensoren **122** ausgestattet, die über den gesamten Ofen verteilt angeordnet sind, um die Temperatur des Ofens an diesen Orten zu messen. Wie in [Fig. 2](#) dargestellt ist, sind mindestens ein und vorzugsweise eine Mehrzahl von Temperatursensoren **122_{B,i}** im Boden **104** des Ofens angeordnet, um die Temperatur

des Materials entlang einem Abschnitt der Länge der Innenkammer **102** zu erfassen. Mindestens ein und vorzugsweise eine Mehrzahl von Temperatursensoren **122_{C,j}** sind an jenen Orten angeordnet, die schätzungsweise die heißesten Orte im Ofen sind. Bei der in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsform sind Temperatursensoren **122_{C,j}** in der Decke des Ofens angeordnet, um die Temperatur der Decke entlang ihrer Länge zu erfassen. Zusätzliche Temperatursensoren sind ebenfalls vorgesehen, um die Abgastemperatur zumindest an dem ersten Maul (**122_{E,i}**) und weiterhin optional in den nachgelagerten Abschnitten des Ofens (**122_{B,C}**) zu erfassen. In der vorangehenden Beschreibung werden die Variablen "i" und "j" verwendet, um anzugeben, dass in der jeweiligen Gruppe von 1 bis N bzw. von 1 bis M Temperatursensoren **122** vorliegen. Für die Werte von N und M kann jede beliebige Ganzzahl gewählt werden. Wie für einschlägig versierte Fachleute ohne weiteres zu erkennen sein und unten ausführlicher beschrieben wird, erfordert, während große Werte für N und M mehr Daten hinsichtlich des Betriebs des Ofens liefern, dies eine größere Rechnerleistung, um diese Daten zu verarbeiten. Demnach wird die Anzahl von Sensoren gewählt, um ein Gleichgewicht zwischen Prozesssteuerungsreaktionsgeschwindigkeit und Prozesssteuerungsgenaugigkeit zu erreichen.

[0032] Ein Bündel von Fluidflussleitungen **124** verbindet die Oxy-Boost-Brenner **120** mit Quellen von Oxidans **136** und Brennstoff **138**. Ein Bündel von Fluidflussleitungen **126_k** verbindet die Brenner in den Mäulern **108, 110, 112, 114, 116, 118** mit Quellen von Oxidans **140** und Brennstoff **142** ("k" bezeichnet die Anzahl von Mäulern in dem Ofen **100**). Ein Satz von Ventilen und Steuerungen **128** steuert den Fluss von Fluida durch das Leitungsbündel **124**, während ein Satz von Ventilen und Steuerungen **130** den Fluss durch das Leitungsbündel **126_k** steuert. Wie für einschlägig versierte Fachleute ohne weiteres zu erkennen sein wird, bestimmt der Fluss von Fluida (Oxidans und Brennstoff) durch die Ventilsätze **128, 130** die Feuerungsraten der Brenner in den Mäulern. Demnach bestimmen die Ventilsätze **128, 130** das Temperaturprofil innerhalb des Ofens und des Materials für eine bestimmte Zuggeschwindigkeit (Materialdurchflussgeschwindigkeit) für den Ofen.

[0033] Eine Eingangsvorrichtung **132** steht mit jedem der in diesem Dokument beschriebenen Temperatursensoren (**122_{B,i}, 122_{C,j}, 122_{E,i}, 122_{B,C}** usw.) sowie mit optionalen zusätzlichen Sensoren, die unten ausführlicher beschrieben werden, in Kommunikation und empfängt von jedem Datensignale, die für die Temperatur an dem Ort jenes Sensors kennzeichnend sind. Zudem umfasst die Eingangsvorrichtung auch Vorrichtungen, beispielsweise Tastaturen, Daten-Ports und dergleichen, mittels welcher andere Prozesseingabe- und -ausgabedaten in die Eingangsvorrichtung eingegeben werden können. Diese

Prozessdaten können umfassen, sind jedoch gewiss nicht beschränkt auf, Daten, die für die Qualität des Materials, welches von dem Ofen ausgegeben wird (beispielsweise die Steine/Tonne und Gispen/Tonne für einen Glasschmelzofen), die Zuggeschwindigkeit (z.B. in Tannen pro Tag), die im Rauchabzugskanal gemessenen Ofengasemissionen (z.B. NOx, CO, CO₂, SOx usw.) und die im Rauchabzugskanal gemessene Temperatur, den Ofen- und/oder Regeneratorkammerdruck und den Glaspegel repräsentativ sind.

[0034] Die Eingangsvorrichtung **132** umfasst Logik, welche konfiguriert ist, um eine Untermenge der Daten oder alle Daten, welche in die Eingangsvorrichtung eingegeben werden, zusammenzustellen und diese Daten zu einer adaptiven Mehrmodell-Steuerung **134** zu übertragen. Die Steuerung **134** steht in Steuerkommunikation mit den Ventil- und Steuerungssätzen **128** und **130** und steuert die Durchflussgeschwindigkeiten von Oxidans und Brennstoff zu den Oxy-Boost-Brennern (F_0) und zu jedem der Brenner in den Mäulern (F_i - F_K) in dem Ofen **100**. Somit steuert die Steuerung **134** die Temperaturprofile des Ofens und des in dem Ofen verarbeiteten Materials. Die Steuerung **134** kann jede beliebige der im Handel erhältlichen adaptiven Steuerungen, prädiktiven Steuerungen und/oder "modellfreien" Steuerungen sein, einschließlich der oben konkret beschriebenen, einschließlich jener, die in den oben genannten US-Patenten beschrieben werden.

[0035] Die Steuerung **134** wird bereitgestellt, um den Oxy-Boost-Materialerhitzungsvorgang, z.B. das Glasschmelzen, zu überwachen und zu steuern. Das Ansprechverhalten der Steuerung wird durch Beobachten, wie die Prozesssignale (Sollwerte), beispielsweise die Deckentemperaturen ($T_{C,i}$) und die GlasbodenTemperaturen ($T_{B,i}$) mit der Oxy-Boost-Feuerungsrate (F_0) oder den Luft-Brennstoff-Feuerungsrationen (F_K) in Relation stehen, aufgebaut.

[0036] Die Steuerung **134** sendet die Prozessansprechsignale zu den Ventil- und Steuerungssätzen **128**, **130** oder optional zu einem vorhandenen Ofensteuersystem (nicht dargestellt), beispielsweise einem PID-Regler, zum Anstoßen der gewünschten Änderungen bei den Durchflussregelventileinstellungen für sowohl Oxy-Boost- als auch Luft-Brennstoff-Brenner.

[0037] Glasöfen werden zum Beispiel typischerweise auf der Basis eines vorgegebenen Deckentemperaturprofils und von GlasbodenTemperaturprofilen, welche für jeden Ofen spezifisch sind, betrieben. Die Bedienperson versucht, diese Temperaturprofile zum Erhalten der geeigneten Glasqualität bei verschiedenen Zuggeschwindigkeiten aufrechtzuerhalten. In [Fig. 3](#) wird ein typisches Temperaturprofil für eine Ofendecke für einen Floatofen dargestellt, wobei die

Abszisse den Ort der Temperatur entlang der Länge des Ofens angibt. Bei dem in [Fig. 3](#) dargestellten Beispiel werden die Temperaturen für die Referenz (ohne Oxy-Boosten) und mit Oxy-Boosten für dieselbe Zuggeschwindigkeit verglichen. Die geringfügig höheren Deckentemperaturen in dem Beschickungsreich ermöglichen eine bessere Chargenglasierung, Vermischung, und führen zu einem homogeneren Schmelzen der Glaszusammensetzung. Die resultierende Glasqualität wurde sowohl hinsichtlich der Anzahl von Gispen als auch der von Steinen je Tonne Glas verbessert.

[0038] Die Steuerung **134** optimiert den durch den Ofen durchgeführten Erhitzungsprozess. Ferner kann die Steuerung ihr eigenes Modell aus dem Prozess aufbauen oder, bei "modellfreien" Steuerungen, die Gewichtung seiner verschiedenen logischen Blöcke einstellen. Der Primärprozess und andere Vorwärtskupplungsmodelle, welche verwendet werden können, um die Steuerung "einzuschulen", kann jedes beliebige aus einer Reihe von Ofenbetriebsmodellen sein. Demnach versteht es sich, dass, wenn gleich unten spezifische Beispiele dargelegt werden, die Erfahrung jedwede derartigen Prozessmodelle betrifft, die verwendet werden können, um eine adaptive Steuerung zu einzuschulen, damit diese die Ofenprozesse steuert.

[0039] Der Primärprozess ist jener Prozess, welcher das Endresultat des Ofenbetriebs beeinflusst. Der Primärprozess umfasst, ist jedoch nicht beschränkt auf, Änderungen der Glaszuggeschwindigkeit und Glasqualität aus Änderungen der Oxy-Boost- und/oder Luft-Brennstoff-Feuerungsrationen. Demnach ermöglicht eine Überwachung der Prozessänderungen (Zuggeschwindigkeit, Glasqualität) während Änderungen der Oxy-Boost- und/oder individuellen Luft-Brennstoff-Feuerungsrate, dass die Steuerung den Primärprozess erlernen kann, wenn Daten, die für die Prozessänderungen kennzeichnend sind, in die Steuerung zurück eingegeben werden. Demnach können die Prozessänderungsschritte äußerst klein sein, sollten jedoch größer als das Systemrauschen sein, welches in der Größenordnung von ± 1 (Gispe, Stein) hinsichtlich Glasqualität und $\pm 0,5\%$ hinsichtlich Feuerungsrationen vorliegen kann. Die Steuerung verwendet dann den erlernten Primärprozess, um exakte Vorhersagen für das Prozessansprechverhalten auf Änderungen der Systemeingaben (Brennerfeuerungsrationen) zu treffen. Wie für einschlägig versierte Fachleute ohne weiteres zu erkennen sein wird, kann, da jedwede Änderungen der Glaszuggeschwindigkeit und -qualität ständig aktualisiert werden, die Steuerung ständig aktualisieren, wie sie auf Systemänderungen reagiert. Infolgedessen kann die typische Modellbauzeit für einen Oxy-Boost-Prozess für die Glasqualitätsoptimierung nur 5 bis 6 Tage und für die Zuggeschwindigkeitssteigerung nur 3 bis 4 Tage betragen.

[0040] Mehrere Vorwärtskopplungsmodelle können auch verwendet werden, um die Steuerung **134** fein-abzustimmen. Somit sehen, während der Prozess der Steuerung, die den primären Ofenprozess 'erlernt', das heißt eine Korrelation, Zuordnung oder Funktion(en) zwischen der Ofenzuggeschwindigkeit und -qualität und Oxy-Boost- und Luft/Brennstoff-Brennerraten herstellt, darauf konzentriert, dass sich die Steuerung an die allgemeinen Systemparameter anpasst, die Vorwärtskopplungsmodelle zusätzliche Prozessparameter vor, welche als Prädiktoren oder Variablen des Ofenprozesses zusätzlich zum Primärprozess verwendet werden können. Während das Erlernen des Primärprozesses der Steuerung gestattet, die allgemeine Kontur des Prozesses zu bestimmen, ermöglichen die Vorwärtskopplungsmodelle der Steuerung, Daten zu empfangen und demzufolge die zahlreichen komplexen Beziehungen in dem Ofenprozess, welche dafür kennzeichnend sind, wie der Prozess vonstatten geht, kennenzulernen. Dies ermöglicht der Steuerung dann, die Prozesseingaben der Brennerdurchflussgeschwindigkeiten dann auf der Basis des prognostizierten Zustandes des Ofens, wenn die Eingaben nicht geändert werden, einzustellen. Die folgenden Beispiele von Vorwärtskopplungsmodellen sind lediglich für die vielen Modelle, die durch die vorliegende Erfindung umschlossen werden, veranschaulichend, was für einschlägig versierte Fachleute ohne weiteres zu erkennen sein wird. Jedes Vorwärtskopplungsmodell kann verwendet werden, um die Logik der Steuerung durch Nullstellen oder Konstanthalten von einer aus Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Brennerfeuerung, Variieren der anderen, um den Ofenprozess zu stören, und Eingeben der verschiedenen gemessenen Prozessvariablen in die Steuerung zu entwickeln. Der Lernprozess kann dann für die andere aus Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Brennerfeuerung, welche nullgestellt oder konstantgehalten wird, wiederholt werden.

(1) Deckentemperaturen: Die Ofendeckentemperaturen, welche durch Temperatursensoren, beispielsweise die Sensoren **122_{c,i}**, gemessen werden, können als Vorwärtskopplungseingaben verwendet werden, die durch die Steuerung **134** mit den Oxy-Boost- und/oder Luft-Brennstoff-Feuerungsraten in Relation zu setzen sind. Das Deckentemperaturprofil, welches sich nur Luft-Brennstoff-Feuerung bedient, kann als Ausgangspunkt verwendet werden. Die Auswirkung(en) von Änderungen im Deckentemperaturprofil bei Änderungen im Oxy-Boost-Pegel werden dann durch die Steuerung korreliert und in seine eigene Steuerlogik eingebunden. Demnach können Oxy-Boost-Pegel und Luft-Brennstoff-Feuerung gesteuert werden, ohne die maximalen Feuerfestmaterialtemperaturen zu überschreiten.

(2) GlasbodenTemperaturen: GlasbodenTemperaturen, welche durch Temperatursensoren, beispielsweise die Sensoren **122_{B,i}**, gemessen wer-

den, können ebenfalls als Vorwärtskopplungseingaben auf eine Weise, die der Verwendung der Deckentemperaturen ähnlich ist, verwendet werden. Die Auswirkung(en) von Änderungen der Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Feuerungsraten auf die GlasbodenTemperaturen wird (werden) durch die Steuerung korreliert und in seine eigene Steuerlogik eingebunden. Da das Glasbodenprofil im Allgemeinen für den Glashomogenisierungsprozess und/oder Rückführschleifen innerhalb der Schmelzwanne kennzeichnend ist, kann die Einbindung der Auswirkungen von GlasbodenTemperatureingaben in die Steuerungslogik das Erhalten von qualitativ gutem Glas bei verschiedenen Zuggeschwindigkeiten unterstützen.

(3) Emissionen: Die Emissionen (NOx, CO, O₂, CO₂, SOx) eines Ofens können ebenfalls als Vorwärtskopplungseingaben verwendet werden. Die Auswirkung(en) von Änderungen der Ofenemissionen bei Änderungen des Oxy-Boost-Pegels werden dann durch die Steuerung korreliert und in ihre eigene Steuerlogik eingebunden. Da für NOx-Emissionen für gewöhnlich seitens Regierungsbehörden Grenzen vorgegeben werden, kann das Einbinden von Emissionsdaten in die Steuerungslogik das Emissionsvorwärtskopplungsmodell für Ofenbetreiber, einschließlich Glashersteller, überaus wichtig werden lassen, und durch Verwendung der vorliegenden Erfindung kann ein optimierter NOx-Pegel während eines Oxy-Boost-Prozesses für die vorgegebene Zuggeschwindigkeit erzielt werden.

(4) Abgastemperaturen: Die Temperaturen von Abgasen, welche verschiedene Mäuler verlassen, können als Vorwärtskopplungseingaben verwendet werden. Die Auswirkung(en) einer Änderung der Oxy-Boost-Pegel (insbesondere Abgastemperatur Maul 1 T_{E,I}) und der Luft-Brennstoff-Feuerungsraten auf die Abgastemperatur werden durch die Steuerung korreliert und in deren eigene Steuerlogik eingebunden. Die Abgastemperatur Maul 1 gibt den Pegel der Oxy-Boost-Feuerung, welcher durch den Oxy-Boost-Brenner erzielt wird, spezifisch an. Somit können durch Einbinden der Auswirkungen dieser Temperatur in der Logik der Steuerung **134** die Regeneratorfeuerfestmaterialtemperaturen für eine bestimmte Zuggeschwindigkeit sicher aufrechterhalten werden.

(5) Glaseigenschaften: Mehrere zusätzliche Glaseigenschaften (Reduktion, Oxidation, Viskosität, Farbe usw.) können als Vorwärtskopplungseingaben verwendet werden. Die Ausgabe von Vor-Ort-Sensoren für diese Eigenschaften, umfassend optische Sensoren und Verfahren, wird in die Steuerung **134** eingegeben und deren Auswirkungen in die Logik der Steuerung **134** eingebunden. Somit kann die Steuerung **134** den Oxy-Boost-Feuerungspiegel und die Luft-Brennstoff-Feuerungsraten steuern, um spezifische Glaseigenschaften zu erzielen.

(6) Chargenstraße: Der körperliche Ort innerhalb eines Glasofens einer Glaschargenstraße kann mittels einer handelüblichen CCD-Kamera verifiziert und als Vorwärtskopplungseingabe verwendet werden. Die Oxy-Boost- und Sauerstoff-Brennstoff-Feuerung wird gesteuert, um den Ort der Chargenstraße innerhalb des Ofens bei verschiedenen Zuggeschwindigkeiten aufrechtzuhalten. Da bekannt ist, dass der Chargenstraßenort näher bei der Beschickungswand liegt, wenn ein Oxy-Boost-System verwendet wird, auf Grund des weitaus schnelleren Vorschmelz-/Glasierprozesses für das Chargenmaterial, ermöglicht die Eingabe von Chargenstraßeninformationen in die Steuerung 134, dass die Steuerung Produkteigenschaften mit Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Brennerfeuerungsraten realisiert.

(7) Feuerfestmaterialeigenschaften: Physikalische Eigenschaften des Ofenfeuerfestmaterials (z.B. Wärmeleitfähigkeit, Dicke usw.) können als Vorwärtskopplungseingabe, gemessen durch Temperatursensoren und dergleichen, verwendet werden. Die Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Feuerung wird gesteuert, um die Eigenschaften des Ofenfeuerfestmaterials nahezu konstant oder mit nur geringer Veränderung in Abhängigkeit von der Zeit zu halten. Weiterhin ist es vorteilhaft, die Feuerfestmaterialeigenschaften nahezu konstant zu halten, um Korrosionswirkungen aus der Oxy-Brennstoff-Feuerung zu reduzieren.

(8) Regenerator- oder Ofendruck: Der Druck in jeder einzelnen Regeneratorkammer und/oder der Gesamt ofendruck können als Vorwärtskopplungseingabe durch Messen dieser Druckwerte mit Druckmessumformern und Vorwärtskoppeln ihrer Ausgaben zur Steuerung 134 verwendet werden. Die Oxy-Boost-Feuerung reduziert im Allgemeinen den durchschnittlichen Ofendruck, insbesondere im Beschickungsabschnitt, auf Grund einer Reduktion der gesamten Rauchgase (insbesondere in der Regeneratorkammer von Maul 1). Diese Reduktion kann auf die Beseitigung von Stickstoff in den Verbrennungsgasen zurückzuführen sein. Im Allgemeinen ist es vorteilhaft, den Regeneratorverbrennungslufteinlassdämpfer zu schließen, um eine reduzierte Luftstromgeschwindigkeit und somit einen erhöhten Luftvorwärmpegel in der Regeneratorkammer in den mehreren Mäulern nach dem Einbinden von Oxy-Boost-Verbrennung in Maul 0 beizubehalten. Das optimale Ofen- und Regeneratorkammer-Druckmanagement kann den Ofen-Wärmewirkungsgrad und auch die Glasqualität erheblich verbessern.

[0041] Die Quellen von Oxidans 136, 140 können jedwede aus einer Reihe von Quellentypen sein, einschließlich Massenflüssigkeitslagerung, kryogene ASU (Lufttrennungsanlage), PSA (Druckwechseladsorption), VSA (Vakuumdruckwechseladsorption), TSA (Wärmeregenerationsadsorption) oder dergleichen.

Da die Verfügbarkeit von Oxidans für die Brenner sich auf die Feuerungsrate und demnach auf den gesamten Ofenbetrieb auswirkt, kann jede der Quellen 136, 140 optional mit einem Oxidanspegelsensor 144 bzw. 146 ausgestattet sein. Die Oxidanspegelsensoren erzeugen Signale, die den Pegel von Oxidans in den Quellen 136, 140 anzeigen, oder erzeugen wahlweise Signale, wenn die Oxidanspegel in den Oxidansquellen unter vorgegebene Pegel fallen. Die Oxidanspegelsensorsignale können gemeinsam mit anderen Eingaben in die Eingangsvorrichtung 132 eingegeben und durch die Steuerung 134 verwendet werden, um den Betrieb der Brenner zu steuern, wie durch die gestrichelten Linien in der Figur dargestellt ist.

[0042] Die Brennstoffquellen 138, 142 können ebenfalls mit Sensoren 148, 150 ausgestattet sein, welche den Brennwert des Brennstoffes, z.B. gasförmiger Kohlenwasserstoffbrennstoff, messen. Da eine Variabilität der Wobbe-Zahl, welche ein Index des Brennwertes des Brennstoffes ist, für eine bestimmte Brennstoffquelle vorliegen kann, wobei sich die Variabilität auf die Brennerfeuerungsraten auswirkt, können die Ausgaben der Sensoren 148, 150 ebenfalls in die Eingangsvorrichtung 132 eingegeben und durch die Steuerung 134 verwendet werden, um den Betrieb der Brenner zu steuern, wie durch die gestrichelten Linien in der Figur dargestellt ist.

[0043] Gesamt gesehen weist die vorliegende Erfindung mehrere Aspekte auf. Die vorliegende Erfindung betrifft eine Methodik zum Optimieren des Betriebs von Oxy-Boost-Systemen in großen Öfen, beispielsweise in Floatglasöfen. Die vorliegende Erfindung betrifft auch das Implementieren einer optimierten Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Feuerungsverteilung und optimierter Oxy-Boost- und Luft-Brennstoff-Feuerungsraten, um erwünschte Glaszuggeschwindigkeitssteigerungen oder das Aufrechterhalten derselben Zuggeschwindigkeit, eine gewünschte Glasqualität (beispielsweise in Gispen und Steinen je Tonne), das Halten von Feuerfestmaterialtemperaturen unter sicheren Grenzwerten, das Halten von Emissionen (NO_x, SO_x, CO, O₂, CO und CO₂) unter erforderlichen Pegeln und das Aufrechterhalten eines optimalen Regeneratorkammer- und Ofendrucks für einen optimalen Verbrennungsluftstrom und Luftvorwärmpegel zu erreichen.

[0044] Die vorliegende Erfindung betrifft auch die Implementierung eines adaptiven Steuersystems für das Oxy-Boosten in großen Öfen. Hier können die Steuerungen die Auswirkung verschiedener Prozessparameter (wie Zuggeschwindigkeit, Glasqualität, Temperaturen, Emissionen usw.) bei Vorliegen von Oxy-Boosten erlernen, optimieren und/oder prognostizieren. Der Pegel von Oxy-Boosten und individueller Luft-Brennstoff-Feuerung kann durch Verwendung verschiedener Primärmodelle und Vorwärts-

koppelungsmodelle optimiert werden. Die Steuerung kann einen Primärprozess erlernen, wo die Glaszuggeschwindigkeit oder die Glasqualität mit dem Pegel des Oxy-Boostens und/oder einzelnen Luft-Brennstoff-Feuerungsraten korreliert werden kann. Zudem können mehrere Vorwärtskopplungsmodelle auf der Basis von Ofendeckentemperaturen, GlasbodenTemperaturen, Abgastemperaturen, Emissionen (NOx, O₂, CO, CO₂ und SOx), Regeneratorkammerdrücken, Glaseigenschaften und Feuerfestmaterialeigenschaften usw. mit dem Pegel des Oxy-Boostens und einzelner Luft-Brennstoff-Feuerungsraten korreliert werden. Dieser Lernprozess durch die Steuerung kann auch die Entwicklung eines oder mehrerer Primärmodelle und Vorwärtskoppelungsmodelle durch Betreiben des Ofens mit und ohne Oxy-Boost umfassen.

[0045] Vorteile, welche durch die vorliegende Erfindung realisiert werden können, umfassen, sind jedoch nicht beschränkt auf, gesteigerte Ofenproduktivität, verbesserte Glasqualität (sowohl bei der Anzahl von Gipsen als auch der Anzahl von Steinen) und geringere Betriebskosten für die Glasherstellung. Die adaptive Steuerung kann die Ofenausregelzeit um mehr als 50% reduzieren (um einen Sollwert zu erreichen), die Ausregelzeit während Unterbrechungen der Ofenbrennstoff- oder -sauerstoffzufuhr reduzieren und Produktausbeute und -qualität verbessern.

[0046] Wenngleich die Erfindung ausführlich mit Bezugnahme auf bevorzugte Ausführungsformen davon beschrieben wurde, wird für einschlägig versierte Fachleute klar zu erkennen sein, dass verschiedene Abänderungen vorgenommen und Äquivalente verwendet werden können, ohne von dem Umfang der Erfindung, wie er in den Ansprüchen definiert ist, abzuweichen.

Patentansprüche

1. System, das zum Erhitzen eines Produkts von Nutzen ist, umfassend:
 einen Ofen (**100**), der eine Seitenwand und einen Innenraum (**102**) aufweist;
 mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner (**120**), der angeordnet ist, um eine Flamme in den Ofeninnenraum zu lenken;
 eine Quelle eines Oxidans (**136**), die in Fluidkommunikation mit dem mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner steht;
 eine Quelle eines Brennstoffes (**138**), die in Fluidkommunikation mit dem mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner steht;
 einen ersten Ventilsatz (**128**), der zwischen dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner und den Quellen von Brennstoff und Oxidans angeordnet ist, wobei der erste Ventilsatz betätigt werden kann, um den Fluss von Oxidans und Brennstoff zu dem mindestens einen Sauerstoff-Brennstoff-Brenner zu regeln;

mindestens ein Maulbrenner (**108–118**), der angeordnet ist, um eine Flamme in den Ofeninnenraum zu lenken;
 eine Quelle eines Oxidans (**140**), die in Fluidkommunikation mit dem mindestens einen Maulbrenner steht;
 eine Quelle eines Brennstoffes (**142**), die in Fluidkommunikation mit dem mindestens einen Maulbrenner steht;
 einen zweiten Ventilsatz (**130**), der zwischen dem Maulbrenner und den Quellen von Brennstoff und Oxidans angeordnet ist, wobei der zweite Ventilsatz betätigt werden kann, um den Fluss von Oxidans und Brennstoff zu dem mindestens einen Maulbrenner zu regeln;
 mindestens eine Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung (**132**), die mindestens ein Ausgangssignal erzeugt; und
 eine Steuerung (**134**), die in Kommunikation mit der mindestens einen Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung steht, um das Ausgangssignal der mindestens einen Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung zu empfangen, wobei die Steuerung einen Sollwert für den mindestens einen Ofenwert aufweist, wobei die Steuerung mindestens ein Steuersignal basierend auf einem Vergleich des Eingangs- und des Sollwerts erzeugt, wobei die Steuerung in Kommunikation mit dem ersten Ventilsatz (**128**) steht, um das mindestens eine Steuersignal zu dem ersten Ventilsatz zu übertragen, um die Durchflussgeschwindigkeiten des Oxidans und des Brennstoffes durch den ersten Ventilsatz und zu dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner (**120**) einzustellen, wobei die mindestens eine Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung (**132**) eine Eingangsvorrichtung zum Übertragen von Daten zu der Steuerung, welche für einen Chargenstraßenort in dem Ofen kennzeichnend sind, umfasst.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Steuerung aus der Gruppe umfassend eine adaptive Steuerung, eine prädiktive Steuerung und eine modellfreie Steuerung ausgewählt wird.

3. System nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung mindestens einen Sensor umfasst, der angeordnet ist, um mindestens eine Bedingung des Ofens zu erfassen.

4. System nach Anspruch 3, wobei der Ofen eine Decke (**106**) und einen Boden (**104**) aufweist und der mindestens eine Sensor ausgewählt wird aus der Gruppe umfassend einen Temperatursensor in der Ofendecke, einen Temperatursensor in dem Ofenboden, einen Drucksensor in Fluidkommunikation mit dem Ofeninneren, einen Abgassensor in Fluidkommunikation mit dem Ofeninneren und einen Temperatursensor zum Erfassen der Temperatur des Ofenabgases.

5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die mindestens eine Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung eine Eingangsvorrichtung zum Übertragen von Daten zu der Steuerung, die für Glasqualität kennzeichnend sind, umfasst.

6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die mindestens eine Ofenbedingungs-Eingangsvorrichtung eine Eingangsvorrichtung zum Übertragen von Daten zu der Steuerung, die für die Ofenzuggeschwindigkeit kennzeichnend sind, umfasst.

7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das mindestens eine Steuersignal einen ersten Steuersignalsatz und einen zweiten Steuersignalsatz umfasst, wobei die Steuerung in Kommunikation mit dem ersten Ventilsatz steht, um den ersten Steuersignalsatz zu dem ersten Ventilsatz (**128**) zu übertragen, um die Durchflussgeschwindigkeiten von Oxidans und Brennstoff durch den ersten Ventilsatz und zu dem Sauerstoff-Brennstoff-Brenner (**120**) einzustellen, wobei die Steuerung in Kommunikation mit dem zweiten Ventilsatz (**130**) steht, um den zweiten Steuersignalsatz zu dem zweiten Ventilsatz zu übertragen, um die Durchflussgeschwindigkeiten von Oxidans und Brennstoff durch den zweiten Ventilsatz und zu dem Maulbrenner (**108–118**) einzustellen.

8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiterhin umfassend eine Mehrzahl von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern (**120**), die angeordnet sind, um Flammen in den Ofeninnenraum zu lenken, wobei die Quelle von Oxidans und die Quelle von Brennstoff in Fluidkommunikation mit der Mehrzahl von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern steht, wobei der erste Ventilsatz (**128**) zwischen der Mehrzahl von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern und den Quellen von Brennstoff und Oxidans angeordnet ist, wobei der erste Ventilsatz betätigt werden kann, um den Durchfluss von Oxidans und Brennstoff zu der Mehrzahl von Sauerstoff-Brennstoff-Brennern zu regeln.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, weiterhin umfassend eine Mehrzahl von Maulbrennern (**108–118**), die angeordnet sind, um Flammen in den Ofeninnenraum zu lenken, wobei die Quelle von Luft und die Quelle von Brennstoff in Fluidkommunikation mit der Mehrzahl von Maulbrennern stehen, wobei der zweite Ventilsatz (**130**) zwischen der Mehrzahl von Maulbrennern und den Quellen von Brennstoff und Oxidans angeordnet ist, wobei der zweite Ventilsatz betätigt werden kann, um den Durchfluss von Oxidans und Brennstoff zu der Mehrzahl von Maulbrennern zu regeln.

10. Verfahren zum Betreiben eines Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend folgende Schritte:

- Feuern eines Sauerstoff-Brennstoff-Brenners in den Ofen, um eine Charge zu erhitzen;

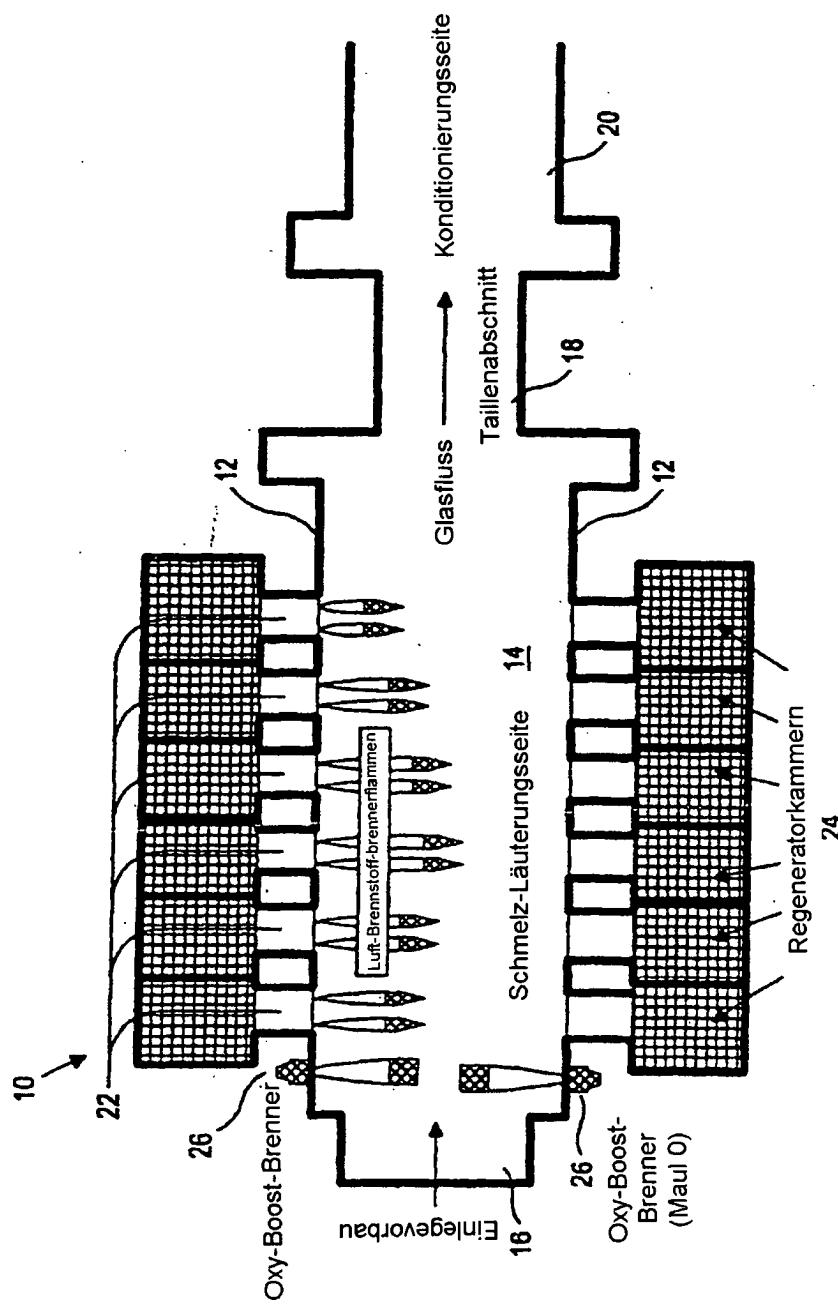
- Feuern eines Maulbrenners in den Ofen, um die Charge zu erhitzen;
- Messen eines Ofenprozessparameters;
- Eingeben des gemessenen Prozessparameters in eine Steuerung; und
- Steuern sowohl des Feuerns des Sauerstoff-Brenners als auch des Feuerns des Maul-brenners mit der Steuerung auf der Basis des gemessenen Prozes-sparameters.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Schritt des Steuerns das Steuern mit einer Steuerung umfasst, die ausgewählt wird aus der Gruppe umfassend eine adaptive Steuerung, eine prädiktive Steuerung und eine modellfreie Steuerung.

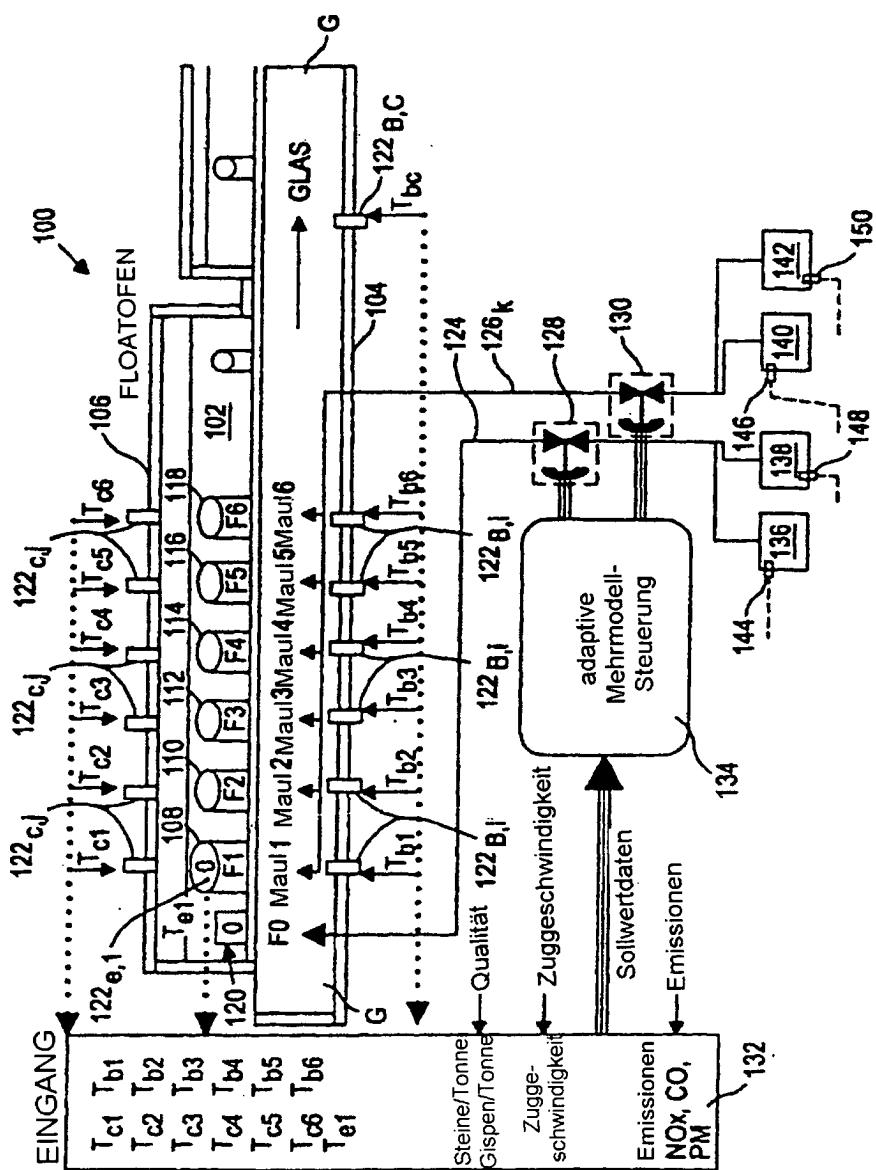
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei der Ofenprozessparameter ausgewählt wird aus der Gruppe umfassend Deckentemperatur, Bodentemperatur, Ofenabgaszusammensetzung, Ofenabgas-temperatur, Qualität der verarbeiteten Charge, Feuerfestigkeitszustand, Regeneratordruck, Ofendruck und Zuggeschwindigkeit.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1
(Stand der Technik)



Figur 2

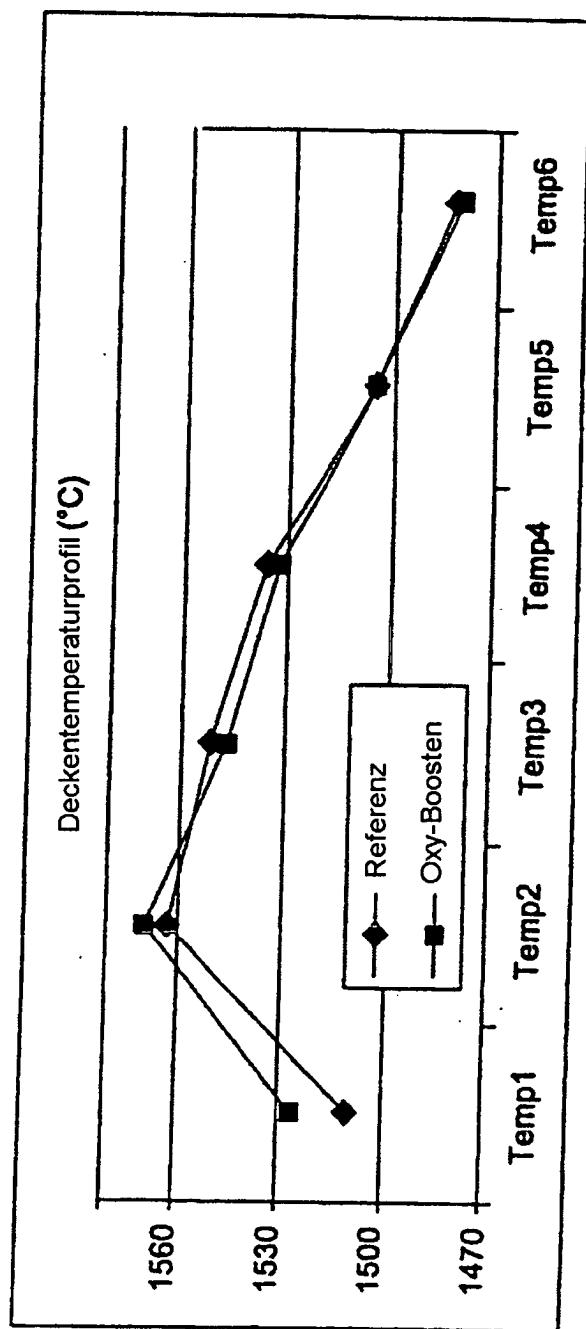


Fig. 3