

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4777534号
(P4777534)

(45) 発行日 平成23年9月21日(2011.9.21)

(24) 登録日 平成23年7月8日(2011.7.8)

(51) Int.Cl.	F 1
C03B 5/04 (2006.01)	C03B 5/04
C03B 5/235 (2006.01)	C03B 5/235
C03B 5/24 (2006.01)	C03B 5/24
F27B 9/36 (2006.01)	F27B 9/36
F27B 9/40 (2006.01)	F27B 9/40

請求項の数 9 (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-120948 (P2001-120948)
(22) 出願日	平成13年4月19日 (2001.4.19)
(65) 公開番号	特開2002-3224 (P2002-3224A)
(43) 公開日	平成14年1月9日 (2002.1.9)
審査請求日	平成20年4月4日 (2008.4.4)
(31) 優先権主張番号	09/553418
(32) 優先日	平成12年4月20日 (2000.4.20)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	591036572 レール・リキード・ソシエテ・アノニム・ プール・レテュード・エ・レクスプロワタ シオン・デ・プロセデ・ジョルジュ・クロ ード フランス国、75007 パリ、カイ・ド ルセイ 75
(74) 代理人	100084618 弁理士 村松 貞男
(74) 代理人	100092196 弁理士 橋本 良郎
(74) 代理人	100095441 弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 製品加熱システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炉の作動を制御する方法であって、
負荷を加熱するために前記炉に向けて酸素燃料バーナを点火する工程と、
負荷を加熱するために前記炉に向けて空気-燃料バーナを点火する工程と、
炉プロセスパラメータを測定する工程と、
前記測定されたプロセスパラメータをモデルフリーコントローラに入力する工程と、
前記測定されたプロセスパラメータに基づき前記コントローラで、前記酸素バーナの点火と前記空気-燃料バーナの点火との両方を制御する工程と、を有することを特徴とする製品加熱方法。

10

【請求項 2】

前記プロセスパラメータが、ガラスが炉内に配置されたときの、頂部温度と、底部温度と、炉排ガス組成物と、炉排ガス温度と、処理された負荷の質と、耐熱性状態と、回生圧力と、炉圧力と、ブルレートとからなる群から選択されることを特徴とする請求項1に記載の製品加熱方法。

【請求項 3】

製品を加熱するのに有用なシステムであって、
側壁及び内部スペースを有する炉と、
炎を前記炉の前記内部スペースに向けるように配置された少なくとも1つの酸素燃料バーナと、

20

酸素、酸素濃縮ガス、又はそれらの組み合わせから成り、前記少なくとも1つの酸素燃料バーナと流体連絡しているオキシダント源と、

前記少なくとも1つの酸素燃料バーナと流体連絡している燃料源と、

前記酸素燃料バーナと前記燃料源及びオキシダント源との間に配置され、前記少なくとも1つの酸素燃料バーナへのオキシダント及び燃料の流量を制御するように作動可能な第1のバルブセットと、

炎を前記炉の前記内部スペースに向けるように配置された少なくとも1つの空気 - 燃料バーナと、

前記少なくとも1つの空気 - 燃料バーナと流体連絡している空気源と、

前記少なくとも1つの空気 - 燃料バーナと流体連絡している燃料源と、

10

前記空気 - 燃料バーナと前記燃料源及び空気源との間に配置され、前記少なくとも1つの空気 - 燃料バーナへの空気及び燃料の流量を制御するように作動可能な第2のバルブセットと、

少なくとも1つの出力信号を発生する少なくとも1つの炉状態入力装置と、

前記少なくとも1つの炉状態入力装置からの出力信号を受信するために前記少なくとも1つの炉状態入力装置と連絡するものであって、前記少なくとも1つの炉値のためのセットポイント値を有しており、入力値とセットポイント値との比較に基づいて少なくとも1つの制御信号を発生し、また、少なくとも1つの制御信号を、前記第1のバルブセットを通るオキシダント及び燃料の流動レートを設定する第1のバルブと酸素燃料バーナとに伝達するために前記第1のバルブセットと連絡し、さらに、少なくとも1つの制御信号を、前記第2のバルブセットを通る空気及び燃料の流動レートを設定する第2のバルブと空気 - 燃料バーナとに伝達するために前記第2のバルブセットと連絡しているモデルフリーコントローラと、を備えたことを特徴とする製品加熱システム。

20

【請求項4】

前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、前記炉の少なくとも1つの状態を検知するために配置された少なくとも1つのセンサを備えたことを特徴とする請求項3に記載の製品加熱システム。

【請求項5】

前記炉が頂部と底部とを有し、前記少なくとも1つのセンサが、前記炉の頂部における温度センサと、前記炉の底部における温度センサと、前記炉内部と流体連絡している圧力センサと、前記炉内部と流体連絡している排ガスセンサと、前記炉排出ガスの温度を検知するための温度センサとからなる群から選択される、ことを特徴とする請求項4に記載の製品加熱システム。

30

【請求項6】

前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、ガラスが炉内に配置されたとき、ガラスの質を表示するコントローラにデータを伝達するために用いられる入力装置を備えたことを特徴とする請求項2に記載の製品加熱システム。

【請求項7】

前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、ガラスが炉内に配置されたとき、前記炉におけるパッチライン位置を表示するコントローラにデータを伝達するために用いられる入力装置を備えたことを特徴とする請求項2に記載の製品加熱システム。

40

【請求項8】

前記少なくとも1つの状態入力装置が、炉ブルレートを表示する前記コントローラにデータを伝達するために用いられる入力装置を備えたことを特徴とする請求項2に記載の製品加熱システム。

【請求項9】

前記少なくとも1つの制御信号が、第1の制御信号セットと第2の制御セットとを有しており、前記コントローラが、前記第1の制御信号セットを、前記第1のバルブセットを通るオキシダントと燃料との流動レートを設定する前記第1のバルブセットと前記酸素燃料バーナとに伝達するために前記第1のバルブセットと連絡し、前記第2の制御信号セッ

50

トを、前記第2のバルブセットを通るオキシダントと燃料との流動レートを設定する前記第2のバルブセットと前記ポートバーナとに伝達するために前記第2のバルブセットと連絡している、ことを特徴とする請求項3に記載の製品加熱システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、炉における酸素ブースト制御に係り、特に炉の温度の制御に特徴を有する製品加熱システム及び方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

世界中におけるフラットガラス（フロート炉において生成される）の需要の増加は、オキシダント・燃料（「酸素」）をブーストする技術にとって主要な原動力になるものとして期待されている。Joshi, M. L. 等は、“Oxygen-fuel boosting as applied to float glass furnaces（フロートガラス炉での利用時に酸素・燃料をブーストする）”として、American Flame Research Committee, 1996年とAFRC Spring Members Technical Meeting, Orlando, FL, 1996年5月6-7日とて発表している。未開発分野のフロートプラントに対する比較的長期のエンジニアリング及び建設段階では、即時市場要求を満たす効果的な、進行中の酸素をブーストする解決法が、産業界の人々にとって費用面でも最も効率がよく、危険率の低い選択となるようにと考慮されている。

10

【0003】

代表的なフロート炉は、1つの側面に5つ乃至8つのポートを有するサイド点火回生（regenerative）タイプである。図3は、6つのポート22を有する代表的なフロートガラスタンク10を示している。炉10は、側壁12と、内部チャンバ或いはスペース14と、入口或いはドッグハウス16とを備えている。腰部18は、内部チャンバ14のガラス流動下流側を受け入れ、そこからガラスが炉の調節端部20に移動する。タンクの大きな寸法により、十字点火だけが可能である。図3は、各ポートに割り当てられる1つの回生チャンバ24を有する6つのポートの炉を示している。回生チャンバは、燃焼空気を約200°F (1204°C)と約2400°F (1316°C)との間に予熱するのに使用される。熱回復のための20分から30分の周期的プロセスは、一般に排ガスを使用してなされる。空気・燃料バーナ（図示せず）は、1つのポートに2つから3つのバーナをして各ポートに設置されている。バーナは、「ポートの下で」点火されるか、「ポートを介して」点火されるか、或いは「ポートのサイド」点火構成を使用して点火されることになる。

20

【0004】

炉には、更に酸素ブーストバーナ26が設けられている。一般的な酸素ブーストシステムは、「ポート0」をブーストし、酸素ブーストバーナ26が、ドッグハウス16の注入壁と第1のポート22との間に配置される結果になっている。一般的に、標準の酸素バーナ或いは高性能段階付け酸素バーナは、ポート0の位置に設置されている。その酸素ブースト点火能力は、総溶融室の点火能力の5%から20%程である。その酸素ブーストプロセスは、炉のプルレートを増加し、同一プルレート或いはより高いプルレートで、ガラスの質（例えばガラス1トン当たりの種子、石等の数の減少）を増大し、同一或いはより高いプルレートで炉のピーク回生温度を低下或いは維持し、同一或いはより高いプルレートで回生チャンバ温度を低下或いは維持し、回生器におけるプラグの問題を回避し、ポートバーナだけの空気・燃料点火によって達成されることができない、その他の困難な問題を解消することを試みるのに使用されている。

30

【0005】

酸素ブースト技術の使用を成功するための難題は、ポートバーナの空気・燃料点火レートにおける特定の（測定された）変化と連結されるポート0（或いは他の有利な位置）での

40

50

酸素バーナの最適な点火にある。従って、従来のシステムにおいては、上記利益をもたらす為に、全体の熱 - 入力プロファイルを最も効果的にすることを試みてきた。

【 0 0 0 6 】

フラットガラスプラントにおける炉のオペレータは、試行錯誤方法によってこの最適化プロセスを試みてきた。例えば人間であるオペレータは、所望の炉耐熱性温度及びプロファイル、所望のガラス底部温度及びプロファイル、必要とされるプルレート、ターゲットガラス質数等が得られるまで、各ポートに対する空気 - 燃料点火レートの増分を減少し、続いて酸素ブースト点火レートを増大する。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

10

従来の炉の操作上の問題点は、酸素ブースト制御システムが、空気 - 燃料燃焼制御と同一でなく、空気 - 燃料燃焼制御と一体化されないか、或いは連絡していないという事実により複雑になっていることがある。その上、旧型装置改装の酸素ブーストシステムは、一般に、スタンドアローンのタイプであり、そして全体的な炉操作を管理するために独立して作動される必要がある。多くの場合、酸素ブースト点火及び空気 - 燃料点火における変化は相補的でなく、そして、炉操作を乱すことになる。これは、この期間、臨界炉耐火物の不十分な製品の質、或いは起こり得る過熱を結果として生ずることになる。

【 0 0 0 8 】

酸素をブーストする間に所望の炉頂部温度及びガラス底部温度を達成する為のセットポイント調節は、炉とオペレータによる熟練の技のレベルとにより、数週間から数ヶ月かかることがある。炉設定時間が長ければ長い程、炉の生産力と不十分な製品の質と高い運転経費とにおける損失が大きくなる結果を生ずる。更に炉プルレートが、種々の理由（例えば、市場の需要における変化により）により変更を余儀なくされる場合には、全体の調節手順が繰り返される必要があり、そして新しいセットポイントが、酸素をブーストする点火及び空気 - 燃料点火の両方の為に改めて決定される必要がある。

20

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、炉の生産性を増大させ、製品の質の改善を図り、ガラス製造のための低作動経費化を実現する炉の酸素ブースト制御システム及び方法を提供することにある。詳細には、適応コントローラにより、50%以上（セットポイントに達するために）炉設定時間を短縮し、炉燃料或いは酸素供給中断の間の設定時間を短縮し、製品產出高と製品の質とを改善することを可能ならしめることにある。

30

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の製品加熱システムは、製品を加熱するのに有用なシステムであって、側壁及び内部スペースを有する炉と、炎を前記炉の前記内部スペースに向けるように配置された少なくとも1つの酸素燃料バーナと、前記少なくとも1つの酸素燃料バーナと流体連絡しているオキシダント源と、前記少なくとも1つの酸素燃料バーナと流体連絡している燃料源と、前記酸素燃料バーナと前記燃料源及びオキシダント源との間に配置され、前記少なくとも1つの酸素燃料バーナへのオキシダント及び燃料の流量を制御するように作動可能な第1のバルブセットと、炎を前記炉の前記内部スペースに向けるように配置された少なくとも1つのポートバーナと、前記少なくとも1つのポートバーナと流体連絡しているオキシダント源と、前記少なくとも1つのポートバーナと流体連絡している燃料源と、前記ポートバーナと前記燃料源及びオキシダント源との間に配置され、前記少なくとも1つのポートバーナへのオキシダント及び燃料の流量を制御するように作動可能な第2のバルブセットと、少なくとも1つの出力信号を発生する少なくとも1つの炉状態入力装置と、前記少なくとも1つの炉状態入力装置からの出力信号を受信するために前記少なくとも1つの炉状態入力装置と連絡するものであって、前記少なくとも1つの炉値のためのセットポイント値を有しており、前記出力値とセットポイント値との比較に基づいて少なくとも1つの制御信号を発生し、また、少なくとも1つの制御信号を、前

40

50

記第1のバルブセットを通るオキシダント及び燃料の流動レートを設定する第1のバルブと酸素燃料バーナとに伝達するために前記第1のバルブセットと連絡しているコントローラと、を備えたことを特徴とする。

【0011】

さらに、本発明の製品加熱システムでは、前記コントローラは、適応コントローラと、予測コントローラと、モデルフリーコントローラとからなる群から選択されることを特徴とする。

【0012】

そして、本発明の製品加熱システムでは、前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、前記炉の少なくとも1つの状態を検知するために配置された少なくとも1つのセンサを備えたことを特徴とする。

10

【0013】

さらに、本発明の製品加熱システムでは、前記炉が頂部と底部とを有し、前記少なくとも1つのセンサが、前記炉の頂部における温度センサと、前記炉の底部における温度センサと、前記炉内部と流体連絡している圧力センサと、前記炉内部と流体連絡している排ガスセンサと、前記炉排出ガスの温度を検知するための温度センサとからなる群から選択されることを特徴とする。

【0014】

そして、本発明の製品加熱システムでは、前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、ガラスの質を表示するコントローラにデータを伝達するための入力装置を備えたことを特徴とする。

20

【0015】

さらに、本発明の製品加熱システムでは、前記少なくとも1つの炉状態入力装置が、前記炉におけるバッチライン位置を表示するコントローラにデータを伝達するための入力装置を備えたことを特徴とする。

【0016】

そして、本発明の製品加熱システムでは、前記少なくとも1つの状態入力装置が、炉ブルートレートを表示する前記コントローラにデータを伝達するための入力装置を備えたことを特徴とする。

【0017】

30

さらに、本発明の製品加熱システムでは、前記少なくとも1つの制御信号が、第1の制御信号セットと第2の制御セットとを有しており、前記コントローラが、前記第1の制御信号セットを、前記第1のバルブセットを通るオキシダントと燃料との流動レートを設定する前記第1のバルブセットと前記酸素燃料バーナとに伝達するために前記第1のバルブセットと連絡し、前記第2の制御信号セットを、前記第2のバルブセットを通るオキシダントと燃料との流動レートを設定する前記第2のバルブセットと前記ポートバーナとに伝達するために前記第2のバルブセットと連絡していることを特徴とする。

【0018】

そして、本発明の製品加熱システムでは、さらに、炎を前記炉内部スペースに向けるために配置される複数の酸素燃料バーナを備え、前記オキシダント源及び燃料源が前記複数の酸素燃料バーナと流体連絡し、前記第1のバルブセットが、前記複数の酸素燃料バーナと前記燃料源及びオキシダント源との間に配置され、前記複数の酸素燃料バーナへの前記オキシダントと燃料との流量を制御可能であることを特徴とする。

40

【0019】

さらに、本発明の製品加熱システムでは、さらに、炎を前記炉内部スペースに向けるために配置される複数のポートバーナを備え、前記オキシダント源及び燃料源が前記複数のポートバーナと流体連絡し、前記第2のバルブセットが、前記複数のポートバーナと前記燃料源及びオキシダント源との間に配置され、前記複数のポートバーナへの前記オキシダントと燃料との流量を制御可能であることを特徴とする。

【0020】

50

そして、本発明の製品加熱方法では、炉の酸素ブースト制御方法であって、負荷を加熱するために前記炉に向けて酸素燃料バーナを点火する工程と、負荷を加熱するために前記炉に向けて空気・燃料バーナを点火する工程と、炉プロセスパラメータを測定する工程と、前記測定されたプロセスパラメータをコントローラに入力する工程と、前記測定されたプロセスパラメータに基づき前記コントローラで、前記酸素バーナの点火と前記ポートバーナの点火との両方を制御する工程とを有することを特徴とする。

【0021】

さらに、本発明の製品加熱方法では、前記制御する工程が、適応コントローラと、予測コントローラと、モデルフリーコントローラとからなる群から選択されるコントローラで制御されることを特徴とする。 10

【0022】

そして、本発明の製品加熱方法では、前記プロセスパラメータが、頂部温度と、底部温度と、炉排ガス組成物と、炉排ガス温度と、処理された負荷の質と、耐熱性状態と、回生圧力と、炉圧力と、プルレートとからなる群から選択されることを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

本発明の目的、特徴、及び付随する利点については、添付の図面、及び本発明により構成される実施の形態により、当業者には自明となる。

【0024】

図面を参照するにあたって、いくつかの図を通じて示される同一或いは対応する要素には 20 同一の参照符号を付している。

【0025】

以下の説明において、用語「オキシダント(oxidant)」は、例えば、酸素、酸素濃縮空気、酸素濃縮（空気を含まない）ガス、空気、及びそれらの組合せの意を含んでいる。但し、これに限定されるものではない。

【0026】

本発明は、酸素ブースト点火を制御する、好ましくは、更にフロート炉のような大型ガラス炉を含む炉において、空気・燃料バーナ点火、及び／又はハイブリッド酸素燃料バーナ点火、及び空気・燃料バーナ点火を制御するプロセス制御に関する。大型サイド点火回生式フロート炉は、生産量増加、ガラス質の改善、上部構造の温度の低下、大気中への排気物質の減少等を含む種々の理由で、酸素ブースト点火を採用している。酸素ブーストは、ドッグハウスと「ポート0」点火として周知である第1のポートとの間で行われることが好ましい。酸素をブーストすることの成功は、過去においては、経験を積んだ人間であるガラス炉オペレータによって起こされる機敏な変更に依存してきた。これらのオペレータの操作変更は、個々の空気・燃料バーナ点火レート及び分布における修正、炉の頂部及びガラス底部の為の温度プロファイルにおける変更、ガラスバッチライン位置における変更、及び所定のプルレートでガラス質を最も効果的にするための試みにおける酸素ブースト点火レベルの念入りな調節を含んでいる。 30

【0027】

炉のバッチラインは、人が、溶融されたバッチ或いはガラスに溶融されていないバッチ（原料）の変遷を目視できる溶融室における物理的な位置である。一般的に外観が黒ずんでいるこのラインは、炉溶融室の全長に沿って移動し、溶融プロセスの程度を示している。本発明によるプロセス及び装置は、バッチラインから炉の1つの端部への間隔を短縮し、ガラスの炉における滞留時間を長し、精製を改善し、及び全体のガラスの質を改善することを可能にする。 40

【0028】

既存の炉制御システムは、酸素ブーストプロセスを使用する間、様々なプルレートで、酸素点火と空気・燃料点火との両方を最適なレベルに自動的に調節するのには不適であった。本発明は、あらゆるプルレートでの操作を改善するため、酸素ブースト点火と空気・燃料点火との両方に必要な制御調節を予見するように適応コントローラを使用することで、 50

従来システムにおけるこれらの短所の改善に取り組んでいる。適応コントローラは、入力変数として、様々な炉耐熱性温度及びガラス温度と、排ガス温度と、炉或いは回生チャンバ圧力と、ガラスレベルと、ガラスプルレートと、フィードフォワード入力としてガラス質数（1トン当たりの種子／石）とを使用し、そして酸素ブーストバーナに必要であり、且つ個々の空気・燃料ポートバーナの点火分布を最も効果的にするための制御調節を予め用意している。

【0029】

本発明は、従来システムにおいて適切に取り組まれていなかった大型ガラス炉の酸素ブーストシステムを最も効果的にする操作に関連する上記の問題に取り組んでいる。本発明の適応コントローラは、「フィードフォワードモデル」から学習することが可能であり、そして酸素ブースト点火に委ねられる炉プロセスの新しい状態に対しても引き続き適応させることが可能である。10

【0030】

コントローラは、市販され入手可能な最新の種々のコントローラの中のいずれであってもよい。このコントローラとしては、適応コントローラ、予測コントローラ、「モデルフリー」適応コントローラ等でよい。一般に、適応制御システムは、それ自体の出力やレスポンスを変更プロセスに調節することが可能なフィードバック制御システムである。予測制御は、予測モデルと、時間間隔内の最適化プロセスと、その出力をプロセスに調節する為のフィードバック訂正とを採用している。「モデルフリー」適応コントローラは、プロセスの予め定められたモデルを含まず、その結果、コントローラが制御するべきプロセスの正確な知識を必要としない。このような「モデルフリー」適応コントローラは、早め同調を必要とせず、閉ループ構成で安定である。20

【0031】

前述のコントローラ製品の全ては、Richmond, BC, Canada(カナダ、BC、リッチモンド)のUniversal Dynamics Technologies, Inc., (更に、“The Concept in Process Control(プロセス制御における概念)”, Brainwave bulletin, (Universal Dynamics Technologies, Inc, 1999)を参照)から入手可能なBrainwave Process Control, Rancho Cordova, CA. (カリフォルニア、ランチョコルドバ)のCybosoft, General Cybernation Group, Inc., (さらに、“Model-free Adaptive Control Application Papers(モデルフリー適応制御アプリケーションペーパ)”, Cybosoft, Vol. 2, 1998年4月を参照)から入手可能なCyboCon, Vsetin, Czech Republic(チェコスロヴァキア)のGlass Service, Inc., から入手可能なExpert System ESI, Boxtel, The Netherlands(オランダ)のIPCOS Technology b.v., から入手可能なINCAC Control Package等の商標名で市販用として入手可能である。適切なコントローラ及び制御方法論のその他の例示は、米国特許第5,335,164号、米国特許第5,513,098号、及び米国特許第5,687,077号に記述されている。30

【0032】

コントローラは、制御されるべきプロセスを「観察する」ことによって、即ち、異なるプロセス信号が互いに関連する方法を表示するデータを受信することによって、それ自体の論理を生成し、そして修正する。これにより、コントローラが、プロセスを最も効果的にするために、プロセス反応を予測し、且つそれ自体を同調することを可能とする。適応コントローラは、自動プロセス制御の新しい世代であり、そして「Proportional - Integral - Derivative(比例積分微分)」(PID)-タイプのコントローラを含む従来の制御技術を越える特定の利点を呈している。PIDコントローラは、制約された非線形と時間変動とを有して、簡単なプロセスのために適切に作動する40

ことが周知であると同時に、P I D コントローラは、プロセスにおける変化が生ずる度毎に同調される必要がある。適応コントローラは、この欠点を持たず、その結果、炉制御の複雑性に最も適している。

【 0 0 3 3 】

特定の炉操作パラメータを適応コントローラに導入して、積分することによって、最適な酸素ブーストレベルおよび空気・燃料バーナ点火は、あらゆる特別のブルレートに対して従来の制御で達成可能なものよりも速く決定されることが可能である。その上、手動による（オペレータ）調節と関連する当て推量が削除され、そして炉セットポイントは、現在の方法と比べるとき、かなり短い時間の枠で達成される。

【 0 0 3 4 】

本発明によれば、所定の炉操作パラメータは、フィードフォワード入力として適応コントローラに使用される。そして、所定の炉プロセス変数は、制御プロセスにおいて制御入力を予想するのに使用される。適応コントローラは、コントローラのプロセス出力に基づいて、酸素ブーストバーナ、空気・燃料（或いは、ハイブリッド酸素燃料及び空気・燃料）バーナ（個々のポート点火レート及び分布）点火レート、或いは双方を調節する。本発明は、炉設定時間の短縮と、生産性の増大と、製品品質の改善と、操作費用の低価格とを達成することが可能である。

10

【 0 0 3 5 】

ここで、再度、図面に戻ると、図1は、本発明による炉システムの例示的な実施の形態を概略的に示している。この図1に示される実施の形態は、サイド点火回生式フラットガラスフロート炉 100 を参照して記述されると共に、本発明は当業者には既に明らかな異なるタイプの炉にも関する。

20

【 0 0 3 6 】

炉 100 は、全体として図3を参照して前述した炉 10 に類似しており、ガラス G が通過し、加熱される内部チャンバ或いはスペース 102 を備えている。底部表面 104、上部或いは頂部 106 及び側壁（図1には図示せず）は、内部チャンバ 102 の境界を画定する。炉の 1 つの側面につき、少なくとも 1 つのポート、好ましくは複数のポート、より好ましくは 5 つから 8 つのポートが設けられ、内部チャンバ 102 に導く。各ポート 108、110、112、114、116、118 は、区画及びその含有物を高い温度に加熱するために内部チャンバに向けられる少なくとも 1 つのバーナ、好ましくは複数のバーナ、より好ましくは 2 つ或いは 3 つのバーナ（図示せず）を収容するか、或いは備えている。当業者によって既に明らかにされているように、バーナは、同時に特別の負荷によって必要とされるように、例えば 3000°F (1649°C) か、或いはそれ以上の極めて高い温度に炉 100 の内部を加熱することが可能である。ポート 108 - 118 のバーナは、本発明の範囲内で、予め定められた或いは制御された点火レート比、例えば 50 : 50 で作動する空気・燃料バーナ、ハイブリッド酸素燃料バーナ、及び空気・燃料バーナを含むあらゆるタイプのバーナでよい。

30

【 0 0 3 7 】

図3を参照して前述されたものと類似する方法において、炉 100 は、注入壁と第 1 のポートとの間の「0」ポート部分における各側壁に少なくとも 1 つの酸素ブーストバーナ 120 を備えている。酸素ブーストバーナ 120 は、総炉点火能力の約 5 % と約 30 % との間、好ましくは、約 5 % と約 20 % との間を供給する。先に簡単に述べたように、酸素ブーストバーナ 120 を使用すると、正確に使用される場合、特定の利点及び利益を有することが可能である。酸素ブーストバーナから得られる熱の適切な利用性は、ガラスの質を維持しつつ、炉生産量レートを 10 % まで増加することが可能である。ガラスの質について多数の異なる度量法があるが、ガラスの質の 1 つの度量法は、ガラス 1 トン当たりの種子の数、或いはガラス 1 トン当たりの石の数によって画定することが可能である。これらの数は、極めて低くあるべきである（略 2 - 3 の石 / トン、及び略 20 - 40 の種子 / トン）。

40

【 0 0 3 8 】

50

炉 120 には、炉の端から端までに配置される少なくとも 1 つの、好ましくは複数の温度センサ 122 が設けられ、これらの位置で炉の温度を測定する。図 1 に示されるように、少なくとも 1 つの、好ましくは複数の温度センサ 122_{B, i} は、炉の底部 104 に配置され、内部チャンバ 102 の全長の部分に沿う材料の温度を検知する。少なくとも 1 つの温度センサ 122_{C, j}、好ましくは複数の温度センサ 122_{C, j} は、炉の最も高い位置であると推定される所に配置されている。図 1 に示される実施形態において、温度センサ 122_{C, j} は、炉の頂部に配置され、その全長に沿う頂部の温度を検知する。追加の温度センサが、さらに、設けられ、少なくとも第 1 のポート (122_{E, 1}) における、さらに、任意に、炉の下流側部分 (122_{B, C}) における排気温度を検知する。先の記述においては、変数「i」、「j」が使用され、各グループにおいてそれぞれ 1 から N の温度センサ 122、及び 1 から M の温度センサ 122 があることを表示するのに使用されている。N 及び M のための値は、整数であるように選択されることが可能である。当業者によって既に明らかにされているように、そして、下記により詳細に記述されるように、N 及び M の大きな値は、炉の操作についての更に多数のデータを供給すると同時に、それは、このデータを処理するために一層効果的なコンピュータ処理能力を必要とする。したがって、センサの数は、プロセス制御反応速度とプロセス制御精度との間を比較検討するために選択される。

【0039】

流体流動ライン 124 の 1 つの管束は、酸素ブーストバーナ 120 をオキシダント源 136 と燃料源 138 とに連結している。流体流動ライン 126_k の 1 つの管束は、ポート 108、110、112、114、116、118 のバーナをオキシダント源 140 と燃料源 142 (「k」は、炉 100 のポートの数を表示する) とに連結している。1 組のバルブ及びコントローラ 128 は、ラインの管束 124 を通る流体の流量を制御し、1 組のバルブ及びコントローラ 130 は、ラインの管束 126_k を通る流体の流量を制御する。当業者によって既に明らかにされているように、バルブセット 128、130 を通る流体 (オキシダント及び燃料) の流量が、ポートのバーナの点火レートを決定する。従って、炉の所定のプルレート (材料流動レート) に対して、バルブセット 128、130 が、炉内及び材料の温度プロファイルを決定する。

【0040】

入力装置 132 は、ここに記述される温度センサ (122_{B, i}、122_{C, j}、122_{E, 1}、122_{B, C} 等) のそれぞれ、及び以下で詳述される任意に追加のセンサと連絡し、そしてそのセンサの位置における温度を表示するデータ信号をそれぞれから受ける。その上、入力装置は、キーボード、データポート等をも含み、それらによって、他のプロセス入力及び出力データが、入力装置に入力されることを可能としている。これらプロセスデータは、限定されるものではないが、炉によって産出される材料の質 (ガラス溶融炉のための石 / トン及び種子 / トン) を表わすデータと、プルレート (例えばトン数 / 1 日) と、炉ガス放出 (例えば、NO_x、CO、CO₂、SO_x 等) と、排気筒、炉及び / 又は回生チャンバ圧力で測定される温度と、ガラスレベルを含むことも可能である。

【0041】

入力装置 132 は、入力装置に入力されるサブセット或いは全てのデータを組み立てるよう、及びこのデータをマルチモデル適応コントローラ 134 に連絡するように構成されるロジックを含んでいる。コントローラ 134 は、バルブ及びコントローラセット 128、130 と制御連絡し、そして、酸素ブーストバーナ (F₀) への、及び炉 100 のポート (F₁ - F_k) バーナのそれぞれへのオキシダントと燃料との流動レートを制御する。従って、コントローラ 134 は、炉及び炉内で処理される材料の温度プロファイルを制御する。コントローラ 134 は、前述の米国特許に記述されるこれらのうち、特に上述のものを含み、市販で入手可能な適応コントローラ、予測コントローラ及び / 又は「モデルフリー」コントローラ等でよい。

【0042】

コントローラ 134 は、モニタに備えられ、そして、酸素ブースト材料加熱プロセス、た

とえば、ガラス溶融プロセスを制御する。コントローラのレスポンスは、頂部温度 ($T_{C,j}$) 及びガラス底部温度 ($T_{B,j}$) 等のプロセス信号(セットポイント)が、酸素ブースト点火レート (F_0) 或いは空気・燃料点火レート (F_k) に関連する方法を観察することによって作られる。

【0043】

コントローラ 134 は、酸素ブーストバーナ及び空気・燃料バーナの両方のために流量制御バルブ設定における所望の変化を開始するために、そのプロセス反応信号をバルブ及びコントローラセット 128, 130 に、或いは任意に PID コントローラ等の既存の炉制御システム(図示せず)に送る。

【0044】

ガラス炉は、例えば、一般的に各炉に特有である予め定められた頂部温度プロファイルとガラス底部温度プロファイルとに基づいて作動する。人間であるオペレータは、様々なプルレートで適切なガラス質を得るために、これらの温度プロファイルを維持することを試みる。図 2において、炉頂部のための代表的な温度プロファイルがフロート炉のために示され、横座標は、炉の全長に沿う温度の位置を表示している。図 2に示される例示において、参照(酸素をブーストしない)温度及び酸素をブーストする温度が、同一のプルレートについて比較される。注入領域において僅かに高い頂部温度は、より良質なバッチつや出し加工と、混合とを可能とし、そして、ガラス組成物の一層均質溶融を結果として生ずる。結果として生ずるガラス質は、ガラス 1 トン当たりの種子及び石の数の両方において改善された。

10

【0045】

コントローラ 134 は、炉によって行われる加熱プロセスを最も効果的なものにする。コントローラは、そのうえ、異なるロジカルブロックの重みを調節するために、プロセスからそれ自体のモデルを組み立て、或いは「モデルフリー」コントローラのため組み立てることが可能である。一次プロセス及びコントローラを「訓練する」のに使用できる他のフィードフォワードモデルは、炉操作のいくつかのモデルのいずれであってもよい。従って、特定の例示について下記に述べられるので、本発明が、炉プロセスを制御するために適応コントローラを訓練するのに使用されることが可能なあらゆる上述のプロセスに関連していることが理解される。

【0046】

一次プロセスは、炉操作の最終結果に影響を及ぼすプロセスである。一次プロセスは、限定されるものではないが、酸素ブースト点火レート及び/又は空気・燃料点火レートにおける変更からのガラスのプルレートとガラスの質とにおける変化を含んでいる。従って、酸素ブースト点火レート変更および/または個々の空気・燃料点火レート変更の間ににおけるプロセスの変化(プルレート、ガラスの質)を監視することにより、コントローラが、プロセスの変化を表示するデータがコントローラに逆戻りして入力されるとき、一次プロセスを学習することを可能とする。したがって、プロセスの変化増分は、極めて小さくなり、さらに、システムの雑音より大きく、ガラスの質に関してほぼ ± 1 (種子、石)であり、点火レートに関してほぼ $\pm 0.5\%$ であり得る。コントローラは、次に、学習した一次プロセスを使用し、システム入力(バーナ点火レート)における変化へのプロセス反応について正確な予想をする。当業者によって既に明らかにされているように、ガラスのプルレートと質とにおける変化が、常に更新されるとき、コントローラは、それがシステムの変化に反応する方法を常に更新することが可能である。その結果、酸素ブーストプロセスのための代表的なモデル組み立て時間は、ガラス質の最適化のために 5 日から 6 日、そしてプルレート増加のために 3 日から 4 日ほどに短くなる。

30

【0047】

いくつかのフィードフォワードモデルは、更にコントローラ 134 を微同調するのにも使用可能である。従って、一次炉プロセスを「学習する」、即ち酸素ブーストバーナレート及び空気/燃料バーナレートで、炉プルレートと質との間の相関、マッピング、1 つ或いは複数の関数を確立するコントローラのプロセスが、一般システムパラメータに適合する

40

50

コントローラに焦点を合わせられるのに対して、フィードフォワードモデルは、一次プロセスに加えて、炉プロセスの予測値あるいは変数として使用されることが可能な追加のプロセスパラメータを供給する。一次プロセスを学習することで、コントローラがプロセスの一般アウトラインを決定可能とするのに対して、フィードフォワードモデルは、コントローラがデータを受けて、その結果として、プロセスが処理する方法を表示する炉プロセスにおける非常に多くの複雑な関係について学習可能とする。これにより、コントローラが、次に入力が変更されなかった場合、炉の予測された状態に基づくバーナ流動レートのプロセス入力を調節可能とする。フィードフォワードモデルの下記の例示は、当業者に既に明らかであるように、本発明によって包含される多数のモデルを単に示している。各フィードフォワードモデルは、酸素ブースト及び空気 - 燃料バーナ点火を 0 に合わせるか、あるいは 1 つを一定に維持することによって、炉プロセスに摂動を起こさせるようにもう 1 つを変化することにて、そして、様々な測定されたプロセス変数をコントローラに入力することで、コントローラの論理を開発するのに使用されることが可能である。学習プロセスは、次に、繰り返されることが可能であり、酸素ブースト及び空気 - 燃料バーナ点火のもう 1 つが、0 に合わせられるか、一定に維持されるかである。

【 0 0 4 8 】

(1) 頂部温度 : センサ 1 2 2 c , j などの温度センサによって測定されるような炉頂部温度は、コントローラ 1 3 4 による酸素ブースト点火レートおよび / または空気 - 燃料点火レートと関連するフィードフォワード入力として使用されることが可能である。空気 - 燃料点火だけを使用する頂部温度プロファイルは、スタートポイントとして使用される。酸素ブーストレベルの変化での頂部温度プロファイルにおける変化の 1 つあるいは複数の効果は、次に、相関され、そして、コントローラによって、それ自体の制御論理に組み込まれる。したがって、酸素ブーストレベルおよび空気 - 燃料点火は、回生最大温度を越えることなく制御されることが可能である。

【 0 0 4 9 】

(2) ガラス底部温度 : センサ 1 2 2 b , j などの温度センサによって測定されるようなガラス底部温度は、フィードフォワード入力として、また頂部温度の使用に類似する方法で使用されることが可能である。ガラス底部温度の酸素ブースト点火レートおよび空気 - 燃料点火レートを変化する 1 つあるいは複数の効果は、次に、相関され、そして、コントローラによって、それ自体の制御論理に組み込まれる。ガラス底部温度プロファイルは、一般に、ガラス均質化プロセスおよび溶融室内の再循環ループを表示するとき、コントローラ論理へのガラス底部温度入力の効果の組み込みは、様々なプルレートで良質なガラスを得ることを促進することが可能である。

【 0 0 5 0 】

(3) 放出 : 炉の放出 (N O x 、 C O 、 O 2 、 C O 2 、 S O x) は、さらに、フィードフォワード入力として使用されることが可能である。酸素ブーストレベルの変化での炉放出における変化の 1 つあるいは複数の効果は、次に、相関され、そして、コントローラによって、それ自体の制御論理に組み込まれる。 N O x 放出は、一般に、管理組織体によって規制されるとき、コントローラ論理への放出データの組み込みは、ガラスマーカーを含み炉オペレータのために放出フィードフォワードモデルを極めて重要とし、そして、最適化された N O x レベルは、本発明を使用して、所定のプルレートのため酸素ブーストプロセスの間に達成されることが可能である。

【 0 0 5 1 】

(4) 排ガス温度 : 様々なポートを通過する排ガスの温度は、フィードフォワード入力として使用されることが可能である。酸素ブーストレベル (特に、ポート 1 の排ガス温度 T E , 1) と排ガス温度の空気 - 燃料点火レートとを変化する 1 つあるいは複数の効果は、相関され、そして、コントローラによって、それ自体の制御論理に組み込まれる。ポート 1 の排ガス温度は、特に、酸素ブーストバーナによって達成される酸素ブースト点火のレベルを表示する。したがって、コントローラ 1 3 4 の論理におけるこの温度の効果を含むことによって、回生器の耐熱性温度は、所定のプルレートのために安全に維持されること

10

20

30

40

50

が可能である。

【0052】

(5) ガラス特性：いくつかの別のガラス特性（還元、酸化、粘性、色など）は、フィードフォワード入力として使用されることが可能である。光学センサおよび方法を含むこれら特性のため正常所在のセンサからの出力は、コントローラ134に入力されて、そしてそれらの効果は、コントローラ134の論理に組み込まれる。したがって、コントローラ134は、特有のガラス特性を達成するために、酸素ブースト点火レベルと空気・燃料点火レートを制御することが可能である。

【0053】

(6) バッチライン：ガラスバッチラインのガラス炉内の物理的位置は、市場で入手可能なCCDカメラによって確かめられることが可能であり、そしてフィードフォワード入力として使用されることが可能である。酸素ブーストおよび空気・燃料点火は、様々なプルレートで炉内のバッチラインの位置を維持するために制御される。酸素ブーストシステムが使用されるときバッチライン位置は、バッチ材料のための一層速い事前溶融／つや出し加工プロセスにより、注入壁に近接していることは周知であるので、コントローラ134へのバッチライン情報の入力は、コントローラが酸素ブーストバーナ点火レートおよび空気・燃料バーナ点火レートで製品特性をもたらすことを可能とする。

10

【0054】

(7) 耐熱性特性：炉の耐火材（たとえば、熱伝導性、厚さなど）の物理的特性は、温度センサなどによって測定されるとき、フィードフォワード入力として使用されることが可能である。酸素ブーストおよび空気・燃料点火は、時間の関数としてほぼ一定であり、あるいは極めて少ない変化を有して炉耐火材の特性を維持するために制御される。そのうえ、酸素燃料点火から腐食結果を減少するために、ほぼ一定に耐熱性特性を維持することは有益である。

20

【0055】

(8) 回生器あるいは炉圧力：それぞれ個々の回生チャンバにおける圧力および／または総炉圧力は、圧力変換器でこれらの圧力値を測定することによって、かつコントローラ134にそれらの出力を前方に供給することによって、フィードフォワード入力として使用されることが可能である。酸素ブースト点火は、一般に、総排気筒ガスにおける（特にポート1の回生チャンバにおける）減少により、特に、注入部における平均炉圧力を減圧する。この減圧は、燃焼ガスにおける窒素の排出に帰することが可能である。一般に、ポート0における酸素ブースト燃焼の導入後、いくつかのポートにおいて、減少された空気流動レートおよび回生チャンバの増加された空気予熱レベルを維持するために、回生器燃焼空気入口ダンバを閉鎖することは利点である。最適な炉および回生チャンバ圧力管理が、炉の熱効率と、さらに、ガラス質とをかなり改善することが可能である。

30

【0056】

オキシダント源136、140は、大量液体貯蔵、低温ASU（空気分離ユニット）、PSA（圧力スイング吸着）、VSA（真空スイング吸着）、TSA（熱スイング吸着）などを含むいくつかのタイプの源のいずれかでよい。バーナへのオキシダントの使用可能性が点火レート、その結果、全体的な炉操作をもたらすので、源136、140のそれぞれには、任意に、オキシダントレベルセンサ144、146がそれぞれに設けられることができある。オキシダントレベルセンサは、源136、140におけるオキシダントレベルが、予め定められたレベル以下に低下するとき、任意に、信号を発生する。オキシダントレベルセンサ信号は、他の入力と一緒に入力装置132に入力されることが可能であり、図面において破線で示されるように、バーナの操作を制御するために、コントローラ134によって使用されることが可能である。

40

【0057】

燃料源138、142には、さらに、燃料、たとえば、ガス炭化水素燃料の発熱量を測定するセンサ148、150が設けられることが可能である。変異性がバーナ点火レートを

50

もたらす特別燃料源のために、燃料の発熱量のインデックスであるW o b b e 数字における変異性があり得るので、センサ148、150の出力は、さらに、入力装置132に入力されて、図面において破線で示されるように、バーナの操作を制御するためにコントローラ134によって使用されることが可能である。

【0058】

要約すると、本発明はいくつかの態様を有している。本発明は、フロートガラス炉などの大型炉における酸素ブーストシステムを最も効果的にするための方法論に関する。本発明は、さらに、所望のガラスのプルレート増加、あるいは同一プルレートの持続、所望のガラス質（たとえば、1トン当たりの種子および石における）を達成するために酸素ブーストおよび空気・燃料点火分布とレートとを実行することと、安全限界以下に耐熱性温度を維持することと、要求されたレベル以下に放出(NO_x 、 SO_x 、 CO 、 O_2 、 CO および CO_2)を維持すること、最適な燃焼空気流動および空気予熱レベルのために最適な回生チャンバおよび炉圧力を維持することとに関している。10

【0059】

本発明は、さらに、大型炉における酸素をブーストするための適応制御システムを実施することに関している。ここでは、コントローラは、酸素をブーストすることで様々なプロセスパラメータ（プルレート、ガラスの質、温度、放出など）の効果を学習し、最も効果的にし、および／または予測することが可能である。酸素ブーストおよび個々の空気・燃料点火のレベルは、様々な一次およびフィードフォワードモデルを使用して最も効果的にされることが可能である。コントローラは、ガラスプルレートあるいはガラスの質が、酸素をブーストすることおよび／または個々の空気燃料点火レートのレベルと相關されることが可能である一次プロセスを学習することが可能である。そのうえ、炉頂部温度、ガラス底部温度、排ガス温度、放出(NO_X 、 O_2 、 CO 、 CO_2 および SO_X)、回生チャンバ圧力、ガラス特性、耐熱性特性などに基づくいくつかのフィードフォワードモデルは、酸素をブーストすることおよび個々の空気・燃料点火レートのレベルと相關されることが可能である。コントローラによるこの学習プロセスは、さらに、酸素ブーストを有する、および有さない炉を運転することによって、1つ以上の一次およびフィードフォワードモデルの開発を含むことが可能である。20

【0060】

本発明によって達成されることが利点は、炉生産性の増大と、ガラスの質の改善（種子と石の数において）と、ガラス製造のための低作動経費とを含んでいる。適応コントローラは、50%以上だけ（セットポイントに達するために）炉設定時間を短縮し、炉燃料或いは酸素供給中断の間の設定時間を短縮し、製品産出高と製品の質とを改善可能である。但し、これに限定されるものではない。30

【0061】

本発明は、好ましい実施形態を参照として詳細に記述してきたとはいえ、本発明の範囲から逸脱することなく、様々な変更が行われ、同等物が使用されることが可能であることは当業者には明らかである。前述の米国特許及び他の文献のそれぞれは、参照され、組み込まれる。40

【0062】

【発明の効果】

本発明によれば、炉の生産性を増大させ、製品の質の改善を図り、ガラス製造のための低作動経費化を実現する製品加熱システム及び方法を提供することができる。より詳細には、本発明によれば、適応コントローラにより、炉設定時間を短縮し、炉燃料或いは酸素供給中断の間の設定時間を短縮し、製品産出高と製品の質とを改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による炉の例示的な実施形態の断面立面図である。

【図2】本発明による炉の頂部温度のプロファイルのグラフである。

【図3】従来技術に係る炉の構造を示す図である。

【符号の説明】

10

20

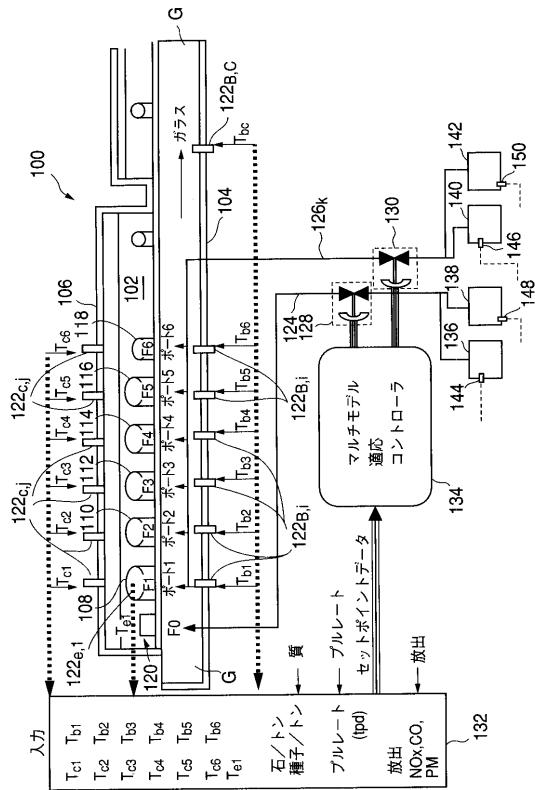
30

40

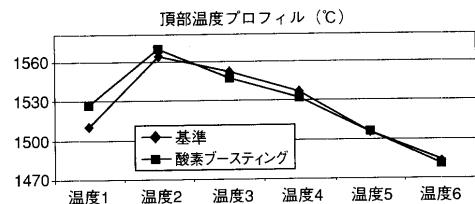
50

1 0 0	サイド点火回生式フラットガラスフロート炉
1 0 2	スペース
1 0 4	底部表面
1 0 6	頂部
1 0 8	ポート
1 1 0	ポート
1 1 2	ポート
1 1 4	ポート
1 1 6	ポート
1 1 8	ポート
1 2 0	酸素ブーストバーナ
1 2 2	温度センサ
1 2 4	流体流動ライン
1 2 6	流体流動ライン
1 2 8	バルブセット
1 3 0	コントローラ
1 3 2	入力装置
1 3 4	マルチモデル適応コントローラ
1 3 6	オキシダント源
1 3 8	燃料源
1 4 0	オキシダント源
1 4 2	燃料源
1 4 4	センサ
1 4 6	センサ
1 4 8	センサ
1 5 0	センサ

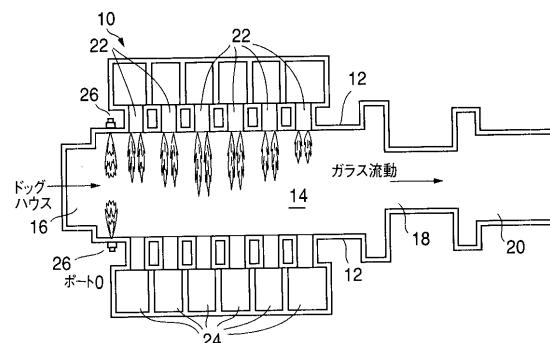
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.CI. F I
F 2 7 D 19/00 (2006.01) F 2 7 D 19/00 A

(72)発明者 マヘンドラ・エル・ジョシ
アメリカ合衆国、イリノイ州 60561、ダリアン、ホリー・アベニュー 1922

(72)発明者 オビデュー・マリン
アメリカ合衆国、イリノイ州 60532、リール、キャリッジ・ヒル・ロード 2040

審査官 藤代 佳

(56)参考文献 特開昭61-183126 (JP, A)

特開昭50-018510 (JP, A)

特開平11-311403 (JP, A)

特表平04-504708 (JP, A)

特開平10-316434 (JP, A)

特開平07-118022 (JP, A)

特開2001-4128 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

C03B 5/00-5/44

F27B 9/00-9/40

F27D 19/00

F27L 7/00

F23L 15/02