

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3616334号  
(P3616334)

(45) 発行日 平成17年2月2日(2005.2.2)

(24) 登録日 平成16年11月12日(2004.11.12)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 2 3 N 1/02

F I

F 2 3 N 1/02

H

F 2 3 N 1/02

J

請求項の数 21 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2000-613979 (P2000-613979)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成12年4月26日 (2000.4.26)</p> <p>(65) 公表番号 特表2002-543362 (P2002-543362A)</p> <p>(43) 公表日 平成14年12月17日 (2002.12.17)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/EP2000/003761</p> <p>(87) 国際公開番号 W02000/065280</p> <p>(87) 国際公開日 平成12年11月2日 (2000.11.2)</p> <p>審査請求日 平成13年11月29日 (2001.11.29)</p> <p>(31) 優先権主張番号 199 18 901.3</p> <p>(32) 優先日 平成11年4月26日 (1999.4.26)</p> <p>(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)</p>	<p>(73) 特許権者 501417918 ゲゼルシャフト ツール フェアヴェール トゥング デア ガースアールテンエアケ ヌングステヒニク イン プレナージステ ーメン (ゲーファウゲーベー) ドイツ D-91058 エルランゲン アム ヴァイクセルガルテン 21</p> <p>(74) 代理人 100082647 弁理士 永井 義久</p> <p>(72) 発明者 ドゥルスト・フランツ ドイツ D-91094 ランゲンゼンデ ルバッハ アイヒェンシュトラーセ 12</p> <p>審査官 久保 克彦</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスバーナーの供給管における酸化剤／ガス燃料混合物の調節装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

供給管における酸化剤 / ガス燃料混合物の組成を変化させる手段 ( 3 2 , 1 2 ) と、  
ガス燃料または酸化剤 / ガス燃料混合物の状態を検出する測定装置 ( 2 ) と、  
測定装置によって検出された状態に応じて、組成変化手段 ( 3 2 , 1 2 ) を制御する回路  
( 2 8 ) とを備え、

前記測定装置は、燃焼前におけるガス燃料または酸化剤 / ガス燃料混合物の少なくとも一  
部の発熱量またはウォッペ指数を、その少なくとも一部のガス燃料または酸化剤 / ガス燃  
料混合物の粘度またはその関数を測定することにより検出するように構成し、

前記測定装置は、流通方向において前記組成変化手段 ( 3 2 , 1 2 ) の上流側に配置し、  
前記回路は、検出された発熱量またはウォッペ指数に応じて前記酸化剤 / ガス燃料混合物  
の組成変化手段をオープンループ制御するように構成するか；あるいは前記測定装置は、  
流通方向において組成変化手段 ( 3 2 , 1 2 ) の下流側に配置し、前記回路は、検出され  
た発熱量またはウォッペ指数に応じて前記酸化剤 / ガス燃料混合物の組成変化手段をクロ  
ーズドループ制御するように構成した、

ことを特徴とするガスバーナーの供給管 ( 2 2 ) における酸化剤 / ガス燃料混合物の調節  
装置。

【請求項2】

酸化剤 / ガス燃料混合物の少なくとも一部の量の温度を検出するための少なくとも一つの  
測定部 ( 1 4 ) を備えた、請求項1記載の装置。

## 【請求項 3】

測定装置は、ガス燃料単独の粘度またはその関数を測定するものである、請求項 1 または 2 記載の装置。

## 【請求項 4】

測定装置 (2) は、チューブ (4) 全体における圧力降下と体積流量と及び必要に応じて温度との関係に基づいて動的粘度を測定できる管粘度計である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の装置。

## 【請求項 5】

チューブ (4) の寸法は、流れが実質的に層状をなすか、或いは少なくとも乱流と層流との遷移領域に存在するように選択された、請求項 4 記載の装置。

10

## 【請求項 6】

チューブ (4) が直線状のものとされた、請求項 4 または 5 記載の装置。

## 【請求項 7】

チューブ (4) は、その長さ全体にわたり均一な形状、特に円形横断面を有するものとされた、請求項 4 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 8】

チューブ (4) の直径が 0.2 mm より小さいものとされた、請求項 4 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 9】

チューブ (4) 全体またはチューブ (4) の範囲内の少なくとも一部における圧力降下を測定処理を用いて検出できるものとされた、請求項 4 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の装置。

20

## 【請求項 10】

チューブ (4) の入口が円形をなしている、請求項 4 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 11】

チューブ (4) のレイノルズ数が 1000 より小さいものとされた、請求項 4 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 12】

チューブ (4) 内の体積流量を調節する制御可能なポンプ (6) を備えた、請求項 4 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 13】

体積流量が、特に制御可能なポンプ (6) によって一定に調整されるものとされた、請求項 4 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の装置。

30

## 【請求項 14】

チューブ (4) 全体の圧力降下が、ポンプ (6) の調節によって調整されるものとされた、請求項 4 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 15】

ポンプ (6) がマイクロポンプ、特に半導体ポンプとされた、請求項 12 ~ 14 のいずれか 1 項記載の装置。

## 【請求項 16】

半導体ポンプ及び回路 (28) の少なくとも一部、また特に圧力及び温度センサが、共通の基板上に統合された、請求項 15 記載の装置。

40

## 【請求項 17】

チューブ (4) 全体の圧力降下が、ポンプの電力消費量に基づいて測定される、請求項 12 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 18】

点火以前においても酸化剤 / ガス燃料混合物の調節が作動し、かつ必要に応じて燃焼中に酸化剤 / ガス燃料混合物の組成を連続的に制御できる、ガスバーナー制御 (28) を特徴とする、請求項 1 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の装置。

## 【請求項 19】

ガスバーナーの供給ラインに一部の混合物を返送するための手段 (32, 12) を備え、

50

これが、測定された一部の混合物の初期圧力を実質的に無影響にすることを可能とする、請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 20】

ガスバーナーのガスユニット(32)部分であり、この部分に統合されている、請求項 1 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の装置。

【請求項 21】

基準ガスを測定装置に供給できるようになっている、請求項 1 ~ 20 のいずれか 1 項に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、酸化剤/ガス燃料混合物の組成を変化させる手段と、酸化剤/ガス燃料混合物の燃焼時の状態を検出する測定装置と、測定装置によって検出された状態に応じて、組成変化手段を制御する回路とを備えた、ガスバーナーの供給管(22)における酸化剤/ガス燃料混合物の調節装置に関する。

【0002】

加熱技術分野においては、従来から、ガスバーナーの燃焼作用がそこに存在するガスの品質に大きく依存するという問題点があった。この品質は、「Buderus Heiztechnik GmbH: Handbuch der Heizungstechnik (加熱技術ハンドブック), Beuth Verlag GmbH, Berlin, Vienna, Zurich, 33<sup>rd</sup> Edition, 1994」によれば、最大ウォッベ指数 (upper Wobbe index)  $W_0$  によって特徴付けられ、これは L タイプ天然ガスでは  $10.5 \sim 13 \text{ kWh/m}^3$  の範囲となり、H タイプ天然ガスでは  $12.0 \sim 15.7 \text{ kWh/m}^3$  の範囲となる。一つのグループのガスだけでなく両方のグループのガスを同時に用いて動作するガスバーナーを開発する努力もなされている。ハイカロリーガスは酸化剤の必要性が高く、ローカロリーガスは低い。以下において、酸化剤について述べられているときは、一般に空気を意味するが、特に酸素リッチの空気または全く異なる酸化剤を用いることができる。

【0003】

従来のガスバーナー制御では、ガスの供給量はガスの品質に適合されていない。このことは、空気過剰数 (air excess number) の変動を招き、もって通常の場合、好ましくない燃焼プロセスを招く。極端にハイカロリーのガスでは、可燃性ガス混合物中の酸化剤を少量にすることができるが、それによって汚染物質生成が増加し、反対にローカロリーのガスの炎は過度に多量の酸化剤によって完全に吹き消されてしまう。換言すればこのことは、効率の低さ及び単純な炎の消火によって合法的に規定された排気規制値を超えてしまうおそれがあるために、ガスバーナーの動作範囲を制限する結果を招く。よって、可能なガスの品質または品質種類の全てが低公害で安全に燃焼できるように、ガスバーナーの調節を可能にするべきである。

【0004】

さらにこの問題は、第 1 ~ 第 4 ガスファミリー、アルカン、アルケン、アルキン、ならびにメタン、高級炭化水素、水素、窒素、一酸化炭素、二酸化炭素および空気を大量に含むガス混合物気体燃料の燃焼においても同様である。この場合、燃料または空気若しくは酸化剤の量は、燃料の種類に適合させるべきである。

【0005】

同様のことは、液体または多相燃料にも当てはまる。液体燃料は、例えば高压ガス、液化可燃性ガス及び油、特にディーゼル油、暖房用オイル、菜種油を含む。多相燃料は、例えば気体相中で輸送される固形燃料粒子、不活性ガスを含む液体燃料または煮沸燃料を含む。

【0006】

そしてさらに、燃料の品質若しくは一般的には燃料の状態に従って用いられる技術が認められ、それに応じて空気比が制御されるようになっている。これは、もちろん一定のカロリー値に応じて添加物を更に使用することによる燃料品質調節の可能性を妨げるものではない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

一般には、ガスバーナーのための組成は、ガスバーナーが少なくとも最適な動作点の近傍で動作するように制御される。このようにすると、ガスバーナーの動作範囲は広がる。あらゆる場合において、主にガスバーナーの動作の測定に基づいた、要求される空気または酸化剤の量の正確な制御のための複合的な過程は、ガスバーナーのコストが可能な限り低く保持されたとしても技術的には実現することができない。

## 【 0 0 0 8 】

可燃性ガスの組成に依存しない燃焼を実現するためのいくつかの発想をいかに述べる。一つの可能性は、燃焼中のイオン流の測定に基づくものである。これに関しては、M. Hears, R. Marker, Dr. R. Naumann, H. Nolte: "Optimierung von Verbrennungsprozessen mittels eines Ionisations-Flammen-Managements" [イオン炎管理による燃焼プロセスの最適化], Gas Wärme International, 47 (1998), Number 2; and "Signale aus der Flamme, Luftzählererkennung aus dem Ionisationsstrom: Neue Möglichkeiten für die Kesseltechnik" [炎からの信号、イオン流からの空気比の検出：ボイラーエンジニアリングの新たな可能性], Ruhrgas Forum, Number 7, Essen, 1998という論文において言及されている。

10

## 【 0 0 0 9 】

イオン電極は、炎が消えたときにガス供給を遮断するガスバーナーの安全チェーンの構成部品である。使用される測定プロセスは、炎の中のガス - 空気混合物の分子およびその高温での反応生成物が電気伝導性のあるイオンに分離する物理的作用に基づくものである。ガスバーナーとイオン電極との間に電圧が加われば、炎が燃えている間は電極電流が流れる。

20

## 【 0 0 1 0 】

炎のオン/オフ状態の検出について付言すると、イオン流は、しかし燃焼状態に関する更なる情報、中でも燃焼温度および従って間接的に空気比に関する情報を含んでいる。較正によって、イオン流の最大値により特徴付けられる化学量論的な動作に関する基準が作られる。化学量論のそれより傾いた動作点は、この基準値に比例して成立し、制御の基準が形成される。

## 【 0 0 1 1 】

燃焼状態を改善するための他の可能性は、排気ガス中の酸化剤濃度の測定に基づくものであり、これは例えば自動車工学と同様になされる。これを行うには、いわゆるラムダプローブが使用される。これは、例えば企業Gasmodul (ハネウエル)の製造物情報：“ボイラーコントロールMCBA1400およびGMS10O<sub>2</sub>センサ”に説明されている。ラムダプローブは、固体電解質により相互に接続された実質的に2本の電極からなるものである。固体電解質は、ここで酸化剤として用いられる酸素のイオンを導くことができる。電氣的に直流の電圧が印加されると電気化学的ポンピング作用が形成され、その結果、酸素イオンは固体電解質を通過するルートをとる。酸素イオンの選択的なポンピングによって、ネルンスト電圧を発生する濃度勾配が生み出される。電位差を設定点に到達させるのに必要とされる時間間隔は、周囲の部分的な酸化剤の圧力の測定に従って用いられる。

30

## 【 0 0 1 2 】

ガス組成の考慮を伴う他のガスバーナーの制御方法は、光ファイバー測定処理を用いるものである。炎から放射され且つ混合物の組成に依存する放射光は、光プローブによって検出され、光ファイバーを介して光電子増倍管に送られる。そして光電子増倍管の信号が可変のガス供給量制御に用いることができる。そのような制御システムの一つは、例えば“Neuss Regelsystem für Vormischbrenner, Lichtleiter-Messtechnik erfasst Flammensignale,” [予備混合バーナーの新しい制御システム、光ファイバー測定技術が炎の信号を検出], Ruhrgas Forum, Edition 4, Essen, December 1992. という論文に説明されている。

40

## 【 0 0 1 3 】

供給される熱量の測定及び制御のためには、ドイツ特許公開公報DE 43 36 174 A1におい

50

て請求された他の方法がある。これは、ガスの体積流量、圧力、温度、密度、ならびに標準状態における音速および動作状態における音速の測定によって、ガス燃料により輸送される熱量に関しては結論が導き出されている。

【0014】

DE 29 28 739によれば、可燃性ガスの部分的な流れは分枝され、熱量計の管内で反応される。可燃性ガスの組成は関数関係により放出された熱量から決定される。このようにして送られる測定値は、ガス流のウォッベ指数をガスの供給によって一定に保持するために若しくはガス流量の適切に変化させるために、プロセスを制御するための信号として用いることができる。これらのプロセスは、ガス供給者によってガスの品質のチェック又は制御のために用いられ、或いはガスバーナー調節のための更に大きな産業プラントにおいて用いられる。

10

【0015】

原理的に、これらの全てのプロセスは、異なる物理量の測定装置による測定、ならびに測定装置から送られる信号に応じて混合物を制御する組成変化手段をなす回路によってオープンループ及びクローズドループの制御を伴うものである。この場合、制御は燃料品質の変動に対し燃焼プロセスを適合させる目的で実行される。

【0016】

最近では、それらのガスバーナーのプロセス、特に家庭用のガスバーナーのプロセスに限っては、イオン流測定またはラムダプローブを介して燃焼中またはその後に測定値を決定するものが技術的に優位を占めている。したがって、燃焼開始前のガス品質の変化に対応することは不可能である。

20

【0017】

他の決定的な技術的問題点は、ラムダプローブに関しては耐用年数が短いことであり、ガスバーナーシステムの熱負荷のイオン流測定に関しては、化学量論的ポイントに近づくにつれて汚染物質の発生が著しくなるという結果を伴うことである。

【0018】

さらに、イオン流測定においては、原理的に新たな出力の調節の度に再較正が必要になるため誤測定が起きる。よって、連続的な調節を達成するのは技術的に極めて困難である。例えば、動作における出力段数が限られるという制限がある。

【0019】

前述のガスの熱量決定は、確実にエネルギーロスがあることを意味する。コストを考慮すると、加熱設備のためのガス組成の熱量決定は推奨できない。

30

【0020】

そこで、本発明の主たる課題は、先に述べたタイプのガスバーナーの供給管において酸化剤/ガス燃料比を調節するための、改良された、またコストが適当な限度内に抑えられた装置を発明することにある。

【0021】

この課題は、燃焼前におけるガス燃料または酸化剤/ガス燃料混合物の少なくとも一部の発熱量またはウォッベ指数を、その少なくとも一部のガス燃料または酸化剤/ガス燃料混合物の粘度（または粘度の関数）を介して検出する測定装置を備えた装置を用いることによって解決される。前述の装置において、この測定装置は流通方向において組成変化手段の上流側に配置され、検出された発熱量またはウォッベ指数に応じて組成変化手段をオープンループ制御する回路によって酸化剤/ガス燃料混合物の組成を制御する。あるいは前述の装置において、この測定装置は組成変化手段の下流側に配置され、検出された発熱量またはウォッベ指数に応じて前記酸化剤/ガス燃料混合物の組成変化手段をクローズドループ制御する回路を用いて酸化剤/ガス燃料混合物の組成を制御する。

40

【0022】

そのようなある種の装置を用いて前述の課題が有利に解決されることは、何よりもまず予測できないことである。当業者であれば、イオン流測定若しくはラムダプローブによる公知のプロセスを、特殊な構造にするか又は改善された制御のための他のパラメータの測定

50

によって最適化することを想到するであろう。しかし本発明では、特にガスバーナーの上流の組成を測定するという、完全に異なるアプローチが採られる。この点に関して一つ知られているプロセスは発熱量の熱量測定であるが、確実にエネルギーのロスを伴い、またガスバーナーの制御に対しては現在までに使われたことがない。

【0023】

さらに、少なくとも一部の混合物の粘度は始めて規定されたものである。物理量は、ガスバーナーの制御においては現在まで考慮されたことがない。おそらく、後により詳しく説明する粘度と発熱量との相関が、専門家の間でも少ししか知られていなかったためであろう。

【0024】

本発明の完成後、本発明が前述の課題の解決に加えて他の利点をもたらすことが確かめられた。すなわち、本発明において請求された装置は、炎の点火前に於いても、変化したガス燃料の特性にガスバーナーを適合させるために使用することができる。このようにして、点火プロセスを容易にすることができる。特に低カロリーガスにおいて発生する点火の困難性は、通常の場合、ガスバーナーの構成の最適化のための複合的な測定によってのみ解消することができる。さらに、これによって始動時の排気を意図的に低レベルに制御することができる。

【0025】

さらに、ガス燃料供給が調節されたときには空気量事態も適切な形で調整されるため、連続的な動作が可能である。したがって、そのようなある種の装置を伴って動作するガスバーナーは、異なる段階の加熱のためにオン・オフが必要ではない。つまり、従来の燃焼においてガスバーナーの排気物質に対して重大に寄与する点火プロセスを回避することができる。これは同様に環境保護の改善に対しても寄与する。

【0026】

しかし、全体としてみれば、この技術を用いることによって更に完全なガス燃料の燃焼が可能であることが非常に重要であり、さらにこれはガスバーナーのランニングコストに有益な効果がある。保全周期、例えばガス燃料残留物の除去は、略完全な燃焼の結果として少なくなる。

【0027】

この装置において用いられる全く新規なプロセスによれば、装置は多種多様なタイプのガス燃料のガスバーナー制御に対しても用いることができる。さらに、測定装置の配置によって決まるこの装置は、組成変化手段の上流側及び下流側のいずれにおいても、オープンループまたはクローズドループで使用することができる。オープンループ制御は、酸化剤の供給のない純粋なガス燃料混合物において粘度を検出するときに、ウォッペ指数をより良く決定できることが判明しているため好ましい。

【0028】

物理的状态を考慮して本発明を説明するために、DE 29 28 739について言及すると、これには、多様な種類の天然ガスの燃料特性および組成が流体の動的粘度の関数として非常に正確に定めることができるという発見が開示されている。この開示においては、このプロセスが、輸送されたガス燃料量の請求のための適当な計測を発明するためにのみ推奨されている。しかし、そのプロセスはそこでは特に評判が良くならず、特に熱量測定手法は請求のための使用まで至らなかった。

【0029】

粘度からの発熱量またはウォッペ指数の決定の基本は、以下のように簡潔に説明できる。

【0030】

一般的な圧力及び温度状態における可燃性ガスのウォッペ指数最大値 $W_0$ は、すぐに分かるほどに、ガス燃料の燃料品質の重要な値であり、次の式で定義される。

【0031】

【数1】

10

20

30

40

$$W_0 = H_0 / (\rho / \rho_{L,n})^{0.5} \quad (1)$$

## 【 0 0 3 2 】

ここで、 $H_0$ は動作有効出力であり、 $\rho$ は可燃性ガスの密度であり、かつ $\rho_{L,n}$ は空気の標準的な密度(273.15 K及び1013.25 hPa)である。ウォッペ指数最小値 $W_0$ は、同様に定義され、有効出力 $H_0$ に替えて発熱量 $H_u$ が用いられる。

## 【 0 0 3 3 】

粘度は、例えば毛細管又はチューブ内の層状ガス流を仮定したときには、次の物理的規則性(ハーゲン・ポアズイユの法則)を基本として決定される。

## 【 0 0 3 4 】

## 【 数 2 】

$$\eta = (\Delta p \pi R^4) / (8 L V) \quad (2)$$

ここで：

$\eta$  ガスの動的粘度、

$\Delta p$  入口及び出口間の、または2箇所間の圧力測定位置間の圧力降下

$R$  毛細管の半径、

$L$  毛細管の長さ、及び

$V$  燃料ガスの体積流量。

## 【 0 0 3 5 】

層状領域において正確である等式(2)の代案として、不完全に形成された乱流、すなわち層流及び完全な乱流の間の遷移領域におけるパイプの階層に依存する、更に幾分複合的な関数を使用することが可能である。

## 【 0 0 3 6 】

他の案は非円形チューブ、特にそれらが矩形、環状または楕円形の横断面を有するものを使用することにより成立する。しかしその場合、等式(2)から逸脱した他の関数関係を定めなければならない。等式(2)よりも複合的に表される、多相流体に対する有効粘度と圧力降下との関係もまた用いることができる。

## 【 0 0 3 7 】

したがって、動的粘度を決定するためには、幾何学的データに加えて $V$ 及び $p$ を知らねばならない。ガスバーナー制御のためには、一方では小さい毛細管を用いることにより装置の要求スペースを小さく保つために、他方では流れの入口作用を低く保つために、体積流量は少なくするべきである。これらは、体積流量が大きいと非常に重大になり、大きな測定誤差をもたらす。さらに、小さい毛細管を用いるとコストを抑えることにもなる。非常に少ない体積流量の測定は極めて困難である。したがって、一定の非常に少ない体積流量を可能な限り利用可能なように作らなければならない。これは特に、マイクロポンプ、特に半導体マイクロポンプの手段による本発明のある形態により発生させることができる。圧力損失は公知の手法(圧電式)によって計測できる。さらに、動的粘度の決定のために、温度及び動的粘度の相関も考慮することができる。本発明において好適に使用される、装備された粘度センサの動作形態について次に説明する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 8 】

ポンプは、圧力降下が測定される毛細管を通して既知の体積流量での一定の輸送を行う。ガス温度を考慮した場合、粘度と対応する、したがってウォッベ指数または他の品質値、特に最低でも空気を要求する加熱出力及び発熱量と対応する、電気信号が定められる。選択的に、 $V$ および  $p$ の測定、または  $p$ の制御調節及び $V$ の測定もまた行うことができる。もし定量ポンプの電力損失が将来的に低くなり、圧力損失がポンプの電力消費量に基づいて決定できる程度になるならば、特別な圧力信号の測定又は規定は省略することができる。本発明は理論的考察を用い、ガス組成が変化したとき、仮に乱流の抑制によりガス燃料の体積流量が燃料の比重の平方根に対して反比例するようであれば、次式を適用する。

## 【 0 0 3 9 】

## 【 数 3 】

$$(\rho_2 / \rho_1)^{0.5} (L_{\min,1} / L_{\min,2}) \cong \lambda_1 (W_{0,1} / W_{0,2}) \cong \lambda_1 (W_{u,1} / W_{u,2}) \quad (3)$$

10

## 【 0 0 4 0 】

空気比  $\lambda_2$  は一般にウォッベ指数 ( $W_0$ =ウォッベ指数最大値 ;  $W_u$ =ウォッベ指数最小値) と標準動作  $\lambda_1$  における一次空気比 (primary air ratio) との比に対していくらか比例するよ

20

うに変化する。ここに、

$L_{\min,1,2}$  可燃性ガス密度、及び  
最小空気必要量。

## 【 0 0 4 1 】

反対に、乱流の抑制が発生せず、しかし一定  $p$ の層状通過流が発生したときには、次式を適用する。

## 【 0 0 4 2 】

## 【 数 4 】

$$\lambda_2 = \lambda_1 (\mu_2 / \mu_1) (L_{\min,1} / L_{\min,2}) \quad (4)$$

30

## 【 0 0 4 3 】

プロセスが、可燃性ガスの体積流量が可燃性ガス密度に関係なく作用した状態で使用あされるならば、次の単純な関係を適用する。

## 【 0 0 4 4 】

## 【 数 5 】

$$\lambda_2 = \lambda_1 (L_{\min,1} / L_{\min,2}) \quad (5)$$

40

## 【 0 0 4 5 】

前述の計算は、粘度を決定するための理想的なケースを示しており、発熱量および必要な空気量を定めるのには十分である。あらゆるケースにおいて、現に普及している状態は、先に検討した理想的な状態からは概ねはずれており、一般には単純な関係は予測できず、正確に計測された特性を信頼するべきである。

50



## 【0046】

しかしながら、この発熱量及び従ったウォッベ指数の決定は、酸化剤/ガス燃料混合物の少なくとも一部の量の温度を検出するための少なくとも一つの測定部を備えるという本発明の一つの特徴によればさらに改善できる。温度測定に基づくと、発熱量及び従ってウォッベ指数は更に良く検出することができる。しかし、その測定された温度は、一連の特性に基づいて、ウォッベ指数又は発熱量だけでなく、要求される空気により良い決定のための付加的なパラメータとして導入することもできる。

## 【0047】

測定精度は主に、ガス燃料の粘度単独または粘度の関数を検出するという本発明の一つの有利な特徴によって高められる。

10

## 【0048】

他方、もし空気/ガス燃料混合物の粘度が決定されたならば、例えば追加空気のパラメータは調節のために用いられる。これは装置を不必要に複雑にする。このため、既に上述したように、装置によるオープンループ制御はクローズドループ制御よりも好ましい。

## 【0049】

粘度決定のための他の公知の装置とは別に、本発明の一つの好ましい形態として提案された測定装置は、チューブ全体の圧力降下と体積流量と及び必要に応じて更に温度との関係に基づいて動的粘度を決定することができる管粘度計である。特にそのような一つの測定装置は、きわめて簡素で複雑な粘度決定がより少ないという利点を有する。

## 【0050】

他の好ましい本発明の形態では、流れが実質的に層状をなすか又は少なくとも乱流と層流との間の遷移領域に存在するように、チューブの寸法が選択されたものが提供される。

20

## 【0051】

この形態では、流れは実質的に層状に限定される。これは、前述の等式によるクローズドループ制御を非常に簡単に決定できるという利点を有する。反対に、実質的に乱流の場合、各装置に対して粘度をより良く決定するために、それらの各々について一連の特性を決定する。これは、本発明において請求された装置の製造プロセス及び製造コストを増加させるであろう。

## 【0052】

基本的にこれらの条件のもとで、直線状であろうと、またはあらゆる形に湾曲若しくは屈曲したものでであろうと、あらゆるチューブを使用できる。実際にはあらゆる横断面が可能である。特に、本発明の二つの好ましい特徴、すなわち(1)チューブが直線状であること、及び(2)チューブはその長さ全体にわたり均一な形状、特に円形横断面を有することによって、コストを著しく低減することができる。

30

## 【0053】

この点で、基本的にあらゆるチューブの直径を選択できる。しかし、粘度測定において僅かなガスのみが測定に使用されるとともに圧力上昇が可能な限り高くなり、それによって毛細管に対する遷移が発生すると、とりわけ有利である。これは、チューブの直径が0.2 mmよりも小さく与えられた本発明の一つの好ましい特徴としてみなされる。とりわけこの寸法は、本発明の前述の特徴と組み合わせると、圧力降下または流速に基づく粘度検出が特に良好となる。

40

## 【0054】

粘度計を用いると、特にチューブを流通した後の圧力損失または一定の圧力差における流速を測定することによって、明確に粘度を決定することができる。さらに、粘度を決定するための公知の流れに関する等式を通じて、流れの状態及び圧力降下のあらゆる組み合わせを用いることが可能である。

## 【0055】

しかし、特に本発明の一つの特徴によれば、チューブ全体または少なくとも部分的なチューブ片の範囲における圧力降下は、流速を実質的に一定に保持した状態で、測定技術によって検出できるため好ましい。

50

## 【 0 0 5 6 】

チューブ入口の圧力変化は、僅かに測定を不正確にする。このようなチューブ入口において秩序が乱れる結果を無くすために、一つの有利な発展としてチューブ入口が円形であるものを提案する。

## 【 0 0 5 7 】

特に、チューブの寸法の規定に関しては、寸法が 1 0 0 0 よりも小さいレイノルズ数を考慮したものであると、特に有利となる。

## 【 0 0 5 8 】

チューブ内の体積流量の調節のための制御可能なポンプを備えていると、測定処理の観点からは特に簡素となる。体積流量が一定に保持されると、粘度は圧力測定に基づいて、また必要に応じて付加的な温度測定に基づく温度の考慮による著しく変化する温度によって容易に決定できる。これは、主にポンプが、特に本発明の一つの好ましい形態によるこの制御可能なポンプによって体積流量が一定に調整されるように制御されたときに、容易に行うことができる。

10

## 【 0 0 5 9 】

他方、制御可能なポンプの他の可能性は、ポンプをチューブ全体における一定の圧力降下を考慮して調整されることである。この場合、粘度は実質的にポンプの制御にのみ基づいて定めることのできる体積流量によって決定する。要求される測定精度に一致させるために、測定値は温度の測定を加えることによって更に改善できる。ポンプは、特に定量ポンプ、回転式または振動式ポジティブ置換ポンプ (positive-displacement pumps) 及び回転式または振動式置換コンプレッサとすることができる。本発明の好ましい発展形態では、しかしマイクロポンプが備えられる。このポンプは微小な機械部品であり、経済的かつ簡素な構造のものである。特に、それは少ない輸送量に起因する気泡に対する耐久性もある。そのようなポンプの一つは、例えば “A self-priming and bubble-tolerant piezoelectric silicon micro pump for liquids and gases (液体またはガスのための自給及び気泡耐久性圧電シリコンマイクロポンプ)” Micro Electro Mechanical Systems MEMS, Jan. 25-29, 1999, Germany, by R. Lineman et al という論文に説明されている。

20

## 【 0 0 6 0 】

本発明の第 2 の発展形態による装置は、半導体マイクロポンプならびに回路 ( 2 8 ) の少なくとも一部のパーツ、特に圧力及び温度センサが共通の基板に統合される点で、及び/又はチューブ全体の圧力降下がポンプの電力消費量に基づいて決定できる点で、特にコンパクトで且つ複雑さの少ないものとなる。

30

## 【 0 0 6 1 】

特に、本発明の最後の発展形態では、圧力センサは、ポンプの電力消費量を圧力の測定に用いることによって省略できる。

## 【 0 0 6 2 】

ポンプ、特にマイクロポンプの電力損失は、現在では電力を圧力または望ましい粘度に対して容易に修正するようにして復元できる。

## 【 0 0 6 3 】

本発明の他の好ましい発展形態では、点火以前においても酸化剤 / ガス燃料混合物の調節が作動し、かつ必要に応じて燃焼中に酸化剤 / ガス燃料混合物の組成を連続的に制御するガスバーナー制御を備える。よって、連続的なガスバーナー作動の細かな利点ならびに特に低公害な点火が容易に達成される。

40

## 【 0 0 6 4 】

特に一定の条件下、例えばガス供給者によるウォッペ指数の変動に対する保証値においては、ガスバーナー制御が点火の前に及び/又は点火中に作動していれば事足りる。さらにその場合には、連続的な作動制御は省略することができる。

## 【 0 0 6 5 】

他方、特に非常に変動するガス供給に対しては、点火後においても連続的にまたは一定の測定インターバルにおいて制御を作動させることを推奨する。この場合、連続作動が好ま

50

しい。

【0066】

装置は、ガスバーナーを用いるガスユニットの一部として設計されるように小型化されていると特に有利である。この利点は、装置が上述のように統合された固体素子として作られるときにもたらされる。

【0067】

測定されるガス燃料または測定されるガス燃料混合物は、もちろん単純なケースでは周囲環境に分散させることもできる。しかしこれによって、たとえ少ない体積流量しか伴わないマイクロポンプを使用したとしても不必要に環境が汚染される。

【0068】

環境負荷を最小限にするために、測定された一部の混合物の初期圧力を実質的に無影響にすることを可能とする、一部の混合物をガスバーナーの供給ラインに返送するための手段、特にガスバーナーのファンを備えることにより、本発明は好ましく改良される。

【0069】

明らかのように、特にそのファンはこの目的のために適切なものとされる。かくして、一部の混合物の初期圧力を大きく変化させずに保持することが簡単に可能であり、測定処理における不正確さを容易に回避することが可能である。

【0070】

ある好ましい発展形態では、基準ガスを測定装置に供給できるように構成される。粘度センサはこの基準ガスをを用いて較正を行うことができる。

【0071】

本発明の他の利点および特徴は、添付図面に表された次の具体例を参照することにより、さらに理解できるであろう。

【0072】

ここで重要視する関係に対する重要な物理的概念はウォッペ指数最大値である。これは、標準状態における空気の比重に対するガスの比重の比の平方根に基づく加熱出力として定義される。図1に示されるように、ウォッペ指数と動的粘度との間には関数関係が経験則として存在する。

【0073】

動的粘度とウォッペ指数との関係が図1に示されており、これらの2つの量のための種々のガス燃料の個別の測定点を加えられている。いくつかのガス燃料は、ヨーロッパの国々の加熱技術の分野において受け入れられる指定レベルである。

【0074】

したがって、実線で示される動的粘度とウォッペ指数との関数関係に単純なものがあり、これは異なるガス燃料において $\pm 10\%$ の範囲に実質的に維持されている。

【0075】

図1は、10、20及び30の異なるガス燃料温度における、主なデータをプロットしたものである。さらにそこには、温度とは実質的に無関係の適度の許容範囲内のウォッペ指数と粘度との関数関係が示されている。しかし、同時に作用する温度を考慮した粘度の良好な決定によって、動的粘度に基づく供給発熱量に関するガスバーナーの制御が著しく改善される。

【0076】

発熱量が増加するにつれて、完全な燃焼のための酸化剤（例えば周囲空気から供給することができる）の要求もまた増加する。図2から明らかのように、種々のガス燃料に関する動的粘度（パスカル秒）が必要空気量に対してプロットされており、僅かな偏差しか伴わない、必要空気量と動的粘度との相応に単純な関係が同様に存在している。図2は、測定される動的粘度の10%の限度内において適切な必要空気量を最も望ましく設定できることを示している。特に、図3に見られるように、現行ガス燃料の発熱量と動的粘度とにおいて同様の関係が存在する。

【0077】

10

20

30

40

50

これらの3つの図は、供給される酸化剤または空気に関して殆どの多様なタイプの可燃性ガスの燃焼制御が、最適なガスバーナー動作に対して理想的に適したものとなることを明らかにしている。

【0078】

粘度センサ2を粘度測定装置とした一つの特に好適な具体例が図4に示されている。さらに、そのようなある種のセンサは管粘度計として知られている。この粘度センサ2は、主に測定対象の僅かな使用ガス燃料にのみ注意を集中させる。このため、ガス燃料がマイクロポンプ6によって供給される毛細管がチューブとして使用される。

【0079】

ガス燃料はチューブ8を通じて供給され、チューブ10を介して排出される。

10

【0080】

要求される僅かな量によって、ガス燃料は空気中に容易に逃げることができる。しかし図5及び図6に示されるように、それはガス燃料に対して再びまた送られる。

【0081】

図4の例におけるマイクロポンプ6は一定の体積流量のために始動される。体積流量は、挿入される毛細管4において適切に大きな圧力増加が発生し、十分な正確さで粘度を決定できるように選択される。毛細管4の入口及び出口に、圧力差を決定するための圧力センサ14が備え付けられる。さらに、特にガスの圧力降下および更に温度の2つをより正確な粘度決定のために利用できるように、圧力センサ14は温度センサを備える。

【0082】

20

圧力及び温度センサ14により発生される電気信号は、ライン16を介して評価のための電子機器に送られる。この評価電子機器は、圧力差および温度の信号をデジタル値に変換する2つのアナログ/デジタルコンバータから実質的に構成される。評価電子機器は、プロセッサユニットをさらに備えており、これがデジタル値を読み込んで、変換値から粘度のデータ値を算出する。特に、プログラムの実行はプロセッサに対して与えられる。プロセッサはデータ値を変換する。データ値は、適切な酸化剤/ガス燃料混合物を生み出すための空気又はガス燃料の追加量制御における特性を用い、粘度のためにかくして決定される。

【0083】

この目的のために用いられる指数は、流れが毛細管4を通じて実質的に層状であると特に容易に形成される。さらに、流れは層流と乱流との間に存在させることもできるが、渦または類似にももの分離に起因する不正確な結果を少なくするため、乱流領域における動作を推奨する。

30

【0084】

したがって、毛細管4はレイノルズ数が1000よりも少なくなるように設計される。特に、チューブの直径は2mmよりも小さく、特に0.2mmよりも小さくするのが、実用例に対しては好適である。

【0085】

特に図4の例では、微小な機械部品としてのマイクロポンプ及びさらに毛細管の両方、圧力及び温度センサが単一の基板上に実装されることがありうる。これらの部品は半導体工学における一般的なプロセスによって製造することができ、さらにアナログ/デジタルコンバータ及びプロセッサを有する評価電子機器についても同一の基板に統合し、実質的にあらゆるガスバーナー制御に使用できる全体が著しく小さい部品とすることが可能である。

40

【0086】

ガスバーナー制御装置に対する温度センサー2の統合手法は、特に図4及び5に基づく例に表されている。

【0087】

図5及び6は実質的に異なり、図5ではガス燃料供給が調整され、図6では反対に空気供給が調整される。

50

## 【0088】

簡略化のために、具体例では実際に実装する構成部品を省略している。研究所における設置への対応においては、例えばライン8及び10は、バルブ及び基準ガス（例えば周囲の空気）により制御されるガスパーナーから切り離し、粘度センサを経由するように備え付けられる。したがって、圧力センサ、ポンプ等により変化する機械的耐久性についても、ガスパーナー制御における長いインターバルでの適切な動作でさえも容易に可能となるように考慮されなければならない。

## 【0089】

図5及び図6に基づく両例では、ガス燃料は供給ライン20を介して輸送され、粘度に基づいて適切に混合された酸化剤/ガス燃料混合物は供給管22を介してガスパーナーに供給される。

10

## 【0090】

燃焼に必要とされる酸化剤は、図示された装置内に入口24を介して入る周囲空気の一部として供給される。両例の共通点は、ガス燃料が供給ライン20から供給ライン26を介して前述の粘度センサ2に供給され、そして測定されたガス燃料の総量がライン27を介して主ガス燃料流に再び供給されることである。供給位置は、実際的には動作に対して臨界的ではない。しかし、ライン27が図5及び図6に基づく具体例に示されるようにガス燃料ライン20に戻るようになっておらず、空気を供給するためのファン12に戻っているようにしていると、測定および調節は極端に臨界的でなくなることは確かめられている。

## 【0091】

ガス温度、圧力および体積流量の測定値は、入力ライン16を通じて制御手段28に対して送られる。制御手段28は、ガスのタイプの検出による付加機能の実装だけでなく一般的なガスパーナー制御の全てのタスクの実行のためにも使用される。ライン30を用いて電気信号は、ガス燃料供給が一般的な態様で制御されるガスユニット32に転送される。さらに、電気ガスユニットもまたデータ、特に夏季及び冬季動作のための手動設定をライン30を介して制御手段28に転送する。ガスユニット32は電気式および空気圧式の双方で作ることができる。空気圧式の組み合わせの場合、追加のアクチュエータが必要である。

20

## 【0092】

さらに、例えば付加機能のために使用できる、コントロール手段28に入る他のライン34が図5及び図6に示されている。具体例では、酸化剤/ガス燃料混合物の更に良い調節が可能となるように、空気温度の信号がこのライン34によって送信される。もちろん、周囲空気に関する他の物理的値を測定し、調節に用いることもできる。例えば、そのような一つの制御手段において、空気圧または大気の湿度が他の一連の特性を介して適切な信号の形態を与えることができるならば、さらにそれらを考慮することができる。

30

## 【0093】

図5からも分かるように、本例のガス燃料量はガスユニット32によって調整され、ガスパーナーの能力が調節されたときに、かくして形成された酸化剤/ガス燃料混合物がガスパーナーに対する供給管22を通る前に、ファン12によって一定の空気がさらに追加される。反対に図6においては、空気を供給するファン12の後方に、空気量を調整するアクチュエータ36が存在する。加えてファン12は、制御ライン38を介して制御手段28によって輸送量を決定するために制御される。

40

## 【0094】

上述の具体例は典型的なものである。まず、いくつかの変形の可能性について述べる。毛細管4を介しての一定の圧力差に関し、マイクロポンプ6の始動により粘度センサ2における圧力を一定に保つことが特に可能である。マイクロポンプ6を調節するための制御された変化、特にポンプの振動数は体積流量のために直接に測定される。したがって、体積流量、温度および圧力は制御に用いることができる。

## 【0095】

特に非常に単純なガスパーナーにおいて、制御の正確性が高度な要求に見合わなくても、

50

特別な温度の測定は必要ないことが分かっている。図5及び図6の具体例において制御される空気とガス燃料との混合比に加えて、供給ガス燃料の発熱量に応じたガスバーナーの制御のために他のガスを追加することができる。しかし、これらの変形の可能性の全てにおいて、各々の応用のために必要となるのと同程度の正確さで粘度センサ2に基づいて粘度が決定される点は共通している。動的粘度またはその複合関数の信号は、ガスバーナーの供給管22における酸化剤/ガス燃料混合物を、適切な加熱又は更に低排気のための制御に使用される。

【0096】

ここで提案したプロセスは、ガスバーナーの状態とは関係なく完全に動作する。かくしてそれは点火段階において使用することができ、この段階で可能な限り少ない汚染物質の排気が達成でき、そして点火プロセスは容易になる。

10

【0097】

他の利用可能性は、イオン流測定のために必要な操作モードを介する制御とは正反対の、ガスバーナーの調節態様にある。これは、参照されるイオン流が能力の変化を伴って変化するため、特にイオン流測定手段によって酸化剤/ガス燃料混合物の組成を制御するには技術的な困難性を伴う。

【0098】

この連続的な動作は加熱コストを著しく低減する。しかし、特により完全な燃焼によって多くの従来のガスバーナーと比べて保全間隔は長くなるという利点がもたらされる。これは、ガスバーナーは高出力で非常に短時間で動作しさえすればよいからである。

20

【0099】

特に、排気ガスの放出は、適切な酸化剤/ガス燃料混合物の組成の結果として非常に少なくなり、そして特に低カロリーガスにおいては、適切な酸化剤/ガス燃料混合物の組成によって、全体としてより高い燃焼効率が達成され、加熱コストもまた低減される。

【図面の簡単な説明】

【図1】燃焼作用によって特徴付けられる、動的粘度と燃焼ガス特性との間の関係を示すグラフである。

【図2】燃焼作用によって特徴付けられる、動的粘度と燃焼ガス特性との間の関係を示すグラフである。

【図3】燃焼作用によって特徴付けられる、動的粘度と燃焼ガス特性との間の関係を示すグラフである。

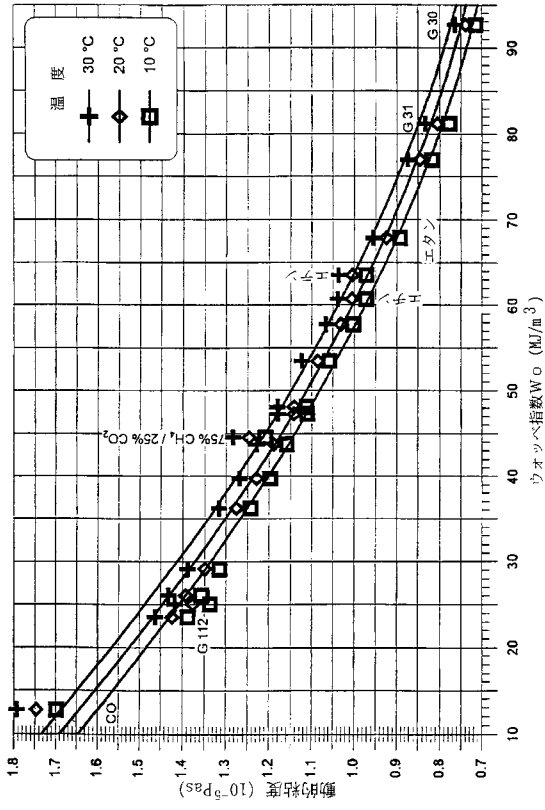
30

【図4】図4は、粘度を検出するための、測定装置の可能な構造を示す図である。

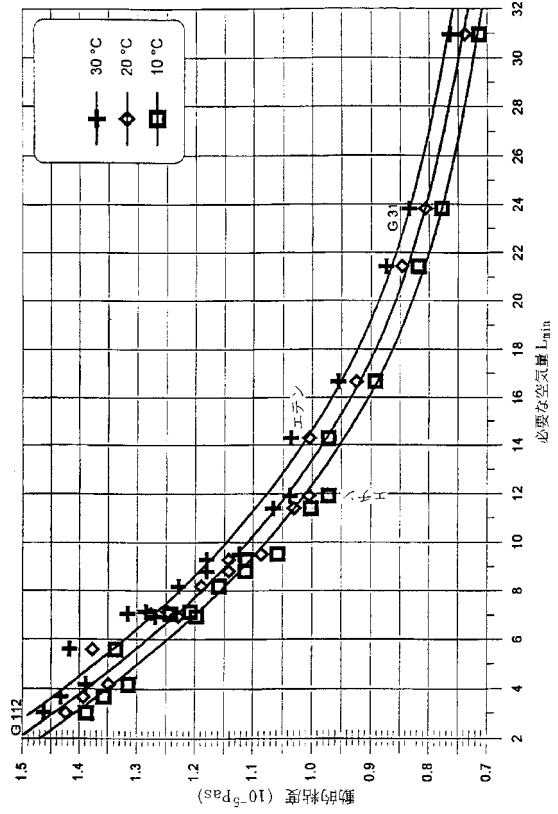
【図5】図5は、全体的なガスバーナー制御の組み合わせにおいて図4に示された測定装置を使用するための具体例を示す図である。

【図6】図6は、全体的なガスバーナー制御の組み合わせにおいて図4に示された測定装置を使用するための他の具体例を示す図である。

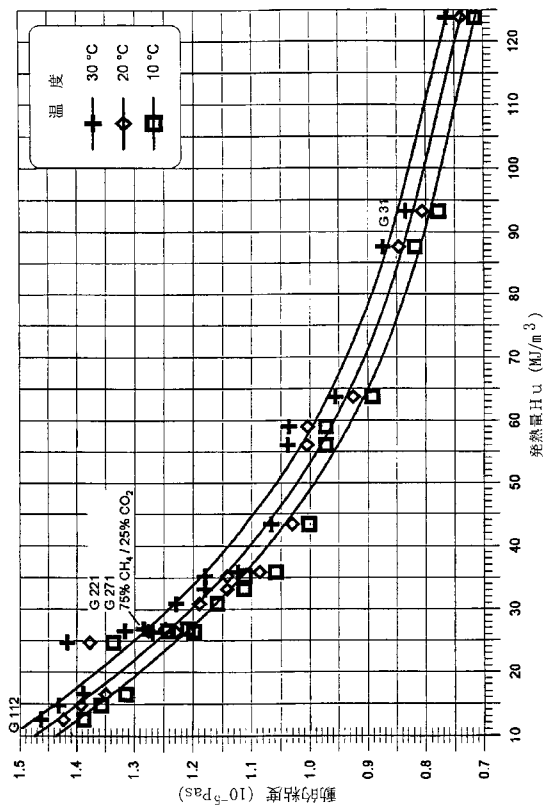
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

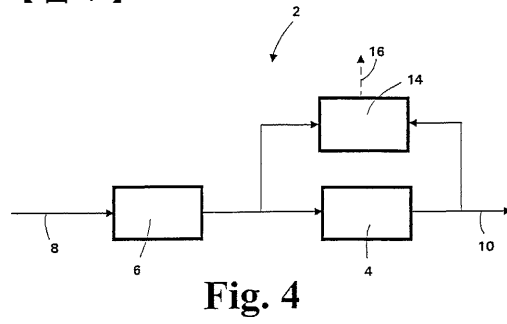


Fig. 4

【 図 5 】

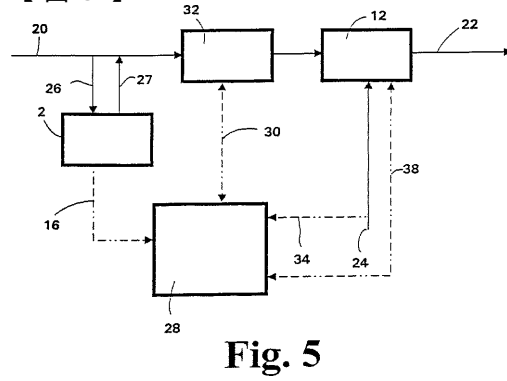


Fig. 5

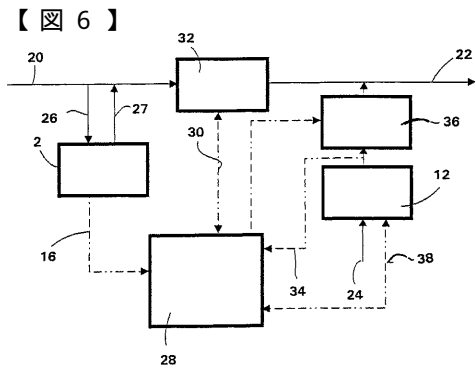


Fig. 6



---

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第04384792 (US, A)  
特開平05 - 203140 (JP, A)  
特開平01 - 147144 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
F23N 1/02