

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4059923号
(P4059923)

(45) 発行日 平成20年3月12日 (2008. 3. 12)

(24) 登録日 平成19年12月28日 (2007. 12. 28)

(51) Int. Cl.	F 1
F 2 3 N 5/16 (2006. 01)	F 2 3 N 5/16
F 2 3 R 3/34 (2006. 01)	F 2 3 R 3/34

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平10-512105	(73) 特許権者	シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(86) (22) 出願日	平成9年8月19日 (1997. 8. 19)		ドイツ連邦共和国 デー—8 0 3 3 3 ミ
(65) 公表番号	特表2000-517407 (P2000-517407A)		ュンヘン ウイッテルスバッヒャーブラッ
(43) 公表日	平成12年12月26日 (2000. 12. 26)		ツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/DE1997/001789	(74) 代理人	弁理士 山口 巖
(87) 国際公開番号	W01998/010226		ゾイメ、イエルク
(87) 国際公開日	平成10年3月12日 (1998. 3. 12)	(72) 発明者	ドイツ連邦共和国 デー—1 4 1 9 3 ベ
審査請求日	平成16年6月9日 (2004. 6. 9)		ルリン ビルゼシュトラーセ 3アー
(31) 優先権主張番号	19636093.5	(72) 発明者	フォルトマイヤー、ニコラス
(32) 優先日	平成8年9月5日 (1996. 9. 5)		ドイツ連邦共和国 デー—4 5 1 3 0 エ
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		ッセン ユリエンシュトラーセ 7 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッドバーナから発生される火炎の音響変調方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予混合バーナ（7）とこれに付属するパイロットバーナ（8）とを含むハイブリッドバーナ（6）から、主燃料流で予混合バーナ（7）におよびパイロット燃料流でパイロットバーナ（8）に導入される燃料を燃焼することによって発生される火炎（14）を、燃料を音響に応じて調整して導入することにより音響的に変調する方法において、前記主燃料流およびパイロット燃料流の内、前記パイロット燃料流のみが調整されるハイブリッドバーナから発生される火炎の音響変調方法であって、

a) 火炎（14）が燃焼器（2）内に発生され、この燃焼器（2）内に音響振動が生じ、

b) 音響振動を正確に表すセンサ信号が発生され、このセンサ信号からパイロット燃料流を調整する変調信号が作成され、

c) 火炎（14）が燃焼器（2）における音響振動に負帰還を生じさせる、
ことを特徴とするハイブリッドバーナから発生される火炎の音響変調方法。

【請求項 2】

ハイブリッドバーナ（6）が、タービン（3）に導入されここで膨張される煙道ガスを発生することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

予混合バーナ（7）とこれに付属するパイロットバーナ（8）とを含むハイブリッドバーナ（6）から、主燃料配管（9）を通して予混合バーナ（7）におよびパイロット燃料配管（12）を通してパイロットバーナ（8）に導入される燃料を燃焼することによって発

10

20

生される火炎（１４）を、燃料を音響に応じて調整して導入することにより音響的に変調する装置において、パイロット燃料配管（１２）を通して火炎（１４）に導入されるパイロット燃料流を調整する変調器（１８）がパイロット燃料配管（１２）に挿入されているハイブリッドバーナから発生される火炎の音響変調装置であって、

a）ハイブリッドバーナ（６）が燃焼器（２）にこの中に火炎（１４）が発生されるように接続され、

b）燃焼器（２）内における音響振動を正確に表すセンサ信号を発生するためのセンサ（２１）が燃焼器（２）に接続され、

c）このセンサ（２１）がセンサ信号を伝達するために変調装置（１９）に接続され、この変調装置（１９）によってセンサ信号から変調信号が作成され、この変調信号を伝達するために変調装置（１９）が変調器（１８）に接続されている、ことを特徴とするハイブリッドバーナから発生される火炎の音響変調装置。

10

【請求項４】

変調装置（１９）が燃焼器（２）内における音響振動に負帰還を生じさせるために調整できることを特徴とする請求項３記載の装置。

【請求項５】

ハイブリッドバーナ（６）が、唯一の燃焼器（２）に接続されている同形の複数のハイブリッドバーナ（６）から成る装置に付属し、各ハイブリッドバーナ（６）がパイロット燃料配管（１２）付きのパイロットバーナ（８）を有し、各パイロット燃料配管（１２）に変調器（１８）が挿入されていることを特徴とする請求項３または４に記載の装置。

20

【請求項６】

ガスタービン（１、２、３）におけるハイブリッドバーナ（６）に付属していることを特徴とする請求項３ないし５の１つに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

本発明は、予混合バーナとこれに付属するパイロットバーナとを含むハイブリッドバーナから、主燃料流で予混合バーナにおよびパイロット燃料流でパイロットバーナに導入される燃料を燃焼することによって発生される火炎を、燃料を音響に応じて調整して導入することにより音響的に変調する方法及び装置に関する。

本発明は、ガスタービンにおいてハイブリッドバーナで生じさせられる燃焼を制御して特にガスタービンにおける燃焼振動を抑制するためにガスタービンで採用されるような方法とその装置に関する。

30

燃焼振動とは、音響振動を生じ得る燃焼系において燃焼自体によって起こる一般的な音響振動を意味する。燃焼振動はあらゆる燃焼設備で観察できる音響雑音とはっきり区別しなければならない。即ち、明らかに知覚できる雑音を出さないような工業的規模で有意義な火炎は全くない。燃焼振動は、比較的大きな帯域幅の周波数を持つ自然音響信号を有する雑音と異なって、周波数スペクトルが非常に狭いという特長を有する。ガスタービンの燃焼系における燃焼振動は通常約１０Ｈｚ～数ｋＨｚの周波数を有している。工業設備における燃焼系はしばしば非常に複雑に形成されているため、実際には燃焼振動をその発生についておおよそその周波数について予測することはできない。一般にこれは、振動の周波数を決定する振動形成物の境界を認識することができないことに起因している。従って当該専門家は燃焼系における燃焼振動を回避する際に実験および他の経験的処置を参考にしている。

40

標準的な形式のハイブリッドバーナはヨーロッパ特許第０１９３８３８号明細書あるいはＡＳＭＥ出版物「９０－ＪＰＧＣ／ＧＴ－４」および「９４－ＧＴ－４６」で知られており、そのＡＳＭＥ出版物はハイブリッドバーナの運転について多くの示唆を含んでいる。このハイブリッドバーナはハイブリッドバーナで発生される熱の大部分を提供する予混合バーナを有し、燃焼が開始される前にこの予混合バーナの中で燃料および燃焼用空気が互いに緊密に混合される。燃焼は過剰空気のもとで進行し、即ち用意された空気内に燃料の完全燃焼のために必要とされる量より多くの酸素が存在している。これはちなみに多くの工業的に重要な燃焼系、特にガスタービンにおける燃焼系の特性である。過剰空気の下で

50

進行する燃焼を安定化するために、ハイブリッドバーナにパイロットバーナが設けられている。このパイロットバーナはこれが特に考え得るすべての状態において安定して運転するように形成され、特に本来の燃焼前にほとんど時間間隔なしに燃料と空気との混合が行われる拡散バーナとして形成されている。むしろ酸素は細かく分散された燃料に空気から拡散によって浸透し、発生した混合物の発火は著しい時間遅れなしに行われる。このパイロットバーナは発生すべき全熱量のほんの一部しか提供せず、従ってその形成および機能態様に無関係に場合によっては一部でハイブリッドバーナの好ましくない有害物例えば窒素酸化物の放出に貢献する。パイロットバーナが予混合バーナから出る混合物の燃焼を開始させ、安定化し、考え得るあらゆる運転条件の下に導入された燃料の完全燃焼が行われることを保証することはとりわけ重要である。

10

燃焼振動の抑制のためあるいは別の目的のためにバーナから供給される火炎をどのように好ましく変調するかについておよびそれに利用される装置およびシステムについては、ヨーロッパ特許出願公開第0601608号明細書並びに次の述べる論文で知られている。即ち、米国シアトルで1988年開催の第22回燃焼国際シンポジウム(22nd International Symposium on Combustion)のT. ポイント等著の論文「能動的制御による燃焼不安定の抑制入門(Initiation and Suppression of Combustion Instabilities by Active Control)」、雑誌「ジャーナル オブ プロパルジョン アンド パワー (Journal of Propulsion and Power)」(第6巻(1990年)第324頁)に掲載のP. J. ラングホーン等著の論文で知られている。「能動振動制御法」とも言う公知のすべての火炎変調方法は、これらの方法がただ実験室規模で建造されたシステムでの実験結果の評価に基づいて作られたのに過ぎず、実際の工業燃焼システムでの実験結果の評価に基づいていないことで共通している。公知の方法の一つは、燃焼器における音響波を、これに燃焼器に装備された適当なスピーカーで発生された逆相の同一周波数の波を重畳させることによって消滅することを提案している。別の公知の方法は、燃焼系に導入された液体燃料あるいは気体燃料の調整を利用している。そのような燃料調整は、燃焼振動が火炎において音響振動と揺れ動く熱発生とが同時に並列して生ずることによって特徴づけられるために行なえる。火炎が音響振動を維持するためのエネルギーを提供するので、火炎に到達する燃料流を適当に調整し、これによって火炎自体を変調することによって、音響振動に影響を与え、特に弱めることができる。その燃料調整は例えば燃料が火炎に振動して導入されるようにして行える。これに適したアクチュエータは上述のヨーロッパ特許出願公開第0601608号明細書に記載されている。

20

30

例えば100～250 MWの機械出力を発生するための定置ガスタービンの場合のように、燃焼系に導入される単位時間当たりの燃料の量が比較的多いとき、特別な問題が生ずる。その多量の燃料流の調整は事情によっては現在では商業的に利用できないほど大きなアクチュエータを必要とする。

本発明の課題は、冒頭に述べた方法および冒頭に述べた装置を、発生された火炎の音響変調を単純な手段でできるように改良することにある。

方法に関するこの課題を解決するために本発明に基づいて、予混合バーナとこれに付属するパイロットバーナとを含むハイブリッドバーナから、主燃料流で予混合バーナにおよびパイロット燃料流でパイロットバーナに導入される燃料を燃焼することによって発生される火炎を、燃料を音響に応じて調整して導入することにより音響的に変調する方法において、パイロット燃料流が調整され、主燃料流が調整されないようにされている。

40

本発明は、ハイブリッドバーナから発生された火炎の重要な特性、例えば一酸化炭素の発生率、長さ、バーナからの距離並びに燃料の変動下における安定性が、ハイブリッドバーナに導入される全燃料の事情によっては1%より少ないパイロットバーナに導入されるパイロット燃料流の僅かな変化によって大きく変化するという実験で得られた結果から出発している。そのことからパイロットバーナがハイブリッドバーナから発生された全火炎に過比例的に作用するということが認識され、またそこから本発明に基づいて、発生された全火炎を変調させるためにただパイロット燃料流、即ちパイロットバーナだけに導入される燃料の流れを調整するだけで済むことが導き出される。従って、比較的大きな熱出力を

50

発生するハイブリッドバーナの火炎を変調するために小形でコンパクトなアクチュエータを利用することができ、そして小形でコンパクトなアクチュエータであることによって、比較的高い周波数でハイブリッドバーナの火炎の変調を行うことができる。火炎の変調は、燃料が時間的に振動してパイロットバーナに流入するように、変調器として採用されたアクチュエータがパイロット燃料流を調整するようにして行える。

変調器として利用されるアクチュエータの詳しい形態は本発明にとって従属的なものであり、またハイブリッドバーナの詳細も従属的なものである。

本発明の方法の有利な実施態様において、火炎が燃焼器内に発生され、この燃焼器内に音響振動が生じ、音響振動を正確に表すセンサ信号が発生され、このセンサ信号からパイロット燃料流を調整する変調信号が作成され、この変調信号を用いて行われた火炎の変調によって燃焼器における音響振動に負帰還が生じさせられる。この実施態様は、燃焼器における音響振動が負帰還によって弱められ、従って変調なしで生じて火炎で引き起こされた作用が阻止されるので、燃焼器における燃焼振動を抑制するために本発明を利用できることを示している。そのような負帰還によって燃焼器における広帯域音響雑音がせいぜい減少されるだけで排除されないということは全般的な経験において分かっている。その理由はとりわけセンサ、変調器およびセンサと変調器との間に接続されたすべての装置から出る付加的な雑音にある。従って常に燃焼器内に音響振動が存在し、本発明の上述の実施態様の枠内で常にこの振動に由来するパイロット燃料流の調整も行われる。センサの形成の詳細についてはせいぜい従属的なものであり、一般にセンサは交番圧力検出器、例えばダイナミックマイクロホンの形式に基づくダイナミック番圧力検出器であり、これは適当な方法で燃焼器に接続され、電磁信号の形のセンサ信号を発生する。センサ信号は例えばこれを増幅し場合によって移相する変調装置に導かれ、同様に電磁変調信号として変調器に導かれる。この変調器は周知のようにして電磁式アクチュエータとして形成されている。本発明の方法は好適には、タービンに導入されここで膨張される煙道ガスを発生するハイブリッドバーナに利用され、このようにして本発明はガスタービンに利用できる。

装置に関する課題を解決するために本発明に基づいて、予混合バーナとこれに付属するパイロットバーナとを含むハイブリッドバーナから、主燃料配管を通して予混合バーナにおよびパイロット燃料配管を通してパイロットバーナに導入される燃料を燃焼することによって発生される火炎を、燃料を音響に応じて調整して導入することにより音響的に変調する装置において、パイロット燃料配管を通して火炎に導入されるパイロット燃料流を調整する変調器がパイロット燃料配管に挿入されているようにされている。

この本発明に基づく装置の主な利点は本発明に基づく方法についての上述した特徴から明らかであり、従ってそれを参照されたい。

特にハイブリッドバーナは燃焼器にその中で火炎が発生されるように接続される。同様に特に燃焼器には音響振動を正確に表すセンサ信号を発生するためのセンサが接続される。更にこのセンサはセンサ信号を伝達するために変調装置に接続され、この変調装置によってセンサ信号から変調信号が作成され、これを伝達するために変調装置が変調器に接続される。この装置の実施態様は、センサによって感知された燃焼器内における音響振動を変調器を介して火炎に強い影響を与えてこれにより燃焼器に戻すように働く帰還回路を有している。この実施態様は既に上述したように燃焼器における燃焼振動を抑制するために特に価値がある。燃焼器における音響振動に所望の負帰還を生じさせるために、変調装置はセンサ信号からの変調信号の作成について特に調整できる。

センサ信号および変調信号が特に電磁信号であることは既に述べた。これに応じて変調装置も特に電磁信号の処理装置、即ちつまるところ電子回路である。変調装置は一般的な電子回路技術で構成でき、その場合必要な形式で相互接続された増幅器、移相器およびフィルタを含んでいる。変調装置と、例えばハイブリッドバーナによる発熱を制御する制御装置、この関連で言えば例えばガスタービン全体の制御装置とを好ましく統合することについても同様にでき、変調装置にその間において利用可能なデジタル信号プロセッサを設けることが有利であり、これは、センサ信号を変調信号の形に処理する少なくとも主要部分がソフトウェアで実現できるという利点を有する。このことは、ソフトウェアで実現され

10

20

30

40

50

ハイブリッドバーナあるいはハイブリッドバーナを構成部品とする設備全体を制御するためのシステム全体に多かれ少なかれ容易に適合する。

本発明が唯一のセンサの利用および唯一のセンサ信号の処理に限定されないことは自明であり、音響振動を描写するために互いに全く異なっている複数のセンサを利用することが望しく有利である。センサ信号についてはただ音響振動の正確な描写が行われること、即ち燃焼器内における音響振動を一義的に推論することを可能にする多次元センサ信号が発生されることだけが重要である。変調信号は必ずしもセンサ信号と異なっている必要はないが、一般的にセンサ並びに変調器が発信されるかもしくは供給された信号を互いに何らかのやり方で整合させねばならない或る特性を有していることを前提としていなければならない。

10

特にハイブリッドバーナは同形の複数のハイブリッドバーナから成る装置に属し、そのすべてのハイブリッドバーナは唯一の燃焼器に接続され、各ハイブリッドバーナはパイロット燃料配管付きのパイロットバーナを有し、各パイロット燃料配管に変調器が挿入されている。この実施態様は実務上において複数のハイブリッドバーナが燃焼器に設けられているガスタービンに本発明を利用できることを明らかにしている。燃焼器は選択的に唯一の特に円環状の環状燃焼器として形成された燃焼器にすることができ、また互いに並列運転する複数の燃焼器をガスタービンに設けることもできる。後者は特に燃焼器がいわゆるサイロ形燃焼器である場合である。

以下本発明の実施例を図を参照して詳細に説明する。図は特徴を明瞭にするために概略的に示されている。図示された実施例は当該専門家の知識の枠内で具体的に実現することができ、補足的に上述の従来引用文献における示唆箇所を参照されたい。

20

図1は燃焼振動を抑制する装置を備えたガスタービンの概略構成図、

図2は複数のハイブリッドバーナを備えた燃焼器並びにそのハイブリッドバーナで発生された火炎を変調する装置の部分概略図である。

両図に示されている設備は多くの共通点を有し、図2における多くの重要な特徴は図1の説明で既に明らかとなる。この理由から両図において互いに一致する部分には同一符号が付されている。

図1は圧縮機1と燃焼器2（上述したように複数個のうちの一つでもよい）とタービン3とを有するガスタービンを示している。圧縮機1は圧縮空気から成る空気流4を発生し、この空気は燃焼器2に到達する。燃焼器2の中において空気流4内で燃料が燃焼され煙道ガスが発生される。この煙道ガスは煙道ガス流5としてタービン3に導入され、この中で膨張される。燃料を燃焼するために、パイロットバーナ8を取り囲むリング状の予混合バーナ7を有するハイブリッドバーナ6が設けられている。主燃料配管9は主燃料流を予混合バーナ7に導入するために使用され、その燃料は予混合バーナ7を貫流する空気流4の部分流にノズル10によって混合される。できるだけ均質な混合を行うためおよびノズル10のすぐ近くで燃料が発火することを防止するために、空気流4の部分流を旋回させる旋回装置11が設けられている。燃料の燃焼は旋回装置11の下流側ではじめて開始する。パイロット燃料配管12はパイロット燃料流をパイロットバーナ8に導入するために使用され、そのパイロットバーナ8において燃料はノズル13によって空気流4の中に流出する。パイロットバーナ8は予混合バーナとしてではなく拡散バーナとして形成されている。これは予混合バーナ7に導入された燃料の燃焼を安定化する目的で副燃料部分だけを燃焼する。ハイブリッドバーナ6は燃焼器2の中に突出する火炎14内で燃料を燃焼する。

30

40

燃料は燃料タンク15内に用意され、主燃料ポンプ16によって主燃料配管9に、ないしはパイロット燃料ポンプ17によってパイロット燃料配管12に搬送される。火炎14の所望の変調を達成するために、パイロット燃料配管12に、しかもこのパイロット燃料配管12のみに、調整弁として示されている変調器18が挿入されている。この変調器18によってパイロット燃料流が基本的にその都度望ましいように調整される。その調整は火炎14を変調するために特に重要である。変調器18はこれに変調信号線20を介して接続されている変調装置19によって制御される。変調器18、変調装置19および変調信

50

号線 20 の形成については上述の説明を参照されたい。パイロット燃料流の調整は燃焼器 2 内で恐らく生ずる燃焼振動を防止するために特に重要である。この目的のために燃焼器 2 にマイクロホンとして概略的に示されているセンサ 21 が設けられ、このセンサ 21 は変調装置 19 にセンサ信号線 22 を介して接続されている。変調装置 19 はセンサ信号線 22 を介して得られたセンサ信号を、変調信号線 20 を通って変調器 18 に送る変調信号に変換する。センサ信号を変調装置 19 で適当に処理することによって、火炎 14 の変調によって燃焼器 2 内における音響振動に負帰還を生じさせることができる。この負帰還を適当に設計することによって、燃焼器 2 内における燃焼振動は確実に回避できる。

なお、図 1 に示されている火炎 14 の変調装置は燃焼振動の抑制に関係する別の手段を燃焼器 2 で実現することを全く妨げない。例えば、燃焼器 2 およびこれに接続されたすべての構成要素が、燃焼器 2 が予定最大熱出力を発生して運転しているときにはどんな場合も燃焼振動を防止するように設計されていることは価値がある。そのような設計は燃焼器において予定最大熱出力より低い熱出力が発生されるときに燃焼振動が生ずることを防止しない。その場合、図 1 に示した燃焼振動の抑制装置は燃焼振動を有効に減少するか完全に抑制するために採用される。その利点は変調器 18 が持続的に負荷されないことにあり、これはその損耗を有効に減少する。

図 2 は、図 1 におけるハイブリッドバーナと本質的に同じ構造の複数のハイブリッドバーナ 6 を備えた燃焼器 2 を示している。従ってその構造についての詳細説明は避ける。燃焼器 2 に同様に空気流 4 が導入され、この空気流 4 にハイブリッドバーナ 6 において燃料が混ぜられ、この燃料は燃焼器 2 内で燃焼される。燃料を予混合バーナ 7 に導入するために唯一の主燃料配管 9 が設けられ、この主燃料配管 9 は各ハイブリッドバーナ 6 に分岐している。これに対して各ハイブリッドバーナ 6 に対してそれぞれ固有のパイロット燃料配管 12 が設けられ、それらの各パイロット燃料配管 12 に変調器 18 が挿入されている。各パイロット燃料配管 12 は変調器 18 の上流で合流しており、唯一のパイロット燃料ポンプ 17 から燃料を供給される。各変調器 18 はそれらの変調信号線 20 を介して変調装置 19 に接続されている。変調器 18 の駆動は必ずしも同調して行う必要はない。各変調器 18 に他の変調器 18 に供給される変調信号と異なる別個の変調信号を供給することができることは場合によっては有利である。このことは特に、ハイブリッドバーナ 6 毎に異なった振幅を有しハイブリッドバーナ 6 によって異なった影響を受ける定常波の形の燃焼振動が燃焼器 2 内で生ずるときに価値がある。この関係において、複数のセンサ 21 を利用し、ここから発せられるセンサ信号を微分して評価することも有利である。

図 2 において唯一の主燃料ポンプ 16 および唯一のパイロット燃料ポンプ 17 が採用されているが、これに限定されるものではなく、ここではただ理解し易くするために図示されているに過ぎない。各ハイブリッドバーナ 6 に対して別個のポンプ 16、17 を設けることもでき、またすべての予混合バーナ 7 およびすべてのパイロットバーナ 8 に唯一のポンプから燃料を供給することもできる。この場合においては勿論、絞りを設けることによって燃料が種々のバーナに望み通りに分配されるように配慮しなければならない。

上述の実施例は液体燃料を利用するために設計されている。しかし本発明に関して気体燃料の利用に関する批判的意見が連想されないようにするために、実施例において液体燃料の搬送に合わされている各構成要素は、気体燃料を搬送するための類似の構成要素に対する記号としても、即ちポンプは送風機、液体用アクチュエータはガス用アクチュエータ、タンクはガスボンベあるいはガス供給網などとしても見なされねばならない。

本発明は、パイロットバーナの運転中の変化がその予混合バーナの運転に過比例的に影響を及ぼすというハイブリッドバーナにおいて観察される増幅効果を利用して、ハイブリッドバーナから発生される火炎を音響的に変調する方法及び装置に関する。これによりハイブリッドバーナに導入される全燃料の副燃料部分が適当に調整して導入されるだけで、火炎を望み通りに変調することができる。

【図 1】

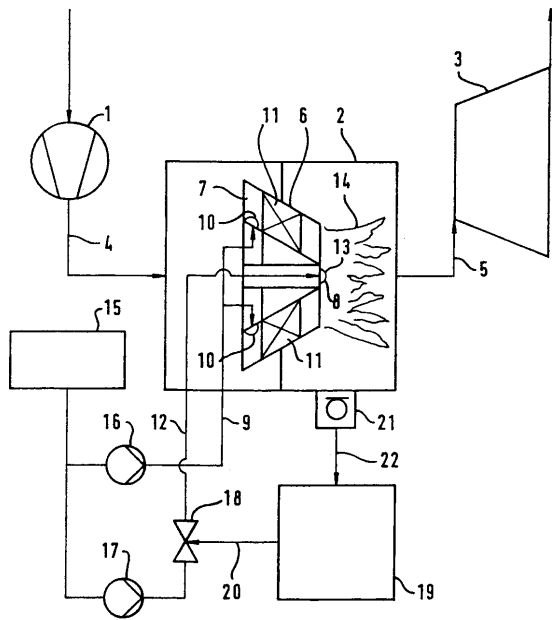


FIG 1

【図 2】

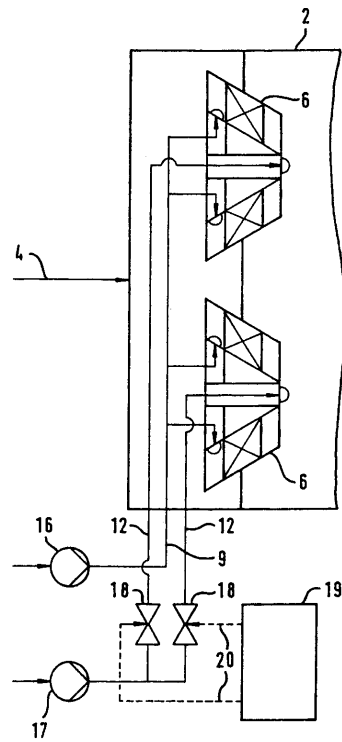


FIG 2

フロントページの続き

- (72)発明者 グライス、シュテファン
ドイツ連邦共和国 デー—8 3 0 7 1 シュテファンスキルヒェン クーグルモースシュトラーセ
1 3
- (72)発明者 ヘルマン、ヤーコプ
ドイツ連邦共和国 デー—8 2 2 8 2 オーバーワイケルツホーフェン アム ミュールベルク
2
- (72)発明者 フォルトマイヤー、ディーター
ドイツ連邦共和国 デー—8 0 6 8 3 ミュンヘン ウィルヘルムーデュルーシュトラーセ 5

審査官 吉澤 伸幸

- (56)参考文献 特開平0 4－3 4 0 0 2 0 (J P, A)
米国特許第0 5 4 2 8 9 5 1 (U S, A)
特開平0 7－0 5 5 1 3 6 (J P, A)
特開平0 7－0 6 3 3 2 4 (J P, A)
特開平0 7－2 6 0 1 3 9 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

F23N 5/16

F23R 3/34