

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3477513号  
(P3477513)

(45)発行日 平成15年12月10日(2003.12.10)

(24)登録日 平成15年10月3日(2003.10.3)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	
F 2 3 L	1/00	F 2 3 L	1/00 D
B 0 1 F	3/02	B 0 1 F	3/02
	5/02		5/02 Z
	15/00		15/00 Z
	15/06		15/06 Z

請求項の数13(全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-142642(P2000-142642)  
(22)出願日 平成12年5月16日(2000.5.16)  
(65)公開番号 特開2001-324132(P2001-324132A)  
(43)公開日 平成13年11月22日(2001.11.22)  
審査請求日 平成14年1月24日(2002.1.24)

(73)特許権者 391012327  
東京大学長  
東京都文京区本郷7丁目3番1号  
(72)発明者 笠木 伸英  
東京都文京区小石川5丁目19番17号406  
(72)発明者 鈴木 雄二  
東京都文京区根津2丁目31番2号203  
(74)代理人 100072051  
弁理士 杉村 興作  
  
審査官 松下 聡

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 噴流混合装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体を噴出するそれぞれのノズルを内外二重に配設するとともに、外側ノズルの噴出口の近傍に、周期的に作動されて、外側ノズル内の流体に擾乱を与え、外側ノズルを出た流体と内側ノズルを出た流体との混合を、渦の発生下で促進するアクチュエータを配設してなる噴流混合装置。

【請求項2】 前記アクチュエータを、噴出口の周りの複数個所に配設してなる請求項1に記載の噴流混合装置。

【請求項3】 前記アクチュエータを、電磁的に作動されて撓み変形されるフラップ型アクチュエータとしてなる請求項1もしくは2に記載の噴流混合装置。

【請求項4】 フラップ型アクチュエータを、基板上にコイルを配設することにより構成してなる請求項3に記載

の噴流混合装置。

【請求項5】 フラップ型アクチュエータを、外側ノズルの軸線方向に延在させて配置するとともに、その一端部で外側ノズルの内面に取付け、この取付け端部の近傍で、フラップ型アクチュエータに、撓み剛性低減域を設けてなる請求項3もしくは4に記載の噴流混合装置。

【請求項6】 前記アクチュエータを、電圧の印加によって撓み変形されるフラップ型アクチュエータとしてなる請求項1もしくは2に記載の噴流混合装置。

【請求項7】 フラップ型アクチュエータを、基板上にピエゾ素子または電歪ポリマを配設することにより構成してなる請求項6に記載の噴流混合装置。

【請求項8】 前記アクチュエータを、外側ノズル内へ流体を吹き出すまたは、外側ノズル内の流体を吸い込む小孔により構成してなる請求項1もしくは2に記載の噴

流混合装置。

【請求項9】 前記アクチュエータを、外側ノズル内で流路の拡縮をもたらす可撓膜体により構成してなる請求項1もしくは2に記載の噴流混合装置。

【請求項10】 可撓膜体を外側ノズルの全周にわたって連続させて配設してなる請求項9に記載の噴流混合装置。

【請求項11】 前記可撓膜体を、流体の給排によって膨縮変形される袋体の、流路への露出部分により形成してなる請求項9もしくは10に記載の噴流混合装置。

【請求項12】 前記アクチュエータを、外側ノズル内の流体の加熱もしくは冷却手段により構成してなる請求項1もしくは2に記載の噴流混合装置。

【請求項13】 内外両ノズルから噴出された流体の、速度、温度、圧力および濃度の少なくとも一の物理量を検知するセンサを設けるとともに、その検知結果に基づいてアクチュエータの作動をコントロールする制御手段を設けてなる請求項1～12のいずれかに記載の噴流混合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、内外二重のノズルを経て噴出されるそれぞれの流体の混合状態等を所要に応じて制御できる噴流混合装置に関し、たとえば、天然ガス、微粉炭、石油等を燃料とする各種の燃焼器に適用されて、燃料と空気との混合状態等を、燃焼器の運転条件等の変化に十分に対応させて、常に好適な混合燃焼を実現するものである。

【0002】

【従来の技術】ガスタービン、ボイラその他で使用される燃焼器では、保炎に加えて、未燃炭化水素や窒素酸化物等の排出防止および、振動燃焼の防止等が重要な課題となっている。

【0003】そこで従来は、図9(a)に略線縦断面図で例示するように、燃料Fを噴出する内側ノズル51と、空気Aを噴出する外側ノズル52とのそれぞれを内外二重に同軸配置するとともに、それらの両ノズル51, 52のそれぞれの噴出口51a, 52aを燃焼器本体53に開口させたところにおいて、外側ノズル52の内側に、噴出口52aに近接させて、空気Aの旋回装置54を配設し、この旋回装置54を通過した旋回空気流をもって、燃料Fと空気Aとの混合を促進することにより、または、図9(b)に示すように、同様の構成の下に、内側ノズル51の噴出口51aの直前に鈍頭物体55を配設し、これをもって燃料Fの逆流域を形成して、燃料Fと空気Aとの混合を促進することで、燃料火炎の吹き消え等を防止することが一般に行われている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、これらの従来技術では、旋回装置54や鈍頭物体55による、空気

流または燃料流の圧力損失が不可避であって、この圧力損失が機器全体の効率低下をもたらすという問題があり、また、内外の両ノズル51, 52の寸法や装置寸法が定格に合わせて設計されているため、それを外れた燃焼条件の下では、最適な燃焼状態を得ることが困難であるという問題があった。

【0005】しかも、窒素酸化物の排出量を抑制するために、希薄予混合燃焼を採用した場合には、旋回装置54や鈍頭物体55の配設の有無にかかわらず、運転条件によって振動燃焼が生じ、この振動燃焼の抑制のためには、燃焼器の再設計が必須になるという問題もあった。

【0006】この発明は、従来技術が抱えるこのような問題点を解決することを課題とするものであり、その目的とするところは、たとえば、燃焼器の運転条件が種々に変化した場合にあっては、内外のそれぞれのノズルから燃焼器内へ噴出される燃料と空気との混合状態を所要に応じて制御することができ、結果として、燃焼の安定化、機器の高効率化および、排出ガス中の窒素酸化物等の低減を実現し得る他、振動燃焼を防止することができる噴流混合装置を提供するにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明の噴流混合装置は、流体を噴出するそれぞれのノズルを内外二重に、好ましくは同軸に配設するとともに、外側ノズルの噴出口の近傍に、周期的に作動されて、外側ノズル内の流体に擾乱を与え、外側ノズルを出た流体と内側ノズルを出た流体との混合を、渦の発生下で促進するアクチュエータを配設したものである。

【0008】ここでいう、アクチュエータは、その作動によって流体に直接的に擾乱を与えるものの他、たとえばノズル振動その他を介して、間接的に擾乱を与えるものとして、これらのいずれにあっては、アクチュエータをもって、外側ノズル内を流動する流体に所要に応じて擾乱を与えることで、擾乱を受けた流体の、たとえば燃焼器内への噴出に伴ってその流体に渦が発生する。

【0009】ここで、外側ノズルから噴出された流体に発生するこのような渦は、内側ノズルから噴出された流体への渦の発生を誘起し、次第に発達したそれぞれの渦は、それらの相互作用の下に、内側流体の外側への吸い出しをもたらして、両流体の混合を促進するので、アクチュエータによって、燃焼器内に形成される渦の構造を制御して、渦の周期、形状、位相、強度等を調整することにより、燃焼器内での流体流速、両流体、たとえば燃料と空気との混合状態等を所期した通りに制御することができ、また、燃料が液体燃料である場合には、液滴の微粒化の促進状態をも制御することができ、これがため、種々の運転条件に適合する、適切な燃焼状態の実現が可能となる。

【0010】かかる装置において、アクチュエータを、

噴出口の周りの複数個所に、好ましくは相互に等間隔を置いて、一列または複数列に配設した場合には、それぞれのアクチュエータの選択作動の自由度が高まることで、燃焼室内に形成される渦の構造、ひいては、そこで流体流速、流体の混合状態、液滴の微粒化状態等を一層きめ細かく制御することができる。

【0011】ここで、アクチュエータは、電磁的に作動されて撓み変形されるフラップ型アクチュエータとすることができ、このようなフラップ型アクチュエータは、基板、たとえば、ポリイミド、シリコンもしくはシリコン化合物、金属等からなる薄い基板上にコイルを配設した構成とすることができ、

【0012】かかるフラップ型アクチュエータは、その一端部を外側ノズルに固定もしくは固着した状態で、コイルに通電して磁界を発生させることで、アクチュエータの一方の表面側に配設した永久磁石もしくは電磁石との相互作用の下で弾性的に撓み変形することができ、このような変形の周期および変形量は、コイルに供給する電流あるいは電圧をもって制御することができる。

【0013】ところで、このようなフラップ型アクチュエータは、たとえば、それをノズルの外面側に配設して、その変形時もしくは弾性復元時にアクチュエータをノズルに衝突させることで、ノズルに発生する振動を介して流体に擾乱を与えることができ、この場合には、流体の圧力損失を有利に低減させることができるも、外側ノズル内の流体により大きな擾乱を付与するためには、フラップ型アクチュエータを、外側ノズルの内側で、その軸線方向に延在させた姿勢の下で、一端部を外側ノズルに取付けて、アクチュエータをノズル内の流体に、たとえばうちの如くに作用させて、流体の直接的な運動を惹起することでそれに擾乱を与えることが好ましく、併せて、そのアクチュエータの、取付け端部の近傍に、撓み剛性低減域を設けて、その大きな変形を担保することが好ましい。

【0014】なお、この発明に用いるアクチュエータは、電圧の印加によって撓み変形されるフラップ型アクチュエータとすることもでき、このアクチュエータは、基板上にピエゾ素子または電歪ポリマを配設することにより構成することができる。このようなフラップ型アクチュエータもまた先に述べたものと同様に作用させることで、たとえば燃焼室内の流体速度、流体の混合状態、液滴の微粒化状態等を所要に応じて制御することができる。

【0015】また、アクチュエータは、上述したところに代えて、外側ノズル内へ流体を吹き出すもしくは、外側ノズル内の流体を吸い込む小孔により、または、外側ノズル内で流路の拡張をもたらず可撓膜体、より好ましくは弾性膜体により構成することもできる。

【0016】ここで後者の場合には、可撓膜体は、外側ノズルの噴出口の周りの複数個所に配設することの他、

外側ノズルの全周にわたって連続させて配設することもでき、これらのいずれにあっても、可撓膜体の背面側への加圧流体の供給ないしは充填によってそれをノズルの内側へ突出させることで流路の縮小を、また、背面側を負圧として、可撓膜体を窪ませることで流路の拡大をそれぞれもたらすことができる。

【0017】そして好ましくは、このような可撓膜体を、流体の給排によって膨縮変形される袋体の、流路への露出部分により形成する。これによれば、可撓膜体に変形ないしは変位をもたらすための流体に対する気密もしくは液密構造を簡単かつ容易に実現することができる。

【0018】ところで、アクチュエータは、外側ノズル内の流体の、直接的または間接的な加熱もしくは冷却手段により構成することもでき、この場合には、加熱もしくは冷却によって、外側ノズル内の流体の、密度、粘度等の物性を局部的に変化させることで、その流体に擾乱を与えることができる。

【0019】以上に述べたところにおいて、内外の両ノズルから、たとえば燃焼器内へ噴出された流体の、速度、温度、圧力および濃度の少なくとも一物理量を検知するセンサを設けるとともに、その検知結果に基づいてアクチュエータの作動をコントロールする制御手段を設けた場合には、アクチュエータの作動をフィードバック制御して、流体の混合状態等をより適切なものとすることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下にこの発明の実施の形態を図面に示すところに基づいて説明する。図1は、この発明に係る装置を燃焼器に適用した場合について示す略線縦断面図であり、図中1は、たとえば円筒状をなす内側ノズルを、2は、好ましくは、この内側ノズル1と同軸に配置した外側ノズルをそれぞれ示し、この外側ノズル2は、たとえば、先端部分を小径とした円筒形状をなす。

【0021】ここでは、これらのノズル1、2、直接的には外側ノズル2の先端を、燃焼器本体3に連結して、両ノズル1、2の先端の噴出口1a、2aを燃焼器本体3に開口させ、内側ノズル1の噴出口1aからは、天然ガス、微粉炭、石油等とすることができる材料Fを、そして、外側ノズル2の噴出口2aからは空気Aをそれぞれ噴出させる。またここでは、外側ノズル2の噴出口2aの近傍、図では噴出口2aのわずかに上流側に、外側ノズル内を流動する空気Aに擾乱を与えるアクチュエータ4を配設する。

【0022】ここで好ましくは、かかるアクチュエータ4を、噴出口2aの周りの複数個所に、たとえば、相互に等しい間隔を置いて配設し、これにより、それぞれのアクチュエータ4の作動タイミングの選択の自由度を高めて、燃焼器本体内に発生する渦の、所要に応じた形態への制御を簡単かつ容易ならしめる。

【0023】ところで、ここにおけるアクチュエータ4としては、図2に斜視図で例示するように、薄い厚さの基板たとえばポリイミド基板5上に銅の矩形コイル6を配設することにより構成したフラップ型アクチュエータ7を用いることができ、このフラップ型アクチュエータ7は、図の右端部を、外側ノズル2への取付け端部8とした場合、たとえば、その遊端部下面に近接させて永久磁石9もしくは電磁石を配置することで、その永久磁石9と、矩形コイル6に発生する磁界との相互作用の下で、図に矢印で示すように、上向きに撓み変形することができる。

【0024】たとえば、幅を3mm程度、全長を9mm程度の寸法とすることができるフラップ型アクチュエータ7のこのような撓み変形は、その取付け端部8の近傍の湾曲部分に、ポリイミド基板5に対する打抜き、切欠き、切除等によって、たとえば幅方向中央部分に、撓み剛性を低下させた剛性低減域10を設けた場合に、より容易に、かつ大きく行われることになる。

【0025】このようなフラップ型アクチュエータ7の外側ノズル2への取付けは、たとえば図3に拡大して示すように、フラップ型アクチュエータ7をノズル2の内面に沿わせてその軸線方向に延在させて配置するとともに、噴出口2aから離隔させて位置させた取付け端部8を、ノズル内面に固定もしくは固着することにより行うことができ、このようにして取付けたアクチュエータ7は、その遊端部に近接させて外側ノズル内に埋め込み配置した永久磁石9の作用の下に、外側ノズル2の中心側へ突出する向きに撓み変形することができる。

【0026】図4は、フラップ型アクチュエータ7のこのような撓み変形状態を示す断面図であり、アクチュエータ7の矩形コイル6への通電によって磁界を発生させると、そのアクチュエータ7は、永久磁石9の作用の下でノズル2の内側へ大きく撓み変形して、外側ノズル内を流動する空気Aに、撓み変形量に応じた直接的な擾乱を与え、これに基づいて燃焼器本体内部に渦流を発生させる。この一方で、矩形コイル6への通電を停止すると、アクチュエータ7は、図に仮想線で示す元姿勢に弾性復帰する。ここでアクチュエータ7の撓み変形量は、コイル6に供給する電流あるいは電圧をもって制御することができる。

【0027】ところで、外側ノズル2の内面の、たとえば、周方向に等間隔をおいた複数個所のそれぞれに、フラップ型アクチュエータ7を上述したように取付けた場合には、それぞれのアクチュエータ7の作動を、図示しない制御手段により所要に応じて制御することができ、たとえば、複数個のアクチュエータ7を同期させて作動させること、隣り合うアクチュエータ7を所定のタイミングで順次に作動させること等が可能となる。ここで、複数のアクチュエータ7を同時に作動させた場合には、燃焼器本体内部に、渦が輪状となる渦輪を形成することが

でき、また、それぞれのアクチュエータ7をノズル1の周方向に順次に作動させる場合には、螺旋状に振れまわる渦輪を形成することができ、燃料Fと空気Aとの混合状態、液体燃料の微粒化状態等を、渦の構造に基づいて促進することができる。

【0028】ちなみに、内側ノズル1の内径を100mm、外側ノズル2の内径を200mmとするとともに、内外ノズル内の流体の流速をそれぞれ20mm/sおよび100mm/sとして、外側ノズルの周方向に等間隔をおいて取付けた18個のアクチュエータ7の全てを矩形波に同期させて、撓み量0.4mmで同時作動させた場合の、燃焼器本体内部での渦輪の発生様態は図5(a)に示す通りとなり、これによれば、図に白色で示す燃料Fは、噴出後速やかに空気Aと混合されることが解る。これに対し、アクチュエータ7を作動させない自然噴流では渦の発生は弱く、図5(b)に示すように、両者の混合が、図5(a)に示す場合に比して相当遅れることが明らかである。

【0029】図6は、アクチュエータ4の他の例を示す略線断面図であり、図6(a)は、たとえば銅製の基板21上に、ピエゾ素子22もしくは電歪ポリマを配設してなるフラップ型のアクチュエータ23をアクチュエータ4とするものである。このフラップ型アクチュエータ23は、たとえば、それを外側ノズル1に片持ち支持した状態で、圧電素子22の電極に電圧を印加することで、図に矢印で示すように撓み変形させることができるので、燃焼器本体内部に、先の場合とほぼ同様の渦を発生させることができる。

【0030】図6(b)は、外側ノズル1の内面に開口して、そのノズル内へ、たとえば、高压タンク24内の流体を電磁弁25を介して吹き出す小孔26をアクチュエータ4とするものである。なおこの一方で、ノズル内の流体を、負圧吸引源等へ吸い込む同様の小孔をアクチュエータ4とすることもできる。これらのいずれにあっても、ノズル内の流体は、小孔を介した流体の吹き出しまたは吸い込みに起因する外力を受けて擾乱されることになる。

【0031】また図6(c)は、外側ノズル内で流路の拡縮をもたらす可撓膜体27、より好ましくは弾性膜体をアクチュエータ4としたものであり、このような可撓膜体27は、周方向に間隔をおいた複数個所に設ける他、全周にわたって連続させて設けることもできる。かかる可撓膜体27は、たとえば、その背面側への加圧空気その他の加圧流体の給排によって、図に仮想線で示すように、外側ノズル内の流路を拡縮すべく変形してノズル内の流体に擾乱を与える。ところで、このような可撓膜体27は、流体の給排によって膨縮変形される袋体の、流路への露出部分をもって形成することもでき、これによれば、袋体への給排流体のための、気密性もしくは液密性の確保が容易になる。

【0032】図6(d)は、外側ノズル内の流体の加熱手段28、たとえば電気ヒータをアクチュエータ4としたものである。なお、この加熱手段28に代えて、冷却手段をアクチュエータ4とすることもでき、いずれの場合にも、ノズル内流体の物性を变化させることで、燃焼器本体内に渦を発生させることができる。

【0033】ところで、以上に述べたいずれのアクチュエータ4を用いる場合にあって、たとえば図1に示すように、燃焼器本体に、それぞれのノズル1, 2から噴出された流体の、速度、温度、圧力および濃度の少なくとも一の物理量を検知するセンサ30を設けるとともに、このセンサ30による検知結果に基づいてアクチュエータ4の作動をコントロールする制御手段31を設けて、フィードバック制御を可能とした場合には、燃焼器本体内でのそれぞれの流体の流動状態を、高い精度の下に、タイムラグなしに所期した通りに制御することができる。

#### 【0034】

##### 【実施例】実施例1

内外ノズルのそれぞれの内径、それらのノズル内の流体流速および、アクチュエータの配設個数等のそれぞれを前述したところと同様とし、18個のアクチュエータのそれぞれを同時に作動させた場合および、相互に隣り合う9個ずつを交互に作動させた場合のそれぞれにつき、アクチュエータの作動周波数をパラメータとして、燃焼器本体内での逆流率を測定したところ、図7に示す通りとなった。なお、逆流は、ノズル噴出口1a, 2aから、外側ノズル径(200mm)の0.5倍の位置で測定した。

【0035】この図によれば、図5(b)に示すような自然噴流では逆流がほとんど生じないのに対し、アクチュエータの同時作動および交互作動のいずれの場合にも高い逆流率が得られることが明らかであり、この結果として、それぞれの流体の混合が大きく促進されることが解る。また、図示の逆流率は、アクチュエータの作動周波数によって変化するので、たとえば、燃焼器の部分負荷運転等に当たっては、作動周波数を適切に選択することで、効率的な制御を行うことができる。

##### 【0036】実施例2

実施例1と同様の条件の下で、内側ノズルから噴出された流体の、外側ノズルから噴出された流体に対する平均混合濃度につき、ノズル中心に対する分布を求めたところ図8に示す通りとなった。なお、図8に示すグラフの横軸は、ノズル中心からの座標距離の、外側ノズル径に対する比を示し、また、各グラフ中の数値は、ノズル噴出口から濃度測定位置までの距離(x)の、外側ノズル径(D<sub>0</sub>)に対する比を示す。ここで、図8(a)は全てのアクチュエータ4を同時に作動させた場合の平均濃度分布を、図8(b)はアクチュエータ4の半分ずつを交互に作動させた場合の平均濃度分布を、そして図8

(c)は自然噴流の平均濃度分布をそれぞれ示す。これらのグラフによれば、自然噴流にあっては $x/D_0 = 1.5$ から濃度の均一化が始まるのに対し、アクチュエータ4を作動させた場合はいずれも $x/D_0 = 0.5$ から均一化が始まり、流体の混合が大きく促進されることが解る。

#### 【0037】

【発明の効果】以上に述べたところから明らかなように、この発明によれば、たとえば、燃焼器の運転条件等に応じてアクチュエータの作動を制御して、燃焼器内の流体流速、乱れ度、温度および濃度分布、燃焼反応領域等を操作することにより、燃焼の安定化、機器の高効率化をもたらすと同時に、未燃炭化水素や窒化酸化物等の排出を有効に抑制し、併せて、振動燃焼の発生を有利に防止することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態を示す略線縦断面図である。

【図2】 フラップ型アクチュエータを例示する斜視図である。

【図3】 フラップ型アクチュエータの取付け例を示す拡大図である。

【図4】 フラップ型アクチュエータの作動状態を示す断面図である。

【図5】 燃焼器本体内での渦の発生状態を示す図である。

【図6】 アクチュエータの他の例を示す略線断面図である。

【図7】 逆流率を示すグラフである。

【図8】 平均濃度分布を示すグラフである。

【図9】 従来技術を示す略線縦断面図である。

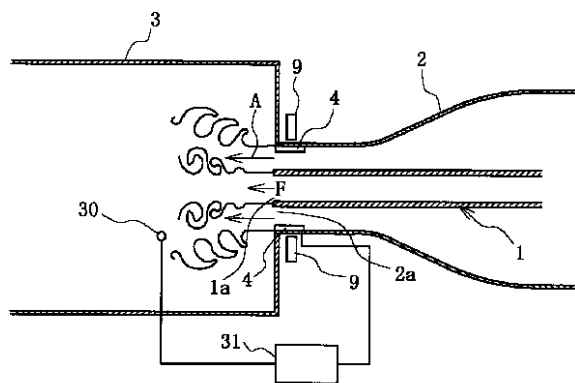
#### 【符号の説明】

- 1 内側ノズル
- 1a, 2a 噴出口
- 2 外側ノズル
- 3 燃焼器本体
- 4 アクチュエータ
- 5 ポリイミド基板
- 6 矩形コイル
- 7, 23 フラップ型アクチュエータ
- 8 取付け端部
- 9 永久磁石
- 10 剛性低減域
- 21 基板
- 22 ピエゾ素子
- 24 高压タンク
- 25 電磁弁
- 26 小孔
- 27 可撓膜体
- 28 加熱手段

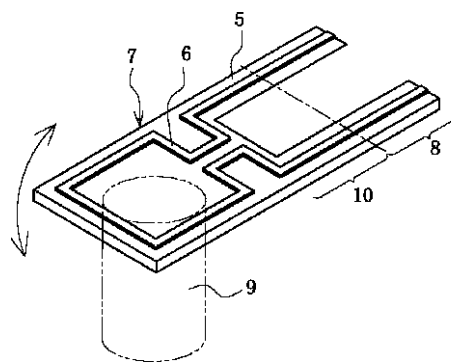
30 センサ  
31 制御手段

F 燃料  
A 空気

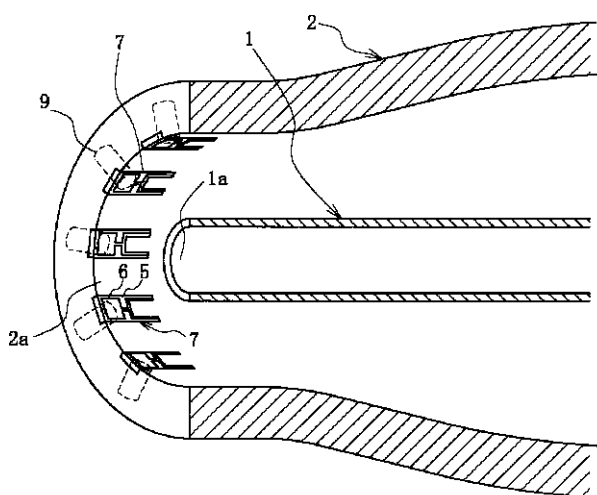
【図1】



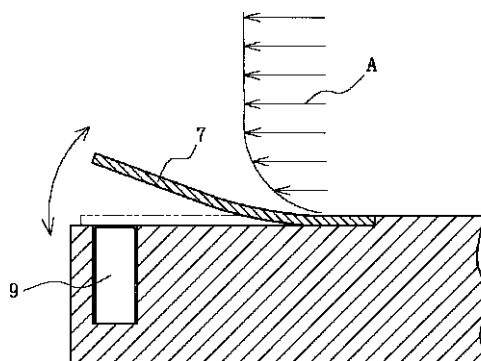
【図2】



【図3】

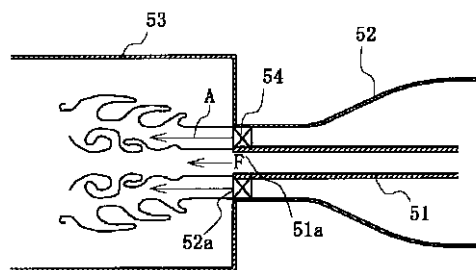


【図4】

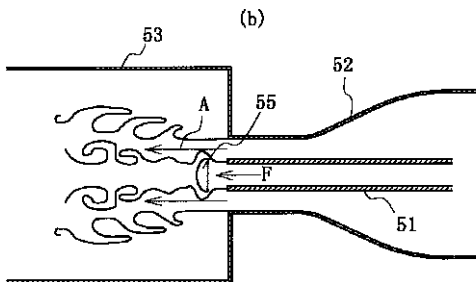


【図9】

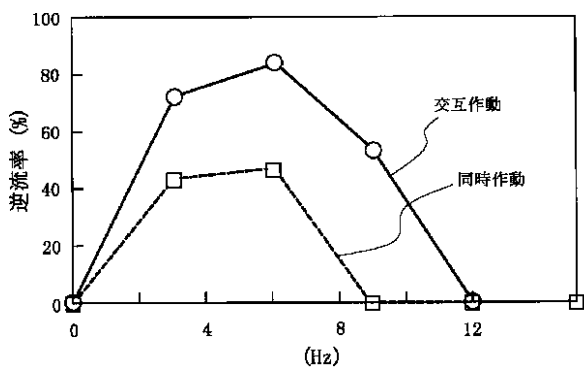
(a)



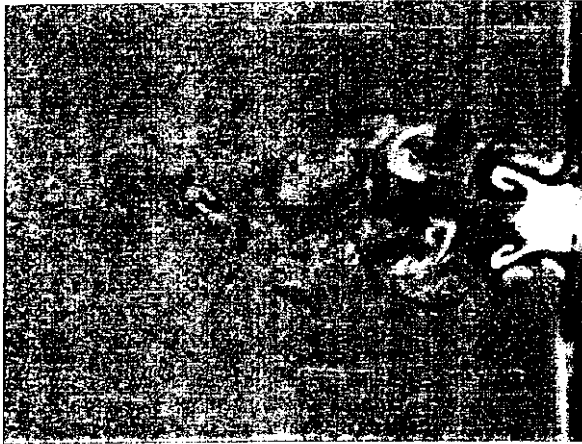
(b)



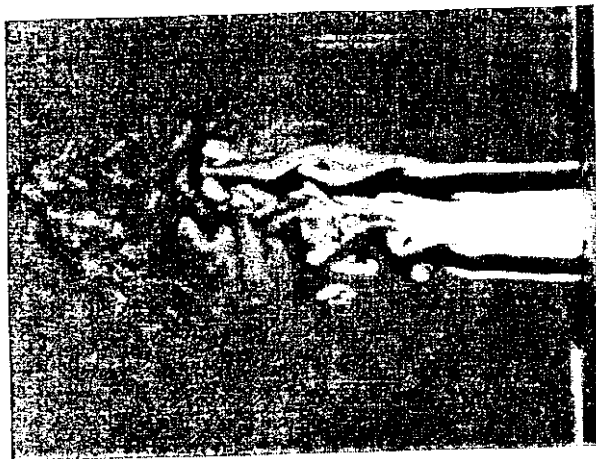
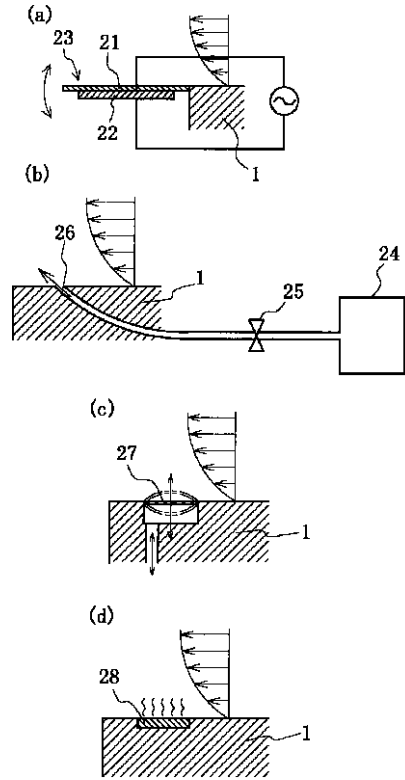
【図7】



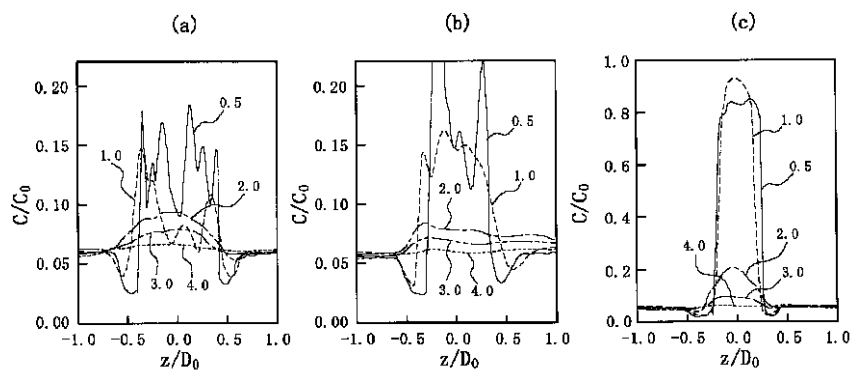
【図5】



【図6】



【図8】



## フロントページの続き

(56)参考文献 特開 昭60 - 159507 ( J P , A )  
特開 昭61 - 87305 ( J P , A )  
特開 昭61 - 136001 ( J P , A )  
特開2000 - 55226 ( J P , A )  
特開 平 6 - 185453 ( J P , A )  
特開 平 7 - 63307 ( J P , A )  
特開 平 5 - 187626 ( J P , A )  
実開 平 4 - 122908 ( J P , U )  
国際公開98 / 003819 ( W O , A 1 )

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

F23L 1/00  
B01F 3/02  
B01F 5/02  
B01F 15/00  
B01F 15/06