

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2015-1371  
(P2015-1371A)

(43) 公開日 平成27年1月5日(2015. 1. 5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>F 2 3 R 3/28 (2006.01)</b>	F 2 3 R 3/28 B	4 K O 1 8
<b>F 2 3 R 3/32 (2006.01)</b>	F 2 3 R 3/32	
<b>F O 2 C 7/00 (2006.01)</b>	F 2 3 R 3/28 D	
<b>B 2 2 F 3/105 (2006.01)</b>	F O 2 C 7/00 D	
<b>B 2 2 F 3/16 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/105	
審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2014-119188 (P2014-119188)	(71) 出願人 390041542
(22) 出願日 平成26年6月10日 (2014. 6. 10)	ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(31) 優先権主張番号 13/916, 767	アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(32) 優先日 平成25年6月13日 (2013. 6. 13)	4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(33) 優先権主張国 米国 (US)	番
	(74) 代理人 100137545
	弁理士 荒川 聡志
	(74) 代理人 100105588
	弁理士 小倉 博
	(74) 代理人 100129779
	弁理士 黒川 俊久
	(74) 代理人 100113974
	弁理士 田中 拓人
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料噴射ノズルおよびその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】燃料噴射ノズルに使用するための燃料注入ヘッドを提供する。

【解決手段】燃料噴射ノズルに使用するための燃料噴射ヘッド200は、上流面212と、対向する下流面214と、それらの間に延在する周壁とを含むモノリシック本体部210とを備える。複数の予混合チューブ218は、本体部と一体的に形成され、本体部を通して軸方向に延在する。各予混合チューブは、上流面に近接する入口220と、下流面に近接する出口222と、入口と出口の間に延在する流路221とを備える。各予混合チューブはまた、予混合チューブの外表面から外方に少なくとも部分的に延在する少なくとも一つの燃料インジェクタ240を含み、燃料インジェクタは、予混合チューブと一体的に形成され、本体部と流路の間の燃料フローを促進するよう構成される。

【選択図】 図3

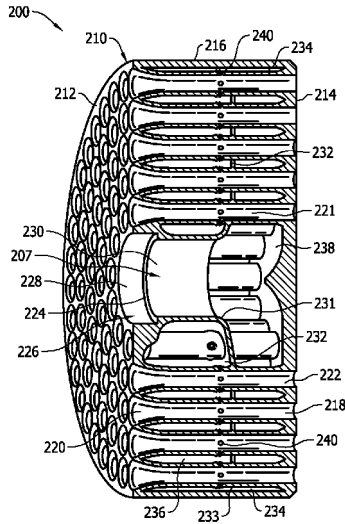


FIG. 3

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

燃料噴射ノズル(126)に使用する燃料噴射ヘッド(200)であって、  
上流面(212)と、対向する下流面(214)と、それらの間に延在する周壁とを有するモノリシック本体部(210)と、

前記本体部(210)を通して軸方向に延在する複数の予混合チューブ(218)と、  
を備え、

前記予混合チューブ(218)のそれぞれは、前記本体部(210)と一体的に形成され、且つ、

前記上流面(212)に近接する入口(220)と、

前記下流面(214)に近接する出口(222)と、

前記入口(220)と前記出口(222)との間に延在する流路(221)と、

前記複数の予混合チューブ(218)のそれぞれの外面から外方に少なくとも部分的に延在する少なくとも一つの燃料インジェクタ(240)と、を備え、

前記燃料インジェクタ(240)は、前記予混合チューブ(218)と一体的に形成され、且つ、前記本体部(210)と前記流路(221)との間の燃料フローを促進するように構成されている、燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 2】**

前記少なくとも一つの燃料インジェクタ(240)のそれぞれは、

インジェクタ表面(250)と、

前記インジェクタ表面(250)に画定される入口(252)と、

前記本体部(210)と前記予混合チューブ流路(221)との間に延在する燃料フロー流路(254)と、を備え、

前記インジェクタ入口(252)は、前記燃料フロー流路(254)とフロー連通している、請求項 1 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 3】**

前記燃料インジェクタ入口(252)は、前記燃料フロー流路(254)を通る燃料フローの加速を促進するよう外方にフレア状になっている、請求項 2 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 4】**

前記燃料インジェクタ入口(252)は、涙滴形状である、請求項 2 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 5】**

前記燃料フロー流路(254)の長さの前記燃料フロー流路(254)の直径に対する比率は、少なくとも約 10 から 1 である、請求項 2 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 6】**

前記燃料インジェクタ(240)は、前記予混合チューブ(218)外面から斜めに延在する上流端(256)をさらに備える、請求項 2 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 7】**

前記燃料インジェクタ(240)は、前記予混合チューブ(218)外面と前記インジェクタ表面(250)との間に円弧状に延在する下流端(258)をさらに備える、請求項 2 に記載の燃料噴射ヘッド(200)。

**【請求項 8】**

第一流体を受け入れるよう構成された第一流体入口と、

第一流体出口と、

前記第一流体入口と前記第一流体出口との間に延在する第一流体フロー流路を画定する導管壁と、

前記導管壁から外方に少なくとも部分的に延在する少なくとも一つのインジェクタ部と、を備え、

前記インジェクタ部は、前記導管壁と一体的に形成され、且つ、

10

20

30

40

50

インジェクタ表面（２５０）と、  
前記インジェクタ表面（２５０）に画定される第二流体入口と、  
前記導管壁を通して延在する第二流体フロー流路と、を備え、  
前記第二流体フロー流路は、前記第一流体フロー流路とフロー連通している、流体フロー導管。

【請求項 ９】

前記第二流体入口は、前記第二流体フロー流路を通る第二流体フローの加速を促進するよう外方にフレア状になっている、請求項 ８に記載の流体フロー導管。

【請求項 １０】

前記第二流体入口は、涙滴形状である、請求項 ８に記載の流体フロー導管。

10

【請求項 １１】

前記第二流体フロー流路の長さの前記第二流体フロー流路の直径に対する比率は、少なくとも約 １０から １である、請求項 ８に記載の流体フロー導管。

【請求項 １２】

前記インジェクタ部は、前記導管壁から外方に斜めに延在する上流端（２５６）をさらに備える、請求項 ８に記載の流体フロー導管。

【請求項 １３】

前記インジェクタ部は、前記導管壁と前記インジェクタ表面（２５０）との間に円弧状に延在する下流端（２５８）をさらに備える、請求項 ８に記載の流体フロー導管。

【請求項 １４】

20

燃料噴射ノズル（１２６）に使用するための燃料噴射ヘッド（２００）を製造する方法であって、

（ａ）上流面（２１２）と、対向する下流面（２１４）と、それらの間に延在する周壁とを含むモノリシック本体部（２１０）を形成する工程と、

（ｂ）前記本体部（２１０）を通して軸方向に延在する複数の予混合チューブ（２１８）を形成する工程であって、前記予混合チューブ（２１８）のそれぞれは、前記本体部（２１０）と一体的に形成され、且つ、

前記上流面（２１２）に近接する入口（２２０）と、

前記下流面（２１４）に近接する出口（２２２）と、

前記入口（２２０）と前記出口（２２２）との間に延在する流路と、を備える、工程と、

30

（ｃ）各予混合チューブ（２１８）の外表面から外方に少なくとも部分的に延在する少なくとも一つの燃料インジェクタ（２４０）を形成する工程と、を備え、

前記燃料インジェクタ（２４０）は、前記予混合チューブ（２１８）と一体的に形成され、且つ、前記本体部（２１０）と前記流路との間の燃料フローを促進するよう構成されている、方法。

【請求項 １５】

工程（ａ）から（ｃ）は、直接金属レーザー焼結法によって実施される、請求項 １４に記載の方法。

【請求項 １６】

40

少なくとも一つの燃料インジェクタ（２４０）を形成する工程は、

インジェクタ表面（２５０）と、

前記インジェクタ表面（２５０）に画定される入口（２５２）と、

前記本体部（２１０）と前記予混合チューブ流路（２２１）との間に延在する燃料フロー流路（２５４）と、を含む少なくとも一つの燃料インジェクタ（２４０）を形成する工程をさらに備え、前記インジェクタ入口（２５２）は、前記燃料フロー流路（２５４）とフロー連通している、請求項 １４に記載の方法。

【請求項 １７】

前記燃料インジェクタ入口（２５２）は、前記燃料フロー流路（２５４）を通る燃料フローの加速を促進するよう外方にフレア状になっている、請求項 １６に記載の方法。

50

**【請求項 18】**

前記燃料インジェクタ入口(252)は、涙滴形状である、請求項16に記載の方法。

**【請求項 19】**

前記燃料フロー流路(254)の長さの前記燃料フロー流路(254)の直径に対する比率は、少なくとも約10から1である、請求項16に記載の方法。

**【請求項 20】**

前記燃料インジェクタ(240)は、

前記予混合チューブ外面(242)から斜めに延在する上流端(256)と、

前記予混合チューブ外面(242)と前記インジェクタ表面(250)との間に円弧状に延在する下流端(258)と、をさらに含む、請求項16に記載の方法。

10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本明細書に記載する実施形態は、概して、ガスタービンエンジン噴射ノズルに関し、特に、ガスタービンエンジン噴射ノズルに用いる燃料インジェクタを含む予混合チューブに関する。

**【背景技術】****【0002】**

少なくとも幾つかの既知のタービンエンジンは、コージェネレーション設備および発電プラントに使用される。そのようなエンジンは、高い比仕事および高い単位質量流量出力要求を有する。運転効率を高めるために、ガスタービンエンジンのような少なくとも幾つかのタービンエンジンは、燃焼温度を上げて運転する。一般的に、そのような既知のガスタービンエンジンの少なくとも幾つかにおいては、燃焼ガス温度が上昇するにつれてエンジン効率が上がる。

20

**【0003】**

しかし、既知のタービンエンジンをより高い温度で運転すると、例えば窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )のような汚染排出物の発生も増加する可能性がある。そのような排出物の発生を低減するよう、少なくとも幾つかの既知のタービンエンジンは、改良された燃焼システム設計を含む。例えば、多くの燃焼システムは、燃料噴射ノズルまたは希釈剤、気体、および/または空気のような物質を燃料と混ぜて燃焼のための燃料混合物を生成するマイクロミキサーを含む予混合の技術を使用する。

30

**【0004】**

ある既知のガスタービン燃料噴射ノズルは、多くの小さな予混合チューブを含む。予混合チューブは、主入口を介して空気を受け入れ、またチューブ長さ沿いの少なくとも一つの燃料インジェクタを介して燃料を受け入れる。各予混合チューブは、上流および下流プレート間に位置し、燃料ノズルヘッドを形成する周壁に囲まれる。燃料インジェクタは一般的に、複数の非常に小さい低角度の開口を、燃料がノズルヘッドからチューブ内部に噴射されるのを可能にする予混合チューブの壁内に含み、燃料と空気が、チューブを出て燃焼室に入る前に混ざり合うことができる。より長い燃料インジェクタは、混合の改良を促進し、したがって、運転効率の向上と排出物の低減が可能になる。しかし、燃料インジェクタの長さは通常、予混合チューブの厚さによって制限され、またチューブの厚さは通常、業界の製造基準およびできるだけ多くのチューブを燃料ノズル内に含みたいという要求によって制限される。

40

**【0005】**

上述の燃料噴射ノズルは、多くのろう付け接合部を、燃料を密閉するのに必要なチューブ/プレートおよびプレート/壁接合部に含むことを認識されたい。結果として、高価なEDM処理によって、多くの小さな低角度の燃料注入穴を形成する必要がある。さらに、複雑な組立手段が、特定の性能基準を満たすためにしばしば必要となる。したがって、より長い燃料インジェクタを使用し、漏洩の可能性のある接合部を減らす燃料ノズルジオメトリで製造され、加工後および/またはEDM運転の必要を減らす予混合チューブが必要

50

である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第8181891号明細書

【発明の概要】

【0007】

一態様では、燃料噴射ノズルに使用するための燃料注入ヘッドを提供する。燃料注入ヘッドは、上流面、対向する下流面、およびそれらの間に延在する周壁を備えたモノリシック本体部を備える。複数の予混合チューブは、一体的に形成され、本体部を通して軸方向に延在する。予混合チューブはそれぞれ、上流面に近接した入口、下流面に近接した出口、および入口と出口の間に延在する流路を備える。それぞれの予混合チューブはまた、複数の予混合チューブのそれぞれの外面から外側に、少なくとも部分的に延在する少なくとも一つの燃料インジェクタを含み、燃料インジェクタは予混合チューブと一体的に形成され、本体部と流路の間の燃料フローを促進するよう構成される。

10

【0008】

別の態様では、流体フロー導管を提供する。流体フロー導管は、第一流体を受け入れるよう構成された第一流体入口と、第一流体出口と、第一流体入口と第一流体出口との間に延在する第一流体フロー管を画定する導管壁とを備える。流体フロー導管はさらに、導管壁から外側に、少なくとも部分的に延在する少なくとも一つのインジェクタ部を含む。それぞれのインジェクタ部は、インジェクタ表面と、インジェクタ表面に画定される第二流体入口と、導管壁を通して延在し、第一流体管とフロー連通する第二流体フロー管とを含む導管壁と一体的に形成される。

20

【0009】

さらに別の態様では、燃料噴射ノズルで使用する燃料噴射ヘッドを製造する方法を提供する。この方法は、上流面と、対向する下流面と、それらの間に延在する周壁とを含むモノリシック本体部を形成する工程を備える。複数の予混合チューブは、それぞれの予混合チューブが本体部を通して軸方向に延在するように形成される。それぞれの予混合チューブは、本体部と一体的に形成され、上流面に近接する入口と、下流面に近接する出口と、入口と出口の間に延在する流路とを備える。この方法はさらに、それぞれの予混合チューブの外面から外側に、少なくとも部分的に延在する、少なくとも一つの燃料インジェクタを形成する工程を備え、燃料インジェクタは、予混合チューブと一体的に形成され、本体部と流路との間の燃料フローを促進するよう構成される。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】例示的なガスタービンエンジンの模式図である。

【図2】図1に示すガスタービンエンジンに使用できる例示的な燃料噴射ノズルの斜視図である。

【図3】図2に示す燃料噴射ノズルのヘッド部の線3-3に沿った拡大断面斜視図である。

40

【図4】図2に示す燃料噴射ノズルに使用できる例示的な予混合チューブの斜視図である。

【図5】図4に示す予混合チューブに使用できる例示的な燃料インジェクタの拡大斜視図である。

【図6】図5に示す燃料インジェクタの線6-6に沿った軸方向の断面図である。

【図7】図5に示す燃料インジェクタの線7-7に沿った径方向の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1は、例示的なガスタービンエンジン100の断面の模式図である。具体的には、ガスタービンエンジン100は、ガスタービンエンジンである。例示的な実施形態はガスタ

50

ービンエンジンを示すが、本発明は一つの特定のエンジンに限定されず、当業者であれば、本発明が他のタービンエンジンと組み合わせて使用されてもよいことが認識できる。

【0012】

例示的な実施形態では、ガスタービンエンジン100は、吸気セクション112と、吸気セクション112から下方に結合する圧縮機セクション114と、圧縮機セクション114から下方に結合する燃焼器セクション116と、燃焼器セクション116から下方に結合するタービンセクション118と、排気セクション120とを含む。タービンセクション118は、ローターシャフト122を介して圧縮機セクション114に結合される。例示的な実施形態では、燃焼器セクション116は、複数の燃焼器124を含む。燃焼器セクション116は、各燃焼器124が圧縮機セクション114とフロー連通するように、圧縮機セクション114に結合する。燃料噴射ノズル126は、各燃焼器124内に結合される。タービンセクション118は、圧縮機セクション114および、これらに限定されないが、発電機および/または機械駆動アプリケーションのような負荷128に結合される。例示的な実施形態では、各圧縮機セクション114およびタービンセクション118は、ローターシャフト122に結合してローターアセンブリ132を形成する少なくとも一つのローターディスクアセンブリ130を含む。

【0013】

運転中、吸気セクション112は空気を圧縮機セクション114に向けて運び、そこで空気は燃焼器セクション116に向けて排出される前に圧縮され、高温高压になる。圧縮された空気は、各燃料噴射ノズル126に供給され、着火されて、タービンセクション118に向けて運ばれる燃焼ガスを発生する燃料および他の流体と混合される。より具体的には、各燃料噴射ノズル126は、天然ガスおよび/または燃料油、空気、希釈剤、および/または窒素ガス( $N_2$ )のような不活性ガスといった燃料を、それぞれの燃焼器124および空気流の中に噴射する。燃料混合物は着火され、高温の燃焼ガスを発生させ、燃焼ガスはタービンセクション118に向けて運ばれる。燃焼ガスは回転エネルギーをタービンセクション118およびローターアセンブリ132に与えるので、タービンセクション118は、ガス流からの熱エネルギーを機械的な回転エネルギーに変換する。燃料噴射ノズル126は、空気、希釈剤、および/または不活性ガスを有する燃料を噴射するため、各燃焼器124内での窒素ガスの放出が低減できる。本明細書で用いられる「上流」および「下流」という用語は、燃料噴射ノズル126を通して燃焼室(図示せず)に入る空気と燃料の流れの方向に照らしたものである。

【0014】

図2は、例示的な燃料噴射ヘッド200を含むガスタービン燃料噴射ノズル126を示す。具体的には、燃料噴射ノズル126は、燃料噴射ヘッド200と、燃料ノズルベース202と、燃料噴射ヘッド200と燃料ノズルベース202の間に延在する燃料供給チューブ204とを含む。燃料噴射ヘッド200は、燃料供給チューブ204の下流端206に結合されることで、燃料供給チューブ204の前縁(図示せず)は、燃料噴射ヘッド200の中心207内に画定される内部の環状の肩部(図2には図示せず)に接触する。

【0015】

例示的な実施形態では、燃料噴射ヘッド200は付加製造方法を用いて作られる。具体的には、直接金属レーザー焼結法(DMLS)もしくは直接金属レーザー溶解法(DMLM)として知られる付加製造方法が、モノリシック燃料噴射ヘッド200の製造に使用される。この方法は、本明細書ではDMLSとして記載されるが、当業者であれば、DMLMもまた使用できることを理解できる。あるいは、付加製造方法は、DMLSもしくはDMLMプロセスに限定されず、燃料噴射ヘッド200が本明細書で記載するように機能することを可能にする既知の付加製造方法であれば、いかなるものでもよい。この製造方法は、溶接もしくはろう付けを要する別個の部品の間概して画定される接合部をなくす。代わりに、DMLSは、レーザーと細かい金属粉を用いてCADモデルから金属部品を直接生産する付加層方法である。例示的な実施形態では、コバルトおよび/またはクロム合金粉末およびニッケル基合金粉末が燃料噴射ヘッド200を製造するのに用いられるが、

10

20

30

40

50

燃料噴射ヘッド 200 が本明細書で記載するように機能することを可能にする他の粉末を使用してもよい。

【0016】

CADモデルは薄い層にスライスされ、近接する層がレーザー溶着するように、層が一層ずつ再構築される。層の厚さは、通常、製造精度対製造速度に対する考慮に基づいて選択される。最初は、鋼板が概してDMLSマシン内に固定され、サポートおよびヒートシンクの両方の役割をする。ディスペンサーが粉末を支持プレートに届け、コータームもしくは板刃が粉末をプレート上に広げる。マシンのソフトウェアがレーザー光線の焦点と動作を制御することで、レーザー光線がどこで粉末に当たっても、粉末は固体を形成する。このプロセスは、部品の製造が完了するまで、一層ごとに繰り返される。

10

【0017】

図3は、燃料噴射ヘッド200の拡大断面斜視図である。例示的な実施形態では、燃料噴射ヘッド200は、上流端面212と対向する下流端面214とを含む、部分的に中空で略円形のモノリシック本体210として形成される。面212および214は互いに略平行であり、環状の周壁216は、その間に軸方向に延在する。燃料噴射ヘッド200はまた、複数の内部空気供給路もしくは面212および214の間に延在する予混合チューブ218を含む。各予混合チューブ218は、上流面212に画定される入口220および下流面214に画定される出口222を含む。例示的な実施形態では、各入口220は外方に向かってフレア状になることで、ベルマウス形状が形成され、各予混合チューブ218の流体フロー流路221に流れ込んで通過する空気の流れの加速を促進する。入口220は、流体フロー流路221を通る空気の流れの加速を促進し、下流面214沿いのフラッシュバックを実質的に防ぐ。予混合チューブ218の残りの長さは、出口222を介して画定される、実質的に均一な直径を有する。あるいは、入口220は、フレア状になっておらず、各予混合チューブ218が入口220から出口222へ一定の直径を有し、出口222と実質的に同じ大きさになってもよい。また、入口220および出口222は、本明細書に記載するような燃料噴射ノズル126(図2に示す)の動作を促進するものであればいかなる形状を有してもよい。例示的な実施形態では、予混合チューブ218は、図2に示すように環状の同心円状の列に配置されてもよく、所与の列の予混合チューブ218は、近接する列の予混合チューブ218から周方向にオフセットする。あるいは、予混合チューブ218は、本明細書に記載するような燃料噴射ノズル126の動作を促進するものであればいかなる方法で配置されてもよい。加えて、「チューブ」という用語は便宜上使用するものであり、これは対向する端面212および214に固定される独立したチューブではなく、内部空間が種々の通路の周りで広がるように、モノリシック本体210に組み込まれた内部通路である。

20

30

【0018】

例示的な実施形態では、燃料噴射ヘッド200の中心であってモノリシック本体210の中心207は、上流端面212で開口し、環状壁228に画定される入口ボア226を提供する。入口ボア226は、燃料供給チューブ204(図2に示す)を受け入れ、環状肩部224を画定する座繰り部230を含む。肩部224は、燃料供給チューブ204の前縁に結合されるものである。

40

【0019】

DMLS高速製造方法により、以前は製造に大変なコストと時間がかかっていた様々な設計の特徴を燃料噴射ヘッド200に組み込むことが可能になる。例えば、例示的な実施形態では、モノリシック本体210は、一体的に形成される内部バッフルプレート232を含む。バッフルプレート232は、座繰り230の下流端231から、上流面212と下流面214の間のほぼ半分の位置に、径方向外側に延在することで、ほとんどの(しかしすべてではない)予混合チューブ218がそれを通して延在する。例示的な実施形態では、バッフルプレート232は、面214に向かって径方向外側に傾斜し、周壁216に向かって座繰り230の下流端231から延在するが、周壁216に接触はしない。あるいは、バッフルプレート232は、座繰り230の下流端231から面212および21

50

4に略平行に延在してもよい。バッフルプレート232は、バッフルプレート232の径方向外側縁233と周壁232との間に画定される環状のラジアル隙間234を介して流体結合される下流燃料プレナム238および上流燃料プレナム236を画定する。

#### 【0020】

例示的な実施形態では、少なくとも一つの燃料インジェクタ240、好ましくは燃料インジェクタ240の配列を、各予混合チューブ218内に含む。各予混合チューブ218は、それぞれの予混合チューブ218の周囲に等間隔で配向された複数の(例えば一つの予混合チューブ218に四つの燃料インジェクタ240)燃料インジェクタ240を含んでもよい。例示的な実施形態では、燃料インジェクタ240は、モノリシック本体210の上流面212および下流面214に略平行な共通の平面を通して延在し、バッフルプレート232より上流にある。

10

#### 【0021】

動作時に、燃料噴射ヘッド200の下流端面214の中心207が閉じることで、燃料供給チューブ204を出る高圧ガス燃料が、予混合チューブ218間の領域に流れ込み、下流燃料プレナム238に、そしてラジアル隙間234を通して上流燃料プレナム236に流れ込む。この燃料通路は、燃料インジェクタ240の燃料圧力を略均一化し、よって燃料の予混合チューブ218への略均一な分配を促進する。ガス燃料はそれから、燃料インジェクタ240を通して予混合チューブ218に流れ込み、燃料と空気は燃料噴射ヘッド200を出て燃焼室(図示せず)に入る前に混合する。

#### 【0022】

20

図4は、燃料噴射ノズル126に使用できる例示的な予混合チューブ218および燃料インジェクタ240の斜視図を示す。図4はまた、フレア状のチューブ入口220および予混合チューブ218を通して延在する中心軸線241を示す。例示的な実施形態では、燃料インジェクタ240は、予混合チューブ218の外壁242に位置し、入口220と出口222の間のおよそ半分の位置にある。あるいは、燃料インジェクタ240は、本明細書に記載する燃料噴射ノズル126の動作を促進するのであれば外壁242のどの地点に位置してもよい。図5は、燃料インジェクタ240の拡大斜視図を示す。図6および図7は、予混合チューブ218および燃料インジェクタ240の断面図である。図4から図7はそれぞれ一つの燃料インジェクタ240のみを示すが、各予混合チューブ218は、本明細書に記載するように一つ以上の燃料インジェクタ240を含んでもよい。

30

#### 【0023】

例示的な実施形態では、各燃料インジェクタ240の少なくとも一部が、外壁242から外方に延在する。燃料インジェクタ240は、略円形のインジェクタ表面250および燃料フロー流路254を含む。インジェクタ表面250は、燃料フロー流路254と結合して機能して、上流燃料プレナム236と流体フロー流路221との間の燃料フロー連通を可能にする、インジェクタ表面250内に画定される入口252を含む。例示的な実施形態では、燃料インジェクタ240、より具体的には中心軸線261を含む燃料フロー流路254が、燃料フローの方向と略平行に配向されることで、燃料フロー流路254は流体フロー流路221について斜めに配向される。具体的には、軸線261は、流路軸線241について約30°の角度で配向される。あるいは、燃料フロー流路254は、本明細書に記載する燃料噴射ノズル126の動作を促進するものであれば、流体フロー流路221についてどの角度に配向されてもよい。概して、燃料フロー流路254は流体フロー流路221について配向されることで、燃料インジェクタ240の燃料フロー流路254を通した燃料の流れが、確実に、予混合チューブ218の流体フロー流路221を通して流れる空気の流れの方向への速度成分を有するようにする。

40

#### 【0024】

さらに、燃料インジェクタ240は、上流端256および下流端258を含むことで、インジェクタ表面250は、端256および258の間に部分的に延在する。例示的な実施形態では、インジェクタ上流端256は、インジェクタ外壁242から外方に、浅い鋭角で延在することで、インジェクタ表面250は、軸線241について斜めに配向される

50



(図7に最も良く示す)。下流端258は曲率半径260を含み、燃料インジェクタ240の下流端258を予混合チューブ218の外壁242へと緩やかに傾斜させるインジェクタ表面250の下流端で始まる。したがって、下流端258は、軸線241についてチューブの外壁242から外方への距離を延在し、それによって入口252を通過して流れる燃料の取込と、燃料フロー流路254の燃料フローの方向への配向を促進する。

#### 【0025】

DMLSプロセスはまた、燃料インジェクタ240の予混合チューブ218への確実な配置および配向の提供を促進する。これは、燃料インジェクタ240の配置は燃料噴射ヘッド200(図3に示す)内の燃料供給圧力の均一性を決定するため、重要である。例えば燃料が燃料インジェクタ240の入口252を通過して高速で流入すると、供給圧力は低くなる。一方、燃料速度が低いと、供給圧力は高くなる。同様に、第一予混合チューブ218の第一燃料インジェクタ240が第二の近接する予混合チューブ218の第二燃料インジェクタ240の正反対にあると、入口252を通過する燃料は高速となり、したがって供給圧力は低くなる。第一予混合チューブ218の第一燃料インジェクタ240の位置を近接する第二予混合チューブ218の第二燃料インジェクタ240に対して45°回転すると最良の結果を生み、またDMLS方法は、燃料インジェクタ240をこのように、自動的にそして極めて正確に配置するために利用できることが判明した。

#### 【0026】

例示的な実施形態では、予混合チューブ218は、外径 $D_1$ を画定する外壁242と、内径 $D_2$ を画定する内壁262とを含む。 $D_1$ と $D_2$ との差異が、予混合チューブ218の厚さと定義される。既知の予混合チューブの直径は、当分野で用いられる企画寸法のチューブの直径に限られる。しかし、DMLS方法により、概して既知の予混合チューブよりも薄い、カスタマイズされた予混合チューブ厚さ $T$ の製造が可能になる。例えば、例示的な実施形態では、予混合チューブ218は、およそ0.035インチの厚みを有する既知の予混合チューブと比較して、およそ0.02インチの厚み $T$ を有する。あるいは、予混合チューブ218は、燃料噴射ノズル126が本明細書に記載するように動作することを可能にするものであれば、どんな厚さでもよい。また、より薄いチューブ厚さ $T$ によって、燃料噴射ヘッド200は既知の燃料噴射ヘッドよりも多くの予混合チューブ218を含むことで、燃料と空気のより良い混合を促進し、より効率的エンジン動作と、排気の低減につながる。

#### 【0027】

例示的な実施形態では、燃料フロー流路254は、長さ $L$ と直径 $D_3$ とを含む。長さ/直径( $L/D$ )比率は、長さ $L$ を直径 $D_3$ で除算して規定される。経験的な事実によれば、 $L/D$ 比率が大きくなると、流体フロー流路221の燃料と空気がより良く混合する。例示的な実施形態では、燃料インジェクタ240の $L/D$ 比率は少なくとも10から1である。燃料フロー流路254は、既知のインジェクタ長さよりも長い長さ $L$ を含む。それは、本明細書に記載するように燃料フロー流路254が斜めに配向されるためだけではなく、長さ $L$ が予混合チューブ218の厚さ $T$ より大きくなるように、燃料インジェクタ240が予混合チューブ218の外壁242を越えて延在するためでもある。従来のインジェクタ流路の長さは、予混合チューブの厚さによって制限された。標準的なチューブはより厚くなり、インジェクタ流路を長くすることができたが、噴射ヘッド内のチューブの数は制限された。しかし、チューブの厚さがより薄くなると、ヘッドごとのチューブの数はより多くなったが、インジェクタ流路の長さは制限され、混合不良になる。例示的な実施形態では、DMLS方法を用いて燃料噴射ヘッド200を製造すると、予混合チューブ218の厚さ $T$ と燃料フロー流路254の長さ $L$ の両方の最適化を促進し、それぞれがより長い燃料フロー流路254を有する、既知の噴射ヘッドよりも数の多い予混合チューブ218が、効率的に燃料と空気を混合するのを促進する。燃料噴射ヘッド200、具体的には予混合チューブ218を、DMLS方法を用いて製造することにより、現行の製造上の制限を取り除き、燃料インジェクタ240のような複雑な形状を比較的低コストで生産することが容易になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 8 】

例示的な実施形態では、入口 2 5 2 は燃料と空気の混合の改良を促進する様々な入口調節機能を含み、それによってガスタービンエンジン 1 0 0 のより効率的な運転と排気生成の低減が可能になる。例えば、入口 2 5 2 は、入口 2 2 0 ( 図 3 に示す ) と同様に外方にフレア状になっていてもよく、それによってベルマウス形状が形成され、燃料が各燃料インジェクタ 2 4 0 の燃料フロー流路 2 5 4 に流れ込んで通過するのを促進する。フレア状の入口 2 5 2 は、燃料フロー流路 2 5 4 を通る燃料フローの加速を促進して、流体フロー流路 2 2 1 の燃料と空気の向上した混合を促進する。燃料インジェクタ 2 4 0 の残りの長さは、略均一の直径を有してもよい。あるいは、入口 2 5 2 は、フレア状になっておらず、各燃料フロー流路 2 5 4 が一定の直径を有する。

10

## 【 0 0 2 9 】

さらに、例示的な実施形態では、入口 2 5 2 は、図 5 で最も良く示すように、涙滴形状を有してもよい。入口 2 5 2 の涙滴形状により、渦巻きが入口 2 5 2 を通って燃料の流れに起こり、流体フロー流路 2 2 1 での燃料と空気の混合の向上が促進される。入口 2 5 2 によって発生した渦巻きは、燃料フローに乱れを起こし、流体フロー流路 2 2 1 での燃料と空気の混合を促進する。あるいは、入口 2 5 2 は、略円形であってもよい。概して、入口 2 5 2 は、本明細書に記載する燃料インジェクタ 2 4 0 の作用を促進するものであれば、どのような形状でもよい。D M L S 方法は、フレア型入口または涙滴型入口のような複雑な入口調節機能を、燃料と空気の予混合を向上してエンジン動作の効率の向上を促進する、費用効果が高く信頼できる方法で可能にする。

20

## 【 0 0 3 0 】

したがって、D M L S 方法を用いることで、従来は信頼できるまたは経済的な方法で生産できなかった燃料噴射ノズルの設計および製造を可能にすることが認識される。D M L S 方法は、予混合チューブと噴射ヘッドの端面との接点が堅固であり、非常に厳しいろう付け耐久加工を必要としないことを保証する。噴射ヘッドを継ぎ目なく製造することは、チューブと既知の噴射ヘッドの端面との間の隙間から燃料が漏れることを防ぐので、有効である。また、D M L S 技術により、既知のチューブより厚みが少なく、少なくとも一部が予混合チューブの外側から径方向外側に延在する燃料インジェクタを含む予混合チューブの製造を容易になる。

## 【 0 0 3 1 】

本明細書に記載する燃料噴射ヘッドおよび燃料インジェクタにより、それぞれの予混合チューブの燃料および空気の混合を向上させることができる。例示的な燃料インジェクタは、予混合チューブの外側から外方に延在することで、燃料噴射流路の直径に対する長さの比率が、既知の燃料インジェクタの対応する比率よりも大きくなる。また、例示的な燃料インジェクタは、予混合チューブおよびインジェクタ流路のフレア状の入口および涙滴型のインジェクタ流路入口のような複雑な入口調節機能を含み、それはまた、予混合チューブの燃料と空気の混合の向上を促進し、それがより高いエンジン効率とエンジン排気の低減につながる。

30

## 【 0 0 3 2 】

燃料噴射ノズルとその製造方法の例示的な実施形態を、上記に詳細に記載した。ノズルおよび方法は本明細書に記載する特定の実施形態に限定されず、ノズルの部品および/または方法の工程は、本明細書に記載する他の部品および/または工程とは独立して別々に利用してもよい。例えば、この方法はまた他のガスタービン部品および付加製造方法と組み合わせて使用してもよく、本明細書に記載する燃料噴射ノズルおよび D M L S 方法のみで実施することに限られない。

40

## 【 0 0 3 3 】

本発明の様々な実施形態の具体的な特徴は、一部の図面には示されており、他の図面では示されていないが、これはただ便宜のためである。本発明の原理によれば、図面のいかなる特徴も参照でき、および/または他のいかなる図面のいかなる特徴と組み合わせても特許請求することができる。

50

## 【 0 0 3 4 】

この明細書は、最良の態様を含めた本発明を開示するため、そしてまた、当業者がいずれかの装置もしくはシステムを作って使用し、いずれかの組み合わせた方法を実施することを含め、本発明を実施することを可能にするための例を用いる。本明細書の特許可能な範囲は特許請求の範囲によって規定され、当業者が思いつく他の例を含んでもよい。そのような他の例は、それらが特許請求の範囲の文言から相違ない構成要素を有するのであれば、またはそれらが特許請求の範囲の文言と実質的な差異のない同等の構成要素を含むのであれば、特許請求の範囲内であると意図される。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 5 】

1 0 0	ガスタービンエンジン	10
1 1 2	吸気セクション	
1 1 4	圧縮機セクション	
1 1 6	燃焼器セクション	
1 1 8	タービンセクション	
1 2 0	排気セクション	
1 2 2	ローターシャフト	
1 2 4	燃焼器	
1 2 6	燃料噴射ノズル	
1 2 8	負荷	20
1 3 0	ローターディスクアセンブリ	
1 3 2	ローターアセンブリ	
2 0 0	燃料噴射ヘッド	
2 0 2	燃料ノズルベース	
2 0 4	燃料供給チューブ	
2 0 6	下流端	
2 1 0	モノリシック本体	
2 1 2	上流端面	
2 1 4	下流端面	
2 1 6	環状周壁	30
2 1 8	予混合チューブ	
2 2 0	チューブ入口	
2 2 1	流体フロー流路	
2 2 2	チューブ出口	
2 2 4	肩部	
2 2 6	入口ボア	
2 2 8	環状壁	
2 3 0	カウンターボア	
2 3 2	バッフルプレート	
2 3 2	周壁	40
2 3 4	ラジアル隙間	
2 3 6	上流燃料プレナム	
2 3 8	下流燃料プレナム	
2 4 0	燃料インジェクタ	
2 4 1	軸線	
2 4 2	外壁	
2 5 0	インジェクタ表面	
2 5 2	インジェクタ入口	
2 5 4	燃料フロー流路	
2 5 6	インジェクタ上流端	50

2 5 8 インジェクタ下流端  
 2 6 0 曲率半径  
 2 6 1 軸線  
 2 6 2 内壁

【図 1】

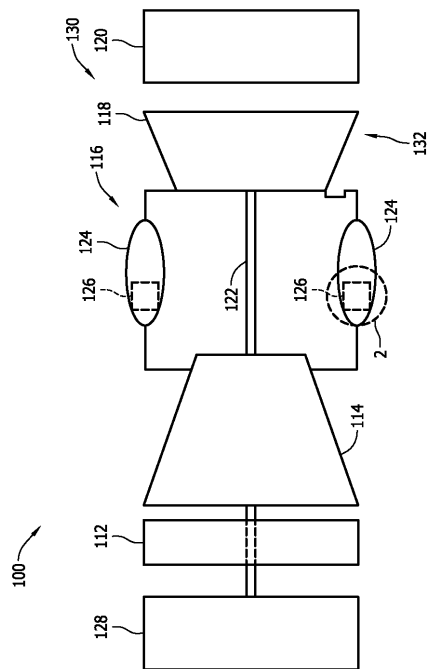


FIG. 1

【図 2】

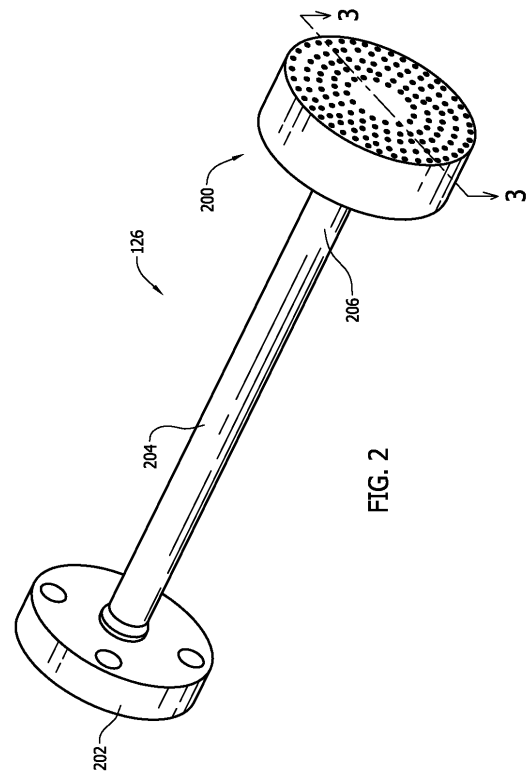


FIG. 2

【 図 3 】

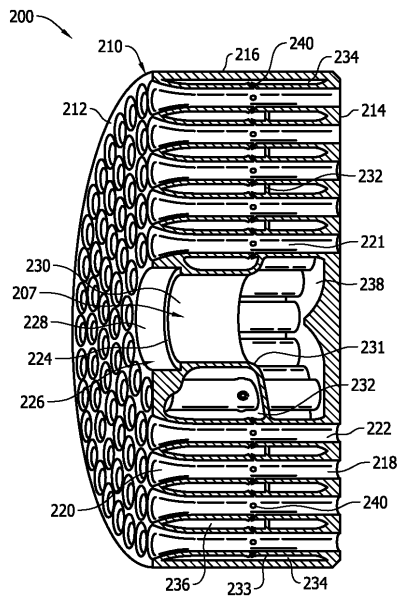


FIG. 3

【 図 4 】

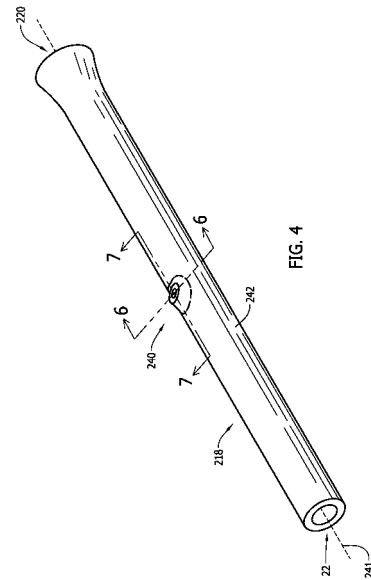


FIG. 4

【 図 5 】

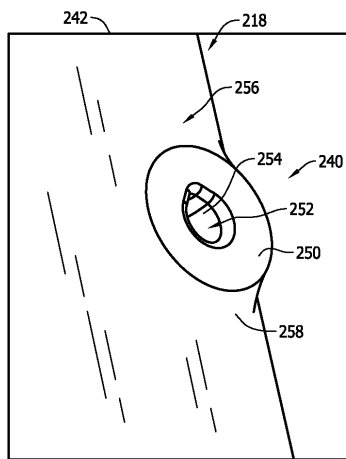


FIG. 5

【 図 6 】

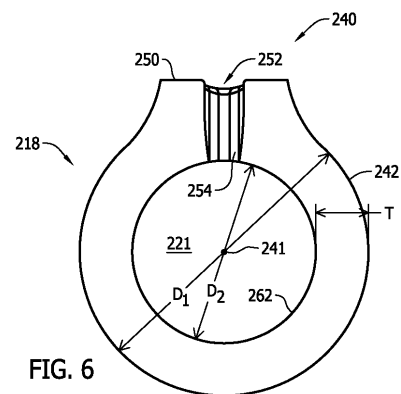


FIG. 6



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード ( 参考 )
<b>B 2 2 F 5/00 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/16	
	B 2 2 F 5/00	Z

(72)発明者 ジェームズ・クリストファー・モナガン  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、 3 0 0 番

(72)発明者 トーマス・エドワード・ジョンソン  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、 3 0 0 番

(72)発明者 ヒース・マイケル・オステビー  
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、 3 0 0 番

F ターム(参考) 4K018 AA08 AA10 AA40 CA42 CA44 CA50 DA50 KA12