

(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2014-181903

(P2014-181903A)

(43) 公開日 平成26年9月29日(2014.9.29)

(51) Int.Cl.

**F23R 3/34 (2006.01)**  
**F02C 7/228 (2006.01)**

F 1

F 23 R 3/34  
F 02 C 7/228

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2014-50935 (P2014-50935)  
 (22) 出願日 平成26年3月14日 (2014.3.14)  
 (31) 優先権主張番号 13/837,186  
 (32) 優先日 平成25年3月15日 (2013.3.15)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタディ、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聰志  
 (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】ガスタービンにおける下流側燃料及び空気噴射に関連する方法

## (57) 【要約】

【課題】エミッション、特にNO<sub>x</sub>のエミッションを低減し且つより高い燃焼温度を可能にした、ガスタービンの下流側燃料及び空気噴射方法を提供すること。

【解決手段】ガスタービンで使用する方法が提供される。本方法は、各々が互いに軸方向に間隔を置いて配置された第1段及び第2段からなる2つの噴射段を含む下流側噴射システムを内部流路内に構成するステップと、(a)ある作動モード中に第1段の直ぐ上流側で生じた予測燃焼流の特性と、(b)第1段及び第2段からの空気及び燃料の噴射の予測される作用が与えられたときに、第2段の直ぐ上流側の予測燃焼流の特性と、に基づいて、第1段及び第2段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップと、を含む。

【選択図】 図19

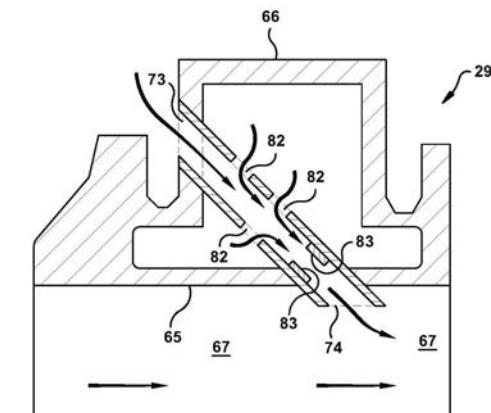


Figure 19

**【特許請求の範囲】**

**【請求項 1】**

タービンに結合されて共に内部流路を定める燃焼器を備えたガスタービンエンジンにおいて使用する方法であって、前記内部流路が、前記燃焼器の前方端部に位置付けられた一次空気及び燃料噴射システムから、前記タービンに前記燃焼器を接続する接合部を通って前記タービンのステータブレードの少なくとも1つの列を通り長手方向軸線の周りで後方に延びており、

前記方法が、

第1段及び第2段からなる2つの噴射段を含む下流側噴射システムを前記内部流路内に構成するステップを含み、

前記第1段及び第2段が各々、前記第1段が前記一次空気及び燃料噴射システムの後方の軸方向位置を有し且つ前記第2段が前記第1段の後方の軸方向位置を有するように前記長手方向軸線に沿って軸方向に間隔を置いて配置され、前記第1段及び第2段の各々が、前記内部流路を通って空気及び燃料を燃焼流内に噴射するように各々が構成された複数の噴射装置を含み、

前記方法が更に、

(a) ある作動モード中に前記第1段の直ぐ上流側で生じた予測燃焼流の特性と、(b) 前記第1段及び第2段からの前記空気及び燃料の噴射の予測される作用が与えられたときに、前記第2段の直ぐ上流側の予測燃焼流の特性と、に基づいて、前記第1段及び第2段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップを含む、方法。

**【請求項 2】**

前記第1段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記一次空気及び燃料噴射システムの構成が与えられたときに、前記作動モード中の前記第1段の直ぐ上流側の前記予測燃焼流の特性に基づいており、前記第2段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記第1段の噴射装置の円周方向配置が与えられたときに、前記第2段の直ぐ上流側の前記予測燃焼流の特性に基づいている、請求項1に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第1段が、前記燃焼器内の前記内部流路の長手方向中間点の後方に位置付けられ、前記方法が更に、作動中に前記第1段及び第2段の噴射装置の各々から空気及び燃料を噴射するステップを含む、請求項1に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記特性が反応物分布を含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記反応物分布のより優れた均一性に向けた前記燃焼流の最適化に基づいている、請求項3に記載の方法。

**【請求項 5】**

前記特性が温度プロファイルを含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記温度プロファイルのより優れた均一性に向けた前記燃焼流の最適化に基づいている、請求項3に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記特性がCO分布を含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記CO分布のより優れた均一性に向けた前記燃焼流の最適化に基づいている、請求項3に記載の方法。

**【請求項 7】**

前記特性がUHC分布を含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記UHC分布のより優れた均一性に向けた前記燃焼流の最適化に基づいている、請求項3に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記特性がNO<sub>x</sub>分布を含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記NO<sub>x</sub>分布のより優れた均一性に向けた前記燃焼流の最適化に基づいている、請求項3に記載の方法。

10

20

30

40

50

**【請求項 9】**

前記特性が、前記燃焼流内の流れ特性の断面分布を含み、前記第1段及び第2段の噴射装置の円周方向配置が、前記流れ特性の断面分布を前記第2段の下流側でより均一にすることに基づいている、請求項3に記載の方法。

**【請求項 10】**

前記流れ特性が、反応物分布、温度プロファイル、CO分布、UHC分布、及びNOx分布のうちの少なくとも2つを含む、請求項9に記載のガスタービン。

**【請求項 11】**

第1の滞留時間が、前記作動モード中に前記燃焼流が内部流路を通って前記一次空気及び燃料噴射システムから前記下流側噴射システムの第1段まで移動する時間を含み、前記方法が更に、前記第1の滞留時間が少なくとも6ミリ秒(ms)を含むように、前記第1段を前記一次空気及び燃料噴射システムの後方の距離で軸方向に位置付けるステップを含む、請求項3に記載の方法。10

**【請求項 12】**

第2の滞留時間が、前記作動モード中に前記燃焼流が内部流路を通って前記第2段から燃焼器端部平面まで移動する時間を含み、

前記方法が更に、前記第2の滞留時間が少なくとも2ミリ秒未満であるように、前記第2段を前記燃焼器端部平面から前方の距離で軸方向に位置付けるステップを含む、請求項3に記載の方法。

**【請求項 13】**

前記第1段及び第2段の各々における前記複数の噴射装置の各々が、前記内部流路の長手方向軸線にほぼ垂直に各々整列された共通の噴射平面上に位置付けられ、前記第1段及び第2段の各々が、3~10個の噴射装置を含み、前記噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記第2段の噴射装置に対して前記第1段の噴射装置を円周方向に互い違いに配置するステップを含む、請求項3に記載の方法。20

**【請求項 14】**

前記第1段及び第2段の各噴射装置が、作動時に、内部流路を通る流れの主方向に対し垂直な基準線に対して+30°~-30°の間の方向で空気及び燃料を噴射するように前記噴射装置を配向するステップと、

前記第1段を3~6個の噴射装置を有するように構成するステップと、30

前記第2段を5~10個の噴射装置を有するように構成するステップと、  
を更に含む、請求項3に記載の方法。

**【請求項 15】**

前記第1段から噴射された空気及び燃料が、前記第2段から噴射された空気及び燃料よりも多く前記内部通路を通って前記予測燃焼流を貫通するように、前記第1段及び第2段の噴射装置を構成するステップを更に含み、前記第2段が、前記第1段よりも前記内部流路の周りに位置付けられた噴射装置をより多く含む、請求項14に記載の方法。

**【請求項 16】**

前記第1段の噴射装置の円周方向の位置付けが、前記第1段の下流側の燃焼流における反応物の混合及び温度の均一性を高めるように、前記一次空気及び燃料噴射システムからの予想される燃焼流に基づいて前記内部流路の所定領域を貫通することに基づき、前記第2段の噴射装置の円周方向の位置付けが、前記第1段の噴射装置の円周方向配置を補完することに基づいている、請求項14に記載の方法。40

**【請求項 17】**

前記一次空気及び燃料噴射システム並びに前記下流側噴射システムの第1段及び第2段が、総供給燃料のうち、前記一次空気及び燃料噴射システムに送給される60%~75%、前記第1段に送給される20%~30%、及び前記第2段に送給される2%~10%の割合が作動中に各々に送給され、前記一次空気及び燃料噴射システム並びに前記下流側噴射システムの第1段及び第2段が、総燃焼器供給空気のうち、前記一次空気及び燃料噴射システムに送給される75%~85%、前記第1段に送給される15%~25%、前記第50

2段に送給される1%～5%の割合が作動中に各々に送給される、請求項3に記載の方法。

#### 【請求項18】

前記内部流路が、前記一次空気及び燃料噴射システムの直ぐ後方で周囲のライナによって定められる一次燃焼ゾーンを含み、前記内部流路が、前記ライナの直ぐ後方で周囲の移行部品によって定められる移行ゾーンを含み、前記移行部品が、前記一次燃焼ゾーンを前記タービンの入口に流体結合すると共に、前記移行部品を通して前記ライナのほぼ円筒断面領域から前記タービンの入口の環状断面領域に流れを移行させるよう構成され、前記移行部品が、前記燃焼器と前記タービンの入口との間の接合部を形成する後方フレームを含み、前記下流側噴射システムの第1段が前記移行ゾーン内に位置付けられ、前記下流側噴射システムの第2段が前記後方フレーム内に位置付けられる、請求項3に記載の方法。

10

#### 【請求項19】

タービンに結合されて共に内部流路を定める燃焼器を備えたガスタービンエンジンにおいて使用する方法であって、前記内部流路が、前記燃焼器の前方端部に位置付けられた一次空気及び燃料噴射システムから、前記タービンに前記燃焼器を接続する接合部を通って前記タービンのステータブレードの少なくとも1つの列を通り長手方向軸線の周りで後方に伸びており、

前記方法が、

第1段、第2段、及び第3段からなる3つの軸方向に間隔を置いて配置された噴射段を含む下流側噴射システムを前記内部流路内に構成するステップを含み、

20

前記第1段が前記一次空気及び燃料噴射システムの後方に位置付けられ、前記第2段が前記第1段の後方に位置付けられ、前記第3段が前記第2段の後方に位置付けられ、前記第1段、第2段、及び第3段の各々が、前記内部流路を通って空気及び燃料を燃焼流内に噴射するように各々が構成された複数の噴射装置を含み、

前記方法が更に、

(a)ある作動モード中に前記第1段の直ぐ上流側で生じた予測燃焼流の特性と、(b)前記第1段、前記第2段、及び前記第3段からの前記空気及び燃料の噴射の予測される作用が与えられたときに、前記第3段の直ぐ上流側の予測燃焼流の特性と、に基づいて、前記第1段、前記第2段、及び前記第3段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップを含む、方法。

30

#### 【請求項20】

前記第1段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記作動モード中の前記第1段の直ぐ上流側の前記予測燃焼流の特性に基づいており、前記第2段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記作動モード中の前記第2段の直ぐ上流側の前記予測燃焼流の特性に基づいており、前記第3段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップが、前記作動モード中の前記第3段の直ぐ上流側の前記予測燃焼流の特性に基づいている、請求項19に記載の方法。

#### 【請求項21】

前記特性が、反応物分布、温度プロファイル、CO分布、UHC分布、及びNO<sub>x</sub>分布のうちの少なくとも1つを含む、請求項20に記載の方法。

40

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

##### 【0001】

本出願は、全体的に、燃焼又はガスタービンエンジン（以下「ガスタービン」）における燃焼システムに関する。より具体的には、限定ではないが、本出願は、ガスタービンの燃焼システムにおける空気及び燃料の下流側又は遅延噴射に関連する新規の方法、システム、及び装置を記載している。

##### 【背景技術】

##### 【0002】

ガスタービンの効率は、新しい技術によりエンジンサイズが増大し作動温度がより高く

50

することができたことで、過去数十年にわたり大幅に向上した。より高い作動温度を可能にした1つの技術的基盤は、高温ガス経路内の構成要素を冷却するために新規の革新的な熱伝達技術が導入されたことであった。加えて、新規の材料が燃焼器内の高温性能の向上を可能にした。

#### 【0003】

しかしながら、この期間の間、エンジン作動中に特定の汚染物質が放出されるレベルを制限する新しい基準が制定された。具体的には、NO<sub>x</sub>、CO、及びUHCのエミッショントレーベルは全てエンジンの作動温度の影響を受け易く、これらのレベルが厳重に規制されている。このうち、NO<sub>x</sub>のエミッショントレーベルは特に、エンジン燃焼温度が高くなる程エミッショントレーベルが増大し易く、従って、温度がどれほど上昇する可能性があるかに関して大きく制限される。作動温度の上昇はエンジン効率の向上と一致するので、上記のことはエンジン効率の向上の妨げとなる。つまり、燃焼器の作動は、ガスタービン作動効率に関して大きく制限される。

10

#### 【0004】

結果として、最新の燃焼器設計技術の主たる目的は、より高温でエンジンを燃焼し、及びひいてはより高い圧力比サイクル及び高いエンジン効率を有することができるよう、これら高い作動温度での燃焼器主導のエミッショントレーベルを低減した構成を開発することである。従って、理解されるように、エミッショント、特にNO<sub>x</sub>のエミッショントを低減し且つより高い燃焼温度を可能にした新規の燃焼システム設計が、商業上特に求められている。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

#### 【特許文献1】米国特許第8,112,216号明細書

#### 【発明の概要】

#### 【0006】

従って、本出願は、タービンに結合されて共に内部流路を定める燃焼器を備え、該内部流路が、燃焼器の前方端部に位置付けられた一次空気及び燃料噴射システムから、タービンに燃焼器を接続する接合部を通じてタービンのステータブレードの少なくとも1つの列を通り長手方向軸線の周りで後方に延びている、ガスタービンエンジンにおいて使用する方法を記載している。本方法は、第1段及び第2段からなる2つの噴射段を含む下流側噴射システムを内部流路内に構成するステップを含み、第1段及び第2段が各々、第1段が一次空気及び燃料噴射システムの後方の軸方向位置を有し且つ第2段が第1段の後方の軸方向位置を有するように長手方向軸線に沿って軸方向に間隔を置いて配置され、第1段及び第2段の各々が、内部流路を通じて空気及び燃料を燃焼流内に噴射するように各々が構成された複数の噴射装置を含み、本方法が更に、(a)ある作動モード中に第1段の直ぐ上流側で生じた予測燃焼流の特性と、(b)第1段及び第2段からの空気及び燃料の噴射の予測される作用が与えられたときに、第2段の直ぐ上流側の予測燃焼流の特性と、に基づいて、第1段及び第2段の噴射装置を円周方向に位置付けるステップを含む。

30

#### 【0007】

本出願のこれら及び他の特徴は、図面及び請求項を参照しながら以下の好ましい実施形態の詳細な説明を精査することによって明らかになるであろう。

#### 【0008】

本発明のこれら及び他の特徴は、添付図面を参照しながら、本発明の例示的な実施形態の以下の詳細な説明を詳細に検討することによって完全に理解され認識されるであろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0009】

【図1】本出願の特定の実施形態を用いることができる例示的なガスタービンの概略断面図。

【図2】本発明の実施形態を用いることができる従来の燃焼器の概略断面図。

40

50

【図3】従来設計による、下流側燃料噴射装置の單一段を含む従来の燃焼器の概略断面図。

【図4】本発明の例示的な実施形態の態様による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図5】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図6】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図7】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図8】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図9】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図10】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図

10

【図11】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図12】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図13】本発明の代替の実施形態による、燃焼器及びタービンの上流側段の概略断面図。

【図14】本発明の特定の態様による、後方フレームの斜視図。

【図15】本発明の特定の態様による、後方フレームの断面図。

【図16】本発明の特定の態様による、後方フレームの断面図。

【図17】本発明の特定の態様による、後方フレームの断面図。

【図18】本発明の特定の態様による、後方フレームの断面図。

【図19】本発明の特定の態様による、後方フレームの断面図。

20

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の以下の実施例では特定のタイプのタービンエンジンについて説明する場合があるが、本発明は、特に記載のない限り、このような用途に限定されず、他のタイプのタービンエンジンにも適用可能であることは当業者には理解されるであろう。更に、本発明を説明する際に、ガスタービンエンジン内の特定の機械構成要素について言及する際に特定の専門用語を使用する場合があることは理解されるであろう。可能な限り、一般的な工業用語が、その受け入れられた意味と同じ意味で使用及び利用される。しかしながら、このような用語は狭義に解釈すべきではなく、多くの場合、特定の機械構成要素を言及するのに異なる用語を用いることもできるることは、当業者には理解されるであろう。加えて、単一の構成要素として本明細書で記載される場合があるものは、別の状況では複数の構成要素からなるものとして言及される場合があり、或いは、複数の構成要素として本明細書で記載される場合があるものは、他の場合では単一の構成要素として言及される場合がある。従って、本発明の範囲を解釈する場合、特定の用語にのみ留意するのではなく、添付の明細書、関連状況、並びに、特に添付の請求項において提供される構成要素の構造、構成、機能、及び／又は使用に対しても留意すべきである。

30

【0011】

本明細書では幾つかの記述上の用語を定常的に使用する場合があり、この点についてこれらの用語を定義することが有用とすることができます。従って、これらの用語及びその定義は、別途記載のない限り、以下の通りである。本明細書で使用する場合、「下流側」及び「上流側」とは、例えば、ガスタービンの圧縮機、燃焼器及びタービンセクションを通る作動流体、又はエンジンの構成要素システムの1つを通る流れ冷却剤のような流体の流れに対する方向を示す用語である。用語「下流」とは、流れ方向に相当し、用語「上流」とは、流体の流れ方向とは逆方向又は逆らう方向を意味する。「前方」と「後方」という用語は、別途指定のない限り、ガスタービンの向きに対する方向を示し、「前方」はエンジンの前方又は圧縮機端部を指し、「後方」はエンジンの後方又はタービン端部を指し、この配列が図1に示されている。

40

50

## 【0012】

加えて、中心軸周りのガスタービンエンジンの構成、並びに幾つかの構成要素システムにおけるこの同じタイプの構成の場合、軸線に対する位置を記述する用語が同様に使用される。この点に関して、用語「半径方向」は軸線に垂直な移動又は位置を意味する点は理解されるであろう。これに関連して、この「半径方向」は、中心軸線からの相対距離を記述するために必要とされる場合がある。このような事例では、例えば、第1の構成要素の方が第2の構成要素よりも中心軸線に近接して位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向内向き」又は「内寄り」にあると記述することになる。これに対して、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線から更に遠くに位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向外向き」又は「外側寄り」にあると記述することができる。加えて、「軸方向」という用語は、軸線に平行な移動又は位置を意味する。また最後に、「円周方向」という用語は、軸線周りの移動又は位置を意味する。上述のように、これらの用語は、通常はエンジンの圧縮機及びタービンセクションを通じて延びる共通の中心軸線又はシャフトに関連して適用することができ、また、他の構成要素又はサブシステムに関連して用いることもできる。例えば、多くの機械で共通している円筒形の「缶型」燃焼器の場合、これらの相対的意味を与える軸線は、その名称が付けられた円筒形の「缶」形状又は下流側の移行部品の環状の形状の中心を通って定められる長手方向の基準軸線とすることができます。

10

## 【0013】

ここで背景技術として図1を参照すると、本出願の実施形態を用いることができる例示的なガスタービン10が提供される。一般に、ガスタービンエンジンは、加圧空気のストリームにおいて燃料の燃焼によって発生する高温ガスの加圧流からエネルギーを取り出すことにより作動する。図1に示すように、燃焼タービンエンジン10は、共通シャフト又はロータにより下流側のタービンセクション又はタービン13に機械的に結合された軸流圧縮機11と、該圧縮機11とタービン13との間に位置付けられた燃焼器12とを含む。図示のように、圧縮機11は、複数の段を含み、この各段は、圧縮機ロータブレードの列と、これに続く圧縮機ステータブレードの列とを含む。タービン13はまた、複数の段を含む。タービン段の各々は、タービンバケット又はロータブレードの列と、これに続き、作動中に固定したままのタービンノズルステータブレードの列とを含む。タービンステータブレードは一般に、互いにから円周方向に間隔を置いて配置され、回転軸の周りに固定される。ロータブレードは、シャフトに接続されるロータホイール上に装着することができる。

20

## 【0014】

作動中、圧縮機11内の圧縮機ロータブレードの回転により、空気流が加圧され、これが燃焼器12内に配向される。燃焼器12内では、加圧空気が燃料と混合されて点火されて、作動流体の高エネルギー流を生成するようにし、次いで、該作動流体をタービン13に通して膨張させることができる。具体的には、燃焼器12からの作動流体は、タービンロータブレードを越えて配向されて回転が誘起されるようにし、次に、ロータホイールがこの回転をシャフトに伝達する。このようにして、作動流体の流れのエネルギーは、回転するシャフトの機械エネルギーに変換される。次いで、シャフトの機械エネルギーを用いて、圧縮機ロータブレードの回転を引き起こし、必要な加圧供給空気を生成し、また、例えば、発電機を駆動して発電を行うようにすることができる。

30

## 【0015】

図2は、本発明の実施形態を用いることができる従来の燃焼器の断面図である。しかしながら、燃焼器20は、各々が本発明の種々の実施形態を含むのに好適な様々な形態をとることができ。通常、燃焼器20は、ヘッド端部22に位置付けられた複数の燃料ノズル21を含む。本発明と共に燃料ノズル21の種々の従来構成を用いることは、理解されるであろう。ヘッド端部22内では、空気と燃料が集まって燃焼ゾーン23内で燃焼し、該燃焼ゾーンは、周囲のライナ24により定められる。ライナ24は通常、ヘッド端部22から移行部品25に延びる。図示のように、ライナ24は、図示のように

40

50

流れスリーブ 26 によって囲まれ、同様に、移行部品 25 は、インピンジメントスリーブ 28 によって囲まれる。流れスリーブ 26 とライナ 24との間、及び移行部品 25 とインピンジメントスリーブ 28との間には、本明細書において「流れアニュラス 27」と呼ばれるアニュラスが形成されることは理解されるであろう。流れアニュラス 27 は、図示のように、燃焼器 20 の長さのほとんどにわたって延びる。ライナ 24 の後で、移行部品 25 は、ライナ 24 の円形断面から、タービン 13 に向かって下流側に延びたときの環状断面に流れを変換する。下流側端部において、移行部品 25 は、作動流体の流れをタービン 13 の第 1 段に向けて配向する。

#### 【0016】

流れスリーブ 26 及びインピンジメントスリーブ 28 には通常、インピンジメントアパー チャ（図示せず）が貫通して形成され、これにより圧縮機 12 からの加圧空気の衝突流が、流れスリーブ 26 とライナ 24 との間及び / 又は移行部品 25 とインピンジメントスリーブ 28 との間に形成される流れアニュラス 27 に流入できるようになる点は理解されるであろう。インピンジメントアパー チャを通る加圧空気の流れは、ライナ 24 及び移行部品 25 の外面を対流冷却する。流れスリーブ 26 及びインピンジメントスリーブ 28 を通って燃焼器 20 に流入する加圧空気は、流れアニュラス 27 を介して燃焼器 20 の前方端部に向けて配向される。次いで、加圧空気は、燃料ノズル 21 に流入し、ここで燃焼のため燃料と混合される。

#### 【0017】

タービン 13 は通常、複数の段を有し、その各々が、図 1 及び 4 に示すように、2つの軸方向にスタックされたブレード列、すなわち、ステータブレード 16 の列と、これに続くロータブレード 17 の列とを含む。ブレード列の各々は、タービン 13 の中心軸線の周りに円周方向に間隔を置いて配置された多くのブレードを含む。下流側端部において、移行部品 25 は、燃焼生成物の流れをタービン 13 に配向する出口及び後方フレーム 29 を含み、タービン 13 において該燃焼生成物の流れがロータブレードと相互作用してシャフト周りの回転を誘起する。このようにして、移行部品 25 は、燃焼器 20 及びタービン 13 を結合する役割を果たす。

#### 【0018】

図 3 は、補助又は下流側燃料 / 空気噴射を含む燃焼器 12 の図を示す。このような補助又は下流側燃料 / 空気噴射は、遅延希薄噴射又は軸方向多段噴射と呼ばれることが多いことは理解されるであろう。本明細書で使用される場合、このタイプの噴射は、ヘッド端部 22 に位置付けられる一次燃料ノズル 21 に対して燃料 / 空気噴射が下流側位置にあることに起因して、「下流側噴射」と呼ばれる。図 3 の下流側噴射システム 30 は、従来設計と一致しており、単に例証の目的で提供されているに過ぎない点は理解されるであろう。図示のように、下流側噴射システム 30 は、流れスリーブ 26 内に定められる燃料通路 31 を含むことができるが、他のタイプの燃料送給も実施可能である。燃料通路 31 は、この実施例においてはライナ 24 及び流れスリーブ 26 の後方端部又はその近傍に位置する噴射装置 32 に延びることができる。噴射装置 32 は、ノズル 33 と、流れアニュラス 27 にわたって延びる移行管 34 とを含むことができる。この構成を前提とすると、各噴射装置 32 は、流れスリーブ 26 の外部から得られる加圧供給空気と、ノズル 33 を通って送給される供給燃料とを集めて、この混合気をライナ 24 内の燃焼ゾーン 23 に噴射することは理解されるであろう。図示のように、複数の燃料噴射装置 32 を流れスリーブ 26 / ライナ 24 組立体の周りに円周方向に位置付け、燃料 / 空気混合気が燃焼ゾーン 23 の周りの複数のポイントで導入されるようにすることができる。複数の燃料噴射装置 32 は、同じ軸方向位置に位置付けることができる。すなわち、複数の燃料噴射装置は、燃焼器 12 の中心軸線 37 に沿って同じ位置に配置される。本明細書で使用される場合、この構成を有する噴射装置 32 は、図示のように、燃焼器 12 の中心軸線 37 に垂直な平面である共通の噴射平面上に位置付けられるものとして説明することができる。図 3 の例示的な従来設計において、噴射平面 36 は、ライナ 24 の後方又は下流側端部に位置付けられる。

10

20

30

40

50

## 【0019】

図4～図19並びに本出願の発明に移ると、ガスタービンのエミッションレベルは、多くの動作基準に依存することは理解されるであろう。燃焼ゾーンにおける反応物の温度は、これらの要因の1つであり、その他ものよりもNO<sub>x</sub>などの特定のエミッションレベルに影響を及ぼすことが分かっている。燃焼ゾーンにおける反応物の温度は、燃焼器の出口温度と正比例の関係があり、これは高い圧力比に相当し、更に、当該高い圧力比により、このようなBraytonサイクル型エンジンにおける効率レベルの向上が可能となる。NO<sub>x</sub>のエミッションレベルは、反応物温度と強く直接的な関係があることが分かっているので、最新のガスタービンは、先進的燃料ノズル設計及び予混合などの技術的進歩によって、燃焼温度を上昇させると同時に、許容可能なNO<sub>x</sub>エミッションレベルを維持できるだけである。このような進歩に続いて、遅延又は下流側噴射を利用して、燃焼温度の更なる上昇が可能となつたが、燃焼ゾーン内での反応物のより短い滞留時間により、NO<sub>x</sub>レベルが減少することが分かった。具体的には、少なくともある程度までは、滞留時間を用いてNO<sub>x</sub>エミッションレベルを制御できることが分かっている。

10

## 【0020】

「遅延希薄噴射」とも呼ばれるこのような下流側噴射は、燃焼器のヘッド端部又は前方端部内で一次噴射ポイントに送給される主供給空気及び燃料の下流側で供給空気及び燃料の一部を導入する。噴射装置のこのような下流側位置決めは、燃焼反応物が燃焼器内の火炎ゾーンの高温内に留まる時間を短縮することは理解されるであろう。具体的には、燃焼器を通る流体の流れの速度が実質的に一定であることに起因して、下流側噴射によって、火炎ゾーンから出るまでに反応物が移動しなければならない距離が短縮されることで、これらの反応物が火炎ゾーンの高温にある時間が短くなり、上述のように、エンジンにおけるNO<sub>x</sub>及びNO<sub>x</sub>エミッションの形成が低減される。このことにより、先進の燃料／空気混合又は予混合技術と下流側噴射の反応物滞留時間の短縮とを併用して、燃焼器燃焼温度の更なる上昇及び重要なことにはより効率的なエンジンを達成すると共に、許容可能なNO<sub>x</sub>エミッションレベルを維持する先進燃焼器設計が可能になった。

20

## 【0021】

しかしながら、他の考慮事項により、下流側噴射が実施できる手法及び範囲が制限される。例えば、下流側噴射は、CO及びUHCのエミッションレベルの上昇を引き起こす可能性がある。すなわち、燃焼ゾーンの極端に下流側の位置にて燃料が過剰な量で噴射された場合には、燃料の不完全燃焼又はCOの不十分なバーンアウトを生じる可能性がある。従って、遅延噴射の概念に関する基本原理及び特定のエミッションに影響及ぼすためのその使用方法は一般的に公知であるが、燃焼器の高い燃焼温度を可能にするようこの方式をどのようにして最適化できるかに関して厳しい設計上の障害が残されたままである。従つて、滞留時間を効率的且つコスト効果のある方法で更に最適化することができる新規の燃焼器設計及び技術は、技術的な更なる進歩にとって重要な領域であり、以下で考察するように本出願の主題である。

30

## 【0022】

本発明の1つの態様は、下流側噴射に対し統合した2段噴射手法を提案する。以下で考察するように、各段は、軸方向に間隔を置いて配置され、燃焼器12の後方の離れた部分及び／又はタービン13の上流側領域内で他の段に対して離散的な軸方向位置を有するようにすることができる。ここで図4を参照すると、本発明の態様による、遅延噴射の2つの段の各々の配置に関する概略的範囲（斜線付き部分）を示したガスタービンエンジン10の断面部得分が例示されている。より具体的には、本発明による下流側噴射システム30は、移行ゾーン39内に噴射の2つの統合軸方向段を含むことができ、該移行ゾーン39は、燃焼器12の移行部品25内に定められる内部流路の一部、又はタービン13の第1段内で下流側に定められる内部流路である。本発明の2つの軸方向段は、本明細書で上流側又は「第1段41」と下流側又は「第2段42」と呼ばれるものを含む。特定の実施形態によれば、これらの軸方向段の各々は、複数の噴射装置32を含む。軸方向段の各々内の噴射装置32は、移行ゾーン39又はタービン13の前方部分内のほぼ同じ軸方向位

40

50

置で円周方向に間隔を置いて配置することができる。このようにして構成された（すなわち、共通の軸方向平面上に円周方向に間隔を置いて配置された）噴射装置32は、図5～7に関してより詳細に考察するように、共通の噴射平面38を有するものとして本明細書で説明される。好ましい実施形態によれば、第1段41及び第2段42の各々における噴射装置は、各位置において空気と燃料の両方を噴射するよう構成することができる。

#### 【0023】

図4は、第1段41及び第2段42の各々が好ましい実施形態に従って配置できる軸方向範囲を示している。好ましい軸方向位置決めを定義するため、図5～7の断面又は輪郭図を前提として、燃焼器12及びターピン13は、燃焼器12のヘッド端部22付近の上流側端部からターピン13セクションの下流側端部を通って長手方向中心軸線37の周りに延びる内部流路として説明することができる点は理解されるであろう。従って、第1段41及び第2段42の各々の位置決めは、内部流路の長手方向軸線37に沿った各位置に対して定義することができる。また図4に示すように、長手方向中心軸線37に垂直に形成される特定の基準平面は、ターピンのこの領域内の軸方向位置に対する別の定義を提供するものとして定義することができる。これら基準平面の第1は、燃焼器中間平面48であり、燃焼器12のほぼ軸方向中間点、すなわちヘッド端部22の燃料ノズル21と燃焼器12の下流側端部との間のほぼ中間に位置する、中心軸線37に対して垂直な平面である。燃焼器中間平面48は通常、ライナ24／流れスリープ26組立体が移行部品25／インピングメントスリープ28組立体に移行する位置付近にあることは理解されるであろう。例示の第2の基準平面は、燃焼器12の後方端部に定義され、本明細書で燃焼器端部平面49と呼ばれる。燃焼器端部平面49は、後方フレーム29の離れた下流側端部を示す。

10

20

30

#### 【0024】

好ましい実施形態によれば、図4に示すように、本発明の下流側噴射システム30は、2つの軸方向噴射段、すなわち、燃焼器中間平面の後方に位置する第1段41及び第2段42を含むことができる。より具体的には、第1段41は、移行ゾーン39の後方半部分に位置付けることができ、第2段42は、第1段41と、ターピン13におけるステータブレード16の第1の列との間に位置付けることができる。より好ましくは、第1段41は、燃焼器12の後方部分内の極めて後半に位置付けられ、第2段42は、燃焼器12の端部平面49付近又は下流側に位置付けることができる。特定の事例では、第1段41及び第2段42は、共通の空気／燃料導管を利用できるように互いに近接して位置付けることができる。

40

#### 【0025】

次に図5～図10に移ると、2段化システムに関する本発明の別の態様を例示した幾つか的好ましい実施形態が提供される。これらの図の各々は、例示的な燃焼器12及びターピン13を通る内部流路の断面図を含む。当業者には理解されるように、本明細書では一次空気及び燃料噴射システムとも呼ばれるヘッド端部22及び燃料ノズル21は、本発明の作動はどのような特定の構成にも依存しないので、複数の構成のうちのあらゆるものを持むことができる。特定の実施形態によれば、ヘッド端部22及び燃料ノズル21は、引用により全体が本明細書に組み込まれる米国特許第8,019,523号に記載され定義されるように、遅延希薄又は下流側噴射システムと適合するように構成することができる。ヘッド端部22の下流側では、ライナ24は、燃焼ゾーン23を定めることができ、該燃焼ゾーン内ではヘッド端部22に送給される一次供給空気及び燃料のほとんどが燃焼される。次に、移行部品25がライナ24から下流側に延びて移行ゾーン39を定めることができ、移行部品25の下流側端部にて、後方フレーム29が、ターピン13のステータブレード16の最初の列に向けて燃焼生成物を配向することができる。

#### 【0026】

これら噴射の第1段及び第2段の各々は、複数の円周方向に間隔を置いて配置された噴射装置32を含むことができる。軸方向段の各々内の噴射装置32は、内部流路の長手方向軸線37に対して垂直な基準平面である共通噴射平面38上に位置付けることができる

50

。噴射装置 3 2 は、分かりやすくするために図 5 ~ 7 においては簡易形態で表され、タービン 1 3 内の燃焼器 1 2 の下流側又は後方端部すなわち第 1 段への空気及び燃料の噴射を行うあらゆる従来設計を含むことができる。第 1 段 4 1 及び第 2 段 4 2 の何れの噴射装置 3 2 もが、図 3 の噴射装置 3 2 、並びに米国特許第 8 , 0 1 9 , 5 2 3 号及び第 7 , 6 0 3 , 8 6 3 号（この両方が引用により本明細書に組み込まれる）において記載又は引用されたものの何れか、図 1 4 ~ 1 9 に関する以下で説明されるものの何れか、並びに他の従来の燃焼器燃料 / 空気噴射装置を含むことができる。組み込まれた引用において定められるように、本発明の燃料 / 空気噴射装置 3 2 はまた、例えば、米国特許第 7 , 6 0 3 , 8 6 3 号で記載されるようなあらゆる従来の手段及び装置による、ステータブレード 1 6 の列内に統合されたものを含むことができる。移行ゾーン 3 9 内の噴射装置 3 2 では、各々は、移行部品 2 5 及び / 又はインピングメントスリーブ 2 8 によって構造的に支持することができ、場合によっては、移行ゾーン 3 9 内に延びることができる。噴射装置 3 2 は、移行ゾーン 3 9 を通る主要流れ方向に対しほぼ横断する方向で空気及び燃料を移行ゾーン 3 9 内に噴射するよう構成することができる。特定の実施形態によれば、下流側噴射システム 3 0 の各軸方向段は、規則的間隔で、又は他の場合には不均等な間隔で円周方向に間隔を置いて配置される複数の噴射装置 3 2 を含むことができる。一例として、好ましい実施形態によれば、軸方向段の各々において 3 ~ 1 0 個の噴射装置 3 2 を利用することができる。他の好ましい実施形態において、第 1 段は、3 ~ 6 個の噴射装置を含むことができ、第 2 段（及び存在する場合には第 3 段）は各々、5 ~ 1 0 個の噴射装置を含むことができる。これらの円周方向配置に関して、2つの軸方向段 4 1 、4 2 間の噴射装置 3 2 は、互いに対し一列に並んで、又は互い違いに配置することができ、以下で考察するように、他の噴射装置に対して補完するように配置することもできる。好ましい実施形態において、第 1 段 4 1 の噴射装置 3 2 は、第 2 段 4 2 の噴射装置 3 2 に比べて主流をより多く貫通するように構成することができる。好ましい実施形態において、これは、第 2 段 4 2 が、第 1 段 4 1 に比べて流路の円周方向の周りにより多くの噴射装置 3 2 が位置付けられる結果をもたらすことができる。第 1 段、第 2 段、及び第 3 段（存在する場合）の噴射装置は各々、作動時に、内部流路を通る流れの主方向に対し垂直な基準線に対して + 3 0 ° ~ - 3 0 ° の間の方向で空気及び燃料を噴射するよう構成することができる。

## 【 0 0 2 7 】

下流側噴射システム 3 0 の第 1 段 4 1 及び第 2 段 4 2 の軸方向位置付けに関して、図 5 及び 6 の好ましい実施形態において、第 1 段 4 1 は、燃焼器中間平面 4 8 の直ぐ上流側又は下流側に位置付けることができ、第 2 段 4 2 は、燃焼器 1 2 の端部平面 4 9 付近に位置付けることができる。特定の実施形態において、第 1 段 4 1 の噴射平面 3 8 は、燃焼器中間平面 4 8 と端部平面 4 9 の間のほぼ中間で移行ゾーン 3 9 内に配置することができる。図 5 に示すように、第 2 段 4 2 は、燃焼器 1 2 の下流側端部又は端部平面 4 9 の直ぐ上流側に位置付けることができる。換言すると、第 2 段 4 2 の噴射平面 3 8 は、後方フレーム 2 9 の上流側端部の直ぐ上流側で生じることができる。第 1 段 4 1 及び第 2 段 4 2 の下流側位置は、そこから噴射される反応物が燃焼器内に存在する時間を短縮することは理解されるであろう。すなわち、燃焼器 1 2 を通る流れの比較的一定の速度が与えられると、滞留時間の短縮は、燃焼器又は火炎ゾーンの下流側終端に達するまでに反応物が移動しなければならない距離に直接関係する。従って、以下により詳細に考察するように、第 1 段 4 1 における距離 5 1 （図 6 に示す）は、ヘッド端部 2 2 において反応物が放出される時間の僅かな部分である噴射された反応物の滞留時間をもたらす。同様に、第 2 段 4 2 における距離 5 2 は、第 1 段 4 1 において反応物が放出される時間の僅かな部分である噴射された反応物の滞留時間をもたらす。上述のように、この滞留時間の短縮は、NOx エミッションレベルを低減する。以下により詳細に考察するように、特定の実施形態において、一次燃料及び空気噴射システム及び互いに対する噴射段の正確な配置は、軸方向位置及び燃焼器を通る計算流量が与えられたときの予想される滞留時間に依存することができる。

## 【 0 0 2 8 】

別の例示的な実施形態において、図 7 に示すように、第 1 段 4 1 の噴射平面 3 8 は、移

10

20

30

40

50

行部品 25 の後方 4 半分に位置付けることができ、図示のように、燃焼器 12 において図 5 の第 1 段 41 よりも僅かに下流側にある。この場合、第 2 段 42 の噴射平面 38 は、燃焼器 12 の後方フレーム 29 に、又は端部平面 49 に極めて近接して位置付けることができる。このような場合、好ましい実施形態によれば、第 2 段 42 の噴射装置 32 は、後方フレーム 29 の構造に統合することができる。

#### 【0029】

別の例示的な実施形態において、図 8 に示すように、第 1 段 41 の噴射平面 38 は、燃焼器 12 の後方フレーム 29 又は端部平面 49 の僅かに上流側に位置付けることができる。第 2 段 42 は、タービン 13 内のステータブレード 16 の第 1 列の軸方向位置又はその近傍に位置付けることができる。好ましい実施形態において、第 2 段 42 の噴射装置 32 は、上述のように、ステータブレード 16 のこの列に統合することができる。10

#### 【0030】

本発明はまた、ヘッド端部 22 の一次空気及び燃料噴射システムと、下流側噴射システムの第 1 段 41 及び第 2 段 42 との間で空気及び燃料を分配する制御構成を含む。相対的に、好ましい実施形態によれば、第 1 段 41 は、第 2 段 42 よりも多くの燃料を噴射するよう構成することができる。特定の実施形態において、第 2 段 42 にて噴射される燃料は、第 1 段 41 にて噴射される燃料の 50% 未満である。他の実施形態では、第 2 段 42 にて噴射される燃料は、第 1 段 41 にて噴射される燃料の約 10% ~ 50% の間である。第 1 段 41 及び第 2 段 42 の各々は、分析及び試験によって決定できる、噴射燃料を所与としたほぼ最少量の空気を噴射して、十分な CO バーンアウトを可能にしながら燃焼器出口温度に対する NO<sub>x</sub> をほぼ最少にするよう構成することができる。他の好ましい実施形態は、ヘッド端部 22 の一次空気及び燃料噴射システムと下流側噴射システムの第 1 段 41 及び第 2 段 42 の間のより特定レベルの空気及び燃料の分配を含む。例えば、1 つの好ましい実施形態において、燃料の分配は、一次空気及び燃料噴射システムに対する燃料の 50% ~ 80% の間、第 1 段 41 に対する 20% ~ 40% の間、及び第 2 段 42 に対する 2% ~ 10% の間を含む。このような場合、空気の分配は、一次空気及び燃料噴射システムに対する空気の 60% ~ 85% の間、第 1 段 41 に対する 15% ~ 35% の間、及び第 2 段 42 に対する 1% ~ 5% の間を含むことができる。別の好ましい実施形態において、このような空気及び燃料分割は、更に正確に定めることができる。この場合、一次空気及び燃料噴射システム、第 1 段 41 及び第 2 段 42 間の空気及び燃料分割は、それぞれ、燃料が 70 / 25 / 5%、空気が 80 / 18 / 2% である。20

#### 【0031】

2 つの噴射段の種々の噴射装置は、所望の動作並びに好ましい空気及び燃料分割が達成されるように制御及び構成することができる。これらの方法のうちの一部は、引用により全体が本明細書に組み込まれる、米国特許出願 2010/0170219 の態様を含むことは理解されるであろう。図 9 において概略的に示されるように、第 1 段 41 及び第 2 段 42 の各々への空気及び燃料供給は、共通の制御バルブ 55 を介して制御することができる。すなわち、特定の実施形態において、空気及び燃料供給は、共通バルブ 55 を備えた単一のシステムとして構成することができ、2 つの段間の所望の空気及び燃料分割は、2 つの段の別個の供給通路又は噴射装置 32 内でのオリフィスサイズ決定により受動的に決定することができる。図 10 に示すように、各段 41、42 の空気及び燃料供給は、各段 41、42 の送給を制御する別個のバルブ 55 を用いて独立して制御することができる。本明細書で挙げられるあらゆる制御バルブは、コントローラに電気的に接続され、従来のシステムによるコントローラを介して操作される設定を有することは理解されるであろう。30

#### 【0032】

第 1 段 41 における噴射装置 32 の数及び各噴射装置の円周方向位置は、噴射される空気及び燃料が主燃焼器流を貫通して混合及び燃焼を改善するように選択することができる。噴射装置 32 は、噴射の下流側位置が所与であるときの短い滞留時間の間に空気及び燃料が十分に混合及び反応するように、主流への貫通が十分であるように調整することができます。40

10

20

30

40

50

きる。第2段42の噴射装置32の数は、第1段41の噴射から生じる流れ及び温度プロファイルを補完するように選ぶことができる。更に、第2段は、第1段噴射に必要な作動流体の流れにおけるジェット貫通よりも少ない貫通を有するように構成することができる。結果として、第1段に比べて、より多くの噴射ポイントが第2段用の流路の周辺付近に配置される場合がある。加えて、第1段噴射装置32の数及びタイプ、並びに各噴射装置32において噴射される空気及び燃料の量は、温度が低く及び／又はCO濃度が高い位置に可燃性反応物を配置して、燃焼及びCOバーンアウトを改善するように選ぶことができる。好ましくは、第1段41の軸方向位置は、第1段41から出るCO/UHCの反応を促進させる第2段42の能力を達成するために、可能な限り後方に離れてあるべきである。第2段42の噴射の滞留時間が極めて短時間であるので、上記で定められるように、燃料の比較的小部分が噴射されることになる。第2段42の空気の量もまた、計算及び試験データに基づいて最少にすることができる。

10

#### 【0033】

特定の好ましい実施形態において、第1段41及び第2段42は、第1段41から噴射された空気及び燃料が、第2段42から噴射された空気及び燃料よりも多く内部流路を通って燃焼流を貫通するように構成することができる。このような場合、上述のように、第2段42は、あまり強力でない噴射ストリームを生成するよう構成された噴射装置32をより多く（第1段41と比べて）利用することができる。この方式を用いると、第1段41の噴射装置32は、主として、これらが噴射した空気及び燃料を燃焼流と内部流路の中間領域にて混合することを目的として構成することができ、他方、第2段42の噴射装置32は、噴射した空気及び燃料を燃焼流と内部流路の周辺領域において混合することを目的として構成することができる点は理解されるであろう。

20

#### 【0034】

本発明の態様によれば、下流側噴射の2つの段は、機能、反応物の混合、及び内部流路を通る燃焼特性を改善すると同時に、作動中に燃焼器12に送給される加圧供給空気の使用に関する効率を改善するために統合することができる。すなわち、下流側噴射に関連する性能上の利点を得るために噴射空気を少なくする必要がある場合があり、これにより、燃焼器13の後方部分に供給される空気の量並びにこの空気が提供する冷却作用が向上する。これを達成するために、好ましい実施形態において、第1段41の噴射装置32の円周方向配置は、第1段41の下流側の燃焼流における反応物の混合及び温度の均一性を高めるように、一次空気及び燃料噴射システムからの予想される燃焼流に基づき噴射される空気及び燃料が内部流路の所定領域を貫通する構成を含む。加えて、第2段42の噴射装置32の円周方向配置は、第1段41の下流側の予想される燃焼流の特性が所与であるときの第1段41の噴射装置32の円周方向配置を補完するものとすることができます。複数の異なる燃焼流特性は、エミッションレベルに有利とすることができます燃焼器を通じた燃焼を改善する上で重要であることは理解されるであろう。これらには、例えば、燃焼流内の反応物分布、温度プロファイル、CO分布、及びUHC分布が含まれる。このような特性は、内部流路内の軸方向位置又は範囲での燃焼流内の何れかの流れ特性の断面分布として定義することができ、また、特定のコンピュータ作動モデルを用いてこのような特性を予測することができ、又は実際のエンジン作動の実験又は試験によって決定することができ、或いはこれらの組み合わせである点は理解されるであろう。通常、燃焼流が完全に混合されて均一であるときに改善される性能、及び本発明の統合した2段手法を用いてこれを達成することができる。従って、第1段41及び第2段42の噴射装置32の円周方向配置は、第1段41及び第2段42の噴射装置32の円周方向配置からの空気及び燃料の噴射の予想される効果が所与であるときに、（a）作動中の第1段41の直ぐ上流側の予想燃焼流の特性、（b）第2段42の直ぐ下流側の予想燃焼流の特性に基づくことができる。上述のように、この場合の特性は、反応物分布、温度プロファイル、NO<sub>x</sub>分布、CO分布、UHC分布、又はこれらの何れかをモデル化するのに用いることができる他の関連特性とすることができる。これとは別に、本発明の別の態様によれば、第1段41の噴射装置32の円周方向配置は、作動中の第1段41の直ぐ上流側の予想燃焼流の特性に基

30

40

50

づくことができ、該特性は、一次空気及び燃料噴射システム30の構成に基づくことができる。第2段42の噴射装置32の円周方向配置は、第2段42の直ぐ上流側の予想燃焼流の特性に基づくことができ、該特性は、第1段41の噴射装置32の円周方向配置に基づくことができる。

#### 【0035】

本発明の統合された2段下流側噴射システム30は、幾つかの利点を有することは理解されるであろう。第1に、統合システムは、第1段及び第2段を物理的に結合することによって滞留時間を短縮し、これにより第1段41を更に下流側に移動させることができるとなる。第2に、統合システムは、第1段の下流側で結果として生じる流れの望ましくない特性に対処するよう第2段を調整できるので、第1段におけるより良好で小さな噴射ポイントを使用することができる。第3に、第2段を含めることにより、必要な貫通を得るために「キャリア」空気の少ない使用を必要とする單一段システムと比べて主流への貫通を少なくするよう各段を構成できることが可能となる。これは、少ない空気が流れアニュラス内の冷却流から吸い上げられ、主燃焼器の構造を低い温度で作動させることができることを意味する。第4に、滞留時間の短縮により、NOxエミッションを増大させることなく、より高い燃焼器温度が可能になる。第5に、单一の「二重マニホールド」構成を用いて、統合した2段噴射システムの構造を簡素化し、これら様々な利点をコスト効率良く達成する。

#### 【0036】

ここで本発明の追加の実施形態に移ると、噴射段の位置付けは、滞留時間に基づくことができる点は理解されるであろう。上述のように、下流側噴射段の位置付けは、限定ではないが、一酸化炭素(CO)エミッションを含む、複数の燃焼性能パラメータに影響を及ぼす可能性がある。一次段に近すぎる下流側段の位置付けは、下流側段に燃料供給されないときに過剰な一酸化炭素エミッションを生じさせる可能性がある。よって、一次ゾーンからの流れは、噴射の第1の下流側段の前に一酸化炭素と反応し消費する時間を有することができる。この所要時間は、流れの「滞留時間」、すなわち換言すると、燃焼材料の流れが軸方向に間隔を置いて配置された噴射段間の距離を移動するのに要する時間である点は理解されるであろう。2つの段間の滞留時間は、位置間の総堆積と、ガスタービンエンジンの作動モードを所与として計算できる体積流量とに基づくあらゆる2つの位置間のバルクベースで計算することができる。従って、あらゆる2つの位置間の滞留時間は、体積÷体積流量として計算することができ、ここで体積流量は質量流量×密度である。別の表現をすると、体積流量は、質量流量×ガス温度×適用気体定数÷ガスの圧力として計算することができる。

#### 【0037】

従って、一酸化炭素のエミッションレベルを含む、エミッションレベルに対する懸念を考慮すると、第1の下流側噴射段は、燃焼器端部において一次燃料及び空気噴射システムから6ミリ秒(ms)未満のより近くにあるべきではないことが明らかになった。すなわち、この滞留時間は、エンジンの特定の作動モード中に、一次空気及び燃料噴射システムにて定められた第1の位置から、下流側噴射システムの第1段にて定められた第2の位置まで内部流路に沿って燃焼流が移動するのに要する時間期間である。この場合、第1段は、少なくとも6msの第1の滞留時間と同じである一次空気及び燃料噴射システムの後方距離に位置付けるべきである。加えて、NOxエミッションの観点から遅延下流側噴射は有利な影響を有し、第2の下流側噴射段は、燃焼器出口又は燃焼器端部平面から2ms以内に位置すべきであることが明らかになった。すなわち、この滞留時間は、エンジンの特定の作動モード中に、第2段にて定められた第1の位置から、燃焼器の端部平面にて定められた第2の位置まで内部流路に沿って燃焼流が移動するのに要する時間期間である。この場合、第2段は、2ms未満のこの滞留時間と同じである燃焼器の端部平面の前方の距離に位置付けるべきである。

#### 【0038】

図11～14は、3つの噴射段を備えたシステムを示している。図11は、3つの段の

10

20

30

40

50

各々が位置付けることができる軸方向範囲を示している。好ましい実施形態によれば、図 11 に示すように、本発明の下流側噴射システム 30 は、噴射の 3 つの軸方向段、すなわち、第 1 段 41、第 2 段 42、及び第 3 段 43 を含むことができ、これらは、燃焼器中間平面の後方に位置付けられる。より具体的には、第 1 段 41 は、移行ゾーン 39 に位置付けることができ、第 2 段 42 は、燃焼器端部平面 49 附近に位置付けることができ、第 3 段は、燃焼器端部平面 49 又はその後方に位置付けることができる。図 12 及び 14 は、これら 3 つの噴射段の各々をそれぞれの範囲内に配置できる特定の好ましい実施形態を示す。図 12 に示すように、第 1 段及び第 2 段は、移行ゾーン内に配置することができ、第 3 段は、燃焼器端部平面付近に位置付けることができる。図 13 に示すように、第 1 段は、移行ゾーン内に配置することができ、第 2 及び第 3 の段は、それぞれ、後方フレーム及びステータブレードの第 1 の列にて配置される。特定の実施形態において、上記で考察したように、第 2 段は、後方フレームに統合することができ、他方、第 3 段は、ステータブレードに統合される。

#### 【0039】

本発明は更に、3 つの噴射段を含む下流側噴射システム内の燃料及び空気噴射の量及び流量について記載する。1 つの実施形態において、第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、第 2 段にて噴射される燃料を第 1 段にて噴射される燃料の 50 % 未満に制限し、第 3 段にて噴射される燃料を第 1 段にて噴射される燃料の 50 % 未満に制限する構成を含む。別の好ましい実施形態において、第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、第 2 段にて噴射される燃料を第 1 段にて噴射される燃料の 10 % ~ 50 % に制限し、第 3 段にて噴射される燃料を第 1 段にて噴射される燃料の 10 % ~ 50 % に制限する構成を含む。別の好ましい実施形態において、一次空気及び燃料噴射システム並びに下流側噴射システムの第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、総供給燃料のうちの以下の割合、すなわち、一次空気及び燃料噴射システムに送給される 50 % ~ 80 %、第 1 段に送給される 20 % ~ 40 %、第 2 段に送給される 2 % ~ 10 %、及び第 3 段に送給される 2 % ~ 10 % が作動中に各々に送給されるよう構成することができる。更に別の好ましい実施形態において、一次空気及び燃料噴射システム並びに下流側噴射システムの第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、総燃焼器供給空気のうちの以下の割合、すなわち、一次空気及び燃料噴射システムに送給される 60 % ~ 85 %、第 1 段に送給される 15 % ~ 35 %、第 2 段に送給される 1 % ~ 5 %、及び第 3 段に送給される 0 % ~ 5 % を作動中に各々に送給できるよう構成される。別の好ましい実施形態において、一次空気及び燃料噴射システム並びに下流側噴射システムの第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、総供給燃料のうちの以下の割合、すなわち、一次空気及び燃料噴射システムに送給される約 65 %、第 1 段に送給される約 25 %、第 2 段に送給される約 5 %、及び第 3 段に送給される約 5 % が作動中に各々に送給されるよう構成することができる。この場合、一次空気及び燃料噴射システム並びに下流側噴射システムの第 1 段、第 2 段、及び第 3 段は、総供給空気のうちの以下の割合、すなわち、一次空気及び燃料噴射システムに送給される約 78 %、第 1 段に送給される約 18 %、第 2 段に送給される約 2 %、及び第 3 段に送給される約 2 % が作動中に各々に送給されるよう構成することができる。

#### 【0040】

図 14 ~ 19 は、燃料噴射装置を後方フレームに組み込むことができる方法を含む、本発明の別の態様の実施形態を示している。上述のように、後方フレーム 29 は、燃焼器 12 の下流側端部とタービン 13 の上流側端部との間の接合部を提供するフレーム部材を含む。

#### 【0041】

図 14 に示すように、後方フレーム 29 は、内部流路を囲む又は包囲する堅固な構造部材を形成する。後方フレーム 29 は、内部流路の外寄り境界を定める内側表面又は壁部 65 を含む。後方フレーム 29 は、該後方フレームが燃焼器及びタービンに接続される構造要素を含む外側表面 66 を含む。複数の出口ポート 74 を後方フレーム 29 の内側壁部を通って形成することができる。出口ポート 74 は、燃料プレナム 71 を内部流路 67 に接続するよう構成することができる。後方フレーム 29 は、6 ~ 20 の出口ポートを含むこ

10

20

30

40

50

とができるが、より多く又はより少ない出口ポートを設けることもできる。出口ポート74は、後方フレームの内側壁部65の周りに円周方向に間隔を置いて配置することができる。図示のように、後方フレーム29は、環状の断面形状を含むことができる。

#### 【0042】

図15～19に示すように、本発明による後方フレーム29は、内部に形成される円周方向に延びた燃料プレナム71を含むことができる。図15に示すように、燃料プレナム71は、後方フレーム29の外側壁部66を通って形成され且つ燃料プレナム71に燃料が供給される燃料入口ポート72を有することができる。従って、燃料入口ポート72は、燃料プレナム71を燃料供給部77に接続することができる。燃料プレナム71は、内部流路67を囲むか又は完全に包囲するよう構成することができる。図示のように、燃料が燃料プレナム71に到達すると、燃料は、出口ポート74を通って内部流路67に噴射することができる。図16に示すように、特定の場合には、空気は、燃料プレナム71に送給される前に、予混合器84内で燃料と予混合することができる。或いは、空気及び燃料は、燃料プレナム71内で集められて混合することができ、この一例が図17に示される。この場合、空気入口ポート73は、後方フレーム29の外側壁部66に形成することができ、燃料プレナム71と流体連通することができる。空気入口ポート73は、後方フレーム29の周りに円周方向に間隔を置いて配置され、この領域において燃焼器を囲む圧縮機吐出により送給することができる。

10

#### 【0043】

また、図17に図示されるように、出口ポート74は傾斜を付けることができる。この角度は、内部流路67を通る燃焼流に垂直な基準方向に対するものとすることができる。特定の実施形態において、図示のように、出口ポートの傾斜は、燃焼流の下流側方向に向けて0°～45°とすることができます。加えて、出口ポート74は、図17に示すように、後方フレーム29の内側壁部65の表面に対して同一平面に構成することができる。或いは、出口ポート74は、図19に示すように、各出口ポートが内側壁部65から内部流路67内に突出するように構成することができる。

20

#### 【0044】

図18及び19は、幾つかの管体81が燃料プレナム71を横断するよう構成された代替の実施形態を示す。管体81の各々は、第1の端部が空気入口ポート73の1つに接続され、且つ第2の端部が出口ポート74の1つに接続されるように構成することができる。特定の実施形態において、図18に示すように、後方フレームの内側表面65上に形成される出口ポート74は、(a)管体81の1つに接続されるよう構成された空気出口ポート76と、(b)燃料プレナム71に接続されるよう構成された燃料出口ポート75とを含む。出口ポートの各々は、互いに近接して内側壁部65上に位置付けられ、内部流路67内に噴射されたときに空気及び燃料の混合を促進することができる。好ましい実施形態において、図18に示すように、空気出口ポート76は、円形形状を有するように構成され、燃料出口ポート75は、空気出口ポート76の円形形状の周りに形成されたリング形状を有するように構成される。この構成は更に、内部流路67内に送給されたときに燃料及び空気の混合を促進することになる。特定の実施形態において、管体81は、管体81を通って移動する流体と燃料プレナム71を通って移動する流体とが内部流路67に噴射されるまでは、これら2つの流体が混合するのを阻止する固体構造を有する点は理解されるであろう。或いは、図19に示すように、管体81は、空気及び燃料が内部流路67に噴射される前に予混合することができる開口82を含むことができる。このような場合、予混合が強化されるように開口82の下流側に、乱流及び混合を促進する構造体(例えば、ターピュレータ83)を含めることができる。

30

40

#### 【0045】

当業者であれば理解されるように、幾つかの例示的な実施形態に関して上述された多くの様々な特徴及び構成は、本発明の他の実施可能な実施形態を形成するよう更に選択的に適用することができる。簡潔にするため、及び当業者の能力を考慮して、各々の可能な繰り返しは本明細書で詳細には述べていないが、添付の複数の請求項によって包含される全

50

ての組み合わせ及び可能な実施形態は、本出願の一部をなすものとする。加えて、本発明の複数の例示的な実施形態の上記の説明から、当業者であれば改善、変更、及び修正が理解されるであろう。当該技術分野の範囲内にあるこのような改善、変更、及び修正はまた、添付の請求項によって保護されるものとする。更に、上記のことは、本出願の好ましい実施形態にのみ関連しているが、添付の請求項及びその均等物によって定められる本出願の精神及び範囲から逸脱することなく、当業者によって多くの変更及び修正を本明細書において行うことができる点を理解されたい。

## 【符号の説明】

## 【0046】

- 2 9 後方フレーム
- 6 5 内側表面又は内側壁部
- 6 6 外側表面
- 6 7 内部流路
- 7 3 空気入口ポート
- 7 4 出口ポート
- 8 2 開口
- 8 3 タービュレータ

10

## 【図1】

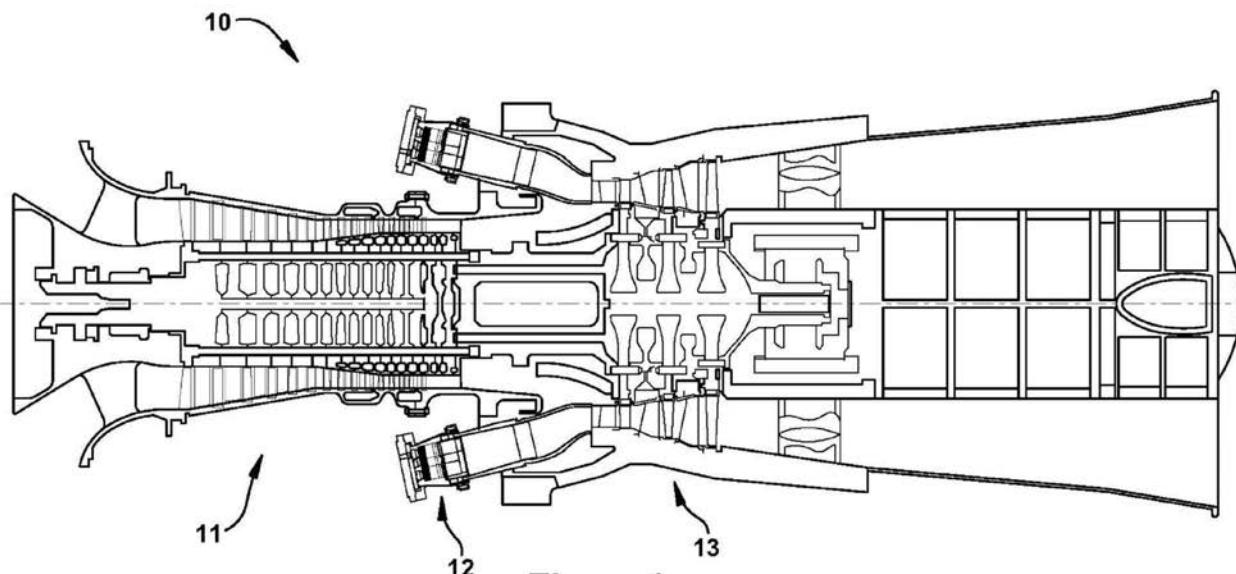
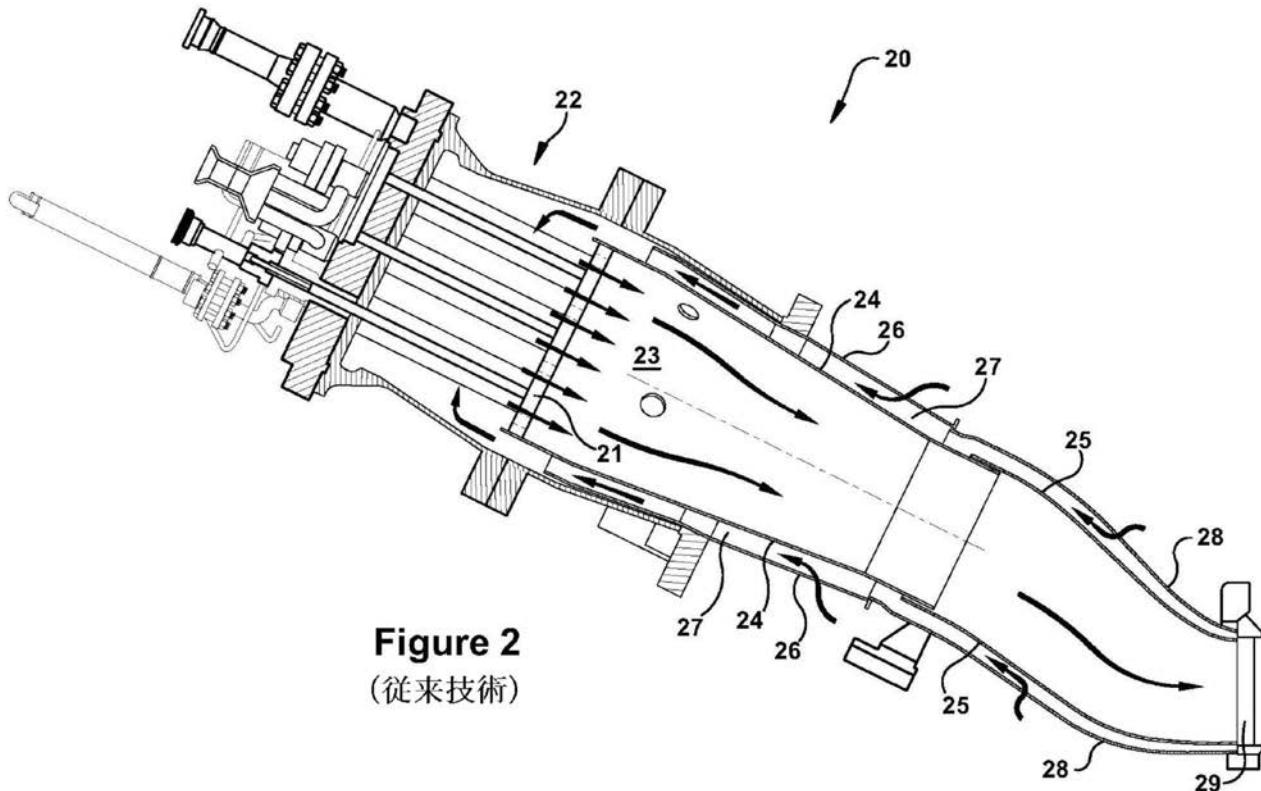


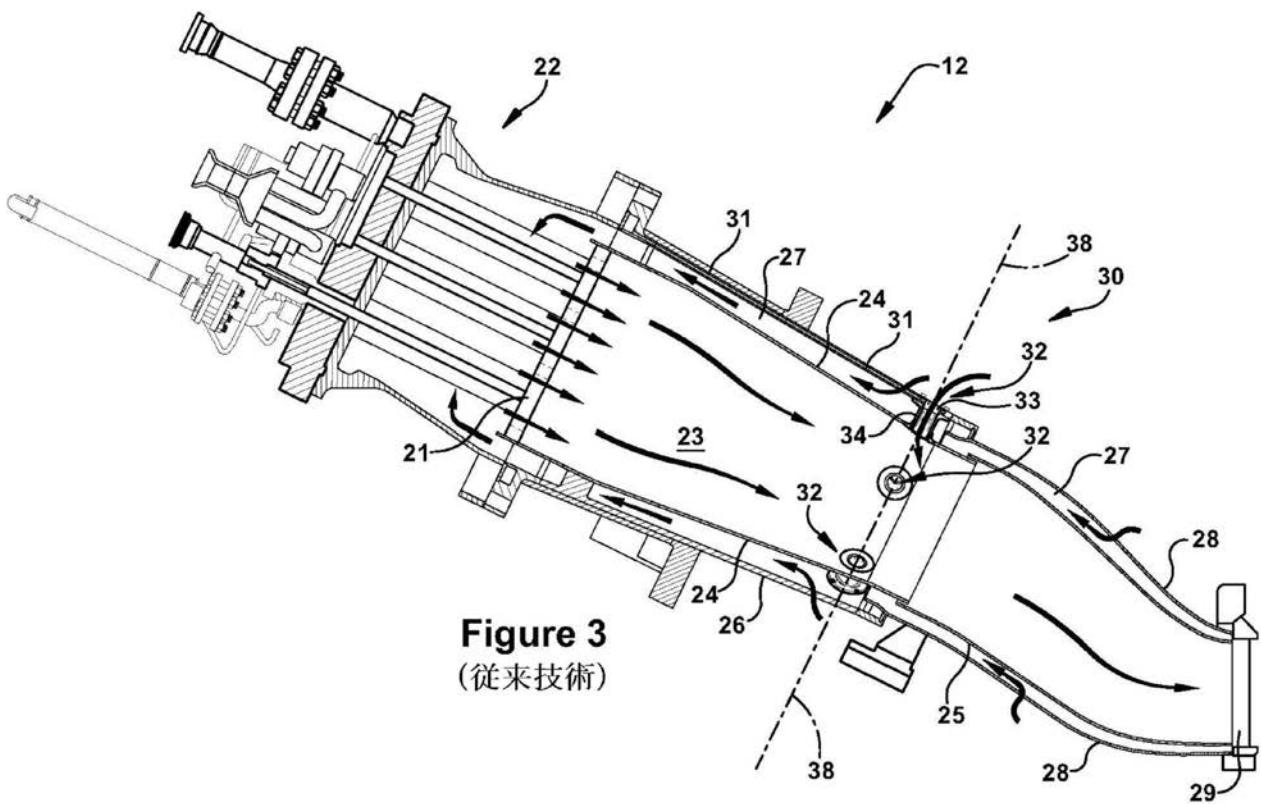
Figure1

(従来技術)

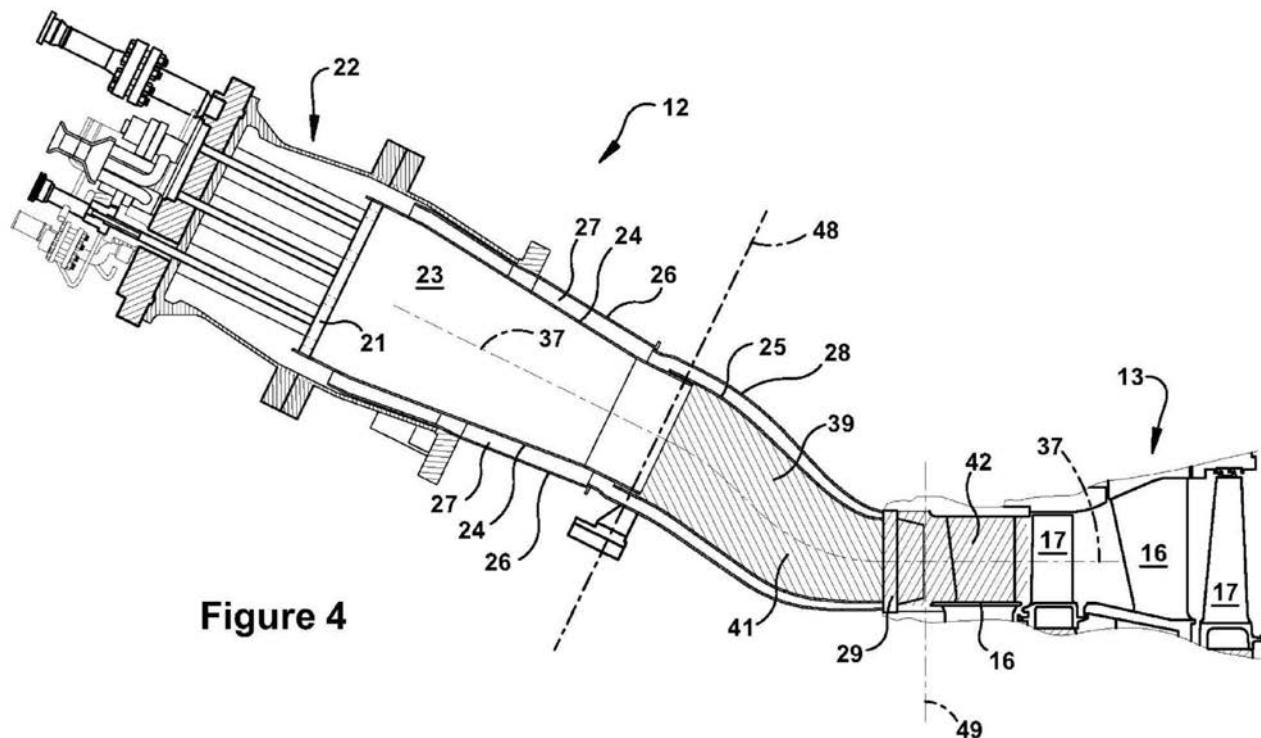
【図2】



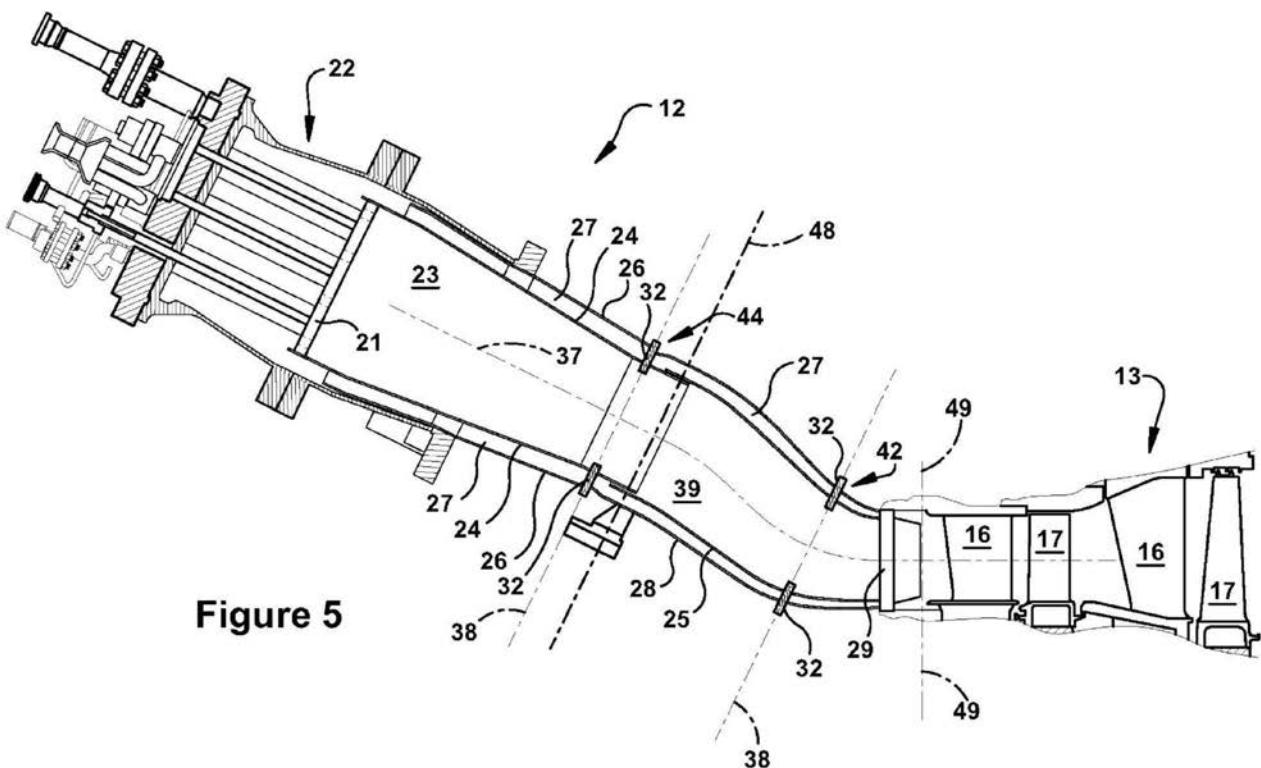
【図3】



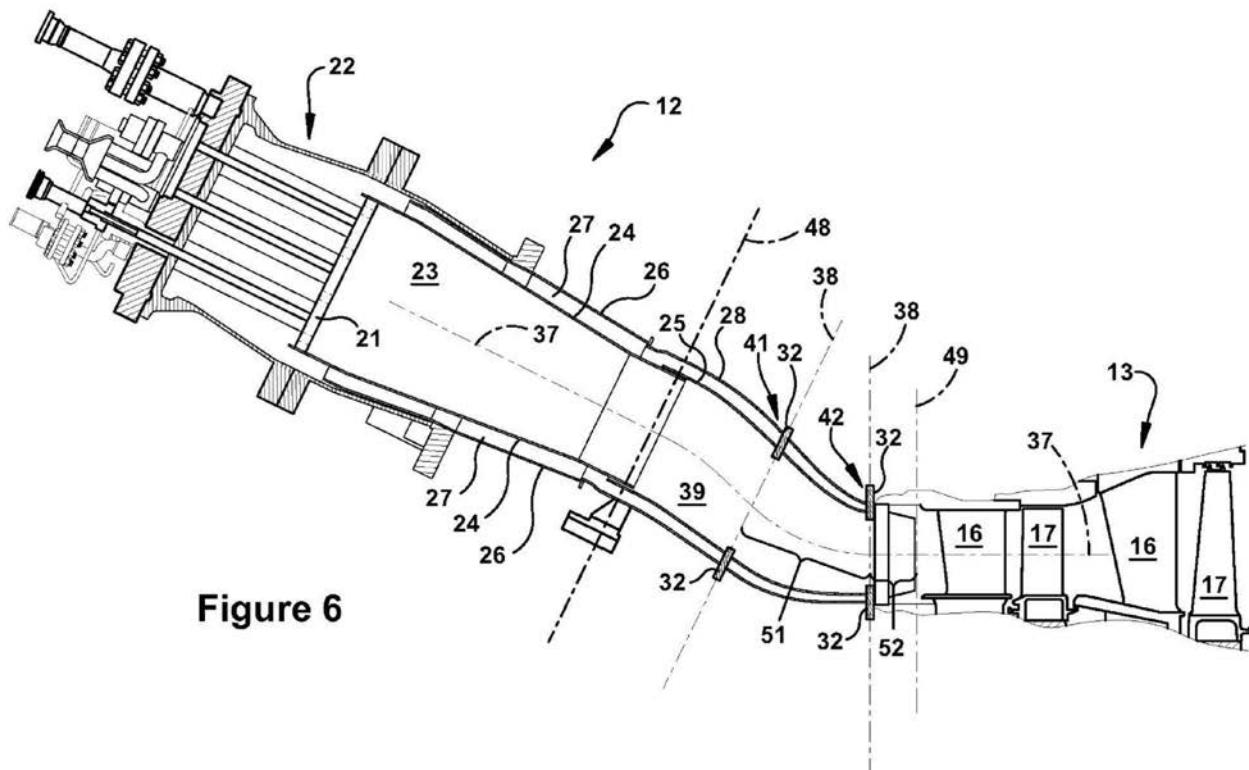
【図4】

**Figure 4**

【図5】

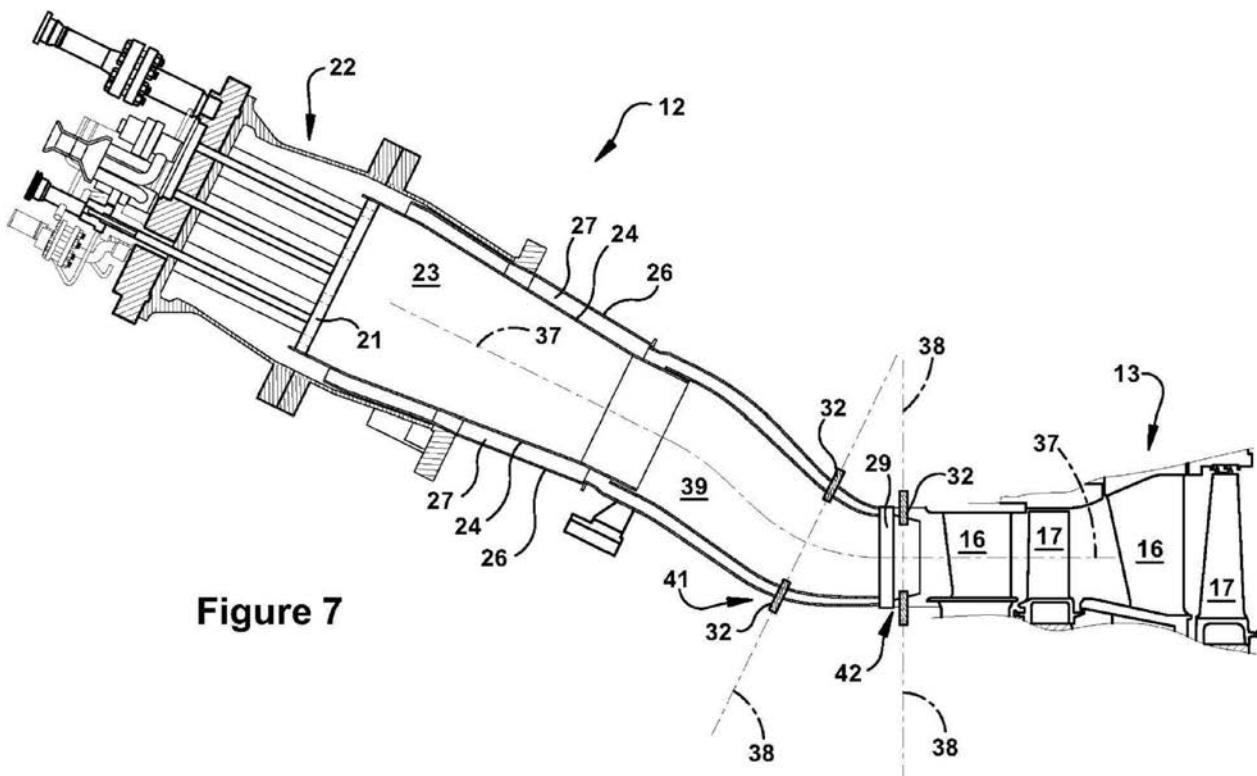
**Figure 5**

【図6】



**Figure 6**

【 四 7 】



**Figure 7**

【図 8】

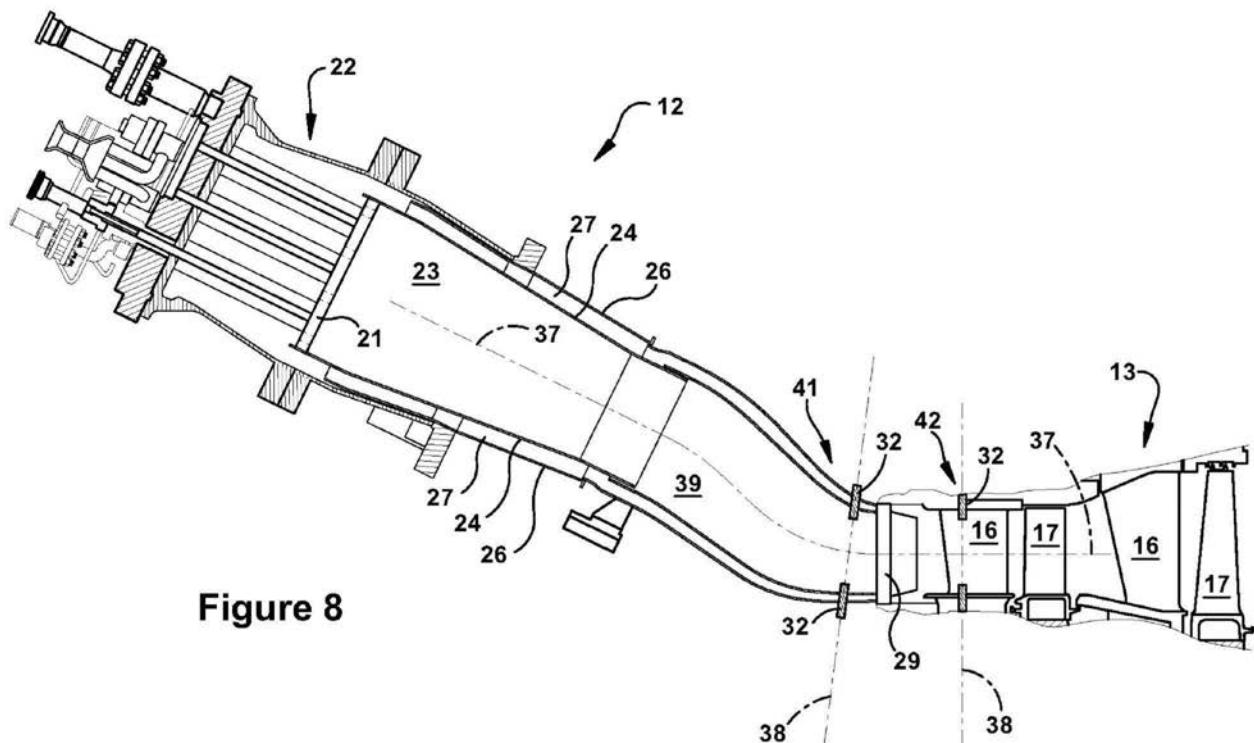


Figure 8

【図 9】

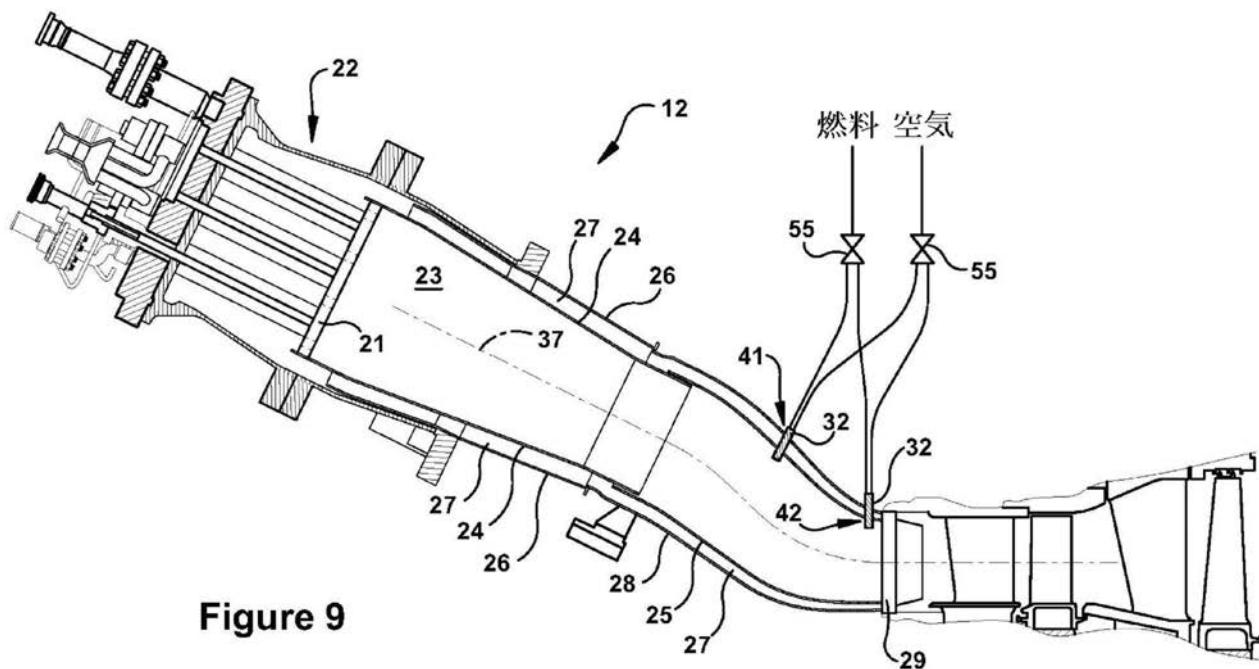


Figure 9

【図 10】

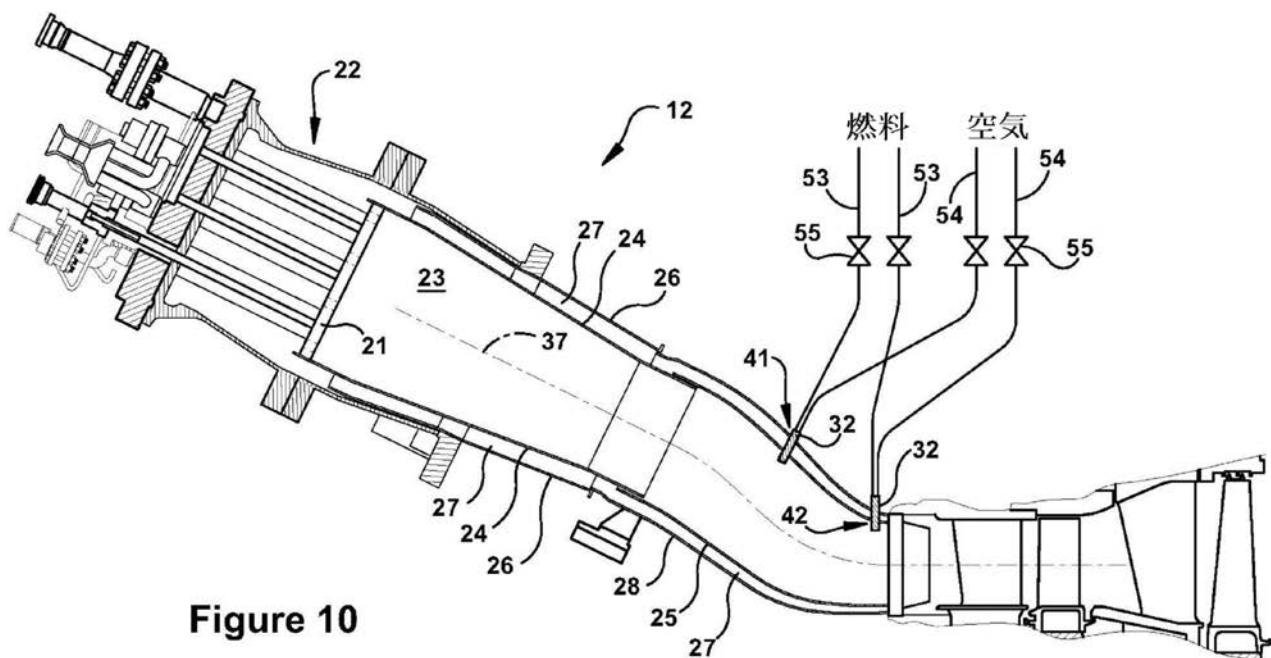


Figure 10

【図 11】

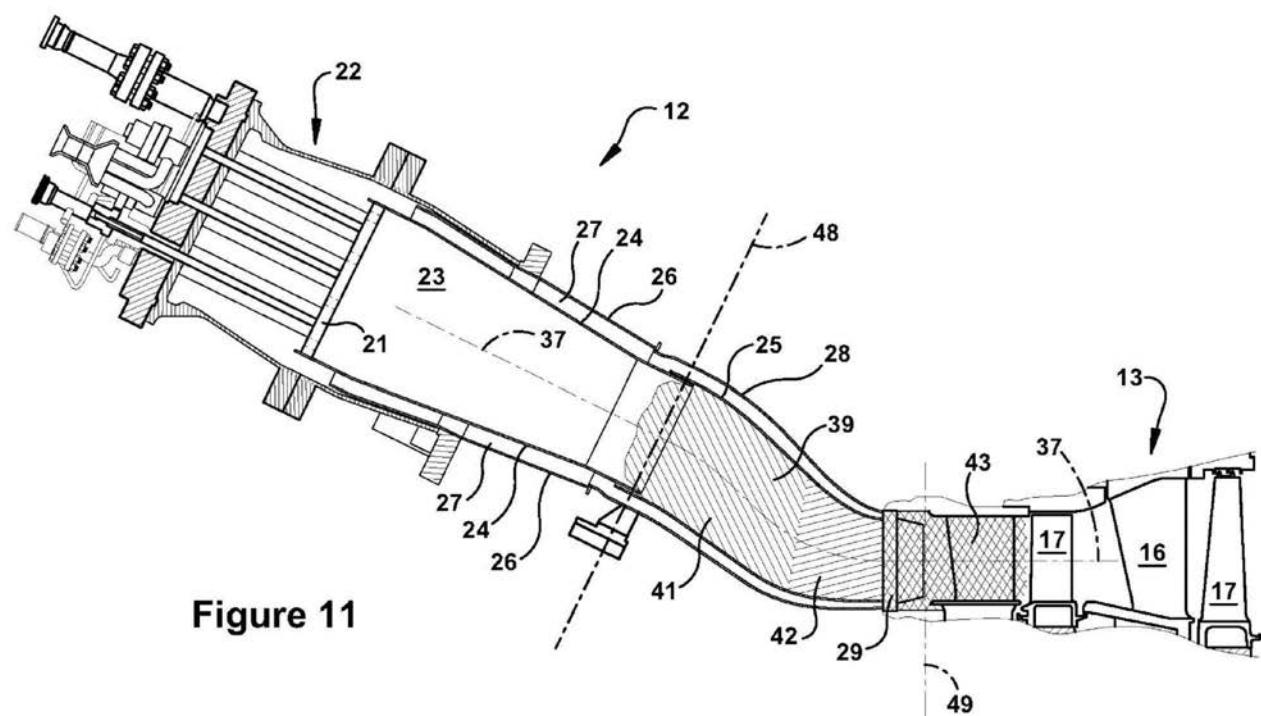
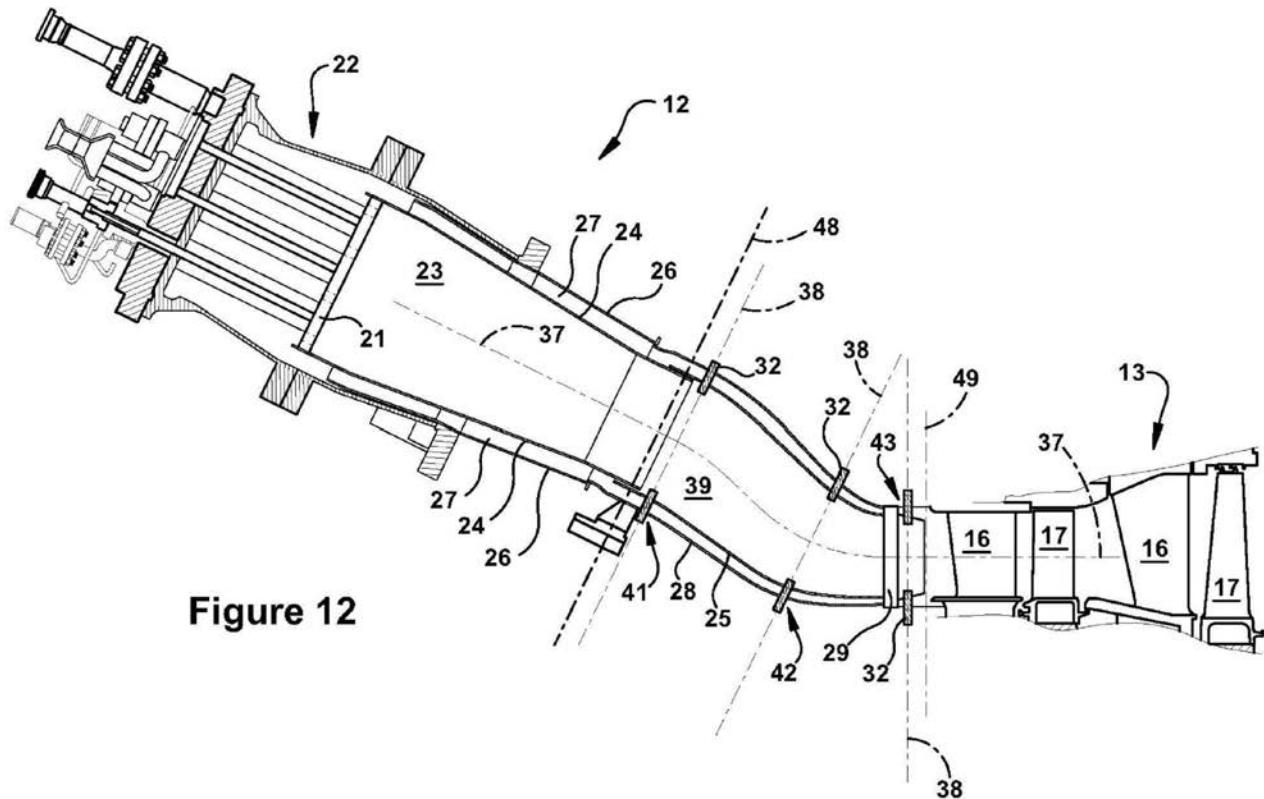
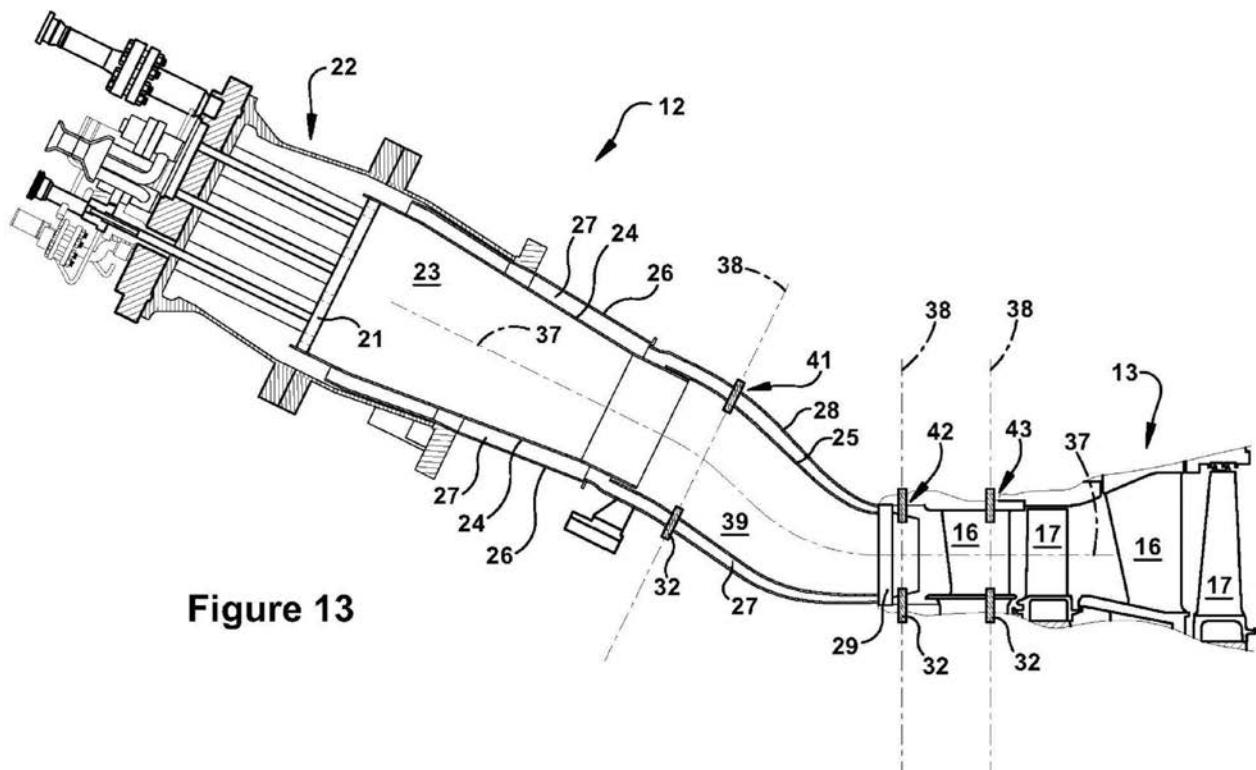


Figure 11

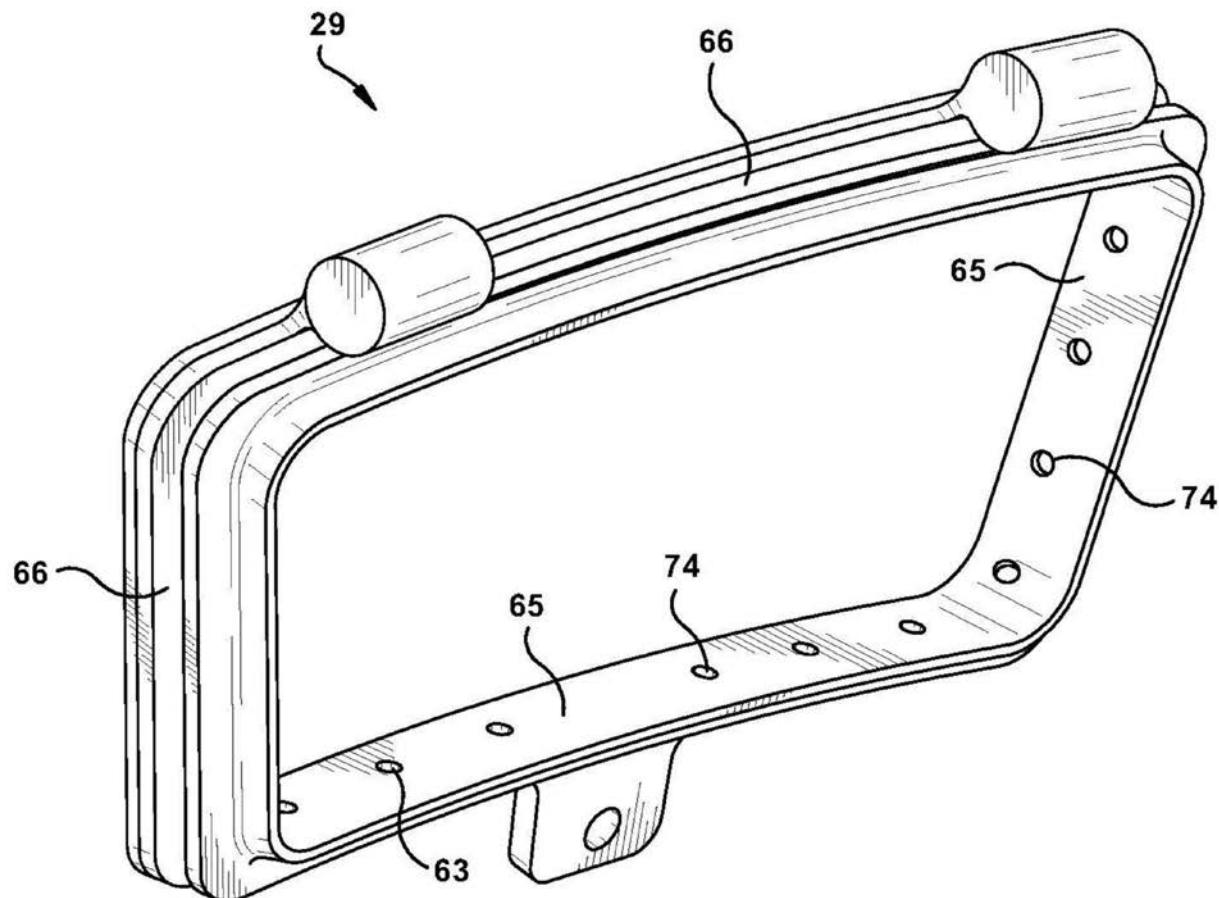
【図12】

**Figure 12**

【図13】

**Figure 13**

【図 14】



**Figure 14**

【図 15】

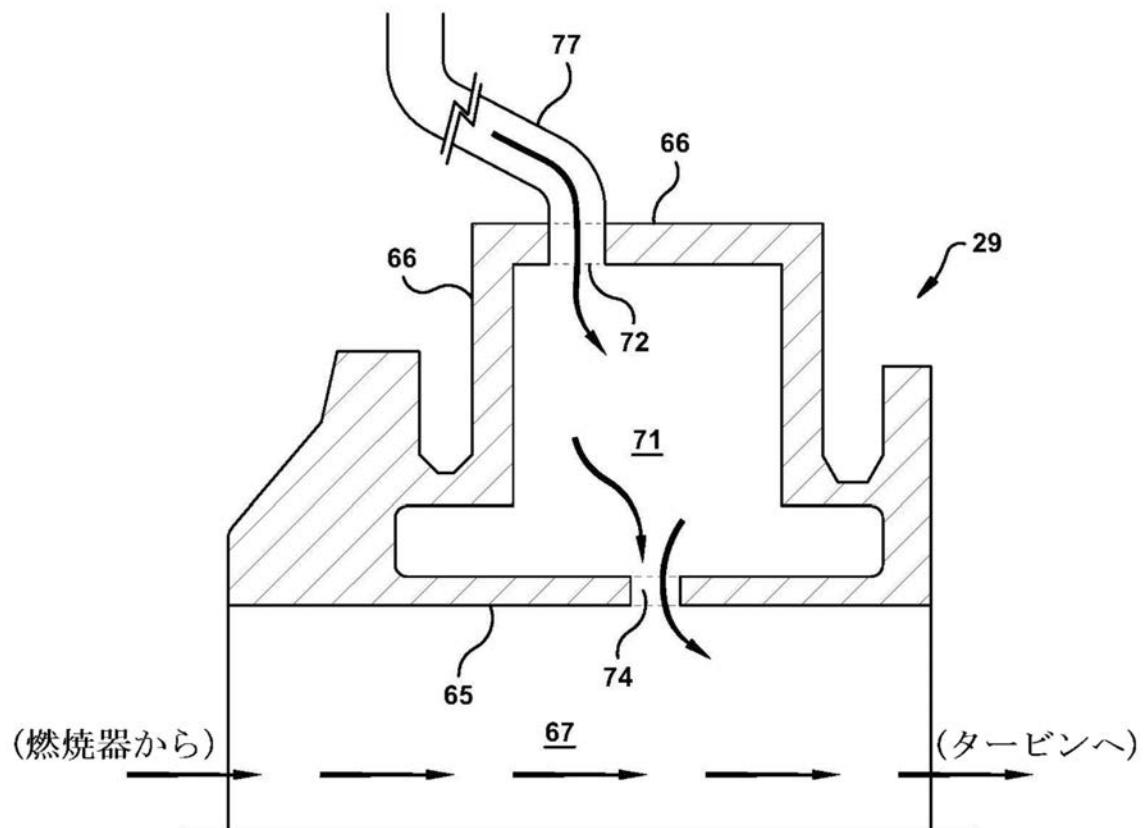


Figure 15

【図 16】

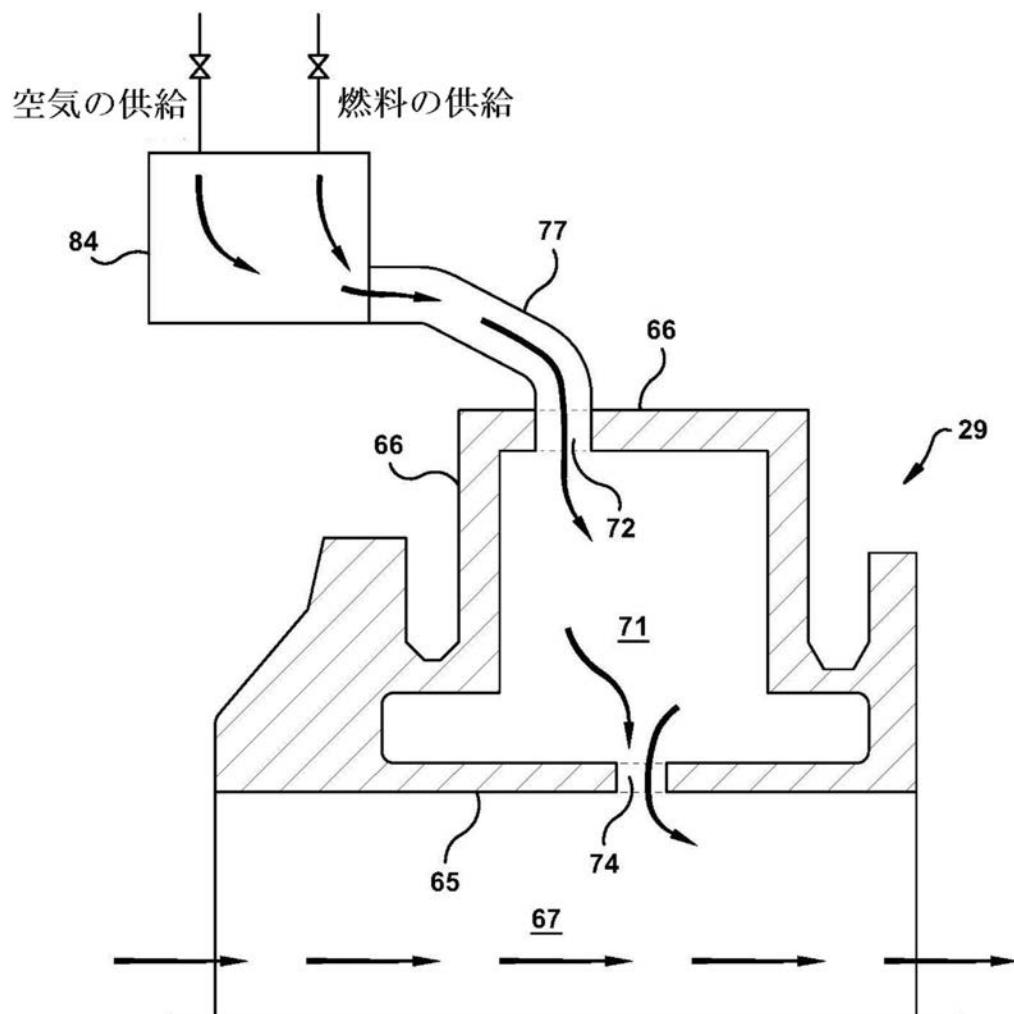


Figure 16

【図17】

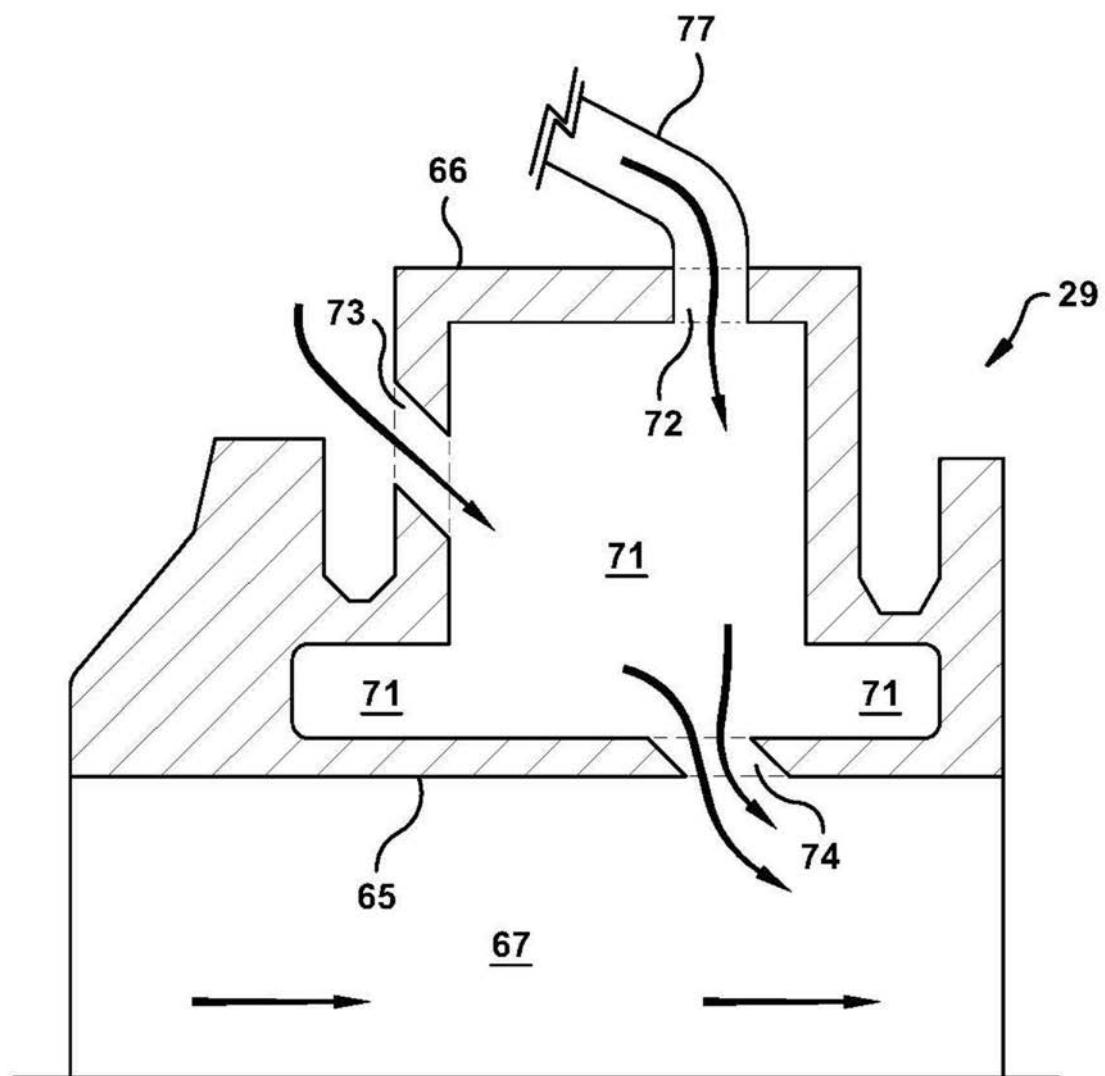
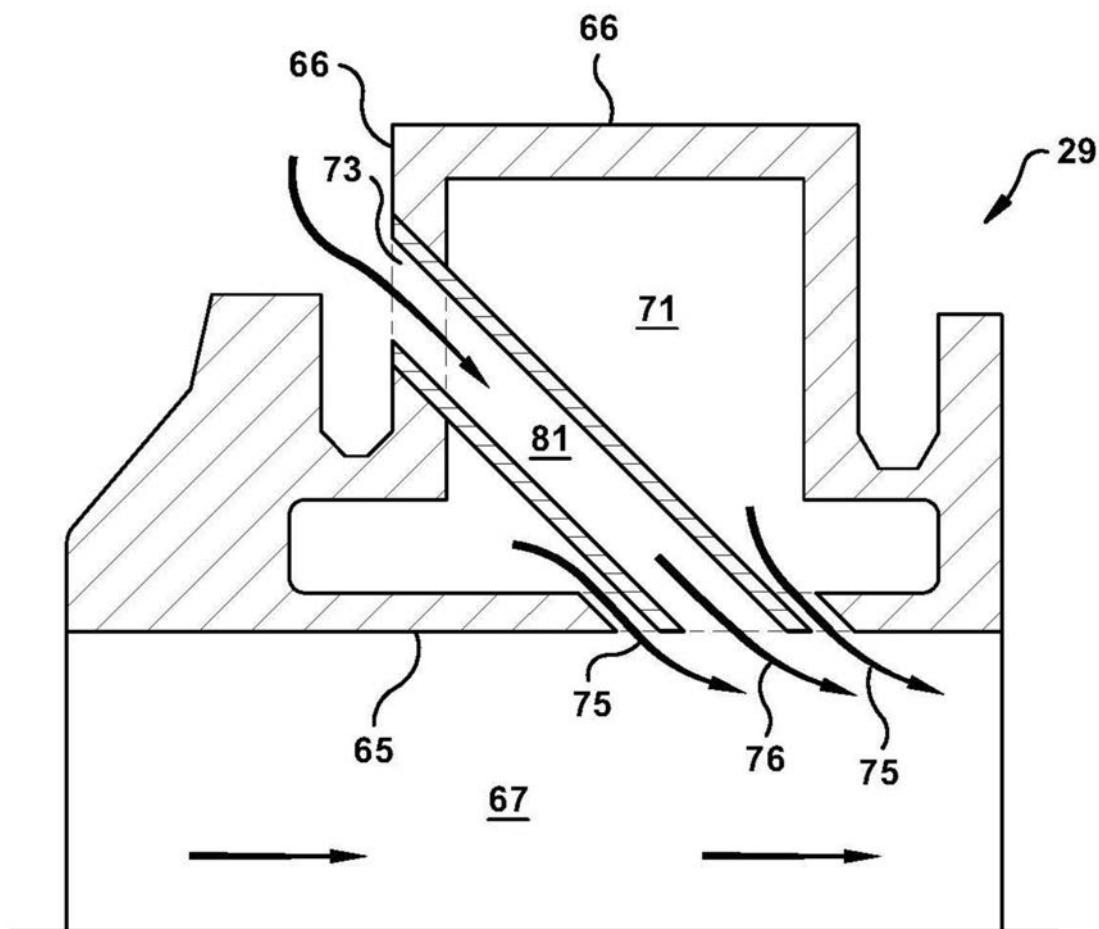


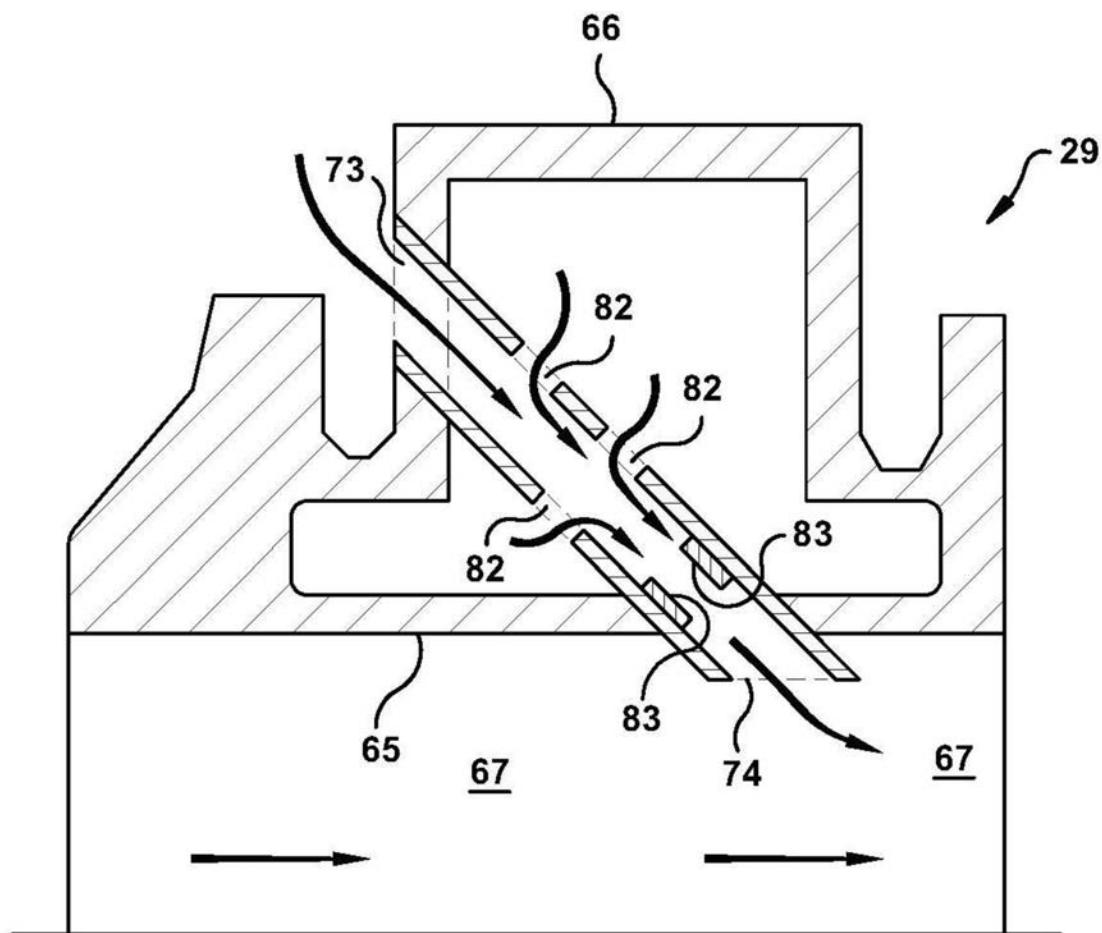
Figure 17

【図18】



**Figure 18**

【図19】

**Figure 19**

---

フロントページの続き

(72)発明者 ルイス・パークリー・デイビス

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12345、スケネクタディ、リバー・ロード、1番

(72)発明者 クリシュナ・クマール・ヴェンカタラマン

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、  
300番

(72)発明者 ケイトリン・マリー・グラハム

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州・29615、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、  
300番