

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4351705号
(P4351705)

(45) 発行日 平成21年10月28日(2009.10.28)

(24) 登録日 平成21年7月31日(2009.7.31)

(51) Int.Cl.

F I

F O I D 25/00 (2006.01)

F O I D 25/00

R

請求項の数 26 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-546885 (P2006-546885)	(73) 特許権者	505180520
(86) (22) 出願日	平成16年2月16日(2004.2.16)		ガス・タービン・エフィシエンシー・アク
(65) 公表番号	特表2007-517161 (P2007-517161A)		チボラゲット
(43) 公表日	平成19年6月28日(2007.6.28)		GAS TURBINE EFFICIE
(86) 国際出願番号	PCT/SE2004/000194		NCY AB
(87) 国際公開番号	W02005/077554		スウェーデン、エス-175 27 イェ
(87) 国際公開日	平成17年8月25日(2005.8.25)		ールフェーラ、ピー・オー・ボックス・6
審査請求日	平成18年6月29日(2006.6.29)		33
		(74) 代理人	100064746
			弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボファンガスタービンエンジンを洗浄するための方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジン(2)を洗浄するための装置であって、前記エンジン(2)は、少なくとも1つのエンジンシャフト(24, 29)、第1のシャフト(24)上で回転可能に配置されたファン(25)を含み、前記ファン(25)は、ハブに装着されかつ実質的に放射状方向に延在し、各々が圧迫側(53)および吸込み側(54)を有する複数のファンブレード(40)を含み、前記エンジンはさらに、圧縮機装置(27)と、前記圧縮機装置(27)および前記ファン(25)を駆動するためのタービン(26, 28)とを含むコアエンジン(203)を含み、前記装置は、前記ファン(25)上流のエンジン(2)の空気入口(20)での気流における洗浄液を霧化するように構成された複数のノズル(31, 33, 35)を含み、

前記ファン(25)の上流で前記エンジン(2)の中心線(400)に対して第1の位置に配置された第1のノズル(31)を特徴とし、前記第1のノズル(31)は、前記第1のノズル(31)から発せられた洗浄液が、実質的に前記圧迫側(53)で前記ブレード(40)の表面に当たるように構成され、さらに、

前記ファン(25)の上流で前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第2の位置に配置された第2のノズル(35)を特徴とし、前記第2のノズル(35)は、前記第2のノズル(35)から発せられた洗浄液が実質的に前記吸込み側(54)で前記ブレード(40)の表面に当たるように構成され、さらに、

前記ファン(25)の上流で前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第3

10

20

の位置に配置された第3のノズル(33)を特徴とし、前記第3のノズル(33)は、前記第3のノズル(33)から発せられた洗浄液が、実質的に前記ブレード(40)の間を通過し、かつ前記コアエンジン(203)の入口に入るように構成される、装置。

【請求項2】

前記第1のノズル(31)および第2のノズル(35)は、前記第1のノズル(31)および第2のノズル(35)それぞれから発せられた洗浄液がスプレー(32)を形成するように構成され、前記スプレーは、ブレード(40)に当たるところで、前記ファン(25)のブレード(40)の放射状の延在部分と実質的に平行な軸に沿って、前記ブレード(40)の前縁(41)の長さに実質的に等しい幅(75, 76)を有することを特徴とする、請求項1に記載の装置。

10

【請求項3】

前記コアエンジン(203)の前記入口(23)は、一方側でスプリッタ(45)によって、および反対側で、前記スプリッタ(45)と対向する前記ハブの部分(46)によって制限され、前記第3のノズル(33)は、前記第3のノズル(33)から発せられた洗浄液がスプレー(34)を形成し、前記スプレーは、前記入口(23)で、前記ファン(25)のブレード(40)の放射状延在部分と実質的に平行な軸に沿って、前記スプリッタ(45)および前記スプリッタ(45)と対向する前記ハブの部分(46)の間の距離に実質的に等しい幅(47, 48)を有することを特徴とする、請求項1または2に記載の装置。

【請求項4】

20

前記第1のノズル(31)は、前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第1の接線角(X)で配置され、前記第2のノズル(35)は、前記エンジン(20)の前記中心線(400)に対して第2の接線角(Z)で配置され、前記第3のノズル(33)は、前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第3の接線角(Y)に配置されることを特徴とする、請求項1から3のいずれか1つに記載の装置。

【請求項5】

前記第1の接線角(X)は、40度よりも大きくかつ80度未満であることを特徴とする、請求項4に記載の装置。

【請求項6】

前記第1の接線角(X)は、60度よりも大きくかつ80度未満であることを特徴とする、請求項5に記載の装置。

30

【請求項7】

前記第2の接線角(Z)は、-20度よりも大きくかつ20度未満であることを特徴とする、請求項4に記載の装置。

【請求項8】

前記第2の接線角(Z)は、実質的に0度であることを特徴とする、請求項7に記載の装置。

【請求項9】

前記第3の接線角(Y)は、20度よりも大きく、かつ30度未満であることを特徴とする、請求項4に記載の装置。

40

【請求項10】

前記第3の接線角(Y)は、25度より大きくかつ30度未満であることを特徴とする、請求項9に記載の装置。

【請求項11】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)、および前記第3のノズル(33)の各々は、前記ファン(25)の前縁(41)の上流の軸方向において100mmを超えかつ1000mm未満の点で配置されることを特徴とする、請求項1から10のいずれか1つに記載の装置。

【請求項12】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)、および前記第3のノズル(3

50

3)の各々は、前記ファン(25)の前縁(41)の上流で500mmを超えかつ1000mm未満の点で配置されることを特徴とする、請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)および前記第3のノズル(33)の各々は、ファン(25)の直径よりも小さくかつ前記ファン(25)の前記ハブの直径よりも大きい点で、放射状方向における位置に配置されることを特徴とする、請求項1から12のいずれか1つに記載の装置。

【請求項14】

ガスタービンエンジン(2)を洗浄するための方法であって、前記エンジン(2)は、少なくとも1つのエンジンシャフト(24, 29)、第1のシャフト(24)上で回転可能に配置されたファン(25)を含み、前記ファン(25)は、ハブに装着されかつ実質的に放射状方向に延在し、各々が圧迫側(53)および吸込み側(54)を有する複数のファンブレード(40)を含み、前記エンジンはさらに、圧縮機装置(27)と、前記圧縮機装置(27)および前記ファン(25)を駆動するためのタービン(26, 28)とを含むコアエンジン(203)を含み、さらに、前記ファン(25)上流のエンジン(2)の空気入口(20)での気流における洗浄液を霧化するように構成された複数のノズル(31, 33, 35)を含み、

第1のノズル(31)から発せられた洗浄液を実質的に前記圧迫側(53)に与えるステップと、

第2のノズル(35)から発せられた洗浄液を実質的に前記吸込み側(54)に与えるステップと、

第3のノズル(33)から発せられた洗浄液を、洗浄液が実質的に前記ブレード(40)の間を通過しかつ前記コアエンジン(203)の入口(23)に入るように導くステップとによって特徴付けられる、方法。

【請求項15】

前記第1のノズル(31)および前記第2のノズルそれぞれから発せられた洗浄液のスプレー(32)を形成するステップを特徴とし、前記スプレーは、前記ファン(25)の前縁(41)に当たるところで、前記ファン(25)のブレード(40)の放射状の延在部分と実質的に平行な軸に沿って、ブレード(40)の前縁(41)の長さを実質的に等しい幅(75, 76)を有することを特徴とする、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記コアエンジン(203)の前記入口は、一方側でスプリッタ(45)によって、反対側で、前記スプリッタ(45)と対向する前記ハブの部分(46)によって制限され、

前記第3のノズル(33)から発せられる洗浄液のスプレー(34)を形成するステップを特徴とし、前記スプレーは、前記入口で、前記ファン(25)のブレード(40)の放射状延在部と実質的に平行な軸に沿って、前記スプリッタ(45)および前記スプリッタ(45)と対向する前記ハブの部分(46)の間の距離に実質的に等しい幅(47, 48)を有する、請求項14または15に記載の方法。

【請求項17】

前記第1のノズル(31)から発せられた洗浄液を、前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第1の接線角(X)をなす方向に導くステップ、

前記第2のノズル(35)から発せられた洗浄液を、前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第2の接線角(Z)をなす方向に導くステップ、

前記第3のノズル(33)から発せられた洗浄液を、前記エンジン(2)の前記中心線(400)に対して第3の接線角(Y)をなす方向に導くステップによって特徴付けられる、請求項14から16のいずれか1つに記載の方法。

【請求項18】

前記第1の接線角(X)は、40度よりも大きくかつ80度よりも小さいことを特徴とする、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

10

20

30

40

50

前記第1の接線角(X)は、60度よりも大きくかつ80度よりも小さいことを特徴とする、請求項18に記載の方法。

【請求項20】

前記第2の接線角(Z)は、-20度よりも大きくかつ20度よりも小さいことを特徴とする、請求項17に記載の方法。

【請求項21】

前記第2の接線角(Z)は、実質的に0度であることを特徴とする、請求項20に記載の方法。

【請求項22】

前記第3の接線角(Y)は、20度よりも大きくかつ30度よりも小さいことを特徴とする、請求項17に記載の方法。

【請求項23】

前記第3の接線角(Y)は、25度よりも大きくかつ30度よりも小さいことを特徴とする、請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)および前記第3のノズル(33)の各々を、前記ファン(25)の前縁(41)の上流の軸方向で100mmを超えかつ1000mm未満の地点に配置するステップを特徴とする、請求項14から23のいずれか1つに記載の方法。

【請求項25】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)および前記第3のノズル(33)の各々を、前記ファン(25)の前縁(41)の上流の500mmを超えかつ1000mm未満の地点に配置するステップを特徴とする、請求項24に記載の方法。

【請求項26】

前記第1のノズル(31)、前記第2のノズル(35)、および前記第3のノズル(33)の各々を、ファン(25)の直径よりも小さく、かつ前記ファン(25)の前記ハブの直径よりも大きい地点で、放射状方向における位置に配置するステップを特徴とする、請求項14から25のいずれか1つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的にガスタービンエンジンの洗浄の分野に関し、より特定の、航空機に取付けられたターボファンガスタービンエンジンを洗浄するための方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

発明の背景

航空エンジンとして取付けられたガスタービンは、外気を圧縮する圧縮機、圧縮された空気と共に燃料を燃やす燃焼器、および圧縮機に動力を供給するためのタービンを含む。膨張する燃焼ガスは、タービンを駆動し、航空機を推進するために用いられる推力をもたらす。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

ガスタービンエンジンは大量の空気を消費する。空気は、気流と共にガスタービン圧縮機に入るエアロゾルの形態をした異物を含む。異物の大部分はガス経路を辿り、排気ガスと共にエンジンを出る。しかしながら、圧縮機のガス経路における構成要素に粘着するという特性を有する微粒子がある。発電で用いられるガスタービンのような固定したガスタービンには、圧縮機への空気をフィルタリングするためのフィルタを装備することができる。しかしながら、航空機に取付けられたガスタービンにはフィルタが装備されない。な

10

20

30

40

50

ぜならそれは圧力の実質的な低下をもたらし、それによりさらに空気汚染物質に晒されるからである。飛行場の環境に見られる典型的な汚染物質は、花粉、昆虫、エンジン排気、エンジンオイルの漏れ、産業活動から出る炭化水素、近傍の海からの塩分、航空機の除氷から生じる化学物質、および埃といった空港の地面の物質である。

【 0 0 0 4 】

好ましくは、圧縮機のブレードおよびベーン等のエンジン構成要素は、磨いて光沢が出るようにすべきである。しかしながら、ある期間動作した後で、異物の被膜が蓄積する。これは圧縮機の付着物としても知られている。圧縮機の付着物は、構成要素の境界層の気流の特性に変化をもたらす。この堆積物は、構成要素の表面の粗度を増加させる。空気が構成要素の表面を流れると、表面の粗度の増加が境界層の気流の密集をもたらす。境界層の気流の密集は、圧縮機の空気力学に悪影響を及ぼす。ブレードの後縁で、気流は後流を形成する。後流は気流に悪影響をもたらす渦型の乱気流である。境界層が厚いほど後流における乱気流が強くなる。後流の乱気流は、より厚い境界層とともに、エンジンを通してマスフローを減じるという結果をもたらす。減じられたマスフローは、圧縮機の付着物に最も深刻な影響をもたらす。さらに、より厚い境界層およびブレードの後縁で形成されたより強い後流の乱気流は、圧縮圧力のゲインの減少をもたらし、これによって今度はエンジンが減じられた圧力比で動作する。熱機関の動作サイクルの当業者は、圧力比の減少が、エンジンの熱力学の効率を低下させることを理解している。圧縮ゲインの減少は、圧縮機の付着物からの2番目に最も顕著な影響である。圧縮機の付着物は、マスフローおよび圧力ゲインを減じるだけでなく、圧縮機の等エントロピー効率を減じる。圧縮機の効率の減少は、圧縮機が同じ空気の量を圧縮するためにより多くの電力を必要とすることを意味する。マスフロー、圧力比および等エントロピー効率の減少は、エンジン推力の能力を減じる。圧縮機を駆動するための電力は、シャフトを介してタービンから取得される。圧縮機を駆動するのににより多くの電力を必要とするタービンを用いると、推進力のための推力が少なくなる。航空機のパイロットにとって、これは失われた推力を補うために、より多くの電力を得るように減速しなければならないことを意味している。より多くの電力を得るために減速することは、燃料の消費が増加し、それにより運転費が増加することを意味している。

【 0 0 0 5 】

圧縮機の付着物は環境にも悪影響を及ぼす。燃料の消費が増加すると、二酸化炭素等の温室効果ガスの放出も増加する。典型的に、1 kg の航空燃料の燃焼は3 . 1 kg の二酸化炭素の形成をもたらす。

【 0 0 0 6 】

圧縮機の付着物によってもたらされる性能の損失は、エンジンの耐久性も減じる。必要とされる推力を得るためににより多くの燃料を燃やさなければならぬと、エンジン燃焼器チャンバの温度が増加する。パイロットが滑走路で離陸のために減速するときに、燃焼チャンバの温度が非常に高くなる。この温度は、材料が耐えることのできる限界点からそれほど離れていない。この温度の制御が、エンジンの性能監視において重要な課題となる。温度は、燃焼器出口の下流の高温ガス経路部分におけるセンサで測定される。これは、排気温度 (E G T) として知られ、注意深く監視される。露出時間および温度の双方が記録される。エンジンの寿命の間に、E G T ログは頻繁に再調査される。E G T 記録の或る部分では、エンジンがオーバーホールのために操業中止される必要がある。

【 0 0 0 7 】

燃焼器の高い温度は環境に悪影響を及ぼす。燃焼器の温度が上昇すると、N O x の形成が増加する。N O x の形成は、大体においてバーナの設計に依存している。しかしながら、所与のバーナへの如何なる増分温度もN O x の漸次的増加をもたらす。

【 0 0 0 8 】

したがって、圧縮機の付着物は、燃料燃焼の増加、エンジン寿命の低下、二酸化炭素およびN O x の放出の増加等、航空エンジンの性能にかなりの悪影響をもたらす。

【 0 0 0 9 】

10

20

30

40

50

ジェットエンジンは複数の異なる設計を有することができるが、そのすべてにおいて上述の問題が生じる。典型的な小さなエンジンは、ターボジェット、ターボシャフトおよびターボプロペラエンジンである。これらのエンジンの他の変形は、2つの圧縮機ターボジェットおよびブースターボシャフトエンジンである。より大きなエンジンの中には、混合流ターボファンおよび非混合流ターボファンがあり、これらは双方とも1つ、2つまたは3つのシャフト機構として設計することができる。これらのエンジンの実用的原則はここでは説明されない。

【0010】

ターボエンジンは、亜音速で動作する航空機のための高い推力を与えるように設計される。したがって、それは、商業用の旅客機のためのエンジンとしての幅広い用途を見出した。ターボファンエンジンは、ファンおよびコアエンジンからなる。ファンはコアエンジンからの電力によって駆動される。コアエンジンは、ファンを駆動するための電力がコアエンジンシャフトから取得されるように設計されたガスタービンエンジンである。このファンはエンジン圧縮機の上流に取付けられる。ファンは、ロータブレードを有する1つの回転翼円板からなり、代わりにロータの場合下流の1組の静翼からなる。主要な空気はファンに入る。上述のように、ファンは、昆虫、花粉、および鳥の衝撃による残留物による付着物に晒される。ファンの付着物は、冷水または温水のみを用いて洗浄することによって除去され得る。この浄化洗浄プロセスは比較的容易に行なわれる。

【0011】

ファンの下流にはコアエンジン圧縮機がある。圧縮機にとって重要なのは、それが空気を高い圧縮比まで圧縮することである。圧縮機が作動すると温度が上昇する。高圧の圧縮機における温度の上昇は、摂氏500度の高さであり得る。圧縮機は、ファンと比較して異なる種類の付着物に晒されることがわかっている。高い温度によって、より容易に表面に「焼き付けられる」(“baked”)粒子をもたらし、これは除去するのがさらに難しい。分析によると、コアエンジン圧縮機に見られる付着物は、典型的に炭化水素、着氷防止液からの残留物および塩分等であることが示される。この付着物は除去することがさらに難しい。それは、そのうち冷水または温水のみで洗浄することによって達成され得る。その他に、化学物質の使用を実施しなければならない。

【0012】

複数の浄化または洗浄技術が長年の間に開発されてきた。原則として、航空エンジンの洗浄は、ガーデンホースを用いることによっておよび水をエンジン入口に吹き付けることによって実施することができる。しかしながら、この方法はこのプロセスの単純な性質のためにある程度の成功しか収めない。代替の方法は、ブラシおよび液体を用いて圧縮機のブレードおよびペーンを手でこすって洗うことである。この方法はある程度の成功しか収めない。なぜなら、これでは圧縮機のブレード内部の洗浄ができないからである。さらにこれは時間がかかる。バトラー(Butler)に付与された米国特許第6,394,108号は、一方端が圧縮機入口から圧縮気ブレードの中間の圧縮機出口へと挿入される薄い柔軟なホースを開示している。このホースの挿入された端部にはノズルがある。液体が、ホースへ注入されかつノズルを通して吹き付けられる間に、ホースは圧縮機からゆっくりと引っ込められる。この特許は、如何にして洗浄が達成されるかについて開示している。しかしながら、洗浄の効率は、圧縮機のロータが洗浄の間に回転することができないために制限される。バルトス(Bartos)に付与された米国特許第4,059,123号は、タービンの洗浄のための移動カートを開示している。しかしながら、この特許は如何にして浄化プロセスが達成されるのかについて開示していない。ホジェンス二世(Hodgens II)等に付与された米国特許第4,834,912号は、ガスタービンエンジンの堆積物を化学的に除去するための洗浄組成物について開示している。この特許は、戦闘機航空エンジンへの液体の注入について例示している。しかしながら、洗浄プロセスについての情報は提供されていない。アスプルンド(Asplund)に付与された米国特許第5,868,860号は、入口案内ペーンを有する航空エンジンのためのマニホールドおよび入口案内ペーンを有さないエンジンのための別のマニホールドの使用について開示している。さらに、この

10

20

30

40

50

特許は、洗浄効率を向上させる高い液体速度を与えるための手段として高い液体圧の使用を開示している。しかしながら、この特許は、ターボファン航空エンジンの付着物およびその洗浄に関する特定の問題には対処していない。

【 0 0 1 3 】

図 1 を参照して以下に記載される構成は、さらにこの分野において周知の事実として考えられる。単一のシャフトのターボジェットエンジンの断面図が図 1 に示されている。矢印はエンジンを通ったマスフローを示している。エンジン 1 は、ロータシャフト 17 の周りに設けられ、このロータシャフトはその前端部で圧縮機 12 に接続され、後端部でタービン 14 に接続される。圧縮機 12 の前部には、気流を分割するように構成された円錐 104 がある。この円錐 104 は回転していない。圧縮機は入口 18 および出口 19 を有する。燃料は、熱い排気ガスがタービン 14 を駆動する燃焼器 13 で燃やされる。

10

【 0 0 1 4 】

洗浄装置は、チューブの形態をしたマニホールド 102 からなり、マニホールドは一方端でノズル 15 に接続され、他方端で連結器 103 に接続される。ホース 101 は一方端で連結器 103 に接続されるのに対して、他方端でポンプ（図示せず）に接続される。マニホールド 102 は円錐 104 に載置されることにより、浄化手順の際に安定した位置に保持される。ポンプは、洗浄液をノズル 15 に注入して霧化し、スプレー 16 を形成する。ノズル 15 のオリフィスの幾何学的形状はスプレーの形状を規定する。このスプレーはその設計に依存して、円形、楕円形または矩形等の多くの形状をとることができる。たとえば、円形のスプレーは、円錐の形状を有するスプレーによって特徴付けられる小滴の円形の分布を有する。楕円形のスプレーは、楕円軸のうちの 1 つによって特徴付けられ、それは他のものよりも長い。矩形のスプレーは、幾分か楕円のスプレーと類似しているが、矩形の規定に従った角を有する。正方形のスプレーは、2 つの幾何学的な軸が等しい長さであるという点で円形のスプレーと幾分か類似しているが、正方形の形状のスプレーは正方形の規定に従った角を有する。

20

【 0 0 1 5 】

液体は、圧縮機への浸透を向上させるために圧縮機に入る前に霧化される。圧縮機の内部で一旦、小滴が、動翼および静翼等のガス経路の構成要素と衝突する。小滴の衝突によって、表面が湿り、液膜が生じる。ガス経路の構成要素で堆積された粒子は、液体の機械的および化学的な作用によって解放される。圧縮機への液体の浸透は、ロータシャフトが洗浄の際に回転するのを可能にすることによってさらに高められる。これは、エンジンの始動モータにモータを回転させることによって行なわれ、これにより空気は圧縮機入口から出口へ液体を運ぶエンジンを通して駆動される。浄化効果は、ロータを回転させることによってさらに高められる。というのもブレードを湿らせると液体膜が生成され、これは洗浄の間に遠心力等の運動力に晒されるからである。

30

【 0 0 1 6 】

圧縮機の洗浄について言われていることは、ガスタービンエンジン全体の洗浄に影響を及ぼす。洗浄液がエンジン圧縮機に入り、かつロータが回転すると、洗浄の流体は燃焼チャンバに入り、さらにタービン部分を通ることによりエンジン全体を洗浄する。

【 0 0 1 7 】

しかしながら、この方法は、複数の理由のためにターボファンタービンエンジンにとって効率的ではない。第 1 に、ターボファンエンジンの異なる構成要素の付着物は、たとえば粘性に関する実質的に異なる特性を有し得るため、それは上述のような除去のために異なる方法を必要とする。第 2 に、ファン、および気流を分割するための円錐が回転しているため、円錐はマニホールドを保持するために用いることができない。可能であれば、マニホールドはファンの上流に置かれたスタンドまたはフレームに装着することができるが、この構成ではエンジンを効率的に洗浄できない。なぜなら、ノズルから発する洗浄液の主な部分がファンのブレードの吸込み側に当たるからである。

40

【 0 0 1 8 】

発明の概要

50

したがって、本発明の目的は、ターボファンエンジンのファン上およびコアエンジン圧縮機において見られる異なる種類の付着物を除去するための装置および方法を提供することであり、これによって燃料消費の増加、エンジンの寿命の減少、二酸化炭素およびNOxの放出の増加等の、付着物の航空エンジンの性能に対する悪影響が減じられる。

【0019】

本発明の他の目的は、1回の洗浄動作において、ファンおよびコアエンジン圧縮機を洗浄することができる装置および方法を提供することである。

【0020】

これらのおよび他の目的は、独立クレームで規定された特徴を有する方法および装置を与えることによって、本発明に従って達成される。好ましい実施例が従属クレームにおいて規定される。

10

【0021】

明瞭にするために、「放射状方向」および「軸方向」という用語は、それぞれエンジンの中心線から放射状の方向およびエンジンの中心線に沿った方向のことをいう。

【0022】

本発明の文脈において、「接線角」という用語は、エンジンの中心線から見て接線の角度に関するものである。

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明の第1の局面に従うと、ガスタービンエンジンを洗浄するための装置が提供され、このエンジンは、少なくとも1つのエンジンシャフト、ハブに装着されかつ実質的に放射状方向に延在する複数のファンブレードを含み、各々が圧迫側および吸込み側を有する回転可能に配置されたファン、ならびに圧縮機装置と、圧縮機装置およびファンを駆動するためのタービンとを含むコアエンジンを含み、上記装置は、ファン上流のエンジンの空気入口での気流における洗浄液を原子にするように構成された複数のノズルを含む。本発明の第1の局面に従った装置は、エンジンの中心線に対して第1の位置に配置された第1のノズルを含んで、第1のノズルから発せられた洗浄液が実質的に圧迫側のブレードの表面に当たるようにし、エンジンの中心線に対して第2の位置に配置された第2のノズルを含んで、第2のノズルから発せられた洗浄液が実質的に吸込み側のブレードの表面に当たるようにし、さらに、エンジンの中心線に対して第3の位置に配置された第3のノズルを含んで、第3のノズルから発せられた洗浄液が実質的にブレードの間を通過してコアエンジンの入口に入るようにする。

20

30

【0024】

本発明の第2の局面に従うと、ガスタービンエンジンを洗浄するための方法が提供され、このエンジンは、少なくとも1つのエンジンシャフト、ハブに装着されかつ実質的に放射状方向に延在する複数のファンブレードを含み、各々が圧迫側および吸込み側を有する回転可能に配置されたファン、ならびに圧縮機装置と、圧縮機装置およびファンを駆動するためのタービンとを含むコアエンジンを含み、前記方法は、複数のノズルによって、ファン上流のエンジンの空気入口での気流における洗浄液を霧化するステップを含む。

【0025】

40

本発明の第2の局面に従った方法は、実質的に圧迫側の第1のノズルから発せられた洗浄液を与えるステップと、実質的に吸込み側の第2のノズルから発せられた洗浄液を与えるステップと、第3のノズルから発せられた洗浄液を、洗浄液が実質的にブレードの間を通過しコアエンジンの入口に入るように導くステップとをさらに含む。

【0026】

したがって、本発明は、エンジンの異なる構成要素の付着物の特性は、異なる特性を有するため、洗浄のための異なるアプローチが必要であるという洞察に基づいている。一例として、コア圧縮機の付着物は、たとえば圧縮機の温度の方が高いために、ファンのブレードの付着物と比較して異なる特性を有する。高い温度は、表面により容易に「焼き付けられる」粒子をもたらし、これは除去するのがさらに難しい。分析によると、コアエンジ

50

ン圧縮機に見られる付着物は、典型的に炭化水素、着氷防止液からの残留物、塩分等であることがわかっている。したがって、この付着物は、ファンのブレードの付着物よりも除去するのが難しい。

【 0 0 2 7 】

この解決法は、既存の解決法を凌ぐ複数の利点を提供する。1つの利点は、付着物に晒されるエンジンの部品の洗浄が、各部品の付着物の或る特性に適合されるということである。したがって、ファンおよびコアエンジンの異なる構成要素の洗浄を個々に調整することができる。これによって、均一の洗浄プロセスを用いる周知の方法と比較すると、より効率的にかつ時間を節約してエンジンが洗浄される。これにより、周知の方法と比較して費用を節約することができる。なぜなら燃料の消費を減じることができるからである。

10

【 0 0 2 8 】

別の利点は、ファンのブレードの吸込み側および圧迫側の双方に洗浄液が到達することができるということである。これにより、ファンの洗浄は、圧迫側の洗浄ができない周知の方法と比較して、より完全でありかつ効率的である。

【 0 0 2 9 】

さらに他の利点は、本発明に従った洗浄装置は、1つ、2つ、3つまたはそれを超えるシャフトを有するターボファンガスタービンエンジンを含むさまざまな異なる種類のタービンエンジンに用いることができ、ファンおよび気流を分割するための円錐が回転していることである。

20

【 0 0 3 0 】

その他の利点は、エンジンの耐久性を増加させることができるということである。なぜなら、より効率的な付着物の除去によって燃焼温度を下げることができるからである。これはまた、 NO_x の形成が減少するために、環境に好ましい影響を与える。

【 0 0 3 1 】

本発明の好ましい実施例に従うと、第1のノズルおよび第2のノズルは、第1のノズルおよび第2のノズルそれぞれから発せられる洗浄液がスプレーを形成するように構成され、このスプレーは、ファンのブレードに当たるところで、ファンのブレードの放射状の延長部分と実質的に平行な軸に沿って、ブレードの前縁の長さを実質的に等しい幅を有する。これにより、スプレーは、ブレードに先端部からハブにわたってその長さ全体に液体を与え、ファンのブレードの圧迫側および吸込み側それぞれの浄化または洗浄の効率が増大される。

30

【 0 0 3 2 】

本発明の実施例に従うと、第3のノズルは、第3のノズルから発せられる洗浄液がスプレーを形成し、このスプレーは入口で、ファンのブレードの放射状延長部と実質的に平行な軸に沿って、ハブのスプリッタおよび地点の間の距離に実質的に等しい幅を有する。

【 0 0 3 3 】

本発明のさらに他の目的および利点は、例示の実施例によって以下で説明される。

【 0 0 3 4 】

本発明の好ましい実施例がここで添付の図面を参照してより詳細に記載される。

【 発明を実施するための最良の形態 】

40

【 0 0 3 5 】

好ましい実施例の説明

ここで図2を参照すると、2つのシャフトの非混合ターボファン航空エンジンが記載されている。2つのシャフトの非混合ターボファンエンジンは、ターボファンエンジンの複数の可能な設計のうちの1つである。本発明は、この説明の実施例およびその図面に限定されない。というのも本発明が、混合ターボファンエンジン、または1つ、3つもしくはそれを超える軸を有するターボファンエンジン等のターボファンエンジンの設計の他の変形にも適用することができることが明らかであるからである。本発明を実施するのに好適なターボファンエンジンの特徴は、気流を分割するためのファンおよびその円錐が回転していることである。

50

【 0 0 3 6 】

図 2 のエンジン 2 は、ファン装置 2 0 2 およびコアエンジン装置 2 0 3 からなる。このエンジンは、ロータシャフト 2 4 の周りに設けられ、ロータシャフトは、その前端部でファン 2 5 に接続され、後端部でタービン 2 6 に接続される。タービン 2 6 はファン 2 5 を駆動する。第 2 のシャフト 2 9 は第 1 のシャフト 2 4 と同軸の形態である。シャフト 2 9 は、その前端部で圧縮機 2 7 に、後端部でタービン 2 8 に接続される。タービン 2 8 は圧縮機 2 7 を駆動する。矢印は、気流がエンジンを通る気流を示している。ファン装置 2 0 2 およびコアエンジン装置 2 0 3 の双方は航空機を推進するための推力を与える。

【 0 0 3 7 】

エンジン 2 は、吸気がエンジンに入る入口 2 0 を有する。吸気流はファン 2 5 によって駆動される。吸気の一部は、出口 2 1 で出て行く。吸気の残りの部分は入口 2 3 でコアエンジンに入る。コアエンジンへの空気は、次に圧縮機 2 7 によって圧縮される。燃料（図示せず）と共に圧縮された空気は燃焼機 2 0 1 で燃焼され、圧縮された熱い燃焼ガスをもたらす。圧縮された熱い燃焼ガスは、コアエンジンの出口 2 2 に向かって膨張する。熱い燃焼ガスの膨張は 2 つの段階で行なわれる。第 1 の段階において、燃焼ガスは、タービン 2 8 を駆動する一方で中圧まで膨張する。第 2 の段階において、熱い燃焼ガスは、タービン 2 6 を駆動する一方で周囲圧力へと膨張する。燃焼ガスは、推力を与える高い速度で出口 2 2 のエンジンから出て行く。出口 2 2 からのガスは出口 2 1 からの空気とともに、エンジン推力を補う。

【 0 0 3 8 】

図 3 は、2 つのシャフトの非混合ターボファン航空エンジン 2 の断面を示している。類似する部品が図 2 と同じ参照番号で示されている。図 3 は例示的なものにすぎず、示された原理は、混合ターボファンエンジンまたは 1 つ、3 つもしくはそれを超えるシャフトを有するターボファンエンジン等の他の航空ガスタービンエンジンの設計に適用される。

【 0 0 3 9 】

ターボジェットエンジンファンは、ファンのハブに取付けられかつ基本的に放射状方向に外部を指すブレードの組とともに設計される。各ブレードは、ファンの回転方向によって規定された圧迫側および吸込み側を有する。圧縮機の洗浄装置は、洗浄液を吹き付けるための 3 つのノズルのタイプからなり、各々は専用の目的を有する。1 つのノズルのタイプは、ファンの圧迫側を洗浄するための洗浄液を与えるという目的を果たす。別のタイプのノズルは、ファンの吸込み側を洗浄するための洗浄液を与えるという目的を果たす。さらに別のタイプのノズルは、コアエンジンを洗浄するための洗浄液を与えるという目的を果たす。ノズルはファン 2 5 の上流に位置付けられる。ノズルは、異なるスプレーの特徴および液体の容量を有する。

【 0 0 4 0 】

ファン 2 5 を洗浄するための洗浄装置は、一方端でノズル 3 1 および 3 5 に接続された導管の形態をした堅いマニホールド 3 7 からなる。ノズル 3 1 および 3 5 は、堅いマニホールド 3 7 によってしっかりと固定される。マニホールド 3 7 の他方端は、連結器（図示せず）に接続され、この連結器はホース（図示せず）にさらに接続され、このホースはポンプ（図示せず）にさらに接続される。導管 3 7 における洗浄液は、水または化学物質を有する水からなり得る。液体の温度は、液体源から与えられてもよく、またはヒーター（図示せず）において加熱されてもよい。ポンプは、ノズル 3 1 および 3 5 まで洗浄液を汲み上げる。ノズルを出る液体は、霧化されて、それぞれスプレー 3 2 および 3 6 が形成される。スプレー 3 2 および 3 6 はファン 2 5 へ向けられる。

【 0 0 4 1 】

導管 3 7 における液体圧は 3 5 - 2 2 0 バールの範囲である。この高圧は、ノズルを通して高い液体速度をもたらす。液体速度は 5 0 - 1 8 0 m / s の範囲である。この液体速度は小滴に、小滴がノズルの先端からファンに移動することができるのに十分な慣性を与える。ファンに到達すると、小滴の速度はファンの回転速度よりもかなり高くなることによって、以下でさらに説明されるようにファンの圧迫側またはファンの吸込み側のいずれ

10

20

30

40

50

かの洗浄が可能になる。小滴はファンと衝突してファンの表面を湿らせる。汚染物質は、化学物質の化学作用または水によって解放される。洗浄プロセスの間に、ファン 25 は、エンジン始動モータの助けを借りて、または他の手段によって回転することができる。回転は複数の目的を果たす。第 1 に、回転は、スプレーのファンに向かう移動を向上させるファンを通った気流をもたらす。これによりこの気流は、ファンの表面での衝突速度を増加させる。より高い衝突速度は洗浄の効率を向上させる。第 2 に、ファンの回転は、1 つのみのノズルを用いることによってファン領域全体を湿らせることができる。なぜなら、スプレーの到達範囲はファンのハブからファンの先端にわたるからである。第 3 に、ファンの回転によって、解放された汚染物質の除去が向上する。というのも気流は液体をファンブレードの表面から剪断するからである。第 4 に、ファンの回転によって、解放された汚染物質の除去が向上する。なぜなら、遠心力が液体をファンのブレード表面から剪断するからである。

10

【0042】

コアエンジンを洗浄するための洗浄装置は、一方端でノズル 33 に接続された導管の形態をした堅いマニホールド 38 からなる。ノズル 33 は堅いマニホールド 38 によってしっかりと固定される。マニホールド 38 の他方端は、連結器（図示せず）に接続され、連結器はホース（図示せず）にさらに接続され、ホースはポンプ（図示せず）にさらに接続される。導管 38 における洗浄液は、水または化学物質を有する水からなり得る。液体温度は、液体源から与えられてもよく、またはヒーター（図示せず）で加熱されてもよい。ポンプは洗浄液をノズル 33 に汲み上げる。ノズルを出る液体は、霧化されて、スプレー 34 が形成される。スプレー 34 はファン 25 に向けられる。導管 38 における液体圧は、35 から 220 バールの範囲である。この高圧は、ノズルオリフィスを通して高い液体速度をもたらす。液体速度は 50 - 180 m/s の範囲である。この液体速度は小滴に、小滴がノズルの先端から（ブレード間にある）ファンを通して入口 23 に移動するのを可能にするのに十分な慣性を与える。入口 23 に到達すると、液体は圧縮機に入る。

20

【0043】

圧縮機の内部で、小滴はブレードおよびベーン等の圧縮機の構成要素と衝突する。汚染物質は、化学物質の化学作用または水によって解放される。洗浄プロセスの間に、圧縮機 27 は、エンジン始動モータの助けを借りてまたは他の手段によって回転することができる。回転は複数の目的を果たす。第 1 に、回転は、小滴の圧縮機出口への移動を向上させる圧縮機を通った気流をもたらす。これによりこの気流は、圧縮機表面での衝突速度を増加させる。より高い衝突速度は洗浄の効率を向上させる。第 2 に、ファンの回転によって解放された汚染物質の除去が向上する。というのも気流は液体をファンブレードの表面から剪断するからである。第 3 に、圧縮機の回転によって解放された汚染物質の除去が向上する。なぜなら、遠心力が液体を圧縮機のロータブレードの表面から剪断するからである。

30

【0044】

ノズル 31, 35 および 33 のオリフィスの幾何学的形状はスプレーの形状を規定する。スプレーの形状は、洗浄の効果にとって非常に重要である。スプレーは、円形、楕円形または矩形等の多くの形状を形成するように製造することができる。これは、ノズルオリフィスの適切な設計および機械的動作によって達成される。円形のスプレーは、円錐スプレーとして特徴付けられる小滴の円形の分布を有する。楕円形のスプレーは、円錐スプレーと類似しているが、円周軸のうちの 1 つが他よりも長いことによって特徴付けられる。楕円形のスプレーは小滴の幅方向の分布および厚さ方向の分布を有すると規定することができる。幅方向は楕円形の長い軸に対応し、厚さ方向は楕円形の短い軸に対応する。ノズルオリフィスの適切な設計および機械的動作によって、矩形のスプレーを生成することもできる。矩形のスプレーの形状は、楕円形のスプレーと類似した幅方向のおよび厚さ方向の分布を有する。円形のスプレーは、等しい幅方向のおよび厚さ方向の分布を有する。正方形のスプレーは等しい幅方向のおよび厚さ方向の分布を有する。

40

【0045】

50

図4は、非混合ターボファンエンジンの断面部分を示している。図4は、エンジンの中心線400に対するノズルの取付けおよび配向の詳細を示している。類似の部品が図2および図3と同じ参照番号で示されている。ファン25は、前縁41および後縁42を有するブレード40を有する。ブレード40は、ファン25のハブで、先端部43およびボス44を有する。非混合ターボファンエンジンの設計に従って、気流20は、ファン25を通過した後で2つの流れに分割される。気流20の一部は出口21でエンジンのファンの部分から出て行く。気流の他の部分は、空気をコアエンジンに与えるために入口23でコアエンジン部分に入る。気流はスプリッタ45によって2つの流れへと分割される。入口23の開口は、一方側でハブ上のスプリッタ45によって、および、スプリッタ45と対向するハブの部分46によって制限される。

10

【0046】

本発明に従うと、洗浄システムは、3つのタイプのノズルからなり、各々は特定の役割専用になっている。第1のノズルのタイプは、ファンブレードの圧迫側を洗浄するという目的を果たす。第1のノズルのタイプは、楕円形または矩形のスプレーの形状を有する。第2のノズルのタイプは、ファンブレードの吸込み側を洗浄するという目的を果たす。第2のノズルのタイプは、楕円形または矩形のスプレー形状を有する。第3のノズルはコアエンジンを洗浄するという目的を果たす。第3のノズルのタイプは、楕円形または矩形のスプレー形状を有する。本発明に従った洗浄装置は、3タイプのノズルの各々のうちの1つまたは複数からなる。

【0047】

20

図4は、第1のノズルのタイプ、ノズル31およびその幅方向の投射を示している。ノズル31は、ブレード40の圧迫側を洗浄するために洗浄液を与えるという目的を果たす。ブレード40の前縁41の長さは、先端部43およびボス44の間の距離に等しい。ノズル31は、ファンの前縁41の上流で、好ましくは100mmを超える点で、およびより好ましくは500mmを超えかつ1000mm未満の点で、軸方向に位置付けられる。ノズル31は、ファンの直径よりも小さくかつファンのハブの直径よりも大きい点で放射状方向に位置付けられる。ノズル31はファン25に向けられる。ノズル31は、洗浄液を霧化し、スプレー32を形成する。ノズル31は楕円形または矩形のスプレーパターンを与える。ノズルは、スプレーパターンの幅方向の軸がブレード40の前縁41と平行になるように方向付けられる。スプレーパターンの一方の側で、幅方向の分布は流線75によって制限される。スプレーパターンの反対側で、幅方向の分布は流線76によって制限される。ノズルのオリフィス点から、前縁41でのスプレー32の幅方向の寸法は、前縁41の長さに等しい。これによりスプレーは、液体をブレードに先端からハブにわたってその長さ全体に与える。

30

【0048】

図5は、ロータの周囲からシャフトの中心への投射から見たノズル31を示している。図5では、ノズル31はその厚さ方向の投射で見られる。ノズル31は、ブレード40の圧迫側を洗浄するために洗浄液を与えるという目的を果たす。ファン25は、ファンのハブに装着されかつ基本的に放射状方向に延在する多数のファンブレードからなる。この図は、エンジンの中心線400に対する典型的なブレードピッチを示している。ファンは、矢印で示した方向に回転する。ブレード40は、前縁41および後縁42を有する。ブレード40は、圧迫側53および吸込み側54を有する。ノズル31はファン25の上流の点に位置付けられる。ノズル31は、洗浄液を霧化し、スプレー32を形成する。ノズル31はファン25に向けられる。図5は、エンジンの中心線400に対するノズルの接線角Xを示している。接線角Xは、エンジンの中心線400に対して、好ましくは40度を超え、より好ましくは60度を超えかつ80度未満である。ノズル31は、楕円形または矩形のスプレーパターンを形成する。ノズル31はノズル軸の周りで配向されて、スプレーパターンの厚さ方向の軸が、スプレーパターンの一方側で流線51によって、スプレーパターンの反対側で流線52によって制限される。

40

【0049】

50

図4に戻ると、この図は、第2のノズルのタイプ、ノズル35およびその幅方向の投射を示している。ノズル35は、ブレード40の吸込み側を洗浄するために洗浄液を与えるという目的を有する。ブレード40は、先端部43およびボス44を有する。ブレード40の前縁41の長さは、先端部43およびボス44の間の距離に等しい。ノズル35は、ファン25の前縁の上流で、好ましくは100mmを超え、より好ましくは500mmを超えかつ1000mm未満の点で軸方向に位置付けられる。ノズル35は、ファンの直径よりも小さくかつファンのハブの直径よりも大きい点で放射方向に位置付けられる。ノズル35はファン25に向けられる。ノズル35は、洗浄液を霧化し、スプレー36を形成する。ノズル35は、楕円形または矩形のスプレーパターンを与える。ノズルは、スプレーパターンの幅方向の軸が、ブレード40の前縁41と平行になるように方向付けられる。スプレーパターンの一方側で幅方向の分布は流線75によって制限される。スプレーパターンの反対側で、幅方向の分布は流線76によって制限される。ノズルのオリフィス点から、前縁41でのスプレー36の幅方向の寸法は、前縁41の長さに等しい。これによりスプレーは、液体をブレードに先端部からハブにわたるその長さ全体に与える。

【0050】

図6は、ロータの周囲からシャフトの中心への投射から見たノズル35を示している。図6では、ノズル35はその厚さ方向の投射で見られる。ノズル35は、ブレード40の吸込み側を洗浄するために洗浄液を与えるという目的を果たす。ファン25は、ファンのハブに装着されかつ基本的に放射方向に延在する複数のファンブレードからなる。この図は、エンジンの中心線400に対する典型的なブレードピッチを示している。ファンは、矢印で示した方向に回転する。ブレード40は、前縁41および後縁42を有する。ブレード40は、圧迫側53および吸込み側54を有する。ノズル35は、ファン25の上流の地点で取付けられる。図6は、エンジンの中心線400に対するノズルの接線角 α を示している。接線角は、エンジンの中心線400に対して、好ましくは20度を超えかつ20度未満であり、より好ましくは0度である。ノズル35は、洗浄液を霧化し、スプレー36を形成する。ノズル35はファン25に向けられる。ノズル35は、楕円形または矩形のスプレーパターンを形成する。ノズル35は、スプレーパターンの厚さ方向の軸が、スプレーパターンの一方側で流線61によって、およびスプレーパターンの反対側で流線62によって制限されるようにノズル軸の周りで方向付けられる。

【0051】

図4に戻ると、この図は第3のタイプ、ノズル33およびその幅方向の投射を示している。ノズル33は、コアエンジンの洗浄のために洗浄液を与えるという目的を有する。ノズル33は、ファン25の前縁の上流で、好ましくは100mmを超え、より好ましくは500mmを超えかつ1000mm未満の点で軸方向に位置付けられる。ノズル33は、ファンの直径の半分よりも小さくかつファンのハブ直径よりも大きい点で放射状方向に位置付けられる。ノズル33は、液体がブレード間でファンに浸透することができるよう方向付けられる。ノズル33は、洗浄液を霧化し、スプレー34を形成する。ノズル33は、楕円形または矩形のスプレーパターンを形成する。ノズルは、スプレーパターンの幅方向の軸が、ブレード40の前縁41と平行になるように方向付けられる。スプレーパターンの一方側で、幅方向の分布は流線47によって制限される。スプレーパターンの反対側で、幅方向の分布は流線48によって制限される。コアエンジンへの空気の入口は、スプリット45および点46の間の距離に対応する開口を有する。コアエンジンへの入口の開口におけるスプレー34の幅方向の寸法は、スプリット45および点46の間の距離に対応する。これにより、スプレー34は入口23に入る液体を与える。

【0052】

図7は、ロータの周囲からシャフトの中心に向けた投射から見たノズル33の典型的な例を詳細に示している。図7では、ノズル33はその厚さ方向の投射で見られる。ファン25は、ファンのハブに装着されかつ基本的に放射状方向に延在する多数のファンブレードからなる。この図は、エンジンの中心線400に対する典型的なブレードピッチを示している。ファンは、矢印で示した方向に回転する。ブレード40は、前縁41および後縁

10

20

30

40

50

42を有する。第3のノズルのタイプ、ノズル33は、コアエンジンを洗浄するために洗浄液を与えるという目的を有する。ノズル33は、ファン25の上流の地点に位置付けられる。図7は、エンジンの中心線400に対するノズルの接線角 γ を示している。接線角 γ は、エンジンの中心線400に対して、好ましくは20度を超え、より好ましくは25度を超えかつ30度未満である。ノズル33は、洗浄液を霧化し、スプレー34を形成する。ノズル33からのスプレーは、前縁41から後縁42へ方向においてブレードの中間で、液体がファンに浸透することができるように導かれる。ノズル33は、楕円形または矩形のスプレーパターンを形成する。ノズル33は、スプレーパターンの厚さ方向の軸が、スプレーパターンの一方側で流線71によって、およびスプレーパターンの反対側で流線72によって制限されるようにノズル軸の周りで方向付けられる。ノズル33は、液体がファンブレードの中間を通過することができるようにシャフト中心線400に対して方向付けられる。ファンに浸透する液体は入口23でコアエンジンに入る。

10

【0053】

特定の実施例が、例証および例示の目的のために本明細書において示され記載されてきたが、示されかつ記載された特定の実施例は、本発明の範囲から逸脱することなく、さまざまな代替のおよび/または等価の実施例によって取って代わられ得ることが当業者に理解される。この出願は、本明細書で説明された好ましい実施例の如何なる適用例または変形も含むことが意図される。結果として、本発明は、別掲の特許請求の範囲およびその均等物の用語によって規定される。

【図面の簡単な説明】

20

【0054】

【図1】航空ガスタービンエンジンの断面を示す図である。

【図2】ターボファンガスタービンエンジンの断面を示す図である。

【図3】ターボファンガスタービンエンジンの断面、ならびにエンジンファンを洗浄するための2つのノズルおよびコアエンジンを洗浄するための1つのノズルを有する本発明の好ましい実施例を示す図である。

【図4】ノズルの取付けの詳細を示す図である。

【図5】ファンブレードの圧迫側を洗浄するためのノズルの取付けを示す図である。

【図6】ファンブレードの吸込み側を洗浄するためのノズルの取付けを示す図である。

【図7】コアエンジンを洗浄するためのノズルの取付けを示す図である。

30

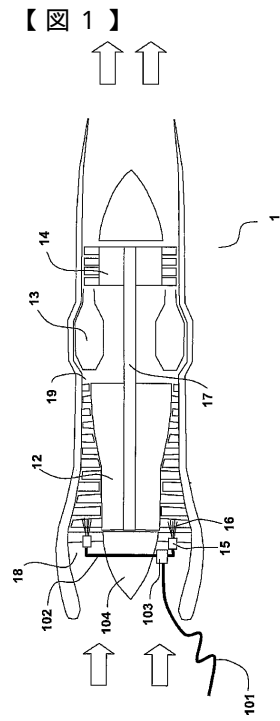


Fig. 1

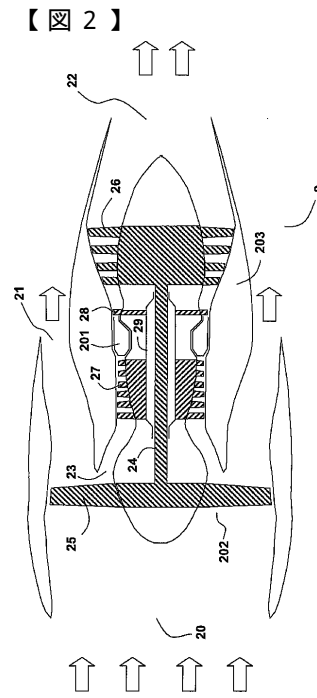


Fig. 2

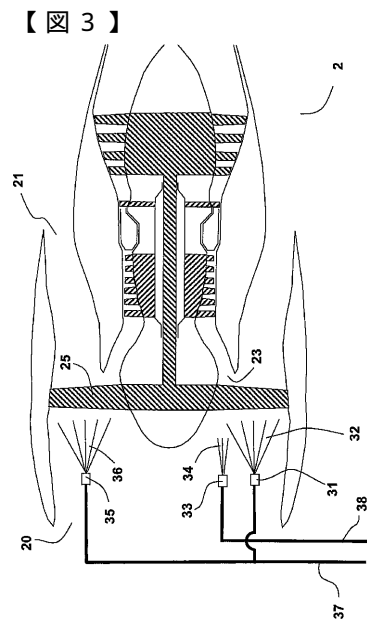


Fig. 3

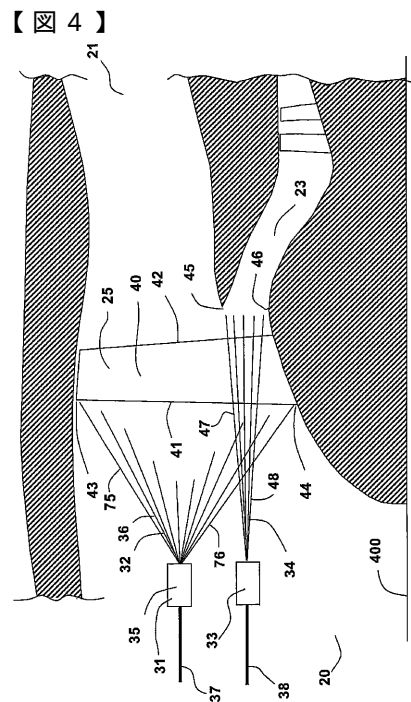


Fig. 4

【図 5】

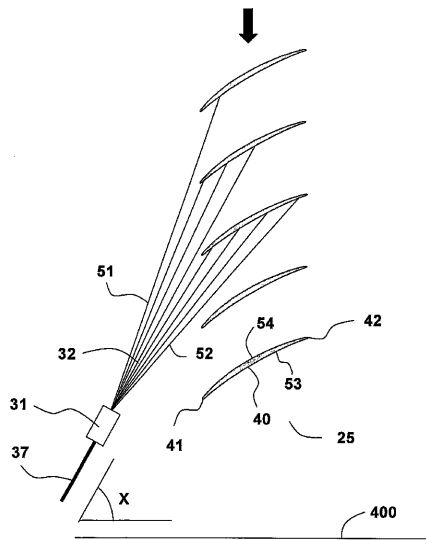


Fig. 5

【図 6】

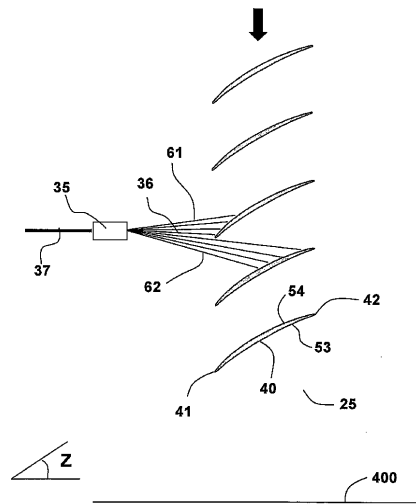


Fig. 6

【図 7】

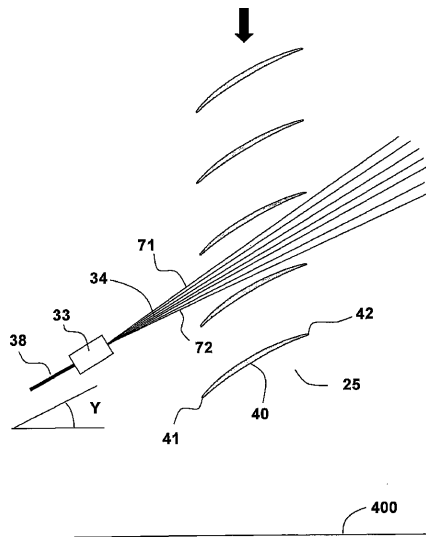


Fig. 7

フロントページの続き

(74)代理人 100096781

弁理士 堀井 豊

(74)代理人 100098316

弁理士 野田 久登

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(72)発明者 イェルペ, カール - ヨハン

スウェーデン、 1 3 1 4 6 ナッカ、シギユンベージェン、 4

(72)発明者 アスプランド, ピーター

スウェーデン、 1 6 5 7 1 ヘッセルビー、ベルガンスベージェン、 6 1

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特表平 1 1 - 5 0 7 5 8 3 (J P , A)

特公昭 3 0 - 0 0 0 1 7 7 (J P , B 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F01D 25/00

F02C 7/00,04

F04D 29/70

F02K 3/06

B08B 3/02