

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4051105号
(P4051105)

(45) 発行日 平成20年2月20日(2008.2.20)

(24) 登録日 平成19年12月7日(2007.12.7)

(51) Int.Cl.		F I		
FO4D 29/54	(2006.01)	FO4D 29/54		E
FO1D 5/28	(2006.01)	FO1D 5/28		
B21C 23/00	(2006.01)	B21C 23/00		A
FO1D 9/02	(2006.01)	FO1D 9/02	102	

請求項の数 11 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-180246
 (22) 出願日 平成9年6月23日(1997.6.23)
 (65) 公開番号 特開平10-68305
 (43) 公開日 平成10年3月10日(1998.3.10)
 審査請求日 平成16年5月27日(2004.5.27)
 (31) 優先権主張番号 08/670,302
 (32) 優先日 平成8年6月27日(1996.6.27)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 590005449
 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレ
 イション
 UNITED TECHNOLOGIES
 CORPORATION
 アメリカ合衆国, コネチカット 0610
 1, ハートフォード, ユナイテッド テク
 ノロジーズ ビルディング
 (74) 代理人 100096459
 弁理士 橋本 剛
 (74) 代理人 100092613
 弁理士 富岡 潔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エアfoil

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の壁と、この第1の壁に対向して設けた第2の壁と、前縁と、この前縁に対向して設けた後縁と、これら第1の壁、第2の壁、前縁及び後縁間に設けた空洞とを包含する単一ピースの横断面幾何学的形状体を有する押し出しセクションを包含すると共に第1の端及び第2の端を包含するファン出口案内ベーンにおいて、前記単一ピースの横断面幾何学的形状体が前記第1の端と前記第2の端との間に延びるようにして不連続強化アルミニウムのビレットから押し出し成形されてなるファン出口案内ベーンであって、前記不連続強化アルミニウムが補強材として15～20容量パーセントの炭化ケイ素を含有してなるファン出口案内ベーン。

【請求項2】

請求項1記載のファン出口案内ベーンにおいて、前記炭化ケイ素が粒子状であるファン出口案内ベーン。

【請求項3】

請求項1または2記載のファン出口案内ベーンにおいて、前記炭化ケイ素が17.5容量パーセントの量で存在するファン出口案内ベーン。

【請求項4】

請求項1～3のいずれかに記載のファン出口案内ベーンにおいて、前記不連続強化アルミニウムが6000系アルミニウム合金マトリックスからなるファン出口案内ベーン。

【請求項5】

10

20

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のファン出口案内ベーンにおいて、前記単一ピースの横断面幾何学的形状体が更なる空洞と、前記第 1 の壁と前記第 2 の壁との間に延びて前記空洞を互いに分離するリブとを更に包含してなるファン出口案内ベーン。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の複数の案内ベーンと、これら案内ベーンの第 1 の端を受け入れる手段を有するアウトケースと、このアウトケースの半径方向内側にアウトケースと実質的に同心にして設けられ、前記案内ベーンの第 2 の端を受け入れる手段を有するインナケースとを包含するファン出口案内ベーンアセンブリであって、前記案内ベーンが前記インナケースと前記アウトケースとの間に延びていると共にこれらインナケースとアウトケースとの間に円周方向に分配されてなるファン出口案内ベーンアセンブリ。

10

【請求項 7】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のファン出口案内ベーンの製造方法において、補強材として 15 ~ 20 容量パーセントの炭化ケイ素を含有する不連続強化アルミニウムのピレットを用意し、このピレットをダイから押出してこのダイを出て縦方向に延びるファン出口案内ベーン形状の幾何学的形状体を有する押出しセクションを形成し、前記押出しセクションが、第 1 の壁と、この第 1 の壁に対向して設けた第 2 の壁と、前縁と、この前縁に対向して設けた後縁と、これら第 1 の壁、第 2 の壁、前縁及び後縁間に設けた空洞とを包含する単一ピースの横断面幾何学的形状体を有し、次いで、前記押出しセクションは、単一ピースの横断面幾何学的形状体が間に延びる第 1 の端と第 2 の端とを形成するような所定の長さで切断されてなるファン出口案内ベーンの製造方法。

20

【請求項 8】

請求項 7 記載の製造方法において、前記押出しセクションが炭化チタン強化鋼製のポートホールダイを通して押出し成形される製造方法。

【請求項 9】

請求項 8 記載の製造方法において、前記ダイが 2 つのマンドレルを含む製造方法。

【請求項 10】

請求項 7 ~ 9 のいずれかに記載の製造方法において、前記ピレットが 6000 系アルミニウム合金からなる製造方法。

【請求項 11】

請求項 7 ~ 10 のいずれかに記載の製造方法において、前記炭化ケイ素が 17.5 容量パーセントの量で存在する製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】

本発明は、一般にはガスタービンエンジンに関し、より詳細には、ガスタービンエンジンに用いられるエアフォイル、特にガイドベーンに関する。

【0002】

【背景技術】

ガスタービンエンジンのロータセクションの後方に設けられているエアフォイルは、ロータセクションにより動かされるガスを、このロータセクションにより行われる働きを最大にするように選択されている方向に向けるのに役立つものである。これらのエアフォイルは、一般に“ガイドベーン”と称され、ハブとロータセクションの外周まわりに間隔を置いているアウトケーシングとの間に半径方向に設けられている。歴史的には、これらのガイドベーンは中実のエアフォイルとして普通のアルミニウムから作られている。そして、その中実横断面は、ガイドベーンに、衝突ガスにより生じる荷重に適應するのに要求されるこわさ及び異物の衝突に耐えることができる耐久力を与えている。

40

【0003】

“ガスパス荷重”とは、当分野において、ガス流れがガイドベーンに衝突することによりエアフォイルに加えられる力を言うのに用いられている用語である。この荷重力の大きさ及び振動数は、エアフォイルの適用及びエンジンにより生じるスラストに依存して変化する

50

る。そして、もし荷重力の振動数がガイドベーンのひとつ又はそれ以上の固有振動数（すなわち、変形の曲りモードの振動数及び/又は変形のねじりモードの振動数）と一致したときには、荷重力がガイドベーンを好ましくない共振振動に励起せしめる。

【0004】

以上述べた中実のアルミニウムから作られている従来のガイドベーンの顕著な欠点は、ガイドベーンの重量が相当重いことである。エンジンの重量が増大することはエンジンのスラスト対重量比に悪い影響を与えるので、ガスタービン設計はエンジンの構成要素の重さを最小にすることを奨励している。普通のアルミニウムから作られた中空のガイドベーンは、中実のガイドベーンの問題を除去するが、しかし、高スラストへの適用のために必要とされるこわさ及び疲れ強さに欠けるものである。この制限は、特に、追加のスラストを生じさせるためにエンジンのファン径を増大せしめる傾向にある近代のガスタービンエンジンにおいて問題である。エンジンのスラストを増大せしめることは、一般に、ガイドベーン、特にファン径が増大されているときのファンセクションにおけるガイドベーンに加わる荷重を増大せしめる。普通のアルミニウムから作られる中空のガイドベーンが持つ他の問題は、一層好ましい普通のアルミニウム合金をガイドベーンの要求する横断面幾何学的形状体（cross-sectional geometry）に押し出し成形することができないことにある。

10

【0005】

最近、ガイドベーンはポリマーマトリックス複合材料（Polymer Matrix Composite materials：以下“PMC”と略称する）から製造されている。これらのPMCは、普通のアルミニウムよりもかなり軽いこと、所要のこわさを持つこと、及びいろいろの複雑な幾何学的形状体に形成することができることから、魅力あるものである。しかし、PMC製ガイドベーンの欠点はそれらの製造コストにあり、普通のアルミニウムから作られる同様なガイドベーンの製造コストよりもかなり高い。重さと同様に、コストも最高に重要なものである。PMC製ガイドベーンの他の欠点は、それらの耐久度にある。すなわち、普通のアルミニウム製ガイドベーンの方が、平均ライフサイクル期間がPMC製のガイドベーンよりも優れているという評価しうる利点を有しているものである。短いライフサイクルは、多大なメンテナンスを要求するばかりでなく、2つの材料すなわち普通のアルミニウムとPMCとの間のコストの差をますます大きくするものである。

20

【0006】

要するに、以上述べたことから、高スラストエンジンにおいて生じる荷重に適応できるような適切なこわさ及び疲れ強さを持つガイドベーン、異物の衝突に適応できるような適切なこわさ及び疲れ強さを持つガイドベーン、軽量のガイドベーン、製造するのが比較的安価であるガイドベーン、及び容易に製造することができるガイドベーンが要望されている。

30

【0007】

【発明の開示】

本発明は、このような要望に応じてなされたものである。したがって、本発明の目的は、高スラストエンジンにおいて生じる荷重に適応できるような適切なこわさ及び疲れ強さを持つ軽量のエアfoilを提供することにある。

40

【0008】

本発明の他の目的は、製造するのが比較的安価であるエアfoilを提供することにある。

【0009】

本発明の更に他の目的は、容易に製造することができるエアfoilを提供することにある。

【0010】

以上述べた目的を達成するために、本発明によれば、第1の壁と、この第1の壁に対向して設けた第2の壁と、前縁と、この前縁に対向して設けた後縁と、少なくともひとつの空洞とを包含する横断面幾何学的形状体を有するエアfoilが提供される。空洞は、第1

50

の壁、第2の壁、前縁及び後縁間に設けられている。そして、エアfoilはその横断面幾何学的形状体が第1の端と第2の端との間に延びるようにして不連続強化アルミニウム (Discontinuously Reinforced Aluminum: 以下“DRA”と略称する) から押し出し成形される。

【0011】

以上述べた本発明は、従来存在するエアfoilより優れた幾つかの顕著な利点を提供する。すなわち、第1の利点は本発明によればエアfoilのこわさを増大することができることである。エアfoil本体のこわさは、一般に、本体の材料及び本体の横断面幾何学的形状体の関数である。下記の式は、均一断面の本体について、それらの関係を数学的に説明するために用いられている。

【0012】

$$S = E I f(x, L)$$

ここに、“S”はこわさ ($l b s / i n$) を表し、“E”は材料の弾性係数 ($l b s / i n^2$) を表し、“I”は慣性の断面モーメント ($i n^4$) を表し、“x”は本体内の位置の関数を表し、及び“L”は本体の長さを表す。最も一般的なアルミニウム合金は、 $9.9 \sim 10.3 (\times 10^6) l b s / i n^2$ の範囲の“E”値を有する。他方、DRAは $14.0 \sim 17.0 (\times 10^6) l b s / i n^2$ の範囲の“E”値を有する。したがって、DRA材料から形成されたエアfoilは、同一の断面を有する普通のアルミニウム合金から作られたエアfoilよりも大きなこわさを有する。

【0013】

また、エアfoilを形成するのに用いられるPMCは、普通のアルミニウム合金の“E”値よりも大きい“E”値を有するが、しかし、配向性の関数として変化する機械的性質を有する。すなわち、一方向において、例えばPMC試供品は $14.0 \sim 15.0 (\times 10^6) l b s / i n^2$ の“E”値を有し、この“E”値は普通のアルミニウム合金の“E”値よりも著しく高いものである。しかしながら、前記の一方向と交差する方向において、PMC試供品の“E”値は4又は5 ($\times 10^6$) $l b s / i n^2$ 以下であり、これによりPMCを適切に適用することが制限される。DRAの等方性の機械的性質は、この問題を除去する。

【0014】

本発明の他の利点は、本発明によれば、高いこわさのエアfoilを容易に製造することができることである。すなわち、金属製のエアfoilを形成するための好適な方法のひとつは、押し出し成形である。中空のエアfoilの場合においては、押し出される材料はダイを通過する間に分離し、ダイの後方に再び一緒に戻って溶着し合う。多くの普通のアルミニウム合金は、このような方法による形成に適応するものであるが、これらのアルミニウム合金は高スラストガスタービンで用いるのに必要とされるこわさ又は疲れ強さを常に持つものではない。DRAも、押し出し成形ダイの後方で再結合できるが、しかし、普通のアルミニウム合金より押し出し成形するのが非常に困難なものである。そこで、本発明は、DRAを複雑な幾何学的形状体に押し出し成形できる手段を提供し、これによりエアfoilをDRAから押し出し成形することができるようにする。

【0015】

本発明により提供される更に他の利点は、コストの節約である。すなわち、中空のDRA製エアfoilとほぼ同じこわさ及びほぼ同じ重さを持つPMC製エアfoilは、中空のDRA製エアfoilよりもかなり高価なものである。また、PMC製エアfoilの平均ライフサイクルは中空のDRA製エアfoilよりもかなり短いものであり、これにより一層頻繁なエアfoilの取替えが必要となり、コストの差がますます大きくなってしまふ。

【0016】

本発明の以上述べた目的、特徴及び利点は添付図面を参照して詳述する下記の本発明の最良の形態の実施例についての説明から一層明らかになるであろう。

【0017】

【発明を実施するための最良の形態】

図1を参照するに、ガスタービンエンジン10はファンセクション12と、低圧圧縮機14と、高圧圧縮機16と、燃焼器18と、低圧タービン20と、高圧タービン22とを包含する。ファンセクション12及び低圧圧縮機14は、互いに接続されて低圧タービン20により駆動される。高圧圧縮機16は、高圧タービン22により駆動される。ファンセクション12により吸入された空気は、“中心ガス流れ”として低圧圧縮機14に入るか、又は“バイパス空気”としてエンジン中心外側の空気通路23に入る。この空気通路23を出たバイパス空気は、エンジン10の外周まわりに設けられている複数のファン出口案内ベーン(Fan Exit Guide Vane:以下“FEGV”と略称する)24に向って進み、これらのFEGV24に衝突する。これらのFEGV24は、バイパス空気をエンジン10の外側に設けられているダクト(図示せず)に案内する。

10

【0018】

次に図1及び図2を参照するに、FEGV24はファンのインナケース26とアウトケース28との間に延びている。インナケース26は低圧圧縮機14とFEGV24との間の半径方向位置に設けられ、またアウトケース28はFEGV24の外側の半径方向位置に設けられている。各FEGV24は、エアfoil30と、このエアfoil30をインナケース26とアウトケース28との間に固定する手段32とを包含する。例えば、図2に示されるように、この固定手段32は第1のブラケット34と第2のブラケット36とを包含する。しかし、選択的に、他の構造の固定手段32を用いることができるものである。

20

【0019】

次に図2～図4を参照するに、エアfoil30は第1の端40から第2の端42にまで延びる単一ピースの横断面幾何学的形状体を包含する(図2)。この横断面幾何学的形状体は、第1の壁44と、第2の壁46と、前縁48と、後縁50と、単一又は複数の空洞52、54、58とを包含する。第2の壁46は第1の壁44に対向して設けられ、また後縁50は前縁48に対向して設けられている。空洞52、54、58は、第1の壁44、第2の壁46、前縁48及び後縁50の間に設けられている。図2は、単一の空洞52を示す。図3は第1の空洞52と第2の空洞54とを示し、これらの空洞は第1の壁44と第2の壁46との間に延びる単一のリブ56により分離されている。図4は第1の空洞52と、第2の空洞54と、第3の空洞58とを示し、これらの空洞は第1の壁44と第2の壁46との間に延びる2つのリブ56により分離され、空洞52、58の各々は1つのリブ56により空洞54から分離されていると共に、空洞54は2つのリブ56により2つの空洞52、58から分離されている。すべての空洞52、54、58は、内部丸み部60を包含している。

30

【0020】

以上述べたエアfoil30は、DRAから押し出し成形される。好適には、DRAはアルミニウム協会により規定されている基本2000、6000、又は7000系のアルミニウム合金マトリックスから成る。最も好適な実施例によれば、DRAは6000系アルミニウム合金マトリックスから成る。DRAの補強材は、SiC、Al₂O₃、B₄C、BeO、TiB₂、Si₃N₄、AlN、MgO、ZrO₂の材料中のいずれかひとつとされる。好適な群の補強材は、粒子状のSiC、Al₂O₃、B₄Cから成る。最も好適な補強材は、粒径が5～10ミクロンの粒子状のSiCである。DRA中の補強材の容量パーセントは、使用される系のアルミニウム合金マトリックス及び補強材に依存する。すなわち、補強材がSiCの場合においては、その容量パーセントの好適な範囲は、6000系アルミニウム合金マトリックスのDRA中のSiC粒子が少なくとも10容量パーセントでかつ30容量パーセント以下である。この好適な範囲内で、更に好適には、6000系アルミニウム合金マトリックスのDRA中のSiCを少なくとも15容量パーセントでかつ20容量パーセント以下に維持することにより、一層改良された押し出し成形結果が得られた。最良の押し出し成形結果は、6000系アルミニウム合金マトリックスのDRA中のSiCが17.5容量パーセントであるものを用いることにより得られた。

40

50

【 0 0 2 1 】

好適な実施例の押し出し成形によれば、補強材として17.5容量パーセントのSiCを含有する6000系アルミニウム合金マトリックスのDRAが、アペンデージにより支持されている一対のマンドレルを有するポートホールダイを用いて、2つの空洞52、54を有するエアfoil30（図3参照）に押し出し成形される。すなわち、上記ダイは、炭化チタン強化鋼、例えばアメリカ合衆国 ニューヨーク ウェスト ニアックのアロー テクノロジー インターナショナル インコーポレーテッド（Alloy Technology International Incorporated）により製造されている“SK グレード フェロチック（SK grade Ferrotic）”から作られている。そして、一対のマンドレルがダイの中間部に設けられており、DRAがこれらのマンドレルのまわりに流れてアペンデージで分離するように押し込まれる。アペンデージにより分離された押し出し金属は、マンドレルの後方に戻って一緒に結合し、金属・金属結合体となる。このプロセスは、時々“溶接”と称されている。そして、マンドレルにより作られた空所が残り、エアfoilの空洞となる。このような炭化チタン強化鋼製のダイは、押し出し成形するエアfoilに申し分のない仕上げを与えるものである。押し出し成形されたDRAのストリップは、その後、適用の必要に応じて人の手で所定の長さに切断されて仕上げられる。

10

【 0 0 2 2 】

本発明の顕著な利点は、所要のこわさを有するエアfoilを、最小の径の外部丸み部62及び内部丸み部60を有する形状体に安価に形成することができることにある。すなわち、前縁48及び後縁50に沿う最小の径の外部丸み部62は、空気力学の観点から利益があるものである。また、最小の径の内部丸み部60は、より小さな内部丸み部がエアfoil30の中空部をより大きくしてより軽いエアfoilを提供することから、利益があるものである。

20

【 0 0 2 3 】

以上本発明をその実施例に関して図示し詳述してきたけれども、本発明の精神及び範囲を逸脱することなく、その形態及び詳部においてさまざまな変更ができることは当業者にとって理解されるであろう。例えば、上述した本発明を実施するための最良の形態は、本発明のエアfoilをFEGVに用いた例について詳述している。しかし、本発明のエアfoilは選択的に他のペーン又はブレードの適用にも用いることができるものである。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明が実施されるガスタービンエンジンの概略断面図である。

【 図 2 】 本発明のエアfoilで構成されるファン出口ガイドペーンの一例を示す分解図である。

【 図 3 】 図 2 に示されているガイドペーンと同様であるが、しかし2つの空洞を有するガイドペーンの横断面図である。

【 図 4 】 図 2 に示されているガイドペーンと同様であるが、しかし3つの空洞を有するガイドペーンの横断面図である。

【 符号の説明 】

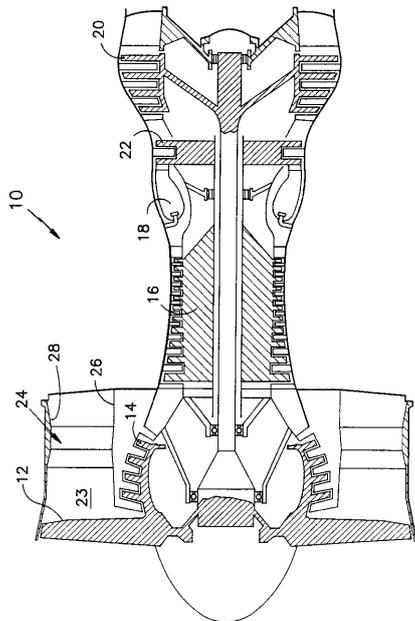
- 10 ガスタービンエンジン
- 12 ファンセクション
- 14 低圧圧縮機
- 16 高圧圧縮機
- 18 燃焼器
- 20 低圧タービン
- 22 高圧タービン
- 23 空気通路
- 24 ファン出口ガイドペーン（FEGV）
- 26 インナケース
- 28 アウタケース
- 30 エアfoil

40

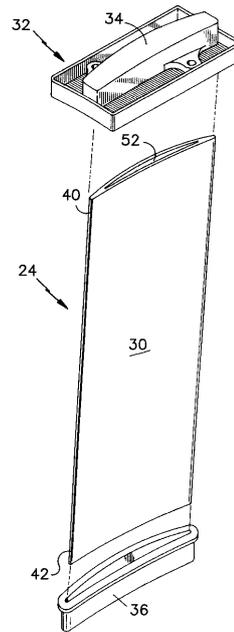
50

- 3 2 固定手段
- 3 4 第 1 のブラケット
- 3 6 第 2 のブラケット
- 4 0 第 1 の端
- 4 2 第 2 の端
- 4 4 第 1 の壁
- 4 6 第 2 の壁
- 4 8 前縁
- 5 0 後縁
- 5 2 第 1 の空洞
- 5 4 第 2 の空洞
- 5 6 リブ
- 5 8 第 3 の空洞
- 6 0 内部丸み部
- 6 2 外部丸み部

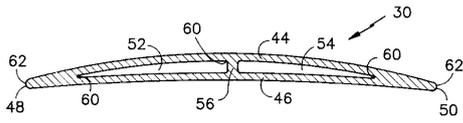
【 図 1 】



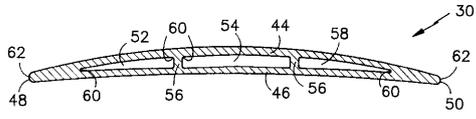
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 トーマス・ゼー・ワトソン
アメリカ合衆国フロリダ州33418 パームビーチガーデンズ市ハリウッド ストリート 61
38
- (72)発明者 ビンセント・シー・ナードーン
アメリカ合衆国コネチカット州06074 サウスウインザー市ノートン レーン 187
- (72)発明者 ジョン・エー・ビソスキーズ
アメリカ合衆国コネチカット州06066 パーノン市サウス ストリート 125 アパートメ
ント 264
- (72)発明者 スチュアート・エー・アンダーソン
アメリカ合衆国コネチカット州06074 - 3227 サウスウインザー市パイン ツリー レー
ン 210

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開平09-072298(JP,A)
特開昭60-009837(JP,A)
特開昭60-204903(JP,A)
特開昭63-260624(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 29/54
B21C 23/00
F01D 5/28
F01D 9/02
F01K 3/04
B21C 25/00