

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5584440号
(P5584440)

(45) 発行日 平成26年9月3日 (2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日 (2014.7.25)

(51) Int.Cl.	F I
FO4D 29/42 (2006.01)	FO4D 29/42 H
FO4D 29/08 (2006.01)	FO4D 29/42 M
FO2C 7/00 (2006.01)	FO4D 29/08 E
	FO2C 7/00 E

請求項の数 5 外国語出願 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-176036 (P2009-176036)	(73) 特許権者	591005785
(22) 出願日	平成21年7月29日 (2009.7.29)		ロールス・ロイス・ピーエルシー
(65) 公開番号	特開2010-31870 (P2010-31870A)		ROLLS-ROYCE PUBLIC
(43) 公開日	平成22年2月12日 (2010.2.12)		LIMITED COMPANY
審査請求日	平成24年7月26日 (2012.7.26)		イギリス国ロンドン、エスタブリッシュ1イ
(31) 優先権主張番号	0813821.6		ー・6エイティー、バッキンガム・ゲート
(32) 優先日	平成20年7月29日 (2008.7.29)		65
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100140109
			弁理士 小野 新次郎
		(74) 代理人	100089705
			弁理士 社本 一夫
		(74) 代理人	100075270
			弁理士 小林 泰
		(74) 代理人	100080137
			弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジン用のファンケーシング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジン用ファンケーシングであって、
前記エンジンは、使用時に前記エンジンの軸線を中心として回転する複数のファンブレードを備え、
前記ケーシングは、前記ファンブレードの半径方向外方に環状構造を含み、この環状構造は、前記ファンブレードの上流及び下流の両方で軸線方向に延び、使用時にファンブレードがほぼ半径方向外方に外れて前記ケーシングに当たる可能性があり、
前記ケーシングは、使用時に前記ファンブレードの半径方向外方にあるファントラックを備えた、ファンケーシングにおいて、
外れたブレードのほぼ全てが、前記ファントラックによって偏向させられ、
前記ファントラックは、弱くした領域を含み、使用時に、外れたファンブレードの部分が前記弱くした領域に入り込んで通過し、外れたファンブレードの残りの部分が前記ファントラックによって偏向させられる、ファンケーシング。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のファンケーシングにおいて、
前記弱くした領域は、前記ファンブレードの前縁領域だけに亘って延びる、ファンケーシング。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のファンケーシングにおいて、

前記弱くした領域は、音響ライナを備えている、ファンケーシング。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のファンケーシングにおいて、
前記ケーシングの半径方向内面は、研磨性層を備えている、ファンケーシング。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のファンケーシングにおいて、
前記研磨性層は、前記ファントラックの軸線方向全長に亘って延びる、ファンケーシング。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明はガスタービンエンジンに関し、更に詳細には、このようなエンジンのファンケーシングの閉じこめ構造すなわち捕捉構造 (containment arrangement) に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ガスタービンエンジンのファンブレードは、ファンケーシング内に設けられたファントラックとして公知の環状の研磨性材料層内で回転する。作動では、ファンブレードは、この研磨性層内に切り込んで経路を形成し、これによって、ブレード先端周囲の漏れを最少にしている。

【0003】

20

ファンケーシングには、ファンブレードが何らかの理由により破損した場合、外れたブレードやデブリ (破片) を捕捉するように設計された捕捉システムが、ファントラックのほぼ半径方向外方に設けられている。発生したデブリ (破片) のエネルギーを吸収するため、ファンケーシングの強度及びコンプライアンスを正確に計算しなければならない。従って、ブレードが外れる事態において、ファントラックがブレードの軌跡 (飛翔経路) を遮ってはならないということが重要である。従って、外れたブレードやブレードの破片が、本質的に妨げられずに、ファントラックを通して捕捉システムに到達できるように、ファントラックは比較的弱くなければならない。

【0004】

ファントラックの後方には、従来、環状氷衝突パネルが設けられていた。これは、代表的には、ガラス強化プラスチック (GPR) 成型体又は何らかの他の材料で形成されたトレイ又はパネルである。衝突強度を増大するため、GPR で包囲してもよい。ファンブレード上で形成した氷には、遠心力及び空気流の力の両方が作用し、これらの力の夫々により、氷をブレードからの離脱前に外方及び後方に移動する。

30

【0005】

従来のファンブレードは、氷がブレードの後縁から離脱し、離脱した氷がファントラックの後方の氷衝突パネルに当たるような形状を備えている。氷は、氷衝突パネルを損傷することなく、このパネルによって跳ね返り、又は逸らされる (偏向させられる)。

【0006】

スウェプトファンブレードは、中央部の弦長 (chord length) が従来のファンブレードよりも大きい。スウェプトファンブレードは、効率において従来のブレードよりも大きな利点を提供するため、ガスタービン産業で益々好まれている。スウェプトファンブレードは、弦長が大きいと、このようなブレード上に形成された氷は、従来のブレードにおけるのと同じ後方及び外方への経路を辿るが、後縁に達する前にブレードの半径方向外先端に達する可能性がある。従って、氷は、ブレードの先端から離脱し、ファントラックに当たる。

40

【0007】

しかしながら、従来のファントラックは、氷の衝突を許容するのに十分な強度を備えておらず、そのため、従来の構成は、スウェプトファンブレードで使用するには適していない。ファントラックを強化するだけでは氷の衝突に適応することは不可能である。これは

50

、ブレードが外れる事態中のブレードの軌跡を遮り、ファンケーシング捕捉システムの作動を損なってしまうためである。

【 0 0 0 8 】

ガスタービン産業では、近年、より軽量のファンブレードを開発することもまた奨励されている。こうしたブレードは、代表的には、金属製中空構造又は複合構造のいずれかである。この開発により別の問題点が持ち上がった。ブレードが軽量であるため、従って、変形に対する抵抗が小さいため、氷の通過に対して抵抗し、しかも、外れたファンブレードの軌跡と干渉しないケーシング構成を考案するのが更に困難である。更に、軽量スウェプトブレードは、ファンケーシングとの衝突時に、従来のブレードとは異なる態様で壊れる傾向があり、従来のケーシング設計はこれに適合するように設計されていない。

10

【 0 0 0 9 】

概括的に述べると、ガスタービン産業における開発は、一方では、スウェプトファンブレードに向かっており、他方では、より軽量のファンブレードに向かっており、これにより、こうした構成で必要とされる三つの機能、即ち研磨性（研磨可能な）ファントラック、離脱した氷に対する抵抗、及びブレード又はブレードの破片の捕捉（すなわち、閉じこめ）、を提供するファンケーシング及び捕捉（すなわち、閉じこめ）構造の設計が益々困難になっている。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

20

従って、本発明の目的は、上文中に説明した問題点を実質的に解決する、複合ファンブレード又は他の軽量ファンブレードで使用するのに特に適したガスタービンエンジン用の閉じこめ（すなわち、捕捉）アセンブリを提供することである。

上記目的を達するために、本願発明は、

ガスタービンエンジン用ファンケーシングであって、

前記エンジンは、使用時に前記エンジンの軸線を中心として回転する複数のファンブレードを備え、

前記ケーシングは、前記ファンブレードの半径方向外方に環状構造を含み、この環状構造は、前記ファンブレードの上流及び下流の両方で軸線方向に延び、使用時にファンブレードがほぼ半径方向外方に外れて前記ケーシングに当たり可能性があり、

30

前記ケーシングは、使用時に前記ファンブレードの半径方向外方にあるファントラックを備えた、ファンケーシングにおいて、

外れたブレードのほぼ全てが、前記ファントラックによって偏向させられる、ファンケーシングを提供するものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 1 】

次に、本発明の実施例を添付図面を参照して例として説明する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 図 1 は、公知の種類のガスタービンエンジンの半分の概略断面図である。

40

【 図 2 】 図 2 (a) は、従来のファンブレードの概略側面図であり、図 2 (b) は、スウェプトファンブレードの概略側面図である。

【 図 3 】 図 3 は、複合スウェプトファンブレードの概略側面図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明によるファンケーシングの第 1 実施例の断面図である。

【 図 5 】 図 5 は、本発明によるファンケーシングの第 2 実施例の断面図である。

【 図 6 】 図 6 は、本発明によるファンケーシングの第 3 実施例の上流部分の断面図である。

。

【 図 7 】 図 7 は、本発明によるファンケーシングの第 4 の変形例の上流部分の断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

50

【 0 0 1 3 】

先ず最初に図 1 を参照すると、ガスタービンエンジン 1 0 は、軸線方向で、インテーク 1 1、ファン 1 2、中圧コンプレッサ 1 3、高圧コンプレッサ 1 4、燃焼器 1 5、高圧タービン 1 6、中圧タービン 1 7、及び低圧タービン 1 8 の夫々、及び排気ノズル 1 9 を備えている。

【 0 0 1 4 】

空気は、インテーク 1 1 を通ってエンジンに入り、ファン 1 2 によって加速され、二つの空気流を発生する。外側の空気流は、エンジン 1 0 からファンダクト（図示せず）を通過して排出され、推進力を提供する。内側の空気流は、中圧コンプレッサ 1 3 に差し向けられ、ここで圧縮され、次いで高圧コンプレッサ 1 4 に差し向けられ、ここで更に圧縮される。

10

【 0 0 1 5 】

次いで、圧縮空気を燃焼器 1 5 で燃料と混合し、混合物を燃焼する。結果的に発生した燃焼生成物は、次いで、排気ノズル 1 9 を通って排気される前に、高圧タービン 1 6、中圧タービン 1 7、及び低圧タービン 1 8 の夫々を通過して膨張し、追加の推進力を提供する。高圧タービン 1 6、中圧タービン 1 7、及び低圧タービン 1 8 は、高圧コンプレッサ 1 4、中圧コンプレッサ 1 3、及びファン 1 2 の夫々を同心の駆動シャフト 2 0、2 1、2 2 を介して駆動する。

【 0 0 1 6 】

ファン 1 2 は、ファンディスク 2 4 に取り付けられ周方向に配列されたファンブレード 2 3 を備えている。ファン 1 2 は、ファンケーシング 2 5 によって取り囲まれている。このファンケーシング 2 5 は（図示していない別の構造とともに）ファンダクトを形成する。使用の際、ファンブレード 2 3 は、X - X 軸線を中心として回転する。

20

【 0 0 1 7 】

図 2（a）は、従来のファンブレード 1 2 3 を示す。矢印 A は、氷片がブレード 1 2 3 の表面を横切って迎る概念的経路（想像的な経路）を示す。氷は、ブレード 1 2 3 の後縁 1 2 6 から放出され、従って、ファントラックの後方の氷衝突パネルに当たる。ブレードが外れる事態（blade-off event）では、ファンブレード 1 2 3 の一部又は全体がいきなり外れる。外れたブレードの軌跡には、ガスの負荷による影響がほとんど及ぼされず、そのため本質的に半径方向外方に破線矢印 B によって示すように移動し、ファントラックに当たる。

30

【 0 0 1 8 】

図 2（b）は、スウェプトファンブレード 2 2 3 を示す。矢印 A は、氷片がブレード 2 2 3 の表面を横切って迎る概念的経路（想像的な経路）を示す。この経路は、図 2（a）で従来のファンブレード 1 2 3 の表面を横切って迎る経路と本質的に同じである。同様に、外れたファンブレード又はブレード破片の軌跡 B は、図 2（a）の軌跡 B と本質的に同じである。しかしながら、図 2（b）では、スウェプトブレード 2 2 3 の弦寸法が比較的大きいため、氷は、後縁 2 2 6 のところでなく、ブレードの先端 2 2 8 のところで放出されるということがわかる。上文中に説明した従来のファンケーシング構成では、この氷は、この場合、氷衝突パネルでなくファントラックに当たる。問題は、氷の衝突エネルギーが、外れたブレード又はブレードの破片の局所的衝突エネルギーよりも大きいということである。従来のファンケーシング構成は、従って、外れたファンブレード又はブレードの破片を本質的に妨げることなく捕捉システムまで通すことができるが、しかも、衝突エネルギーが比較的高い外れた氷の方向を変えるという相反する（又は矛盾した）特性を備えていなければならない。

40

【 0 0 1 9 】

図 3 では、複合スウェプトファンブレード 3 2 3 は、エーロfoil部分 3 2 と、ルート（根本）部分 3 4 とを備えている。エーロfoil部分 3 2 は、複合材料製の本体 3 6 と、金属製の前縁キャップ 3 8 とを備えている。前縁キャップ 3 8 は、使用中、異物による損傷と腐蝕とから、本体 3 6 を保護する。前縁キャップ 3 8 が設けられていないと、複

50

合材料は、異物による損傷や腐蝕により、外れたり剥離したりしてしまう。

【 0 0 2 0 】

図 4 は、本発明によるファンケーシングの第 1 実施例の断面を示す。ファンケーシング 6 2 5 は、ガスタービンエンジンの周囲に亘って延びる。使用の際、エンジンのファンブレード 6 2 3 が、ファンケーシング 6 2 5 内で回転する。ファンブレード 6 2 3 は、図 3 に示す種類の複合スウェプトファンブレードである。

【 0 0 2 1 】

ファンケーシング 6 2 5 は、鍛造により形成された二つの環状の部分、即ち、上流（前方）鍛造部 6 6 2 と、下流（後方）鍛造部 6 6 4 とを備えている。これらの上流鍛造部と下流鍛造部 6 6 2、6 6 4 は、フランジが設けられており、これらのフランジによりガスタービンエンジンの他の構造（図示せず）に取り付けられている。上流鍛造部 6 6 2 の前端には、環状のファンケースフック 6 4 3 が設けられている。この環状ファンケースフックの目的を以下に説明する。

【 0 0 2 2 】

上流鍛造部 6 6 2 と後方鍛造部 6 6 4 との間に、環状の外ケーシング 6 6 6 が設けられている。この外ケーシング 6 6 6 は、上流鍛造部 6 6 2 及び下流鍛造部 6 6 4 の夫々に溶接線 6 6 8 及び 6 7 0 に沿って溶接されている。外ケーシング 6 6 6 の半径方向内方には、環状の隔壁支持構造 6 7 2 が設けられている。この実施例では、隔壁支持構造 6 7 2 は、機械加工によって形成したハニカム材料層を含む。別の態様では、金属層又はポリマーフォーム層、又は構造的な充填層を含んでもよい。このような材料は周知であり、本明細書中、これ以上詳細には説明しない。隔壁支持構造 6 7 2 は、上流鍛造部 6 6 2 と下流鍛造部 6 6 4 との間を軸線方向に延びる。隔壁支持構造 6 7 2 は、接着剤又は機械的ファスナによって外ケーシング 6 6 6 に取り付けられている。

【 0 0 2 3 】

隔壁支持構造 6 7 2 の半径方向内面に、隔壁 6 7 4 が接着剤で取り付けられている。隔壁 6 7 4 は、前方に延びてファンケースフック 6 4 3 に当接している。隔壁 6 7 4 は、これに衝突したブレードが壊れるように比較的剛性であり且つ強く構成されている。隔壁は、ファンブレード 6 2 3 の先端の半径方向外方にファントラックを形成している。

【 0 0 2 4 】

隔壁 6 7 4 の半径方向内面は、研磨性コーティング 6 7 8 によって覆われている。使用の際、ファンブレード 6 2 3 の先端は、研磨性層 6 7 8 内に切り込んで経路を形成し、これによりブレード先端周囲の漏れを最少にする。

【 0 0 2 5 】

隔壁支持構造 6 7 2 には、更に、隔壁 6 7 4 の後方に音響ライナ 6 8 0 が設けられている。このようなライナは周知であり、使用時にファンブレード 6 2 3 が発生する騒音エネルギーを吸収する。このような音響ライナを接着剤によって、又は機械的ファスナによって取り付けることが周知である。

【 0 0 2 6 】

ファンブレード 6 2 3 が作動中に外れた場合、ブレード 6 2 3 が研磨性コーティング 6 7 8 及び隔壁 6 7 4 に衝突する。

外れたファンブレード 6 2 3 が研磨性コーティング 6 7 8 及び隔壁 6 7 4 と接触したとき、複合材料の強度を越える大きな圧縮負荷が（ブレードの長さ方向に）発生する。

【 0 0 2 7 】

従って、ファンブレード 6 2 3 の本体 6 3 6 は、衝突時に壊れて比較的小さな破片になり、これらの破片は、隔壁 6 7 4 によって、この隔壁を損傷することなく、方向が変えられ、空気流によって運び去られる。研磨性コーティング 6 7 8 だけが隔壁を覆っているファンケーシング 6 2 5 のこの部分の構造により、ファンブレード本体 6 3 6 の破壊が更に促される。

【 0 0 2 8 】

これとは対照的に、前縁キャップ 6 3 8 は比較的強く、衝突時に容易には壊れない。前

10

20

30

40

50

縁キャップもまた隔壁 674 に捕捉されるが、壊れない（又は、少なくとも、ブレード 623 の残りと同程度まで壊れることはない）。前縁キャップ 638 は、フック 643 の半径方向内面に当たって前方に偏向される（曲がる）かもしれない。前縁キャップ 638 は、従って、ファンケーシング 625 内に捕捉される。

【0029】

図 5 は、本発明によるファンケーシングの第 2 実施例の断面を示す。幾つかの特徴が図 4 に示すものと同じであり、同じ参照番号が付してある。ファンケーシング 625 は、ガスタービンエンジンの周囲に亘って延びる。使用の際、エンジンのファンブレード 623 が、ファンケーシング 625 内で回転する。ファンブレード 623 は、図 3 に示す種類の複合スウェプトファンブレードである。

10

【0030】

ファンケーシング 625 は、二つの環状の鍛造部、即ち、上流（前方）鍛造部 662 と、下流（後方）鍛造部 664 とを備えている。これらの鍛造部 662、664 は、フランジが設けられており、これらのフランジによりガスタービンエンジンの他の構造（図示せず）に取り付けられる。上流鍛造部 662 の前端には、環状のファンケースフック 643 が設けられている。この環状ファンケースフックの目的を以下に説明する。

【0031】

上流鍛造部 662 と後方鍛造部 664 との間に、環状の外ケーシング 666 が設けられている。この外ケーシング 666 は、上流鍛造部 662 及び下流鍛造部 664 の夫々に溶接線 668 及び 670 に沿って溶接されている。外ケーシング 666 の半径方向内方には、環状の隔壁支持構造 672 が設けられている。この実施例では、隔壁支持構造 672 は、機械加工によって形成したハニカム材料層を含む。別の態様では、金属層又はポリマーフォーム層、又は構造的充填層を含んでいてもよい。このような材料は周知であり、本明細書中、これ以上詳細には説明しない。隔壁支持構造 672 は、上流鍛造部 662 と下流鍛造部 664 との間を軸線方向に延びている。隔壁支持構造 672 は、接着剤によって、又は機械的ファスナによって、外ケーシング 666 に取り付けられている。

20

【0032】

隔壁支持構造 672 の半径方向内面に、隔壁 674 が接着剤で取り付けられている。隔壁 674 は、前方に延びてファンケースフック 643 に当接している。図 4 の実施例におけるのと同様に、隔壁 674 は、これに衝突したブレードが壊れるように比較的剛性であり且つ強く構成されている。しかしながら、図 4 の実施例とは対照的に、この実施例では、上流（前方）部分 676 は、隔壁 674 の残りよりも弱いように構成されている。隔壁 674 の比較的弱い前方部分 676 は、離脱した氷がケーシングに衝突する領域の上流にあり、そのため、この領域が比較的弱いことは問題でない。隔壁は、ファンブレード 623 の先端の半径方向外方にファントラックを形成する。

30

【0033】

隔壁支持構造 672 の上流（前方）部分（即ち、破線で示す、隔壁 674 の上流（前方）部分 676 の半径方向外側）もまた、隔壁支持構造 672 の残りの部分よりも弱いように構成されている。

【0034】

図 4 の実施例と同様に、隔壁 674 の半径方向内面は、研磨性コーティング 678 によって覆われている。

40

ファンブレード 623 が作動中に外れた場合、ブレード 623 は研磨性コーティング 678 及び隔壁 674 に衝突する。

【0035】

外れたファンブレード 623 が研磨性コーティング 678 及び隔壁 674 と接触したとき、複合材料の強度を越える大きな圧縮負荷が（ブレードの長さ方向に）発生する。圧縮力に良好に耐えることができる比較的剛性の前縁キャップは、例外であり、比較的長期に亘って残り、従って、捕捉（閉じこめ）ケーシングに多くの脅威を与える。

【0036】

50

そのため、ファンブレード623の本体636は、衝突時に壊れて比較的小さな破片になり、これらの破片は、隔壁674によって、この隔壁を損傷することなく、偏向され(すなわち、方向が変えられ)、空気流によって運び去られる。研磨性コーティング678だけが隔壁を覆っているファンケーシング625のこの部分の構造により、ファンブレード本体636の破壊や粉碎が更に促される。

【0037】

これとは対照的に、前縁キャップ638は比較的強く、衝突時に容易には壊れない。前縁キャップ638は、隔壁674の比較的弱い前方部分676を通して進み(この際にエネルギーを放散し)、隔壁支持構造672の比較的弱い前方部分内に進み(食い込み)、ファンケーシング625に当たり、前方に偏向され(曲がり)、ファンケースフック643と係合する。従って、前縁キャップ638は、ファンケーシング625内に捕捉される。

【0038】

別の実施例では、ファンブレード623は、公知の種類 of 金属製の中空スウェプトブレードであってもよい。この種のブレードでは、ブレードの中空中央領域は、ブレードの前縁、後縁、及び先端周りで、周囲中実領域によって包囲されている。これは、場合によっては、「額縁」とも呼ばれる。衝突及び異物による損傷に対して適切な保護を提供するため、この中実領域は、ブレードの前縁のところが最も厚くなっている。ブレードのこの中実の前縁領域は、使用時に、図5に示す複合ブレードの前縁キャップ638と同様の挙動を示すということは理解されよう。これは、中実の前縁領域が(前縁キャップ638と同様に)比較的剛性であり、圧縮強度がブレードの中空中央領域よりも大きいためである。従って、本発明によるファンケーシング625との衝突時のこのようなブレードの挙動は、上文中に説明した複合ブレード623の挙動と同様であり、ブレードの中空中央領域が比較的容易に壊れるのに対し、中実の前縁領域は隔壁674の比較的弱い前方部分676を通して進み、ケーシング625に当たって前方に偏向し(すなわち曲がり)、ファンケースフック643と係合する。このようにして、中実の前縁領域はファンケーシング625内に捕捉される。

【0039】

従って、本発明は、前縁の挙動が、複合ブレード及び金属製中空ブレードの両方の場合について特に要求を満たすという点で、複合ブレード及び金属製中空ブレードに等しく適している。

【0040】

従来のファンケーシングとは異なり、本発明の隔壁支持構造は、ファンケーシングの強度及び剛性に大きく寄与するように設計されている。ケーシングの他の部分は、従って、従来の構成におけるよりも簡単であり且つ軽量に形成できる。比較的剛性であり且つ強度のある隔壁支持構造は、隔壁と関連して、外れたファンブレードの破壊を促す。図5の実施例等の実施例では、ブレードの前縁領域は、ファントラックの比較的弱い領域を通して、隔壁支持構造の比較的弱い領域内に入り込み、その結果、そこに捕捉される。氷を逸らさなければならないが、外れたファンブレードが貫通できるという従来のファントラックの相反する要求は、これによって、なくなる。

【0041】

本発明の第3実施例を図6に示す。多くの特徴が、図5に示す実施例における特徴と対応しており、適切である場合には、同じ参照番号を使用した。

この実施例では、上流鍛造部662が、図5の実施例におけるよりも幾分大きく後方に延びている。環状フェンス690が、上流鍛造部662から半径方向内方に延びている。ファンブレード623が作動中に外れた場合、ファンブレードは、ほぼ前縁キャップ638の後方部分でフェンス690に当たる。これにより、第1に、ブレード623の本体636からの前縁キャップ638の分離を促し、第2に、前縁キャップ638を前方に偏向させて(曲げて)ファンケースフック643と係合させる。従って、フェンス690を設けることにより、上文中に更に詳細に説明した所望のブレード破壊挙動を促進し、ブレードの本体636が壊れて小片になると同時に、前縁キャップ638は実質的に無傷のまま

であり、ファンケース 625 によって捕捉される。

【0042】

図 7 は、本発明の第 4 の変形例を示す。この実施例でも、多くの特徴が、図 5 に示す実施例における特徴と対応しており、適切である場合には、同じ参照番号を使用した。

この実施例では、図 5 及び図 6 の比較的弱い前方部分 676 の代わりに、環状音響パネル 792 を使用する。隔壁 674 及び音響パネル 792 が互いにファントラックを形成する。これは、従来の方法で隔壁支持構造 672 に取り付けられる。図 5 の実施例におけるのと同様に、隔壁支持構造 672 の前方部分（音響パネル 792 の半径方向外方の部分）が、隔壁支持構造 672 の残りの部分よりも弱いように構成されていてもよい。作動中にファンブレード 623 が外れた場合、ブレードの本体 636 が隔壁 674 に当たる。ブレード破壊機構は図 5 の実施例で説明したのと全く同じである。前縁キャップ 638 は音響ライナ 792 に当たる。音響ライナ 792 の機械的特性は、前縁キャップのエネルギーを所望の通りに多かれ少なかれ吸収するように構成されており、そのため、前縁キャップ 638 は、全体が音響ライナ 792 内に捕捉されてもよいし、音響ライナ 792 を通して前方及び外方に案内されるだけであってもよく、その後、ファンケーシング 625 内に捕捉される。

10

【0043】

この実施例の上流鍛造部 762 は、他の実施例の上流鍛造部よりも設計が簡単である。というのは、他の図に示すファンケースフックが設けられていないからである。

本発明のこの実施例の利点は、音響パネル 792 がファンブレード 623 の上流部分の周囲に設けられており、並びに音響パネル 680 がファンブレード 623 の後方に設けられているため、使用時のエンジンの騒音レベルが低下するという点である。

20

【0044】

本発明の別の利点は、上文中に説明した全ての実施例において、ファンケーシング 625 が、全体として軽量であり且つ設計が簡単であるということである。これは、外れたファンブレード全体を捕捉する必要がなく、前縁キャップ（又は、金属製中空ブレードの場合には中実の前縁領域）だけを捕捉すればよいためである。詳細には、外ケーシング 666 を従来の構成におけるよりもかなり薄く形成できる。更に、図 7 の実施例では、音響ライナ 792 は、外れた前縁キャップ 638 のエネルギーの幾分か又は全部を吸収するように構成でき、そのため、ファンケーシング 625 についての捕捉要件を更に減らすことができる。

30

【0045】

ファンケーシングが簡単であり且つ軽量であるため、その製造に様々な（及び安価な）製造方法を使用できる。例えば、図 4 及び図 5 の実施例では、先ず最初に隔壁支持構造を発泡体（フォーム）又はハニカムで製造でき、次いで、外ケーシング、隔壁、及び音響ライナをこれに取り付け、その後、研磨性コーティングを付ける。別の実施例では、製造プロセスを外ケーシングから始め、他の構成要素をその中に組み込んでファンケーシングを形成する。

【0046】

本発明の実施例を複合ファンブレードを参照して概略に説明した。しかしながら、本発明は、外れたブレードのエネルギーが比較的小さく、従って、外れたブレードがファンケーシングの氷衝突領域を貫通するのが困難な、即ちライナの見掛け強度が高い、任意のファンブレード設計に等しく適用できるということは理解されよう。

40

【0047】

これは、例えば、中実構造の小型ファンブレードの場合である。

本発明は、ファンブレードの前縁がブレードのその他の領域よりもかなり剛性であり且つ強い場合にも利点を提供する。これには、金属製ブレード、発泡体からなるブレード、又は他の構造材料製のブレードが含まれ、これらブレードでは、前縁の特性が当該ブレードの本体の特性と異なっており、また、バードストライク、雹、及び腐蝕等の脅威に対するブレードの保護を高めるために、別体の前縁キャップが設けられる、複合材料（例えば

50

カーボンファイバ又はガラスファイバ)製のブレードが含まれる。しかし、これらのブレードに限定されるものではない。

【0048】

本明細書中に説明した実施例に対し、様々な変更を行うことができるということは理解されよう。例えば、ファンケースフックは、本発明の任意の実施例に設けられていてもよいし、なくてもよい。ファンケースフックが設けられている場合には、ファンケースフックは、ファンケーシングに局所的剛性を追加する傾向がある。

【0049】

本発明は、従って、ファンブレードが変形し壊れる態様に合わせて更に正確に調整した捕捉構造を提供し、その設計は、捕捉する必要があるファンブレードのこれらの部分だけを捕捉する機構を提供することによって最適化される。

10

【符号の説明】

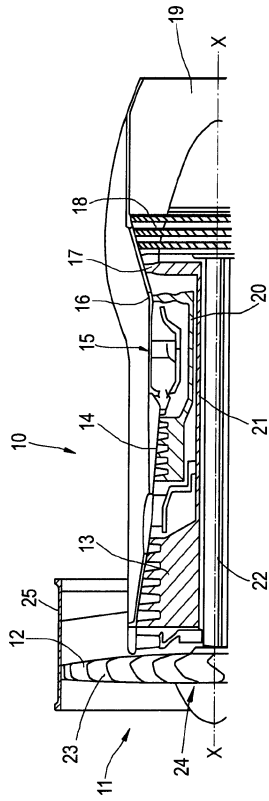
【0050】

- 10 ガスタービンエンジン
- 11 インテーク
- 12 ファン
- 13 中圧コンプレッサ
- 14 高圧コンプレッサ
- 15 燃焼器
- 16 高圧タービン
- 17 中圧タービン
- 18 低圧タービン
- 19 排気ノズル
- 20、21、22 駆動シャフト
- 23 ファンブレード
- 24 ファンディスク
- 25 ファンケーシング
- 223 スウェプトファンブレード
- 226 後縁
- 228 ブレード先端

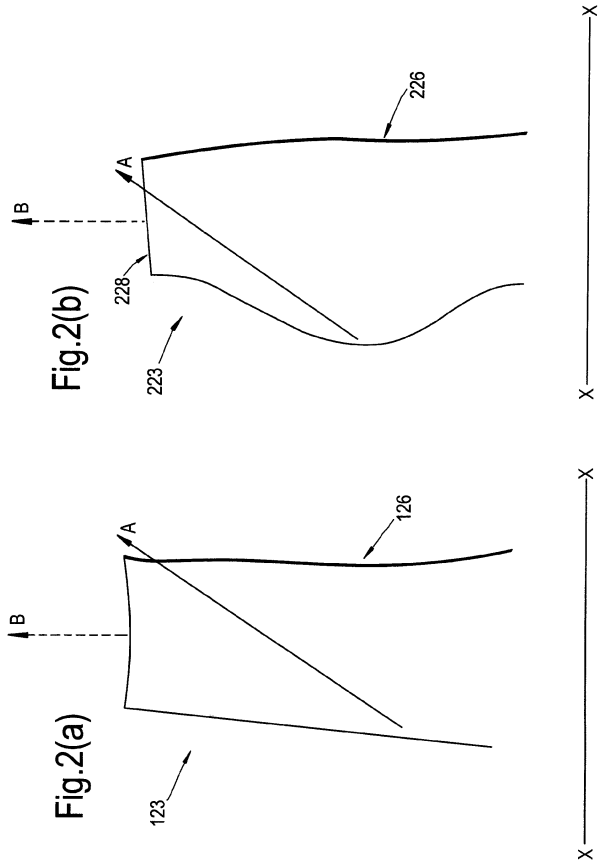
20

30

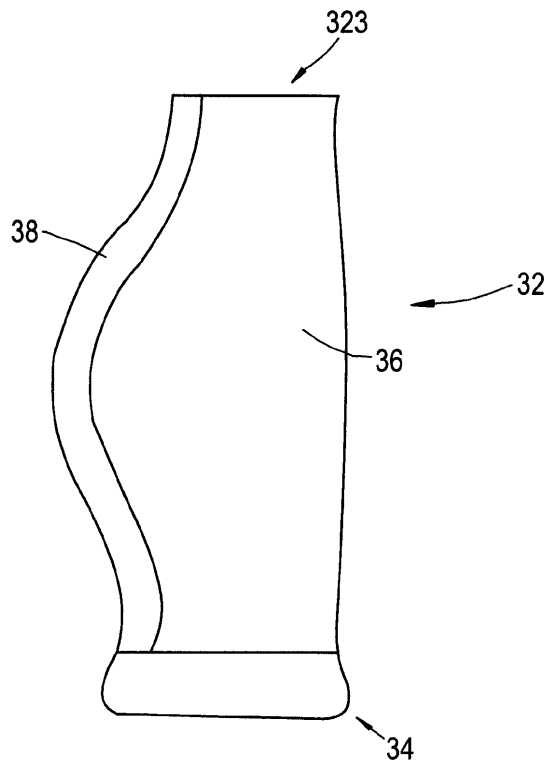
【図 1】



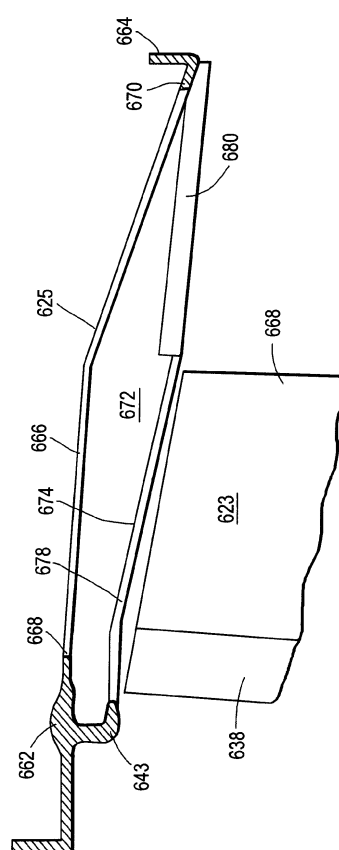
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100092967

弁理士 星野 修

(72)発明者 ジュリアン・マーク・リード

イギリス国ダービー ディーイー 2 3 3 エックスジー , リトルオーバー , トーニー・ウェイ 4
7

審査官 所村 陽一

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 6 9 3 9 8 (J P , A)

特開平 1 0 - 0 8 9 1 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F 0 4 D 2 9 / 4 2

F 0 2 C 7 / 0 0

F 0 4 D 2 9 / 0 8