

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5974111号  
(P5974111)

(45) 発行日 平成28年8月23日 (2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月22日 (2016. 7. 22)

(51) Int. Cl.

F I

FO2C 7/00 (2006.01)

FO1D 25/24 (2006.01)

FO2C 7/00 E

FO2C 7/00 C

FO1D 25/24 D

FO1D 25/24 N

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-547247 (P2014-547247)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成24年11月9日 (2012. 11. 9)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2015-505934 (P2015-505934A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	平成27年2月26日 (2015. 2. 26)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/064378		番
(87) 国際公開番号	W02013/122635	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成25年8月22日 (2013. 8. 22)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成26年8月8日 (2014. 8. 8)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/326, 455		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成23年12月15日 (2011. 12. 15)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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】 ガスタービンファン用の複合収納ケースおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ファンブレードを備えるファン組立体を収納する航空機のカスタービンエンジンのためのブレード収納ケース ( 2 3、4 0、5 0、7 0、9 0 ) であって、

主要衝突ゾーンと、

内面 ( 5 4 ) および外面 ( 5 6 ) を有し、前記主要衝突ゾーンを超えて延びる複合コア ( 5 2、9 1 ) と、

前記複合コア ( 5 2、9 1 ) と少なくとも前記主要衝突ゾーンで一体化された少なくとも 1 つの耐穿刺性層 ( 5 8 ) と

を含み、

前記少なくとも 1 つの耐穿刺性層 ( 5 8 ) は、前記複合コア ( 5 2、9 1 ) の前記内面 ( 5 4 ) に前記少なくとも 1 つの耐穿刺性層 ( 5 8 ) を接着するための樹脂を含み、

前記少なくとも 1 つの耐穿刺性層 ( 5 8 ) は、厚さ方向剪断強度及び層間靱性を備えた繊維樹脂材料を含み、

前記厚さ方向剪断強度及び前記層間靱性は、前記ファン組立体の脱落したファンブレードの一部又は少なくとも 1 つの脱落したファンブレードの衝撃の際に厚さ方向剪断に対する耐性及び層間剥離に対する耐性を与え、

前記耐穿刺性層 ( 5 8 ) は、前記ファン組立体の前記脱落したファンブレード又はその一部を前記ブレード収納ケースに収容するよう構成され、

前記ブレード収納ケースは、少なくとも前記主要衝突ゾーンで前記複合コア ( 5 2、9 1

）と一体化された少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）をさらに含み、  
前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）は、面内引張強度及び前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）の層間靱性より低い層間靱性を有する繊維樹脂材料を含み、  
前記樹脂は、全複合材体積の５％を超える多孔性レベルを有して、前記ファン組立体の脱落したファンブレードの一部又は少なくとも１つの脱落したファンブレードによる前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）の前記衝撃の際に、前記ブレード収納ケースの外面上において引張力に耐えつつ層間剥離を与え且つ前記繊維と前記樹脂とを剥離させる  
収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項２】

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）が、不織布、ラップ、毛布、巻体、織布、編布、カード不織布、または編組布のうちの少なくとも１つを含む、請求項１に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

10

【請求項３】

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）が、Ｓ２ガラス、Ｅガラス、石英、アルミナ、シリカ、酸化ホウ素、または炭素のうちの少なくとも１つからなる繊維と、ジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含む、請求項１又は２に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項４】

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）が、ガラス繊維とジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含む、請求項１に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

20

【請求項５】

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）が、不織布、ラップ、毛布、巻体、織布、編布、カード不織布、または編組布のうちの少なくとも１つを含む、請求項１乃至４のいずれか１項に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項６】

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）が、グラファイト、炭素、ポリイミド、芳香族ポリアミド、または超高分子量ポリエチレンのうちの少なくとも１つからなる繊維と、ジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含む、請求項１乃至５のいずれか１項に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

30

【請求項７】

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）が、繊維と樹脂との接着性を最小限に抑えるための繊維サイジングまたは表面処理の少なくとも１つを更に含む、請求項１乃至６のいずれか１項に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項８】

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）が、炭素繊維（６８）とジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含む、請求項１乃至７のいずれか１項に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項９】

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）が、ガラス繊維とジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含み、前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）が、炭素繊維（６８）とジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂とを含む、請求項１に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

40

【請求項１０】

前記複合コア（５２、９１）が補強布を含む、請求項１に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項１１】

前記複合コア（５２、９１）が、衝撃時の層間剥離を抑制する補強縫目を更に含む、請求項１０に記載の収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【請求項１２】

50

ファンブレードを備えるファン組立体を収納する航空機のガスタービンエンジンのため  
のブレード収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）であって、

主要衝突ゾーンと、

内面（５４）および外面（５６）を有し、前記主要衝突ゾーンを超えて延びる複合コア  
（５２、９１）と、

前記主要衝突ゾーンに配置されかつ前記複合コア（５２、９１）と一体化された少なく  
とも１つの耐穿刺性層（５８）と

を含み、

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）は、前記複合コア（５２、９１）の長さと同  
一の広がりを有するように構成され、

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）は、前記複合コア（５２、９１）の前記内面（  
５４）に前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）を接着するためのジシクロペンタジエ  
ン（ＤＣＰＤ）樹脂を含み、

前記少なくとも１つの耐穿刺性層（５８）は、厚さ方向剪断強度及び層間靱性を備えた繊  
維樹脂材料を含み、

前記厚さ方向剪断強度及び前記層間靱性は、前記ファン組立体の脱落したファンブレード  
の一部又は少なくとも１つの脱落したファンブレードの衝撃の際に厚さ方向剪断に対する  
靱性及び層間剥離に対する靱性を与え、

前記耐穿刺性層（５８）は、前記ファン組立体の前記脱落したファンブレード又はその一  
部を前記ブレード収納ケースに収容するよう構成され、

前記ブレード収納ケースは、前記主要衝突ゾーンに配置され、前記複合コア（５２、９１  
）と一体化された少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）をさらに含み、

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）は、前記複合コア（５２、９１）の長さ  
と同一の広がりを有するように構成された繊維樹脂材料を含み、

前記樹脂は、前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）を前記複合コアの外表面に  
接着するジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）樹脂（６４）を含み、

前記少なくとも１つのエネルギー捕捉層（６２）は、面内引張強度及び前記少なくとも１  
つの耐穿刺性層（５８）の層間靱性より低い層間靱性を有し、

前記樹脂は、全複合材体積の５％を超える多孔性レベルを有して、前記ファン組立体の脱  
落したファンブレードの一部又は少なくとも１つの脱落したファンブレードによる前記少  
なくとも１つの耐穿刺性層（５８）の前記衝撃の際に、前記ブレード収納ケースの外面に  
おいて引張力に耐えつつ層間剥離を与え且つ前記繊維と前記樹脂とを剥離させる

収納ケース（２３、４０、５０、７０、９０）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、一般に収納ケースに関し、より詳細には、耐衝撃性を高めた収納ケースに関  
する。

【背景技術】

【０００２】

ガスタービンエンジンは、航空機を推進するために広く使用されている。典型的なター  
ボファンエンジンは、エンジンの前方に配置された大型のダクトファンを含む。ファ  
ンは、より大きな推力を発生させ、燃料消費率を低減するのに役立つ。かかるエンジンの  
運転中には、鳥などの異物がファンに衝突して、深刻なファンの損傷を引き起こし得る僅  
かな可能性がある。そうした損傷により、ファンブレードの一部または全部がハブから脱  
落して、ファンケースまたはケーシングに衝撃を与える可能性がある。そのような脱落し  
たファンブレードは、ファンブレードがファンケースに収容されていなければ、エンジ  
ンを動力とする航空機に大きな損傷を与える可能性がある。ファンブレードが疲労による故  
障を起こした場合には、同様の損傷が生じる可能性もある。このような損傷を防止するた

10

20

30

40

50

めに、種々の収納システムが利用されている。従来の収納ケースまたはケーシングは、典型的には、ファンの平面内でのファンブレードの衝撃に耐えるのに十分な厚さを有する固体金属で形成される。しかしながら、これらの方法により達成されるブレード収納は、一般に重量の大幅な追加を伴う。

【0003】

複合材料は、収納ケースでの使用に関して評価されており、重量面での大きな利点をもたらす。しかしながら、複合材は、収納ケースの内面に穿孔を受ける可能性がある。特に、複合材のブレード収納ケースは、鋭利な物体の衝突により損傷を受けやすい。よって、耐衝撃性の改善されたブレード収納ケースを提供することが有利である。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2009/226310号明細書

【発明の概要】

【0005】

例示的な一実施形態によれば、ブレード収納ケースが開示される。ブレード収納ケースは、内面および外面を有する複合コアと、少なくとも1つの耐穿孔性層と、少なくとも1つのエネルギー捕捉層とを備える。少なくとも1つの耐穿孔性層は、複合コアと一体化され、複合コアの内面に少なくとも1つの耐穿孔性層を接着するための樹脂を含む。少なくとも1つのエネルギー捕捉層は、複合コアと一体化され、複合コアの外面に少なくとも1つのエネルギー捕捉層を接着するための樹脂を含む。

20

【0006】

別の例示的な実施形態によれば、内面および外面を備えた複合コアと、主要衝突ゾーンに配置されかつ複合コアと一体化された少なくとも1つの耐穿孔性層と、主要衝突ゾーンに配置されかつ複合コアと一体化された少なくとも1つのエネルギー捕捉層とを含む収納ケースが開示される。少なくとも1つの耐穿孔性層は、複合コアの長さと同じの広がりを持つように構成されるとともに、複合コアの内面に少なくとも1つの耐穿孔性層を接着するための樹脂を含む。少なくとも1つの耐穿孔性層は、衝撃の際の高い厚さ方向剪断強度および高い層間靱性により特徴付けられる。少なくとも1つのエネルギー捕捉層は、複合コアの長さと同じの広がりを持つように構成されるとともに、複合コアの外面に少なくとも1つのエネルギー捕捉層を接着するための樹脂を含む。少なくとも1つのエネルギー捕捉層は、衝撃の際の高い面内引張強度ならびに層間剥離と繊維マトリックス剥離とに対する低い耐性により特徴付けられる。

30

【0007】

別の例示的な実施形態によれば、ブレード収納ケースを作製する方法が開示される。方法は、レイアップマンドレル上に1つまたは複数の耐穿孔性材料層を配置するステップと、耐穿孔性材料の外面上に1つまたは複数の構造複合材料層を配置するステップと、構造材料の外面上に1つまたは複数のエネルギー捕捉材料層を配置するステップと、複合コア、1つまたは複数の耐穿孔性材料層、および1つまたは複数のエネルギー捕捉材料層中の樹脂を硬化させるステップとを含む。

40

【0008】

これらおよび他の利点および特徴は、添付図面に関連して提供される本発明の好ましい実施形態の以下の詳細な説明からより良く理解されるであろう。

【0009】

開示の実施形態のこれらおよび他の特徴、態様および利点は、図面全体を通して類似の符号が類似の部分を表す添付図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むとき、より良く理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態に係るブレード収納システムを組み込んだ例示的なガスタービンエンジ

50

ンを図示する縦断面図である。

【図 2】図 1 に示すブレード収納ケースを図示する拡大部分概略縦断面図である。

【図 3】実施形態に係る、図 2 に示すブレード収納ケースの一部を図示する更なる拡大部分縦断面図である。

【図 4】実施形態に係る、図 3 に示すブレード収納ケースの一部を図示する更なる拡大部分縦断面図である。

【図 5】実施形態に係るブレード収納ケースの一部を図示する更なる拡大部分縦断面図である。

【図 6】実施形態に係る、図 2 に示すブレード収納ケースを図示する拡大部分縦断面図である。

【図 7】実施形態に係る、図 7 に示すブレード収納ケースの一部を図示する概略断面図である。

【図 8】実施形態に係る、図 7 に示すブレード収納ケースの一部を図示する概略断面図である。

【図 9】実施形態による、ブレード収納ケースを作製する方法のフローチャートである。

【図 10】実施形態による、ブレード収納ケースを作製する方法のフローチャートである。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0011】

以下の説明において、図面に示すいくつかの図を通して、同一の参照符号は類似の部分または対応する部分を表す。また、「頂部」、「底部」、「外側」、「内側」、「第 1」、「第 2」などの用語は便宜上の言葉であり、限定的な用語と解すべきでないことを理解されたい。更に、本発明の特定の態様が群の多くの要素およびそれらの組み合わせの少なくとも 1 つを含むまたはそれらからなると言う場合は常に、その態様が、群の各要素の任意のものを個別にまたはその群の他の要素の任意のものと組み合わせて含みまたはそれらからなり得るものと理解されたい。

##### 【0012】

全体として図面参照すると、図解は、本明細書に開示するブレード収納ケース、システムおよび方法の特定の実施形態を説明するためのものであり、限定することを意図するものではないことが理解されよう。

##### 【0013】

ガスタービンエンジン用のブレード収納ケースを以下に詳細に説明する。図 1 は、ガスタービンエンジン 10 を概略的に図示している。開示の実施形態は、特定のガスタービンエンジンでの使用に限定されるものではなく、図 1 に示すエンジンは、例示を目的とするものに過ぎない。ガスタービンエンジン 10 は、ファン組立体 12 と、高圧圧縮機 14、燃焼器 16、高圧タービン 18、低圧タービン 20、およびブースタ 22 を含むコアエンジン 13 とを含む。ファン組立体 12 は、ブレード収納ケース 23 で囲まれ、ロータディスク 26 から径方向外側に延びるファンブレード 24 の配列を含む。ガスタービンエンジン 10 は、吸気側 28 と排気側 30 とを有する。ファン組立体 12 と低圧タービン 20 は、第 1 のロータシャフト 31 により連結され、高圧圧縮機 14 と高圧タービン 18 は、第 2 のロータシャフト 32 により連結される。

##### 【0014】

運転中、空気が、中心軸線 34 に沿ってファン組立体 12 を通って流れ、圧縮空気が高圧圧縮機 14 に供給される。高圧縮空気が燃焼器 16 に送出される。燃焼器 16 からの空気流（図 1 には図示せず）は、第 1 のロータシャフト 31 を介してファン組立体 12 を駆動する。

##### 【0015】

図 2 は、図 1 のブレード収納ケース 23 と略同様のブレード収納ケース 40 を図示する拡大部分概略縦断面図である。図 3 および図 4 は、図 1 のブレード収納ケース 23 と略同様のブレード収納ケース 50 を更に図示する更なる拡大部分概略縦断面図である。図 2 を

10

20

30

40

50

より具体的に参照すると、例示的な実施形態において、ブレード収納ケース４０は、ファン組立体の長さ４４に略等しい長さ４２を含む硬質壁収納システムである。より具体的には、長さ４２は、ファン組立体１２の主要衝突領域４６を取り囲む。本明細書に定義する「主要衝突領域」は、ファンブレードがファン組立体から押し出される可能性が最も高い複合コアの内面の周りで軸線方向と円周方向の両方に延びる領域を意味する。ブレード収納ケース４０の細部を以下に詳細に説明する。

#### 【００１６】

図３および図４に示す例示的な実施形態において、ブレード収納ケース５０は、内面５４および外面５６を備えた複合コア５２を含む。図３および図４に表すように、少なくとも１つの耐穿刺性層５８は、複合コア５２の内面５４上で複合コア５２と一体化される。少なくとも１つの耐穿刺性層５８は、樹脂６０を備えた複合コア５２の内面５４に接着される。有益には、耐穿刺性層５８は、ブレード収納ケース５０がファンブレードの故障時に穿刺される事例を減らす。加えて、少なくとも１つのエネルギー捕捉層６２は、複合コア５２の外面５６上で複合コア５２と一体化される。少なくとも１つのエネルギー捕捉層６２は、樹脂６４を備えた複合コア５２の外面５６に接着される。有利には、外側のエネルギー捕捉層６２は、高い耐引張性および層間剥離性によりブレード収納ケース５０の変形をもたらす。図示の実施形態に関して、耐穿刺性層５８およびエネルギー捕捉層６２は、複合コア５２の長さと同じの広がりを持つ。しかしながら、他の実施形態では、層５８および６２の一方または両方を局所的に配置してもよい。例えば、耐穿刺性層５８は、耐衝撃性を局所的に高めるために、ファンブレードの前縁近傍に構成してもよい。

#### 【００１７】

多数の材料層または材料ゾーンを利用すること、より詳細には、ブレード収容のために複合コア５２と組み合わせて耐穿刺性層５８およびエネルギー捕捉層６２を利用することにより、異なる材料層の異なる衝撃破壊機構および異なる材料の能力に基づいて、耐衝撃性を最適化する。鋭利な物体の衝突領域（例えば、主要衝突領域４６）において、衝撃を受けたブレード収納ケース５０の内層は、厚さ方向の剪断が支配的な負荷を受け、外層は引張力が支配的な負荷を受ける。ブレード収納ケース５０の内面における厚さ方向剪断強度と層間剥離の両方に対する高い耐性ならびにブレード収納ケース５０の外面における引張力に対する高い耐性および層間剥離の傾向を備えた材料システムが、有益な耐衝撃品質を提供する。

#### 【００１８】

よって、多くの用途において、耐穿刺性層５８は、衝撃の際の高い厚さ方向剪断強度および高い層間靱性を備えた繊維／樹脂材料を含み得る。より具体的には、実施形態において、耐穿刺性層５８は、Ｓ２ガラス、Ｅガラス、石英、アルミナ、シリカ、酸化ホウ素、または炭素繊維からなる繊維、およびジシクロペンタジエン（ＤＣＰＤ）などの強化樹脂もしくは（ナノ粒子および樹脂強化剤を含むかまたは含まない）高い破壊靱性を有する他の樹脂、セラミック材料、布地構造、または高い厚さ方向剪断能力を備えた他の材料もしくは構造を含み得る。

#### 【００１９】

繊維６６は、利用可能な種々の繊維構造の任意のものを有し得る。図示の実施形態において、耐穿刺性層５８は、短繊維、連続モノフィラメント、トウ、ヤーン、または多数のモノフィラメントからなるローピング、あるいはより短い繊維で作られかつ織物に織成または編成され得る連続繊維トウまたはヤーンを含むＳ２ガラス繊維６６を含み得る。当業者であれば、最終用途の要件に応じて特定の繊維構造を選択するであろう。より具体的には、繊維構造の選択は、いくつかの要素に依存し得る。これらの要素は、繊維６６がさらされる応力の方向性および他の種々の要素を含む。ガラス繊維６６は、織布、不織布、ラップ、毛布、巻体（winding）、編布、カード不織布、または編組布を形成し得る。

#### 【００２０】

セラミック織物または非セラミック織物などの任意の適切な補強布を、複合コア５２に

10

20

30

40

50

使用してもよい。非セラミック織物のいくつかの例としては、これらに限定されるものではないが、炭素繊維、グラファイト繊維、ポリイミド繊維、芳香族ポリアミド繊維、超高分子量ポリエチレン、およびこれらの組み合わせが挙げられる。超高分子量ポリエチレンは、比較的高いエネルギー吸収性を備え、Spectra（登録商標）およびDyneema（登録商標）という商品名で販売されている。Spectra（登録商標）繊維は、Honeywell Specialty Materials社（ニュージャージー州、Morris）により販売されている。Dyneema（登録商標）繊維は、Dutch State Mines（DSM）社（オランダ）により販売されている。例示的な実施形態において、非セラミック織物は、高い機械的強度および剛性を付与する、炭素繊維を含む。

10

#### 【0021】

多くの用途において、エネルギー捕捉層62は、衝撃の際の高い面内引張強度ならびに層間剥離と繊維マトリックス剥離とに対する低い耐性を備えた繊維/樹脂材料を含み得る。繊維は、利用可能な種々の繊維構造の任意のものを有し得る。より具体的には、実施形態において、エネルギー捕捉層62は、グラファイト、炭素、ポリイミド、芳香族ポリアミド、または超高分子量ポリエチレンからなる繊維、およびジシクロペンタジエン（DCPD）などの樹脂または層間剥離を容易にするために、繊維と良好に接着しない他の樹脂、テープ構造または高い平面引張能力を有する他の材料もしくは構造を含み得る。加えて、実施形態では、繊維が樹脂と接着するのを防ぐために、繊維サイジングおよび/または表面処理を使用してもよい。図示の実施形態において、エネルギー捕捉層62は、短繊維、連続モノフィラメント、トウ、ヤーン、または多数のモノフィラメントからなるロービング、あるいはより短い繊維で作られかつ織物に織成され得る連続繊維トウまたはヤーンを含む炭素繊維68を含み得る。当業者であれば、最終用途の要件に応じて特定の繊維構造を選択するであろう。より具体的には、繊維構造の選択は、いくつかの要素に依存し得る。これらの要素は、繊維がさらされる応力の方向性および他の種々の要素を含む。炭素繊維は、織布、不織布、ラップ、毛布、巻体、編布、カード不織布、または編組布を形成し得る。

20

#### 【0022】

任意の適切な樹脂は、耐穿刺性層58を複合コア52に接着しかつエネルギー捕捉層62を複合コア52に接着するのに使用してもよい。耐穿刺性層58と併せて使用する樹脂の例としては、ジシクロペンタジエン（DCPD）、または耐穿刺性層58に利用する繊維との良好な接着性を可能にする高い破壊靱性を備えた他の樹脂、例えば、これらに限定されるものではないが、エポキシ樹脂、ビスマレイミド、およびポリイミドが挙げられる。代替的な実施形態において、耐穿刺性層58は、例えば、同一譲渡人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第8017188号明細書に開示されている、樹脂強化剤を含み得る。エネルギー捕捉層62と併せて使用する樹脂の例としては、ジシクロペンタジエン（DCPD）、脆性樹脂、またはエネルギー捕捉層62に利用する繊維との接着性の乏しいその他の樹脂、例えば、これらに限定されるものではないが、エポキシ樹脂、ビスマレイミド、ポリイミド、ポリエステル、およびビニルエステルが挙げられる。

30

40

#### 【0023】

ブレード収納ケースの種々の層の厚さ、組成、および位置は、必要な物理特性、および最終用途の要件に基づいて設計してもよい。図4は、図4に示すように、少なくとも1つの耐穿刺性層58が複合コア52の内面54上に配置され、かつ少なくとも1つのエネルギー捕捉層62が複合コア52の外表面56上に配置された、図3に示すブレード収納ケース50の一部の断面図を概略的に図示している。上記実施形態において、種々の層の厚さは、経験的に決定することができ、使用する材料および設計基準に応じて大きく異なる。典型的には、耐穿刺性層58は、複合コア52の内面54の主要衝突領域46（図2）にわたって延びかつ複合コア52の長さに沿って延びる。加えて、典型的には、エネルギー捕捉層62は、複合コア52の外表面56の主要衝突領域46（図2）にわたって延びかつ

50

複合コア 5 2 の長さに沿って延びる。有益には、耐穿刺性層 5 8、複合コア 5 2、およびエネルギー捕捉層 6 2 を使用することにより、ブレード収納を提供しつつ、重量および/またはコストを低減することができる。

【 0 0 2 4 】

有益には、耐穿刺性層 5 8 およびエネルギー捕捉層 6 2 を複合コア 5 2 と一体化することにより、既知の収納ケースの構成に伴う上述の問題が解消される。このように、ブレード収納ケース 5 0 は、衝突ゾーンにおける耐穿刺性層 5 8 の剪断強度とエネルギー捕捉層 6 2 の引張強度の利点を享受し、結果として、硬質の物体が、衝撃の際にブレード収納ケースを穿刺することなくケースからそらされる。耐穿刺性層 5 8 は、複合コア 5 2 と一体化されるため、衝撃の際に分断されない。

10

【 0 0 2 5 】

好ましい実施形態において、耐穿刺性層 5 8 およびエネルギー捕捉層 6 2 は、一定厚さの複合コア 5 2 の作製を容易にし得る。図 5 は、一定厚さの複合コア 5 2 を含むブレード収納ケース 7 0 の実施形態を概略的に図示している。かかる実施形態において、複合コア 5 2 は、主要衝突領域 4 6 およびルート衝突領域 ( root impact region ) 7 2 を含む複合コア 5 2 の軸線方向長さにわたる実質的に均一な厚さにより特徴付けられる。先の実施形態と同様に、ブレード収納ケース 7 0 は、耐穿刺性層 5 8 の剪断強度とエネルギー捕捉層 6 2 の引張強度の利点を含む。

【 0 0 2 6 】

ここで図 6 ~ 図 8 を参照すると、実施形態において、図 3 ~ 図 5 の複合コア 5 2 と略同様の複合コア 9 1 は、存在する層間剥離が主要衝突領域 9 2 の外側に広がるのを防ぐことにより衝撃時の層間剥離を抑制する補強縫目を更に含み得る。図 6 をより具体的に参照すると、本明細書で説明した、図 3 および図 4 のブレード収納ケース 5 0 と略同様に構成された、ブレード収納ケース 9 0 の一部が概略断面図で図示されており、複合コア 9 1 がより詳細に示されている。図示を明確にするために、図 6 には耐穿刺性層 5 8 およびエネルギー捕捉層 6 2 を示していないことに留意されたい。ブレード収納ケース 9 0 は、主要衝突領域 9 2 と、前部縫目ゾーン 9 4 と、後部縫目ゾーン 9 6 とを含む。前部縫目ゾーン 9 4 および後部縫目ゾーン 9 6 を組み入れることにより、主要衝突ゾーン 9 2 の外側にかつ主要構造取付物である前端部フランジ 9 8 と後端部フランジ 1 0 0 とに向かって広がる衝撃に起因する層間剥離が防止される。図 7 を参照すると、複合コア 9 1 の一部が図示されている。複合コア 9 1 は、複数の複合材料層 1 0 2 で構成してもよく、厚さ方向の縫目 1 0 4 を含み得る。厚さ方向の縫目 1 0 4 は、前部縫目ゾーン 9 4 および/または後部縫目ゾーン 9 6 に位置する。代替的な実施形態において、図 8 に最もよく図示するように、前部縫目ゾーン 9 4 および/または後部縫目ゾーン 9 6 に厚さ方向のピン止め 1 0 6 を行ってもよく、および/または前部縫目ゾーン 9 4 および/または後部縫目ゾーン 9 6 のうちの一方の ( 図 7 の ) 厚さ方向の縫目 1 0 4 と組み合わせてもよい。

20

30

【 0 0 2 7 】

上で説明したブレード収納ケースは、非常に優れた耐衝撃性および損傷許容性を有し、従来の金属製ケースに比べて大幅な軽量化をもたらす。開示するブレード収納ケースは、運転中にブレードがエンジンから外れた場合に、外れたブレードまたはブレード部品を収納ケース内に収容できるようにし、かつエンジンの他の部品を効果的に保護する。

40

【 0 0 2 8 】

ブレード収納ケースを作製するための方法について図 9 を参照して説明する。任意の所望の形状の収納ケースは、樹脂トランスファー成形 ( R T M )、真空補助樹脂トランスファー成形 ( V A R T M )、樹脂フィルム注入、熱成形、および真空成形 ( 例えば、真空注入または圧力注入 ) などの任意の適切な成形技術、ならびに他の技術により形成することができる。例えば図 9 に表すように、方法 1 2 0 は、ステップ 1 2 2 において、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、レイアップマンドレル上に 1 つまたは複数の耐穿刺性材料層を配置することを含む。ステップ 1 2 4 にて、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、耐穿刺性材料の外面上に 1 つまたは複数の構造複合材料層を配置すること。

50



ステップ 1 2 6 にて、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、構造材料の外面上に 1 つまたは複数のエネルギー捕捉材料層を配置すること。ステップ 1 2 8 にて、非含浸材料層を利用する場合には、複合材料、耐穿刺性材料、およびエネルギー捕捉材料に樹脂が注入される。代替方法では、ステップ 1 2 2、1 2 4 および 1 2 6 において、材料の堆積前に繊維に樹脂が塗布された予備含浸テープを堆積してもよく、それにより、ステップ 1 2 8 が不要となる。ステップ 1 3 0 において樹脂を硬化させる。

【 0 0 2 9 】

より具体的には、本明細書に開示するブレード収納ケースの作製のための代替方法が開示される。第 1 の方法では、( 材料の堆積前に繊維に樹脂が塗布された ) 予備含浸テープが入力材料として利用される。最初に、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数の耐穿刺性材料層がレイアップマンドレル上に配置される。これらの層は、単にブレード収納ケースの中央領域に位置するに過ぎず、したがって、工具の全範囲にわたって延びない。高い耐穿刺性を達成するために、特別な巻き付けパターンを利用して、多数の繊維の絡み合いをもたらしてもよい( かかる巻き付けパターンを含めることに関する追加の情報は、同一譲渡人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 7 , 7 1 3 , 0 2 1 号明細書により与えられる )。次に、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数の構造複合材料層が耐穿刺性材料の上面上に配置される。構造複合材料層の少なくとも一部は、収納ケースの前縁部および後縁部まで延びる。構造複合材料層では、繊維の絡み合いを含まない従来の巻き付け手法を利用してもよく、これにより、運転負荷および振動負荷に対するより高い強度をもたらす。構造複合材料層の配置の後に、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数のエネルギー捕捉材料層が複合構造材料の上面上に配置される。エネルギー捕捉材料層は、典型的には、ブレード収納ケースの中央領域にのみ位置する。実施形態において、エネルギー捕捉材料層は、耐穿刺性材料層と一致しなくてもよい。実施形態において、エネルギー捕捉材料層は、例えば、同一譲渡人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれる米国特許第 7 , 7 1 3 , 0 2 1 号明細書で説明されている、高度に互いに継ぎ合わされた配置を含むように構成してもよい。予備含浸材料層を硬化させるために、典型的には熱と圧力の下での硬化プロセスを設けてもよい。

【 0 0 3 0 】

別の開示の方法では、非含浸材料、より詳細には、粘着性の付与された、乾燥した織物材料、編組材料、または個々の繊維トウが入力材料として利用される。最初に、ラッピング、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数の耐穿刺性材料層( 例えば、編組または織布 ) がレイアップマンドレル上に配置される。先に開示した方法と同様に、これらの層は、単にブレード収納ケースの中央領域に位置するに過ぎず、したがって、工具の全範囲にわたって延びない。同様に、高い耐穿刺性を達成するために、特別な巻き付けパターンを利用して、多数の繊維の絡み合いをもたらしてもよい。次に、ラッピング、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数の構造複合材料層が耐穿刺性材料の上面上に配置される。構造複合材料層の少なくとも一部は、収納ケースの前縁部および後縁部まで延びる。構造複合材料層は、繊維うねりの殆どない織パターンを備えてもよく、または乾燥した繊維トウを配置する巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して配置してもよい。実施形態では、繊維トウに、樹脂で僅かに粘着性を付与して、適度な接着性を与えなければならない場合もあるが、繊維トウには樹脂を十分に含浸させない。様々な種類の粘着付与剤およびその適用方法は、当業者には周知であり、ここでは繰り返さない。構造複合材料層の配置の後に、ラッピング、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、1 つまたは複数のエネルギー捕捉材料層( 例えば、編組または織布 ) が複合構造材料の上面上に配置される。エネルギー捕捉材料層は、典型的には、ブレード収納ケースの中央領域にのみ位置し、耐穿刺性材料層と一致しなくてもよい。次に、構造複合材料層、耐穿刺性材料層、およびエネルギー捕捉材料層に、樹脂( 例えば、エポキシ樹脂、D C P D ) が注入される。その後、含浸済み材料層を硬化させるために、典型的には熱と圧力の下での硬化プロセスを設けてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

ステップ 1 2 2、1 2 4 および 1 2 6 に関して、種々の材料層の数および位置は、複合ケースの所望の構成に依存する。代替実施形態では、これらの材料層を金型内に設けてもよい。金型の形状、サイズおよび構成は、製造すべき複合ケースの形状およびサイズにある程度依存し得る。金型およびその関連部品は、当技術分野で周知であり、本明細書では詳細に説明しない。

## 【 0 0 3 2 】

ステップ 1 2 8 に関して、樹脂トランスファー法については、樹脂の注入を圧力勾配により制御してもよい。圧力勾配源および樹脂注入源の数および位置は、具体的なシステム設計および樹脂物品の構成に部分的に依存する。各樹脂源および真空源は、弁または材料の流れを止める他の手段を使用して、個別に制御してもよい。十分な樹脂が層に流れ込んだ時点で、樹脂の流れを止めてもよい。樹脂のゲル化時間を適切に調節すること、および/または層に流れ込んだ樹脂の量を測定すること、ならびに予備計量された量の樹脂が層に注入された時点で樹脂の流れを止めること、または樹脂の流れを制御するセンサを使用することにより、流れを制御してもよい。当業者であれば、特定要件に基づいて樹脂の注入を制御することができるであろう。

## 【 0 0 3 3 】

ステップ 1 3 0 に関しては、高温硬化または室温硬化で、かつプロセスの要求と矛盾しない種々の硬化時間で、樹脂に触媒作用を及ぼしてもよい。繊維プリフォームへの注入前に、樹脂に適切に触媒作用を及ぼしかつ樹脂を脱泡してもよい。様々な有用な樹脂およびそれらの樹脂を調製する方法は、いずれも当技術分野で広く知られている。当業者であれば、最終用途の要件に応じて、適切な樹脂を選択し、処理する方法を理解しているであろう。

## 【 0 0 3 4 】

更に別の代替方法では、材料層を構成する繊維と樹脂との間の剥離を容易にし、かつ材料層の間の層間剥離を促進するために、エネルギー捕捉材料層中の樹脂を、非常に高レベルの多孔性を有するように形成してもよい。典型的な構造複合材では、多孔性レベルを全複合材体積の約 2 % 未満に維持するようになされる。エネルギー捕捉層中の樹脂が非常に高レベルの多孔性を有するように形成される実施形態において、多孔性レベルは、5 % を超えてもよく、例示的な実施形態では 2 0 % 以上であってもよい。

## 【 0 0 3 5 】

よって、エネルギー捕捉層中の樹脂が非常に高レベルの多孔性を有するように形成され得るブレード収納ケースを作製する方法について、図 1 0 を参照して説明する。予め定義した方法と同様に、収納ケースは、任意の所望の形状を有することができ、樹脂トランスファー成形 ( R T M )、真空補助樹脂トランスファー成形 ( V A R T M )、樹脂フィルム注入、熱成形、および真空成形 ( 例えば、真空注入または圧力注入 ) などの任意の適切な成形技術、ならびに他の技術により形成することができる。例えば図 1 0 に表すように、方法 1 5 0 は、ステップ 1 5 2 にて、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、レイアップマンドレル上に 1 つまたは複数の耐穿刺性材料層を配置することを含む。ステップ 1 5 4 にて、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、耐穿刺性材料の外面上に 1 つまたは複数の構造複合材料層を配置する。ステップ 1 5 6 にて、先に説明した方法とは対照的に、非含浸材料層を利用する場合には、エネルギー捕捉材料を堆積する前に、複合材料および耐穿刺性材料に樹脂が注入される。代替方法では、ステップ 1 5 2 および 1 5 4 において、材料の堆積前に繊維に樹脂が塗布された予備含浸テープを堆積してもよく、それにより、ステップ 1 5 6 が不要となる。次にステップ 1 5 8 にて、複合材料および耐穿刺性材料を部分的または完全に硬化させる。複合材料および耐穿刺性材料の完全なまたは部分的な硬化は、樹脂の粘度を増加させ、その後の処理中に樹脂がエネルギー捕捉層に流れ込むのを抑える。

## 【 0 0 3 6 】

ステップ 1 6 0 は、巻き付けまたは繊維配置プロセスを使用して、構造材料の外面上に

1 つまたは複数のエネルギー捕捉材料層を配置することを含む。先に述べたように、予備含浸材料または「乾燥」材料の任意のものを使用することができる。「乾燥」材料を使用する場合には、繊維が複合材料に接着することを可能にするために少量の樹脂で繊維に粘着性を付与することができる。エネルギー捕捉材料層に高レベルの多孔性が望ましい場合には、更なる樹脂注入が必要でないこともある。樹脂の追加が望ましい場合、高い多孔性を高める加工条件（低い注入圧力など）を用いて、別個の注入ステップにおいてエネルギー捕捉材料に樹脂に加えることができる。より具体的には、ステップ 162 にて、非含浸材料層を利用する場合、エネルギー捕捉材料層に樹脂を注入してもよい。最後に、エネルギー捕捉材料層中の樹脂を硬化させ、かつ必要に応じて、複合コア材料層および耐穿刺性材料層中の樹脂の硬化を完了するために、ステップ 164 にて、完全なアセンブリを硬化

10

#### 【0037】

図示の方法について、耐穿刺性層およびエネルギー捕捉層は、複合ケースの実施形態を参照して上に列挙した材料および織物を含む任意の適切な材料を含み得る。

#### 【0038】

本発明のある特定の特徴のみを図示し説明してきたが、当業者であれば多くの修正および変更を想到するであろう。それゆえ、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨に含まれるような修正および変更の全てを網羅するように意図されていることを理解されたい。上記実施形態がターボ機械用の収納ケースに関して述べられているが、本発明の実施形態を同様の保護が必要とされる他の用途に利用してもよいことを理解すべきである。

20

#### 【符号の説明】

#### 【0039】

- 10 ガスタービンエンジン
- 12 ファン組立体
- 13 コアエンジン
- 14 高圧圧縮機
- 16 燃焼器
- 18 高圧タービン
- 20 低圧タービン
- 22 ブースタ
- 23 ブレード収納ケース
- 24 ファンブレード
- 26 ロータディスク
- 28 吸気側
- 30 排気側
- 31 第1のロータシャフト
- 32 第2のロータシャフト
- 34 中心軸線
- 40 ブレード収納ケース
- 42 ファン組立体の長さ
- 44 長さ
- 46 主要衝突領域
- 50 ブレード収納ケース
- 52 複合コア
- 54 内面
- 56 外面
- 58 耐穿刺性層
- 60 樹脂
- 62 エネルギー捕捉層

30

40

50

- 6 4 樹脂
- 6 6 繊維、ガラス繊維、S 2 ガラス繊維
- 6 8 炭素繊維
- 7 0 ブレード収納ケース
- 7 2 ルート衝突領域
- 9 0 ブレード収納ケース
- 9 1 複合コア
- 9 2 主要衝突領域、主要衝突ゾーン
- 9 4 前部縫目ゾーン
- 9 6 後部縫目ゾーン
- 9 8 前端部フランジ
- 1 0 0 後端部フランジ
- 1 0 2 複合材料層
- 1 0 4 縫目
- 1 0 6 ピン止め

10

【図 1】

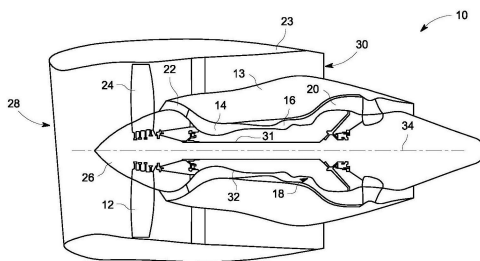


FIG. 1

【図 2】

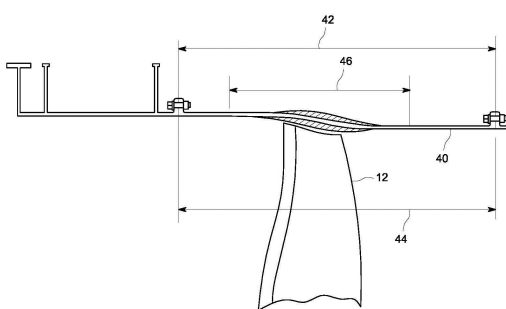


FIG. 2

【図 3】

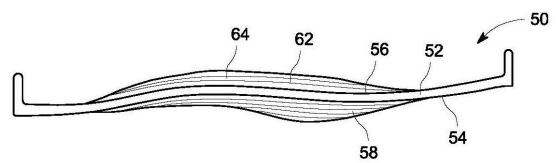


FIG. 3

【図 4】

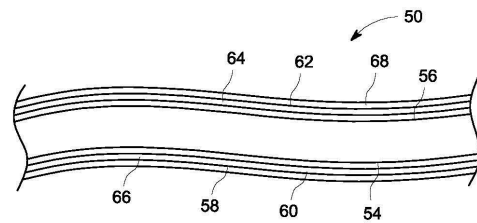


FIG. 4

【図 5】

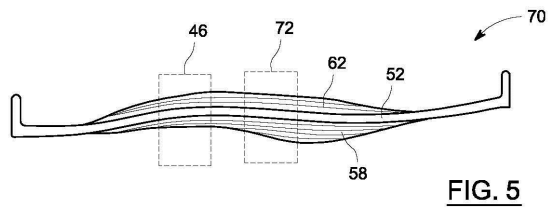


FIG. 5

【図 8】

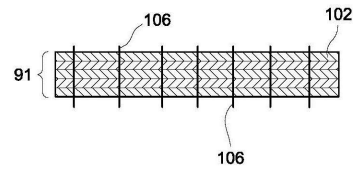


FIG. 8

【図 6】

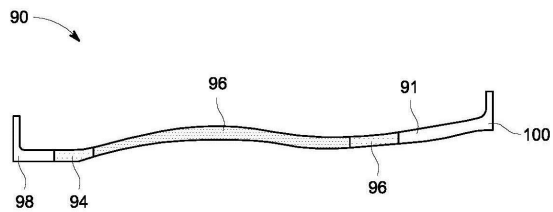


FIG. 6

【図 7】

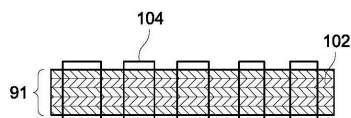


FIG. 7

【図 9】

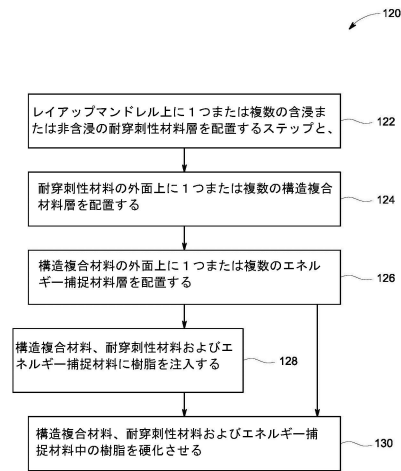


FIG. 9

【図 10】

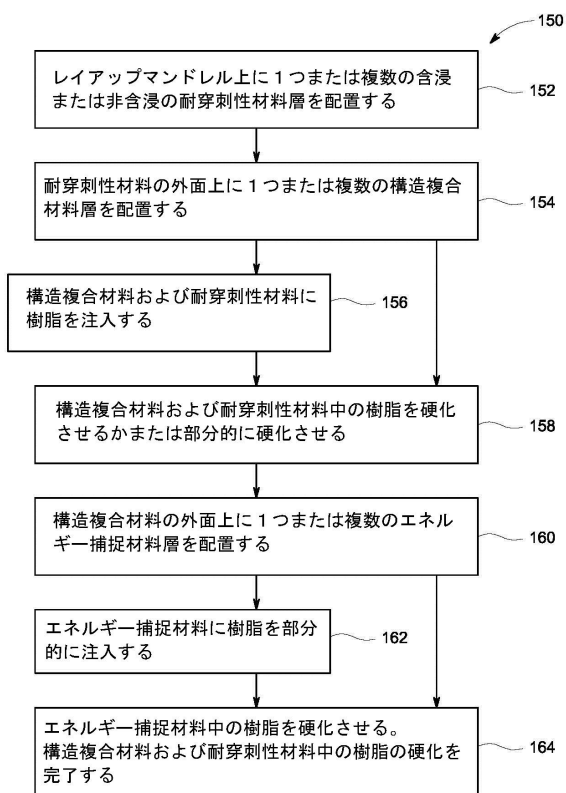


FIG. 10

---

フロントページの続き

(72)発明者 ツー, チ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

(72)発明者 フィン, スコット・ロジャー

アメリカ合衆国、ニューヨーク州・12309、ニスカユナ、ビルディング・ケイ1-3エイ59  
、ワン・リサーチ・サークル

審査官 米澤 篤

(56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0226310(US, A1)

特開2006-177364(JP, A)

特開2003-082072(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0196654(US, A1)

特開2002-020459(JP, A)

特開2011-088363(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0150696(US, A1)

米国特許出願公開第2008/0145215(US, A1)

特開2003-261381(JP, A)

特開2006-130919(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00

F01D 25/24