

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4052375号
(P4052375)

(45) 発行日 平成20年2月27日 (2008. 2. 27)

(24) 登録日 平成19年12月14日 (2007. 12. 14)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 K 3/06 (2006. 01)

F O 2 K 3/06

F O 4 D 29/34 (2006. 01)

F O 4 D 29/34

C

請求項の数 8 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2001-360414 (P2001-360414)
 (22) 出願日 平成13年11月27日 (2001. 11. 27)
 (65) 公開番号 特開2002-195103 (P2002-195103A)
 (43) 公開日 平成14年7月10日 (2002. 7. 10)
 審査請求日 平成16年7月9日 (2004. 7. 9)
 (31) 優先権主張番号 09/723110
 (32) 優先日 平成12年11月27日 (2000. 11. 27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタデイ、リバーロード、1 番
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (72) 発明者 ジェームズ・マイケル・フォレスター
 アメリカ合衆国、オハイオ州、スプリング
 ボロ、コプリー・サークル、30 番

審査官 亀田 貴志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブレード・スパーサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジンのダブルスロット (5 2) の底面壁 (2 9 2) とファンブレード (2 0) のダブル根元部 (5 8) の根元部底面 (2 9 6) との間に差し込まれて、前記ファンブレードを半径方向外向きに支持するブレード・スパーサ (2 9 0) であって、

軸方向に延びるバックボーン (3 0 0) と、

前記バックボーンに沿ってそれぞれ間隔をもって設けられ、各々が前記バックボーン (3 0 0) の上方に延びて平坦上面 (3 1 4) を形成する、前方ダブルランド部 (3 0 2) 、中間ダブルランド部 (3 0 4) 、及び後方ダブルランド部 (3 0 8) と、
 前記前方ダブルランド部 (3 0 2) のほぼ軸方向前方に延びるスパーサ・タブ (3 2 0) と

を備え、

前記バックボーン (3 0 0) 、前記前方ダブルランド部 (3 0 2) 、前記中間ダブルランド部 (3 0 4) 、及び前記後方ダブルランド部 (3 0 8) が底部の湾曲したバックボーン表面 (3 1 0) を有し、

前記バックボーン表面 (3 1 0) は、前記ダブルスロットの底面壁 (2 9 2) と同一の広がりをも有し、

前記スパーサタブ (3 2 0) は、

前記ファンブレード (2 0) を軸方向で所定位置にロックするリテーナ (3 5 0) の半

径方向に延びる孔（３７０）と整列する半径方向タブ孔（３１８）と、
前記半径方向タブ孔（３１８）と交差する軸方向タブ孔（３１６）と、
を備える

ことを特徴とするガスタービンエンジンのブレード・スペーサ。

【請求項２】

前記スペーサ・タブ（３２０）は、矩形断面（３２１）を有して前記前方ダブテールランド部（３０２）の前面（３２２）から軸方向に延び、かつ、前記前方ダブテールランド部（３０２）の平坦上面（３１４）と同一平面上にあるタブ平坦上面（３２４）を有する、請求項１に記載のスペーサ。

【請求項３】

前記バックボーン（３００）の周囲、及び前記前方ダブテールランド部（３０２）と後方ダブテールランド部（３０８）との間に、エラストマー材料（３３２）が充填されており、

前記スペーサ（２９０）及びエラストマー材料（３３２）の断面が、前記前方ダブテールランド部と後方ダブテールランド部の間で一定の形状及び大きさである、請求項１又は２に記載のスペーサ。

【請求項４】

前記スペーサ（２９０）は円弧形状スペーサ（２９０）であり、前記バックボーン（３００）、前記前方ダブテールランド部（３０２）、前記中間ダブテールランド部（３０４）、及び前記後方ダブテールランド部（３０８）は、半径軸（ＲＡ）に対して直角な半径（Ｒ）を有する弧（ＡＲ）に沿って湾曲している、請求項１ないし請求項３のいずれか一項に記載のスペーサ。

【請求項５】

ガスタービンエンジンのロータディスク組立体であって、

中心線（１１）の周りに置かれ、各々がディスク・リムに結合された多数の環状ハブ（６４）と、

周方向に間隔をもって配置され、円弧状ダブテール根元部（５８）を受けて半径方向に保持する、前記リムの前方端（６５）から後方端（６７）へ軸方向に延びる複数のダブテールスロット（５２）と、

前記ダブテールスロット（５２）内に配置されたダブテール根元部（５８）を有する複数のファンブレード（２０）と、

前記各ダブテールスロット（５２）内で、ダブテールスロットの底面壁（２９２）と前記ダブテール根元部（５８）の軸方向に延びる根元部底面（２９６）との間に各々が配置されている、複数のブレード・スペーサ（２９０）と、
を備え、

前記ブレード・スペーサ（２９０）の各々が、請求項１ないし請求項４のいずれか一項に記載のスペーサであるロータディスク組立体。

【請求項６】

前記ダブテールスロットが前記リム（６２）を通して形成された円弧状ダブテールスロット（５２）であり、

前記ダブテール根元部が円弧状ダブテール根元部（５８）であり、

前記スペーサが円弧形状スペーサ（２９０）であり、

前記バックボーン（３００）、前記前方ダブテールランド部（３０２）、前記中間ダブテールランド部（３０４）、及び前記後方ダブテールランド部（３０８）は、半径軸（ＲＡ）に対して直角な半径（Ｒ）を有する弧（ＡＲ）に沿って湾曲している、請求項５に記載の組立体。

【請求項７】

前記リム（６２）を通して半径方向に延び、前記ウェブ（６８）の隣接する対（７２）の各々の間で前記ダブテールスロット（５２）に達している、周方向に延びる環状バースト・スロット（７０）を更に備える、請求項５に記載の組立体。

【請求項 8】

前記前方ダブテールランド部（302）、前記中間ダブテールランド部（304）、及び前記後方ダブテールランド部（308）は、前記バースト・スロット（70）が前記前方ダブテールランド部（302）、前記中間ダブテールランド部（304）、及び前記後方ダブテールランド部（308）の間に位置するように、それぞれ前記バックボーン（300）に沿って配置されている、請求項 7 に記載の組立体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にガスタービンエンジン組立体におけるダブテールスロット内でブレードのダブテール根元部の下に配置されるガスタービンのブレード・スペーサに関し、より詳細には、ファン・ロータのディスクの円弧状ダブテールスロットに係合する円弧状ダブテール根元部を備えたファンブレードを持つファン組立体に用いられる、スペーサに関する。

10

【0002】

【発明の背景】

飛行中の航空機を動かすのに用いられるターボファン・ガスタービンエンジンは、ロータディスクから半径方向外方に延び、周方向に間隔をもって配置された複数のファンブレードを持った、ファン組立体を含む。周囲の空気はブレードの間に導かれ、そこで圧縮されて、飛行中の航空機を動かすための推力が生み出される。ファン組立体は、通常は、周方向に間隔をもって配置された複数のファンブレードを含み、これらは各々、ロータディスクの周縁またはリム上にあって軸方向に延びるダブテール溝またはスロットに配置される対応するダブテール根元部を持っている。ダブテールスロットはダブテールポストにより形成され、ブレードを放射状にロータディスクに保持するためのブレード側のダブテール根元部と対応する配列になっている。上流及び下流方向におけるブレードの軸方向の動きを防ぐために、ブレードはまた、ロータディスクに対し軸方向にも保持される。スロット内におけるブレード根元部より下方の残り空間をスペーサが埋める。

20

【0003】

ブレードアウトが起きると、ブレード又はブレードの一部が外れ、これが損傷したブレードに隣接する後側の最初のブレードに衝突して、後側の最初のブレードに周方向の回転を引き起こす。円弧状ダブテール根元部及びスロットを備えたファン組立体に、本発明は特に有効である。これは、ダブテール部の負荷を、ダブテール部の一体性を危うくするまで高めることになる。ブレードが回転しすぎて角部の負荷を高めることは防止する必要がある。ブレードが回転しようとする、ブレード根元部の底面とディスク内のスロットの底面との間でスペーサが締め付けられ、こうして回転を防ぐ。ダブテール根元部の角部ではなく圧力面の広い範囲に、回転モーメントが分散される。

30

【0004】

ディスクに至る適切な足場と荷重経路を確保するため、円弧状ダブテール根元部とスロットが組み合わされた、小半径ハブ設計のファンディスク組立体が開発されてきた。この設計は、ファンブレードの先端を増大させたり極限状態に保持することなしに推力を増強するために、ファンブレードを通り抜ける空気流を増大させる目的で使用される。流路の内側の境界は、しばしばハブと呼ばれるが、既存のエンジン設計よりも半径方向内側に移動させるか、またはエンジンは初めから小半径ハブと呼ばれるものを持つように設計される。普通は、半径方向の過渡部分とは、流路における湾曲したブレード部からダブテール頂部の直線的なシャンク部にいたる間の部分のことである。流路の内径が小さいために、ブレードの空気力学的部分、言い換えれば湾曲部分から、ダブテール根元部までの間のファンブレードの半径方向過渡部分は、著しく短くなっている。ブレードアウトが発生したときに、損傷したブレードに隣接する後側の最初のブレードが適切に保持されるのを確実にするため、円弧状ダブテール根元部とスロットを備える小半径ハブ設計のための改良されたスペーサを得ることが、非常に望ましい。

40

50

【特許文献１】

特開平１０－００８９０７公報

【０００５】

【発明の概要】

ガスタービンエンジンのブレード・スペーサは、軸方向に延びるバックボーンと、該バックボーンに沿ってそれぞれ間隔をもって設けられた、前方、中間及び後方ダブテールランド部とを備え、バックボーンと、前方、中間及び後方ダブテールランド部は、底部の湾曲したバックボーン表面を持つ。前方、中間及び後方ダブテールランド部の各々は、バックボーンの上方に延びてライザ平坦上面を有するライザを持っている。ここで説明されている例示的な実施形態では、スペーサ・タブが前方ダブテールランド部のほぼ軸方向前方に延びており、かつ、交差する軸方向タブ孔及び半径方向タブ孔を備えている。ボイドが、バックボーンの周りで前方ダブテールランド部と後方ダブテールランド部との間に延びており、このボイドはエラストマー材料で充填されている。スペーサは前方及び後方ダブテールランド部の間で一定の形状及び大きさの断面を持つ。

10

【０００６】

本発明は、特に円弧状ダブテールスロット及び根元部に対して有用であり、この場合には、スペーサは円弧形状のスペーサであり、バックボーンと、前方、中間及び後方ダブテールランド部とは、半径軸に対して直角なその周りの円弧に沿って、湾曲している。スペーサ・タブは、矩形断面を有して前方ダブテールランド部の前面から軸方向に延び、かつライザのライザ平坦上面と同一平面上にあるタブ平坦上面を持つ。

20

【０００７】

１つの特定の実施の形態においては、本発明は、中心線の周りに置かれ、各々がウェブによってディスク・リムに結合され多数の環状ハブを有し、間隔をもって配置された複数のダブテールスロットがリムを通して形成されたガスタービンエンジンのロータディスク組立体に用いられるスペーサである。ダブテールスロットは、ディスクポストの間を周方向に延び、リムの前方端から後方端まで軸方向に延び、かつ、リムのディスク外表面から半径方向内方に向かって延びている。複数のファンブレードは、ダブテールスロット内に配置されたダブテール根元部を有し、対応するブレード・スペーサが、ダブテールスロット内で、ダブテールスロット底面壁と、ダブテール根元部の各々が持つ軸方向に延びる根元部底面との間に、配置される。周方向に延びる環状バースト・スロットは、リムを通して半径方向に延び、ウェブの隣接する対の各々の間でダブテールスロットに達している。前方、中間及び後方ダブテールランド部は、バースト・スロットが前方、中間ならびに後方ダブテールランド部の間に位置するように、それぞれバックボーンに沿って配置されている。

30

【０００８】

本発明の更に特定の実施形態においては、周方向に対向する対になった保持スロットが、ディスクポストのオーバハングがリムから軸方向前方に延び始める位置において、周方向に隣接する対のディスクポストのオーバハングを貫通して延びている。リテーナが対の保持スロットの中に設けられ、ダブテールスロットを横切って延びてダブテール根元部をダブテールスロット内で軸方向に保持する。リテーナの各々は、対応するスペーサによって半径方向で支持されており、リテーナの各々は矩形スロットを有し、この矩形スロットに、対応するスペーサ・タブが配置されている。リテーナの各々は、スロットの半径方向下方に柵状部を含み、その柵状部の上にスペーサ・タブが乗るようになっている。柵状部を通して半径方向柵状部孔が設けられ、半径方向タブ孔と芯合わせされている。スペーサ・ボルト頭部及びねじ切りされたスペーサ・ボルト・シャンクとを持つスペーサ・ボルトが、柵状部孔及び半径方向タブ孔を通して配置され、スペーサ・ボルト頭部が柵状部と係合する。スペーサ・タブと係合する状態でスペーサ・ボルト・シャンクに、スペーサ・ナットがねじ止めされる。

40

【０００９】

本発明に固有と考えられる新規な特徴は請求項で提示され、明示されている。本発明を、

50

添付の図と関連して更に詳述する。

【 0 0 1 0 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 に概略的に図示しているのは、本発明によるロータ組立体の例示的な実施形態を含む、航空機用ターボファン・ガスタービンエンジン 1 0 の前方部分である。同組立体は、低圧力タービン（図示せず）によって駆動されるファン・ドライブシャフト 1 4 により回転するファン組立体 1 2 の形をとっている。ファン組立体 1 2 は、ファン・ロータディスク 1 6 を含み、このロータディスクから、周方向に間隔をもって配置されたファンブレード 2 0 が、軸方向に単一の列 1 8 として、半径方向外方に向かって延びている。ファン組立体 1 2 の下流側には、軸方向に間隔をもって配置されたブースタベーン 2 2 の列及び回転するブースタスプール 2 8 に取付けられたブースタブレード 2 4 の列を持つ、従来のブースタ圧縮機 2 6 がある。環状取付けプレート 2 9 は、複数個の環状配列された半径方向内側孔 1 7 4、半径方向外側孔 2 0 8、及び、半径方向内側孔と外側孔の間に位置する半径方向中間孔 2 3 を持つ。環状取付けプレート 2 9 は、複数個のプレートボルト組立体 2 5 を用いて、ボルト止め、または他の固定方法で、ブースタスプール 2 8 に結合される。プレートボルト組立体 2 5 の各々は、中間孔 2 3 の一つ、及びブースタスプール 2 8 の中の複数個のスプール孔 1 9 の一つに通した、キャリッジボルト 3 7 を持つ（図 2 9 参照）。キャリッジボルト 3 7 の各々は、取付プレート 2 9 に係合するボルト頭部 2 1 を有し、このボルト頭部 2 1 は、ねじ付自由端 4 7 8、及びボルト頭部 2 1 と自由端 4 7 8 の間の平滑部分 4 8 0 を有するシャンク 4 7 6 に取り付けられている。平滑部分は、中間孔 2 3 及びスプール孔 1 9 を貫通する。ブースタスプール 2 8 をプレート 2 9 に結合するため、キャリッジボルト 3 7 は、自由端 2 7 8 にねじ込まれた皿繰りナット 3 3 によって固定される。皿繰りナット 3 3 と取付けプレート 2 9 の間の締り嵌合により、プレートボルト組立体 2 5 を締めるときにボルト頭部 2 1 がねじられる場合にもナットはその場に保持される。

【 0 0 1 1 】

図 5 及び図 1 7 に詳細に示されているように、取付けプレート 2 9 は、複数個の内側ボルト組立体 3 0 によりロータディスク 1 6 に固定的に結合されている。したがって、ブースタスプール 2 8 は取付けプレート 2 9 を介してロータディスク 1 6 に結合され、取付けプレート 2 9 はブースタスプールの一部と見なされる。ブースタスプール及びファンディスクは、ファン・ドライブシャフト 1 4 を介してタービン（図示せず）により回転される。ファン・ドライブシャフト 1 4 は、スラストベアリング 4 3 によりエンジンの固定構造部すなわちフレーム 3 8 の内部に回転可能に保持される。

【 0 0 1 2 】

更に図 2 及び図 3 を参照すると、ファンブレード 2 0 の各々は、正圧側 5 5 と負圧側 5 7 を有する湾曲した翼形部 5 6 を持ち、正圧側と負圧側は、翼形前縁 L E と後縁 T E との間に延びている。翼形部 5 6 は円弧状ダブテール根元部 5 8 に取り付けられており、ファンブレード 2 0 の過渡部分 6 0 が翼形部と根元部の間に延びている。更に図 4 を参照すると、ファン・ロータディスク 1 6 はリム 6 2 を有する多孔ディスクであり、リム 6 2 は、ボア 6 6 を有する複数のディスクハブ 6 4 に、中心線 1 1 の周りに設けられた対応する数のウェブ 6 8 によって取り付けられている。ウェブチャンネル 6 1 が、ウェブ 6 8 の間を軸方向に、リム 6 2 とハブ 6 4 の間を半径方向に、延びている。

【 0 0 1 3 】

ここに図示する本発明の例示的な実施形態の例には、3 個の同形のハブが用いられているが、2 個あるいは 4 個またはそれ以上など、違う数のハブを用いることも可能である。本発明によるディスクは、同形のハブ、ウェブ、及びボアに限定されない。ハブ、ウェブ、及びボアは異なった寸法の半径及び軸長を持つことができる。ファンブレード 2 0 は、ディスク外表面 6 3 からエンジン中心線 1 1 までの半径 R 1 で表示されるディスク 1 6 の外径に比して長い軸長 L 1 を持つため、多孔ディスクは、その軽量性によって従来の単孔ディスクよりも効率的である。本発明による多孔ディスクはまた、コンプレッサやタービン

といったエンジンの他の部分に用いることができる。

【 0 0 1 4 】

図 4 及び図 2 8 を参照すると、リム 6 2 は、ハブ 6 4 に対し半径方向に非常に近接し間隔をもって位置する。ウェブチャンネル 6 1 は、従来のディスクのものに比べて幅広であり短い。リム 6 2 とハブ 6 4 の間を半径方向に延びる比較的短いチャンネル長 L_C に比べて、ウェブチャンネルは、ウェブ 6 8 の間を軸方向に延びるチャンネル最大幅 W_1 が大きい。チャンネル最大幅 W_1 は、チャンネル長 L_C と同じ大きさのオーダーである。ウェブチャンネル 6 1 はほぼ球形であり、それぞれ比較的大きい半径方向内側フィレット部 7 1 及び外側フィレット部 7 3 を持ち、そしてこの内側フィレット部 7 1 は、チャンネル長 L_C の約 30 パーセントから 70 パーセントまでの範囲に拡がっており、この実施形態ではチャンネル長 L_C の約 50 パーセントで図示されている。ウェブチャンネルは短く幅広であり、この実施形態においては、ウェブ 6 8 は、大きな内側曲率半径 7 5 及び外側曲率半径 7 7 をそれぞれに持つ内側フィレット部 7 1 及び外側フィレット部 7 3 によって実質的に形成されている。一般的に、内側フィレット部 7 1 及び外側フィレット部 7 3 がウェブ 6 8 の実質的な部分を構成する。内側フィレット部 7 1 は大きく、ハブ 6 4 とウェブ 6 8 の間に生じる大きな応力集中を避けるために、大きな内側曲率半径 7 5 を持つ。

10

【 0 0 1 5 】

更に図 2、図 3、及び図 4 を参照すると、リム 6 2 の全周には複数の円弧状ダブテールスロット 5 2 が間隔を置いて配置され、これらは、ディスクポスト 5 0 の間を周方向に延び、リムの前方端 6 5 から後方端 6 7 へ軸方向に延び、かつ、リムのディスク外表面 6 3 から半径方向内方に向かって延びている。円弧状ダブテールスロット 5 2 は、円弧状ダブテール根元部 5 8 を受け、半径方向に保持するのに用いられる。

20

【 0 0 1 6 】

円弧状ダブテール根元部 5 8 と、円弧状ダブテールスロット 5 2、及びディスクポスト 5 0 は弧状をなし、半径軸 R_A に直角な方向に、その周りで湾曲している。このことは、ディスクポスト 5 0 を通り、曲率半径 R の長さで半径軸 R_A の周りを通る弧 A_R により例示されている。各々の円弧状ダブテール根元部 5 8 は、複数の円弧状ダブテールスロット 5 2 の中の対応するスロットに、軸方向後方に弧に沿って差し込まれ、ディスク・リム 6 2、より詳細にはポスト 5 0 によって、半径方向及び周方向で保持されるよう設計されている。ポスト 5 0 の各々は、ディスク・リム 6 2 から軸方向前方に延びポスト上に半径方向外方に位置するオーバハング 6 9 を持っている。この例示的な実施形態においては、リム 6 2 のディスク外表面 6 3 は、ディスクポスト 5 0 及びオーバハング 6 9 と連続している。差し込み動作は弧に沿って円を描くが、ここではそれはまた、軸方向の差し込み動作と呼ばれる。

30

【 0 0 1 7 】

図 9 を参照すると、ディスクポスト 5 0 には、円弧状ダブテールスロット 5 2 で、該スロット内に沿って円錐状のアンダーカット 7 4 が形成されている。アンダーカット 7 4 は、ディスクポスト 5 0 上の円錐状のダブテールスロット圧力面 7 6、ならびに円弧状ダブテールスロット 5 2 の内に沿う丸められた横断面ないしはトロイダル部分との間に延びている。円錐状のダブテールスロット圧力面 7 6 は、円弧状ダブテール根元部 5 8 上の円錐状のダブテール根元部圧力面 7 8 と円錐形をなして接するよう設計されている。アンダーカット 7 4 は円錐状であり、本実施形態においては、ディスクポスト 5 0 上のダブテールスロット圧力面 7 6 に対し約 30 度のアンダーカット角度 8 1 を持つものとして図示されている。エンジン加速中や航空機の離陸時のようにファンブレード 2 0 が高速回転している間の接触弧内の根元部上の接触応力は高い。ポスト 5 0 上のアンダーカット 7 4 は、接触応力が局部的に高くなるのを軽減するのを助ける。

40

【 0 0 1 8 】

図 1、図 4 及び図 5 を参照すると、リム 6 2 は、ウェブ 6 8 の隣接する対 7 2 の各々の間を周方向に延びる環状バースト・スロット 7 0 を持っている。バースト・スロット 7 0 は、リム 6 2 を貫通してダブテールスロット 5 2 の中に延び、ひび割れ止めの働きをする。

50

リム 6 2 のリム部分 8 2 は、その部分でウェブ 6 8 がリム 6 2 から延びる位置であり、バースト・スロット 7 0 は該リム部分 8 2 の間のフープ荷重経路を遮断して、ディスク 1 6 の一つのリム部分 8 2 から他の部分へとひび割れが伝播するのに対し抗する。本実施形態では、バースト・スロット 7 0 は、半径方向外側尖頭半径 8 3 と半径方向内側尖頭半径 8 4 とを有し、内側尖頭半径 8 4 の方が大巾に大きい尖頭形 8 5 の形状の断面を有する（図 2 8 参照）。

【 0 0 1 9 】

更に図 3 及び図 4 を参照すると、環状前方延長部 8 6（ここでの例示では円筒状の環状前方延長部）は、環状前方フランジ 9 0 及び環状後方延長フランジ 8 7 を持つ。環状後方延長フランジ 8 7 は、ディスク 1 6 のウェブ 6 8 の最前方のもの 8 8 から前方に延びた環状前部アーム 8 9 にボルト止めされる。別の実施形態では、ディスク 1 6 のウェブ 6 8 の最前方のもの 8 8 と一体形成ないしは鋳造されてそこから前方に延びるように前方延長部 8 6 を形成することができる。環状後方アーム 9 6（ここでの例示では円錐状の環状後方アーム）は、ディスク 1 6 のウェブ 6 8 の最後尾のもの 9 8 と一体形成ないしは鋳造されてここから軸方向後方に延び、環状後方フランジ 9 4 を持っている。環状後方フランジ 9 4 は図 1 に図示するようにファン・ドライブシャフト 1 4 にボルト止めされており、このようにしてファンディスクをファン・ドライブシャフトに結合する。前方フランジ 9 0 は波型加工されており、前方フランジの波型にくり抜かれた部分の間の突状部 1 0 1 を貫通して複数個の前方ボルト穴 1 0 0 が周方向に配列されている。ディスク 1 6 及びファン組立体 1 2 の重量を軽減するため、周方向に配列された複数個の延長部軽量化孔 1 0 2 が前方延長部 8 6 を貫通して形成されている。ディスク 1 6 とスピナ 1 0 4 の間の半径方向の伸びの差を減少ないしは吸収するように、前方延長部 8 6 は十分な可撓性及び長さをもって設計されている。

【 0 0 2 0 】

図 2、図 3、図 4、図 5、図 1 9 及び図 2 0 に図示するのは、ファンブレード 2 0 の間に周方向に配置されている非一体化ブラットフォーム 3 2（ファンブレード 2 0 から分離されている）である。前方及び後方ディスクラグ 3 4、3 5 は、ポスト 5 0 から、ディスク 1 6 のリム 6 2 のディスク外表面 6 3 に沿って半径方向外方に延びている。ブラットフォーム 3 2 の各々は、空気力学的外形を持つブラットフォーム壁 2 7 を持ち、その半径方向外側面 3 6 は、半径方向外方に向き、ファンブレード 2 0 を横切って軸方向に延びるファン内側流路を定め、維持する。ブラットフォーム壁 2 7 の半径方向内側面 2 3 6 は、半径方向内方に向いている。外表面 3 6（ブラットフォームに沿ったファン内側流路表面）の半径を軸方向後方に向かって増大させるために、ブラットフォーム壁 2 7 は中心線 1 1 に対し傾斜している。

【 0 0 2 1 】

ディスクポスト 5 0 の半径方向外側角部 4 5 は、そのディスクポストのオーバハング 6 9 の部分を取り囲む平坦面取り部 3 9 を持っている。ブラットフォーム壁 2 7 は傾斜をもって形成され、すなわち、面取り部 3 9 に平行になるように傾斜を付けられている。ここに示す例示的な実施形態では、ブラットフォーム壁 2 7 は、ディスクポスト 5 0 のオーバハング 6 9 の半径方向外側角部 4 5 に平行であり、かつ、該角部 4 5 に沿って面取り部 3 9 から約 3 0 ミル（0.03 インチ：0.76mm）の図 5 に示す第 1 の間隙 C 1 だけ間隔をもって位置する。更に、図 2 1 を参照すると、ブラットフォーム壁 2 7 の内表面 2 3 6 から楔形のブラットフォームバンパ 2 3 8 が半径方向内側に向かって延びている。この例示的な実施形態では、ブラットフォームバンパ 2 3 8 は平坦な底面 2 4 0 を持ち、該底面と内表面であるディスク外表面 6 3 の間には、ポスト 5 0 に沿って、図 5 に図示する約 5 0 ミルの第 2 の間隙 C 2 が存在する。別の実施形態では、ブラットフォームバンパ 2 3 8 の底面は、周方向に湾曲したディスク外表面 6 3 に合致するように周方向に湾曲した外形にすることもできる。

【 0 0 2 2 】

図 1 9、図 2 0 及び図 2 1 を参照すると、ブラットフォーム壁 2 7 は矩形の前方部分 2 5

10

20

30

40

50

2と周方向に湾曲している後方部分244を持つ。周方向に湾曲している後方部分244は、それぞれ翼形前縁LEと後縁TEの間の湾曲している翼形部56の周りに適合する外形をしている。周方向に湾曲している後方部分244は、正圧側縁262及び負圧側縁264を持ち、これらは、翼形部56の正圧側55及び負圧側57にそれぞれ一致するように形成されている。

【0023】

図5及び図17から図21までを参照すると、プラットフォーム32の各々は、プラットフォーム壁27から半径方向内側に向かって延びる前部取付けラグ40、中間部取付けラグ42、及び後部取付けラグ44を持つ。前部取付けラグ40と後部取付けラグ44は、それぞれ、プラットフォーム壁27の前方端46及び後方端48に位置しており、中間部取付けラグ42は軸方向にみてその間に位置するが、必ずしも中間点にある必要はない。中間部取付けラグ42と後部取付けラグ44は、それぞれ、軸方向に貫いて延びる中間部穴47、及び後部穴49を持ち、かつ中間部及び後部穴の内に置かれたブッシュ41を持っている。プラットフォーム材料は、例えば7075-T73アルミニウムのようなアルミニウム合金が一般的であり、ファンが高速度で回っている際にプラットフォーム32をディスク16に固定しないしは保持するのに用いるピンにより加えられる大きな軸受け応力に耐えられない。ピンの軸受け荷重のもとでは、プラットフォームのラグにおいて、穴の内部がつぶれることになる。したがって、本発明の例示的な実施形態では、プラットフォーム32の中間部穴47及び後部穴49にプレス嵌めでブッシュ41を組み入れる。ブッシュ41は、例えばインコネル718のような、必要な軸受け能力を持った、より硬質の材料から作られる。ブッシュ41は、直径にして1.5ミルから2.5ミル(38μmから64μm)の大きさの締め代をもって穴に打ち込まれる。こうして、ピンにより加えられる軸受け応力は、ブッシュを通じて軽減され、アルミニウム製プラットフォームに悪影響を与えない。

【0024】

図5及び図25に図示するように、プラットフォーム壁27の矩形前方部分252には、リム62を越えて軸方向前方に延びるプラットフォーム前縁140と、プラットフォーム前縁のところから前方部分252から前向きに円形リム表面142の上方に水平に延びる前部取付けラグ40が含まれる。リム62の正面において、複数のポスト穴214が円形リム表面142の中に軸方向後方に延びている。ポスト穴214の各々は、対応するディスクポスト50の中に延びている。

【0025】

後方に向かって延びる複数のプラットフォーム・ピン220のうちの対応するピンを支持するために、前部取付けラグ40の各々は、前部ラグ孔51を持つ。プラットフォーム・ピン220の各々は、より細いシャंक224に付けられた平滑な円筒体222を持つ。シャंक224は、ねじ付き自由端226及び平滑な円筒体222と自由端226の間の平滑部分228を持つ。前部取付けラグ40と接触している円筒状の荷重軸受け表面を十分に平滑なものにするために、平滑部分228は前部ラグ孔51を通して配置される。平滑部分228は、前部ラグ孔51の幅ないしは厚さと同じだけの長さである。プラットフォーム・ピン220を前部取付けラグ40に固定するために、自由端226には内部にねじを付けた皿繰りナット230がねじ嵌めされる。皿繰りナット230には、ナットのねじ部の前に皿繰り部をもった小さな無ねじ部分232がある。

【0026】

図5及び図25を参照すると、第1の深いカウンタボア152が、各々の前方ディスクラグ34を貫通し、前方ディスクラグの後方端156にあるカウンタボア背面壁144まで軸方向に延びている。第1のカウンタボア152と同軸な第1のボルト穴154が、軸方向に向かい、背面壁144を貫通して延びている。前方ピン150もまた、上述したのと同様に、より細いシャंक161に付けられた平滑な円筒体159を持つ。シャंक161は、ねじ付き自由端226及び平滑な円筒体159と自由端226の間の平滑部分228を持つ。前方ピン150の平滑な円筒体159は、第1のカウンタボア152の中に緊

10

20

30

40

50

密に配置される。前方ピン 150 より細い平滑部分 228 は、前方ディスクラグ 34 の背面壁 144 を通して軸方向に延びる第 1 のボルト穴 154 を通して配置される。平滑な円筒体 159 及び第 1 のカウンタボア 152 は、実質的に同一の第 1 直径 160 を持ち、第 1 のボルト穴 154 は第 2 直径 162 を持ち、第 1 直径は第 2 直径より大きい。前方ピン 150 を前方ディスク 34 に固定するために、シャンク 161 の自由端 226 には内ねじを有する皿繰りナット 230 がねじ嵌めされる。

【0027】

後部孔 170 が各々の後方ディスクラグ 35 を貫通して軸方向に延び、環状取付けプレート 29 中の内側孔 174 の対応する孔と芯合わせ状態になっている。内側ボルト組立体 30 の各々は、後部孔 170 と内側孔 174 とを通して配置されるキャリッジボルト 180 を持っている。キャリッジボルト 180 の各々は、ねじ付き自由端 178 を備えるシャンク 176 に付けられ後方ディスクラグ 35 と係合するボルト頭部 182、及びボルト頭部 182 と自由端 178 の間の平滑部分 188 を持っている。平滑部分は、後部孔 170 と内側孔 174 を貫通して延びている。後方ディスクラグがプレート 29 に結合されるように、キャリッジボルト 180 は自由端 178 にねじ込まれた皿繰りナット 190 により固定される。皿繰りナット 190 と取付けプレート 29 の間の締め込みにより、内側ボルト組立体を締めるためボルト頭部 182 がねじられる際にも、ナットはその場に保持される。

【0028】

前方に延びる複数の後方ピン 200 が、環状取付けプレート 29 の上に取付けられる。後方ピン 200 の各々は、より細いシャンク 204 に付けられた平滑な円筒体 202 を持っている。シャンク 204 は、ねじ付き自由端 206、及び平滑な円筒体 202 と自由端 206 の間の平滑部分 207 を持つ。平滑な円筒体 202 はプレートの軸方向前方に延びている。平滑部分 207 は、環状取付けプレート 29 の半径方向外側孔 208 の対応する孔に通される。後方ピン 200 を環状取付けプレート 29 に固定するために、自由端 206 には内ねじをもった皿繰りナット 210 がねじ込まれる。皿繰りナット 210 は、ナットのねじ部の前に皿繰りをもった小さな無ねじ部分 232 がある。後方ピン 200 の各々は、後部取付けラグ 44 中の後部穴 49 の対応する穴に挿入される。

【0029】

再度、図 19、図 20、及び図 21 を参照すると、中間部取付けラグ 42 と後部取付けラグ 44 の間には、周方向に湾曲した後部補強リブ 270 が延びている。後部補強リブ 270 は、正圧側縁 262 及び負圧側縁 264 のそれぞれと実質的に平行に、内方向に第 1 間隔 272 を空けて延びている。中間部取付けラグ 42 からプラットフォーム・バンパ 238 の前縁 274 に向かって軸方向に、周方向に湾曲した前部補強リブ 271 が延び、その辺りで楔形のプラットフォーム・バンパ 238 がプラットフォーム壁 27 の内表面 236 から半径方向内側に向かって下向きに延び始める。軸方向に延びるバンパ長 239 に沿って、軸方向のいかなる位置にあっても前部補強リブ 271 の高さがプラットフォーム・バンパ 238 の高さより低くなるように、前部補強リブ 271 はプラットフォーム 32 の内表面 236 に向かって先細になるか、該内表面 236 に融合される。プラットフォーム・バンパ 238 は、プラットフォーム 32 及びプラットフォーム壁 27 に氷や鳥が衝突する際にかかる応力や変形を制御するための剛性を付け加える働きをする。プラットフォーム・バンパ 238 は、薄いプラットフォーム壁 27 からディスクポスト 50 の頂部への荷重経路をつくり出し、そのような衝突が起こった際の変形（したがって応力）を抑える。

【0030】

プラットフォーム 32 の各々は、隣接する 2 つのファンブレード 20 の間でディスク 16 に取り付けられる。ファンブレード 20 の過渡部分 60 中のノッチ 59（図 5 及び図 17 を参照）が環状取付けプレート 29 に当たるまで、ダブテール根元部 58 を対応するダブテールスロット 52 の中に円を描くように滑り込ませることで、まず、2 つの隣り合うファンブレードがディスク 16 に取り付けられる。こうして、回転することのできるブースタスプール 28 の一部と見なされる環状取付けプレート 29 は、後方に向かって軸方向

にファンブレード 20 を保持する働きをする。次に、隣り合って取り付けられた二つのファンブレード 20 の間で、プラットフォーム・ピン 20 と、前方ピン 150、及び後方ピン 200 のそれぞれが、対応するポスト穴 214、ならびに中間部穴 47 及び後部穴 49 の中のブッシュ 41 と周方向に整列させられ、ピンがその対応する穴及びブッシュに差し込まれるようにプラットフォームを軸方向後方へ滑り込ませることによって、プラットフォーム 32 がディスクに取り付けられる。このことで、ピンとクレビスによる手段が本質的に形成され、プラットフォーム 32 はディスク 16、プレート 29、及びブースタスプール 28 に対し半径方向ならびに周方向に保持されることになる。

【0031】

図 9、図 12、及び図 13 を参照すると、ブレードのダブテール根元部に半径方向外向きの力すなわち初期荷重を働かせてロータブレードとロータディスクの間の相対的な動きを制限するために、ディスクポスト 50 の間にあるダブテールスロットの底面壁 292 と、ファンブレードのダブテール根元部 58 の軸方向に延びる根元部底面 296 との間で、ダブテールスロット 52 の各々の内に、円弧形状のスペーサ 290 が配置される。スペーサ 290 はバックボーン 300 を含み、バックボーンに沿って前方ダブテールランド部 302、中間ダブテールランド部 304 及び後方ダブテールランド部 308 が形成される。バックボーン 300 と、前方ダブテールランド部 302 と、中間ダブテールランド部 304 と、後方ダブテールランド部 308 とは、連続し、ダブテールスロット底面壁 292 と同一の広がりを持つ底部湾曲バックボーン表面 310 を持つ。前方ダブテールランド部 302、中間ダブテールランド部 304、及び後方ダブテールランド部 308 の各々は、ライザ 312 を持ち、該ライザは、バックボーン 300 の上方に半径方向に延び、かつ平坦なトップ 314 を持っている。前方ランド部 302 のほぼ軸方向前方にスペーサ・タブ 320 が延び、それぞれ交差する軸方向タブ孔 316 及び半径方向タブ孔 318 を含む。スペーサ・タブ 320 は矩形断面 321 を持ち、前方ランド部 302 の前方正面 322 から突出して延びている。スペーサ・タブ 320 はまた、各々のランド部のライザ 312 の平坦なトップ 314 と同一平面上にある平坦なトップ 324 を持つ。スペーサのバックボーン 300 と、前方ダブテールランド部 302、中間ダブテールランド部 304、及び後方ダブテールランド部 308、並びにスペーサ・タブ 320 は、エンジン中心線 11 から半径方向に延びる半径軸 RA に直角なその周りの円弧に沿って、湾曲している。この例示的な実施形態において、スペーサ・タブ 320 は、上述したように直交する円弧に沿って湾曲しているが、別の実施形態においては、これは、前方ランド部 302 の前方正面 322 から突出するに際して、傾斜していても真っ直ぐであってもよい。ブレードの回転運動を最大 6 度までに制御するために、中間ダブテールランド部 304 はスペーサ・アンダーカット 340 を持ち、これはここに図示する実施形態においては約 6 度であるが、他の角度もありうる。スペーサの中間ダブテールランド部 304 がダブテールスロット底面壁 292 に触れると、ブレードは周方向の回転運動を制限されることになる。中間スペーサはまたディスク・リム上のブレードアウト・バンパ 400 と連繋して働くように設計されており、バンパはブレード・シャンクから遠ざかる方向の最大 6 度までの回転運動を許容する。ブレードの回転運動を 6 度までに制限するため、ブレードアウト・バンパ 400 及びスペーサ・アンダーカット 340 は同時に接触し並列的に働くよう設計される。

【0032】

実施形態の 1 つにおいて、スペーサのバックボーン 300 の周囲、及び前方ダブテールランド部 302 と後方ダブテールランド部 308 の間にあるボイド 330 には、エラストマー材料 332 が充填され、ディスクに柔軟な干渉を与える働きをする。これは図 13、図 22、図 23、及び図 24 に図示するように、バックボーン・スペーサ 290 の母材をエラストマー材料で囲むことによって果たされる。ボイドが充填されると、スペーサは、半径軸 RA に直角にその周りに滑らかに湾曲した弧を描く連続的な軸方向に延びる湾曲縁 319 を持つことになる。充填されたボイドはまた、前方ダブテールランド部 302 と後方ダブテールランド部 308 の間において、一様な形状と大きさの断面領域 A をスペーサに形成する。この柔軟な干渉は、圧力面を完全に接触させておくことによって、ブレードに

回転に対するある程度の抵抗力を与える。図 10 に図示されているように、前方ダブルランド部 302、中間ダブルランド部 304、及び後方ダブルランド部 308 は、それぞれ前方ダブルランド部 302、中間ダブルランド部 304、及び後方ダブルランド部 308 の間にバーストスロット 70 が来て、ダブルランド部がディスクの金属に完全に接触するように、バックボーン 300 に沿って配置される。

【0033】

スペーサは、ブレードを半径方向外向きに支持するために、また、外れたファンブレードが後側の最初のファンブレードに衝突するブレードアウトが起きている間に、望ましくない回転や後側ファンブレードの破損を防ぐために、設けられている。後側の最初のファンブレードは周方向に回転するため、円弧状ダブルランドの場合には、後側の最初のブレードのダブルランドの一体性を危うくする点までダブルランドの荷重を上昇させることになる。ブレードが回転しすぎて角部の荷重が上昇することは避けねばならない。

【0034】

ファンブレード 20 と隣接する 2 つのプラットフォームがディスク 16 のリム 62 に付けられた後で、スペーサ 290 は、ダブルランドスロット底面壁 292 とファンブレード・ダブルランド根元部 58 の根元部底面 296 との間で、ダブルランドスロット 52 に差し込まれる。周方向に隣接するディスクポスト 50 のオーバハング 69 には、ディスクポスト 50 のオーバハング 69 がリム 62 から軸方向前方に延び始める、オーバハング 69 の最後端の軸方向の位置において、周方向に向かい合う対になった保持スロット 352 が切り込まれる。スペーサ 290 は、タブ 320 が保持スロット 352 を通過するまで、後方に向かって差し込まれる。図 12 を参照すると、その後、ファンブレード 20 を軸方向で所定の位置にロックするために、リテーナ 350 が用いられる。

【0035】

真っ直ぐなダブルランドスロットに対して真っ直ぐなスペーサを用いることができる。そのような実施形態では、バックボーンは真っ直ぐであり、前方、中間部、及び後方の各ダブルランド部は軸方向に真っ直ぐで、バックボーン上に軸方向に配置される。

【0036】

図 14、図 15、及び図 16 を参照すると、リテーナ 350 は全体として、一体ブロックであり、ブロック厚 D1 を有し、該ブロックから半径方向内方に延びてより薄いブロック厚 D2 を持つリテーナ壁 362 を備える。リテーナ壁の半径方向内側縁 366 に沿って、リテーナ壁 362 と直角をなし軸方向前方に延びる矩形柵状部 364 が設けられる。本実施形態では、リテーナ・スロット 368 は矩形であり、矩形柵状部 364 に沿ってリテーナ壁 362 を通して形成される。リテーナ・スロット 368 は、該スロットを通してスペーサ・タブ 320 を差し込めるような形状と大きさをしている。ここに図示する実施形態では、リテーナ・スロット 368 は横方向に弧をなしており、すなわち湾曲しており、また、別の実施形態においては、柵状部 364 の中央を通して軸方向に延びる柵状部中心線 365 に対し斜めに延びている。スペーサ・タブ 320 もまた湾曲しており、別の実施形態においては、図 10 に見られるように、柵状部中心線 365 に対し斜めに延びている。半径方向に延びる柵状部孔 370 が矩形柵状部 364 を通して形成され、半径方向に延びるタブ孔 318 と整列するように配置される。リテーナ 350 のリテーナ背面 374 から盛り上げられたリテーナ・ランド部 371 が後方へ延びる。図 17 及び図 18 に図示するように、リテーナ・ランド部 372 は、ダブルランド根元部 58 に沿って軸方向前向き平坦部 414 に効果的に接触するように設計された形状をしている。リテーナ 350 が取り付けられる前に、ブレード 20 と、前部補強リブ 271、及びプラットフォームの間に前方シール 410 が配置され、リテーナ 350 によって、所定の場所に嵌め込まれる。前方シール 410 は、プラットフォーム 32 のそれぞれ正圧側縁 262 及び負圧側縁 264 に結合されたプラットフォーム側シールを複雑化させることなく、ブレードの前縁における潜在的な漏れ径路を塞ぐ。

【0037】

スペーサ 290 がダブルランドスロット 52 に後方に向かって差し込まれた後に、ディスク

ポスト５０のオーバハング６９の下から、周方向に対向した保持スロット３５２の中に、リテーナが持ち上げられる。リテーナ３５０が保持スロット３５２の中の所定位置に置かれると、それはダブルスロット５２を横切って延び、ダブルスロット５２の中のファンブレード・ダブル根元部５８を軸方向に保持することになる。スペーサ２９０が前方に滑らされ、矩形スペーサ・タブ３２０がリテーナ・スロット３６８の中に差し込まれる。これは、軸方向に延びるタブ孔３１６を通してスペーサ・タブ３２０を簡単に係合させたり係合を解除したりする工具を用いることによって達成できる。スペーサ・タブ３２０とスペーサ２９０は、半径方向タブ孔３１８と棚状部孔３７０とが芯合わせされるように配置される。その後、棚状部孔３７０を通して、半径方向タブ孔３１８を上向きに、スペーサ・ボルト頭部３７９及びねじ付きスペーサ・ボルト・シャンク３７６を持つスペーサ・ボルト３７３が挿入される。次いで、スペーサ・ナット３７８がスペーサ・タブ３２０に係合し、スペーサ・ボルト頭部３７９が矩形棚状部３６４に係合するように、スペーサ・ナットがスペーサ・ボルト・シャンク３７６にねじ込まれ、締められる。

10

【００３８】

図２６及び図２７を参照すると、ここでは正圧側折れ曲がりシール４０３及び負圧側折れ曲がりシール４０１と表示され呼ばれているプラットフォーム側面シールは、プラットフォーム３２の内表面２３６に対してエポキシなどを用いて接着ないしは結合され、これに沿って軸方向に延びる平坦なシール基部４０２を持つ。正圧側折れ曲がりシール４０３及び負圧側折れ曲がりシール４０１は、後部補強リブ２７０と正圧側縁２６２の間、及び前部補強リブ２７１と負圧側縁２６４の間に、それぞれ配置される。折れ曲がりシール脚４０４は、シール基部４０２から、半径方向内方に延びる。正圧側折れ曲がりシール４０３及び負圧側折れ曲がりシール４０１は、折れ曲がりシールの軸長に沿って、それがシールするファンブレード２０の形状と一致するように変化する断面を持っている。

20

【００３９】

図１７及び図１８を参照すると、リテーナ３５０が取り付けられる前に、ブレード２０と、隣接するプラットフォーム３２の前部補強リブ２７１と、隣接するプラットフォームの内表面２３６と、ダブル根元部５８に沿った軸方向前向き平坦部４１４、及び、該前向き平坦部４１４と翼形部５６の前縁ＬＥとの間のラベット４１６、との間に形成される環状空間４１２に、前方シール４１０が挿入される。本実施形態における前方シール４１０は、円筒形をしている。前方シール４１０の各々は、保持スロット３５２を通して挿入され、ブレード２０と、隣接するプラットフォーム３２の正圧側縁２６２及び負圧側縁２６４の前部補強リブ２７１と、隣接するプラットフォーム３２の内表面２３６との間に位置してこの部分をシールする。その後、リテーナ３５０が取り付けられる。前方シール４１０と、正圧側折れ曲がりシール４０３と、負圧側折れ曲がりシール４０１は、シリコンその他のエラストマー材料から形成されている。

30

【００４０】

環状取付けプレート２９には、環状後方シール４３０が、エポキシなどを用いて接着ないしは結合される。後方シール４３０は、本実施形態では、円形断面形状を持っており、後方シールはフープと表現することができる。後方シール４３０は環状取付けプレート２９に沿ってプラットフォーム３２の半径方向内方に配置されて、取付けプレートと、ブレード２０の後縁ＬＥと、ブレードを囲んで隣接するプラットフォームと、によって定まる隙間をシールする。

40

【００４１】

図２、図３、図９、及び図１０を参照すると、ブレードアウト事象の間に外れたファンブレード２０が隣接する後側ファンブレードに衝突するのを防ぐため、前方ディスクラグ３４の上にファンディスク用軟質ブレードアウト・バンパ４００が配置される。ブレードアウト・バンパ４００は、前方ディスクラグ３４上の周方向に延びる延長部４４０を含み、図１０に破線で図示したファンブレード２０の翼形部５６の負圧側５７に向かって延びる。隣接する後側ファンブレードは周方向に回転しており、円弧状ダブル根元部を持つファンブレードにとっては、この回転は、点位置にまでダブルの荷重を高め、そのた

50

めにブレードのダブテールの一体性に危険を及ぼす。ブレードが回転しすぎて角部の荷重を上昇させることは避けられねばならない。ブレードアウト・バンパ400は、図11に示すようなファンブレード軽量化孔432を持つファンブレード20と共に働くよう設計される。ブレードアウト・バンパ400は、接触が、ファンブレード軽量化孔432の位置ではなく、ファンブレード軽量化孔432の間の軸方向接触位置434のところで確実に行われるように軸方向に位置決めされる。荷重が最少になることを更に保証するために、ブレードアウト・バンパ400は今までの同様なバンパより幅広であり、ファンブレード軽量化孔432の一つの穴中心線435から隣接するファンブレード軽量化孔432穴の中心線まで軸方向に延びる。周方向延長部440は、周方向に向いたバンパ表面442を含む。これは、負圧側57に対面し、メタリック・サーマルスプレー材料のような、金属材料から作られているソフトコーティング436を持つものである。ソフトコーティング436は、ファンブレード20に接するように設計され、該コーティングはファンブレードの材料より柔らかい材料で作られるのでブレードに与える損傷を制限する。例示する実施形態では、バンパ表面442は、軸方向接触位置434におけるブレード20の形に合わせて外形が作られる。

【0042】

図6、図7、及び図8を参照すると、スピナ104は前方延長部86の前方フランジ90には取り付けられており、これによってディスク16に結合されている。ここで、例示した実施形態に示されるように、スピナ104は、ほぼ円錐形をした中空体を持ち、単一製品のスピナである。スピナ104は先端部106を持ち、そこから中間部分108へ向かって円錐前方部分107が後方に延びている。中間部分108からは円錐後方部分109が後方へと延びている。円錐前方部分107と円錐後方部分109は、異なる円錐角度をしている。スピナ104の内表面112をめぐって複数個のボス110が周方向に配列されるが、ここではそれは、スピナの円錐前方部分107と円錐後方部分109の間の中間部分108の中の位置にほぼ対応する軸方向位置で図示されている。複数個のボス・カウンタボア117が、スピナ104の中のボス・ボルト穴118に対して軸方向に隣接し、その前方に位置し、かつ、同軸になっている。ボス・カウンタボア117と対応するボス・ボルト穴118の各々は、スピナ104とボス110の各々を通して、中心線11に対し軸方向に平行に延びている。スピナボルト120は、ボス・ボルト穴118を通して配置され、環状前方フランジ90の中の前ボルト穴100に埋め込まれたスピナナット122の中にねじ係合されて、スピナ104を環状前方フランジ90及びディスク16に固定する。スピナナット122はシャンクナットであり、前方ボルト穴に埋め込まれた状態でナットの回転が防止される。

【0043】

スピナ104の後方円錐部分109の軸方向後方スピナ端128には、後方スピナフランジ126が取り付けられる。後方スピナフランジ126を軸方向に通して配置された複数個のフランジ軽量化孔134が、後方スピナフランジの周りに周方向に配列される。フランジ軽量化孔134は、大きな間隙を有するように充分な大きさにされていて、前方延長部86の前方フランジ90にスピナが組み合わされ固定されるとき、プラットフォーム・ピン220のねじ付き前方シャンク部分がフランジ軽量化孔を容易に通り返けることができる。例示したこの実施形態では、プラットフォーム・ピン220よりフランジ軽量化孔134の方が数が多い。スピナ104は、中間部分108で接続された円錐前方部分107と円錐後方部分109を持つ二円錐の形状としてここに図示されている。本発明では他の形状も考慮に入れられている。

【0044】

ボス穴214の中のプラットフォーム・ピン220は、プラットフォームの前方部分を半径方向に支持する働きをする。プラットフォーム32の前部取付けラグ40は、リム62の前向き円形リム表面142と後方スピナフランジ126の間に嵌合され、これによって、プラットフォーム全体を軸方向に支持する働きをする。

【0045】

10

20

30

40

50

ここでは、本発明の好ましい例示的な実施の形態と考えられるものを説明しててきたのであるが、ここでの説明から本発明の他の修正も当業者には明らかであろう。よって、本発明の技術思想と技術的範囲に含まれるそのような全ての変形例が特許請求の範囲により保護されることが望まれる。

【 0 0 4 6 】

従って、本出願によって保護されることが望まれるものは、最初の特許請求の範囲の中に記載し特定している発明である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の例示的なファン組立体を示す、ターボファン・ガスタービンエンジン前方部分の部分断面図。

10

【図 2】 図 1 に示すファン組立体中のファン・ロータの分解斜視図。

【図 3】 図 1 に示すファンディスクの斜視図。

【図 4】 図 3 に示すファンディスクの拡大断面図。

【図 5】 図 1 に示すターボファン・ガスタービンエンジン前方部分のブースタ・ロータ部に取り付けられた、図 2 に示すファン・ディスクロータの断面図。

【図 6】 図 1 に示すファン・ロータのスピナを前方から後方に見た斜視図。

【図 7】 図 1 に示すファン・ロータのスピナを後方から前方に見た斜視図。

【図 8】 図 1 に示すファン・ロータのスピナの拡大断面図。

【図 9】 図 3 に示すファンディスク中のダブルスロットの断面図。

【図 10】 図 3 に示すファンディスクの一部の拡大斜視図。

20

【図 11】 図 1 に示すファンディスク中のダブルスロットに取り付けられた、ファンブレード軽量化孔付きファンブレードの下側部分の断面図。

【図 12】 図 10 に示すファンディスクの前方部分の拡大斜視図。

【図 13】 図 10 に示すファンディスクのダブルスロット中のスペーサの斜視図。

【図 14】 図 1 に示すファンディスク中のリテーナと噛み合わされた、図 13 に示すスペーサの前方部分の斜視図。

【図 15】 図 14 に示すリテーナを前方から後方へ見た斜視図。

【図 16】 図 14 に示すリテーナを後方から前方へ見た斜視図。

【図 17】 図 1 に示すファンディスク中の前方シール及び後方シールの断面図。

【図 18】 図 17 に示す前方シールを半径方向内方へ見た断面図。

30

【図 19】 図 1 に示すファン・ロータのファン・プラットフォームを前方から後方へ見た斜視図。

【図 20】 図 1 に示すファン・ロータの上に組立てられたファン・プラットフォームを半径方向内方へ見た断面図。

【図 21】 図 19 に示すファン・プラットフォームを半径方向外方へ見た斜視図。

【図 22】 図 13 に示すスペーサの線 22 - 22 による断面図。

【図 23】 図 13 に示すスペーサの線 23 - 23 による断面図。

【図 24】 図 13 に示すスペーサの線 24 - 24 による断面図。

【図 25】 図 5 のファンディスクの破線に囲まれた円内部分の拡大図。

【図 26】 図 20 に示すファン・プラットフォーム上のシールの分解斜視図。

40

【図 27】 図 26 に示すプラットフォームの線 27 - 27 による断面図。

【図 28】 図 4 のファンディスクの破線 28 で囲まれたスロット部分の拡大図。

【図 29】 図 5 のファンディスクの破線 29 で囲まれたプレートボルト組立体 25 部分の拡大図。

【符号の説明】

10 ガスタービンエンジン

11 エンジン中心線

12 ファン組立体

14 ファン駆動シャフト

16 ロータディスク

50

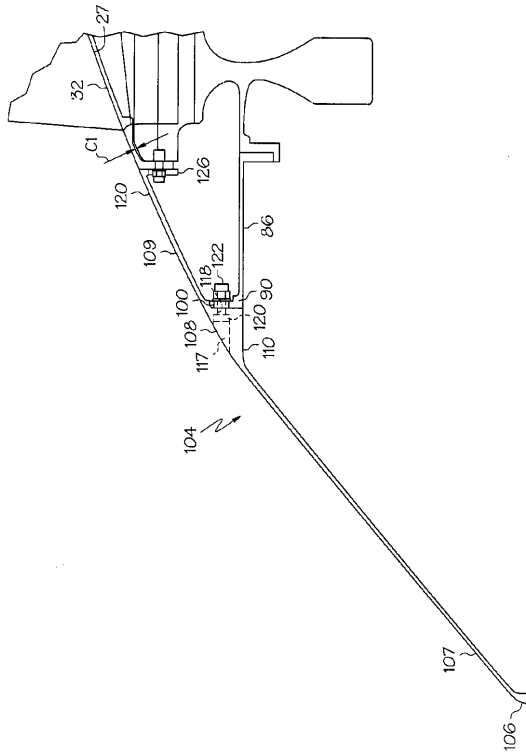
| | | |
|-----|------------|----|
| 1 8 | 列 | |
| 1 9 | スプール孔 | |
| 2 0 | ファンブレード | |
| 2 1 | ボルト頭部 | |
| 2 2 | ブースタベーン | |
| 2 3 | 中間孔 | |
| 2 4 | ブースタブレード | |
| 2 5 | プレートボルト組立体 | |
| 2 6 | ブースタ圧縮機 | |
| 2 7 | プラットフォーム壁 | 10 |
| 2 8 | ブースタスプール | |
| 2 9 | 取付けプレート | |
| 3 0 | ボルト組立体 | |
| 3 2 | プラットフォーム | |
| 3 3 | ナット | |
| 3 4 | 前方ディスクラグ | |
| 3 5 | 後方ディスクラグ | |
| 3 6 | 外表面 | |
| 3 7 | キャリッジボルト | |
| 3 8 | フレーム | 20 |
| 3 9 | 平坦面取り部 | |
| 4 0 | 前部取付けラグ | |
| 4 1 | ブッシュ | |
| 4 2 | 中間部取付けラグ | |
| 4 3 | スラストベアリング | |
| 4 4 | 後部取付けラグ | |
| 4 5 | 外側角部 | |
| 4 6 | 前方端 | |
| 4 7 | 中間部穴 | |
| 4 8 | 後方端 | 30 |
| 4 9 | 後部穴 | |
| 5 0 | ディスクポスト | |
| 5 1 | 孔 | |
| 5 2 | ダブテールスロット | |
| 5 5 | 正圧側 | |
| 5 6 | 翼形部 | |
| 5 7 | 負圧側 | |
| 5 8 | ダブテール根元部 | |
| 5 9 | ノッチ | |
| 6 0 | 過渡部分 | 40 |
| 6 1 | ウェブチャンネル | |
| 6 2 | リム | |
| 6 3 | 外表面 | |
| 6 4 | ハブ | |
| 6 5 | 前方端 | |
| 6 6 | ボア | |
| 6 7 | 後方端 | |
| 6 8 | ウェブ | |
| 6 9 | オーバハング | |
| 7 0 | バースト・スロット | 50 |

| | | |
|-------|---------------|----|
| 7 1 | 内側フィレット | |
| 7 2 | 隣接する対 | |
| 7 3 | 外側フィレット | |
| 7 4 | アンダーカット | |
| 7 5 | 内側曲率半径 | |
| 7 6 | ダブルテールスロット圧力面 | |
| 7 7 | 外側曲率半径 | |
| 7 8 | ダブルテール根元部圧力面 | |
| 8 1 | アンダーカット角度 | |
| 8 2 | リム部分 | 10 |
| 8 3 | 外側尖頭半径 | |
| 8 4 | 内側尖頭半径 | |
| 8 5 | 尖頭形 | |
| 8 6 | 前方延長部 | |
| 8 7 | 後方延長フランジ | |
| 8 8 | 最前方のもの | |
| 8 9 | 環状前部アーム | |
| 9 0 | 前方フランジ | |
| 9 4 | 後方フランジ | |
| 9 6 | 後方アーム | 20 |
| 9 8 | 最後尾のもの | |
| 1 0 0 | ボルト穴 | |
| 1 0 1 | 突状部 | |
| 1 0 2 | 軽量化孔 | |
| 1 0 4 | スピナ | |
| 1 0 6 | 先端部 | |
| 1 0 7 | 円錐前方部分 | |
| 1 0 8 | 中間部分 | |
| 1 0 9 | 円錐後方部分 | |
| 1 1 0 | ボス | 30 |
| 1 1 2 | 内表面 | |
| 1 1 7 | ボス・カウンタボア | |
| 1 1 8 | ボス・ボルト穴 | |
| 1 2 0 | スピナボルト | |
| 1 2 2 | スピナナット | |
| 1 2 6 | 後方スピナフランジ | |
| 1 2 8 | 後方スピナ端 | |
| 1 3 4 | 軽量化孔 | |
| 1 4 0 | プラットフォーム前縁 | |
| 1 4 2 | リム表面 | 40 |
| 1 4 4 | 背面壁 | |
| 1 5 0 | 前方ピン | |
| 1 5 2 | 第 1 カウンタボア | |
| 1 5 4 | 第 1 ボルトボア | |
| 1 5 6 | 後方端 | |
| 1 5 8 | 自由端 | |
| 1 5 9 | 円筒体 | |
| 1 6 0 | 第 1 直径 | |
| 1 6 1 | シャンク | |
| 1 6 2 | 第 2 直径 | 50 |

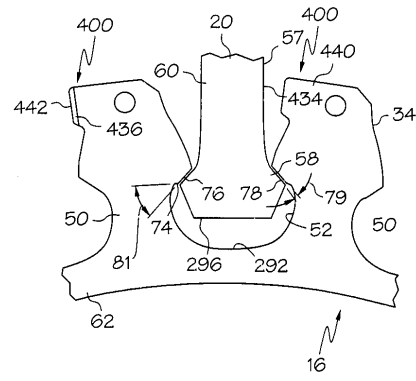
| | | |
|-------|--------------|----|
| 1 6 4 | ねじ付き皿繰りナット | |
| 1 7 0 | 後部孔 | |
| 1 7 4 | 内側孔 | |
| 1 7 6 | シャンク | |
| 1 7 8 | 自由端 | |
| 1 8 0 | ボルト | |
| 1 8 2 | ボルト頭部 | |
| 1 8 8 | 平滑部分 | |
| 1 9 0 | ナット | |
| 2 0 0 | 後方ピン | 10 |
| 2 0 2 | 円筒体 | |
| 2 0 4 | シャンク | |
| 2 0 6 | 自由端 | |
| 2 0 7 | 平滑部分 | |
| 2 0 8 | 外側孔 | |
| 2 1 0 | ナット | |
| 2 1 4 | ポスト穴 | |
| 2 2 0 | プラットフォーム・ピン | |
| 2 2 2 | 円筒体 | |
| 2 2 4 | シャンク | 20 |
| 2 2 6 | ねじ付き自由端 | |
| 2 2 8 | 平滑部分 | |
| 2 3 0 | ねじ付き皿繰りナット | |
| 2 3 2 | 無ねじ部分 | |
| 2 3 6 | 内表面 | |
| 2 3 8 | プラットフォームバンパ | |
| 2 3 9 | バンパ長 | |
| 2 4 0 | 平坦底面 | |
| 2 4 4 | 後方部分 | |
| 2 5 2 | 前方部分 | 30 |
| 2 6 2 | 正圧側縁 | |
| 2 6 4 | 負圧側縁 | |
| 2 7 0 | 後部補強リブ | |
| 2 7 1 | 前部補強リブ | |
| 2 7 2 | 第 1 間隔 | |
| 2 7 4 | 前方縁 | |
| 2 7 8 | 自由端 | |
| 2 9 0 | スペーサ | |
| 2 9 2 | 底面壁 | |
| 2 9 6 | 根元部底面 | 40 |
| 3 0 0 | バックボーン | |
| 3 0 2 | 前方ダブルテールランド部 | |
| 3 0 4 | 中間ダブルテールランド部 | |
| 3 0 8 | 後方ダブルテールランド部 | |
| 3 1 0 | バックボーン表面 | |
| 3 1 2 | ライザ | |
| 3 1 4 | 平坦なトップ | |
| 3 1 6 | 軸方向タブ孔 | |
| 3 1 8 | 半径方向タブ孔 | |
| 3 1 9 | 湾曲縁 | 50 |

| | | |
|-------|---------------|----|
| 3 2 0 | スペーサ・タブ | |
| 3 2 1 | 矩形断面 | |
| 3 2 2 | 前方正面 | |
| 3 2 4 | 平坦なトップ | |
| 3 3 0 | ボイド | |
| 3 3 2 | エラストマー材料 | |
| 3 4 0 | スペーサ・アンダーカット | |
| 3 5 0 | リテーナ | |
| 3 5 2 | 保持スロット | |
| 3 6 0 | 一枚板状ブロック | 10 |
| 3 6 2 | リテーナ壁 | |
| 3 6 4 | 矩形棚状部 | |
| 3 6 5 | 棚状部中心線 | |
| 3 6 6 | 内側縁 | |
| 3 6 8 | リテーナ・スロット | |
| 3 7 0 | 棚状部孔 | |
| 3 7 1 | リテーナ・ランド部 | |
| 3 7 2 | リテーナ・ランド部 | |
| 3 7 3 | スペーサ・ボルト | |
| 3 7 4 | リテーナ背面 | 20 |
| 3 7 6 | スペーサ・ボルト・シャンク | |
| 3 7 8 | スペーサ・ナット | |
| 3 7 9 | スペーサ・ボルト頭部 | |
| 4 0 0 | ブレードアウト・バンパ | |
| 4 0 1 | 負圧側折れ曲がりシール | |
| 4 0 2 | シール平坦基部 | |
| 4 0 3 | 正圧側折れ曲がりシール | |
| 4 0 4 | 折れ曲がりシール脚部 | |
| 4 1 0 | 前方シール | |
| 4 1 2 | 環状空間 | 30 |
| 4 1 4 | 前方向き平坦部 | |
| 4 1 6 | ラベット | |
| 4 3 0 | 環状後方シール | |
| 4 3 2 | 軽量化孔 | |
| 4 3 4 | 接触位置 | |
| 4 3 5 | 穴中心線 | |
| 4 3 6 | ソフトコーティング | |
| 4 4 0 | 延長部 | |
| 4 4 2 | バンパ表面 | |
| 4 7 6 | シャンク | 40 |
| 4 7 8 | ねじ付き自由端 | |
| 4 8 0 | 平滑部分 | |
| 7 1 8 | インコネル | |
| A | 断面領域 | |
| A R | 弧 | |
| C 1 | 第 1 の間隙 | |
| C 2 | 第 2 の間隙 | |
| D 1 | ブロック厚 | |
| D 2 | リテーナ壁厚 | |
| L 1 | 長い軸長 | 50 |

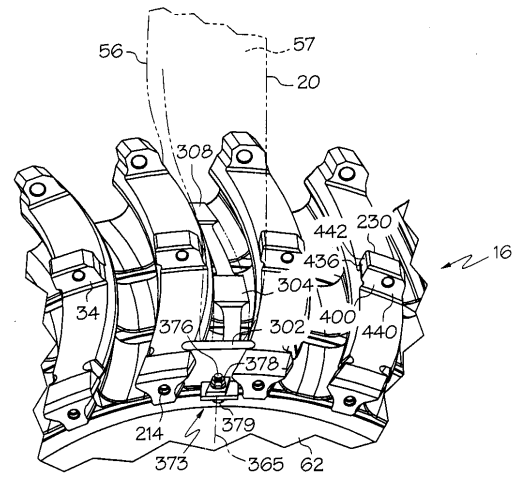
【図 8】



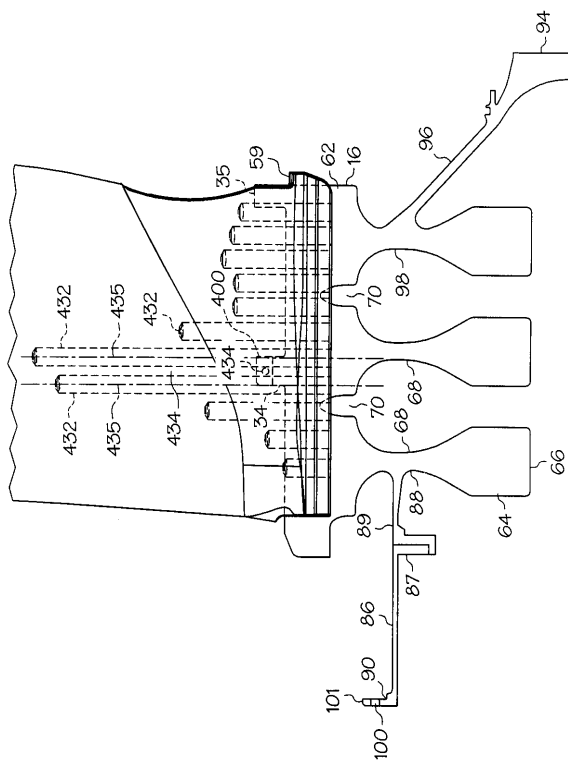
【図 9】



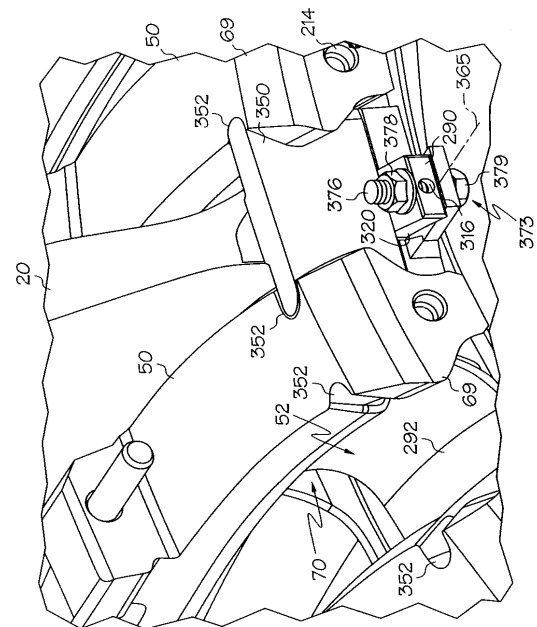
【図 10】



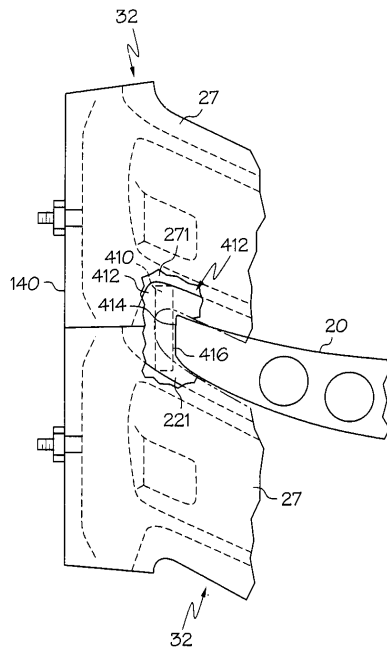
【図 11】



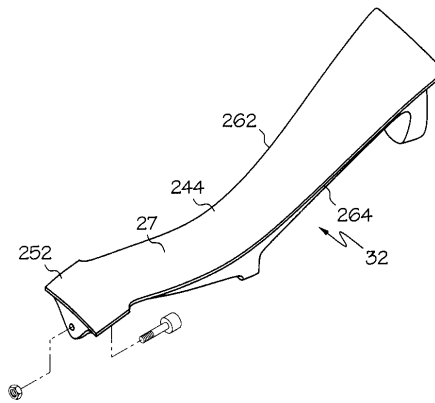
【図 12】



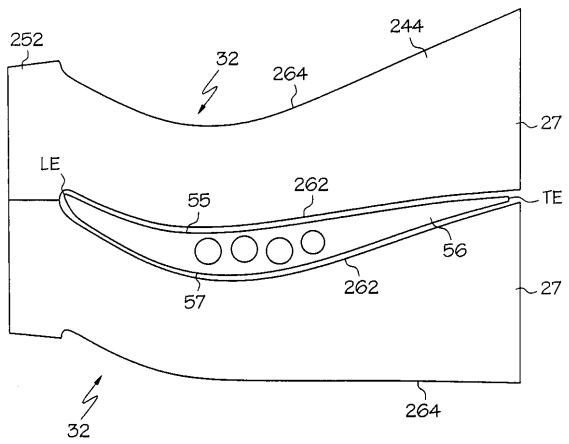
【図 18】



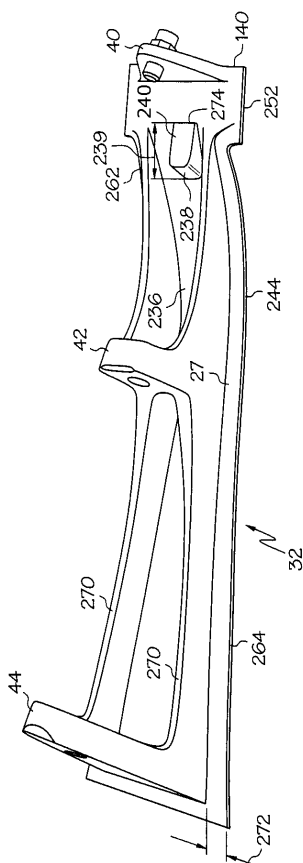
【図 19】



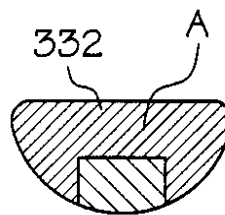
【図 20】



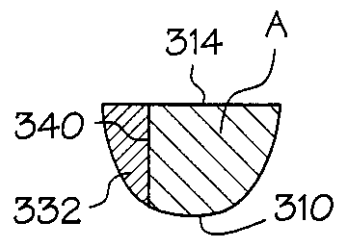
【図 21】



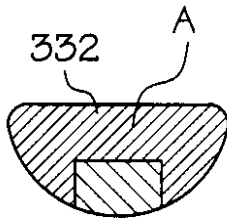
【図 22】



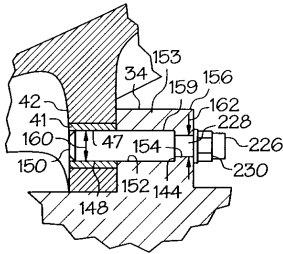
【図 23】



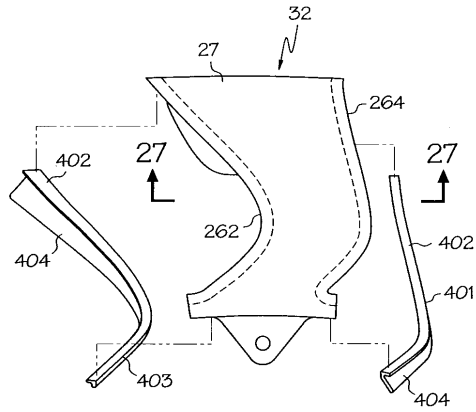
【図 2 4】



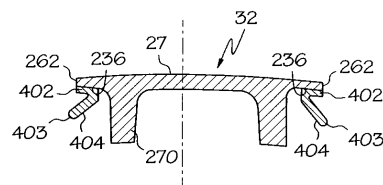
【図 2 5】



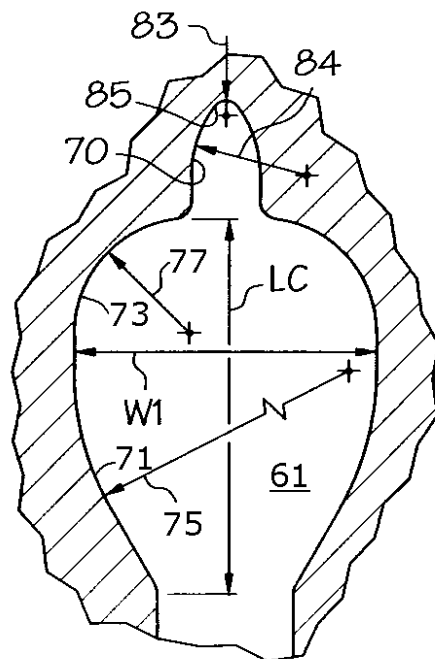
【図 2 6】



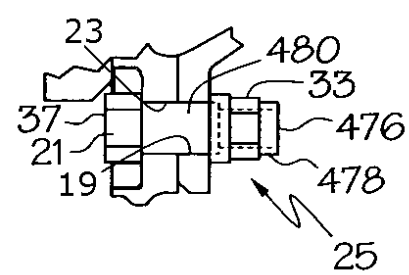
【図 2 7】



【図 2 8】



【図 2 9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 0 0 8 9 0 7 (J P , A)
米国特許第 0 5 1 2 3 8 1 3 (U S , A)
特開昭 5 9 - 1 0 1 5 9 9 (J P , A)
特開平 0 6 - 0 3 3 7 0 2 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F02K 3/06
F04D 29/34