

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4780831号
(P4780831)

(45) 発行日 平成23年9月28日 (2011.9.28)

(24) 登録日 平成23年7月15日 (2011.7.15)

(51) Int.Cl.

F I

F O 1 D 25/24 (2006.01)

F O 1 D 25/24

T

F O 2 C 7/00 (2006.01)

F O 1 D 25/24

D

F O 4 D 29/52 (2006.01)

F O 2 C 7/00

E

F O 4 D 29/52

B

F O 4 D 29/52

E

請求項の数 10 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-366451 (P2000-366451)
 (22) 出願日 平成12年12月1日 (2000.12.1)
 (65) 公開番号 特開2001-200798 (P2001-200798A)
 (43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)
 審査請求日 平成19年11月29日 (2007.11.29)
 (31) 優先権主張番号 09/454706
 (32) 優先日 平成11年12月3日 (1999.12.3)
 (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
 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 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (72) 発明者 ロバート・ジョン・ヘメルガー
 アメリカ合衆国、オハイオ州、メイソン、
 ハミングバード・ドライブ、6046 番
 (72) 発明者 スガトール・ブハッタチャー
 アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
 イ、リーズ・レーン・イースト、6611
 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輪郭ハードウォールコンテインメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ターボ機械 (10) の中心軸線 (12) を中心に回転可能な略円形ディスク (32) に装着された複数のブレード (70) と、
 上記複数のブレード (30) と略軸方向に整列し、上記複数のブレード (30) を略同心に取り囲むように配置された環状ケーシング (80) と
 を備えてなるターボ機械 (10) 用ブレードコンテインメント構造 (70) であって、
 上記ケーシング (80) が、ターボ機械の中心軸線 (12) に平行に測定してブレード (30) の前縁 (110) と後縁 (112) のそれぞれ前方から後方に至る長さを有するとともにディスク (32) から脱落したブレード (30) の貫入に十分耐える軸方向に滑らかに変化する所定厚さを有する 1 以上の耐衝撃性セクション (78) を有して、
 予測されるブレード衝撃時に耐衝撃性セクション (78) の長さ域内でケーシング (80) が滑らかに変化する最大塑性歪値を示すようにケーシング (80) の各軸方向位置での厚さが選択されている、ブレードコンテインメント構造 (70)。

【請求項 2】

ケーシング (80) の半径方向外面に結合しかつ該外面から半径方向外側に延びる少なくとも 1 つの補剛リング (72) をさらに備えてなり、該補剛リング (72) の特性が、ディスク (32) から脱落したブレード (30) による衝撃で補剛リング (72) が圧潰するように選択されている、請求項 1 に記載のブレードコンテインメント構造 (70)。

【請求項 3】

10

20

補剛リング（７２）が、ケーシング（８０）から半径方向外側に延在しかつケーシング（８０）と一体に結合した略平坦なフランジ（３０２）を備えてなる、請求項２記載のブレードコンテインメント構造（７０）。

【請求項４】

補剛リング（７２）が、フランジ（３０２）の所定の内径と外径の間で補剛リング（７２）を軸方向に貫通する孔（３０６）にして円周方向に隔設された複数の孔（３０６）を含む、請求項３記載のブレードコンテインメント構造（７０）。

【請求項５】

ケーシング（１８０）に直接隣接して配置され、軸方向にケーシング（１８０）に沿って耐衝撃性セクション（７８）と同延に延在する制振構造（１７２）をさらに備えてなる、請求項１に記載のブレードコンテインメント構造（１７０）。

10

【請求項６】

制振構造（１７２）がケーシング（１８０）の外面に配置される、請求項５記載のブレードコンテインメント構造（１７０）。

【請求項７】

制振構造（１７２）がハニカム構造を備えてなる、請求項６記載のブレードコンテインメント構造（１７０）。

【請求項８】

制振構造（１７２）が１以上の層の防弾織物を備えてなる、請求項６記載のブレードコンテインメント構造（１７０）。

20

【請求項９】

制振構造（２７２）がケーシング（２８０）の半径方向内面に配置される、請求項５記載のブレードコンテインメント構造（２７０）。

【請求項１０】

制振構造（２７２）がハニカム構造を備えてなる、請求項９記載のブレードコンテインメント構造（２７０）。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ガスタービンエンジン用のブレードコンテインメント構造に関し、さらに具体的には、回転ディスクから脱落したブレードの衝撃を受けた際、局部的破損に耐える輪郭ケーシングを有するブレードコンテインメントシステムに関する。

30

【０００２】

【従来技術】

ガスタービンエンジンの範疇に属し、航空機の推進装置に使用し得る従来の高バイパス比ターボファンエンジンは、通例、軸方向の流れの順に、ファン、ブースタ、高圧圧縮機、燃焼器、高圧タービン及び低圧タービンをエンジンの長手方向中心軸線の周囲に含んでいる。高圧タービンは第一ロータ軸を介して高圧圧縮機と駆動的に連結しており、低圧タービンは第二ロータ軸を介してファン及びブースタと駆動的に連結している。ファンには、環状ディスクと該ディスクに装着された複数の半径方向に延在するブレードが含まれており、ディスクとブレードは、エンジンの長手方向中心軸線を中心に回転し得る。かかるファンの外周はコンテインメントケーシングで取り囲まれているが、該コンテインメントケーシングは、１以上のブレードの壊滅的破壊、破片の吸込などによって１以上のファンブレードがディスクから脱落したときにエンジン及び航空機の構造上の損傷を防止もしくは最小限に抑えるため、運転中にファンブレードがディスクから脱落したときにファンブレードを封じ込めることができるように設計される。

40

【０００３】

軽量化のため、従来技術のケーシングでは強度条件を満足しつつ材料の厚さを最小限にすることが試みられてきた。従って、ケーシングの一次衝撃領域に所要強度を与えるため、ケーシングから半径方向外側に厚みを増す外周リングからなるコンテインメントリングと

50

呼ばれる補強構造が用いられてきた。こうしたコンテインメントリングの存在によって、ケーシングは衝撃位置に鋭く反応するようになる。ブレードの衝撃の際、コンテインメントリングの存在が局所的に高い歪領域を生じる原因となって破壊につながるおそれもあり、仮にコンテインメントリングの存在によって生じた「ハードスポット」付近のケーシングにブレードが衝撃を与えることがあれば剪断破壊を促すことにもなりかねない。

【 0 0 0 4 】

D e m b e c k 他の特許第 4 4 1 7 8 4 8 号には、従来技術のコンテインメントシステムの一例が開示されている。この米国特許特許に開示されたコンテインメントシステムでは、ファンケーシングシェル 6 0 は予測されるブレード衝撃の可能性が最も高い軸方向位置に最大厚さ T_{max} を有する。ケーシングの厚さは、軽量化のため、最大厚さ部から連続的又は段階的に薄くなっている。このタイプのコンテインメントシステムは、厚さが一定のケーシングに比べて軽量化できるが、上記 D e m b e c k の米国特許では、コンテインメントセクション全体の材料の使用を最適化する可能性には取り組んでいない。

【 0 0 0 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

そこで、航空宇宙用のターボファンエンジン等のターボ機械用改良コンテインメントケーシングを提供できれば有益であるが、該コンテインメント構造には、脱落ファンブレードによる衝撃に耐えられるコンテインメント構造の能力を向上させるための耐衝撃性セクションが設けられておりと同時に、コンテインメント構造は、コンテインメント用材料の輪郭厚さを最適化しつつ回転ディスクから脱落したブレード衝撃の軸方向位置に比較的鈍感であるべきである。

【 0 0 0 6 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明では、ブレードの半径方向外側にブレードを取り囲むように配置された環状ケーシングを含むブレードコンテインメント構造について開示する。ケーシングは、脱落ブレードによる衝撃で貫入しないような十分な厚さの材料からなる耐衝撃性セクションを有する。耐衝撃性セクションの厚さは、材料厚さの急変による局所的に高い歪集中や剪断破壊を起こさずに材料の使用を最適化するとともに公知の一次衝撃領域を局所的に強化できるように、滑らかな輪郭をえがく。

【 0 0 0 7 】

【 発明の実施の形態 】

次に図面を参照するが、全図面を通して同一符号は同じ構成要素を示す。図 1 は、高バイパス比ターボファンエンジン 1 0 の一例の縦断面図を示す。エンジン 1 0 は、軸方向の流れの順に、ファンロータ 1 4、ブースタ 1 6、高圧圧縮機 1 8、燃焼器 2 0、高圧タービン 2 2 及び低圧タービン 2 4 を長手方向中心軸線 1 2 の周囲に含む従来構造を含んでいる。高圧タービン 2 2 は第一ロータ軸 2 6 で高圧圧縮機 1 8 に駆動的に連結し、低圧タービン 2 4 は第二ロータ軸 2 8 でブースタ 1 6 及びファンロータ 1 4 と駆動的に連結している。ファンロータ 1 4 は、環状ディスク 3 2 に装着された半径方向に延在する複数のブレード 3 0 を備えてなり、ディスク 3 2 とブレード 3 0 は、エンジン 1 0 の長手方向中心軸線 1 2 を中心に回転し得る。

【 0 0 0 8 】

エンジン 1 0 の運転中、周囲空気 3 4 はエンジン入口に入り、主ガス流 3 6 を示す第一部分は、ファンロータ 1 4、ブースタ 1 6 及び高圧圧縮機 1 8 を流れ、各部品で逐次加圧される。主ガス流 3 6 は次いで燃焼器 2 0 に入り、そこで加圧空気を燃料と混合して高エネルギーガス流を生じる。高エネルギーガス流は高圧タービン 2 2 に入って膨張するが、その際高圧圧縮機 1 8 を駆動するためのエネルギーが抽出され、次いで、低圧タービン 2 4 に入ってさらに膨張するが、その際ファンロータ 1 4 とブースタ 1 6 を駆動するためのエネルギーが抽出される。二次流又はバイパス空気流 3 8 を示す周囲空気 3 4 の第二部分は、ファンロータ 1 4 とファン出口案内翼 4 0 を通過してから環状ダクト 4 2 を通してエンジンを出るが、第二空気流 3 8 はエンジン推力のかなりの部分を与える。

【 0 0 0 9 】

図 2 は、ハードウォールコンテインメントシステムとして知られる従来技術のコンテインメントシステムを示す。この図で、全体を符号 6 0 で示すコンテインメントシステムは、ブレード衝撃時に貫入しないような十分な材料厚みをもった金属ケーシングシェル 6 6 で構成される。ケーシングシェルは、通例鋼又はアルミニウムのような材料で作られる。重量を最小限に抑えるため、ケーシングシェル 6 6 は肉薄に機械加工される。ブレード脱落時に直接衝撃を受ける可能性の高い領域（一次衝撃領域と呼ばれる）は一体成形環状コンテインメントリング 6 4 で補強される。振動条件を満たすため、ケーシング 6 6 には環状補剛リング 6 2 が設けられる。場合によっては、ケーシングにはコンテインメントリング 6 4 と補剛リング 6 2 の両方の機能を果たすリングが設けられる。コンテインメントリング 6 4 の存在により、ケーシングシェル 6 6 の厚さは急激に変化する。ブレード衝撃時にケーシングが撓むと、高い歪の局所領域を生じることがあるが、こうした領域はケーシングシェル 6 6 の破壊を起こし易い。さらに、コンテインメントリング 6 4 の前端と後端での材料厚みの急激な変化は、脱落ブレードがたまたまコンテインメントリング 6 4 付近のケーシングに衝撃を与えたときにケーシングの剪断破壊を助長するおそれがある。

10

【 0 0 1 0 】

図 3 は本発明の一例を示す。ブレードコンテインメントシステム 7 0 は、ブレード（図示せず）の半径方向外側に、ブレードを取り囲むように配置された環状ケーシング 8 0 を含んでいる。ケーシングは、脱落ブレードによる衝撃で貫入しないような十分な厚さの材料で形成された耐衝撃性セクション 7 8 を有する。エンジンの中心軸線 1 2 に平行な耐衝撃性セクションの長さは種々変更し得るが、典型的には、耐衝撃性セクションはブレードの前縁と略向かい合った位置から、ブレード先端の翼弦長の約 1 . 5 倍だけ後方に離れた位置まで延在する。アブレイダブルシュラウド 7 6 を収容するためケーシング 8 0 の半径方向内面にポケット 7 7 が形成される。ポケット 7 7 及びアブレイダブルシュラウド 7 6 の前端と後端（それぞれ符号 1 1 0 及び 1 1 2 で示す）は、ブレード先端（図示せず）の前縁及び後縁と略向かい合うように配置される。アブレイダブルシュラウド 7 6 は、ファンブレードの先端がシュラウド 7 6 と接触したときに摩耗する材料からなる。こうすることで、エンジンの長手方向中心軸線 1 2 からファンブレードの軸が一時的にぶれても、ブレード又はケーシング 8 0 に永久損傷を与えないようにすることができる。

20

【 0 0 1 1 】

ケーシング 8 0 は、例えば鋼やアルミニウムを始めとする様々な材料から構成し得る。ケーシング 8 0 又はケーシング 8 0 のセクションは、遠心鑄造、鍛造又は押出してもよい。ケーシングは 1 以上の円周方向セクション又は軸方向セクションから組み立ててもよく、溶接等によって互いに接合すればよい。ケーシング 8 0 は一対の押出品として成形してもよく、軸方向に端部同士を溶接して完成ケーシング 8 0 とすればよい。次いで、機械加工その他の公知方法でケーシング 8 0 の最終寸法及び形状を形成する。

30

【 0 0 1 2 】

耐衝撃性セクション 7 8 の厚さは、材料使用量を最適化して総重量を最小限にするため、滑らかな輪郭をえがく。本発明のケーシングは、大きな半径方向の撓みに耐えるので、局所的な高い歪集中も材料厚さの急激な変化による剪断破壊も生じることなく、大きなエネルギーを吸収できる。さらに、耐衝撃性セクション 7 8 には、相対的に厚みの増した 1 以上の補強領域 7 4 が組み込まれていてもよい。かかる補強領域 7 4 は、経験的に予測される一次衝撃領域の局所的補強を可能にする。セクション 7 4 は、従来技術で用いらたコンテインメントリングとは異なり、ケーシング 8 0 の隣接セクションへと滑らかに推移する。ケーシングには、振動条件を満足するため 1 以上の補剛リング 7 2 が組み込まれていてもよいが、かかる補剛リングについては後で詳述する。

40

【 0 0 1 3 】

作動条件下でのブレードの脱落は、通常異物がファンに吸い込まれて起こる複合的事象である。ブレードはケーシングに衝突する前に部分的破壊を受ける場合があり、隣接ブレードの衝撃によってファンディスクの平面外へと軸方向にシフトする場合がある。

50

【 0 0 1 4 】

ブレード脱落、それに続くケーシングに対する衝撃、その結果生じるケーシングの撓みは、当業者に公知の解析法でシミュレートされる。ある方法では、ソフトウェアモデリングパッケージを用いる。市販ソフトウェアパッケージの一例は、Livermore Software Technology社（米国94550カリフォルニア州リバーモア、ウェイバリー・ウェイ2876番）から市販のLS-Dynaであり、これは陽解法を用いてブレードがケーシング80を衝撃したときに起こる非線形接触力学のタイムフォワード解を生じる。このソフトウェアパッケージは、ブレード衝撃時にケーシング80内の各所で起こる歪をグラフ表示する。

【 0 0 1 5 】

モデリングソフトウェアの結果は、設計技術者が耐衝撃性セクションの長さに沿った様々な位置でのケーシング80の厚さを修正するのに用いられる。その新たな設計を同じシミュレーションにかけて新たな結果を得る。ケーシングの設計はこうした反復プロセスを通して進められ、満足すべき結果が得られるまで続けられる。

【 0 0 1 6 】

ブレード衝撃が起これると、ケーシング80の耐衝撃性セクション78は半径方向外側にずれ、ケーシング80の耐衝撃性セクション78の材料は塑性歪を受ける。各軸方向位置でのケーシング80の歪は、ケーシング80に用いた具体的材料、衝撃力学及びケーシングの設計に依存する。法的規制及び安全上の要件のため、ケーシング80は、所定の試験条件下でブレード衝撃による貫入に耐えなければならない。また、航空機用途では余分な重量は性能低下と燃料消費量の増加につながるので、ケーシング80はできるだけ軽量でなければならない。

上述の反復プロセスを用いて、塑性歪値が耐衝撃性セクション78の長さに沿って徐々に変化し、塑性歪の値が急激に変化したりせず直接衝撃を受けた位置で最大ピークを示し直接衝撃を受けた位置から軸方向前方及び後方に向かって徐々に減少するように、前述の反復過程を用いて耐衝撃性セクション78の長さに沿った各軸方向位置でのケーシング80の厚さを選択する。歪が許容レベルを超える位置には材料を追加し、歪の非常に低い位置からは材料を除く。理想的には、モデリング能力と反復数が十分であれば、耐衝撃性セクション内の各位置が所与の衝撃条件についての破壊歪と実際の歪の間の所望の最小限マージンを有していてどの位置でも所要歪マージンを越えることがない（すなわち、耐衝撃性セクション78の軸方向長さに沿ってマージンを実質的に等しくできる）ように、ケーシング厚を最適化できる。

【 0 0 1 7 】

本発明の実施例として、直径約93.8インチのワイドコード型チタンファンブレードを有するエンジン用のコンテインメントケーシングの設計を行った。ケーシングは、平均ケーシング厚を約1インチとして、アルミニウム合金で製造した。

【 0 0 1 8 】

ケーシングは、前述のコンピュータモデリングパッケージを用いて設計した。3次元メッシュを用いてモデルを規定した。半径方向では、メッシュは、ケーシングの厚さを測る3つの要素を有していた。軸方向及び円周方向では、メッシュサイズは、半径方向の約3倍乃至5倍であった。この結果、メッシュは複数の平板状要素からなるものとなった。ブレードの脱落及び衝撃をシミュレートすると、耐衝撃性セクション内で約8%の最大歪と約5%の最小歪を生じた。なお、検討した合金の示す破断点伸びは約8%であるので、予測ピーク歪は最高歪点でのメッシュの外側要素での破壊を表す。このことは、中間要素及び内側要素が破壊されなければ、つまりケースがブレードで貫入されなければ、容認できると考えられる。

【 0 0 1 9 】

ケーシング80は、エンジン運転中にファンロータとファンスターとの高調波共振結合を防ぐのに十分な半径方向の剛性又は制振作用を与えることも必要とされる。ロータ/スター「相互作用」と呼ばれるこの状態は、破壊的な大きさの振動を招くおそれがあり、

10

20

30

40

50

相互作用モードが所定の最小限マージンでエンジンの作動域外となるようにケーシング 80 を補強することによって対処する。

【0020】

ロータ/ステータ相互作用要件は、図 6 に示す通り、ケーシング 80 の半径方向外面から半径方向外側に延びる比較的縦長で肉薄の環状補剛リング 302 を組み込むことで満足される。補剛リング 302 には、リング 302 の円周方向に隔設された複数の大孔径軽量化孔 306 が組み込まれる。補剛リング 302 の材料厚み、孔 306 の総数及び直径は、補剛リング 302 で所要の周波数マージンが与えられるが、ディスクから脱落したブレードがケーシング 80 に衝撃を与えるとときにほとんど抵抗せずに圧潰するように、選択される。従って、これらの補剛リング 302 は、滑らかな輪郭をえがくコンテインメント構造という目的を損なうおそれのある局所的ハードスポットをケーシング 80 に生じない。

10

【0021】

補剛リング 302 は、ケーシング 80 を形成する同じ押出品又は複数の押出品の一部として形成してもよいし、或いは別個に製造したものを溶接等によってケーシング 80 に取り付けてもよい。環状外側フランジ 304 を含んでもよい補剛リング 302 及び軽量化孔 306 は、部分完成押出品の機械加工その他公知の方法で形成される。

【0022】

本発明の別の実施形態では、コンテインメント構造 170 は、振動防止のためケーシング 180 外面に配置された制振材 172 が組み込まれている。図 4 を参照すると、制振材 172 は、アルミニウムシート等のシート材から形成されたハニカム構造の形態をとり得る。制振材 172 は、例えば接着剤等でケーシング 180 に固定し得る。制振材 172 は、KEVLAR 繊維 (KEVLAR は E. I. Du Pont De Nemours 社の登録商標である。) のような合成繊維からなる防弾織物のラップ、又はその他当業者に公知の適当な制振材からなるものであってもよい。

20

【0023】

図 5 で全体を符号 270 で示すコンテインメント構造の別の実施形態では、ケーシング 280 の半径方向内面に適当な制振材 272 を加えることによって、ケーシング 280 を振動から保護し得る。制振材 272 は、アルミニウムシート等のシート材からなるハニカム構造 272 の形態をとり得る。制振材 272 には、アブレイダブルシュラウド 276 用のポケット 277 が組み込まれている。この実施形態は、肉厚のアブレイダブル材料が必要とされる用途に適している。かかる用途の一つは、異物の吸込みによるブレード脱落等のファン損傷時に、ファンを低圧タービンシステムから切り離すためのデカップラーとして知られる装置を装備したエンジンがある。デカップラー装備エンジンは、デカップラーを装備していないエンジンよりもファンブレードの半径方向ぶれを大きくできるので、永久損傷を起こさずにブレードの旋回運動に適合するように周囲ケーシング 280 のアブレイダブル材料 276 を厚くする必要がある。

30

【0024】

本発明の特定の実施形態について説明してきたが、当業者であれば特許請求の範囲に規定された本発明の技術的思想及び範囲から逸脱することなく各種の変更をなすことができるのは明らかである。

40

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明のブレードコンテインメントシステムを組み込んだ高バイパス比ターボファンエンジンの一例を示す概略縦断面図。

【図 2】 ハードウォールコンテインメントシステムとして周知の従来技術のブレードコンテインメントシステムを示す概略拡大部分縦断面図。

【図 3】 本発明の第一の実施例を示す概略拡大部分縦断面図。

【図 4】 本発明の第二の実施例を示す概略拡大部分縦断面図。

【図 5】 本発明の第三の実施例を示す概略拡大部分縦断面図。

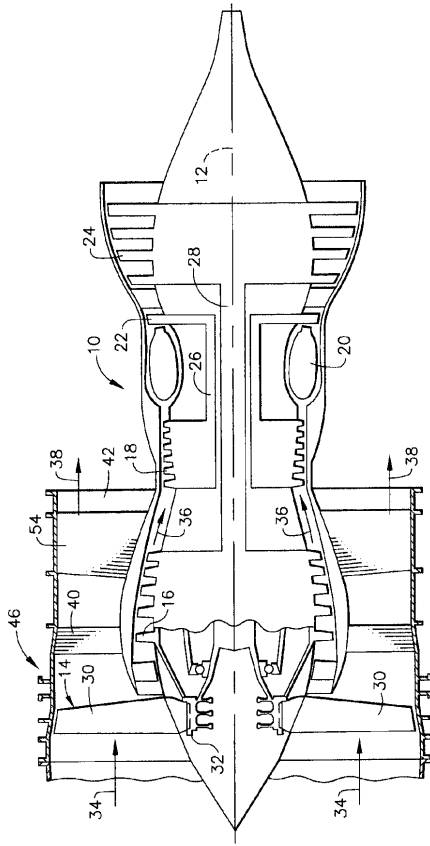
【図 6】 図 3 の線 6 - 6 に沿った概略部分断面図。

【符号の説明】

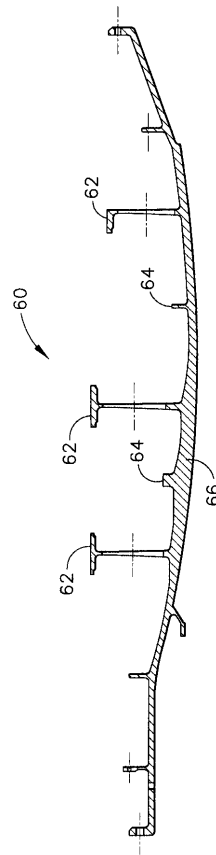
50

1 0	ターボファンエンジン	
1 2	エンジン中心軸線	
1 4	ファンロータ	
1 6	ブースタ	
1 8	高圧圧縮機	
2 0	燃焼器	
2 2	高圧タービン	
2 4	低圧タービン	
2 6	第一ロータ軸	
2 8	第二ロータ軸	10
3 0	ブレード	
3 2	ディスク	
3 4	周囲空気	
3 6	主ガス流	
3 8	第二空気流	
6 0	コンテインメントシステム	
6 2	補剛リング	
6 4	コンテインメントリング	
6 6	ケーシングシェル	
7 0	コンテインメントシステム	20
7 4	補強領域	
7 2	補剛リング	
7 6	シュラウド	
7 7	ポケット	
7 8	耐衝撃性セクション	
8 0	ケーシング	
1 7 0	コンテインメント構造	
1 7 2	制振材	
1 8 0	ケーシング	
2 7 0	コンテインメント構造	30
2 7 2	制振材	
2 7 6	シュラウド	
2 7 7	ポケット	
2 8 0	ケーシング	
3 0 2	補剛リング	
3 0 4	環状外側フランジ	
3 0 6	軽量化孔	

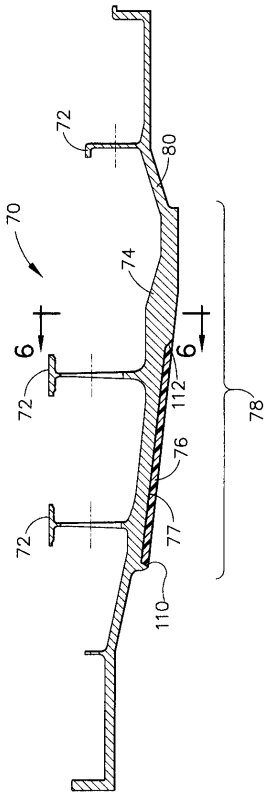
【図 1】



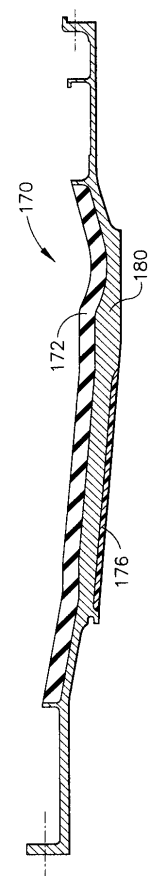
【図 2】



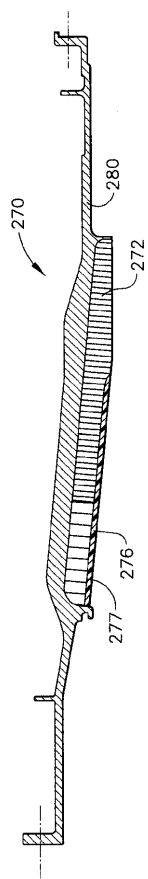
【図 3】



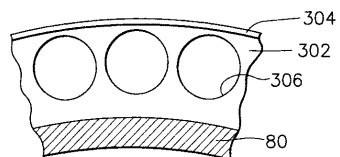
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 ローラ・エイ・アイル
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、ルナ・アベニュー、 2 5 3 3 番
- (72)発明者 ロバート・ボール・ザコル
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナティ、リッチー・アベニュー、 1 9 番
- (72)発明者 マイケル・エル・パーロン
アメリカ合衆国、テネシー州、テン・マイル、ベイサイド・ドライブ、 1 6 0 番

審査官 寺町 健司

- (56)参考文献 特開昭 5 8 - 1 3 8 2 1 0 (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)

F01D 1/00-25/36
F02C 1/00-9/58
F23R 3/00-7/00
F02K 1/00-99/00
F04D 29/52