

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4666719号
(P4666719)

(45) 発行日 平成23年4月6日 (2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日 (2011.1.21)

(51) Int. Cl. F I

B 2 9 C 43/20 (2006.01)

B 2 9 C 43/36 (2006.01)

B 2 9 C 70/06 (2006.01)

F O 4 D 29/38 (2006.01)

B 2 9 K 101/10 (2006.01)

B 2 9 C 43/20

B 2 9 C 43/36

B 2 9 C 67/14 J

F O 4 D 29/38 Z

B 2 9 K 101:10

請求項の数 11 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-172838 (P2000-172838)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成12年6月9日 (2000.6.9)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公開番号	特開2001-129844 (P2001-129844A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公開日	平成13年5月15日 (2001.5.15)		MPANY
審査請求日	平成19年6月8日 (2007.6.8)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(31) 優先権主張番号	09/415714	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成11年10月12日 (1999.10.12)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ウェイピン・ワン
			アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
		(72) 発明者	チャールズ・リチャード・エバンス
			アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ
			イ、マッコウリー・ロード、12136番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 選択的にたわみ得るあて板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 および第 2 の対向する側 (1 2 h、1 2 j) と、該第 1 及び第 2 の側の間で変化して
いる厚さ (B) とを有し、そして製造すべき動翼より厚さが大きい製造すべき該動翼と
形状が同じである複合プリフォーム (1 2) を圧密して該動翼にするためのあて板 (2 4)
であって、

前記プリフォームの第 1 側 (1 2 h) に対して補完的な本体 (2 4 k) を含み、そして前
記本体全体にわたって変わっている曲げたわみ性を有し、

前記本体 (2 4 k) は厚さ (C) が変化して前記本体全体にわたって変わっている前記曲
げたわみ性をもたらし、前記本体 (2 4 k) の前記たわみ性は、前記プリフォーム (1 2
) における最大圧密に対応する最小たわみ性から前記プリフォーム (1 2) における最小
圧密に対応する最大たわみ性までの範囲にわたって変化し、

前記プリフォーム (1 2) は根元 (1 2 d) と先端 (1 2 e) を含み、前記プリフォーム
は前記根元から前記先端まで厚さが減少しており、そして前記あて板本体 (2 4 k) は対
応する根元 (2 4 d) と先端 (2 4 e) を有しそして前記たわみ性が前記対応根元から前
記対応先端まで増加している、あて板 (2 4) 。

【請求項 2】

前記本体 (2 4 k) はマトリックス (1 6) 内に繊維 (1 4) を設けた複合材からなる、
請求項 1 記載のあて板。

【請求項 3】

前記本体（２４ｋ）は前記マトリックス内の前記繊維の複数のプライ（１～８）をさらに含み、前記プライは数量が前記あて板本体の前記先端（２４ｅ）から前記あて板本体の前記根元（２４ｄ）まで増加している、請求項２記載のあて板。

【請求項４】

前記プリフォーム（１２）は、半径方向に前記プリフォーム根元（１２ｄ）と前記プリフォーム先端（１２ｅ）との間にそして軸方向にプリフォーム前縁（１２ｆ）とプリフォーム後縁（１２ｇ）との間に画成された翼形部（１２ａ）と、前記プリフォーム根元（１２ｄ）に一体的に結合されたダブテール（１２ｂ）とを有するガスタービンファン動翼形状をなすように形成されており、前記あて板本体（２４ｋ）は、それに対応して、半径方向に前記あて板根元（２４ｄ）と前記あて板先端（２４ｅ）との間にそして軸方向にあて板前縁（２４ｆ）とあて板後縁（２４ｇ）との間に画成された翼形部（２４ａ）と、前記あて板根元（２４ｄ）に一体的に結合されたダブテール（２４ｂ）とを有するガスタービンファン動翼形状を有し、前記あて板プライ（１～８）は前記あて板本体の半径方向重ね軸線（２４ｃ）に関して側面視で前縁側と後縁側とに対称的に配置されている、請求項３記載のあて板。

10

【請求項５】

前記あて板プライ（１～８）は、前記あて板根元（２４ｄ）と前記あて板ダブテール（２４ｂ）の近くで前記たわみ性を減らすことによって圧密の方向性を促進するように前記繊維を前記本体内に位置づけるように前記本体内に配向されている、請求項４記載のあて板。

20

【請求項６】

前記あて板本体の底側（２４ｊ）に一体的に接合されて前記プリフォームの第１側（１２ｈ）と係合しそしてその表面仕上げを制御するライナ（２４ｍ）と、前記あて板本体の上側（２４ｈ）に一体的に接合された保護カバー（２４ｎ）とをさらに含む請求項４記載のあて板。

【請求項７】

前記プリフォームはその前縁と後縁より厚い前記重ね軸線近辺の翼弦中央部を含み、そして前記あて板本体は前記重ね軸線近辺の翼弦中央部が前記あて板の前縁と後縁より厚い、請求項４記載のあて板。

【請求項８】

樹脂を含有しそして第１側と第２側を有し、重ね合わされた複数のプライを有するプリフォーム（１２）を圧密して動翼にする装置であって、
曲げたわみ性があて板本体全体にわたって変化するあて板（２４）と、
オートクレーブ室（２０）と、

30

前記室（２０）内に配置されそして前記プリフォーム（１２）の前記第２側（１２ｊ）を画成するように形状づけられた底型（２２）と

を含み、

前記プリフォーム（１２）は、その前記第２側（１２ｊ）が前記底型（２２）と接触するように、前記底型上に配置可能であり、前記プリフォームは厚さが製造すべき前記動翼より大きい形状が製造すべき前記動翼と同じであり、

40

前記あて板（２４）は前記プリフォーム上に配置可能であり、

前記装置はまた、

前記プリフォームの第１側（１２ｈ）と接触するあて板ライナ（２４ｍ）と、

前記室（２０）を加熱および与圧して前記プリフォーム（１２）上の前記あて板（２４）を圧縮しそして前記プリフォームの前記プライ（１２ｋ）を圧密し、これにより、前記プリフォームを前記プライの隣合うもの相互間の相対移動を最小限に抑えて圧縮して動翼にし得る手段（３０）と

を含み、

前記プリフォームは根元と先端を含みそして前記根元から前記先端まで厚さが減少しており、前記あて板は対応する根元と先端を有しそしてたわみ性が前記対応根元から前記対応

50

先端まで増加しており、前記あて板は、前記プリフォームの第 1 側に対して補完的な本体を含み、そして前記本体全体にわたって変化している曲げたわみ性を有しそれに対応して前記プリフォームの圧密が変化する、装置。

【請求項 9】

前記プリフォームは、重ね軸線近辺の翼弦中央部と、プリフォーム前縁と、プリフォーム後縁とを含み、そして前記あて板本体は前記重ね軸線近辺の翼弦中央部が前記あて板の前縁と後縁より厚い、請求項 8 記載の装置。

【請求項 10】

前記室を加熱および与圧する前記手段は、前記プリフォーム内の前記樹脂を硬化させるのに十分な熱を前記プリフォームに与えるようになっている、請求項 8 記載の装置。

10

【請求項 11】

前記室を加熱および与圧する前記手段は、前記プリフォーム内の前記樹脂の硬化に要するより少ない熱を前記プリフォームに与え、その後前記プリフォームが冷却した後、前記プリフォーム内の前記樹脂の硬化に十分な熱を前記プリフォームに与えるようになっている、請求項 10 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】

本発明は複合材の製造に関し、特に、3次元多プライプリフォームを、ひずみを少なくしながら、正味質量と最終形状に圧密することに関する。

20

【0002】

マッチド・ダイ圧縮成形は、高い寸法精度と表面強度の要件を満たさなければならない場合の先進複合材の製造に通常使用される。圧縮成形方法の開発はオートクレープ方法よりはるかに多くの努力を必要とする場合がある。圧縮成形において、プリフォームの形状と熱的サイクルと型閉塞の最適化が最終製品の品質に関して重要であり、そしてこれらの工程パラメータの制御は非常に正確でなければならない。

【0003】

厚い断面と、断面厚さの大きな変動またはプライ激減と、複合部品の高い曲率のような形状特徴は、周知のように処理し難い。一般に、材料の内部と外部は、複合材の低い厚さ貫通熱伝導率の故に、任意の特定の時点において異なる硬化および粘度状態にある。可変断面厚さをもつ部品の場合、バルク差により、比較的厚い部分が比較的薄い部分より早く型に接触し、これが成形工程中の差圧をさらに悪化させる。

30

【0004】

圧力を受けた際の材料のクリープによって生じる繊維のしわまたは座屈は、繊維強化複合材の製造において重要な問題である。なぜならこのような欠陥は機械的性能の劣化をもたらすおそれがあるからである。この劣化は、次のような部品、すなわち、回転し、そして構造的な複合材プライにより伝達されなければならないかなりの遠心荷重を発生するガスタービンエンジン複合ファン動翼のような部品において特に重要である。

【0005】

代表的なファン動翼は、半径方向に根元から先端までそして軸方向に前縁から後縁まで延在する翼形部を含んでいる。翼形部の根元は適当なダブテールと一体に形成されており、ダブテールは個々のファン動翼をロータディスクの周囲に装着するために使用される。翼形部は通例その重ね軸線に沿って根本から先端にかけてねじれており、そしてそれに沿って変動曲率またはキャンバーを有する。翼形部は厚さが前縁と後縁からその翼弦中央域まで増加しており、また先端から根元まで増加している。根元において、翼形部はダブテールに遷移しており、ダブテールはかなり厚く、運転中かなりの遠心荷重をロータディスクに伝達する。

40

【0006】

複合ファン動翼は、例えば、根元を画成する数百の複合材プライを有し、そして翼形部の内側翼幅において 2、3 百の複合材プライに漸減する。プライの数はさらに翼形部の根元

50

から先端まで減少していき、先端で約 100 プライになる。

【0007】

各複合材プライは通例、適当な樹脂母材内に適当な構造的繊維、例えばガラス繊維または黒鉛繊維の織物または布を含んでいる。多数のプライは、重ね合わされた時全体でプリフォームを画成するように個別に形状づけられ、プリフォームは概して、結果としてのファン動翼の形状を有する。プリフォームは適当に最終形状に成形されそして硬化して結果としてのファン動翼を形成しなければならない。

【0008】

上述のように、1 対の整合ダイを用いてプリフォームを最終形状に圧縮成形することができる。あるいは、オートクレーブ方法を用いることができ、この場合、プリフォームは単一の型上に配置され、均等にたわみ得るあて板がプリフォーム上に配置され、加熱中プリフォームを型に形を合わせるために使用される圧縮ガスに対する表面を呈しそしてファン動翼を形成する。

【0009】

両方法において、プリフォームの圧密が必要であり、その間にプリフォームの厚さは圧力と温度により減少し、それに対応してマトリックスの架橋と硬化が生じて部品または動翼の最終形状をもたらす。

【0010】

成形工程中、プリフォームは本来的に、成形されるにつれて塑性変形を起こす。ファン動翼例の変動厚さとその複雑な 3 次元形状に応じて、プリフォームの厚さ圧縮と塑性変形の量は変動する。例えば、ダブテールは比較的厚かつ均等であり、そして翼形部の根元における比較的狭い首域まで鋭く遷移している。この区域では、プリフォーム内のプライの数はかなり減少し、その程度は数百プライの減少である。翼形部の残部に沿ってその先端に達するまでのプライ変動量は比較的少なく、また比較的薄い翼形部全体にわたって厚さの遷移は比較的少ない。

【0011】

従って、圧力と温度により、プリフォームの圧密は、通例、比較的厚いダブテールで比較的多くの圧密が生じそして翼形部先端で比較的少ない圧密が生じるように変わる。上述のマッチド - ダイ圧縮成形方法では、ダイの移動は必然的にプリフォームの全表面積にわたって均一であり、比較的厚いダブテール部が比較的薄い先端部より早く型に接触する。これは、最終動翼を成形し損なうような望ましくない過剰圧縮を先端で引き起こすことなく根元での有効な圧密を確保するために必要である。この方法の結果、プリフォームは、特に、大きな厚さ変動を有する動翼の区域、例えば根元において、望ましくないしわまたは座屈を起こしやすい。多孔、離層および他の欠陥もこの工程中に発生し得る。

【0012】

上述のオートクレーブ方法では、剛性の上型の使用なしに均一の圧力がプリフォーム上加えられるので、良好な寸法制御の達成は困難である。

【0013】

従って、両方法において、圧密工程における望ましくない欠陥を最少にして正確な寸法のファン動翼を製造するために厳しい寸法および工程制御が必要である。しかし、それでも、欠陥のあるファン動翼が発生し廃棄されなければならないので、容認し得るファン動翼を製造する全費用が増す。

【0014】

従って、変動する厚さのプリフォームの圧密を改良してしわ、多孔、離層等の望ましくない欠陥を減らすことが望ましい。

【0015】

【発明の概要】

あて板がオートクレーブ方法において用いられ、第 1 および第 2 の対向する側と、両側間の変動厚さとを有する複合プリフォームの圧密に役立つ。あて板には本体が含まれ、プリフォームの第 1 側に対して補完的であり、そして本体全体にわたって変わっている曲げた

10

20

30

40

50

わみ性を有し、それに対応してプリフォームの圧密を変える。

【 0 0 1 6 】

【好適実施例の説明】

図 1 は本発明により製造されたガスタービンエンジン用複合ファン動翼の一例 1 0 を示す。動翼 1 0 は翼形部 1 0 a と一体ダブテール 1 0 b とを含み、翼形部とダブテールとの間に延在する共通重ね軸線 1 0 c を有する。翼形部は半径方向内側根元 1 0 d と、半径方向外側先端 1 0 e と、軸方向に相隔たる前縁 1 0 f と後縁 1 0 g とを含んでいる。動翼 1 0 はまた第 1 側または吸引側 1 0 h と、反対側の第 2 側または圧力側 1 0 j とを有する。

【 0 0 1 7 】

動翼 1 0 は、その重ね軸線の全長にわたって 3 次元的に変わるパターンを含む任意の適当な形態を取り得る。すなわち、図示の動翼 1 0 は、ダブテールから先端までそして前縁と後縁との間で変わっている厚さ A を有する。翼形部 1 0 a は通例、空気力学的な理由で従来必要とされているように重ね軸線 1 0 c に沿って根元から先端まで高度にねじれており、そして前縁と後縁との間の各半径方向断面における翼形部曲率もまた空力性能上の必要に応じて変わっており、重ね軸線近辺の翼弦中央部は前縁と後縁より厚い。

【 0 0 1 8 】

ファン動翼 1 0 は、動翼の両側間に横方向に重ねられた複数の複合材プライ 1 0 k の重ね合わせとして従来のように形成されている。各プライ 1 0 k は特定形状に形成され、こうしてプライ 1 0 k 全体と一緒に動翼 1 0 の所望の 3 次元プロファイルを形成している。

【 0 0 1 9 】

図 1 に示したファン動翼 1 0 は図 2 に示したほぼ同じプリフォーム 1 2 から形成されている。プリフォーム 1 2 はファン動翼 1 0 の初期の未硬化状態のものであり、最初は、変動厚さ B によって表されているように、対応する諸部分において動翼厚さ A より厚い。すなわち、プリフォーム 1 2 は動翼 1 0 より厚いが、それ以外は動翼 1 0 と同様に形成されている。プリフォーム 1 2 は最終ファン動翼 1 0 の初期形態のものに過ぎないので、翼形部 1 2 a ないし複合材プライ 1 2 k のような対応部分を含み、これらの部分は最終ファン動翼の同じ構成部 1 0 a ~ 1 0 k それぞれに直接対応する。

【 0 0 2 0 】

プリフォーム 1 2 は任意の従来形態を取り得る。そして図 3 はその一断面例を示す。各個別複合材プライ 1 2 k は、適当な樹脂マトリックス 1 6 内の従来の構造的繊維 1 4、例えばガラスまたは黒鉛繊維を含有する。繊維 1 4 は任意の形状、例えば、適当な方位のテープまたは織布の形態をなし得る。テープまたは布は、従来のように樹脂マトリックス 1 6 を予めしみ込ませたものでよい。複合材プライ 1 2 k の組成は、例えば、繊維-熱硬化性エポキシ、繊維-熱可塑性樹脂、繊維-ビスマレイミド、短繊維-エポキシ/ビスマレイミド、またはニート樹脂例えば熱可塑性または熱硬化性樹脂、あるいはエラストマーである。一形状例において、ダブテール 1 2 b は約数百の複合材プライを有し、この数は根元 1 2 d で 2、3 百の複合材プライに減少している。プライの数は先端 1 2 e で約 1 0 0 に減少している。

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、図 4 に示すように、プリフォーム 1 2 は従来のオートクレーブ 1 8 内に配置され、圧密と硬化により最終の硬化されたファン動翼 1 0 を形成する。オートクレーブ 1 8 は圧力室 2 0 と、室 2 0 内に配置された底型 2 2 とを含み、この底型はプリフォーム 1 2 の第 2 側 1 2 j を画成するように形成されている。プリフォーム 1 2 は底型 2 2 上に配置され、その第 2 側 1 2 j が型 2 2 と接触する。

【 0 0 2 2 】

本発明によれば、特定形状のあて板 2 4 がプリフォーム 1 2 上に配置される。従来のたわみ真空シート 2 6 があて板 2 4 上に配置され、あて板を覆う有効な真空シールとして役立つ。従来の真空ポンプ 2 8 が室 2 0 に接続され、最初に空気をプリフォーム 1 2 から排除するように作用する。室 2 0 を加熱しそして適当な圧力 P に与圧するように作用する従来の手段 3 0 が室 2 0 に接続され、その作用により、プリフォームが硬化するに

10

20

30

40

50

つれてあて板 2 4 を圧縮しそしてプリフォームプライ 1 2 k を圧密する。

【 0 0 2 3 】

あて板 2 4 は、デバルキングまたは予硬化サイクル中プリフォーム 1 2 の形状に合致する有効な成形手段として役立ち、このサイクルは硬化サイクルより少ない熱を必要とし、従って硬化サイクルより低い温度と短い時間で発生するので、プリフォーム樹脂はこの時硬化したままになる。あて板はまた、オートクレーブ製造工程または硬化サイクル中プリフォームの形状に合致する。従って、プリフォーム 1 2 の厚さはこれらのサイクル中に減少するが、プリフォーム 1 2 の形状は不変である。あて板は、圧密中プリフォーム全体に圧力荷重を分布させることにより複合材プライに安定性を与え、隣合うプライ間の相対移動をひき起こさない。これにより、しわと、プライ層間の離層のような製造欠陥が減少する。

10

【 0 0 2 4 】

図 4 に示すように、型 2 2 はプリフォームの第 2 側 1 2 j を形成し、あて板 2 4 はプリフォームの第 1 側 1 2 h を形成するように形成されている。従って、あて板はファン動翼とプリフォーム 1 2 両方の全体的な形状に合致または対応するように形づけられている。

【 0 0 2 5 】

図 5 はあて板 2 4 の一実施例を示し、これは翼形部域 2 4 a と、ダブテール域 2 4 b と、縦軸線 2 4 c と、根元 2 4 d と、先端 2 4 e と、前縁 2 4 f と、後縁 2 4 g と、上側または外側 2 4 h と、底側または内側 2 4 j とを有する。

【 0 0 2 6 】

あて板 2 4 は構造本体 2 4 k を有し、この本体は好ましくは複合体であり複数のプライを含んでいる。あて板はプリフォーム第 1 側 1 2 h と合致するように形成されており、従って、その底側 2 4 j は第 1 側 1 2 h と補完関係にあり、そしてあて板はその本体全体にわたって変わっている曲げたわみ性を有し、これに対応して、しわ、多孔、プライの離層等の欠陥を減らすか無くするのに適する仕方でプリフォームの圧密を優先的または選択的に変え得る。図 5 に示すように、あて板本体 2 4 k は厚さ C を有し、この厚さはあて板 2 4 全体にわたって予め定められたように変わっており、あて板の比較的剛固な部分と比較的柔軟な部分との間の曲げたわみ性の望ましい変動をもたらす。プリフォーム 1 2 の最大および最小圧密それぞれに対応するようにあて板 2 4 の曲げたわみ性を最小たわみ性すなわち比較的剛固な性質から最大たわみ性すなわち比較的柔軟な性質までの範囲にわたって変えることにより、欠陥を減らすか皆無にすることができる。

20

30

【 0 0 2 7 】

図 2 に関して上述したように、細長いプリフォーム 1 2 は厚さ B がダブテール 1 2 b から翼形部根元 1 2 d まで減少し、そしてさらに先端 1 2 e まで減少している。プリフォームプライ 1 2 k の最初の重ね合わせ中、ボイド状の空気がそのアセンブリ内に捕捉される。従って、圧密中、圧縮荷重が幾つものプリフォームプライ 1 2 k を圧搾してボイドを追い出し、また硬化工程も、達成される圧密の量に影響を与える。

【 0 0 2 8 】

概して、プリフォームプライ 1 2 k の比較的多くの圧密と収縮が、ダブテール 1 2 b と根元 1 2 d のような最初の比較的大きな厚さの区域で必要であり、これに比べ、比較的薄い先端 1 2 e では、それに応じて比較的少ない圧密または収縮が必要である。あて板 2 4 がオートクレーブ内に配置される時、あて板根元 2 4 d はプリフォーム根元 1 2 d 上に配置されそしてあて板先端 2 4 e はプリフォーム先端 1 2 e 上に配置される。あて板は好ましくは曲げたわみ性がその根元 2 4 d から先端 2 4 e まで増加し、これはプリフォーム根元 1 2 d からプリフォーム先端 1 2 e までの厚さの減少に対応する。

40

【 0 0 2 9 】

プリフォームのダブテール 1 2 b と根元 1 2 d の区域では、望ましくないしわを生じる塑性ひずみを防止するために比較的多くの拘束が必要である。あて板のダブテール 2 4 b と根元 2 4 d に対応量の剛性を与えることにより、プリフォーム 1 2 のこの区域に適当な拘束が与えられる。しかし、プリフォーム根元 1 2 d の上方で半径方向外方に厚さがわずか

50

に変わるか漸減し、そして必要な圧密の量もより均一であり、またプリフォームダブル
ル 1 2 b で必要な圧密量より少ない。従って、あて板 2 4 は、加えられた圧力 P のもとで
、より大きくたわみそしてより容易にプリフォーム 1 2 に順応する。

【 0 0 3 0 】

あて板 2 4 の第 1 実施例を図 6 と図 7 に示す。上述のように、あて板 2 4 の本体 2 4 k は
好ましくは複数の重なり合う複合材プライの形態をなし、これらのプライは個別に符号 1
～ 8 で表されている。図 7 は重なり合う複合材プライ 1 ～ 8 を有するあて板 2 4 の拡大断
面を示す。プリフォーム 1 2 自体のように、あて板プライ 1 ～ 8 はそれぞれ適当な樹脂マ
トリックス 1 6 内の適当な構造的繊維 1 4 を含んでいる。繊維 1 4 は任意の適当な形態、
例えば、好ましくは樹脂マトリックス 1 6 を予めしみ込ませた繊維のテ - プまたは織りシ
ートの形態を取り得る。繊維 1 4 は任意の適当な組成のものでよく、例えばガラスまたは
黒鉛からなり、そして樹脂マトリックスはプリフォーム 1 2 自体に関して先に列記した組
成のような任意の従来組成のものでよい。繊維 1 4 とマトリックス 1 6 は図 6 において上
側または外側 2 4 h の切除部分を通して見ることができる。

10

【 0 0 3 1 】

図 6 に示すように、あて板 2 4 を形成する個々のプライ 1 ～ 8 は個別に形成され、重ね合
わせおよび硬化時に、あて板 2 4 の半径方向および軸方向範囲に沿う曲げたわみ性に所望
の変動をもたらすようになっている。あて板の底側 2 4 j は、翼形部上側または第 1 側 1
0 h (図 1) の所望プロフィールに対応して適当な型 (図示せず) の上方に配置され、プ
リフォームの上側の画成に役立つ。図 7 に示すように、あて板 2 4 は、互いに重ね合わさ
れた 8 つのプライ 1 ～ 8 を用いてあり、これは約 4 0 ～ 5 0 ミルの全厚さに相当する。図
6 に示すように、あて板プライ 1 ～ 8 は長手方向または半径方向重ね軸線 2 4 c に関して
ほぼ対称的に配置され、ファン動翼自体の対称性に対応している。この対称性の結果とし
て、図 6 に示すように、あて板翼形部 2 4 a の大部分は 2 つだけの構造的プライ 1、2 を
含み、あて板先端 2 4 e から両側と前後両縁 2 4 f、2 4 g とに沿ってほぼあて板根元 2
4 d まで下方に延在する約 1 0 ～ 1 5 ミルの全厚さを有する。プライの数量は好ましくは
先端 2 4 e から根元 2 4 d まで増加するが、この増加は図 6 の実施例では根元 2 4 d 近く
に局限されている。あて板根元 2 4 d からダブルテーブル 2 4 b の底まで、プライの数は 2 か
ら 3、4、5、6、7、8 と順次増加している。最初のプライ 1 ～ 8 の重ね合わせ後、あ
て板 2 4 は、従来のように、それ自体圧密されかつ硬化されてその製造が完了する。その
結果は、一個の一体の中実部材であって、その半径方向および軸方向範囲に沿って所定の
曲げたわみ性を有し、このたわみ性は、任意の工学設計された複合構造体と同様に、大部
分がプライの数と、方位と、形状とによって制御される。

20

30

【 0 0 3 2 】

図 7 に示すように、あて板 2 4 は好ましくはたわみライナ 2 4 m を含み、このライナはあ
て板本体の底側 2 4 j と一体に接合され、プリフォーム上側 1 2 h (図 4) と当接してそ
の表面仕上げを制御する。ライナ 2 4 m は、滑らかな仕上面を有する適当なエラストマー
で形成することができ、従ってプリフォームの仕上面はそれに応じて滑らかになる。

【 0 0 3 3 】

あて板 2 4 は好ましくはたわみカバー 2 4 n も含み、このカバーはあて板本体の上側 2 4
h と一体に接合されてあて板本体を保護する。カバー 2 4 n は例えばゴムで形成すること
ができ、そしてあて板自体の処理しやすさの改善に適する厚さを有するとともに、構造的
プライ 1 ～ 8 の望ましくない拘束の防止に十分なたわみ性を有する。任意に設け得るライ
ナ 2 4 m とカバー 2 4 n はあて板 2 4 の使用を改善するもので、ライナ 2 4 m はオートク
レーブ内にプリフォーム第 1 側 1 2 h (図 4) と直接接触するように配置され、そしてオ
ートクレーブの真空シート 2 6 がカバー 2 4 n 上に配置される。

40

【 0 0 3 4 】

図 6 に示すように、あて板プライ 1 ～ 8 は予め定めたように本体 2 4 k 内に配向され、あ
て板根元 2 4 d とダブルテーブル 2 4 b の近くで曲げたわみ性を減らしあるいはそれに応じて
剛性を増して方向性圧密を促進するように繊維 1 4 を本体 2 4 k 内に位置づけるようにな

50

っている。図 6 において、繊維は各シートまたはプライ内で互いに垂直に配向され縦軸線 24c に対して 0 度と 90 度をなしている。加えて、図 6 に示したあて板 24 は 2 つの概して三日月形の切欠きを有し、これにより、根元 24d の上方に、対応した前後両縁 24f、24g に沿って適当な部分翼幅範囲にわたってただ一つの構造的プライを設けることになる。これはプリフォームの対応域内に所望の圧密をもたらす。

【0035】

図 8 にあて板の第 2 実施例 24B を示す。これもまた、図 6 に示した形状を改変した形態の 8 つのプライ 1 ~ 8 を含んでいる。第 2 実施例では、あて板プライ 1 ~ 8 は各シート内に織られた繊維 14 を有し、これらの繊維は互いに垂直に配向されているが、縦軸線 24c に対して ±45 度をなしている。重なり合うプライ 1 ~ 8 の対称配向により、軸線 24c に沿う追加的なプライが、翼形部 24a のほぼ翼幅中央まで延在する中央ピークをなしている。この実施例は、プリフォームの根元とダブテール近辺の圧密をより均一にする。図 6 に示した実施例におけるように、前縁 24f に沿う厚さ（従って曲げたわみ性）は、後縁 24g に沿うそれと同じである。

【0036】

図 9 は、プリフォーム 12 に対する相対数値単位で表された、図 8 の実施例に関する圧密の等傾線を表すグラフである。2 つの矢印はプリフォームの根元 12d とダブテール 12b における最小圧密から最大圧密への方角を示す。図 9 のこの圧密の解析表示は試験結果と相互に関係する。等傾線は、プリフォームダブテール 12b に沿ってより均一な圧密を示し、これは結果としてのファン動翼の所要最終形状により良く対応し、圧密ひずみは極めて少ない。図 9 に示すように、比較的少ない圧密、例えば、-10 単位が翼形部において発生し、そして圧密は半径方向下方にダブテール 12b の底まで増加し、そこで、例えば -50 単位の大きさになる。従って、あて板 24 は比較的厚いダブテール 12b で比較的多くの圧密と収縮をもたらすばかりでなく、望ましくない圧密ひずみなしに、翼形部 12a に必要な比較的少ない圧密量への適当な圧密遷移をもたらすのに有効である。

【0037】

図 6 と図 8 に示した 2 つの実施例は、あて板 24、24B の曲げたわみ性の所望の変動をもたらすための重なり合うプライ 1 ~ 8 の所要数と所要形状に関して類似性を有するが、それでも微細な相違を示す。例えば、両設計は、上側 24h で縦軸線 24c に関してほぼ軸対称形である。底側 24j は、代表的な場合、前縁から後縁までそしてダブテールから先端までの全表面にわたって延在する単一の構造的プライ 1 であり、その上に追加プライ 2 ~ 8 が所望位置に適当に重ねられている。最多数のプライはダブテール 24b にあり、そしてその数は根元 24d まで減少し、さらに翼幅のある部分まで減少した後、例えば、2 つのプライで一定になり先端に至る。両設計は第 2 プライ 2 に局所的な切欠きを有し、これにより、前縁と後縁で適当な部分翼幅範囲にわたって単一の構造的プライ 1 をもたらし、

【0038】

もちろん、個々のあて板の設計はファン動翼自体の所望最終形状に依存する。

従って、個々のあて板設計はファン動翼の特定形状に対してなすことができる。

これは、多プライプリフォームにおける圧密の複雑な 3 次元的要件を予測するための従来の解析手段を用い、従って所要あて板の適当な形状を予測することによって達成することができる。

【0039】

あて板の可変たわみ性は、任意の適当な方法で、例えば、図 6 と図 8 に示した多数のプライ 1 ~ 8 を適当な形状にして変化させることにより達成することができる。プライの数と、プライ繊維の配向を変え、また部分的に重なり合う諸遷移域の位置を変えることにより、あて板に得られるたわみ性を調整することができる。従って、あて板を解析的にあるいは作用パラメータの系統の変動によって調整することにより、特定部品設計用の最適あて板形状を得ることができる。このように、プリフォーム圧密の変化を最適化することにより、このような制御された圧密がなければ発生し得るしわ、多孔、離層等の欠陥をかなり

減らすことができる。

【 0 0 4 0 】

本発明の幾つかの好適特徴だけを説示したが、本発明の範囲内で多様な改変が可能であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例によって製造されたガスタービンエンジン用複合ファン動翼の一例の部分切除立面図である。

【図 2】図 1 に示したファン動翼の重ね軸線に沿いかつ線 2 - 2 に沿う半径方向切取図であり、（仮想線で示した）ファン動翼の形成に用いる複合プリフォームの一例を（実線で）示す。

10

【図 3】図 2 に示したプリフォームの符号 3 の円内の部分の拡大断面図である。

【図 4】本発明の一実施例によるオートクレーブを示す概略図で、また図 2 のプリフォーム上に設けたあて板を示す。

【図 5】図 2 のプリフォームから図 1 のファン動翼を形成する際に用いる図 4 に示したあて板の立面図である。

【図 6】図 4 に示したあて板の同図の線 6 - 6 にほぼ沿う平面図であり、その第 1 実施例を示す。

【図 7】図 4 に示したあて板の一部分の図 6 の線 7 - 7 に沿う拡大断面図である。

【図 8】本発明の第 2 実施例による図 4 に示したあて板の平面図である。

【図 9】図 8 に示したあて板を用いた場合の図 1 に示したファン動翼の根元およびダブルテール部のための例示的な圧密の等傾線を示す概略図である。

20

【符号の説明】

1 ~ 8 あて板プライ

1 0 ガスタービンエンジン用複合ファン動翼

1 0 a 翼形部

1 0 b ダブテール

1 0 d 根元

1 0 e 先端

1 0 f 前縁

1 0 g 後縁

30

1 0 h 第 1 側（吸引側）

1 0 j 第 2 側（圧力側）

1 0 k 複合材プライ

1 2 プリフォーム

1 2 a プリフォーム翼形部

1 2 b プリフォームダブテール

1 2 d プリフォーム根元

1 2 e プリフォーム先端

1 2 h プリフォーム第 1 側（上側）

1 2 j プリフォーム第 2 側（下側）

40

1 2 k プリフォーム複合材プライ

1 4 繊維

1 6 樹脂マトリックス

1 8 オートクレーブ

2 0 圧力室

2 2 底型

2 4、2 4 B あて板

2 4 a あて板翼形部

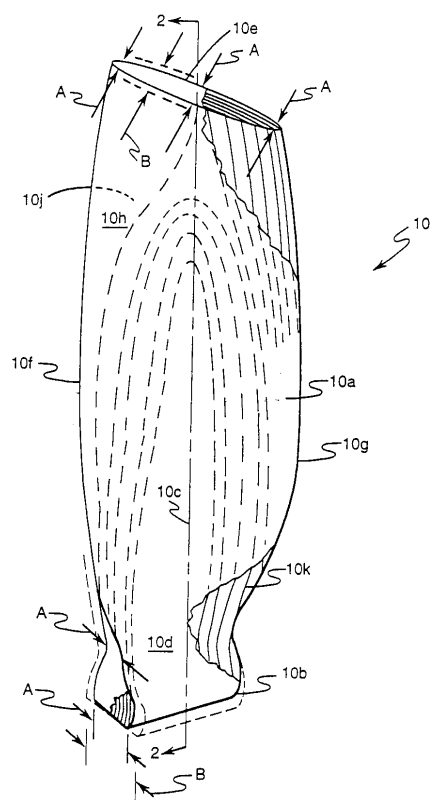
2 4 b あて板ダブテール

2 4 c 重ね軸線

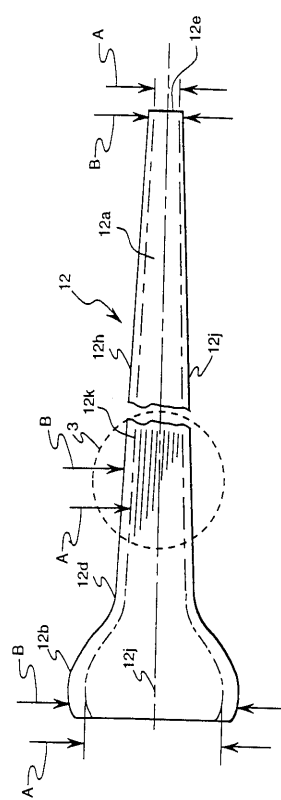
50

- | | |
|-------|-----------|
| 2 4 d | あて板根元 |
| 2 4 e | あて板先端 |
| 2 4 f | あて板前縁 |
| 2 4 g | あて板後縁 |
| 2 4 h | あて板上側（外側） |
| 2 4 j | あて板底側（内側） |
| 2 4 k | あて板本体 |
| 2 4 m | たわみライナ |
| 2 4 n | たわみカバー |
| 3 0 | 加熱・与圧手段 |

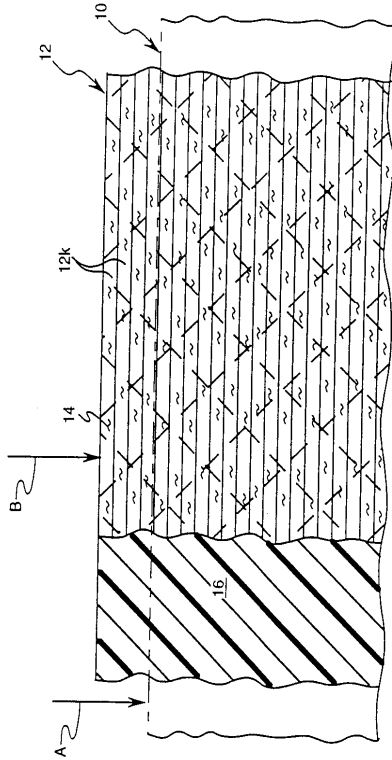
【 図 1 】



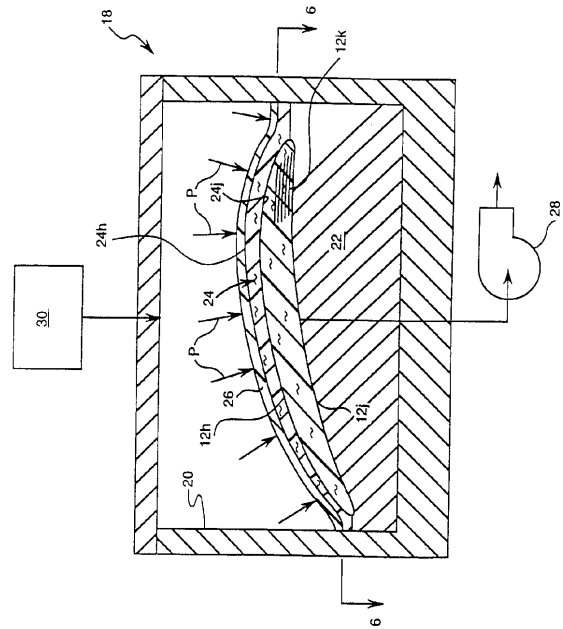
【圖 2】



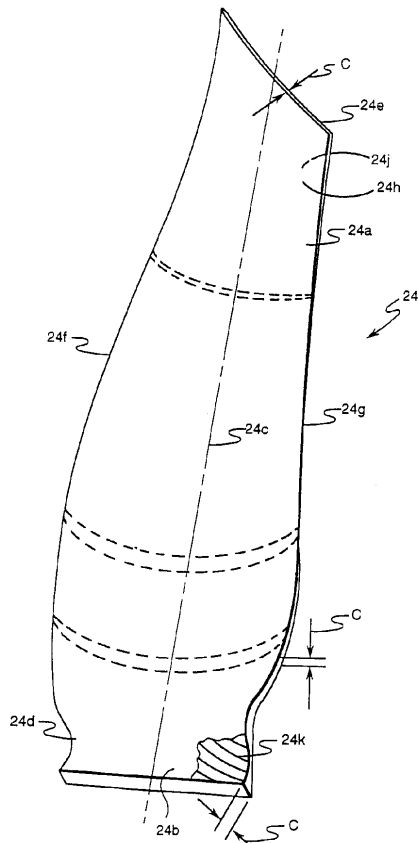
【図 3】



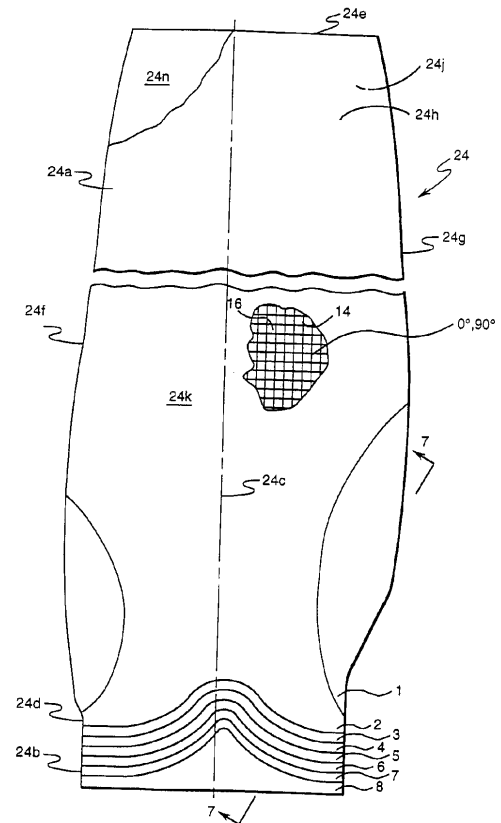
【図 4】



【図 5】



【図 6】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 B 2 9 K 105/08 (2006.01) B 2 9 K 105:08
 B 2 9 L 31/08 (2006.01) B 2 9 L 31:08

(72)発明者 ウィリアム・エリオット・パチラチ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、サラトガ・スプリングス、アロウヘッド・ロード、27番
 (72)発明者 ジョン・マイケル・マルドーン
 アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、カロウセル・サークル、19番
 (72)発明者 アルバート・ベンジャミン・クロガン
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ルイストン、エムティー・ホープ・ロード、1906番
 (72)発明者 ロバート・ポール・テイラー
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ハリソン、ニュー・ヘイブン・ロード、10317番

審査官 大村 博一

(56)参考文献 特開平02-164521(JP,A)
 特開平05-245860(JP,A)
 特表平10-503441(JP,A)
 特開平02-162016(JP,A)
 特開平02-155721(JP,A)
 特開平03-292131(JP,A)
 特開昭50-016298(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 B29C 43/00-43/58
 B29C 33/00-33/76
 B29C 70/04-70/24