

(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 1
<b>B29C 43/20</b> (2006.01)	B29C 43/20
<b>B29C 43/36</b> (2006.01)	B29C 43/36
<b>B29C 70/06</b> (2006.01)	B29C 67/14 J
<b>F04D 29/38</b> (2006.01)	F04D 29/38 Z
<b>B29K 101/10</b> (2006.01)	B29K 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 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー GENERAL ELECTRIC COMPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(22) 出願日	平成12年6月9日(2000.6.9)	(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(65) 公開番号	特開2001-129844 (P2001-129844A)	(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、スケネクタディ、ダウニング・ストリート、73 9番
(43) 公開日	平成13年5月15日(2001.5.15)	(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、シンシナティ、マッコウリー・ロード、12136番
審査請求日	平成19年6月8日(2007.6.8)		最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	09/415714		
(32) 優先日	平成11年10月12日(1999.10.12)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

(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(12h、12j)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が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(12)を圧密して該動翼にするためのあて板(24)であって、

前記プリフォームの第1側(12h)に対して補完的な本体(24k)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(24k)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(24k)の前記たわみ性は、前記プリフォーム(12)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(12)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(12)は根元(12d)と先端(12e)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(24k)は対応する根元(24d)と先端(24e)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(24)。

## 【請求項2】

前記本体(24k)はマトリックス(16)内に纖維(14)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ピンファン動翼形状をなすように成形されており、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ピ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】

30

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、

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が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ブ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纖維のしわまたは座屈は、纖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、適當な樹脂母材内に適當な構造的纖維、例えばガラス纖維または黒鉛纖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。プリフォームは適當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。

10

【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くかつ均等であり、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。

20

【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ひ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。

30

【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に加えられるので、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くなるので、容認し得るファン動翼を製造する全費用が増す。

40

【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

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。

【0016】

【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10を示す。動翼10は翼形部10aと一体ダブテール10b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10cを有する。翼形部は半径方向内側根元10dと、半径方向外側先端10eと、軸方向に相隔たる前縁10fと後縁10gとを含んでいる。動翼10はまた第1側または吸引側10hと、反対側の第2側または圧力側10jとを有する。

【0017】

動翼10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10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10a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10c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。

【0018】

ファン動翼10は、動翼の両側間に横方向に重ねられた複数の複合材ブライ10kの重ね合わせとして従来のように形成されている。各ブライ10kは特定形状に形成され、こうしてブライ10k全体が一緒に動翼10の所望の3次元プロフィールを形成している。

【0019】

図1に示したファン動翼10は図2に示したほぼ同じプリフォーム12から形成されている。プリフォーム12はファン動翼10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12は動翼10より厚いが、それ以外は動翼10と同様に形成されている。プリフォーム12は最終ファン動翼10の初期形態のものに過ぎないので、翼形部12aないし複合材ブライ12k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10a～10kそれぞれに直接対応する。

【0020】

プリフォーム12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。各個別複合材ブライ12kは、適当な樹脂マトリックス16内の従来の構造的纖維14、例えばガラスまたは黒鉛纖維を含有する。纖維14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16を予めしみ込ませたものでよい。複合材ブライ12kの組成は、例えば、纖維-熱硬化性エポキシ、纖維-熱可塑性樹脂、纖維-ビスマレイミド、短纖維-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12bは約数百の複合材ブライを有し、この数は根元12dで2、3百の複合材ブライに減少している。ブライの数は先端12eで約100に減少している。

【0021】

本発明によれば、図4に示すように、プリフォーム12は従来のオートクレーブ18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10を形成する。オートクレーブ18は圧力室20と、室20内に配置された底型22とを含み、この底型はプリフォーム12の第2側12jを形成するように形成されている。プリフォーム12は底型22上に配置され、その第2側12jが型22と接触する。

【0022】

本発明によれば、特定形状のあて板24がプリフォーム12上に配置される。

従来のたわみ真空シート26があて板24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28が室20に接続され、最初に空気をプリフォーム12から排除するように作用する。室20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30が室20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 24 を圧縮しそしてプリフォームプライ 12 k を圧密する。

【0023】

あて板 24 は、デバルキングまたは予硬化サイクル中プリフォーム 12 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 12 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 12 の形状は不变である。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

【0024】

図 4 に示すように、型 22 はプリフォームの第 2 側 12 j を形成し、あて板 24 はプリフォームの第 1 側 12 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 12 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。

【0025】

図 5 はあて板 24 の一実施例を示し、これは翼形部域 24 a と、ダブテール域 24 b と、縦軸線 24 c と、根元 24 d と、先端 24 e と、前縁 24 f と、後縁 24 g と、上側または外側 24 h と、底側または内側 24 j とを有する。

20

【0026】

あて板 24 は構造本体 24 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 12 h と合致するように形成されており、従って、その底側 24 j は第 1 側 12 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 24 k は厚さ C を有し、この厚さはあて板 24 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 12 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 24 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。

30

【0027】

図 2 に関して上述したように、細長いプリフォーム 12 は厚さ B がダブテール 12 b から翼形部根元 12 d まで減少し、そしてさらに先端 12 e まで減少している。プリフォームプライ 12 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 12 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。

【0028】

概して、プリフォームプライ 12 k の比較的多くの圧密と収縮が、ダブテール 12 b と根元 12 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 12 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 24 がオートクレーブ内に配置される時、あて板根元 24 d はプリフォーム根元 12 d 上に配置されそしてあて板先端 24 e はプリフォーム先端 12 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 24 d から先端 24 e まで増加し、これはプリフォーム根元 12 d からプリフォーム先端 12 e までの厚さの減少に対応する。

40

【0029】

プリフォームのダブテール 12 b と根元 12 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 24 b と根元 24 d に対応量の剛性を与えることにより、プリフォーム 12 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 12 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 $12b$ で必要な圧密量より少ない。従って、あて板 $24$ は、加えられた圧力 $P$ のもとで、より大きくなつたわみそしてより容易にプリフォーム $12$ に順応する。

#### 【0030】

あて板 $24$ の第1実施例を図6と図7に示す。上述のように、あて板 $24$ の本体 $24k$ 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 $24$ の拡大断面を示す。プリフォーム $12$ 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 $16$ 内の適当な構造的纖維 $14$ を含んでいる。纖維 $14$ 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 $16$ を予めしみ込ませた纖維のテープまたは織りシートの形態を取り得る。纖維 $14$ 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 $12$ 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。纖維 $14$ とマトリックス $16$ は図6において上側または外側 $24h$ の切除部分を通して見ることができる。

#### 【0031】

図6に示すように、あて板 $24$ 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 $24$ 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 $24j$ は、翼形部上側または第1側 $10h$ (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 $24$ 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40～50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 $24c$ 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 $24a$ 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 $24e$ から両側と前後両縁 $24f$ 、 $24g$ とに沿ってほぼあて板根元 $24d$ まで下方に延在する約10～15ミルの全厚さを有する。プライの数量は好ましくは先端 $24e$ から根元 $24d$ まで増加するが、この増加は図6の実施例では根元 $24d$ 近くに局限されている。あて板根元 $24d$ からダブル $24b$ 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 $24$ 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。

#### 【0032】

図7に示すように、あて板 $24$ は好ましくはたわみライナ $24m$ を含み、このライナはあて板本体の底側 $24j$ と一体に接合され、プリフォーム上側 $12h$ (図4)と当接してその表面仕上げを制御する。ライナ $24m$ 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。

#### 【0033】

あて板 $24$ は好ましくはたわみカバー $24n$ も含み、このカバーはあて板本体の上側 $24h$ と一体に接合されてあて板本体を保護する。カバー $24n$ 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 $24m$ とカバー $24n$ はあて板 $24$ の使用を改善するもので、ライナ $24m$ はオートクレーブ内にプリフォーム第1側 $12h$ (図4)と直接接觸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 $26$ がカバー $24n$ 上に配置される。

#### 【0034】

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 $24k$ 内に配向され、あて板根元 $24d$ とダブル $24b$ 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纖維 $14$ を本体 $24k$ 内に位置づけるようにな

10

20

30

40

50

っている。図6において、纖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纖維14を有し、これらの纖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向を示す。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をもたらす。

#### 【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、プライ纖維の配向を変え、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的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

10

20

30

40

50

減らすことができる。

【0040】

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

10 ガスタービンエンジン用複合ファン動翼

10a 翼形部

10b ダブル

10d 根元

10e 先端

10f 前縁

10g 後縁

30

10h 第1側(吸引側)

10j 第2側(圧力側)

10k 複合材プライ

12 プリフォーム

12a プリフォーム翼形部

12b プリフォームダブル

12d プリフォーム根元

12e プリフォーム先端

12h プリフォーム第1側(上側)

12j プリフォーム第2側(下側)

40

12k プリフォーム複合材プライ

14 繊維

16 樹脂マトリックス

18 オートクレーブ

20 圧力室

22 底型

24、24B あて板

24a あて板翼形部

24b あて板ダブル

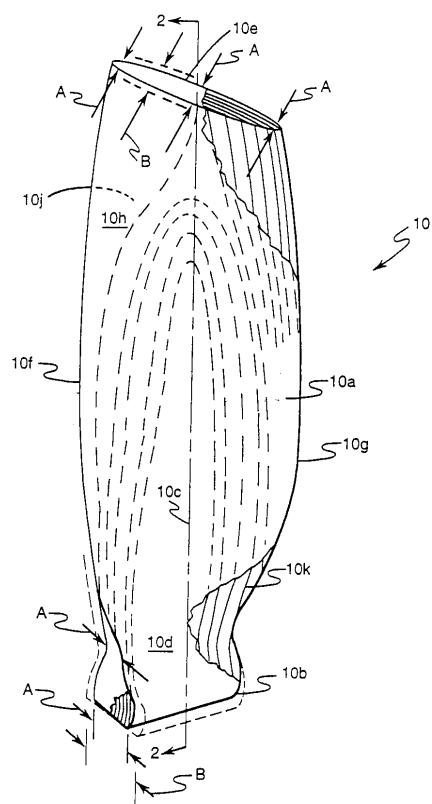
24c 重ね軸線

50

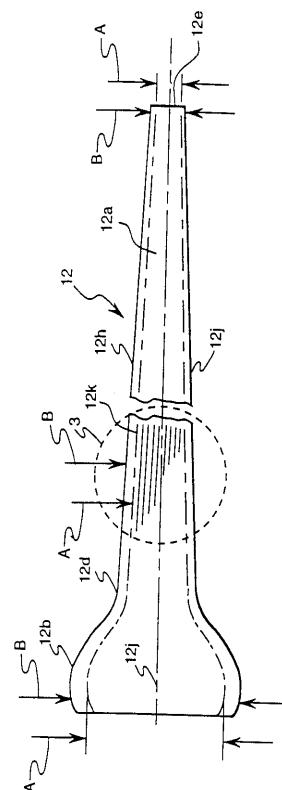
2 4 d	あて板根元
2 4 e	あて板先端
2 4 f	あて板前縁
2 4 g	あて板後縁
2 4 h	あて板上側 (外側)
2 4 j	あて板底側 (内側)
2 4 k	あて板本体
2 4 m	たわみライナ
2 4 n	たわみカバー
3 0	加熱・与圧手段

10

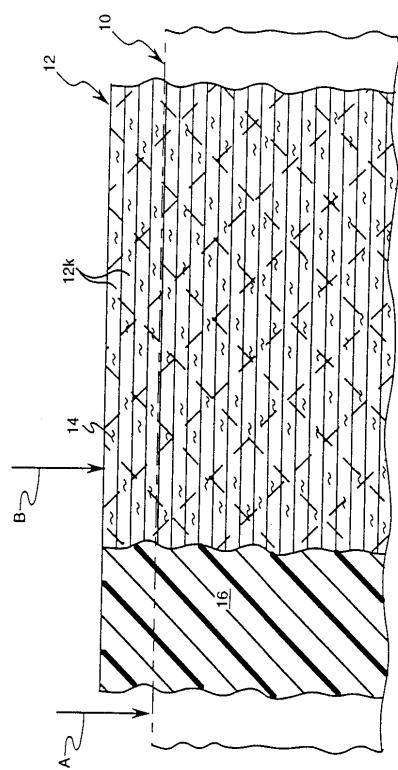
【図1】



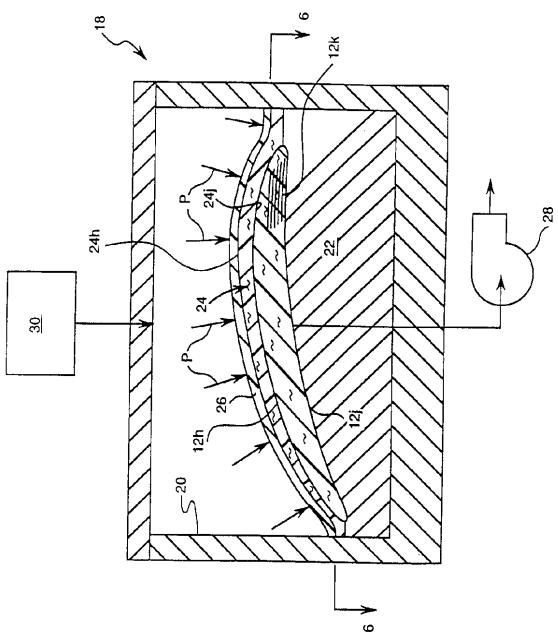
【図2】



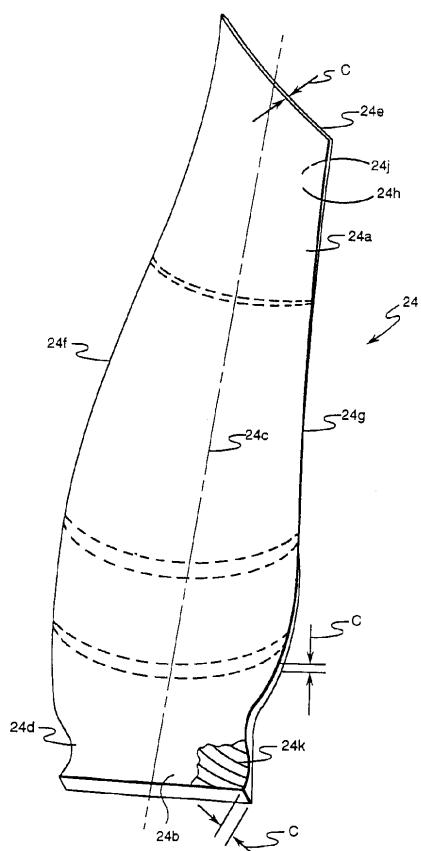
【図3】



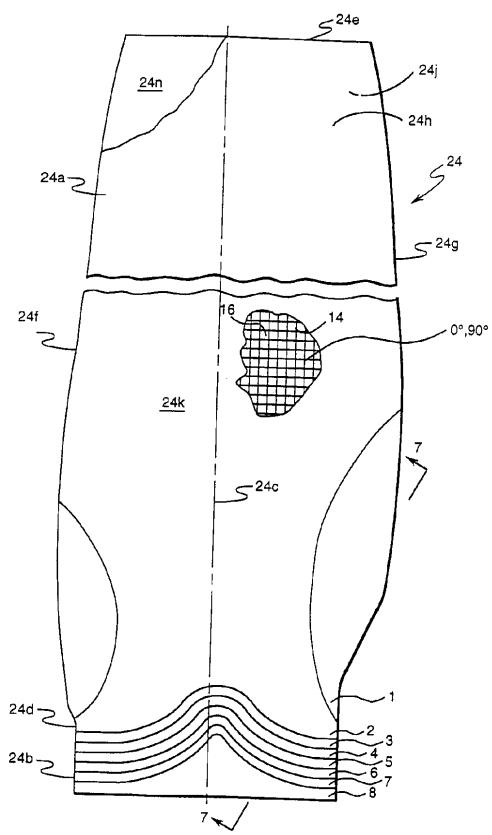
【 四 4 】



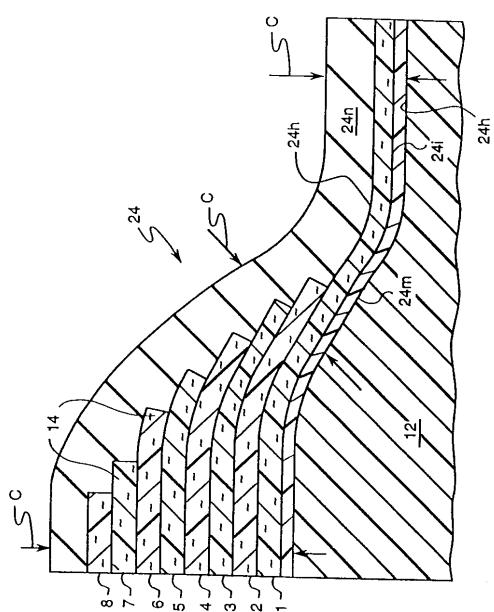
【図5】



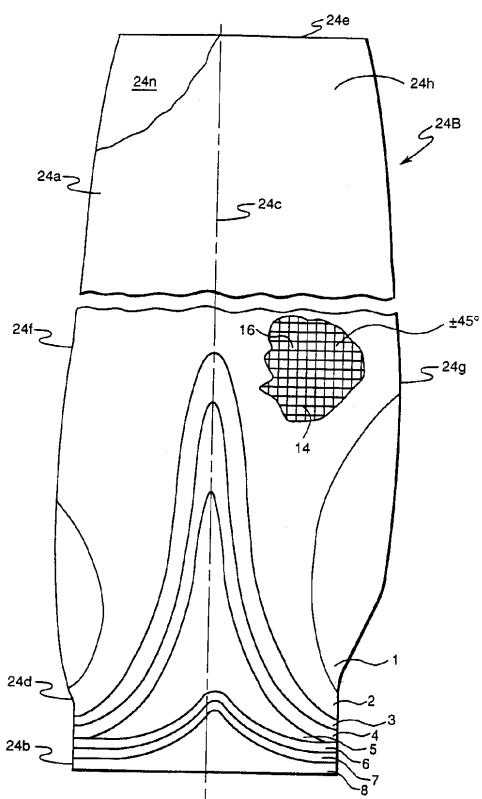
【 四 6 】



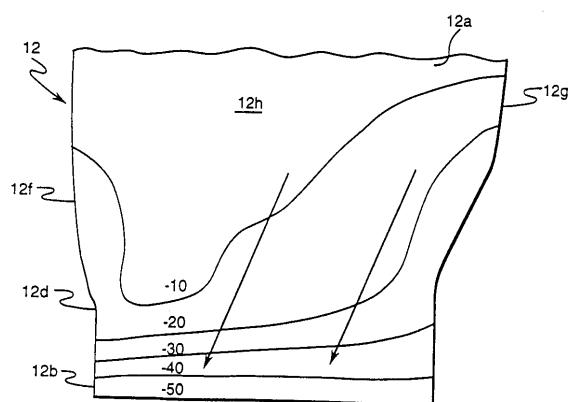
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(51)Int.CI. 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・バチラチ  
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・ティラー  
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.CI., DB名)

B29C 43/00-43/58  
B29C 33/00-33/76  
B29C 70/04-70/24