

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4433139号
(P4433139)

(45) 発行日 平成22年3月17日 (2010.3.17)

(24) 登録日 平成22年1月8日 (2010.1.8)

(51) Int.Cl.

F I

FO1D 5/18 (2006.01)

FO1D 5/18

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-161426 (P2003-161426)
 (22) 出願日 平成15年6月6日 (2003.6.6)
 (65) 公開番号 特開2004-28097 (P2004-28097A)
 (43) 公開日 平成16年1月29日 (2004.1.29)
 審査請求日 平成18年6月1日 (2006.6.1)
 (31) 優先権主張番号 10/162,739
 (32) 優先日 平成14年6月6日 (2002.6.6)
 (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・カンパニイ
 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 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービンブレード壁の冷却装置及び製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンブレード (10) のための正圧側二重壁 (20) であって、
 複数の外側圧力リブ (50) を含む正圧側外板 (30) と、
 複数の内側圧力リブ (55) を含む正圧側内板 (35) と、
 複数の圧力流再配向領域 (120) と、
 を備え、
 前記正圧側外板 (30) が前記正圧側内板 (35) の上に配置されて前記正圧側二重壁 (20) を形成しており、
 前記外側圧力リブ (50) が、ブレードスパン基準線 (110) に対して第1の角度 (130) で配置され、前記内側圧力リブ (55) が、ブレードスパン基準線 (110) に対して第2の角度 (140) で配置されて前記圧力流再配向領域 (120) を形成しており、
 前記第1の角度 (130) が、25度から55度までの範囲であり、前記第2の角度 (140) が、-25度から約-55度までの範囲であり、
 前記正圧側二重壁 (20) が、該正圧側二重壁 (20) を通して冷却剤 (180) を通すように構成されたことを特徴とする正圧側二重壁 (20)。

【請求項 2】

複数の陥凹部 (310) をさらに備え、
 前記外側圧力リブ (50)、前記内側圧力リブ (55)、前記正圧側外板 (30) 及び前

10

20

記正圧側内板（３５）の少なくとも１つにおける前記冷却剤（１８０）に接触するように配置された少なくとも一部に、前記複数の陥凹部が形成されたことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項３】

前記正圧側外板（３０）と前記正圧側内板（３５）との間に配置された正圧側分割リブ（１５０）をさらに備え、

前記正圧側分割リブ（１５０）が、前記正圧側二重壁（２０）を正圧側前縁部（１５２）と正圧側後縁部（１５４）に分割することを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項４】

負圧側二重壁（２５）と、

複数の外側負圧リブ（６０）を含む負圧側外板（４０）と、

複数の内側負圧リブ（６５）を含む負圧側内板（４５）と、

複数の負圧流再配向領域（１２５）と、

をさらに備え、

前記負圧側外板（４０）が前記負圧側内板（４５）の上に配置されて前記負圧側二重壁（２５）を形成しており、

前記外側負圧リブ（６０）が、前記ブレードスパン基準線（１１０）に対して前記第１の角度（１３０）で配置され、前記内側負圧リブ（６５）が、前記ブレードスパン基準線（１１０）に対して前記第２の角度（１４０）で配置されて前記負圧流再配向領域（１２５）を形成しており、

前記負圧側二重壁（２５）が、該負圧側二重壁（２５）を通して前記冷却剤（１８０）を通すように構成されたことを特徴とする請求項１に記載の装置。

【請求項５】

複数の外側圧力リブ（５０）を含む正圧側外板（３０）と、

複数の内側圧力リブ（５５）を含む正圧側内板（３５）と、

複数の外側負圧リブ（６０）を含む負圧側外板（４０）と、

複数の内側負圧リブ（６５）を含む負圧側内板（４５）と、

複数の圧力流再配向領域（１２０）と、

複数の負圧流再配向領域（１２５）と、

を備え、

前記正圧側外板（３０）が前記正圧側内板（３５）の上に配置された正圧側二重壁（２０）を形成しており、

前記負圧側外板（４０）が前記負圧側内板（４５）の上に配置された負圧側二重壁（２５）を形成しており、

前記外側圧力リブ（５０）が、ブレードスパン基準線（１１０）に対して第１の角度（１３０）で配置され、前記内側圧力リブ（５５）が、ブレードスパン基準線（１１０）に対して第２の角度（１４０）で配置されて前記圧力流再配向領域（１２０）を形成しており、

前記外側負圧リブ（６０）が、ブレードスパン基準線（１１０）に対して第１の角度（１３０）で配置され、前記内側負圧リブ（６５）が、ブレードスパン基準線（１１０）に対して第２の角度（１４０）で配置されて前記負圧流再配向領域（１２５）を形成しており、

前記第１の角度（１３０）が、２５度から５５度までの範囲であり、前記第２の角度（１４０）が、－２５度から約－５５度までの範囲であり、

前記正圧側二重壁（２０）が、該正圧側二重壁（２０）を通して冷却剤（１８０）の一部を通すように構成され、

前記負圧側二重壁（２５）が、該負圧側二重壁（２５）を通して前記冷却剤（１８０）の別の部分を通すように構成されたことを特徴とするタービンブレード（１０）。

【請求項６】

複数の陥凹部（３１０）をさらに備え、

10

20

30

40

50

前記外側負圧リブ（６０）、前記内側負圧リブ（６５）、前記負圧側外板（４０）、負圧側内板（４５）、前記外側圧力リブ（５０）、前記内側圧力リブ（５５）、前記正圧側外板（３０）、及び前記正圧側内板（３５）の少なくとも１つにおける前記冷却剤（１８０）に接触するように配置された少なくとも一部に、前記複数の陥凹部（３１０）が形成されたことを特徴とする請求項５に記載のタービンブレード。

【請求項７】

前記正圧側外板（３０）と前記正圧側内板（３５）との間に配置された正圧側分割リブ（１５０）をさらに備え、

前記正圧側分割リブ（１５０）が、前記正圧側二重壁（２０）を正圧側前縁部（１５２）と正圧側後縁部（１５４）に分割することを特徴とする請求項５に記載のタービンブレード。

10

【請求項８】

前記負圧側外板（４０）と前記負圧側内板（４５）との間に配置された負圧側分割リブ（１５５）をさらに備え、

前記負圧側分割リブ（１５５）が、前記負圧側二重壁（２５）を負圧側前縁部（１５６）と負圧側後縁部（１５８）に分割することを特徴とする請求項７に記載のタービンブレード。

【請求項９】

前記正圧側前縁部（１５２）が第１のリブ間隔（３３０）を有し、前記正圧側後縁部（１５４）が前記第１のリブ間隔より広い第２のリブ間隔（３４０）を有して、前記第１のリブ間隔（３３０）及び前記第２のリブ間隔（３４０）が、それぞれ前記正圧側前縁部（１５２）における前記冷却剤（１８０）の第１の部分、及び前記正圧側後縁部（１５４）における前記冷却剤（１８０）の第２の部分の制御するように構成され、

20

前記負圧側前縁部（１５６）が第３のリブ間隔（３５０）を有し、前記負圧側後縁部（１５８）が前記第３のリブ間隔より狭い第４のリブ間隔（３６０）を有して、前記第３のリブ間隔（３５０）及び前記第４のリブ間隔（３６０）が、それぞれ前記負圧側前縁部（１５６）における前記冷却剤（１８０）の第３の部分、及び前記負圧側後縁部（１５８）における前記冷却剤（１８０）の第４の部分の制御するように構成されたことを特徴とする請求項８に記載のタービンブレード。

【発明の詳細な説明】

30

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般に、ガスタービン及び蒸気タービンの両方に関し、より具体的には、タービンブレードにおける内部コア冷却構成に関する。タービンブレードは、典型的には、改善された空気力学的性能構成を持つタービンブレードにおける高い機械的負荷を支持するために、該タービンブレード材料の全体温度及び最大温度の両方を低減させるように冷却される。

【０００２】

蒸気タービンは、これらに限定されるものではないが、蒸気タービン発電装置と、船舶搭載用の蒸気タービン推進装置とを含む。ガスタービンは、これらに限定されるものではないが、ガスタービン発電装置と、ガスタービン航空機用エンジンとを含む。例示的な蒸気タービンは、典型的には、高圧タービン部、低圧タービン部、又は両方の組み合わせを含み、蒸気流によって回転させられる。例示的なガスタービンは、典型的には、コアエンジンに流入する空気流を圧縮する高圧圧縮機と、燃料と圧縮空気との混合物が点火されて推進ガス流を生成する燃焼室と、該推進ガス流によって回転させられ、より大きな直径のシャフトにより連結されて高圧圧縮機を駆動する高圧タービンとを有するコアエンジンを含む。典型的な前部ファン式ガスタービン航空機用エンジンには、より小さな直径の同軸シャフトにより連結されて、前部ファン（高圧圧縮機の前方に位置する）を駆動し、任意に低圧圧縮機（前部ファンと高圧圧縮機の間位置する）を駆動する低圧タービン（高圧タービンの後方に位置する）が付加される。低圧圧縮機は、ブースタ圧縮機或いは単にブー

40

50

スタと呼ばれることもある。

【 0 0 0 3 】

例示的なガスタービンにおいて、一般的に、ファン、高圧圧縮機、低圧圧縮機、及びタービンは、各々がシャंक部に取り付けられた翼型部を含むガスタービンブレードを有する。例示的な蒸気タービンにおいては、典型的には、高圧及び低圧タービン部は、各々がシャंक部に取り付けられた翼型部を含む蒸気タービンブレードを有する。ロータブレードは、回転するガスタービン・ロータディスクに取り付けられたガスタービンブレード、又は回転する蒸気タービン・ロータディスクに取り付けられた蒸気タービンブレードである。ステータ羽根は、非回転ガスタービン・ステータ・ケーシングに取り付けられたガスタービンブレード、又は非回転蒸気タービン・ステータ・ケーシングに取り付けられた蒸気タービンブレードである。一般的に、半径方向外方に延びるロータブレードと半径方向内方に延びるステータ羽根の列が、周方向に交互配置される。ガスタービン構成にあつては、第1の列及び/又は最後の列のステータ羽根（入口案内羽根及び出口案内羽根とも呼ばれる）は、一般的に非回転ガスタービン・ステータ・ケーシングにも取り付けられた半径方向内方の端部を有することができる。逆回転する「ステータ」羽根もまた、ガスタービンの設計においてよく知られている。従来のガスタービンブレード及び蒸気タービンブレードの設計は、一般的には、全てチタンのような金属で製造されるか又は全て複合材料で製造される翼型部を有する。高価で幅広の翼弦を持つ中空ブレードを含む金属だけから成るブレードは、重量が重く、その結果として燃料性能が低くなり、頑丈にブレードを取り付けることが必要とされる。

10

20

【 0 0 0 4 】

ガスタービンの航空機用の用途において、高温ガス経路内で作動するガスタービンブレードは、ガスタービンの最高温度の一部に曝される。種々の設計手法が、高温ガス経路におけるブレードの寿命を増加させるようになされてきた。限定ではなく例として、これらの設計手法には、ブレード皮覆及びブレードの内部冷却が含まれる。

【 0 0 0 5 】

一つの一般的な内部コア冷却配置において、一連の半径方向の冷却孔が、タービンブレード全体を通して延びる。タービンブレードは、まず、中実のブレードとして製造される。次に、電気化学加工（ECM）又は成形管式電気化学加工（STEM）を用いて中実のブレードを穿孔し、ブレード根元部の辺りからブレード先端部の辺りまでの間に複数の貫通孔を形成する。軸方向に長いブレードに半径方向の冷却孔を加工することは困難であり、該ブレードの両端からの穿孔を必要とすることもある。半径方向の冷却孔を有するブレードは、所望するよりは大きな質量を有する傾向がある。熱的な過渡では、この余分な質量が問題となることがあるが、それは、ブレードの内面及び外面が、熱的な過渡に対して同じ割合で応答せず、熱応力を生じるからである。さらに、ブレードの3次元の曲率のために、一般的には、該ブレードの前縁及び後縁に半径方向の冷却孔を使用することはできない。或いは、半径方向の冷却孔を配置する必要性は、空気力学特性を直線形の穴に適合させるという妥協を強いるものとなる。半径方向の冷却孔に代わる一つの設計は、冷却流を抽気して、ブレードの上にフィルム冷却層を形成するというものである。

30

【 0 0 0 6 】

ブレードの内部冷却のための冷却剤は、典型的には、ガスタービンの低温部分又は別個の冷却源からもたらされる。冷却剤は、典型的には、空気ベースの冷却剤か、又は蒸気ベースの冷却剤のいずれかである。空気ベースの冷却剤は、典型的には、圧縮機部分か、又は関連するタービンブレード及びブレードカバーより低温で作動する燃焼器部分を囲む圧縮機後の領域のいずれかから抽気される。代替的には、空気ベースの冷却剤は、機械から離れて配置された別個の空気供給システムから供給される。蒸気ベースの冷却剤は、典型的には、関連するタービンブレードより低い温度で作動するタービン部分から供給され、或いは、蒸気ベースの冷却剤は、独立した蒸気供給装置（すなわち、他の蒸気システム又は補助ボイラー）から供給することができる。しかしながら、タービンブレードを内部冷却するために空気ベースの冷却剤を与えることは、ガスタービンにおける内部仕事を意

40

50

味し、該ガスタービンの正味出力パワーを減少させることになる。さらに、空気ベースの冷却剤の流れを、タービンブレードにおいて最も高い熱負荷がかかる領域に向けることに
10 関する問題は、該ブレードの内部冷却をさらに改善する要求を生じさせた。

【特許文献 1】

米国特許第 6 2 3 4 7 5 5 号

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

従って、改善されたタービンブレードに対する必要性がある。より積極的な形状の空気力学的ブレード構成を可能にし、より軽量のブレード内部構成を助け、タービンブレードの構造的支持を保持し、高い冷却効果を提供し、冷却空気を該タービンブレードの外面の極めて近くに位置させることによって壁の厚さの変化に対する感度を低くするタービンブレード壁冷却装置が必要とされる。タービンの効率への影響がほとんどなく、タービンブレードの冷却必要条件を満たすブレード冷却方法もまた必要とされる。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、複数の外側圧力リブを有する正圧側外板と、複数の内側圧力リブを有する正圧側内板と、複数の圧力流再配向領域とを備えるタービンブレードを提供する。正圧側外板は、正圧側内板の上に配置されて、正圧側二重壁を形成する。外側圧力リブは、ブレードスパン基準線に対して第 1 の角度で配置され、内側圧力リブは、ブレードスパン基準線に対して第 2 の角度で配置され、圧力流再配向領域を形成する。正圧側二重壁は、該正圧側二重壁を通して冷却剤を通すように構成される。製造方法が、正圧側外板と正圧側内板を位置合わせし、該正圧側外板と該正圧側内板との間に圧力流再配向領域を形成する。

【0009】

さらに、本発明は、複数の外側負圧リブを有する負圧側外板と、複数の内側負圧リブを有する負圧側内板と、複数の負圧流再配向領域とを備える別のタービンブレードを提供する。負圧側外板は、負圧側内板の上に配置されて、負圧側二重壁を形成する。外側負圧リブは、ブレードスパン基準線に対して第 1 の角度で配置され、内側負圧リブは、ブレードスパン基準線に対して第 2 の角度で配置されて、負圧流再配向領域を形成する。負圧側二重壁は、該負圧側二重壁を通して冷却剤を通すように構成される。製造方法が、負圧側外板と負圧側内板を位置合わせし、該負圧側外板と該負圧側内板との間に負圧流再配向領域を形成する。

【0010】

【発明の実施の形態】

本発明のこれら及び他の特徴、態様、及び利点は、同じ符号が図の全体にわたって同じ部品を表す添付図面を参照して、以下の詳細な説明を読むことにより、一層よく理解されるであろう。

【0011】

図 1 及び図 2 は、本発明の 1 つの実施形態において、タービンブレード 10 のための正圧側二重壁 20 を提供するものである。この装置は、複数の外側圧力リブ 50 を含む図 1 の正圧側外板 30 と、複数の内側圧力リブ 55 を含む正圧側内板 35 と、図 2 の複数の圧力流再配向領域 120 とを備える。正圧側外板 30 は、正圧側内板 35 の上に配置されて、正圧側二重壁 20 を形成する。外側圧力リブ 50 は、該ブレードスパン基準線 110 に対して第 1 の角度 130 で配置され、内側圧力リブ 55 は、ブレードスパン基準線 110 に対して第 2 の角度 140 で配置され、圧力流再配向領域 120 を形成する。正圧側二重壁 20 は、該正圧側二重壁 20 を通して図 1 の冷却剤 180 を通すように構成される。

【0012】

本発明において、「タービンブレード」という用語は、固定翼型部（羽根及びノズル）と回転翼型部（ブレード及び動翼）の両方を含むように定められる。

【0013】

本発明の 1 つの実施形態において、図 2 の第 1 の角度 130 は、約 25 度から約 55 度ま

10

20

30

40

50

での範囲であり、第2の角度140は、約-25度から約-55度までの範囲である。本発明のより具体的な実施形態において、第1の角度130は、約40度から約45度までの範囲であり、第2の角度140は、約-40度から約-45度までの範囲である。本発明の別の実施形態において、第1の角度130は、約-25度から約-55度までの範囲であり、第2の角度140は、約25度から約55度までの範囲である。本発明のより具体的な実施形態において、第1の角度130は、約-40度から約-45度までの範囲であり、第2の角度140は、約40度から約45度までの範囲である。

【0014】

本発明の1つの実施形態において、外側圧力リブ50及び内側圧力リブ55は、リブ間隔328だけ離間して配置される。最終的なリブ間隔は、技術者によって定められ、技術者は、典型的には、以下の技術者制御変数、即ち1)正圧側二重壁20の幅、2)正圧側二重壁20を通る冷却剤180の許容可能な圧力低下、及び3)正圧側二重壁20を通して流れる冷却剤180によって取り除かれることになる熱負荷、のうちの少なくとも1つを考慮する。

【0015】

本発明の1つの実施形態において、正圧側二重壁20は、正圧側前縁カバー80及び正圧側後縁カバー70を更に備える。本発明の1つの実施形態において、正圧側前縁カバー80は、正圧側外板30及び正圧側内板35に配置される。本発明の1つの実施形態において、正圧側後縁カバー70は、正圧側外板30及び正圧側内板35に配置される。本発明の1つの実施形態において、正圧側外板30、正圧側内板35、正圧側前縁カバー80、及び正圧側後縁カバー70は、インベストメント鋳造部に配置される。

【0016】

本発明の1つの実施形態において、タービンブレードの冷却必要条件により、タービンブレード10に、正圧側二重壁20及び負圧側二重壁25のうちの少なくとも1つを形成する範囲が定められる。

【0017】

さらに、本発明は、図1の冷却剤180をどのように正圧側二重壁20及び負圧側二重壁25に流入させ、又はそこから流出させるかについて、如何なる限定も設けていない。本発明の1つの実施形態において、正圧側二重壁20及び負圧側二重壁25は、ブレードカバー90とブレード根元部100との間に配置される。本発明の1つの実施形態において、正圧側二重壁20は、ブレード根元部100に流入する冷却剤180の一部をブレードカバー90まで通すように構成され、負圧側二重壁25は、該ブレード根元部100に流入する該冷却剤180の別の部分をブレードカバー90まで通すように構成される。

【0018】

本発明の別の実施形態において、冷却剤180は、図1の正圧側内板35及び負圧側内板45内に穿孔された衝突孔(図1には示されていない)を通して、該正圧側内板35及び該負圧側内板45のうちの少なくとも1つに向けられる。衝突孔、及び冷却剤180を正圧側内板35及び負圧側内板45を通して配向する他の代替的手段を使用することは、当業者にはよく知られている。

【0019】

本発明の1つの実施形態において、図4のタービンブレード10は、正圧側外板30と、正圧側内板35と、負圧側外板40と、負圧側内板45と、複数の圧力流再配向領域120と、図3の複数の負圧流再配向領域125とを備える。正圧側外板30は、正圧側内板35の上に配置されて、正圧側二重壁20を形成する。負圧側外板40は、負圧側内板45の上に配置されて、負圧側二重壁25を形成する。外側圧力リブ50及び内側圧力リブ55が、図2に関して上述されたように配置される。

【0020】

図3の外側負圧リブ60は、ブレードスパン基準線110に対して第1の角度130で配置され、内側負圧リブ65は、該ブレードスパン基準線110に対して第2の角度140で配置され、負圧流再配向領域125を形成する。図1の正圧側二重壁20は、該正圧側

10

20

30

40

50

二重壁 20 を通して冷却剤 180 の一部を通すように構成され、負圧側二重壁 25 は、該負圧側二重壁 25 を通して冷却剤 180 の別の部分を通すように構成される。

【0021】

本発明の 1 つの実施形態において、図 3 の外側負圧リブ 60 及び内側負圧リブ 65 は、リブ間隔 328 だけ離間して配置される。最終的なリブ間隔 328 は技術者によって定められ、本発明は、特定のリブ間隔 328 に限定されない。技術者は、典型的には、該技術者が定める以下の変数、即ち 1) 負圧側二重壁 25 の幅、2) 負圧側二重壁 25 を通る図 1 の冷却剤 180 の許容可能な圧力低下、及び 3) 負圧側二重壁 25 を通って流れる冷却剤 180 によって取り除かれることになる熱負荷、のうちの少なくとも 1 つを考慮する。

【0022】

本発明の 1 つの実施形態において、図 4 の負圧側前縁カバー 85 が、負圧側外板 40 及び負圧側内板 45 に配置される。負圧側後縁カバー 75 が負圧側外板 40 及び負圧側内板 45 に配置される。本発明の 1 つの実施形態において、負圧側外板 40、負圧側内板 45、負圧側前縁カバー 85、及び負圧側後縁カバー 75 は、インベストメント鑄造部に配置される。

【0023】

本発明の別の具体的な実施形態において、正圧側外板 30、正圧側内板 35、正圧側前縁カバー 80、正圧側後縁カバー 70、負圧側外板 40、負圧側内板 45、負圧側後縁カバー 75、及び負圧側前縁カバー 85 は、インベストメント鑄造部に配置される。

【0024】

本発明の 1 つの実施形態において、正圧側二重壁 20 及び負圧側二重壁 25 は、共に図 1 のブレード根元部 100 の辺りからブレードカバー 90 の辺りまで配置される。ブレードカバー 90 及びブレード根元部 100 に対する正圧側二重壁 20 及び負圧側二重壁 25 の最終的な配置は、技術者に任される。図 1 に示すように、本発明は、ブレード根元部 100 からブレードカバー 90 まで正圧側二重壁 20 及び負圧側二重壁 25 のうちの少なくとも 1 つを配置することに限定されない。

【0025】

本発明の 1 つの実施形態において、図 4 の正圧側二重壁 20 は、ブレード前縁 400 及びブレード後縁 410 の両方から離間して配置される。図 4 に示されるような正圧側二重壁 20 の配置が、本発明を限定する意味をもつことは意図されていない。図 4 に示すように、正圧側二重壁 20 の最終的な配置は、技術者によって定められ、正圧側前縁カバー 80 をブレード前縁 400 から離間して配置し、正圧側後縁カバー 70 をブレード後縁 410 から離間して配置することに限定されない。

【0026】

本発明において、タービンブレード 10 に関する正圧側二重壁 20 及び負圧側二重壁 25 の配置は、本出願と同時に提出され、その全体を引用によりここに組み入れる、R. S. Bunker 他による、タービンブレードのコア冷却装置及び製造方法という名称の米国出願番号 10/162755 における図 1 の冷却装置 20 の配置を定めるのに用いられる手法と一致している。米国出願番号 10/162755 の図 1 の冷却装置 20 は、該米国出願番号 10/162755 の図 2 のタービンブレード 10 内の冷却剤 180 を制御し、該米国出願番号 10/162755 の図 1 の該冷却装置 20 は、技術者によって、最終的な設計必要条件に適合させるような寸法に作られ配置される。

【0027】

本発明の別の具体的な実施形態において、図 4 の正圧側分割リブ 150 が、正圧側外板 30 と正圧側内板 35 との間に配置され、該正圧側分割リブ 150 は、正圧側二重壁 20 を正圧側前縁部 152 と正圧側後縁部 154 に分割する。1 つの正圧側分割リブ 150 を含む本発明の 1 つの実施形態について説明されるが、技術者は、多数の正圧側分割リブ 150 が正圧側外板 30 と正圧側内板 35 との間に配置された実施形態を使用することができる。図 4 に示されるように、本発明は、1 つの正圧側分割リブ 150 を配置することに限定されない。他の実施形態において、例えば、多数の正圧側分割リブ 150 が、正圧側二

10

20

30

40

50

重壁 20 を 3 つ又はそれ以上の部分に分割するように用いられる。

【0028】

ここで用いられる「正圧側分割リブ」という用語は、正圧側外板 30 及び正圧側内板 35 の両方の少なくとも一部に隣接して配置された要素を説明するのに用いられる。

【0029】

本発明の別の具体的な実施形態において、正圧側外板 30、正圧側内板 35、正圧側前縁カバー 80、正圧側後縁カバー 70、及び正圧側分割リブ 150 は、インベストメント鋳造部に配置される。

【0030】

本発明の別の具体的な実施形態において、正圧側外板 30、正圧側内板 35、正圧側前縁カバー 80、正圧側後縁カバー 70、負圧側外板 40、負圧側内板 45、負圧側後縁カバー 75、負圧側前縁カバー 85、及び正圧側分割リブ 150 は、インベストメント鋳造部に配置される。

10

【0031】

本発明の 1 つの実施形態において、正圧側前縁部 152 が第 1 のリブ間隔 330 を有し、正圧側後縁部 154 が第 2 のリブ間隔 340 を有する。第 1 のリブ間隔 330 及び第 2 のリブ間隔 340 は、それぞれ正圧側前縁部 152 における冷却剤 180 の第 1 の部分、及び正圧側後縁部 154 における冷却剤 180 の第 2 の部分を制御するように構成される。

【0032】

本発明の 1 つの実施形態において、正圧側前縁部 152 には、少なくとも 1 つの翼型部前縁冷却用噴出部 190 が更に形成され、正圧側後縁部 154 には、少なくとも 1 つの翼型部後縁冷却用噴出部 200 が更に形成される。

20

【0033】

図 4 に示すように、本発明は、翼型部前縁冷却用噴出部 190 及び翼型部後縁冷却用噴出部 200 のうちの少なくとも 1 つを含む実施形態に限定されない。フィルム冷却技術は、当業者にはよく知られている。従って、正圧側外板 30 及び負圧側外板 40 のうちの少なくとも 1 つにおける、何らかの抽気フィルム冷却孔（図 4 又は図 5 に示されていない）、貫通（図 4 又は図 5 に示されていない）、図 4 の翼型部前縁冷却用噴出部 190、及び翼型部後縁冷却用噴出部 200 の最終的な配置は、技術者によって定められる。

【0034】

本発明の 1 つの実施形態において、図 5 に示されるように、タービンブレード 10 は、負圧側外板 40 と負圧側内板 45 との間に配置された負圧側分割リブ 155 を更に備える。負圧側分割リブ 155 は、負圧側二重壁 25 を負圧側前縁部 156 と負圧側後縁部 158 に分割する。1 つの負圧側分割リブ 155 を含む本発明の 1 つの実施形態について説明されるが、技術者は、多数の負圧側分割リブ 155 が負圧側外板 40 と負圧側内板 45 との間に配置された実施形態を使用することができる。図 5 に示されるように、本発明は、1 つの負圧側分割リブ 155 を配置することに限定されない。他の実施形態において、例えば、多数の負圧側分割リブ 155 が、負圧側二重壁 25 を 3 つ又はそれ以上の部分に分割するように用いられる。

30

【0035】

ここで用いられる「負圧側分割リブ」という用語は、負圧側外板 40 及び負圧側内板 45 の両方の少なくとも一部に隣接して配置された要素を説明するのに用いられる。

40

【0036】

本発明の 1 つの実施形態において、負圧側二重壁 25 は、ブレード前縁 400 及びブレード後縁 410 の両方から離間して配置される。図 5 に示されるような負圧側二重壁 25 の配置は、本発明を限定する意味をもつようには意図されていない。図 5 に示すように、負圧側二重壁 25 の最終的な配置は、技術者によって定められ、負圧側前縁カバー 85 をブレード前縁 400 から離間して配置すること、及び負圧側後縁カバー 75 をブレード後縁 410 から離間して配置することに限定されない。

【0037】

50

本発明の１つの実施形態において、図５の正圧側外板３０、正圧側内板３５、負圧側外板４０、負圧側内板４５、正圧側前縁カバー８０、正圧側後縁カバー７０、負圧側後縁カバー７５、負圧側前縁カバー８５、及び負圧側分割リブ１５５は、インベストメント鋳造部に配置される。

【００３８】

本発明のより具体的な実施形態において、図４の正圧側外板３０、正圧側内板３５、負圧側外板４０、負圧側内板４５、正圧側前縁カバー８０、正圧側後縁カバー７０、負圧側後縁カバー７５、負圧側前縁カバー８５、正圧側分割リブ１５０、及び図５の負圧側分割リブ１５５は、インベストメント鋳造部に配置される。

【００３９】

本発明の１つの実施形態において、負圧側前縁部１５６は第３のリブ間隔３５０を有し、負圧側後縁部１５８は第４のリブ間隔３６０を有する。本発明の１つの実施形態において、第３のリブ間隔３５０及び第４のリブ間隔３６０は、それぞれ負圧側前縁部１５６における冷却剤１８０の第３の部分、及び負圧側後縁部１５８における冷却剤１８０の第４の部分の制御するように構成される。

【００４０】

本発明の１つの実施形態において、負圧側前縁部１５６には、少なくとも１つの翼型部前縁冷却用噴出部１９０が更に形成され、負圧側後縁部１５８には、少なくとも１つの翼型部後縁冷却用噴出部２００が更に形成される。

【００４１】

本発明の１つの実施形態において、図６に示すように、正圧側二重壁２０は複数の表面陥凹部３１０を更に備え、外側圧力リブ５０、内側圧力リブ５５、正圧側外板３０、及び正圧側内板３５の少なくとも１つにおける冷却剤１８０に接触するように構成された少なくとも一部に、複数の陥凹部３１０が形成される。

【００４２】

ここで用いられる「陥凹部」という用語は、凹部、陥凹部、くぼみ、穴、又は何らかの他の種類又は形状の別個のシンクホールを指す。１つの実施形態において、陥凹部３１０の形状は、典型的には、半球状又は逆さの短円錐形状である。

【００４３】

代替的な実施形態において、陥凹部３１０の形状は、典型的には、完全な半球体のいずれかの部分である。

【００４４】

本発明の１つの実施形態において、各々の陥凹部３１０の図６及び図７の最大深さ「Ｙ」は、一般的には、正圧側外板３０、負圧側外板４０、外側圧力リブ５０、及び外側負圧リブ６０の表面に沿って一定のままである。最大深さ「Ｙ」は、通常、該陥凹部の表面直径「Ｄ」の約０．１０倍から約０．５０倍までの範囲にある。さらに、陥凹部３１０の最大深さＹは、約０．００２インチから約０．１２５インチまでの範囲にある。陥凹部３１０の中心から中心までの間隔「Ｘ」は、通常、該陥凹部３１０の表面直径「Ｄ」の約１．１倍から約２倍までの範囲にある。

【００４５】

本発明の１つの実施形態において、図７に示されるように、負圧側二重壁２５は、複数の表面陥凹部３１０を更に含み、外側負圧リブ６０、内側負圧リブ６５、負圧側外板４０、負圧側内板４５、外側圧力リブ５０、内側圧力リブ５５、正圧側外板３０、及び正圧側内板３５の少なくとも１つにおける冷却剤１８０に接触するように構成された少なくとも一部に、複数の陥凹部３１０が形成される。

【００４６】

本発明は、タービンブレード１０のために図１の正圧側二重壁２０を形成する方法の実施形態を提供するものである。本発明の１つの実施形態における方法は、正圧側外板３０及び正圧側内板３５を位置合わせして、該正圧側外板３０と該正圧側内板３５との間に図２の複数の圧力流再配向領域１２０を形成する段階を含む。正圧側外板３０は、ブレードス

10

20

30

40

50

パン基準線 110 に対して第 1 の角度 130 で配置された複数の外側圧力リブ 50 を含み、正圧側内板 35 は、ブレードスパン基準線 110 に対して第 2 の角度 140 で配置された内側圧力リブ 55 を含む。

【0047】

本発明の 1 つの実施形態において、第 1 の角度 130 及び第 2 の角度 140 は、図 2 に関して上述されたような範囲を有する。

【0048】

本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、位置合わせする段階の前に、インベストメント鑄造、拡散接合、電子ビーム付着形成、及びそのいずれかの組み合わせから成るグループから選択された工程によって、正圧側外板 30 及び正圧側内板 35 を製造する段階を更に含む。

10

【0049】

本発明の 1 つの実施形態において、位置合わせする段階が、圧力流再配向領域 120 と、外側圧力リブ 50 と、内側圧力リブ 55 とを含むインベストメント鑄造部の鑄型を準備する段階と、ブレード材料を注いで該インベストメント鑄造部を形成する段階とを更に含む方法が提供される。インベストメント鑄造部は、正圧側外板 30、正圧側内板 35、外側圧力リブ 50、及び内側圧力リブ 55 を含む。

【0050】

本発明の 1 つの実施形態において、位置合わせする段階が、正圧側外板 30 及び正圧側内板 35 を接合する段階を含むようになった方法が提供される。

20

【0051】

本発明の 1 つの実施形態において、正圧側二重壁 20 が、図 1 のほぼブレード根元部 100 からほぼブレードカバー 90 まで配置される方法が提供される。本発明の 1 つの実施形態において、図 1 の負圧側二重壁 25 がタービンブレード 10 のほぼブレード根元部 100 からほぼブレードカバー 90 まで配置される方法が提供される。

【0052】

本発明は、タービンブレード 10 のための図 1 の負圧側二重壁 25 を製造する方法の実施形態を提供するものである。本発明の 1 つの実施形態における方法は、図 3 の負圧側外板 40 及び負圧側内板 45 を位置合わせして、該負圧側外板 40 と該負圧側内板 45 との間に複数の負圧流再配向領域 125 を形成する段階を含む。負圧側外板 40 は、ブレードスパン基準線 110 に対して第 1 の角度 130 で配置された複数の外側負圧リブ 60 を含み、負圧側内板 45 は、ブレードスパン基準線 110 に対して第 2 の角度 140 で配置された内側負圧リブ 65 を含む。本発明の 1 つの実施形態において、第 1 の角度 130 及び第 2 の角度 140 は、図 3 に関して上述されたような範囲を有する。

30

【0053】

本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、位置合わせする段階の前に、インベストメント鑄造、拡散接合、電子ビーム付着形成、及びそのいずれかの組み合わせから成るグループから選択された工程によって、負圧側外板 40 及び負圧側内板 45 を製造する段階を更に含む。

【0054】

本発明の 1 つの実施形態において、位置合わせする段階が、負圧流再配向領域 125 と、外側負圧リブ 60 と、内側負圧リブ 65 とを含むインベストメント鑄造部の鑄型を準備する段階と、ブレード材料を注入して該インベストメント鑄造部を形成する段階とを含む方法が提供される。インベストメント鑄造部は、負圧側外板 40、負圧側内板 45、外側負圧リブ 60、及び内側負圧リブ 65 を含む。

40

【0055】

本発明の 1 つの実施形態において、位置合わせする段階が、負圧側外板 40 と負圧側内板 45 とを接合する段階を含む方法が提供される。

【0056】

本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、正圧側外板 30 から正圧側内板 35 まで

50

図4の正圧側分割リブ150を挿入する段階を更に含み、該正圧側分割リブ150は、正圧側二重壁20を正圧側前縁部152と圧力後縁冷却後部154に分割する。

【0057】

本発明の1つの実施形態において、この方法は、正圧側前縁部152については、第1のリブ間隔330だけ外側圧力リブ50と内側圧力リブ55とを離間して配置し、圧力後縁冷却部154については、第2のリブ間隔340だけ外側圧力リブ50と内側圧力リブ55とを離間して配置する段階を更に含む。第1のリブ間隔330及び第2のリブ間隔340は、それぞれ正圧側前縁部152における冷却剤180の第1の部分及び正圧側後縁部154における冷却剤180の第2の部分を制御するように構成される。

【0058】

本発明の1つの実施形態において、正圧側前縁部152が、少なくとも1つの翼型部前縁冷却用噴出部190に位置合わせされ、正圧側後縁部154が、少なくとも1つの翼型部後縁冷却噴出部200に位置合わせされる方法が提供される。

【0059】

本発明の1つの実施形態において、この方法は、負圧側外板40から負圧側内板45まで図5の負圧側分割リブ155を配置する段階を更に含む。負圧側分割リブ155は、負圧側二重壁25を負圧側前縁部156と負圧側後縁部158に分割する。

【0060】

本発明の1つの実施形態において、この方法は、負圧側前縁部156については、第3のリブ間隔350だけ外側負圧リブ60と内側負圧リブ65とを離間して配置し、負圧側後縁部158については、第4のリブ間隔360だけ外側負圧リブ60と内側負圧リブ65とを離間して配置する段階を更に含む。第3のリブ間隔350及び第4のリブ間隔360は、それぞれ負圧側前縁部156における冷却剤180の第3の部分、及び負圧側後縁部158における冷却剤180の第4の部分を制御するように構成される。

【0061】

本発明の1つの実施形態において、負圧側前縁部156が、少なくとも1つの翼型部前縁冷却用噴出部190に位置合わせされ、負圧側後縁部158が、少なくとも1つの翼型部後縁冷却噴出部200に位置合わせされる方法が提供される。

【0062】

本発明の1つの実施形態において、この方法は、図6の正圧側外板30、正圧側内板35、外側圧力リブ50、及び冷却剤180に接触するように構成された内側圧力リブ55のうちの少なくとも1つの少なくとも一部に、複数の陥凹部310が配置される段階を更に含む。

【0063】

本発明の1つの実施形態において、この方法は、図7の負圧側外板40、負圧側内板45、外側負圧リブ60、及び冷却剤180に接触するように構成された内側負圧リブ65のうちの少なくとも1つの少なくとも一部に、複数の陥凹310が配置される段階を更に含む。

【0064】

本発明は、複数の外側圧力リブ50と、複数の内側圧力リブ55と、図2の複数の圧力流再配向領域120とを含む図6の圧力格子構造320を構成する段階を含む、タービンブレード10のための図1の正圧側二重壁20を製造する代替的な方法を提供するものである。本発明の1つの実施形態において、外側圧力リブ50は、ブレードスパン基準線110に対して第1の角度130で配置され、内側圧力リブ55は、ブレードスパン基準線110に対して第2の角度140で配置されて、複数の圧力流再配向領域120を形成する。正圧側外板30は、正圧側内板35の上に位置合わせされる。

【0065】

本発明の1つの実施形態において、代替的な方法が、図6の圧力格子構造320を処理して、正圧側外板30と正圧側内板35とを含む正圧側二重壁20を形成する段階を更に含む。正圧側外板30は外側圧力リブ50を含み、正圧側内板35は内側圧力リブ55を含

10

20

30

40

50

む。

【 0 0 6 6 】

本発明の 1 つの実施形態において、代替的な方法が、複数の外側負圧リブ 6 0 と、複数の内側負圧リブ 6 5 と、図 3 の複数の負圧流再配向領域 1 2 5 とを含む図 7 の負圧格子構造 3 2 5 を構成する段階を更に含む。本発明の 1 つの実施形態において、外側負圧リブ 6 0 は、ブレードスパン基準線 1 1 0 に対して第 1 の角度 1 3 0 で配置され、内側負圧リブ 6 5 は、ブレードスパン基準線 1 1 0 に対して第 2 の角度 1 4 0 で配置されて、複数の負圧流再配向領域 1 2 5 を形成する。負圧側外板 4 0 は、負圧側内板 4 5 の上に位置合わせされる。

【 0 0 6 7 】

本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、図 7 の負圧格子構造 3 2 5 を処理して、負圧側外板 4 0 と負圧側内板 4 5 とを含む負圧側二重壁 2 5 を形成する段階を更に含む。負圧側外板 4 0 は外側負圧リブ 6 0 を含み、負圧側内板 4 5 は内側負圧リブ 6 5 を含む。

【 0 0 6 8 】

本発明の 1 つの実施形態において、正圧側二重壁 2 0 は、該正圧側二重壁 2 0 を通して冷却剤 1 8 0 の一部を通すように構成され、負圧側二重壁 2 5 は、該負圧側二重壁 2 5 を通して冷却剤 1 8 0 の別の部分を通すように構成される。

【 0 0 6 9 】

本発明の 1 つの実施形態において、図 6 の圧力格子構造 3 2 0 を処理する段階及び図 7 の負圧格子構造 3 2 5 を処理する段階が、インベストメント鋳造、拡散接合、電子ビーム付着形成、及びそのいずれかの組み合わせから成るグループから選択された工程によって実行される方法が提供される。

【 0 0 7 0 】

本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、図 4 の正圧側前縁カバー 8 0 を正圧側外板 3 0 及び正圧側内板 3 5 に配置することを更に含む。本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、正圧側後縁カバー 7 0 を正圧側外板 3 0 及び力側内板 3 5 に配置することを更に含む。本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、負圧側前縁カバー 8 5 を負圧側外板 4 0 及び負圧側内板 4 5 に配置することを更に含む。本発明の 1 つの実施形態において、この方法は、負圧側後縁カバー 7 5 を負圧側外板 4 0 及び負圧側内板 4 5 に配置することを更に含む。

【 0 0 7 1 】

本発明の 1 つの実施形態において、外側圧力リブ 5 0 、内側圧力リブ 5 5 、外側負圧リブ 6 0 、内側負圧リブ 6 5 、正圧側外板 3 0 、正圧側内板 3 5 、負圧側外板 4 0 、負圧側内板 4 5 、正圧側前縁カバー 8 0 、正圧側後縁カバー 7 0 、負圧側後縁カバー 7 5 、負圧側前縁カバー 8 5 、正圧側分割リブ 1 5 0 、及び図 5 の負圧側分割リブ 1 5 5 が、インベストメント鋳造部に配置される方法が提供される。

【 0 0 7 2 】

本発明の幾つかの実施形態についての上記の説明が、説明目的のために示された。本発明を詳細に示し説明したが、これは説明及び例示のためだけに意図されるものであり、限定のためではないことを明確に理解すべきである。上記の教示を考慮して、本発明の多くの修正及び変形が可能であることは明らかである。なお、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の 1 つの実施形態による、正圧側二重壁及び負圧側二重壁を含むタービンブレードの断面図。

【 図 2 】 本発明の 1 つの実施形態による、正圧側二重壁の断面図。

【 図 3 】 本発明の 1 つの実施形態による、負圧側二重壁の断面図。

【 図 4 】 本発明の 1 つの実施形態による、圧力前縁冷却部分及び圧力後縁冷却部分を含むタービンブレードの断面図。

【 図 5 】 本発明の 1 つの実施形態による、負圧前縁冷却部分及び負圧後縁冷却部分を含

10

20

30

40

50

むタービンブレードの断面図。

【図 6】 本発明の 1 つの実施形態による、正圧側二重壁の断面図。

【図 7】 本発明の 1 つの実施形態による、負圧側二重壁の断面図。

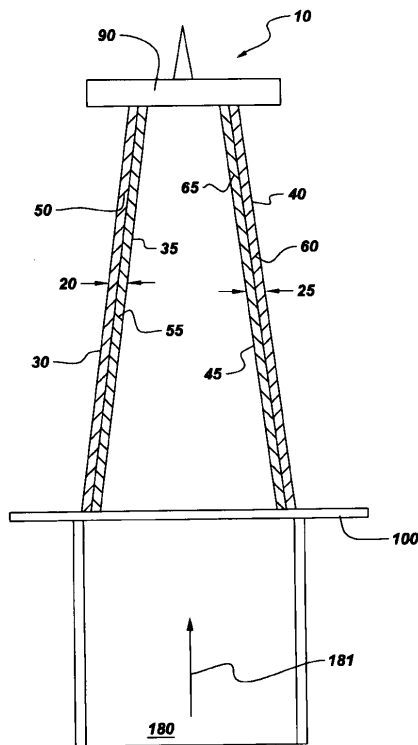
【符号の説明】

- 1 0 タービンブレード
- 2 0 正圧側二重壁
- 2 5 負圧側二重壁
- 3 0 正圧側外板
- 3 5 正圧側内板
- 4 0 負圧側外板
- 4 5 負圧側内板
- 5 0 外側圧力リブ
- 5 5 内側圧力リブ
- 6 0 外側負圧リブ
- 6 5 内側負正圧側リブ
- 7 0 正圧側後縁カバー
- 7 5 負圧側後縁カバー
- 8 0 正圧側前縁カバー
- 8 5 負圧側前縁カバー
- 9 0 ブレードカバー
- 1 0 0 ブレード根元部

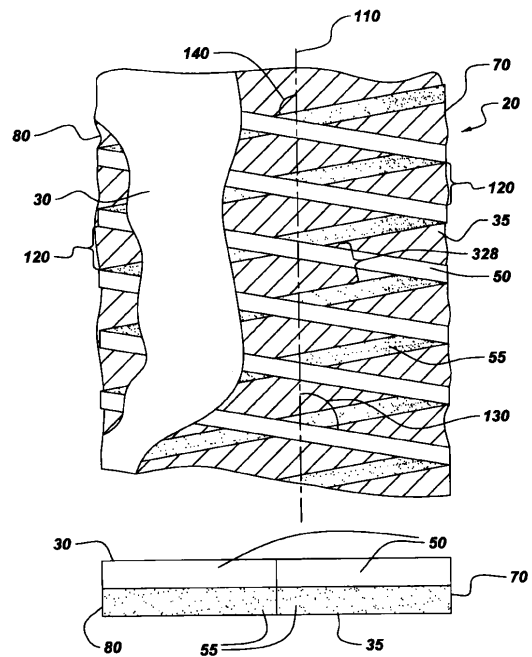
10

20

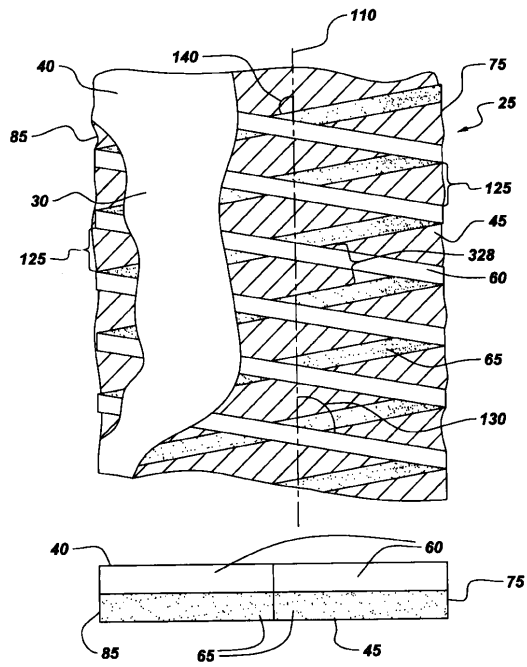
【図 1】



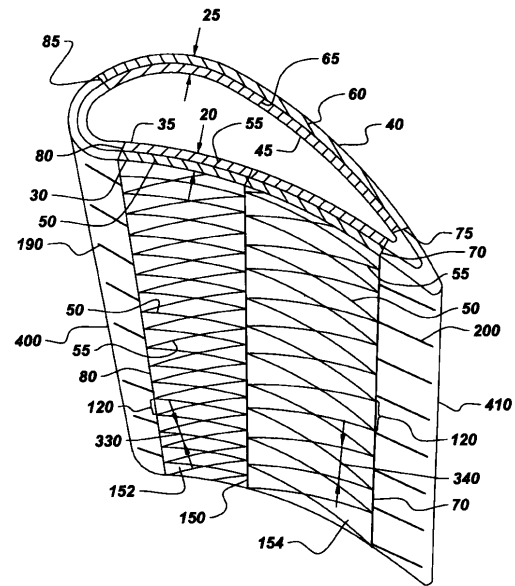
【図 2】



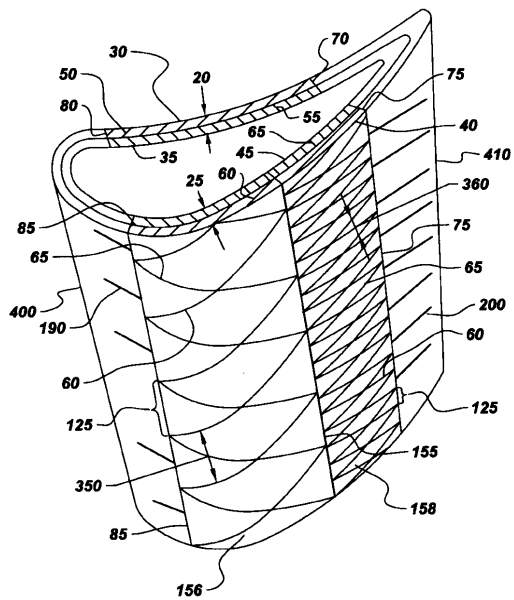
【図 3】



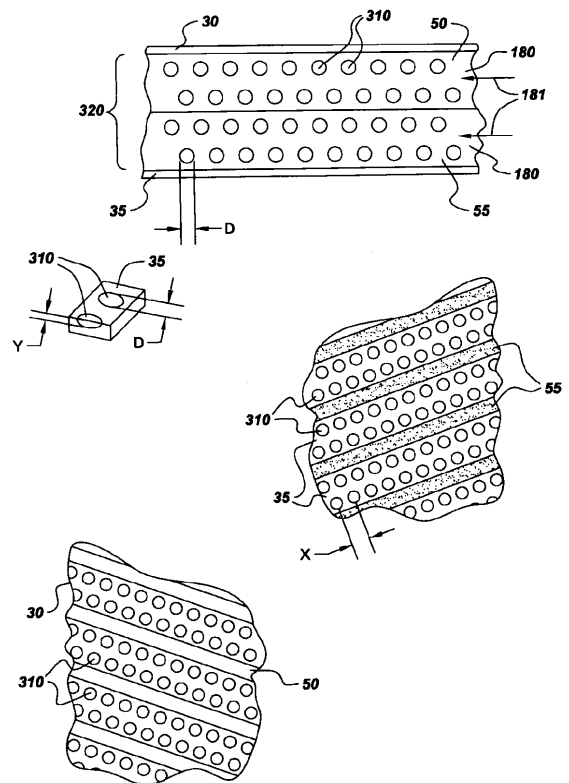
【図 4】



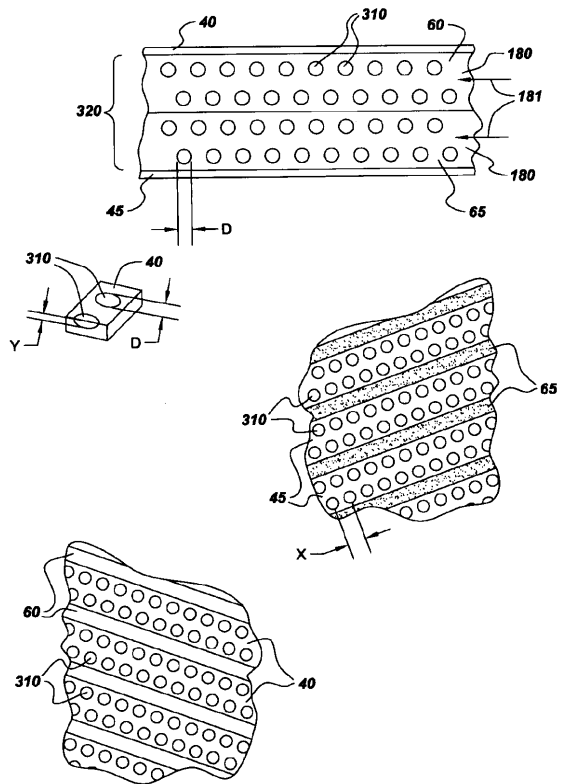
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 ロナルド・スコット・バンカー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、クリフトン・パーク・ロード、1372番
- (72)発明者 フレデリック・ジョセフ・クラグ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、アン・ドライブ、2番
- (72)発明者 シー・チン・ファン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ラザム、スターボード・ウェイ、6番

審査官 藤原 弘

- (56)参考文献 国際公開第01/71163(WO, A1)
特開平11-072003(JP, A)
特開昭48-065313(JP, A)
国際公開第99/61756(WO, A1)
特開昭48-029917(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/18
F01D 9/00-06
F02C 7/18