

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-31275

(P2019-31275A)

(43) 公開日 平成31年2月28日(2019.2.28)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)	
B64C	11/20	(2006.01)	B64C 11/20	3G202
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C 7/00	D 3H130
FO1D	25/00	(2006.01)	FO1D 25/00	X 4E066
FO1D	5/18	(2006.01)	FO1D 5/18	4E168
FO4D	29/38	(2006.01)	FO4D 29/38	A

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-146414 (P2018-146414)
 (22) 出願日 平成30年8月3日(2018.8.3)
 (31) 優先権主張番号 15/670, 654
 (32) 優先日 平成29年8月7日(2017.8.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590005449
 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレイション
 UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
 アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ファーム スプリングス ロード 10
 (74) 代理人 100086232
 弁理士 小林 博通
 (74) 代理人 100092613
 弁理士 富岡 潔
 (72) 発明者 ダニエル エー. ベイルズ
 アメリカ合衆国, コネチカット, エイヴォン, スコンセット プラフ 2
 最終頁に続く

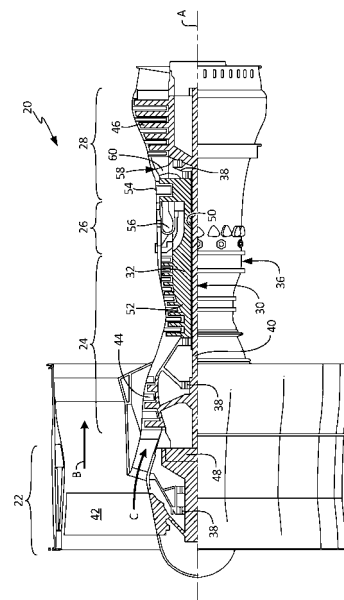
(54) 【発明の名称】 エアfoil及びエアfoilを製造する方法

(57) 【要約】

【課題】 迅速に溶接可能であり、溶接部の深さ及び幅ならびに熱入力が最小限に抑えられるエアfoilを提供する。

【解決手段】 エアfoilであって、エアfoil本体と、エアfoil本体の第1の側部における第1の深さを有する窪み部分であって、窪み部分が、窪み部分内に位置する、第2の深さを有する複数のポケット、及びポケット間に位置する、第1の深さを有するリブ、を含む窪み部分と、カバーであって、カバーの内面がリブに係合し、カバーの外表面がエアfoil本体の第1の側部の外面とほぼ面一になるように、窪み部分に嵌るように構成されている、カバーと、カバーを貫いてリブ内へ延在し、カバーをリブに取り付けるように配置された高エネルギービーム溶接構造体と、を含む、エアfoil。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エアfoilであって、
エアfoil本体と、

前記エアfoil本体の第 1 の側部における第 1 の深さを有する窪み部分であって、前記窪み部分が、

前記窪み部分内に位置する、第 2 の深さを有する複数のポケット、及び、

前記ポケット間に位置する、前記第 1 の深さを有するリブ、を含む前記窪み部分と、
カバーであって、前記カバーの内面が前記リブに係合し、前記カバーの外表面が前記エアfoil本体の前記第 1 の側部の外表面とほぼ面一になるように、前記窪み部分に嵌るように構成されている、前記カバーと、

前記カバーを貫いて前記リブ内へ延在し、前記カバーを前記リブに取り付けるように配置された高エネルギービーム溶接構造体と、を備える、前記エアfoil。

【請求項 2】

前記エアfoil本体が、ねじれエアfoil本体である、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 3】

ろう付け材が、前記カバーの内面上またはリブ上に配置されている、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 4】

前記高エネルギービーム溶接構造体が、リブの中央部を下方へ延在する単一の溶接部を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 5】

前記高エネルギービーム溶接構造体が、リブの上部に沿って、かつリブの縁部間に離間配置された 2 つの溶接部を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 6】

前記高エネルギービーム溶接構造体が、リブの縁部に配置された 2 つの溶接部を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 7】

前記高エネルギービーム溶接構造体が、2 つの溶接部間に配置された蛇行溶接部を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 8】

リブが、前記リブの縁部間に溝を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 9】

前記リブが、前記溝の両側においてタブを含み、前記タブは、前記カバーの前記リブへの高エネルギービーム溶接後に前記溝が前記カバーと接触するように、溶接によって消滅するように構成されている、請求項 8 に記載のエアfoil。

【請求項 10】

リブが、前記リブの縁部間に複数の溝を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 11】

前記リブが、前記溝の両側においてタブを含む、請求項 10 に記載のエアfoil。

【請求項 12】

前記カバーが穴を含み、リブが、前記穴を通して延在するタブを含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 13】

前記カバーが矩形穴を含み、リブが、広がった幅を有するセクションを含み、前記セクションがまた、前記カバーの前記矩形穴を通して延在するタブを有する、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 14】

前記カバーが円形穴を含み、リブが、広がった幅を有するセクションを含み、前記セク

10

20

30

40

50

ションがまた、前記カバーの前記円形穴を通して延在するタブを有する、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 15】

前記高エネルギービーム溶接構造体が前記リブに沿って変化する、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 16】

前記窪み部分が、前記エアfoil本体の前記外面に隣接する空洞を含む、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 17】

前記カバーと前記エアfoil本体の前記外面との間の前記溶接部が、前記エアfoil本体の前記外面に隣接する前記空洞まで延在する、請求項 16 に記載のエアfoil。

【請求項 18】

前記高エネルギービーム溶接構造体が、レーザー溶接構造体及び電子ビーム溶接構造体からなる群から選択される、請求項 16 に記載のエアfoil。

【請求項 19】

前記複数のポケットがリブの円筒形部分内に環状ポケットを含み、前記高エネルギービーム溶接構造体が前記カバーを通して前記リブの前記円筒形部分内に延在する、請求項 1 に記載のエアfoil。

【請求項 20】

エアfoilを製造する方法であって、
第 1 の深さを有する窪み部分をチタン製エアfoil本体の第 1 の側部に機械加工することと、

第 2 の深さを有するポケットを前記エアfoil本体の前記チタン鍛造部の前記第 1 の側部の前記窪み部分に切削することと、

カバーを、前記カバーの前記外面が前記エアfoil本体の前記第 1 の側部の前記第 1 の表面とほぼ面一になるように、前記エアfoil本体の前記窪み部分内に設置することと、

前記カバーが前記エアfoil本体に取り付けられて前記エアfoil本体を密閉するように、前記カバーを貫いて前記エアfoil本体の前記ポケット間のリブ内に高エネルギービーム溶接を行うことと、を含む、前記方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エアfoil及びエアfoilを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ファンブレードは、空気をガスタービンエンジンに誘導するために使用される。典型的には、ファンブレードは、チタンなどの金属製であり、ブレードの根部からブレードの先端までねじれを含むエアfoil形状を有する。しかし、重量の制約のため、ファンブレードは中実金属ではないことが多い。むしろ、中空のファンブレードが使用されて軽量化が実現されている。中空チタンファンブレードを製造するための方法は、時間を要し、複雑であり、高価であり、費用のかかる保護環境及び設備を必要とし得ることが多い。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

エアfoilであって、エアfoil本体と、エアfoil本体の第 1 の側部における第 1 の深さを有する窪み部分であって、窪み部分が、窪み部分内に位置する、第 2 の深さを有する複数のポケット、及びポケット間に位置する、第 1 の深さを有するリブ、を含む窪み部分と、カバーであって、カバーの内面がリブに係合し、カバーの外面がエアfoil本体の第 1 の側部の外面とほぼ面一になるように、窪み部分に嵌るように構成されてい

10

20

30

40

50

る、カバーと、カバーを貫いてリブ内へ延在し、カバーをリブに取り付けるように配置された高エネルギービーム溶接構造体と、を含む、エアfoil。

【0004】

エアfoilを製造する方法であって、第1の深さを有する窪み部分をチタン製エアfoil本体の第1の側部に機械加工することと、第2の深さを有するポケットをエアfoil本体のチタン鍛造部の第1の側部の窪み部分に切削することと、カバーを、カバーの外面がエアfoil本体の第1の側部の第1の表面とほぼ面一になるように、エアfoil本体の窪み部分に設置することと、カバーがエアfoil本体に取り付けられてエアfoil本体を密閉するように、カバーを貫いてエアfoil本体のポケット間のリブに高エネルギービーム溶接を行うことと、を含む、方法。

10

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】例示的なガスタービンエンジンの部分断面図である。

【図2A】エアfoil本体として鍛造部を有するファンブレードの図である。

【図2B】エアfoil本体に窪み部分及びポケットを伴うファンブレードの図である。

【図2C】カバーが取り付けられたファンブレードの図である。

【図3A】レーザーまたは電子ビーム溶接構造体を示すファンブレードの図である。

【図3B】リブの中央部を下方へ向かう単一の溶接部を含む状態の、リブとカバーとの間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を示す、図3Aに示すファンブレードの断面Bの等角部分断面図である。

20

【図3C】カバーとエアfoil本体との間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を示す、図3Aに示すファンブレードの断面Cの部分断面図である。

【図3D】リブの上部を完全に溶融させる単一の溶接部を含む状態の、リブとカバーとの間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を示す、ファンブレードの等角部分断面図である。

【図3E】アンダーカットリブを示す、ファンブレードの等角部分断面図である。

【図3F】アンダーカットリブの第2の実施形態を示す、ファンブレードの等角部分断面図である。

【図4A】リブの縁部間に離間配置された2つの溶接部を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を有するファンブレードの実施形態の等角部分断面図である。

30

【図4B】レーザーまたは電子ビーム溶接構造体に隣接したカバーに堆積されたるろう付け材を有するファンブレードの実施形態の等角部分断面図である。

【図5A】リブの縁部に配置された2つの溶接部を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を有するファンブレードの実施形態の等角部分断面図である。

【図5B】2つの溶接部間に蛇行溶接を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を有するファンブレードの実施形態の等角部分断面図である。

【図6】溝を伴うリブを有するファンブレードの実施形態の部分断面図である。

【図7】リブの縁部間に複数の溝を伴うリブを有するファンブレードの実施形態の部分断面図である。

【図8】穴を伴うカバー及び穴を通して延在するタブを伴うリブを有するファンブレードの実施形態の部分断面図である。

40

【図9A】矩形穴を伴うカバー、広がった幅を有するセクションを伴うリブ、及び穴を通して延在するタブを有するファンブレードの実施形態の部分上面図である。

【図9B】図9AのB-B線に沿ったファンブレードの部分断面図である。

【図9C】円形穴を伴うカバー、広がった幅を有するセクションを伴うリブ及び穴を通して延在するタブを有するファンブレードの実施形態の部分上面図である。

【図9D】図9CのD-D線に沿ったファンブレードの部分断面図である。

【図10A】円筒形部分を有するリブ、円筒形部分内の環状ポケット、及び円筒形部分内に延在するレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を図示する、カバーが除去されたファンブレードの実施形態の正面図である。

50

【図10B】カバーが除去されたファンブレードの部分等角図である。

【図10C】カバーがリブの円筒形部分に溶接された、図10BのC-C線に沿ったファンブレードの部分断面図である。

【図10D】円筒形部分128H'を含まないリブの部分とカバーとの間の空間を示す、カバーがリブの円筒形部分に溶接されたファンブレードの実施形態の部分断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

カバーを貫いた、ねじれキャビティバック型ファンブレードのリブ上への、パワービーム溶接または高エネルギービーム溶接（例えば光ファイバーレーザーによるレーザー溶接、または電子ビーム溶接など）によって、カバーをファンブレードのリブに取り付ける。かかる溶接は迅速であり、溶接部の深さ及び幅ならびに熱入力を最小限に抑え、これにより、残留応力及びブレードの歪みを低減し、ブレードの構造的完全性を向上させ、疲労寿命を延ばす。その結果、生産能力及び一貫性が高まり、費用及び環境上の制約が低減される。さらに、溶接部に隣接してろう付け材パレットを追加するか、またはリブに溝を追加すると、内部亀裂または極めて高い応力集中が低減され、これにより、応力集中の低減がもたらされる。

10

【0007】

図1は、ファンセクション22、圧縮機セクション24、燃焼器セクション26及びタービンセクション28を含む、例示的なガスタービンエンジン20を概略的に示す4分の1断面図である。代替のエンジンは、システムまたは機構の中でも特にオーグメントセクション（図示せず）を含むことがある。ファンセクション22は、バイパス流路Bに沿って空気を駆動し、圧縮機セクション24は、コア流路Cに沿って空気を吸入し、空気は圧縮されて燃焼器セクション26に送られる。燃焼器セクション26において、空気は燃料と混合されて点火され、タービンセクション28を通して膨張する高圧排ガス流を生成し、エネルギーが抽出され、ファンセクション22及び圧縮機セクション24を駆動する。

20

【0008】

開示される非限定的な実施形態は、ターボファンガスタービンエンジンを描写しているが、本明細書で説明する概念は、その教示が、例えば、産業用ガスタービン、逆流ガスタービンエンジン、ならびに、3つのスプールが共通軸の周りで同心円状に回転し、低スプールが低圧タービンがギアボックスを介してファンを駆動することを可能にするとともに、中間スプールが中間圧力タービンが圧縮機セクションの第1の圧縮機を駆動することを可能にし、かつ高スプールが高圧タービンが圧縮機セクションの高圧圧縮機を駆動することを可能にする3スプールアーキテクチャを含むタービンエンジンといった、他のタイプのタービンエンジンに適用することができるため、ターボファンへの使用に限定されないことは理解されるべきである。

30

【0009】

例示的なガスタービンエンジン20は、一般に、いくつかの軸受システム38を介してエンジン静的構造体36に対してガスタービンエンジン20の中心軸線Aを中心に回転するように取り付けられた低速スプール30及び高速スプール32を含む。様々な位置における様々な軸受システム38が代替的または追加的に設けられ得ることは理解されるべきである。

40

【0010】

低速スプール30は、一般に、ファン42及び低圧（または第1の）圧縮機セクション44を低圧（または第1の）タービンセクション46に接続する内側シャフト40を含む。内側シャフト40は、ファン42を、ギアードアーキテクチャ48のような速度変更装置を介して駆動し、ファン42を低速スプール30よりも低速で駆動する。高速スプール32は、高圧（または第2の）圧縮機セクション52及び高圧（または第2の）タービンセクション54を相互接続する外側シャフト50を含む。内側シャフト40及び外側シャフト50は同心であり、軸受システム38を介して中心軸Aを中心に回転する。

【0011】

50

燃焼器 5 6 は、高圧圧縮機 5 2 と高圧タービン 5 4 との間に配列される。一例では、高圧タービン 5 4 は、2 段高圧タービン 5 4 を提供する少なくとも 2 つの段を含む。別の例では、高圧タービン 5 4 は、1 つのステージのみを含む。本明細書で使用する「高圧」圧縮機またはタービンは、対応する「低圧」圧縮機またはタービンよりも高い圧力を受ける。

【 0 0 1 2 】

例示的な低圧タービン 4 6 は、約 5 より大きい圧力比を有する。例示的な低圧タービン 4 6 の圧力比は、低圧タービン 4 6 の入口において排気ノズルの前方で測定される圧力に関連して、低圧タービン 4 6 の入口の前方で測定される。

【 0 0 1 3 】

エンジン静的構造体 3 6 の中間タービンプレーム 5 8 は、一般に、高圧タービン 5 4 と低圧タービン 4 6 との間に配列され得る。中間タービンプレーム 5 8 は、さらに、タービンセクション 2 8 内の軸受システム 3 8 を支持すると共に、低圧タービン 4 6 に入る空気流を方向づける。

【 0 0 1 4 】

コア流路 C 内のガス流は、まず低圧圧縮機 4 4 によって圧縮され、次いで高圧圧縮機 5 2 によって圧縮され、燃焼器 5 6 内で燃料と混合されて燃焼し、高速排ガスを生成し、次いで、高圧タービン 5 4 及び低圧タービン 4 6 を介して膨張される。中間タービンプレーム 5 8 は、コア流路内にあり、低圧タービン 4 6 の入口ガイドベーンとして機能するベーン 6 0 を含む。中間タービンプレーム 5 8 のベーン 6 0 を、低圧タービン 4 6 の入口ガイドベーンとして利用すると、中間タービンプレーム 5 8 の軸方向長さを増大させることなく、低圧タービン 4 6 の軸方向長さを減少させる。低圧タービン 4 6 内のベーンの数減少させるかまたはなくすことによって、タービンセクション 2 8 の軸方向長さが短くなる。したがって、ガスタービンエンジン 2 0 の小型性が向上し、より高い出力密度が達成され得る。

【 0 0 1 5 】

開示されるガスタービンエンジン 2 0 は、一例では、高バイパスギアード航空機エンジンである。さらなる例では、ガスタービンエンジン 2 0 は、約 6 よりも大きいバイパス比を含み、例示的な実施形態では約 1 0 より大きい。例示的なギアードアーキテクチャ 4 8 は、遊星歯車システム、スターギアシステム、または他の既知のギアシステムなどの遊星歯車列であり、ギア減速比が約 2 . 3 より大きい。

【 0 0 1 6 】

開示される一実施形態では、ガスタービンエンジン 2 0 は、約 1 0 (1 0 : 1) より大きいバイパス比を含み、ファン直径は低圧圧縮機 4 4 の外径よりも著しく大きい。しかしながら、上記のパラメータは、ギアードアーキテクチャを含むガスタービンエンジンの一実施形態の例示に過ぎず、本開示は他のガスタービンエンジンに適用可能であることは理解されるべきである。

【 0 0 1 7 】

図 2 A は、エアfoil本体 1 1 2 として鍛造部を有するファンブレード 1 1 0 の図である。図 2 B は、エアfoil本体 1 1 2 の窪み部分 1 2 4 及びポケット 1 2 6 を伴うファンブレード 1 1 0 の図である。図 2 C は、カバー 1 3 0 が取り付けられたファンブレード 1 1 0 の図である。図 2 A、図 2 B 及び図 2 C を併せて論じる。ファンブレード 1 1 0 は、エアfoil本体 1 1 2、根部 1 1 4、先端 1 1 6、第 1 の側部 1 1 8、第 2 の側部 1 2 0、外面 1 2 2、窪み部分 1 2 4 (図 2 B に示す)、ポケット 1 2 6 (図 2 B に示す)、リブ 1 2 8 (図 2 B に示す)、及びカバー 1 3 0 (図 2 C に示す) を含む。

【 0 0 1 8 】

ファンブレード 1 1 0 は、ファンブレード 1 1 0 の主本体を形成するエアfoil本体 1 1 2 を有する。根部 1 1 4 は、エアfoil本体 1 1 2 の第 1 の端部にあり、先端 1 1 6 は、エアfoil本体 1 1 2 の第 2 の端部にある。エアfoil本体 1 1 2 は、ねじれエアfoil形状を有する。エアfoil本体 1 1 2 は、根部 1 1 4 から先端 1 1 6 まで

10

20

30

40

50

約60度ねじれていてもよい。エアfoil本体112の厚さは変化し、最も厚い部分は根部114にある。第1の側部118は、エアfoil本体112の第1の側部にあり、根部114から先端116まで延在し、第2の側部120は、エアfoil本体112の第2の側部にあり、根部114から先端116まで延在する。外面122は、エアfoil本体112の第1の側部118の外側表面である。窪み部分124は、エアfoil本体112の第1の側部118の窪みである。窪み部分124は、第1の深さを有する。外面122は、外面122が第1の側部118の外周または周辺部を形成するように、窪み部分124の周りに延在する。ポケット126は、エアfoil本体112の窪み部分124の空洞である。したがって、ポケット126は、エアfoil本体112の第1の側部118内に延在する。ポケット126は、エアfoil本体112の第2の側部120 10
を通過して延在しない。ポケット126は、第2の深さを有し、第2の深さは、窪み部分124の第1の深さよりも深い。第2の深さは、ポケット126の深さがエアfoil本体112の厚さに応じて変化するように、エアfoil本体112に沿って変化してもよい。エアfoil本体112は、複数のポケット126を有する。本実施形態では、3つのポケット126は、先端116の近くにあり、追加のポケット126が根部114の近くにある。代替の実施形態では、エアfoil本体112は、先端116及び根部114の近くの任意の数のポケット126を有する。リブ128は、リブ128がポケット126間にあるように、複数のポケット126に隣接している。リブは、直線状、湾曲状、または任意の他の適切な形状であってもよい。リブ128は、第1の深さを有する。カバー130は、エアfoil本体112の第1の側部118に取り付けられている。カバー130 20
は非常に薄い。カバー130は、カバー130が窪み部分124によって完全に囲まれ、カバー130の外面が外面122とおよそまたはほぼ面一になるように、窪み部分124に嵌る。カバー130がエアfoil本体112に取り付けられるとき、ポケット126は露出しない。代替の実施形態では、窪み部分124及びカバー130は、外面122が第1の側部118の周辺部全体にわたって延在しないように、先端116まで延在してもよい。

【0019】

ファンブレード110は、図2Aに示すように、固体チタン合金のニアネットシェイブ鍛造部としてエアfoil本体112から始まる。エアfoil本体112の鍛造部は、根部114から先端116まで60度のねじれを有する。エアfoil本体112の鍛造部は、ニアネット形状であるか、または翼弦及びスパン方向の両方において仕上げられたファンブレード110の近似曲率に対する少量の追加の材料を用いて成形されている。窪み部分124は、図2Bに示すように、エアfoil本体112の鍛造部の第1の側部118に機械加工される。窪み部分124は、ほんのわずかだけ窪んでいる。また、図2Bに示すように、ポケット126は、ファンブレード110がキャビティバック型ファンブレードになるように、エアfoil本体112の第1の側部118の窪み部分124に切削される。ポケット126が切削される深さは、エアfoil本体112の厚さによって異なる。リブ128は、エアfoil本体112の窪み部分124の切削されないセクションである。カバー130は、チタンシートメタルの平らな部品から超塑性で形成され、60度のねじれを有し、窪み部分124に嵌る。カバー130は、図2Cに示すように、 40
カバー130の外面がファンブレード110の第1の側部118の外面122とおよそまたはほぼ面一になるように、窪み部分124に設置されるかまたは落とされる。カバー130は、カバー130を貫いたリブ128内へのレーザーまたは電子ビーム溶接と、カバー130の周辺部の周りの、カバー130の外周に隣接するエアfoil本体112へのレーザーまたは電子ビーム溶接とによって、エアfoil本体112に取り付けられる。したがって、溶接は、2つのモノリシック部材、エアfoil本体112及びカバー130のみに作用する。

【0020】

代替の実施形態では、ファンブレード110は、エアfoil本体112が初期ねじりのより少ない、または全くない、圧延されたチタンの形態で製造されてもよい。次いで、 50

エアfoil本体 112 は、後続の熱機械加工中に最終的なエアfoil形状にクリープ形成または超塑性成形される。

【0021】

ポケット 126 をエアfoil本体 112 に切削すると、著しい量の金属を除去することができ、したがって、ファンブレード 110 の重量が減少する。レーザーまたは電子ビーム溶接は、カバー 130 をエアfoil本体 112 に取り付けて密封する。その結果、水などの汚染物がファンブレード 110 のポケット 126 内へリークしない。さらに、ファンブレード 110 を製造する方法は、より少ない熱工程しか必要としない。

【0022】

図 3 A は、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 及び 136 を示すファンブレード 110 の図である。図 3 B は、リブ 128 の中央部 146 を下方へ向かう単一の溶接部 152 を含んだ状態の、リブ 128 とカバー 130 との間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 を示す、図 3 A に示すファンブレード 110 の断面 B の等角部分断面図である。図 3 C は、カバー 130 とエアfoil本体 112 との間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 136 を示す、図 3 A に示すファンブレード 110 の断面 C の部分断面図である。図 3 D は、リブ 128 の上部 138 を完全に溶融させる単一の溶接部 152 ' を含んだ状態の、リブ 128 とカバー 130 との間のレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 ' を示す、ファンブレード 110 の等角部分断面図である。図 3 E は、アンダーカットリブ 128 ' を示す、ファンブレード 110 の等角部分断面図である。図 3 F は、アンダーカットリブ 128 ' ' の第 2 の実施形態を示す、ファンブレード 110 の等角部分断面図である。図 3 A、図 3 B、図 3 C、図 3 D、図 3 E 及び図 3 F を併せて論じる。ポケット 126 及びリブ 128 は、カバー 130 の下にある、図 3 A において点線で示されている。ファンブレード 110 は、エアfoil本体 112、第 2 の側部 120 (図 3 A、図 3 B、図 3 D、図 3 E 及び図 3 F に示す)、外面 122 (図 3 A 及び図 3 C に示す)、窪み部分 124 (図 3 A 及び図 3 C に示す)、ポケット 126 (図 3 A、図 3 B、図 3 D、図 3 E 及び図 3 F に示す)、リブ 128 (図 3 A、図 3 B 及び 3 D に示す)、リブ 128 ' (図 3 E に示す)、リブ 128 ' ' (図 3 F に示す)、カバー 130、空洞 132 (図 3 C に示す)、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 (図 3 A、図 3 B 及び図 3 E に示す)、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 136 (図 3 A 及び 3 C に示す)、及びレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 ' (図 3 D 及び図 3 F に示す) を含む。リブ 128 の各々は、上部 138、底部 140、側部 142、縁部 144、及び中央部 146 を有する。カバー 130 は、外側 148 及び内側 150 を有する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134 は、溶接部 152 を含む。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 136 は、溶接部 154 を含む。

【0023】

ファンブレード 110 は、図 2 A、図 2 B 及び図 2 C を参照して説明したものと同一構造を有する。空洞 132 は、窪み部分 124 の周辺部の周りで延在する窪み部分 124 の湾曲溝である。空洞 132 は、エアfoil本体 112 の外面 122 に隣接している。空洞 132 は、窪み部分 124 に機械加工される。

【0024】

リブ 128 の各々は、カバー 130 に隣接する上部 138 及びエアfoil本体 112 の第 2 の側部 120 に隣接する底部 140 を有する。リブ 128 の側部 142 は、リブ 128 の上部 138 と底部 140 との間に延在する。縁部 144 は、リブ 128 の上部 138 の各側部にある。より具体的には、縁部 144 は、側部 142 と上部 138 とがつながるセクションである。中央部 146 は、上部 138 の中間部分である。中央部 146 は、縁部 144 の各々から等距離にある。リブ 128 は、化学的または機械的に切削されて、図 3 E 及び図 3 F に示すように、アンダーカットリブ 128 ' またはアンダーカットリブ 128 ' ' を生成する。アンダーカットリブ 128 ' 及び 128 ' ' は、リブ 128 ' 及び 128 ' ' がアンダーカットリブ 128 ' 及び 128 ' ' の上部 138 の下方でより狭くなるように、環状部分が切削された側部 142 ' を有する。アンダーカットリブ 128

’ ’はアンダーカットリブ128’と同様であるが、アンダーカットリブ128’ ’はより狭い。アンダーカットリブ128’及び128’ ’は、アンダーカットされていないリブ128と同様の剛性を有する。

【0025】

外側148は、カバー130の第1の側部である。内側150は、カバー130の第2の側部である。カバー130の内側150の一部は、リブ128と接触する。カバー130の内側150は、カバー130がリブ128に接触する部分では厚くなり、リブ128に接触しない部分では薄くなるように、化学的に切削されてもよい。したがって、カバー130のより厚い部分は、リブ128に接触しないカバー130の部分から隆起するかまたはそれよりも高くなる。カバー130が化学的に切削される場合、カバー130のより厚い部分の高さは、リブ128の高さよりも低くなる。さらに、カバー130のより厚い部分は、リブ128よりも狭い。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134及び134’は、リブ128及びカバー130の中に配置される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体136は、カバー130及びエアfoil本体112の周辺部の周りに配置される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134は、溶接部152を含む。溶接部152の各々は、カバー130を貫いてリブ128の中央部146を下方へとリブ128内に延在する。溶接部152は、リブ128の上部138の全体の中央部146を下方へ、またはリブ128の上部138の一部の中央部146を下方へ延在してもよい。溶接部152は、リブ128の上部138から、90度になるように配置される。溶接部152は、カバー130が除去されたリブ128の画像を取得し、その画像を使用してリブ128の位置を、カバー130が適所にあるときに溶接部152が正しい位置に設置されていることを確実にするために使用され得るデジタルファイルに変換するビジョンシステムを使用して、カバー130及びリブ128に高エネルギービーム溶接を行ってもよい。電子ビーム溶接の場合、リアルタイムX線を使用して、溶接部152をカバー130を貫いてリブ128内に設置してもよい。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体136は、溶接部154を含む。溶接部154の各々は、カバー130及びカバー130に隣接するエアfoil本体112の一部の中に延在する。溶接部154はまた、窪み部分124の空洞132内に延在する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134’は、溶接部152’を含む。溶接部152’の各々は、カバー130を貫いてリブ128内に延在する。溶接部152’は、溶接部152’がリブ128の上部138を完全に溶融させるように、第1の縁部144から第2の縁部144までリブ128の上部138内に延在する。溶接部152’は、リブ128の上部138の全体を下方へ、またはリブ128の上部138の一部を下方へ延在してもよい。溶接部152’は、リブ128の上部138から90度になるように配置される。

【0026】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134及び134’は、カバー130がエアfoil本体112に取り付けられるように、リブ128及びカバー130を併せて取り付ける。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134’は、リブ128に対するカバー130の確実な取り付けを提供する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体136は、カバー130の外周をエアfoil本体112に取り付ける。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体136はまた、カバー130をエアfoil本体112に対して密封する。空洞132は、溶接部154が設置されるときにスパッタを捕捉してもよい。空洞132のために、溶接部154は真の突合せ溶接部となる。アンダーカットリブ128’及び128’ ’の上部138は、アンダーカットリブ128’及び128’ ’に安定性を提供する。アンダーカットリブ128’により、ファンブレード110からより多くの金属を除去することができ、ファンブレード110の構造的完全性を犠牲にすることなく、ファンブレード110の重量を低減する。

【0027】

高エネルギービーム溶接は、この場合、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体134、134’及び136であり、カバー130をリブ128に取り付ける簡単で迅速かつ低コ

ストの方法である。さらに、高エネルギービーム溶接は、熱入力を減少させ、これにより、残留応力及びブレードの歪みを低減し、ブレードの構造的完全性を向上させ、疲労寿命を延ばす。さらに、高エネルギービーム溶接は、アルゴンカバーガス環境または真空において行うことができる。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134, 134' 及び 136 はまた、鳥の衝突に耐えるのに十分な強度を有するファンブレード 110 を形成する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 134' は、内部亀裂を引き起こすことなくカバーの取り付けのために全貫通溶接を提供し、したがって応力集中を低減する。さらに、空洞 132 は応力集中を著しく減少させる。

【0028】

図 4 A は、リブ 128 A の縁部 144 A 間に離間配置された 2 つの溶接部 152 A を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 を有するファンブレード 110 A の実施形態の等角部分断面図である。図 4 B は、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 に隣接したカバー 130 A に堆積されろう付け材 158 を有するファンブレード 110 A の実施形態の等角部分断面図である。図 4 A 及び図 4 B を併せて論じる。ファンブレード 110 A は、リブ 128 A、カバー 130 A、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156、及びろう付け材 158 を含む。リブ 128 A の各々は、上部 138 A 及び縁部 144 A を有する。カバー 130 A は、外側 148 A 及び内側 150 A を有する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 は、2 つの溶接部 152 A を含む。

【0029】

ファンブレード 110 A は、異なるレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を伴う、図 2 A、図 2 B、図 2 C、図 3 A 及び図 3 B におけるファンブレード 110 に関して説明したものと同一構造を有する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 は、リブ 128 A 及びカバー 130 A の中に配置される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 は、2 つの溶接部 152 A を含む。溶接部 152 A の各々は、カバー 130 を貫いてリブ 128 内に延在する。2 つの溶接部 152 A は、上部 138 A に沿って、リブ 128 A の縁部 144 A 間に離間配置される。溶接部 152 A は、リブ 128 A の上部 138 A の全体またはリブ 128 A の上部 138 A の一部を下方へ延在してもよい。溶接部 152 A は、リブ 128 A の上部 138 A から 90 度になるように配置される。ろう付け材 158 は、図 4 B に示すように、リブ 128 A に隣接するカバー 130 A の内側 150 A に堆積されてもよい。ろう付け材 158 は、リブ 128 A の位置に整合するパターンで堆積されてもよい。ろう付け材 158 は、銅及びニッケルを含むチタン合金などのろう付け合金、または任意の他の適切なろう付け材であってもよい。ろう付け材 158 は、陰極アーク堆積、コールドスプレー堆積、または任意の他の適切な堆積方法によって堆積されてもよい。ろう付け材 58 は、1 つまたは複数のリブ 128 A の部分にのみ堆積されてもよい。

【0030】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 は、縁部 144 A 間の 2 つの溶接部 152 A を利用して、リブ 128 A 及びカバー 130 A を取り付ける。ろう付け材 158 は、溶接部 152 A から離れて位置し、レーザーまたは電子ビーム溶接が行われるときに溶融し、溶接部 152 A に隣接する小さなフィレットを形成する。

【0031】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 156 は、より広いリブ 128 A へのカバー 130 A の確実な取り付けを提供する。ろう付け材 158 は、内部亀裂の形成を防止し、応力集中を低減し、ファンブレード 110 A の寿命を延ばす。

【0032】

図 5 A は、リブ 128 B の縁部 144 B に配置された 2 つの溶接部 152 B を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 を有するファンブレード 110 B の実施形態の等角部分断面図である。図 5 B は、2 つの溶接部 152 B 間に蛇行溶接部 162 を含むレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 を有するファンブレード 110 B の実施形態の等角部分断面図である。図 5 A 及び図 5 B を併せて論じる。ファンブレード 110 B は、ポケット 126 B、リブ 128 B、カバー 130 B、及びレーザーまたは電子ビーム溶接構

10

20

30

40

50

造体 160 を含む。リブ 128B の各々は、上部 138B 及び縁部 144B を有する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 は、2つの溶接部 152B 及び蛇行溶接部 162 を含む。

【0033】

ファンブレード 110B は、異なるレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を伴う、図 2A、図 2B、図 2C、図 3A 及び図 3B におけるファンブレード 110 に関して説明したものと同一構造を有する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 は、リブ 128B 及びカバー 130B の中に配置される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 は、2つの溶接部 152B を含む。溶接部 152B の各々は、カバー 130B を貫いてリブ 128B 内に延在する。溶接部 152B は、リブ 128B の縁部 144B に配置される。第 1 の溶接部 152B は、第 1 の縁部 144B 内に延在するか、またはそれを把持し、第 2 の溶接部 152B は、第 2 の縁部 144B 内に延在するか、またはそれを把持する。溶接部 152B は、リブ 128B の上部 138B 及び縁部 144B の全体、またはリブ 128B の上部 138B 及び縁部 144B の一部を下方へ延在してもよい。溶接部 152B は、リブ 128B の上部 138B から 90 度になるように配置される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 はまた、図 5B に示すように、蛇行溶接部 162 を含んでもよい。蛇行溶接部 162 は、2つの溶接部 152B 間に配置される。蛇行溶接部 162 は、リブ 128B の上部 138B の全体を下方へ延在してもよく、またはリブ 128B の上部 138B の一部のみを下方へ延在してもよい。

10

【0034】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 は、リブ 128B をカバー 130B に取り付ける。蛇行溶接部 162 は、一定距離にわたってより多くの領域を確保して、カバー 130B と溶接部 152B 間のリブ 128B との間に追加の取り付けを提供する。

20

【0035】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 160 は、より狭いリブ 128B へのカバー 130B の確実な取り付けを提供する。リブ 128B の縁部 144B においてレーザーまたは電子ビーム溶接が行われた溶接部 152B は、ポケット 126B に隣接して内部亀裂を生じることなく、これにより、応力集中を低減し、ファンブレード 110B の寿命を延ばす。リブ 128B がより幅広の場合、蛇行溶接部 162 は、溶接部 152B 間の振動を低減し、溶接部 152B 間にいかなる内部亀裂が伝わることをも防止する。

30

【0036】

図 6 は、溝 164 を伴うリブ 128C を有するファンブレード 110C の実施形態の部分断面図を示す。ファンブレード 110C は、リブ 128C 及びカバー 130C を含む。リブ 128C の各々は、上部 138C、縁部 144C、溝 164、及びタブ 166 を有する。

【0037】

ファンブレード 110C は、図 2A、図 2B、図 2C、図 3A 及び図 3B におけるファンブレード 110 に関して説明したものと同様の構造を有する。任意の数のリブ 128C が溝 164 を有してもよい。溝 164 は、溝 164 が溝 164 の両側にタブ 166 を形成するような、リブ 128C の縁部 144C 間の上部 138C の溝または切り欠きである。溝 164 は、溝 164 の断面が U 字形となるように、上部 138C 内に真っ直ぐ延在し、丸みを帯びた底部分を有する。タブ 166 は、カバー 130C に 90 度で接触する突起である。溝 164 及びタブ 166 は、リブ 128C の上部 138C の全体またはリブ 128C の上部 138C の一部を下方へ延在してもよい。

40

【0038】

リブ 128C のタブ 166 は、レーザーまたは電子ビーム溶接中にカバー 130C に融着される。タブ 166 はさらに、レーザーまたは電子ビーム溶接中の支持を提供する。タブ 166 の上部分は完全に溶融して内部亀裂の形成を防止し、これにより、ファンブレード 110C の寿命を延ばす。ファンブレード 110C は、応力集中を低減させる。

【0039】

50

図7は、リブ128Dの縁部144D間に複数の溝164Dを伴うリブ128Dを有するファンブレード110Dの実施形態の部分断面図を示す。ファンブレード110Dは、リブ128D及びカバー130Dを含む。リブ128Dの各々は、上部138D、縁部144D、溝164D、及びタブ166Dを有する。

【0040】

ファンブレード110Dは、図2A、図2B、図2C、図3A及び図3Bにおけるファンブレード110に関して説明したものと同様の構造を有する。任意の数のリブ128Dは、溝164Dを有してもよい。溝164Dは、溝164Dが3つのタブ166Dを形成するような、リブ128Dの縁部144D間の上部138Dの溝または切り欠きである。第1のタブ166Dは、第1の縁部144Dに隣接し、第2のタブ166Dは、第2の縁部144Dに隣接し、第3のタブ166Dは、溝164D間にある。タブ166Dは、カバー130Dに90度で接触する突起である。溝164D及びタブ166Dは、リブ128Dの上部138Dの全体またはリブ28Dの上部138Dの一部を下方へ延在してもよい。

10

【0041】

溝164D間のタブ166Dは、レーザーまたは電子ビーム溶接中に消滅する。縁部144Dに隣接するタブ166Dは、溶接中にカバー130Dへの支持を提供する。溝164D間のタブ166Dは、内部亀裂の形成を防止し、ファンブレード110Cの寿命を延ばすために消滅する。ファンブレード110Dは、応力集中を低減させる。さらに、溝164D間の単一のタブ166Dの消滅はより迅速であり、より少ない熱入力しか要求されない。

20

【0042】

図8は、穴168を伴うカバー130Eと、穴168を貫いて延在するタブ166Eを伴うリブ128Eとを有するファンブレード110Eの実施形態の部分断面図を示す。ファンブレード110Eは、リブ128E及びカバー130Eを含む。リブ128Eの各々は、上部138E、縁部144E、溝164E及びタブ166Eを有する。カバー130Eは穴168を含む。

【0043】

ファンブレード110Eは、図2A、図2B、図2C、図3A及び図3Bにおけるファンブレード110に関して説明したものと同様の構造を有する。任意の数のリブ128Eが溝164Eを有してもよい。溝164Eは、溝164Eが3つのタブ166Eを形成するような、リブ128Eの縁部144E間の上部138Eの溝または切り欠きである。第1のタブ166Eは第1の縁部144Eに隣接し、第2のタブ166Eは第2の縁部144Eに隣接し、第3のタブ166Eは溝164E間にある。縁部144Eに隣接するタブ166Eは、カバー130Eに90度で接触する突起である。溝164E間のタブ166Eは、カバー130Eの穴168を通して延在する突起である。カバー130Eの穴168は、溝164E間のタブ166Eを受け入れるように配置される。穴168は、カバー130Eからレーザーカットされてもよい。カバー130Eは、複数の穴168を有してもよい。溝164E、タブ166E及び穴168は、リブ128Eの上部138E及びカバー130Eの全体を下方へ、またはリブ128Eの上部138E及びカバー130Eの一部を下方へ、それぞれ延在してもよい。

30

40

【0044】

カバー130Eの穴168のタブ166E及び穴168に隣接するカバー130Eの一部は、レーザーまたは電子ビーム溶接中に消滅する。縁部144Eに隣接するタブ166Eは、溶接中に支持を提供する。溝164Eは応力集中を低減する。

【0045】

図9Aは、矩形穴168Fを伴うカバー130Fと、広がった幅Wを有するセクションを伴うリブ128Fと、穴168Fを通して延在するタブ166Fとを有するファンブレード110Fの実施形態の部分上面図である。図9Bは、図9AのB-B線に沿ったファンブレード110Fの部分断面図である。図9Cは、円形穴168Gを伴うカバー130

50

Gと、広がった幅Wを有するセクションを伴うリブ128Gと、穴168Gを通過して延在するタブ166Gとを有するファンブレード110Gの実施形態の部分上面図である。図9Dは、図9CのD-D線に沿ったファンブレード110Gの部分断面図である。図9A、図9B、図9C及び図9Dを併せて論じる。ファンブレード110F及び110Gは、それぞれ、リブ128F及び128Gならびにカバー130F及び130Gを含む。リブ128F及び128Gの各々は、それぞれ、上部138F及び138G、縁部144F及び144G、溝164F及び164G、ならびにタブ166F及び166Gを有する。カバー130F及び130Gは、それぞれ、穴168F及び168Gを含む。

【0046】

ファンブレード110F及び110Gは、図2A、図2B、図2C、図3A及び図3Bにおけるファンブレード110に関して説明したものと同様の構造を有する。任意の数のリブ128F及び128Gが、それぞれ、溝164F及び164Gを有してもよい。溝164F及び164Gは、溝164F及び164Gがそれぞれ3つのタブ166F及び166Gを形成するような、リブ128F及び128Gの縁部144F及び144Gの間の、リブ128F及び128Gの上部138F及び138Gの溝または切り欠きである。それぞれ、第1のタブ166F及び166Gは第1の縁部144F及び144Gに隣接し、第2のタブ166F及び166Gは第2の縁部144F及び144Gに隣接し、第3のタブ166F及び166Gは溝166F間及び166G間にある。縁部144F及び144Gに隣接するタブ166F及び166Gは、それぞれ、カバー130F及び130Gに90度で接触する突起である。溝164F間及び164G間のタブ166F及び166Gは、それぞれ、カバー130F及び130Gの穴168F及び168Gを通過して延在する突起である。溝164F間のタブ166Fは矩形であり、溝164G間のタブ166Gは円形である。カバー130F及び130Gの穴168F及び168Gは、それぞれ、溝164F間及び164G間のタブ166F及び166Gを受け入れるように配置されている。したがって、穴168Fは矩形であり、穴168Gは円形である。穴168F及び168Gは、それぞれ、カバー130F及び130Gからレーザーカットされてもよい。カバー130F及び130Gは、それぞれ、複数の穴168F及び168Gを有してもよい。本実施形態では、溝164F及び164Gと、タブ166F及び166Gと、穴168F及び168Gとは、それぞれ、リブ128F及び128Gの上部138F及び138Gとカバー130F及び130Gとの一部を下方へ延在する。溝164F及び164Gとタブ166F及び166Gとを含むリブ128F及び128Gの一部は、リブ128F及び128Gが幅Wだけ広がった部分を有するように、リブ128F及び128Gがそれぞれ溝164F及び164Gとタブ166F及び166Gとを含まないリブ128F及び128Gの幅Wよりも大きい幅Wを有する。代替の実施形態では、溝164F及び164Gと、タブ166F及び166Gと、穴168F及び168Gとは、それぞれ、リブ128F及び128Gの上部138F及び138Gとカバー130F及び130Gとの全体を下方へ延在してもよい。

【0047】

カバー130F及び130Gの穴168F及び168Gのタブ166F及び166Gと、穴168F及び168Gに隣接するカバー130F及び130Gの一部とは、それぞれ、レーザーまたは電子ビーム溶接中に消滅する。タブ166F及び166Gと、穴168F及び168Gに隣接するカバー130F及び130Gの一部とは、それぞれ、レーザーまたは電子ビーム溶接を施される唯一の部分である。したがって、カバー130F及び130Gがリブ138F及び138Gの幅が狭くなっている部分に溶接されないため、溶接量が最小限に抑えられる。溶接は、円形穴168Gを使用するとさらに最小限に抑えられる。溶接を最小限に抑えると、少ない熱入力しか必要とされず、ファンブレードの歪みが低減されることになる。縁部144F及び144Gに隣接するタブ166F及び166Gは、それぞれ、溶接中に支持を提供する。溝164F及び164Gは応力集中を低減する。

【0048】

10

20

30

40

50

図10Aは、円筒形部分128H'を有するリブ128Hと、円筒形部分128H'内の環状ポケット126H'と、円筒形部分128H'内に延在するレーザーまたは電子ビーム溶接構造体170とを示す、カバー130Hが除去されたファンブレード110Hの実施形態の正面図である。図10Bは、カバー130Hが除去されたファンブレード110Hの部分等角図である。図10Cは、カバー130Hがリブ128Hの円筒形部分128H'に溶接された、図10Bの線C-Cに沿ったファンブレード110Hの部分断面図である。図10Dは、円筒形部分128H'を含まないリブ128Hの一部とカバー130Hとの間の空間172を示す、カバー130Hがリブ128Hの円筒形部分128H'に溶接された、ファンブレード110Hの実施形態の部分断面図である。図10A、図10B、図10C及び図10Dを併せて論じる。ファンブレード110Hは、窪み部分124H、ポケット126H(図10A及び10Bに示す)、ポケット126H'、リブ128H、カバー130H(図10Cに示す)、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体170(図10Cに示す)、及び空間172(図10Dに示す)を含む。リブ128Hは、円筒形部分128H'、上部138H、縁部144H(図10A及び図10Bに示す)、及び溝164Hを含む。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体170は、溶接部152H(図10Cに示す)を含む。

【0049】

ファンブレード110Hは、ポケット126Hが環状ポケット126H'を含み、かつリブ128Hが円筒形部分128H'を含むことを必要とする異なるレーザーまたは電子ビーム溶接構造体を伴う、図2A、図2B、図2C、図3A及び図3Bにおけるファンブレード110に関して説明したものと同様の構造を有する。環状ポケット126H'は、リブ128Hの円筒形部分128H'内に位置する環状空洞である。ポケット126Hは、窪み部分124Hの周辺部が狭くなるように、窪み部分124Hの外周に近づくように延在する。リブ128Hもまた狭くなっている。任意の数のリブ128Hが円筒形部分128H'を含んでもよい。円筒形部分128H'は、円筒形状を有するリブ128Hの一部である。円筒形部分128H'の直径は、ファンブレード110Hにわたって変化してもよい。あるいは、円筒形部分128H'の直径は、ファンブレード110Hにわたって全て同じであってもよい。円筒形部分128H'の直径は、ファンブレード110Hの構造的必要性に基づいて、リブ128Hにわたって変化してもよい。リブ128Hの高さは変化してもよい。例えば、円筒形部分128H'を含まず、かつ窪み部分124Hの周辺部を形成しないリブ128Hの一部は、図10Dに示すように、窪み部分124Hの周辺部の第1の深さよりも深い、ポケット126Hの第2の深さほど深くない、第3の深さまで機械加工されてもよい。その結果、カバー130Hが円筒形部分128H'または窪み部分124Hの周辺部を含まないリブ128Hの一部と接触しないように、カバー130Hと、円筒形部分128H'または窪み部分124Hの周辺部を含まないリブ128Hの一部との間に空間172が形成される。あるいは、円筒形部分128H'を含まず、かつ窪み部分124Hの周辺部を形成しないリブ128Hの一部は、ポケット126Hの第2の深さまで機械加工されてもよい。溝164Hは、円筒形部分128H'に隣接するリブ128Hの上部138Hの溝または切り欠きである。溝164Hは、円筒形部分128H'に隣接するリブ128Hの全ての部分に位置する。溝164Hは、溝164Hが第1の縁部144Hから第2の縁部144Hまで延在するように、リブ128Hの上部138Hの一部を下方へ延在する。したがって、ポケット126Hは、カバー130Hが適所にあるとき、溝164Hを介して流体的に接続される。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体170は、図10Cに示すように、リブ128Hの円筒形部分128H'及びカバー130Hに配置される。カバー130Hは、カバー130Hがリブ128Hの上部138Hと接触する位置に陰極アークコーティングでコーティングされてもよい。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体170は、溶接部152Hを含む。溶接部152Hは、カバー130Hを貫いてリブ128Hの円筒形部分128H'の上部138H内に延在する。溶接部152Hは、リブ128Hの円筒形部分128H'の上部138Hの周りで延在する。溶接部152Hは、全貫通円形の突合せ溶接部であってもよい。本実施形態では、溶接部1

10

20

30

40

50

5 2 Hは、円筒形部分 1 2 8 H' ではないリブ 1 2 8 Hの部分内に延在しない。代替の実施形態では、溶接部 1 5 2 Hはまた、円筒形部分 1 2 8 H' ではないリブ 1 2 8 Hの一部または全部に延在してもよい。溶接部 1 5 2 Hは、リブ 1 2 8 Hの上部 1 3 8 Hから 9 0 度になるように配置される。

【 0 0 5 0 】

溝 1 6 4 Hは、ポケット 1 2 6 H間の流体連通を可能にする。したがって、単一のポケット 1 2 6 Hに不活性ガスを導入することによって、ファンブレード 1 1 0 Hの全てのポケット 1 2 6 Hを同程度に加圧することができる。例えば、アルゴンガス加圧操作を実施するために、ガスは、ブレードの根部からポケット内に延在する穴又は通路を通して単一のポケット 1 2 6 Hに導入され得、ガスは、ファンブレード 1 1 0 Hの全てのポケット 1 2 6 H内に流入し、それらを加圧する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 7 0は、リブ 1 2 8 Hの円筒形部分 1 2 8 H' 内の溶接部 1 5 2 Hを使用してリブ 1 2 8 Aをカバー 1 3 0 Aに取り付ける。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 7 0は、より狭いリブ 1 2 8 Hへのカバー 1 3 0 Hの確実な取り付けを提供する。リブ 1 2 8 Hの幅を狭くすることができるため、さらに多くの金属がファンブレード 1 1 0 から除去され、ファンブレード 1 1 0 の重量が減少し得る。さらに、リブ 1 2 8 Hの一部が円筒形部分 1 2 8 H' または窪み部分 1 2 4 Hの周辺部を含まない実施形態では、第 3 の深さまで機械加工され、さらに多くの金属がファンブレード 1 1 0 から除去され、ファンブレード 1 1 0 の重量がさらに減少し、応力集中が低減される。円筒形部分 1 2 8 H' の様々な直径は、ファンブレード 1 1 0 Hを調整するか、または動作中のファンブレード 1 1 0 Hの振動応力の管理を最適化することができる。さらに、レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 7 0は、全体的に少しの溶接しか必要とせず、溶収縮が低減されることになる。リブ 1 2 8 Hの円筒形部分 1 2 8 H' におけるレーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 7 0は、歪みを低減する。レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 7 0はまた、プログラムすることが容易になる。さらに、溝 1 6 4 Hは、内部亀裂を除去し、応力集中を低減する。

10

20

【 0 0 5 1 】

レーザーまたは電子ビーム溶接構造体 1 3 4、1 3 4'、1 3 6、1 5 6、1 6 0及び 1 7 0は、ファンブレード 1 1 0 内で変化してもよい。さらに、ろう付け材 1 5 8、1 つまたは複数の溝 1 6 4、及びカバー 1 3 0 の 1 つまたは複数の穴 1 6 8 を通って延在する 1 つまたは複数のタブ 1 6 6 の設置はまた、ファンブレード 1 1 0 内で変化してもよい。さらに、レーザー溶接または電子ビーム溶接を使用して溶接構造体を完成させ、所望の結果を得てもよい。

30

【 0 0 5 2 】

レーザー溶接または電子ビーム溶接のような高エネルギービーム溶接は、カバーを取り付けるための溶接部を提供しながら、歪みを低減し、ファンブレードの構造的完全性を向上させて疲労寿命を延ばす。高エネルギービーム溶接は、より迅速かつ簡単であり、生産能力及び一貫性を高めると共に、環境生産制約を低減することができる。

【 0 0 5 3 】

可能な実施形態の考察

以下は、本発明の可能な実施形態の非限定的な説明である。

40

【 0 0 5 4 】

エアfoilは、エアfoil本体と、エアfoil本体の第 1 の側部における第 1 の深さを有する窪み部分であって、窪み部分が、窪み部分内に位置する、第 2 の深さを有する複数のポケット、及びポケット間に位置する、第 1 の深さを有するリブ、を含む窪み部分と、カバーであって、カバーの内面がリブに係合し、カバーの外表面がエアfoil本体の第 1 の側部の外表面とほぼ面一になるように、窪み部分に嵌るように構成されている、カバーと、カバーを貫いてリブ内へ延在し、カバーをリブに取り付けるように配置された高エネルギービーム溶接構造体と、を含む。

【 0 0 5 5 】

前段落のエアfoilは、以下の機能、構成及び/または追加の構成要素のうちの任意

50

の1つまたは複数を任意で追加的及び/または代替的に含むことができる。

【0056】

エアfoil本体は、ねじれエアfoil本体である。

【0057】

ろう付け材は、カバーの内面上またはリブ上に配置される。

【0058】

高エネルギービーム溶接構造体は、リブの中央部を下方へ延在する単一の溶接部を含む。

【0059】

高エネルギービーム溶接構造体は、リブの上部に沿って、かつリブの縁部の間に離間配置された2つの溶接部を含む。

10

【0060】

高エネルギービーム溶接構造体は、リブの縁部に配置された2つの溶接部を含む。

【0061】

高エネルギービーム溶接構造体は、2つの溶接部間に配置された蛇行溶接部を含む。

【0062】

リブは、リブの縁部間に溝を含む。

【0063】

リブは溝の両側にタブを含み、タブは、カバーのリブへの高エネルギービーム溶接後にカバーと接触するように、溶接によって消滅するように構成されている。

20

【0064】

リブはリブの縁部間に複数の溝を含む。

【0065】

リブは溝の両側にタブを含む。

【0066】

カバーは穴を含み、リブは穴を通して延在するタブを含む。

【0067】

カバーは、矩形穴を含み、リブは、広がった幅を有するセクションを含み、このセクションはまた、カバーの矩形穴を通して延在するタブを有する。

【0068】

カバーは円形穴を含み、リブは、広がった幅を有するセクションを含み、このセクションはまた、カバーの円形穴を通して延在するタブを有する。

30

【0069】

高エネルギービーム溶接構造体はリブにわたって変化する。

【0070】

窪み部分は、エアfoil本体の外面に隣接する空洞を含む。

【0071】

カバーとエアfoil本体の外表面との間の溶接部は、エアfoil本体の外表面に隣接する空洞まで延在する。

【0072】

高エネルギービーム溶接構造体は、レーザー溶接構造体及び電子ビーム溶接構造体からなる群から選択される。

40

【0073】

複数のポケットは、リブの円筒形部分内に環状ポケットを含み、高エネルギービーム溶接構造体は、カバーを貫いてリブの円筒形部分内に延在する。

【0074】

エアfoilを製造する方法は、第1の深さを有する窪み部分をチタン製エアfoil本体の第1の側部に機械加工することと、第2の深さを有するポケットをエアfoil本体のチタン鍛造部の第1の側部の窪み部分に切削することと、カバーを、カバーの外表面がエアfoil本体の第1の側部の第1の表面とほぼ面一になるように、エアfoil本体

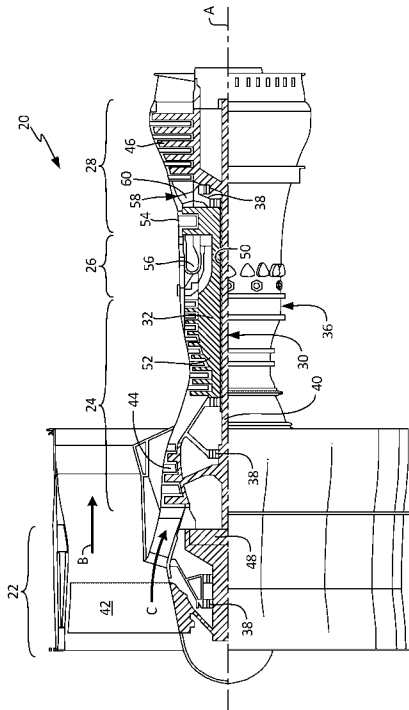
50

の窪み部分内に設置することと、カバーがエアfoil本体に取り付けられてエアfoil本体を密閉するように、カバーを貫いてエアfoil本体内のポケット間のリップ内に高エネルギービーム溶接を行うことと、を含む。

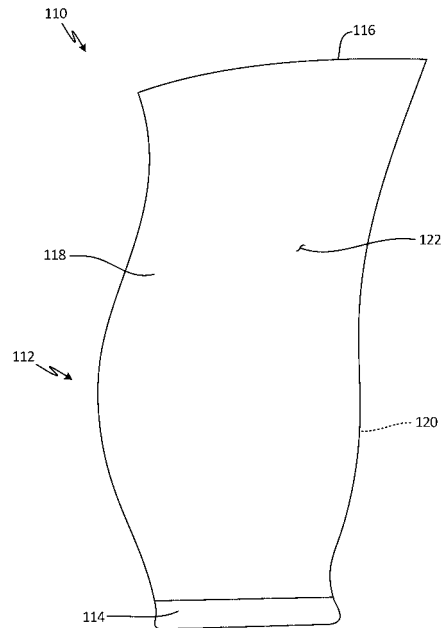
【0075】

この発明は例示的な実施形態（複数可）を参照して説明してきたが、当業者であれば、本発明の範囲から逸脱することなく、種々の変更を行ってもよく、その部材に対して均等物で置き換えてもよいことが理解される。さらに、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、本発明の教示に対して特定の状況または材料を適合させるために多くの変更を行ってもよい。したがって、本発明は、開示した特定の実施形態（複数可）に限定されるものではなく、添付の請求の範囲の及ぶ範囲に入る全ての実施形態が包含される。

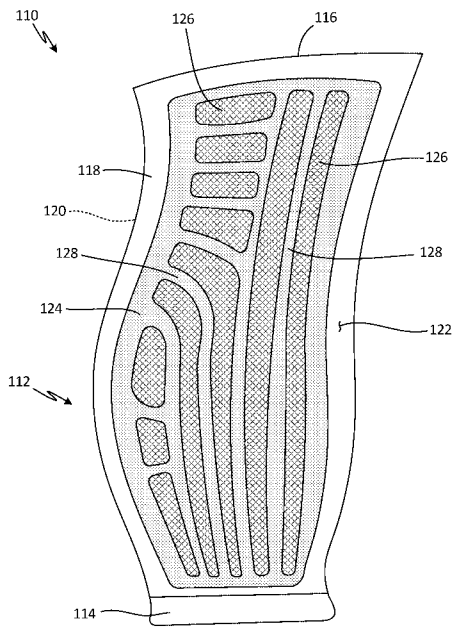
【図1】



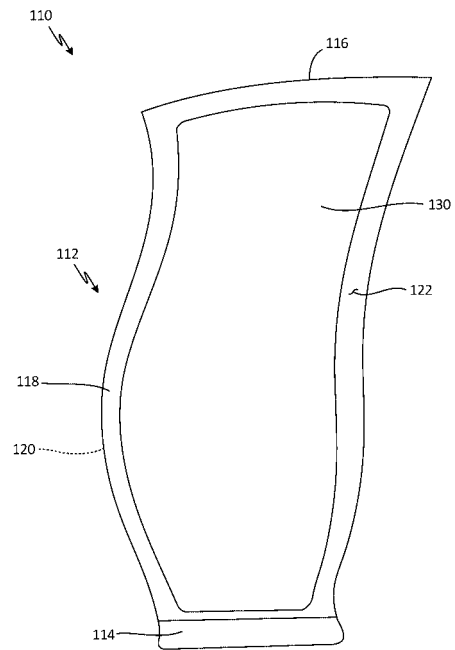
【図2A】



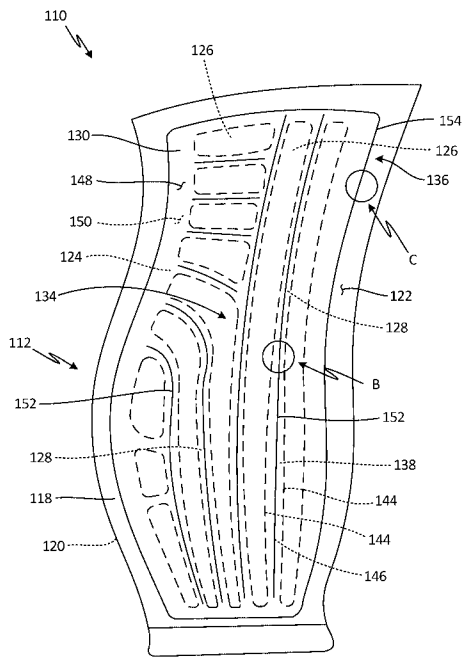
【 図 2 B 】



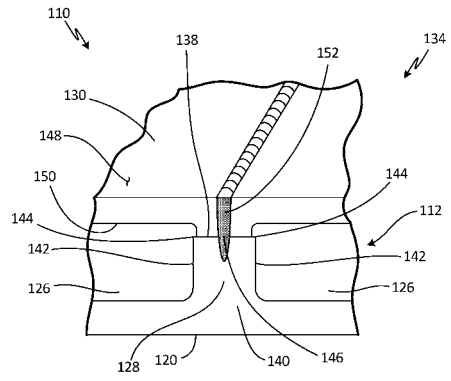
【 図 2 C 】



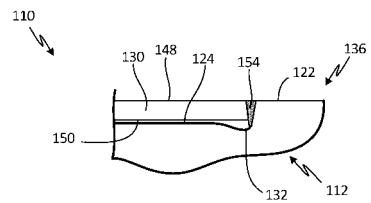
【 図 3 A 】



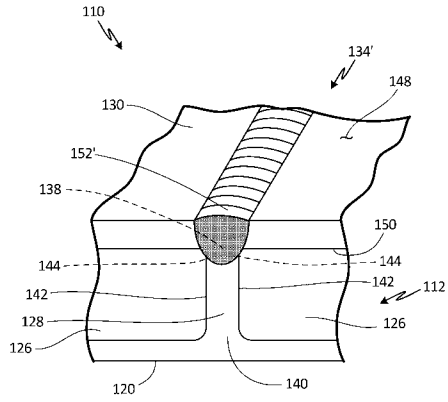
【 図 3 B 】



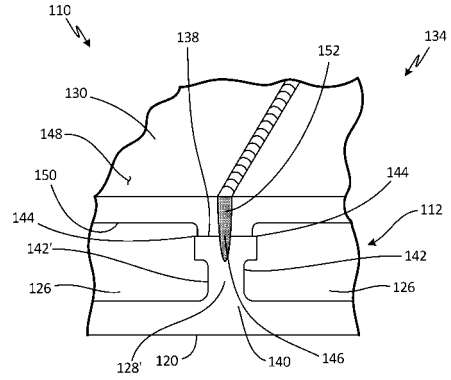
【 図 3 C 】



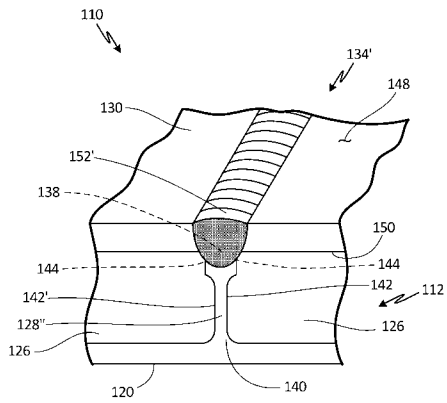
【 図 3 D 】



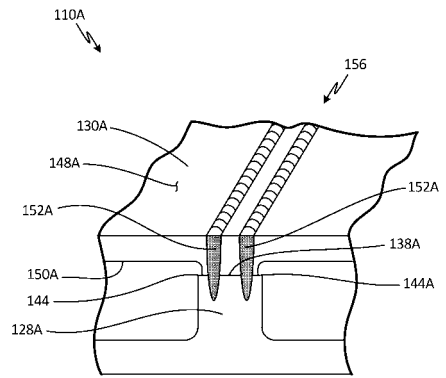
【 図 3 E 】



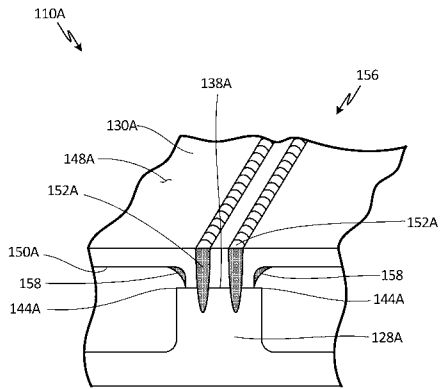
【 図 3 F 】



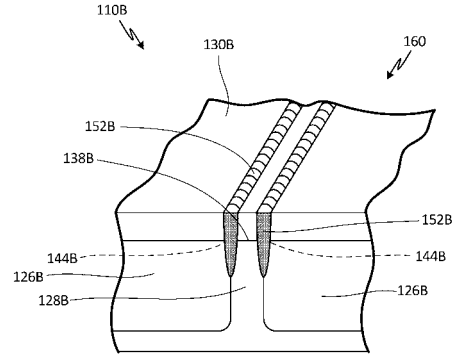
【 図 4 A 】



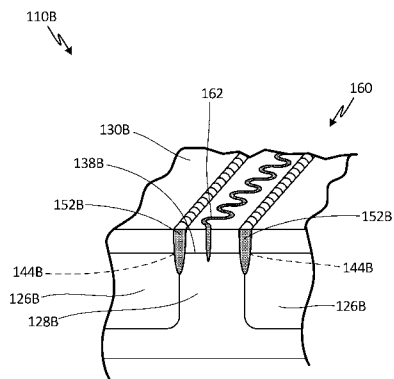
【 図 4 B 】



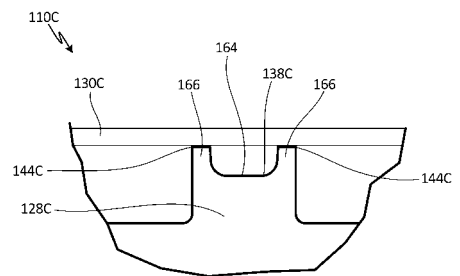
【 図 5 A 】



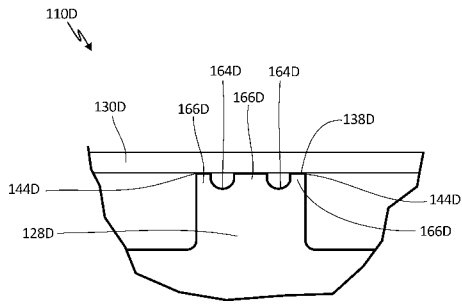
【 図 5 B 】



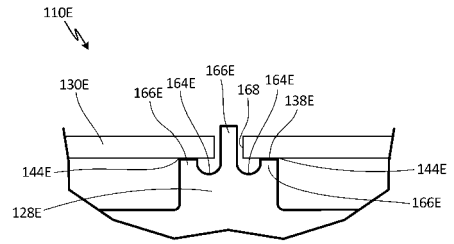
【 図 6 】



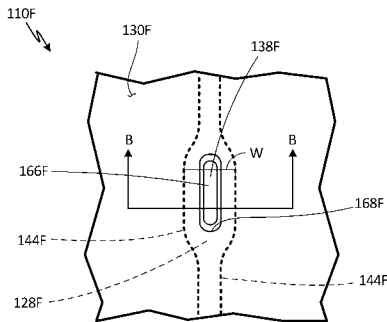
【 図 7 】



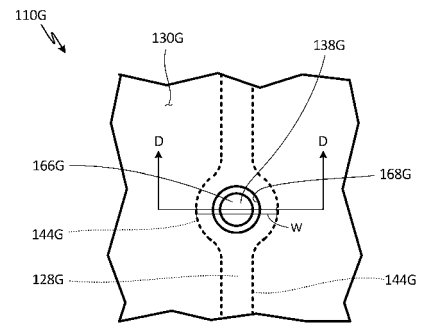
【 図 8 】



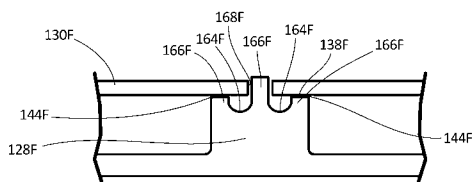
【 図 9 A 】



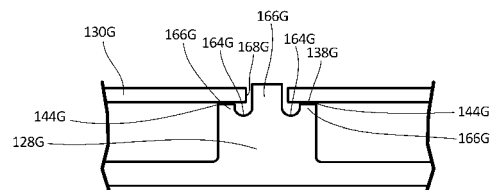
【 図 9 C 】



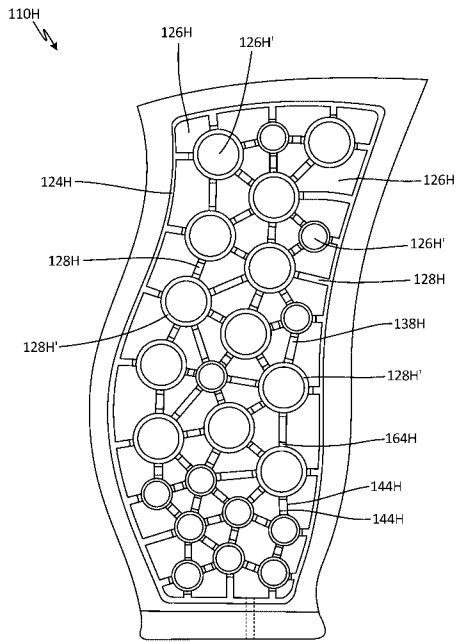
【 図 9 B 】



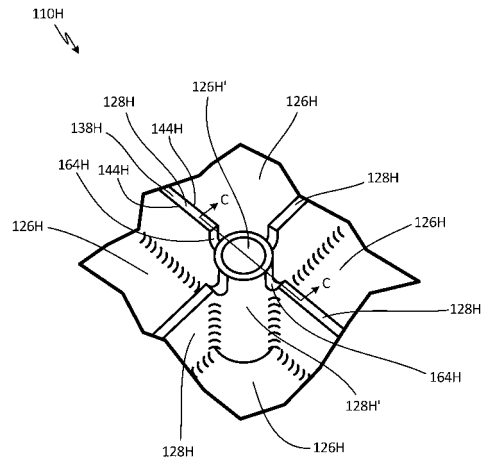
【 図 9 D 】



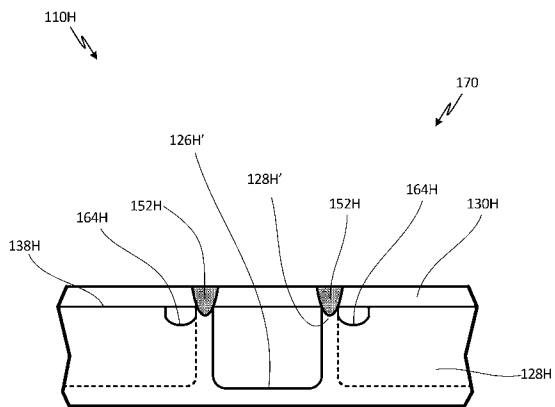
【図10A】



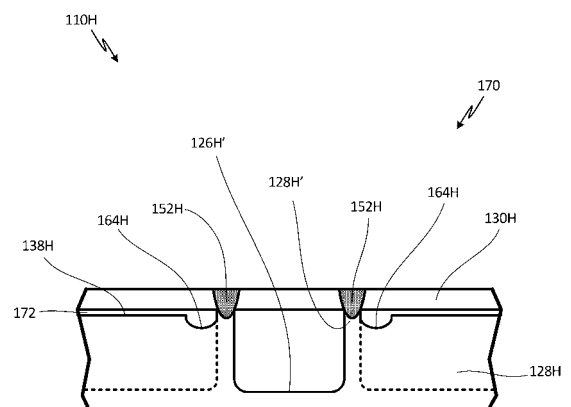
【図10B】



【図10C】



【図10D】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
B 2 3 K 26/21 (2014.01)	F 0 4 D	29/38		G
B 2 3 K 15/00 (2006.01)	B 2 3 K	26/21		N
	B 2 3 K	15/00	5 0 5	

- (72)発明者 ドミトリ ノヴィコフ
アメリカ合衆国, コネチカット, エイヴオン, バックボード レーン 2 6
- (72)発明者 ロバート シー・ドーラン
アメリカ合衆国, コネチカット, コヴェントリー, ゼヤ ドライブ 4 2
- (72)発明者 ケネス エー・フリスク
アメリカ合衆国, コネチカット, ウエスト ハートフォード, コロニアル ストリート 1 2 0
- (72)発明者 スティーヴン ティー・ゴードン
アメリカ合衆国, コネチカット, グラストンベリー, インディアン ヒル 1 4 7
- (72)発明者 ウィリアム アール・グレイヴズ
アメリカ合衆国, コネチカット, アムストン, ハイランド ドライブ 6 9
- (72)発明者 エリック ダブリュー・マルムボルグ
アメリカ合衆国, コネチカット, アムストン, ジョーンズ ストリート 2 5 5
- (72)発明者 フランシス ビー・パリシ
アメリカ合衆国, コネチカット, ウエスト サフィールド, オールド ファームズ レーン 1 8
- (72)発明者 ランディ ピー・サルヴァ
アメリカ合衆国, コネチカット, パルティック, ブッシュネル ハロウ ロード 7 2
- (72)発明者 マイケル エー・ワイセ
アメリカ合衆国, コネチカット, トーランド, オータム ドライブ 6 4
- (72)発明者 ラッセル エー・ピアーズ
アメリカ合衆国, コネチカット, マンチェスター, ジェラルド ドライブ 9 3
- (72)発明者 ゼドン ジョウ
アメリカ合衆国, コネチカット, グラストンベリー, スタービュー ドライブ 2 0
- (72)発明者 クリストファー トゥリース
アメリカ合衆国, コネチカット, ウエスト ハートフォード, トラウト ブルック ドライブ 7
7 4
- (72)発明者 トライ グエン
アメリカ合衆国, コネチカット, ウィンザー, ポートマン ストリート 1 9

F ターム(参考) 3G202 CA11 CA15 EA06
3H130 AA13 AB07 AB27 AB52 AC17 BA98C CB01 EA02C EA07C EB01C
EC12C ED01C
4E066 CA14
4E168 BA21 JB04