(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3649736号
(P3649736)
(45)発行日　平成17年5月18日(2005.5.18)　(24)登録日　平成17年2月25日(2005.2.25)

(51)Int.Cl.[7]　F I
F01D 11/08　F01D 11/08

請求項の数 8　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平7-525668
(86)(22)出願日　平成7年2月21日(1995.2.21)
(65)公表番号　特表平9-511302
(43)公表日　平成9年11月11日(1997.11.11)
(86)国際出願番号　PCT/US1995/001959
(87)国際公開番号　WO1995/027125
(87)国際公開日　平成7年10月12日(1995.10.12)
審査請求日　平成14年1月28日(2002.1.28)
(31)優先権主張番号　08/220,084
(32)優先日　平成6年3月30日(1994.3.30)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者
ユナイテッド　テクノロジーズ　コーポレイション
アメリカ合衆国，コネチカット　０６１０１，ハートフォード，ユナイテッド　テクノロジーズ　ビルディング　（番地なし）
(74)代理人
弁理士　橋本　剛
(72)発明者　ヒューズ，ジョン　エイチ.
アメリカ合衆国，コネチカット　０６０４０，マンチェスター，バックランド　ヒルズ　ドライブ　３４５，アパートメント　ナンバー１５１１３

最終頁に続く

(54)【発明の名称】厚層が変化する被研磨被膜層を有するタービン・シュラウド・セグメント

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１の材質から形成された基板（66）と、第２材質から形成された被膜層（72）とを有し、

前記基板（66）は、２つの方向に延びる対向面と端部とを有し、前記被膜層（72）は、厚さｔを有して前記対向面に接合され、前記被膜層（72）は前記端部から内側に延びるタービン・シュラウド・セグメント（64）において、

前記被膜層の厚さは、前記端部に向かって先細となっており、前記被膜層の断面は角度（θ，φ）を有して、前記角度（θ，φ）は10°以下であることを特徴とするタービン・シュラウド・セグメント。

【請求項２】

前記対向面は四辺形として形成され、前記被膜層（72）は４つの端部全てに対して前記対向面上に延び、前記被膜層（72）は被膜厚さが最大となる点が前記４つの端部の内部で生じるように４つの端部全てから内側の方向に傾斜することを特徴とする請求項１記載のタービン・シュラウド・セグメント。

【請求項３】

前記対向面は凹状であり、前記被膜層（72）は前記タービン・シュラウド・セグメントから外側に向いた流動面（62）を有し、前記流動面は平面であることを特徴とする請求項１または２に記載のタービン・シュラウド・セグメント。

【請求項４】

前記対向面は平面であり、前記被膜層（72）は前記タービン・シュラウド・セグメントから外側に向いた流動面（62）を有し、前記流動面（62）は凸状であることを特徴とする請求項１または２に記載のタービン・シュラウド・セグメント。

【請求項５】

前記被膜層（72）は、ロータ・ブレードの研磨先端と係合する被研磨材質から形成され、前記被膜層（72）は前記端部から内側に位置するブレード通過部（78）を有し、前記ブレード通過部（78）は最小厚さｔbpを有し、前記被膜層の厚さは前記ブレード通過部（78）から前記端部に向けて先細となっていることを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載のタービン・シュラウド・セグメント。

【請求項６】

部材断面に熱勾配を発生させる環境で使用される部材（64）であって、端部に向かって延びる対向面を有して第１の材質により形成される基板（66）と、前記対向面上に設けられると共に第２の材質によって形成される被膜層（72）とを有し、前記２つの材質は、熱膨張係数が異なり、その結果、前記部材は前記熱勾配に曝されると歪みが生じ、前記対向面は前記端部に向けて凹状に形成されている部材において、

前記被膜層（72）が変化する厚さを有し、前記被膜層の厚さは、前記端部から離れるに従って増加することを特徴とする部材。

【請求項７】

部材を横切って熱勾配を発生する環境内で使用する部材を形成する方法であって、前記部材は、端部に向かって延びる対向面を有すると共に１つの材質よって形成された基板（66）と、前記対向面上に配設されると共に第２材質によって形成された被膜層（72）を有し、前記２つの材質は異なった熱膨張係数を有し、その結果、前記部材は前記熱勾配に曝されると歪みを発生する方法において、

凹状の面を有するように前記対向面を形成するステップと、

前記被膜層の厚さが変化し、かつ、この被膜層（72）の厚みが前記端部から離れるにつれて増加するように、前記対向面上に前記第２材質を被覆するステップと、を有することを特徴とする方法。

【請求項８】

前記第２材質を被覆するステップは、

前記第２材質を前記対向面上に均一な厚さで被覆するステップと、

前記第２材質を所望の厚さに機械加工するステップと、

を更に有することを特徴とする請求の範囲第７項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は、基板とこの基板に接合された異種材質の層を有する部材に関し、更に詳しくは、厳しい温度勾配に曝されるかかる部材に関する。

本発明はガス・タービン・エンジンの分野で開発されたものであるが、これは異種材質を相互に接合した層を有する部材をこれらの部材内に熱応力が発生する環境内で使用する他の分野にも適用できるものである。

背景技術

軸流ガス・タービン・エンジンは、コンプレッサー、燃焼器及び縦軸に沿って順に離間されたタービンを有している。環状の流路は、コンプレッサー、燃焼器及びタービンを介して軸方向に延びている。このコンプレッサーは、流入する作動流体と連動してこの作動流体を圧縮する回転ブレードの列を有している。圧縮された作動流体の一部は燃焼器に入って燃料と混合されて点火する。燃焼生成物即ち高温ガスは次にタービンを介して流れる。タービンは、交互に配設されたベーンと回転ブレードの列を有している。このタービンに於いて、エネルギーは流動する高温ガスからタービン・ブレードに伝達される。このエネルギーの一部は、次にロータ・シャフトを介してコンプレッサー・セクションに戻される。

タービン・ブレードとタービンを介して流れる高温ガスとの間で行われる相互作用の効率

を最適化するため、インナー及びアウター・タービン・シュラウドによって形成された環状の空間に高温ガスを閉じ込める。インナー・タービン・シュラウドは、一般的にブレードと一体に構成された複数のプラットフォームである。これらのプラットフォームは、隣接するプラットフォームと組み合わされ、高温ガス用の内部流動面を形成する。アウター・シュラウドは、一般的に回転ブレードの外側先端部の外部に半径方向に配設されたリング状のアセンブリであるが、これはこの外側先端部と半径方向で近接している。このアセンブリは円周方向に離間された複数の弓形のセグメントを有し、これによって高温ガス用の外部流動面を設けている。

これらのセグメントは基板とセグメントの流動面を形成する被膜層を有している。基板は、セグメントをタービンに保持する手段、一般的にはセグメントの先端部と後端部に沿って配設された複数のフックまたは１本のレートを有している。被膜層は断熱被膜及び／または被研磨被膜である。この断熱被膜によって、タービンを介して流れる高温ガスに対する断熱がセグメントに対して行われる。被研磨被膜は、動作中においてブレードの先端部が接触する材質となる。この先端部はこの被研磨被膜内に切り込む研磨被膜によって被覆し、ブレードの周囲から漏洩する高温ガスの量を最小にしてもよい。研磨先端部と被研磨被膜との組み合わせによって、接触中に発生するブレードと基板に対する損傷を防止する。このようなセグメントの例は、ウエイドナーに付与された「回転機用の冷却可能なシール・セグメント」という名称の米国特許番号第4,650,395号に開示されている。

上で述べた種類のセグメントに共通の問題は、被膜層の剥落である。剥落とは、被膜層が基板から剥離することである。剥落は、セグメント内の熱応力の結果として発生する。被膜側に存在する高温ガスと基板の半径方向の外部表面上を流れる冷却流体の供給に起因して、セグメントを横切るように熱勾配が生じる。基板の金属と被膜層の材質の間の熱膨張率の差が、セグメント内に存在する応力に付加される。

剥落によって、基板の金属の地肌がブレードの先端部と接触する高温ガス及び／または研磨剤に対して露出される。セグメントの潜在的な劣化以外に、剥落によってブレードの先端部とセグメントの間の間隙の寸法がまた増加する可能性がある。この間隙の増加によって高温ガスがブレードの周囲に流れる空間が形成され、タービンの効率が低下する。

上記技術に満足することなく、出願人の譲受人の指導下にある科学者と技術者はタービン・シュラウド・セグメントのようなタービンの構成部品の開発に従事しているが、これらの構成部品は劣化を最小限にとどめながら極めて長期間に渡って非常に厳しい温度環境の中で動作することのできるものである。

発明の開示

本発明によれば、タービン・シュラウド・セグメントは基板と上記基板の端部から内側に延びる被膜層を有し、上記被膜層は上記端部に向かって傾斜する厚さｔを有している。上記端部の近傍に於ける被膜の断面は10°以下の角度αを形成している。

端部に向かって被膜層の厚さを傾斜させるという特徴の結果、ガス・タービン・エンジンの使用中に基板から剥落する被膜層が最小になり、従って、タービン・シュラウド・セグメントのより長い動作寿命が得られる。被膜層を端部の近傍でより薄くすることによってこの端部に沿って被膜層の熱勾配が小さくなる。この端部は、しばしば剥落が発生していた領域である。被膜層のこの領域の熱勾配を小さくすることによって、熱応力を低下させる。

特定の実施例では、被膜層はロータ・ブレードの研磨先端部と係合する被研磨材質である。被膜層は、タービン・シュラウド・セグメントの先端部と後端部の中間にブレード通過領域を有している。このブレード通過領域は、タービン・シュラウド・セグメントとブレードとの間で動作中に研磨接触を行わせるための所定の厚さ以上の厚さt_{bp}を有している。最大厚さの点はこのブレード通過領域内で発生し、被膜層の厚さｔはこのブレード通過領域から先端部と後端部に向かって傾斜している。ブレード通過領域内では、厚さt_{bp}は横方向の端部に向かって最小厚さ$t_{bp.min}$に傾斜し、ここで$t_{bp.min}$は上記所定の厚さ以上である。

ブレード通過領域から離れるのに従って被膜層の厚さを傾斜させるという特徴によって、

ブレード通過領域内の被膜層を所定の最小厚さを超える厚さに保持しながら、被膜層の剥落を最小にするという利点が得られる。このようにして、必要量の被研磨材質が存在して回転ブレードの研磨先端部と係合する。

被膜層の厚さは、種々の方法によって変化させることができる。タービン・シュラウド・セグメントの場合、特に有用な方法は、基板に凹状の対向面を形成し、被膜層をタービン・シュラウド・セグメントにとって望ましい寸法に被覆することである。被膜層の厚さは、少なくとも部分的に、対向面の凹状の形状によって変化させることができる。このような形状の利点は、これによって対向面と通過ブレードの間に更に間隙が設けられることである。動作中、タービン・シュラウド・セグメントは、このセグメントの温度勾配及び被膜材質と基板材質の間の熱膨張の差によって通過ブレードに向かって内側に湾曲する。これによって、セグメントはその通常の弓形の形状と反対の方向に湾曲し、このためこのセグメントは通過ブレードにより接近する。対向面が凹状の場合、基板のブレード通過領域は、据付時のブレード先端部から更に距離を開けて位置している。この追加間隔によって、セグメントが内側に湾曲しても、基板の対向面とブレード先端部の間で接触の行われる危険性はより少なくなる。

本発明はガス・タービン・エンジンの分野でタービン・シュラウド・セグメントの特定の用途に開発されたものであるが、ここで開示した本発明は他の用途にも適用することができることは、当業者にとって明らかである。基板とこの基板に接合された異種材質の層を有する部材であって、この部材を横切る温度勾配に曝される全ての部材は、本発明から利益を得るものである。このような用途の１つは、幾つかのガス・タービンの燃焼器に使用しているライナーまたはフロートウォール・パネルである。ライナーの１例は、デュベルに対して付与された「ガス・タービン・エンジン用の燃焼器のライナー構造」という名称の米国特許第4,302,941号に開示されている。これらのライナーにはフロートウォールを燃焼熱から断熱するために断熱被膜によって一般的に被覆されている。

本発明の上述及びその他の目的、特徴と利点は、添付図に示す通り、本発明の例示した実施例の以下の詳細な説明に照らしてより明らかになる。

【図面の簡単な説明】

第１図は、軸流ガス・タービン・エンジンの側部断面図である。

第２図は、シュラウド・セグメントを有するタービン・ロータ・アセンブリとタービン・ステータ構造の部分断面側面図である。

第３図は、隣接するシュラウド・セグメントと隣接するロータ・ブレードの軸方向の図であり、ここで周囲のステータ構造は明確化のために取り外してある。

第４図は、シュラウド・セグメントの斜視図である。

第5a図と第5b図は、第４図の5a－5a線と5b－5b線に沿って切断した断面図である。

第6a図と第6b図は、ガス・タービン・エンジンの動作中のシュラウド・セグメントに対する熱歪の影響を示すが、第6a図はセグメントを取り付けた状態を示し、第6b図は歪みを生じた動作状態を示す。

発明を実施するための最良の形態

第１図は、ガス・タービン・エンジン12を示す。ガス・タービン・エンジン12は、縦軸16の周囲に配設された環状の流路14を有している。コンプレッサー18、燃焼器22とタービン24は軸に沿って間隔を有し、流路14はこれらの各々を介して連続的に延びている。タービン24は流路14を介して流れる作動流体と係合する複数のロータ・アセンブリ26を有し、この流動する作動流体からのエネルギーをロータ・アセンブリに伝達する。このエネルギーの一部はタービン24とコンプレッサー18を相互に接続している一対の回転軸28を介してコンプレッサー18に戻され、コンプレッサー18に入る作動流体を圧縮するエネルギーを提供している。

第２図を参照して、ロータ・アセンブリ32は、上流ベーン・アセンブリ34と下流ベーン・アセンブリ36の間で軸方向に位置している。ロータ・アセンブリ32は、これから半径方向に延びる複数のロータ・ブレード42を有する回転ディスク38を有している。これらの回転ブレード42の各々は、ルート部44、先端部48を有する翼部46及び内部プラットフォーム52

を有している。ルート部44は、ロータ・アセンブリ32の回転中ブレード42をディスク38に保持する。翼部46は流路14を介して半径方向に延び、タービン24を介して流れる作動流体と係合する流動面54を設けている。内部プラットフォーム52はブレード42から横方向に延び、円周方向に隣接するブレードのプラットフォームと組み合わされ、半径方向の内部流動面56を形成する。半径方向の内部流動面56は、流動する作動流体を翼部46の流動面54上に付勢する。

タービン・シュラウド58は、ロータ・アセンブリ32を中心にして円周方向でその外部に半径方向に延びている。回転ブレード42の先端部48は、タービン・シュラウド58によって形成された半径方向外側の流動面62と半径方向に近接している。流動面62は作動流体が半径方向外側に流れるのを防止し、この作動流体が翼部46の流動面54上を流れるように付勢する。タービン・シュラウド58の流動面62とプラットフォーム52の流動面56とによって、作動流体が環状の通路内に閉じ込められるが、ブレード42がこの環状の通路を介して延び、作動流体と回転ブレード42の係合を最適化している。

タービン・シュラウド58は、流路14を中心にして円周方向に間隔を有する複数のシュラウド・セグメント64を有している。第４図に示すように、各シュラウド・セグメント64は弓形に形成され、複数のフック68と１つの被膜層72を有する基板66を有している。これらのフック68によって、シュラウド・セグメント64をタービン・シュラウド58の隣接構造に保持する手段が提供される。タービン・シュラウド58は、またセグメント64の外部表面に冷却流体を流す手段をまた有している。冷却流体は、基板66をこれらの基板66を形成している材質の許容可能な温度限界に保持するものである。

被膜層72は、基板66の半径方向内側の接面または対向面上に延び、従って流路14に向かって内側を向いている。従って、被膜層72はタービン・シュラウド58の流動面62を形成し、タービン24内を流れる高温ガスに対して直接露出されている。第5a図と第5b図に示すように、被膜層72は基板66の対向面から外側に測定した場合厚さｔを有し、この厚さはセグメント64の端部に向かって傾斜している。セグメント64の先端部74と後端部76に沿って、被膜層72は最小厚さｔを有し、この被膜層72の厚さはセグメント64のブレード通過領域78に向かって徐々に増加している。被膜層72は先端部と後端部74、76に沿ってその断面が角度θを形成している。セグメント64の横方向のエッジ82に沿って、且つ被膜層72のブレード通過領域78内で、被膜層72の厚さｔは、ブレード通過領域78に対する所定の最小厚さ$t_{bp_{min}}$から横方向のエッジ82の中間部に於ける最大厚さに徐々に増加している。被膜層の断面は、横方向の端部に沿って角度φを形成している。

被膜層72は、断熱被膜と被研磨被膜の組み合わせて構成されている。断熱被膜は基板66の内部表面即ち対向面面を流路14内の高温ガスから断熱する。被研磨被膜は流動面62のブレード通過領域78の領域内に位置し、研磨材質を被覆したブレード先端部48と係合する。被膜層は、断熱被膜と被研磨被膜を接合する手段を設けるための接着層を必要とする場合がある。

動作中、ブレード先端部48は最初は被膜層72に近接してこれを通過する。エンジン12が加熱するのに従って、セグメント64のそばを流れる高温ガスからの熱によって、これらのセグメント64が加熱される。「高温側」即ち流動面62側、と「低温側」即ち冷却流体に露出されて、これと直接接触するセグメント64の外側を有するこれらのセグメントに起因して、熱勾配が発生する。基板66と被膜層72と材質の熱膨張係数が異なることに加えて、この熱勾配によって、セグメント64に歪みが発生する。

この熱歪の結果、通常は弓形のセグメント64が平坦化し、このためセグメント64の流動面62は回転ブレード42に向かって半径方向内側に移動する。第３図に示すように、通過ブレードの先端部48はシュラウド・セグメント64と係合する可能性があり、これによって研磨先端部48は被膜層72と接触する。研磨先端部48と被研磨被膜層72の間のこの種の研磨接触によってシール機構が形成され、これによって作動流体がブレード48の先端部の周囲に漏洩するのを防止する。このような漏洩流体はブレードの翼と係合せず、タービンの効率を低下させる。

熱勾配は、またセグメント64内、特に基板66と被膜層72の間に熱応力を発生する。このよ

うな熱応力によって、セグメント64は、特に端部とコーナ部で剥落しやすくなる。一度剥落が発生すると、基板66の材質は高温ガスに曝され、このような曝露によって発生する劣化の影響を受ける。更に、被膜層72が欠落することによって、通過ブレード42と先端部48と流動面62の間の間隙Ｇが増加する可能性がある。間隔が大きくなることによって、より多くの流体がブレード42の翼46の周囲に逃げることになる。

最も剥落を受けやすい領域に於ける被膜層72の厚さｔを最小にすることによって、熱勾配が最小になり、その結果、熱応力はこれらの領域に於いて最小になる。この結果得られるより低い応力によって、被膜層72が基板66から剥離する可能性が小さくなる。更に、端部74、76、82に近い被膜層72の厚さｔを最小にすることによって、例え剥落が発生したとしても、その結果生じる間隙Ｇの大きさは最小になる。角度θとφ（第5a図と第5b図参照）は、セグメントの熱環境、ブレード通過領域の寸法及び被膜に対して許容される最小厚さによって決まる。前に述べたように、被膜層の厚さは端部の近傍で最小になっている。しかし、基板に接着する被膜層の材質を得るには、接合層を捕捉するために、被膜層材質の厚さを最小にする必要がある。更に、ブレード通過領域では、被膜層の厚さは厚さ$t_{bp\ min}$未満でない可能性がある。典型的な第１段のタービン・シュラウドのセグメントの熱環境の結果、熱勾配は1000°Fのオーダー程度である。熱勾配がこの大きさの場合、端部近く被膜層の厚さはできるだけ薄くなければならない。試験片に対して行ったテストに基づいて、最善の結果を得るには、角度θとφは少なくとも10°未満に保持しなければならないと、出願人は示唆している。

端部74、76と82の近傍の被膜層72の厚さｔを最小にすることによって、これらの領域に於ける被膜層76の断熱性が低くなるおそれがあるが、セグメント64の温度上昇は、重要な欠点ではない。第２図を参照して、先端部74に沿って、セグメント64と上流のベーン84の周囲に逃げた冷却流体は半径方向内側へと流路14内に流入するが、これは、この冷却流体がこの流路の流体よりもより高い圧力を有するように選択されているからである。この逃げた冷却流体は、次にセグメント64の先端部74上を流れ、この領域の温度の保持に貢献している。

後端部76は、ロータ・アセンブリ32を通過した流路流体に露出される。ロータ・アセンブリ32を通過すると、作動流体は若干のエネルギーをロータ・アセンブリ32に伝達し、より低い温度になる。従って、セグメント64の後端部76に沿って必要な断熱はより小さくてもよい。前に論じたように、ブレード通過領域内の横方向のエッジは、ブレードの先端部48と被膜層72の間の研磨接触に対して要求される最小厚さ$t_{bp\ min}$以上に保持されている。別の材質を付加することによって、横方向の端部82の必要な断熱を行っている。

被膜層72の厚さは、種々の方法によって変化させている。１つの方法として、均一な量の被膜層72の材質を基板66の対向面に被覆し、次にこの被膜層72を所望のテーパに機械加工する方法がある。他の方法としては、対向面面を凹状に形成し、被膜層72の材質を被覆してこの被膜層72の表面を所望の厚さと形状にする方法が挙げられる。第３の方法は、上記２つの方法を組み合わせるものである。この方法では、対向面を凹状に形成し、この対向面を被膜層によって均一に被覆し、次にこの被膜層を機械加工して所望の形状とテーパを得る。

タービン・シュラウド・セグメント64の場合に示唆されているのは、基板66を凹状の対向面に形成し、被膜層72を被膜し、この被膜層72をタービン・シュラウド・セグメント64の所望の寸法に機械加工することである。対向面を凹状に形成することによって、一部、被膜層72の厚さに変化を持たせることができる。第6a図と第6b図を示すように、このような形状によってもたらされる利点は、対向面と通過ブレード42の間に間隙G1が得られることである。厚さに所望の変化を設けるために平坦な対向面と凸状の被膜層を有するセグメントを同様に位置させた場合に得られる間隙と比較して、この間隙G_1はより大きい。前に論じたように、動作中、タービン・シュラウド58は通過ブレード42に向かって内側に湾曲する。これによってセグメントはその通常の弓形の形状と逆の方向に湾曲して通過ブレード42により接近し、その結果、間隙はG_2に減少する。対向面が凹状の場合には、対向面のブレード通過領域78は、その初期状態において、もともとブレード先端部48とは間隔があけ

られている。この間隔によって、セグメント64が内側に湾曲しても、基板66の対向面とブレード先端部48の間で接触の行われるおそれはより少なくなる。
更に、凹状の対向面によって被膜層72の厚さに変化を持たせると、段差のない、緩慢な段差さえ付いていない流動面を有する部材を製作することができる。タービン・シュラウド・セグメント以外でも、流動面を有し２つの異種材質によって形成された部材がこの部材内の熱応力の結果として発生する温度勾配に曝されるという用途に、この特徴を使用することができる。平坦な対向面に先細の被膜を直接被覆する場合には、たとえ緩慢なものであっても、段差を回避することが好ましい。このような用途の一つは、ある種のガス・タービン・エンジンの燃焼器におけるフロートウォール・パネルである。

【図１】

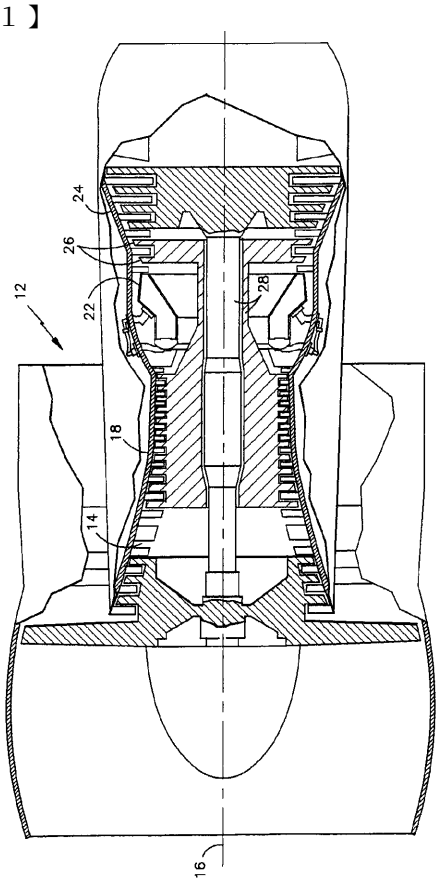
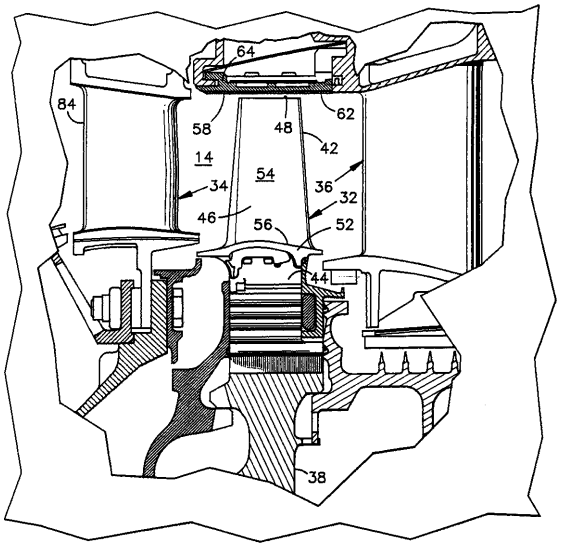


fig.1

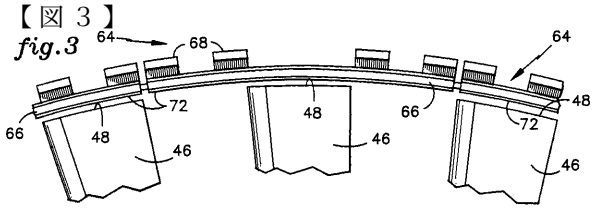
【図２】

fig.2



【図３】

fig.3



【図４】

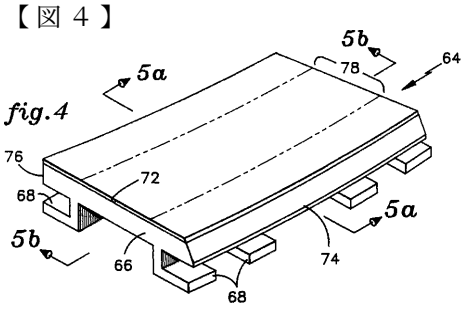


fig.4

【図５ａ】

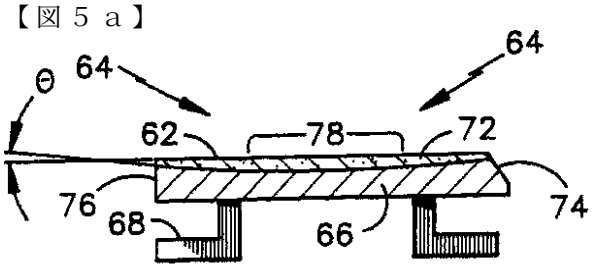


fig.5a

【図５ｂ】

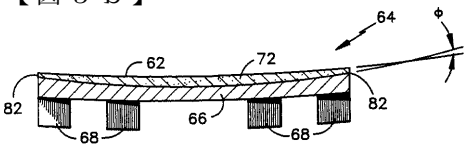


fig.5b

【図６ａ】

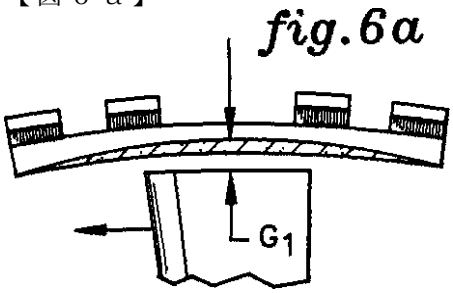


fig.6a

【図６ｂ】

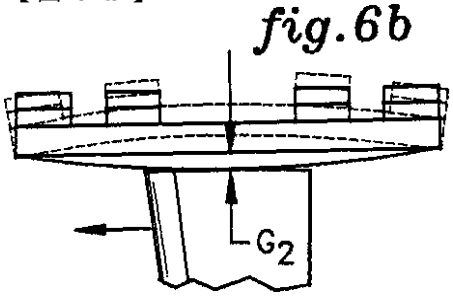


fig.6b

フロントページの続き

(72)発明者　ニスリー，デイビッド　エム.
アメリカ合衆国，コネチカット　０６４４７，マールボロー，メイフラワー　ロード　１７
(72)発明者　マクースカー，ケビン　エヌ.
アメリカ合衆国，マサチューセッツ　０１７０１，フラミンガム，ジョージタウン　ドライブ　８７，アパートメント　ナンバー７
(72)発明者　エリス，チャールズ　エイ.
アメリカ合衆国，フロリダ　３４９９４，スチュワート，ノースウェスト　ブライト　リバー　ポイント　１８０９

審査官　植村　貴昭

(56)参考文献　特開昭５９－５８０８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
F01D 11/08