

(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2004-308009
(P2004-308009A)

(43) 公開日 平成16年11月4日(2004.11.4)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 4/12	C 2 3 C 4/12	3 G 0 0 2
F 0 1 D 5/28	F 0 1 D 5/28	4 K 0 3 1
F 0 2 C 7/00	F 0 2 C 7/00	C
F 0 2 C 7/24	F 0 2 C 7/00	D
F 0 2 C 7/28	F 0 2 C 7/24	A
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 10 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2004-109825 (P2004-109825)
 (22) 出願日 平成16年4月2日(2004.4.2)
 (31) 優先権主張番号 10/405,727
 (32) 優先日 平成15年4月2日(2003.4.2)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

I. Stellite JetKote

(71) 出願人 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、スケネクタデー、リバーロード、1番

(74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

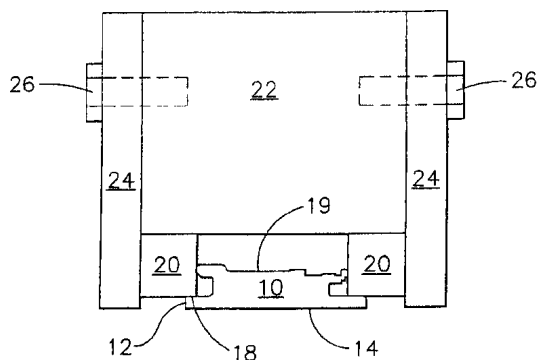
(54) 【発明の名称】 タービン流路部品での耐環境性皮膜及びボンドコーティングの施工方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】タービンエンジンシュラウドなどの流路部品を、高速ガスフレーム溶射法を用いて耐環境性皮膜又はボンドコートで被覆する場合に、縁の部分で皮膜が薄くなり、丸みを帯び、機械加工するには不十分な厚さになる問題があった。この点を解決し、所望の形状に機械加工可能かつ望ましい耐熱性と耐食性を与えるのに十分な厚さの皮膜を形成する。

【解決手段】裏当て材20をシュラウド10の後縁部18に対し側縁部12と裏当て材の間に隅角部を形成するように配置し、側縁部と流路面14全体が均一に被覆されるように溶射する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジンの流路部品(10)に溶射皮膜を施工する方法であって、
流路面(14)と少なくとも1つの側縁部(12)と少なくとも1つの後縁部(18)
とを有する流路部品(10)を準備する段階、

流路部品(10)の後縁部(18)と実質的に接するように裏当材(20)を配置する
段階、及び

少なくとも1つの側縁部(12)に初期ベース皮膜(16)を施工する段階、
を含む方法。

【請求項 2】

初期ベース皮膜(16)の厚さが約0.010~約0.015インチである、請求項1記
載の方法。

【請求項 3】

初期ベース皮膜(16)上に少なくとも1つの追加ベース皮膜(16)を施工して、側縁
部(12)及び流路面(14)上に適度に均一な皮膜を形成する段階をさらに含む、請求
項1記載の方法。

【請求項 4】

適度に均一な皮膜(16)の厚さが約0.10インチ以上である、請求項3記載の方法。

【請求項 5】

適度に均一な皮膜(16)を、皮膜を損傷させずに所定の寸法に機械加工する段階をさら
に含む、請求項4記載の方法。

【請求項 6】

前記所定の寸法が、厚さ約0.060~約0.080インチの適度に均一な皮膜(16)
を含む、請求項5記載の方法。

【請求項 7】

流路部品(10)が低圧タービンシュラウド又は高圧タービンシュラウドである、請求項
1記載の方法。

【請求項 8】

初期ベース皮膜(16)がHVOF法を用いて施工される、請求項1記載の方法。

【請求項 9】

初期ベース皮膜(16)が流路面(14)に対して約45°の角度で施工される、請求項
8記載の方法。

【請求項 10】

初期ベース皮膜(16)が高アルミニウム含有量の皮膜を含む、請求項9記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、翼形部及びシュラウドのようなタービンエンジンアセンブリ及び部品に溶射
法を用いて耐環境性皮膜又はボンドコーティングを施工する方法に関し、具体的には、長
寿命遮熱トップコート施工を可能にしつつ、高温、酸化性及び腐食性雰囲気中で被覆部
品を保護するのに必要な基本品質特性を有するM Cr Al Yその他のHVOF皮膜を施工
する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来技術では、高温、酸化性環境及び高温腐食性ガスの複合作用からガスタービンの流
路(ホットセクション)内及びその近傍のタービン翼形部及びシュラウドを保護するため
タービン皮膜に関する多数の系及び改良が開示されている。こうした改良としては、翼形
部に用いられる材料の新たな開発、特殊で高価なニッケル基超合金が挙げられる。その他
の解決法としては、耐環境性皮膜系及び遮熱コーティング系を始めとする皮膜系の施工が
挙げられる。耐環境性皮膜系には、ニッケルアルミナイド、白金アルミナイド及びこれら

10

20

30

40

50

の組合せがある。公知の皮膜施工法には、特に限定されないが、減圧プラズマ溶射（L P P S）法、高速ガスフレーム溶射（H V O F）法及び爆発溶射（D - g u n）法を始めとする溶射技術があり、これらはすべて所定の組成の粉体を溶射する。

【0003】

かかる皮膜及びその施工法において皮膜系の寿命を延ばす幾多の改良が開示されており、そうした改良の開発は現在も続けられている。ある種の皮膜系では、耐環境性皮膜上にセラミックの形態の遮熱コーティング（T B C）が設けられる。他の皮膜系では、翼形部とセラミック層の間の中間層として、M C r A l Yのようなボンドコートが設けられる。ここで、MはN i、C o、F e又はこれらの元素の組合せから選択される元素であり、YはC e、P r、N d、P m、S m、E u、G d、T b、D y、H o、E r、T m、Y b、L u及びY tのような痕跡量金属である。ボンドコートは皮膜系の耐環境性能も向上させる。アルミナイド及びM C r A l Y合金を始めとする皮膜は、実質的に相かなるか、或いは + 相かなるかに応じて、非脆性となることもあれば、脆性となることもある。

10

【0004】

耐環境性皮膜の分野での数多くの改良にもかかわらず、公知のコーティング法では、部品の縁部、特に高圧タービンシュラウド（「H P T」シュラウド）や低圧タービンシュラウド（「L P T」シュラウド）その他同様のタービン流路内の部品などの鋭角縁部に、十分な厚さの皮膜を均一に設けることができないという問題が依然として存在する。かかる流路部品への皮膜の施工は高速ガスフレーム（「H V O F」）溶射法を用いてなされることが多く、H V O Fはロボット制御されることが多い。しかし、公知の工具及び方法を用いると、H V O F法では、シュラウドのような部品の前縁部及び後縁部で皮膜が薄くなり、施工したままの皮膜は縁部で丸みを帯びる傾向がある。このように丸みを帯びると、皮膜は縁部を所望の形状に適切に機械加工するには不十分な厚さとなり、縁部が露出されるか、或いはタービン作動時に基材縁部を保護するには不十分な皮膜を生じかねない。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

必要とされているのは、ブレード、シュラウドその他の流路部品の縁部その他の流路面が十分に被覆されて、後段で所望の縁部形状にするための機械加工ができ、それでもなお下地をなす部品を保護するのに適した皮膜厚さをもたらすことができる費用効率の高い皮膜施工法である。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の技術は、溶射法、特にH V O F法を用いて皮膜を施工するに当たり、後段での機械加工が可能となる十分な厚さを流路部品の縁部で達成するための新たな改良を提供する。本発明は、H V O F法で施工されるM C r A l Y及びN i A l皮膜に用いるために開発されたが、本発明は、溶射法で成膜されるその他あらゆる皮膜に好適に用いることができる。

【0007】

本発明の一つの利点は、皮膜の厚さを調整できることである。特に、本発明では、皮膜の密度又は健全性を犠牲にすることも、その他後段の機械加工時に皮膜を損なうこともなく、部品縁部での皮膜の厚さを増大させることができる。従って、本発明は、機械加工の可能な望ましい皮膜厚さを与えることができ、しかもなお最終部品に改善された耐腐食性能及び耐酸化性能を与える。本発明に従って表面を被覆した翼形部、シュラウドその他の流路部品は、効率の改善に資する空力的に優れたガス流路の形成に必要な寸法及び仕様に機械加工することができ、なおかつ望ましい耐熱性及び耐食性を与えるのに十分な皮膜厚さを有する。

40

【0008】

本発明の方法のもう一つの利点は、当該方法が、新品のシュラウドにも、修理済又は修

50

理中のシュラウドにも適用できることである。これらの方法は、再現が適度に容易で予測可能でかつ費用効率の高いHVOF法によって、厚いNiAl及び他のMCrAlY皮膜を得るための簡単で効果的な技術を提供する。

【0009】

本発明のその他の特徴及び利点は、好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明を、本発明の原理を例示的に示す添付図面と併せて参照することによって明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

本発明は、流路部品の被覆方法及び装置、特に、新規な溶射方法及び装置を用いて部品縁部に厚い皮膜を設け、所定の寸法及び仕様への機械加工によって皮膜を修正する方法及び装置を提供する。図面に関しては、図面全体を通して、同一又は類似の部品を示すためできるだけ同じ参照符号を用いた。

【0011】

本発明の方法は、ガスタービンエンジンアセンブリの新品又は使用済み流路部品の被覆に用いることができる。当該方法は、MCrAlY皮膜が厚い層、好ましくは厚さ0.100インチ超の層をなすように施工する必要がある図1及び図2に示すシュラウドのようなHPTシュラウド及びLPTシュラウドに特に適している。かかる厚い皮膜は、本発明の方法に従ってHVOF溶射装置を用いて達成し得る。図3に示すように、本発明の溶射法を用いて得られる望ましい結果は、機械加工後に所定の形状及び寸法の部品を生じるように図3の鎖線16及び図4に示す所望の断面形状を有する均一な厚さの皮膜を得るための後段での皮膜の機械加工が実施できるように、部品の側縁部12及び流路面14に好ましくは厚さ約0.100～約0.110インチの適度に均一な最終皮膜を備えたシュラウド10のような被覆部品を製造することである。図3の好ましい実施形態では、機械加工後の皮膜は約0.080インチの均一な厚さである。

【0012】

上述の通り、シュラウドその他の流路部品に厚い皮膜を溶射する際の課題は、皮膜が部品縁部で薄くなり、縁部の周りで丸みを帯びる傾向があることである。本発明の方法は、部品縁部に厚い皮膜を堆積できる溶射法及び装置を利用することによって、この問題を解決する。本発明の方法は、被覆すべき部品の1以上の後縁部に当接して配置した裏当装置の新規な使用を含む。図5に示すように、裏当材20はシュラウド10の後縁部18に対してシュラウド10の側縁部12と裏当材20の間に隅角部を形成するように配置される。図5に示す好ましい実施形態では、裏当材20は、溶射作業時に部品保持装置として役立つ取付ブロック22にシュラウド10を取付けた際に、裏当材が後縁部18に接して部分的に押圧されるような十分な厚さを有する。最も好ましくは、裏当材20はブロック22の端縁を僅かに超えて延在するような十分な幅を有しており、かくして、ネジ26などの締付手段によって裏当材をシュラウド10の本体19に押圧するための側板24を用いれば、シュラウド10の後縁部18に当接した裏当材20を効果的に封止し、被覆作業時に側縁部12と流路面14だけが溶射されるようにできる。この構成を用いると、裏当材20と側縁部12が隅角部を形成し、そこで皮膜を捕らえて側縁部12に十分に付着させて所望の皮膜ベースを形成し、続いて後側縁部12と流路面14全体が均一に被覆されるようにする。

【0013】

本発明の新規な裏当材20は皮膜に対して非付着性である。好ましくは、裏当材の材料はゴム、プラスチック、テフロン（登録商標）などの半可撓性で非付着性の非金属材料である。さらに好ましくは、裏当材の材料はショアAデュロメータ硬度60～110のシリコンゴムである。最も好ましくは、裏当材の材料はショアAデュロメータ硬度80～100のシリコンゴムである。

【0014】

本発明の溶射法の一実施形態では、裏当材20は、図5に示すようにシュラウド10の後縁部18に当接して配置される。好ましくは、すべての所望流路面を溶射する能力を最

10

20

30

40

50

大限にすべく、シュラウドは、部品をその周方向エンジン位置から90°回転させ、好ましくは保持装置に取付た時に流路面14（エンジンに面してシュラウドの内径側にある）が外側を向くように部品をその長軸を中心にして180°回転させた後で、保持装置に取付ける。好ましくは、保持装置は、図6及び図7に示したものと同様なターンテーブルであって、図5～図7に示すような複数のフィンガ又はブロック22のような取付手段を含んでおり、各フィンガ又はブロックは各々溶射作業時にシュラウド10を所望の配向に保持することができる。いずれにせよ、保持装置は、シュラウド本体19やダブテール部その他のシュラウド10の保護部位に皮膜材料が溶射されるようになりかねない隙間が残らないように、被覆すべき部品の後縁部18に裏当材20を完全に当接させて着座させることができるものでなければならない。シュラウド10の保護部位及び保持装置のブロック22の非取付部位その他の部品には、損傷及び皮膜のオーバースプレーを防ぐためテープで保護してもよい。

【0015】

好ましい実施形態では、溶射法は回転プロセスを用いるが、この回転プロセスでは、所定速度で回転し得る図5～図8に示すようなターンテーブルを保持装置が含んでいて、計算速度で皮膜材料を噴射するHVOF溶射ガンのプログラム可能なロボット操作をHVOF装置が行う。HVOF溶射ガンの具体例は、ノズル長12インチ及びノズル孔径0.25インチのStellite JetKote 3000であるが、その他のモデル及びタイプの溶射ガンを採用して本発明を実施することは適度な経験を積んだ当業者が容易になし得る事項である。好ましくは、回転式溶射は、ターンテーブルが回転して各シュラウドが溶射ガンを通過する際に均一な皮膜層が堆積するように、インデックス式ではなく連続式である。この実施形態では、溶射作業の手順は、シュラウドの各側縁部12に約0.01～約0.20インチの皮膜が堆積されるまで、必要に応じてターンテーブルの回転方向を変えながら、各側縁部12に溶射することである。これは、ターンテーブル速度、溶射速度その他公知のコーティングパラメータに応じて、50サイクルほど要することもある。図7及び図8に示すように、溶射によって側縁部12に堆積させるには、溶射が好ましくはシュラウド10の流路面14に対して約45°の角度で行われるようにHVOF装置を配置する。さらに好ましい実施形態では、溶射は、シュラウド10の流路面14に対して45°の角度で施工される。側縁部12にベース皮膜を堆積させた後、シュラウド10の流路面14全体を、好ましくは回転式溶射法を用いて所望の厚さに被覆する。

【0016】

好ましい実施形態では、図7～図9に示すように、回転式溶射法は幾つかのサイクルからなる。ベース皮膜を堆積させるため、当該サイクルは、各側縁部に施工される皮膜が均一になるようにターンテーブルの回転方向と溶射ガンの垂直方向位置を変えることを含む一連の反復側方サイクルを利用する。好ましくは、図7及び図8に示すように、反時計方向ターンテーブル回転時の溶射ガンの垂直方向運動は、右上から右下、そして右上に戻る。さらに好ましくは、ガンの垂直方向運動は溶射中の部品の形状に倣って円弧状にするか、さもなければ全サイクルを通してガンが溶射中の部品の表面から所定距離を保つように操作する。時計方向のターンテーブル回転では、ガンは左上から左下、そして左上に戻るように垂直方向に動かす。この好ましい実施形態では、厚さ約0.20インチのベース皮膜を堆積させるのに、かかる側方サイクルが約50回必要とされる。好ましくは、50回の側方サイクルは、以下の順序で行われる。即ち、ターンテーブルを時計方向に回転させながら10回の側方サイクル、ターンテーブルを反時計方向に回転させながら10回の側方サイクル、ターンテーブルを時計方向に回転させながら15回の側方サイクル及びターンテーブルを反時計方向に回転させながら15回の側方サイクルである。ただし、所望の側縁部の皮膜厚さを堆積させるため、必要に応じて追加の側方サイクルを用いてもよい。

【0017】

次に、溶射ガンを垂直方向に（好ましくは上から下、そして上に戻るように）動かしながら、ターンテーブルの回転方向を変えることを含む一連の反復流路面サイクルを実施することによって、流路面14に最終皮膜を堆積させる。好ましくは、流路面サイクルでは

溶射ガンは流路面に対してほぼ垂直に配置される。図9に示すように、最上点及び最下点での溶射ガンの位置は、各シュラウドの計算された中心に対して決定され、ターンテーブルの回転方向に応じて異なる。図7に示すように、ターンテーブルが時計方向に回転する流路面サイクルでは、ガンは所定オフセットだけ右方にずらして溶射するようにタイミングされるが、そのオフセットは、溶射がベース皮膜と重なって好ましくは右側縁部との交差部に達して皮膜を堆積するとともにデブリをなくすことができるように、流路面14の幅に基づいて定められる。図7及び図8に示すように、ターンテーブルが反時計方向に回転する流路面サイクルでは、ガンは所定オフセットだけ左方へずらして溶射するようにタイミングされるが、そのオフセットは、溶射がベース皮膜と重なって好ましくは左側縁部との交差部に達して皮膜の堆積をするとともにデブリをなくすことができるように、流路面14の幅に基づいて定められる。好ましくは、最終皮膜の厚さは約0.100インチであり、約200回の流路面サイクルを実施することによって堆積される。この好ましい実施形態では、約200回の流路面サイクルは、下記の方法にターンテーブルを回転させながら次の順序で実施される。即ち、ターンテーブルを時計方向に回転させながら50サイクル、ターンテーブルを反時計方向に回転させながら50サイクル、ターンテーブルを時計方向に回転させながら50サイクル及びターンテーブルを反時計方向に回転させながら50サイクルである。適宜、流路面サイクル完了後に、側縁部12の皮膜を厚くするため、追加の側方サイクルを実施してもよい。所望の最終皮膜厚さを得るため付加的な流路面サイクルを追加してもよい。

10

20

30

40

50

【0018】

ベース皮膜及び最終皮膜の皮膜厚さを検証するため、引張ボタン(tensile button)の使用などの公知の試験方法を利用することができ、図6に示すように厚さパネルとの比較によって厚さを検証することもできる。回転式プロセスでターンテーブルを用いる場合、好ましくは、空いた取付ブロック22に引張ボタンを設け、溶射経路を通して回転させてシュラウド10と同じ速度で皮膜を堆積させる。

【0019】

別の実施形態では、本発明の方法は、被覆前にシュラウドを前処理することを含む。前処理の目的は、被覆のため清浄で汚染されていない表面を得ることである。好ましい実施形態では、前処理は、流路面14及び側縁部12のグリットブラストのため部品をテーピングすることを含む。好ましくは、約80~150 Raの表面粗さを得るため、60~80メッシュの Al_2O_3 を用いてグリットブラストを行う。次いで、好ましくはウォータージェットを使用して表面を滑らかかつ清浄にするが、ウォータージェット洗浄後は、こうして処理した部品表面は汚染されていないものと考えられる。こうした表面は、オイル、埃などから清浄に保護しておかなくてはならず、部品の取扱いに際しては決して手で触れるべきではない。次に、部品を保持装置に設置し、好ましくは上述の回転式溶射法を用いて被覆する。

【0020】

被覆後、適宜、シュラウドを当業者に公知の方法を用いて熱処理してもよい。熱処理は、好ましくは金属組織学に基づくもので、好ましくは1 μ 以下の真空中で約4時間約2050 $^{\circ}$ F(\pm 25 $^{\circ}$ F)にて行われる。また、被覆部品は、所望の流路形状及び寸法を回復するために機械加工してもよい。機械加工は、皮膜を損傷したり、流路部品に露出面を残したりしないように、所望の形状を回復するのに十分なだけ皮膜を除去すべきである。好ましくは、機械加工で約0.40~約0.010インチの適度に均一な皮膜厚さを得る。さらに好ましくは、最終皮膜厚さは約0.060~約0.090インチである。最も好ましくは、最終皮膜厚さは約0.070~約0.080インチである。

【0021】

耐環境性皮膜又はボンドコートを形成するためシュラウドにHVOF法で施工されるMCrAlY皮膜に関して本発明を説明してきたが、本発明は、HVOF法で施工できるあらゆる皮膜に使用できることは明らかであろう。本発明の技術的範囲から逸脱せずに、本発明を適用して、他の溶射皮膜及び溶射方法を利用することもできる。そこで、後段での

機械加工ができるほど十分に厚い縁部を得ることができなかつたために従前考慮されていなかった皮膜を使用できる可能性がある。

【0022】

好ましい実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、様々な変更を加えることができ、また構成要素を均等物で置換することができることは、当業者には明らかであろう。さらに、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく、特定の状況又は材料を本発明の教示に適合させるべく幾多の変更を加えることもできる。従って、本発明は、本発明を実施するための最良の形態として開示した特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の技術的範囲に属するあらゆる実施形態を包含する。

10

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】ガスタービンエンジンアセンブリの典型的なシュラウドの斜視側面図。

【図2】図1の未被覆シュラウドの2-2矢視平面断面図。

【図3】本発明の方法を用いて被覆した後のシュラウドの平面断面図。

【図4】シュラウド断面の所望の寸法及び形状を回復させるべく本発明に従って機械加工した後の図2の被覆シュラウドの平面断面図。

【図5】シュラウド側縁部及び流路面にベース皮膜を堆積させるのに必要な皮膜を捕捉する隅角部を与えるべくシュラウド後縁部に本発明の裏当材を当てて取付ブロックに据え付けたシュラウドの平面断面図。

20

【図6】本発明による回転式溶射のためターンテーブルに据え付けられた取付ブロックであって各種部品を有する3つの取付ブロックを示す図。

【図7】全取付ブロックを据え付けた図6のターンテーブルと、本発明によって側縁部及び流路面に溶射するためのHVOF溶射ガンの配置を示す図。

【図8】本発明によって左側縁部に溶射するため流路面から約45°の角度に傾けたHVOF溶射ガンの配置を示す図。

【図9】本発明の好ましい溶射サイクル法の図。

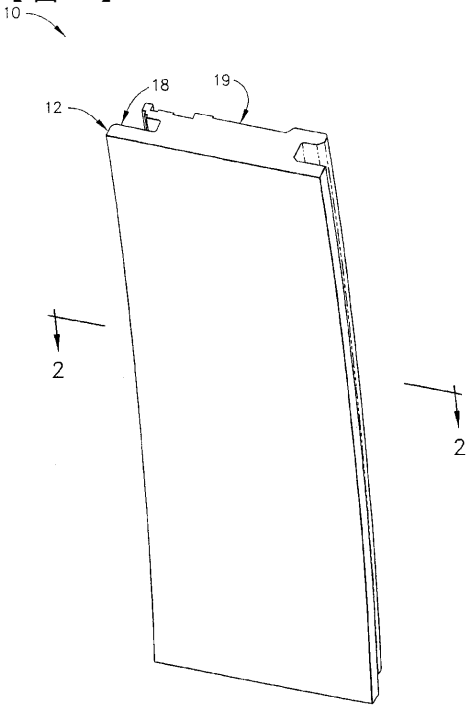
【符号の説明】

【0024】

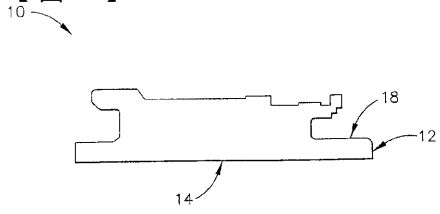
- 10 シュラウド
- 12 側縁部
- 14 流路面
- 18 後縁部
- 19 本体
- 20 裏当材
- 22 取付ブロック
- 24 側板
- 26 ネジ

30

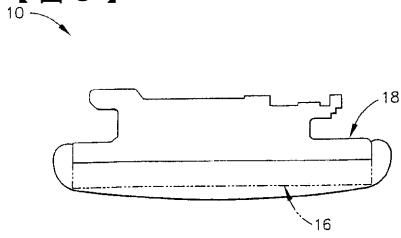
【 図 1 】



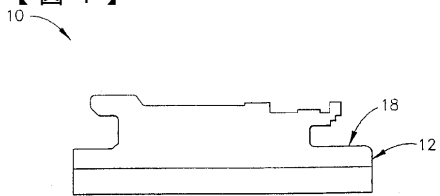
【 図 2 】



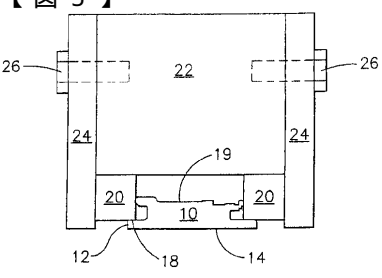
【 図 3 】



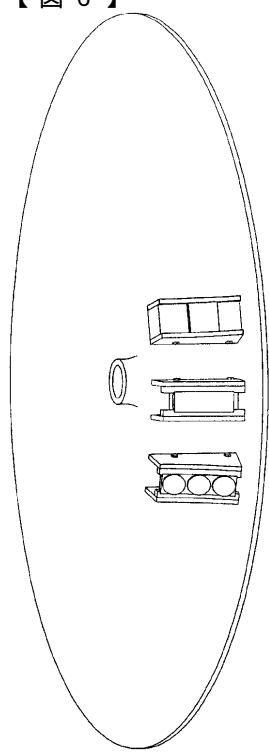
【 図 4 】



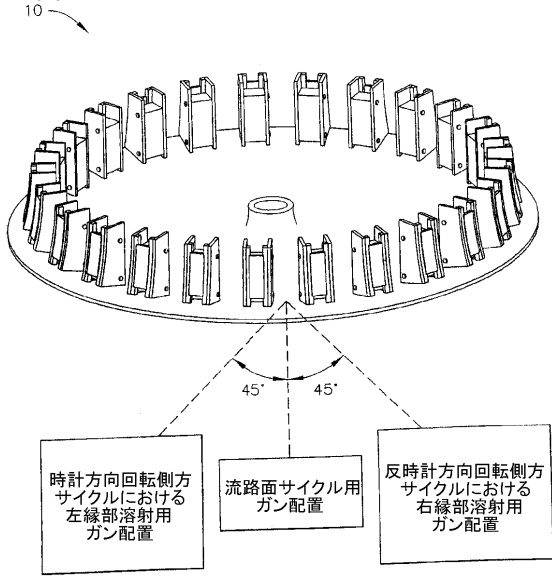
【 図 5 】



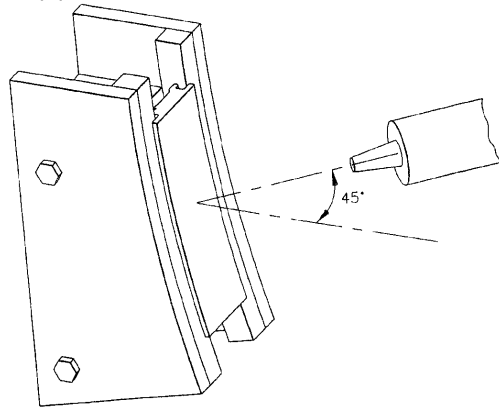
【 図 6 】



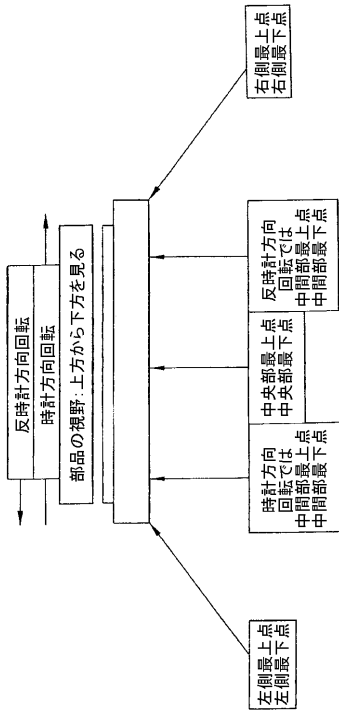
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷ F I テーマコード(参考)
F 0 2 C 7/28 A

(72)発明者 カール・リー・ボーンマン

アメリカ合衆国、オハイオ州、デートン、ブローケン・アロウ、6400番

(72)発明者 トマス・ジェイ・トムリンソン

アメリカ合衆国、オハイオ州、ウエスト・チェスター、クウェイル・ラン・ドライブ、7456番

(72)発明者 レイモンド・ヘイドルン

アメリカ合衆国、オハイオ州、フェアフィールド、レイク・ミード・ドライブ、5644番

Fターム(参考) 3G002 EA04 EA05 EA06

4K031 AA08 BA04 BA08 CB22 CB37 DA01 EA01 EA03