

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4318858号
(P4318858)

(45) 発行日 平成21年8月26日(2009.8.26)

(24) 登録日 平成21年6月5日(2009.6.5)

(51) Int.Cl.		F I	
F 0 2 C	7/00	(2006.01)	F O 2 C 7/00 C
F 0 1 D	5/28	(2006.01)	F O 1 D 5/28
F 2 3 R	3/42	(2006.01)	F 2 3 R 3/42 C

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2000-537825 (P2000-537825)	(73) 特許権者	599078705
(86) (22) 出願日	平成11年2月11日(1999.2.11)		シーメンス エナジー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2002-507688 (P2002-507688A)		アメリカ合衆国 フロリダ州 3 2 8 2 6
(43) 公表日	平成14年3月12日(2002.3.12)		- 2 3 9 9 オーランド エムシー 3 0 1
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/003111		アラファヤ・トレイル 4 4 0 0
(87) 国際公開番号	W01999/048837	(74) 代理人	100088454
(87) 国際公開日	平成11年9月30日(1999.9.30)		弁理士 加藤 紘一郎
審査請求日	平成18年1月30日(2006.1.30)	(72) 発明者	モリソン, ジェイ, アラン
(31) 優先権主張番号	09/049, 369		アメリカ合衆国 フロリダ州 3 2 7 6 5
(32) 優先日	平成10年3月27日(1998.3.27)		オーランド ターンベリー・ドライブ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		2 4 2 3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミック母材複合物の高温断熱材を有するガスタービン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミック母材複合物により形成され、削磨可能なセラミック層により断熱された基板部品を有するガスタービンであって、

削磨可能なセラミック層は、

種々の寸法を有する複数の中空の酸化物系球体と、

ホスファート結合剤と、

少なくとも1つの酸化物充填剤粉末とよりなる組成物により形成され、

ホスファート結合剤は球体と少なくとも1つの充填剤粉末の間のギャップを部分的に充填しており、

球体はホスファート結合剤及び少なくとも1つの酸化物充填剤粉末中において、各球体が少なくとも3つの他の球体と接触するように配置しており、基板と削磨可能な断熱層は同様な熱膨張係数を有し、さらにこの組成物は最高約 1 6 0 0 の温度で安定であることを特徴とするガスタービン。

【請求項 2】

セラミック層は部品の表面に接合されている請求項 1 のガスタービン。

【請求項 3】

部品は、外表面がタービンの高温ガス流にさらされ、外表面に前記組成物が接合された静翼である請求項 1 又は 2 のガスタービン。

【請求項 4】

部品は、内表面に前記組成物が接合された燃焼器である請求項 1 又は 2 のガスタービン。

【請求項 5】

部品は、内表面が燃焼器の排出ガスにさらされ、この内表面に前記組成物が接合された移行部ダクトである請求項 1 又は 2 のガスタービン。

【請求項 6】

シュラウド内で回転可能な動翼先端部をさらに有し、部品は、動翼先端部が内部で回転する内表面に前記組成物が接合されたシュラウドであり、かくして動翼先端部が組成物に溝を削り取ってタービンの動翼先端部のための封止部を形成する請求項 1 又は 2 のガスタービン。

10

【請求項 7】

セラミック母材複合物より成るガスタービンの部品を断熱するためのセラミック断熱組成物であって、

種々の寸法を有する複数の中空の酸化物系球体と、

ホスファート結合剤と、

少なくとも 1 つの酸化物充填剤粉末とよりなり、

ホスファート結合剤が球体と少なくとも 1 つの充填剤粉末の間のギャップを部分的に充填しており、

球体が、各球体が少なくとも 3 つの他の球体と接触するようにホスファート結合剤と少なくとも 1 つの充填剤粉末の中に位置しており、さらにこの組成物は最高約 1 6 0 0 の温度で安定であることを特徴とするセラミック断熱組成物。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願】

本発明は、同一譲受人に譲渡された 1 9 9 8 年 3 月 2 7 日付け米国特許出願第 0 9 / 0 4 9 , 3 2 8 号 (発明の名称 : "High Temperature Insulation For Ceramic Matrix Composites" ; 弁護士事件番号第 R D M - 9 7 - 0 0 5) に記載された発明と関連がある。

【0002】

【発明の分野】

本発明は、一般的に、セラミック母材複合物のための高温断熱材に関し、さらに詳細にはその断熱材のガスタービンへの利用に関する。

30

【0003】

燃焼タービンは、コンプレッサー部、燃焼器部及びタービン部を収容するケーシングまたはシリンダを有する。コンプレッサー部は、入口端及び排出端を有する。燃焼器部または燃焼器は、入口端及び燃焼器移行部よりなる。燃焼器移行部は燃焼器部の排出端に近接し、その壁が作動流体をタービン部の入口端へ差し向ける流れチャンネルを画定する。

【0004】

供給空気は、コンプレッサー部で圧縮された後、燃焼器部へ送り込まれる。燃料は、ノズルにより燃焼器部に流入する。圧縮空気は、燃焼器入口へ流入して燃料と混合する。空気 / 燃料混合物はその後、燃焼して、高温高圧のガスとなる。この作動ガスはその後、燃焼器移行部を介して排出され、タービン部内へ流入して、タービンを作動させる。

40

【0005】

タービン部は、作動ガスをタービン動翼の羽根部へ送る複数列の静翼を有する。作動ガスは、タービン部を流れてタービン動翼を回転させ、ロータを回転させて、このロータに連結された発電機により発電を行う。

【0006】

当業者であれば分かるように、燃焼タービンの最大エネルギー出力は、燃焼器部を流れるガスをできるだけ高温に加熱することにより得られる。しかしながら、この高温ガスは、タービン通過の際、燃焼器、移行部ダクト、静翼及びリングセグメントの種々のタービン部品を加熱する。

50

【 0 0 0 7 】

従って、タービンの燃焼温度を如何に増加できるかは、タービン部品が増加する温度に耐える能力により制約される。かくして、タービンの耐高温部品を冷却する種々の冷却方式が開発されているが、これらには、開ループ空気冷却方式と閉ループ冷却方式が含まれる。しかしながら、これらの方式は共にかなり複雑な設計を必要とし、据付及び運転コストが相当高く、またタービンの効率を下げる付随的な損失を発生させる原因となることが多い。

【 0 0 0 8 】

加えて、タービンの重要な部品の耐高温性を増強する種々の断熱材が開発されている。熱障壁被覆 (T B C) は、部品がさらされる高温により重要な部品が早期に破壊されるのを防止し保護するために常用されている。一般的に、T B C は酸化による (スパリングを介する) 金属の廃棄速度を減少させることにより重要部品の寿命を延ばす。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、最新式タービンシステム (A T S) では、高い運転温度への要求及び A T S の最先端材料の限界が T D C の故障に繋がることが多い。これにより、重要部品が早期に損傷し、従ってタービンが故障し、電力の供給が中断したり、補修コストが高価になることがある。従って、熱障壁被覆を用い

ることなく高温に耐えることができ、冷却条件を緩和するタービン部品を提供することが望ましい。

【 0 0 1 0 】

市販のセラミック母材複合物 (C M C) は、ガスタービンにおいて多くの用途を有するが、発電用ガスタービンに用いる場合、その高温露出限界は長期間、即ち 1 0 , 0 0 0 時間よりも長い時間運転するとして 1 2 0 0 に近い温度である。加えて、C M C は、高温条件 (1 4 0 0 を以上) または高熱束条件の下では、熱伝導率が比較的 low、また複雑な冷却通路を形成できないため、効率的な冷却が不可能である。

【 0 0 1 1 】

燃料 / 空気混合物の燃焼は、金属製燃焼器ライナーの融点よりも格段に高い温度で生じる。このため、ライナーを未燃焼で低温の空気冷却する必要があり、またこのライナーには通常、熱隔壁被覆が施されている。金属製ライナーを冷却する最も普通の方法は、冷却空気を表面に対して鋭角をなすように穿孔した小孔によりライナー壁を介して冷却空気を導入するフィルム冷却である。この空気は、燃焼器ライナーの内表面上に低温の境界層を形成することによりライナーを高温燃焼ガスから保護する。フィルム冷却の 1 つの問題点は、低温の空気が高温のガスと混合すると燃焼生成物 (一酸化炭素 (C O) 及び未燃焼炭化水素 (U H C)) が生じることである。フィルム冷却による稀釈化を想定して、燃料 / 空気混合物は所望値よりも濃くしてあり、その結果 NO_x 放出物が過剰発生する。真に高温壁燃焼器はフィルム冷却を必要とせず (その結果、C O 及び U H C 放出物が少量) 、稀薄燃焼が可能であり (その結果、 NO_x 放出物が少量) 及び炎安定性が増加する (その結果、耐久性及び信頼性が向上) 。

【 0 0 1 2 】

移行部ダクトは、高温の燃焼ガスを閉じ込めてタービンの入口へ送り込む大型で複雑な構造物である。大きな表面積と内部の高温により、これらの部品の効率的冷却は極めて困難である。従来型移行部は、内部に熱隔壁被覆を施したニッケル系超合金で作られている。最も最近の高効率発電用機関では、これらの部品を積極的に冷却しなければならず、内壁の冷却通路及び複雑で高価な構成が必要となる。構成を極めて単純化すると、断熱 C M C 方式で低コストの部品を製造することが可能であろう。燃焼器の入口へガスを再び送り込む受動的冷却方式を用いて、正味効率を増加することが可能である。

【 0 0 1 3 】

タービン静翼の第 1 段は、燃焼器の排出ガスを回転する第 1 列のタービン動翼の羽根部へ送り込む。これらの静翼は、高速高温のガスを高圧の条件下で受ける。加えて、これらは大きな表面積を有する複雑な部品であるため、受入れ可能な温度への冷却が困難である。

従来の最先端タービンの第1列の静翼は、複雑な冷却通路を有し、外側に熱障壁被覆が施された単結晶超合金鑄造物よりなる。これらの部品は製造コストが高いだけでなく、ガス通路の温度がますます高くなっているためそれらを効率的に冷却する能力に制約がある。さらに高い温度に耐える材料があると、かかる複雑な構成の使用が不要になり、かくしてコストが最小限に抑えられ、また冷却空気の必要性が最小となり、かくしてエンジン効率が増加して、運転コストが減少する。

【0014】

軸流ガスタービンの回転タービン部またはロータは、ロータディスクに複数の動翼が固着されたものである。運転時、シャフトと動翼がシュラウドの内部で回転する。シュラウド内壁の表面は削磨自在の材料で被覆するのが好ましい。ロータの動翼は最初、動翼の先端がその被覆にできるだけ近いように配置される。

10

【0015】

制御された態様で容易に削磨できる材料が種々の用途に用いられている。かかる材料の1つは、ヨーロッパ特許出願 E P 0 7 5 1 1 0 4 A 2 に開示されている。この出願では、リン酸アルミニウムの母材に直径400 - 1800マイクロメートルの球体が30重量%乃至50重量%含まれている。これらの球体は図2及び3に図示されている。回転部品と削磨可能な固定封止部とが接触することにより、削磨可能な材料がその接触領域で可動部品にぴったりと係合しその形に合致する形状で磨耗する。この可動部品が削磨可能な封止部の一部を磨耗により除去するため、封止部は可動部品に正確に合致する幾何学的形状となる。即ち、クリアランスが非常に小さなものとなる。このため、極端に精密な公差を有する封止部が得られる。この分野の別の公報は米国特許第4,177,308号(Bealer)であり、直径10乃至300マイクロメートルのシリカまたはガラスの微小球体を少量、1.5重量%乃至10重量%の範囲で含むリン酸アルミニウムより成るジェットエンジン用の削磨可能な封止組成物が開示されている。

20

【0016】

当業者には分かるように、軸流ガスタービンの漏洩を減少させることによりタービン効率を最大限にすることが重要である。これは、動翼先端部とシュラウド内壁との間隙を最小限にすることにより達成される。しかしながら、タービン動翼が回転すると、タービン動翼は、タービンが発生する熱により僅かに膨脹する。回転する動翼の先端部は削磨可能な材料と接触し、シュラウド自身に接触することなく被覆に精密に画定された溝を削り取る。これらの溝は動翼の回転を可能にするため、タービン動翼のための特注の封止部が得られる。従って、動翼の先端部を磨耗させることなく比較的容易に磨耗する削磨可能な材料を提供することが望ましい。

30

【0017】

削磨可能な材料はまた、高温断熱材としても使用される。削磨性は通常、微視的空隙を導入して材料の密度を変えることにより得る。しかしながら、その結果、削磨可能な被覆の耐浸蝕性が減少する。別の方法として、受入れ可能な耐浸蝕性を得るため、高密度の被覆を製造することが可能である。これは削磨性を犠牲にするため、動翼先端部に削磨処理を施すことが必要となる。比較的低い熱伝導率と比較的高い耐浸蝕性が、高温断熱材に必要な削磨可能な材料の2つの特性である。これらの特性は、温度が1600に接近するA T S環境で特に重要である。従って、特に高温条件下で比較的低い熱伝導率の比較的高い耐浸蝕性を有する削磨可能な材料を提供することが望ましい。

40

【0018】

ヨーロッパ特許庁公報第007,511,04号は、セラミックのタービン部品を封止するために使用できるセラミックの削磨可能な材料を開示している。しかしながら、この材料は、A T Sタービンには不適当な1300の耐高温性を備えているに過ぎないと考えられる。従って、温度が1600に接近可能なA T Sタービンに使用できるセラミックの削磨可能な材料を提供することが望ましい。

【0019】

【発明の概要】

50

本発明によると、セラミック母材複合物により形成され、削磨可能なセラミック層により断熱された基板部品を有するガスタービンであって、削磨可能なセラミック層は、種々の寸法を有する複数の中空の酸化物系球体と、ホスファート結合剤と、少なくとも1つの酸化物充填剤粉末とよりなる組成物により形成され、ホスファート結合剤は球体と少なくとも1つの充填剤粉末の間のギャップを部分的に充填しており、球体はホスファート結合剤及び少なくとも1つの酸化物充填剤粉末中において、各球体が少なくとも3つの他の球体と接触するように配置しており、基板と削磨可能な断熱層は同様な熱膨張係数を有し、さらにこの組成物は最高約1600の温度で安定であることを特徴とするガスタービンが提供される。

セラミック母材で形成した断熱部品のような、ガスタービン用セラミック組成物が提供される。これらの用途は、セラミック材料の特異な性質、即ちその断熱特性、高温安定性、耐浸蝕性、削磨性及びセラミック母材複合物への適当な接着性を利用する。各用途は、セラミック材料を特異で且つ革新的な方法で利用する。この材料は、ガスタービンの特定の部品の特定の条件を満足させ、所望の利点を提供する点で特に好適である。

【0020】

この組成物は、種々の寸法を有する複数の中空酸化物系球体と、ホスファート結合剤と、少なくとも1つの酸化物充填剤粉末とよりなり、ホスファート結合剤は球体と充填剤粉末との間のギャップを部分的に充填する。球体は、各球体が少なくとも1つの他の球体と接触関係にあるようにホスファート結合剤と充填剤粉末との中に位置し、また球体の配置は組成物が約1600の温度で寸法安定性と化学的安定性を有するようなものである。

【0021】

本発明の組成物を外表面に接合したガスタービンの静翼が提供される。この静翼は、その組成物を断熱被覆として作用させる。特定の静翼上の被覆の厚さは、条件に応じて、内部の冷却及び外部の加熱パターンのばらつきを補償するように変化させる。本発明による静翼の設計は、冷却需要を最小限に抑えると共に応力を受入れ可能な値に維持するように意図されている。燃焼器のライナーとして働かせるために燃焼器の内表面に断熱被覆を接着した燃焼器が提供される。燃焼器のハイブリット構造の設計は、燃焼を安定化し不要な放出物を最小限に抑えるように、内表面温度を最大限にする意図がある。

【0022】

内表面に断熱被覆を接着した移行部ダクトが提供される。この被覆は断熱隔壁として働くため、高温燃焼排出ガスは断熱被覆とだけ接触する。

【0023】

本発明の組成物はまた、ガスタービンの動翼先端部の封止を行うために削磨可能である。ガスタービンの動翼先端部の封止部は、タービンの動翼先端部、内部で動翼先端部が回転するシュラウドの内表面、及び本発明の組成物よりなる。この組成物はシュラウドの内表面に接合されるため、動翼先端部はその組成物に溝を削りとしてタービン動翼先端部に特注の封止部が形成されるようにする。各動翼先端部の封止を行うため、タービンのシュラウドはセラミック母材複合物で作られている。

【0024】

【好ましい実施例の詳細な説明】

本発明は、高温環境に使用する高強度、低温セラミック母材複合物上に断熱材として耐高温セラミック材料を用いる材料組成物を提供する。図面を参照して、図1は、本発明による削磨可能なセラミック断熱組成物10（または被覆10）の好ましい実施例を示す拡大斜視図である。この図はまた、セラミック断熱被覆10がセラミック母材複合物の基板8上に配置されて接着剤層9により定位置に保持された状態を示す。

【0025】

図2は、本発明による削磨可能なセラミック被覆10の好ましい実施例の断面を示すさらに拡大した斜視図である。この被覆10は、種々の寸法を有する中空酸化物系球体20をホスファート結合剤と種々の酸化物充填剤粉末との混合物12内に配置したのである。ホスファート結合剤は、球体20と酸化物充填剤粉末との間のギャップを「橋渡し」する。

10

20

30

40

50

これらの球体 20 は、被覆 10 の特定の組成に応じて、1600 で安定であるように充分高い温度で製造される。最高 1600 の焼成温度を用いてこの被覆を製造し、これにより寸法安定性、化学的安定性及び耐浸蝕性をもつ材料とする。

【0026】

寸法安定性は、主として球体 20 によって制御される。被覆 10 は、球体 20 の配置を比較的高密度にして巨視的に閉じた空隙を導入することにより形成することにより耐浸蝕性を向上させる。本発明では、球体 20 は、各球体 20 が少なくとも 1 つの他の球体 20 と接触するように配置するのが好ましい。さらに好ましくは、球体 20 は各球体 20 が幾つかの他の球体 20、即ち少なくとも 3 個または 4 個の球体 20 と接触するように配置する。これにより、特に 1600 に近い高温において寸法安定性が向上する。被覆 10 内に存在するような球体の接触及びその結果得られる寸法安定性は、従来技術の被覆では得られない。

【0027】

酸化物充填剤粉末とホスファート結合剤との組み合わせは、被覆 10 の特性を制御するために変えることができる。ある範囲の熱膨張係数 (CTE) をカバーするために、特定の被覆システムを調製可能である。被覆 10 の CTE は、被覆 10 を基板 8 上の定位置に維持するためには、基板 8 の CTE にできるだけ近い値にする必要がある。被覆 10 の例 A 及び B の種々の特性を表 1 に示す。

【0028】

表 1

材 料	A	B
使用温度	1200	1600
CTE ($\times 10^{-6}\text{mm/mm}^\circ\text{C}$)	5.85	5.85
熱伝導率 (W/mK) at 1400°C	1.27	2.21
侵食性 (g/kg) at 1100°C*	7.5	4.5

*衝突角 15°、侵食材速度 900ft/s でテストした

熱伝導率及び耐浸蝕性のような材料の特性は、充填剤または球体の組成を特別に選択することにより調整可能である。本発明の被覆材の中空酸化物系球体 20 は、ムライト、アルミナ、安定化ジルコニア (通常は、イットリア安定化ジルコニア) またはこれらの任意の組み合わせから作ることができる。ムライトの球体の直径の好ましい範囲は約 0.4 乃至約 1.8 mm、さらに好ましくは約 0.8 乃至約 1.4 mm である。アルミナの球体の直径の好ましい範囲は約 0.3 乃至約 1 mm である。安定化ジルコニアの球体の直径の好ましい範囲は約 0.6 乃至約 1.2 mm であり、さらに好ましくは約 0.8 乃至約 1 mm である。

【0029】

ムライトの球体だけを使用する場合、即ち、Keith Ceramics, Inc. of Great Britain の KCM Holosphere 社製を用いる場合、被覆 10 の球体 20 の好ましい重量範囲は 32% ± 10%、さらに好ましくは 32% ± 5%、さらに好ましくは約 32% である。アルミナだけの球体を用いる場合は、被覆 10 の球体 20 の好ましい重量範囲は 63% ± 15%、さらに好ましくは 63% ± 5%、さらに好ましくは約 63% である。安定化ジルコニアだけの球体を用いる場合は、被覆 10 の球体 20 の好ましい重量範囲は 58% ± 15%、さらに好ましくは 58% ± 10%、さらに好ましくは 58% ± 5%、最も好ましくは約 58% である。

【0030】

意図した基板 8 の CTE にマッチさせるために特定の CTE を得るためには、特定の被覆の調整を球体 20 の組み合わせを変えることによって行う。例えば、モノリシックな安定化ジルコニアの球体は最も高い CTE (約 $10 \times 10^{-6}\text{mm/mm}^\circ\text{C}$)、モノリシックなムライトの球体は最も低い CTE (約 $5.7 \times 10^{-6}\text{mm/mm}^\circ\text{C}$)、そしてモノリシックなアルミナの球体は中間の CTE 値である約 $8.0 \times 10^{-6}\text{mm/mm}^\circ\text{C}$ である。

【0031】

球体 20 の好ましい組み合わせは、体積でムライト 20 %、アルミナ 80 % である。表 2 に示すように、この球体の組成により 0.5972 の線形変化率が得られるが、これは組成物 A (酸化物系 CMC 材料) の値 0.5934 と、複合物 B の 0.6031 の値をマッチする。複合物 C (シリカを多量に含む酸化物系複合物材料) については、球体が全てムライトの組成が好ましい。

【0032】

表 2				10
球体組成	体積比	1000℃における 線形変化率	酸化物/酸化物基板 (1000℃における 線形変化率)	
ムライト	100	0.5657	0.5631(C)	10
ムライト及び 安定化ジルコニア	50/50	0.5660		
ムライト及び アルミナ	50/50	0.5763		
ムライト及び アルミナ	20/80	0.5972	0.5934(A) 及び0.6031(B)	
ムライト及び アルミナ	10/90	0.6210		20
ムライト及び アルミナ	5/95	0.6337		
アルミナ	100	0.6380		
安定化ジルコニア	100	0.7325		

酸化物充填剤粉末は、アルミナ、ムライト、セリア、ハフニアまたはこれらの任意の組み合わせでよい。充填剤粉末としてはアルミナまたはムライトが好ましいが、優れた耐高温特性によりムライトが最も好ましい。ムライトを用いる場合、被覆 10 の酸化物充填剤粉末の好ましい重量は 32 % ± 15 %、さらに好ましくは 32 % ± 10 %、さらに好ましくは 32 % ± 5 %、最も好ましくは約 32 % である。酸化物充填剤粉末の好ましい重量百分率は、それぞれが異なる原子質量及び粒径をもつため異なるものである。

【0033】

ホスファート結合剤はオルトリン酸アルミニウムであり、その重量は好ましくは 31 % ± 15 %、さらに好ましくは 31 % ± 5 %、最も好ましくは約 31 % である。オルトリン酸アルミニウムの結合剤とムライトの充填剤粉末との組み合わせは、rpm 20 とスピンドル番号 7 を有するブルックフィールドの RV 粘土計を用いて測定すると約 9000 センチポーズの粘度を有する。

【0034】

本発明の被覆 10 の製造プロセスは、以下のステップ、即ち、(1) スラリーを混合し、(2) スラリーを注型し、(3) 注型したスラリーを制御した態様で乾燥させ、(4) 「生」の本体を取り出し、(5) 焼成し、(6) 機械加工するステップよりなる。混合物は、最終製品が CMC の基板 8 と実用上同じ CPE をもつように調製する。

【0035】

このプロセスは、粘性のあるスラリーを作るため原材料を混合するステップから始まり、これは 2 つの段階よりなる。まず第 1 に、オルトリン酸アルミニウムと充填剤粉末とをオルトリン酸アルミニウムの 50 % 水溶液の正確な調合物が得られるように混合し、気密状態で貯蔵する。(最長貯蔵寿命は 2 か月である)。或いは別の方法として、オルトリン酸アルミニウムの 50 % 水溶液からスタートすることもできる。

【0036】

注型を行う際、スラリーに正確な量の中空の球体 20 を添加し、スラリー混合物を生成後約 24 時間以内に注型する。中空球体 20 を含むスラリーは予め浸漬した型に流し込む。型は注型前に脱イオン水で予め浸漬処理されており、このため注型物の毛管乾燥が効果的

10

20

30

40

50

に行える。スラリーを乾燥した型に注入する場合、注型物から型内へ水の抽出が早すぎて注型物の表面に乾燥した表面が生じ、さらにさらなる乾燥を制御された態様で行えない場合がある。このため、均質でない最終生成物が得られる。注型物の乾燥の重要な段階では、生の本体を寸法の歪みを最小限に抑えるように型から取出すことができるように粘度を十分に高くする（生の本体は焼成前の組成物に用いる用語である）。

【0037】

型から取出した後、生の本体を注意深く乾燥オープン（約80）に移す。好ましい方法では、乾燥前に、生の本体を係合する基板の表面の輪郭に合致するように成形する。このステップにより、正味の形に近い形に成形することが可能となる。乾燥後、生の本体を焼成オープンに移す。焼成時、約250の温度に滞留するように遅い加熱速度にするが、これにより遊離した全ての水がこの段階で除去される。

10

【0038】

約250と約565の間でホスファートの着実な脱水が開始されるが、これはこの温度範囲を通して遅い加熱速度を維持することにより制御される。

焼成サイクルの残りの部分は、ホスファートの構造に化学的变化を起こすことに向けられている。この材料システムから水を除去するやり方を誤ると、欠陥のある低強度の微細構造が得られる。

【0039】

型は、生の本体を取出した後リサイクルする。これは、浸出したホスファートを流水で洗い落した後、オープンで乾燥することにより行う。型を再使用するためには、完全に乾燥した時の型の乾燥重量が元の乾燥重量の約1%以内にある必要がある。型を最大12回再利用できると思われる。

20

【0040】

焼成前の準備として、生の本体を積み重ねてオープンのスペースを最小限にすることができる。その結果である単純化した焼成サイクルを表3に示す。

【0041】

表 3

ステップ番号	開始温度 (℃)	ランプレート (℃/分)	保持温度 (℃)	滞留時間 (分)
1	80	1	250	60
2	250	3	1600	240
3	1600	10	周囲	END

30

製造プロセスの最終段階は、断熱被覆10を機械加工することである。

【0042】

約750の温度で、ホスファート結合剤はガラス状であり、焼成時コンプライアントである。このため、第1の焼成時に成形が得られる可能性を与える。材料を最高約1200の温度に焼成することにより、置換型の削磨可能な封止材として使用可能なコンプライアントな母材を与えるホスファート「ブリッジ」が生じる。

【0043】

さらに約1600の温度へ熱処理することによって、材料システムの構成要素（粒子と球体）を連結するホスファートの「ブリッジ」ネットワークは、微細構造内においてより局在化し密度がより高くなったホスファートの塊状組織を形成するように有意な変性を受ける。新しい特性を有する材料システムは、1400でその室温強度の最大80%を保持し、同じような熱伝導率と優れた耐浸蝕性（金属製基板上に現在市販されているTBCシステムを用いた場合の約2倍）を有する。

40

【0044】

この材料はそれだけで焼成し、その後、基板8に接合する前に研削により形を整える。接着剤9は基板8に応じて異なる。しかしながら、基板8へ直接被覆を施すことは、その用途の環境内で基板8及び/または現場での硬化を用いれば可能である。

【0045】

50

本発明のセラミックの断熱被覆 10 の考えられる用途は広い範囲に亘る。1つの用途として、ガスタービンの静翼の断熱がある。図 3 は、本発明の被覆 10 を有する静翼 30 の断面図である。この静翼 30 は内側表面 28 と外側表面 32 を有し、外側表面上に被覆 10 が接合されている。好ましい実施例において、静翼 30 はさらに組成物 10 を外側表面 32 に接合する接着剤 9 を含む。

【0046】

静翼 30 及び本発明の組成物 10 を用いる他のタービン部品は、中位の応力下（最大 100 MPa）、中位の温度（1200 くらい）で酸化雰囲気能耐することのできる任意の種類の CMC で製造可能である。かかる材料には酸化物母材複合物（例えば、ムライト、アルミノ珪酸塩及びアルミナ）、炭化珪素母材複合物（化学的蒸着による浸透または溶浸）、窒化珪素母材複合物（反応接合、窒化、高温プレスまたは無圧焼結のような手段により形成した）ものを含む。

【0047】

被覆 10 の適用は、被覆 10 を別個に形成した後この被覆を中間温度、即ち 800 - 1200 の温度で硬化させるオルトリン酸系接着剤を用いて基板 8 に接合することにより行う。ムライトまたはアルミナの被覆は、接合前に基板 8 に施すことにより、硬化時の繊維の損傷を防止し且つ / または接合プロセスを容易にする。これらの被覆は、非酸化物の基板 8 に接着する際特に望ましい。本発明の最も好ましい実施例では、被覆 10 をその生のまま（未硬化状態）で複合物の表面に適用し、その複合物と共に現場で硬化させる。

【0048】

静翼 30 の構成は被覆 10 を適用するために特注する必要はなく、一体的なプラットフォーム（羽根の外部）を有するまたは有しない、また内部の剛性付与用リブ 26 備えるか備えない任意の羽根の横断面を含む。本発明のセラミック断熱材 10 の熱伝導率は、球体及び充填剤粉末の特定の組成、それらの相対的な量、及び使用する最終的な焼成温度に応じて、1乃至2 W/mK の範囲で変化する。被覆 10 の厚さは、1 mm よりも大きく、好ましくは 2 - 6 mm、さらに好ましくは 2 - 3 mm である。静翼 30 の内壁 28 の冷却は対流により、例えば、静翼 30 の内部チェンバ 27 にある供給バッフルによる直接インピンジメントにより、コンプレッサの出口からの空気を用いて行う。

【0049】

被覆 10 を用いると、ガスタービンの静翼 30 の冷却に必要な冷却空気の量が著しく減少する。好ましい実施例では、この静翼 30 は、厚さ 4 mm の CMC の壁に厚さ 2 mm の断熱被覆 10 が設けられている。表 4 は、高温（1600）エンジン環境におけるこの好ましい実施例と従来の熱隔壁被覆を有する最先端の薄壁金属製静翼との一次元の比較を可能にする。この例では、基板の最高温度は 1200 であるが、被覆の最高温度は 1600 の高温環境で 1579 である。

【0050】

表 4

特性	TBC被覆金属静翼 (現在の技術)	断熱CMC静翼 (本発明)
被覆の厚さ	0.3 mm	2 mm
被覆の熱伝導率	1.0 W/mK	1.0 W/mK
基板の厚さ	1.5 mm	4 mm
基板の熱伝導率	20 W/mK	4.0 W/mK
被覆の最高温度	1411℃	1579℃
基板の最高温度	900℃	1200℃
熱束	1.7 MW/m ²	190 MW/m ²
基板の熱応力	200 Mpa	62 MPa
必要な冷却流量	100%	5%

図 4 は、本発明の被覆 10 を有する燃焼器 50 を示す。燃焼器 50 は、本発明の断熱被覆

１０が燃焼器のライナーとしてＣＭＣ８の外側構造部材の内表面に接合された軸方向対称部品である。燃焼器５０は、一体的なフランジ、固着用ポイント、円錐部分または他の幾何学的形状部分を備えても、また備えてないものでもよい。本発明の好ましい実施例において、燃焼器５０はさらに、組成物１０を燃焼器５０（またはシリンダ）の内表面に接合する接着剤９を含む。ほとんどの好ましい実施例において、断熱被覆１０はその生の状態で未硬化のセラミック複合物８上に直接付着し、これら２つを一緒に硬化させる。燃焼器５０のハイブリット構造の設計は、最大の内表面温度を可能にして燃焼を安定化し望ましくない放出物を最小限に抑えるように意図されている。

【００５１】

断熱材１０は、システム温度及び熱応力を制御するため種々の厚さに形成または付着することが可能である。図４に示す例では、断熱材１０の厚さは燃焼フレイムの位置及び内部の温度プロファイルに一致するように燃焼器の軸方向長さに沿って傾斜がつけられている。断熱被覆１０が１６００に近い高温に耐えることができるということは、高温壁燃焼が生じて薄い燃焼混合物を使用でき、燃焼温度を全体として低くすることが可能であり、従って NO_x の放出量が低下することを意味する。

【００５２】

さらに、かかる高温壁の構成は、フィルム冷却なしに達成することが可能であり、従って壁における炎の急冷が少なくなり、その結果一酸化炭素及び未燃焼の炭化水素の放出量が減少する。燃焼器５０の最先端の金属部品と比較して冷却条件は表４において示す静翼の条件と同様である。

【００５３】

当該技術分野でよく知られている、燃焼器移行部ダクト６０（または移行部）は、本発明の断熱被覆１０を備えることができる。移行部は、高温燃焼排出ガスが断熱被覆１０とだけ接触するように、断熱被覆をセラミック母材複合８の外側構造部材の内表面に接合すればよい。好ましい実施例において、移行部はさらに、組成物を移行部の内表面に接合する接着剤を含むようにしてもよい。最も好ましい実施例において、被覆は移行部の内表面に生の状態で適用して、その複合物と共に現場で硬化することができる。

【００５４】

１６００に近い温度に断熱部材が耐えることができるということは、受動冷却方式を利用できるということを意味し、その結果部品コストが低下しエンジン効率が增加する。部品の周りの断熱被覆１０の厚さは、受動冷却による冷却パターンのばらつきを補償することによって構造部品の温度を均等に維持し応力を最小限に抑えるように変化する。移行部６０のハイブリット構造により可能な高い壁温度は、一酸化炭素及び未燃焼炭化水素の放出量を減少させる。本発明の移行部６０において従来の金属構成と比較して冷却流量を減少できるということは、静翼３０につき表４に示したものと同様である。

【００５５】

本発明の被覆のもう１つの用途は、その組成物の削磨可能な特性により、ガスタービンの動翼先端部を封止することにある。タービン動翼は通常、ロータディスクに取り付けられている。タービン動翼は、セラミックの削磨可能な被覆を接着したタービンのシュラウドの内壁のすぐ内側にある。動作時、回転する動翼の先端部は、削磨可能な被覆と接触し、シュラウド自身と接触せずに、被覆に精密に画定した溝を削り取る。

【００５６】

静翼の断熱と同様に、シュラウドは中位の応力（ほぼ１００ＭＰａ）下で１２００に等しいかそれよりも僅かに高い中位の温度で酸化性雰囲気耐えることのできる任意の種類のＣＭＣから作ることが可能である。同様に、被覆の適用は、静翼への用途と同じような態様行う。好ましい実施例において、動翼先端部の封止部はさらに、組成物をシュラウドの内側表面に接合する接着剤を含むことができる。最も好ましい実施例では、被覆はシュラウドの内側表面に生の状態で適用し、複合物と一緒に現場で硬化させる。

【００５７】

さらに、シュラウドの内壁の構成または形状は、本発明の被覆１０の用途に対して特注の

10

20

30

40

50

必要はない。好ましくは、厚さ 8 mm の典型的な内壁に厚さ 3 mm の被覆を用いる。被覆を用いると、タービン動翼先端部のための封止部に削磨性が付与されるだけでなく、1600 のような高温でセラミックシュラウドの内壁を断熱することができる。

【0058】

被覆を用いると、図 3 の静翼 30 のようなガスタービン部品の冷却に必要な冷却量が著しく減少する。従って、本発明の被覆は、中位温度に耐えるセラミック母材の複合物で製造したガスタービン部品に断熱能力を与えるため、これらの部品は熱隔壁被覆を用いることなく 1600 に近い温度に耐えることが可能であり、冷却方式の必要性が減少する。本発明による組成物は、好ましくは、約 1300 よりも高い温度で、さらに好ましくは最大約 1600 よりも高い温度で安定である。約 1600 よりも高い温度で安定な本発明の組成物は可能である。

10

【0059】

本発明の多数の特徴及び利点を本発明の詳細な構造及び機能と共に以上において説明したが、それらは例示の目的をもつに過ぎないことを理解されたい。従って、本発明の原理の範囲内で且つ頭書の特許請求の範囲の用語の広い一般的な意味により決定される範囲全体において、部品の形状、サイズ及び配置構成の点につき詳細に変更することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は、本発明によるセラミック被覆の好ましい実施例の拡大斜視図である。

【図 2】 図 2 は、本発明によるセラミック被覆の好ましい実施例の断面をさらに拡大して示す斜視図である。

20

【図 3】 図 3 は、本発明のセラミック被覆を備えた静翼の断面図である。

【図 4】 図 4 は、本発明のセラミック被覆を備えた燃焼器の破断斜視図である。

【図 1】

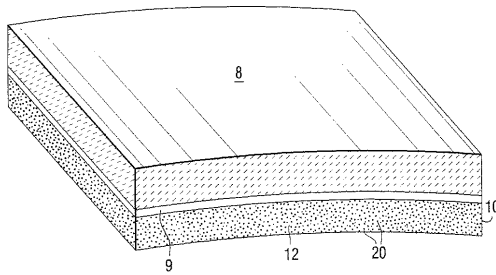


FIG. 1

【図 2】

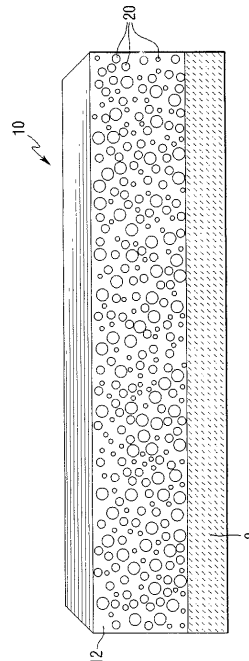


FIG. 2

【図 3】

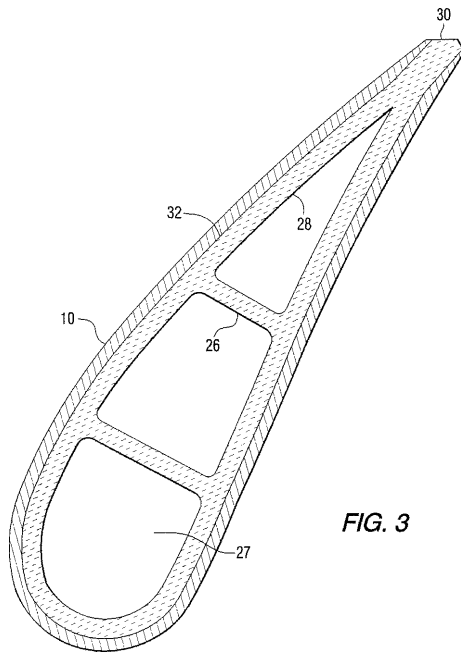


FIG. 3

【図 4】

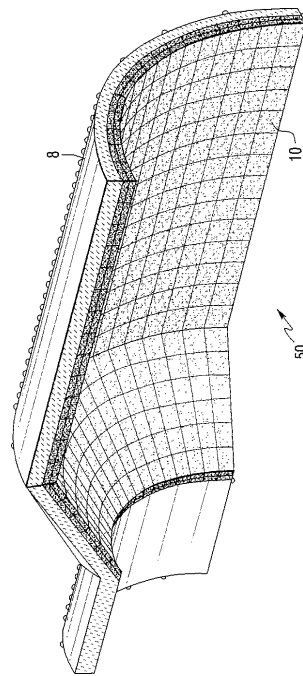


FIG. 4

フロントページの続き

- (72)発明者 メリル, ゲアリー, ブライアン
アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 1 5 1 4 6 モンロービル オックスフォード・ドライブ
1 0 0 アpartment 2 1 2
- (72)発明者 ルドマン, エバン, マクニール
アメリカ合衆国 ニューハンプシャー州 0 3 0 7 0 ニュー・ボストン ソーントン・ロード
1 1 8
- (72)発明者 レーン, ジェイ, エドガー
アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 1 5 6 6 8 マリスビル メイプル・ドライブ 4 4 6 8

審査官 寺町 健司

(56)参考文献 特開平09-013007(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00, 24, 28
F23R 3/42
F01D 1/00-11/10
F01D 25/00
C04B 38/08
C04B 28/34