

(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2007-191794

(P2007-191794A)

(43) 公開日 平成19年8月2日(2007.8.2)

(51) Int. Cl.	F I		テーマコード (参考)
<b>C23C 28/00 (2006.01)</b>	C 2 3 C	28/00	B 3 G 0 0 2
<b>F01D 5/28 (2006.01)</b>	F O 1 D	5/28	4 F 1 0 0
<b>F02C 7/00 (2006.01)</b>	F O 2 C	7/00	C 4 K O 4 4
<b>B32B 9/00 (2006.01)</b>	B 3 2 B	9/00	A

審査請求 有 請求項の数 41 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-8963 (P2007-8963)	(71) 出願人	590005449
(22) 出願日	平成19年1月18日 (2007. 1. 18)		ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション
(31) 優先権主張番号	11/336, 572		UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
(32) 優先日	平成18年1月20日 (2006. 1. 20)		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
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100096459
			弁理士 橋本 剛
		(74) 代理人	100092613
			弁理士 富岡 潔
		(72) 発明者	ケビン ダブリュー. スケリッチング
			アメリカ合衆国, コネチカット, ストールス, ウッドランド ロード 26
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶融ケイ酸塩の耐性外層を有するイットリア安定化ジルコニア被膜

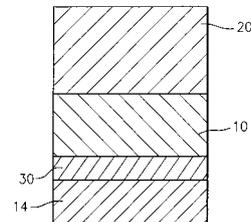
(57) 【要約】

【課題】 基体と、その基体上に適用されるイットリア安定化ジルコニアコーティングと、溶融ケイ酸塩の耐性外層と、を有するタービンエンジン部品を提供する。

【解決手段】 溶融ケイ酸塩の耐性外層は、酸化ガドリニウムまたは酸化ウランが取りウラン安定化ジルコニアから形成される。本発明の被膜系を形成する方法が開示される。

。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基体と、  
該基体上に適用されたイットリア安定化ジルコニア被膜と、  
溶融ケイ酸塩の耐性外層と、  
を備えることを特徴とする、タービンエンジン部品。

## 【請求項 2】

前記基体が、該基体に適用された金属ボンドコートを有することを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 3】

前記金属ボンドコートが、白金 - アルミニウム化合物被膜とアルミニウム化合物被膜からなる群から選択されることを特徴とする、請求項 2 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 4】

前記外層が、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、ハフニウム、チタンおよびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物から形成されることを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 5】

前記外層が、酸化ガドリニウム安定化ジルコニアから形成されることを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 6】

前記酸化ガドリニウム安定化ジルコニアが、25重量%から99.9重量%の酸化ガドリニウムと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項 5 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 7】

前記外層が、ジルコニア、ハフニア、およびチタニアからなる群から選択される第 1 の成分と、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択される少なくとも 1 つの成分の酸化物を安定化要素として有する第 2 の成分と、から形成されることを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 8】

前記外層が、1.0ミルから50ミルの範囲の厚さを有することを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 9】

前記外層が、1.0ミルから15ミルの範囲の厚さを有することを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 10】

前記イットリア安定化ジルコニア被膜が、4.0重量%から25重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 11】

前記イットリア安定化ジルコニア被膜が、6.0重量%から9.0重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 12】

前記イットリア安定化ジルコニア被膜が、3.0ミルから50ミルの範囲の厚さを有することを特徴とする、請求項 1 記載のタービンエンジン部品。

## 【請求項 13】

10

20

30

40

50

前記イットリア安定化ジルコニア被膜が、5.0ミルから15ミルの範囲の厚さを有することを特徴とする、請求項1記載のタービンエンジン部品。

【請求項14】

前記基体が、ニッケル基合金、コバルト基合金、モリブデン基合金、およびチタン基合金からなる群から選択される材料から作製されることを特徴とする、請求項1記載のタービンエンジン部品。

【請求項15】

イットリア安定化ジルコニア層と、  
溶融ケイ酸塩の耐性外層と、  
を含んでなることを特徴とする、被膜系。

10

【請求項16】

金属ボンドコートを含み、請求項15記載の被膜系。

【請求項17】

前記金属ボンドコートが、白金-アルミニウム化物被膜とアルミニウム化物被膜からなる群から選択されることを特徴とする、請求項16記載の被膜系。

【請求項18】

前記外層が、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、ハフニウム、チタン、およびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物からなることを特徴とする、請求項15記載の被膜系。

20

【請求項19】

前記外層が、酸化ガドリニウム安定化ジルコニアから形成されることを特徴とする、請求項15記載の被膜系。

【請求項20】

前記酸化ガドリニウム安定化ジルコニアが、25重量%から99.9重量%の酸化ガドリニウムと、と、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項19記載の被膜系。

【請求項21】

前記イットリア安定化ジルコニア層が、4.0重量%から25重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項15記載の被膜系。

30

【請求項22】

前記イットリア安定化ジルコニア層が、6.0重量%から9.0重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなることを特徴とする、請求項15記載の被膜系。

【請求項23】

前記溶融ケイ酸塩の耐性外層が、ジルコニア、ハフニア、およびチタニアからなる群から選択される第1の成分と、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択される少なくとも1つの成分の酸化物を安定化要素として有する第2の成分と、から形成されることを特徴とする、請求項15記載の被膜系。

40

【請求項24】

基体を設けるステップと、  
イットリア安定化ジルコニア材料層を、上記基体に堆積するステップと、  
溶融ケイ酸塩の耐性外層を、上記イットリア安定化ジルコニア材料の上に形成するステップと、  
を含むことを特徴とする、砂に関連する疲労に対して構成部品を保護する方法。

【請求項25】

50

金属ボンドコートを前記基体に適用するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 2 6】

前記金属ボンドコートを適用するステップが、白金 - アルミニウム化合物被膜とアルミニウム化合物被膜とからなる群から選択される金属ボンドコートを適用するステップからなることを特徴とする、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 7】

前記溶融ケイ酸塩の耐性外層を形成するステップが、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、ハフニウム、チタン、およびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物の層を、前記イットリア安定化ジルコニア材料上に堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

10

【請求項 2 8】

前記溶融ケイ酸塩の耐性外層を形成するステップが、酸化ガドリニウム安定化ジルコニアの層を、前記イットリア安定化ジルコニア材料上に堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 9】

前記酸化ガドリニウム安定化ジルコニアを堆積するステップが、2 5 重量%から 9 9 . 9 重量%の酸化ガドリニウムと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料を堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 8 記載の方法。

20

【請求項 3 0】

前記酸化ガドリニウム安定化ジルコニアを堆積するステップが、4 0 重量%から 7 0 重量%の酸化ガドリニウムと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料を堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 8 に記載の方法。

【請求項 3 1】

前記溶融ケイ酸塩の耐性外層を形成するステップが、1 . 0 ミルから 5 0 ミルの範囲の厚さを有する酸化ガドリニウムまたは酸化ガドリニウム安定化ジルコニアの層を、前記イットリア安定化ジルコニア材料上に堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 4 に記載の方法。

30

【請求項 3 2】

前記溶融ケイ酸塩耐性外層を形成するステップが、ジルコニア、ハフニア、およびチタニアからなる群から選択された第 1 の成分と、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択される少なくとも 1 つの成分の酸化物を安定化要素として有する第 2 の成分と、を堆積することからなることを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 3 3】

前記イットリア安定化ジルコニア層を堆積するステップが、4 . 0 重量%から 2 5 重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料を堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

40

【請求項 3 4】

前記イットリア安定化ジルコニア層を堆積するステップが、6 . 0 重量%から 9 . 0 重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料を堆積するステップからなることを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

【請求項 3 5】

前記イットリア安定化ジルコニア層を堆積するステップが、3 . 0 ミルから 5 0 ミルの範囲の厚さを有する被膜を形成することからなることを特徴とする、請求項 2 4 記載の方法。

50

## 【請求項 36】

前記基体を設けるステップが、ニッケル基合金から作製された基体を設けるステップを含むことを特徴とする、請求項 24 記載の方法。

## 【請求項 37】

前記基体をコーティングチャンバ内に配置するステップと、

前記基体を上記コーティングチャンバ内で華氏 1700 度から 2000 度の範囲の温度に加熱するステップと、

前記コーティングチャンバの圧力を 0.1 ミリトルから 1.0 ミリトルの範囲の圧力に維持するステップと、

前記イットリア安定化ジルコニア層と前記熔融ケイ酸塩の耐性外層を順次形成するステップと、

をさらに含むことを特徴とする、請求項 24 記載の方法。

## 【請求項 38】

イットリア安定化ジルコニアから形成された内層と、熔融ケイ酸塩材料の侵入に対する耐性を有するための、アパタイト型酸化物とガーネットの少なくとも 1 つの障壁相を有する外層と、を含むことを特徴とする、構成部品の被膜系。

## 【請求項 39】

前記外層が、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、チタン、ハフニウム、およびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物からなることを特徴とする、請求項 38 記載の被膜系。

## 【請求項 40】

前記外層が、酸化ガドリニウム安定化ジルコニアから形成されることを特徴とする、請求項 38 記載の被膜系。

## 【請求項 41】

前記外層が、ジルコニア、ハフニア、およびチタニアからなる群から選択された第 1 の成分と、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択された少なくとも 1 つの成分の酸化物を安定化要素として有する第 2 の成分と、から形成されることを特徴とする、請求項 38 記載の被膜系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、タービンエンジン部品に適用可能な、熔融ケイ酸塩の耐性外層を有するイットリア安定化ジルコニア被膜、その被膜を形成する方法、およびその被膜を有するタービンエンジン部品に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

砂に伴う断熱被膜の疲労 (distress) による、タービンエアフォイルの劣化は、砂漠環境で使用するすべてのタービンエンジンにおける重大な問題である。この種の疲労によって、エンジンは大幅な修理のために運転業務から外される場合がある。

## 【0003】

砂に伴う疲労は、流動性砂の堆積物が断熱被膜内に侵入することによって生じ、そのため、露出した金属がはく離して、酸化が加速化することになる。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

従って、本発明の目的は、タービンエンジン部品における砂に関連する疲労を軽減する

10

20

30

40

50

被膜系を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明によれば、タービンエンジン部品における砂に関連する疲労を軽減する被膜系が提供される。この被膜系は、概して、イットリア安定化ジルコニアの層と溶融ケイ酸塩の耐性外層とからなる。

【0006】

さらに本発明によれば、概して、金属ボンドコートを含んでも含まなくてもよい基体と、その基体上に適用されるイットリア安定化ジルコニアコーティングと、溶融ケイ酸塩の耐性外層とからなる。溶融ケイ酸塩の耐性外層は、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、ハフニウム、チタンおよびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物から、あるいは酸化ガドリニウム安定化ジルコニアから形成することができる。あるいはまた、溶融ケイ酸塩の耐性外層は、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウムおよびインジウムからなる群から選択される少なくとも1つの成分の酸化物を安定化要素として有する、酸化ジルコニウム（ジルコニア）、酸化ハフニウム（ハフニア）、または酸化チタン（チタニア）をベースとする被膜であってもよい。

10

20

【0007】

さらにまた本発明によれば、砂に関連する疲労を軽減する被膜系を形成する方法が提供される。その方法は、概して、基体を設けるステップと、イットリア安定化ジルコニア材料の層をその基体上に堆積させるステップと、溶融ケイ酸塩の耐性外層をそのイットリア安定化ジルコニア材料の層上に形成するステップと、を含んでいる。

【0008】

本発明の溶融ケイ酸塩の耐性外層を有するイットリア安定化ジルコニア被膜のその他の細部や、付随するその他の目的並びに利点を、以下の詳細な説明および関連する図面に記載する。図中、同様の符号は同様の構成要素を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0009】

ある種の被膜が流動性砂の堆積物と反応して、流動性砂が被膜に侵入するのを阻害する反応生成物を生じさせることが発見されている。その反応生成物は、主に酸化ガドリニウム（ガドリニア）、酸化カルシウム（カルシア）、酸化ジルコニウム（ジルコニア）、および二酸化ケイ素を含有するアパタイト型酸化物ケイ酸塩/ガーネットであることが確認されている。本発明は、この発見を利用した、タービンエンジン部品などの構成部品に対する被膜系に関する。

【0010】

ここで図1を参照すると、本発明により、被膜系18は、それらに限定されることはないが、ブレードまたはペーンを含むタービンエンジン部品などの、基体14の表面12上に適用されたイットリア安定化ジルコニアの断熱被膜10を含む。基体14は、ニッケル基超合金、コバルト基合金、モリブデン基合金、またはチタン合金など、適切な材料のいずれかから作製することができる。基体14は、（図4で示すような）金属ボンドコート30で被覆しても、してなくてもよい。使用可能な適切な金属ボンドコート30には、白金-アルミニウム化物被膜もしくはアルミニウム化物被膜、あるいはMCrAlY被膜（Mは、ニッケル、コバルト、および鉄のうちの少なくとも1つである）などの拡散性ボンドコートが含まれる。ボンドコート30は、必要に応じた厚さであってよい。

40

【0011】

イットリア安定化ジルコニア断熱被膜10は、例えば、電子ビーム物理蒸着法（EB-PVD）またはエアプラズマ溶射法によって適用できる。イットリア安定化ジルコニア断

50

熱被膜 10 を堆積するのに使用できるその他の方法には、それらに限定されることはないが、ゾルゲル法、スラリー法、スパッタリング法、化学蒸着法などが含まれる。

【0012】

イットリア安定化ジルコニア断熱被膜 10 の堆積を実施する好ましい方法は、EB-PVD である。この方法を行うとき、基体 14 を被覆チャンバに配置し、華氏 1700 度から華氏 2000 度の範囲の温度まで加熱する。被覆チャンバは、0.1 ミリトルから 1.0 ミリトルの範囲の圧力に維持される。供給原料の供給速度は、0.2 インチ/時から 1.5 インチ/時である。被覆時間は、20 分～120 分までの範囲内であってよい。

【0013】

堆積された被膜 10 は、3.0 ミル～50 ミルまで、好ましくは 5.0 ミル～15 ミルまでの厚さであり得る。堆積された被膜 10 のイットリア含有量は、4.0 重量%～25 重量%、好ましくは 6.0 重量%～9.0 重量%の範囲内である。堆積された被膜 10 は、4.0 重量%～25 重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる。より好ましい実施形態においては、堆積された被膜 10 は、6.0 重量%～9.0 重量%のイットリアと、ジルコニア及び不可避免的不純物から残部とからなる。

10

【0014】

イットリア安定化被膜 10 を堆積した後、熔融ケイ酸塩の耐性外層 20 を被膜 10 の上に形成する。外層 20 は、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、インジウム、ジルコニウム、ハフニウム、チタン、およびそれらの混合物からなる群から選択される成分の酸化物から形成することができる。あるいはまた、外層 20 は酸化ガドリニウム安定化ジルコニアであってよい。さらに別の変形例においては、熔融ケイ酸塩の耐性外層 20 は、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択された少なくとも 1 つの成分の酸化物を安定化要素として有する、ジルコニア、ハフニアまたはチタニアをベースとする被膜でもよい。

20

【0015】

外層 20 を形成する材料は、前述の堆積法のいずれかを使用して堆積することができる。外層 20 が酸化ガドリニウム安定化ジルコニアから形成されている場合、外層は 25 重量%～99.9 重量%の酸化ガドリニウムを含有し、1.0 ミルから 50 ミルの範囲の厚さであってよい。好ましい実施形態においては、酸化ガドリニウムは、40 重量%～70 重量%の量で存在し、また、層 20 は、1.0 ミル～15 ミルの範囲の厚さである。必要に応じて、外層 20 は、25 重量%～99.9 重量%の酸化ガドリニウムと、ジルコニア及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料から作製することができる。またさらに、必要に応じて、外層 20 は、40 重量%～70 重量%の酸化ガドリニウムと、及び不可避免的不純物からなる残部とからなる材料から作製することができる。また、外層 20 は、ジルコニア、ハフニア、およびチタニアからなる群から選択される第 1 の成分と、ランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、プロメチウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、スカンジウム、およびインジウムからなる群から選択される少なくとも 1 つの成分の酸化物を安定化要素として有する第 2 の成分とから形成することもできる。

30

40

【0016】

本発明の二層式被膜系は、2 つの層 10, 20 の間に明確な界面がなくともよい。むしろ、2 つの層 10, 20 は、イットリア安定化ジルコニアリッチから酸化ガドリニウム安定化ジルコニアリッチへと勾配を形成するように相互に混合していてもよい。

【0017】

本発明の外層 20 は、熔融した砂の堆積物と反応して、アパタイト型酸化物やガーネッ

50

トの障壁相 ( barrier phase ) を形成し、さらなる侵入に抵抗する。酸化ガドリニウム層 20 は、所望の障壁相を形成するのに十分な厚さを有することになる。

【 0018 】

図 2 A ~ 図 2 C は、熔融ケイ酸塩材料の、7 重量 % のイットリア安定化ジルコニアの単一層を有する断熱被膜内への侵入を例示している。図 2 B は、華氏 2200 度に 15 分間さらされた後の侵入を示している。図 2 C は、華氏 2200 度の温度における 5 分間のサイクルを 3 回経た後の侵入を示している。図 3 A ~ 図 3 C は、熔融ケイ酸塩材料の、59 重量 % の酸化ガドリニウム安定化ジルコニアを有する断熱被膜系内への侵入を例示している。図 3 B は、華氏 2200 度に 15 分間さらされた後の侵入を示している。図 3 C は、華氏 2200 度の温度における 5 分間のサイクルを 3 回経た後の侵入を示している。本発明による 59 重量 % の酸化ガドリニウム安定化ジルコニアの外層によって侵入が軽減されることが容易に明らかとなっている。

10

【 0019 】

本発明の被膜系は、熔融ケイ酸塩材料の侵入に対する耐性を有する、有利な断熱被膜系である。この被膜系は、砂を原因とするタービンエアフォイルの疲労が生じる環境における耐久性を向上させる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0020 】

【 図 1 】 本発明の被膜系を有するタービンエンジン部品の概略図である。

【 図 2 A 】 熔融ケイ酸塩材料が従来の断熱被膜内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

20

【 図 2 B 】 熔融ケイ酸塩材料が従来の断熱被膜内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

【 図 2 C 】 熔融ケイ酸塩材料が従来の断熱被膜内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

【 図 3 A 】 熔融ケイ酸塩材料が本発明による断熱被膜系内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

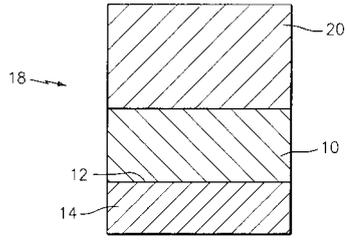
【 図 3 B 】 熔融ケイ酸塩材料が本発明による断熱被膜系内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

【 図 3 C 】 熔融ケイ酸塩材料が本発明による断熱被膜系内に侵入した様子を示す顕微鏡写真である。

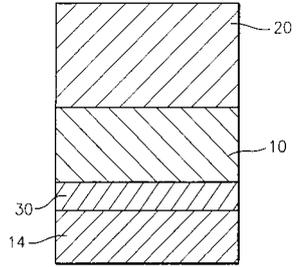
30

【 図 4 】 本発明による被膜系の代替的な実施形態を有するタービンエンジン部品の概略図である。

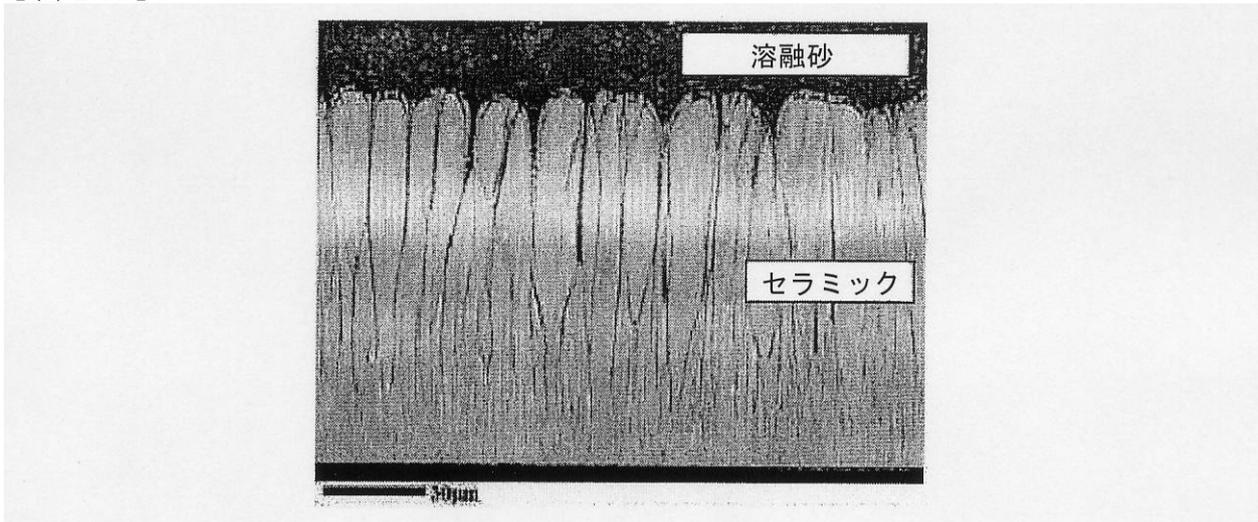
【 図 1 】



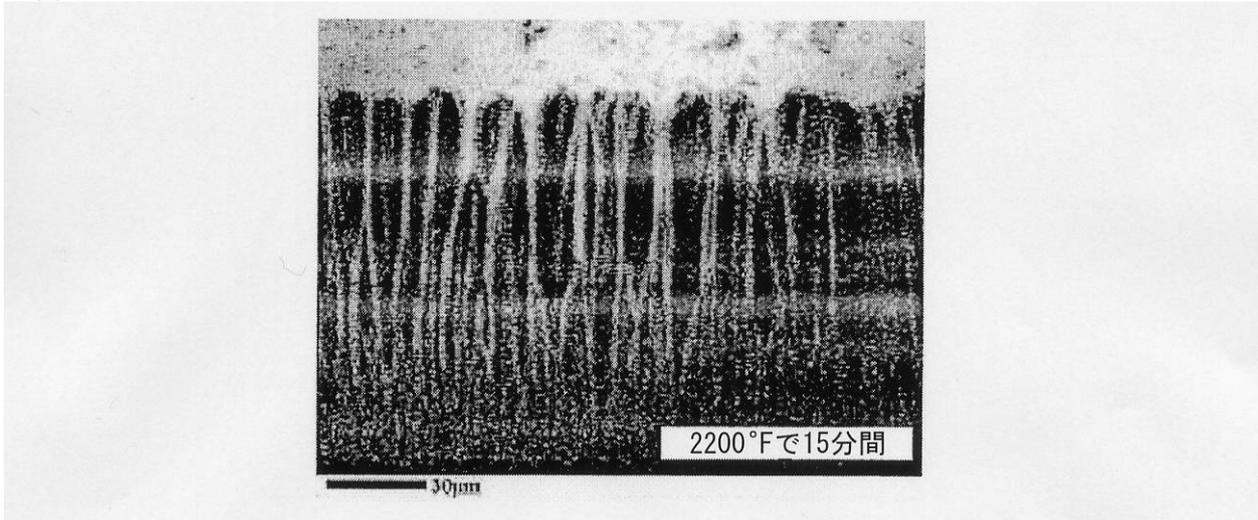
【 図 4 】



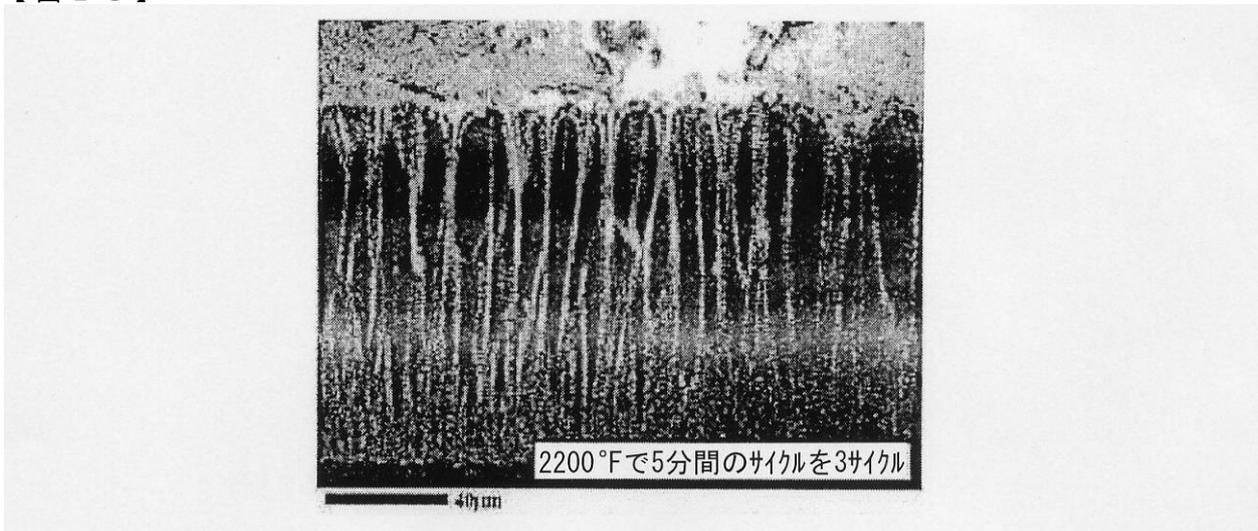
【 図 2 A 】



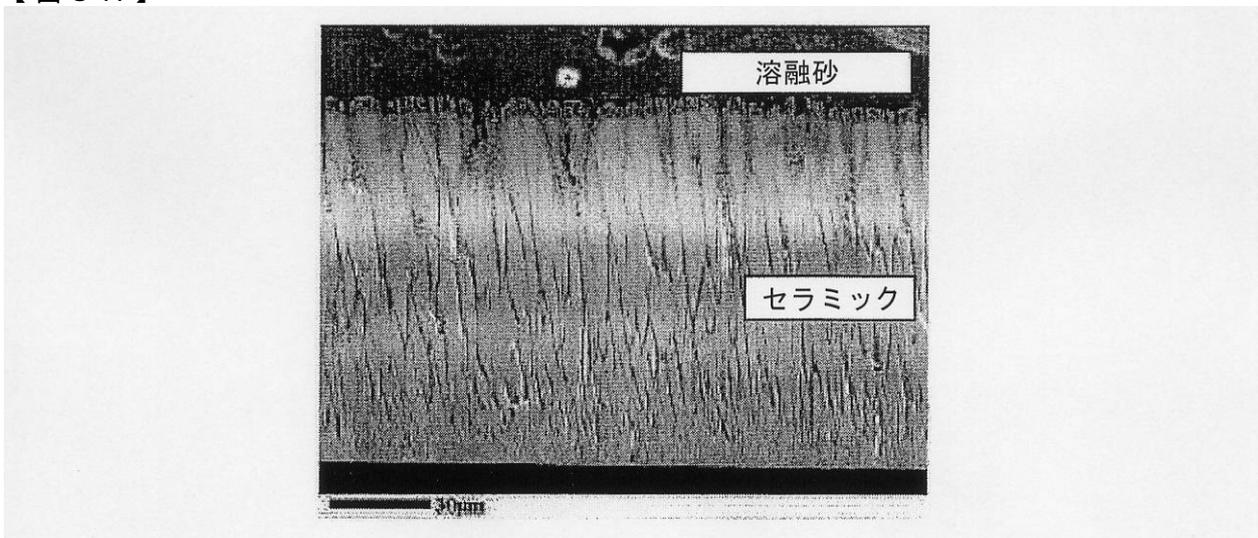
【 図 2 B 】



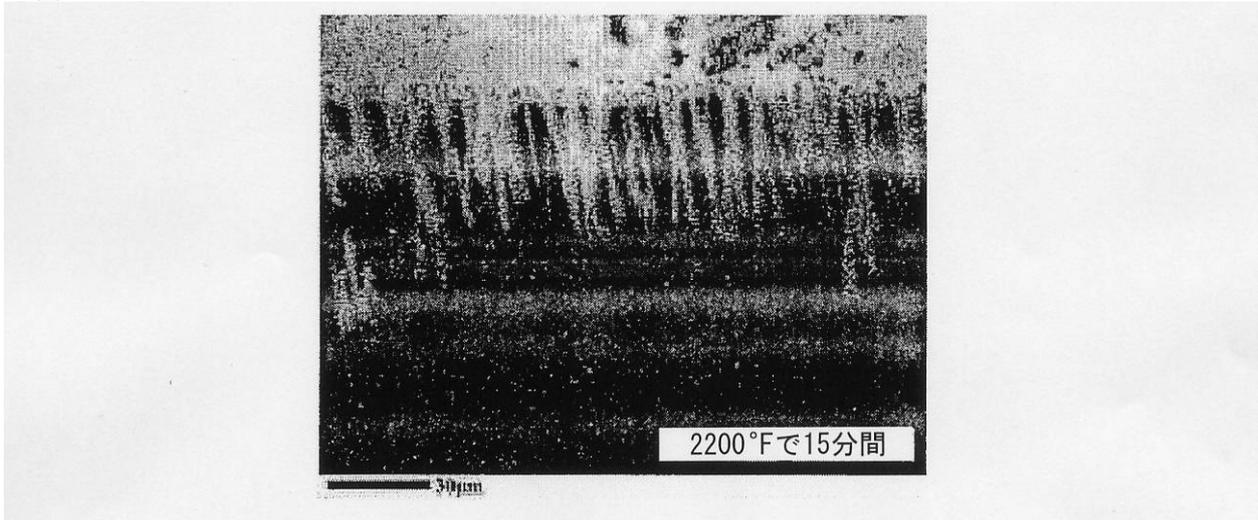
【 図 2 C 】



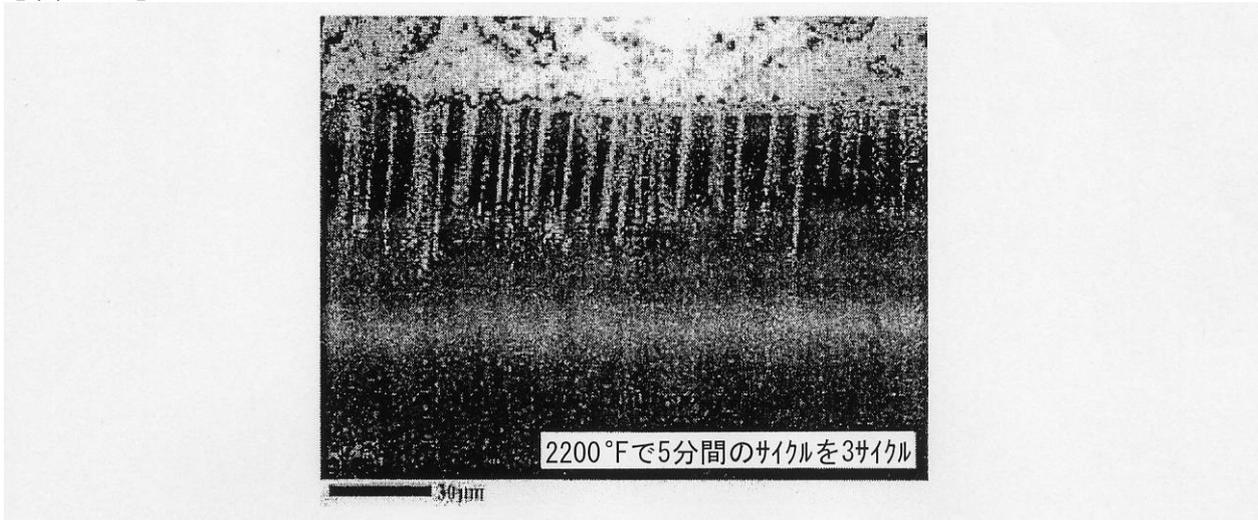
【 図 3 A 】



【図 3 B】



【図 3 C】



## フロントページの続き

- (72)発明者 マイケル ジェイ・マーロニー  
アメリカ合衆国, コネチカット, モールバラ, エドストロム ロード 129
- (72)発明者 デービット エー・リットン  
アメリカ合衆国, コネチカット, ロッキー ヒル, ロビンソン ロード 5 ビー
- (72)発明者 メルビン フレーリング  
アメリカ合衆国, コネチカット, ウエスト ハートフォード, オールド ミードウ ロード 40
- (72)発明者 ジョン ジー・スメグイル  
アメリカ合衆国, コネチカット, シムズベリー, トールゲート レーン 12
- (72)発明者 デービット ビー・スノー  
アメリカ合衆国, コネチカット, グラストンベリー, フォレスト レーン 367

F ターム(参考) 3G002 EA04 EA05 EA07 EA08

4F100 AA32D AB01B AB09D AB10B AB12A AB12D AB15A AB16A AB19C AB19D  
AB20A AB24B AB31A AT00A BA04 BA07 BA10A BA10D CC00B EH46  
GB31 JK09 JL00  
4K044 AA06 BA02 BA06 BA08 BA10 BA12 BA14 BB03 BB04 BC02  
BC11 CA11 CA12 CA13 CA14 CA53 CA59