

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6821431号
(P6821431)

(45) 発行日 令和3年1月27日 (2021.1.27)

(24) 登録日 令和3年1月8日 (2021.1.8)

(51) Int. Cl.	F I	
CO4B 41/90 (2006.01)	CO4B 41/90	Z
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28	
FO1D 9/04 (2006.01)	FO1D 9/04	
FO1D 25/00 (2006.01)	FO1D 25/00	L
FO2C 7/00 (2006.01)	FO1D 25/00	X
請求項の数 11 (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2016-526267 (P2016-526267)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成26年8月19日 (2014.8.19)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2016-538216 (P2016-538216A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公表日	平成28年12月8日 (2016.12.8)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/051574		番
(87) 国際公開番号	W02015/073082	(74) 代理人	100188558
(87) 国際公開日	平成27年5月21日 (2015.5.21)		弁理士 飯田 雅人
審査請求日	平成29年8月14日 (2017.8.14)	(74) 代理人	100154922
審査番号	不服2019-3008 (P2019-3008/J1)		弁理士 崔 允辰
審査請求日	平成31年3月5日 (2019.3.5)	(74) 代理人	100207158
(31) 優先権主張番号	14/068,693		弁理士 田中 研二
(32) 優先日	平成25年10月31日 (2013.10.31)	(74) 代理人	100137545
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 高温荷重下でのクリープ滑り耐性を向上させる加工表面を有するシリカ賦形物

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品であって、
 基材であって、炭化ケイ素、窒化ケイ素、ケイ化物及び／又はケイ素を強化相及び／又はマトリックス相として含む基材と、
 基材上に設けられたボンドコートであって、(i) 元素態ケイ素、(ii) 1以上の追加のセラミック相とケイ素、並びに／或いは(iii) 1種以上のケイ素合金又はケイ素化合物を含む材料で形成されているボンドコートと、
 ボンドコートの表面上に設けられた1以上の外側層であって、稀土類ケイ酸塩及び／又はアルミノケイ酸塩を含む1以上の外側層と、
 ボンドコートの表面上に設けられ、ボンドコートと1以上の外側層との間でそれらと接する構成層と
 を含んでおり、構成層がボンドコートの構成成分によって形成されていて物品の作動環境でクリープを受け易く、ボンドコートが、1以上の外側層に形成された複数の溝部と係合する複数の隆条部と複数の溝部とを画成していて、1以上の外側層を構成層を介してボンドコートと物理的に係合せしめ、隆条部が50～200 μmの高さ、250～1000 μmの波長、0.2～0.8の各隆条部の幅と隆条部の波長との比を有し、構成層の厚さが4～40 μmである、物品。

【請求項 2】

隆条部が75～125 μmの高さを有する、請求項1記載の物品。

【請求項 3】

ボンドコートが元素態ケイ素からなる、請求項 1 又は請求項 2 記載の物品。

【請求項 4】

ボンドコートが、炭化ケイ素及び窒化ケイ素からなる群から選択される 1 以上の追加のセラミック相とケイ素から基本的になる、請求項 1 又は請求項 2 記載の物品。

【請求項 5】

アルミノケイ酸塩が、ムライト及びノ又はアルカリ土類アルミノケイ酸塩を含む、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 6】

アルカリ土類アルミノケイ酸塩が BSAS ($\text{barium-strontium aluminosilicate}$ (バリウムストロンチウムアルミノケイ酸塩)) を含む、請求項 5 記載の物品。

【請求項 7】

基材が、炭化ケイ素を強化相及びノ又はマトリックス相として含むセラミックマトリックス複合材料である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 8】

ケイ化物が、高融点金属ケイ化物又は遷移金属ケイ化物である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 9】

構成層が、非晶質シリカ又は結晶質シリカ又はそれらの混合物を含む、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 10】

物品がタービンエンジンの回転部品であって、隆条部が、物品の回転時に物品に加わる剪断荷重と実質的に直角をなす方向に延在している、請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 11】

構成層の厚さが、剪断荷重の加わる方向に関して、前縁厚から後縁厚まで変化する、請求項 10 記載の物品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、一般に、タービンエンジンの苛酷な熱環境のような高温環境に暴露される部品を保護するのに適した皮膜系及びコーティング法に関する。特に、本技術は、部品のケイ素含有領域上の耐環境皮膜 (EBC)、並びに昇温下で剪断荷重に付されたときの EBC のクリープ変位を防ぐためのケイ素含有領域での表面特徴部の導入に関する。

【背景技術】

【0002】

タービンエンジンに関しては、その効率を向上させるため作動温度を高めることが絶えず求められている。鉄基、ニッケル基及びコバルト基超合金の処方によって高温性能は大幅な進展を遂げてきたが、代替材料の研究が進められている。現在、燃焼器ライナ、ベーン、シュラウド、ブレードその他タービンエンジンの高温セクションの部品のような高温用途について、セラミック複合材料が検討されている。セラミック複合材料の幾つかの具体例として、ケイ素系複合材、例えば、ケイ素、炭化ケイ素 (SiC)、窒化ケイ素 (Si_3N_4) 及びノ又はケイ化物が、強化相及びノ又はマトリックス相として機能する複合材料が挙げられる。

【0003】

多くの高温用途で、 Si 含有材料には保護皮膜が有益であるか或いは必要とされる。かかる皮膜は、含水環境下での Si 含有材料の劣化、つまり揮発性水酸化ケイ素 (例えば $\text{Si}(\text{OH})_4$) 生成物の形成に関する主要な機構を阻害することによって、環境保護をもたらす。このような機能をもつ皮膜系を、以下、耐環境皮膜 (EBC) 系と呼ぶ。皮膜材

10

20

30

40

50

料に望まれる性質として、S i 含有基材材料と適合する熱膨張率 (C T E)、酸化性物質に対する低い透過性、低い熱伝導率、安定性及び S i 含有材料との化学適合性が挙げられる。

【 0 0 0 4 】

ケイ素含有ボンドコートのケイ素分は、高温で酸素と反応して主に非晶質シリカ (S i O₂) スケールを形成するが、酸化生成物の一部は、結晶質シリカ又はボンドコート及び / 又は E B C の他の構成成分の酸化物となることがある。非晶質シリカ生成物は、低い酸素透過性を示す。その結果、ケイ素含有ボンドコートと共に、ボンドコート上で熱成長するシリカ生成物が保護障壁層を形成することができる。

【 0 0 0 5 】

供用時にケイ素含有ボンドコート上に形成される非晶質シリカ生成物は比較的低粘度であり、そのため剪断荷重下でのクリープ速度が高い。タービンエンジンのブレード (バケット) のような可動部分の高速回転に起因する g 力 (例えば約 1 0 0 0 0 ~ 約 1 0 0 0 0 0 g) によって、高い剪断荷重 (例えば約 0 . 1 ~ 1 0 M P a) が加わる可能性がある。かかる剪断荷重は、ボンドコート及び基材に対する E B C のクリープ変位を生じて、多大な E B C 損傷とその下の基材に対する E B C 保護の損失をもたらすおそれがある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 1 4 / 0 9 2 9 1 6 号

【 発明の概要 】

【 0 0 0 7 】

本技術は、ケイ素含有材料が強化相及び / 又はマトリックス相として機能するセラミックマトリックス複合材 (C M C) のようなケイ素含有材料で形成される物品上の耐環境皮膜 (E B C) 系及びその製造方法を提供する。E B C 系及び方法は、タービンエンジンの苛酷な熱環境を始めとする高温に暴露されるケイ素含有物品の保護に特に適している。

【 0 0 0 8 】

本技術の一実施例では、物品は、ケイ素含有領域と、ケイ素含有領域の表面上に設けられた 1 以上の外側層と、ケイ素含有領域の表面上に設けられ、ケイ素含有領域と 1 以上の外側層との間でそれらと接する構成層 (すなわち、熱成長酸化物 (T G O) 層) とを含んでおり、構成層は、ケイ素含有領域の構成成分によって少なくとも部分的に形成されていて物品の作動環境でクリープを受け易く、ボンドコート及び / 又は基材は、ケイ素含有領域に形成された複数の溝部と係合する複数の隆条部と複数の溝部とを画成していて、1 以上の外側層を構成層を介してケイ素含有領域と物理的に係合させる。

【 0 0 0 9 】

ケイ素含有領域を、耐環境皮膜系の最初の層と係合させることによって、構成層、例えば、ケイ素含有領域又は層上で熱成長するシリカ層のクリープに起因する E B C の変位が実質的に阻害され、もって耐環境皮膜系の構造的健全性及び高温用途で物品を保護する能力を促進する。本技術は、公知の耐環境皮膜材料で使用することができ、係合特徴部は様々な方法を用いて生じさせることができる。

【 0 0 1 0 】

本技術の上記その他の特徴、態様及び利点は、以下の詳細な説明は、添付の図面を参照して読めば、よりよく理解されるであろう。図面の全体にわたって、同種の文字は同種の部を表す。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 本技術の皮膜及び本技術の方法で被覆し得る物品又は部品の概略図である。

【 図 2 】 本技術の実施例に係る皮膜を含む図 1 の物品又は部品の部分概略図である。

【 図 3 】 本技術の一実施例に係る物品又は部品のボンドコートの加工表面の第 1 の状態における概略図である。

10

20

30

40

50

【図 4】図 3 の加工表面の第 2 の状態における概略図である。

【図 5】図 3 の加工表面の第 3 の状態における概略図である。

【図 6】本技術の別の実施例に係る物品又は部品のボンドコート加工表面の概略図である。

【図 7】本技術の別の実施例に係る物品又は部品のボンドコート加工表面の概略図である。

【図 8】本技術の一実施例に係る物品又は部品の皮膜の熱成長酸化物層の厚さを表す図である。

【図 9】本技術の一実施例に係る物品又は部品の基材の加工表面の概略図である。

【図 10】24000 時間にわたる種々の温度での大クリープ変位を抑制するのに必要とされるボンドコートの表面特徴部の振幅及び波長を表す図である。

【図 11】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 12】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 13】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 14】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 15】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 16】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 17】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 18】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 19】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 20】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 21】本技術に係る加工表面の写真である。

【図 22】本技術に係る加工表面の写真である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本技術は、概して、比較的高い温度、応力及び酸化によって特徴付けられる環境中で作動する部品に適用可能である。かかる部品の顕著な例として、タービンエンジンの高圧及び低圧タービンペーン（ノズル）及びブレード（バケット）、シュラウド、燃焼器ライナ、オーグメントハードウェアその他の高温セクション部品が挙げられるが、本技術は他の部品にも適用される。

【0013】

図 1 及び図 2 を参照して、物品又は部品 2、例えばタービンバケット又はブレードが、耐環境皮膜（EBC）系 22 を備えて、高温の、化学的に反応性の環境中で作動する場合に、物品又は部品は保護され得る。部品 2 は、プラットフォーム 6 から延在する基材 4、例えば翼型部を備えてよい。プラットフォーム 6 は、ローターのような回転要素（不図示）に部品を取り付けて固定するように構成される取付固定構造 8 を備えてよい。基材 4 は、ケイ素含有領域を備えてよい。ケイ素含有材料の例として、炭化ケイ素、窒化ケイ素、ケイ化物（例えば、限定されないが、例えば Mo、Nb 又は W ケイ化物が挙げられる高融点金属又は遷移金属ケイ化物）及びノ又はケイ素を、マトリックス相又は第 2 の相として有するものが挙げられる。更なる例として、炭化ケイ素を、強化相及びノ又はマトリックス相として含有するセラミックマトリックス複合材（CMC）が挙げられる。

【0014】

図 2 の EBC 系 22 は、様々な EBC 系の 1 つを表し、基材 4 の表面に直接適用されることが示される。ケイ素含有ボンドコートが、例えば、米国特許第 6299988 号明細書に開示されている。ボンドコート 10 はさらに、基材 4 に第 1 の EBC 層 14 を、そして場合によっては EBC 系 22 の 1 以上の更なる層 16、18、20 を結合させることが表される。EBC 系 22 は、基礎をなす基材 4 に環境保護を提供する。EBC 系 22 はまた、部品 2 の作動温度を下げることができ、これによって、部品 2 は、普通の作動可能温度よりも高いガス温度で作動することが可能となる。図 2 は、部品 2 がケイ素含有ボンドコート 10 を備えることを表し、この場合、第 1 の EBC 層 14 は、ボンドコート 10 に

よって形成されるケイ素含有表面領域の上に直接堆積する。本技術はまた、本明細書中に記載されるボンドコート10を備えない部品2にも適用可能であり、この場合、第1のEBC層14は、基材4によって形成されるケイ素含有表面領域の上に直接堆積し得る。以下でより詳細に記載される構成層12又は構成層12の一部が、第1のEBC層14の適用に先立って存在してよいと理解されるべきである。

【0015】

燃焼環境におけるケイ素含有材料の分解は、水蒸気との反応をもたらし、揮発性の水酸化ケイ素（例えば、 $\text{Si}(\text{OH})_4$ ）生成物を形成する。EBC系22は、ボンドコート10及び/又は基材4の、水蒸気との化学反応による後退（*recession*）に耐えるように、部品2の作動温度を下げるような温度勾配を提供するように又は双方を達成するように機能し得る。本技術で使用し得る適切なEBC系は、限定されないが、例えば、米国特許第6296941号明細書及び米国特許第6410148号明細書に開示されるものが挙げられる。EBC系22は、シーリング、反応バリア、後退耐性及び/又は遮熱の多数の機能を実行し得る。

【0016】

上記したように、ボンドコート10及び基材4はそれぞれ、ケイ素含有部品2の表面領域を画成し得る。例えば、ボンドコート10は、元素態ケイ素を含んでよく又は元素態ケイ素から本質的になってよい。或いはまた、ボンドコート10は、炭化ケイ素、窒化ケイ素、金属ケイ化物、元素態ケイ素、ケイ素合金又はそれらの混合物を含有してよい。ボンドコート10はさらに、酸化物相（シリカ、稀土類ケイ酸塩、稀土類アルミノケイ酸塩及び/又はアルカリ土類アルミノケイ酸塩等）を含有してよい。ケイ素含有組成物をボンドコート10に用いると、基材4の酸化耐性が向上し、かつ基材4と第1のEBC層14との結合が高まる。ボンドコート10のケイ素は、酸素と高温で反応して、大部分が非晶質シリカ（ SiO_2 ）の構成層12を表面上に熱成長させる（図2に概略的に表される）。得られる非晶質シリカの熱成長酸化物は、低い酸素透過性を示す。結果として、ケイ素含有ボンドコート10と共に、構成層12は、ボンドコート10及び基材4中への酸素の透過を阻止することができる。構成層12の成長中に、一部の非晶質シリカが、結晶質シリカに結晶化し、追加の不純物元素及び第2の相が、その中に組み込まれ得る。

【0017】

ケイ素含有ボンドコート10がない場合、EBC系22の第1の層14は、基材4によって画成される部品2のケイ素含有表面領域上に直接堆積され、この場合、基材4は、酸素と高温で反応して、先に記載されるシリカリッチ構成層12を形成するのに、ケイ素含有量が十分である組成を有するように形成される。さらに、基材4の組成に応じて、この層は、大部分が非晶質シリカ生成物、シリカリッチガラス又は相の少なくとも1つがシリカリッチである多相混合物であってよい。便宜上、残りの開示は、ボンドコート10を備える実施形態（図2に表される）に言及することとするが、当該開示は、基材4の表面上に形成される構成層12に等しく当てはまると理解されるべきである。

【0018】

高温サービスの間に、ケイ素含有ボンドコート10又は別のケイ素含有表面領域（基材4等）上に形成される構成層12は、用途に応じて、最大約50 μm 以上の厚さに成長し得る。構成層12は、粘性が比較的低くなり、そのため部品（タービンエンジンのブレード（バケット）等）の回転時に生じるg力によって課され得る剪断荷重 下のクリープ速度が高くなり得る。構成層12のクリープの結果として、基材4に対する、オーバーレイEBC系22の変位が、約1315（約2400 $^{\circ}\text{F}$ ）での25000時間のサービスにわたって、100mmを上回り得る。かかる大きなクリープ変位は、EBC系22に対する重度の損傷及び基礎をなす基材4の環境保護の直接的ロスをもたらし得る。

【0019】

図3～図7を参照して、ケイ素含有ボンドコート10上に（又は、ボンドコート10がない場合、基材4の表面上に）形成される構成層12のクリープは、ボンドコート10の表面上、構成層12のクリープを軽減するように構成される表面又は特徴部24を提供す

10

20

30

40

50

ることによって、阻害され得る。図 3 に示されるように、表面特徴部は、本願出願人による係属中の米国出願 [代理人整理番号 2 6 5 0 2 8 - 1] (表題「METHODS OF MANUFACTURING SILICA-FORMING ARTICLES HAVING ENGINEERED SURFACES TO ENHANCE RESISTANCE TO CREEP SLIDING UNDER HIGH-TEMPERATURE LOADING」) (その開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。) に記載されるプロセスによって形成される隆条部 2 4 の形態をとってよい。各隆条部 2 4 は、E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 と隆条部 2 4 との間に前縁溝部 2 8 を形成する前縁 2 6 を備えてよい。用語「前」及び「後」は、例えば物品 2 の回転によって、剪断荷重 が E B C 系 2 2 に加わり得る方向に対する、エッジの相対的な関係を記載するための例示を目的としているだけであると理解されるべきである。

【 0 0 2 0 】

10

各隆条部 2 4 はまた、E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 と隆条部 2 4 との間に後縁溝部 3 2 を画成する後縁 3 4 を備えてよい。各隆条部 2 4 はさらに、隆条部 2 4 と E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 との間に溝部 3 0 を画成する上縁 4 4 を備えてよい。用語「トップ」の使用は、例示を目的としているだけであり、基材 4 又は部品もしくは物品 2 に対するエッジ 4 4 の特定の任意の向きを意味することが意図されないと理解されるべきである。

【 0 0 2 1 】

構成層 1 2 の形成又は成長により、ボンドコート 1 0 と E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 との間に溝部 4 8 が形成される。溝部 4 8 は、隆条部 2 4 の前縁 2 6 及び後縁 3 4 と、E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 との間にそれぞれ形成される前縁溝部 2 8 及び後縁溝部 3 2 を備えてよい。溝部 4 8 はさらに、前縁溝部 2 8 から後縁溝部 3 2 に延在する接続溝部 3 0 を備えてよく、これは、隆条部 2 4 の上縁 4 4 と E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 との間に画成される。

20

【 0 0 2 2 】

図 4 に示されるように、例えば部品 2 の回転により、物品 2 に剪断荷重 が加わると、非晶質シリカ生成物、シリカリッチガラス又は相の 1 つがシリカリッチガラスである多相混合物であってよい構成層 1 2 の粘性剪断 (*viscous shear*) が生じ得る。構成層 1 2 の粘性剪断は、溝部 4 8、2 8、3 0、3 2 に沿う構成層 1 2 の流及び隆条部 2 4 の前縁 2 6 の酸化促進をもたらす。ガスタービンにおける部品の継続的な作動 (すなわち回転) により、構成層 1 2 の継続的な成長、前縁 2 6 から溝部 4 8、2 8、3 0、3 2 を通る酸化物の粘性剪断及び流、並びにボンドコート 1 0 の隆条部 2 4 の前縁 2 6 の酸化がもたらされる。図 5 に示されるように、隆条部 2 4 の酸化前縁 5 0 及び E B C 系 2 2 の第 1 の層 1 4 は、作動後にほぼ接触し、かつ溝部を狭めて、E B C 系 2 2 のクリープを制限し得る。

30

【 0 0 2 3 】

図 6 を参照して、ボンドコート 1 0 の隆条部 2 4 は、高さ又は振幅 H 及び波長 L を有し得る。1 つの隆条部のみが図 6 に示されているが、図 9 を参照して、ボンドコート 1 0 は、回転 / 加速の軸と実質的に直角をなす方向に高さ H 及び波長 L の隆条部 2 4 を備えて、ボンドコート 1 0 及び / 又は基材 4 を覆う E B C 系 2 2 のクリープ滑りを軽減し得ると理解されるべきである。さらに議論されるように、隆条部の寸法は、スピニング部品についてサービスインターバル (例えば 2 5 0 0 0 時間) を完了するのに必要とされる十分な滑り耐性を提供するように決定される。

40

【 0 0 2 4 】

構成層 1 2 は、前縁厚 h_{lead} から後縁厚 h_{trail} に変化し得る厚さ h を有してよい。構成層 1 2 の厚さ h_{con} は、部品の使用中に変化することとなる。これは、ボンドコート 1 0 が、タービンの作動中に酸化し続けるからである。作動中の構成層 1 2 の流は、分析モデル又は有限要素分析 (F E A) を用いてモデル化され得る。モデルにおいて、力の平衡が、加わった剪断応力に対する溝部圧力に関連し、ポアズイコ流が、溝部圧力に対する溝部流速に関連する。容量保存の原則が、E B C 系 2 2 のスライド速度に対する溝部流速に関連する。これらの原則が、スライド速度と加わった剪断応力との関係を提供する。

【 0 0 2 5 】

50

モデルの結果が図 8 に示されており、示される条件及び $\tau = 0.25 \text{ MPa}$ の剪断応力について、構成層 12 の前縁厚 h_{lead} 及び後縁厚 h_{trail} 、並びに、EBC 系 22 の得られる滑り変位 s (μm) を表す。図 8 に示されるように、EBC 系 22 の滑り変位 s は、 SiO_2 クリープ速度の制限に対立するものとしての酸化速度の制限となり、滑りは、隆条部壁上の酸化物厚について約半分の差異で密接に追跡している。図 10 に示されるように、構成層上の剪断の結果としての EBC 系のクリープは、最小の要件を満たすような表面特徴部 24 の振幅及び波長の双方を必要とする。

【0026】

図 9 を参照して、ボンドコート 10 (又は基材) の加工表面は、複数の隆条部 24 を備えてよく、これらは、剪断荷重 τ の方向と実質的に直角をなして提供される。隆条部 24 は波長 L 及び幅 W を有し、これらが W/L の τ を画成する。 τ は、約 $0.1 \sim 0.9$ 、例えば約 $0.2 \sim 0.8$ 、例えば約 $0.4 \sim 0.6$ であってよい。隆条部 24 は、断面が略正方形であり、かつ剪断荷重方向と実質的に直角をなして (すなわち、実質的に翼弦方向に) 延在するように示されているが、加工表面 (すなわち隆条部 24) は、他の断面形状、例えば矩形、台形又はあらゆる略正弦波形状もしくは波打った形状の構成を有してよいと理解されるべきである。実施例は、剪断応力と直角をなす特徴部 24 を示すが、特徴部は、剪断荷重方向に対してある角度をなして、例えば剪断荷重方向に対して最大約 45° の角度をなして、提供されてよい。加工表面は、周期的かつ連続的であるように示されているが、表面は、非周期的かつ/又は非連続的であってよいことも理解されるべきである。さらに、加工表面は、最大 45° であってよい交差表面のセット (例えばダイヤモンド形状) として提供されてよいと理解されるべきである。

【0027】

図 3 ~ 図 7 及び図 9 は、本技術に係る加工表面を概略的に示す。図 11 ~ 図 22 は、本願出願人による係属中の米国出願 [代理人整理番号 265028-1] (表題「METHODS OF MANUFACTURING SILICA-FORMING ARTICLES HAVING ENGINEERED SURFACES TO ENHANCE RESISTANCE TO CREEP SLIDING UNDER HIGH-TEMPERATURE LOADING」) (その開示内容は援用によって本明細書の内容の一部をなす。) に開示されるプロセスに従って形成される、本技術に係る実際の加工表面を示す。

【0028】

隆条部 24 は、高さが約 $10 \sim 250 \mu\text{m}$ 、例えば約 $50 \sim 200 \mu\text{m}$ 、例えば約 $75 \sim 1250 \mu\text{m}$ 、例えば約 $100 \mu\text{m}$ であってよいが、寸法は、構成層 12 の最大予想厚及び特定の用途と関連する他の要因によって決まってよい。隆条部 24 は、波長 L が、約 $20 \sim 10000 \mu\text{m}$ 、特に約 $50 \sim 2000 \mu\text{m}$ 、例えば約 $250 \sim 1000 \mu\text{m}$ であってよい。構成層厚 h_{con} は、約 $4 \sim 40 \mu\text{m}$ であってよい。

【0029】

先に記載されるような目的又は利点の全てが必ずしも、特定の任意の実施例に従って達成され得るわけではないと理解されるべきである。ゆえに、例えば、当業者であれば、本明細書中に教示又は示唆され得る他の目的又は利点を必ずしも達成せずとも、本明細書中に教示される 1 つの利点又は利点の群を達成又は最適化するようにして、本明細書中に記載される系及び技術が実現又は実行され得ると認識するであろう。

【0030】

本技術のある一定の特徴のみが本明細書中に示され、かつ記載されてきたが、多くの修正及び変更が当業者に思い浮かぶであろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、かかる全ての修正及び変更をカバーすることが意図されていると理解されるべきである。

【符号の説明】

【0031】

- 2 物品、部品
- 4 基材
- 6 プラットフォーム
- 8 取付固定構造

10

20

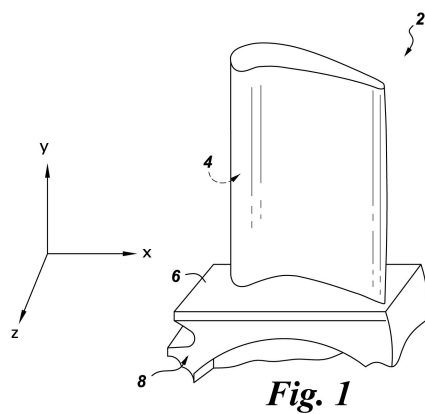
30

40

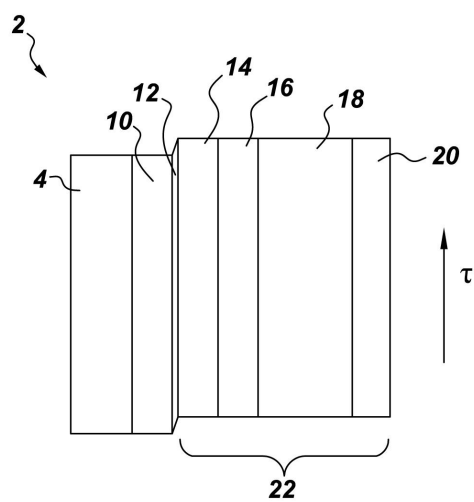
50

10 ボンドコート
 12 構成層
 14 第1のEBC層、第1の層
 16 層
 18 層
 20 層
 22 耐環境皮膜(EBC)系
 24 特徴部、隆条部
 26 前縁
 28 前縁溝部
 30 接続溝部
 32 後縁溝部
 34 後縁
 44 上縁
 48 溝部
 50 酸化前縁
 H 振幅、高さ
 h 厚さ
 h_{lead} 前縁厚
 h_{trail} 後縁厚
 h_{con} 構成層厚
 L 波長
 W 幅
 s 滑り変位
 剪断荷重

【図1】



【図2】



10

20

【図 3】

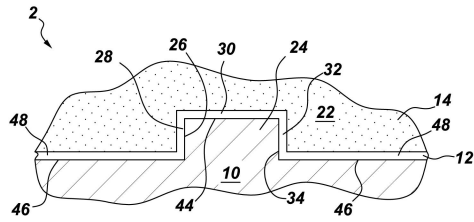


Fig. 3

【図 5】

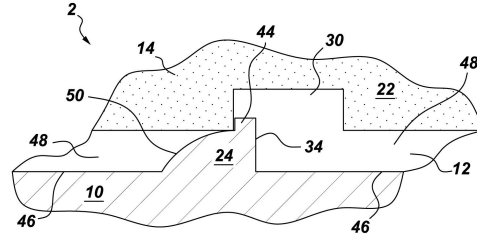


Fig. 5

【図 4】

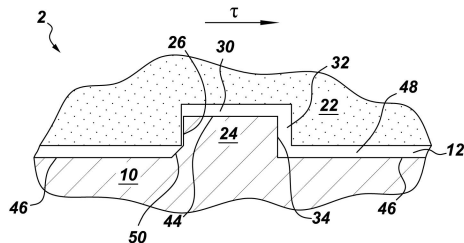


Fig. 4

【図 6】

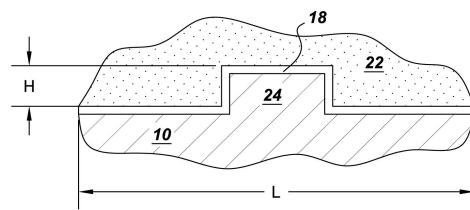


Fig. 6

【図 7】

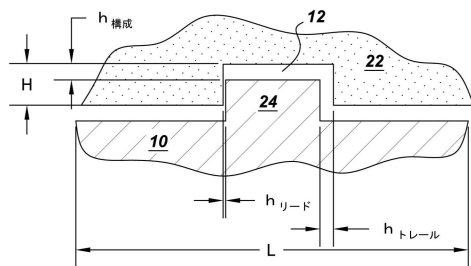


Fig. 7

【図 9】

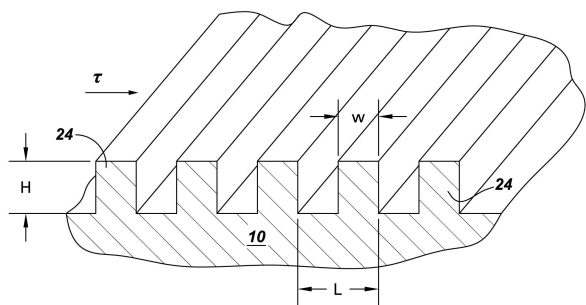


Fig. 9

【図 8】

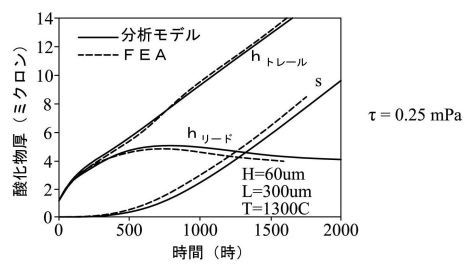


Fig. 8

【図 10】

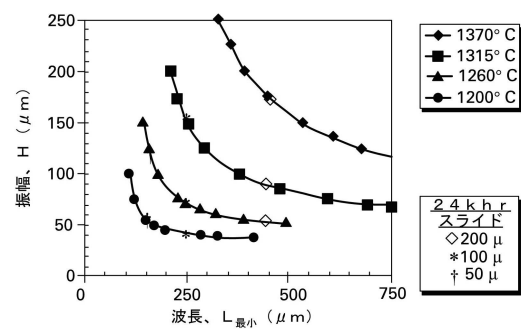
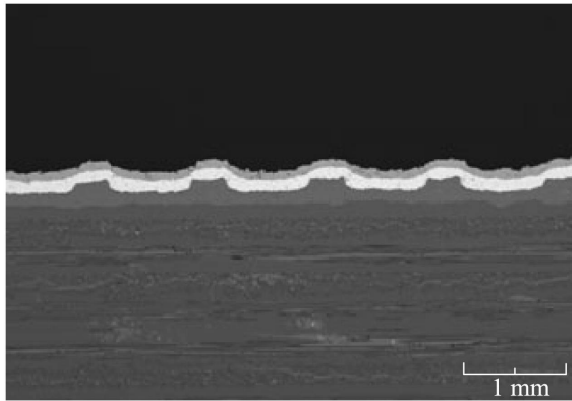
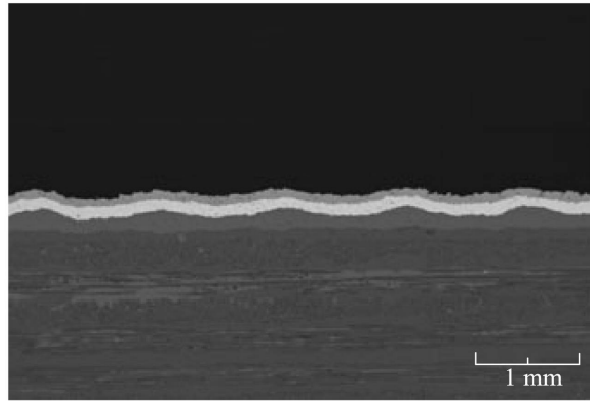


Fig. 10

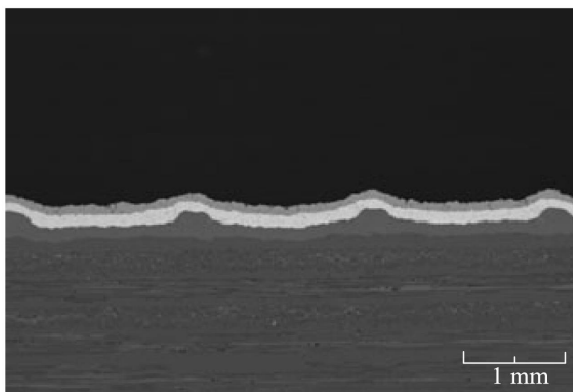
【図 1 1】

*Fig. 11*

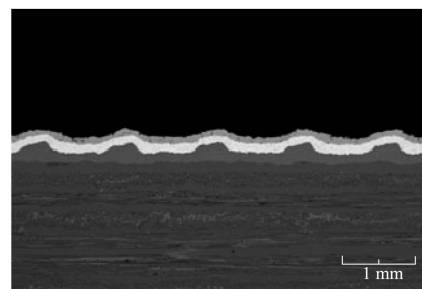
【図 1 2】

*Fig. 12*

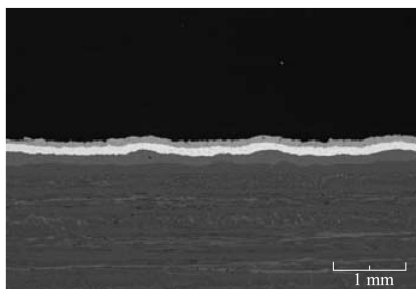
【図 1 3】

*Fig 13*

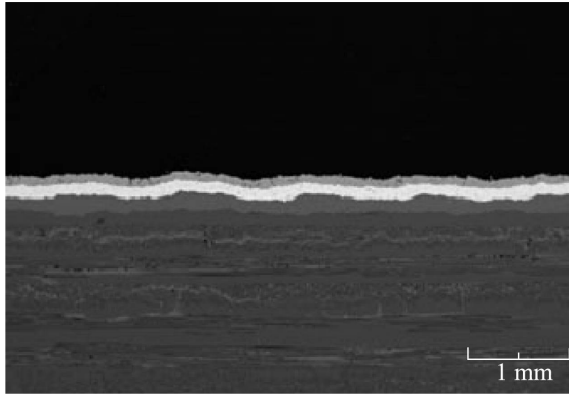
【図 1 5】

*Fig 15*

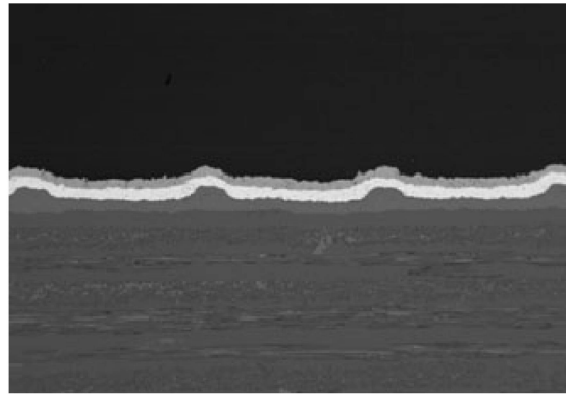
【図 1 4】

*Fig. 14*

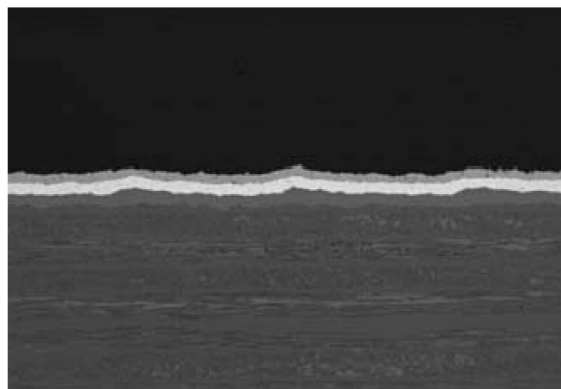
【図 16】

*Fig. 16*

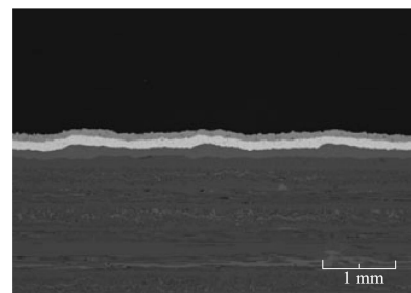
【図 17】

*Fig. 17*

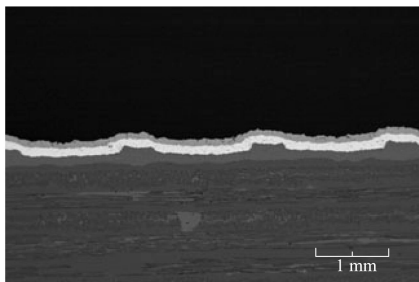
【図 18】

*Fig. 18*

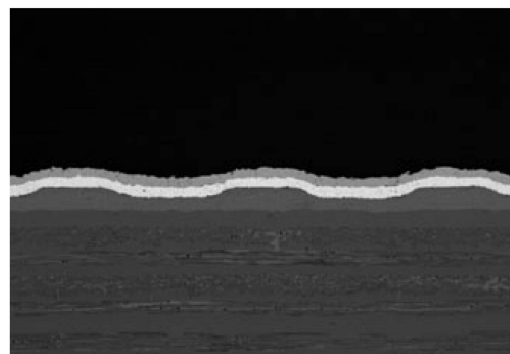
【図 20】

*Fig. 20*

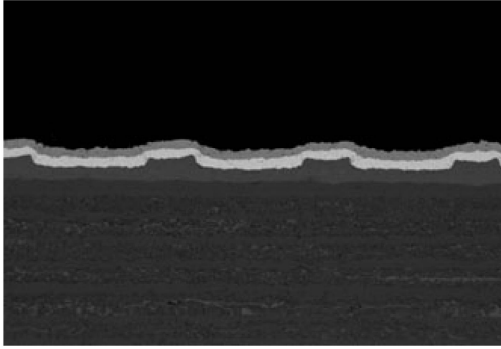
【図 19】

*Fig. 19*

【図 21】

*Fig 21*

【図 22】

*Fig. 22*

フロントページの続き

- (51)Int.Cl. F I
F 2 3 R 3/42 (2006.01) F 0 2 C 7/00 C
F 0 2 C 7/00 D
F 2 3 R 3/42 B
F 2 3 R 3/42 C
- (74)代理人 100113974
弁理士 田中 拓人
- (72)発明者 リプキン, ドン・マーク
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル
- (72)発明者 ジョンソン, カーティス・アラン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル
- (72)発明者 メシュター, ピーター・ジョエル
アメリカ合衆国、テネシー州・3 7 0 6 4、フランクリン、ウィンダーサークル、2 2 7 9 番
- (72)発明者 サンダラム, サイラム
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル
- (72)発明者 ワン, ジューリン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州・1 2 3 0 9、ニスカユナ、ワン・リサーチ・サークル

合議体

審判長 宮澤 尚之

審判官 金 公彦

審判官 後藤 政博

- (56)参考文献 特表2 0 1 3 - 5 1 6 5 5 2 (J P , A)
特開2 0 1 3 - 1 4 2 3 8 7 (J P , A)
特表2 0 0 2 - 5 1 1 8 3 4 (J P , A)
米国特許第6 2 9 6 9 4 1 (U S , B 1)
米国特許第6 4 1 0 1 4 8 (U S , B 1)
米国特許出願公開第2 0 1 5 / 0 1 1 8 4 4 4 (U S , A 1)
国際公開第2 0 1 2 / 1 2 2 3 7 3 (W O , A 2)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C04B 41/90

F01D 25/00

F01D 5/28

F01D 9/04

F23R 3/42