

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6412024号
(P6412024)

(45) 発行日 平成30年10月24日 (2018. 10. 24)

(24) 登録日 平成30年10月5日 (2018.10.5)

(51) Int. Cl.	F I	
CO4B 41/89 (2006.01)	CO4B 41/89	K
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00	C
F23R 3/42 (2006.01)	FO2C 7/00	D
FO1D 5/08 (2006.01)	F23R 3/42	A
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/08	

請求項の数 10 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-561557 (P2015-561557)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成26年3月4日 (2014.3.4)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2016-528131 (P2016-528131A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公表日	平成28年9月15日 (2016.9.15)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/020388		番
(87) 国際公開番号	W02014/138108	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成26年9月12日 (2014.9.12)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成29年2月24日 (2017.2.24)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	61/772, 675		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成25年3月5日 (2013.3.5)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温耐性セラミックマトリックス複合材及び耐環境保護コーティング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品であって、

SiC 繊維、SiC の多孔質マトリックス並びに該多孔質マトリックスの孔の少なくとも一部に溶融含浸されたケイ素及びホウ素を含むセラミック基板と、

ケイ素含有ボンドコートを含む耐環境保護コーティング系と、

セラミック基板とケイ素ボンドコートとの間の拡散バリア層と

を備えており、

拡散バリア層がセラミック基板と直接接しており、且つ、ケイ素含有ボンドコートが拡散バリア層と直接接しており、

拡散バリア層が、セラミック基板からケイ素含有ボンドコートへのホウ素及び不純物の拡散を防止又は低減する、物品。

【請求項 2】

前記マトリックスがケイ素と炭化ケイ素を含む、請求項 1 記載の物品。

【請求項 3】

セラミック基板の前記ケイ素が、ホウ素以外の不純物を合計 1 原子%未満の濃度でしか含まない、請求項 1 又は 2 記載の物品。

【請求項 4】

前記拡散バリア層が炭化ケイ素又は窒化ケイ素である、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 5】

前記拡散バリア層が $1 \mu\text{m} \sim 150 \mu\text{m}$ の厚さである、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】

前記耐環境保護コーティング系が、1 種以上の希土類ケイ酸塩をさらに含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の物品。

【請求項 7】

前記溶融含浸されたケイ素及びホウ素が、溶融含浸で前記基板に加えられる、請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載の物品。

【請求項 8】

前記溶融含浸されたケイ素が前記セラミック基板の 10% である、請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の物品。

【請求項 9】

前記物品がタービンエンジン部品である、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の物品。

【請求項 10】

前記耐環境保護コーティング系の上限温度が 2700°F である、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の物品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高温耐性セラミックマトリックス複合材及び耐環境保護コーティングに関する。

【背景技術】

【0002】

ガスタービンエンジンでは、それらの効率を改良するために、より高い動作温度が絶えず求められてきた。しかし、動作温度が高まると、それに応じてエンジンの部品の高温耐久性を高めなければならない。高温性能の著しい進歩は、鉄系、ニッケル系、及びコバルト系超合金の形成により達成されてきた。ガスタービンエンジン全体で、特により高温のセクションで、使用される部品への超合金の広範な使用が見られてきた一方で、より高い

【0003】

セラミックマトリックス複合材 (CMC) は、良好な選択肢を提示する部類の材料である。CMC は、耐火物繊維で作られセラミックマトリックスで高密度化された繊維補強材を含む。CMC は、航空宇宙産業での使用が広範に考慮されている。そのような複合材の一例は、Si-SiC マトリックスと SiC 繊維を含む SiC-SiC 複合材であり、マトリックスは、ケイ素溶融含浸により高密度化される。しかし、現行系の上限使用温度は、約 2400°F に制限されている。そのような複合材の温度限界をより高い温度に高めることが望まれている。

【0004】

高温エンジンセクションの過酷な環境から保護するために、CMC を耐環境保護コーティング (EBC) 及び/又は遮熱コーティング (TBC) で被覆することができる。耐環境保護コーティング (EBC) は、ケイ素含有材料、及び、高温水蒸気等の反応種による腐食を受け得る他の材料に適用される。EBC は、環境と材料表面の間の接触を妨げることにより保護をもたらす。ケイ素含有材料に適用される EBC は、例えば、高温水蒸気を含む環境で化学的に比較的安定するように設計される。遮熱コーティング (TBC) は、一方で、TBC の厚さ全体の温度勾配を維持することにより基板温度を低くするために一般的に使用される。幾つかの状況では、EBC は、TBC としても機能することができる。EBC 系は、典型的に、ケイ素元素又はケイ素合金を含むボンドコートを含む。

【0005】

10

20

30

40

50

基板のケイ素は、CMC及びEBC、よってCMC/EBC系の寿命を短くすることがあり、かつ温度性能を低くすることがある不純物を含有する。したがって、当該技術分野では、寿命が長くされ、温度性能が高められたCMCが必要とされている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第2013/183580号明細書

【発明の概要】

【0007】

本開示の態様は、CMC/EBC部品の寿命を長くし、温度性能を高める。本開示の発明者等は、改良されたCMC/EBC系を教示する。

10

【0008】

本開示の一態様は、高温で使用可能なセラミックマトリックス複合材であって、ケイ素を含むセラミック基板と、ケイ素を含むボンドコートを含む耐環境保護コーティングと、基板と耐環境保護コーティングのケイ素ボンドコートとの間にある炭化物又は窒化物の拡散バリア層とを備え、拡散バリア層が、基板から耐環境保護コーティング系のケイ素ボンドコートへのホウ素及び他の不要な不純物の拡散を選択的に防止又は低減する、セラミックマトリックス複合材である。

【0009】

一実施形態では、基板が、ケイ素溶融合浸により作られたSiC-SiCセラミックマトリックス複合材を含む。別の実施形態では、基板中のケイ素が高純度である。溶融合浸に用いられるケイ素は、意図的に添加され得又は混入物として進入し得る他の元素を含有してもよい。例えば、ホウ素は、溶融合浸に用いられるケイ素に意図的に添加される一方で、ケイ素の融解温度を低くする他の不純物（すなわち、ホウ素を除く）の濃度は、1%未満とすることができる。一実施形態では、化学蒸着によって、プラズマ溶射によって、又は電子ビーム物理蒸着（EB-PVD）によって、ボンドコートのケイ素が堆積される。一実施形態では、高温で使用可能なセラミックマトリックス複合材が、Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及び/又はLuを含む1種以上の希土類二ケイ酸塩（RE₂Si₂O₇）の少なくとも1つの層を有する耐環境保護コーティングをさらに含む。

20

30

【0010】

一実施形態では、拡散バリア層が炭化ケイ素又は窒化ケイ素であり、炭化ケイ素又は窒化ケイ素が、結晶質、非晶質又は混合物であり、基板を耐環境保護コーティングから分離する炭化ケイ素又は窒化ケイ素の層が約1µm~約150µmの厚さである。別の実施形態では、セラミックマトリックス複合材が最大約2550°Fの温度で使用可能であり、ボンドコートが最大約2570°Fの温度で使用可能である。

【0011】

一実施形態では、基板の熱膨張率と耐環境保護コーティングの熱膨張率との差が約20%以下である。別の実施形態では、基板がセラミックマトリックス複合材であり、ボンドコートが約10µm~約500µmの厚さを有し、拡散バリアの厚さが約1µm~約150µmである。

40

【0012】

一態様では、本開示は、高温で使用可能なタービンエンジン部品の製造方法に関するものであり、方法が、第1の熱膨張率を有するケイ素含有基板であって、ホウ素以外の不純物が実質的に除去されている基板を用意する工程と、部品の外面の少なくとも一部分に、耐環境保護コーティング系のボンドコートであって、ケイ素を含有していて第2の熱膨張率を有するボンドコートを設ける工程と、基板とEBC系の間での不要な種/要素の伝達を制限するように炭化物又は窒化物の拡散バリアをケイ素含有基板とEBC系の間で設ける工程とを含む。

【0013】

50

一実施形態では、基板がSiC-SiCセラミックマトリックス複合材料を含む。本開示の方法は、一実施形態では、1種以上の希土類ケイ酸塩を耐環境保護コーティング中に含めることをさらに含むことができる。一実施形態では、炭化物又は窒化物の拡散バリア層が結晶質であり、基板を耐環境保護コーティングから分離する炭化物又は窒化物の層が約1 μ m~約150 μ mの厚さである。一実施形態では、セラミックマトリックス複合材が最大約2550 $^{\circ}$ Fの温度で使用可能であり、ボンドコートが最大約2570 $^{\circ}$ Fの温度で使用可能である。一実施形態では、基板中のケイ素の、ホウ素以外の不純物濃度が1%未満であり、好ましくは0.1%未満である。一実施形態では、ケイ素の層を含む、耐環境保護コーティング系のボンドコートの代わりに、耐環境保護コーティングのボンドコートがケイ素とオキシドの混合層を含む。

10

【0014】

この開示のこれら及び他の態様、特徴及び利点は、添付図面と併せて本開示の各種態様の以下の詳細な説明から明らかとなるであろう。

【0015】

本発明とみなされる主題は、本明細書の終わりにある特許請求の範囲で具体的に指摘され、明確に特許請求されている。本開示の以下の及び他の特徴、態様、及び利点は、添付図面と共に本発明の態様の以下の詳細な説明から容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】セラミック基板と、ボンドコートを含むEBC系と、セラミック基板とEBC系のボンドコートとの間にある炭化物又は窒化物の拡散バリア層との図式表現を示している。

20

【図2】本開示の一実施形態による、耐環境保護コーティング及び拡散バリア層で被覆された物品の部分側方断面図を示している。

【図3】高温で使用可能なタービンエンジン部品の製造方法を示す、本開示の態様によるフローチャートを示している。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下では、本発明の例示的な実施形態を詳細に参照し、それらの例を添付図面に示している。可能である場合には、図面を通じて用いられる同じ参照数字が同じ又は同様の部品を参照している。

30

【0018】

本明細書で説明する発明の実施形態は、CMC及びEBC系に関する。本明細書では、「CMC」は、ケイ素含有複合材、より具体的にはSiC繊維とSiC含有マトリックスを含むケイ素含有複合材を意味する。本明細書での使用にふさわしいケイ素含有CMCの幾つかの例には、非限定的に、炭化ケイ素、窒化ケイ素、オキシ炭化ケイ素、オキシ窒化ケイ素、及びそれらの混合物等の非オキシドケイ素系材料を含む、マトリックス及び補強繊維を有する材料を含めることができる。例には、非限定的に、炭化ケイ素マトリックスと炭化ケイ素繊維を有するCMC、窒化ケイ素マトリックスと炭化ケイ素繊維を有するCMC、及び炭化ケイ素/窒化ケイ素マトリックス混合物と炭化ケイ素繊維を有するCMCが含まれる。

40

【0019】

本明細書では、用語「バリアコーティング」は、耐環境保護コーティング(EBC)を意味する。本明細書では、バリアコーティングは、ガスタービンエンジン中にあるセラミック基板等、高温環境中に見られるセラミック基板上での使用に適し得る。「基板部品」又は単なる「部品」は、ケイ素を含むCMC及び/又はモノリシックセラミックから作られた部品を意味する。

【0020】

本明細書では、用語「接着される」に対する参照は、直接的な接着及びボンドコートもしくは中間層等の別の層による間接的な接着を含むと理解されるべきである。

50

【 0 0 2 1 】

セラミックマトリックス複合材（CMC）は、セラミックマトリックス相により囲まれた補強材料からなる部類の材料である。そのような材料は、一定のモノリシックセラミック（すなわち、補強材料を伴わないセラミック材料）に加えて、現行系の温度性能を超える用途での使用が企図されている。良く知られたCMCマトリックス材料の幾つかの例には、ケイ素、炭化ケイ素、窒化ケイ素、及びそれらの混合物を含めることができる。良く知られたCMC補強材料の幾つかの例には、非限定的に、炭化ケイ素、窒化ケイ素、オキシ炭化ケイ素、及びオキシ窒化ケイ素を含めることができる。CMC材料は、典型的に炭素もしくはセラミック繊維である耐火物繊維で作られ、かつ、典型的にSiCで作られたセラミックマトリックスで高密度化された繊維補強材を含む。ケイ素含有モノリシックセラミックの幾つかの例には、炭化ケイ素、窒化ケイ素、及びオキシ窒化ケイ素アルミニウム（SiAlON）が含まれてもよい。

10

【 0 0 2 2 】

これらのセラミック材料の使用によって、タービン部品の重量を小さくし、温度性能を高め、さらに強度及び耐久性を維持することができる。したがって、そのような材料は、一般に、翼（例えば、圧縮器、タービン、及びペーン）、燃焼器、シュラウド、及び、これらの材料が提示できる軽量かつ高い温度性能から利益を受けるであろう他の同様の部品等、ガスタービンエンジンのより高温のセクションで使用される多くのガスタービン部品で考慮されている。

【 0 0 2 3 】

高温エンジンセクションの過酷な環境から保護するために、CMC及びモノリシックセラミック部品を耐環境保護コーティング（EBC）及び/又は遮熱コーティング（TBC）で被覆することができる。TBCが、能動的に冷却され得るコーティング表面と基板の間の熱勾配を設定することができる一方で、EBCは、高温燃焼環境中の腐食ガスに対する緻密な気密シールをもたらすことができる。このようにして、部品の温度をTBCの表面温度未満に低くすることができる。幾つかの例では、EBCの表面温度をTBCの表面温度未満に低くするために、TBCをEBCの上部に堆積させてもよい。この手法は、EBCが機能しなければならない動作温度を低くし、結果として、EBCの動作寿命を長くすることができる。

20

【 0 0 2 4 】

一般に、EBCは、例えば、同一出願人による米国特許出願公開第2011/0052925号明細書に開示するような多層構造を含んでもよい。併せて、これらの層は、部品を環境から保護することができる。

30

【 0 0 2 5 】

TBCは、一般的に、熱膨張の不一致による、又はエンジン環境中の他の部品との接触による、熱応力又は機械的応力を軽減するために、特殊な微細構造で堆積された耐火性オキサイド材料からなる。これらの微細構造は、垂直なひび割れもしくは筋目、多孔質微細構造、及びそれらの組合せを有する緻密なコーティング層を含んでもよい。組成又は基板にかかわらず、1以上の空気プラズマ溶射（APS）、スラリーディッピング、スラリー溶射、電気泳動堆積、化学蒸着（CVD）、又は電子ビーム物理蒸着（EBPVD）を用いて、EBC及び/又はTBCの大半を適用することができる。

40

【 0 0 2 6 】

溶融合浸されたSiC繊維で補強されたSiC-Siマトリックス複合材は、現在、発電ガスタービン、及び航空機エンジンを含む航空宇宙産業の用途を含む多くの用途での使用が企図されている。これらの複合材の上限使用温度は、約2400°Fに制限されている。そのような複合材の温度限界を約2700°F、及びさらに高い温度に高めることが望まれている。

【 0 0 2 7 】

本開示の一態様は、高温で使用可能なセラミックマトリックス複合材であって、ケイ素を含むセラミック基板と、ケイ素ボンドコートを含む耐環境保護コーティング系と、基板

50

と耐環境保護コーティングのケイ素ボンドコートとの間にある炭化物及び窒化物の拡散バリア層とを備え、拡散バリア層が、基板から耐環境保護コーティング系のケイ素ボンドコートへのホウ素及び他の不純物の拡散を選択的に防止又は低減する、セラミックマトリックス複合材である。

【0028】

拡散バリア層は、炭化ケイ素又は窒化ケイ素とすることができ、基板を耐環境保護コーティングから分離する炭化ケイ素又は窒化ケイ素の層は、約 $1\ \mu\text{m}$ ～約 $150\ \mu\text{m}$ の厚さとすることができる。一例では、ケイ素とオキシドの層（例えば、熱成長されたオキシド、Siとオキシドの混合物、又はSi-O化合物）が続くケイ素の層を含む耐環境保護コーティングのボンドコートに代えて、耐環境保護コーティング系のボンドコートは、ケイ素とオキシドの混合層を含む。

10

【0029】

本出願は、CMCの温度限界を 2550°F に高め、かつ最大約 2550°F の界面温度を可能にするTBC系を使用することによって、上限使用温度を 2700°F 以上に高めるための方法をさらに教示する。本開示のセラミックマトリックス複合材は、一例では、最大約 2550°F の温度で使用可能であり、ボンドコートは、最大約 2570°F の温度で使用可能である。また、本開示は、ホウ素を除く実質的に全ての不純物をケイ素から除去することによって、CMCの上限使用温度を高めることが可能であることを教示する。基板中のケイ素は高純度であり、関連する例では、ケイ素の融解温度を低くする、ホウ素以外の不純物濃度は1%未満である。ある特定の例では、基板中のケイ素の、ホウ素以外の不純物濃度は1%未満であり、好ましくは0.1%未満である。

20

【0030】

一例では、SiC-Siマトリックスのケイ素からケイ素ボンドコートへのホウ素の拡散を防止するためにCMCとボンドコートの間SiCの拡散バリア層を使用することによって、かつ高純度ケイ素のボンド層を使用することによって、EBC系の温度限界を高めることができる。一例では、ケイ素ボンドコートが、ケイ素と、シリカ及び/又は希土類ケイ酸塩等のオキシドとの二重層で置き換えられる。基板は、SiC-SiCセラミックマトリックス複合材を含むことができる。化学蒸着によって、プラズマ溶射によって、又は電子ビーム物理蒸着（EB-PVD）によって、ケイ素を堆積させることができる。

30

【0031】

一態様では、本開示は、高温可能なタービンエンジン部品の製造に関するものであり、タービンエンジン部品が、第1の熱膨張率を有するケイ素含有基板であって、ホウ素以外の不純物が実質的に除去されている基板を用意する工程と、EBCボンドコートを部品の外面の少なくとも一部分に接着する工程であり、ボンドコートが、ケイ素の層、又はケイ素とオキシドの層が続くケイ素を含み、EBCボンドコートが第2の熱膨張率を有する、工程と、ケイ素含有基板とEBCボンドコートを互いに分離するように炭化物又は窒化物の拡散バリアをケイ素含有基板とEBCボンドコートの上に設ける工程とにより製作される。

【0032】

本開示は、基板の熱膨張率と耐環境保護コーティングの熱膨張率との差を約20%以下とすることができることも教示する。一例では、多層オキシドコーティング系の場合、より高い膨張性の材料の薄い層が使用される一方で、より厚い層の膨張係数が約20%以内である。さらに、基板をセラミックマトリックス複合材とすることができ、EBCボンドコートは、約 $10\ \mu\text{m}$ ～約 $500\ \mu\text{m}$ の厚さを有することができ、拡散バリアの厚さを約1ミクロン～約150ミクロンとすることができる。

40

【0033】

図1を参照すると、一実施形態では、CMC基板材料110から製作されたタービンエンジン部品100等のケイ素系材料に耐環境保護コーティング系130が適用されている。代わりに、タービンエンジン部品100は、窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）基板材料（不図示

50

)から製作される。タービンエンジン部品100を任意の適したケイ素系材料から製作できることは、当業者にとって明らかであり、本明細書の教示により導かれる。一実施形態では、耐環境保護コーティング系130は、EBCとCMCの間にケイ素ボンドコートを含む。CMC110とEBC系130の間には、拡散バリア層120が配される。ある特定の実施形態では、ボンドコートは、基板材料110及び/又は中間層120に合った熱膨張率を有する。

【0034】

図2は、本開示の一実施形態による、耐環境保護コーティング及び拡散バリア層で被覆された物品の部分側方断面図を示している。ここで、耐環境保護コーティング系230は、CMC基板材料210から製作されたタービンエンジン部品200等のケイ素系材料に適用される。タービンエンジン部品200を任意の適したケイ素系材料から製作できることは、当業者にとって明らかであり、本明細書の教示により導かれる。一実施形態では、耐環境保護コーティング系230は、CMC基板材料210に適用又は堆積されたケイ素ボンドコートを含み、この特定の例では、EBCとCMCの間に拡散バリア層220が存在する。一実施形態では、ボンドコートは、基板材料210及び/又は中間層220に合った熱膨張率を有する。

10

【0035】

図3は、高温で使用可能なタービンエンジン部品の製造方法を示す、本開示の態様によるフローチャート300を示している。方法は、第1の熱膨張率を有するケイ素含有基板を用意することを含み、ホウ素以外の不純物は、基板310から実質的に除去されている。プロセスは、耐環境保護コーティングのボンドコートを部品の外面の少なくとも一部分に接着することをさらに含む。製作方法は、ケイ素含有基板と耐環境保護コーティングの間に炭化物又は窒化物の拡散バリア330を設けることをさらに含む。

20

【0036】

SiC-Siマトリックス複合材は、被覆されたSiC繊維を含有するプリフォーム中及びSiCと炭素の多孔質マトリックス中へのケイ素の溶融含浸により作られる。ケイ素溶浸では、ケイ素が炭素と反応して炭化ケイ素を形成し、残留ケイ素がマトリックスの約10%を構成するように、残りの空隙が残留ケイ素で満たされる。溶浸に用いられるケイ素は、意図的に添加される著しい濃度(例えば数%)のホウ素を含有する。ケイ素中に他の不純物が存在してもよい。加えて、マトリックス中に幾らかの他のドーパントがあってもよい。溶浸に用いられるケイ素中にある、ホウ素を含む不純物は、複合材のマトリックスの残留ケイ素中に濃縮される。ケイ素不純物は、溶浸に用いられるケイ素ソース、溶浸助材に用いられる炭素繊維/ウィック、及び場合によっては炉混入物に由来することがある。

30

【0037】

SiC-Siマトリックス中のケイ素中にあるこれらの不純物は、ケイ素の融解温度を低くし、それによりその使用温度を低くすることがある。ケイ素の融解温度を低くする、ホウ素以外の不純物の防止又は低減によって、融解温度をケイ素-ホウ素系の約2530°Fの共融温度まで高めることができる。長時間及び/又は高温では、マトリックスのケイ素中にあるホウ素は、EBC系のボンドコートのケイ素に拡散することがある。ホウ素は、ケイ素の酸化速度を高め、よってEBCの寿命に悪影響を及ぼす。CMCとEBCの間に炭化ケイ素の拡散バリア層を用いることによって、CMCのマトリックスからEBCのケイ素ボンドコートへのホウ素及び他の元素の拡散を防止又は低減することができる。

40

【0038】

2550°F以上の温度で純度ケイ素の融解温度(2570°F)に近付くと、場合によってはケイ素ボンドコートのクリープが問題となることがある。この場合、本出願の発明者等は、ケイ素のボンド層とケイ化モリブデン等のシリサイドとを用いることによって、又は、ケイ素のボンド層とケイ素との相性が良いオキサイドとを用いることによって、このクリープを低減できることを開示する。希土類ケイ酸塩は、このカテゴリに属する。よって、本開示の方法は、1種以上の希土類ケイ酸塩を耐環境保護コーティングに添加す

50

ることをさらに含むことができる。高温で使用可能なセラミックマトリックス複合材は、Sc、Y、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb及びLuからなる群から選択された1種以上の希土類二ケイ酸塩($RE_2Si_2O_7$)の1以上の層を有する耐環境保護コーティングをさらに含むことができる。

【0039】

本開示の一態様は、ホウ素以外の不純物を本質的に含有しない原料を用いて加工されたCMC系と、CMCとEBC系の間にある炭化ケイ素の拡散バリア層と、2550°F以上の温度でケイ素に伴う可能なクリープ問題を低減するための、高純度ケイ素又はシリサイドもしくはオキサイド付加物を有する高純度ケイ素のボンド層とである。

【0040】

本明細書に教示するようなCMC/EBC系は、CMCマトリックス、及びCMC/EBC系に対するボンドコート約2400°Fの現行の限界から系の温度限界を高め、上限使用温度が約2550°Fに高められる。EBCの表面は、最高2700°Fの温度で使用することができる。CMC/EBCの温度限界を高めるこの可能性によって、例えば、燃料消費率(SFC)、航空機エンジンの重量比に対する推力、及び産業用ガスタービンの効率の改良が助けられる。

【0041】

上記説明が例示を意図しており、制限を意図していないことを理解されたい。例えば、上述した実施形態(及び/又はそれらの態様)を互いに組合せて使用してもよい。加えて、本発明の範囲から逸脱せずに、それらの教示に特定の状況又は材料を適応させるために多くの修正を施してもよい。本明細書で説明した材料の寸法及びタイプは、本発明のパラメータを規定することを意図しており、決して限定しておらず、単なる例示である。他の多くの実施形態は、上記説明を検討する際に当業者にとって明らかになるであろう。したがって、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲を参照して、そのような特許請求の範囲が権利を与える均等物の十分な範囲と共に判断されるべきである。

【0042】

添付の特許請求の範囲では、用語「含む(including)」及び「それには(in which)」を用語「備える(comprising)」及び「そこでは(wherein)」のそれぞれの平易な英語の同義語として使用している。また、以下の特許請求の範囲では、用語「第1の」、「第2の」等を単なる目印として使用しており、それらの対象に数値的又は位置的な要件を課すことを意図していない。さらに、以下の特許請求の範囲の限定事項は、ミーンズプラスファンクション形式で書かれておらず、そのような特許請求の範囲の限定事項が、更なる構造を欠いた機能の文言が続く、「するための手段(means for)」というフレーズを明示的に使用しない限り及び使用するまでは、米国特許法第112条第6パラグラフに基づいて解釈されることを意図していない。

【0043】

この明細書では、本発明の幾つかの実施形態をベストモードを含めて開示するために、並びに、任意のデバイスもしくはシステムの製作及び使用、組み込まれた任意の方法の実施を含めて、当業者が本発明の実施形態を實踐することも可能にするために例を用いている。本発明の特許可能な範囲は、特許請求の範囲により規定され、当業者が思い付く他の例を含み得る。そのような他の例は、特許請求の範囲の文言と相違しない構成要素を有する場合、又は、特許請求の範囲の文言から実質的に相違しない均等な構成要素を含む場合、特許請求の範囲内であることを意図している。

【0044】

本明細書では、単数形で記載され用語「1つの(a)」又は「1つの(an)」が先行する要素又はステップは、明示的に記されない限り、複数の要素又はステップを除外しないものと理解されるべきである。さらに、本発明の「一実施形態」に対する参照は、記載した特徴も組み込む追加の実施形態の存在を除外するものと解釈されることを意図していない。また、明示的に反対に記さない限り、特定の性質を有するある要素又は複数の要素を「備える(comprising)」、「含む(including)」、又は「有

10

20

30

40

50

する (h a v i n g) 」実施形態は、その性質を有しない追加的なそのような要素を含んでもよい。

【 0 0 4 5 】

限定された数の実施形態のみに関連して本発明を詳細に説明してきたが、そのような開示した実施形態に本発明が限定されないことを容易に理解されたい。むしろ、任意の数の変形、改変、置換、又は、本明細書では説明していないが本発明の趣旨及び範囲に相応する等価の構成を組み込むように本発明を修正することができる。加えて、本発明の各種の実施形態を説明してきたが、説明した実施形態の一部のみを本開示の態様が含んでもよいことを理解されたい。このため、本発明は、前述した説明により限定されるとみなされず、添付の特許請求の範囲のみにより限定される。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 6 】

- 1 0 0、2 0 0 タービンエンジン部品
- 1 1 0、2 1 0 C M C 基板材料
- 1 2 0、2 2 0 拡散バリア層、中間層
- 1 3 0、2 3 0 耐環境保護コーティング系、E B C 系
- 3 0 0 フローチャート
- 3 1 0 基板
- 3 3 0 拡散バリア

【 図 1 】

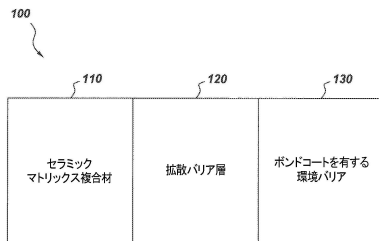


Fig. 1

【 図 2 】

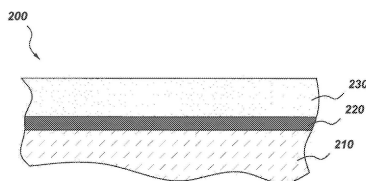


Fig. 2

【 図 3 】

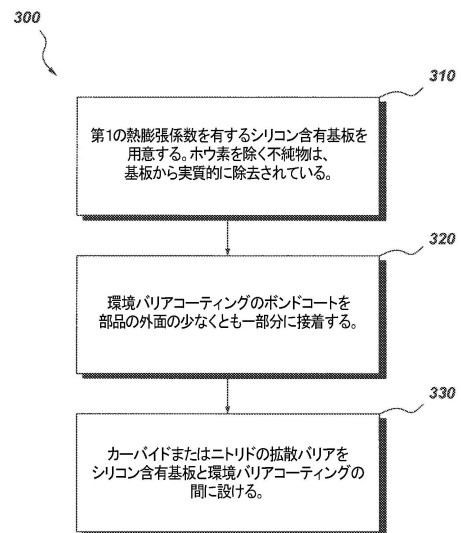


Fig. 3

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			
F 0 1 D	9/02	(2006.01)	F 0 1 D	5/28		
B 3 2 B	18/00	(2006.01)	F 0 1 D	9/02	1 0 1	
			F 0 1 D	9/02	1 0 4	
			B 3 2 B	18/00		B

(72)発明者 ルスラ, クリシャン・ラル
 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 リプキン, ドン・エム
 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

審査官 田中 永一

(56)参考文献 特表2012-513946(JP, A)
 特開平10-101446(JP, A)
 特開2006-225832(JP, A)
 特開平01-224286(JP, A)
 国際公開第2013/183580(WO, A1)
 特開2008-298769(JP, A)
 特開平08-217576(JP, A)
 特開2000-073171(JP, A)
 特開2000-247745(JP, A)
 特開2006-189031(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 0 4 B	4 1 / 8 9
C 0 4 B	3 5 / 8 0
C 0 4 B	3 5 / 8 4
F 0 1 D	5 / 0 8
F 0 1 D	5 / 2 8
F 0 1 D	9 / 0 2
F 0 2 C	7 / 0 0
F 2 3 R	3 / 4 2
B 3 2 B	1 8 / 0 0