

(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2014-198902

(P2014-198902A)

(43) 公開日 平成26年10月23日(2014.10.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 3 C 28/00 (2006.01)	C 2 3 C 28/00 A	4 K O 2 9
C 2 3 C 4/06 (2006.01)	C 2 3 C 4/06	4 K O 3 1
C 2 3 C 14/14 (2006.01)	C 2 3 C 14/14 D	4 K O 4 4
	C 2 3 C 14/14 G	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-51052 (P2014-51052)	(71) 出願人	390041542
(22) 出願日	平成26年3月14日 (2014.3.14)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(31) 優先権主張番号	13/846,102		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(32) 優先日	平成25年3月18日 (2013.3.18)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(33) 優先権主張国	米国 (US)		番
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			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】 ボンドコート系及び被覆部品

(57) 【要約】

【課題】ボンドコート材料であって、これらが使用される保護皮膜系、特に、T B Cを使用するものの耐剥離性を向上させるボンドコート材料を提供すること。

【解決手段】ボンドコート系及び被覆部品が開示されている。ボンドコート系は、基材に隣接した第1の皮膜層及び第1の皮膜層に隣接した第2の皮膜層を含む。第1の皮膜層は、 γ/β ミクロ組織を含む。第2の皮膜層は、 $\gamma/\gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む。被覆部品は、表面を有する基材、表面上に配設された第1の皮膜層及び第1の皮膜層上に配設された第2の皮膜層を含む。

【選択図】 図1

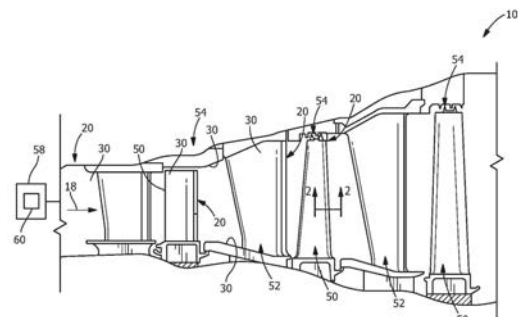


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材に隣接した第 1 の皮膜層であって γ / β ミクロ組織を含む第 1 の皮膜層と、
第 1 の皮膜層に隣接した第 2 の皮膜層であって $\gamma / \gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む第 2 の皮膜層と
を含むボンドコートを含む、ボンドコート系。

【請求項 2】

第 1 の皮膜層が第 1 の M C r A l X 合金を含んでいて、M がコバルトを含み、X が合金の重量を基準にして約 0 . 0 0 1 % 乃至 0 . 1 9 % 未満のイットリウムを含んでいる、請求項 1 記載のボンドコート系。

10

【請求項 3】

第 2 の皮膜層が第 2 の M C r A l X 合金を含んでいて、合金の重量を基準にして、M が約 3 0 % 以上の量のニッケルを含み、X が約 0 . 0 0 5 % ~ 約 0 . 1 9 % のイットリウムを含む、請求項 1 記載のボンドコート系。

【請求項 4】

第 1 の M C r A l X 合金の M がさらにニッケルを含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

【請求項 5】

第 1 の M C r A l X 合金の M が、コバルト、ニッケル、鉄又はこれらの組合せを含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

20

【請求項 6】

第 1 の M C r A l X 合金が、合金の約 0 . 0 0 6 重量 % 乃至 0 . 1 9 重量 % 未満のイットリウムを含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

【請求項 7】

第 1 の M C r A l X 合金の X が、合金の約 1 . 5 重量 % 以下のケイ素をさらに含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

【請求項 8】

第 1 の M C r A l X 合金の X が、さらに合金の約 0 . 0 1 重量 % ~ 約 1 . 5 重量 % のケイ素を含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

【請求項 9】

第 1 の M C r A l X 合金が、第 1 の合金の重量を基準にして、約 2 0 . 0 % ~ 約 8 2 . 0 % のニッケル、約 1 0 . 0 % ~ 約 2 8 . 0 % のクロム、約 5 . 0 % ~ 約 1 5 . 0 % のアルミニウム、X として約 0 . 0 0 1 % 乃至 0 . 1 9 % 未満のイットリウム、残部のコバルト及び不可避不純物を含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

30

【請求項 10】

第 1 の M C r A l X 合金が、第 1 の合金の重量を基準にして、約 2 0 . 0 % ~ 約 8 2 . 0 % のニッケル、約 1 0 . 0 % ~ 約 2 8 . 0 % のクロム、約 5 . 0 % ~ 約 1 5 . 0 % のアルミニウム、X として約 0 . 0 0 1 % 乃至 0 . 1 9 % 未満のイットリウム及び約 0 . 0 0 1 % ~ 約 1 . 5 % のケイ素、残部のコバルト及び不可避不純物を含む、請求項 2 記載のボンドコート系。

40

【請求項 11】

第 2 の M C r A l X 合金の X が、さらに合金の約 1 . 2 5 重量 % 以下のゲルマニウムを含む、請求項 3 記載のボンドコート系。

【請求項 12】

第 2 の M C r A l X 合金が、合金の重量を基準にして、約 5 . 0 % ~ 約 1 5 . 0 % のコバルト、約 1 2 . 0 % ~ 約 2 8 . 0 % のクロム、約 6 . 5 % ~ 約 1 1 . 0 % のアルミニウム、約 4 . 0 % ~ 約 8 . 0 % のタンタル、約 0 . 0 0 5 % ~ 約 0 . 5 % のジルコニウム、約 0 . 0 0 5 % ~ 約 0 . 8 % のハフニウム、約 0 . 0 0 5 % ~ 約 0 . 1 9 % のイットリウム、約 1 . 2 5 % 以下のゲルマニウム、残部のニッケル及び不可避不純物を含む、請求項 3 記載のボンドコート系。

50

【請求項 13】

第2のM C r A l X合金が、合金の重量を基準にして、約8.5%～約12.0%のコバルト、約16.0%～約21.0%のクロム、約6.5%～約8.5%のアルミニウム、約4.5%～約7.0%のタンタル、約0.001%～約0.1%のジルコニウム、約0.1%～約0.65%のハフニウム、約0.005%～約0.19%のイットリウム、約1.25%以下のゲルマニウム、残部のニッケル及び不可避不純物を含む、請求項3記載のボンドコート系。

【請求項 14】

表面を有する基材と、
表面上に配設された第1の皮膜層であって γ/β ミクロ組織を含む第1の皮膜層と、
第1の皮膜層上に配設された第2の皮膜層であって $\gamma/\gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む第2の皮膜層と
を含む被覆部品。

10

【請求項 15】

第2の皮膜層上に配設された遮熱コーティングをさらに含む、請求項14記載の被覆部品。

【請求項 16】

第1の皮膜層が第1のM C r A l X合金を含んでいて、Mがコバルトを含み、Xが合金の重量を基準にして約0.001%乃至0.19%未満のイットリウムを含む、請求項14記載の被覆部品。

20

【請求項 17】

第2の皮膜層が第2のM C r A l X合金を含んでいて、合金の重量を基準にして、Mが約30%以上の量のニッケルを含み、Xが約0.005%～約0.19%のイットリウムを含む、請求項14記載の被覆部品。

【請求項 18】

第1のM C r A l X合金が、第1の合金の重量を基準にして、約20.0%～約82.0%のニッケル、約10.0%～約28.0%のクロム、約5.0%～約15.0%のアルミニウム、Xとして約0.001%乃至0.19%未満のイットリウム、残部のコバルト及び不可避不純物を含む、請求項16記載の被覆部品。

【請求項 19】

第2のM C r A l X合金が、合金の重量を基準にして、約5.0%～約15.0%のコバルト、約12.0%～約28.0%のクロム、約6.5%～約11.0%のアルミニウム、約4.0%～約8.0%のタンタル、約0.005%～約0.5%のジルコニウム、約0.005%～約0.8%のハフニウム、約0.005%～約0.19%のイットリウム、約1.25%以下のゲルマニウム、残部のニッケル及び不可避不純物を含む、請求項17記載の被覆部品。

30

【請求項 20】

基材が、鉄基、ニッケル基又はコバルト基超合金又はこれらの組合せを含む、請求項14記載の被覆部品。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本明細書で開示する主題は、高温環境下での使用に適した金属合金組成物、特に高温環境下で酸化から保護するためのボンドコート材料としての使用に適した金属合金組成物に関する。

【背景技術】

【0002】

タービンエンジンのような過酷な環境では、金属オーバーレイ又はボンドコート(M C r A l Y及び/又はアルミナイド)及び遮熱コーティング(T B C)によって、高温ガスの熱及び腐食性及び酸化性環境から金属合金基材を保護する。T B Cは、高温燃焼ガスと

50

金属合金基材との間に熱低減バリアをもたらし、熱及び腐食による基材の損傷を防止、軽減又は低減することができる。

【0003】

M C r A l Y 合金は高温皮膜であり、Mは鉄、ニッケル及びコバルトの1種又は組合せから選択されるものであり、C r はクロムであり、A l はアルミニウムであり、Yはイットリウムである。その具体例には、合金ミクロ組織中に γ 相と β 相を含むM C r A l Y皮膜が挙げられる。従前、耐酸化性を向上させるため、S i、H f、P d及びP tのような様々な合金元素が γ/β 型M C r A l Y合金に添加されているが、ボンドコート材料の耐歪み性の低下を招くことがあり、それらが用いられた皮膜系(特にT B Cを含むもの)の剥離寿命が損なわれてしまうこともある。

10

【0004】

そこで、ボンドコート材料であって、それらが用いられた保護皮膜系(特にT B Cが用いられたもの)の耐剥離性を向上させるボンドコート材料に対するニーズが存在する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許第8230797号

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0006】

20

例示的な実施形態では、ボンドコート系を提供する。ボンドコート系は、基材に隣接する第1の皮膜層と、第1の皮膜層及びトップコートに隣接する第2の皮膜層を含むボンドコートを含んでいる。第1の皮膜層は γ/β ミクロ組織を含む。第2の皮膜層は $\gamma/\gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む。

【0007】

別の例示的な実施形態では、被覆部品を提供する。被覆部品は、表面を有する基材と、表面上に配設された第1の皮膜層であって γ/β ミクロ組織を含む第1の皮膜層と、第1の皮膜層上に配設された第2の皮膜層であって $\gamma/\gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む第2の皮膜層とを含む。

【0008】

30

本発明のその他の特徴及び利点については、本発明の原理を例示する図面と併せて好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明を参照することによって明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本願で開示する部品の例示的な実施形態の概略断面図。

【図2】本願で開示するタービン動翼及びボンドコートの形態の基材の例示的な実施形態の表面領域の断面図。

【図3】本願で開示するタービン動翼及びボンドコートの形態の基材の第2の例示的な実施形態を示す図。

【図4】本願で開示するタービン動翼及びボンドコートの形態の基材の第3の例示的な実施形態を示す図。

40

【図5】本願で開示するタービン動翼及びボンドコートの形態の基材の第4の例示的な実施形態を示す図。

【図6】本願で開示するタービン動翼及びボンドコートの形態の基材の第5の例示的な実施形態を示す図。

【図7】G T D - 1 1 1 基材に施工されたボンドコート系の第1及び第2の皮膜層の例示的な実施形態と比較ボンドコート合金における1900 ° F / 滞留時間45分での剥離に至るまでのサイクル時間として測定した炉サイクル試験(F C T)寿命のプロット。

【図8】R N 4 基材に施工されたボンドコート系の第1及び第2の皮膜層の例示的な実施形態と比較ボンドコート合金における1900 ° F / 滞留時間45分での剥離に至るまで

50

のサイクル時間として測定した炉サイクル試験（FCT）寿命のプロット。

【図9】R108基材に施工されたボンドコート系の第1及び第2の皮膜層の例示的な実施形態と比較ボンドコート合金における1900°F/滞留時間45分での剥離に至るまでのサイクル時間として測定した炉サイクル試験（FCT）寿命のプロット。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図面を通して、同じ部材にはできるだけ同じ符号を用いた。

【0011】

例示的なボンドコート系及び被覆部品について説明する。本発明の一つの利点は、耐酸化性の向上したボンドコート系である。本発明の実施形態のもう一つの利点は、剥離寿命を効率的に延ばすことができることである。

10

【0012】

ボンドコートが設けられる基材の具体例としては、GTD-111、René N4（RN4）及びRené 108（R108）が挙げられる。GTD-111は、合金の重量%で表して、14%のクロム、9.5%のコバルト、3.8%のタングステン、1.5%のモリブデン、4.9%のチタン、3.0%のアルミニウム、0.1%の炭素、0.01%のホウ素、2.8%のタンタル、残部のニッケル及び不可避不純物の公称組成を有する。René N4は、合金の重量%で表して、7.5%のコバルト、9.75%のクロム、4.20%のアルミニウム、3.5%のチタン、1.5%のモリブデン、4.8%のタンタル、6.0%のタングステン、0.5%のコロンビウム（ニオブ）、0.05%の炭素、0.15%のハフニウム、0.004%のホウ素、残部のニッケル及び不可避不純物の公称組成を有する。René 108は、0.07~0.10%の炭素、8.0~8.7%のクロム、9.0~10.0%のコバルト、0.4~0.6%のモリブデン、9.3~9.7%のタングステン、2.5~3.3%のタンタル、0.6~0.9%のチタン、5.25~5.75%のアルミニウム、0.01~0.02%のホウ素、1.3~1.7%のハフニウム、0.1%以下のマンガン、0.06%以下のケイ素、0.01%以下のリン、0.004%以下の硫黄、0.005~0.02%のジルコニウム、0.1%以下のニオブ、0.1%以下のバナジウム、0.1%以下の銅、0.2%以下の鉄、0.003%以下のマグネシウム、0.002%以下の酸素、0.002%以下の窒素、残部のニッケル及び不可避不純物の公称組成を有する。

20

30

【0013】

図1~図6を参照して、高温酸化耐性ボンドコート系210について開示する。ボンドコート系210は、第1の皮膜層212と第2の皮膜層214とを含む。第1の皮膜層212は第1のMCrAlX合金260を含む。第2の皮膜層214は第2のMCrAlX合金270を含む。ボンドコート系210は、様々な高温製品、特にタービンエンジン10の各種部品20の被覆に使用され、さらに具体的には、高温ガス流路18を含む産業用ガスタービンの各種部品20並びに高温ガス流路を流れる高温燃焼ガスに曝露される表面30のためのボンドコート系210として使用される。ボンドコート系210は、特に、各種のタービン動翼（タービンバケット）50での使用に極めて適しているが、静翼（タービンノズル）52、シュラウド54、燃焼器58、燃料ノズル60、トランジションピース、燃焼器ライナなどを始めとする他の部品並びにこれらの部品のサブコンポーネント及びサブアセンブリでの使用にも非常に適している。例えば、燃焼器58は、一般に、各種サブアセンブリを含めた複数の部品のアセンブリであるが、ボンドコート系210は、それらの部品及びサブアセンブリのいずれか又はすべてに導入できる。ボンドコート系210は適当な基材200に設けることができ、特にCo基、Ni基、Fe基超合金基材又はそれらの組合せを始めとする各種の超合金基材200に施工できる。例示的な実施形態では、本願で開示するボンドコート系210は、例えば、図1に示すガスタービン動翼50の翼形部の正圧面又は負圧面或いは翼先端に使用できる。

40

【0014】

例示的な実施形態では、タービン動翼50のような部品20の表面30を、図2に示す

50

ような金属保護皮膜層としてのボンドコート系 210 で保護するが、図 2 には、タービン動翼 50 のような部品 20 の表面 30 の断面を拡大して示す。表面 30 には、基材 200 を酸化から保護するためにボンドコート系 210 を設けることが望まれる部品 20 の任意の部分が包含され、高温ガス流路 18 を含んでいて該流路を流れる高温燃焼ガスに直接曝露される表面 30、その他、高温燃焼ガスには直接曝露されないが、高温燃焼ガスに起因する高温に曝露される可能性のある表面が挙げられる。例示的な一実施形態では、表面 30 は、タービン動翼 50 の翼形部又は翼先端の表面を含む。

【0015】

ボンドコート系 210 は、図 6 に示すように、表面 30 を保護するために単独で使用することもできるし、或いは以下で説明する通り、複数の皮膜層からなる保護系 230 をもたらすべく他の高温コーティング材を始めとする他の高温材料と併用することもできる。後者の場合、ボンドコート系 210 は、かかる系における下層、内側層、外側層又はそれらの組合せとして使用し得る。

10

【0016】

保護系 230 は、ボンドコート系 210 を下層として、さらに 1 以上の遮熱コーティング (TBC) 層 240、1 以上のアルミナイド皮膜層 250、1 以上の別のボンドコート層又はこれらの組合せを含む皮膜層の組合せの一部として含むことができる。例示的な実施形態では、図 2 に示すように、保護系 230 はボンドコート系 210 を 1 以上の TBC 層 240 のための耐酸化性下層として含み、ボンドコート系 210 は、超合金基材のような基材 200 の表面 30 上に配設され、ボンドコート系 210 上に 1 以上の TBC 層 240 を配設して高温燃焼ガスに曝露せしめる。

20

【0017】

例示的な実施形態では、図 3 に示すように、保護系 230 はボンドコート系 210 を 1 以上のアルミナイド層 250 のための耐酸化性下層として含み、ボンドコート系 210 は、超合金基材のような基材 200 の表面 30 上に配設され、ボンドコート系 210 上に 1 以上のアルミナイド層 250 を配設して高温燃焼ガスに曝露せしめる。

【0018】

さらに別の例示的な実施形態では、図 4 に示すように、保護系 230 はボンドコート系 210 をアルミナイド層 250 及び TBC 層 240 のための耐酸化性下層として含み、ボンドコート系 210 は、基材 200 の表面 30 上に配設され、ボンドコート系 210 上に 1 以上のアルミナイド層 250 を配設し、アルミナイド層 250 上に 1 以上の TBC 層 240 を配設して高温燃焼ガスに曝露せしめる。

30

【0019】

保護系 230 はボンドコート系 210 を内側層として、さらに 1 以上の遮熱コーティング (TBC) 層 240、1 以上のアルミナイド層 250 又はそれらの組合せを含む皮膜層の組合せの一部として含むこともできる。例えば、例示的な実施形態では、図 2 ~ 図 4 の保護系 230 は、基材 200 とボンドコート系 210 との間に、基材 200 上に設けられた 1 以上のアルミナイド層 250 又は別のボンドコート層を適宜含んでいてもよい。その他の点では、ボンドコート系 210 層、アルミナイド層 250 及び TBC 層 240 の構成は、図 2 ~ 図 4 について上述した通りである。

40

【0020】

さらに別の例示的な実施形態では、図 5 に示すように、保護系 230 は、ボンドコート系 210 を外側層として、さらに 1 以上の遮熱コーティング (TBC) 層 240、1 以上のアルミナイド層 250 又はそれらの組合せを含む皮膜層の組合せの一部として含むことができる。外側層としての 1 以上のボンドコート系 210 の層と、1 以上の TBC 層 240、1 以上のアルミナイド層 250、別のボンドコート層又はこれらの組合せとのその他の組合せも可能である。

【0021】

別の例示的な実施形態では、図 6 に示すように、保護系 230 は、他の皮膜層との組合せではなく、ボンドコート系 210 だけを外側層として含んでいてもよい。

50

【0022】

上述の保護系230は、ボンドコート系210単独のものも含めて、第1の皮膜層212と第2の皮膜層214とを含むボンドコート280を含む。第1の皮膜層212は γ/β ミクロ組織を含む。第2の皮膜層214は $\gamma/\gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む。一実施形態では、第1の皮膜層212の厚さは、約25.4 μm (1mil)~約1524 μm (60mil)、約76 μm (3mil)~約1270 μm (50mil)、又は約178 μm (7mil)~約1143 μm (45mil)である。一実施形態では、第2の皮膜層214の厚さは、約25.4 μm (1mil)~約762 μm (30mil)、約76 μm (3mil)~約635 μm (25mil)、又は約178 μm (7mil)~約508 μm (20mil)である。一実施形態では、第1の皮膜層212は第1の合金260を含み、第2の皮膜層214は第2の合金270を含む。第1の合金260及び第2の合金270は一般に、コバルト基、ニッケル基又は鉄基超合金を始めとする、コバルト、ニッケル、鉄又はそれらの組合せを含む超合金である。これらの合金のうち、第1の合金260及び第2の合金270がコバルト基、コバルト-ニッケル基又はニッケル-コバルト基超合金を含んでいると、ボンドコート系210は、高温酸化耐性とTBC剥離耐性と延性との良好な組合せをもたらす。本明細書において、「金属」基(例えばコバルト基、ニッケル基又は鉄基)とは、標記の金属(例えば、コバルト基)が、重量基準で合金の主成分であることを意味する。2種以上の金属(例えば、金属1-金属2基)が用いられている場合、金属は、合金の重量分率の順に記載される。例えば、コバルト-ニッケル基合金は、コバルトとニッケルが重量基準で合金の主成分であり、コバルトの重量分率がニッケルの重量分率よりも大きいことを意味し、ニッケル-コバルト基合金は、ニッケルとコバルトが重量基準で合金の主成分であり、ニッケルの重量分率がコバルトの重量分率よりも大きいことを意味する。

【0023】

タービンエンジン用途に用いられる既存のMCrAlYボンドコート合金の一例として、合金の重量を基準にして、22%のクロム、10%のアルミニウム、1%のイットリウム、残部のニッケル及び不可避不純物の公称組成を有する慣用 $\gamma-\beta$ (γ/β)MCrAlY(NiCrAlY)ボンドコートが挙げられるが、硫黄が不可避不純物であることにより、100ppm以下に制御される。BC52として知られる別の慣用 $\gamma-\gamma'$ MCrAlY(NiCoCrAlY)ボンドコートは、合金の重量を基準にして、18%のクロム、6.5%のアルミニウム、10%のコバルト、6%のタンタル、2%のレニウム、0.5%のハフニウム、0.3%のイットリウム、1.0%のケイ素、0.015%のジルコニウム、0.06%の炭素、0.015%のホウ素、残部のニッケル及び不可避不純物の公称組成を有する。タービンエンジン用途に用いられる既存のMCrAlY(NiCoCrAlY)ボンドコート合金のもう一つの例は、合金の重量基準で、約25%~約45%のニッケル、約15%~約30%のクロム、約8.0%~約13%のアルミニウム、約0.19%~約1.0%のイットリウム、残部のコバルト及び不可避不純物という公称組成を有する。

【0024】

一実施形態では、ボンドコート系210のボンドコート層280の第1の皮膜層212を構成するコバルト基、コバルト-ニッケル基又はニッケル-コバルト基超合金は、 γ/β ミクロ組織を含む。第1の皮膜層212は、第1のMCrAlX合金260を含んでいるが、Mはコバルトを含んでおり、適宜ニッケルを含んでいてもよく、Xは、合金の約0.001重量%乃至0.19重量%未満のイットリウムを含んでおり、適宜ケイ素、ゲルマニウム又はこれらの組合せを含んでいてもよい。第1のMCrAlX合金260では、概して、タービンエンジン用途に用いられる既存のMCrAlYボンドコート合金(0.3%のYを含む公称組成を有しているが、Yは0.19%~1.0%の範囲であることが知られている。)に比べて、低減した量のイットリウムが用いられる。イットリウム量の低減によって、TBC層240も含む保護系230に使用したときに、これらの合金の酸化耐性が向上し、TBC剥離耐性が増大するという利点を得られる。第1のMCrAlX

合金 260 では、既存の MCrAlY ボンドコート合金に比べて、アルミニウムの使用量を増加させることができ、それによって、既存のボンドコート合金に比べて酸化耐性が一段と向上するという利点が得られる。第 1 の MCrAlX 合金 260 は、既存の MCrAlY ボンドコート合金には存在しないゲルマニウムを適宜使用してもよく、それによって、タービンエンジン用途での長期の曝露時間で β 相の保持能力が向上するという利点が得られる。第 1 の MCrAlX 合金 260 はさらにケイ素を適宜使用してもよく、それによって、酸化耐性及び TBC 剥離寿命が向上するという利点が得られる。

【0025】

例示的な実施形態では、第 1 の MCrAlX 合金 260 は、 γ 相と β 相を含むミクロ組織を有するコバルト基、コバルト - ニッケル基又はニッケル - コバルト基 MCrAlX 合金であり、合金の重量を基準にして、M は約 27% 以上の量のコバルトを含み、X は合金の約 0.001 重量% 乃至 0.19 重量% 未満の量のイットリウムを含む。特に、イットリウムの存在量は、合金の重量を基準にして、約 0.001% ~ 約 0.18%、約 0.01% ~ 約 0.18%、約 0.02% ~ 約 0.15% とし得る。第 1 の MCrAlX 合金 260 は、合金の重量を基準にして、約 0.001% ~ 約 1.5%、約 0.01% ~ 約 1.5% 又は約 0.2% ~ 約 1.5% の量のゲルマニウムを任意成分として含んでいてもよい。第 1 の MCrAlX 合金 260 は、合金の重量を基準にして、約 1.5% 以下、約 0.01% ~ 約 1.5% 又は約 0.1% ~ 約 1.5% の量のケイ素を任意成分として含んでいてもよい。別の例示的な実施形態では、第 1 の MCrAlX 合金 260 は、コバルト - ニッケル基合金を含むものでもよく、合金の重量を基準にして、約 20.0% ~ 約 82.0% のニッケル、約 10.0% ~ 約 28.0% のクロム、約 5.0% ~ 約 15.0% のアルミニウム、上述の量のイットリウム及び任意成分としてのゲルマニウム、ケイ素又はそれらの組合せ（例えば、約 0.001% 乃至 0.19% 未満のイットリウム、約 0.001% ~ 約 1.5% のゲルマニウム、約 1.5% 以下のケイ素など）、残部のコバルト及び不可避不純物を含むことができる。イットリウムを上記の量で配合すると、例えば、公称量 0.0% のイットリウムを含む既存のボンドコート合金に比べて、酸化及び TBC 剥離に対する第 1 の MCrAlX 合金 260 の耐性が増大する。既存のボンドコート合金では、イットリウムは合金の 0.19 重量% ~ 1.0 重量% であることが知られており、ゲルマニウムもケイ素も含んでいない。

【0026】

一実施形態では、第 2 の皮膜層 214 は、ニッケル基超合金ボンドコート材料、特にニッケル - コバルト基超合金ボンドコート材料である。第 2 の皮膜層 214 は、 $\gamma / \gamma' + \beta$ ミクロ組織を含む。第 2 の皮膜層 214 は、第 2 の MCrAlX 合金 270 を含んでいるが、第 2 の合金の重量を基準にして、M は約 30.0% 以上の量のニッケルを含み、X は約 0.005% ~ 約 0.19% のイットリウムを含む。第 2 の MCrAlX 合金 270 では、タービンエンジン用途に用いられる既存の MCrAlY ボンドコート合金（例えば、BC52 など）に比べて、低減した量のイットリウムが用いられる。第 2 の MCrAlX 合金 270 におけるイットリウム量の低減によって、TBC 層 240 も含む保護系 230 に使用したときに、これらの合金の酸化耐性が向上し、TBC 剥離耐性が増大するという利点が得られる。 $\gamma - \gamma'$ BC52 ボンドコート材料に比べて、第 2 の MCrAlX 合金 270 は、ケイ素フリー（無ケイ素）であって Ti 含有合金との使用時に脆性 Ti x Si y 相が形成される可能性を防ぐとともに耐歪み性が向上しており、Al の量が増大して酸化耐性が向上しており、レニウムフリー（無レニウム）であって亀裂発生の開始に関して耐歪み性が向上しているとともに、この戦略的に重要な元素の使用が回避される。なお、戦略的というのは、その限られた供給量及び付随コストによるものである。第 2 の MCrAlX 合金 270 においても、上述のような既存の MCrAlY ボンドコート合金には存在しないゲルマニウムを使用することができる。

【0027】

例示的な実施形態では、第 2 の MCrAlX 合金 270 は、 γ 相、 β 相及び γ' 相を含むミクロ組織を有するニッケル基 MCrAlX 合金であり、合金の重量を基準にして、M

は約30%以上の量のニッケルを含み、Xは約0.005%~約0.19%のイットリウムを含む。別の例示的な実施形態では、第2のMCrAlX合金270は、 γ 相、 β 相及び γ' 相を含むミクロ組織を有するニッケル-コバルト基MCrAlX(NiCoCrAlX)合金であり、合金の重量を基準にして、Mは約30%以上の量のニッケル及び約5.0%~約15.0%の量のコバルトを含み、Xは約0.005%~約0.19%の量のイットリウムを含む。第2のMCrAlX合金270は、合金の重量を基準にして、約1.25%以下の量のゲルマニウムを含んでいてもよい。

【0028】

例示的な一実施形態では、第2のMCrAlX合金270は、合金の重量を基準にして、約5.0%~約15.0%のコバルト、約12.0%~約28.0%のクロム、約6.5%~約11.0%のアルミニウム、約1.25%以下のゲルマニウム、約4.0%~約8.0%のタンタル、約0.005%~約0.05%のジルコニウム、約0.005%~約0.8%のハフニウム、約0.005%~約0.19%のイットリウム、残部のニッケル及び不可避不純物を含む。別の実施形態では、第2のMCrAlX合金270は、合金の重量を基準にして、約8.5%~約12.0%のコバルト、約16.0%~約21.0%のクロム、約6.5%~約8.5%のアルミニウム、約4.5%~約7%のタンタル、約0.001%~約0.1%のジルコニウム、約0.1%~約0.65%のハフニウム、約0.005%~約0.19%のイットリウム、約1.25%以下のゲルマニウム、残部のニッケル及び不可避不純物を含む。第2のMCrAlX合金270は、上述の既存の γ - γ' - β ボンドコート合金よりもアルミニウム含量が多い。理論に束縛されるものではないが、これによって、酸化性環境下での高温曝露の際のボンドコート系210材料中の減損を防ぐことのできる追加のアルミニウムが供給され、酸化耐性及び耐剥離性の向上に資する。第2のMCrAlX合金270は、実質的にケイ素フリーであるとともに実質的にレニウムフリーである(つまり、不可避不純物以外のケイ素又はレニウムは実質的に含んでいない。)。本明細書において、実質的にケイ素フリーとは、ケイ素が不可避不純物として混入するなどして存在する場合であっても、合金の重量を基準にして、約0.1%以下であることを意味する。ケイ素が存在しないことによって、特に第2のMCrAlX合金270に近接する材料がチタンを含んでいる場合に、ボンドコート/基材界面又はその近傍で脆性Ti₂Si₃金属間相が形成される可能性が回避される。本明細書において、実質的にレニウムフリーとは、Reが不可避不純物として混入するなどして存在する場合であっても、合金の重量を基準にして、約0.1%以下であることを意味する。レニウムの使用を回避することによって、耐歪み性が向上し、この戦略的な元素の必要性がなくなる。イットリウム及び/又はゲルマニウムを上述の量で配合すると、例えば、公称量約%のイットリウムを含み、ゲルマニウムを含まない既存のボンドコート合金に比べて、第2のMCrAlX合金270の酸化耐性が増大する。

【0029】

本願で開示する第1及び第2のMCrAlX合金260及び270は適当な形態で 사용할ことができ、例えば、本明細書に記載した種類の物品全体の形成に使用される合金としても使用できるし、或いはボンドコート系210としても使用できる。第1及び第2のMCrAlX合金260及び270は、各種の真空溶融法(特に各種の超合金、特にコバルト基、コバルト-ニッケル基、ニッケル基又はニッケル-コバルト基超合金に用いられる溶融法)を始めとする適当な方法で形成することができる。ボンドコート材料は、蒸着法、スラリー堆積法、さらには、高速酸素燃料溶射(HVOF)、高速空気燃料溶射(HVAF)、減圧プラズマ溶射(VPS)、大気プラズマ溶射(APS)、イオンプラズマ堆積(IPD)、電子ビーム物理蒸着(EBPVD)及びコールドスプレー法を始めとする溶射法によって施工することができる。

【0030】

保護系230は、上述の通り、ボンドコート系210材料その他の皮膜に対して設けられたアルミナイド層250を含んでいてもよい。アルミナイド層250には、拡散アルミナイド、例えば、単純拡散アルミナイド又は白金アルミナイドのような複雑な拡散アルミ

10

20

30

40

50

ナイドなどを始めとする適当なアルミナイドが包含される。アルミナイド層 250 は適当な厚さのものでよく、例示的な実施形態では、約 $12.7\ \mu\text{m}$ (0.5 mil) ~ 約 $101.6\ \mu\text{m}$ (4 mil) の厚さを有する。

【0031】

保護系 230 は、上述の通り、ボンドコート系 210 材料その他の皮膜に対して設けられた TBC 層 240 を含んでいてもよい。稠密縦割れ (DVM; dense vertically micro cracked) セラミック TBC 層 240 を始めとする、適当な遮熱層 240 を使用することができる。TBC 層 240 は適当な厚さのものでよく、例示的な実施形態では、約 $127\ \mu\text{m}$ (5 mil) ~ 約 $2032\ \mu\text{m}$ (80 mil) の厚さを有する。

【実施例】

10

【0032】

図 7 ~ 図 9 に示すように、第 1 の MCrAlX 合金 260 及び第 2 MCrAlX 270 は、TBC 層 240 の下層として超合金基材 200 に施工すると、公知のボンドコート 300 に比べて、剥離耐性が増大する。この公知のボンドコート 300 は、合金の重量を基準にして、約 30% ~ 約 34% のニッケル、約 21% ~ 約 24% のクロム、約 9.5% ~ 約 10.5% のアルミニウム、約 0.1% ~ 約 0.5% のイットリウム、残部のコバルト及び不可避不純物の公称組成を有する。図 7 ~ 図 9 に示すように、公知のボンドコート合金 300 は、剥離に至るまでの基準時間を有する。第 1 の MCrAlX 合金 260 は、公知のボンドコート 300 に比べて剥離時間が 30% 超増大する。第 2 の MCrAlX 合金 270 は、公知のボンドコート 300 に比べて剥離時間が 80% 超増大する。第 1 の MCrAlX 合金 260 と第 2 MCrAlX 270 合金とを組合せてボンドコート系 210 を形成すると、超合金基材 200 にボンドコート系 210 を施工したときの耐剥離性が増大する。

20

【0033】

所定の作動温度 1900°F (45 分間) で、第 1 の MCrAlX 合金 260 及び第 2 の MCrAlX 合金 270 を TBC 層 240 の下層ボンドコート系 210 材料として含む保護系の 230 の耐剥離性は、同一の TBC 層 240 の下層にイットリウム含有量の多い公知のボンドコート合金 300 を含む保護系の耐性よりも大きい。別の観点から、第 1 層 214 として第 1 の MCrAlX 合金 260 及び第 2 層 216 として第 2 の MCrAlX 合金 270 を使用すると、保護系 230 (すなわち、ボンドコート系 210 / TBC 皮膜層 240) は、公知のボンドコート合金 300 と TBC 層とを含む保護系と同程度の剥離耐性を達成するための平均作動温度を約 1900°F 又はそれ以上に高めることができる。したがって、第 1 の MCrAlX 合金 260 及び第 2 の MCrAlX 合金 270 は、耐剥離性が十分に向上し、同一作動温度での耐用寿命が増大するか、或いは高い作動温度で同程度の耐用寿命を得ることができる。本願で開示する MCrAlX 保護系 230 におけるイットリウムは、本明細書に記載の量で使用すれば、アルミナ剥離を遅くさせることによって酸化耐性を向上させる。第 1 の MCrAlX 合金 260 及び第 2 の MCrAlX 合金 270 については、図 9 に示すように、一定の歪み速度での室温一軸引張試験でも試験して、それらの亀裂発生前の耐歪み性を評価した。

30

【0034】

40

本発明を好ましい実施形態に関して説明してきたが、本発明の範囲を逸脱することなく、その要素を種々変更させることができ、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、特定の状況又は材料に適應させるために、その本質的範囲から逸脱することなく、本発明の教示に多くの修正を行うことができる。したがって、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された特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に属するあらゆる実施形態を包含する。

【 図 1 】

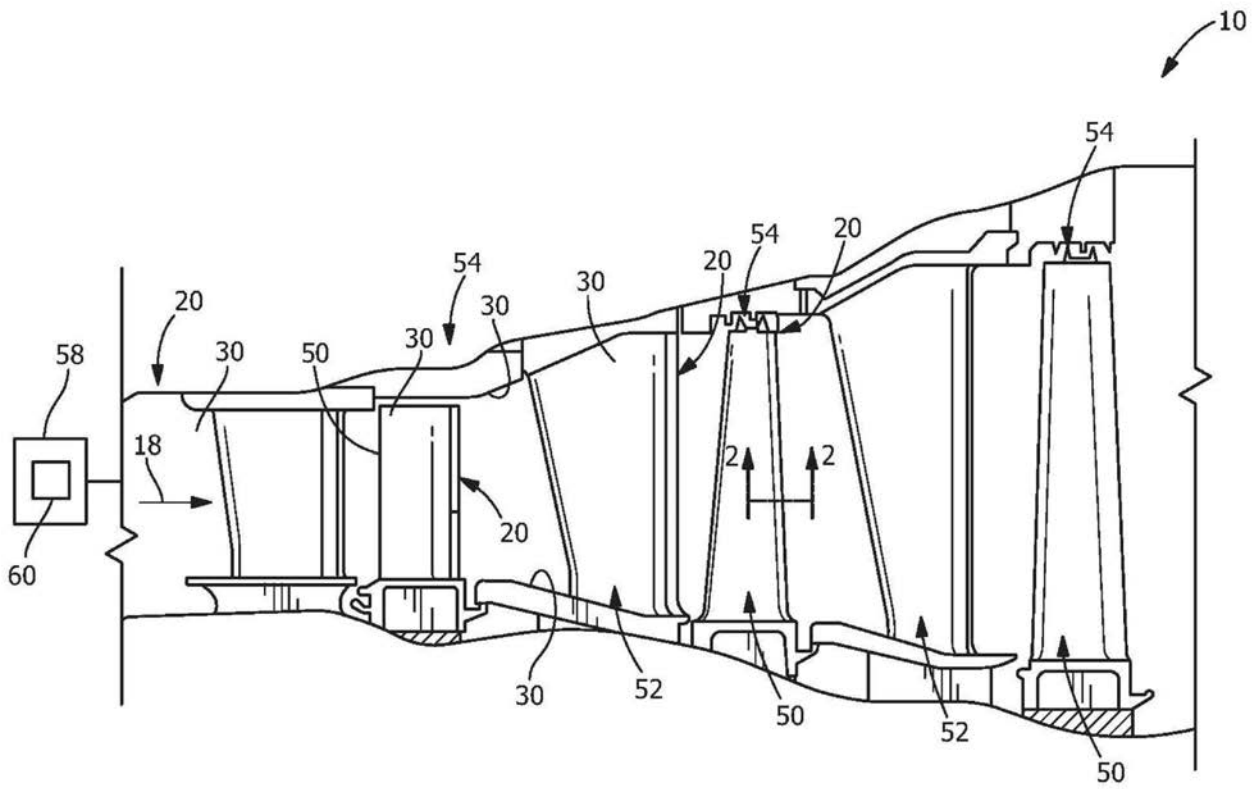


FIG. 1

【 図 2 】

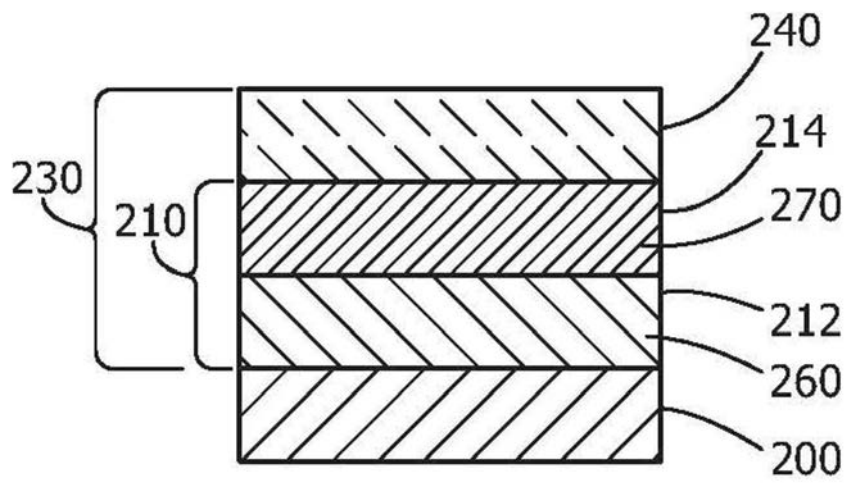


FIG. 2

【 図 3 】

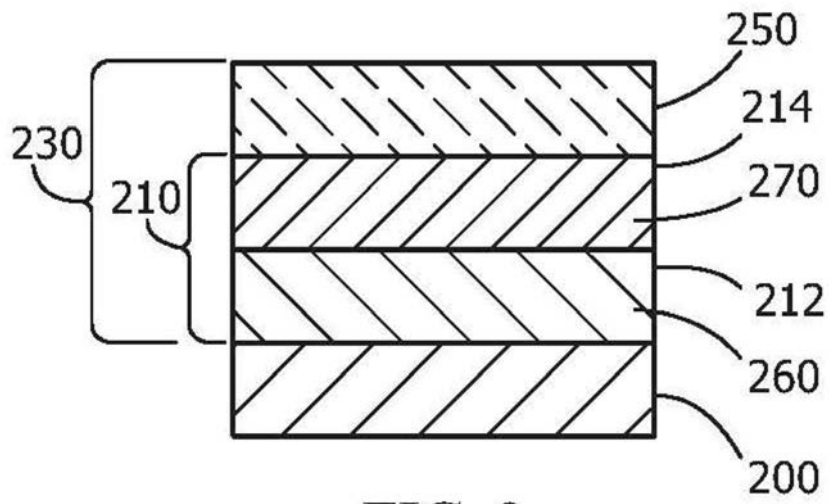


FIG. 3

【 図 4 】

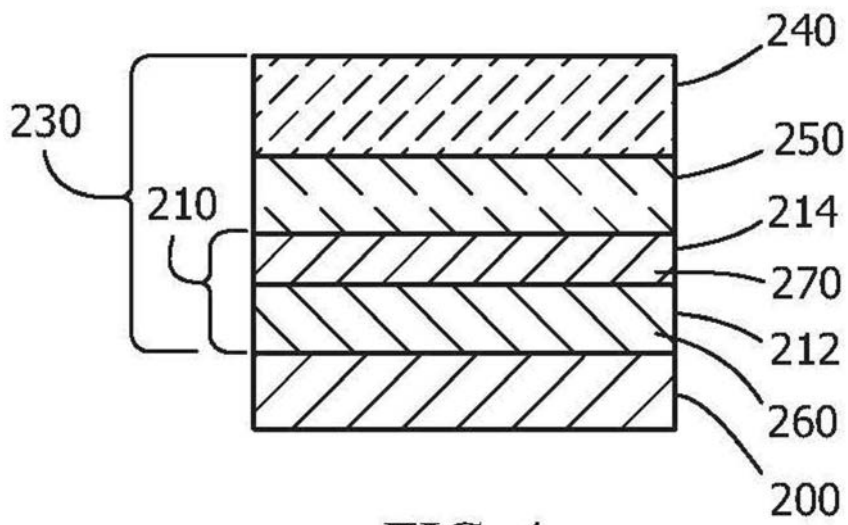


FIG. 4

【 図 5 】

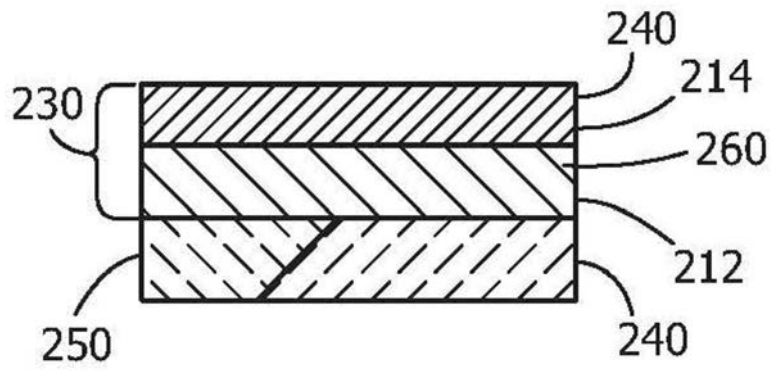


FIG. 5

【 図 6 】

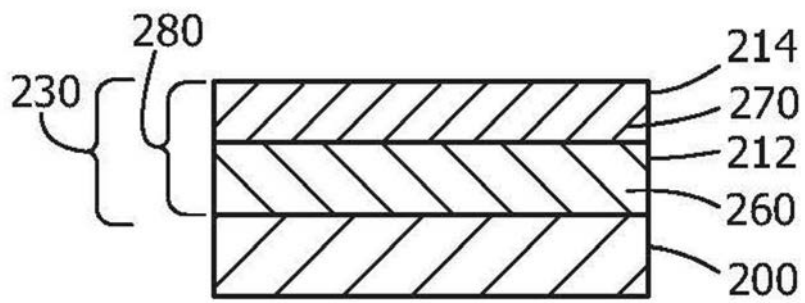


FIG. 6

【 図 7 】

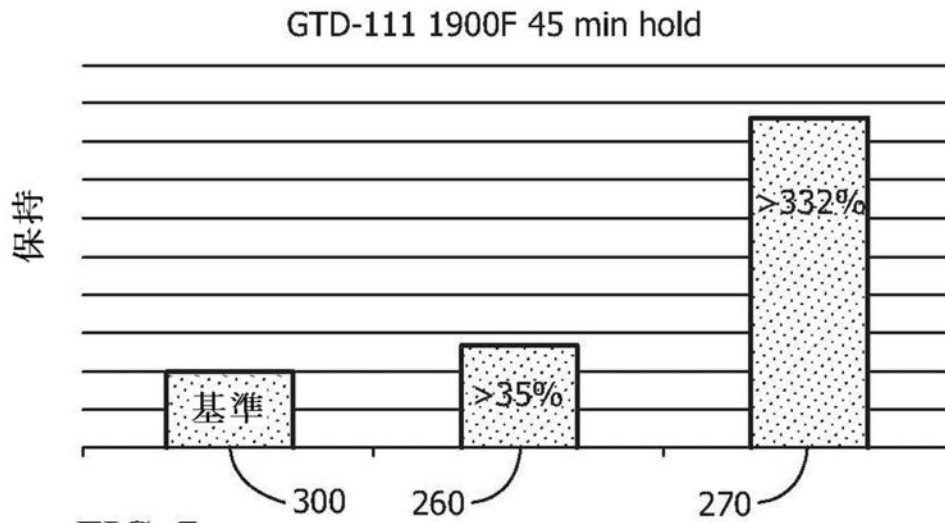


FIG. 7

【 図 8 】

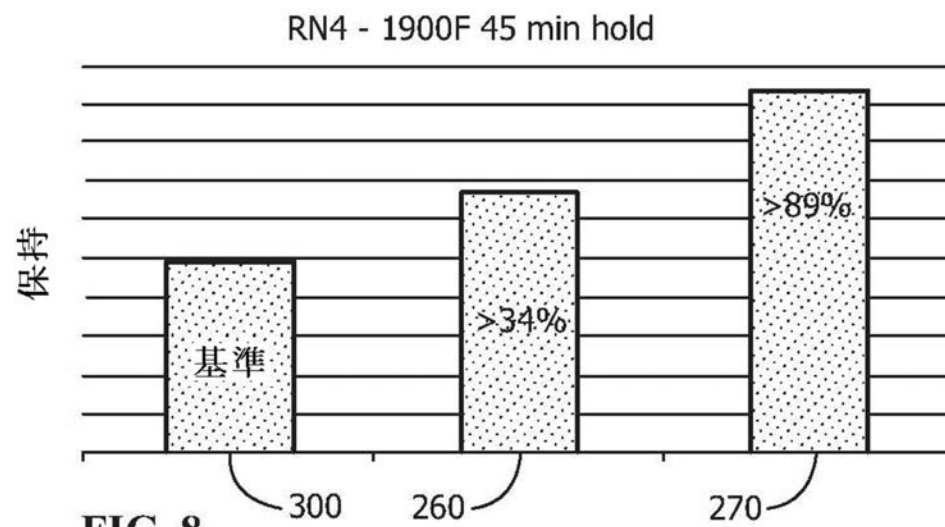


FIG. 8

【 図 9 】

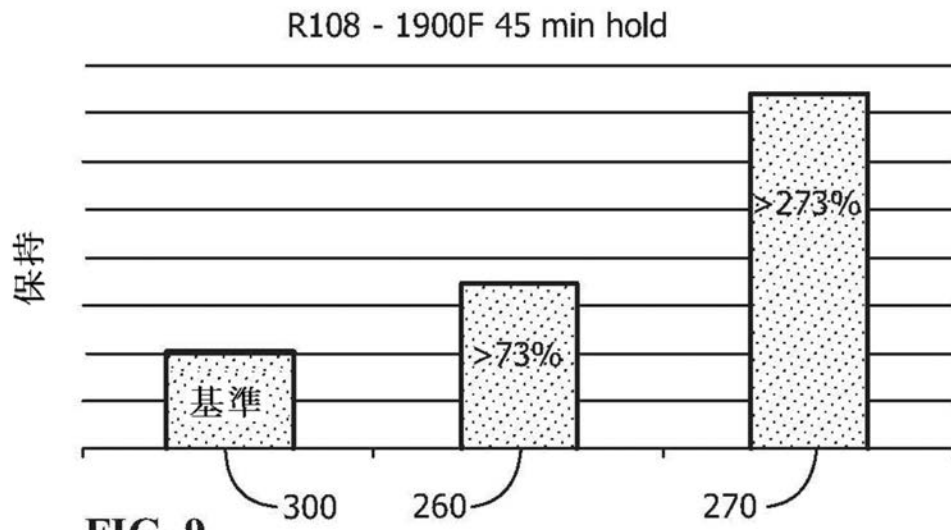


FIG. 9

フロントページの続き

(72)発明者 スリンダー・シン・パブラ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

(72)発明者 キヴィルシム・オナル

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

Fターム(参考) 4K029 AA02 BA24 BA25 BB02 BB08 BC10 BD03 CA01 DB04 DB21

4K031 AA02 AB03 AB04 AB08 CB22 CB26 CB27 CB29 DA04

4K044 AA02 AA06 AB10 BA02 BA06 BA10 BB03 BB04 BC02 BC11

BC12 CA11 CA13 CA21

【外国語明細書】
2014198902000001.pdf