

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4162394号  
(P4162394)

(45) 発行日 平成20年10月8日 (2008. 10. 8)

(24) 登録日 平成20年8月1日 (2008. 8. 1)

(51) Int. Cl.

F I

**C 2 3 C** 10/30 (2006. 01)  
**C 2 2 C** 19/03 (2006. 01)  
**C 2 2 C** 21/00 (2006. 01)  
**C 2 3 C** 10/26 (2006. 01)

C 2 3 C 10/30  
 C 2 2 C 19/03 H  
 C 2 2 C 21/00 N  
 C 2 3 C 10/26

請求項の数 10 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-321317 (P2001-321317)  
 (22) 出願日 平成13年10月19日 (2001. 10. 19)  
 (65) 公開番号 特開2002-266064 (P2002-266064A)  
 (43) 公開日 平成14年9月18日 (2002. 9. 18)  
 審査請求日 平成16年9月22日 (2004. 9. 22)  
 (31) 優先権主張番号 09/693077  
 (32) 優先日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC CO  
 MPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタデイ、リバーロード、1 番  
 (74) 代理人 100093908  
 弁理士 松本 研一  
 (72) 発明者 ジェフリー・アラン・ファエントナー  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ブルー・ア  
 シュ、レスリー・アベニュー、4 5 1 4 番  
 (72) 発明者 ジョセフ・デビッド・リグナー  
 アメリカ合衆国、オハイオ州、ミルフォード、  
 ディアヘイヴン・コート、1 0 9 7 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ニッケル基物品の表面を耐食性アルミニウム合金層で保護する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品表面を保護する方法であって、  
 ニッケル基合金製の物品を用意する段階、  
 アルミニウムと他の 1 種以上の元素を含有するドナー合金を調製する段階、  
 ドナー合金を物品の被保護表面に施工する段階であって、ドナー合金を物品の被保護表面に接触させる段階と、物品及びドナー合金を、ドナー合金の絶対固相線温度の  $\frac{7}{10}$  に相当する温度を上回るが、ドナー合金が物品の被保護表面に接触した凝縮相の形態に留まる被覆温度に加熱する段階とを含む段階、及び  
 しかる後に、ドナー合金を物品の被保護表面中に相互拡散させる段階  
 を含んでなる方法。

【請求項 2】

物品を用意する段階がガスタービンエンジンの部品 ( 2 0 ) を用意する段階を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

物品を用意する段階がガスタービン翼形部 ( 2 2 ) を用意する段階を含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

物品の被保護表面が物品の内面 ( 3 6 ) である、請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

10

20

物品の被保護表面が物品の外表面(38)である、請求項1記載の方法。

【請求項6】

物品の被保護表面が物品の内表面(36)と外表面(38)を含む、請求項1記載の方法。

【請求項7】

ドナー合金を調製する段階が、アルミニウムと、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、イットリウム、セリウム、白金、パラジウム及びこれらの混合物からなる群から選択される1種以上の他の元素とのドナー合金を調製する段階を含む、請求項1記載の方法。

【請求項8】

ドナー合金を調製する段階が、アルミニウムとドナー合金の30重量%以下の量のクロムとを含むドナー合金を調製する段階を含む、請求項1記載の方法。

10

【請求項9】

物品表面の保護方法であって、

物品の外表面と連通しているとともに内部被保護表面(36)を有する内部通路(34)を有するニッケル基合金製物品を用意する段階、

アルミニウムと他の1種以上の元素を含有するドナー合金を調製する段階、

ドナー合金を物品の内部被保護表面(36)に施工する段階であって、ドナー合金を物品の内部被保護表面(36)に接触させる段階と、物品及びドナー合金を、ドナー合金の絶対固相線温度の $7/10$ に相当する温度を上回るが、ドナー合金が物品の被保護表面に接触した凝縮相の形態に留まる被覆温度に加熱する段階とを含む段階、及び

しかる後に、ドナー合金を物品の内部被保護表面(36)中に相互拡散させる段階を含んでなる方法。

20

【請求項10】

前記物品がさらに外表面(38)も有しており、当該方法が、外部保護皮膜(44)を外表面(38)に施工する追加段階を含む、請求項9記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ニッケル基物品をアルミニウム合金の表面保護層で保護する方法に関し、特にガスタービン翼形部の内面の保護に関する。

【0002】

30

【従来の技術】

航空機ガスタービン(ジェット)エンジンでは、空気をエンジンの前方から取り込み、シャフトに装着された圧縮機で圧縮して、燃料と混合する。混合気を燃焼し、高温排気ガスを同一シャフトに装着したタービンに通す。燃焼ガスの流れはタービン動翼及び静翼の翼形部に衝突してタービンを回転し、もってシャフトを回転し、圧縮機及びファンに動力を供給する。さらに複雑な形式のガスタービンエンジンでは、圧縮機と高圧タービンを1本のシャフトに装着し、ファンと低圧タービンを別のシャフトに装着する。いずれの場合も、高温排気ガスはエンジン後方から流出し、エンジンと航空機を前方に推進する。

【0003】

燃焼ガス温度が高いほど、ジェットエンジンの作動効率は高まる。そのため、燃焼ガス温度を高めることが奨励される。燃焼ガスの最高温度は一般に高温燃焼ガスが衝突するタービンの静翼及び動翼の製造に用いられる材料によって制限される。現行エンジンでは、タービン静翼及び動翼はニッケル基超合金で製造され、約1900~2150°Fまでの温度で作動可能である。

40

【0004】

タービン動翼及び静翼の翼形部の作動温度限界を現在のレベルまで高めるのに様々な方策が用いられてきた。例えば、基板材料自体の組成及び加工法が改良され、方向性結晶組織及び単結晶組織の利点を活用するための様々な凝固技術が開発されてきた。

【0005】

物理的冷却技術も使用し得る。ある冷却技術では、タービン翼形部の内部に内部冷却通路

50

が存在する。空気を内部冷却通路に流して翼形部外面の開口から外に出して、翼形部の内部から熱を奪い、場合によっては翼形部の表面に低温空気の境界層を形成する。

【 0 0 0 6 】

以上の方法と併せて、タービン翼形部の外面及び内面の腐食や酸化を防止するため皮膜（コーティング）及び保護表面層が用いられている。例えば、内部冷却通路の表面は拡散アルミナイド皮膜で保護することができ、拡散アルミナイド皮膜は酸化して酸化アルミニウム保護スケールとなり、それ以上の内面の酸化を防ぐ。内部拡散アルミナイド保護層を形成するアルミニウム皮膜の施工法は、化学蒸着、気相アルミナイズング、アバブザバック法を始め、多数知られている。

【 0 0 0 7 】

本発明に至るまでの研究において、本発明者らは、保護層の耐酸化性及び／又は耐食性の向上にはアルミニウムと共に他の元素を同時堆積するのが望ましいという知見を得た。現在利用可能な堆積方法には、合金の組成をうまく制御しながら、アルミニウムの他に改質元素をも含む合金を内面に施工するのが難しいという短所がある。そのため、現在利用可能な方法は、主として、アルミニウムと同時に堆積させる合金元素の有益な効果を活用した複雑な拡散アルミナイド合金よりも単純な拡散アルミナイドを施工することに向けられている。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、物品の表面、特にガスタービン翼形部のような物品の内面の特定の部位にアルミニウム含有保護層を堆積するための改良法に対するニーズが存在する。本発明はこのニーズに応えたとともに、関連した効果をもたらす。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、ニッケル基超合金で作られたガスタービン翼形部のような物品の表面を保護する方法を提供する。この方法は、制御の難しい気相の特性によらずに、凝縮相合金の合金含量を変化させることによって、被保護表面に施工される保護層の組成を確立することができる。その結果、複雑な拡散アルミナイド保護層を被保護表面に施工でき、合金元素による有益な特性を活用することができる。この方法は、内部及び外部被保護表面いずれの調製にも容易に使用できるが、内面を保護するときに最大の効果が得られる。

【 0 0 1 0 】

物品の表面を保護する方法では、ニッケル基合金製の物品を用意する。アルミニウムと他の１種以上の元素を含有するドナー合金を調製し、物品の被保護表面に施工する。この施工段階は、ドナー合金を物品の被保護表面に接触させる段階と、物品及びドナー合金を、ドナー合金の絶対固相線温度の約 0.7 を上回るが、ドナー合金が物品の被保護表面に接触した凝縮相の形態に留まる被覆温度に同時に加熱する段階とを含む。被覆温度は好ましくは約 1700 ~ 2100 °F である。しかる後、ドナー合金を物品の被保護表面中に部分的又は完全に相互拡散させる。相互拡散は所望の相互拡散度の達成に必要なだけ継続するが、典型的には上記被覆温度で約 1 ~ 10 時間実施される。

【 0 0 1 1 】

現時点で最も重要な物品は、ガスタービンエンジンの部品、例えばガスタービン翼形部である。内面及び外面共に保護できるが、その他のタイプの被覆源から内部被保護表面への視野方向のアクセスが存在しないため内部被保護表面を皮膜及び保護層で保護するのが格段に難しいことから、内部被保護表面が最も重要である。

【 0 0 1 2 】

アルミニウム合金は他の１種以上の元素を含むが、その具体例としては、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、イットリウム、セリウム、白金、パラジウム及びこれらの混合物が挙げられる。具体例は、アルミニウム + 合金の約 30 重量% 以下の量のクロム；アルミニウム + 合金の約 64 重量% 以下の量の白金；アルミニウム + 合金の約 60 重量% 以下の量のパラジウム；アルミニウム + 合金の約 50 重量% 以下の量のジルコニウム；アルミニウ

10

20

30

40

50

ム + 合金の約 6 9 重量 % 以下の量のハフニウム ; アルミニウム + 合金の約 6 0 重量 % 以下の量のイットリウム ; アルミニウム + 合金の約 4 0 重量 % 以下の量のセリウムである。ケイ素のような融点降下剤を合金に加えてもよい。好ましいケイ素融点降下剤の場合、合金のケイ素含量は好ましくは合金の約 2 0 重量 % 以下である。本発明の特に有益な利点は 2 種以上の元素からなるドナー合金の調製及び使用が容易であることであり、2 種以上の元素を制御しながら同時に堆積するのが非常に難しい気相堆積法とは明らかに区別される。

#### 【 0 0 1 3 】

合金は適当な方法で保護すべき物品の表面に搬送し得る。具体例はスラリー及びフォームである。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明は、アルミニウムが蒸気相を介して供給源から表面まで比較的長い距離搬送される従来の内面のアルミナイジング法とは異なる。蒸気源は保護すべき表面から数インチ離れることもあるが、本発明では凝縮相のドナー合金が保護すべき表面と物理的に直接接している。アルミニウムと合金元素（複数でもよい）のように複数の異なる元素の蒸気輸送の相対速度は、常に一定の組成を保つように制御するのが難しい。これに対して、本発明の方法では、アルミニウムと 1 種以上の合金元素のドナー合金源は保護すべき表面と物理的に直接接した凝縮相にあり、好ましくは基板表面上でドナー合金の連続又は不連続層の形態にある。本明細書中で用いる「凝縮相」とは、蒸気以外の、固体、液体又は固体と液体の混合物をいう。大抵の場合、アルミニウムと合金元素を共に含んだドナー合金は実質的にすべて被保護表面中に拡散するので、外部供給源から導入した元素のすべて尾量が確実に分かる。被覆温度では元素の蒸気圧が存在するためドナー合金の若干の付随的な蒸発とその後の再堆積が起こり得るが、被保護表面へのドナー合金の元素の支配的な移動の態様は、ドナー合金中での固相及び / 又は液相拡散とニッケル基合金中での固相拡散であることが認められる。

#### 【 0 0 1 5 】

被覆温度は、ドナー合金の絶対固相線温度の約 0 . 7 を上回るが、ドナー合金が凝縮相でなくなるほど高くはない。（絶対温度で測定した温度と絶対温度で測定した合金の固相線温度との比は「相同温度（homologous temperature）」とも呼ばれるが、この場合、被覆温度は相同温度約 0 . 7 を超える温度である。）。被覆温度はドナー合金の固相線温度を超えて少なくとも幾つかの液相が存在するようになってよい。ドナー合金の大部分が、処理すべき被保護表面と接した凝縮相（すなわち固体、液体又は液体と固体の混合物）に留まることが極めて重要である。

#### 【 0 0 1 6 】

本発明のその他の特徴及び利点は、添付の図面と併せて、好ましい実施形態に関する以下の詳細な説明から明らかとなろう。図面は本発明の原理を例示したものである。本発明の技術的範囲はこの好ましい実施形態に限定されない。

#### 【 0 0 1 7 】

##### 【 発明の実施の形態 】

図 1 に、タービン動翼やタービン静翼のようなガスタービンエンジンの構成物品を示したもので、この図では特にタービン動翼 2 0 を示す。タービン動翼 2 0 は実施可能なあらゆる材料で形成し得るが、好ましくはニッケル基超合金である。タービン動翼 2 0 は翼形部 2 2 を含んでおり、そこに高温排気ガスの流れが導かれる。（タービン静翼は翼形部については同様の外観を有するが、典型的には他端にも翼形部を支持する構造を有する。）。タービン動翼 2 0 は翼形部 2 2 から下方に延在したダブテール 2 4 によってタービンディスクのスロットと係合してタービンディスク（図示せず）に装着される。翼形部 2 2 とダブテール 2 4 とがつながる領域から長さ方向外側にブラットホーム 2 6 が延在している。翼形部 2 2 内部には多数の内部通路が延在し、翼形部 2 2 表面の開口 2 8 を終端とする。稼働中、冷却空気の流れを内部通路に通して翼形部 2 2 の温度を下げる。翼形部 2 2 はダブテール 2 4 に隣接して根元部 3 0 を有しており、ダブテール 2 4 とは反対側に翼先端 3 2 を有していると述べることもできる。

## 【 0 0 1 8 】

図 2 は翼形部 2 2 の長さ方向断面図で、翼形部 2 2 の内部を貫通した内部通路 3 4 の一つを示す。内部通路 3 4 は翼形部内面 3 6 を有し、翼形部 2 2 の金属部分の翼形部外面 3 8 も図示されている。

## 【 0 0 1 9 】

翼形部の被保護内面 3 6 には保護領域 4 0 が存在する。保護領域 4 0 は、翼形部の被保護内面 3 6 にアルミニウムと他の 1 種以上の元素のドナー合金を堆積することにより形成され、翼形部 2 2 の本体は基板又は支持体 4 2 として働く。（「被保護表面」という用語は、既に保護されている表面、又は保護領域の形成によって保護すべき表面で保護される前の表面のいずれかを意味する。）。ドナー合金は、通例、被保護表面と接した固体又は液体層の形態で堆積される。他の 1 種以上の（合金）元素は、例えば、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、イットリウム、セリウム、白金、パラジウム及びこれらの混合物、又は後述の方法で適宜施工し得る元素とし得る。堆積したドナー合金を基板 4 2 の材料と相互拡散させ、翼形部の被保護内面 3 6 の下に保護領域 4 0 を形成する。殆どの場合、保護領域 4 0 の組成は、翼形部の被保護内面 3 6 近くでドナー合金由来のアルミニウムと他の 1 種以上の元素の濃度が最も高く、翼形部の被保護内面 3 6 から基板 4 2 内部への距離が増すにつれて濃度が減少する。改質拡散アルミナイド保護領域 4 0 の厚さは典型的には約 0 . 0 0 0 5 ~ 約 0 . 0 0 5 インチである。高温酸化性環境に暴露されると、翼形部の被保護内面 3 6 のアルミニウム富化領域は酸化され、翼形部の被保護内面 3 6 に密着性の高い酸化アルミニウム（ $Al_2O_3$ ）保護スケールを形成し、それ以上の酸化損傷を阻止し、抑制する。他の 1 種以上の元素は保護領域 4 0 の耐酸化性及び / 又は耐食性を改質し、向上させる。翼形部外面 3 8 に施工されるオーバーレイ皮膜（後述）は、適当な堆積法が知られていないので翼形部の被保護内面 3 6 に使用しない。

## 【 0 0 2 0 】

翼形部外面 3 8 を保護してもよく、図 2 にその一例を示す。保護皮膜 4 4 は翼形部外面 3 8 上にあってこれと接している。保護皮膜 4 4 は、翼形部外面 3 8 上にあってこれと接する保護層 4 6 を有する。保護層 4 6 は好ましくは拡散アルミナイド又はオーバーレイ組成物からなる。拡散アルミナイドを用いる場合、これは単純な拡散アルミナイドであってもよいし、保護領域 4 0 に関して述べたような改質拡散アルミナイドであってもよい。オーバーレイ保護皮膜を用いる場合、これは好ましくは M C r A l X 型のものである。「M C r A l X」という用語は、遮熱コーティング系における耐環境性皮膜又はボンドコートとして使用し得るオーバーレイ保護層 4 6 の様々な群に関する当技術分野での略語である。この式及び他の式において、M はニッケル、コバルト、鉄及びこれらの組合せを表す。これらの保護皮膜のあるものでは、クロムを除いてもよい。X はハフニウム、ジルコニウム、イットリウム、タンタル、レニウム、ルテニウム、パラジウム、白金、ケイ素、チタン、ホウ素、炭素及びこれらの組合せのような元素を表す。具体的な組成物は当技術分野で公知である。M C r A l X 組成物の具体例としては、例えば N i A l C r Z r 及び N i A l Z r があるが、これらに限定されない。保護層 4 6 の厚さは約 0 . 0 0 0 5 ~ 約 0 . 0 1 0 インチである。このような保護層 4 6 は当技術分野で公知である。

## 【 0 0 2 1 】

任意には、セラミック層 4 8 が保護層 4 6 上にあってこれと接している。セラミック層 4 8 は好ましくはイットリア安定化ジルコニアであり、これは約 2 ~ 約 2 0 重量%、好ましくは約 3 ~ 約 8 重量%の酸化イットリウムを含有する酸化ジルコニウムである。セラミック層 4 8 の厚さは典型的には約 0 . 0 0 3 ~ 約 0 . 0 1 0 インチである。他の適当なセラミック材料も使用し得る。セラミック層 4 8 が存在しないとき、保護層 4 6 は「耐環境性皮膜」と呼ばれる。セラミック層 4 8 が存在するときは、保護層 4 6 は「ボンドコート」と呼ばれる。

## 【 0 0 2 2 】

図 3 に、本発明の方法の実施のための好ましい順序を示す。段階 6 0 で物品、この例では、タービン動翼 2 0 やタービン静翼にみられるような翼形部 2 2 を用意する。物品は適宜

10

20

30

40

50

実施可能な方法で用意される。タービン動翼翼形部の場合、タービン動翼は内部通路 3 4 を有する状態で凝固したものでもよいし、中実体として凝固して中実体内部に内部通路を研削加工してもよいし、或いはこれらを組合せた方法を用いてもよい。

#### 【 0 0 2 3 】

物品はニッケル基合金から作られる。本明細書中で用いる「金属基」という用語は、その組成物に標記の金属が他の元素よりも多量に含まれることを意味する。例えば、ニッケル基合金は他の元素よりもニッケルを多く含む。ニッケル基合金はニッケル基超合金（相又は関連相の析出によって強化した組成物であることを意味する）であってもよい。典型的なニッケル基合金は、重量％で、コバルト約 1 ~ 2 5 %、クロム約 1 ~ 2 5 %、アルミニウム 0 ~ 約 8 %、モリブデン 0 ~ 約 1 0 %、タングステン 0 ~ 約 1 2 %、タンタル 0 ~ 約 1 2 %、チタン 0 ~ 約 5 %、レニウム 0 ~ 約 7 %、ルテニウム 0 ~ 約 6 %、ニオブ 0 ~ 約 4 %、炭素 0 ~ 約 0 . 2 %、ホウ素 0 ~ 約 0 . 1 5 %、イットリウム 0 ~ 約 0 . 0 5 %、ハフニウム 0 ~ 約 1 . 6 %、残部のニッケル及び不可避免的不純物という組成を有する。

10

#### 【 0 0 2 4 】

段階 6 2 で、アルミニウムと他の 1 種以上の（合金）元素とを含むドナー合金を調製する。他の 1 種以上の元素は、引続き処理した後の最終製品における保護領域 4 0 の特性を改良すべく選択される元素である。最も重要な他の 1 種以上の元素の具体例としては、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、イットリウム、セリウム、白金、パラジウム及びこれらの混合物が挙げられる。さらに好ましい例として、アルミニウムとドナー合金の約 3 0 重量％以下の有効量のクロムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 6 4 重量％以下の有効量の白金とを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 6 0 重量％以下の有効量のパラジウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 5 0 重量％以下の有効量のジルコニウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 6 9 重量％以下の有効量のハフニウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 6 0 重量％以下の有効量のイットリウムとを含むドナー合金、及びアルミニウムとドナー合金の約 4 0 重量％以下の有効量のセリウムとを含むドナー合金がある。これらの量を超えると、相同温度が低くなりすぎて基板ニッケル基合金との適合性に欠けるようになり、相互拡散不良を招いたり、ドナー合金の非拡散成分が表面に残存する可能性や、表面内部へのアルミニウム及び改質元素の移行が不十分となる可能性がある。さらに一段と好ましい例として、アルミニウムとドナー合金の約 2 ~ 3 0 重量％の量のクロムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 4 ~ 6 4 重量％の量の白金とを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 4 ~ 6 0 重量％の量のパラジウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 0 . 1 ~ 5 0 重量％の量のジルコニウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 0 . 1 ~ 6 9 重量％の量のハフニウムとを含むドナー合金、アルミニウムとドナー合金の約 0 . 1 ~ 6 0 重量％の量のイットリウムとを含むドナー合金、及びアルミニウムとドナー合金の約 0 . 1 ~ 4 0 重量％の量のセリウムとを含むドナー合金がある。ドナー合金中の添加元素の量が上記範囲を下回ると、添加元素の量が少なすぎて保護領域の特性に実質的になんら有益な効果を与えない。

20

30

#### 【 0 0 2 5 】

ドナー合金は、所望の多成分組成をもつ固体ドナー合金を形成することによって 1 種以上の添加元素を含んでいてもよい。対照的に、気相プロセスでは添加元素を 1 種類加えただけでも供給源から皮膜への移送が非常に困難であり、また、元素ごとに蒸発速度及び蒸気拡散速度が異なるため複数の添加元素を用いることは不可能に近い。例えば、気相アルミナ化に用いられる供給源の一例はアルミニウム - クロム合金であるが、かかる合金上でのクロムの蒸気圧はアルミニウムの蒸気圧と比べると無視し得るほど小さく、そのため、気相で原料合金から堆積皮膜へと移送されるクロムは殆どない。

40

#### 【 0 0 2 6 】

ドナー合金の融点を下げるため融点降下剤をドナー合金に添加してもよい。好ましい融点降下剤は、ドナー合金の約 2 ~ 2 0 重量％の量のケイ素である。

50

## 【 0 0 2 7 】

ドナー合金は好ましくは、上記組成の合金粉末のように微粉状で供給される。タイプの異なる 2 以上の粉末を混合してドナー合金を形成してもよい。例えば、ドナー合金は、一方のタイプの粉末がアルミニウムを 1 種以上の添加元素と合金化したもので、もう一方のタイプの粉末が純アルミニウムその他合金化する前の粉末であるような粉末混合物であってもよい。このようにして広い範囲の組成物を得ることができる。

## 【 0 0 2 8 】

段階 6 4 で、ドナー合金を翼形部の被保護内面 3 6 に施工する。ドナー合金の施工は好ましくは二段階で行われる。段階 6 6 で、ドナー合金が被保護内面 3 6 上に凝縮相（つまり液体及び / 又は固体であるが、蒸気でも気体でもない）の連続もしくは不連続層又は皮膜として存在するようにドナー合金を被保護内面 3 6 に移送して、ドナー合金が凝縮状態で被保護内面と接するようにする。段階 6 8 で、物品とドナー合金を、ドナー合金の絶対固相線温度の約 0 . 7 を上回るが、ドナー合金が物品の被保護表面と接触した凝縮相の形態に留まる被覆温度に加熱する。被覆温度は、十分に高い拡散速度を達成するため、ドナー合金の絶対固相線温度の約 0 . 7 を上回っていなければならない。被覆温度は、凝縮相のドナー合金が沸騰又は昇華によって実質的に完全に蒸発してしまうほど高くしてはならない。さもなければ凝縮相拡散プロセスの利点が失われる。多数の基板材料の保護には、基板材料の金属学的又は加工処理上の要件により被覆温度の範囲に追加の制限が加わる。好ましい実施形態では、ニッケル基合金基板の時効サイクル又はある種の用途で使用される合金ろうと適合させるため、被覆温度は約 2 1 0 0 ° F 以下、好ましくは約 1 7 0 0 ° F ~ 約 2 1 0 0 ° F の範囲である。段階 6 6 と 6 8 は同時に行ってもよいし、段階 6 6 の後に段階 6 8 の順に行ってもよい。

## 【 0 0 2 9 】

ドナー合金から基板 4 2 内部へのアルミニウム及び他の元素の凝縮相拡散を可能にするため、合金は凝固相として被保護内面 3 6 と物理的に直接接していなければならない。その他の施工法では、原料は表面と物理的に直接接しておらず、往々にして表面から数インチ離れており、そのため堆積すべき元素が表面に到達するには、まず蒸発し、気相輸送により表面まで移動し、次いで表面に堆積することを要する。かかる場合、合金の各元素は大きく異なる速度で蒸発・拡散するので、表面に堆積する材料の組成を制御するのは困難である。本発明の場合、ドナー合金から基板内部への元素の拡散は固相又は液相拡散である。固相及び液相での元素の拡散速度は同一ではないが、基板に達する組成は、コーティング源からの異種元素の蒸発及び気相輸送を伴う方法で得られる場合よりもドナー合金の組成にはるかに近い。

## 【 0 0 3 0 】

段階 6 6 での被保護内面への凝縮相ドナー合金の輸送は実施可能な方法であればどんな方法で実施してもよい。典型的には、ドナー合金をキャリアと混合して、混合物を保護すべき表面に塗工する。好ましい方法はフォーム又はスラリーとして塗工するものである。フォーム法では、微粉ドナー合金をポリウレタンのような発泡剤と混合する。発泡混合物を内部通路 3 4 に注入する。後で加熱によりフォームが崩壊すると、微粉ドナー合金が被保護内面 3 6 上に堆積する。スラリー法では、微粉ドナー合金を液体アクリルのようなスラリー形成剤と混合する。この混合物を液体状態で内部通路 3 4 に注入して、スラリーで被保護表面 3 6 を被覆する。スラリー形成キャリアを蒸発・除去すると、被保護表面 3 6 に堆積したドナー合金が残る。

## 【 0 0 3 1 】

段階 7 0 で、被保護内面 3 6 のドナー合金が被保護表面内部に相互拡散するのに十分な時間、物品とドナー合金を被覆温度に維持する。被覆温度範囲での好ましい相互拡散時間 7 0 は約 1 ~ 約 1 0 時間であり、図 2 に示すような保護領域 4 0 が生ずる。

## 【 0 0 3 2 】

任意には、保護すべき表面を、酸化物その他の拡散阻害物質を基板 4 2 の表面から除去する洗浄剤（含ハライドクリーナー）で洗浄及びフラックス処理してもよい。塩化アンモニ

10

20

30

40

50

ウムやフッ化アンモニウムや塩化クロムのような水溶性の洗浄材は、溶剤に溶解し、この溶液に物品を浸漬し乾燥することなどによって溶液を表面に塗布すればよい。その結果、保護すべき表面に洗浄材料の乾燥フィルムが形成される。別法として、三フッ化アルミニウムのような洗浄材をキャリアと混合して表面に塗布してもよい。

【0033】

外面38は任意段階ではあるが好ましくは段階72で保護する。まず、段階74で外側保護層46を施工する。外側保護層46は実施可能な方法であればどんな方法で施工してもよい。例えば、段階64で用いたのと同じ方法を段階74でも用いてもよい。この場合、段階64と74は同時に実施し得る。その他、気相アルミナライジング、アパブザパックアルミナライジングなど公知の拡散アルミナライジング法を段階74で用いてもよい。この場合、段階74は段階64の前、後又は同時に実施し得る。

10

【0034】

一方、外側保護層46はオーバーレイ皮膜であってもよい。オーバーレイ保護皮膜46は、これを用いる場合、好ましくはMCrAlX型である。外側保護層46は、物理蒸着（例えばスパッタリング、陰極アーク、電子ビームなど）又は溶射のような実施可能な方法で堆積すればよい。保護層46の厚さは好ましくは約0.0005～約0.010インチ、最も好ましくは約0.002～約0.007インチである。この場合、段階74は段階64の前、後又は同時に実施し得る。

【0035】

任意には、段階76で、外側保護層46の上にセラミック層48を施工してもよい。セラミック層48の厚さは好ましくは約0.003～約0.010インチ、最も好ましくは約0.005インチである。（図2は縮尺通りではない。）。セラミック層48は好ましくはイットリア安定化ジルコニアであり、これは約2～約20重量%、好ましくは約3～約8重量%の酸化イットリウムを含有する酸化ジルコニウムである。その他の適当なセラミック材料も使用し得る。セラミック層48は物理蒸着や溶射のような実施可能な方法で堆積すればよい。段階76は、これを用いる場合、段階74（用いる場合）の後、通常は段階64の後に実施する。

20

【0036】

以上、例示を目的として本発明の特定の実施形態について詳細に説明してきたが、本発明の技術的思想及び技術的範囲から逸脱することなく、様々な変更及び修正を行うことができる。よって、本発明は特許請求の範囲以外の事項で限定されるものではない。

30

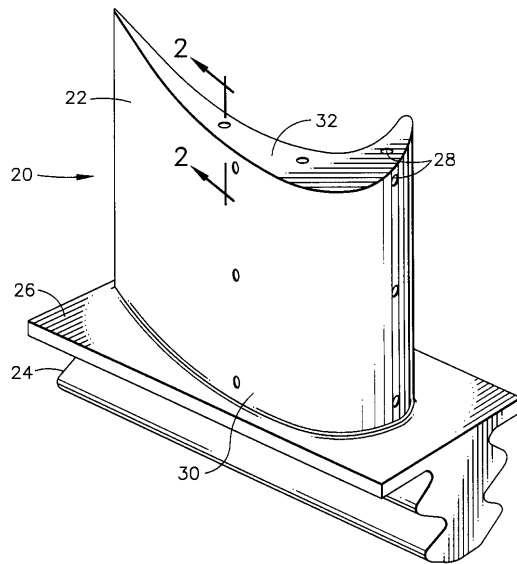
【図面の簡単な説明】

【図1】 タービン動翼の斜視図。

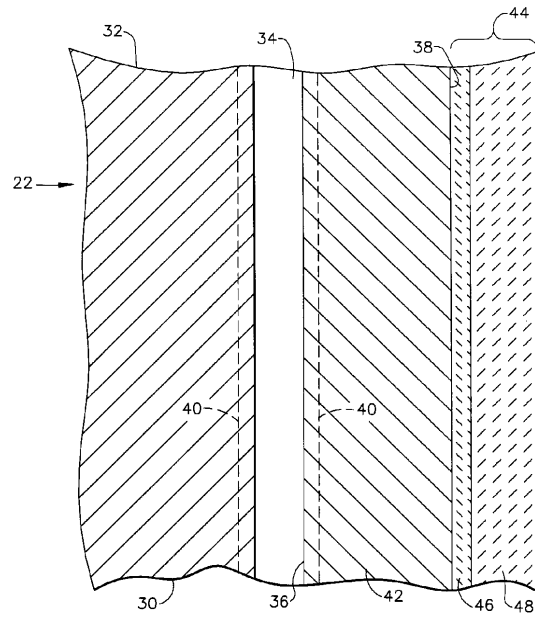
【図2】 図1のタービン動翼の矢視2-2拡大断面図。

【図3】 内部通路を被覆したガスタービン翼形部の製造方法を示すブロックフロー図。

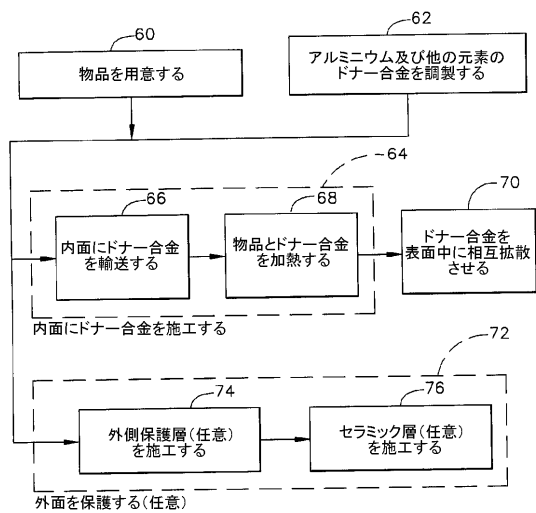
【図 1】



【図 2】



【図 3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マイケル・ジェームズ・バイマー

アメリカ合衆国、オハイオ州、ラブランド、マイアミ・トレイルズ・ドライブ、6607番

審査官 瀬良 聡機

(56)参考文献 特開平08-260128(JP,A)

特開昭54-047836(JP,A)

特開平05-156423(JP,A)

特開平09-177501(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 8/00-12/02