

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4405188号  
(P4405188)

(45) 発行日 平成22年1月27日(2010.1.27)

(24) 登録日 平成21年11月13日(2009.11.13)

(51) Int.Cl.

F 1

C 23 C 30/00	(2006.01)	C 23 C 30/00	A
C 23 C 14/14	(2006.01)	C 23 C 14/14	G
C 23 C 14/16	(2006.01)	C 23 C 14/16	Z
F 01 D 5/28	(2006.01)	F 01 D 5/28	
F 01 D 25/00	(2006.01)	F 01 D 25/00	L

請求項の数 9 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-182066 (P2003-182066)
(22) 出願日	平成15年6月26日 (2003.6.26)
(65) 公開番号	特開2004-43968 (P2004-43968A)
(43) 公開日	平成16年2月12日 (2004.2.12)
審査請求日	平成18年6月21日 (2006.6.21)
(31) 優先権主張番号	10/064, 273
(32) 優先日	平成14年6月27日 (2002.6.27)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

## 前置審査

(73) 特許権者	390041542 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー GENERAL ELECTRIC COMPANY アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人	100137545 弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人	100105588 弁理士 小倉 博
(74) 代理人	100129779 弁理士 黒川 俊久
(72) 発明者	チーチェン・チャオ アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ラザム、ダイク・ロード、35番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】耐熱性物品及びその製作方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物品(100)を保護するために金属製基材(102)上に配置された実質的に単相の皮膜(104)であって、

ニッケル(Ni)、原子百分率で少なくとも30%のアルミニウム(Al)、原子百分率で0.1%までの炭素及び原子百分率で0.1%までのボロンを含み、また該皮膜(104)は、Al組成の勾配を更に含み、該勾配は、前記皮膜(104)の外側表面(106)での第1のAl濃度レベルから前記実質的に単相の皮膜(104)と前記基材(102)との間の界面での第2のAl濃度レベルまでにわたっており、

前記第1のAl濃度レベルは、前記第2のAl濃度レベルよりも大きく、また該第2の濃度レベルは、原子百分率で少なくとも30%のAlである、

ことを特徴とする皮膜(104)。

## 【請求項 2】

クロム(Cr)、ジルコニア( Zr )、原子百分率で20%までのコバルト(Co)及び原子百分率で20%までの鉄(Fe)のうちの少なくとも1つを更に含むことを特徴とする、請求項1に記載の皮膜(104)。

## 【請求項 3】

前記Crは、原子百分率で15%までの濃度で存在することを特徴とする、請求項2に記載の皮膜(104)。

## 【請求項 4】

10

20

前記 Zr は、原子百分率で 2 %までの濃度で存在することを特徴とする、請求項 2 に記載の皮膜(104)。

**【請求項 5】**

ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、ケイ素(Si)、チタン(Ti)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、及びタンタル(Ta)からなる群から選定された少なくとも 1 つの元素を更に含むことを特徴とする、請求項 2 に記載の皮膜(104)。

**【請求項 6】**

物品(100)を保護するための皮膜(104)であって、

基材(102)上に配置された実質的に単相のB2型構造のニッケルアルミニド皮膜(104)を含み、10

該皮膜(104)は、Ni、Cr、Zr、原子百分率で 20 %までのCo、原子百分率で 20 %までのFe、及び原子百分率で少なくとも 30 %のAlを含み、また該皮膜(104)は、Al組成の勾配を更に含み、該勾配は、前記皮膜(104)の外側表面(106)での第1のAl濃度レベルから前記実質的に単相の皮膜(104)と前記基材(102)との間の界面(108)での第2のAl濃度レベルまでにわたっており、

前記第1のAl濃度レベルは、前記第2のAl濃度レベルよりも大きく、また該第2の濃度レベルは、原子百分率で少なくとも 30 %のAlである、ことを特徴とする皮膜(104)。10

**【請求項 7】**

金属製基材(102)と、20

該基材(102)上に配置された実質的に単相である、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の皮膜(104)と、  
を含む物品(100)。

**【請求項 8】**

高温酸化環境から物品(100)を保護するための方法であって、

金属製基材(102)を準備する段階と、

ニッケル(Ni)、アルミニウム(Al)、クロム(Cr)、ジルコニウム(Zr)、原子百分率で 20 %までのコバルト(Co)、及び原子百分率で 20 %までの鉄(Fe)を含む第1の皮膜(104)層を前記基材(102)上に配置する段階と、30

電子ビーム物理蒸着及びイオンプラズマ蒸着からなる群から選定された物理蒸着技術を用いて、本質的にアルミニウムからなる第2の皮膜(104)層を前記第1の皮膜(104)層の上に配置する段階と、

該第1の皮膜(104)層を前記第2の皮膜(104)層と反応させて実質的に単相の反応皮膜層(104)を形成し、該反応皮膜層(104)が、B2型構造のニッケルアルミニドを含み、かつ該反応皮膜層(104)の外側表面(106)での第1のAl濃度レベルから前記実質的に単相の皮膜(104)と前記基材(102)との間の界面(108)での第2のAl濃度レベルまでにわたり、前記第1のAl濃度レベルが前記第2のAl濃度レベルよりも大きくまた該第2の濃度レベルが原子百分率で少なくとも 30 %のAlであるAl組成の勾配を更に含むようにする段階と、

を含むことを特徴とする方法。40

**【請求項 9】**

第1の皮膜層と第2の皮膜層との反応を、700 ~ 1200 の温度で 0.5 ~ 4 時間熱処理することによって行う、請求項 8 に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】**

**【0001】**

**【発明の属する技術分野】**

本発明は、耐酸化性皮膜に関する。より具体的には、本発明は、高温酸化環境において破損に対する耐性がある皮膜を有する物品及び高温酸化環境において物品を保護する方法に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**

多くの場合、ニッケル(Ni)基、コバルト(Co)基、及び鉄(Fe)基合金が、高温高酸化環境内で用いられるように設計された物品を形成するのに用いられる。このような物品には、それに限定するのではないが、航空機タービン、地上設置タービン、船舶設置タービン、及びこれに類似のもののようなタービンシステムで用いられる構成部品が含まれる。このような環境で耐えるためには、これらの合金で作られた物品は、酸化及び/又は高温腐食に対して基礎をなす合金を保護するために皮膜を必要とすることが多い。多くの場合ニッケルアルミニド(NiAl)ベースの材料である皮膜はまた、外側の断熱皮膜が用いられる場合に、該断熱皮膜に対する付着性を得るためにも用いられることができる。

10

**【0003】**

ニッケルアルミニド・ベースの皮膜の性能は、表面に関連する皮膜の欠陥、亀裂、及び酸素透過性の第2次相のストリンガにより悪影響を受ける。従って、このような欠陥を減らすことが非常に望ましい。グリットブラスト及びショットピーニングを施して、限界ぎりぎりのところで欠陥を治すことに成功はしてきたが、このような技術は、付加的な皮膜損傷の危険性をもたらす。

**【0004】**

表面の欠陥に加えて、ニッケルアルミニド・ベースの皮膜を堆積させるのに用いられる物理蒸着法(以下では「PVD」とも呼ぶ)は、多くの場合、蒸着の間にアルミニウムの減損を生じる。PVD原料物質の組成を調整するか又はポストPVD気相アルミナイジングを用いることによってアルミニウムの減損を補う試みがこれまでなされてきた。このような修正の試みの成功には、PVD源の可銹性及び延性、皮膜付着力、皮膜汚染、及び化学組成調整に関する問題により今まで限界があった。

20

**【特許文献1】**

米国特許第6471791号

**【0005】**

**【発明が解決しようとする課題】**

表面欠陥を治すか又はこのようなニッケルアルミニド・ベースの皮膜における減損したアルミニウムを補うかのいずれにおいても、現在の解決策は、これまで成功していない。その結果、ニッケルアルミニド・ベースの皮膜は、このような過酷な環境においては基礎になる合金基材に適当な保護を与えていないことが多い。従って、高温高酸化環境において金属製物品に保護を与える皮膜の必要性が依然として残っている。このような保護皮膜を有する物品に対する必要性もまた存在する。最後に、物品にこのような保護皮膜を施す方法の必要性もまた存在する。

30

**【0006】**

**【課題を解決するための手段】**

本発明の実施形態は、これら及び他の必要性に対処する。1つの実施形態は、物品であり、該物品は、金属製基材と、該基材(102)上に配置された実質的に単相の皮膜とを含み、該皮膜は、ニッケル(Ni)及び原子百分率で少なくとも約30%のアルミニウム(A1)を含み、また該皮膜は、A1組成の勾配を更に含み、該勾配は、皮膜の外側表面での第1のA1濃度レベルから実質的に単相の皮膜と基材との間の界面での第2のA1濃度レベルまでにわたっており、該第1のA1濃度レベルは、第2のA1濃度レベルよりも大きく、また該第2の濃度レベルは、原子百分率で少なくとも約30%のA1である。

40

**【0007】**

第2の実施形態は、物品を保護するための皮膜であり、該皮膜は、基材上に配置された実質的に単相の皮膜を含み、該皮膜は、ニッケル(Ni)及び原子百分率で少なくとも約30%のアルミニウム(A1)を含み、また該皮膜は、A1組成の勾配を更に含み、該勾配は、皮膜の外側表面での第1のA1濃度レベルから実質的に単相の皮膜と基材との間の界面での第2のA1濃度レベルまでにわたっており、該第1のA1濃度レベルは、第2のA1濃度レベルよりも大きく、また該第2の濃度レベルは、原子百分率で少なくとも約30%

50

%の A 1 である。

#### 【 0 0 0 8 】

第 3 の実施形態は、高温酸化環境から物品を保護するための方法であり、該方法は、基材を準備する段階と、ニッケル ( N i ) 及びアルミニウム ( A 1 ) を含む第 1 の皮膜層を基材上に配置する段階と、原子百分率で少なくとも約 9 0 % のアルミニウムを含む第 2 の皮膜層を第 1 の皮膜層の上に配置する段階とを含む。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明のこれら及び他の特徴、形態、及び利点は、図面を通じて同じ符号が同じ部分を表している添付の図面を参照して以下の詳細な説明を読むと一層良く理解されるであろう。

#### 【 0 0 1 0 】

10

#### 【 発明の実施の形態 】

以下の説明において、同じ参照符号は、図に示す幾つかの図を通じて同じ又は対応する部分を示す。また、「頂部の」、「底部の」、「外向きの」、「内向きの」などのような用語は、便宜上の言葉であって、限定する用語として解釈すべきではないことを理解されたい。

#### 【 0 0 1 1 】

図面全体、特に図 1 を参照すると、図示したものは、本発明の好ましい実施形態を説明する目的のためのものであって、本発明をそれに限定することを意図するものではないことを理解されたい。図 1 は、本発明の物品 1 0 0 の概略断面図である。物品 1 0 0 は、高温 ( すなわち 5 0 0 より高い ) ガス環境に曝される任意の物体であってよい。物品 1 0 0 の実例には、それに限定するのではないが、ガスター・ビン組立体のタービン翼形部、燃焼器、及びタービンディスクのような構成部品が含まれる。

20

#### 【 0 0 1 2 】

物品 1 0 0 は、金属製基材 1 0 2 と該金属製基材 1 0 2 の少なくとも 1 つの表面上に配置された皮膜 1 0 4 ( 以下では「反応皮膜層」 1 0 4 とも呼ぶ ) を含む。金属製基材 1 0 2 は、一般的にニッケル基、コバルト基、及び鉄基基合金のうちの少なくとも 1 つを含む。金属製基材 1 0 2 は、ニッケル、鉄、及びコバルトのうちの 1 つの超合金を含むのが好ましい。

#### 【 0 0 1 3 】

30

皮膜 1 0 4 は、タービン組立体、原子炉、ボイラ、及びこれに類するもののような構造体内で遭遇する高酸化環境から基材 1 0 2 を保護するのに役立つ。皮膜 1 0 4 は、実質的に単相であり、この実質的に単相というのは、容積で少なくとも約 8 0 % の皮膜が単相を含むことを意味する。1 つの実施形態では、皮膜 1 0 4 の単相は、B 2 型結晶構造を有するニッケルアルミニドを含む。皮膜 1 0 4 は、ニッケル ( N i ) 及び原子百分率で少なくとも 3 0 % のアルミニウム ( A 1 ) を含む。皮膜 1 0 4 中のアルミニウムの濃度は、皮膜 1 0 4 の外側表面 1 0 6 での第 1 の濃度から皮膜 1 0 4 と基材 1 0 2 との間の界面での第 2 の濃度まで変化し、このとき、アルミニウムの第 1 の濃度は、アルミニウムの第 2 の濃度よりも大きい。従って、皮膜 1 0 4 は、その厚さにわたってアルミニウムの濃度勾配を有する。第 2 の濃度は、原子百分率で少なくとも 3 0 % である。皮膜内部のアルミニウム濃度の勾配を有することは、例えばアルミニウムがその例である耐酸化性構成部品の材料を減損させるように酸化のような劣化作用が働くことになる皮膜の外側表面 1 0 6 において、高アルミニウム含有量の材料を形成する利点がある。従って、アルミニウム濃度の勾配は、アルミニウムが最も必要とされる領域により多くのアルミニウムを配置することにより、皮膜の耐酸化性を高めるのに役立つ。

40

#### 【 0 0 1 4 】

別の実施形態では、皮膜 1 0 4 は更に、クロム ( C r ) 、ジルコニア ( Z r ) 、コバルト ( C o ) 、及び鉄 ( F e ) のうちの少なくとも 1 つを含む。コバルト及び鉄は、それが存在する場合には、一般的にニッケルの代わりになり、各々が皮膜 1 0 4 内に原子百分率で約 2 0 % までの濃度で存在することができる。一部の実施形態では、クロムが、原子百分率で約 1 5 % までの濃度で皮膜 1 0 4 内に存在して、皮膜 1 0 4 の耐酸化性を更に高め

50

る。特定の実施形態では、クロムは、原子百分率で約4%から原子百分率で約12%までの範囲内の濃度で皮膜104内に存在する。一部の実施形態では、ジルコニウムは、原子百分率で約2%までの濃度で皮膜104内に存在し、皮膜104の機械的特性及び耐酸化特性を更に高める。1つの実施形態では、ジルコニウムは、原子百分率で約0.2%から原子百分率で約0.8%までの範囲内の濃度で皮膜104内に存在する。

#### 【0015】

特定の実施形態では、皮膜104は、B2型結晶構造を有する実質的に単相のニッケルアルミニドを含む。この実施形態の皮膜104は、ニッケル、クロム、ジルコニウム、原子百分率で約20%までのコバルト、原子百分率で約20%までの鉄、及び原子百分率で少なくとも約30%のアルミニウムを含む。上記のように、アルミニウムは、皮膜104の厚さを通して濃度勾配がある状態で存在する。アルミニウム濃度は、皮膜104の外側表面106での第1の濃度から皮膜104と基材102との間の界面108での第2の濃度まで変化する。

10

#### 【0016】

クロム、ジルコニウム、コバルト、及び鉄のうちの少なくとも1つを含むことに加えて、皮膜104は更に、ハフニウム(Hf)、イットリウム(Y)、ケイ素(Si)、チタン(Ti)、ランタン(La)、セリウム( Ce)、及びタンタル(Ta)からなる群から選定された少なくとも1つの元素を含むことができ、選定された実施形態では、この少なくとも1つの元素は、原子百分率で約3%までの濃度で皮膜104内に存在する。皮膜104はまた、原子百分率で約0.1%までの炭素及びボロンのうちの少なくとも1つを含むことができる。

20

#### 【0017】

皮膜104は、一部の実施形態では、約10ミクロンから約100ミクロンまでの範囲内にあるような、約10ミクロンより大きい厚さを有する。1つの実施形態では、皮膜104の厚さは、約25ミクロンから約75ミクロンまでの範囲内にある。特定の皮膜厚さの選定は、例えば、予測される曝露温度、所望の実用寿命、処理コスト、その他これに類するもののような特定の要因によって定められることが、当業者には分かるであろう。ある種の実施形態では、物品100は更に、皮膜104を覆って配置されて熱からの保護を高める断熱皮膜(図示せず)を含む。特定の実施形態では、断熱皮膜は、例えばイットリア安定化ジルコニアのようなセラミック材料を含む。

30

#### 【0018】

皮膜104は、最初にニッケル及びアルミニウムを含む第1の皮膜層を基材102上に堆積させることによって該基材102上に形成されることができる。第1の皮膜層は、イオンプラズマ蒸着、電子ビーム物理蒸着、熱スプレー溶射、プラズマスプレー溶射、及びそれらの組み合わせのうちの1つにより堆積される。

#### 【0019】

クロム、ジルコニウム、コバルト、及び鉄のうちの少なくとも1つがまた、上述の技術を用いて第1の層内に堆積されることができる。クロムは、原子百分率で約15%までの濃度で第1の層内に存在することができる。1つの実施形態では、クロムは、原子百分率で約4%から原子百分率で約12%までの範囲内の濃度で第1の層内に存在する。ジルコニウムは、原子百分率で約2%までの濃度で第1の層内に存在することができる。1つの実施形態では、ジルコニウムは、原子百分率で約0.2%から原子百分率で約0.8%までの範囲内の濃度で第1の層内に存在する。コバルト及び鉄は、それぞれが原子百分率で20%までの濃度で第1の層内に存在することができる。クロム、ジルコニウム、コバルト、及び鉄のうちの少なくとも1つを含むのに加えて、第1の層は更に、ハフニウム、イットリウム、ケイ素、チタン、ランタン、セリウム、及びタンタルのうちの少なくとも1つを含むことができる。

40

#### 【0020】

第1の皮膜層は、約10ミクロンより大きい厚さを有する。1つの実施形態では、第1の層は、約10ミクロンから約100ミクロンまでの範囲内の厚さを有する。別の実施形態

50

では、第1の層は、約25ミクロンから約75ミクロンまでの範囲内の厚さを有する。

**【0021】**

次に、原子百分率で少なくとも90%のアルミニウムを含む第2の皮膜層が、それに限定するのではないが、電子ビーム物理蒸着、及びイオンプラズマ蒸着のような物理蒸着技術を用いて第1の皮膜層の上に堆積される。1つの実施形態では、第2の層は、原子百分率で少なくとも約95%のアルミニウムを含む。更に別の実施形態では、第2の層は、本質的にアルミニウムからなる。第2の層は、少なくとも5ミクロンの厚さを有する。1つの実施形態では、第2の層は、約5ミクロンから約25ミクロンまでの範囲内の厚さを有する。

**【0022】**

本発明の更に別の実施形態では、第2の皮膜層は、第1の皮膜層と反応して反応皮膜層104（本明細書では皮膜104とも呼ぶ）を形成する。1つの実施形態では、反応皮膜層104は、第1の皮膜層、第2の皮膜層、及び基材102を約0.5時間から約4時間までの範囲内の時間、約700から約1200までの範囲内の温度まで熱処理して、第1の皮膜層を第2の皮膜層と反応させることによって形成される。この熱処理段階は、先に述べたように第2の皮膜層の配置に引き続いて実施される。それに代えて、皮膜104は、第2の皮膜層を堆積させる間にその場で加熱することによって第1の皮膜層と第2の皮膜層とを反応させて形成することができる。その場での加熱は、主としてアルミニウムである第2の皮膜層に第1の皮膜層内への拡散を生じさせ、その時、卓越アルミニウム材料が第1の皮膜層と反応して皮膜104を形成する。このようなその場での加熱は、第2の層を物理蒸着する間の電子ビーム加熱によって又は第2の層をイオンプラズマ蒸着する間の基材102へのバイアス電圧の印加によって達成されることができる。第1の皮膜層と第2の皮膜層とを反応させることによって形成された皮膜104は、一部の実施形態では、実質的に単相であり、この単相は、特定の実施形態では、B2型結晶構造を有する金属間アルミニド化合物を含む。第2の皮膜層は、第1の皮膜層に対する高A1含有量の覆いを形成し、皮膜104において表面に関連する皮膜の欠陥、亀裂、及び酸素透過性の第2次相のストリンガのような前述の微細構造欠陥を覆い隠しつつ皮膜104内のアルミニウム含有量を大きくすることによって耐熱性皮膜の性能を高める。

**【0023】**

ある種の実施形態では、断熱皮膜が、第2の皮膜層及び反応皮膜層（104）のうちの1つを覆って配置される。断熱皮膜が、第2の皮膜層の上に配置されるかそれとも反応皮膜層の上に配置されるのかは、第1及び第2の皮膜層を反応させる処理段階と断熱皮膜を配置する処理段階とが実行される順序によって定まる。断熱皮膜は、反応工程が特定の実施形態のために所望される場合には、第1及び第2の層を反応させる前か又は後のどちらかで施されることができる。特定の実施形態では、断熱皮膜は、イットリア安定化ジルコニアのようなセラミックである。

**【0024】**

本発明の実施形態はまた、それに限定するのではないが、高温酸化環境でガスタービン組立体の構成部品のような物品を保護するための方法を含む。このような構成部品には、タービン翼形部、タービンディスク、及び燃焼器が含まれ、これら構成部品は、一般的にニッケル基合金、コバルト基合金、及び鉄基合金のうちの少なくとも1つを含む。1つの実施形態では、ニッケル基、コバルト基、及び鉄基合金は、超合金である。この方法は、基材を準備する段階と、皮膜を形成するための上述のような工程に従った本発明の皮膜を配置する段階とを含み、この皮膜を配置する段階は、ニッケル（Ni）及びアルミニウム（Al）を含む第1の皮膜層を基材上に配置する段階と、原子百分率で少なくとも約90%のアルミニウムを含む第2の皮膜層を該第1の皮膜層の上に配置する段階とを含む。第1及び第2の層の組成及び厚さとそれらの層を反応させて反応皮膜層104を形成するような付加的な処理工程についての上述の様々な変形態は、本発明の方法の実施形態に適用可能である。

**【0025】**

10

20

30

40

50

1つの特定の実施形態では、高温酸化環境において物品を保護するための方法は、最初に金属製基材を準備する段階と、ニッケル、アルミニウム、クロム、ジルコニア、原子百分率で約20%までのコバルト、及び原子百分率で約20%までの鉄を含む第1の皮膜層を金属製基材上に堆積させる段階と、それに限定するのではないが、電子ビーム物理蒸着及びイオンプラズマ蒸着のような物理蒸着技術を用いて本質的にアルミニウムからなる第2の皮膜層を該第1の皮膜層の上に堆積させる段階と、第1の皮膜層を第2の皮膜層と反応させてB2型構造を有するニッケルアルミニドを含む実質的に単相の反応皮膜層を形成し、該反応皮膜層が、該反応皮膜層の外側表面での第1のアルミニウム濃度レベルから該反応皮膜層と基材102との間の界面での原子百分率で少なくとも約30%のアルミニウムである第2のアルミニウム濃度レベルまでにわたり、かつ該第1のアルミニウム濃度レベルが該第2のアルミニウム濃度レベルよりも大きいアルミニウム濃度勾配を有するよう10にする段階とを含む。

#### 【0026】

##### 例示

以下の説明は、本発明のある種の例示的な実施形態の利点を更に例示することを目的とするものであって、本発明の技術的範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。2つのグループの超合金製基材が、それぞれイオンプラズマ蒸着法（IPD）を用いてNiCrAlZr合金の約40ミクロンの厚さの層で被覆された。ここでは「グループA」と呼ぶ1つのグループでは、皮膜の組成は、原子百分率で、約33%のAl、約10%のCr、約0.5%のZr、及び残部はニッケルであった。ここでは「グループB」と呼ぶ他方のグループでは、皮膜組成は、原子百分率で、約35%のAl、約5%のCr、約1.2%のZr、及び残部はニッケルであった。被覆された各グループの基材について、サブセットが、IPDを用いて本質的にアルミニウムからなる約10ミクロンの厚さの材料で更に被覆された。堆積後に、被覆された試料に、1100で2時間の真空熱処理を施して、先に述べたようなB2型構造のニッケルアルミニドの単相の反応皮膜層を形成した。20

#### 【0027】

試料の全ては、1175で3分間の各サイクルで、基材が酸化し始めてそれによって皮膜破損を示す時点まで、空気中で試料に熱サイクルを加えることによってテストされた。付加的なアルミニウム皮膜工程なしで処理されたグループAの試料は、162～260サイクルの範囲で破損したが、付加的なアルミニウム皮膜工程を用いて処理された試料は、380～440サイクルの範囲で破損した。付加的なアルミニウム皮膜工程なしで処理されたグループBの試料は、227～239サイクルの範囲で破損したが、付加的なアルミニウム皮膜工程を用いて処理された試料は400～429サイクルの範囲で破損した。30

#### 【0028】

典型的な実施形態を例示の目的で説明してきたが、前述の説明は、本発明の技術的範囲を限定するものではない。なお、特許請求の範囲に記載された符号は、理解容易のためであってなんら発明の技術的範囲を実施例に限縮するものではない。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】 本発明の物品の概略断面図。

##### 【符号の説明】

100 物品

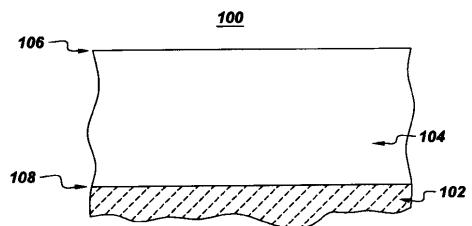
102 基材

104 皮膜

106 皮膜の外側表面

108 単相の皮膜と基材との間の界面

【図1】



---

フロントページの続き

(51)Int.CI.	F I
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 C
F 2 3 R 3/42 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 D
	F 2 3 R 3/42 C

(72)発明者 ドン・マーク・リプキン  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、サンドラ・レーン、1237番

審査官 伊藤 寿美

(56)参考文献 米国特許第04897315(US,A)  
特開平09-157866(JP,A)  
特開平06-002061(JP,A)  
特開昭56-156755(JP,A)  
特開2001-355081(JP,A)  
特開平11-172463(JP,A)  
特開昭54-066342(JP,A)  
米国特許第06306524(US,B1)  
特開2000-096259(JP,A)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

C23C 8/00-12/02,  
24/00-30/00  
F01D 1/00-11/10  
F23R 3/00- 7/00