

(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2006-124830

(P2006-124830A)

(43) 公開日 平成18年5月18日(2006.5.18)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C22C 14/00 (2006.01)	C22C 14/00 Z	3G002
FO1D 5/28 (2006.01)	FO1D 5/28	4K044
C22F 1/18 (2006.01)	C22F 1/18 H	
C23C 30/00 (2006.01)	C23C 30/00 A	
FO2C 7/00 (2006.01)	FO2C 7/00 C	

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2005-283514 (P2005-283514)
 (22) 出願日 平成17年9月29日 (2005. 9. 29)
 (31) 優先権主張番号 10/955, 056
 (32) 優先日 平成16年9月30日 (2004. 9. 30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 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
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン部品用の耐エロージョン・耐摩耗性保護構造体

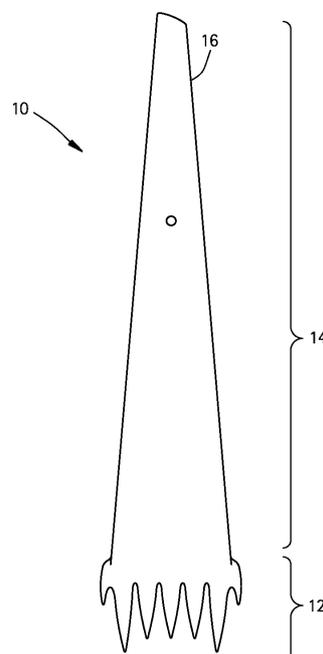
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】耐エロージョン性、耐衝撃性および耐摩耗性をあわせ持つタービンブレードの保護層を提供する。

【解決手段】鉄基合金、ニッケル基合金、コバルト基合金またはチタン基合金からなる基材表面に - チタン合金、チタン合金又はニア チタン合金からなる保護構造体をめっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム堆積、プラズマ溶射またはこれらの組み合わせにより皮膜として形成するか、または保護構造体を同基材表面に拡散接合、ろう付けなどにより接合する。

【選択図】 図 1

FIG. 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材と、

基材上に形成された保護構造体であって、
- チタン合金、ニア チタン合金又はチタン合金からなる保護構造体とを備えるタービン部品。

【請求項 2】

- チタン合金、ニア チタン合金又はチタン合金が、保護構造体の全体積を基準にして 10 体積 % 以上の相を含む、請求項 1 記載のタービン部品。

【請求項 3】

- チタン合金、ニア チタン合金又はチタン合金が、約 4 % 以上の伸び及び約 0.7 % 以上の有効弾性歪を示す、請求項 1 又は請求項 2 記載のタービン部品。

【請求項 4】

- チタン合金、ニア チタン合金又はチタン合金が、保護構造体の全体積を基準にして 30 体積 % 以上の相を含む、請求項 1 又は請求項 3 記載のタービン部品。

【請求項 5】

ニア チタン合金がニア チタン合金の全重量を基準にして約 30 ~ 約 60 重量 % の量のバナジウム族元素を含み、残部が実質的にチタンであり、バナジウム族元素がバナジウム、ニオブ及び / 又はタンタルからなる、請求項 4 記載のタービン部品。

【請求項 6】

ニア チタン合金が約 80 GPa 以下のヤング率、約 750 MPa 以上の引張強さ又は約 2 % 以上の歪を有する、請求項 4 又は請求項 5 記載のタービン部品。

【請求項 7】

ニア チタン合金が室温で約 95 % 以上の冷間加工が可能である、請求項 4 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載のタービン部品。

【請求項 8】

基材が蒸気タービン、ガスタービン又は水力発電タービンの部品からなる、請求項 1 記載のタービン部品。

【請求項 9】

基材が翼形部、シール、シュラウド又はスプリッターからなる、請求項 1 記載のタービン部品。

【請求項 10】

保護構造体が基材の一部に形成され、基材が鉄基合金、ニッケル基合金、コバルト基合金又はチタン基合金からなる、請求項 1 記載のタービン部品。

【請求項 11】

さらに、保護構造体と基材の間に接合した拡散軽減層を含む、請求項 1 記載のタービン部品。

【請求項 12】

タービン部品に保護構造体を設ける方法であって、

- チタン合金、ニア チタン合金又はチタン合金からなる保護構造体をタービン部品に接合させることを含んでなる方法。

【請求項 13】

保護構造体の接合が、約 700 ~ 約 950 の温度及び約 138 ~ 約 276 MPa の圧力で実施される固相加圧法で達成され、固相加圧法が拡散接合、共押出、共圧延、熱間等圧加圧又は共鍛造からなる、請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

保護構造体が皮膜であり、皮膜がめっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム堆積、プラズマ溶射又はこれらの方法の 1 以上を含む組合せで施工できる、請求項 12 記載の方法。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

保護構造体がクラッドであり、クラッドがろう付、爆発圧着、クラディング、鍛造、溶融溶接、摩擦攪拌溶接又はこれらの方法の1以上を含む組合せで接合される、請求項12乃至請求項14のいずれか1項記載の方法。

【請求項16】

さらに、時効プロセス及び熱処理プロセスからなる群から選択されるプロセスにタービン部品を付すことを含む、請求項12乃至請求項15のいずれか1項記載の方法。

【請求項17】

さらに、接合後の保護構造体をイオン源又はレーザー源からの高エネルギービームに付す、請求項12乃至請求項16のいずれか1項記載の方法。

【請求項18】

さらに、接合後の保護構造体をショットピーニング、研磨又はイオン注入に付し、イオン注入が保護構造体に相安定剤を添加することを含む、請求項12乃至請求項17のいずれか1項記載の方法。

10

【請求項19】

相安定剤がバナジウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、クロム、銅又はこれらの相安定剤の1種以上を含む組合せである、請求項18記載の方法。

【請求項20】

タービン部品が翼形部、シール、シュラウド又はスプリッターからなる、請求項12記載の方法。

【請求項21】

タービン部品に保護構造体を設ける方法であって、当該方法が、

保護構造体との相互作用に起因する脆性相及び/又は低融点相を形成しない純金属又は合金からなる群から選択される拡散軽減層を、保護構造体で保護すべきタービン部品の領域に接合させることと、

20

- チタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなる保護構造体を拡散軽減層に接合させることとを含んでなり、拡散軽減層及び保護構造体の接合がめっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム堆積、プラズマ溶射、ろう付、共押し出、爆発圧着、熱間等方圧加圧、共鍛造、鍛造、溶融溶接、共圧延、摩擦攪拌溶接又はこれらの方法の1以上を含む組合せで達成される、方法。

【請求項22】

チタン合金又はニアチタン合金からなる基材を備えるタービン部品。

30

【請求項23】

タービン部品が翼形部、シール、シュラウド又はスプリッターからなる、請求項22記載のタービン部品。

【請求項24】

基材と、

基材に接合した拡散軽減層と、

基材と接した拡散軽減層の表面と反対側の表面に接合した保護構造体であって、
- チタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなる保護構造体とを備えるタービン部品。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は概して皮膜、クラッド又はセクション交換材の形態のタービン部品用耐エロージョン・耐衝撃・耐摩耗性保護構造体に関する。本発明は概してかかるタービン部品用耐エロージョン・耐衝撃・耐摩耗性保護構造体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

Stellite (登録商標) 及び Haynes 25 (登録商標) (L605) のようなコバルト基合金からなる皮膜、クラッド又はセクション交換材の形態の耐エロージョ

50

ン・耐衝撃・耐摩耗性保護構造体は、タービンエンジンの様々な用途に使用されている。例えば、翼先端には耐摩耗性クラッドを堆積させることが多い。かかるクラッドは、一般に重要部品の摩耗速度を低下させるために用いられる。タービンブレードの前縁には、運転中にタービンに侵入する環境固形粒状物（例えば、塵埃、砂など）に起因するエロージョンを低減させるため別の保護構造体が設けられる。運転中にフレッティング摩耗を受け易いタービンエンジンの部品には、別のタイプの耐摩耗性保護構造体が皮膜、クラッド又はセクション交換材として設けられる。例えば、隣接構造体（例えば、ディスクポスト又はシュラウドハンガ）とこすれ合うブレードのダブテール及びノズルの摩耗パッドには、耐摩耗性の皮膜、クラッド又はセクション交換材が設けられる。

【0003】

皮膜、クラッド又はセクション交換材の形態の耐エロージョン性保護構造体は、液滴エロージョンによる損傷を呈するタービン部品にも使用されている。蒸気タービンでは、タービンの最低圧部に相当する最終ロータ段で水滴が形成される。これらの水滴は静翼翼形部（例えば、ノズル）に凝結し、合体して膜及びノ又は細い流れとなり、ノズルの後縁へと移動する。結局、膜及びノ又は細流は蒸気の流れによって静翼翼形部から水滴となって分離する。こうした水滴は、動翼の周速にほぼ等しい速度で後段の動翼に衝突する。水滴の衝突は、ブレード材料の表面に衝撃接触圧を生じ、ブレード材料の漸進的なエロージョンを起こす。蒸気タービン部品のエロージョンは、出力低下、タービン効率の低下、ブレード部品の耐用年数低下を招きかねない。

【0004】

一般に、低圧蒸気タービンの最後の数列のブレードはクロム含量約11～約18重量%の鉄合金の鍛造によって形成される。皮膜、クラッド又はセクション交換材の形態の保護構造体はDelerostellite社からstellite（登録商標）という商標で市販されているもののようなコバルト基合金からなる。これらの保護構造体は母材金属に耐エロージョン性を与えるが、そのエロージョンによって依然回復不可能な効率低下を生じてしまう。また、タービンブレードへの保護構造体の施工は、接合部での応力腐食割れ、ボイドや亀裂の形態の製造欠陥、及び重量増加による短寿命化による信頼性の問題を生じる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、当技術分野では、耐エロージョン性、耐衝撃性及び耐摩耗性を併せもつ保護構造体に対するニーズが依然存在している。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本明細書では、基材と、基材上に形成された保護構造体であって、 - チタン合金、チタン合金又はニアチタン合金からなる保護構造体とを備えるタービン部品について開示する。

【0007】

本明細書では、タービン部品に保護構造体を設ける方法であって、 - チタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなる保護構造体をタービン部品に接合させることを含む方法についても開示する。

【0008】

本明細書では、タービン部品に保護構造体を設ける方法であって、耐エロージョン性構造体及びノ又は基材との相互作用に起因する脆性相及びノ又は低融点相を形成しない純金属又は合金からなる群から選択される拡散軽減層を、保護構造体で保護すべきタービン部品の領域に接合させることと、 - チタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなる保護構造体を拡散軽減層に接合させることとを含んでなり、拡散軽減層及び保護構造体の接合がめっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム堆積、プラズマ溶射、ろう付、共押出、爆発圧着、熱間等方圧加圧、共鍛造、鍛造、溶融溶接

10

20

30

40

50

、共圧延、摩擦攪拌溶接又はこれらの方法の1以上を含む組合せで達成される方法についても開示する。

【0009】

本明細書では、チタン合金又はニアチタン合金からなるタービン部品についても開示する。

【0010】

本明細書では、基材と、基材に接合した拡散軽減層と、基材と接した拡散軽減層の表面と反対側の表面に接合した保護構造体であって、チタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなる保護構造体とを備えるタービン部品についても開示する。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0011】

本明細書で用いる「第一の」、「第二の」などの用語は順序や重要度を意味するものではなく、ある要素を他の要素から区別するために用いられるものである。また、単数形の冠詞は数量の限定を意味するものではなく、その冠詞を付したものが1以上存在することを意味する。さらに、本明細書で開示したすべての範囲はそれらの上限と下限を含み、それらは独立に結合可能である。

【0012】

本明細書では、摩耗、エロージョン及び/又は衝撃損傷を受け易いタービン部品の表面のための皮膜、クラッド又はセクション交換材(以下、「保護構造体」という。)について開示する。摩耗、エロージョン及び衝撃損傷は、タービン部品に衝突する(水の小滴のような)粒状物によって引き起こされる。保護構造体は、一般にチタン合金、ニアチタン合金又はチタン合金からなり、耐エロージョン性、耐摩耗性及び/又は耐衝撃性を与える。チタン合金、チタン合金又はニアチタン合金は、Pearson記号cI2(cubic internal 2)又は空間群Im $\bar{3}$ mで表されるチタンリッチな体心立方構造を有するのが望ましい。本明細書で用いる「耐エロージョン性」、「耐摩耗性」又は「耐衝撃性」という用語は互換的であり、固体又は液体粒子の衝突に起因する母材金属(例えば、タービン部品)の減損又は損傷を意味するものである。

20

【0013】

保護構造体は、高温ガス流路、蒸气流路及び水流路を始めとする一次及び二次空気流路及び蒸气流路内のタービン部品に設けられる。保護構造体は、燃料流路中の領域にも施工できる。保護構造体を接合させる好ましいタービン部品は、静翼及び/又は動翼翼形部である。保護構造体を接合させるタービン部品のその他の例は、シール、シュラウド、スプリッターなどである。これらの保護構造体を接合し得るタービン部品は、ガスタービン、水力発電タービン、蒸気タービンなどの発電用タービンに存在するものでも、或いは航空機、機関車又は船舶の推進用タービンでもよい。保護構造体は、エロージョン、摩耗又は衝撃を受け易いタービン部品の領域に選択的に形成できる。或いは、保護構造体は高温ガス流路、蒸气流路及び水流路内の部品(以下、「基材」という。)の表面全体に配設することもできる。別の実施形態では、基材全体又は基材の一部をチタン合金又はニアチタン合金で製造することもできる。保護構造体は、液体及び/又は粒状物の衝突に関連したエネルギーを好適に吸収するとともに、他の皮膜とは異なり、それに伴う疲労損傷にも耐えることが判明した。

30

40

【0014】

基材は一般に高強度及び/又は耐熱性合金で形成される。基材としては、引張強さ、耐クリープ性、耐酸化性及び耐食性の点で高応力及び/又は高温性能をもつことが知られる合金、例えばニッケル基合金、コバルト基合金、鉄基合金、チタン基合金などが挙げられる。基材として用いるその他の構造用合金も、本発明の様々な実施形態に従って処理できる。基材は、鑄造構造体又は鑄造・鍛錬構造体として製造される。別法として、基材合金を粉末から圧密し、得られた粉末冶金構造体をさらに鍛錬することもできる。保護構造体は、固体又は液体粒子によるエロージョン、衝撃及び/又は摩耗に起因する損傷を最小限に抑えるため、基材の表面に金属的又は機械的に結合される。

50

【0015】

超合金材料から形成された基材の場合、超合金はニッケル基合金、鉄基合金又はコバルト基合金であり、これらの超合金において、ニッケル、鉄又はコバルトの量は重量基準で最大となる単一の元素である。例示的なニッケル基超合金は、約40重量%(wt%)以上のニッケル(Ni)と、コバルト(Co)、クロム(Cr)、アルミニウム(Al)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)及び鉄(Fe)からなる群から選択される1種以上の成分を含む。ニッケル基超合金の具体例は、Inconel(登録商標)、Nimonic(登録商標)、Rene(登録商標)(例えば、Rene(登録商標)80、Rene(登録商標)95、Rene(登録商標)142及びRene(登録商標)N5合金)及びUdimet(登録商標)という商品名で呼ばれるものであり、方向性凝固超合金及び単結晶超合金が含まれる。例示的なコバルト基超合金は、約30wt%以上のコバルトと、ニッケル、クロム、アルミニウム、タングステン、モリブデン、チタン及び鉄からなる群から選択される1種以上の成分を含む。コバルト基超合金の具体例は、Haynes(登録商標)、Nozzlealloy(登録商標)、Stellite(登録商標)及びUltimet(登録商標)という商品名で呼ばれるものである。

10

【0016】

図1は、本発明の保護構造体で処理することができる例示的な基材を示す斜視図である。基材の動作原理及び一般構造は公知であるので、本明細書では繰り返して述べない。図1に示す通り、例示的な基材は低圧蒸気タービンの最終段で常用されるタイプの蒸気タービンブレード10である。ブレード10は、一般にダブテール部12及び翼形部14を含む。ダブテール部はピンなどで回転軸(図示せず)に取り付けられる。図には一枚のブレードを示したが、エンジンは通例複数のブレードが回転軸に取り付けられている。ブレードは静止シュラウドによって画成される領域内を回転する。

20

【0017】

一実施形態では、
- チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、タービン内の基材のいずれか又は任意の組合せに施工することができる。一実施形態では、保護構造体はエロージョン、摩耗及び/又は衝撃を受け易い基材の領域(例えば、運転中に水滴の衝突を受け易い領域など)に形成される。例示的な実施形態では、
- チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は好ましくは翼形部14の前縁16付近に施工される。低圧蒸気タービンの後段では、前縁16は水滴エロージョンを最も受け易いことが判明した。

30

【0018】

保護構造体は、所望により、基材の一部のみに施工してもよい。例えば、タービンの運転中、固体粒子及び/又は液体粒子がタービンを構成する各種部品の表面に衝突し、エロージョン、衝撃及び/又は摩耗によって表面を損傷する。これらの表面に保護構造体を接合すると、衝突粒子又は液滴による損傷が保護構造体によって軽減され、エロージョン、衝撃及び/又は摩耗が最小限に抑えられる。衝突粒子による変形は、保護構造体の大きい有効弾性歪によって完全又は部分的に回復する。ここで、有効弾性歪は降伏応力のヤング率に対する比として定義される。

【0019】

一実施形態では、保護構造体は変形後に優れた回復性歪を示すことが一般に望ましい。さらに別の実施形態では、保護構造体は大きな変形後にも加工硬化をほとんど又は無視できる程度しか示さない。優れた回復性歪は、衝突粒子で生じた大きな変形の回復を容易にし、エロージョン、衝撃及び/又は摩耗損傷を最小限に抑える。一実施形態では、
- チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、約4%以上の伸びを示すのが望ましい。ここで、伸びは合金の引張試験に際して標点間の初期長さに対して増加した長さの比として定義される。また、約0.7%以上の有効弾性歪を有することも望ましい。別の実施形態では、
- チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、約6%以上の伸び及び約0.75%以上の有効弾性歪を示すのが望ましい。さらに別の実施形態では、
- チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構

40

50

造体は、約 8 % 以上の伸び及び約 0.6 % 以上の有効弾性歪を示すのが望ましい。有効弾性歪は降伏応力とヤング率との比として定義される。ヤング率は、合金の引張試験に際して歪がゼロに戻ろうとする傾向をもつ場合に求められる。

【0020】

タービン部品に用いられる - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、好適には固体粒子及び / 又は液体粒子の衝突に起因する硬化効果をほとんど又は全く示さないのが望ましい。さらに、タービン部品に用いられる - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、その優れた回復性歪によって、衝突粒子に伴う変形を回復してエロージョン損傷に耐えるのが望ましい。

【0021】

図 2 は、タービン部品で保護構造体として使用できる各種 - チタン合金、ニア チタン合金及び チタン合金について有効弾性歪 (%) と伸び (%) の関係を示すグラフである。 - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、保護構造体の全体積を基準にして 10 体積 % 以上の 相を含むのが一般に望ましい。 - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金の保護構造体は、保護構造体の全体積を基準にして 30 体積 % 以上の 相を含むのがさらに望ましい。

【0022】

- チタン合金、ニア チタン合金及び チタン合金の例を図 2 に示す。この例には、時効処理又は溶体化処理と時効処理 (STA) を施した Ti-6Al-4V からなる - チタン合金、Ti-3Al-8V-6Cr-4Zr-4Mo (-C とともいう。) からなる準安定 チタン合金、Ti-10V-2Fe-3Al (チタン 10-2-3 とともいう。) からなるニア チタン合金、Ti-5Al-2Sn-4Mo-2Zn-4Cr (Ti-17 とともいう。) からなるニア チタン合金、Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al (STA) からなる チタン合金、Ti-6Al-6V-2Sn (STA 又はアニール) からなる - チタン合金、二重にアニール (二重アニール) した Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo からなる チタン合金、Ti-5.8Al-4Sn-3.5Zr-0.7Nb からなるニア チタン合金、時効処理した Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al (チタン 15-3-3-3 とともいう。) からなる チタン合金、Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo (チタン 6-2-4-6 とともいう。) からなる - チタン合金、Ti-4Al-4Mo-2Sn からなるニア チタン合金、Ti-5.5Al-3Sn-3Zr-0.5Nb からなるニア チタン合金、Ti-6Al-6V-2Sn (チタン 6-6-2 とともいう。) からなる - チタン合金、Ti-4Al-4Mo-2Sn からなるニア チタン合金、Ti-6Al-7Nb からなる - チタン合金、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo (チタン 6-2-4-2 とともいう。) からなるニア チタン合金、Ti-6Al-2Cr-2Mo-2Zr-2Sn (チタン 62222 とともいう。) からなる チタン合金、Ti-15Mo-3Al-2.7Nb-0.25Si からなる チタン合金など、或いはこれらのチタン合金の 1 種以上を含む組合せがある。

【0023】

一実施形態では、保護構造体の施工法において、1 種以上のニア チタン合金は一般に全組成物の約 30 ~ 約 60 重量 % (wt %) の量のバナジウム族元素を含み、残部が実質的にチタンであるのが望ましい。バナジウム族元素は、バナジウム、ニオブ及び / 又はタンタルである。このニア チタン合金は、ニア チタン合金の全重量を基準にして約 20 wt % 以上の量のジルコニウム、ハフニウム及び / 又はスカンジウムを含んでいてもよい。このニア チタン合金組成物に添加し得る他の好適な元素及び不純物は、クロム、モリブデン、マンガン、鉄、コバルト、ニッケル又はこれらの元素の 1 種以上を含む組合せである。所望により、このニア チタン合金組成物に適宜酸素を添加してもよい。

【0024】

このニア チタン合金は、約 80×10^9 パスカル (80 GPa) 以下のヤング率を有するのが望ましい。別の実施形態では、このニア チタン合金は約 65 GPa 以下のヤング率を有するのが望ましい。さらに別の実施形態では、このニア チタン合金は約 60 G

10

20

30

40

50

P a 以下のヤング率を有するのが望ましい。このニア チタン合金は、約 750×10^6 パスカル (750 MP a) 以上の引張強さを有するのが望ましい。一実施形態では、このニア チタン合金は約 800 MP a 以上の引張強さを有する。さらに別の実施形態では、このニア チタン合金は約 900 MP a 以上の引張強さを有する。さらに別の実施形態では、このニア チタン合金は約 1500 MP a 以上の引張強さを有する。

【0025】

このニア チタン合金は、室温で超弾性を示すことも望ましい。一実施形態では、このニア チタン合金は約 2 % 以上の歪を回復し得る。別の実施形態では、このニア チタン合金は約 2.5 % 以上の歪を回復し得る。このニア チタン合金は、超弾性を示すとともに、室温で約 95 % 以上の冷間加工が可能である。このニア チタン合金の具体例は G u m M e t a l (登録商標) である。

10

【0026】

一実施形態では、 - チタン合金、 チタン合金又はニア チタン合金からなる保護構造体は、皮膜としてタービン部品に施工できる。皮膜は、めっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム (e ビーム) 堆積及びプラズマ溶射のような方法で施工できる。

【0027】

別の実施形態では、 - チタン合金、 チタン合金又はニア チタン合金の保護構造体は、クラッドに予備成形し、次いで金属接合によってタービン部品に接合させることができる。金属接合の具体的な方法は、 - チタン合金、 チタン合金又はニア チタン合金の組成及び基材の合金組成に依存する。タービン部品に予備成形クラッドを接合させるための好適な方法の例は、ろう付、共押出、爆発圧着、熱間等方圧加圧 (H I P)、鍛造、溶融溶接、摩擦攪拌溶接など、或いはこれらの方法の 1 以上を含む組合せである。

20

【0028】

保護構造体の合金元素及び組成は、所望の回復性歪挙動、延性及び / 又は塑性変形下での加工硬化の程度に基づいて選択される。一実施形態では、金属接合の形成に選択される方法は、基材と保護構造体の間の相互拡散をほとんど起こさない。ある種の相互拡散が脆い金属間化合物を生じ、2つの材料間の結合力を弱めかねないことが判明した。耐摩耗性、耐衝撃性及び / 又は耐エロージョン性に加えて機械的強度を高めるため、保護構造体の接合に先立って、適宜、拡散軽減層を基材に接合してもよい。保護構造体は、基材と接した拡散軽減層の表面と反対側の表面に接合させる。拡散軽減層は、チタン、ニッケル及び主要基材元素に対して高い溶解度を有するとともに、低融点化合物又は脆い金属間化合物をわずかしか形成しないことを特徴とする。拡散軽減層に使用できる金属の好適な例は、バナジウム、ニオブ、ハフニウム、タンタル、ジルコニウム又はこれらの金属の 1 種以上を含む組合せである。

30

【0029】

拡散軽減層は、基材がチタン合金からなる場合に望ましい。ある種のチタン合金保護構造体は基材との界面に望ましくない相を生成することが判明した。拡散軽減層の使用は、相互拡散及び不都合な相の生成を実質的に防止する。

【0030】

一実施形態では、基材に保護構造体を設ける方法は、保護構造体及び / 又は基材との相互作用に起因する脆性相及び / 又は低融点相を形成しない純金属又は合金からなる群から選択される拡散軽減層を、保護構造体で保護すべき基材の領域に接合させることを含む。次いで、約 950 未満の温度及び約 2 : 1 以上の断面積減少率での共押出によって保護構造体を拡散軽減層に接合させる。

40

【0031】

さらに別の実施形態では、基材に保護構造体を設ける方法は、保護構造体で保護すべき基材の領域に拡散軽減層を接合させることを含む。拡散軽減層は、保護構造体及び / 又は基材との相互作用に起因する脆性相及び / 又は低融点相を形成しない純金属又は合金からなる群から選択される。拡散軽減層は、皮膜又はクラッドとして基材に施工できる。拡散

50

軽減層は、めっき、イオンプラズマ堆積、粉体塗装、スパッタリング、電子ビーム（eビーム）堆積又はプラズマ溶射のような方法で皮膜として施工できる。拡散軽減層は、ろう付、共押出、爆発圧着、熱間等方圧加圧（HIP）、共鍛造、鍛造、共圧延、溶融溶接、摩擦攪拌溶接など、或いはこれらの方法の1以上を含む組合せのような方法でクラッドとして施工できる。

【0032】

保護構造体は、ろう付、溶接、溶射、レーザークラディング、熱間圧延、冷間圧延、イオンプラズマ堆積、鍛造、爆発圧着、溶融溶接、摩擦攪拌溶接及びクラディングからなる群から選択される方法で拡散軽減層に接合させることができる。

【0033】

次に、基材に保護構造体を接合させるための例示的な方法について説明する。保護構造体は、熱間等方圧加圧（HIP）法のような拡散接合方法で基材に接合させることができる。鋼又はニッケル基合金で形成された基材に保護構造体を接合させるための例示的なHIP法では、好ましくは950未満の温度及び138MPaを超える圧力が使用される。さらに好ましくは、HIP法では約700～約900の温度及び138～約276MPaの圧力が使用される。

【0034】

例示的な共押出法では、好ましくは温度及び断面積減少率は950未満の温度及び2：1以上の断面積減少率である。さらに好ましくは、押出法では約700～約900の温度及び2：1～8：1の断面積減少率が使用される。別法として、保護構造体を基材の表面に直接堆積させて一体皮膜を形成することもできる。

【0035】

保護構造体の厚さは、エロージョン、摩耗及び/又は衝撃を受け易い表面に所望の弾性及び可撓性を与えるように選択される。一実施形態では、保護構造体の厚さは約 1×10^{-3} ～約5センチメートルであるのに対し、別の実施形態では、約0.1～約1センチメートルがさらに好ましい。

【0036】

一実施形態では、基材中でエロージョンを受け易い領域の化学的改質法で保護構造体を実現することもできる。化学的改質法は、均質化熱処理後に開示された合金の組成に類似した組成を有するように、エロージョンを受け易い領域の化学的性質を変化させるのに使用できる。この方法は、レーザークラディング、プラズマ堆積、スパッタリング、ろう付及び溶射からなる群から選択される。この方法に続いて、エロージョンを受け易い領域上の組成を調節するため、アニールのような均質化熱処理が行われる。均質化熱処理の完了後には、保護構造体は上記合金と類似した化学的性質及び耐エロージョン性をもつ。

【0037】

別の実施形態では、保護構造体を、適宜、イオン源又はレーザー源からの高エネルギービームの照射その他ショットピーニングや研磨のような機械的手段による表面処理に付してもよい。例えば、所望量の特定金属を選択的に添加するため、保護構造体の所定の領域をイオン注入に付してもよい。イオン注入は、チタン合金基材又は保護構造体に相安定剤を添加するのに使用できる。好適な相安定剤の例は、バナジウム、ニオブ、タンタル、モリブデン、クロム、銅など、或いはこれらの相安定剤の1種以上を含む組合せである。相リッチなチタン合金を製造するため、局部処理も好適に使用できる。

【0038】

適宜、表面処理後の保護構造体を、熱処理プロセス又は時効プロセスに付してもよい。熱処理プロセスは、好ましくは、タービン部品を約815～約1010の温度に最大約4時間付すことを含む。時効プロセスは、好ましくは、部品を約480～約815の温度に最大約12時間加熱することを含む。本発明では、熱処理プロセスと時効プロセスの組合せも考えられる。

【0039】

セクション交換材又はインサートの寸法は、エロージョン、摩耗及び/又は衝撃による

10

20

30

40

50

基材の損傷を防止又は補修するように設定できる。インサートは、上述の方法のいずれかで基材の損傷部分に接合させることができる。保護構造体を拡散軽減層と共に又は拡散軽減層なしで基材に接合することについて説明してきたが、インサートを - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金から製造することもできる。こうして、インサートを基材に接合させることによって基材の補修及び損傷防止を行うことができる。

【0040】

上述の通り、基材全体は チタン合金又はニア チタン合金から製造できる。基材は、鑄造構造体又は鑄造・鍛錬構造体として製造される。別法として、基材を粉末から圧密し、得られた粉末冶金構造体をさらに鍛錬することもできる。この製造法では、チタン合金又はニア チタン合金を所望の形状に作り上げることができる。賦形品に所望の性質を付与するため、賦形品に熱処理、アニール、溶体化処理などを施してもよい。続いて、賦形品をその最終形態に機械加工すればよい。別法として、所望の賦形品をまずその最終形態に機械加工し、次いで熱処理、アニール、溶体化処理などを施すこともできる。一実施形態では、チタン合金又はニア チタン合金からなる基材に、 - チタン合金、ニア チタン合金又は チタン合金からなる上述の保護構造体を接合させることができる。

10

【実施例】

【0041】

以下の実施例で、本明細書に開示した保護構造体の各種実施形態の幾つかを製造するための組成物及び方法を例示するが、これらの実施例は例示にすぎず、限定的に解するべきではない。

20

【0042】

実施例

本実施例は、相含有チタン合金からなる保護構造体で得られる耐エロージョン・耐摩耗性を実証するために行った。本実施例では、Ti-5Al-2Sn-2Zn-4Mo-4Cr (Ti-17) と、Ti-6Al-2Cr-2Mo-2Zr-2Sn (Ti6222ともいう。) と、Ti-15Mo-3Al-2.7Nb-0.25Si の3種の相含有チタン合金を、Stellite 6B (登録商標) と模擬水滴エロージョン環境中で比較する。

【0043】

保護構造体を、先端速度750フィート/秒の水衝突試験に付した。試験結果を図3に示す。図3から分かる通り、相含有チタン合金はStellite 6B (登録商標) で得られるものと同様なエロージョン保護を示した。

30

【0044】

以上、例示的な実施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明の技術的範囲から逸脱せずに様々な変更及び均等物による構成要素の置換をなし得ることは当業者には明らかであろう。また、本発明の要旨から逸脱せずに特定の状況又は材料を本発明の教示内容に適合させるため数多くの修正を行うこともできる。したがって、本発明はその最良の実施形態として開示した特定の実施形態に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の保護構造体で処理することができる例示的なタービン部品の斜視図である。

40

【図2】タービン部品における保護構造体又はシールドとして使用することができる各種 - 又は チタン合金について、有効弾性歪と%伸びの関係をプロットしたグラフである。

【図3】代表的な - 又は チタン合金のエロージョン性能をStellite 6B (登録商標) のエロージョン性能と対比したグラフである。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード(参考)
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 2 C	7/00	D
B 2 3 P 9/00 (2006.01)	F 0 1 D	25/00	X
C 2 2 F 1/00 (2006.01)	B 2 3 P	9/00	
	C 2 2 F	1/00	6 3 0 B
	C 2 2 F	1/00	6 3 0 D
	C 2 2 F	1/00	6 4 0 A
	C 2 2 F	1/00	6 5 1 B
	C 2 2 F	1/00	6 2 7
	C 2 2 F	1/00	6 1 3
	C 2 2 F	1/00	6 8 2
	C 2 2 F	1/00	6 9 1 B
	C 2 2 F	1/00	6 9 1 C
	C 2 2 F	1/00	6 8 5 Z

- (72)発明者 マイケル・フランシス・ザビエル・ジグリオッティ
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコットリア、キル・ドライブ、41番、
- (72)発明者 カナン・ウスル・ハードウィック
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、1230番
- (72)発明者 リャン・ジャン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタデイ、ドビー・レーン、2005番
- (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
- (72)発明者 サミュエル・ヴィノッド・サンブー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、レイサム、ウティカ・アベニュー、41番
- Fターム(参考) 3G002 EA05 EA06
4K044 AA06 AB02 BA02 BB10 BC01 BC02 CA13 CA18 CA21