

(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2005-298973

(P2005-298973A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005.10.27)

(51) Int.Cl.⁷

C22C 19/05
C22C 19/00
C23C 28/00
F01D 5/28
F02C 7/00

F 1

C 22 C 19/05
C 22 C 19/00
C 23 C 28/00
F 01 D 5/28
F 02 C 7/00

テーマコード(参考)

C 3 G 002
L 4 K 044
B
C

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2005-110703 (P2005-110703)

(22) 出願日

平成17年4月7日(2005.4.7)

(31) 優先権主張番号

60/560,287

(32) 優先日

平成16年4月7日(2004.4.7)

(33) 優先権主張国

米国(US)

(71) 出願人

590005449
ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション
UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION
アメリカ合衆国、コネチカット 06101, ハートフォード、ユナイテッド テクノロジーズ ビルディング

(74) 代理人

100096459

弁理士 橋本 剛

(74) 代理人

100092613

弁理士 富岡 淳

最終頁に続く

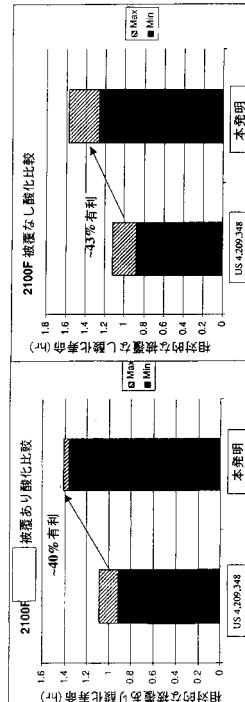
(54) 【発明の名称】ニッケル基超合金、組成、物品、およびガスタービンエンジンプレード

(57) 【要約】

【課題】耐酸化性ニッケル基超合金が提供される。

【解決手段】合金と断熱被覆との組み合わせは、他の関連する特性を維持しながら、良好な高温強度と良好な耐酸化性を有するタービン部材を作成するのに使用できる。ニッケル基超合金は、重量で、約7.5～約12.5%のCrと、約4.5～約5.5%のAlと、約2%以下のTiと、約3.5～約4.5%のWと、約11.5～約12.5%のTaと、約3～約16%のCoと、約0.2～約0.5%のHfと、意図的な添加なしでかつ300ppm未満のYと、意図的な添加なしでかつ500ppm未満のZrと、約0.05%以下のCと、約0.005%以下のBと、Mo、Re、NbおよびVから成る群より選択される約8.5%以下の付加的元素と、残部の実質的Niと、から実質的に構成され、P条件値が、約2500未満であり、所定の公称組成を有する合金より少なくとも約25%大きな耐酸化性を有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重量で、約 7 . 5 ~ 約 12 . 5 % の Cr と、約 4 . 5 ~ 約 5 . 5 % の Al と、約 2 % 以下の Ti と、約 3 . 5 ~ 約 4 . 5 % の W と、約 11 . 5 ~ 約 12 . 5 % の Ta と、約 3 ~ 約 16 % の Co と、約 0 . 2 ~ 約 0 . 5 % の Hf と、意図的な添加なしでかつ 300 ppm 未満の Y と、意図的な添加なしでかつ 500 ppm 未満の Zr と、約 0 . 05 % 以下の C と、約 0 . 005 % 以下の B と、Mo、Re、Nb および V から成る群より選択される約 8 . 5 % 以下の付加的元素と、残部の実質的 Ni と、

から実質的に構成されるニッケル基超合金であって、

$$P = -200Cr + 80Mo^2 - 250Ti^2 - 50(Ti \times Ta) + 15Nb + 20 \\ 0W - 14W^2 + 30Ta - 1.5Ta^2 + 0.5Co + 1200Al - 100Al^2 + 1 \\ 00Re + 1000Hf - 2000Hf^2 + 700Hf^3 - 2000V - 500C - 150 \\ 00B - 500Zr, \text{ であり,}$$

P は、約 2500 未満であり、

合金は、重量で 10 % の Cr と、5 % の Co と、4 % の W と、1 . 5 % の Ti と、5 % の Al と、残部の Ni とから成る公称組成を有する合金よりも少なくとも約 25 % 大きな耐酸化性を有する、

ことを特徴とするニッケル基超合金。

【請求項 2】

Al + Ti + 0 . 2 Ta の量が、重量で 7 ~ 10 % の範囲であり、かつ、W + 0 . 8 T a の量が、重量で 12 ~ 18 % の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載の合金。 20

【請求項 3】

重量で、C が 0 . 05 % 未満であり、B が 0 . 005 % 未満であり、Zr が 0 . 5 % 未満であり、かつ、Y が 30 ppm 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の合金。

【請求項 4】

P は、約 1800 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の合金。

【請求項 5】

重量で、Y が 50 ppm 未満であり、かつ、Mo、Re、Nb および V から成る群より選択される付加的元素が 1 % 未満であることを特徴とする請求項 1 記載の合金。

【請求項 6】

重量で、約 9 ~ 約 11 % の Cr と、約 4 . 75 ~ 約 5 . 25 % の Al と、約 1 ~ 約 2 % の Ti と、約 3 . 5 ~ 約 4 . 5 % の W と、約 11 . 5 ~ 約 12 . 5 % の Ta と、約 4 ~ 約 6 % の Co と、約 0 . 25 ~ 約 0 . 45 % の Hf と、意図的な添加なしでかつ 300 ppm 未満の Y と、意図的な添加なしでかつ 300 ppm 未満の Zr と、約 0 . 01 % 以下の C と、約 0 . 005 % 以下の B と、Mo、Re、Nb および V から成る群より選択される約 8 . 5 % 以下の付加的元素と、残部の実質的 Ni と、

から実質的に構成されるニッケル基超合金から実質的に構成されるニッケル基超合金組成であって、

$$P = -200Cr + 80Mo^2 - 250Ti^2 - 50(Ti \times Ta) + 15Nb + 20 \\ 0W - 14W^2 + 30Ta - 1.5Ta^2 + 0.5Co + 1200Al - 100Al^2 + 1 \\ 00Re + 1000Hf - 2000Hf^2 + 700Hf^3 - 2000V - 500C - 150 \\ 00B - 500Zr, \text{ であり,}$$

P は、約 2500 未満であり、

合金は、重量で 10 % の Cr と、5 % の Co と、4 % の W と、1 . 5 % の Ti と、5 % の Al と、残部の Ni とから成る公称組成を有する合金よりも少なくとも約 25 % 大きな耐酸化性を有する、

ことを特徴とするニッケル基超合金組成。

【請求項 7】

Al + Ti + 0 . 2 Ta の量が、重量で 7 ~ 10 % の範囲であり、かつ、W + 0 . 8 T a の量が、重量で 12 ~ 18 % の範囲であることを特徴とする請求項 6 記載の組成。 50

【請求項 8】

重量で、Cが0.05%未満であり、Bが0.005%未満であり、Zrが0.05%未満であり、かつ、Yが0.003%未満であることを特徴とする請求項6記載の組成。

【請求項 9】

単結晶微細構造を有することを特徴とする請求項1記載の超合金物品。

【請求項 10】

柱状微細構造を有することを特徴とする請求項1記載の超合金物品。

【請求項 11】

a. 重量で、約7.5～約12.5%のCrと、約4.5～約5.5%のAlと、約2%以下のTiと、約3.5～約4.5%のWと、約11.5～約12.5%のTaと、約3～約16%のCoと、約0.2～約0.5%のHfと、意図的な添加なしでかつ300ppm未満のYと、意図的な添加なしでかつ500ppm未満のZrと、約0.05%以下のCと、約0.005%以下のBと、Mo、Re、NbおよびVから成る群より選択される約8.5%以下の付加的元素と、残部の実質的Niと、10

から成る単結晶超合金ガスタービンエンジンプレードであって、

$$P = -200Cr + 80Mo^2 - 250Ti^2 - 50(Ti \times Ta) + 15Nb + 200W - 14W^2 + 30Ta - 1.5Ta^2 + 0.5Co + 1200Al - 100Al^2 + 100Re + 1000Hf - 2000Hf^2 + 700Hf^3 - 2000V - 500C - 1500B - 500Zr, \text{ であり、}$$

Pは、約2500未満であり、20

合金は、重量で10%のCrと、5%のCoと、4%のWと、1.5%のTiと、5%のAlと、残部のNiとから成る公称組成を有する合金より少なくとも約25%大きな耐酸化性を有し、20

ガスタービンエンジンプレードはさらに、

b. 基体上にあるアルミニウム含有被覆であって、耐久性付着性アルミナスケールを形成できる、アルミニウム含有被覆と、30

c. アルミナスケールに付着するセラミック断熱被覆と、

を備えることを特徴とする単結晶超合金ガスタービンエンジンプレード。

【請求項 12】

断熱被覆は、柱状微細構造を有することを特徴とする請求項11記載のガスタービンプレード。30

【請求項 13】

アルミニウム含有被覆は、オーバーレイ被覆であることを特徴とする請求項11記載のガスタービンプレード。30

【請求項 14】

アルミニウム含有被覆は、アルミニドであることを特徴とする請求項11記載のガスタービンプレード。30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、耐酸化性ニッケル基超合金に関する。40

【0002】

(関連出願の相互参照)

本願は、2000年10月30日に出願され参考することにより本願に特に組み込まれる「接合被覆なしに断熱被覆を保持できる低密度耐酸化性超合金材料」という名称の同時係属で同一出願人による米国特許出願番号第09/699,945号の一部継続出願である。

【背景技術】**【0003】**

ガスタービンエンジンの進歩にともない、そのようなタービンの作動部材を形成する超50

合金に課される条件は増加しつつある。初期のガスタービンエンジンには、保護被覆のない多結晶铸造タービンエーロフォイルが使用されていた。時が経つにつれて、改良された機械的特性が、少なくともおおよそ応力主軸方向に長さ方向を有する細長い結晶粒 (e long gated grain) から成る柱状結晶粒形態 (columnar grain form) で超合金物品を铸造することによって得られた。この方法は、横軸方向の粒界数を低減して、部材の機械的特性を向上させるものである。また、この当時に始まって、酸化や腐食から部材を保護するために保護被覆を使用することが一般的になった。

【0004】

ガスタービン部材において次に進歩したのは、単結晶の開発であった。単結晶は、内部粒界がなく、機械的特性が大幅に向上する。より高温で使用するための単結晶合金が開発されるとともに、多くの場合に保護被覆が使用された。単結晶合金および物品は、例えば、同一出願人による米国特許第4,209,348号、第4,459,160号、および第4,643,782号に記載されている。これらの合金から成る部品の特定の作動条件によって、そのような物品は、許容可能なレベルの耐酸化性を与える。

10

【特許文献1】米国特許第4,209,348号明細書

【特許文献2】米国特許第4,459,160号明細書

【特許文献3】米国特許第4,643,782号明細書

【特許文献4】欧州特許出願公開第1201778号明細書

【特許文献5】米国特許第4,719,080号明細書

【特許文献6】米国特許第4,585,481号明細書

20

【特許文献7】米国特許第4,321,311号明細書

【特許文献8】米国特許第5,262,245号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

耐酸化性を向上させかつ重量を低下させる努力の一つとして、「接合被覆なしに断熱被覆を保持できる低密度耐酸化性超合金材料」という名称の同一出願人による欧州特許出願公開第1201778号には、断熱セラミックと共に、また接合被覆と共にまたは接合被覆なしで使用するのに適した合金が示されている。第'778号出願公開には、ニッケル基超合金への少量であるが制御されたハフニウムおよびイットリウムの添加を含む合金が開示されている。これらの少量の添加によって、耐酸化性を含む特定の性質に大幅な向上が得られる。しかしながら、中空物品、例えばタービン部材として铸造される合金へのイットリウムの添加は一般に、インベストメント铸造プロセスの部品としてアルミナ中子材料の使用を必要とし、この中子材料は、作製するのに費用が掛かることがあり、また、铸造されたままの物品から除去するのが困難となることがある。さらに、ハフニウムおよびイットリウム両方を使用することで、合金の初期 (incipient) 溶融温度が低下し、合金を十分に溶体化熱処理 (solution heat treat) することがより困難になり、それによって合金のクリープ強度が低下する。

30

【0006】

比較できるレベルでの铸造性を含むクリープ応力腐食抵抗性、低サイクル疲労 (low cycle fatigue) 抵抗性などといった関連する他の特性を維持しながら、向上した耐酸化性などといった向上した特性を有する単結晶合金などの一方向凝固 (directionally solidified) 合金を提供するのが好ましいであろう。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、柱状結晶粒物品および単結晶物品に使用するのに適したニッケル基超合金を含む。超合金は、同様の組成を有する他の合金に対して向上した被覆なしおよび被覆あり耐酸化性を示しながら、比較できる他の機械的特性を維持する。このニッケル基超合金と断熱被覆系との組み合わせは、基体上に形成される耐久性付着性アルミナスケールを形成

50

できる金属製接合被覆と、このアルミナスケールに施されるセラミック断熱層とを含む。

【0008】

本発明は、ガスタービン用途に、特にガスタービンプレードなどの回転部品に特に有用である。このようなブレードは一般に、エアロフォイル部分と根元または取り付け部分とを含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

向上した強度および高温特性を示す先進超合金組成が開発された。本発明は、耐酸化性の大幅な向上(ハフニウムおよびイットリウムの添加で達成される耐酸化性に匹敵する)をもたらしながら铸造性およびその他の関連特性を維持する、ハフニウムが添加されイットリウムは意図的に添加されない特定のニッケル基超合金に関する。 10

【0010】

【表1】

wt%での合金組成範囲

	EP公開No. EP1201778	U.S.特許No. 4,209,348	本発明A	本発明B
Cr	6-13	8-12	7.5-12.5	9-11
Al	4.5-7	4.5-5.5	4.5-5.5	4.75-5.25
Ti	0.5-2.5	1-2	2以下	1-2
W	3-12	3-5	3.5-4.5	3.5-4.5
Ta	0-14	10-14	11.5-12.5	11.5-12.5
Co	0-15	3-7	3-16	4-6
Hf	0.05-1.5	なし	0.2-0.5	0.25-0.45
Y	0.003-0.040	なし	意図的な添加なし、 <0.0005 <0.003	
Ni	残部	残部	残部	残部
Zr	0-0.15	<50 ppm	0.05以下	0.05以下
Nb	0-2	なし	合計で8.5以下	5以下のMo、 3以下のRe、 1.5以下のV、 および3以下のNbから成る群より選択される8.5以下
Mo	0-4	なし		
Re	0-1	なし		
V	0-2	なし		
Zr	0-0.15	<50 ppm	0.05以下	0.05以下
C	0-0.1	<50 ppm	0.05以下	0.05以下
B	0-0.05	<50 ppm	0.005以下	0.005以下

【0011】

表1は、合金に対する好ましい組成範囲を示し、第一番目は、同時係属で同一出願人による欧州特許出願公開第1201778号(No. EP1201778)(第'945号出願に対応する)においてより詳細に検討されたもの、第二番目は、米国特許第4,209,348号においてより詳細に検討されたものであり、最後の二つが、本発明の合金の変形例である。これらの範囲は、等軸(equiaxed)結晶粒物品、柱状結晶粒物品、および単結晶物品を作成するのに適した組成を含む。これらの好ましい組成範囲は、単結晶用途に最適化される。単結晶用途では、重量で、Cが約0.05%未満であり、Bが約0.005%未満であり、かつZrが約0.1%未満であるのが好ましい。好ましくは、表1の組成範囲は重量で、(Al+Ti+0.2Ta)の値が、約6.5%~約11%。 40

10

20

30

40

50

5%、より好ましくは約7.0%～約10.5%であり、一方、(W+0.8Ta)の値が、約9.5%～約17.5%、より好ましくは約10.5%～約16.5%である、という制限を受ける。本発明の合金の場合は、イットリウムがないのが好ましく、また、いずれの場合も、重量で100ppm未満、より好ましくは50ppm未満である。

【0012】

本発明の態様は、これらの合金にイットリウムを添加せずに少量の注意深く制御された量のハフニウムを添加することで、それらの被覆ありおよび被覆なし耐酸化性が大幅に向 10 上するという発見である。さらに、イットリウムの意図的な添加(intentional addition)の使用を避けることで、例えばインベストメント鋳造による中空物品の作成用に従来の非アルミナ中子材料の使用が可能となる。また、合金からイットリウムを除外することで、イットリウムが存在しないことにより合金の初期溶融温度が上昇する範囲まで、鋳造物品の溶体化熱処理が容易になる。

【0013】

米国特許第4,719,080号には、ニッケル基超合金用の広い組成範囲が規定されるとともに、P条件と呼ばれる量が記載されており、これは、高クリープ強度に焦点を当てて特性の最適な組み合わせを得るための、さまざまな元素間の望ましい関係を規定するものである。米国特許第4,719,080号のP条件式を以下に繰り返すと、

$$\begin{aligned} P = & -200Cr + 80Mo^2 - 250Ti^2 - 50(Ti \times Ta) + 15Nb + 200 \\ W = & 14W^2 + 30Ta - 1.5Ta^2 + 2.5Co + 1200Al - 100Al^2 + 10 \\ Re = & 1000Hf - 2000Hf^2 + 700Hf^3 - 2000V - 500C - 1500 \\ B = & 500Zr, \end{aligned} \quad 20$$

のようになる。

【0014】

高強度特性を有する合金用に米国特許第4,719,080号に開示された最小のP条件値は、3360であり、この特許に開示された最大のP条件値は、4700である。このように、本発明の焦点である組成は、比較できる耐酸化性およびクリープ特性を維持しながら、数ある中でもP条件、合金元素、および特定の性質によって米国特許第4,209,348号および第4,719,080号の組成から、イットリウムが存在しないことによって第'945号出願から、区別することができる。本発明の合金に所望される特性の組み合わせを広く得るために、P条件値は、約2500未満、より好ましくは約1800未満である必要がある。 30

【0015】

P条件は、超合金のクリープ破断(creep-rupture)特性の良好な指標/予測因子であるが、十分に高いP条件値を得るには一般に、重い合金元素を使用する必要がある。結果として合金密度が増加すると、作動中に遠心力が増加するので、同時にLCF(低サイクル疲労)特性は向上せず、それによって、高いP条件値から生じるクリープ特性の向上も、一部が効果的に相殺されてしまう。欧州特許出願公開第1201778号の場合のように、本発明の合金は、第'080号特許に述べられている合金などの従来の高強度合金より低いレベルの重い合金元素を有しており、従って、より高いP条件値を有する合金に比較して、低密度であり、生じる遠心応力も低下する。 40

【0016】

本発明の合金の試料を鋳造し、次いで加熱した。加熱処理は、(i) 2300～2370°F(2335°Fの場合もあれば、2325°Fの場合もある)に最低0.5時間(0.5 hr min.)加熱し、115°F/分またはそれより速い速度で2100°Fに冷却し、空冷に等しいかそれより速い速度で800°Fより下に冷却し、(ii) ~1975°Fに加熱し、4時間保持し、さらに冷却し、次いで、(iii) 1600°Fに加熱し、32時間保持し、次いで冷却する、ことを含んでいた。

【0017】

本発明の合金は、実質的な被覆なしおよび被覆あり耐酸化性を示す。いくつかの組の試料を、4分間2100°Fの火炎内と引き続く2分間の強制空冷によるバーナーリグ(b

urner ring) サイクル酸化試験において試験した。これらの試料は、米国特許第 4,209,348 号に記載された材料の単結晶試料と、上述したように調製された重量で 0.35% の Hf を含みかつ Y の意図的な添加のない（重量で 100 ppm 未満）上述した表 1 の好ましい組成の単結晶試料とである。図 1 を参照すると、いくつかの試料は被覆なしであり、いくつかの試料は、米国特許第 4,585,481 号に述べられている腐食および酸化抵抗性の被覆材料で被覆されていた。それぞれの場合、試験結果は、第 '348 号の組成の試料に対して 100% の酸化寿命であり、本発明の組成の試料に対しては 140% の相対酸化寿命であった（被覆あり試料では約 40% の向上であり、被覆なし試料では約 43% の向上であった）。このように、本発明の酸化寿命は第 '348 号に比較して大幅に良好なものであると理解できる。

10

【0018】

当業者は、同様に他の特性も関連性があると理解するであろう。例えば、本発明の合金（公称組成）のクリープ破断特性を、欧州特許出願公開第 1201778 号のものに対して試験した。試験の際に、36 ksi の応力を、1800°F において試験試料に加えて、試料が破損するまで試験した。図 2 および図 3 に例示する結果が示すように、本発明の合金は、少なくとも同様にクリープ破断抵抗性があり、また、例えば欧州特許出願公開第 1201778 号の合金などのようにイットリウムも含む同様の合金に適用するのが困難であるいくぶん高い（~10°F）溶体化熱処理サイクルから実質的に恩恵を受けるものである。

20

【0019】

特にターピンブレードに関しては、本発明の合金は、良好な LCF 特性を示す。図 4 は、1200°F においてさまざまな応力レベルで試験した本発明の合金試料と欧州特許出願公開第 1201778 号の合金試料の結果を示す。この図に示すように、本発明の合金は、欧州特許出願公開第 1201778 号の合金のものに匹敵する。さらに、本発明の合金試料を、欧州特許出願公開第 1201778 号の合金試料に対して、応力腐食抵抗性の試験に掛けたが、試料は、同様の応力腐食割れ抵抗性を示した。

【0020】

本発明の合金は、付着性アルミナ被覆を形成するように構成された材料で被覆することができ、その上にセラミック断熱層を施すことができる。本発明は、ターピンブレードの文脈で例示するとはいえ、本発明は、いかなる特定の部材にも限定されない。オーバーレイ（overlap lay）被覆は好ましくは、MCrAlY（M は、コバルト、ニッケル、鉄、またはこれらの材料の組み合わせである）であるけれども、MCr 被覆および MCrAl 被覆などといったその他のオーバーレイ被覆も使用できる。本発明と共に有用な例示的な被覆としては、少なくとも NiCrAlY 被覆、CoCrAlY 被覆、NiCoCrAlY 被覆、および CoNiCrAlY 被覆が挙げられる。被覆は、酸化または腐食抵抗性をさらに向上させるために Hf および Si などのその他の元素を含むこともできる。例示的なオーバーレイ被覆組成の概要は、以下の表 2 に示す。

30

【0021】

【表 2】

40

仕様範囲	被覆組成(wt%)						
	Ni	Co	Cr	Al	Y	Si	Hf
典型	残部		10-40	5-35	0-2	0-7	0-2
標準	残部		20-40	5-20	0-1	0-2	0-1
例示	残部		25-40	5-15	0-0.8	0-0.5	0-0.4

【0022】

オーバーレイ被覆は、蒸着（電子ビーム物理蒸着、スパッタリング、陰極アーケ（cathodic arc）、その他を含む）、または溶射（空気プラズマ溶射、低圧または

50

真空プラズマ溶射、高速オキシ燃料(oxy-fuel)溶射、その他)などといった当業者に知られているさまざまなプロセスによって施すことができる。

【0023】

代替として、被覆は、当業技術内でよく知られた種類のアルミニド(aluminide)被覆から成ることができる。アルミニドは、一つまたは複数の貴金属を含むことができ、また、任意のさまざまな既知の適用プロセス、例えば蒸着によって施すことができる。

【0024】

アルミナスケールは好ましくは、セラミックTBC層の適用の前に、またはその適用の間に、アルミニウム含有合金の熱酸化によって生成させる。酸化は好ましくは、当業技術内で知られるように、低酸素ポテンシャル雰囲気内で実施する。

【0025】

本発明と共に断熱被覆(thermal barrier coating)として使用できるセラミック被覆は、酸化物セラミックスおよび酸化物セラミックスの混合物を含む。特に、完全にまたは部分的に安定化されたジルコニアを使用できるが、ここでは、安定剤として、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Gd_2O_3 、または他の希土類酸化物、または任意の他の適切な酸化物、およびこれらの混合物から成る酸化物の添加を用いることができる。TBCは、EBPVD(電子ビーム物理蒸着)、プラズマ溶射法、フレームスプレー法などによって施すことができる。EBPVD適用技術は、回転部品に使用するのに好ましい。米国特許第4,321,311号および第5,262,245号が、参考することによって本願に組み込まれる。米国特許第4,321,311号に記載されているように、EBPVD法により施されたセラミック被覆は、良好な付着性を促進するとともに歪み耐性のある有利な柱状微細構造(microstructure)を有する。セラミック被覆の厚みは、通常、3~10 milであるとはいえ、より薄いあるいはより厚い厚みも可能である。

【0026】

本発明の合金は、米国特許第4,719,080号に記載されているPWA1484などの比較的最近開発されたクリープ強度のより大きな合金に比較して、低密度である。本発明の合金の密度低下は、タービンブレードなどの回転するタービン部材にとって、特に重要である。いくつかの設計では、タービンブレードは、ブレードがタービンディスク内に保持される位置である根元領域のLCF寿命(低サイクル疲労寿命)特性によって制約を受ける。密度を考慮すると、本発明の合金は、1200°Fでの切欠きLCF試験に掛けたときに、米国特許第4,719,080号の合金より、大幅に大きなLCF強度特性を有する。

【0027】

また、密度の低下した本発明の合金によって、保持しているタービンディスクに掛かる応力が低下する。エンジンの作動中に、ブレードは、ブレード牽引力(blade pull)として一般に知られる効果である、かなりの遠心力をディスクに作用させる。

【0028】

ある程度詳細に上述のように本発明を説明したが、本発明の精神または添付の特許請求の範囲から逸脱せずにさまざまな変形および置換を行うことができる。従って、本発明は、限定によってではなく例示によって説明したことと理解する必要がある。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の合金の相対的な被覆ありおよび被覆なし酸化寿命を示すグラフである。

【図2】本発明の合金のクリープ破断特性を示すグラフである。

【図3】本発明の合金のクリープ破断特性を示すグラフである。

【図4】本発明の合金のLCF特性を示すグラフである。

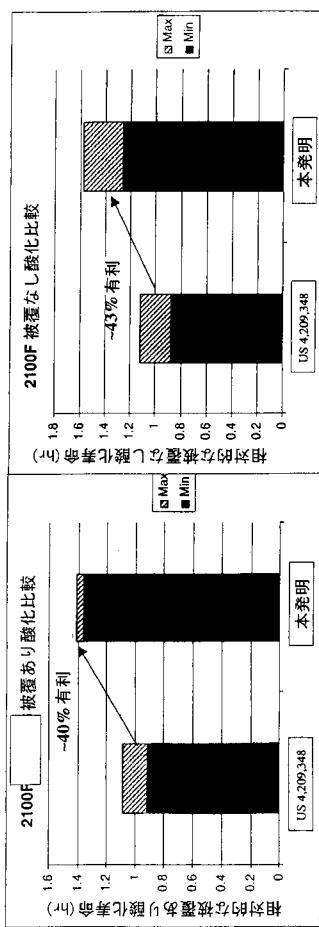
10

20

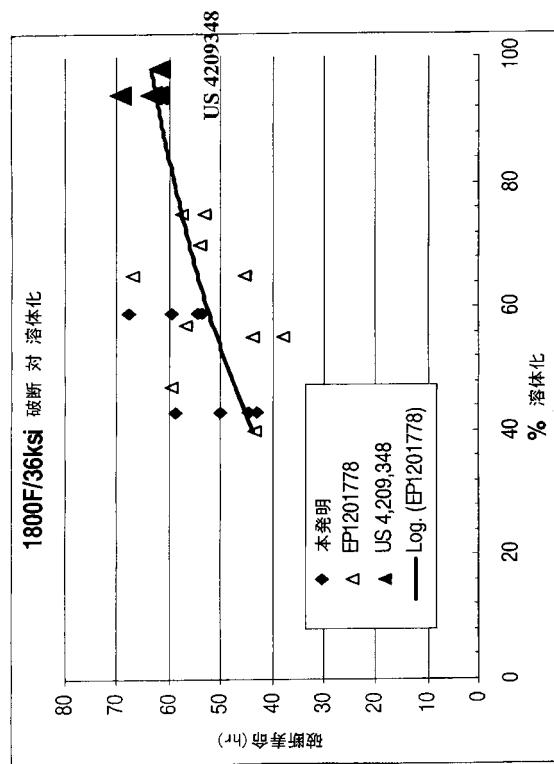
30

40

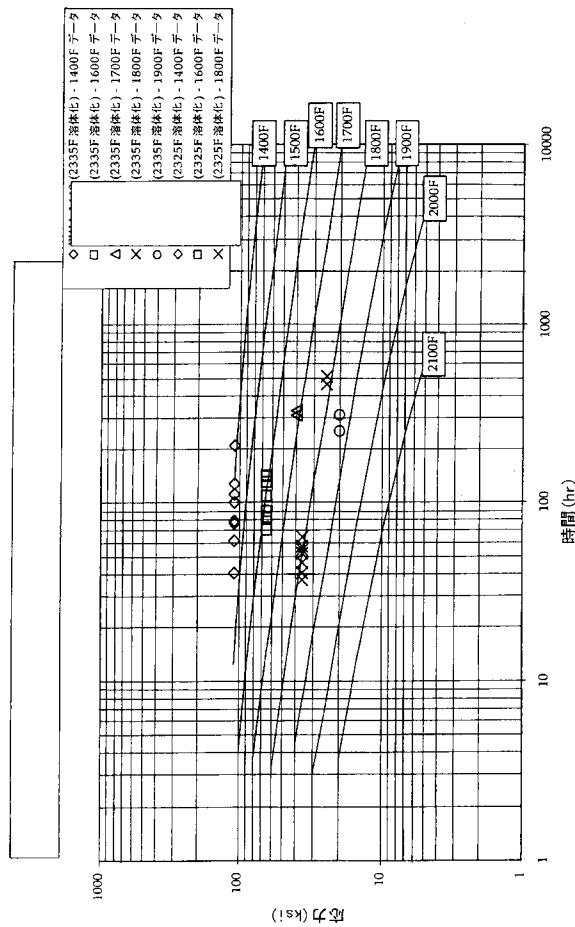
〔 図 1 〕



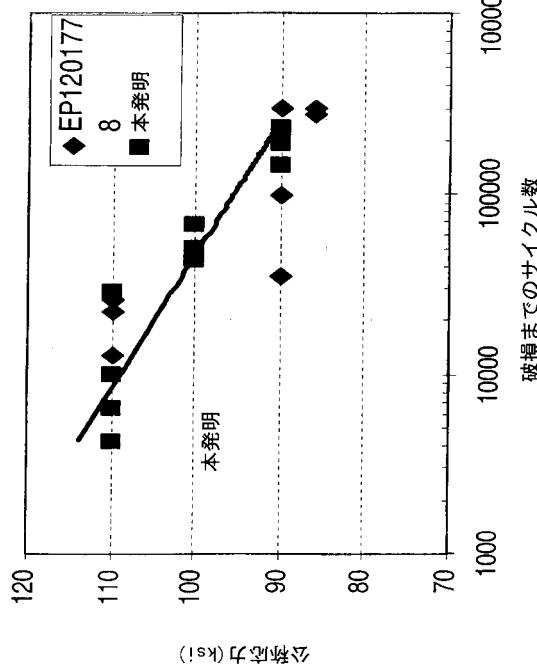
【図2】



【図3】



【 図 4 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
// B 2 2 C 9/24	B 2 2 C 9/24	C
B 2 2 D 27/04	B 2 2 D 27/04	A

(72)発明者 アラン ディー・セテル

アメリカ合衆国、コネチカット、ウエスト ハートフォード、フラー ドライブ 90

F ターム(参考) 3G002 EA05 EA06 EA08

4K044 AA06 BA02 BA06 BA10 BA12 BB03 BC02 BC12 CA11 CA12
CA13