

(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2021-123797  
(P2021-123797A)

(43) 公開日 令和3年8月30日(2021.8.30)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
<b>C22C</b>	<b>19/05</b>	<b>(2006.01)</b>	C22C	19/05	L	3G202		
<b>FO1D</b>	<b>5/28</b>	<b>(2006.01)</b>	C22C	19/05	C			
<b>FO1D</b>	<b>9/02</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1D	5/28				
<b>FO2C</b>	<b>7/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO1D	9/02	101			
<b>FO1D</b>	<b>25/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO2C	7/00	C			

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2021-5092 (P2021-5092)  
 (22) 出願日 令和3年1月15日(2021.1.15)  
 (31) 優先権主張番号 16/784, 781  
 (32) 優先日 令和2年2月7日(2020.2.7)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123  
 45、スケネクタデー、リバーロード、1  
 番  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (72) 発明者 ヤン・ツイ  
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2  
 9615 グリーンビル、ガーリントン  
 ロード 300  
 (72) 発明者 ジョン・コンラッド・シェーファー  
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2  
 9615 グリーンビル、ガーリントン  
 ロード 300

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ニッケル基超合金

(57) 【要約】

【課題】 向上された溶接性、熱処理特性、高温の縦方向および横方向のクリープ強度、耐高温腐食性、ならびに耐酸化性を含む性質を有するニッケル基超合金を提供する。

【解決手段】 重量パーセントで、コバルト7.5、クロム9.75、アルミニウム5.45、チタン1.0、ニオブ3.5、タングステン6.0、モリブデン1.5、炭素0.08、ハフニウム0.15、ホウ素0.01、ならびにニッケル65.0、および不可避免的不純物を含む、ニッケル基超合金組成物。

【選択図】 図2

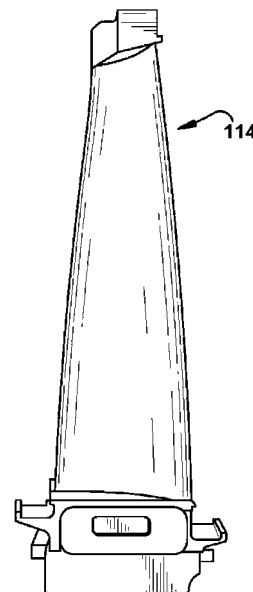


FIG. 2

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

重量パーセントで、  
 コバルト 5.0 ~ 10.0、  
 クロム 7.0 ~ 12.0、  
 アルミニウム 4.2 ~ 6.0、  
 チタン 0 ~ 3.5、  
 ニオブ 2.5 ~ 4.5、  
 タングステン 4.0 ~ 8.0、  
 モリブデン 0.5 ~ 2.5、  
 炭素最大 0.15、  
 ハフニウム最大 0.2、  
 ホウ素最大 0.02、ならびに  
 残部のニッケルおよび不可避免的不純物  
 を含む、組成物。

10

## 【請求項 2】

重量パーセントで、  
 コバルト 7.0 ~ 8.0、  
 クロム 9.0 ~ 11.0、  
 アルミニウム 5.0 ~ 5.5、  
 チタン 0.75 ~ 1.5、  
 ニオブ 3.0 ~ 4.0、  
 タングステン 5.0 ~ 7.0、  
 モリブデン 1.0 ~ 2.0、  
 炭素最大 0.10、  
 ハフニウム最大 0.2、  
 ホウ素最大 0.02、ならびに  
 残部のニッケルおよび不可避免的不純物  
 を含む、請求項 1 に記載の組成物。

20

## 【請求項 3】

重量パーセントで、  
 コバルト 7.5、  
 クロム 9.75、  
 アルミニウム 5.45、  
 チタン 1.0、  
 ニオブ 3.5、  
 タングステン 6.0、  
 モリブデン 1.5、  
 炭素 0.08、  
 ハフニウム 0.15、  
 ホウ素 0.01、ならびに  
 ニッケル 65.0、  
 および不可避免的不純物  
 を含む、請求項 1 に記載の組成物。

30

40

## 【請求項 4】

ガンマプライム ( ' ) は、前記組成物の約 60 ~ 約 65 体積パーセント ( % ) である、請求項 1 に記載の組成物。

## 【請求項 5】

前記組成物のガンマプライム ( ' ) ソルバス温度は、約 2050 ° F ~ 約 2250 ° F の範囲にある、請求項 1 に記載の組成物。

50

## 【請求項 6】

前記組成物は、粉末である、請求項 1 に記載の組成物。

## 【請求項 7】

製造物品であって、前記物品は、ニッケル基超合金を含み、前記ニッケル基超合金は、重量パーセントで、

コバルト 7.5、  
クロム 9.75、  
アルミニウム 5.45、  
チタン 1.0、  
ニオブ 3.5、  
タンゲステン 6.0、  
モリブデン 1.5、  
炭素 0.08、  
ハフニウム 0.15、  
ホウ素 0.01、ならびに  
ニッケル 65.0、  
および不可避免的不純物  
を含む、製造物品。

10

## 【請求項 8】

ガンマプライム ( ' ) は、前記ニッケル基超合金の約 60 ~ 約 65 体積パーセント ( % ) である、請求項 7 に記載の製造物品。

20

## 【請求項 9】

前記ニッケル基超合金のガンマプライム ( ' ) ソルバス温度は、約 2050 ° F ~ 約 2250 ° F の範囲にある、請求項 7 に記載の製造物品。

## 【請求項 10】

ガスタービン ( 100 ) であって、前記ガスタービン ( 100 ) は、高温ガス経路構成要素 ( 114 ) を備え、前記構成要素 ( 114 ) は、ニッケル基超合金を含み、前記ニッケル基超合金は、重量パーセントで、

コバルト 7.5、  
クロム 9.75、  
アルミニウム 5.45、  
チタン 1.0、  
ニオブ 3.5、  
タンゲステン 6.0、  
モリブデン 1.5、  
炭素 0.08、  
ハフニウム 0.15、  
ホウ素 0.01、ならびに  
ニッケル 65.0、  
および不可避免的不純物  
を含む、ガスタービン ( 100 ) 。

30

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本開示は、一般にニッケル基超合金に関し、より詳細には、向上された溶接性、熱処理特性、高温の縦方向および横方向のクリープ強度、耐高温腐食性、ならびに耐酸化性を含む性質を有するニッケル基超合金に関する。

## 【発明の概要】

## 【0002】

本開示の第 1 の態様は、重量パーセントで、コバルト 7.5、クロム 9.75、アルミ

50

ニウム 5.45、チタン 1.0、ニオブ 3.5、タングステン 6.0、モリブデン 1.5、炭素 0.08、ハフニウム 0.15、ホウ素 0.01、ならびにニッケル 65.0、および不可避免的不純物を含む、ニッケル基超合金組成物を提供する。

【0003】

本開示の第2の態様は、重量パーセントで、コバルト 5.0~10.0、クロム 7.0~12.0、アルミニウム 4.2~6.0、チタン 0~3.5、ニオブ 2.5~4.5、タングステン 4.0~8.0、モリブデン 0.5~2.5、炭素最大 0.15、ハフニウム最大 0.2、ホウ素最大 0.02、ならびに残部のニッケルおよび不可避免的不純物を含む、組成物を提供する。

【0004】

本開示の第3の態様は、製造物品を提供する。物品は、ニッケル基超合金から形成され、ニッケル基超合金は、重量パーセントで、コバルト 7.5、クロム 9.75、アルミニウム 5.45、チタン 1.0、ニオブ 3.5、タングステン 6.0、モリブデン 1.5、炭素 0.08、ハフニウム 0.15、ホウ素 0.01、ならびにニッケル 65.0、および不可避免的不純物を含む。

【0005】

本開示の第4の態様は、ガスタービンを提供する。ガスタービンは、高温ガス経路構成要素を備える。構成要素は、ニッケル基超合金を含み、ニッケル基超合金は、重量パーセントで、コバルト 7.5、クロム 9.75、アルミニウム 5.45、チタン 1.0、ニオブ 3.5、タングステン 6.0、モリブデン 1.5、炭素 0.08、ハフニウム 0.15、ホウ素 0.01、ならびにニッケル 65.0、および不可避免的不純物を含む。

【0006】

本開示の態様は、本明細書で説明される問題および/または検討されていない他の問題を解決することを意図している。

【0007】

本開示のこれらおよび他の特徴は、本開示の様々な実施形態を図示する添付の図面と併せて、本開示の様々な態様に関する以下の詳細な説明から、さらに容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態のブレードを用いることができる場所を備えたガスタービンエンジンを示す図である。

【図2】実施形態の超合金から製作することができるブレードの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本開示の図面は、必ずしも原寸に比例しないことに留意されたい。図面は、本開示の典型的な態様だけを図示することを意図しており、したがって、本開示の範囲を限定するものと考えべきではない。図面では、類似する符号は、図面間で類似する要素を表す。

【0010】

最初の問題として、現在の技術を明確に説明するために、タービンシステム内の関連する構成要素を参照して説明するときに、特定の専門用語を選択することが必要になる。可能な限り、一般的な工業専門用語が、その受け入れられた意味と同じ意味で使用および利用される。別途記載のない限り、このような専門用語は、本出願の文脈および添付の特許請求の範囲と一致する広義の解釈を与えられるべきである。当業者であれば、多くの場合、特定の構成要素がいくつかの異なるまたは重複する用語を使用して参照されることがあることを理解するであろう。単一の部品であるとして本明細書に記載され得るものは、複数の構成要素からなるものとして別の文脈を含み、かつ別の文脈で参照されてもよい。あるいは、複数の構成要素を含むものとして本明細書に記載され得るものは、単一の部品として他の場所で参照されてもよい。

【0011】

10

20

30

40

50

加えて、本明細書ではいくつかの記述的用語を規則通りに使用することができ、このセクションの開始時にこれらの用語を定義することが有用であることがわかる。これらの用語およびその定義は、別途記載のない限り、以下の通りである。本明細書で使用する場合、「下流」および「上流」とは、タービンエンジンを通る作動流体、または例えば、燃焼器を通る空気の流れ、もしくはタービンの構成要素システムの1つを通る冷却剤などの流体の流れに対する方向を示す用語である。「下流」という用語は、流体の流れの方向に対応し、「上流」という用語は、流れの反対の方向を指す。「前方」および「後方」という用語は、別途指定のない限り、方向を指し、「前方」はエンジンの前方または圧縮機端部を指し、「後方」はエンジンの後部またはタービン端部を指す。

**【0012】**

多くの場合、中心軸線に関して異なる半径方向位置に配置された部品を記述することが要求される。「半径方向」という用語は、軸線に垂直な移動または位置を指す。例えば、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線に近接して位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向内側」または「内方」にあると述べる。一方、第1の構成要素が第2の構成要素よりも軸線から遠くに位置する場合には、本明細書では、第1の構成要素は第2の構成要素の「半径方向外側」または「外方」にあると述べることができる。「軸方向」という用語は、軸線に平行な移動または位置を指す。最後に、「円周方向」という用語は、軸線周りの移動または位置を指す。このような用語は、タービンの中心軸線に関連して適用することができることが理解されよう。

**【0013】**

加えて、以下に記載のように、本明細書ではいくつかの記述的用語を規則通りに使用することができる。「第1の」、「第2の」、および「第3の」という用語は、ある構成要素を別の構成要素から区別するために交換可能に使用することができ、個々の構成要素の場所または重要性を示すことを意図するものではない。

**【0014】**

本明細書で使用される専門用語は、単に特定の実施形態を説明するためのものに過ぎず、本開示を限定することを意図するものではない。本明細書で使用する場合、単数形「1つの(a)」、「1つの(an)」、および「この(the)」は、特に明示しない限り、複数形も含むことを意図している。「備える(comprise)」および/または「備えている(comprising)」という用語は、本明細書で使用する場合、記載した特徴、整数、ステップ、動作、要素、および/または構成要素が存在することを明示するが、1つまたは複数の他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成要素、および/またはそれらの組が存在することまたは追加することを除外しないことがさらに理解されよう。「任意選択の」または「任意選択で」は、後で述べられる事象または状況が、起こる場合も起こらない場合もあることを意味し、この記述は、その事象が起こる事例と、起こらない事例とを含むことを意味する。

**【0015】**

ある要素または層が別の要素または層に対して「上に」、「係合される」、「接続される」、または「結合される」と言及される場合には、他の要素または層に対して直接上に、係合され、接続され、または結合されてもよいし、あるいは介在する要素または層が存在してもよい。逆に、ある要素が別の要素または層に対して「直接上に」、「直接係合される」、「直接接続される」、または「直接結合される」と言及される場合には、介在する要素または層は存在しなくてもよい。要素間の関係について説明するために使用される他の語も、同様に解釈されるべきである(例えば、「~の間に」に対して「直接~の間に」、「~に隣接して」に対して「直接~に隣接して」など)。本明細書で使用する場合、「および/または」という用語は、関連する列挙された項目のいずれかおよび1つまたは複数のすべての組み合わせを含む。

**【0016】**

ガスタービンの高温セクション(「高温ガス経路」としても知られる)に位置する構成要素は、典型的には、ニッケル基超合金、鉄基超合金、コバルト基超合金、およびそれら

10

20

30

40

50

の組み合わせを含む超合金で形成される。超合金 G T D - 4 4 4 で形成されたブレードは、ゼネラルエレクトリックモデル F B および H などの高効率エンジン用の後段ブレードとして使用される。G T D - 4 4 4 ブレードは、典型的には、許容可能な耐クリープ性の性質を示す。しかし、G T D - 4 4 4 超合金は、この合金がマトリックスに高いガンマプライム（約 6 0 %）を含有するため、溶接が困難である。したがって、G T D - 4 4 4 の溶接は、母材の熱影響部および溶接金属に亀裂を生じさせる可能性がある。本明細書で使用する場合、「G T D - 4 4 4」は、重量で、約 7 . 5 % のコバルト、約 0 . 2 % の鉄、約 9 . 7 5 % のクロム、約 4 . 2 % のアルミニウム、約 3 . 5 % のチタン、約 4 . 8 % のタンタル、約 6 % のタンゲステン、約 1 . 5 % のモリブデン、約 0 . 5 % のニオブ、約 0 . 2 % のケイ素、約 0 . 1 5 % のハフニウム、および残部のニッケルの組成物を含む合金を指す。G T D - 4 4 4 は、マサチューセッツ州ボストンのゼネラルエレクトリック社から入手可能である。

10

#### 【 0 0 1 7 】

図 1 および図 2 を参照して、燃焼タービンまたはガスタービン（G T）システム 1 0 0（以下、「G T システム 1 0 0」）の形態のターボ機械 9 0 が示されている。G T システム 1 0 0 は、圧縮機 1 0 2 と、燃焼器 1 0 4 とを含む。燃焼器 1 0 4 は、燃焼領域 1 0 5 と、燃料ノズルアセンブリ 1 0 6 とを含む。G T システム 1 0 0 はまた、タービン 1 0 8 と、共通の圧縮機 / タービンシャフト 1 1 0（以下、「ロータ 1 1 0」と呼ぶ）とを含む。一実施形態では、G T システム 1 0 0 は、マサチューセッツ州ボストンのゼネラルエレクトリック社から市販されている 7 H A . 0 3 エンジンである。一組の静止ベーンまたは

20

#### 【 0 0 1 8 】

ガスタービンシステム 1 0 0 の異なる高温ガス経路セクションは、内部の構成要素を形成する材料が異なる性質を有することを必要とする、異なる動作条件を経験する場合がある。実際、同じセクション内の異なる構成要素は、異なる材料を必要とする、異なる動作条件を経験し得る。

#### 【 0 0 1 9 】

エンジンのタービンセクションにおけるタービンブレード 1 1 4 または翼形部は、タービンホイールに取り付けられ、タービン 1 0 8 によって排出される高温の排気燃焼ガス中で非常に高速で回転する。これらのブレードまたは翼形部は、耐酸化性および耐腐食性である必要があり、耐クリープ性 / 応力破断、強度、および延性などの機械的性質を維持しながら、上昇する動作温度でその微細構造を維持する。これらのブレードは複雑な形状を有するため、コストを削減するために、鋳造、付加製造、鍛造、または複雑な形状を達成するための処理時間ならびに加工時間を短縮する他の適切なプロセスなど、適切な方式によって成形され得る。

30

#### 【 0 0 2 0 】

上記のように、ニッケル基超合金は、タービンの動作条件に耐える所望の性質を提供するため、高温ガス経路構成要素に使用されてきた。ニッケル基超合金は、ガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出物を含む析出強化メカニズムによる高温性能および強度を有する。ガンマプライム（ $\gamma'$ ）は、 $Ni_3(Al, Ti)$  であり、ニッケル基超合金における主要な強化相である。これは、規則正しい  $L1_2(fcc)$  結晶構造を有する、コヒーレントに析出する相である（すなわち、析出物の結晶面がガンママトリックスと一致している）。

40

#### 【 0 0 2 1 】

ニッケル基超合金は、適切に熱処理されると高体積分率のガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出物を形成する R e n e N 4、R e n e N 5、ならびに適切に熱処理されるとやや低い体積分率のガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出物を形成する G T D（登録商標）- 1 1 1、R e n e 8 0、および I n 7 3 8 などのニッケル基超合金から作製することができるブレードに利用される。G T D（登録商標）は、マサチューセッツ州ボストンのゼネラルエレクトリック社の商標である。G T D（登録商標）2 2 2 および I N 9 3 9 など、低体積

50

分率のガンマプライム ( ' ) を形成する他のニッケル基超合金は、ノズルまたは排気用途などの低温のガスタービンシステム用途で使用することができる。

【 0 0 2 2 】

本開示によって具体化され、本明細書の範囲および量における組成物を含むニッケル基超合金は、ガスタービンの過酷な環境の動作条件に耐える所望の性質を提供することができるため、タービンの高温ガス経路セクションにおいて有用である。

【 0 0 2 3 】

以下の成分量の説明において、「最大」という用語は、値が本質的にゼロまたは微量であり得ることを意味し、成分は、その上限量に達するまで「最大」に増加する量で提供されてもよい。したがって、成分「X」の量が「最大12.3」である場合、Xは、0.0、または12.3、または0.0と12.3の両方を含む0.0～12.3の間の任意の量にすることができる。

10

【 0 0 2 4 】

実施形態の一態様では、ニッケル基超合金組成物が提供される。ニッケル基超合金組成物は、重量パーセントで、成分：コバルト5.0～10.0、クロム7.0～12.0、アルミニウム4.2～6.0、チタン0.75～3.5、ニオブ2.5～4.5、タングステン4.0～8.0、モリブデン0.5～2.5、炭素最大0.15、ハフニウム最大0.2、ホウ素最大0.02、ならびに残部のニッケルおよび不可避免的不純物を含む。

【 0 0 2 5 】

さらなる実施形態では、ニッケル基超合金組成物は、重量パーセントで、成分：コバルト7.0～8.0、クロム9.0～11.0、アルミニウム5.0～5.5、チタン0.75～1.5、ニオブ3.0～4.0、タングステン5.0～7.0、モリブデン1.0～2.0、炭素最大0.10、ハフニウム最大0.2、ホウ素最大0.02、ならびに残部のニッケルおよび不可避免的不純物を含む。

20

【 0 0 2 6 】

ニッケル基超合金組成物のさらに別の実施形態では、ニッケル基超合金は、重量パーセントで、コバルト7.50、クロム9.75、アルミニウム5.45、チタン1.0、ニオブ3.5、タングステン6.0、モリブデン1.5、炭素0.08、ハフニウム0.15、ホウ素0.01、ならびにニッケル65.0、および不可避免的不純物を含む。

【 0 0 2 7 】

以下の表 I は、本開示の実施形態によるニッケル基超合金のいくつかの組成物を記載する。表 I には、GE の GTD - 444 の成分の組成物もまた、参照目的でのみ含まれている。

30

【 0 0 2 8 】

【 表 1 】

表 I

合金 \ 組成物 wt%	合金の組成物											
	Ni	Co	Cr	Al	Ti	Ta	Nb	W	Mo	C	Hf	B
合金 1	残部	7.5	9.75	5.45	1.0	0.0	3.5	6.0	1.5	0.06	0.15	0.01
合金 2	残部	7.5	9.75	5.14	1.63	0.0	3.5	6.0	1.5	0.06	0.15	0.01
合金 3	残部	7.5	9.75	4.5	2.88	0.0	3.5	6.0	1.5	0.06	0.15	0.01
GTD-444	残部	7.5	9.75	4.2	3.5	4.8	0.50	6.0	1.5	0.06	0.15	0.01

40

【 0 0 2 9 】

合金 1、2、および 3 によるニッケル基超合金は、限定はしないが GTD - 444 を含む他のニッケル基超合金と比較して、より大きい重量パーセントのニオブを含む。ニオブは、本明細書で具体化されるように、限定はしないが GTD - 444 を含む他のニッケル

50

基超合金と比較して、向上された溶接性を有するニッケル基超合金を提供する。

【0030】

さらに、より高いアルミニウム重量パーセント含有量のニッケル基超合金は、本明細書で具体化されるように、限定はしないがGTD-444を含む他のニッケル基超合金と比較して、より高い耐酸化性を可能にする。

【0031】

さらに、他のニッケル基超合金と比較して、少なくともタンタルが存在しない場合、単独で、または炭素の存在下でのコバルト、タングステンおよびタンタルの量、Al対Tiの比率の増加を組み合わせると、本開示のニッケル基超合金に具体化されるように、低サイクル疲労およびクリープ属性を低減することが可能になる。したがって、タービン寿命に影響を与える両方の物理的性質の低減に伴い、本開示によるニッケル基超合金を備えたブレードは、延長された寿命を有することができる。

10

【0032】

本開示の実施形態によるニッケル基超合金の別の態様は、チタンとアルミニウムの重量パーセントの間の有益な関係である。ガスタービンの高温ガス経路ではより高い昇温強度ならびに応力破断に対する耐性が必要とされるため、低ガンマプライム(γ)材料は、一般に、燃焼器またはタービン用途などの高温ガス経路部品には適していない。ニッケル基超合金に含まれる追加のAlおよび/またはTiは、ニッケル基超合金を強化するガンマプライム(γ)を生成する。中および高ガンマプライム(γ)強化ニッケル基超合金は、タービンエンジンの燃焼器およびタービンセクションでの使用に必要な追加の強度を提供する。

20

【0033】

ニッケル基超合金は、本開示によって具体化されるように、ガスタービン内の高温ガス経路構成要素の厳しい動作条件を満たす所望の物理的および冶金学的性質を提供することができる。実施形態によるニッケル基超合金が適用され得るタービンのセクションには、限定はしないが、タービンブレードを含む高温ガス経路構成要素、タービンノズル、ケーシング、ハウジング、圧縮機部品、シュラウド、ベーン、ダイヤフラム、特に高い動作温度および/または過酷な環境に曝される燃焼ライナ、部品、およびトランジションピースなどが挙げられる。

【0034】

加えて、本開示によって具体化され、本明細書の範囲および量における組成物を含むニッケル基超合金は、多数の製造プロセスで使用することができる。ニッケル基超合金を使用することができるプロセスには、本開示によって具体化されるように、限定はしないが、付加製造、鋳造、鍛造、真空アーク再溶融などの真空溶融、溶接、ろう付け、接着、はんだ付け、または接合；修理用フィラー材料、クーポン、プラグ、および/またはワイヤフィルの使用；本明細書で具体化されるように、ニッケル基超合金が粉末または粒状の形態で提供される3D印刷；熱間静水圧プレスプロセス；粉末冶金プロセス；バインダジェットプロセス、および現在知られているまたは今後開発される他のプロセスが挙げられる。

30

【0035】

さらに、本開示によって具体化され、本明細書の範囲および量における組成物を含むニッケル基超合金は、適用および/または使用を容易にし得る様々な形態で使用するために提供され得る。例えば、本開示の実施形態を決して限定するものではなく、ニッケル基超合金は、生の鍛造品、ピレット、インゴット、粉末超合金材料、ワイヤ形態、ペレット化、または現在知られているまたは今後開発される任意の他の適切な形態として提供することができる。

40

【0036】

加えて、適用される処理に応じて、ニッケル基超合金は、本開示によって具体化されるように、等軸、方向性凝固、および単結晶粒子配向、または現在知られているまたは今後開発される任意の他の形態があり得る。

50

## 【0037】

A1およびTiは、上記のように、用途の超合金におけるガンマプライム( )の体積分率を増加させる。ガンマプライム( )の体積分率を増加させると、超合金の耐クリープ性が高められる。超合金の強度は、A1+Tiの増加と共に増加する。強度はまた、A1対Tiの比率の増加と共に増加する。

## 【0038】

さらに、A1は、本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金の耐酸化性を高める。

## 【0039】

Coが添加され、本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金の応力性質およびクリープ破断性質を改善すると考えられている。

10

## 【0040】

Crは、本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金の耐酸化性および耐高温腐食性を高める。Crはまた、本明細書の実施形態によれば、高温でのニッケル基超合金の固溶体強化、およびCの存在下での改善されたクリープ破断性質に寄与すると考えられている。

## 【0041】

Cは、本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金の改善されたクリープ破断性質に寄与する。Cは、Cr、場合によっては他の元素と相互作用し、粒界炭化物を形成する。

20

## 【0042】

Ta、W、Mo、およびReは、耐クリープ破断性を改善する高融点耐火元素である。これらの元素は、マトリックスの固溶体強化に寄与し得る。MoおよびWは、Tiなどの硬化元素の拡散性を低下させるため、ガンマプライム( )の粗大化に必要な時間が長くなり、クリープ破断などの高温性質が改善される。TaおよびWはまた、本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金におけるガンマプライム( )の形成においてTiと置き換えることができる。

## 【0043】

Nbは、ガンマプライム( )の形成を促進するために含まれ得、前述の本明細書の実施形態によれば、ニッケル基超合金におけるガンマプライム( )の形成においてTiと置き換えることができる。さらに上記のように、ニッケル基超合金では、Nbは、本開示によって具体化される組成物に従って、ニッケル基超合金の溶接性を高める。

30

## 【0044】

Hf、B、およびZrは、ニッケル基超合金に低重量パーセントで添加され、粒界を強化する。ホウ化物の形成物が、粒界の延性を向上させるために粒界に形成されてもよい。ジルコニウムはまた、粒界に偏析すると考えられており、延性に寄与しながら、残留不純物を拘束するのに役立ち得る。ハフニウムは、ニッケル基超合金におけるガンマプライム( )共晶の形成、ならびに延性に寄与するガンマプライム( )の粒界の促進に寄与する。本明細書の実施形態のニッケル基超合金のガンマプライム( )体積分率は、従来のGTD-444の体積分率よりも高い。

40

## 【0045】

ガスタービンの動作温度でのクリープ強度は、ガンマプライム( )量に関係し、動作温度は、ソルバス温度の影響を受ける。ソルバス温度は、ガンマプライム( )が超合金マトリックスに溶液化または溶解し始める温度である。したがって、自体がニッケル基超合金で維持されるため、ソルバス温度を上げると強度が維持される。したがって、ガンマプライム( )の量もニッケル基超合金強度に関係しているということになる。本明細書の実施形態のニッケル基超合金は、高いガンマプライム( )体積分率(約60~約65体積パーセント(%))、および高いソルバス温度(2200F)を有する。

## 【0046】

50

また、本明細書の実施形態のニッケル基超合金は、GTD-444と比較した場合、部分的にアルミニウム含有量のために、ガスタービンの動作条件および環境でより高い耐酸化性を示す。

【0047】

さらに、本明細書の実施形態のニッケル基超合金は、GTD-444と比較して、部分的にタングステンおよびチタン含有量のために、ガスタービンの動作条件および環境で低サイクル疲労(LCF)およびクリープ性質を有する。

【0048】

本明細書および特許請求の範囲を通してここで使用される、近似を表す文言は、関連する基本的機能に変化をもたらすことなく、差し支えない程度に変動し得る任意の量的表現を修飾するために適用することができる。したがって、「およそ」、「約」、および「実質的に」などの用語によって修飾された値は、明記された厳密な値に限定されるものではない。少なくともいくつかの例では、近似を表す文言は、値を測定するための機器の精度に対応することができる。ここで、ならびに本明細書および特許請求の範囲を通して、範囲の限定は組み合わせおよび/または置き換えが可能であり、文脈および文言が特に指示しない限り、このような範囲は識別され、それに包含されるすべての部分範囲を含む。範囲の特定の値に適用される「約」は、両端の値に適用され、値を測定する機器の精度に特に依存しない限り、記載された値の+/-10%を示すことができる。

10

【0049】

以下の特許請求の範囲におけるミーンズプラスファンクションまたはステッププラスファンクションの要素すべての、対応する構造、材料、動作、および均等物は、具体的に請求された他の請求要素と組み合わせてその機能を実施するための、一切の構造、材料、または動作を包含することを意図している。本開示の記述は、例示および説明の目的で提示されており、網羅的であることも、または本開示を開示した形態に限定することも意図していない。当業者には、本開示の範囲および趣旨から逸脱することなく多くの修正および変形が明らかであろう。本開示の原理および実際の用途を最良に説明し、想定される特定の使用に適するように様々な修正を伴う様々な実施形態の本開示を他の当業者が理解することができるようにするために、本実施形態を選択し、かつ説明した。

20

【符号の説明】

【0050】

30

- 90 ターボ機械
- 100 ガスタービン(GT)システム
- 102 圧縮機
- 104 燃焼器
- 105 燃焼領域
- 106 燃料ノズルアセンブリ
- 108 タービン
- 110 圧縮機/タービンシャフト/ロータ
- 112 静止ベーン/ノズル
- 114 回転ブレード/タービンブレード

40

【 図 1 】

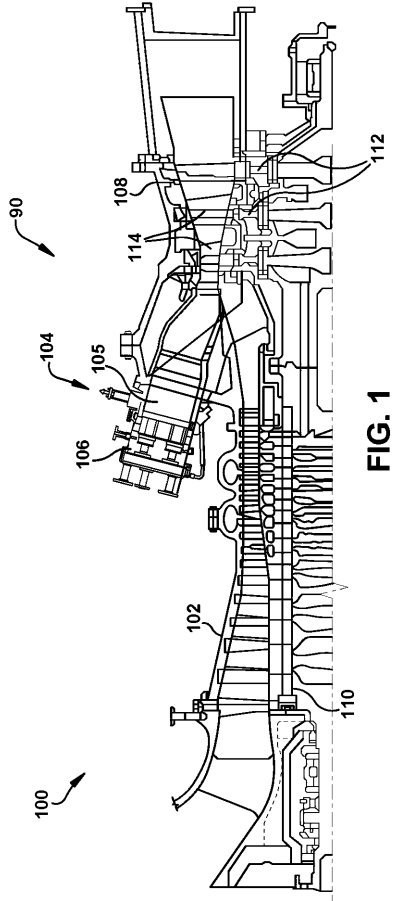


FIG. 1

【 図 2 】

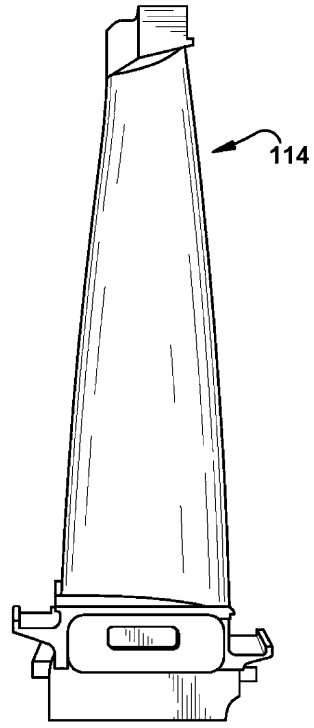


FIG. 2

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
<i>F 0 1 D</i> 9/04 (2006.01)	F 0 1 D	25/00		L
<i>F 0 1 D</i> 25/24 (2006.01)	F 0 1 D	9/04		
<i>F 2 3 R</i> 3/42 (2006.01)	F 0 1 D	25/24		N
	F 2 3 R	3/42		D
	F 2 3 R	3/42		A

(72)発明者 マイケル・ダグラス・アーネット  
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0  
 0

(72)発明者 マシュー・ジョセフ・レイロック  
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0  
 0

(72)発明者 ブライアン・リー・トリッソン  
 アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 2 9 6 1 5 グリーンビル, ガーリントン ロード 3 0  
 0

Fターム(参考) 3G202 BA06 BA10 EA06 GA07 GA10 GA13

【外国語明細書】

2021123797000001.pdf

2021123797000002.pdf

2021123797000003.pdf

2021123797000004.pdf