

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6450537号
(P6450537)

(45) 発行日 平成31年1月9日(2019.1.9)

(24) 登録日 平成30年12月14日(2018.12.14)

(51) Int. Cl.		F I			
FO2C	7/00	(2006.01)	FO2C	7/00	D
FO1D	25/00	(2006.01)	FO1D	25/00	X
B23K	3/00	(2006.01)	B23K	3/00	310L

請求項の数 6 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-146370 (P2014-146370)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成26年7月17日 (2014.7.17)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2015-61977 (P2015-61977A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成27年4月2日 (2015.4.2)		45、スケネクタデイ、リバーロード、1
審査請求日	平成29年7月7日 (2017.7.7)		番
(31) 優先権主張番号	13/948, 240	(74) 代理人	100137545
(32) 優先日	平成25年7月23日 (2013.7.23)		弁理士 荒川 聡志
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 陥凹形修正材による冷却孔の修正方法及びこれを組み込んだ部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タービンの部品の複数の冷却孔の修正方法であって、
 複数の冷却孔出口を含む部品の陥凹部に、該陥凹部を実質的に埋めるように形成された陥凹形修正材であって複数の修正冷却孔がその内部を通っている陥凹形修正材を配置するステップと、
 陥凹形修正材の複数の修正冷却孔の各々の冷却孔を部品の複数の冷却孔出口の対応する冷却孔出口と整列させるステップと、
 前記陥凹形修正材の複数の修正冷却孔および前記複数の冷却孔出口の整列した少なくとも1つの対に、少なくとも1つの整列ピンを挿入するステップと、
 陥凹部に配置した陥凹形修正材を部品と接合させるステップと、
 前記接合の後、前記部品の前記陥凹形修正材の複数の修正冷却孔および前記複数の冷却孔出口の前記整列した少なくとも1つの対から、前記少なくとも1つの整列ピンを除去し、前記部品の前記複数の冷却孔出口と整列した前記陥凹形修正材の前記複数の修正冷却孔を流体接続するステップと
 を含む方法。

【請求項 2】

部品がタービンバケットを含んでおり、複数の冷却孔出口がバケット翼端に位置している、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

陥凹形修正材で埋められた陥凹部がタービンバケットの後縁に隣接している、請求項 1 又は 2 記載の方法。

【請求項 4】

陥凹形修正材が予備焼結プリフォームを含んでいて、予備焼結プリフォームが、母合金と第 2 の合金を含む混合物を含んでおり、母合金が混合物の約 30 重量% ~ 約 90 重量% をなし、第 2 の合金が、母合金よりも融点が低くなるように十分な量の融点降下剤を含んでいる、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

予備焼結プリフォームが、母合金粒子と第 2 の合金粒子を結合剤と混合して粉体混合物を形成し、粉体混合物を圧縮して圧縮プリフォームを形成し、圧縮プリフォームを加熱して結合剤を除去するとともに予備焼結プリフォームを形成することによって形成される、請求項 4 記載の方法。

10

【請求項 6】

陥凹形修正材を陥凹部に配置する前に、部品の外側部分を除去して陥凹部を形成するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書に開示した主題は冷却孔に関し、具体的にはタービン部品用の冷却孔の修正に関する。

20

【背景技術】

【0002】

例えば航空機エンジンやヘビーデューティガスタービンなどのガスタービンエンジンでは、空気がエンジンの前部内に引き込まれ、シャフト装着の回転式圧縮機によって圧縮され、さらに燃料と混合されている。この混合物は燃やされると共に、その高温の排気ガスをシャフト上に装着されたタービン内に通過させている。このガスの流れによってタービンが回され、次いでこれがシャフトを回転させて圧縮機及びファンを駆動させる。この高温排気ガスはエンジンの背部から流れ出て、これと航空機とを前に進ませる。

【0003】

30

ガスタービンエンジンの動作の間において燃焼ガスの温度は、エンジンのうちこれらのガスと接触状態にある金属部材の融解温度と比べてかなり高い温度である 3000 °F を超えることがある。これらのエンジンを金属部材の融解温度を超えるガス温度で動作させることは、十分確立された技術であり、これはその一部で、様々な方法を通じて金属部材の外表面に冷却用空気を供給することに依存する。これらのエンジンのうち、特に高温を受けておりしたがって冷却に関して特に注意を要する金属部材は、燃焼機を形成する金属部材並びに燃焼機の後ろに配置された（いわゆる「高温ガス経路」内にある）部材である。例えばその動作温度は、バケット（bucket）などの幾つかのエンジン部品内に組み込んだ冷却孔などの通路を使用することによって部分的に調節することが可能である。

【0004】

40

タービン部品にはより高い動作温度に耐えるように支援するために、析出硬化可能な Ni 系超合金や Co 系超合金などの超合金を用いることが可能である。しかし、これらの材料の修正、特に冷却孔の周囲（例えば、バケット翼端の近傍）における修正はまた、溶接修復箇所に対する適正な予備加熱及び / 又は冷却、原材料の除去、新たな材料の立て込み、並びに任意の最終表面の適合範囲内への仕上げなどの重要なリソースを必要とすることがある。このため、溶接 / ろう付けを通じた冷却孔の修正には、追加のリソース並びに追加の材料の十分な接合に対応するための時間が必要となる可能性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【特許文献1】米国特許出願公開第2012/0156020号

【発明の概要】

【0006】

したがって本技術分野において、冷却孔を修正するための代替的な方法があれば歓迎されるであろう。

【0007】

一実施形態では、部品の複数の冷却孔の修正方法を開示する。本方法は、複数の冷却孔出口を含む部品の陥凹部に、該陥凹部を実質的に埋めるように形成された陥凹形修正材であって複数の修正冷却孔がその内部を通っている陥凹形修正材を配置するステップを含む。本方法はさらに、陥凹形修正材の複数の修正冷却孔を部品の複数の冷却孔出口と整列させるステップと、陥凹部に配置した陥凹形修正材を部品と接合させるステップであって、陥凹形修正材の複数の修正冷却孔が部品の複数の冷却孔と流体接続するステップとを含む。

10

【0008】

別の実施形態では、部品の複数の冷却孔を修正するための別の方法を開示する。本方法は、複数の冷却孔出口を含む部品の陥凹部に、該陥凹部を実質的に埋めるように形成された陥凹形修正材を配置するステップを含む。本方法はさらに、陥凹形修正材を通過するように部品の複数の冷却孔出口と整列した複数の修正冷却孔を形成するステップと、陥凹部内の陥凹形修正材を部品と接合させるステップであって、陥凹形修正材の複数の修正冷却孔が部品の複数の冷却孔と流体接続するステップとを含む。

20

【0009】

さらに別の実施形態では、修正部品を開示する。本修正部品は、複数の冷却孔をその中に備えた原部品ベースであって、複数の冷却孔は陥凹部の位置に複数の冷却孔出口を有している原部品ベースを含む。本修正部品はさらに、陥凹部に配置されると共に原部品ベースの複数の冷却孔出口と整列した複数の修正冷却孔を備えた陥凹形修正材を含んでおり、陥凹形修正材は、陥凹形修正材の複数の修正冷却孔が原部品ベースの複数の冷却孔と流体接続されるようにして原部品ベースに対して結合されている。

【0010】

本明細書で検討する実施形態により提供するこれらの特徴及び追加的な特徴は、添付の図面と連携した以下の詳細な説明を考察することによってより完全に理解されよう。

30

【0011】

図面に示した実施形態は、本質的に例証かつ一例であって、本特許請求の範囲により規定される発明を限定することを意図していない。図示した実施形態に関する以下の詳細な説明は、同じ構造を同じ参照符号で示している以下の図面と連携して読むことによって理解できよう。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本明細書に図示しかつ記載した1以上の実施形態に係る陥凹部を有する部品の斜視図である。

【図2】本明細書に図示しかつ記載した1以上の実施形態に係る部品の陥凹部を満たしている陥凹形修正材の分解図である。

40

【図3】本明細書に図示しかつ記載した1以上の実施形態に係る部品の複数の冷却孔を修正する方法の図である。

【図4】本明細書に図示しかつ記載した1以上の実施形態に係る部品の複数の冷却孔を修正する別の方法の図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の1以上の特定の実施形態について説明する。これらの実施形態を簡潔に説明するため、現実の実施に際してのあらゆる特徴について本明細書に記載しないこともある。実施化に向けての開発に際して、あらゆるエンジニアリング又は設計プロジェクト

50

の場合と同様に、実施毎に異なる開発者の特定の目標（システム及び業務に関連した制約に従うことなど）を達成すべく、実施に特有の多くの決定を行う必要があることは明らかであろう。さらに、かかる開発努力は複雑で時間を要することもあるが、本明細書の開示内容に接した当業者にとっては日常的な設計、組立及び製造にすぎないことも明らかである。

【0014】

本発明の様々な実施形態の構成要素について紹介する際、単数形で記載したものは、その構成要素が1以上存在することを意味する。「含む」、「備える」及び「有する」という用語は内包的なものであり、記載した構成要素以外の追加の要素が存在していてもよいことを意味する。

10

【0015】

本開示は一般に、比較的高い温度を特徴とする環境内部で動作する部品に、具体的にはその最大表面温度がそれを形成する材料の融解温度に近く部品表面温度を下げるために強制空気冷却の使用を要するような部品に適用可能である。こうした部品の顕著な例には、工業用や航空機用のガスタービンエンジンなどのタービンの高圧及び低圧のタービンバケット（動翼）、ノズル（静翼）、シュラウド、及びその他の高温ガス経路部品が含まれる。

【0016】

ここで図1及び2を参照すると、タービンバケットを含む例示的な修正部品10を表している。修正部品10は一般に、ガスタービンエンジンの動作時に高温燃焼ガスがこれに当たるように導かれ、このためにその表面が非常に高い温度に曝されるような翼形部（airfoil）12が含まれる。翼形部12は、プラットフォーム16によって翼形部12から分離された修正部品10の根元区画上に形成されたダブテール14によってタービンディスク（図示せず）にアンカーされるような構成として表している。翼形部12は、修正部品10からの熱を転送するためにその根元区画を通して修正部品10に入る抽気がその中を強制的に通される内部冷却通路18（例えば、冷却孔）を含む。本明細書において理解されることになろうが、修正部品10はさらに、予め形成しておいた陥凹部を冷却孔18を修正するために満たす陥凹形修正材30を備える。この陥凹形修正材30によって冷却孔18の位置における損傷及び/又は酸化を、陥凹部を形成する一方で、陥凹形修正材30の修正冷却孔38（すなわち、新たな/交換冷却孔部分）を介して冷却孔18の失われた部分を続いて再形成することによって除去することができる。こうした実施形態によれば、溶接及び/又はろう付けを通じた立て込みの必要性を回避することが可能である。本発明の利点について図1でバケットとして示した修正部品10に関連して説明することにするが、本発明の教示は一般に、工業用や航空機のガスタービンエンジンのその他の高温ガス経路部品に、並びに極端な温度に曝される多種多様なその他の部品に適用可能である。

20

30

【0017】

ここで図2を参照すると、原部品ベース11（単に「部品」ともいう。）と陥凹形修正材30とを備えた修正部品10の分解図を示している。本明細書で使用する場合に「原部品ベース」とは、陥凹形修正材30の追加によって修正を受ける原部品の塊を意味している。「原（original）」という語は単に部品の本明細書で検討する修正前の相対的状态の意味であり、必ずしも新たに製作した部品の意味ではない。例えば「原部品ベース」は、数時間の動作を受けており、修正（例えば、修復又はメンテナンス）が目下必要なタービンバケットの意味とすることが可能である。

40

【0018】

原部品ベース11は一般に、冷却孔出口28を有する複数の冷却孔18（すなわち、空気などの流体媒質の流れを容易にする内部通路）を備える。冷却孔出口28は、原部品ベース11の外表面22に配置することが可能である。具体的にはこのベース部品は、外表面22上の冷却孔出口28の少なくとも幾つかが陥凹部20の内部に配置されるように原部品ベース11の外側部分を除去することによって形成された陥凹部20を有することが

50

可能である。陥凹部 20 は、原部品ベース 11 の原幾何学形状を基準として適当な任意の深さ、幅及びその他の寸法を備えることが可能である。例えば、陥凹部 20 の形成時の材料の除去によって露出させる冷却孔出口 28 は、表面のより近傍の部分を含む内部冷却通路の以前の任意の内部部分、或いは冷却用空気の分配に利用されるより内部の部分の備えることが可能である。こうした陥凹部はまた、1 以上の冷却孔出口を備えることが可能な外表面の周りのいずれかの箇所に形成することが可能である。例えばその部品がタービンバケットを含むとき、陥凹部 20 内に配置させる複数の冷却孔出口 28 はバケット翼端の位置に存在させることがある。さらに幾つかの具体的な実施形態では、陥凹部 20 をタービンバケットの後縁 13 に隣接して形成し、タービンバケットのうちのその後縁 13 の周りの部分が陥凹形修正材 30 によって置き換えられるようにすることがある。陥凹部 20 の形成のために原部品ベース 11 から外側部分を除去することによって、酸化、クラック及び/又はその他の形態の損傷(1 以上の冷却孔 18 の周りから始まる可能性があるものなど)の領域を除去することができる。

10

【0019】

冷却孔 18 と冷却孔出口 28 とは、相対的に任意の箇所に配置させること、並びに動作時における原部品ベース 11 の冷却を支援する任意の構成を備えること、が可能である。例えば幾つかの実施形態では冷却孔 18 は、原部品ベース 11 の内部に蛇行構成を備えることがある。幾つかの実施形態では、複数の冷却孔 18 を相互接続させることがある。

【0020】

原部品ベース 11 は、1 種以上の超合金などの多種多様な材料を含むことが可能である。幾つかの実施形態ではそのベース物品は、ニッケル系、コバルト系又は鉄系の超合金を含むことが可能である。例えば原部品ベース 11 は、Rene N4、Rene N5、Rene 108、GTD-111(登録商標)、GTD-222(登録商標)、GTD-444(登録商標)、IN-738 及び MarM 247 などのニッケル系超合金、或いは FSX-414 などのコバルト系超合金を含むことが可能である。このベース部品は、ガスタービンエンジン内部などでこれが受ける高い温度や応力に耐えるように等軸一方向性凝固(DS)又は単結晶(SX)鑄造として形成させることがある。

20

【0021】

図 1 及び 2 を参照すると、修正部品 10 はさらに陥凹形修正材 30 を備える。陥凹形修正材 30 は、原部品ベース 11(すなわち、部品)内に形成された陥凹部 20 を実質的に満たすように成形されている。本明細書で使用する場合に「実質的に満たす」とは、その陥凹形修正材 30 のサイズ、形状及び全体プロフィールが陥凹部 20 のサイズ、形状及びプロフィールと実質的に一致することを意味している。したがって、陥凹部によってベース部品から材料の外側部分がマイナスに除去された場合、陥凹形修正材 30 は代替としてプラスに材料を提供し、これにより修正部品 10 の外側プロフィールが陥凹部 20 の作成前の原部品ベース 11 の外側プロフィールと実質的に同じになるようにしている。

30

【0022】

陥凹形修正材 30 はさらに、複数の修正冷却孔 38 を備える。この複数の冷却孔は内部表面 31(装着時に原部品ベース 11 に隣接している表面)から外部表面 32(修正部品 10 の外部の一部を形成する表面)まで通っている。原部品ベース 11 の冷却孔 18 と同様に、修正冷却孔 38 は空気などの流体媒質の流れを容易にする内部通路である。幾つかの実施形態ではその修正冷却孔 38 は、ベース部品の冷却孔 18 と同じ直径、断面及び/又はその他の寸法を有することが可能である。別の実施形態では、前記の寸法のうちの 1 つ又は幾つかを、流体接続させた後にその間を流体が流れ得るように変更することが可能である(これについては、本明細書において理解されることになる)。これらの修正冷却孔 38 はしたがって、原部品ベース 11 の冷却孔 18 のうち陥凹部 20 を形成させたときに除去した部分の代替となることが可能である。したがって、酸化、クラック及び/又はその他の形態の損傷(1 以上の冷却孔 18 の周りから始まる可能性があるものなど)のあらゆる領域を、こうした損傷のない修正冷却孔 38 によって置き換えることができる。

40

【0023】

50

修正冷却孔 38 は、陥凹部 20 内にこれを配置させる前に陥凹形修正材 30 内に存在させること、陥凹部 20 内にこれをすでに配置させた後で陥凹形修正材 30 内に形成すること、或いはこれらの組合せとすることがある。例えば幾つかの実施形態では、修正冷却孔 38 を陥凹形修正材 30 の製造の際に形成させている。幾つかの実施形態では修正冷却孔 38 は、陥凹形修正材 30 の作成後であるが陥凹部 20 内にこれを配置させる前に陥凹形修正材 30 内に機械加工（例えば、錐もみ）されている。さらに幾つかの実施形態では修正冷却孔 38 は、陥凹部 20 内にすでに配置された陥凹形修正材 30 内に機械加工（例えば、錐もみ）されている。

【 0 0 2 4 】

陥凹形修正材 30 は多種多様な材料を含むことが可能である。例えば幾つかの実施形態ではその陥凹形修正材 30 は、上で検討したものなどニッケル系、コバルト系又は鉄系の超合金を含むことが可能である。原部品ベース 11 がタービンパケットその他のタービン部品を含む場合などこれらの実施形態のうちのさらに幾つかでは、陥凹形修正材 30 と原部品ベース 11 とが共通の組成を共有すること（すなわち、これらが同じタイプの材料であること）があり得る。

【 0 0 2 5 】

幾つかの実施形態では陥凹形修正材 30 は、予備焼結プリフォームを備えることがある。この予備焼結プリフォームは、集塊及び若干多孔性の塊りを形成させるためにその融点未満の温度で互いに焼結させた母合金と第 2 の合金とを含む粒子の混合物を含む。粒子の迅速な焼結を促進しかつ予備焼結プリフォーム 30 内の気孔率を約 10 体積%以下までに最小化するために、粉体粒子に関する適当な粒子サイズ範囲は 150 メッシュ或いはさらに 325 メッシュ以下を含む。幾つかの実施形態では、予備焼結プリフォーム 30 の密度は 90% 又はこれを上回る密度を有する。さらに幾つかの実施形態ではその予備焼結プリフォーム 30 は、95% 又はこれを上回る密度を有する。

【 0 0 2 6 】

予備焼結プリフォームの母合金は、予備焼結プリフォーム陥凹形修正材 30 とベース部品 20 との間における共通の物理的特性を促進するように原部品ベース 11 と同様の組成などの任意の組成を備えることが可能である。例えば幾つかの実施形態ではその（予備焼結プリフォームの）母合金と原部品ベース 11 とは共通の組成を共有している（すなわち、これらが同じタイプの材料である）。幾つかの実施形態ではその母合金は上で検討したように、Rene N4、Rene N5、Rene 108、GTD-111（登録商標）、GTD-222（登録商標）、GTD-444（登録商標）、IN-738 及び MarM 247 などのニッケル系超合金、或いは FSX-414 などのコバルト系超合金を含むことが可能である。幾つかの実施形態ではその母合金の特性は、疲労強度の高さ、クラック傾向の低さ、酸化抵抗及び/又は機械加工性など、原部品ベース 11 との化学的及び冶金学的な整合性を含む。

【 0 0 2 7 】

幾つかの実施形態ではその母合金は、原部品ベース 11 の融解温度から約 25 の域内の融点を備えることがある。幾つかの実施形態ではその母合金は重量基準で、約 2.5 ~ 11% のコバルト、7 ~ 9% のクロム、3.5 ~ 11% のタングステン、4.5 ~ 8% のアルミニウム、2.5 ~ 6% のタンタル、0.02 ~ 1.2% のチタン、0.1 ~ 1.8% のハフニウム、0.1 ~ 0.8% のモリブデン、0.01 ~ 0.17% の炭素、0.08% 以下のジルコニウム、0.60% 以下のケイ素、2.0% 以下のレニウム、残部のニッケル及び不可避不純物という組成範囲を含む。さらに幾つかの実施形態ではその母合金は重量基準で、約 9 ~ 11% のコバルト、8 ~ 8.8% のクロム、9.5 ~ 10.5% のタングステン、5.3 ~ 5.7% のアルミニウム、2.8 ~ 2.3% のタンタル、0.9 ~ 1.2% のチタン、1.2 ~ 1.6% のハフニウム、0.5 ~ 0.8% のモリブデン、0.13 ~ 0.17% の炭素、0.03 ~ 0.08% のジルコニウム、残部のニッケル及び不可避不純物という組成範囲を含む。本明細書において、予備焼結プリフォーム陥凹形修正材 30 の母合金の組成に関して特定の材料及び組成をリスト表記しているが、リスト

10

20

30

40

50

したこれらの材料及び組成は単に例示でありかつ非限定であると共に、代替として又は追加として別の合金を使用し得ることを理解されたい。さらに、予備焼結プリフォームに関する母合金のこの具体的な組成は原部品ベース 1 1 の組成に依存することがあることを理解されたい。

【 0 0 2 8 】

上で検討したように、その予備焼結プリフォームはさらに第 2 の合金を含む。この第 2 の合金はまた、原部品ベース 1 1 と同様の組成を有するが、さらに母合金と第 2 の合金の粒子の焼結を促進させると共に、原部品ベース 1 1 の融点未満の温度での予備焼結プリフォーム陥凹形修正材 3 0 の原部品ベース 1 1 への結合を可能にするための融点降下剤を包含することがある。例えば幾つかの実施形態では、その融点降下剤はホウ素及び / 又はケイ素を含むことが可能である。

10

【 0 0 2 9 】

幾つかの実施形態ではその第 2 の合金は、原部品ベース 1 1 の粒子成長又は初期融解温度から約 2 5 ~ 約 5 0 低い融点を備えることがある。こうした実施形態によれば、加熱過程の間において原部品ベース 1 1 の所望の微細構造を良好に保全することができる。幾つかの実施形態ではその第 2 の合金は重量基準で、約 9 ~ 1 0 % のコバルト、1 1 ~ 1 6 % のクロム、3 ~ 4 % のアルミニウム、2 . 2 5 ~ 2 . 7 5 % のタンタル、1 . 5 ~ 3 . 0 % のホウ素、5 % 以下のケイ素、1 . 0 % 以下のイットリウム、残部のニッケル及び不可避不純物という組成範囲を含む。例えば幾つかの実施形態ではその第 2 の合金は、市場入手可能な A m d r y D F 4 B ニッケルろう付け合金を含む。さらに本明細書において、予備焼結プリフォーム陥凹形修正材 3 0 の第 2 の合金の組成に関して特定の材料及び組成をリスト表記しているが、リストしたこれらの材料及び組成は単に例示でありかつ非限定であると共に、代替として又は追加として別の合金を使用し得ることを理解されたい。さらに、予備焼結プリフォーム陥凹形修正材 3 0 に関する母合金のこの具体的な組成は原部品ベース 1 1 の組成に依存することがあることを理解されたい。

20

【 0 0 3 0 】

この予備焼結プリフォームは、母合金と第 2 の合金の粒子の互いに対する及び原部品ベース 1 1 の外表面 2 2 に対する濡れ及び結合（例えば、拡散 / ろう付け結合）を保証するだけの十分な融点降下剤を提供するために、母合金と第 2 の合金を十分な任意の相対量だけ含む可能性がある。例えば幾つかの実施形態では、その第 2 の合金は予備焼結プリフォームの少なくとも約 1 0 重量 % を占めることが可能である。幾つかの実施形態ではその第 2 の合金は、予備焼結プリフォームの 7 0 重量 % 未満を占めることが可能である。こうした実施形態によれば、後続の加熱の機械的特性及び環境特性の低減の可能性を制限しながら十分な量の融点降下剤を提供することができる。さらにこれらの実施形態ではその母合金は、予備焼結プリフォームの残部（例えば、予備焼結プリフォームの約 3 0 重量 % と約 7 0 重量 % の間）を含むことが可能である。さらに幾つかの実施形態では、母合金の粒子が予備焼結プリフォームの約 4 0 重量 % ~ 約 7 0 重量 % を占め、その組成の残部の第 2 の合金の粒子を含むことができる。本明細書において母合金と第 2 の合金について特定の相対範囲を示しているが、これらの範囲は単に例示でありかつ非限定であると共に、任意の別の相対組成を実現して上で検討したような十分な量の融点降下剤を提供し得ることを理解されたい。

30

40

【 0 0 3 1 】

予備焼結プリフォームの内部に、母合金及び第 2 の合金の粒子以外にその他の部品は不要である。しかし幾つかの実施形態では、母合金と第 2 の合金の粒子と結合剤とを最初に混合し、焼結前により容易に成形可能な凝集体を形成させることがある。こうした実施形態ではその結合剤は例えば、W a l l C o l m o n o y C o r p o r a t i o n から市場入手可能な N I C R O B R A Z - S という名称の結合剤を含むことが可能である。可能な別の適当な結合剤には、N I C R O B R A Z 3 2 0、V i t t a C o r p o r a t i o n からの V I T T A G E L、及び C o t r o n i c s C o r p o r a t i o n から市場入手可能な接着剤を含むその他のものが含まれ、これらはすべて焼結の間にきれ

50

いに揮発させることができる。

【0032】

この予備焼結プリフォームは、母合金の粉体粒子（すなわち、母合金粒子）と第2の合金の粉体粒子（すなわち、第2の合金粒子）とを、攪拌、振とう、回転、折り重ね（*fold ing*）その他或いはこれらの組合せなど適当な任意の手段で混合することによって形成させることがある。混合した後にこの混合物は、結合剤と合成する（すなわち、合成粉体混合物を形成する）と共に、鑄造により成形する（すなわち、固められたプリフォームを形成する）ことがあり、この間及び/又はこの後で結合剤を焼却し尽くすことが可能である。次いでこの固められたプリフォームは、焼結操作のために非酸化性の（真空又は不活性ガス）雰囲気炉内に配置させ、この間において母合金の粉体粒子と第2の合金の粉体粒子が焼結されて良好な構造強度と低い気孔率を有する予備焼結プリフォームを得ることがある。適当な焼結温度は少なくともその一部で、母合金と第2の合金の粒子組成に依存することがある。例えば幾つかの実施形態では、その焼結温度を約1010 ~ 約1280 の範囲とすることがある。幾つかの実施形態では、焼結に続いて予備焼結プリフォームをHIP処理又は真空プレスし、95%を超える密度を得ることが可能である。

10

【0033】

幾つかの実施形態では修正部品10は、陥凹形修正材30の外部表面32上に少なくとも1つの追加のコーティングを有することがある。このコーティングは、熱性能、機械性能又はその他の性能を支援するものなど動作時の修正部品10に適当とし得る任意のタイプのコーティングを含むことが可能である。例えば修正部品10がタービン用の高温ガス経路部品を備える場合などの幾つかの実施形態では、そのコーティングは遮熱コーティング及び/又は耐環境コーティングを含むことが可能である。例示的であるが非限定のコーティングとしては、1以上の結合コート、遷移若しくは中間層、及び/又はトップコートが含まれる。コーティングに関する非限定の材料はセラミック材料を含み、その著名な例はイットリア又はマグネシア、セリア、スカンジウム及び/又はカルシアなどの別の酸化物、並びに任意選択の別の酸化物によって部分的又は完全に安定化させて熱伝導率を低下させたジルコニア（YSZ）である。遮熱コーティング系で使用される結合コート材料は、MCrAlX（ここで、Mは鉄、コバルト及び/又はニッケルであり、Xはイットリウム、希土類金属及び/又は別の反応金属である）などの酸化防止オーバーレイコーティングと、酸化防止拡散コーティングとを含む。

20

30

【0034】

このコーティングは、例えば概ね約75 ~ 約300マイクロメートルなどの下側の表面領域に対して所望のレベルの熱保護を提供するのに十分な厚さ（ただし、厚さをこれより薄くすることや厚くすることも可能である）まで被着させることが可能である。コーティング40は、陥凹形修正材30をベース物品20に結合させる前、陥凹形修正材30をベース物品20に結合させた後、或いはこれらの組合せで陥凹形修正材30（例えば、予備焼結プリフォーム）に塗布することが可能である。

【0035】

図2を参照すると、陥凹形修正材30の内部表面31は、陥凹形修正材30の複数の修正冷却孔38を原部品ベース11の冷却孔出口28と整列させるようにして原部品ベース11の陥凹部20の外表面22上に配置させている。この整列はその一部で、陥凹部20内にこれが配置される前又は後で複数の修正冷却孔38が陥凹形修正材30内に存在していたか否かに応じて多種多様な方法で得ることができる。

40

【0036】

例えば、陥凹形修正材30がこれを修正部品10と結合させる前に複数の修正冷却孔38を有しているような実施形態では、部品10の修正冷却孔38及び/又は冷却孔18のうちの一つの中に2つの部分の整列を支援するために1以上の整列ピン（図示せず）を一時的に配置させることがある。結合（例えば、ろう付け）の前又はその間において陥凹形修正材30を原部品ベース11と一時的に整列させるために、例えばセラミックピンを用

50

いることが可能である。こうした整列ピンはその材料に応じて、溶解、修正部品 10 からの引き抜きまたさもなければ除去によって、原部品ベース 11 と陥凹形修正材 30 の間に流体接続された冷却孔を残すことが可能である。

【0037】

別の実施形態では複数の修正冷却孔 38 は、陥凹形修正材 30 をすでに原部品ベース 11 に突き合わせて配置させるか原部品ベースに結合させた後に陥凹形修正材 30 内に形成（例えば、錐もみ）されることがある。こうした実施形態では修正冷却孔 38 はしたがって、形成（例えば、錐もみ）の過程を通じて原部品ベース 11 の冷却孔出口 28 と整列させることが可能となる。

【0038】

陥凹形修正材 30 は、加熱など材料を与える適当な任意の方法によって原部品ベース 11 に結合させている。陥凹形修正材 30 が原部品ベース 11 と同じ合金を備える場合などの幾つかの実施形態では、これに追加として溶接材料その他を含む。

【0039】

陥凹形修正材 30 が予備焼結プリフォームを備える場合などの幾つかの実施形態では、非酸化性（真空又は不活性ガス）雰囲気内で、約 10 ～ 約 60 分の時間期間にわたって（組成に応じて）約 2050 °F ～ 約 2336 °F（約 1120 ～ 約 1280 ）の範囲内など予備焼結プリフォームの第 2 の合金を含む粒子（すなわち、融解が低い方の粒子）の融解が可能な温度まで加熱を行うことがある。次いでこの第 2 の合金粒子によって母合金の粒子及び原部品ベース 11 の外表面 22 を溶解させかつ濡らし、これによって一体に合金形成した 2 相混合物を生成することが可能である。さらに、母合金と第 2 の合金の組合せを用いることによれば、予備焼結プリフォームは原部品ベース 11 の複数の冷却孔 18 又は陥凹形修正材 30 の複数の修正冷却孔 38 を有意に閉鎖することがない。

【0040】

さらに、材料を十分に結合させるためには誘導加熱、トーチ、オープン又は別の任意の加熱源（ただし、これらに限らない）など任意のタイプの加熱を利用できることを理解されたい。さらに幾つかの実施形態ではその加熱は、加熱過程が表面領域により局所化されるように摩擦溶接を通じて達成させることがある。

【0041】

幾つかの実施形態では、ろう付け品質を向上させるために陥凹形修正材 30 と原部品ベース 11 の間に少量の追加の低溶解構成材料を配置させることが可能である。その後で、混合物を固化させかつ超合金ろう付けを形成するために原部品ベース 11 及び陥凹形修正材 30 を陥凹形修正材 30 の固相線温度（solidus temperature）未満まで冷却することができる。このろう付けに対して次いで、約 1975 °F ～ 約 2100 °F（約 1080 ～ 約 1150 ）の温度で熱処理を受けさせ、陥凹形修正材について互いに及び / 又は原部品ベース 11 とで 1 以上の合金とすることが可能である。熱処置の後で、ろう付け内の過剰な材料すべてを、研削や適当な別の任意の方法によって除去することができる。

【0042】

幾つかの実施形態では、冷却孔 18 や修正冷却孔 38 の内部が塞がらないように保証するために陥凹形修正材 30 を原部品ベース 11 に結合させる前に冷却孔 18 又は修正冷却孔 18 の中に充填材料（図示せず）を一時的に配置させることがある。こうした充填材料は、適当な任意の手段を通じて配置させることがあり、通路を一時的に遮断するための適当な任意の材料を含む。例えばその充填材料は、陥凹形修正材 30 を原部品ベース 11 に結合させた時点では溶解しないが、より高い温度での追加的な加熱（選定した化学物質や適当な別の任意の方法の適用）を介して引き続き除去可能であるような材料を含む。こうした実施形態は、0.03 インチ（0.762 mm）以下の直径のものなどより小さい通路の場合に特に適している。

【0043】

したがって得られた修正部品 10 は、その周りに陥凹部 20 を有する原部品ベース 11

10

20

30

40

50

と、前記の陥凹部 20 内にこれを満たすように配置させた陥凹形修正材 30 と、の両方を備える実質的に単一片を成すことが可能である。陥凹形修正材 30 は、修正部品の 2 つの片の間に複数の流体接続した冷却孔が形成されるようにして部品の冷却孔出口 28 と整列した複数の修正冷却孔 38 を備える。したがって、ベース部品の現在存在する陥凹部 20 内にすでに配置されていた原冷却孔の任意の部分を、陥凹形修正材 30 の修正冷却孔 38 によって置き換えることが可能である。これによれば、過剰なろう付け盛り上げ、溶接又は別のさらに労働集約的な方法を必要とすることなく、修正を要する状態にある 1 以上の冷却孔に関するモジュール式の修正（例えば、交換、修復その他）が可能となる。

【0044】

ここで図 3 を参照すると、部品の複数の冷却孔の修正方法 100 を表している。図 1 及び 2 に示した例示的な構造をさらに参照すると、方法 100 は先ずステップ 110 において、複数の冷却孔出口 28 を備える部品 10 の陥凹部 20 の中に陥凹形修正材 30 を配置させるステップを含む。上で検討したように陥凹形修正材 30 は、その中を通過する複数の修正冷却孔 38 をすでに備えている可能性がある。

10

【0045】

方法 100 はさらにステップ 120 において、（陥凹形修正材 30 の）複数の修正冷却孔 38 を部品 10 の複数の冷却孔出口 28 と整列させるステップを含む。幾つかの実施形態ではこの整列は、上で検討したような整列ピンを使用することによって実現させることがある。最後に方法 100 はさらにステップ 130 において、陥凹部 20 内の陥凹形修正材 30 を部品 10 と結合させる（例えば、加熱）ステップを含む。得られる結合は、冷却孔 28 と 38 の間の流体接続を可能としている。

20

【0046】

ここで図 4 を参照すると、部品の複数の冷却孔を修正するための別の方法 101 を表している。図 1 及び 2 に示した例示的な構造をさらに参照すると、方法 101 は先ずステップ 110 において、複数の冷却孔出口 28 を備える部品 10 の陥凹部 20 の中に陥凹形修正材 30 を配置するステップを含む。上で検討したように方法 101 におけるものなど幾つかの実施形態では、陥凹形修正材 30 は陥凹部 20 内に配置させた後で形成した複数の修正冷却孔 38 を有することが可能である。複数の修正冷却孔 38 はこれにより、ステップ 121 で形成（例えば、穿孔）することが可能であり、陥凹形修正材をステップ 130 で部品 10 に結合させることが可能である。こうした実施形態では、ステップ 121 における穴の形成とステップ 130 における結合とを任意の相対的順序で行うことも同時に行うことも可能であることを理解されたい。

30

【0047】

本発明について限られた数の実施形態のみに関連して詳細に説明してきたが、本発明が開示したこうした実施形態に限定されないことは容易に理解されよう。本発明はむしろ、ここまでに記載していないが本発明の精神及び趣旨と相応するような任意の数の変形形態、代替形態、置換形態又は等価形態の機構を組み込むように修正することが可能である。さらに、本発明の様々な実施形態を説明してきたが、本発明の態様は記載した実施形態のうちの一部のみを含むことがあり得ることを理解されたい。したがって本発明は上の記載によって限定されると見なすべきではなく、添付の特許請求の範囲の趣旨によってのみ限定されるものである。

40

【符号の説明】

【0048】

- 10 修正部品
- 11 原部品ベース
- 12 翼形部
- 13 タービンバケットの後縁
- 14 ダブテール
- 16 プラットフォーム
- 18 内部冷却通路、冷却孔

50

- 2 0 陥凹部
- 2 2 原部品ベースの外表面
- 2 8 冷却孔出口
- 3 0 陥凹形修正材
- 3 1 内部表面
- 3 2 外部表面
- 3 8 修正冷却孔
- 4 0 コーティング

【図 1】

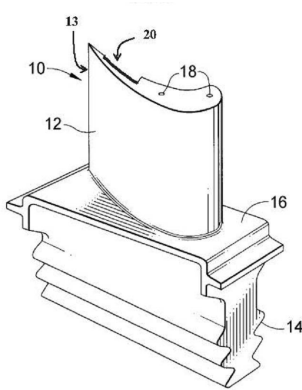


FIG. 1

【図 2】

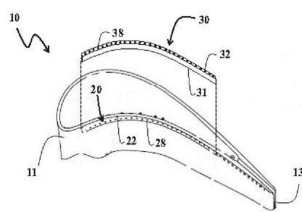


FIG. 2

【図 3】

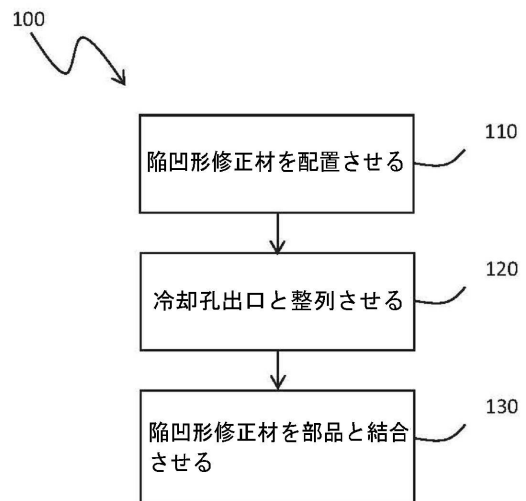


FIG. 3

【 図 4 】

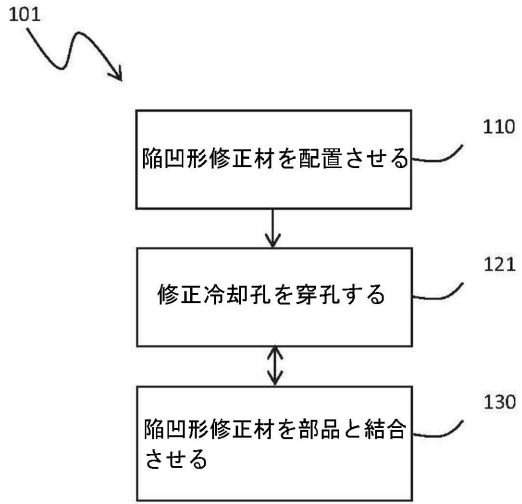


FIG. 4

フロントページの続き

- (72)発明者 スリカンス・チャンドリュドゥ・コッティリンガム
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
- (72)発明者 ヤン・クイ
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
- (72)発明者 ブライアン・リー・トリソン
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
- (72)発明者 デイビッド・エドワード・シック
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
- (72)発明者 ジョナサン・マシュー・ロマス
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番
- (72)発明者 ギャレス・ウィリアム・デイビッド・ルイス
アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

審査官 小林 勝広

- (56)参考文献 特許第3957214(JP, B2)
米国特許出願公開第2010/0059573(US, A1)
特開2002-303155(JP, A)
特開昭63-020159(JP, A)
特開平10-196959(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 1/00 - 3/08、20/00 - 20/26、
31/02、33/00
F01D 13/00 - 15/12、23/00 - 25/36
F02C 1/00 - 9/58
F23R 3/00 - 7/00