

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 2 部門第 2 区分
【発行日】令和 7 年 3 月 7 日(2025.3.7)

【公開番号】特開 2021-79445(P2021-79445A)
【公開日】令和 3 年 5 月 27 日(2021.5.27)
【年通号数】公開・登録公報 2021-024
【出願番号】特願 2020-180585(P2020-180585)
【国際特許分類】

B 2 3 K 1/008(2006.01)

10

B 2 3 K 1/00(2006.01)

【F I】

B 2 3 K 1/008 A

B 2 3 K 1/00 3 3 0 P

【誤訳訂正書】

【提出日】令和 7 年 2 月 27 日(2025.2.27)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

20

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の分野は、一般に、金属合金用のろう付け接合部に関し、より具体的には、ろう付けプロセスの熱的制御に関する。

【背景技術】

【0002】

金属合金から全体的又は部分的に製作された少なくともいくつかの既知の構成要素については、構成要素の通常の使用中に合金に亀裂又は欠陥が発生する場合がある。例えば、少なくともいくつかの既知の回転機械は、動作中に回転機械の高温流路で使用される構成要素にステンレス鋼並びにニッケル基、コバルト基及び鉄基超合金を使用する。高温流路は、構成要素に熱的及び/又は機械的応力及びひずみを与える。したがって、これらの構成要素の合金に亀裂又は欠陥が発生したとき、修復された亀裂又は欠陥は、高温流路の高温、応力、及びひずみに同様に耐えることができない。30

【0003】

合金における亀裂又は欠陥を修復する 1 つの既知の方法は、ろう付けプロセスを使用してろう付け接合部を生成することである。Rene' N5、Rene' 108、CMSX-4 (登録商標)、及び CMSX-6 (登録商標) (Cannon Muskegon Corporation の登録商標) などのいくつかの既知のニッケル基超合金では、損傷した部品を救済するための典型的な技法は、ろう付けの使用である。従来のろう付けプロセスでは、ろう付け材料を使用して、ギャップを液体又は部分的に液体のろう付け材料で充填し、次にろう付け材料を固化させることによって、既存の構成要素における欠陥を修復する。少なくとも 1 つの既知のろう付け方法は、接合される欠陥表面を洗浄し、欠陥のある構成要素を真空中のろう付け炉に入れ、ろう付け材料が溶融又は部分的に溶融するように炉を目標温度に加熱し、そしてろう付け材料が欠陥を形成する空間に流入することを可能にすることを含む。ろう付けプロセスを使用して、2 つの構成要素間のギャップを充填してそれらを共に接合することができ、又はろう付け材料を使用して、新しい構成要素を形成することができる。40 50

【 0 0 0 4 】

上述のろう付け接合部を形成するための既知のろう付けプロセスの少なくともいくつかでは、ろう付け材料が構成要素における欠陥を充填した後にろう付け材料が冷却し始めると、接合部内で凝固収縮が発生する。加えて、少なくともいくつかの既知のろう付け接合部では、ろう付け材料が冷却されると、金属合金の表面に近いろう付け材料は、欠陥の深部のろう付け材料よりも速く冷却される。この差動冷却は、凝固収縮と組み合わせられると、高度の多孔性及び／又は高温割れを伴うろう付け接合部などの凝固欠陥を引き起こす可能性がある。少なくともいくつかの既知のろう付けプロセスでは、ろう付け材料で充填されたギャップが 0 . 1 mm よりも大きく、ろう付け材料が超合金粉末とはるかに低い融点のろう付けフィラーのブレンドであるとき、多孔性が形成される可能性がある。少なくともいくつかの既知のろう付けプロセスでは、ろう付け材料で充填されたギャップが 0 . 1 mm 未満であり、ろう付け材料が純粋なろう付けフィラーであるとき、高温割れが発生する可能性がある。ろう付け接合部におけるこれらの欠陥は、ろう付け接合部の引張強度を低下させ、かつクリープ寿命及び疲労寿命を短くすることになり、これにより合金含有構成要素上の摩耗を増加させ、タービンの強制停止又は他の内部構成要素上の追加の摩耗を引き起こし得る。ろう付け接合部における欠陥に関連するこれらの問題は、ロータリーエンジンの高温流路内などの高応力領域で使用するよう設計された構成要素にとって、特に問題となり得る。

10

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 0 5 】

20

一態様では、ろう付け接合部を生成するためのシステムが提供される。システムは、ろう付け材料の少なくとも一部を溶融するのに十分なろう付け温度に到達するように動作可能な環境を含む。システムはまた、環境内の構成要素であって、基部表面を有する基部、基部表面から内縁へと基部内に垂下する凹部、及び凹部内にあり、基部表面の上にキャップを形成するろう付け材料を含む構成要素を含む。ろう付け材料は、キャップから内縁までの凹部を充填する。キャップは、露出したろう付け表面を有する。システムはまた、露出したろう付け表面を少なくとも部分的に覆う断熱層を含む。

【 0 0 0 6 】

別の態様では、基部内に画定された凹部をろう付けするための方法が提供される。凹部は、基部の表面から内縁へと基部内に垂下する。方法は、凹部の上にろう付け材料のキャップを生成することを含む。キャップは、露出したろう付け表面を有する。方法は、露出したろう付け表面上に断熱層を位置決めすることをさらに含む。方法はまた、環境内でろう付け材料を加熱し、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を生成することを含む。方法は、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を冷却し、凹部内に固体ろう付け接合部を形成することをさらに含む。

30

【 0 0 0 7 】

別の態様では、基部内に画定された凹部をろう付けするための方法が提供される。凹部は、基部の基部表面から内縁へと基部内に垂下する。方法は、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料をキャップから内縁へと凹部内に供給することを含む。方法はまた、基部上の場所から熱を抽出することを含み、この場所は、キャップよりも凹部の内縁に近い。

40

【 0 0 0 8 】

本開示のこれら及び他の特徴、態様、及び利点は、添付の図面を参照しつつ以下の詳細な説明を読めば、よりよく理解されよう。添付の図面では、図面の全体にわたって、同様の符号は同様の部分を表す。

【 図 面 の 簡 単 な 説 明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 例示的な回転機械の概略図である。

【 図 2 】 構成要素内にろう付け接合部を生成するための例示的なシステムの断面図である。

【 図 3 】 構成要素内にろう付け接合部を生成するための別の例示的なシステムの断面図で

50

ある。

【図 4】構成要素内にろう付け接合部を生成するための別の例示的なシステムの断面図である。

【図 5】構成要素内にろう付け接合部を生成するための別の例示的なシステムの断面図である。

【図 6】ろう付け接合部を生成する例示的な方法の流れ図である。

【図 7】ろう付け接合部を生成する別の例示的な方法の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

特に明記しない限り、本明細書において提供される図面は、本開示の実施形態の特徴を図示するものである。これらの特徴は、本開示の 1 つ又は複数の実施形態を含む多種多様なシステムで適用可能であると考えられる。したがって、図面は、本明細書に開示される実施形態の実践のために必要とされる当業者に知られているすべての従来の特徴を含むものではない。

10

【0011】

以下の明細書及び特許請求の範囲において、いくつかの用語が参照されるが、これらの用語は以下の意味を有すると定義されるものとする。

【0012】

単数形「1つの (a , a n)」、及び「この (t h e)」は、文脈が特に明確に指示しない限り、複数の言及を含む。

20

【0013】

特に明記しない限り、本明細書で使用される「一般に」、「実質的に」、及び「およそ」などの近似を表す文言は、そのように修飾された用語が、絶対的又は完全な程度ではなく、当業者によって認識されるようなおおよその程度にのみ適用され得ることを示している。したがって、「およそ」、「約」、及び「実質的に」などの用語で修飾された値は、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、並びに本明細書及び特許請求の範囲の全体を通じて、範囲の限界が特定されてもよい。このような範囲は、組み合わせ及び/又は置き換えが可能であり、文脈又は文言が特に指示しない限り、本明細書に含まれるすべての部分範囲を含む。加えて、特に明記しない限り、「第 1 の」、「第 2 の」、などの用語は、本明細書において単に標識として使用されているにすぎず、これらの用語が言及する項目について順序、位置、又は階層上の要件を加えることを意図するものではない。さらに、例えば、「第 2 の」項目への言及は、例えば、「第 1 の」もしくはより小さい番号の項目、又は「第 3 の」もしくはより大きい番号の項目の存在を要求するものではなく、又は排除するものでもない。

30

【0014】

本明細書に記載のシステム及び方法は、構成要素内にろう付け接合部を生成することに関する。具体的には、例示的な実施形態では、システムは、ろう付け材料の少なくとも一部を溶融するのに十分なろう付け温度に到達するように動作可能な環境を含む。システムはまた、環境内の構成要素であって、基部表面を有する基部、基部表面から内縁へと基部内に垂下する凹部、及び凹部内にあり、基部表面の上にキャップを形成するろう付け材料を含む構成要素を含む。ろう付け材料は、キャップから内縁までの凹部を充填する。キャップは、露出したろう付け表面を有する。いくつかの実施形態では、システムはまた、キャップの露出したろう付け表面を少なくとも部分的に覆う断熱層を含む。環境がろう付け温度に加熱された後、システムは、断熱層のないシステムと比較して、キャップの露出したろう付け表面からのより少ない急速な熱放散を容易にする。追加的又は代替的に、システムは、キャップよりも凹部の内縁に近い場所で基部から熱を抽出するように動作可能な冷却システムを含み、これは、キャップの露出したろう付け表面と比較して、ろう付け接合部のより急速な冷却を容易にする。したがって、システムは、ろう付けプロセス中、基部表面の上に延びるキャップと比較して、凹部内に凝固欠陥が少ないか又はまったくない

40

50

ろう付け接合部の生成を容易にする。

【0015】

図1は、例示的な回転機械100、すなわちターボ機械、より具体的にはタービンエンジンの概略図である。例示的な実施形態では、回転機械100は、ガスタービンエンジンである。或いは、回転機械は、限定はしないが、蒸気タービンエンジン、ガスターボファン航空機エンジン、他の航空機エンジン、風力タービン、圧縮機、及びポンプを含む、任意の他のタービンエンジン及び/又は回転機械であってもよい。例示的な実施形態では、タービンエンジン100は、吸気セクション102、吸気セクション102の下流に結合された圧縮機セクション104、圧縮機セクション104の下流に結合された燃焼器セクション106、燃焼器セクション106の下流に結合されたタービンセクション108、及びタービンセクション108の下流に結合された排気セクション110を含む。タービンセクション108は、ロータシャフト112を介して圧縮機セクション104に結合されている。本明細書で使用する場合、「結合する」という用語は、構成要素間の直接的な機械的、熱的、電氣的、及び/又は流れ連通接続に限定されず、複数の構成要素間の間接的な機械的、熱的、電氣的、及び/又は流れ連通接続も含むことができることに留意されたい。例示的な実施形態では、燃焼器セクション106は、複数の燃焼器114を含む。燃焼器セクション106は、各燃焼器114が圧縮機セクション104と流れ連通するように、圧縮機セクション104に結合される。ロータシャフト112は、限定はしないが、発電機及び/又は機械的駆動用途などの負荷116にさらに結合される。例示的な実施形態では、圧縮機セクション104及びタービンセクション108の各々は、ロータシャフト112に結合された少なくとも1つのロータアセンブリ118を含む。タービンセクション108の各ロータアセンブリ118は、円周方向に配置され、半径方向に延びる複数のタービンブレード119を含む。

10

20

30

40

【0016】

動作中、吸気セクション102は、空気120を圧縮機セクション104に向けて送る。圧縮機セクション104は、吸入空気120をより高い圧力に圧縮し、その後、圧縮空気122を燃焼器セクション106に向けて放出する。圧縮空気122は燃焼器セクション106に送られ、そこで燃料(図示せず)と混合され、燃焼されて高温燃焼ガス124を生成する。燃焼ガス124はタービンセクション108に向かって下流に送られ、タービンブレード119に衝突し、熱エネルギーは、長手方向軸126の周りでロータアセンブリ118を駆動するために使用される機械的回転エネルギーに変換される。しばしば、燃焼器セクション106及びタービンセクション108は、タービンエンジン100の高温ガスセクション109と呼ばれる。次いで、排気ガス128は、排気セクション110を通して周囲大気に放出される。

【0017】

いくつかの実施形態では、タービンエンジン100の動作中、限定はしないが、ステータベーン(図示せず)及びシュラウド(図示せず)を含み得るタービンブレード119などの高温ガスセクション109の構成要素204は、例えば、摂氏1250度の高温に曝される場合があり、熱応力を生成する。タービンセクション108において、構成要素204はまた、高速回転からの応力及び燃焼器106からの高速高温ガスの押し出しなど、動作中に機械的応力を受ける。そのような極端な動作条件は、クリープ及び/又は疲労による亀裂、並びに高温ガスセクション109の構成要素204内に形成される他の欠陥を引き起こし、修復を必要とし得る。

【0018】

図2は、構成要素204の1つ又は複数内にろう付け接合部202を生成するためのシステム200の断面図である。構成要素204は説明の目的で回転機械100の構成要素として説明されているが、システム200はまた、多種多様な用途において任意の適切な構成要素204内にろう付け接合部を生成するために企図されており、本明細書に記載の回転機械100の構成要素での使用に限定されないことを理解されたい。

【0019】

50

いくつかの実施形態では、構成要素 204 は、タービンエンジン 100 の高温ガスセクション 109 又は 燃焼器 106 内で使用される金属合金から形成される。いくつかのそのような実施形態では、構成要素 204 は、コバルト基 又は ニッケル基超合金から製作される。例えば、構成要素 204 は、CMSX-4（登録商標）などの単結晶ニッケル基超合金から製作され得る。代替の実施形態では、構成要素 204 は、本明細書に記載のシステム及び方法を使用してろう付けすることができる任意の合金から形成される。

【0020】

システム 200 は、ろう付け接合部 202 を生成するための環境 206 を含む。いくつかの実施形態では、環境 206 は、加熱コンパートメント 208 内に画定された空洞である。例示的な実施形態では、加熱コンパートメント 208 は、ろう付けプロセス中に熱と真空の両方を空洞に供給するように構成された真空炉である。例えば、加熱コンパートメント 208 は、環境 206 全体に均一な温度を供給し、環境 206 内に十分な真空を引いて環境 206 に存在する少なくとも一部のガスを除去するように構成される。一実施形態では、そのようなガスには、酸素、窒素、二酸化炭素、水蒸気、及びメタンが挙げられる。代替の実施形態では、環境 206 は、本明細書に記載のようにろう付け接合部が構成要素 204 内に形成されることを可能にする任意の適切な環境である。

10

【0021】

構成要素 204 は、基部表面 212 を有する基部 210 と、基部表面 212 から内縁 224 へと凹部深さ 216 内に垂下する凹部 214 とを含む。例示的な実施形態では、凹部 214 は、構成要素 204 の通常の使用中に発生する可能性がある、基部 210 内の亀裂などの欠陥を表す。内縁 224 は、基部表面 212 からの亀裂の最も内側 又は 最も深い範囲を表す。例えば、構成要素 204 がタービンエンジン 100 の高温ガスセクション 109 内で使用される金属合金から形成される実施形態では、凹部 214 は、回転応力、急速に流れる高温ガス流からの力、及び 又は 構成要素 204 への周期的な熱機械的ひずみの組み合わせにより形成され得る。代替の実施形態では、凹部 214 は、構成要素 204 の鑄造 又は 機械加工プロセス中、又は 2 つの別々に形成された構成要素 204 を共に結合する接合中など、別のプロセスによって意図的に 又は 意図的でなく形成されている場合がある。

20

【0022】

ろう付け接合部 202 は、ろう付け材料 218 から形成される。一実施形態では、ろう付け材料 218 は、DF-4B 拡散ろう付け合金などの純粋なろう付けフィラー合金を含む。ろう付けフィラー合金は、アルミニウム、ケイ素、銅、銀、ゲルマニウム、金、ニッケル、コバルト、及びホウ素の 1 つ 又は 複数を含み得る。例示的な実施形態では、ろう付け合金は、構成要素 204 と比較して比較的低い融点を有する多成分共晶である。例えば、コバルト基 及び ニッケル基超合金から形成された構成要素 204 に使用されるろう付け合金は、典型的には、摂氏 1120 度未満、より具体的には、摂氏 900 ~ 1100 度の溶融温度を有する。別の実施形態では、ろう付け材料 218 は、ろう付け粉末とろう付けフィラー合金のブレンドを含む。ろう付け粉末は、典型的には、構成要素 204 用の超合金であり、ろう付けフィラー合金と比較してより高い強度 及び より高い融点を有する。したがって、特定の温度では、ろう付け合金は溶融するがろう付け粉末が固体であり、部分的に溶融したろう付け材料 218 を生成する。代替の実施形態では、ろう付け材料 218 は、完全に 又は 実質的にろう付けフィラー合金からなり得るか、又は ろう付け接合部 202 が本明細書に記載のように形成されることを可能にする他の材料を含み得る。

30

40

【0023】

一実施形態では、ろう付け材料 218 は、バインダと混合されてろう付けペーストを生成するろう付けフィラー合金 及び ろう付け粉末を含む。例えば、限定はしないが、ろう付けフィラー合金 及び ろう付け粉末は、8 パーセントのバインダと混合される。ろう付けペーストは半固体であり、これにより、いくつかの実施形態では、ろう付け材料 218 を凹部 214 内に注ぐか注入することが可能である。そのような充填技法は、0.1 ミリメートルよりも広い凹部 214 に特に適している。代替の実施形態では、ろう付けペースト 又

50

は純粋なろう付けフィラー合金を凹部 2 1 4 の上に載置してキャップ 2 2 0 を生成することができ、毛細管効果によってろう付け材料 2 1 8 を凹部に流入させることが可能である。そのような充填技法は、0.1 ミリメートル以下の凹部 2 1 4 に特に適している。

【0024】

いくつかの実施形態では、ろう付けプロセス中、環境 2 0 6 は、ろう付け温度に加熱される。いくつかの実施形態では、環境 2 0 6 は、ろう付け温度で 1 0 分 ~ 1 2 0 分間保持される。いくつかのそのような実施形態では、環境 2 0 6 は、ろう付け温度で 2 0 分 ~ 4 0 分間、そしていくつかのそのような実施形態では、3 0 分間保持される。或いは、環境 2 0 6 は、任意の適切な長さの時間、ろう付け温度に保たれる。ろう付け温度は、構成要素 2 0 4 の溶融温度よりも低く、上述のようにろう付け材料 2 1 8 を溶融させるか、又は部分的に溶融させるのに十分高い。ろう付け材料 2 1 8 がろう付けペーストを含む例示的な実施形態では、ろう付け温度において、ろう付け合金は溶融するがろう付け粉末が固体のままであり、部分的に溶融したろう付け材料 2 1 8 を生成する。いくつかのそのような実施形態では、環境 2 0 6 がろう付け温度に加熱される前、固体又はペーストロう付け材料 2 1 8 が凹部 2 1 4 内に載置され、内縁 2 2 4 から基部表面 2 1 2 までの凹部を充填する。いくつかのそのような実施形態では、追加のろう付け材料 2 1 8 が基部表面 2 1 2 の上に載置され、キャップ 2 2 0 を生成する。キャップ 2 2 0 は、凹部 2 1 4 内のろう付け材料 2 1 8 と流体連通している。次に、ろう付け材料 2 1 8 はろう付け温度に加熱され、存在するバインダのほとんど又はすべてを燃焼させ、ろう付け材料 2 1 8 を少なくとも部分的に溶融させる。

10

20

【0025】

上述のように、代替の実施形態では、ろう付けペースト又は純粋なろう付け合金を凹部 2 1 4 の上に載置してキャップ 2 2 0 を生成することができ、毛細管効果によってろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 に流入させることが可能である。凹部 2 1 4 の充填は、室温で発生し得るか、又は環境 2 0 6 をろう付け温度に加熱することによって発生し得る。例示的な実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 は、ろう付け温度に加熱され、少なくとも部分的に溶融したキャップ 2 2 0 上の露出したろう付け表面 2 2 2、及び部分的に溶融したろう付け材料 2 1 8 と凹部 2 1 4 との間の接触角 2 1 9 を生成する。いくつかのそのような実施形態では、純粋なろう付けフィラーは、凹部 2 1 4 の基部表面 2 1 2、内縁 2 2 4、及び他の表面を濡らし、90 度未満の接触角 2 1 9 を生成する。さらなる実施形態では、接触角 2 1 9 は 30 度以下であり、ろう付け材料が凹部 2 1 4 の内縁 2 2 4 及び他の表面上に広がり、毛細管効果によってろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 内に引き込むことを可能にする。代替の実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 は、ろう付け温度で完全に溶融される。代替の又は追加の実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 は、部分的に溶融した状態で凹部 2 1 4 上の基部表面 2 1 2 上に載置され、毛細管効果によって凹部 2 1 4 に供給することが可能である。さらなる実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 は、ろう付け材料が環境 2 0 6 内でろう付け温度に加熱されると、キャップ 2 2 0 が凹部 2 1 4 内に引き込まれるように凹部 2 1 4 の一部のみを充填することができる。

30

【0026】

いくつかの実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 がろう付け温度に到達して少なくとも部分的に溶融し、凹部を完全に充填した後、環境 2 0 6 内の温度を下げ、ろう付け材料 2 1 8 を冷却してろう付け材料 2 1 8 を固化させ、凹部 2 1 4 内にろう付け接合部 2 0 2 を生成することが可能である。いくつかの実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 の凝固は、ろう付け材料 2 1 8 を収縮させ、これは、ろう付け接合部 2 0 2 において凝固欠陥 2 2 8 をもたらし得る。いくつかのそのような凝固欠陥 2 2 8 は、図 2 の細孔 2 2 7 によって示されるように、固体ろう付け接合部 2 0 2 における高い多孔性（量とサイズの両方）を含む。他の凝固欠陥 2 2 8 は、線状指示模様 2 2 9 によって示されるように、線状指示模様、又は亀裂を含む。いくつかの実施形態では、基部 2 1 0 及びろう付け材料 2 1 8 が冷却し始めると、露出したろう付け表面 2 2 2 に又はその近くに位置するろう付け材料 2 1 8 の第 1 の部分 2 3 0 は、内縁 2 2 4 に又はその近くに位置するろう付け材料 2 1 8 の第 2 の部

40

50

分 2 3 2 よりも急速に温度が低下する。ろう付け材料 2 1 8 のある部分が別の部分よりも速く冷却するとき、例えば、第 1 の部分 2 3 0 が第 2 の部分 2 3 2 よりも環境 2 0 6 において速く冷却する場合、凝固収縮により欠陥 2 2 8 が形成され得る。この例示的な実施形態では、第 1 の部分 2 3 0 が第 2 の部分 2 3 2 よりも速く冷却することによって、凝固欠陥 2 2 8 が第 2 の部分 2 3 2 の近くに固化したろう付け材料 2 1 8 内で形成される。ろう付け接合部 2 0 2 を含む構成要素 2 0 4 が使用に戻されると、少なくともいくつかのそのような既知の凝固欠陥 2 2 8 は、ろう付け接合部 2 0 2 の引張強度の低下、並びにより短いクリープ寿命及び疲労寿命をもたらす。

【 0 0 2 7 】

いくつかの実施形態では、ろう付け接合部 2 0 2 のサイズと比較したキャップ 2 2 0 のサイズは、キャップ 2 2 0 の能力に影響を及ぼし、冷却中に凹部 2 1 4 内のろう付け材料 2 1 8 の収縮をもたらし得る。いくつかのそのような実施形態では、ろう付け接合部 2 0 2 の モジュラス に対するキャップ 2 2 0 の モジュラス の比を使用して、キャップ 2 2 0 がろう付け接合部 2 0 2 にどれだけ効果的に供給するかを特徴付けることができ、ここで、モジュラス は、幾何学的物体の体積を幾何学的物体の放熱面積で除算した値として定義される。例えば、モジュラス比 が 1 . 0 未満である場合、キャップ 2 2 0 内のろう付け材料 2 1 8 は、環境 2 0 6 内で冷却しながら凹部 2 1 4 内のろう付け材料 2 1 8 よりも早く凝固を開始し、完了する。一実施形態では、1 . 0 よりも大きいろう付け接合部 2 0 2 の モジュラス に対するキャップ 2 2 0 の モジュラス の比は、ろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 内に効果的に供給し、冷却中の収縮を少なくとも部分的に補償する。いくつかの実施形態では、1 . 1 よりも大きいろう付け接合部 2 0 2 の モジュラス に対するキャップ 2 2 0 の モジュラス の比は、冷却中にろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 内に効果的に供給して収縮を少なくとも部分的に補償し、凝固欠陥 2 2 8 を減少させる。さらなる実施形態では、1 . 5 よりも大きいろう付け接合部 2 0 2 の モジュラス に対するキャップ 2 2 0 の モジュラス の比は、冷却中にろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 内に特に効果的に供給して収縮を少なくとも部分的に補償し、凝固欠陥 2 2 8 を減少させる。代替の実施形態では、1 . 5 よりも大きいろう付け接合部 2 0 2 の モジュラス に対するキャップ 2 2 0 の モジュラス の比は、冷却中にろう付け材料 2 1 8 を凹部 2 1 4 内に供給して収縮を完全に補償し、ろう付け接合部 2 0 2 における凝固欠陥 2 2 8 を排除する。追加的又は代替的に、基部表面 2 1 2 での接触角 2 1 9 を増加させると、キャップ 2 2 0 の モジュラス が効果的に増加し、冷却中のキャップ 2 2 0 から凹部 2 1 4 へのろう付け材料 2 1 8 の供給が増加して収縮を少なくとも部分的に補償する。様々な実施形態において、キャップ 2 2 0 のサイズ及び接触角 2 1 9 は、冷却中の凹部 2 1 4 内へのキャップ 2 2 0 の供給能力を高めるために変更される。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、システム 3 0 0 と呼ばれる、構成要素 2 0 4 内にろう付け接合部 2 0 2 を生成するためのシステムの別の例示的な実施形態の断面図である。システム 3 0 0 はシステム 2 0 0 に類似しており、したがって、同様の構成要素はシステム 2 0 0 と同じようにラベル付けされている。システム 3 0 0 は、システム 3 0 0 が、ろう付け材料 2 1 8 のキャップ 2 2 0 の露出したろう付け表面 2 2 2 を少なくとも部分的に覆う断熱層 3 0 2 を含むという点で、システム 2 0 0 とは異なる。例示的な実施形態では、断熱層 3 0 2 は、キャップ 2 2 0 及び基部表面 2 1 2 の一部を完全に覆う。システム 2 0 0 と同様に、システム 3 0 0 において、ろう付け接合部 2 0 2 は、ろう付け材料 2 1 8 をろう付け温度に加熱することによって生成され、ろう付け材料 2 1 8 を少なくとも部分的に溶融させ、ろう付け材料 2 1 8 が凹部 2 1 4 に入ることを可能にする。システム 3 0 0 のいくつかの実施形態では、ろう付け材料 2 1 8 をろう付け温度に加熱する前、又はろう付け材料 2 1 8 が少なくとも部分的に溶融した後、断熱層 3 0 2 は、断熱層 3 0 2 が露出したろう付け表面 2 2 2 を少なくとも部分的に覆うように露出したろう付け表面 2 2 2 上に載置される。

【 0 0 2 9 】

断熱層 3 0 2 は、断熱層 3 0 2 が本明細書に記載のように機能することを可能にする任

意の材料を含み得る。いくつかの実施形態では、断熱層 302 は、セラミック材料、セラミック繊維、ミネラルウール、多結晶繊維、シリカ布、及びそれらの任意の組み合わせの 1 つ又は複数から形成される。

【0030】

システム 200 と同様に、システム 300 の例示的な実施形態では、構成要素 204 が環境 206 内で少なくとも部分的に溶融したろう付け材料 218 を生成するのに十分な時間加熱されると、環境 206 は、ろう付け温度から冷却することが可能である。環境 206 が冷却すると、基部 210 及びろう付け材料 218 も冷却し始め、ろう付け材料 218 が固化してろう付け接合部 202 を形成することを可能にする。システム 200 とは異なり、いくつかの実施形態では、断熱層 302 は、キャップ 220 及びろう付け表面 222 の近くに位置する第 1 の部分 230 を、内縁 224 の近くに位置する第 2 の部分 232 よりもゆっくりと冷却させる。第 1 の部分 230 と第 2 の部分 232 との間の温度差のために、ろう付け材料 218 の凝固は、第 1 の部分 230 よりも第 2 の部分 232 の近くでより早く開始及び完了する。したがって、凝固中にろう付け材料 218 に収縮が発生すると、ろう付け材料 218 に形成される凝固欠陥 228 は、第 2 の部分 232 よりも第 1 の部分 230 の近くで発生する。より具体的には、例示的な実施形態では、断熱層 302 は、露出したろう付け表面 222 の近くのキャップ 220 に凝固欠陥 228 を主に形成させる。構成要素 204 が使用に戻される前、キャップ 220 は取り外されるか、場合によってはろう付け接合部 202 の強度に寄与するように設計されていない。したがって、いくつかの実施形態では、ろう付け材料 218 の第 1 の部分 230 における凝固欠陥 228 は、ろう付け接合部 202 の性能に有意に影響を及ぼさない。

【0031】

システム 200 と同様に、システム 300 において、断熱層 302 を適用することと組み合わせ、ろう付け接合部 202 のサイズと比較してキャップ 220 のサイズを変更することは、ろう付け材料 218 を凹部 214 内に供給して冷却中の収縮を少なくとも部分的に補償するキャップ 220 の能力に影響を及ぼし得る。いくつかのそのような実施形態では、ろう付け接合部 202 のモジュラスに対するキャップ 220 のモジュラスの比を使用して、キャップ 220 がろう付け接合部 202 にどれだけ効果的に供給するかを特徴付けることができる。いくつかのさらなる実施形態では、断熱層 302 は、システム 200 に示されるキャップ 220 などの断熱層のないキャップ 220 についての対応する比と比較して、キャップ 220 のモジュラス、したがってろう付け接合部 202 のモジュラスに対するその比を増加させる。いくつかのそのような実施形態では、断熱層 302 は、より狭い幅を有するキャップ 220 が、より広い幅を有する断熱層を有さないキャップ 220 と同じ量のろう付け接合部 202 に対する供給を提供することを可能にする。

【0032】

図 4 は、システム 400 と呼ばれる、構成要素 204 内にろう付け接合部 202 を生成するためのシステムの別の例示的な実施形態の断面図である。システム 400 はシステム 200 に類似しており、したがって、同様の構成要素はシステム 200 と同じようにラベル付けされている。システム 400 は、システム 400 が、基部 210 上の場所 403 から熱を抽出するように動作可能な冷却装置 401 を含むという点で、システム 200 とは異なる。より具体的には、場所 403 は、キャップ 220 よりも凹部 214 の内縁 224 に近い。

【0033】

例示的な実施形態では、冷却装置 401 は、場所 403 と接触する熱伝導要素 402 を含む。また、例示的な実施形態では、場所 403 は、基部表面 212 の反対側に位置する基部 210 の第 2 の基部表面 404 である。しかし、場所 403 は、キャップ 220 よりも凹部 214 の内縁 224 に近い任意の場所であり得ることが認識されよう。言い換えれば、場所 403 は、冷却装置 401 がろう付け材料 218 の第 2 の部分 232 の熱抽出を高める一方で、ろう付け材料 218 の第 1 の部分 230 への影響を少なくするように選択される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

システム 2 0 0 と同様に、システム 4 0 0 の例示的な実施形態では、構成要素 2 0 4 が環境 2 0 6 内で少なくとも部分的に溶融したろう付け材料 2 1 8 を生成するのに十分な時間加熱された後、環境 2 0 6 は、ろう付け温度から冷却することが可能である。例示的な実施形態では、熱伝導要素 4 0 2 は、環境 2 0 6 が冷却している間、基部 2 1 0 の場所 4 0 3 から熱を抽出するように構成される。代替の実施形態では、熱伝導要素 4 0 2 は、環境 2 0 6 が環境 2 0 6 を能動的に加熱している間、そして次に環境 2 0 6 が冷却している間、基部 2 1 0 の場所 4 0 3 から熱を抽出するように構成される。熱伝導要素 4 0 2 が第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 の近くに位置しているので、ろう付け材料 2 1 8 は、第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 の近くでより速く温度が低下する。第 1 の部分 2 3 0 と第 2 の部分 2 3 2 との間の温度差のために、ろう付け材料 2 1 8 の凝固は、第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 の近くでより急速に発生する。したがって、凝固中にろう付け材料 2 1 8 に収縮が発生すると、ろう付け材料 2 1 8 に形成される凝固欠陥 2 2 8 は、第 2 の部分 2 3 2 よりも第 1 の部分 2 3 0 の近くで発生する。例示的な実施形態では、凝固欠陥 2 2 8 は、露出したろう付け表面 2 2 2 の近くのキャップ 2 2 0 に主に形成される。構成要素 2 0 4 が使用に戻される前、キャップ 2 2 0 は取り外されるか、場合によってはろう付け接合部 2 0 2 の強度に寄与するように設計されていない。したがって、ろう付け材料 2 1 8 の第 1 の部分 2 3 0 における凝固欠陥 2 2 8 は、ろう付け接合部 2 0 2 の性能に有意に影響を及ぼさない。

10

【 0 0 3 5 】

熱伝導要素 4 0 2 は、熱伝導要素が本明細書に記載のように機能することを可能にする任意の熱伝導材料及び / 又はシステムを含む。いくつかの実施形態では、熱伝導要素 4 0 2 は、熱交換器を含む。熱伝導要素 4 0 2 は、例えば、プレートフィン熱交換器、プレート熱交換器、又はチューブ熱交換器であり得る。さらに別の実施形態では、熱伝導要素 4 0 2 は、冷却媒体に接続された埋め込まれた冷却チャネルを備えたグラフィートプレートを含む。代替の実施形態では、冷却装置 4 0 1 は、システム 4 0 0 が本明細書に記載のように機能することを可能にする任意の適切な構造を含む。

20

【 0 0 3 6 】

図 5 は、システム 5 0 0 と呼ばれる、構成要素 2 0 4 内にろう付け接合部 2 0 2 を生成するための別の例示的なシステムの断面図である。システム 5 0 0 はシステム 4 0 0 に類似しており、したがって、同様の構成要素はシステム 4 0 0 と同じようにラベル付けされている。システム 5 0 0 は、冷却装置 4 0 1 が、流体 5 0 4 を場所 4 0 3 で基部 2 1 0 と衝突させるように構成された衝突マニホールド 5 0 2 として実装されるという点で、システム 4 0 0 とは異なる。上記のように、場所 4 0 3 は、流体 5 0 4 が、キャップ 2 2 0、露出したろう付け表面 2 2 2、及び第 1 の部分 2 3 0 よりも凹部 2 1 4 の内縁 2 2 4、及び第 2 の部分 2 3 2 に近い基部 2 1 0 の部分に衝突するように選択される。図示の実施形態では、場所 4 0 3 は、再び、基部表面 2 1 2 の反対側に位置する基部 2 1 0 の第 2 の基部表面 4 0 4 である。或いは、場所 4 0 3 は、キャップ 2 2 0 よりも凹部 2 1 4 の内縁 2 2 4 に近い任意の場所であり得る。

30

【 0 0 3 7 】

システム 2 0 0 と同様に、システム 5 0 0 の例示的な実施形態では、構成要素 2 0 4 が環境 2 0 6 内で少なくとも部分的に溶融したろう付け材料 2 1 8 を生成するのに十分な時間加熱された後、環境 2 0 6 は、ろう付け温度から冷却することが可能である。衝突マニホールド 5 0 2 は、環境 2 0 6 が冷却している間、流体 5 0 4 を送り基部 2 1 0 の場所 4 0 3 から熱を抽出するように構成される。流体 5 0 4 が第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 に近い場所 4 0 3 で基部 2 1 0 に衝突するので、ろう付け材料 2 1 8 は、第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 の近くでより速く温度が低下する。第 1 の部分 2 3 0 と第 2 の部分 2 3 2 との間の温度差のために、ろう付け材料 2 1 8 の凝固は、第 1 の部分 2 3 0 よりも第 2 の部分 2 3 2 の近くでより急速に発生する。したがって、凝固中にろう付け材料 2 1 8 に収縮が発生すると、ろう付け材料 2 1 8 に形成される凝固欠陥 2 2 8 は

40

50

、第２の部分２３２よりも第１の部分２３０の近くで発生する。例示的な実施形態では、凝固欠陥２２８は、露出したろう付け表面２２２の近くのキャップ２２０に主に形成される。構成要素２０４が使用に戻される前、キャップ２２０は取り外されるか、場合によってはろう付け接合部２０２の強度に寄与するように設計されていない。したがって、ろう付け材料２１８の第１の部分２３０における凝固欠陥２２８は、ろう付け接合部２０２の性能に有意に影響を及ぼさない。

【００３８】

衝突マニホールド５０２、及びそれによって送られる流体５０４は、冷却装置４０１が本明細書に記載のように機能することを可能にする任意の熱対流システム及び／又はプロセスを含む。いくつかの実施形態では、衝突マニホールド５０２は、加圧ガスなどの流体５０４の供給源に接続されたジェットノズルを備える。いくつかのそのような実施形態では、流体５０４は、アルゴン、ヘリウム、水素、及び／又は窒素の１つ又は複数を含む。

10

【００３９】

断熱層３０２（図３に示す）及び冷却装置４０１（図４及び図５に示す）は、別々に実装されるものとして上に示されているが、いくつかの実施形態では、ろう付け接合部２０２から凝固欠陥２２８を低減又は排除することにおける追加の利点は、断熱層３０２及び冷却装置４０１を同時に実装することによって得られる。言い換えれば、環境２０６がろう付け温度に加熱された後の冷却段階中、断熱層３０２は、基部２１０の場所４０３から熱を抽出するように動作する冷却装置４０１（例えば、熱伝導要素４０２又は衝突マニホールド５０２）と同時にキャップ２２０の露出したろう付け表面２２２を少なくとも部分的に覆い、第１の部分２３０よりも第２の部分２３２の近くのろう付け材料２１８のより急速な凝固をさらに容易にする。

20

【００４０】

図６は、基部２１０内に画定されたろう付け凹部２１４（図２～図５に示す）など、基部内に画定された凹部をろう付けする例示的な方法６００の流れ図である。凹部は、基部表面２１２などの基部表面から内縁２２４などの内縁へと基部内に垂下する。方法６００は、凹部の上に、ろう付け材料２１８などのろう付け材料のキャップ２２０などのキャップを生成すること６０２を含む。キャップは、露出したろう付け表面２２２などの露出したろう付け表面を有する。方法６００は、露出したろう付け表面上に、断熱層３０２などの断熱層を位置決めすること６０４をさらに含む。方法６００は、環境２０６などの環境内でろう付け材料を加熱し、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を生成すること６０６をさらに含む。方法６００は、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を冷却し、ろう付け接合部２０２などの固体ろう付け接合部を形成すること６０８をさらに含む。

30

【００４１】

ろう付け材料がろう付けフィラー合金、ろう付け粉末、及びバインダを含むろう付けペーストであるいくつかの実施形態では、凹部の上にろう付け材料のキャップを生成すること６０２は、凹部内のキャップ及びろう付けペーストが流体連通するように、表面から内縁までの凹部をろう付けペーストで充填することをさらに含む。さらなる実施形態では、環境内でろう付け材料を加熱して少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を生成すること６０６は、毛細管効果を介してキャップからの少なくとも部分的に溶融したろう付け材料で内縁までの凹部を充填することをさらに含む。特定の実施形態では、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を冷却し、ろう付け接合部を形成すること６０８は、環境が冷却するのを受動的に可能にすることをさらに含む。

40

【００４２】

いくつかの実施形態では、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を冷却すること６０８は、キャップよりも内縁に近い基部上の場所を冷却することを含む。特定の実施形態では、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を冷却すること６０８は、キャップを固化させることをさらに含む。いくつかのそのような実施形態では、固体キャップは、固体ろう付け接合部よりも大きな多孔性を有する。

【００４３】

50

図 7 は、基部 2 1 0 内のろう付け凹部 2 1 4 (図 2 ~ 図 5 に示す) など、基部内に画定された凹部をろう付けする別の例示的な方法 7 0 0 の流れ図である。凹部は、基部表面 2 1 2 などの基部表面から内縁 2 2 4 などの内縁へと基部内に垂下する。方法 7 0 0 は、ろう付け材料 2 1 8 などの少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を、キャップ 2 2 0 などのキャップから内縁へと凹部内に供給すること 7 0 2 を含む。方法 7 0 0 はまた、基部上の場所で基部から熱を抽出すること 7 0 4 を含み、この場所は、基部表面よりも基部の内縁に近い位置にある。

【 0 0 4 4 】

いくつかの実施形態では、基部から熱を抽出すること 7 0 4 は、熱交換器を使用した基部上の場所での伝導性冷却を含む。他の実施形態では、基部から熱を抽出すること 7 0 4 は、衝突冷却を使用した基部上の場所での対流冷却を含む。

10

【 0 0 4 5 】

いくつかの実施形態では、方法 7 0 0 は、環境 2 0 6 などの環境内の凹部の上に少なくとも部分的に固体のろう付け材料を位置決めすることをさらに含む。いくつかのそのような実施形態では、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料をキャップから凹部に供給すること 7 0 2 は、環境をろう付け温度に加熱し、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を生成することをさらに含む。

【 0 0 4 6 】

特定の実施形態では、方法 7 0 0 は、少なくとも部分的に溶融したろう付け材料を供給して基部から熱を抽出する前、キャップ上の露出したろう付け表面 2 2 2 などの露出したろう付け表面上に、断熱層 3 0 2 などの断熱層を位置決めすることをさらに含む。

20

【 0 0 4 7 】

構成要素内にろう付け接合部を生成するための上記のシステム及び方法は、ろう付けプロセス中に接合部内に形成される欠陥が少ないか又はまったくなく、構成要素内にろう付け接合部を生成することを容易にし、したがってろう付け接合部を交換する必要性を減らし、ろう付け接合部のある構成要素の寿命を延ばす。システム及び方法は、高度な冶金学的完全性をもたらし、優れた信頼性の高い機械的能力をろう付け接合部に付与する。システム及び方法は、ガスタービンの高温ガスセクションで高温及び回転応力に曝される構成要素など、極端な熱及び高機械的応力環境で使用される構成要素にとって、特に有利であり得る。

30

【 0 0 4 8 】

加えて、本明細書に記載のシステム及び方法の例示的な技術的效果は、以下の少なくとも 1 つを含む： (a) 凝固収縮によるろう付け接合部内の欠陥の低減、 (b) 構成要素内にろう付け接合部を形成する際の、凹部に供給するために必要なろう付け材料の量の削減、及び (c) ろう付け接合部の寿命の延長。

【 0 0 4 9 】

構成要素内の接合部をろう付けするためのシステム及び方法の例示的な実施形態は、上で詳細に説明されている。本方法及びシステムは、本明細書に記載した特定の実施形態に限定されるものではなく、むしろ、システムの構成要素及び / 又は方法のステップは、本明細書に記載した他の構成要素及び / 又はステップから独立に、かつ別々に利用することができる。例えば、本システム及び方法は、多くのタイプの構成要素と組み合わせて使用することもでき、本明細書に記載したガスタービンエンジンのみで実践することに限定されない。むしろ、例示的な実施形態は、多くの他の接合部 / ろう付け用途に関連して実装及び利用することができる。

40

【 0 0 5 0 】

本開示の様々な実施形態の特定の特徴は、一部の図面に示され、他の図面には示されていないかもしれないが、これは単に便宜上にすぎない。本開示の実施形態の原理によれば、図面の任意の特徴は、任意の他の図面の任意の特徴と組み合わせて参照及び / 又は特許請求することができる。

【 0 0 5 1 】

50

本明細書は、本開示の実施形態を開示するために実施例を使用しており、最良の形態を含んでいる。また、いかなる当業者も本開示の実施形態を実践することができるように実施例を使用しており、任意の装置又はシステムを製作し使用し、任意の組み込まれた方法を実施することを含んでいる。本明細書に記載した実施形態の特許可能な範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が想到する他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、特許請求の範囲の文言との差がない構造要素を有する場合、又は特許請求の範囲の文言との実質的な差がない等価の構造要素を含む場合、特許請求の範囲内にあることを意図している。

【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

1 0 0	回転機械、タービンエンジン	10
1 0 2	吸気セクション	
1 0 4	圧縮機セクション	
1 0 6	燃焼器セクション、燃焼器	
1 0 8	タービンセクション	
1 0 9	高温ガスセクション	
1 1 0	排気セクション	
1 1 2	ロータシャフト	
1 1 4	燃焼器	
1 1 6	負荷	20
1 1 8	ロータアセンブリ	
1 1 9	タービンブレード	
1 2 0	吸入空気	
1 2 2	圧縮空気	
1 2 4	高温燃焼ガス	
1 2 6	長手方向軸	
1 2 8	排気ガス	
2 0 0	システム	
2 0 2	ろう付け接合部	
2 0 4	構成要素	30
2 0 6	環境	
2 0 8	加熱コンパートメント	
2 1 0	基部	
2 1 2	基部表面	
2 1 4	凹部	
2 1 6	凹部深さ	
2 1 8	ろう付け材料	
2 1 9	接触角	
2 2 0	キャップ	
2 2 2	露出したろう付け表面	40
2 2 4	内縁	
2 2 7	細孔	
2 2 8	凝固欠陥	
2 2 9	線状指示模様	
2 3 0	第 1 の部分	
2 3 2	第 2 の部分	
3 0 0	システム	
3 0 2	断熱層、断熱層	
4 0 0	システム	
4 0 1	冷却装置	50

4 0 2	熱伝導要素	
4 0 3	場所	
4 0 4	第 2 の基部表面	
5 0 0	システム	
5 0 2	衝突マニホールド	
5 0 4	流体	
6 0 0	方法	
6 0 2	ステップ	
6 0 4	ステップ	
6 0 6	ステップ	10
6 0 8	ステップ	
7 0 0	方法	
7 0 2	ステップ	
7 0 4	ステップ	
		20
		30
		40
		50