

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2023-547321

(P2023-547321A)

(43)公表日 令和5年11月10日(2023.11.10)

(51)国際特許分類		F I		テーマコード(参考)	
C 2 2 C	1/04 (2023.01)	C 2 2 C	1/04	B	4 K 0 1 8
C 2 3 C	24/04 (2006.01)	C 2 3 C	24/04		4 K 0 4 4
B 2 2 F	1/00 (2022.01)	B 2 2 F	1/00	M	
B 2 2 F	1/14 (2022.01)	B 2 2 F	1/14	4 0 0	
B 2 2 F	3/087(2006.01)	B 2 2 F	3/087		

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全15頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2023-519316(P2023-519316)
 (86)(22)出願日 令和3年10月21日(2021.10.21)
 (85)翻訳文提出日 令和5年5月23日(2023.5.23)
 (86)国際出願番号 PCT/US2021/071966
 (87)国際公開番号 WO2022/094527
 (87)国際公開日 令和4年5月5日(2022.5.5)
 (31)優先権主張番号 17/079,829
 (32)優先日 令和2年10月26日(2020.10.26)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)
 (81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
 ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(
 AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A
 T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR
 ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
 最終頁に続く

(71)出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2
 3 4 5、スケネクタディ、リバーロード
 、1番
 (74)代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (72)発明者 ツイ、ヤン
 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
 (72)発明者 レイロック、マシュー ジョゼフ
 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
 最終頁に続く

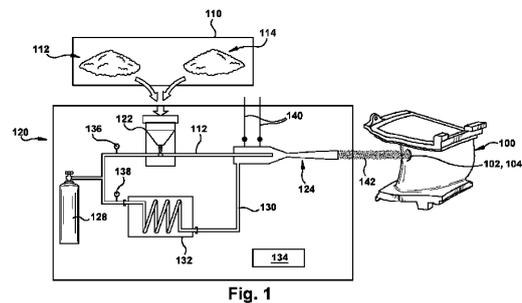
(54)【発明の名称】 低融点超合金と高融点超合金の粉末混合物を用いる超合金部品での所望の幾何形状の形成方法

(57)【要約】

【課題】超合金部品(100)上の位置で所望の幾何形状を形成する方法を提供する。

【解決手段】本方法は、低融点超合金粉末(112)及び高融点超合金粉末(112, 114)を含む粉末混合物(110)の粒子を、超合金粉末(112, 114)を変形せしめるとともに超合金部品(100)と金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で超合金部品(100)上の位置(102)に誘導することを含む。粒子の誘導は、所望の幾何形状が形成されるまで続ける。修復位置(102)上の粉末混合物(110)に熱を加える。熱によって、低融点超合金粉末(112)が溶融して上記位置(102)に金属結合を生じさせる。別の方法は、同じ誘導手順を用いて、部品上の位置(102)を修復するためのプリフォームを形成する。低融点超合金粉末は1287未満の融点を有し、高融点超合金粉末は1287超の融点を有する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超合金部品（100）上の位置（102）で所望の幾何形状を形成する方法であって、当該方法が、
 低融点超合金粉末（112）及び高融点超合金粉末（114）を含む粉末混合物（110）の粒子を、超合金粉末（112，114）を变形せしめるとともに超合金部品（100）と金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で超合金部品（100）上の位置（102）に誘導するステップと、
 所望の幾何形状が形成されるまで粒子の誘導を続けるステップと、
 粉末混合物を含む超合金部品（100）に熱を加えるステップであって、熱によって低融点超合金粉末（112）が溶融して超合金部品（100）との金属結合を生じさせる、ステップと
 を含んでおり、低融点超合金粉末（112）が1287 未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末（114）が1287 超の溶融温度を有する、方法。

10

【請求項 2】

低融点超合金粉末（112）が、AMDRY 770（BNi-2）、AMDRY 100（BNi-5）、AMDRY 775（BNi-9）、AMDRY DF4B、AMDRY D-15 及びAMDRY 915 からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

高融点超合金粉末（114）が、MarM 247、Rene 108、GTD 111、GTD 444、Inconel 738、Rene 80、Inconel 713 及びInconel 778 からなる群から選択される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 4】

加熱中に、高融点超合金粉末（114）が固体形態のままである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

誘導された粒子が、前記位置（102）上に均一な厚さを有する層（150）を形成する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

超合金部品（100）が積層造形される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 7】

超合金部品（100）が鋳造されている、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記位置（102）を機械加工することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記位置（102）が、超合金部品（100）における開口（104）を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

低融点超合金粉末（112）及び高融点超合金粉末（114）を含む粉末混合物（110）の粒子を、超合金粉末（112，114）を变形せしめるとともにビルドプレート（162）と金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度でビルドプレート（162）上に誘導することによって、プリフォーム（166、172）を作成するステップと、
 ビルドプレート（162）から取り外し、超合金部品（100）の位置（102）の所望の幾何形状に賦形し、かつ超合金部品（100）の位置（102）に配置した後のプリフォーム（166，172）に熱を加えるステップであって、熱を加えることによって低融点超合金粉末（112）が溶融して超合金部品（100）との金属結合を生じさせる、ステップと

40

を含む方法であって、低融点超合金粉末（112）が1287 未満の溶融温度を有し、

50

高融点超合金粉末(114)が1287 超の溶融温度を有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して超合金部品に関し、さらに具体的には超合金部品で所望の幾何形状を形成する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高性能工業部品は超合金で作られることが多々ある。タービンブレードのようなこれらの部品で損傷又は摩耗が起きてボイドが生じた場合、部品を製造当初の部品に合致する所望の幾何形状に修復するのが望ましい。現在、ろう付けが超合金部品の修復の主なアプローチである。ろう付けでは、溶融材料を修復位置に形成し、材料を冷却させる。ろう付けには多くの課題がある。ろう付けは、溶融材料の流れが修復位置から溢れないように制御できるように水平な修復位置で実施するのが理想的である。ただし、多くの修復位置は、垂直面又は曲面のように、完璧に水平な方向には配置できない。その結果、これらのタイプの修復に対処するため、時間がかかり複雑なマルチろう付けプロセスが実施されている。もう一つの課題は、多くの超合金部品が、例えばコンピュータ制御の積層造形技術を使用して、非常に正確な寸法で製造されていることである。ろう付け技術を用いて超合金部品を修復すると、製造当初と同レベルの精度が得られず、部品の原寸法仕様を満たさない部品になる。

10

20

【発明の概要】

【0003】

本開示の第1の態様は、超合金部品上の位置で所望の幾何形状を形成する方法であって、当該方法が、低融点超合金粉末及び高融点超合金粉末を含む粉末混合物の粒子を、超合金粉末を変形せしめるとともに超合金部品と金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で、超合金部品上の位置に誘導するステップと、所望の幾何形状が形成されるまで粒子の誘導を続けるステップと、粉末混合物を含む超合金部品に熱を加えるステップであって、熱によって低融点超合金粉末が溶融して超合金部品との金属結合を生じさせる、ステップとを含んでおり、低融点超合金粉末が1287 未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末が1287 超の溶融温度を有する、方法を提供する。

30

【0004】

本開示の第2の態様は、低融点超合金粉末及び高融点超合金粉末を含む粉末混合物の粒子を、超合金粉末を変形せしめるとともにビルドプレートと金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で、ビルドプレート上に誘導することによってプリフォームを作成するステップと、プリフォームをビルドプレートから取り外し、超合金部品の位置の所望の幾何形状に賦形し、かつ超合金部品の位置に配置した後のプリフォームに熱を加えるステップであって、熱を加えることによって低融点超合金粉末が溶融して超合金部品との金属結合を生じさせる、ステップであって、低融点超合金粉末が1287 未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末が1287 超の溶融温度を有する、ステップとを含む方法を提供する。

40

【0005】

本開示の第3の態様は、低融点超合金粉末及び高融点超合金粉末を含む粉末混合物の粒子を、超合金粉末を変形せしめるとともにビルドプレートと金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度でビルドプレート上に誘導することによってプリフォームを作成するステップと、超合金部品上の位置の所望の幾何形状へと後で形成できるように、ビルドプレートからプリフォームを取り外すステップであって、低融点超合金粉末が1287 未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末が1287 超の溶融温度を有する、ステップとを含む方法を包含する。

【0006】

本開示の例示的な態様は、本明細書に記載の問題及び/又は記載されていない他の問題

50

を解決するように設計される。

【0007】

本開示の上記その他の特徴については、本開示の様々な実施形態について記載する添付図面と併せて以下の詳細な説明を参照することによって理解を深めることができよう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本開示の実施形態に係る、超合金部品の修復方法のプロセスの概略図。

【図2】本開示の実施形態に係る、超合金部品上の修復のための位置であって、内部に粉末混合物を有する位置の拡大断面図。

【図3】本開示の実施形態に係る、超合金部品上の修復のための位置であって、内部の粉末混合物が加熱されている位置の拡大断面図。 10

【図4】本開示の実施形態に係る、超合金部品上の位置の修復に使用されるプリフォームを粉末混合物で形成するためのビルドプレートの拡大断面図。

【図5】本開示の実施形態に係る、図4のビルドプレートからのプリフォームの除去及びプリフォームの賦形を示す拡大断面図。

【図6】本開示の実施形態に係る、超合金部品上の修復位置へのプリフォームの配置を示す拡大断面図。

【図7】本開示の実施形態に係る、位置の修復のためのプリフォーム及び超合金部品の加熱を示す拡大断面図。

【発明を実施するための形態】 20

【0009】

なお、本開示の図面は必ずしも縮尺通りではない。図面は、本開示の典型的な態様を例示するものにすぎず、本開示の技術的範囲を限定するものではない。図面において、同様の符号は複数の図面間で同様の構成要素を表す。

【0010】

まず、本開示の主題を明確に説明するため、用語を選択する必要がある。できるだけ、当技術分野で一般的な用語を、その通常の意味と一致するように用いる。別途記載されていない限り、かかる用語は、本願の文脈及び添付の特許請求の範囲に則して広義に解釈すべきである。ある部品について幾つかの異なる又は重複する用語を用いて言及されることが多々あることは当業者には明らかであろう。本明細書において、単一の部材として記載したものであっても、別の文脈では複数の部品からなるものとして記載することもある。或いは、本明細書のある箇所で複数の部品を含むものとして記載したものであっても、別の箇所では単一の部材として記載することもある。 30

【0011】

さらに、本明細書では、以下に記載する通り、幾つかの記述的用語を繰返し用いる。「第1」、「第2」及び「第3」という用語は、ある部品を他の部品と区別するために互換的に用いられ、個々の部品の位置又は重要性を示すものではない。

【0012】

本明細書で用いる用語は、特定の実施形態を説明するためのものにすぎず、開示内容を限定するものではない。本明細書において、単数形で記載したものであっても、前後関係から明らかでない限り、複数の場合も含めて意味する。本明細書において、「備える」及び/又は「含む」という用語は、記載した特徴、整数、ステップ、操作、構成要素及び/又は部品が存在することを示し、他の1以上の特徴、整数、ステップ、操作、構成要素、部品及び/又はこれらの群の存在又は追加を除外するものではない。「任意」又は「適宜」という用語は、その用語に続いて記載された事象又は状況が起きても起きなくてもよいこと或いはその用語に続いて記載された部品又は構成要素が存在しても存在しなくてもよいことを意味しており、かかる記載はその事象又は状況が起こる場合と起こらない場合並びにその部品又は構成要素が存在する場合と存在しない場合とを包含する。 40

【0013】

ある構成要素又は層が別の構成要素又は層に「配置」、「係合」、「接続」又は「結合 50

」しているという場合、その別の構成要素又は層に直接、配置、係合、接続又は結合していてもよいし、或いは介在する構成要素又は層が存在していてもよい。対照的に、ある構成要素が別の構成要素又は層に「直接配置」、「直接係合」、「直接接続」又は「直接結合」しているという場合、介在する構成要素又は層は存在しない。構成要素間の関係について説明するために用いられる他の用語（例えば、「～の間」と「直接間」、「隣接」と「直接隣接」など）も同様に解釈される。本明細書で用いる「及び/又は」という用語は、記載されたものの1以上のあらゆるすべての組合せを包含する。

【0014】

上述の通り、本開示は、超合金部品上の位置で所望の幾何形状を形成する方法を提供する。本方法は、低融点超合金粉末及び高融点超合金粉末を含む粉末混合物の粒子を、超合金粉末を変形せしめるとともに超合金部品への機械的結合を形成するが金属結合を形成するのに十分な速度で超合金部品上の位置に誘導することを含んでいてもよい。低融点超合金粉末は1287未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末は1287超の溶融温度を有する。粒子の誘導は、超合金部品で所望の幾何形状が形成されるまで継続できる。本方法は、超合金部品及び修復位置の粉末混合物に熱を加えることを含んでいてもよい。熱は、低融点超合金粉末を溶融させて、その位置で金属結合を生成するのに十分である。本方法は、粒子誘導を用いてビルドプレート上でプリフォームを形成することを含んでいてもよい。プリフォームを、ビルドプレートから取り外し、所望の幾何形状に賦形し、超合金部品上の位置に配置することができる。次いで熱を加えると、低融点超合金粉末（ろう材）が超合金部品上の所定の位置で溶融して金属結合を形成する。しかる後、修復された超合金部品を所望の寸法仕様に合わせるのに必要とされる軽微な機械加工を行うことができる。

10

20

【0015】

図1は、本開示の実施形態に係る超合金部品100の修復方法の概略図を示す。超合金部品100は、タービンノズルの形態で示してあるが、いかなる形態の超合金部品であってもよい。本明細書で用いる「超合金」という用語は、René 108、CM247、Haynes合金、Inconel合金、MP98T、TMS合金、CMSX単結晶合金のように、通常の合金に比べて数多くの優れた物理的特性（例えば、限定されるものではないが、高い機械的強度、高い熱クリープ変形耐性など）を有する合金をいう。一実施形態では、本開示の教示が特に有益となり得る超合金は、高いガンマプライム（ γ' ）値を有する超合金である。「ガンマプライム」（ γ' ）は、ニッケル基合金における主要な強化相である。高ガンマプライム超合金の例としては、限定されるものではないが、René 108、N5、GTD 444、Mar-M 247及びIN 738が挙げられる。

30

【0016】

超合金部品100は、修復が望まれる修復位置102を含む。一例では、超合金部品100は、元々、例えばコンピュータ制御積層造形技術を用いて製造されたものであってもよい。別の例では、超合金部品100は鑄造によって製造されたものであってもよい。図2に、超合金部品100上の例示的な修復位置102の拡大断面図を示す。修復を必要とする位置102は、多種多様な形態を取り得るが、多くの場合、超合金材料で充填する必要がある開口104又は摩損領域を含む。多くの用途では、修復は、超合金部品100及び修復位置102を、元の部品の寸法仕様によって決まる所望の幾何形状にできるだけ近づけるべきである。上述の通り、ろう付け技術を用いて超合金部品を修復すると、製造当初と同レベルの精度が得られず、部品の原寸法仕様を満たさない部品になる。

40

【0017】

図1～図2に示すように、本開示の実施形態では、粉末混合物110を超合金部品100上の位置102に誘導して所望の幾何形状を形成する。図1に示すように、粉末混合物110は、低融点超合金粉末112と高融点超合金粉末114を含む。低融点超合金粉末112は1287未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末114は1287超の溶融温度を有する。ある非限定的な例では、各粉末112, 114は、直径1～200 μm の範囲内の粒子を有し得る。低融点超合金粉末は、任意の形態の超合金ろう付け粉末を含

50

むことができ、限定されるものではないが、AMDRY 770 (BNi-2)、AMDRY 100 (BNi-5)、AMDRY 775 (BNi-9)、AMDRY DF4B、AMDRY D-15 及び AMDRY 915 などが挙げられる。高融点超合金粉末 114 には、限定されるものではないが、MarM 247、Rene 108、GTD 111、GTD 444、Inconel 738、Rene 80、Inconel 713 及び Inconel 778 が挙げられる。特に、図 2 に示すように、超合金部品 100 上の位置 102 に誘導すると、超合金粉末 112, 114 は変形して超合金部品 100 と金属結合ではなく機械的結合を形成する。一実施形態では、粉末混合物 110 は、低融点超合金粉末 112 と高融点超合金粉末 114 を 1:1 の比率で含有し得る。ただし、他の実施形態では、比率は、15~80% の高融点粉末 114 及び 85~20% の低融点粉末 112 の範囲内で変更し得る。

【0018】

図 1 に示すように、粉末混合物 110 は、コールドスプレーシステム 120 を用いて位置 102 に誘導される。コールドスプレー（ガスダイナミックコールドスプレーとも呼ばれる）は、皮膜堆積法である。コールドスプレーシステム 120 には、現在公知の又は将来開発されるあらゆるコールドスプレー装置が挙げられる。一般に、コールドスプレーシステム 120 は粉末供給装置 122 を備えており、そこに粉末混合物 110 を所望の比率で投入し得る。ノズル 124 は、粉末供給ライン 126 を介して粉末供給装置 122 と流体連結し、ガス流ライン 130 を介してガス流源 128 と流体連結している。ガス加熱器 132 は、ガス流ライン 128 内のガス流を加熱する。コールドスプレーシステム 120 は、適宜必要とされるパルプ 136, 138 及び / 又はセンサ 140 と動作可能に結合したコントローラ 134 を備えていてもよい。コントローラ 134 は、コールドスプレーシステム 120 の動作を公知の様式で制御する。動作時には、図 1 に示すように、固体粉末混合物 110 は、超音速ガスジェット 142 中で、例えば約 1200 m/秒の速度まで加速される。図 2 に示すように、位置 102 と衝突する際に、超合金粉末 112, 114 粒子は塑性変形して、位置 102 の表面 144 に付着する。粒子は、超合金粉末 112, 114 が変形して超合金部品 100 との金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で、超合金部品 100 上の位置 102 に誘導される。したがって、ガス流の膨張によって供給される粉末混合物 110 の運動エネルギーは、接合の際に塑性変形エネルギーへと変換される。溶射技術（例えばアーク溶射、プラズマ溶射、フレイム溶射又は高速酸素燃料 (HVOF) 溶射）のような他の皮膜形成技術とは対照的に、粉末 112, 114 は、スプレープロセスが起きても溶融しない。コールドスプレーシステム 120 は、所望の幾何形状を達成するため、任意の様式、例えば、粉末供給速度、スプレーノズル移動速度、走査ステップ、スプレー角度などで制御し得る。例えば、均一な厚さを達成するため、コールドスプレーシステム 120 の上記パラメータのいずれかを変更することができる。粒子の誘導の際に、位置 102 上に均一な厚さの層 150 (図 2) を形成することができる。所望に応じて、不均一な厚さを形成することもできる。

【0019】

粉末混合物 110 の粒子の誘導は、図 2 に示すように所望の幾何形状が形成されるまで或いはほぼ形成されるまで継続することができる。コールドスプレーは、所望の幾何形状を生じるように制御することができる。ろう付け技術とは対照的に、本開示の実施形態は、粉末混合物 110 を非常に正確かつ均一に適用することができ、必要とされるあらゆる配向、例えば傾斜又は垂直表面或いは曲率を有する表面 (図示) に施工することができる。

【0020】

図 3 は、粉末混合物 110 (図 2) を施工した超合金部品 100 上の例示的な修復位置 102 の拡大断面図を示す。図 3 は、修復位置 102 上の超合金部品 100 及び粉末混合物 110 に熱を加える、すなわち粉末混合物 110 をろう付けするところを示す。図に示すように、熱によって低融点超合金粉末 112 が溶融して、金属結合を生成する。加熱は、例えば真空炉内で行うことができる。加熱の際に、高融点超合金粉末 114 は固体の形

態のままであるが、低融点超合金粉末 1 1 2 は溶融・流動して粉末 1 1 4 間の空隙を埋め、それらの間に固体の金属又は化学結合 1 6 0 を生じる。表面に（コールドスプレーによる機械的結合で）接着した変形高融点超合金粒子は、ろう付けプロセス中は移動せず、低融点超合金液体が望ましくない位置にオーバーフローするのを防ぐためのバリアとして機能し、所望の幾何形状を保持する。好適には、粒子誘導ステップは複数の修復位置に（例えば平坦、垂直、オーバーヘッド、湾曲など様々な配置で）適用することができ、かねつ（ろう付け）はすべての位置に対して 1 回行うことができる。この方法は、あらゆる形状又は寸法の修復に適用することができ、例えば均一又は不均一な幾何形状、曲面などを作成することができる。

【 0 0 2 1 】

硬化したら、位置 1 0 2 の軽微な加工、例えば研磨などを実施してもよい。当技術分野では自明であろうが、次いで様々な追加の保護皮膜、例えばボンドコート、遮熱コーティングなどを施工してもよい。

【 0 0 2 2 】

図 1、図 4 ~ 図 7 を参照すると、本開示に係る方法の別の実施形態が示してある。この実施形態では、粉末混合物 1 1 0 の粒子を、超合金粉末 1 1 2、1 1 4 を変形させてビルドプレート 1 6 2 と金属結合ではなく機械的結合を形成するのに十分な速度で、ビルドプレート 1 6 2 上に誘導することによって、プリフォーム 1 6 6 を形成する。上述の通り、粉末混合物 1 1 0 は低融点超合金粉末 1 1 2 と高融点超合金粉末 1 1 4 を含む。低融点超合金粉末 1 1 2 は 1 2 8 7 未満の溶融温度を有し、高融点超合金粉末 1 1 4 は 1 2 8 7

超の溶融温度を有する。他の点では、粉末 1 1 2、1 1 4 は、本明細書に記載の通りである。本実施形態では、ビルドプレート 1 6 2 は、粉末 1 1 2、1 1 4 を受けて保持するのに十分な強度を有する任意の形態の硬質プレート（例えば、金属、硬質プラスチックなど）とすることができる。平板として示してあるが、ビルドプレート 1 6 2 は、その上で形成されるプリフォーム 1 6 6 の部分を賦形するために望まれる任意の所望の形状、すなわち、湾曲、角度などとすることができる。この場合の修復位置 1 0 2 は、ビルドプレート 1 6 2 によって賦形されたプリフォーム 1 6 6 の部分の形状と少なくとも部分的に一致させるか或いは既に有するようにしてもよい。粉末混合物 1 1 0 は、本明細書で既に説明した通り、誘導することができる。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、ビルドプレート 1 6 2 からプリフォーム 1 6 6 を取り外すところを示す。この取り外しはどのように行ってもよく、例えば、プリフォーム 1 6 6 をビルドプレート 1 6 2 から押し出す又は切断することによって行うことができる。場合によっては、プリフォーム 1 6 6 はビルドプレート 1 6 2 上で、修復位置 1 0 2（図 6）での超合金部品 1 0 0 の修復に使用できる所望の幾何形状（例えば形状及び寸法）に形成してもよく、そのまま使用できるプリフォーム 1 7 2 を与える。他の場合も、図 5 に示すように、プリフォーム 1 6 6 は、超合金部品 1 0 0 の修復位置 1 0 2（図 6）のための所望の幾何形状に適宜（想像線）賦形してもよく、すぐに使用できるプリフォーム 1 7 2 が得られる。プリフォーム 1 6 6 は、所望の幾何形状とするため、限定されるものではないが、機械加工、ウォータージェット、レーザ切断又は放電加工（EDM）を始めとして、どのように賦形しても

【 0 0 2 4 】

図 6 は、超合金部品 1 0 0 の位置 1 0 2 にプリフォーム 1 7 2 を配置するところを示す。部品へのプリフォーム 1 7 2 の配置は、どのように行ってもよく、例えば手作業で配置してもよい。このステップにおいて、任意の数のプリフォーム 1 7 2 を任意の数の修復位置 1 0 2 に配置することができる。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

図 7 に示すように、所定の位置に配置したら、部品及びプリフォーム 172 に公知のようにして（例えば真空炉で）熱を加えて、プリフォーム 172 を超合金部品 100 に固定する（すなわち熱サイクルろう付けする）。熱を加えることによって、本明細書に記載した通り、低融点超合金粉末 112 が溶融して、超合金部品 100 と金属結合を形成する。プリフォーム 172 が配置された任意の数の修復位置 102 を同時に加熱することができる。硬化したら、位置 102 の軽微な加工、例えば研磨などを実施してもよい。当技術分野では自明であろうが、次いで様々な追加の保護皮膜、例えばボンドコート、遮熱コーティングなどを施工してもよい。

【0026】

プリフォーム 166 の形成、プリフォーム 166 のビルドプレート 162 からの取り外し、プリフォーム 166 のプリフォーム 172 への賦形、及びプリフォーム 172 の配置の各ステップは、複数の異なる位置で、複数の異なる動作主体によって実施し得る。したがって、方法のこの実施形態は、修復における融通性をもたらす。例えば、本プロセスでは、委託者ブランド名製造（OEM）業者が、超合金部品 100 のサービス拠点にプリフォーム 166（ビルドプレート 162 と共に又は無しで）を供給し、OEM 又は別の役務提供業者のいずれかが、ビルドプレート 162（依然として設けられている場合）を取り外し、必要に応じてプリフォーム 172 を賦形し、次いでプリフォーム 172 を配置してプリフォーム 172 及び超合金部品 100 に熱を加えることによって実際の修復を行うことができる。プリフォーム 172 は、部品が修復される場所で、例えば形状又は寸法について、さらにカスタマイズすることができる。したがって、本開示の実施形態に係る方法の別の実施形態は、プリフォーム 166 を作成し、超合金部品 100 上の位置 102 の所望の幾何形状へと後で賦形できるようにビルドプレート 162 からプリフォーム 166 を取り外すことしか含んでいなくてもよい。OEM 業者が、使用のため既に賦形されたプリフォーム 172 を供給し得ることも自明であろう。

【0027】

本開示の実施形態は、コールドスプレー及びろう付けプロセスを介して、精密な寸法の積層造形部品などの超合金部品を修復する方法を提供する。粉末混合物は、低融点超合金粉末と高融点超合金粉末で構成される。粉末混合物は、コールドスプレーシステムを用いて、被塗面に均一に堆積するように自動制御することができる。或いは、本プロセスは、修復位置のプリフォームを作成するのに用いることもできる。本明細書に記載した実施形態は、超合金積層造形部品のような難溶接性の超合金部品を修復するための有効な方法を提供する。ただし、本明細書に記載した方法は、鑄造、鍛造及び/又は溶接部品の修復にも使用できる。修復位置は、ろう付け後にニアネット形状を有し、所望の又はそれに近い幾何形状にある。さらに、修復は、コールドスプレー堆積及びろう付け熱サイクル後に均一な厚さを有することができる。この方法では、1回のろう付けサイクルで複数の位置（平坦又は垂直或いはオーバーヘッド）をろう付けできる。このプロセスは実施が簡単で、人為的エラーをなくすように制御できる。得られる修復は、例えば最大 99% の稠密材料を含むことができる。

【0028】

添付の図面は、本開示の幾つかの実施形態に関する処理の幾つかを示す。これに関して、各図面は、記載された方法の実施形態に関連するステップを表す。幾つかの別の実施形態では、図面に記載された行為は、関与する行為によっては、図に記された順序通りに起こらなくてもよいし、或いは例えば実質的に同時に又は逆の順序で実施してもよい。また、処理を表す追加のステップを追加し得ることも当業者には自明であろう。

【0029】

本明細書及び特許請求の範囲で用いる近似表現は、数量の修飾語であって、その数量が関係する基本機能に変化をもたらさない許容範囲内で変動し得る数量を表すために適用される。したがって、「約」、「略」及び「実質的に」のような用語で修飾された値はその厳密な数値に限定されない。場合によっては、近似表現は、その値を測定する機器の精度に対応する。本明細書及び特許請求の範囲において、数値限定の範囲は互いに結合及び/

又は交換可能であり、かかる範囲は、前後関係などから明らかでない限り、その範囲に含まれるあらゆる部分範囲を特定しかつ包含する。範囲の特定の値に用いられる「約」は、上下限に適用され、その値を測定する機器の精度に依存する場合を除いて、記載された数値の±10%を示すことがある。

【0030】

以下の特許請求の範囲において機能的記載によって特定された構成要素の対応する構造、材料、行為及び均等物は、特許請求の範囲に具体的に記載された他の構成要素と組合せて機能を発揮するあらゆる構造、材料又は行為を包含する。本開示の記載は、例示及び説明を目的としたものであり、網羅的なものでもなければ、開示された形態に限定するものでもない。本開示の技術的範囲及び技術的思想から逸脱せずに、数多くの修正及び変形が当業者には明らかであろう。本開示の実施形態は、本開示の原理及び実用的用途の説明として最も適しかつ当業者が様々な実施形態に関する開示内容及び特定の用途に適した様々な修正について理解できるように、選択して記載したものである。

10

【符号の説明】

【0031】

- 100 超合金部品
- 102 修復位置
- 110 粉末混合物
- 112 低融点超合金粉末
- 114 高融点超合金粉末
- 120 コールドスプレースystem
- 162 ビルドプレート
- 166 プリフォーム
- 172 賦形プリフォーム

20

【図面】

【図1】

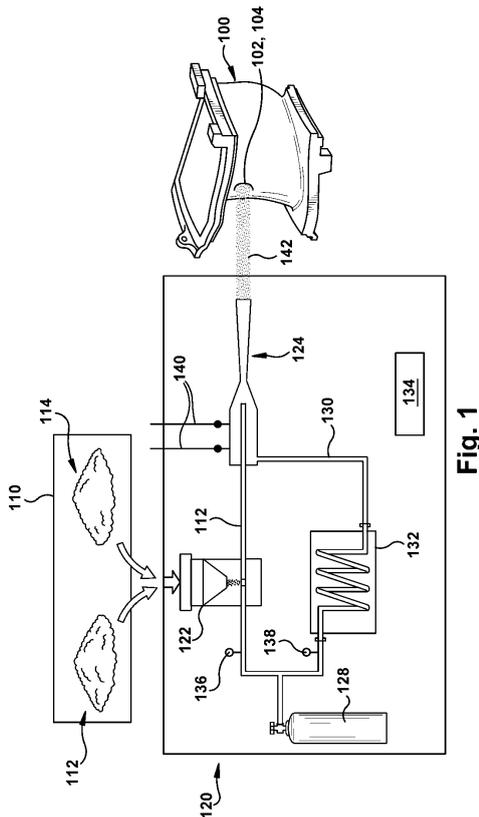


Fig. 1

【図2】

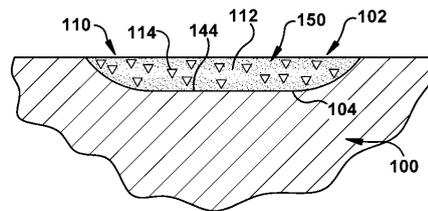


Fig. 2

30

40

50

【 図 3 】

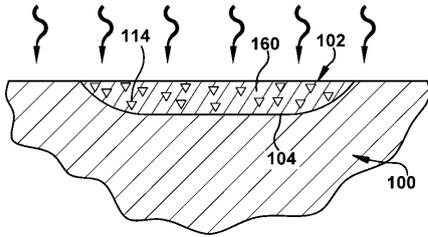


Fig. 3

【 図 4 】

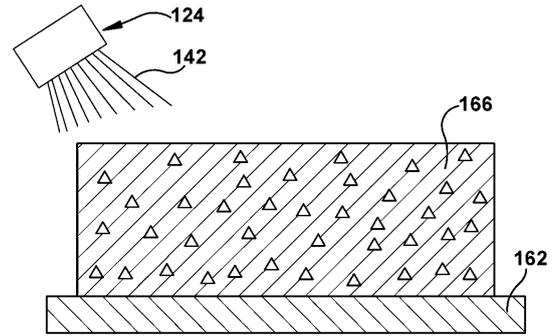


Fig. 4

10

【 図 5 】

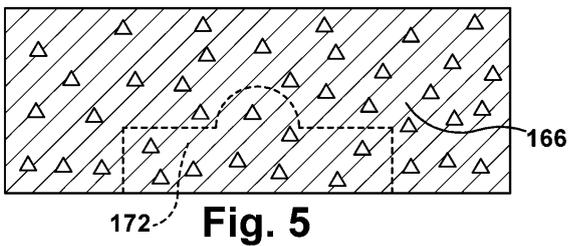


Fig. 5

【 図 6 】

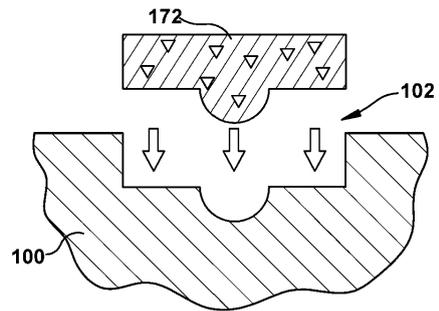


Fig. 6

20

30

40

50

【 図 7 】

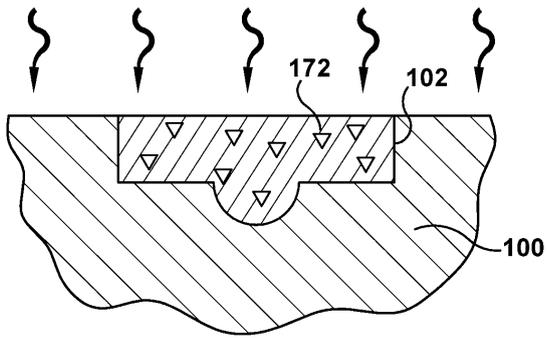


Fig. 7

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/US2021/071966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. B22F5/04	B22F7/08	B22F10/25
C22C1/04	C23C24/00	C23C24/04
ADD. B22F3/24	B22F7/06	F01D5/00
		B23P6/00
		B23K1/00
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F B23P C22C C23C F01D B23K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006/163323 A1 (PIETRUSKA NORMAN [US] ET AL) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraphs [0020], [0021], [0032] - [0034], [0039], [0040], [0043] claims 1,7,9 figure 1	1, 3, 4, 6-9
X	JP 2016 079922 A (TOSHIBA CORP) 16 May 2016 (2016-05-16) paragraphs [0032] - [0049] figure 5	1-6, 8, 9
X	US 2014/096872 A1 (YOSHIOKA YOMEI [JP] ET AL) 10 April 2014 (2014-04-10) paragraph [0023] claims 7,11,13 figures 6,7	1, 4, 5, 8, 9
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 26 January 2022	Date of mailing of the international search report 07/02/2022	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Järvi, Tommi	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2021/071966

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>XIAO HUANG ET AL: "Wide Gap Braze Repair of Gas Turbine Blades and Vanes" #8212;A Review", JOURNAL OF ENGINEERING FOR GAS TURBINES AND POWER., vol. 134, no. 1, 1 January 2012 (2012-01-01), page 010801, XP055473801, US ISSN: 0742-4795, DOI: 10.1115/1.4003962 abstract sections 3 and 4</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	10

10

20

30

40

1

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2021/071966

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006163323 A1	27-07-2006	CN 1854344 A	01-11-2006
		EP 1685923 A1	02-08-2006
		JP 5226184 B2	03-07-2013
		JP 2006207030 A	10-08-2006
		SG 124400 A1	30-08-2006
		US 2006163323 A1	27-07-2006

JP 2016079922 A	16-05-2016	NONE	

US 2014096872 A1	10-04-2014	EP 2279826 A1	02-02-2011
		JP 2009285664 A	10-12-2009
		SG 191611 A1	31-07-2013
		US 2011088260 A1	21-04-2011
		US 2014096872 A1	10-04-2014
		WO 2009144975 A1	03-12-2009

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
B 2 2 F 3/10 (2006.01)	B 2 2 F 3/10	1 0 1
B 2 2 F 5/04 (2006.01)	B 2 2 F 5/04	
B 2 2 F 7/08 (2006.01)	B 2 2 F 7/08	G

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 トリソン、ブライアン リー

アメリカ合衆国 サウスカロライナ州 29615 グリーンビル, ガーリントン ロード 300

Fターム (参考) 4K018 AA09 BA04 BC12 CA41 DA18 KA12
4K044 AA06 BA06 CA23 CA27 CA29