(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7686627号
(P7686627)

(45)発行日　令和7年6月2日(2025.6.2)

(24)登録日　令和7年5月23日(2025.5.23)

(51)国際特許分類		FI		
Ｂ２３Ｋ	*1/008(2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	1/008	Ｂ
Ｂ２３Ｋ	*1/19 (2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	1/19	Ｂ
Ｂ２３Ｋ	*35/30 (2006.01)*	Ｂ２３Ｋ	35/30	３１０Ｂ
Ｃ２２Ｃ	*5/08 (2006.01)*	Ｃ２２Ｃ	5/08	
Ｃ２２Ｆ	*1/14 (2006.01)*	Ｃ２２Ｆ	1/14	

請求項の数　7　（全9頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-515753(P2022-515753)
(86)(22)出願日　令和2年9月23日(2020.9.23)
(65)公表番号　特表2022-551814(P2022-551814A)
(43)公表日　令和4年12月14日(2022.12.14)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/052108
(87)国際公開番号　WO2021/067081
(87)国際公開日　令和3年4月8日(2021.4.8)
審査請求日　令和5年9月14日(2023.9.14)
(31)優先権主張番号　16/589,902
(32)優先日　令和1年10月1日(2019.10.1)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　515322297
ゼネラル エレクトリック テクノロジー ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング
Ｇｅｎｅｒａｌ Ｅｌｅｃｔｒｉｃ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ ＧｍｂＨ
スイス国 ５４００ バーデン ブラウン ボヴェリシュトラーセ ８
Ｂｒｏｗｎ Ｂｏｖｅｒｉ Ｓｔｒａｓｓｅ ８，５４００ Ｂａｄｅｎ，Ｓｗｉｔｚｅｒｌａｎｄ
(74)代理人　100105588
弁理士　小倉 博
(74)代理人　100129779
弁理士　黒川 俊久

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　活性ろう付け接合部および処理方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

接合部（１００）を処理する方法であって、

真空炉内で活性ろう付け接合部（１００）を形成するステップであって、前記活性ろう付け接合部（１００）が、固相線温度及び液相線温度を有する或る体積（１０６）の接合金属合金によって互いに結合した少なくとも２つの構成要素（１０２、１０４）から形成され、前記接合金属合金が、前記真空炉内で前記液相線温度よりも高い第１の温度まで加熱される、ステップと、

前記活性ろう付け接合部（１００）を前記固相線温度よりも低い第２の温度であって処理前の状態の接合金属合金の固相線温度の９０％よりも高い第２の温度まで冷却するステップと、

所定の持続時間にわたって前記真空炉において前記第２の温度を維持し、前記接合金属合金の体積（１０６）内に偏析結晶化の少なくとも１つの領域（１０８）を形成するステップであって、前記偏析結晶化の少なくとも１つの領域（１０８）が、前記少なくとも２つの構成要素（１０２、１０４）の間の前記接合金属合金から形成されたろう付け金属の層（１０７）の前記液相線温度を高めるように構成されているステップと

を含む方法。

【請求項２】

前記真空炉において前記第２の温度を維持する前記所定の持続時間が、２０分～１２０分間である、請求項１に記載の方法。

【請求項３】
前記活性ろう付け接合部（１００）について複数の加熱及び冷却サイクルを実行するステップをさらに含み、各々の加熱及び冷却サイクルが、
前記活性ろう付け接合部（１００）を前記固相線温度よりも低い第３の温度まで加熱することと、
前記活性ろう付け接合部（１００）を前記第３の温度から冷却することと
を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
各々の加熱及び冷却サイクルの実行が、
２０分～１２０分間の範囲内の持続時間にわたって前記固相線温度よりも低い温度に設定された前記真空炉内で前記活性ろう付け接合部（１００）を加熱することと、
前記活性ろう付け接合部（１００）を１０分未満の持続時間内で周囲温度へと冷却することと
を含む、請求項３に記載の方法。
【請求項５】
活性ろう付け接合部（１００）を形成するステップが、銀と、銅と、インジウムと、少なくとも１つの活性元素とを含む接合金属合金から前記活性ろう付け接合部（１００）を形成することを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記活性ろう付け接合部（１００）を形成するステップが、チタン、ハフニウム、ジルコニウム又はニオブを含む前記少なくとも１つの活性元素を含む接合金属合金から前記活性ろう付け接合部（１００）を形成することを含む、請求項５に記載の方法。
【請求項７】
前記活性ろう付け接合部（１００）を形成するステップが、５５重量％～６５重量％の間の範囲内の銀と、２０重量％～３０重量％の間の範囲内の銅と、５重量％～３０重量％の間の範囲内のインジウムと、１０重量％未満の前記少なくとも１つの活性元素とを含む接合金属合金から前記活性ろう付け接合部（１００）を形成することを含む、請求項５に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、広くには、活性ろう付けに関し、より具体的には、活性ろう付け接合部を使用可能温度を高めるべく処理する方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
活性ろう付けは、セラミックおよび金属要素を接合し、あるいはセラミック要素を互いに接合するために使用することができる方法である。活性ろう付け接合部を形成するために使用される合金は、少なくともいくつかの点で他の既知のろう付け合金から独特である。具体的には、例えば、銀、金、または銅をベースとする活性ろう付け合金は、典型的には、これらの元素が高真空下でセラミック表面と反応して反応層を形成することを可能にする特定の含有量の「活性」元素（例えば、チタン）を含む。反応層は、セラミック要素と溶融したろう付け合金との間に広がり、セラミック要素とろう付け合金との間の接続部として作用する。しかしながら、活性ろう付け合金は、一般に、比較的低い融点温度を特徴とする。したがって、低い融点ゆえに、ガスタービン用途における高温ガス経路などの高温環境における活性ろう付け接合部の使用が、不都合に制限される可能性がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】米国特許出願公開第２０１６／３７０２４１号
【発明の概要】

【０００４】
一態様において、接合部を処理する方法が提供される。この方法は、真空炉内で活性ろう付け接合部を形成することを含み、活性ろう付け接合部は、固相線温度および液相線温度を有する或る体積の接合金属合金によって互いに結合した少なくとも２つの構成要素から形成され、接合金属合金は、真空炉内で液相線温度よりも高い第１の温度まで加熱される。この方法は、活性ろう付け接合部を固相線温度よりも低い第２の温度まで冷却すること、および所定の持続時間にわたって真空炉において第２の温度を維持し、接合金属合金の体積内に偏析結晶化の少なくとも１つの領域を形成することをさらに含み、偏析結晶化の少なくとも１つの領域は、少なくとも２つの構成要素の間の接合金属合金から形成されたろう付け金属の層の液相線温度を高めるように構成されている。

【０００５】
別の態様において、ろう付け接合部を処理する方法が提供される。この方法は、活性ろう付け接合部を或る温度まで加熱することを含み、活性ろう付け接合部は、固相線温度および液相線温度を有する或る体積の接合金属合金によって互いに結合した少なくとも２つの構成要素から形成され、活性ろう付け接合部は、固相線温度よりも低い前記温度まで加熱される。この方法は、活性ろう付け接合部を前記温度から冷却することによって加熱および冷却サイクルを定めること、および活性ろう付け接合部について複数の加熱および冷却サイクルを実行し、接合金属合金の体積内に偏析結晶化の少なくとも１つの領域を形成することをさらに含み、偏析結晶化の少なくとも１つの領域は、少なくとも２つの構成要素の間の接合金属合金から形成されたろう付け金属の層の液相線温度を高めるように構成される。

【０００６】
さらに別の態様において、活性ろう付け接合部が提供される。活性ろう付け接合部は、第１の構成要素と、第２の構成要素と、第１の構成要素と第２の構成要素との間に結合したろう付け金属の層とを備える。ろう付け金属は、ろう付け金属の全体組成を定める重量百分率を各々が有する複数の元素を含む。ろう付け金属の層は、偏析結晶化の少なくとも１つの領域を含み、元素のうちの少なくとも１つの元素の重量百分率が、少なくとも１つの領域において全体組成よりも大きい。

【図面の簡単な説明】

【０００７】
【図１】例示的な活性ろう付け接合部の側面図である。
【図２】図１の領域２に囲まれた活性ろう付け接合部の一部分の拡大断面図である。
【図３】図２の領域３に囲まれた活性ろう付け接合部の一部分の拡大断面図である。
【図４】接合部の処理の例示的な方法を示す流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【０００８】
本明細書に記載の実施形態は、活性ろう付け接合部を使用可能温度を高めるべく処理する方法に関する。本明細書に記載の方法は、２つの構成要素の間に位置する接合金属合金を合金の液相線温度よりも高い第１の温度に加熱することによって真空炉内で活性ろう付け接合部を形成することを含む。所定の滞留時間（典型的には、約１０分～約３０分）の後に、ろう付け接合部は、合金の固相線温度よりも低いが室温よりも依然として高い第２の温度に冷却される。真空炉内の温度は、所定の持続時間にわたって第２の温度に維持される。いかなる特定の理論にも束縛されるものではないが、真空炉を所定の持続時間にわたって高い第２の温度に維持することで、合金の体積内の拡散現象の開始が促進されると考えられる。拡散現象は、合金の体積内の偏析結晶化の領域の生成を促進する。偏析結晶化の領域は、合金に含まれる個々の元素の濃度の増加を含む。例えば、この処理の後に、２つの構成要素の間の接合金属合金から形成されたろう付け金属の層が、前処理の状態の接合金属合金と比較して、高い液相線温度を有することが明らかになっている。したがって、得られた活性ろう付け接合部は、最高使用温度がより高い環境において使用することが可能である。

【０００９】
別途指定のない限り、本明細書で使用される「一般に」、「実質的に」、および「約」などの近似を表す文言は、そのように修飾された用語が、絶対的また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、「約」、「おおよそ」、および「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場合に、近似を表す文言は、値を測定するための計器の精度に対応することができる。さらに、別段の指示がない限り、「第１の」、「第２の」、などの用語は、本明細書において単にラベルとして使用され、これらの用語が言及する項目に順序、位置、または階層上の要件を課すものではない。さらに、例えば、「第２の」項目への言及は、例えば、「第１の」項目またはより小さい番号の項目、あるいは「第３の」項目またはより大きい番号の項目の存在を要求するものでも、排除するものでもない。本明細書において使用されるとき、「上流」という用語は、回転機械の前端または入口端を指し、「下流」という用語は、回転機械の下流端または排気端を指す。
【００１０】
図１が、例示的な活性ろう付け接合部１００の側面図である。例示的な実施形態において、活性ろう付け接合部１００は、第１の構成要素１０２と、第２の構成要素１０４と、接合金属合金の体積１０６とを含む。第１の構成要素１０２および第２の構成要素１０４を、活性ろう付け接合部１００が本明細書に記載のとおりに機能することを可能にする任意の材料から製造することができる。一実施形態において、第１の構成要素１０２は、セラミック材料または金属材料のいずれかから製造され、第２の構成要素１０４は、セラミック材料から製造される。例えば、金属材料は、ニッケル系の超合金材料であってよいが、これに限定されない。したがって、一実施形態において、第１の構成要素１０２は、ガスタービンエンジンの回転構成要素または静止構成要素などの高温ガス経路構成要素であり、第２の構成要素１０４は、ガスタービンエンジン内のプロセス条件を監視するために使用されるセンサである。
【００１１】
本明細書に記載の方法による処理に先立って、接合金属合金は、第１の構成要素１０２と第２の構成要素１０４との間に配置される。前処理の状態において、接合金属合金の体積１０６は、約５０ミクロン～約２００ミクロンの範囲内に定められた厚さＴを有することができ、ろう付け箔の形態であってよい。接合金属合金は、第１の構成要素１０２を第２の構成要素１０４に接合するように配置される。接合金属合金は、活性ろう付け接合部１００が本明細書に記載とおりに機能することを可能にする元素の任意の組み合わせを含むことができる。例えば、一実施形態において、接合金属合金は、銀、銅、インジウム、および少なくとも１つの活性元素を含むが、これらに限定されない。例示的な活性元素として、チタン、ハフニウム、ジルコニウム、および／またはニオブが挙げられるが、これらに限定されない。したがって、例示的な実施形態において、接合金属合金は、約５５重量％～約６５重量％の範囲内に定められた銀と、約２０重量％～約３０重量％の範囲内に定められた銅と、約５重量％～約３０重量％の範囲内に定められたインジウムと、約１０重量％未満のチタンとを含む。
【００１２】
図２が、図１に示した活性ろう付け接合部１００の一部分の拡大断面図であり、図３が、図２に示した活性ろう付け接合部１００の一部分の拡大断面図である。例示的な実施形態において、接合金属合金の体積１０６は、接合金属合金の全体的な組成を定める重量百分率を各々が有する複数の元素を含む。以下でさらに詳細に説明される方法に従って活性ろう付け接合部１００を処理することにより、接合金属合金の体積１０６から形成されたろう付け金属の層１０７は、偏析結晶化の少なくとも１つの領域１０８を含む。接合金属合金の元素のうちの少なくとも１つの元素の重量百分率は、少なくとも１つの領域１０８において、全体的な組成における重量百分率よりも大きい。いかなる特定の理論にも束縛されるものではないが、本明細書に記載の熱処理の処理方法は、体積１０６内の相（元素

）の偏析を促進し、個々の相のうちの少なくとも１つ、または各々の個々の相が、全体としての接合金属合金よりも高い融点を有すると考えられる。このように、活性ろう付け接合部１００について本明細書に記載の熱処理の処理を実行することにより、ろう付け金属の使用温度を高くすることが容易になる。

【００１３】

図３を参照すると、少なくとも１つの領域１０８は、例えば、各々が互いに異なる偏析結晶化の第１の領域１１０、第２の領域１１２、および第３の領域１１４を少なくとも含む。例示的な実施形態において、第１の領域１１０では、第１の元素（例えば、銀）の重量百分率が、第２の領域１１２、第３の領域１１４、および接合金属合金の組成の全体における第１の元素の重量百分率よりも大きい。同様に、第２の領域１１２では、第２の元素（例えば、銅）の重量百分率が、第１の領域１１０、第３の領域１１４、および接合金属合金の組成の全体における第２の元素の重量百分率よりも大きく、第３の領域１１４では、第３の元素（例えば、チタン）の重量百分率が、第１の領域１１０、第２の領域１１２、および接合金属合金の組成の全体における第３の元素の重量百分率よりも大きい。いくつかの実施形態において、第１の元素、第２の元素、および第３の元素は、各々のそれぞれの元素が各々のそれぞれの領域１１０、１１２、および１１４に含まれる他の任意の元素よりも大きい重量百分率を有するという点で、各々の領域１１０、１１２、および１１４における支配的元素である。各々のそれぞれの領域１１０、１１２、および１１４における支配的元素は、各々の領域１１０、１１２、および１１４の組成の約５０重量％未満、約２５重量％超、約５０重量％超、または約７５重量％超を構成することができる。

【００１４】

図４が、接合部の処理の例示的な方法２００を示す流れ図である。例示的な実施形態において、方法２００は、真空炉内で（図１に示される）活性ろう付け接合部１００などのろう付け接合部を形成するステップ２０２を含む。上述したように、ろう付け接合部の接合金属合金は、固相線温度および液相線温度を有する。形成するステップ２０２において、接合金属合金は、炉内で、第１の構成要素１０２および第２の構成要素１０４（どちらも図１に示されている）の互いの接合を促進するために、液相線温度よりも高い第１の温度まで加熱される。第１の構成要素１０２と第２の構成要素１０４とを接合した後に、熱処理の処理を行ってもよい。

【００１５】

例えば、方法２００は、ろう付け接合部を接合金属合金の固相線温度よりも低い第２の温度に冷却するステップ２０４と、所定の持続時間にわたって真空炉内で第２の温度を維持するステップ２０６とをさらに含む。真空炉内で接合金属合金の第２の温度に維持するステップ２０６は、接合金属合金内の相の偏析の開始を容易にすると考えられる。第２の温度は、前処理の状態の接合金属合金の固相線温度の約９０％よりも高くてよく、約９５％よりも高くてよく、あるいは約９８％よりも高くてよい。第２の温度は、約２０分～１２０分の間の所定の持続時間にわたって維持される（ステップ２０６）。次いで、真空炉およびろう付け接合部は、加熱および冷却サイクルを定めるように再び冷却および加熱される。一実施形態において、方法２００は、ろう付け接合部について複数の加熱および冷却サイクルを実行するステップ２０８をさらに含む。

【００１６】

例示的な実施形態において、各々の加熱および冷却サイクルは、ろう付け接合部を固相線温度よりも低い第３の温度に加熱することと、ろう付け接合部を第３の温度から冷却することとを含む。第３の温度は、第２の温度に等しくても、第２の温度よりも高くても、第２の温度よりも低くてもよい。サイクルにおける加熱ステップは、ろう付け接合部を、約２０分～約３０分の間の範囲内に定められた持続時間にわたって、固相線温度よりも低い第３の温度などの温度に設定された真空炉において加熱することを含む。サイクルにおける冷却ステップは、ろう付け接合部を、加熱の持続時間が経過した後に、約１０分未満または約５分未満の持続時間内で周囲温度まで冷却することを含む。例えば、ろう付け接合部の冷却を、圧縮空気の流れをろう付け接合部へと向けることによって加速させること

ができる。次いで、次の加熱および冷却サイクルの加熱ステップを、真空炉を或る温度に設定することによって、ろう付け接合部が周囲温度へと冷却されてから１分以内に、開始させることができる。このように、熱サイクルによって、接合金属合金内の層の偏析が加速および強化されると考えられる。別の実施形態において、サイクルにおける冷却ステップは、ろう付け接合部を、加熱の持続時間が経過した後に、約２．５時間の持続時間内で周囲温度まで冷却することを含む。

【００１７】

本明細書において使用されるとき、「周囲温度」は、下限が摂氏約１５度であり、上限が摂氏約３０度である温度範囲を指す。

【００１８】

方法２００が本明細書に記載のとおりに機能することを可能にする任意の数の加熱および冷却サイクルを、ろう付け接合部について実行することができる（ステップ２０８）。例えば、ろう付け接合部の熱処理の処理は、少なくとも２回の加熱および冷却サイクル、少なくとも３回の加熱および冷却サイクル、または少なくとも７回の加熱および冷却サイクルなど、所定数の加熱および冷却サイクルの実施を含むことができる。

【００１９】

所定数の加熱および冷却サイクルの完了後に、ろう付け接合部に非破壊検査の処置を施すことができ、かつ／またはガスタービンエンジンの高温ガス経路内など、アセンブリ内に組み込むことができる。非破壊検査は、第１の構成要素１０２と第２の構成要素１０４との間の接合の範囲、したがって強度を検証するために使用される。例示的な非破壊検査技術として、超音波検査が挙げられるが、これに限定されない。いくつかの実施形態において、ガスタービンエンジンの高温ガス経路内の温度は、摂氏約６００度などの所定の温度に達し得る。例示的な実施形態において、方法２００に従って処理されたろう付け接合部は、所定の温度よりも高い温度を有する環境内で動作するように構成される。例えば、方法２００に従って処理されたろう付け接合部は、所定の温度よりも高い液相線温度を有する。

【００２０】

本明細書に記載の実施形態は、活性ろう付け接合部およびその処理方法に関する。本明細書に記載の方法は、活性ろう付け接合部に使用された接合金属合金の液相線温度を高めることを容易にする。例えば、処理ステップは、或る体積の接合金属合金を有する偏析結晶化の領域の形成を容易にし、各々の領域は、合金の個々の元素の濃度の増加から形成される。個々の元素は、合金全体よりも高い液相線温度を有し得る。したがって、活性ろう付け接合部の使用温度を高めることが容易になる。

【００２１】

上記の説明は例示のみを意図したものであり、当業者は、開示された本発明の範囲から逸脱することなく、説明された実施形態に変更を加えることができることを認識するであろう。例えば、本明細書に記載されたプロセスステップは、例えば、持続時間、温度、またはサイクル間の時間において改変されてよい。本発明の範囲内にある、さらに他の改変は、本開示を検討すれば当業者には明らかであり、そのような改変は、添付の特許請求の範囲内にあることを意図している。

【００２２】

活性ろう付け接合部およびその処理方法の例示的な実施形態が、上記で詳細に説明されている。方法は、本明細書に記載の特定の実施形態に限定されず、むしろ、方法のステップは、本明細書に記載の他のステップとは独立して別々に利用することができる。例えば、本明細書に記載の方法は、本明細書に記載のガスタービンエンジンの高温ガス経路で使用される接合部のみにおける実施に限定されない。むしろ、例示的な実施形態は、多くの他の用途に関連して実施および利用することができる。

【００２３】

本発明の種々の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。さらに、上記の説明における「一

実施形態」への言及は、記載した特徴をやはり取り入れるさらなる実施形態の存在を除外するものと解釈されることを意図しない。本発明の原理によれば、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および／または特許請求することができる。

【００２４】

本発明を種々の特定の実施形態に関して説明してきたが、当業者は、本発明を特許請求の範囲の趣旨および範囲内の改変を加えて実施することができることを認識するであろう。

【符号の説明】

【００２５】

１００　ろう付け接合部
１０２　第１の構成要素
１０４　第２の構成要素
１０６　接合金属合金の体積
１０７　ろう付け金属の層
１０８　偏析結晶化の少なくとも１つの領域
１１０　第１の領域
１１２　第２の領域
１１４　第３の領域
２００　方法

【図面】

【図１】

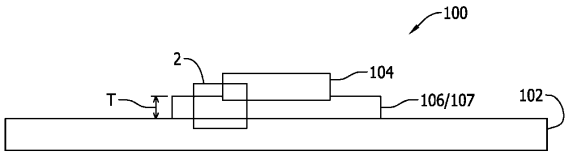

FIG. 1

【図２】

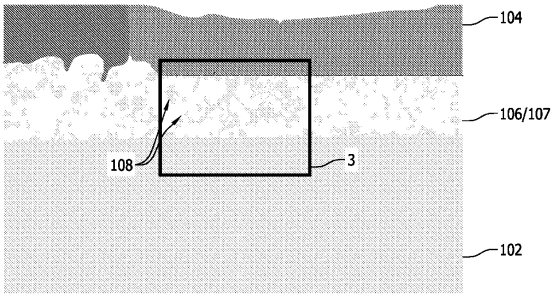

FIG. 2

【図３】

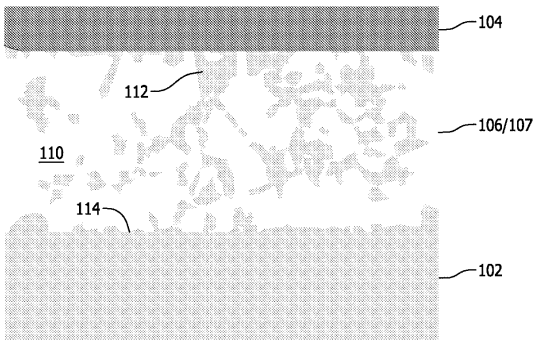

FIG. 3

【図４】

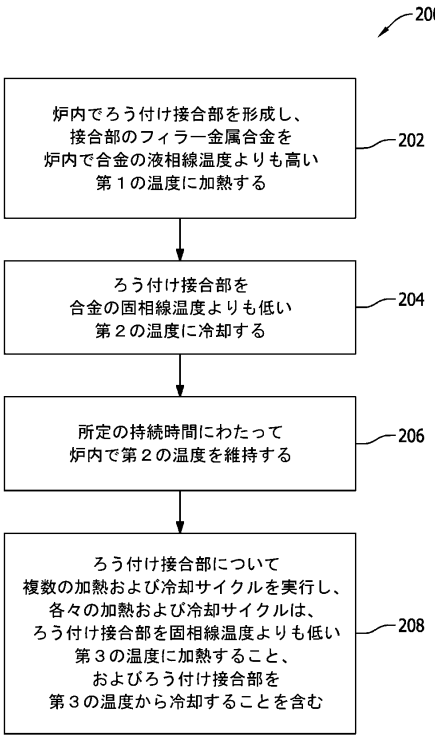

FIG. 4

フロントページの続き

(51)国際特許分類

Ｃ０４Ｂ	*37/00*	*(2006.01)*
Ｃ０４Ｂ	*37/02*	*(2006.01)*
Ｃ２２Ｆ	*1/00*	*(2006.01)*

ＦＩ

Ｃ０４Ｂ	37/00	Ｂ
Ｃ０４Ｂ	37/02	Ｂ
Ｃ２２Ｆ	1/00	６３０Ｍ
Ｃ２２Ｆ	1/00	６８２
Ｃ２２Ｆ	1/00	６９１Ｂ
Ｃ２２Ｆ	1/00	６９１Ｃ
Ｃ２２Ｆ	1/00	６９１Ｚ

(74)代理人　100151286
弁理士　澤木 亮一
(72)発明者　ヴァイデマン、コルネリア
ドイツ連邦共和国 ７９７１３ バート サッキンゲン，ゾンネンライン ３０
(72)発明者　プイドカ、サブリナ ミシェル
スイス連邦 ５４００ バーデン，メーダーシュトラーセ １７
審査官　黒石 孝志

(56)参考文献　米国特許出願公開第２０１６／０３７０２４１（ＵＳ，Ａ１）
特開平０７－１２６０７９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－１０５６８２（ＪＰ，Ａ）
特開平９－２４５５８８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｂ２３Ｋ　１／００　－　３／０８
Ｂ２３Ｋ　３５／３０
Ｃ２２Ｃ　５／０８
Ｃ２２Ｆ　１／１４
Ｃ０４Ｂ　３７／００
Ｃ０４Ｂ　３７／０２
Ｃ２２Ｆ　１／００