

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7705257号**  
**(P7705257)**

(45)発行日 令和7年7月9日(2025.7.9)

(24)登録日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(51)国際特許分類

B 2 2 F	7/06 (2006.01)	B 2 2 F	7/06	D
B 2 2 F	1/00 (2022.01)	B 2 2 F	1/00	M
B 2 3 K	35/30 (2006.01)	B 2 2 F	7/06	F
C 2 2 C	19/05 (2006.01)	B 2 3 K	35/30	3 1 0 D
C 2 2 C	33/02 (2006.01)	C 2 2 C	19/05	B

請求項の数 12 (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-40241(P2021-40241)  
 (22)出願日 令和3年3月12日(2021.3.12)  
 (65)公開番号 特開2022-139734(P2022-139734)  
 A)  
 (43)公開日 令和4年9月26日(2022.9.26)  
 審査請求日 令和5年12月8日(2023.12.8)

(73)特許権者 000000974  
 川崎重工業株式会社  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番  
 1号  
 (74)代理人 110000556  
 弁理士法人有古特許事務所  
 日比野 真也  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番  
 1号 川崎重工業株式会社内  
 岡田 竜太朗  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番  
 1号 川崎重工業株式会社内  
 野村 嘉道  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番  
 1号 川崎重工業株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複合焼結体およびその製造方法

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、  
 第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、  
 前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを所定の隙間を隔てて対向させる工程と、  
 前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体に面する、前記隙間が開口する空間に、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を設置する工程と、

前記接合材の設置後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させて前記隙間に浸透させた後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体とする工程と、  
 を含む、複合焼結体の製造方法。

**【請求項2】**

前記第1Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第1未焼結体を作製するとともに前記第2Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第2未焼結体を作製し、前記第1未焼結体と前記第2未焼結体とを前記隙間を隔てて対向させるとともに、前記第1未焼結体および前記第2未焼結体に面する、前記隙間が開口する空間に前記接合材を設置し、その状態で前記接合材の液相線温度未満の温度で前記第1未焼結体および前記第2未焼結体を加熱することで前記第1未焼結体および前記第2未焼結体をそれぞれ第1仮焼結体および第2仮焼結体とする、請求項1に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 3】**

第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、  
 第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、  
 前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基  
 合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を前記第1仮焼結体と前記第2仮  
 焼結体との間に挟んだ状態で対向させる工程と、  
 前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させた  
 後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体と  
 する工程と、  
 を含む、複合焼結体の製造方法。

10

**【請求項 4】**

前記第1Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第1未焼結体を作製するとともに前記第2Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第2未焼結体を作製し、前記第1未焼結体と前記第2未焼結体とをそれらの間に前記接合材を挟んだ状態で対向させ、その状態で前記接合材の液相線温度未満の温度で前記第1未焼結体および前記第2未焼  
 結体を加熱することで前記第1未焼結体および前記第2未焼結体をそれぞれ第1仮焼結体および第2仮焼結体とする、請求項3に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 5】**

前記第1未焼結体および前記第2未焼結体を金属粉末射出成形により作製する、請求項2または4に記載の複合焼結体の製造方法。

20

**【請求項 6】**

前記第1Ni基合金と前記第2Ni基合金は同じ組成を有する、請求項1～3の何れか一項に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 7】**

前記第1Ni基合金と前記第2Ni基合金のそれぞれは、質量百分率で、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMo、22.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoを含有する、請求項1～6の何れか一項に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 8】**

前記接合材を構成するNi基合金は、質量百分率で、18.0～23.0%のCr、1.5～6.5%のMo、3.5～8.5%のSi、13.0%以下のFe、2.5%以下のNb+Ta、1.0%以下のCoを含有する、請求項1～7の何れか一項に記載の複合焼結体の製造方法。

30

**【請求項 9】**

前記接合材は、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低い第3Ni基合金からなる第1粉末と、前記第1Ni基合金または前記第2Ni基合金からなる第2粉末の混合体である、請求項1～8の何れか一項に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 10】**

前記第1粉末と前記第2粉末との混合比率は、質量百分率で、40%：60%～80%：20%である、請求項9に記載の複合焼結体の製造方法。

40

**【請求項 11】**

前記第3Ni基合金は、質量百分率で、16.0～22.0%のCr、8.0～12.0%のSiを含有する、請求項9または10に記載の複合焼結体の製造方法。

**【請求項 12】**

第1Ni基合金からなる第1焼結体と第2Ni基合金からなる第2焼結体とが前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金とは異なる組成のNi基合金からなる接合層により接合された複合焼結体であって、

前記第1Ni基合金と前記第2Ni基合金のそれぞれは、質量百分率で、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMo、22.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoを含有し、

50

前記接合層は前記第1焼結体および前記第2焼結体よりも緻密であり、前記接合層の厚さが200μm以上である、複合焼結体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合焼結体の製造方法、およびその製造方法により得られる複合焼結体、ならびにその製造方法に用いられる接合材に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、複数の焼結体同士をろう付けや溶接によって互いに接合して複合焼結体を製造することが行われている。焼結体は、例えば、金属粉末射出成形によって金属粉末とバインダーを含む未焼結体が作製され、その後に未焼結体が脱脂および焼結されることにより得られる。

10

【0003】

しかし、上記のような複合焼結体の製造方法では、焼結体を作り上げた後に接合工程を行う必要がある。これに対し、特許文献1には、複合焼結体を製造する際に、焼結と接合を同時に行う方法が開示されている。

【0004】

具体的に、特許文献1に開示された複合焼結体の製造方法では、金属粉末射出成形による第1未焼結体および第2未焼結体の作製後に、第1未焼結体と第2未焼結体とが、金属粉末と有機バインダーからなるペースト糊によって接着され、その後に脱脂および焼結が行われる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2004-285466号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示された複合焼結体の製造方法では、金属粉末を含むペースト糊が使用されるので、製造後の複合焼結体中の接合層は、その両側の焼結体と同様に多孔質である。これに対し、従来のろう付けのように、複合焼結体中の接合層を緻密にしたいという要望がある。

30

【0007】

また、特許文献1には、実施例として、金属粉末射出成形でステンレス鋼からなる粉末を用いることが記載されている。これに対し、Ni基合金からなる焼結体同士を接合することが望まれる。

【0008】

そこで、本発明は、Ni基合金からなる焼結体同士が緻密な接合層により接合された複合焼結体が得られる複合焼結体の製造方法、およびその製造方法により得られる複合焼結体を提供することを目的とする。また、本発明は、特定のNi基合金からなる焼結体同士の接合に好適に用いることができる接合材を提供することも目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するために、本発明の一つの側面からの複合焼結体の製造方法は、第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを所定の隙間を隔てて対向させる工程と、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体に面する、前記隙間が開口する空間に、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を設置する工程と、前記接

50

合材の設置後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させて前記隙間に浸透させた後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体とする工程と、を含む、ことを特徴とする。

#### 【0010】

ここで、「仮焼結体」とは、粉末を所定の形状に成形した未焼結体（粉末中の粒子同士が結合された、開放気孔率が20%よりも大きい粉末成形体、または粉末中の粒子間がバインダーで満たされた粉末成形体）を加熱することにより得られる、開放気孔率が20%以下2%より大きい粉末成形体をいい、「焼結体」とは、仮焼結体を加熱することにより得られる、開放気孔率が2%以下の粉末成形体をいう。

#### 【0011】

なお、開放気孔率は、開気孔（試験体表面に開口する試験体内部の気孔（試験体表面に開口しない試験体内部の気孔は閉気孔））の総体積を試験体のみかけ体積（試験体の寸法から決定される体積）で除した値である。例えば、試験体の表面および開気孔で形成される連続面で囲まれる体積の密度<sup>1</sup>を例えればアルキメデス法により測定すれば、開放気孔率 $V_{op}$ は、試験体の質量 $m$ およびみかけ体積 $V$ を用いた以下の式で算出される。

$$V_{op} = ((V - m / \rho) / V) \times 100$$

#### 【0012】

また、本発明の別の側面からの複合焼結体の製造方法は、第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体との間に挟んだ状態で対向させる工程と、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させた後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体とする工程と、を含む、ことを特徴とする。

#### 【0013】

上記の構成によれば、溶融した接合材が凝固することにより第1焼結体と第2焼結体の間に接合層が形成される。従って、Ni基合金からなる焼結体同士が緻密な接合層により接合された複合焼結体を得ることができる。

#### 【0014】

そして、上記の製造方法により得られる複合焼結体は、第1Ni基合金からなる第1焼結体と第2Ni基合金からなる第2焼結体とが前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金とは異なる組成のNi基合金からなる接合層により接合された複合焼結体であって、前記接合層は前記第1焼結体および前記第2焼結体よりも緻密であり、前記接合層の厚さが200μm以上である、ことを特徴とする。

#### 【0015】

また、本発明の接合材は、質量百分率で、18.0～23.0%のCr、1.5～6.5%のMo、3.5～8.5%のSi、13.0%以下のFe、2.5%以下のNb+Ta、1.0%以下のCoを含有するNi基合金からなることを特徴とする。

#### 【0016】

上記の構成の接合材は、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMo、2.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoを含有するNi基合金からなる焼結体同士の接合に好適に用いることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明によれば、Ni基合金からなる焼結体同士が緻密な接合層により接合された複合焼結体が得られる複合焼結体の製造方法が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係る複合焼結体の製造方法により得られる複合焼結体の側

10

20

30

40

50

面図である。

【図2】(a)～(c)は前記製造方法を説明するための図である。

【図3】加熱時間と加熱温度の関係を示すグラフである。

【図4】複合焼結体の断面の顕微鏡写真である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1に、本発明の一実施形態に係る複合焼結体の製造方法により得られる複合焼結体1を示す。この複合焼結体1は、第1焼結体11と第2焼結体12とが接合層13により接合されたものである。

【0020】

第1焼結体11は第1Ni基合金からなり、第2焼結体12は第2Ni基合金からなる。第1Ni基合金と第2Ni基合金は同じ組成を有してもよいし、異なる組成を有してもよい。接合層13は、第1Ni基合金および第2Ni基合金とは異なる組成のNi基合金からなる。

【0021】

図1では、第1焼結体11および第2焼結体12が共に板状であり、それらが直交する状態で接合されている。より詳しくは、第1焼結体11の主面の一部に接合層13を介して第2焼結体12の端面が接合されている。

【0022】

ただし、第1焼結体11および第2焼結体12の形状および接合される部分は適宜変更可能である。例えば、第1焼結体11および第2焼結体12が棒状であって、それらの端面が突き合わされた状態で接合層13により接合されてもよい。

【0023】

本実施形態の製造方法は、図2(b)に示すように、第1焼結体11と相似形状の第1仮焼結体2Aを準備する工程と、第2焼結体12と相似形状の第2仮焼結体3Aを準備する工程を含む。第1仮焼結体2Aは、第1Ni基合金からなる粉末により構成されたものであり、第2仮焼結体3Aは、第2Ni基合金からなる粉末により構成されたものである。

【0024】

本実施形態では、第1Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第1未焼結体2を作製し、その第1未焼結体2を加熱して第1焼結体11とする途中で第1仮焼結体2Aが生成される。同様に、第2Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第2未焼結体3を作製し、その第2未焼結体3を加熱して第2焼結体12とする途中で第2仮焼結体3Aが生成される。

【0025】

なお、第1未焼結体2の形状によっては、第1未焼結体2を加熱して第1焼結体11とする途中で、重力、焼結の進行に伴う収縮時の摩擦、未焼結体同士、仮焼結体同士、焼結体同士の拘束などの影響によって第1未焼結体2の一部が変形することがある。同様に、第2未焼結体3の形状によっては、第2未焼結体3を加熱して第2焼結体12とする途中で、重力、焼結の進行に伴う収縮時の摩擦、未焼結体同士、仮焼結体同士、焼結体同士の拘束などの影響によって第2未焼結体3の一部が変形することがある。

【0026】

第1Ni基合金および第2Ni基合金のそれぞれは、Ni以外の必須成分として、質量百分率で(以下同じ)、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMoを含有する。第1Ni基合金および第2Ni基合金のそれぞれは、その他の選択的成分として、22.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoの少なくとも1つを含有してもよい。第1Ni基合金および第2Ni基合金のそれぞれの上述した成分以外の残部は、Niおよび不可避的不純物である。なお、NbおよびTaに関しては、第1Ni基合金および第2Ni基合金のそれぞれはNbとTaの一方を含有しなくてもよい。

【0027】

上記の組成のNi基合金としては、例えば、Hastelloy XやIN625(I

10

20

30

40

50

Nはインコネル（登録商標）の略である）などが挙げられる。

#### 【0028】

第1未焼結体2および第2未焼結体3の作製方法は特に限定されるものではないが、例えば、金属粉末射出成形（MIM）、プレス圧縮成形、アディティブ・マニュファクチャーリング（Additive Manufacturing）のうち熱溶解積層造形（FDM：Fused Deposition Modeling）やバインダージェッティング造形（Binder Jetting）などである。いずれの方法も、最終的には焼結工程によって緻密な金属部品が得られるプロセスである。

#### 【0029】

本実施形態では、MIMにより第1未焼結体2および第2未焼結体3を作製する。具体的には、第1Ni基合金または第2Ni基合金からなる粉末をバインダーと均一に混練してコンパウンドを生成し、このコンパウンドを金型のキャビティに射出する。これにより金型のキャビティと同形状の未焼結体が得られる。

10

#### 【0030】

第1Ni基合金または第2Ni基合金からなる粉末の平均粒子径（メジアン径（d<sub>50</sub>））は、例えば、10～60μmである。バインダーは特に限定されるものではないが、例えば、ポリプロピレン（PP）、ポリエチレン（PE）、ポリアセタール（POM）、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）、カルナウバワックス（CW）、パラフィンワックス（PW）、ステアリン酸（St）のうちの少なくとも一種を含む。

#### 【0031】

第1未焼結体2および第2未焼結体3の作製後は、図2（a）に示すように、第1未焼結体2の正面と第2未焼結体3の端面とを所定の隙間4を隔てて対向させる。隙間4は、例えば、1～200μmである。

20

#### 【0032】

ついで、図2（b）に示すように、第1未焼結体2および第2未焼結体3に面する空間5であって隙間4が開口する空間5（本実施形態では、第1未焼結体2の正面と第2未焼結体3の正面とで形成されるコーナー部）に接合材6を設置する。

#### 【0033】

接合材6は、第1Ni基合金および第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる。接合材6を構成するNi基合金は、例えば、Ni以外の必須成分として、18.0～23.0%のCr、1.5～6.5%のMo、3.5～8.5%のSiを含有し、その他の選択的成分として、13.0%以下のFe、2.5%以下のNb+Ta、1.0%以下のCoを含有する。Ni基合金の上述した成分以外の残部は、Niおよび不可避的不純物である。

30

#### 【0034】

本実施形態では、接合材6が互いに組成の異なる二種類の粉末（第1粉末および第2粉末）の混合体である。ただし、接合材6は、単一の組成の一種類の粉末であってもよい。あるいは、接合材6は、必ずしも粉末である必要はなく、ペースト状であってもよいし、フィルム状であってもよい。なお、接合材6が第1粉末と第2粉末の混合体である場合、接合材6の液相線温度は全ての粉末が溶融するときの温度をいう。

#### 【0035】

第1粉末は第1Ni基合金および第2Ni基合金よりも液相線温度の低い第3Ni基合金からなり、第2粉末は第1Ni基合金または第2Ni基合金からなる。第3Ni基合金は、例えば、質量百分率で、16.0～22.0%のCr、8.0～12.0%のSiを含有する。このようなNi基合金としては、例えば、AMS4782などが挙げられる。

40

#### 【0036】

第3Ni基合金中のSiによって、第1Ni基合金または第2Ni基合金からなる第2粉末と第3Ni基合金からなる第1粉末の混合体である接合材6の液相線温度を第1Ni基合金または第2Ni基合の液相線温度よりも低くすることができる。

#### 【0037】

例えば、第1粉末と第2粉末との混合比率は、質量百分率で、40%：60%～80%

50

: 20 %である。例えば、第1粉末の材質をAMS4782(液相線温度: 1135 )、第2粉末の材質をIN625(液相線温度: 1360 )とし、第1粉末と第2粉末との混合比率を60%: 40%にしたとき、接合材6の液相線温度は1226である。

#### 【0038】

空間5への接合材6の設置後、図3に示すようにある程度長い時間をかけて(例えば、10~20時間)、第1未焼結体2および第2未焼結体3を所定の温度(例えば、400~600 )まで加熱し、第1未焼結体2および第2未焼結体3からバインダーを取り除く(脱脂)。

#### 【0039】

本実施形態では、脱脂が窒素雰囲気下で行われる。ただし、脱脂は、アルゴン雰囲気下で行われてもよい。なお、本実施形態では、脱脂と後述する仮焼結および本焼結が同一の炉内で行われる。

10

#### 【0040】

その後、空間5に接合材6が設置された状態のままで、接合材6の液相線温度T2未満の仮焼結温度T1で第1未焼結体2および第2未焼結体3を加熱することで(仮焼結)、第1未焼結体2および第2未焼結体3をそれぞれ第1仮焼結体2Aおよび第2仮焼結体3Aとする。つまり、仮焼結を行うことによって、第1仮焼結体2Aと第2仮焼結体3Aとが隙間4を隔てて対向することになるとともに、第1仮焼結体2Aおよび第2仮焼結体3Aに面する空間5であって隙間4が開口する空間5に接合材6が設置されることになる。

20

#### 【0041】

仮焼結温度T1は、接合材6の液相線温度T2よりも50 低い温度T1a(=T2-50 )未満であることが望ましい( $T_1 < T_{1a}$ )。もしくは、仮焼結温度T1は、接合材6の固相線温度T2a未満であってもよい( $T_1 < T_{2a}$ )。

#### 【0042】

本実施形態では、仮焼結が真空環境下で行われる。ただし、仮焼結は、窒素雰囲気下またはアルゴン雰囲気下で行われてもよい。

#### 【0043】

その後、第1仮焼結体2Aおよび第2仮焼結体2Bを、接合材6の液相線温度T2を超える本焼結温度T3で加熱することで(本焼結)、図2(c)に示すように、接合材6を溶融させて隙間4に浸透させた後、第1仮焼結体2Aおよび第2仮焼結体3Aをそれぞれ第1焼結体11および第2焼結体12とする。

30

#### 【0044】

本焼結温度T3は、第1Ni基合金の液相線温度および第2Ni基合金の液相線温度を下回る温度である。本焼結温度T3は、接合材6の液相線温度T2よりも15 高い温度T3a(=T2+15 )を超えることが望ましい( $T_{3a} < T_3$ )。また、本焼結温度T3は、第1Ni基合金の固相線温度および第2Ni基合金の固相線温度未満であることが望ましい。

#### 【0045】

本実施形態では、本焼結の前半(少なくとも接合材6が溶融して隙間4に浸透する間の期間)が真空環境下で行われ、本焼結の後半がアルゴン雰囲気下で行われる。ただし、本焼結の全期間が真空環境下またはアルゴン雰囲気下で行われてもよい。

40

#### 【0046】

第1Ni基合金および第2Ni基合金がHastelloy Xである場合、本焼結温度T3がHastelloy Xの固相線温度未満であっても、本焼結が真空環境下で行われると、Ni基合金が蒸発しやすい。これに対し、本焼結がアルゴン雰囲気下で行われれば、そのようなNi基合金の蒸発を抑制することができる。

#### 【0047】

その後、第1焼結体11および第2焼結体12を冷却する。これにより、図1に示すように第1焼結体11と第2焼結体12とが接合層13で接合された複合焼結体1を得ることができる。なお、複合焼結体1の製造後、複合焼結体1に対して、接合材6の液相線温

50

度  $T_2$  または固相線温度  $T_{2a}$  よりも低い温度で HIP 处理および溶体化処理を行ってもよい。

#### 【 0 0 4 8 】

接合層 13 は、接合材 6 が凝固することにより形成される。接合材 6 の凝固は、溶融した接合材 6 中の特定の成分が第 1 烧結体 11 および第 2 烧結体 12 中に拡散すること、または第 1 烧結体 11 および第 2 烧結体 12 が冷却されることにより行われる。

#### 【 0 0 4 9 】

図 4 に、本実施形態の製造方法により得られた複合焼結体 1 の断面を示す。接合層 13 は、第 1 烧結体 11 および第 2 烧結体 12 よりも緻密であり、その厚さは  $200 \mu\text{m}$  以上である（製造過程での第 1 未焼結体 2 と第 2 未焼結体 3 との間の隙間 4 が  $1 \mu\text{m}$  であっても接合材 6 の溶融や成分の拡散によるため）。

10

#### 【 0 0 5 0 】

なお、接合層 13 の厚さは、複合焼結体 1 の断面に対して接合層 13 と垂直な方向に成分分析を行ったときに、接合層 13 のみに含まれる成分（例えば、Si）の濃度が高い範囲である。

#### 【 0 0 5 1 】

以上説明したように、本実施形態の複合焼結体の製造方法では、溶融した接合材 6 が凝固することにより第 1 烧結体 11 と第 2 烧結体 12 の間に接合層 13 が形成される。従つて、Ni 基合金からなる焼結体 11, 12 同士が緻密な接合層 13 により接合された複合焼結体 1 を得ることができる。

20

#### 【 0 0 5 2 】

また、本実施形態では、接合材 6 が第 1 Ni 基合金または第 2 Ni 基合金からなる第 2 粉末と第 3 Ni 基合金からなる第 1 粉末の混合体であるので、接合層 13 の組成を第 1 烧結体 11 または第 2 烧結体 12 の組成に近づけることができる。

#### 【 0 0 5 3 】

##### （変形例）

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能である。

#### 【 0 0 5 4 】

例えば、前記実施形態では、第 1 未焼結体 2 および第 2 未焼結体 3 に面する空間 5 に接合材 6 を設置した状態で第 1 未焼結体 2 および第 2 未焼結体 3 を加熱して第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A としたが、まず第 1 未焼結体 2 の作製後にこれを単独で加熱して第 1 仮焼結体 2A とするとともに第 2 未焼結体 3 の作製後にこれを単独で加熱して第 2 仮焼結体 3A とし、その後に第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A に面する空間 5 に接合材 6 を設置して第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A を加熱してもよい。ただし、前記実施形態のような方法であれば、第 1 仮焼結体 2A と第 2 仮焼結体 3A とを同時に準備することができるとともに、仮焼結、接合材溶融および本焼結を連続して行うことができる。

30

#### 【 0 0 5 5 】

また、前記実施形態では、第 1 未焼結体 2 と第 2 未焼結体 3 とを隙間 4 を隔てて対向させるとともに、第 1 未焼結体 2 および第 2 未焼結体 3 に面する空間 5 であって隙間 4 が開口する空間 5 に接合材 6 を設置したが、第 1 未焼結体 2 と第 2 未焼結体 3 とをそれらの間に接合材 6 を挟んだ状態で対向させ、その状態で第 1 未焼結体 2 および第 2 未焼結体 3 を加熱してもよい。

40

#### 【 0 0 5 6 】

第 1 未焼結体 2 および第 2 未焼結体 3 は加熱されることでそれぞれ第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A となり、これにより第 1 仮焼結体 2A と第 2 仮焼結体 3A とがそれらの間に接合材 6 を挟んで状態で対向することになる。その後、第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A が加熱されることで、接合材 6 が溶融した後に第 1 仮焼結体 2A および第 2 仮焼結体 3A がそれぞれ第 1 烧結体 11 および第 2 烧結体 12 となる。

50

**【 0 0 5 7 】**

あるいは、第1未焼結体2の作製後にこれを単独で加熱して第1仮焼結体2Aとともに第2未焼結体3の作製後にこれを単独で加熱して第2仮焼結体3Aとし、その後に第1仮焼結体2Aと第2仮焼結体3Aとをそれらの間に接合材6を挟んだ状態で対向させ、その状態で第1仮焼結体2Aおよび第2仮焼結体3Aを加熱してもよい。

**【 0 0 5 8 】****(まとめ)**

本発明の一つの側面からの複合焼結体の製造方法は、第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを所定の隙間を隔てて対向させる工程と、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体に面する、前記隙間が開口する空間に、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を設置する工程と、前記接合材の設置後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させて前記隙間に浸透させた後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体とする工程と、を含む、ことを特徴とする。

10

**【 0 0 5 9 】**

上記の構成によれば、溶融した接合材が凝固することにより第1焼結体と第2焼結体の間に接合層が形成される。従って、Ni基合金からなる焼結体同士が緻密な接合層により接合された複合焼結体を得ることができる。

20

**【 0 0 6 0 】**

前記第1Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第1未焼結体を作製するとともに前記第2Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第2未焼結体を作製し、前記第1未焼結体と前記第2未焼結体とを前記隙間を隔てて対向させるとともに、前記第1未焼結体および前記第2未焼結体に面する、前記隙間が開口する空間に前記接合材を設置し、その状態で前記接合材の液相線温度未満の温度で前記第1未焼結体および前記第2未焼結体を加熱することで前記第1未焼結体および前記第2未焼結体をそれぞれ第1仮焼結体および第2仮焼結体としてもよい。この構成によれば、第1仮焼結体と第2仮焼結体とを同時に準備することができるとともに、仮焼結、接合材溶融および本焼結を連続して行うことができる。

30

**【 0 0 6 1 】**

また、本発明の別の側面からの複合焼結体の製造方法は、第1Ni基合金からなる粉末により構成された第1仮焼結体を準備する工程と、第2Ni基合金からなる粉末により構成された第2仮焼結体を準備する工程と、前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体とを、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低いNi基合金からなる接合材を前記第1仮焼結体と前記第2仮焼結体との間に挟んだ状態で対向させる工程と、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体を加熱することで、前記接合材を溶融させた後、前記第1仮焼結体および前記第2仮焼結体をそれぞれ第1焼結体および第2焼結体とする工程と、を含む、ことを特徴とする。

**【 0 0 6 2 】**

上記の構成によれば、溶融した接合材が凝固することにより第1焼結体と第2焼結体の間に接合層が形成される。従って、Ni基合金からなる焼結体同士が緻密な接合層により接合された複合焼結体を得ることができる。

40

**【 0 0 6 3 】**

別の側面からの複合焼結体の製造方法において、前記第1Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第1未焼結体を作製するとともに前記第2Ni基合金からなる粉末を所定の形状に成形して第2未焼結体を作製し、前記第1未焼結体と前記第2未焼結体とをそれらの間に前記接合材を挟んだ状態で対向させ、その状態で前記接合材の液相線温度未満の温度で前記第1未焼結体および前記第2未焼結体を加熱することで前記第1未焼結体および前記第2未焼結体をそれぞれ第1仮焼結体および第2仮焼結体としてもよい。この

50

構成によれば、第1仮焼結体と第2仮焼結体とを同時に準備することができるとともに、仮焼結工程と本焼結工程とを連続して行うことができる。

#### 【0064】

例えば、前記第1未焼結体および前記第2未焼結体を金属粉末射出成形により作製してもよい。

#### 【0065】

例えば、前記第1Ni基合金と前記第2Ni基合金は同じ組成を有してもよい。

#### 【0066】

例えば、前記第1Ni基合金と前記第2Ni基合金のそれぞれは、質量百分率で、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMo、22.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoを含有してもよい。10

#### 【0067】

例えば、前記接合材を構成するNi基合金は、質量百分率で、18.0～23.0%のCr、1.5～6.5%のMo、3.5～8.5%のSi、13.0%以下のFe、2.5%以下のNb+Ta、1.0%以下のCoを含有してもよい。

#### 【0068】

前記接合材は、前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金よりも液相線温度の低い第3Ni基合金からなる第1粉末と、前記第1Ni基合金または前記第2Ni基合金からなる第2粉末の混合体であってもよい。この構成によれば、接合層の組成を第1焼結体または第2焼結体の組成に近づけることができる。20

#### 【0069】

例えば、前記第1粉末と前記第2粉末との混合比率は、質量百分率で、40%：60%～80%：20%であってもよい。

#### 【0070】

前記第3Ni基合金は、質量百分率で、16.0～22.0%のCr、8.0～12.0%のSiを含有してもよい。この構成によれば、第3Ni基合金中のSiによって、第1Ni基合金または第2Ni基合金からなる第2粉末と第3Ni基合金からなる第1粉末の混合体である接合材の液相線温度を第1Ni基合金または第2Ni基合金の液相線温度よりも低くすることができる。

#### 【0071】

そして、上記の製造方法により得られる複合焼結体は、第1Ni基合金からなる第1焼結体と第2Ni基合金からなる第2焼結体とが前記第1Ni基合金および前記第2Ni基合金とは異なる組成のNi基合金からなる接合層により接合された複合焼結体であって、前記接合層は前記第1焼結体および前記第2焼結体よりも緻密であり、前記接合層の厚さが200μm以上である、ことを特徴とする。30

#### 【0072】

また、本発明の接合材は、質量百分率で、18.0～23.0%のCr、1.5～6.5%のMo、3.5～8.5%のSi、13.0%以下のFe、2.5%以下のNb+Ta、1.0%以下のCoを含有するNi基合金からなることを特徴とする。

#### 【0073】

上記の構成の接合材は、18.0～25.0%のCr、7.0～11.0%のMo、2.0%以下のFe、4.5%以下のNb+Ta、3.0%以下のCoを含有するNi基合金からなる焼結体同士の接合に好適に用いることができる。40

#### 【符号の説明】

#### 【0074】

1 複合焼結体

1 1 第1焼結体

1 2 第2焼結体

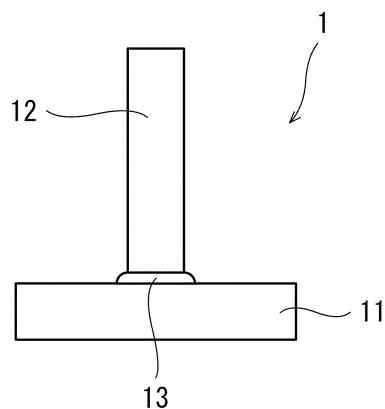
1 3 接合層

2 第1未焼結体

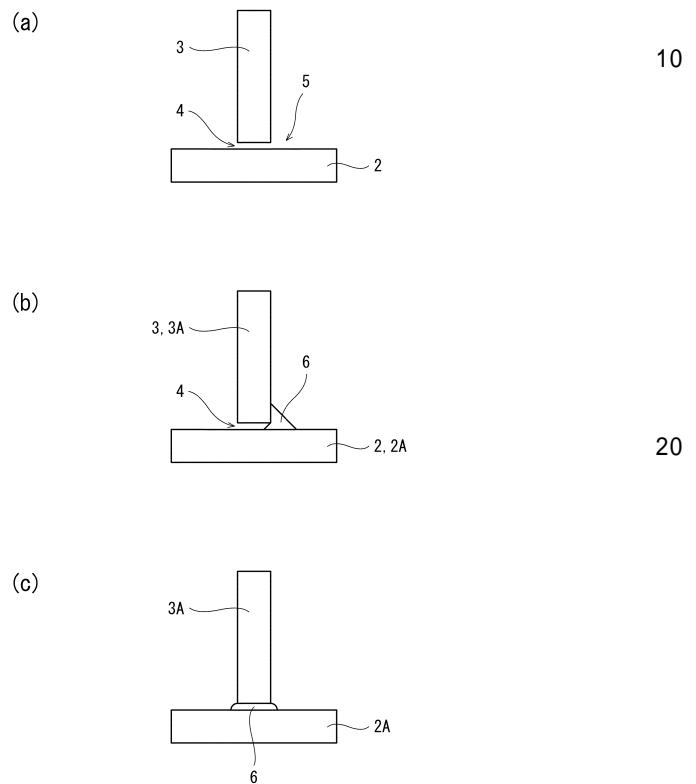
- 2 A 第1仮焼結体  
 3 第2未焼結体  
 3 A 第2仮焼結体  
 4 隙間  
 5 空間

【図面】

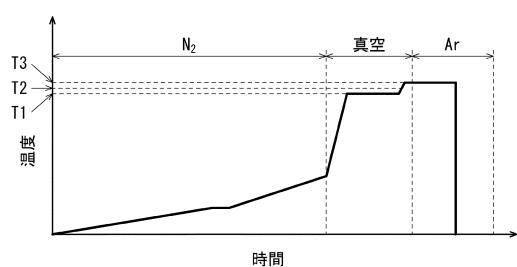
【図1】



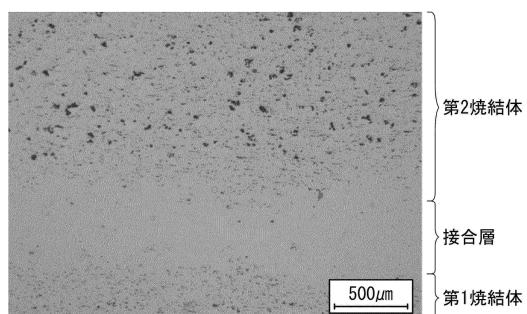
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I		
C 2 2 C	19/05	Z
C 2 2 C	33/02	C

(72)発明者 藤光 利茂

兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号 川崎重工業株式会社内

審査官 坂本 薫昭

(56)参考文献

特開平 09 - 225679 (JP, A)
特開 2006 - 341282 (JP, A)
特開 2009 - 299106 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

B 2 2 F 1 / 0 0 , 7 / 0 6
B 2 3 K 3 5 / 3 0
C 2 2 C 1 9 / 0 5 , 3 3 / 0 2