

(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			F I		
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)			(73)特許権者 000000974		
(22)出願日 令和3年3月12日(2021.3.12)			川崎重工業株式会社		
(65)公開番号 特開2022-139734(P2022-139734 A)			兵庫県神戸市中央区東川崎町 3 丁目 1 番 1 号		
(43)公開日 令和4年9月26日(2022.9.26)			(74)代理人 110000556		
審査請求日 令和5年12月8日(2023.12.8)			弁理士法人有古特許事務所		
			(72)発明者 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		
			(72)発明者 岡田 竜太郎		
			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		
			(72)発明者 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い N i 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い N i 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 基合金と前記第 2 N i 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 1 N i 基合金と前記第 2 N i 基合金のそれぞれは、質量百分率で、18.0 ~ 25.0 % の C r、7.0 ~ 11.0 % の M o、22.0 % 以下の F e、4.5 % 以下の N b + T a、3.0 % 以下の C o 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 N i 基合金は、質量百分率で、18.0 ~ 23.0 % の C r、1.5 ~ 6.5 % の M o、3.5 ~ 8.5 % の S i、13.0 % 以下の F e、2.5 % 以下の N b + T a、1.0 % 以下の C o 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 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い第 3 N i 基合金からなる第 1 粉末と、前記第 1 N i 基合金または前記第 2 N i 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 3 N i 基合金は、質量百分率で、16.0 ~ 22.0 % の C r、8.0 ~ 12.0 % の S i 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 1 N i 基合金からなる第 1 焼結体と第 2 N i 基合金からなる第 2 焼結体とが前記第 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金とは異なる組成の N i 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 1 N i 基合金と前記第 2 N i 基合金のそれぞれは、質量百分率で、18.0 ~ 25.0 % の C r、7.0 ~ 11.0 % の M o、22.0 % 以下の F e、4.5 % 以下の N b + T a、3.0 % 以下の C o 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 200 μm 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を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 1 Ni 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 2 Ni 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、前記隙間が開く空間に、前記第 1 Ni 基合金および前記第 2 Ni 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。

【 0 0 1 0 】

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。

【 0 0 1 1 】

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を例え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。

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

【 0 0 1 2 】

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 1 Ni 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 2 Ni 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 1 Ni 基合金および前記第 2 Ni 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 1 3 】

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。

【 0 0 1 4 】

そして、上記の製造方法により得られる複合焼結体は、第 1 Ni 基合金からなる第 1 焼結体と第 2 Ni 基合金からなる第 2 焼結体とが前記第 1 Ni 基合金および前記第 2 Ni 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 200 μm 以上である、ことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

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。

【 0 0 1 6 】

上記の構成の接合材は、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 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】

【 0 0 1 7 】

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を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】

【 0 0 1 8 】

【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 1 Ni 基合金からなり、第 2 焼結体 12 は第 2 Ni 基合金からなる。第 1 Ni 基合金と第 2 Ni 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 1 Ni 基合金および第 2 Ni 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 1 Ni 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 2 Ni 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 1 Ni 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 2 Ni 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 1 Ni 基合金および第 2 Ni 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 1 Ni 基合金および第 2 Ni 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 1 Ni 基合金および第 2 Ni 基合金のそれぞれの上述した成分以外の残部は、Ni および不可避免的不純物である。なお、Nb および Ta に関しては、第 1 Ni 基合金および第 2 Ni 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・マニファクチュアリング（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トティング造形（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を得られる。

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_{50} ））は、例えば、 $10 \sim 60 \mu\text{m}$ 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の主面と第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、 $1 \sim 200 \mu\text{m}$ 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の主面と第2未焼結体3の主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、 $18.0 \sim 23.0\%$ のCr、 $1.5 \sim 6.5\%$ のMo、 $3.5 \sim 8.5\%$ 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および不可避免の不純物である。

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熔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、 $16.0 \sim 22.0\%$ のCr、 $8.0 \sim 12.0\%$ 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基合金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、 $40\% : 60\% \sim 80\%$

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 T_2 未満の仮焼結温度 T_1 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が開く空間5に接合材6が設置されることになる。

【0041】

20

仮焼結温度 T_1 は、接合材6の液相線温度 T_2 よりも50低い温度 T_{1a} （ $=T_2-50$ ）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 T_1 は、接合材6の固相線温度 T_{2a} 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 T_2 を超える本焼結温度 T_3 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 T_3 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 T_3 は、接合材6の液相線温度 T_2 よりも15高い温度 T_{3a} （ $=T_2+15$ ）を超えることが望ましい（ $T_{3a}<T_3$ ）。また、本焼結温度 T_3 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 T_3 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基合金が蒸発し易い。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 H I P 処理および溶体化処理を行ってもよい。

【0048】

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 焼結体 11 および第 2 焼結体 12 中に拡散すること、または第 1 焼結体 11 および第 2 焼結体 12 が冷却されることにより行われる。

【0049】

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 焼結体 11 および第 2 焼結体 12 よりも緻密であり、その厚さは $200\text{ }\mu\text{m}$ 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 $1\text{ }\mu\text{m}$ であっても接合材 6 の溶融や成分の拡散によるため）。

10

【0050】

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。

【0051】

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 焼結体 11 と第 2 焼結体 12 の間に接合層 13 が形成される。従って、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

【0052】

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 焼結体 11 または第 2 焼結体 12 の組成に近づけることができる。

【0053】

（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。

【0054】

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

【0055】

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

【0056】

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 焼結体 11 および第 2 焼結体 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 2 A 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 3 A とし、その後に第 1 仮焼結体 2 A と第 2 仮焼結体 3 A 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 2 A および第 2 仮焼結体 3 A 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い N i 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。

【 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、N i 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。

【 0 0 6 0 】

前記第 1 N i 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 2 N i 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。

【 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 1 N i 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 2 N i 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 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い N i 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、N i 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。

【 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 1 N i 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 2 N i 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

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。

【 0 0 6 4 】

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。

【 0 0 6 5 】

例えば、前記第 1 N i 基合金と前記第 2 N i 基合金は同じ組成を有してもよい。

【 0 0 6 6 】

例えば、前記第 1 N i 基合金と前記第 2 N i 基合金のそれぞれは、質量百分率で、18 . 0 ~ 25 . 0 % の C r 、 7 . 0 ~ 11 . 0 % の M o 、 22 . 0 % 以下の F e 、 4 . 5 % 以下の N b + T a 、 3 . 0 % 以下の C o を含有してもよい。

10

【 0 0 6 7 】

例えば、前記接合材を構成する N i 基合金は、質量百分率で、18 . 0 ~ 23 . 0 % の C r 、 1 . 5 ~ 6 . 5 % の M o 、 3 . 5 ~ 8 . 5 % の S i 、 13 . 0 % 以下の F e 、 2 . 5 % 以下の N b + T a 、 1 . 0 % 以下の C o を含有してもよい。

【 0 0 6 8 】

前記接合材は、前記第 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金よりも液相線温度の低い第 3 N i 基合金からなる第 1 粉末と、前記第 1 N i 基合金または前記第 2 N i 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

【 0 0 6 9 】

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。

【 0 0 7 0 】

前記第 3 N i 基合金は、質量百分率で、16 . 0 ~ 22 . 0 % の C r 、 8 . 0 ~ 12 . 0 % の S i を含有してもよい。この構成によれば、第 3 N i 基合金中の S i によって、第 1 N i 基合金または第 2 N i 基合金からなる第 2 粉末と第 3 N i 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 1 N i 基合金または第 2 N i 基合金の液相線温度よりも低くすることができる。

【 0 0 7 1 】

30

そして、上記の製造方法により得られる複合焼結体は、第 1 N i 基合金からなる第 1 焼結体と第 2 N i 基合金からなる第 2 焼結体とが前記第 1 N i 基合金および前記第 2 N i 基合金とは異なる組成の N i 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 200 μ m 以上である、ことを特徴とする。

【 0 0 7 2 】

また、本発明の接合材は、質量百分率で、18 . 0 ~ 23 . 0 % の C r 、 1 . 5 ~ 6 . 5 % の M o 、 3 . 5 ~ 8 . 5 % の S i 、 13 . 0 % 以下の F e 、 2 . 5 % 以下の N b + T a 、 1 . 0 % 以下の C o を含有する N i 基合金からなることを特徴とする。

【 0 0 7 3 】

40

上記の構成の接合材は、18 . 0 ~ 25 . 0 % の C r 、 7 . 0 ~ 11 . 0 % の M o 、 22 . 0 % 以下の F e 、 4 . 5 % 以下の N b + T a 、 3 . 0 % 以下の C o を含有する N i 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。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

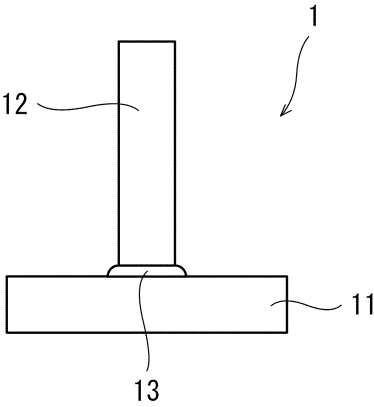
- 1 複合焼結体
- 11 第 1 焼結体
- 12 第 2 焼結体
- 13 接合層
- 2 第 1 未焼結体

50

- 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

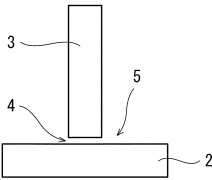
【 図 面 】

【 図 1 】



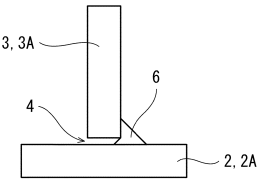
【 図 2 】

(a)



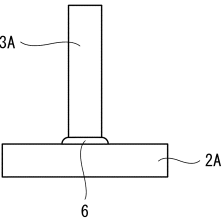
10

(b)



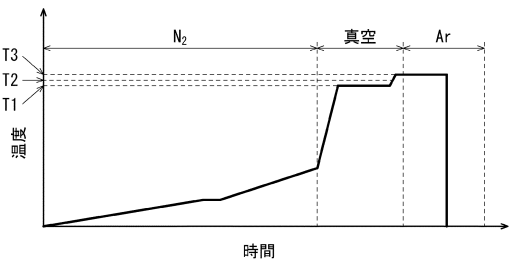
20

(c)

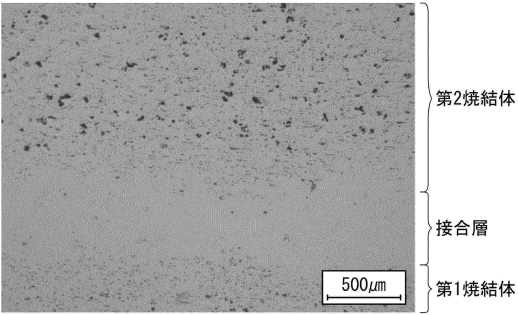


30

【 図 3 】



【 図 4 】



40

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