

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-222000

(P2017-222000A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl.
B23P 11/02 (2006.01)

F I
B23P 11/02

テーマコード (参考)

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-119077 (P2016-119077)
(22) 出願日 平成28年6月15日 (2016.6.15)

(71) 出願人 000000376
オリンパス株式会社
東京都八王子市石川町2951番地
(74) 代理人 110002147
特許業務法人酒井国際特許事務所
(72) 発明者 清水 友和
東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内

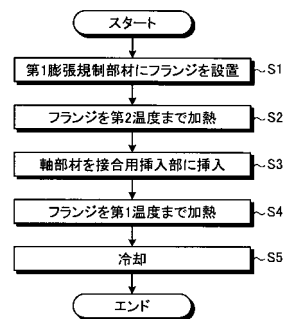
(54) 【発明の名称】 接合方法

(57) 【要約】

【課題】接合対象の加工管理を容易にしつつ、所望の接合強度を得ること。

【解決手段】接合方法は、第1部材と、当該第1部材が挿入される接合用挿入部を有する第2部材との2つの接合対象を互いに接合する接合方法である。この接合方法は、膨張規制部材内に設置され、接合用挿入部に第1部材が挿入された第2部材を第1温度まで加熱し、当該第2部材の熱膨張を膨張規制部材の内面にて機械的に規制して接合用挿入部を縮径する方向に塑性変形させる追加加熱工程S4と、追加加熱工程S4の後、第2部材を冷却して、第1,第2部材を互いに接合する冷却工程S5とを備える。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 部材と、当該第 1 部材が挿入される接合用挿入部を有する第 2 部材との 2 つの接合対象を互いに接合する接合方法であって、

膨張規制部材内に設置され、前記接合用挿入部に前記第 1 部材が挿入された前記第 2 部材を第 1 温度まで加熱し、当該第 2 部材の熱膨張を前記膨張規制部材の内面にて機械的に規制して前記接合用挿入部を縮径する方向に塑性変形させる追加加熱工程と、

前記追加加熱工程の後、前記第 2 部材を冷却して、前記第 1 部材と前記第 2 部材とを互いに接合する冷却工程とを備える

ことを特徴とする接合方法。

10

【請求項 2】

前記膨張規制部材は、

前記第 2 部材が挿入される設置用挿入部を有し、前記追加加熱工程の際、当該設置用挿入部の内面にて前記第 2 部材の熱膨張を機械的に規制し、

当該接合方法は、

前記設置用挿入部と前記第 2 部材の外面との間に隙間を有した状態で、当該設置用挿入部に前記第 2 部材を挿入する第 2 部材設置工程と、

前記第 2 部材設置工程の後、前記第 2 部材を前記第 1 温度よりも低い第 2 温度まで加熱し、当該第 2 部材を熱膨張させる接合前加熱工程と、

前記接合前加熱工程の際、当該接合前加熱工程の後、または前記追加加熱工程の際に実施され、前記接合用挿入部に前記第 1 部材を挿入する第 1 部材挿入工程とを備え、

20

前記追加加熱工程は、

前記接合前加熱工程の後に実施される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の接合方法。

【請求項 3】

前記追加加熱工程及び前記冷却工程は、

前記第 2 部材の熱膨張に対する機械的な規制が強い前記膨張規制部材に順次、変更されながら、複数回、繰り返し実施される

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の接合方法。

30

【請求項 4】

前記膨張規制部材は、

前記第 2 部材が挿入される設置用挿入部を有し、前記追加加熱工程の際、当該設置用挿入部の内面にて前記第 2 部材の熱膨張を機械的に規制し、

前記追加加熱工程及び前記冷却工程は、

前記設置用挿入部の内径寸法が小さい前記膨張規制部材に順次、変更されながら、複数回、繰り返し実施される

ことを特徴とする請求項 3 に記載の接合方法。

【請求項 5】

前記膨張規制部材の線膨張係数は、

前記第 2 部材の線膨張係数よりも小さい

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の接合方法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、焼き嵌めにより 2 つの接合対象を互いに接合する接合方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、第 1 部材と、当該第 1 部材が挿入される接合用挿入部を有する第 2 部材との 2 つの接合対象を互いに接合する接合方法として、焼き嵌めが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

50

焼き嵌めは、第2部材を予め加熱して熱膨張させることにより接合用挿入部を拡径させ、その拡径状態の時に第1部材を挿入し、冷却時の接合用挿入部の縮径を利用して両者を接合させる技術である。

特許文献1に記載の技術では、接合対象同士の接合強度を向上させるために、当該接合対象の接合面に粗面領域を設けて上述した焼き嵌めを行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2011/005125号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、所望の接合強度を得るためには、できるだけ大きな締め代を確保する必要がある。なお、締め代は、以下に示す式で定義される。以下の外径寸法及び内径寸法は、室温時の寸法である。

〔締め代〕 = 〔第1部材の外径寸法〕 - 〔接合用挿入部の内径寸法〕

また、接合用挿入部の内径寸法が小さいと、加熱時の第2部材の熱膨張による当該接合用挿入部の拡径量が小さくなる。このため、所望の接合強度を得るための締め代の上限值も小さくなる（締め代の範囲が狭くなる）。

特許文献1に記載の技術においても、接合用挿入部の内径寸法が小さいと、所望の接合強度を得るための締め代の範囲は狭くなる。このため、第1部材の外径寸法と接合用挿入部の内径寸法との加工公差を狭い範囲で管理する必要がある。すなわち、接合対象に対して全数検査等を実施して精度を保障する必要があり、コストアップの要因となる。

このため、接合対象の加工管理を容易にしつつ、所望の接合強度を得ることができる技術が要望されている。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、接合対象の加工管理を容易にしつつ、所望の接合強度を得ることができる接合方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る接合方法は、第1部材と、当該第1部材が挿入される接合用挿入部を有する第2部材との2つの接合対象を互いに接合する接合方法であって、膨張規制部材内に設置され、前記接合用挿入部に前記第1部材が挿入された前記第2部材を第1温度まで加熱し、当該第2部材の熱膨張を前記膨張規制部材の内面にて機械的に規制して前記接合用挿入部を縮径する方向に塑性変形させる追加加熱工程と、前記追加加熱工程の後、前記第2部材を冷却して、前記第1部材と前記第2部材とを互いに接合する冷却工程とを備える。

【0007】

また、本発明に係る接合方法では、上記発明において、前記膨張規制部材は、前記第2部材が挿入される設置用挿入部を有し、前記追加加熱工程の際、当該設置用挿入部の内面にて前記第2部材の熱膨張を機械的に規制し、当該接合方法は、前記設置用挿入部と前記第2部材の外面との間に隙間を有した状態で、当該設置用挿入部に前記第2部材を挿入する第2部材設置工程と、前記第2部材設置工程の後、前記第2部材を前記第1温度よりも低い第2温度まで加熱し、当該第2部材を熱膨張させる接合前加熱工程と、前記接合前加熱工程の際、当該接合前加熱工程の後、または前記追加加熱工程の際に実施され、前記接合用挿入部に前記第1部材を挿入する第1部材挿入工程とを備え、前記追加加熱工程は、前記接合前加熱工程の後に実施されることを特徴とする。

【0008】

また、本発明に係る接合方法では、上記発明において、前記追加加熱工程及び前記冷却工程は、前記第2部材の熱膨張に対する機械的な規制が強い前記膨張規制部材に順次、変

10

20

30

40

50

更されながら、複数回、繰り返し実施されることを特徴とする。

【0009】

また、本発明に係る接合方法では、上記発明において、前記膨張規制部材は、前記第2部材が挿入される設置用挿入部を有し、前記追加加熱工程の際、当該設置用挿入部の内面にて前記第2部材の熱膨張を機械的に規制し、前記追加加熱工程及び前記冷却工程は、前記設置用挿入部の内径寸法が小さい前記膨張規制部材に順次、変更されながら、複数回、繰り返し実施されることを特徴とする。

【0010】

また、本発明に係る接合方法では、上記発明において、前記膨張規制部材の線膨張係数は、前記第2部材の線膨張係数よりも小さいことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明に係る接合方法によれば、接合対象の加工管理を容易にしつつ、所望の接合強度を得ることができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本実施の形態1に係る2つの接合対象を示す図である。

【図2】図2は、本実施の形態1に係る2つの接合対象を示す図である。

【図3A】図3Aは、本実施の形態1に係る接合装置を示す図である。

【図3B】図3Bは、本実施の形態1に係る接合装置を示す図である。

20

【図4】図4は、図3A及び図3Bに示した接合装置を利用した2つの接合対象の接合方法を示すフローチャートである。

【図5A】図5Aは、図4に示した接合方法（第2部材設置工程）を説明する図である。

【図5B】図5Bは、図4に示した接合方法（第2部材設置工程）を説明する図である。

【図6A】図6Aは、図4に示した接合方法（接合前加熱工程）を説明する図である。

【図6B】図6Bは、図4に示した接合方法（接合前加熱工程）を説明する図である。

【図7A】図7Aは、図4に示した接合方法（第1部材挿入工程）を説明する図である。

【図7B】図7Bは、図4に示した接合方法（第1部材挿入工程）を説明する図である。

【図8A】図8Aは、図4に示した接合方法（追加加熱工程）を説明する図である。

【図8B】図8Bは、図4に示した接合方法（追加加熱工程）を説明する図である。

30

【図9A】図9Aは、図4に示した接合方法（冷却工程）を説明する図である。

【図9B】図9Bは、図4に示した接合方法（冷却工程）を説明する図である。

【図10】図10は、図4に示した接合方法を実施した際の凹部の内径寸法、フランジの外径寸法、及び接合用挿入部の内径寸法の変化を示す図である。

【図11】図11は、本実施の形態1の効果の説明する図である。

【図12】図12は、本実施の形態1の効果の説明する図である。

【図13】図13は、本実施の形態1の効果の説明する図である。

【図14】図14は、本実施の形態2に係る接合方法を示すフローチャートである。

【図15A】図15Aは、図14に示した接合方法を説明する図である。

【図15B】図15Bは、図14に示した接合方法を説明する図である。

40

【図16A】図16Aは、図14に示した接合方法を説明する図である。

【図16B】図16Bは、図14に示した接合方法を説明する図である。

【図17A】図17Aは、図14に示した接合方法を説明する図である。

【図17B】図17Bは、図14に示した接合方法を説明する図である。

【図18】図18は、本実施の形態1, 2の変形例を示す図である。

【図19A】図19Aは、本実施の形態1, 2の変形例を示す図である。

【図19B】図19Bは、本実施の形態1, 2の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、実施の形態）について

50

説明する。なお、以下に説明する実施の形態によって本発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付している。

【0014】

(実施の形態1)

〔接合対象の構成〕

図1及び図2は、本発明の実施の形態1に係る2つの接合対象100を示す図である。具体的に、図1は、2つの接合対象100の斜視図である。図2は、2つの接合対象100を当該2つの接合対象100の中心軸に沿う切断面にて切断した断面図である。なお、図1及び図2では、説明の便宜上、接合対象100同士が互いに接合された状態を示している。

2つの接合対象100は、図1または図2に示すように、軸部材101と、フランジ102とで構成される。

【0015】

軸部材101は、本発明に係る第1部材に相当し、図1または図2に示すように、長尺状の略円柱部材で構成されている。そして、軸部材101は、例えば、チタン合金等で構成されている。

フランジ102は、本発明に係る第2部材に相当し、図1または図2に示すように、第1部材101が挿入される接合用挿入部1021(図1,図2)を有する略円筒状に形成されている。そして、フランジ102は、例えば、アルミ合金(線膨張係数:約 $25 \times 10^{-6} /$)等で構成されている。

【0016】

以上説明した軸部材101及びフランジ102は、図1または図2に示すように、接合用挿入部1021に軸部材101が挿入された状態で互いに接合される。

そして、互いに接合された軸部材101及びフランジ102は、例えば、超音波エネルギーを生体組織に付与して当該生体組織を処置する超音波処置具に用いられる。具体的に、互いに接合された軸部材101及びフランジ102は、超音波振動子が発生した超音波振動を一端(図1,図2中、下方側の端部)から当該生体組織に接触する他端(図1,図2中、上方側の端部)に伝達するプローブとして用いられる。

【0017】

〔接合装置の構成〕

次に、接合対象100同士を接合する接合装置1の構成について説明する。

図3A及び図3Bは、接合装置1を示す図である。具体的に、図3Aは、接合装置1を側方から見た断面図である。図3Bは、接合装置1の上面図である。なお、図3Bでは、説明の便宜上、電磁誘導加熱コイル3及び軸部材把持部4の図示を省略している。

接合装置1は、図3Aまたは図3Bに示すように、第1膨張規制部材2と、電磁誘導加熱コイル3(図3A)と、軸部材把持部4(図3A)とを備える。

【0018】

第1膨張規制部材2は、本発明に係る膨張規制部材に相当し、図3Aまたは図3Bに示すように、鉛直軸に沿って延在する円柱部材で構成されている。そして、第1膨張規制部材2は、例えば、コパール(線膨張係数:約 $5 \times 10^{-6} /$)等で構成されている。すなわち、第1膨張規制部材2は、その線膨張係数が第2部材102の線膨張係数よりも小さい材料で構成されている。

この第1膨張規制部材2において、上端部には、図3Aまたは図3Bに示すように、下端部に向けて窪む平面視円形状の凹部21が形成されている。この凹部21の内径寸法 D_j は、室温時において、フランジ102の外径寸法 D_f よりも大きく設定されている。また、凹部21の高さ寸法(第1膨張規制部材2の中心軸 $A \times j$ に沿う方向の高さ寸法)は、フランジ102の高さ寸法(円筒状のフランジ102の中心軸 $A \times f$ に沿う方向の長さ寸法)よりも大きく設定されている。

この凹部21は、フランジ102が挿入されて当該凹部21の底部に設置される部分である。すなわち、凹部21は、本発明に係る設置用挿入部に相当する。

10

20

30

40

50

また、凹部 2 1 の底部には、図 3 A または図 3 B に示すように、軸部材 1 0 1 と当該底部との機械的な干渉を避けるための挿通孔 2 1 1 が形成されている。

【 0 0 1 9 】

電磁誘導加熱コイル 3 は、膨張規制部材 2 の外周面に対して所定の隙間を有した状態で巻回されている。そして、電磁誘導加熱コイル 3 は、高周波電源（図示略）から高周波電流が供給されることにより、第 1 膨張規制部材 2 を誘導加熱する。

軸部材把持部 4 は、軸部材 1 0 1 を把持し、当該軸部材 1 0 1 を移動可能（例えば、3 次元的に移動可能）とする。

【 0 0 2 0 】

〔 接合方法 〕

次に、接合装置 1 を利用した接合対象 1 0 0 同士の接合方法について説明する。

図 4 は、接合装置 1 を利用した接合対象 1 0 0 同士の接合方法を示すフローチャートである。図 5 A、図 5 B、図 6 A、図 6 B、図 7 A、図 7 B、図 8 A、図 8 B、図 9 A、及び図 9 B は、図 4 に示した接合方法を説明する図である。具体的に、図 5 A、図 6 A、図 7 A、図 8 A、及び図 9 A は、図 3 A に対応した図である。図 5 B、図 6 B、図 7 B、図 8 B、図 9 B は、図 3 B に対応した図である。図 1 0 は、図 4 に示した接合方法を実施した際の凹部 2 1 の内径寸法 D_{jI} 、フランジ 1 0 2 の外径寸法 D_{fO} 、及び接合用挿入部 1 0 2 1 の内径寸法 D_{fI} の変化を示す図である。

【 0 0 2 1 】

なお、以下で説明する接合方法では、軸部材 1 0 1 の熱膨張による当該軸部材 1 0 1 の外径寸法 D_{sO} （図 3 A、図 3 B）の変化は、他の寸法 D_{jI} 、 D_{fO} 、 D_{fI} の変化に比較して小さいため、「0（変化しない）」としている（図 1 0）。また、図 1 0 では、凹部 2 1 の内径寸法 D_{jI} として、当該接合方法の実施前（室温時）を内径寸法 D_{jIB} とし、当該接合方法の完了後（室温時）を内径寸法 D_{jIA} としている。フランジ 1 0 2 の外径寸法 D_{fO} についても、当該接合方法の実施前（室温時）を外径寸法 D_{fOB} とし、当該接合方法の完了後（室温時）を外径寸法 D_{fOA} としている。また、接合用挿入部 1 0 2 1 の内径寸法 D_{fI} についても、当該接合方法の実施前（室温時）を内径寸法 D_{fIB} とし、当該接合方法の完了後（室温時）を内径寸法 D_{fIA} としている。さらに、以下で説明する接合方法では、図 1 0 に示すように、当該接合方法の実施前（室温時）において、軸部材 1 0 1 の外径寸法 D_{sO} を接合用挿入部 1 0 2 1 の内径寸法 D_{fI} （ D_{fIB} ）よりも大きいものとしている。

【 0 0 2 2 】

まず、作業者は、図 5 A または図 5 B に示すように、第 1 膨張規制部材 2（凹部 2 1）の中心軸 A_{xj} とフランジ 1 0 2 の中心軸 A_{xf} とが一致するように、第 1 膨張規制部材 2（凹部 2 1 内）にフランジ 1 0 2 を設置する（ステップ S 1：第 2 部材設置工程）。この状態では、室温時であり、上述したように、凹部 2 1 の内径寸法 D_{jI} （ D_{jIB} ）がフランジ 1 0 2 の外径寸法 D_{fO} （ D_{fOB} ）よりも大きいため、図 5 A または図 5 B に示すように、凹部 2 1 の内周面とフランジ 1 0 2 の外周面との間には隙間が空いた状態となる。また、作業者は、軸部材 1 0 1 を軸部材把持部 4 に設置する（図 5 A）。

【 0 0 2 3 】

次に、作業者は、高周波電源（図示略）から電磁誘導加熱コイル 3 に高周波電流を供給し、第 1 膨張規制部材 2 を誘導加熱する（ステップ S 2：接合前加熱工程）。そして、凹部 2 1 内に設置されたフランジ 1 0 2 は、第 1 膨張規制部材 2 から熱が伝達されることにより、温度上昇する。

このステップ S 2 が実施されることで、第 1 膨張規制部材 2 及びフランジ 1 0 2 は、熱膨張する（図 6 A、図 6 B）。そして、凹部 2 1 の内径寸法 D_{jI} 、フランジ 1 0 2 の外径寸法 D_{jO} 、及び接合用挿入部 1 0 2 1 の内径寸法 D_{fI} は、図 1 0 に示すように、徐々に大きくなる。

ここで、上述したように、第 1 膨張規制部材 2 の線膨張係数 α_1 は、フランジ 1 0 2 の線膨張係数 α_2 よりも小さいものである。このため、フランジ 1 0 2 の外径寸法 D_{fO} は、図

10

20

30

40

50

10に示すように、凹部21の内径寸法 D_{jI} よりも大きく変化する。一方、接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} は、フランジ102の外径寸法 D_{fO} よりも小さいため、当該外径寸法 D_{fO} よりも緩やかに変化する。

そして、ステップS2では、作業者は、フランジ102が第2温度 T_2 となるまで、第1膨張規制部材2を誘導加熱する。なお、第2温度 T_2 は、図10に示すように、接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} が軸部材101の外径寸法 D_{sO} よりも大きい状態となる温度である。

【0024】

次に、作業者は、高周波電源（図示略）から電磁誘導加熱コイル3への高周波電流の供給を停止し（第1膨張規制部材2の誘導加熱（フランジ102の加熱）を停止し）、図7Aまたは図7Bに示すように、軸部材把持部4を動作させて、フランジ102の中心軸 $A_x f$ と軸部材101の中心軸 $A_x s$ とが一致するように、軸部材101を接合用挿入部1021に挿入する（ステップS3：第1部材挿入工程）。この際、軸部材101において、接合用挿入部1021から突出した下方側の端部は、図7Aに示すように、挿通孔211に挿通される。

10

【0025】

次に、作業者は、高周波電源（図示略）から電磁誘導加熱コイル3に高周波電流を供給し、フランジ102が第1温度 T_1 となるまで、第1膨張規制部材2を改めて誘導加熱する（ステップS4：追加加熱工程）。なお、第1温度 T_1 は、図10に示すように、第2温度 T_2 よりも高い温度である。

20

このステップS4でフランジ102を第1温度 T_1 まで加熱すると、フランジ102は、以下の挙動を示す。

すなわち、フランジ102及び第1膨張規制部材2は、図8A、図8B、または図10に示すように、熱膨張する。そして、フランジ102及び第1膨張規制部材2の線膨張係数 α の差により、膨張規制温度 T_x （第1温度 T_1 よりも小さい温度（図10））になった時点で、凹部21の内径寸法 D_{jI} とフランジ102の外径寸法 D_{fO} とが一致する（凹部21の内周面にフランジ102の外周面が当接する）。

この後、フランジ102が膨張規制温度 T_x 以上になっていく過程において、フランジ102は、熱膨張しようとするが、凹部21の内周面にて機械的に規制されている。このため、フランジ2は、凹部21にて機械的に規制されていない方向、すなわち、高さ方向、及び接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} が縮径する方向に塑性変形する。そして、接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} は、図10に示すように、膨張規制温度 T_x を超えると、徐々に小さくなる。また、当該接合用挿入部1021の縮径は、軸部材101の外周面にて機械的に規制される。すなわち、接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} は、最終的に、軸部材101の外径寸法 D_{sO} に一致する。

30

【0026】

次に、作業者は、高周波電源（図示略）から電磁誘導加熱コイル3への高周波電流の供給を停止し（第1膨張規制部材2の誘導加熱（フランジ102の加熱）を停止し）、第1膨張規制部材2及びフランジ102を室温まで冷却する（ステップS5：冷却工程）。

このステップS5での冷却により、フランジ102及び第1膨張規制部材2は、図9A、図9B、または図10に示すように、収縮する。具体的に、凹部21の内径寸法 D_{jI} は、図10に破線の矢印で示したように、第1膨張規制部材2の収縮に応じて徐々に小さくなり、最終的に、当該接合方法の実施前の内径寸法 D_{jIB} と同一の内径寸法 D_{jIA} となる。また、フランジ102の外径寸法 D_{fO} は、図10に破線の矢印で示したように、当該フランジ102の収縮に応じて徐々に小さくなり、最終的に、当該接合方法の実施前の外径寸法 D_{fOB} よりも小さい外径寸法 D_{fOA} となる。さらに、接合用挿入部1021の内径寸法 D_{fI} は、図10に破線の矢印で示したように、当該フランジ102の収縮に応じて徐々に小さくしようとしますが、当該収縮が軸部材101の外周面にて機械的に規制されているため、最終的に、軸部材101の外径寸法 D_{sO} に一致した内径寸法 D_{fIA} を維持する。

40

50

以上の工程により、軸部材 101 及びフランジ 102 は、互いに接合される。

【0027】

以上説明した本実施の形態 1 に係る接合方法では、以下の効果を有する。

図 11 ないし図 13 は、本実施の形態 1 の効果を説明する図である。具体的に、図 11 及び図 12 は、図 10 に対応した図であって、接合用挿入部 1021 に軸部材 101 を挿入せずに（第 1 部材挿入工程 S3 を省略して）図 4 に示した接合方法を実施した場合での凹部 21 の内径寸法 D_{jI} 、フランジ 102 の外径寸法 D_{fO} 、及び接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} の変化を示す図である。また、図 11 では、図 10 と同様に、当該接合方法の実施前（室温時）において、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} (D_{fIB}) よりも大きいものとしている。一方、図 12 では、当該接合方法の実施前（室温時）において、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} (D_{fIB}) よりも小さいものとしている。図 13 は、接合用挿入部 1021 に軸部材 101 を挿入せずに、第 1 膨張規制部材 2 を用いない従来の焼き嵌めを実施した場合でのフランジ 102 の外径寸法 D_{fO} 、及び接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} の変化を示す図である。

10

【0028】

ここで、軸部材 101 とフランジ 102 との接合強度を示す締め代について考察する。

本来、締め代は、接合前（室温時）において、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} から接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fIB} を差し引いた寸法（寸法 D_{sO} - 寸法 D_{fIB} ）で定義することができる（以下、第 1 定義と記載）。しかしながら、本実施の形態 1 では、接合方法の過程（追加加熱工程 S4）で、接合用挿入部 1021 を縮径する方向に塑性変形させているため、締め代を第 1 定義とは異なる定義で考える必要がある。

20

【0029】

具体的に、従来の焼き嵌めでは、第 1 膨張規制部材 2 を用いない。このため、接合用挿入部 1021 は、縮径する方向に塑性変形しない。すなわち、接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} は、接合用挿入部 1021 に軸部材 101 が挿入されていなければ、図 13 に示すように、従来の焼き嵌めを実施する前の内径寸法 D_{fIB} と、従来の焼き嵌めを完了した後の内径寸法 D_{fIA} とが同一となる。このため、従来の焼き嵌めでは、軸部材 101 とフランジ 102 との接合強度を示す締め代を第 1 定義で考えればよい。

【0030】

一方、本実施の形態 1 の接合方法では、第 1 膨張規制部材 2 を用いているため、接合用挿入部 1021 は、追加加熱工程 S4 において、縮径する方向に塑性変形する（図 11）。すなわち、接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} は、接合用挿入部 1021 に軸部材 101 が挿入されていなければ、図 11 に示すように、当該接合方法を実施する前の内径寸法 D_{fIB} よりも当該接合方法を完了した後の内径寸法 D_{fIA} が小さくなる。このため、本実施の形態 1 の接合方法では、軸部材 101 とフランジ 102 との接合強度を示す締め代の定義として、接合方法を完了した後（室温時）において、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} から接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fIA} を差し引いた寸法（寸法 D_{sO} - 寸法 D_{fIA} ）とする第 2 定義を採用する必要がある。

30

【0031】

そして、図 11 及び図 13 を比較して分かるように、同一の材料及び寸法で構成された軸部材 101 及びフランジ 102 を本実施の形態 1 に係る接合方法（図 11）、及び従来の焼き嵌め（図 13）でそれぞれ互いに接合した場合には、本実施の形態 1 に係る接合方法の締め代（第 2 定義（寸法 D_{sO} - 寸法 D_{fIA} ））は、従来の焼き嵌めの締め代（第 1 定義（寸法 D_{sO} - 寸法 D_{fIB} ））よりも大きくなる。このため、本実施の形態 1 に係る接合方法を採用すれば、従来の焼き嵌めに比較して、軸部材 101 とフランジ 102 との接合強度を向上させることができる。

40

【0032】

ここで、従来の焼き嵌めでは、当該焼き嵌めを実施する前（室温時）において、接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fIB} が軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} よりも大きいフラン

50

ジ 1 0 2 を用いた場合には、締め代（第 1 定義）を確保することができない。このため、軸部材 1 0 1 とフランジ 1 0 2 とを互いに接合することができない。

これに対して、本実施の形態 1 の接合方法では、追加加熱工程 S 4 において、接合用挿入部 1 0 2 1 を縮径する方向に塑性変形させる。このため、図 1 2 に示すように、当該接合方法を実施する前（室温時）において、接合用挿入部 1 0 2 1 の内径寸法 $D f I B$ が軸部材 1 0 1 の外径寸法 $D s O$ よりも大きいフランジ 1 0 2 を用いた場合であっても、十分な締め代（第 2 定義（寸法 $D s O$ - 寸法 $D f I A$ ））を確保することができる。すなわち、軸部材 1 0 1 とフランジ 1 0 2 とを互いに接合することができる。したがって、第 1 定義の締め代で考えた場合には、締め代（第 1 定義）がマイナスの値でも軸部材 1 0 1 とフランジ 1 0 2 とを接合することができ、当該締め代（第 1 定義）の範囲が広がる。すな

10

わち、軸部材 1 0 1 とフランジ 1 0 2 との加工公差を狭い範囲で管理する必要がない。

以上のことから、本実施の形態 1 に係る接合方法によれば、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 の加工管理を容易にしつつ、所望の接合強度を得ることができる、という効果を奏する。

【 0 0 3 3 】

（実施の形態 2）

次に、本発明の実施の形態 2 について説明する。

以下の説明では、上述した実施の形態 1 と同様の構成には同一符号を付し、その詳細な説明は省略または簡略化する。

本実施の形態 2 に係る接合方法では、上述した実施の形態 1 で説明した接合方法により軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した後、当該接合した接合ワークに対して、再度、追加加熱工程及び冷却工程を実施する点が異なる。

20

以下、本実施の形態 2 に係る接合方法について説明する。

【 0 0 3 4 】

〔接合方法〕

図 1 4 は、本実施の形態 2 に係る接合方法を示すフローチャートである。図 1 5 A、図 1 5 B、図 1 6 A、図 1 6 B、図 1 7 A、及び図 1 7 B は、図 1 4 に示した接合方法を説明する図である。具体的に、図 1 5 A、図 1 6 A、及び図 1 7 A は、図 3 A に対応した図である。図 1 5 B、図 1 6 B、及び図 1 7 B は、図 3 B に対応した図である。

本実施の形態 2 に係る接合方法は、図 1 4 に示すように、上述した実施の形態 1 で説明した接合方法（図 4）に対して、ステップ S 1 A、S 4 A、S 5 A が追加されている点が異なるのみである。このため、以下では、ステップ S 1 A、S 4 A、S 5 A のみを順に説明する。

30

【 0 0 3 5 】

〔ステップ S 1 A〕

ステップ S 1 A（接合ワーク設置工程）は、ステップ S 5 の後に実施される。

具体的に、作業者は、ステップ S 1 A において、図 1 5 A または図 1 5 B に示すように、ステップ S 1 ~ S 5 で用いた第 1 膨張規制部材 2 を第 2 膨張規制部材 2 A に変更する。

ここで、第 2 膨張規制部材 2 A は、本発明に係る膨張規制部材に相当する。この第 2 膨張規制部材 2 A は、第 1 膨張規制部材 2 と同一の材料で構成され、第 1 膨張規制部材 2 に対して、凹部 2 1 とは内径寸法が異なる凹部 2 1 A（本発明に係る設置用挿入部）を有している点が異なるのみである。なお、凹部 2 1 A の内径寸法 $D j I'$ （図 1 5 B）は、室温時において、凹部 2 1 の内径寸法 $D j I$ よりも小さく、ステップ S 5 を実施した後のフランジ 1 0 2 の外径寸法 $D f O$ （ $D f O A$ ）よりも大きく設定されている。

40

また、作業者は、図 1 5 A に示すように、ステップ S 1 ~ S 5 により軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 が互いに接合された接合ワーク W を軸部材把持部 4 に設置する。そして、作業者は、図 1 5 A または図 1 5 B に示すように、軸部材把持部 4 を動作させて、接合ワーク W の中心軸 $A x f$ 、 $A x s$ と第 2 膨張規制部材 2 A（凹部 2 1 A）の中心軸 $A x j$ とが一致するように、第 2 膨張規制部材 2 A（凹部 2 1 A 内）に接合ワーク W を設置する。この状態では、室温時であり、上述したように、凹部 2 1 A の内径寸法 $D j I'$ は、フラ

50

ンジ 102 の外径寸法 D_{fO} (D_{fOA}) よりも大きいため、図 15 A または図 15 B に示すように、凹部 21 A の内周面とフランジ 102 の外周面との間には隙間が空いた状態となる。

【0036】

〔ステップ S4 A〕

ステップ S4 A (追加加熱工程) は、ステップ S1 A の後に実施される。

具体的に、作業者は、ステップ S4 A において、ステップ S4 と同様に、フランジ 102 が第 1 温度 T_1 となるまで第 2 膨張規制部材 2 A を誘導加熱し、図 16 A または図 16 B に示すように、フランジ 102 を熱膨張させる。

なお、ステップ S4 A での第 1 温度 T_1 は、ステップ S4 での第 1 温度 T_1 と同一であってもよく、あるいは、異なる温度であっても構わない。具体的に、ステップ S4 A での第 1 温度 T_1 は、フランジ部 102 及び第 2 膨張規制部材 2 A の熱膨張に応じて、凹部 21 A の内径寸法 $D_{jI'}$ とフランジ 102 の外径寸法 D_{fO} とが一致する膨張規制温度を超える温度であればよい。

10

上述したように、凹部 21 A の内径寸法 $D_{jI'}$ は、凹部 21 の内径寸法 D_{jI} よりも小さく設定されている。このため、ステップ S4 A を実施することで、フランジ 102 の熱膨張は、ステップ S4 の時よりも、第 2 膨張規制部材 2 A (凹部 21 A) の内周面にてより強く機械的に規制される。すなわち、接合用挿入部 1021 に縮径しようとする力がさらに働くこととなる。

【0037】

20

〔ステップ S5 A〕

ステップ S5 A (冷却工程) は、ステップ S4 A の後に実施される。

具体的に、作業者は、ステップ S5 A において、ステップ S5 と同様に、第 2 膨張規制部材 2 A の誘導加熱を停止して第 2 膨張規制部材 2 A 及びフランジ 102 を室温まで冷却し、図 17 A または図 17 B に示すように、フランジ 102 を収縮させる。このステップ S5 A を実施することで、フランジ 102 の収縮により、接合用挿入部 1021 に縮径しようとする力がさらに働くこととなる。

【0038】

以上説明した本実施の形態 2 に係る接合方法によれば、上述した実施の形態 1 と同様の効果を奏する。

30

また、本実施の形態 2 に係る接合方法では、ステップ S1 ~ S5 により軸部材 101 及びフランジ 102 が互いに接合された接合ワーク W に対して、追加加熱工程 S4 で用いた第 1 膨張規制部材 2 における凹部 21 の内径寸法 D_{jI} よりも小さい内径寸法 $D_{jI'}$ の凹部 21 A を有する第 2 膨張規制部材 2 A を用いて、改めて追加加熱工程 S4 A 及び冷却工程 S5 A を実施する。このため、ステップ S1 ~ S5 で得られた接合強度よりも高い接合強度を得ることができる。

また、ステップ S1 ~ S5 で所望の接合強度を得ることができていなくても、追加加熱工程 S4 A 及び冷却工程 S5 A により接合強度を向上させることで所望の接合強度を得ることが可能となる。このため、第 1 定義の締め代で考えた場合には、当該締め代 (第 1 定義) の範囲をさらに広くすることができる。すなわち、軸部材 101 とフランジ 102 との加工公差を狭い範囲で管理する必要がなく、軸部材 101 及びフランジ 102 の加工管理をさらに容易とする。

40

【0039】

ここで、上述した実施の形態 1 において、第 1 膨張規制部材 2 の代わりに第 2 膨張規制部材 2 A を用いて接合方法 (図 4) を実施することも考えられる。

この場合には、凹部 21 A の内径寸法 $D_{jI'}$ が小さいため、加熱温度の低い段階で、フランジ 2 の熱膨張が第 2 膨張規制部材 2 A (凹部 21 A) の内周面にて機械的に規制され、接合用挿入部 1021 の縮径が始まる。その結果、接合用挿入部 1021 は、あまり拡がることできない。そして、第 1 定義の締め代で考えた場合には、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代 (第 1 定義) の上限が小さくなる。また、

50

冷却後の接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} はより小さくなるため、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代（第 1 定義）の下限は小さくなる。結果的に、凹部 21A の内径寸法 D_{jI} の小さい第 2 膨張規制部材 2A を用いたとしても、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代（第 1 定義）の範囲や、所望の接合強度を得ることができる締め代（第 1 定義）の範囲は第 1 膨張規制部材 2 を用いた場合とほとんど変わらない。

そして、第 1 膨張規制部材 2 の代わりに第 2 膨張規制部材 2A を用いて接合方法（図 4）を実施するよりも、本実施の形態 2 に係る接合方法のように、ステップ S1 ~ S5 により軸部材 101 及びフランジ 102 が互いに接合された接合ワーク W に対して、改めて追加加熱工程 S4A 及び冷却工程 S5A を実施した方が、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代（第 1 定義）の範囲や、所望の接合強度を得ることができる締め代（第 1 定義）の範囲を広くすることができる。

【0040】

（実施例）

次に、本発明の効果を具体的な実施例に基づいて説明する。

〔実施例 1〕

本実施例 1 では、以下の材料及び寸法で構成された軸部材 101 及びフランジ 102 を用い、上述した実施の形態 1 で説明した接合方法（図 4）により、軸部材 101 及びフランジ 102 を互いに接合した。以下、説明の便宜上、上述した実施の形態 1 で説明した接合方法（図 4）を単発接合方法と記載する。

軸部材 101 を構成する材料：チタン合金

軸部材 101 における接合部位の長さ：4 mm

軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} ：3.52 mm

フランジ 102 を構成する材料：アルミ合金（A7075）

接合用挿入部 1021 の外径寸法 D_{fO} ：6 mm

接合用挿入部 1021 の内径寸法 D_{fI} （ D_{fIB} ）：3.5 mm

凹部 21 の内径寸法 D_{jI} ：6.03 mm

なお、接合前加熱工程 S2 での第 2 温度 T_2 は、300 に設定した。また、追加加熱工程 S4 での第 1 温度 T_1 は、450 に設定した。

【0041】

〔実施例 2〕

本実施例 2 では、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を 3.51 mm とした以外は、上述した実施例 1 と同一材料及び寸法で構成された軸部材 101 及びフランジ 102 を用い、上述した実施例 1 と同様の単発接合方法により、軸部材 101 及びフランジ 102 を互いに接合した。

【0042】

〔実施例 3〕

本実施例 3 では、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を 3.50 mm とした以外は、上述した実施例 1 と同一材料及び寸法で構成された軸部材 101 及びフランジ 102 を用い、上述した実施例 1 と同様の単発接合方法により、軸部材 101 及びフランジ 102 を互いに接合した。

【0043】

〔実施例 4〕

本実施例 4 では、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を 3.49 mm とした以外は、上述した実施例 1 と同一材料及び寸法で構成された軸部材 101 及びフランジ 102 を用い、上述した実施例 1 と同様の単発接合方法により、軸部材 101 及びフランジ 102 を互いに接合した。

【0044】

〔実施例 5〕

本実施例 5 では、軸部材 101 の外径寸法 D_{sO} を 3.48 mm とした以外は、上述し

10

20

30

40

50

た実施例 1 と同一材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施例 1 と同様の単発接合方法により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

【 0 0 4 5 】

〔 実施例 6 〕

本実施例 6 では、上述した実施例 1 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施の形態 2 で説明した接合方法（図 1 4 ）により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。以下、説明の便宜上、上述した実施の形態 2 で説明した接合方法（図 1 4 ）を繰返し接合方法と記載する。

なお、凹部 2 1 A の内径寸法 D_{jI} は、6 . 0 1 mm に設定した。また、追加加熱工程 S 4 A での第 1 温度 T 1 は、4 5 0 に設定した。

10

【 0 0 4 6 】

〔 実施例 7 〕

本実施例 7 では、上述した実施例 2 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施例 6 と同様の繰返し接合方法により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

【 0 0 4 7 】

〔 実施例 8 〕

本実施例 8 では、上述した実施例 3 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施例 6 と同様の繰返し接合方法により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

20

【 0 0 4 8 】

〔 実施例 9 〕

本実施例 9 では、上述した実施例 4 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施例 6 と同様の繰返し接合方法により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

【 0 0 4 9 】

〔 実施例 1 0 〕

本実施例 1 0 では、上述した実施例 5 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した実施例 6 と同様の繰返し接合方法により、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

30

【 0 0 5 0 】

〔 比較例 1 〕

本比較例 1 では、上述した実施例 1 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、第 1 , 第 2 膨張規制部材 2 , 2 A を用いない従来の焼き嵌めにより、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

【 0 0 5 1 】

〔 比較例 2 〕

本比較例 2 では、上述した実施例 2 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した比較例 1 と同様の従来の焼き嵌めにより、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

40

【 0 0 5 2 】

〔 比較例 3 〕

本比較例 3 では、上述した実施例 3 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した比較例 1 と同様の従来の焼き嵌めにより、軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を互いに接合した。

【 0 0 5 3 】

〔 比較例 4 〕

本比較例 4 では、上述した実施例 4 と同一の材料及び寸法で構成された軸部材 1 0 1 及びフランジ 1 0 2 を用い、上述した比較例 1 と同様の従来の焼き嵌めにより、軸部材 1 0

50

1及びフランジ102を互いに接合した。

【0054】

〔比較例5〕

本比較例5では、上述した実施例5と同一の材料及び寸法で構成された軸部材101及びフランジ102を用い、上述した比較例1と同様の従来の焼き嵌めにより、軸部材101及びフランジ102を互いに接合した。

【0055】

〔評価及び結果〕

評価方法としては、実施例1～10及び比較例1～5にて互いに接合された軸部材101及びフランジ102の一方を固定し、中心軸Axf, Axsを中心として他方を回転させ、当該他方が当該一方から外れた時の力(回転方向接合強度(N・m))をそれぞれ測定した。なお、測定装置の測定レンジが3N・mまでであったため、回転方向接合強度としては、3N・m以上を測定していない。また、所望の回転方向接合強度は、3N・m以上である。そして、結果は、以下の表1に示す通りである。

【0056】

【表1】

	軸部材の 外径寸法	締め代 (第1定義)	接合方法	回転方向接合強度
実施例1	3.52mm	0.02mm	単発接合方法	3N・m以上
実施例2	3.51mm	0.01mm		3N・m以上
実施例3	3.50mm	0mm		3N・m以上
実施例4	3.49mm	-0.01mm		2.6N・m
実施例5	3.48mm	-0.02mm		1.1N・m
実施例6	3.52mm	0.02mm	繰返し接合方法	3N・m以上
実施例7	3.51mm	0.01mm		3N・m以上
実施例8	3.50mm	0mm		3N・m以上
実施例9	3.49mm	-0.01mm		3N・m以上
実施例10	3.48mm	-0.02mm		3N・m以上
比較例1	3.52mm	0.02mm	従来の焼き嵌め	1.6N・m
比較例2	3.51mm	0.01mm		1.4N・m
比較例3	3.50mm	0mm		接合不可
比較例4	3.49mm	-0.01mm		接合不可
比較例5	3.48mm	-0.02mm		接合不可

【0057】

〔従来の焼き嵌めの結果〕

従来の焼き嵌めでは、表1に示すように、軸部材101の外径寸法DsOが接合用挿入部1021の内径寸法DfIB以下の場合(比較例3～5)には、軸部材101とフランジ102とを接合することができなかった。また、比較例1,2では、軸部材101とフランジ102とを接合することができたが、所望の回転方向接合強度(3N・m以上)を得ることはできなかった。

すなわち、第1定義の締め代で考えた場合には、従来の焼き嵌めにおいて、軸部材101とフランジ102とを接合することができる締め代(第1定義)の範囲は、0.01～0.02mmである。

【0058】

〔単発接合方法の結果〕

本発明の単発接合方法では、表 1 に示すように、全ての実施例 1 ~ 5 において、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができた。しかしながら、実施例 4, 5 では、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができたが、所望の回転方向接合強度 (3 N・m 以上) を得ることはできなかった。

すなわち、第 1 定義の締め代で考えた場合には、本発明の単発接合方法において、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代 (第 1 定義) の範囲は、-0.02mm ~ 0.02mm であり、従来の焼き嵌めに対して広がった。また、所望の回転方向接合強度 (3 N・m 以上) を得ることができる締め代 (第 1 定義) の範囲は、0 ~ 0.02mm であり、従来の焼き嵌めに対して広がった。

10

【0059】

〔繰返し接合方法の結果〕

本発明の繰返し接合方法では、表 1 に示すように、全ての実施例 6 ~ 10 において、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができ、さらに、所望の回転方向接合強度 (3 N・m 以上) を得ることができた。

すなわち、第 1 定義の締め代で考えた場合には、本発明の繰返し接合方法において、軸部材 101 とフランジ 102 とを接合することができる締め代 (第 1 定義) の範囲、及び所望の回転方向接合強度 (3 N・m 以上) を得ることができる締め代 (第 1 定義) の範囲は、-0.02mm ~ 0.02mm である。すなわち、本発明の繰返し接合方法では所望の回転方向接合強度 (3 N・m 以上) を得ることができる締め代 (第 1 定義) の範囲は、単発接合方法に対して広がった。

20

【0060】

(その他の実施の形態)

ここまで、本発明を実施するための形態を説明したが、本発明は上述した実施の形態によってのみ限定されるべきものではない。

上述した実施の形態 1, 2 では、第 1, 第 2 膨張規制部材 2, 2A は、フランジ 102 の熱膨張を機械的に規制する際、フランジ 102 の外周面を機械的に規制していたが、これに限らない。フランジ 102 の熱膨張を機械的に規制し、接合用挿入部 1021 を縮径する方向に塑性変形することができれば、例えば、フランジ 102 の上端面及び下端面を機械的に規制する構成を採用しても構わない。

30

【0061】

上述した実施の形態 1, 2 において、接合装置 1 を用い、従来の焼き嵌めを実施した接合ワーク (例えば、比較例 1, 2 で互いに接合した軸部材 101 及びフランジ 102) に対して、追加加熱工程 S4 (S4A) 及び冷却工程 S5 (S5A) を実施しても構わない。このように従来の焼き嵌めを実施した接合ワークに対して追加加熱工程及び冷却工程を実施する接合方法も本発明に含まれるものである。

【0062】

上述した実施の形態 1, 2 において、軸部材 101、フランジ 102、及び第 1, 第 2 膨張規制部材 2, 2A を構成する材料は、上述した実施の形態 1, 2 で説明した材料に限らない。第 1, 第 2 膨張規制部材 2, 2A の線膨張係数がフランジ 102 の線膨張係数よりも小さい条件を満たしていれば、第 1, 第 2 膨張規制部材 2, 2A 及びフランジ 102 を構成する材料は、いずれの材料を用いても構わない。

40

また、第 2 膨張規制部材 2A は、第 1 膨張規制部材 2 と比較してフランジ 102 の熱膨張に対する機械的な規制が強い構成であれば、その材料 (線膨張係数) 及び寸法を第 1 膨張規制部材 2 と異なる構成としても構わない。

【0063】

上述した実施の形態 1, 2 では、第 1 部材挿入工程 S3 は、フランジ 102 が第 2 温度 T2 に達した後に実施していたが、これに限らない。フランジ 102 の熱膨張により、接合用挿入部 1021 の内径寸法 DfI が軸部材 101 の外径寸法 DsO よりも大きい状態であれば、いずれのタイミングで第 1 部材挿入工程 S3 を実施しても構わない。すなわち

50

、第1部材挿入工程S3は、接合前加熱工程S2の際や、追加加熱工程S4の際に実施しても構わない。

【0064】

上述した実施の形態1,2において、フランジ102を加熱する手段として、電磁誘導加熱コイル3を採用していたが、これに限らず、電磁誘導以外の方法でフランジ102を直接あるいは間接的に加熱する構成を採用しても構わない。

【0065】

上述した実施の形態2では、追加加熱工程及び冷却工程を2回、繰り返し実施していたが、これに限らず、3回以上、繰り返し実施しても構わない。この際、上述した実施の形態2で説明したように、後段の追加加熱工程において、前段の追加加熱工程よりもフランジ102の熱膨張に対する機械的な規制が強い膨張規制部材に順次、変更する。

10

【0066】

図18は、本実施の形態1,2の変形例を示す図である。具体的に、図18は、図3Aに対応した図である。

上述した実施の形態1,2で説明した接合装置1の代わりに、図18に示した接合装置1Bを採用しても構わない。

本変形例に係る接合装置1Bは、図18に示すように、上述した実施の形態1,2で説明した電磁誘導加熱コイル3及び軸部材把持部4の他、膨張規制部材2Bと、載置台5とを備える。

膨張規制部材2Bは、上述した実施の形態1で説明した第1,第2膨張規制部材2,2Aに対して、凹部21,21Aを下端まで貫通させた点のみである。

20

そして、凹部21,21Aを下端まで貫通させた部分は、当該凹部21,21Aと同様に、内周面にてフランジ102の熱膨張を機械的に規制する部分であり、本発明に係る設置用挿入部21Bに相当する。

載置台5は、上述した実施の形態1で説明した第1,第2膨張規制部材2,2Aにおける凹部21,21Aの底部に相当し、フランジ102が載置される部分である。そして、載置台5には、凹部21,21Aの底部に形成された挿通孔211に対応した挿通孔51を有する。

【0067】

図19A及び図19Bは、本実施の形態1,2の変形例を示す図である。具体的に、図19Aは、図3Aに対応した図である。図19Bは、図3Bに対応した図である。

30

上述した実施の形態1,2で説明したフランジ102の代わりに、図19Aまたは図19Bに示したフランジ102Cを採用しても構わない。

本変形例に係るフランジ102Cは、上述した実施の形態1,2で説明したフランジ102に対して、接合用挿入部1021を下端まで貫通しない凹部1021Cで構成した点のみである。なお、凹部1021Cは、軸部材101が挿入される部分であり、本発明に係る接合用挿入部に相当する。

【0068】

また、上述したフランジ102Cを採用した場合には、上述した実施の形態1,2で説明した接合装置1の代わりに、図19Aまたは図19Bに示した接合装置1Cを採用しても構わない。

40

本変形例に係る接合装置1Cは、図19Aまたは図19Bに示すように、上述した実施の形態1,2で説明した電磁誘導加熱コイル3及び軸部材把持部4の他、膨張規制部材2Cを備える。

膨張規制部材2Cは、図19Aに示すように、有底円筒形状を有する。そして、膨張規制部材2Cは、底部が上方に位置し、フランジ102Cの上端部を覆うように設置される。すなわち、膨張規制部材2Cの内面は、上述した実施の形態1で説明した第1,第2膨張規制部材2,2Aの凹部21,21Aと同様に、フランジ102の熱膨張を機械的に規制する部分であり、本発明に係る設置用挿入部21Cに相当する。

また、膨張規制部材2Cの底部には、当該膨張規制部材2Cの内外を貫通し、当該膨張

50

規制部材 2 C の外部から内部に向けて軸部材 1 0 1 を挿通するための設置用挿通孔 2 2 が形成されている。

【符号の説明】

【 0 0 6 9 】

1 , 1 B , 1 C 接合装置

2 , 2 A 第 1 , 第 2 膨張規制部材 (膨張規制部材)

2 B , 2 C 膨張規制部材

3 電磁誘導加熱コイル

4 軸部材把持部

5 載置台

10

2 1 , 2 1 A 凹部 (設置用挿入部)

2 1 B , 2 1 C 設置用挿入部

2 2 設置用挿通孔

5 1 挿通孔

1 0 0 接合対象

1 0 1 軸部材

1 0 2 , 1 0 2 C フランジ

2 1 1 挿通孔

1 0 2 1 接合用挿入部

1 0 2 1 C 凹部 (接合用挿入部)

20

A x f , A x j , A x s 中心軸

D f I , D f I A , D f I B 接合用挿入部の内径寸法

D f O , D f O A , D f O B フランジの外径寸法

D j I , D j I A , D j I B , D j I ' 凹部の内径寸法

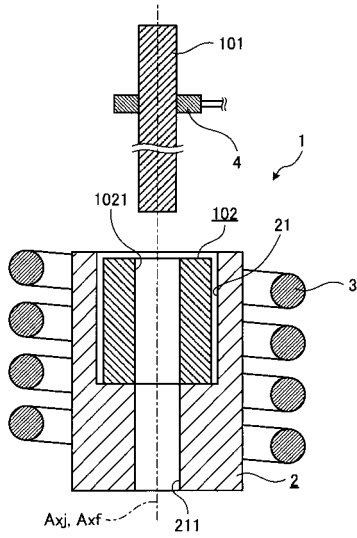
D s O 軸部材の外径寸法

T 1 , T 2 第 1 , 第 2 温度

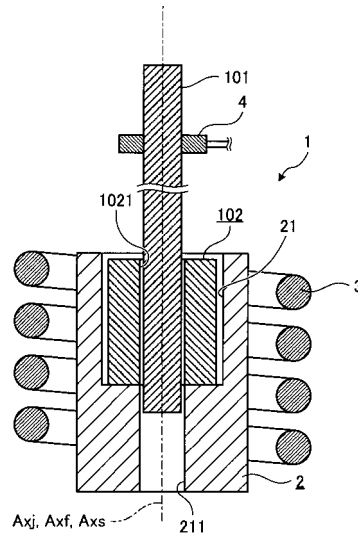
T x 膨張規制温度

W 接合ワーク

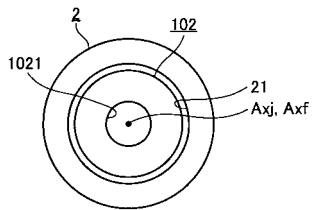
【 図 6 A 】



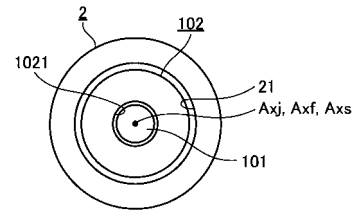
【 図 7 A 】



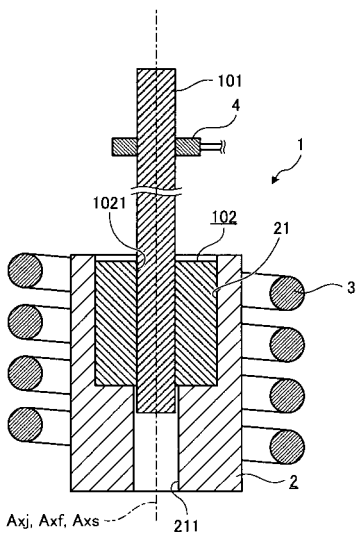
【 図 6 B 】



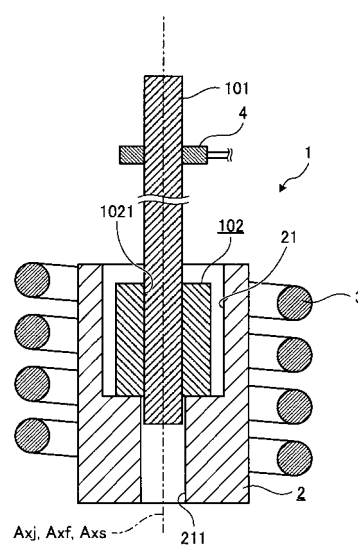
【 図 7 B 】



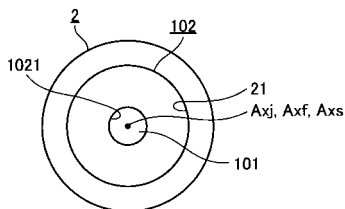
【 図 8 A 】



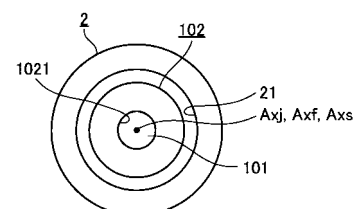
【 図 9 A 】



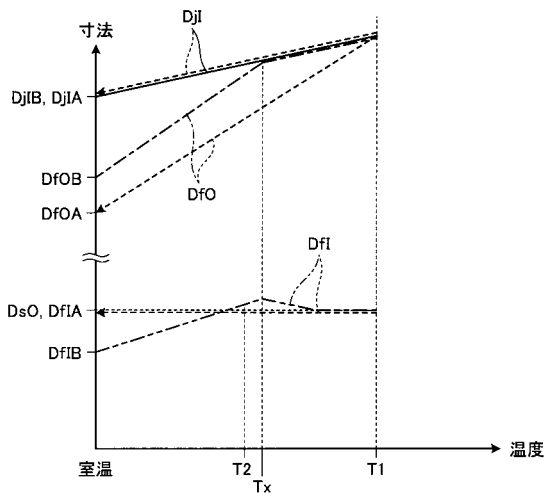
【 図 8 B 】



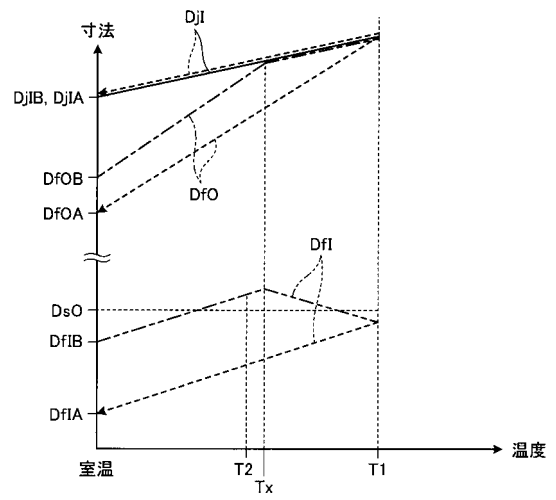
【 図 9 B 】



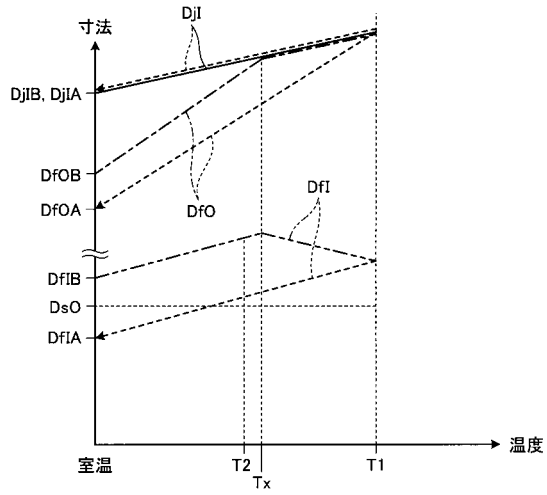
【 図 1 0 】



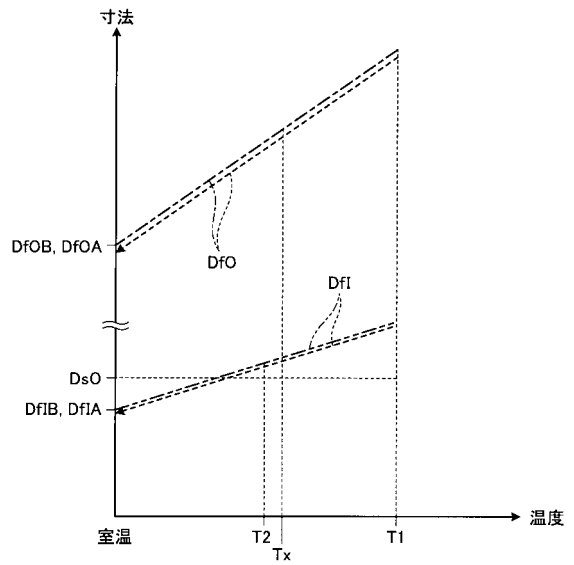
【 図 1 1 】



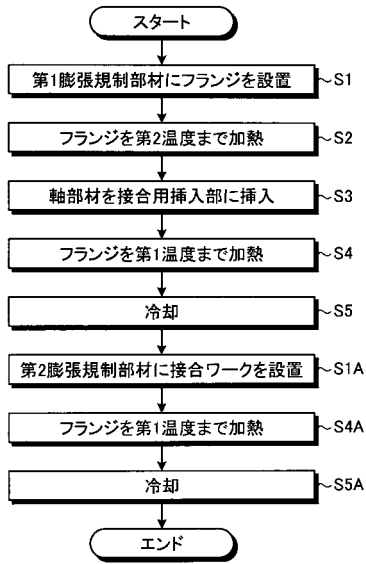
【 図 1 2 】



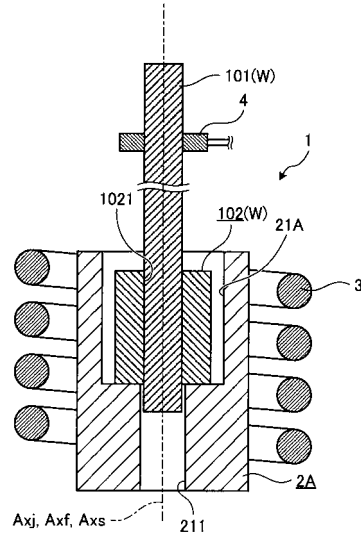
【 図 1 3 】



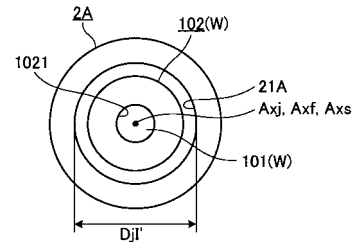
【 図 1 4 】



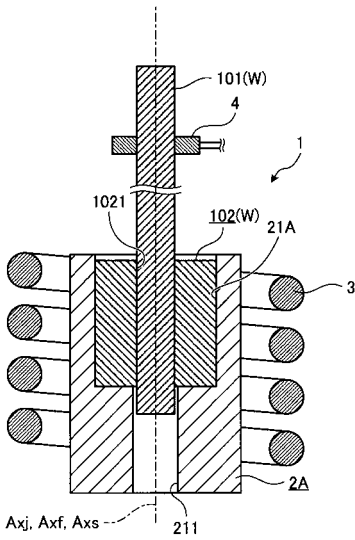
【 図 1 5 A 】



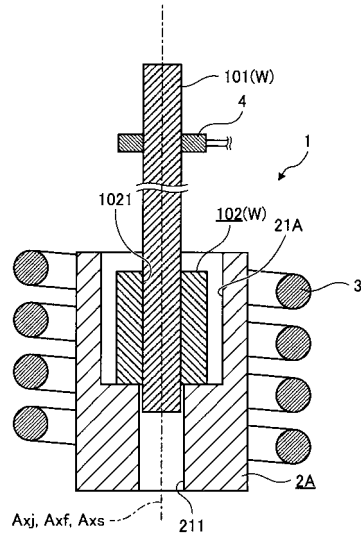
【 図 1 5 B 】



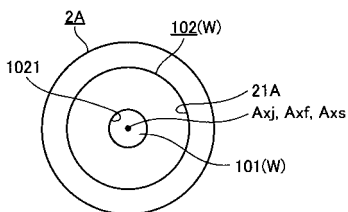
【 図 1 6 A 】



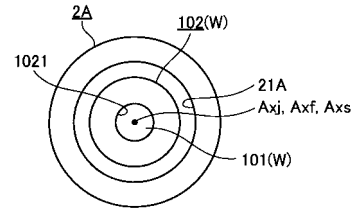
【 図 1 7 A 】



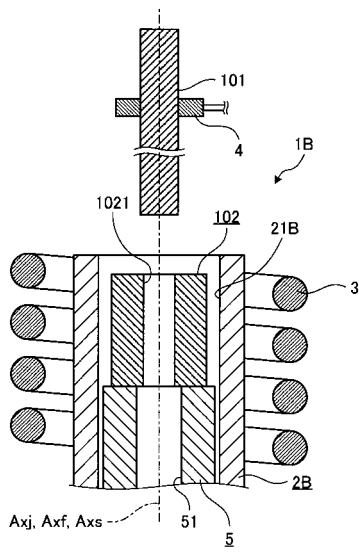
【 図 1 6 B 】



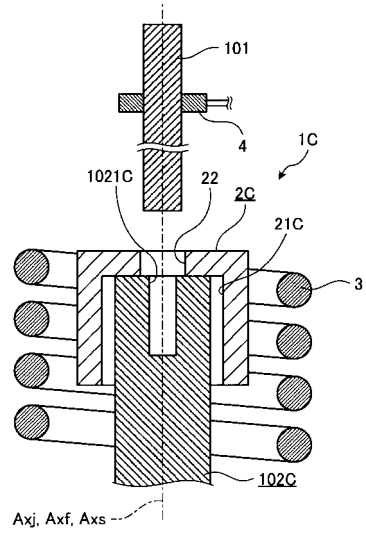
【 図 1 7 B 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 A 】



【 図 1 9 B 】

