

(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2020-9603

(P2020-9603A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl.
H05B 6/10 (2006.01)F I
H05B 6/10 381テーマコード (参考)
3K059

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-128861 (P2018-128861)
(22) 出願日 平成30年7月6日(2018.7.6)(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100103894
弁理士 冢入 健
(72) 発明者 枝 直之
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 松本 悠介
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
Fターム(参考) 3K059 AB28 AD05 CD64 CD65

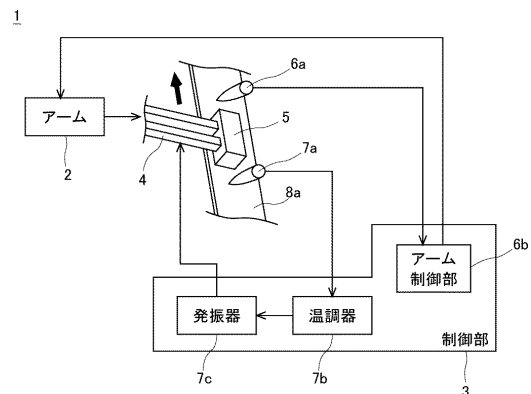
(54) 【発明の名称】誘導加熱装置

(57) 【要約】

【課題】フランジの幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつ、R部を有するフランジを加熱可能な誘導加熱装置を提供する。

【解決手段】端部にコイル4が接続されたアーム2と、アーム2を操作するアーム制御部6bと、を備え、R部を有するフランジ8aの表面に、コイル4が沿うようにアーム2を操作し、コイル4を用いてフランジ8aを加熱する誘導加熱装置1であって、コイル4の先端部には、磁性体である磁性コア5が接続され、アーム制御部6bは、磁性コア5をフランジ8aの縁部よりもフランジ8aの根元側に配置した状態、かつ、前記R部の内側から前記R部の外側に向かって、コイル4がフランジ8aに近づくように傾斜させた状態で、コイル4が前記R部に沿うようにアーム2を操作する、誘導加熱装置。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

端部にコイルが接続されたアームと、前記アームを操作するアーム制御部と、を備え、
R 部を有するフランジの表面に、前記コイルが沿うように前記アームを操作し、前記コイルを用いて前記フランジを加熱する誘導加熱装置であって、

前記コイルの先端部には、磁性体である磁性コアが接続され、

前記アーム制御部は、前記磁性コアを前記フランジの縁部よりも前記フランジの根元側に配置した状態、かつ、前記 R 部の内側から前記 R 部の外側に向かって、前記コイルが前記フランジに近づくように傾斜させた状態で、前記コイルが前記 R 部に沿うように前記アームを操作する、誘導加熱装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、誘導加熱装置に関する。

【背景技術】

【0002】

金属体を焼き戻す装置として、コイルを用いて金属体を加熱する装置が知られている。

例えば、特許文献 1 には、R 部を形成される金属体の周囲に配置された環状のコイルを用いて金属体を加熱する装置が開示されている。特許文献 1 に開示されている技術では、R 部の外側を形成する縁部におけるコイルの移動量を、R 部の内側を形成する縁部におけるコイルの移動量に比較して、小さく設定し、R 部の外側を形成する縁部の温度を R 部の内側を形成する縁部の温度よりも高めている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009 - 148780 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、金属体に R 部を有するフランジを設けることがある。R 部を有するフランジを焼き戻す際には、例えば、フランジを挟み込むように設けられた一对の突出部を有するコイルを用いてフランジを加熱する。しかしながら、一对の突出部を有するコイルを用いて R 部を有するフランジを焼き戻す場合、以下の問題が発生する。以下、図 17 及び図 18 を参照して、本発明の課題について説明する。

30

【0005】

図 17 は、一对の突出部を有するコイルの平面図である。コイル 104 は、フランジ 108 を加熱する。図 17 に示すように、フランジ 108 は、R 部を有する。図 18 は、図 15 の X V I I I - X V I I I 線に沿う断面図である。図 18 に示すように、コイル 104 は、フランジ 108 を挟み込むように設けられた一对の突出部 104a を有する。図 17 に示す矢印は、コイル 104 の送り方向を示す。

40

【0006】

コイル 104 は、図示しないアームを用いて操作される。図示しないアームは、コイル 104 の軌跡が円弧となるようにコイル 104 を操作する。したがって、R 部の外側におけるコイル 104 の単位時間当りの移動量は、R 部の内側におけるコイル 104 の単位時間当りの移動量に比較して、大きい。そのため、R 部の外側部は、R 部の内側部に比較して、温度が上昇しやすい。したがって、R 部の内側部及び R 部の外側部において、温度差が発生する。つまり、フランジの幅方向において、温度ムラが発生する。

【0007】

本発明は、このような課題に鑑みなされたものであり、フランジの幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつ、R 部を有するフランジを加熱可能な誘導加熱装置を提供するこ

50

とを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成する一態様は、端部にコイルが接続されたアームと、前記アームを操作するアーム制御部と、を備え、R部を有するフランジの表面に、前記コイルが沿うように前記アームを操作し、前記コイルを用いて前記フランジを加熱する誘導加熱装置であって、前記コイルの先端部には、磁性体である磁性コアが接続され、前記アーム制御部は、前記磁性コアを前記フランジの縁部よりも前記フランジの根元側に配置した状態、かつ、前記R部の内側から前記R部の外側に向かって、前記コイルが前記フランジに近づくように傾斜させた状態で、前記コイルが前記R部に沿うように前記アームを操作する。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る誘導加熱装置は、コイルの先端部が、磁性体である磁性コアが接続され、アーム制御部が、磁性コアをフランジの縁部よりもフランジの根元側に配置した状態で、コイルがR部に沿うようにアームを操作する。そのため、フランジの根元側を通過する磁束が増加する。したがって、フランジの縁部が過熱されにくい。

【0010】

さらに、本発明に係る誘導加熱装置は、アーム制御部が、前記R部の内側から前記R部の外側に向かって、前記コイルが前記フランジに近づくように傾斜させた状態で、前記コイルが前記R部に沿うように前記アームを操作する。つまり、R部の内側部におけるフランジの誘導加熱が抑制される。そのため、フランジの幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつ、R部を有するフランジを加熱することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施の形態に係る誘導加熱装置の全体図である。

【図2】金属体の斜視図である。

【図3】フランジの直線部に沿っているコイルの平面図である。

【図4】図3のI-V-I線に沿う断面図である。

【図5】図4のV-V線に沿う断面図である。

【図6】フランジのR部に沿っているコイルの平面図である。

30

【図7】図6のV-I-I-V-I-I線に沿う断面図である。

【図8】実施例1において使用したフランジの平面図である。

【図9】実施例1においてフランジの直線部に沿っているコイルの断面図である。

【図10】図9のX-X線に沿う断面図である。

【図11】フランジの直線部における温度を示すグラフである。

【図12】実施例1においてフランジのR部に沿っているコイルの断面図である。

【図13】フランジのR部における温度を示すグラフである。

【図14】R部における温度ムラと傾斜量との関係を示すグラフである。

【図15】実施例1において使用したコイルの平面図である。

【図16】フランジの温度と加熱距離との関係を示すグラフである。

40

【図17】一对の突出部を有するコイルの平面図である。

【図18】図17のX-V-I-I-I-X-V-I-I-I線に沿う断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。ただし、本発明が以下の実施の形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。

【0013】

まず、図1及び図2を参照して、本実施の形態に係る誘導加熱装置の構成について説明する。図1は、本実施の形態に係る誘導加熱装置の全体図である。図2は、金属体の斜視

50

図である。図 1 に示すように、誘導加熱装置 1 は、アーム 2、コイル 4、磁性コア 5、変位計 6 a、アーム制御部 6 b、温度計 7 a、温調器 7 b、及び発振器 7 c を備える。なお、図 1 には、フランジ 8 a も図示している。図 2 に示す金属体 8 は、フランジ 8 a を有する。なお、図 1 における矢印は、コイル 4 の送り方向を示す。

【 0 0 1 4 】

アーム 2 は、アーム制御部 6 b を用いて操作される。アーム 2 の端部には、コイル 4 が接続されている。アーム制御部 6 b は、アーム 2 を操作することによって、コイル 4 の配置を 3 次元的に制御することができる。例えば、図 1 に示すように、アーム制御部 6 b は、コイル 4 がフランジ 8 a に沿うように、アーム 2 を操作することができる。

【 0 0 1 5 】

図 2 に示すように、フランジ 8 a は、金属体 8 に設けられている。金属体 8 は、フランジ 8 a を用いて他の金属部材等に連結される。フランジ 8 a が設けられる位置は、特に限定されない。フランジ 8 a は、金属体 8 の縁部に設けられてもよいし、金属体 8 の途中部に設けられてもよい。金属体 8 の形状は特に限定されない。金属体 8 は、例えば、筒状部材等であってもよい。

【 0 0 1 6 】

図 2 に示す例では、金属体 8 は、溝部 8 b を有する形状である。具体的には、金属体 8 は、板部 8 c、側壁 8 d、及び側壁 8 e を有する。側壁 8 d 及び側壁 8 e は、板部 8 c の対向する縁部に、板部 8 c に垂直な方向にそれぞれ接続されている。板部 8 c、側壁 8 d、及び側壁 8 e は、溝部 8 b を形成する。側壁 8 d の板部 8 c に接続されている端に対向する端には、フランジ 8 a が設けられている。側壁 8 e の対面に接続されている端に対向する端には、フランジ 8 f が設けられている。フランジ 8 a 及びフランジ 8 f は、板部 8 c に平行な方向に設けられている。

【 0 0 1 7 】

フランジ 8 a は、図 2 に示す地点 O を中心とする R 部 8 1 a を有する。フランジ 8 a は、R 部 8 1 a に加えて図 8 に図示する直線部 8 2 a を有していてもよい。フランジ 8 a は、金属材料等の電気伝導率が高い材料を用いて形成される。フランジ 8 a は、例えば鉄合金を用いて形成される。フランジ 8 a は、金属体 8 と同一の金属材料を用いて形成されてもよいし、異なる金属材料を用いて形成されてもよい。

【 0 0 1 8 】

以下、コイル 4 を用いてフランジ 8 a を誘導加熱する場合について説明する。なお、フランジ 8 f は、フランジ 8 a と同様にコイル 4 を用いて誘導加熱される。フランジ 8 a と側壁 8 d とが接合している辺の近傍を、フランジ 8 a の根元側とする。また、フランジ 8 a の根元側に対向する辺の近傍を、フランジ 8 a の縁部側とする。フランジ 8 a の根元側からフランジ 8 a の縁部側に向かう方向を幅方向とする。

【 0 0 1 9 】

コイル 4 は、発振器 7 c に接続されている。発振器 7 c は、コイル 4 に交流電流を流すことができる。コイル 4 は、例えば、断面矩形状の金属角線を U 字状に折り曲げて形成される。コイル 4 は、例えば、銅や銅合金を用いて形成される。電流が流されているコイル 4 の周囲には、磁束が生じる。コイル 4 の周囲に磁束が生じた状態でコイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、フランジ 8 a に渦電流が発生する。渦電流が発生すると、フランジ 8 a は発熱する。このようにフランジ 8 a は、コイル 4 を用いて誘導加熱される。

【 0 0 2 0 】

コイル 4 の先端部には、磁性コア 5 が接続されている。磁性コア 5 は、磁性体を用いて形成される。磁性コア 5 を形成する磁性体は、周辺の空気の比透磁率 (1.0) に対し十分に透磁率が高く、かつ、自身が誘導加熱されないように十分高い電気抵抗を有する。磁性コア 5 は、例えばフランジ 8 a に比較して、電気抵抗が高い。したがって、磁性コア 5 は、フランジ 8 a に比較して、コイル 4 に交流電流を流しても渦電流が発生しにくい。そのため、磁性コア 5 は、フランジ 8 a に比較して、発熱しにくい。また、フランジ 8 a の磁

10

20

30

40

50

性コア 5 直下は、磁性コア 5 が配置されていない部分に比較して、周辺の漏れ磁束が集中するため、磁束密度が高くなり、発熱されやすい。磁性コア 5 は、例えば、フェライトを用いて形成される。

【 0 0 2 1 】

コイル 4 は、フランジ 8 a に対向する面が露出している。つまり、磁性コア 5 は、コイル 4 のフランジ 8 a に対向する面が露出するように配置される。コイル 4 のフランジ 8 a に対向する面が露出するように磁性コア 5 を配置すると、磁性コア 5 とフランジ 8 a との間隙近傍に磁束が集中する。そのため、磁性コア 5 が接続されたコイル 4 を用いると、磁性コア 5 を配置しない場合に比較して、フランジ 8 a の誘導加熱が、磁性コア 5 が配置された近傍において起こりやすい。

10

【 0 0 2 2 】

コイル 4 は、アーム 2 を用いて、図 1 の矢印に示す送り方向にフランジ 8 a に沿うように操作される。フランジ 8 a は、コイル 4 がフランジ 8 a に沿うように操作されると、誘導加熱される。フランジ 8 a は、コイル 4 を用いて誘導加熱されると、熱膨張する。したがって、コイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップがフランジ 8 a の熱膨張によって変化する。

【 0 0 2 3 】

そこで、変位計 6 a を用いてコイル 4 とフランジ 8 a とのギャップを常時計測する。変位計 6 a は、例えば、レーザー変位計である。変位計 6 a は、コイル 4 と共に移動する。変位計 6 a は、図 1 に示す例では、コイル 4 の送り方向側に配置されている。しかしながら、変位計 6 a は、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップを測定可能であれば、どのような位置に配置されていてもよい。変位計 6 a は、例えば、磁性コア 5 よりもフランジ 8 a の根元側に配置されていてもよい。また、変位計 6 a は、1 つ配置されていてもよいし、複数配置されていてもよい。

20

【 0 0 2 4 】

変位計 6 a は、アーム制御部 6 b に接続されている。アーム制御部 6 b は、アーム 2 を操作する。アーム制御部 6 b は、変位計 6 a において取得されたコイル 4 の位置情報に基づいて、コイル 4 の位置を補正する指令をアーム 2 に出す。このような構成によって、アーム制御部 6 b は、コイル 4 の位置を補正しつつ、コイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作することができる。

30

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すように、コイル 4 の反送り方向側には、温度計 7 a が配置されている。温度計 7 a は、コイル 4 が通過後のフランジ 8 a の温度を常時計測する。温度計 7 a は、例えば、放射温度計である。温度計 7 a は、コイル 4 と共に移動する。温度計 7 a は、温調器 7 b に接続されている。温調器 7 b は、温度計 7 a において取得されたフランジ 8 a の温度情報に基づいて、発振器 7 c の出力値を制御する。温調器 7 b は、P I D 制御 (P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l - D i f f e r e n t i a l C o n t r o l l e r) を用いて、発振器 7 c の出力値を制御する。

【 0 0 2 6 】

温度計 7 a は、誘導加熱されたフランジ 8 a の温度を計測することができる位置であれば、どのような位置に配置されていてもよい。また、温度計 7 a は、1 つ配置されていてもよいし、複数配置されていてもよい。例えば、フランジ 8 a の根元側及びフランジ 8 a の縁部側に温度計 7 a を配置すると、フランジ 8 a の幅方向における温度差を計測することができる。

40

【 0 0 2 7 】

発振器 7 c は、温調器 7 b に指令された出力値でコイル 4 に交流電流を流す。交流電流が流されたコイル 4 は、フランジ 8 a を誘導加熱することができる。つまり、誘導加熱装置 1 は、P I D 制御を用いたコイル 4 の温度制御及びコイル 4 の位置情報に基づくコイル 4 の位置補正を行いつつ、フランジ 8 a を誘導加熱する。

【 0 0 2 8 】

50

次に、図 3 ~ 図 5 を参照して、コイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作する場合について説明する。図 3 は、フランジの直線部に沿っているコイルの平面図である。図 4 は、図 3 の I V - I V 線に沿う断面図である。図 5 は、図 4 の V - V 線に沿う断面図である。なお、図 4 等では、説明の簡単のため、フランジ 8 a を、図 2 に示したフランジ 8 a と上下反対向きに示している。

【 0 0 2 9 】

なお、当然のことながら、図 3 及びその他の図面に示した右手系 $x y z$ 直交座標は、構成要素の位置関係を説明するための便宜的なものである。通常、 z 軸正方向が鉛直上向き、 $x y$ 平面が水平面であり、図面間で共通である。

【 0 0 3 0 】

図 4 に示すように、コイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、フランジ 8 a の縁部よりもフランジ 8 a の根元側に磁性コア 5 を配置する。図 5 に示すように、磁性コア 5 は、コイル 4 のフランジ 8 a に対向する面が露出するように配置されている。

【 0 0 3 1 】

コイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作する際に発生する渦電流は、表皮効果によって、フランジ 8 a の表面部に集中する。特に、フランジ 8 a の縁部には、渦電流が集中しやすい。渦電流が集中すると、フランジ 8 a の縁部は、電磁誘導によって、過熱される虞がある。

【 0 0 3 2 】

フランジ 8 a の縁部よりもフランジ 8 a の根元側に磁性コア 5 が配置された状態でコイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、磁性コア 5 直下であるフランジ 8 a の根元側を通過する磁束が増加する。したがって、フランジ 8 a の根元側における誘導加熱が促進される。つまり、フランジ 8 a の縁部よりもフランジ 8 a の根元側に磁性コア 5 が配置された状態でコイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、フランジ 8 a の縁部の過熱を抑制することができる。

【 0 0 3 3 】

コイル 4 を用いて誘導加熱すると、図 3 に示すフランジ 8 a の加熱幅が加熱される。図 3 に示すように、コイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、磁性コア 5 の中心がフランジ 8 a の加熱幅の根元側端部に位置するように磁性コア 5 を配置する。磁性コア 5 の中心がフランジ 8 a の加熱幅の根元側端部に位置するように磁性コア 5 が配置された状態でコイル 4 がフランジ 8 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、磁性コア 5 直下であるフランジ 8 a の根元側を通過する磁束を増加させることができる。したがって、フランジ 8 a の加熱幅を効率良く誘導加熱することができる。

【 0 0 3 4 】

図 4 に示すように、フランジ 8 a の z 軸正方向側にのみコイル 4 を配置している。つまり、コイル 4 は、フランジ 8 a の片側にのみ配置されている。コイル 4 がフランジ 8 a の片側にのみ配置されているため、コイルがフランジを挟み込むように設けられた一对の突出部を有する場合に比較して、フランジ 8 a の根元側に磁性コア 5 を配置することができる。したがって、フランジ 8 a の加熱幅を大きくすることができる。

【 0 0 3 5 】

さらに、図 4 に示すように、コイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、コイル 4 とフランジ 8 a とを平行に配置する。コイル 4 とフランジ 8 a とを平行に配置することによって、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップを一定に保つことができる。

【 0 0 3 6 】

磁性コア 5 とフランジ 8 a とのギャップを一定に保った状態でアーム 2 を操作すると、フランジ 8 a の縁部側とフランジ 8 a の根元側とにおける、通過する磁束のばらつきを抑制することができる。したがって、フランジ 8 a の縁部側とフランジ 8 a の根元側とにおける誘導加熱のばらつきを抑制することができる。つまり、コイル 4 とフランジ 8 a とを

10

20

30

40

50

平行に配置した状態でコイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作すると、フランジ 8 a の幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつフランジ 8 a の直線部 8 2 a を加熱することができる。

【0037】

次に、図 6 及び図 7 を参照して、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する場合について説明する。図 6 は、フランジの R 部を沿っているコイルの平面図である。図 7 は、図 6 の V I I - V I I 線に沿う断面図である。

【0038】

図 6 に示すように、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、フランジ 8 a の縁部よりもフランジ 8 a の根元側に磁性コア 5 を配置する。また、図 7 に示すように、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側からフランジ 8 a の R 部 8 1 a の外側に向かって、コイル 4 がフランジ 8 a に近づくように、コイル 4 を傾斜させる。

10

【0039】

図 6 に示す矢印は、コイル 4 の送り方向を示す。アーム 2 は、コイル 4 の軌跡がフランジ 8 a の R 部 8 1 a の中心を中心とする円弧となるように、操作される。フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側におけるコイル 4 の移動量は、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の外側におけるコイル 4 の移動量に比較して、少ない。したがって、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側は、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の外側に比較して、コイル 4 を用いた誘導加熱によって温度が上昇しやすい。

20

【0040】

磁性コア 5 とフランジ 8 a とのギャップを大きくすると、フランジ 8 a を通過する磁束が減少する。つまり、磁性コア 5 とフランジ 8 a とのギャップが大きいと、フランジ 8 a は加熱されにくい。したがって、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側からフランジ 8 a の R 部 8 1 a の外側に向かって、コイル 4 がフランジ 8 a に近づくように、コイル 4 を傾斜させると、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側における誘導加熱を抑制することができる。このような構成によって、フランジ 8 a の幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつフランジ 8 a の R 部 8 1 a を加熱することができる。

【0041】

フランジ 8 a の幅方向における温度差が大きい場合、温度差を考慮して傾斜量を決定することが好ましい。例えば、フランジ 8 a の R 部 8 1 a の内側における温度がフランジ 8 a の R 部 8 1 a の外側における温度よりも低い場合、フランジ 8 a の幅方向における温度差がない場合に比較して、傾斜量を小さく設定することが好ましい。また、例えば、フランジ 8 a の直線部 8 2 a における根元側の温度がフランジ 8 a の直線部 8 2 a における縁部側の温度よりも低い場合、フランジ 8 a の直線部 8 2 a における温度差がない場合に比較して、傾斜量を大きく設定することが好ましい。

30

【実施例】

【0042】

以下、本発明について実施例を示して具体的に説明する。なお、これらの記載は、本発明を限定するものではない。

40

【0043】

[実施例 1]

(フランジの寸法)

図 8 は、実施例 1 において使用したフランジの平面図である。実施例 1 で使用したフランジ 8 a は、直線部 8 2 a 及び R 部 8 1 a を有する。図 1 に示すように、R 部 8 1 a の内側端における半径は、47.5 mm であった。また、フランジ 8 a の幅は、50 mm であった。実施例 1 では、フランジ 8 a の加熱幅を 16.5 mm とした。

【0044】

< コイルがフランジの直線部に沿うようにアームを操作する場合 >

図 9 は、実施例 1 においてフランジの直線部に沿っているコイルの断面図である。図 1

50

0 は、図 9 の X - X 線に沿う断面図である。図 9 に示すように、実施例 1 においてコイル 4 がフランジ 8 a の直線部 8 2 a に沿うようにアーム 2 を操作する場合、磁性コア 5 とフランジ 8 a とのギャップは、3 mm であった。また、フランジ 8 a の端部から磁性コア 5 までの距離は、9 . 5 mm であった。磁性コア 5 の奥行きは、14 mm であった。

【0045】

図 10 に示すように、コイル 4 は、断面矩形状の銅製部材であった。磁性コア 5 は、フランジ 8 a に対向するコイル 4 の面が露出するように配置されていた。図 10 に示すように、磁性コア 5 の表面からコイル 4 までの距離 (a 、 c 、 d) 及びコイル 4 間の距離 (b) は、全て 6 mm であった。

【0046】

10

[比較例 1]

上記で説明した誘導加熱装置において、フランジを挟み込むように一对の突出部をコイルに設けた点及び磁性コアを設けない点以外は実施例 1 と同様とした装置を、比較例 1 とした。

【0047】

(温度ムラ測定)

実施例 1 の誘導加熱装置及び比較例 1 の誘導加熱装置を用いてフランジ 8 a の直線部 8 2 a を加熱した。図 9 に示す 3 つの地点 (1) ~ (3) におけるフランジ 8 a の温度を計測した。地点 (1) は、フランジ 8 a の縁部から 1 mm の地点である。地点 (2) は、フランジ 8 a の縁部から 8 mm の地点である。地点 (3) は、フランジ 8 a の縁部から 16 . 5 mm の地点である。3 つの地点 (1) ~ (3) にそれぞれ熱電対を配置し、フランジ 8 a の温度を計測した。計測結果を図 11 に示す。

20

【0048】

図 11 は、フランジの直線部における温度を示すグラフである。図 11 に示すように、実施例 1 の誘導加熱装置では、3 つの地点 (1) ~ (3) のうち、地点 (1) が最も高温であった。また、実施例 1 の誘導加熱装置では、地点 (2) が最も低温であった。

【0049】

以下、3 つの地点 (1) ~ (3) のうち、最も高温であった地点の温度と最も低温であった地点の温度との差分を、フランジの幅方向における温度ムラと称する。実施例 1 の誘導加熱装置は、フランジの幅方向における温度ムラが、フランジ 8 a の直線部 8 2 a において、約 28 度であった。

30

【0050】

一方、比較例 1 の誘導加熱装置では、3 つの地点 (1) ~ (3) のうち、地点 (1) が最も高温であった。また、比較例 1 の誘導加熱装置では、地点 (3) が最も低温であった。比較例 1 の誘導加熱装置は、フランジの幅方向における温度ムラが、フランジの直線部において、約 180 度であった。このことから、実施例 1 は、比較例 1 に比較して、フランジの幅方向における温度ムラが、フランジ 8 a の直線部 8 2 a において抑制されていることが確認された。

【0051】

< コイルがフランジの R 部に沿うようにアームを操作する場合 >

40

図 12 は、実施例 1 においてフランジの R 部に沿っているコイルの断面図である。図 12 に示すように、実施例 1 においてコイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップは、フランジ 8 a の縁部において、6 . 5 mm であった。また、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップは、コイル 4 の先端部において、5 mm であった。

【0052】

以下、フランジ 8 a の縁部におけるコイル 4 とフランジ 8 a とのギャップと、コイル 4 の縁部におけるコイル 4 とフランジ 8 a とのギャップと、の差分を傾斜量とする。実施例 1 の誘導加熱装置は、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際に、傾斜量が 1 . 5 mm であった。

50

【 0 0 5 3 】

図 1 2 に示すように、実施例 1 においてコイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際には、アーム 2 は、磁性コア 5 の縁部とフランジ 8 a の縁部との距離が 2 3 . 5 mm となるように操作されていた。

【 0 0 5 4 】

[比較例 2]

上記で説明した誘導加熱装置において、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作する際における傾斜量を 0 mm とした点以外は実施例 1 と同様とした装置を比較例 2 とした。

【 0 0 5 5 】

(温度ムラ測定)

実施例 1 の誘導加熱装置及び比較例 2 の誘導加熱装置を用いてフランジ 8 a の R 部 8 1 a を加熱した。図 1 2 に示す 3 つの地点 (1) ~ (3) におけるフランジ 8 a の温度を計測した。地点 (1) は、フランジ 8 a の縁部から 1 mm の地点である。地点 (2) は、フランジ 8 a の縁部から 8 mm の地点である。地点 (3) は、フランジ 8 a の縁部から 1 6 . 5 mm の地点である。地点 (1) ~ (3) にそれぞれ熱電対を配置し、フランジ 8 a の温度を計測した。計測結果を図 1 3 に示す。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 は、フランジの R 部における温度を示すグラフである。図 1 3 に示すように、実施例 1 の誘導加熱装置では、3 つの地点 (1) ~ (3) のうち、地点 (1) が最も高温であった。また、実施例 1 の誘導加熱装置では、地点 (2) が最も低温であった。実施例 1 の誘導加熱装置は、フランジの幅方向における温度ムラが、フランジ 8 a の R 部 8 1 a において約 2 8 度であった。

【 0 0 5 7 】

一方、比較例 2 の誘導加熱装置では、3 つの地点 (1) ~ (3) のうち、地点 (1) が最も高温であった。また、比較例 2 の誘導加熱装置では、地点 (3) が最も低温であった。比較例 2 の誘導加熱装置は、フランジの幅方向における温度ムラが、フランジ 8 a の R 部 8 1 a において約 9 3 度であった。このことから、実施例 1 は、比較例 2 に比較して、フランジの幅方向における温度ムラが抑制されていることが確認された。

【 0 0 5 8 】

傾斜量を変化させて、コイル 4 がフランジ 8 a の R 部 8 1 a に沿うようにアーム 2 を操作した場合における、フランジ 8 a の温度ムラを計測した。計測結果を図 1 4 に示す。図 1 4 は、フランジの R 部 8 1 a における温度ムラと傾斜量との関係を示すグラフである。図 1 4 に示すように、傾斜量が 1 . 5 mm である場合に、フランジの幅方向における温度ムラは最も抑制された。

【 0 0 5 9 】

(温度制御)

図 1 5 は、実施例 1 において使用したコイルの平面図である。図 1 5 に示すように、コイル 4 の反進行方向側に温度計 7 a が配置されている。温度計 7 a とコイル 4 との距離は、1 mm であった。実施例 1 の誘導加熱装置では、P I D 制御によって、コイル 4 の出力を調節している。つまり、実施例 1 の誘導加熱装置では、コイル 4 を P I D 制御しつつ、コイル 4 とフランジ 8 a とのギャップを補正している。実施例 1 における P I D 制御は、以下の条件で行った。

【 0 0 6 0 】

・ P I D 制御条件

係数 K_P : 7 5、係数 K_I : 3 . 0、係数 K_D : 0 . 6

サンプリング周期 : 1 0 m s e c

目標温度 : 5 0 0

【 0 0 6 1 】

図 1 6 は、フランジの温度と加熱距離との関係を示すグラフである。図 1 6 におけるフ

10

20

30

40

50

ランジの温度は、温度計 7 a を用いて計測した。図 1 6 に示すように、実施例 1 の誘導加熱装置は、温度変化量が 1 2 . 6 であつた。また、実施例 1 の誘導加熱装置は、ギャップ変化量が 0 . 2 5 mm であつた。フランジ 8 a の焼き戻しを行う際には、温度変化量が 5 0 以下となることが好ましい。つまり、実施例 1 の誘導加熱装置は、フランジ 8 a の焼き戻しに好適であることが確認された。

【 0 0 6 2 】

以上で説明した本実施の形態に係る発明により、フランジの幅方向における温度ムラの発生を抑制しつつ、R 部を有するフランジを加熱可能な誘導加熱装置を提供することができる。

【 0 0 6 3 】

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。

【符号の説明】

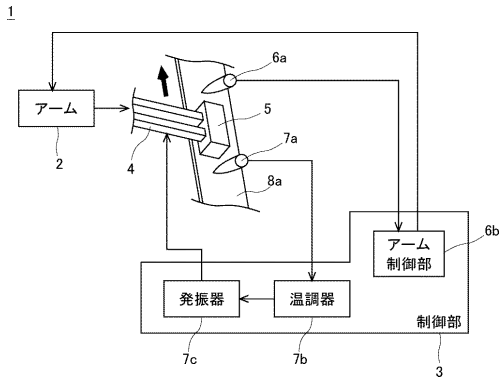
【 0 0 6 4 】

- 1 誘導加熱装置
- 2 アーム
- 4 コイル
- 5 磁性コア
- 6 a 変位計
- 6 b アーム制御部
- 7 a 温度計
- 7 b 温調器
- 7 c 発振器
- 8 金属体
- 8 a フランジ
- 1 0 4 コイル
- 1 0 4 a 突出部
- 1 0 8 フランジ

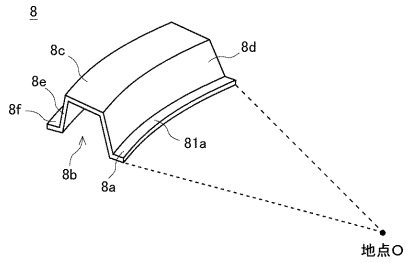
10

20

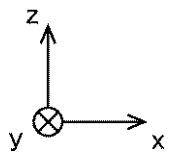
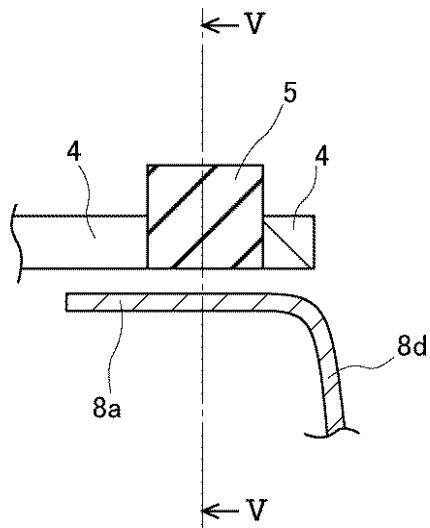
【図 1】



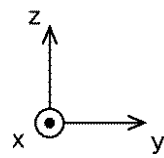
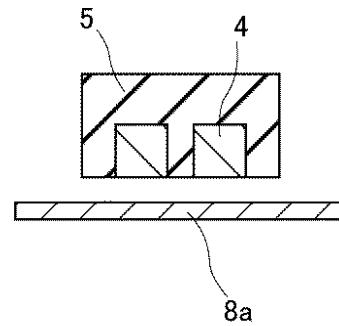
【図 2】



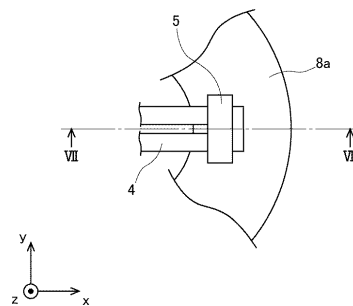
【図 4】



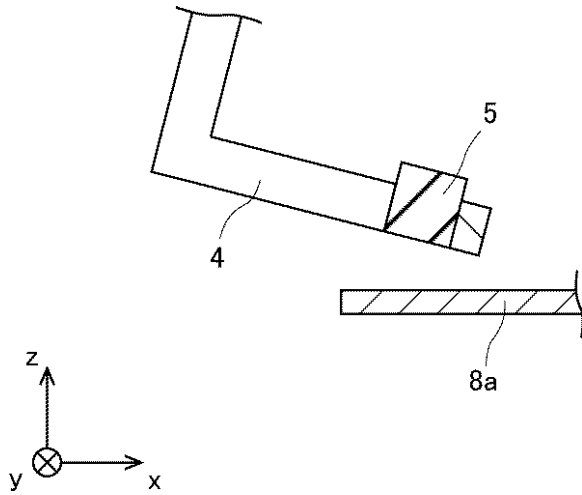
【図 5】



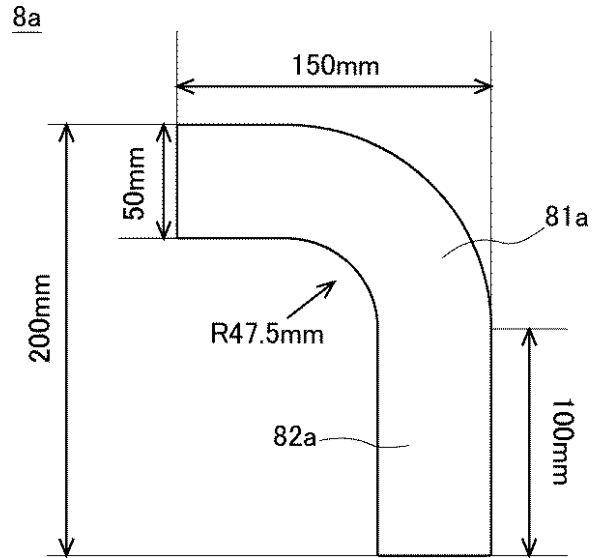
【図 6】



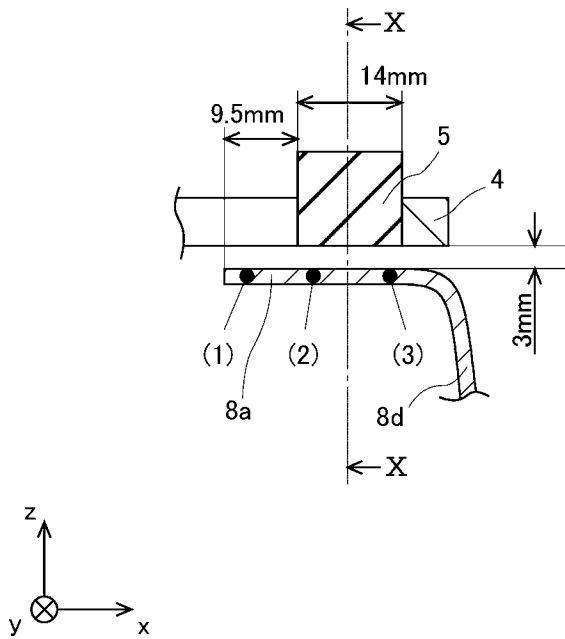
【図 7】



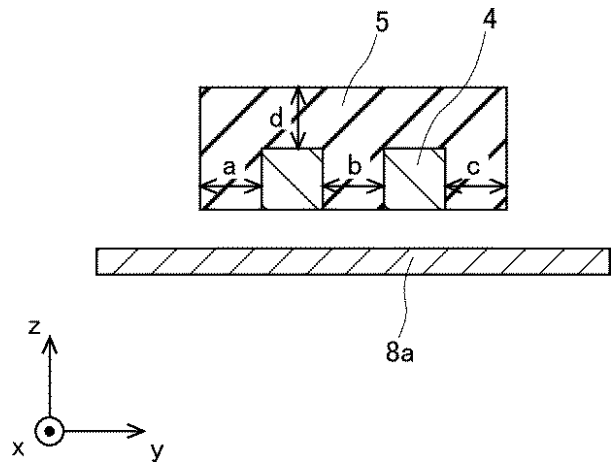
【図 8】



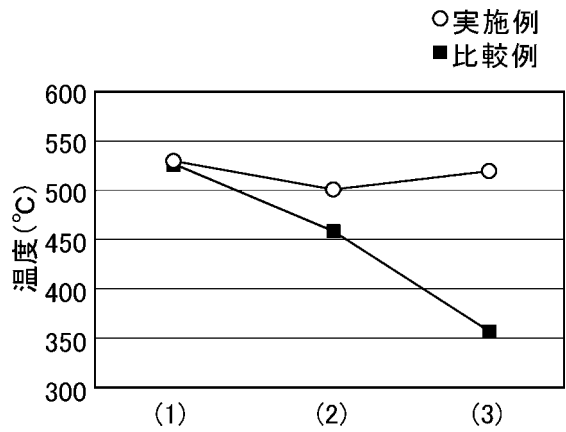
【図 9】



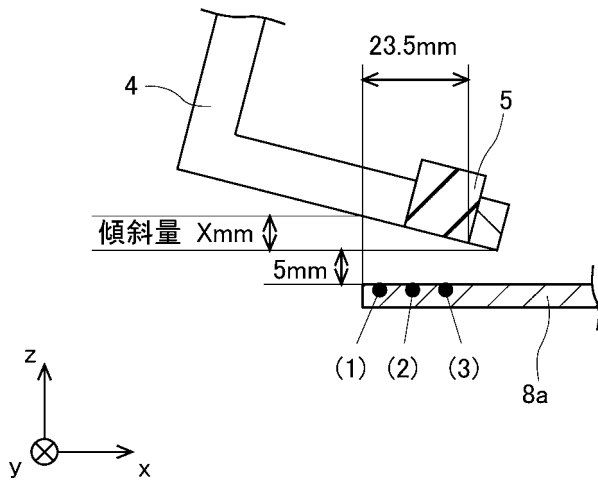
【図 10】



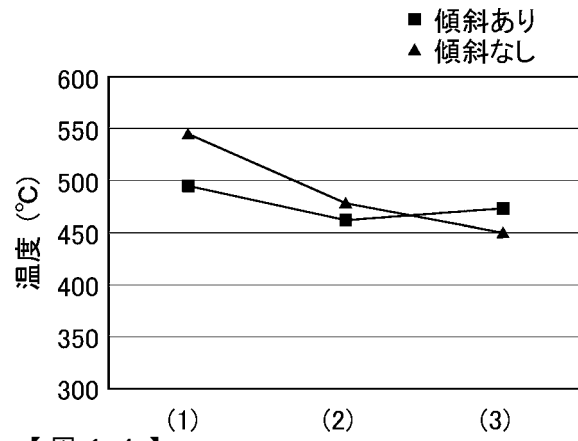
【図 11】



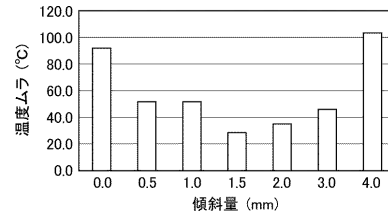
【図 1 2】



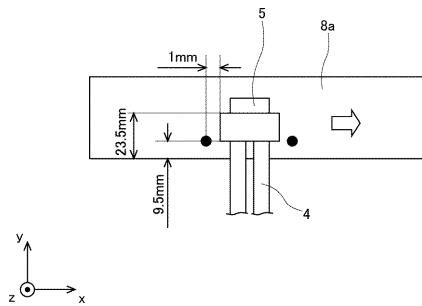
【図 1 3】



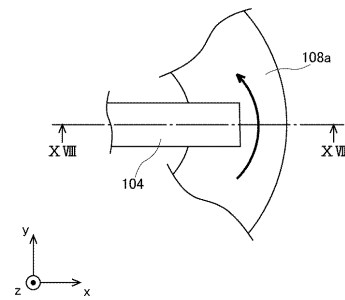
【図 1 4】



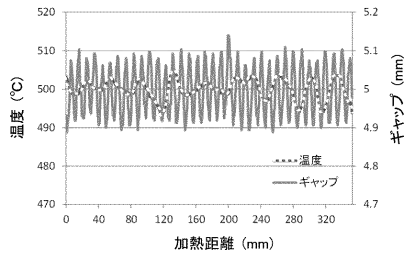
【図 1 5】



【図 1 7】



【図 1 6】



【図 1 8】

