

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5908071号
(P5908071)

(45) 発行日 平成28年4月26日(2016.4.26)

(24) 登録日 平成28年4月1日(2016.4.1)

(51) Int.Cl.	F 1
B 2 3 K 20/12 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 4 0
	B 2 3 K 20/12 3 6 8
	B 2 3 K 20/12 3 4 2

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-515586 (P2014-515586)	(73) 特許権者	306022513 新日鉄住金エンジニアリング株式会社 東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎セ ンタービル
(86) (22) 出願日	平成25年5月9日(2013.5.9)	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/063024	(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(87) 国際公開番号	W02013/172244	(74) 代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
(87) 国際公開日	平成25年11月21日(2013.11.21)	(74) 代理人	100188592 弁理士 山口 洋
審査請求日	平成26年9月25日(2014.9.25)	(72) 発明者	角 知則 福岡県北九州市戸畑区大字中原46-59 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内 最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2012-112671 (P2012-112671)		
(32) 優先日	平成24年5月16日(2012.5.16)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

(54) 【発明の名称】 金属パイプの接合装置及びそれを用いた金属パイプの接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

同軸上に並べられた金属パイプの端面同士を接合する金属パイプの接合装置であって、
金属パイプの端面間の被接合部に押し込まれるプローブが先端に形成された接合ツール
と、前記接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に移動可能に保持する保持具と、前記中
心軸に対して位置をずらされた状態で前記保持具に接続され、前記保持具を介して前記接
合ツールを前記中心軸回りに回転させる第1の駆動部とを有する摩擦攪拌部と、

前記第1の駆動部を介さずに前記保持具に接続され、前記保持具を介して前記接合ツ
ールを該接合ツールの中心軸方向に押圧し、前記プローブを前記被接合部に圧入する押圧部
と、

前記第1の駆動部が内蔵され、前記保持具と前記押圧部とが一端部に取り付けられた筒
状の筐体と、前記筐体を介して前記保持具および前記押圧部を回転させることで前記接合
ツールを前記金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる第2の駆動部とを有する
円周方向移動部と、

を備える、金属パイプを該金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により接合する金属パイプ
の接合装置。

【請求項2】

請求項1に記載の金属パイプの接合装置において、前記接合ツールを該接合ツールの中
心軸方向に押圧した際に発生する反力に抗し、前記金属パイプの内周面上を転動する反力
受けローラを備える金属パイプの接合装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の金属パイプの接合装置において、前記筐体が、前記保持具と前記押圧部が一端部に取り付けられた前部筐体と、前記第 1 の駆動部が内蔵された後部筐体とを備え、前記前部筐体と前記後部筐体が偏心及び偏角を許容するオルダム軸継手で連結され、

前記第 1 の駆動部と該第 1 の駆動部の回転力を伝達する回転軸が偏角を許容する自在軸継手で連結されている金属パイプの接合装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の金属パイプの接合装置において、

前記接合ツールのトラベル角を調節する第 1 の調節機構と、

前記接合ツールのワーク角を調節する第 2 の調節機構と、を備える金属パイプの接合装置。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の金属パイプの接合装置において、

前記第 1 の調節機構は、前記接合ツール、前記保持具及び前記押圧部と前記筐体との間に配される板部と、前記板部と前記筐体とを締結するボルトとを備え、

前記板部には、前記ボルトを挿通する長孔が形成され、

前記長孔により、前記プローブの先端を支点とした前記板部の前記筐体に対する回転が許容される金属パイプの接合装置。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の金属パイプの接合装置において、

前記第 2 の調節機構は、前記被接合部の角度を測定する第 1 のセンサと前記接合ツールの角度を測定する第 2 のセンサとを備える角度検出手段と、

前記角度検出手段から入力された値に基づき前記ワーク角を算出する演算手段と、

前記演算手段の算出結果に基づき、前記接合ツールの中心軸の傾きを調節するアクチュエータとを備える金属パイプの接合装置。

20

【請求項 7】

請求項 6 に記載の金属パイプの接合装置において、

前記アクチュエータは、前記オルダム軸継手に設けられ、前記筐体の中心軸方向に前記アクチュエータを駆動することにより、前記接合ツールの中心軸の傾きを調節する接合装置。

30

【請求項 8】

請求項 3 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の金属パイプの接合装置において、

前記金属パイプ同士の接合線と前記接合ツールの進路とのずれを補正する第 3 の調節機構を備える接合装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の金属パイプの接合装置において、

前記第 3 の調節機構は、前記接合線を検出する第 3 のセンサと、

前記第 3 のセンサの検出値に基づき前記被接合部と前記接合ツールの進路とのずれ量を算出する演算手段と、

前記ずれ量に応じて前記接合ツールの進路を変更する方向転換部と、を備える接合装置。

40

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の金属パイプの接合装置を前記金属パイプ内に挿入し、該金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により前記金属パイプ同士を突合せ接合する金属パイプの接合方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、金属パイプ同士を突合せ接合するための接合装置及び接合方法に関し、特に金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により金属パイプ同士を突合せ接合する接合装置及びそれを用いた金属パイプの接合方法に関する。

本願は、2012年5月16日に、日本に出願された特願2012-112671号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

金属材の接合方法の一つとして、摩擦攪拌接合法が従来より知られている。摩擦攪拌接合法では、先端面にプローブと呼ばれる突起を有する円柱状の接合ツールを使用する。接合ツールを中心軸回りに回転させながら、接合すべき材料の接合部にプローブを押し付けることにより、プローブと材料の間に摩擦熱が発生して材料が軟化し、材料中にプローブが埋没する。これにより、プローブ周辺の材料がプローブの回転に引きずられる形で塑性流動を起こす。接合ツールの回転と加圧を維持しながら接合線に沿って接合ツールを移動させることにより、母材同士が接合される。

10

摩擦攪拌接合法は、アーク溶接に比べて、a) 接合部の残留応力や歪が小さい、b) ピード表面が平滑となるため疲労強度に優れる、c) 気泡や割れなどの欠陥が発生しにくいといった特長を有している。

【0003】

例えば、特許文献1では、金属パイプ同士を同軸的に突き合わせ、その突合せ部に対して、先端にプローブが同心的に設けられた接合ツールを回転させつつ押し込み、周方向に相対移動させることにより、突合せ部を摩擦攪拌接合法により接合しパイプ接合体を得ると共に、そのようにして得られたパイプ接合体を、その内部に充填された非圧縮性流体の圧力によって膨らませて、目的とする形状の成形管を製造する技術が開示されている。

20

【0004】

また、特許文献2では、円筒状の芯材の外周面に、芯材とは材質の異なる板材を円筒状に曲げ加工して得られた、軸方向に延びる突合せ部の存在によって不連続円筒形状を呈する筒状外皮材を被せ、かかる突合せ部に沿って摩擦攪拌接合することによって複合ビレットを製作した後、得られた複合ビレットをマンドレル押し出しすることにより、目的とする外径を有するクラッド管を形成する技術が開示されている。

【0005】

30

特許文献3では、接合ツールのショルダ面を円錐台形とし、このショルダ面から突出したプローブを設け、ショルダ面に渦状の溝条を形成することにより、被加工材に対する接合ツールの姿勢が変化しても安定した接合品質を得ることができる接合ツールが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-042049号公報

【特許文献2】特開2007-313541号公報

【特許文献3】特開2007-301579号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

硫化水素などが多量に含まれる天然ガス等の流体を輸送する配管では、配管内面が高腐食環境となるため、配管として用いる金属パイプの端面同士の突合せ接合において配管内面に開口する欠陥が存在すると、該欠陥を起点とする応力腐食割れが生じることがある。

【0008】

一方、金属パイプの内面からアーク溶接を行うと、前記欠陥の発生を防止できるが、溶接時に発生したスパッタが配管内面に付着し、スパッタを起点とする応力腐食割れが生じることがある。このため、溶接後のスパッタ除去の作業が必要となる。

50

【0009】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、金属パイプ同士を突合せ接合する際、金属パイプの内面に開口欠陥を生じさせず、且つ接合時におけるスパッタも発生させない、金属パイプの接合装置及びそれを用いた金属パイプの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】

【0010】

本発明に係る金属パイプの接合装置は、同軸上に並べられた金属パイプの端面同士を接合する金属パイプの接合装置であって、2つの金属パイプの端面間の被接合部に押し込まれるプローブが先端に形成された接合ツールと、前記接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に移動可能に保持する保持具と、前記中心軸に対して位置をずらされた状態で前記保持具に接続され、前記保持具を介して前記接合ツールを前記中心軸回りに回転させる第1の駆動部とを有する摩擦攪拌部と、前記第1の駆動部を介さずに前記保持具に接続され、前記保持具を介して前記接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧し、前記プローブを前記被接合部に圧入する押圧部と、前記第1の駆動部が内蔵され、前記保持具と前記押圧部とが一端部に取り付けられた筒状の筐体と、前記筐体を介して前記保持具および前記押圧部を回転させることで前記接合ツールを前記金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる第2の駆動部を有する円周方向移動部とを備える、金属パイプを該金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により接合する金属パイプの接合装置である。

【0011】

この接合装置は、プローブを先端に有する接合ツールをその中心軸回りに回転させる第1の駆動部と、接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧する押圧部と、接合ツールを金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる第2の駆動部とを備えている。金属パイプ内に本接合装置を挿入し、第1の駆動部を駆動して接合ツールをその中心軸回りに回転させながら、押圧部で接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧してプローブを被接合部に押し付けることにより、プローブと被接合部の間に摩擦熱が発生して被接合部が軟化し、被接合部中にプローブが埋没する。そして、プローブ周辺の材料がプローブの回転に引きずられる形で塑性流動を起こす。接合ツールの回転数と押圧力を維持した状態で第2の駆動部を駆動させ、接合ツールを金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させることにより、金属パイプ同士が塑性流動によって一体化され接合される。

【0012】

また、本発明に係る金属パイプの接合装置では、前記接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧した際に発生する反力に抗し、前記金属パイプの内周面上を転動する反力受けローラを備えることを好適とする。

【0013】

当該構成によれば、押圧部で接合ツールを押し、プローブを被接合部に押し付けた際に発生する反力を反力受けローラで受けることができるので、接合ツールを押しした状態を維持しつつ、金属パイプの内周面に沿って円周方向に接合ツールを安定的に移動させることができる。

【0014】

また、本発明に係る金属パイプの接合装置では、前記筐体が、前記保持具と前記押圧部が一端部に取り付けられた前部筐体と、前記第1の駆動部が内蔵された後部筐体とを備え、前記前部筐体と前記後部筐体が偏心（平行誤差）及び偏角（角度誤差）を許容するオルダム軸継手で連結され、前記第1の駆動部と該第1の駆動部の回転力を伝達する回転軸が偏角を許容する自在軸継手で連結されていてもよい。

【0015】

金属パイプは真直度の公差内で軸芯と異なる方向に曲がっている場合がある。そのため、本発明に係る金属パイプの接合装置の中心軸と金属パイプの軸芯を一致させた場合でも、金属パイプの接合箇所では、接合ツールを金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる際の回転軸と金属パイプの軸芯との間に角度差が生じ、以下のような問題が発生す

10

20

30

40

50

るおそれがある。

- a . 一部の反力受けローラが金属パイプの内面に当接せず、反力モーメントが発生する。
- b . 金属パイプの内面に対してプローブを適切な角度、例えば垂直に押し付けられず、接合部の品質不良が発生する。
- c . プローブの押し付け位置が接合位置から外れ、金属パイプの円周方向で接合されない箇所が発生する。

【 0 0 1 6 】

当該構成では、筐体を前部筐体と後部筐体に分割し、前部筐体と後部筐体とをオルダム軸継手で連結すると共に、第 1 の駆動部と該第 1 の駆動部の回転力を伝達する回転軸とを自在軸継手で連結しているため、金属パイプが途中で曲がっていても、これら軸継手部で金属パイプの公差を吸収することができる。そのため、上記問題の発生を抑制できる。

10

【 0 0 1 7 】

また、本発明に係る金属パイプの接合装置では、前記接合ツールのトラベル角を調節する第 1 の調節機構と、前記接合ツールのワーク角を調節する第 2 の調節機構と、を備えることが好ましい。

【 0 0 1 8 】

前記第 1 の調節機構は、前記接合ツール、前記保持具及び前記押圧部と前記筐体との間に配される板部と、前記板部と前記筐体とを締結するボルトとを備え、前記板部には、前記ボルトを挿通する長孔が形成され、前記長孔により、前記プローブの先端を支点とした前記板部の前記筐体に対する回動が許容される構成とすることが好ましい。

20

【 0 0 1 9 】

前記第 2 の調節機構は、前記被接合部の角度を測定する第 1 のセンサと前記接合ツールの角度を測定する第 2 のセンサとを備える角度検出手段と、前記角度検出手段から入力された値に基づき前記ワーク角を算出する演算手段と、前記演算手段の算出結果に基づき、前記接合ツールの中心軸の傾きを調節するアクチュエータとで構成されていても良い。この場合、前記アクチュエータは、前記オルダム軸継手に設けられ、前記筐体の中心軸方向に前記アクチュエータを駆動することにより、前記接合ツールの中心軸の傾きを調節する構成とすることが好ましい。

【 0 0 2 0 】

当該構成では、接合ツールの中心軸の角度を、プローブの先端を支点として自在に変更することが可能である。このため、接合ツールと被接合部との接触角（トラベル角、ワーク角）を、適正値となるように調節した上で摩擦攪拌接合を行うことができる。そのため、上記 b のような問題が生じ、バリの発生、肉厚の減少、グループと呼ばれる加工痕の発生を抑制でき、良好な接合品質を実現できる。

30

【 0 0 2 1 】

また、本発明に係る金属パイプの接合装置では、前記金属パイプ同士の接合線と前記接合ツールの進路とのずれを補正する第 3 の調節機構を備えることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

前記第 3 の調節機構は、前記接合線を検出する第 3 のセンサと、前記第 3 のセンサの検出値に基づき前記被接合部と前記接合ツールの進路とのずれ量を算出する演算手段と、前記ずれ量に応じて前記接合ツールの進路を変更する方向転換部と、を備えていても良い。

40

【 0 0 2 3 】

当該構成では、接合ツールの進路と接合線とがずれている場合でも、第 3 の調節機構 9 1 により接合ツール 2 2 の進路を補正することができる。また、カメラ 9 2 と演算手段を用いて繰り返し接合ツールの進路と接合線（接合箇所）とのずれを検出し、補正をして接合線上でプローブを回転させることができる。このため、上記 c のような問題が生じて接合強度が落ちることが防止される。その結果、高い接合精度を得られる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明に係る金属パイプの接合方法では、上述の金属パイプの接合装置を前記金属パイプ内に挿入し、該金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により前記金属パイプ同士を

50

突合せ接合する。

【発明の効果】

【0025】

本発明は、プローブを先端に有する接合ツールをその中心軸回りに回転させる第1の駆動部、接合ツールを金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる第2の駆動部、並びに接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧する押圧部とを備えた金属パイプの接合装置及びそれを用いた金属パイプの接合方法なので、金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により該金属パイプ同士を突合せ接合することができる。そのため、金属パイプ同士を突合せ接合する際、金属パイプの内面に開口欠陥が生じることがなく、接合時におけるスパッタも発生せず接合後の後処理が不要となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る金属パイプの接合装置の側断面を示す模式図である。

【図2】同接合装置を金属パイプの軸方向から見た断面を示す模式図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態に係る金属パイプの接合装置の側断面を示す模式図である。

【図4A】オルダム軸継手の斜視図である。

【図4B】オルダム軸継手の分解斜視図である。

【図5】ハブに設けられている突起部の詳細を示した部分断面図である。

20

【図6】本発明の第3の実施の形態に係る金属パイプの接合装置の側断面を示す模式図である。

【図7A】図6の板部と接合ツールを軸方向前側から見た様子を示す模式図である。

【図7B】図7Aにおいて、板部と接合ツールを回動させた様子を示す模式図である。

【図8A】オルダム軸継手の斜視図である。

【図8B】オルダム軸継手の分解斜視図である。

【図9】第2の調節機構でワーク角を調節する際のオルダム軸継手及び接合ツールの様子を、筐体及び接合ツールの中心軸と直交する方向から見た模式図である。

【図10】本発明の第4の実施の形態に係る金属パイプの接合装置の側面図を示す模式図である。

30

【図11】同接合装置を金属パイプの軸方向から見た断面を示す模式図である。

【図12】第3の調節機構で接合ツールの進路を修正した際のオルダム軸継手及び接合ツールの様子を、接合ツールの中心軸方向から見た模式図である。

【図13A】本発明の第4の実施の形態の変形例に係るオルダム軸継手の斜視図である。

【図13B】オルダム軸継手の分解斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態について説明する。

【0028】

[第1の実施の形態に係る金属パイプの接合装置]

40

本発明の第1の実施の形態に係る金属パイプの接合装置10（以下では、単に「接合装置」と呼ぶことがある。）の側断面を図1に、接合装置10を金属パイプ11の軸方向から見た断面を図2に示す。

なお、以下では、説明の便宜上、金属パイプ11はその管軸（軸芯）が水平方向となるように配置されているものとし、金属パイプ11の管軸方向に沿った突合せ接合部側（図1では左側）を「前」側、その反対側を「後」側と呼ぶ。また、管軸に直交する方向において、接合装置の停止時にプローブ21が位置する側を「下」側、その反対側を「上」側と呼ぶことにする。

【0029】

接合装置10は、金属パイプ11同士を金属パイプ11の内部から摩擦攪拌接合により

50

突合せ接合する装置であり、被接合部 1 2 (図 2 参照) に圧入されるプローブ 2 1 が先端に形成された接合ツール 2 2 をその中心軸 R 回りに回転させる摩擦攪拌部 2 0 と、接合ツール 2 2 を中心軸 R 方向 (金属パイプ 1 1 の半径方向外側) に押圧し、プローブ 2 1 を被接合部 1 2 に圧入する押圧部 3 5 と、接合ツール 2 2 (プローブ 2 1) を金属パイプ 1 1 の内周面に沿って円周方向に移動させる円周方向移動部 4 0 とを備えている。

【 0 0 3 0 】

摩擦攪拌部 2 0 は、円柱状の接合ツール 2 2 と、接合ツール 2 2 の中心軸 R と同軸とされ、接合ツール 2 2 の一端面から突出するプローブ 2 1 と、接合ツール 2 2 を保持する保持具 2 5 と、保持具 2 5 を介して接合ツール 2 2 を中心軸 R 回りに回転させる第 1 モータ 3 0 (第 1 の駆動部) とを備えている。

10

【 0 0 3 1 】

接合ツール 2 2 及びプローブ 2 1 には、金属パイプ 1 1 を構成する被接合部材及び炭素鋼材の融点より高い温度において金属パイプ 1 1 よりも強度の大きな、例えば多結晶立方晶窒化ホウ素 (P C B N) や、 P C B N とタングステン複合材料との合金材などが使用される。

【 0 0 3 2 】

保持具 2 5 は、接合ツール 2 2 が嵌入される嵌入穴 (図示省略) を一端面の中心部に有する概略円柱状のチャック部材 2 3 と、チャック部材 2 3 に外嵌され、中心軸 R を回転軸として回転可能とされた円筒部材 2 4 とを有している。プローブ 2 1、接合ツール 2 2、チャック部材 2 3、及び円筒部材 2 4 は、中心軸 R を共通の中心軸としている。

20

円筒部材 2 4 の内面には、中心軸 R 方向に延在する突条部 2 4 a が形成されている。チャック部材 2 3 は、突条部 2 4 a をガイドとして円筒部材 2 4 内を中心軸 R 方向に移動可能とされると共に、円筒部材 2 4 と一緒に回転する。

【 0 0 3 3 】

押圧部 3 5 は、円筒部材 2 4 の直上に設置されチャック部材 2 3 を中心軸 R 方向に移動させてプローブ 2 1 を被接合部 1 2 に圧入する油圧シリンダ 3 7 と、被接合部 1 2 にプローブ 2 1 を圧入した際に発生する反力に抗し、金属パイプ 1 1 の内周面上を転動する複数の反力受けローラ 3 8 とを備えている (図 2 参照) 。

油圧シリンダ 3 7 のロッド 3 6 の先端部は、チャック部材 2 3 の上端に接続された円筒状の接続部材 2 3 a 内に挿入されている。ロッド 3 6 の先端部と接続部材 2 3 a (チャック部材 2 3) は玉軸受 3 3 を介して連結されており、チャック部材 2 3 が回転した際にロッド 3 6 が回転しない機構になっている。

30

なお、反力受けローラ 3 8 は、金属パイプ 1 1 の半径方向に移動可能とされている。

【 0 0 3 4 】

円周方向移動部 4 0 は、保持具 2 5 と押圧部 3 5 が一端部 (前面部) に取り付けられた円筒状の筐体 4 1 と、筐体 4 1 の他端側 (後面側) に配置され、筐体 4 1 をその中心軸 S を回転軸として回転させる第 2 モータ 4 4 (第 2 の駆動部) とを備えている。

【 0 0 3 5 】

筐体 4 1 の内部には、保持具 2 5 を接合ツール 2 2 の中心軸 R 回りに回転させる第 1 モータ 3 0 が設置されている。第 1 モータ 3 0 は、シャフト (図示省略) が筐体 4 1 の中心軸 S 上に位置するように設置されており、ベベルギア 2 7 が装着された回転軸 2 8 が連結部材 2 9 を介してシャフトに接続されている。なお、中心軸 S と中心軸 R は直交し、且つ同一平面内に存在する。

40

一方、筐体 4 1 の外周面には、金属パイプ 1 1 の内周面上を転動し、金属パイプ 1 1 の半径方向に移動可能とされた従動ローラ 4 2 が取り付けられている。

【 0 0 3 6 】

保持具 2 5 を構成する円筒部材 2 4 は、筐体 4 1 の前面に取り付けられた外殻部材 3 1 で覆われている。円筒部材 2 4 と外殻部材 3 1 の間には、中心軸 R を回転軸として円筒部材 2 4 が回転できるように円錐ころ軸受 3 2 が介装されている。また、円筒部材 2 4 の外周面には、第 1 モータ 3 0 の回転力を伝達するベベルギア 2 7 と噛合するベベルギア 2 6

50

が環装されている。

第1モータ30が駆動すると、第1モータ30に連結された回転軸28の回転力は、ベベルギア27からベベルギア26を介して円筒部材24に伝達され、円筒部材24はチャック部材23と共に中心軸Rを回転軸として回転する。

なお、外殻部材31の外面には、金属パイプ11の内周面上を転動し、金属パイプ11の半径方向に移動可能とされた従動ローラ39が取り付けられている(図2参照)。

【0037】

第2モータ44は、シャフト(図示省略)が筐体41の中心軸S上に位置するように、支持部材45により金属パイプ11内に固定されている。また、筐体41と第2モータ44とは、連結部材43を介して接続されている。

第2モータ44が駆動すると、筐体41並びに筐体41の前面に取り付けられた保持具25及び押圧部35が中心軸Sを回転軸として回転する(図2参照)。即ち、プローブ21(接合ツール22)が金属パイプ11の内周面に沿って円周方向に移動する。

【0038】

次に、上記構成を有する接合装置10を用いて金属パイプ11同士を接合する方法について説明する。

(1) 金属パイプ11の端面同士が突き合わされた接合面(金属パイプ11の管軸と直交する面)内に接合ツール22の中心軸Rが位置するように、接合装置10を金属パイプ11内に挿入する。その際、接合装置10に設けられた反力受けローラ38、従動ローラ39、42、及び支持部材45を金属パイプ11の半径方向内側に引っ込めておく。

(2) 接合ツール22の中心軸Rを金属パイプ11の接合面内に配置した後、反力受けローラ38、従動ローラ39、42、及び支持部材45を金属パイプ11の半径方向外側に移動させる。そして、反力受けローラ38及び従動ローラ39、42を金属パイプ11の内周面に当接させると共に、筐体41の中心軸Sが金属パイプ11の管軸上に位置するように、第2モータ44を支持部材45で金属パイプ11内に固定する。

【0039】

(3) 第1モータ30を駆動して接合ツール22をその中心軸R回りに回転させると共に、油圧シリンダ37のロッド36を移動させて被接合部12にプローブ21を押し付けて、被接合部12中にプローブ21を埋没(圧入)させ、被接合部12に塑性流動を発生させる。接合ツール22の回転数と押圧力を維持しながら、第2モータ44を駆動して接合線(金属パイプ11の端面同士を突合せた部分)に沿ってプローブ21(接合ツール22)を移動させることにより、金属パイプ11の内周面側の接合を行う。

【0040】

第1の実施の形態に係る金属パイプの接合装置10によれば、プローブ21を先端に有する接合ツール22をその中心軸R回りに回転させる第1モータ30、接合ツール22を金属パイプ11の内周面に沿って円周方向に移動させる第2モータ44、並びに接合ツール22を該接合ツール22の中心軸R方向(金属パイプ11の半径方向外側)に押圧する押圧部35を備えているため、金属パイプ11の内部から摩擦攪拌接合により金属パイプ11の端面同士を接合することができる。そのため、金属パイプ11同士を接合する際、金属パイプの内面に開口欠陥が生じることがなく、接合時におけるスパッタも発生せず接合後の後処理が不要となる。

【0041】

また、この接合装置10によれば、押圧部35で接合ツール22を押圧し、プローブ21を被接合部12に押し付けた際に発生する反力を反力受けローラ38で受けることができるので、接合ツール22を押圧した状態を維持しつつ、金属パイプ11の円周方向に接合ツール22を安定的に移動させることができる。

【0042】

[第2の実施の形態に係る金属パイプの接合装置]

本発明の第2の実施の形態に係る金属パイプの接合装置18の側断面を図3に示す。なお、第1の実施の形態に係る接合装置10と同じ構成要素には同じ符号を付し、説明を省

10

20

30

40

50

略する。

【 0 0 4 3 】

接合装置 1 8 では、第 1 モータ 3 0 のシャフトと第 1 モータ 3 0 の回転力を伝達する回転軸 2 8 が、偏角を許容する自在軸継手 1 4 で連結されており、第 1 モータ 3 0 のシャフトの中心軸と回転軸 2 8 の中心軸とがなす角度が可変とされている。なお、偏角は、第 1 モータ 3 0 のシャフトと回転軸 2 8 がなす角度のことである。

【 0 0 4 4 】

また、接合装置 1 8 では、第 2 モータ 4 4 によって回転させられる筐体 4 6 が、保持具 2 5 と押圧部 3 5 が一端部に取り付けられた筒状の前部筐体 4 6 a と、第 1 モータ 3 0 が内蔵された筒状の後部筐体 4 6 b とから構成されている。そして、前部筐体 4 6 a と後部筐体 4 6 b は、偏心及び偏角を許容するオルダム軸継手 1 3 で連結されている。なお、偏心とは、前部筐体 4 6 a の中心軸と後部筐体 4 6 b の中心軸が同一直線上にないことをいい、偏角は、前部筐体 4 6 a の中心軸と後部筐体 4 6 b の中心軸とがなす角度のことである。

【 0 0 4 5 】

偏心及び偏角を許容するオルダム軸継手 1 3 の斜視図及び分解斜視図を図 4 A、図 4 B に示す。

オルダム軸継手 1 3 は、一端面に 2 つの第 1 突起部 1 5 a が形成された円柱状の第 1 ハブ 1 5 と、一端面に 2 つの第 2 突起部 1 6 a が形成された円柱状の第 2 ハブ 1 6 と、これら第 1 ハブ 1 5 及び第 2 ハブ 1 6 の間に配置された円柱状のスライダ 1 7 と、を備えている。

第 1 ハブ 1 5、スライダ 1 7 及び第 2 ハブ 1 6 は、金属パイプ 1 1 の管軸に沿って、この順序で同軸上に並ぶように配置されている。この際、第 1 ハブ 1 5 及び第 2 ハブ 1 6 は、第 1 突起部 1 5 a 及び第 2 突起部 1 6 a をそれぞれスライダ 1 7 側に向けた状態で配置されている。

スライダ 1 7 における両端面のうち、第 1 ハブ 1 5 側に向いた一端面には、第 1 突起部 1 5 a が嵌合する第 1 溝 1 7 a が形成され、第 2 ハブ 1 6 側に向いた他端面には、第 2 突起部 1 6 a が嵌合する第 2 溝 1 7 b が形成されている。

【 0 0 4 6 】

一对の第 1 突起部 1 5 a は、その先端部が第 1 ハブ 1 5 の中心軸に沿ってスライダ 1 7 側に向けて突出するように形成されており、第 1 ハブ 1 5 の中心軸を挟んで第 1 ハブ 1 5 の半径方向に向かい合うように配置されている。

一对の第 2 突起部 1 6 a は、その先端部が第 2 ハブ 1 6 の中心軸に沿ってスライダ 1 7 側に向けて突出するように形成されており、第 2 ハブ 1 6 の中心軸を挟んで第 2 ハブ 1 6 の半径方向に向かい合うように配置されている。

なお、第 1 ハブ 1 5 及び第 2 ハブ 1 6 は、一对の第 1 突起部 1 5 a と一对の第 2 突起部 1 6 a とがスライダ 1 7 の円周方向に沿って交互に且つ等間隔で並ぶように、スライダ 1 7 を間に挟んで配置されている。

一对の第 1 突起部 1 5 a の先端部は、それぞれ側面視円形状に膨出した円板状に形成されている。その際、一对の第 1 突起部 1 5 a の先端部は、第 1 ハブ 1 5 の中心軸を挟んで面同士が対向し合うように形成されている。一对の第 2 突起部 1 6 a の先端部も、一对の第 1 突起部 1 5 a と同様に形成されている。

一方、スライダ 1 7 に形成された第 1 溝 1 7 a 及び第 2 溝 1 7 b は、それぞれ溝底部側が第 1 突起部 1 5 a 及び第 2 突起部 1 6 a の形状に対応した側面視円形状に形成されている。従って、2 つの第 1 溝 1 7 a における溝底部側の中心を、スライダ 1 7 の半径方向に沿って互いに貫く第 1 仮想線 X と、2 つの第 2 溝 1 7 b における溝底部側の中心を、スライダ 1 7 の半径方向に互いに貫く第 2 仮想線 Y とは、スライダ 1 7 の端面と平行な面内において十字状に直交する。

そして、第 1 突起部 1 5 a の先端部が第 1 溝 1 7 a 内に嵌合し、第 2 突起部 1 6 a の先端部が第 2 溝 1 7 b 内に嵌合することで、第 1 ハブ 1 5、スライダ 1 7 及び第 2 ハブ 1 6

10

20

30

40

50

は各端面間に隙間をあけた状態で連結されている。

【0047】

なお、第1突起部15a及び第2突起部16aの基端部は、図5に示すように、第1ハブ15及び第2ハブ16の端面に形成された凹陷部15b、16bにそれぞれ挿入されている。そして、これら第1突起部15a及び第2突起部16aの基端部と凹陷部15b、16bの底面との間には、スプリング19が圧縮された状態で介装されている。これにより、第1突起部15a及び第2突起部16aは、それぞれスライダ17方向に付勢されている。

【0048】

第1ハブ15の第1突起部15aがスライダ17の第1溝17aに沿ってスライドすることで第1溝17a方向（第1仮想線X方向）の偏心を吸収し、第1ハブ15の第1突起部15aがスライダ17の第1溝17aの第1仮想線X回りに回転することで第1溝17a回り（前記第1仮想線X回り）の偏角を吸収する。同様に、第2ハブ16の第2突起部16aがスライダ17の第2溝17bに沿ってスライドすることで第2溝17b方向（第2仮想線Y方向）の偏心を吸収し、第2ハブ16の第2突起部16aがスライダ17の第2溝17bの第2仮想線Y回りに回転することで第2溝17b回り（前記第2仮想線Y回り）の偏角を吸収する。

10

【0049】

上記構成により、接合装置18では、金属パイプ11が途中で曲がっていても、オルダム軸継手13及び自在軸継手14で金属パイプ11の公差を吸収することができる。そのため、金属パイプ11の接合箇所において、接合ツール22を金属パイプ11の内周面に沿って円周方向に移動させる際の回転軸と金属パイプ11の軸芯との間に角度差が生じることがない。

20

【0050】

[第3の実施の形態に係る金属パイプの接合装置]

本発明の第3の実施の形態に係る金属パイプの接合装置50の側断面を図6に示す。なお、第2の実施の形態に係る接合装置18と同じ構成要素には同じ符号を付し、説明を省略する。

【0051】

接合装置50は、トラベル角及びワーク角の調節機構を備える点で第2の実施の形態に係る接合装置18と異なっている。即ち、接合装置50は、接合ツール22の中心軸Rと被接合部12との接触角度を、中心軸Sに直交する面内、及び中心軸Sと中心軸Rを通る面内（中心軸S及び中心軸Rが延在し合う面内）で調節する機構を備えている。以下、これらの調節機構について詳述する。

30

【0052】

図7Aは、トラベル角を調節する第1の調節機構61を示す図であり、図6の接合ツール22及び後述する板部62を軸方向前側から見た図である。トラベル角とは、接合ツール22の中心軸Rと、プローブ21と被接合部12との接点における被接合部12の接線方向と、のなす角を指す。つまり、第1の調節機構61は、中心軸Sに直交する面内における中心軸Rの傾き角度を調節することで、トラベル角を調節する。

40

【0053】

第1の調節機構61は、接合ツール22、保持具25及び押圧部35と前部筐体46aとの間に配される円環状の板部62と、板部62と前部筐体46aとを接続するボルト63と、を備える。

【0054】

板部62は、板部62より前側（図6の左側）に配された接合ツール22、保持具25、押圧部35、即ち被接合部12にプローブ21を押し付けて被接合部12に塑性流動を発生させる部材と連結されている。例えば、板部62は、円錐ころ軸受32を介して保持具25を覆っている外郭部材31に対して連結されている。これにより、接合ツール22、保持具25及び押圧部35は、板部62を介して前部筐体46aに連結されている。

50

第1の調節機構61では、前部筐体46aと板部62とをボルト63を用いて締結することにより、円周方向移動部40に対する接合ツール22の相対位置を、中心軸Sに直交する面内で調整することが可能とされる。

【0055】

板部62には、ボルト63を挿通するための複数の長孔62aが形成されている。これら複数の長孔62aは、板部62の円周方向に間隔をあけて形成されている。各長孔62aは、2つの平行な円筒面を含む曲面で画定される。この円筒面は、プローブ21の先端Tを通り中心軸Sと平行な中心軸を有する。

つまり、各長孔62aは、中心軸Sに直交する面内においてプローブ21の先端Tを支点とした板部62の回動を許容するように、その回動方向に沿って長く形成されている。この際、各長孔62aは、その形成位置に応じて（プローブ21の先端Tからの距離に応じて）、延在する長さが異なっている。

10

【0056】

このような第1の調節機構61では、図7Bに示すように、プローブ21の先端Tを支点として、長孔62aが形成された範囲だけ板部62を回動することができ、前部筐体46aに対する板部62の固定位置を調節することが可能である。

【0057】

具体的には、長孔62aに挿通した複数のボルト63を前部筐体46aの不図示のボルト孔に緩めた状態で螺合させた後、プローブ21の先端Tを支点として板部62を回動させる。これにより、中心軸Sに直交する面内で接合ツール22の中心軸Rの傾きが変わり、トラベル角が摩擦撹拌接合に適した角度となるように前部筐体46aと板部62との相対位置が調節される。その後、ボルト63を締め付けて板部62を前部筐体46aに固定することにより、接合に適した角度にトラベル角を維持することができる。

20

【0058】

次に、ワーク角を調節する第2の調節機構71について説明する。ワーク角とは、接合ツール22の中心軸Rと、プローブ21と金属パイプ11との接点における金属パイプ11の半径方向とのなす角を指す。即ち、ワーク角とは、被接合部12と金属パイプ11の管軸とを通過する法線と、接合ツール22の中心軸Rとのなす角度であり、法線に対する接合ツール22の傾き度合いを示す角度である。

第2の調節機構71は、中心軸S及び中心軸Rを通る面内で接合ツール22の中心軸Rの角度を変更する。図6、図8A及び図8Bに示すように、第2の調節機構71は、アクチュエータ78と、角度検出手段81と、演算手段85とを備える。

30

【0059】

図6を参照して、角度検出手段81について説明する。角度検出手段81は、第1のセンサ82と、第2のセンサ83とを備える。第1及び第2のセンサ82、83はそれぞれ、金属パイプ11（被接合部12）の角度と接合ツール22の角度を測定するものである。

【0060】

第1のセンサ82は、金属パイプ11の外周面に取り付けられたリング84の外周面に取り付けられている。このリング84は、2つの半割りリングから構成され、各半割りリングのフランジ（不図示）を対向させてボルト等により2つの半割りリングを締結することで、金属パイプ11の接合線の外周面に取り付けられている。これにより金属パイプ11が突合せられた状態で、リング84によって固定されているため、接合ツールを金属パイプに押圧した際に押圧に伴い被接合部がラップ状に広がることを抑制できる。第1のセンサ82は、リング84の外周面のうち、接合装置50の停止状態における接合ツール22の位置と反対側（上側）に設置される。第2のセンサ83は、接合ツール22近傍、具体的には外殻部材31に取り付けられている。

40

【0061】

第1のセンサ82は、金属パイプ11の角度（重力方向に対する金属パイプ11の管軸（または半径方向）の角度）を測定する。第2のセンサ83は、接合装置50の設置角度

50

(重力方向に対する中心軸S(またはR)の角度)を測定する。第1及び第2のセンサ82、83としては、例えば角度センサや、光切断法などにより形状を計測するセンサを用いることができる。測定された角度は、第1、第2のセンサ82、83から演算手段85に送信される。

【0062】

演算手段85は、第1及び第2のセンサ82、83により測定された角度の差分に基づいて、ワーク角を算出する。そして、演算手段85は、算出したワーク角に基づき、次に説明するオルダム軸継手73のアクチュエータ78を駆動する。これによりワーク角が調節される。

【0063】

図8A及び図8Bは、オルダム軸継手73を説明するための斜視図及び分解斜視図である。オルダム軸継手73は、第2の実施の形態に係るオルダム軸継手13と同様に、第1ハブ75と、第2ハブ76と、スライダ77とで構成されている。第1ハブ75は、オルダム軸継手13の第1ハブ15と同じ構成であり、その一端面に一对の第1突起部75aが設けられている。

【0064】

第2ハブ76には、中心軸に沿って延びる凹陷部76aが形成されている。この凹陷部76aにはアクチュエータ78が嵌合固定されている。

【0065】

アクチュエータ78は、第2ハブ76の中心軸に沿って延びる円筒状のシリンダチューブ78aと、このシリンダチューブ78a内を摺動するピストン78bと、シリンダチューブ78aと接続された不図示の油圧ポンプとを備える油圧シリンダである。油圧ポンプを駆動してシリンダチューブ78a内の油圧を変化させることにより、ピストン78bは第2ハブ76の中心軸に沿って往復移動する。

なお、アクチュエータ78としては、油圧シリンダに限定されず、例えばエアシリンダや電動アクチュエータを用いてもよい。ピストン78bの先端部は、第2の実施の形態における第2突起部16aの先端部と同様の形状とされている。

【0066】

第2ハブ76には、第2ハブ76の中心軸を挟んで凹陷部76aとは半径方向の反対側に位置する部分に、第2突起部76bが設けられている。第2突起部76bは、第1突起部75aやピストン78bと異なり、第2ハブ76と一体に形成されている。第2突起部76bの先端部は、第2の実施の形態における第2突起部16aの先端部と同様の形状とされていると共に、第2の仮想線の軸上に位置するように貫通孔が形成されている。

【0067】

スライダ77には、第1突起部75aが嵌合する2つの第1溝77a、ピストン78bが嵌合する第2溝77b、第2突起部が固定される凹部77cが形成されている。このうち、第1溝77a及び第2溝77bは、第2の実施の形態のオルダム軸継手13の第1溝17a、第2溝17bと同じ形状である。

従って、2つの第1溝77aの中心を結ぶ線が第1仮想線X'とされ、第2溝77bと凹部77cの中心を結ぶ線が第2仮想線Y'とされ、これら両仮想線はスライダ77の端面と平行な面内で十字状に直交する。

【0068】

凹部77c内には、該凹部77c内に第2突起部76bの先端部を配置させた際に、第2突起部76bの貫通孔に対応する位置にボルト孔が形成されている。ボルト76cを第2突起部76bの貫通孔に挿通させ、凹部77cのボルト孔と螺合させることで、第2ハブ76とスライダ77とが連結される。このとき、第2突起部76bは凹部77cに完全に固定されるのではなく、上下方向の動きや凹部77cに対する傾きが許容された状態で取り付けられる。なお、ボルト76cの代わりにピンを用いても良い。

【0069】

以上のようなオルダム軸継手73は、第2突起部76bと接合ツール22との位置が、

10

20

30

40

50

接合装置 50 の円周方向において一致するように取り付けられている。図 9 に示すように、プローブ 21 を被接合部 12 に配置した状態でアクチュエータ 78 が駆動されることにより、中心軸 R 及び S を通る面内で、オルダム軸継手 73 の軸方向端面が前側または後側に傾く。

この結果、接合ツール 22 の中心軸 R が、プローブ 21 の先端 T を支点として前側または後側に傾く。つまり、被接合部 12 と金属パイプ 11 の管軸とを通過する法線に対する接合ツール 22 の傾きを変化させて、ワーク角を調節することができる。

【 0 0 7 0 】

次に、上記の第 1 の調節機構 61 及び第 2 の調節機構 71 を備える接合装置 50 におけるトラベル角及びワーク角を調節する方法について説明する。

(1) はじめに、接合装置 50 を金属パイプ 11 の外部に設置した状態で、トラベル角が適正範囲内となるように第 1 の調節機構 61 を用いて調節を行う。この適正範囲は、接合ツール 22 (プローブ 21) の形状や、金属パイプ 11 の材質等の接合条件から決定される。接合装置 50 の実際のトラベル角は、金属パイプ 11 の形状や接合装置 50 の形状から求められる。トラベル角が適正範囲内となるように、プローブ 21 の先端 T を支点として板部 62 を回動させることにより、板部 62 の前部筐体 46a に対する取り付け位置を調節し、ボルト 63 により板部 62 を前部筐体 46a に固定する。

【 0 0 7 1 】

(2) トラベル角の調節後、接合ツール 22 が被接合部 12 と接触するように、接合装置 50 を金属パイプ 11 の内部に設置する。この時、金属パイプ 11 の外周面上にはリング 84 が取り付けられ、リング 84 には第 1 のセンサ 82 が取り付けられている。また、第 2 センサ 83 が外殻部材 31 に取り付けられている。この状態で、油圧シリンダ 37 のロッド 36 を移動させて被接合部 12 にプローブ 21 を押し付ける。

(3) 次に、ワーク角が適正範囲内となるように第 2 の調節機構 71 を用いて調節する。この適正範囲は、接合ツール 22 (プローブ 21) の形状や、金属パイプの材質により決定され、予め演算手段 85 に入力されている。第 1 のセンサ 82 と第 2 のセンサ 83 とで測定した角度を、演算手段 85 に送信する。演算手段 85 において、入力された角度に基づきその時点におけるワーク角が求められる。

【 0 0 7 2 】

(4) 演算手段 85 で得られたワーク角が予め入力された適正範囲内である場合には、アクチュエータ 78 をロックし、ピストン 78b が動かないように規制する。これに対して、演算手段 85 で得られたワーク角が予め入力された適正範囲内でない場合は、演算手段 85 においてワーク角と適正範囲とのずれ量を算出する。演算手段 85 はそのずれ量に基づきアクチュエータ 78 を駆動し、ワーク角が適正範囲となるように調節する。(3) におけるワーク角の算出以降の手順を繰り返し行いワーク角が適正範囲内となった場合には、アクチュエータ 78 をロックし、ピストン 78b が動かないように規制する。

(5) 第 1 の実施の形態の方法により、接合装置 50 を駆動し、金属パイプ 11 同士を接合する。

【 0 0 7 3 】

第 3 の実施の形態に係る金属パイプの接合装置 50 によれば、接合ツール 22 の中心軸 R の角度を、プローブ 21 の先端 T を支点として自在に回動することが可能である。このため、接合ツール 22 と被接合部 12 との接触角 (トラベル角、ワーク角) を、適正值となるように調節した上で摩擦攪拌接合を行うことができる。これにより、特殊な形状の接合ツールを用いることなく、バリの発生や肉厚の減少、加工痕の発生を抑制できる。また、金属パイプ 11 に管軸方向の反りや、被接合部がラッパ形状である等の形状不良がある場合にも、プローブ 21 と被接合部 12 とを適切な角度 (ワーク角、トラベル角) で接触させることができる。この結果、良好な接合品質を実現できる。

【 0 0 7 4 】

なお、第 3 の実施の形態における第 2 の調節機構 71 は上記の構成に限定されない。例えば、オルダム軸継手 73 は、一つのアクチュエータ 78 を備えているが、第 2 突起部 7

10

20

30

40

50

6 bの代わりに凹陥部7 6 aをもう一つ設け、そこに第2のアクチュエータ7 8を取り付けても良い。また、第1及び第2のセンサ8 2、8 3の設置位置は図6に示す位置に限定されず、金属パイプ1 1や接合ツール2 2の角度を測定できる位置であれば良く、それぞれ被接合部1 2の近傍や接合ツール2 2の近傍に配置されていれば良い。但し、第1のセンサ8 2と第2のセンサ8 3とで、重力方向に対し角度を測る方向(例えば、軸方向、半径方向等)を同じ方向とすることが好ましい。この場合、演算手段8 5において、第1、第2のセンサ8 2、8 3で測定した値の差分の計算のみでワーク角を得ることができる。

【0075】

[第4の実施の形態に係る金属パイプの接合装置]

本発明の第4の実施の形態に係る金属パイプの接合装置9 0の側断面を図1 0に示す。なお、第3の実施の形態に係る接合装置5 0と同じ構成要素には同じ符号を付し、説明を省略する。

10

【0076】

接合装置9 0は、摩擦攪拌接合中にプローブ2 1の位置と被接合部1 2(接合線)との位置を補正する第3の調節機構9 1を備える点で第3の実施の形態に係る接合装置5 0と異なっている。即ち、接合装置9 0は、金属パイプ1 1の内周面において、プローブ2 1の位置を補正する第3の調節機構9 1を備えている。以下、図1 0~1 2を参照し、第3の調節機構9 1について詳述する。

【0077】

第3の調節機構9 1は、カメラ9 2、方向転換部9 3、及び不図示の演算手段を備えている。

20

カメラ9 2は、接合線を検出するセンサとして、接合ツール2 2の進路上、即ち、接合ツール2 2の進行方向前方に配置されている。カメラ9 2で撮影された画像は、不図示の演算手段(第3の実施の形態の演算手段8 5と兼用しても良い)に入力される。演算手段は、この入力された画像から、接合ツール2 2の進路が接合線から外れているか否かを判定し、その結果に基づき方向転換部9 3を操作する。ここで、接合ツール2 2の進路とは、その瞬間における回転中心が維持された状態で接合ツール2 2が金属パイプ1 1の内周面を移動した場合のプローブ2 1の先端Tの進路を指す。

【0078】

方向転換部9 3は、ステアリング用ローラ9 4と、ラック9 6と、ピニオン9 5と、不図示のモータとで構成される。ステアリング用ローラ9 4は、プローブ2 1の先端の進行方向を調整するものである。なお、本実施の形態では、4つの反力受けローラ3 8のうち、接合ツール2 2の進行方向において接合ツール2 2に近い側(図1 0の右側)に位置する2つを、ステアリング用ローラ9 4として利用している。このため、ステアリング用ローラ9 4は、被接合部1 2にプローブ2 1を押し付けた際に発生する反力を受ける反力受けローラとしても機能する。

30

【0079】

ピニオン9 5は、不図示のモータに接続され、モータの回転が入力される。ピニオン9 5は、金属パイプ1 1の管軸に平行に往復移動可能に配置されたラック9 6と噛み合うように配置され、ピニオン9 5とラック9 6とでラックアンドピニオン機構が構成される。ラック9 6の両端部にステアリング用ローラ9 4がそれぞれ接続されており、ラック9 6がその長手方向(金属パイプ1 1の管軸方向)に移動することにより、ステアリング用ローラ9 4の向きが変更される。

40

【0080】

次に、接合装置9 0における第3の調節機構9 1を用いた接合ツール2 2の進行方向の補正方法について説明する。

(1)第3の実施の形態と同じ方法により、接合ツールのトラベル角及びワーク角を調節する。

(2)第1の実施の形態と同じ方法により、接合ツール2 2をその中心軸R回りに回転させると共に、被接合部1 2にプローブ2 1に押し付けて被接合部1 2中にプローブ2 1を

50

埋没（圧入）させ、塑性流動を発生させる。

【0081】

（3）第2モータ44を駆動し、プローブ21（接合ツール22）を金属パイプ11の内周面に沿って円周方向に移動させる。このとき、プローブ21が360度回転して接合線を全て接合し終えるまで、以下の操作（3-1）～（3-3）を繰り返す。

（3-1）プローブ21（接合ツール22）の進行方向前方に配置されたカメラ92で接合線を撮影し、撮影したデータ（画像）を演算手段に送信する。

（3-2）演算手段は、入力されたデータに基づき、プローブ21（接合ツール22）の進路と接合線とのずれ量を算出する。

【0082】

（3-3）ずれがない、またはずれ量が無視できる場合は、（3-1）に戻る。一方、ずれが無視できない程度に生じている場合は、方向転換部93を駆動してずれを無くす方向にプローブ21（接合ツール22）の進路を変更する。

具体的には、演算手段がモータを制御して該モータを必要な回転量だけ回転させ、ピニオン95に伝達されたモータの回転をラックアンドピニオン機構によりラック96の直線運動に変換させる。これにより、ステアリング用ローラ94の向きを変更でき、プローブ21（接合ツール22）の進路を変更することができる。このとき、図12に示すように、プローブ21（接合ツール22）の進路の変更に合わせてオルダム軸継手73の第1ハブ75が移動するので、プローブ21の進路の中心のずれを、第1ハブ75とスライダ77との接続部で吸収することができる。

なお、ステアリング用ローラ94の向きが変更された後、（3-1）に戻る。

【0083】

第4の実施の形態に係る金属パイプの接合装置90によれば、接合ツール22の進路と接合線とがずれている場合でも、第3の調節機構91により接合ツール22の進路を補正することができる。また、カメラ92と演算手段を用いて繰り返し接合ツール22の進路と接合線とのずれを検出し、適宜そのずれを補正をしながら、接合線上に沿ってプローブ21を確実に走行（回転）させることができる。このため、プローブ21と接合線とが一致しない状態で摩擦攪拌接合が行われることを防止でき、接合線とプローブ21とが一致しない状態で摩擦攪拌接合が行われて接合強度が落ちることが防止される。その結果、良好な接合品質を実現できる。

【0084】

また、接合装置90では、ステアリング用ローラ94に反力受けローラの機能を持たせたことにより、両者を別々に設ける必要がない。そして、ステアリング用ローラ94に反力が負荷されることにより、ステアリング用ローラ94が金属パイプ11の内周面を滑ることが抑制されるため、第3の調節機構91による補正が適切に行われる。

【0085】

なお、第3の調節機構91における方向転換部93は上述の構成に限定されない。例えば、図13A、13Bに示すように、第3の実施の形態におけるオルダム軸継手73において2つの第1突起部75aの代わりにアクチュエータ98を備えるオルダム軸継手93Aで構成しても良い。

【0086】

オルダム軸継手93Aは、第1ハブ97と、第2ハブ76と、スライダ77とを備え、第2ハブ76及びスライダ77はオルダム軸継手73と同じ構成である。第1ハブ97は、2つのアクチュエータ98を備えており、このアクチュエータ98は第2ハブ76のアクチュエータ78と同じ形状及び構成を有し、アクチュエータ98のピストン98bの先端がそれぞれスライダ77の第1溝77aに嵌合する。

【0087】

次に、このオルダム軸継手93Aを備える第3の調節機構を用いた接合ツール22の進行方向の補正方法について説明する。この第3の調節機構では、プローブ21が360度回転して接合線を接合し終えるまでに次の操作を繰り返す。

(1) プローブ21(接合ツール22)の進行方向前方に配置されたカメラ92で接合線を撮影したデータを演算手段に送信する。

(2) 演算手段では、入力されたデータに基づき、プローブ21(接合ツール22)の予想される進路と接合線とのずれ量を算出する。

【0088】

(3) ずれがない、またはずれ量が無視できる場合は、(1)に戻る。ずれが無視できない程度に生じている場合は、オルダム軸継手93Aのアクチュエータ98を駆動してずれを無くす方向にプローブ21(接合ツール22)の進路を変更する。具体的には、演算手段で2つのアクチュエータ98の必要な駆動量を算出し、アクチュエータ98を駆動する指示をする。2つのアクチュエータ98が駆動されて、第1ハブ97の向きが変更される(図12参照)。その結果、プローブ21(接合ツール22)の進路が変更される。その後(1)に戻る。

10

【0089】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。例えば、上記実施の形態では、第2の駆動部を金属パイプ内に配置しているが、筐体と第2の駆動部とを連結するシャフトを長くして第2の駆動部を金属パイプ外に配置してもよい。また、第4の実施の形態では第3の調節機構を、第3の実施の形態の第1及び第2の調節機構と組み合わせて用いているが、第3の調節機構を第2の実施の形態に組み合わせて、第3の調節機構単独で

20

【産業上の利用可能性】

【0090】

本発明では、プローブを先端に有する接合ツールをその中心軸回りに回転させる第1の駆動部、接合ツールを金属パイプの内周面に沿って円周方向に移動させる第2の駆動部、並びに接合ツールを該接合ツールの中心軸方向に押圧する押圧部とを備えた金属パイプの接合装置及びそれを用いた金属パイプの接合方法なので、金属パイプの内部から摩擦攪拌接合により該金属パイプの端面同士を接合することができる。そのため、金属パイプの端面同士を接合する際、金属パイプの内面に開口欠陥が生じることがなく、接合時におけるスパッタも発生せず接合後の後処理が不要となる。また、第1～第3の調節機構を設ける

30

【符号の説明】

【0091】

10、18 接合装置(金属パイプの接合装置)

11 金属パイプ

12 被接合部

13 オルダム軸継手

14 自在軸継手

15 第1ハブ

15a 第1突起部

40

15b 凹陷部

16 第2ハブ

16a 第2突起部

16b 凹陷部

17 スライダ

17a 第1溝

17b 第2溝

19 スプリング

20 摩擦攪拌部

21 プローブ

50

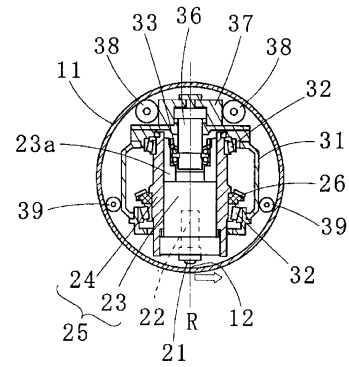
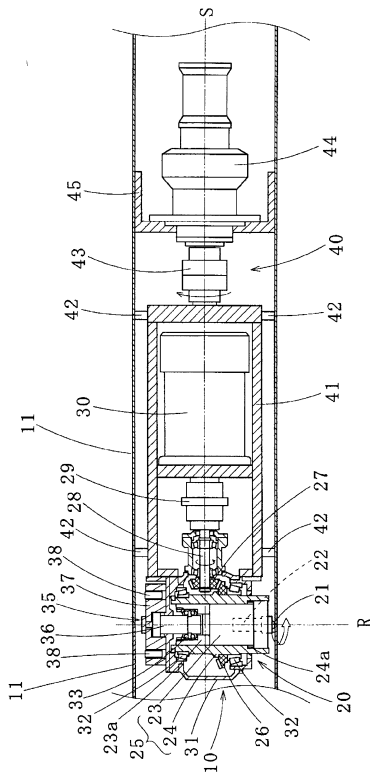
- 2 2 接合ツール
- 2 3 チャック部材
- 2 3 a 接続部材
- 2 4 円筒部材
- 2 4 a 突条部
- 2 5 保持具
- 2 6、2 7 ベベルギア
- 2 8 回転軸
- 2 9、4 3 連結部材
- 3 0 第 1 モータ (第 1 の駆動部)
- 3 1 外殻部材
- 3 2 円錐ころ軸受
- 3 3 玉軸受
- 3 5 押圧部
- 3 6 ロッド
- 3 7 油圧シリンダ
- 3 8 反力受けローラ
- 3 9、4 2 従動ローラ
- 4 0 円周方向移動部
- 4 1、4 6 筐体
- 4 6 a 前部筐体
- 4 6 b 後部筐体
- 4 4 第 2 モータ (第 2 の駆動部)
- 4 5 支持部材
- R、S 中心軸

10

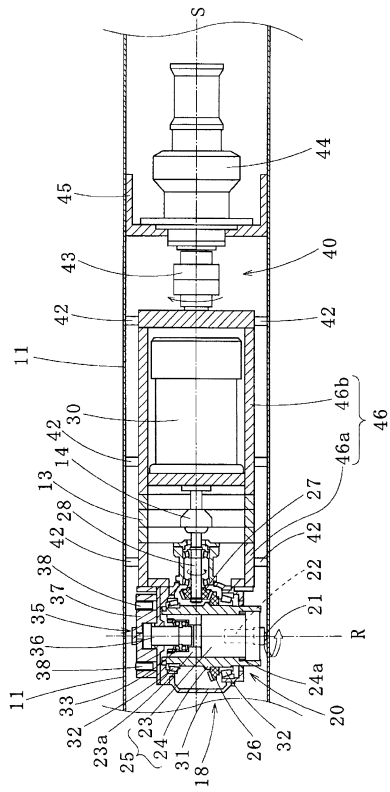
20

【 図 1 】

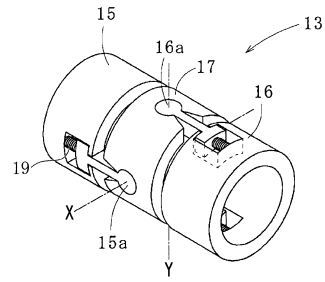
【 図 2 】



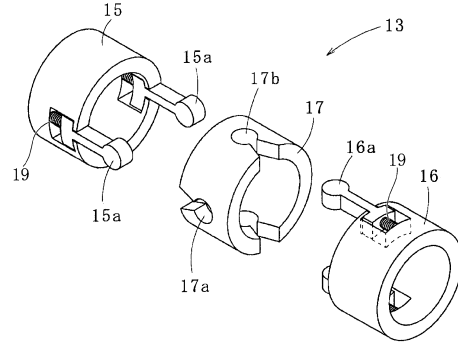
【図3】



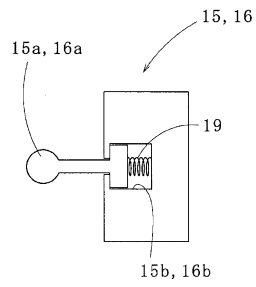
【図4A】



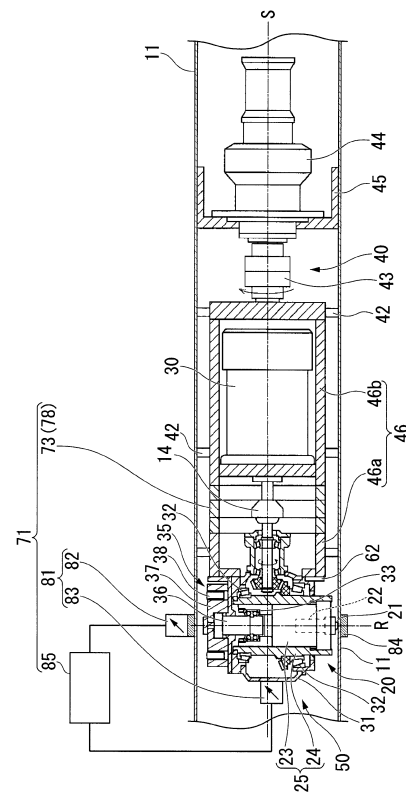
【図4B】



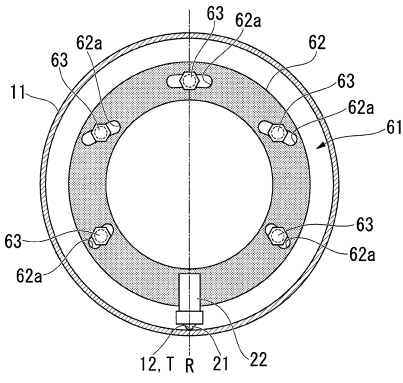
【図5】



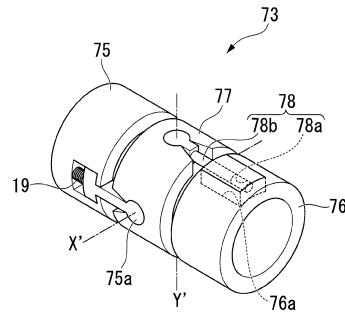
【図6】



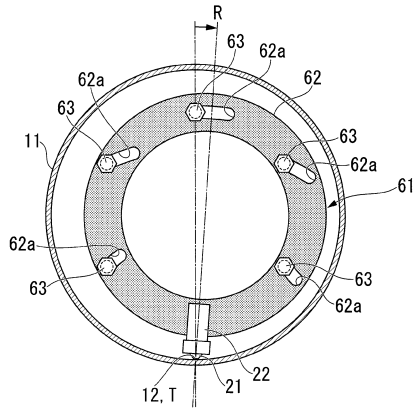
【図7A】



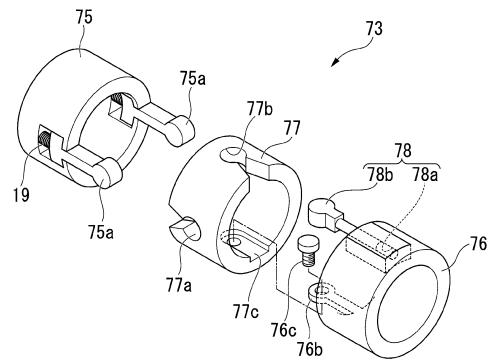
【図8A】



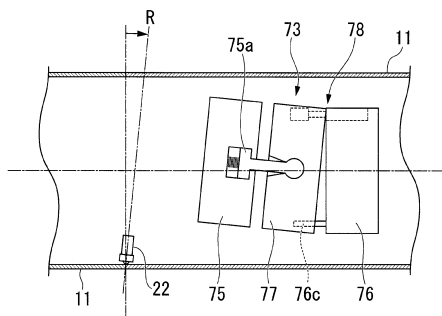
【図7B】



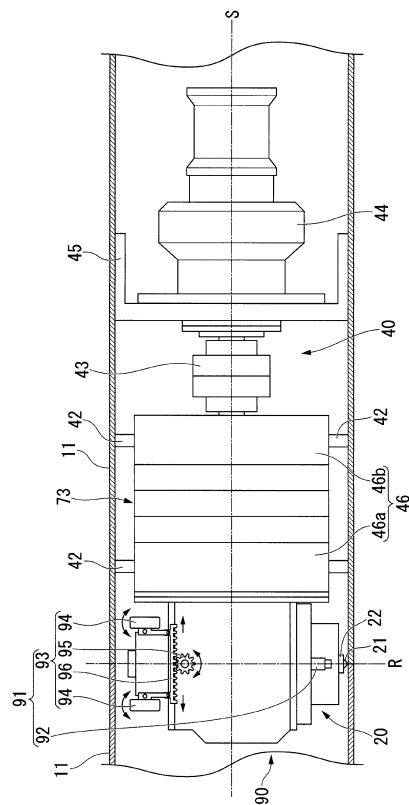
【図8B】



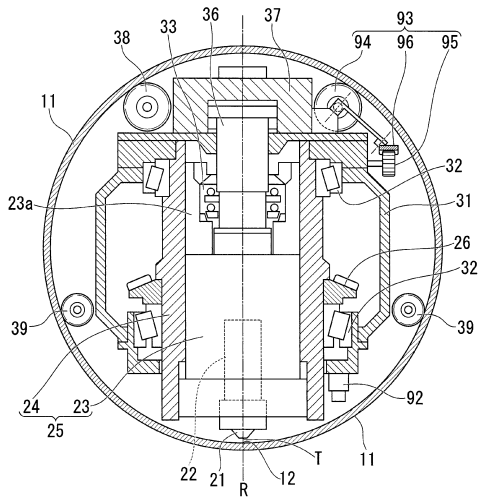
【図9】



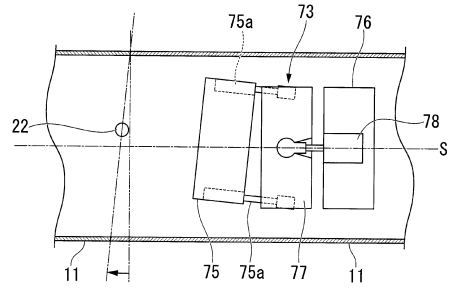
【図10】



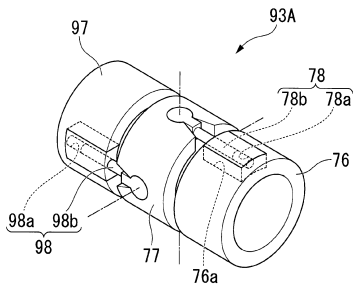
【 図 1 1 】



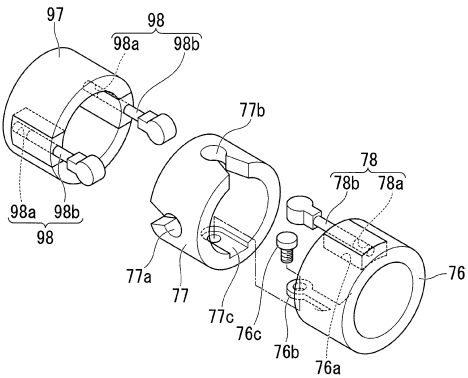
【 図 1 2 】



【 図 1 3 A 】



【 図 1 3 B 】



フロントページの続き

- (72)発明者 池 崎 徹
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 岸口 哲也
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 木坂 有治
東京都品川区大崎一丁目5番1号 大崎センタービル 新日鉄住金エンジニアリング株式会社内

審査官 山崎 孔徳

- (56)参考文献 特開平11-226756(JP,A)
米国特許第6364197(US,B1)
特表2006-518671(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B23K 20/12