

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3761344号

(P3761344)

(45) 発行日 平成18年3月29日(2006.3.29)

(24) 登録日 平成18年1月20日(2006.1.20)

(51) Int.Cl.

B23K 11/24 (2006.01)

F I

B23K 11/24 336

B23K 11/24 338

請求項の数 14 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願平10-341213	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成10年12月1日(1998.12.1)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2000-158147(P2000-158147A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成12年6月13日(2000.6.13)	(74) 代理人	100083091
審査請求日	平成13年12月21日(2001.12.21)		弁理士 田淵 経雄
審判番号	不服2004-16470(P2004-16470/J1)	(72) 発明者	吹田 和嗣
審判請求日	平成16年8月6日(2004.8.6)		愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		合議体	
		審判長	西川 恵雄
		審判官	菅澤 洋二
		審判官	中島 昭浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接ガンとそれを用いたセンサー校正方法、溶接制御方法、溶接打点位置精度変化管理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、
固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、
を有しており、

前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、

前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、

可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して、前記可動側センサーの基準点に合わせて、前記固定側センサーの、加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガン。

10

【請求項2】

前記固定側部の機械的インピーダンスが、前記可動側部の機械的インピーダンスより小であり、前記固定側センサーが、前記固定側部の前記アームのうち、前記固定側溶接チップに溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる圧縮力または引張力がかかる部位に設けられている請求項1記載の溶接ガン。

【請求項3】

前記固定側センサーが、力センサー、光学式距離センサー、光ファイバを利用したセンサーの何れかからなる請求項1記載の溶接ガン。

20

【請求項 4】

前記固定側センサーと前記可動側センサーとは、互いに、いずれかひとつのセンサーが他のセンサーの校正、作動確認などを行うことができる冗長センサー測定系を構成している請求項 1 記載の溶接ガン。

【請求項 5】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられている、溶接ガンを用いて実行されるセンサーの校正方法であって、

10

可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して、前記可動側センサーの基準点に合わせて、固定側センサーの、加圧力または位置情報の基準点を校正する工程を有する溶接ガンを用いたセンサー校正方法。

【請求項 6】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられている、溶接ガンを用いて実行されるセンサーの校正方法であって、

20

可動側溶接チップを固定側溶接チップに押し付けていって可動側溶接チップと固定側溶接チップに加圧力をかけ、可動側溶接チップを駆動する駆動手段の電流を所定量ずつ増していくことにより、可動側溶接チップと固定側溶接チップにかけた前記加圧力を所定荷重ずつ増していき、各荷重点で、可動側センサーと固定側センサーの出力である加圧力情報または該加圧力情報に比例する位置情報をプロットしていき、最小二乗法を利用して可動側センサーと固定側センサーの出力の特性線を求め、可動側センサーと固定側センサーの出力の特性線が互いに一致するように、可動側センサーと固定側センサーのゲインを設定する工程を有する溶接ガンを用いたセンサー校正方法。

30

【請求項 7】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーの基準点に合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

40

前記固定側センサーにより検出されたワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、

膨張量が所定値未満であれば溶接電流を増加する工程と、

溶接電流の増加の回数をカウントし、規定回数以上になると再溶接プログラムを実行すべきか否かを判定し、再溶接プログラムを実行しない場合はその溶接打点の溶接を終了する工程と、

再溶接プログラムを実行すべき場合は、再溶接を実行する工程と、

再溶接を実行した場合、再溶接におけるワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了し、所定値に達しなけれ

50

ば警告を発する工程と、
を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

【請求項 8】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーの基準点に合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

10

前記固定側センサーの時々刻々の検出値から、ワーク溶接部の膨張量、固定側溶接チップの位置、加圧力を時々刻々求める工程と、

前記膨張量の低下開始時の加圧力値または固定側溶接チップの位置と該低下開始時から予め定めた所定時間後の加圧力値または固定側溶接チップの位置との比較から、溶接部のチリの発生の有無を判定する工程と、

チリの発生がない場合は次回の対応溶接打点の溶接電流を今回の溶接打点での溶接電流と同じかそれ以上とし、チリの発生がある場合は次回の対応溶接打点の溶接電流を今回の溶接打点での溶接電流より小にして今回のデータを次回の溶接条件に反映させる工程と、
を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

20

【請求項 9】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接品質管理方法であって、

30

その溶接実行後の膨張量および再溶接、チリの有無を各打点毎にメモリに格納し、定期的に上位のデータベースに格納する溶接品質管理方法。

【請求項 10】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

40

前記固定側センサーの時々刻々の検出値から、ワーク溶接部の膨張量、固定側溶接チップの位置、位置の微分値、加圧力、加圧力の微分値を時々刻々求める工程と、

前記膨張量の低下開始時からの時々刻々において、固定側溶接チップの位置の微分値または加圧力の微分値と予め定めた所定値との比較から、溶接部のチリの発生の前兆の有無を判定する工程と、

チリの発生の前兆がある場合は、溶接電流を減少または停止させ、リアルタイムで溶接電流に反映させる工程と、

50

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

【請求項 1 1】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

10

前記固定側センサーにより検出されたワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、

膨張量が所定値未満であれば溶接電流を増加する工程と、

溶接電流通電中に膨張量の低下が認められた時は溶接電流を低減させる工程と、を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

【請求項 1 2】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法であって、

20

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

30

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は差がなくなるまで加圧を継続する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

【請求項 1 3】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法であって、

40

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して前記差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める

50

工程と、

到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する工程と、

P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワークにかける工程と、

可動側溶接チップと固定側溶接チップ間に通電して溶接を実行する工程と、
を含む溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法。

【請求項 1 4】

可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法であって、

10

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

20

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して前記差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める工程と、

目標位置 x_T 、 x_T' と到着点 x_2 、 x_2' との差が 0 になるように目標位置 x_T 、 x_T' を修正する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

30

本発明は、センサを具備することにより知能化された溶接ガンと、それを用いて実施される種々の方法、たとえばセンサー校正方法、溶接制御方法（加圧力制御、再溶接フィードバック制御、溶接強度制御、溶接チリ発生抑制制御、溶接ロボット軌道修正、等）、溶接打点位置精度変化管理方法、に関する。

【0002】

【従来の技術】

特開平 10-94882 は、可動側電極チップを固定側電極チップに接触させさらに押し込んだ時に生じる固定側電極チップの微量の弾性変位量を可動側電極チップを駆動するサーボモータのエンコーダから検知し（サーボモータの電流が急増する電極接触位置から押し込んだ時のサーボモータの回転量から弾性変位量を検知）、計測された固定側電極チップの弾性変位量に基づいて電極チップ間実加圧力を演算し、電極チップ間設定加圧力を演算された電極チップ間実加圧力と等しくなるように補正する溶接ガンの加圧力制御方法を開示している。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の溶接ガンの制御方法には、つぎの問題がある。

溶接ガンの、可動側溶接チップおよびその駆動サーボモータを含む可動側部は、減速機を具備しているので、溶接ガンの固定側部に比べて機械的インピーダンス（電極チップの運動を運動方程式を $m \cdot d^2 x / dt^2 + c \cdot dx / dt + kx = F(t)$ で表した場合、 $|m, c, k|$ のベクトルで表されるインピーダンス、 k だけの場合はばね定数となる

50

）が高く、動的に硬い。エンコーダはサーボモータ減速機より可動側溶接チップと反対側にあるので、可動側溶接チップの押込み量、加圧力の変動の、減速機を通してのエンコーダへの伝達が、小さくかつ遅い。そのため、エンコーダ出力に基づいて行っていた従来の溶接ガン制御の応答性が低くなり、高精度の応答が困難になる。

また、従来は、固定側溶接チップとその支持アームを含む固定側部の機械的インピーダンスを可動側部の機械的インピーダンスに近づけるように固定側溶接チップの支持アームの剛性を上げていたので、アームのサイズ、重量が大となり、溶接ガンの大型化、重量アップを招いていた。本発明の目的は、応答性、精度の高い制御を可能とする溶接ガンとそれによって実行される種々の制御方法を提供することにある。

10

本発明のもう一つの目的は、固定側溶接チップの支持アームのサイズ、剛性を小とすることを許す溶接ガンとそれによって実行される種々の制御方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明は、つぎの通りである。

(1) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、

固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、

前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、

20

前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、

可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して、前記可動側センサーの基準点に合わせて、前記固定側センサーの、加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガン。

(2) 前記固定側部の機械的インピーダンスが、前記可動側部の機械的インピーダンスより小であり、前記固定側センサーが、前記固定側部の前記アームのうち、前記固定側溶接チップに溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる圧縮力または引張力がかかる部位に設けられている(1)記載の溶接ガン。

30

(3) 前記固定側センサーが、力センサー、光学式距離センサー、光ファイバを利用したセンサーの何れかからなる(1)記載の溶接ガン。

(4) 前記固定側センサーと前記可動側センサーとは、互いに、いずれかひとつのセンサーが他のセンサーの校正、作動確認などを行うことができる冗長センサー測定系を構成している(1)記載の溶接ガン。

(5) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられている、溶接ガンを用いて実行されるセンサーの校正方法であって、

40

可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して、前記可動側センサーの基準点に合わせて、固定側センサーの、加圧力または位置情報の基準点を校正する工程を有する溶接ガンを用いたセンサー校正方法。

(6) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一

50

方を検知するための、可動側センサーが設けられている、溶接ガンを用いて実行されるセンサーの校正方法であって、

可動側溶接チップを固定側溶接チップに押し付けていって可動側溶接チップと固定側溶接チップに加圧力をかけ、可動側溶接チップを駆動する駆動手段の電流を所定量ずつ増していくことにより、可動側溶接チップと固定側溶接チップにかけた前記加圧力を所定荷重ずつ増していき、各荷重点で、可動側センサーと固定側センサーの出力である加圧力情報または該加圧力情報に比例する位置情報をプロットしていき、最小二乗法を利用して可動側センサーと固定側センサーの出力の特性線を求め、可動側センサーと固定側センサーの出力の特性線が互いに一致するように、可動側センサーと固定側センサーのゲインを設定する工程を有する溶接ガンを用いたセンサー校正方法。

10

(7) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーの基準点に合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

前記固定側センサーにより検出されたワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、

20

膨張量が所定値未満であれば溶接電流を増加する工程と、

溶接電流の増加の回数をカウントし、規定回数以上になると再溶接プログラムを実行すべきか否かを判定し、再溶接プログラムを実行しない場合はその溶接打点の溶接を終了する工程と、

再溶接プログラムを実行すべき場合は、再溶接を実行する工程と、

再溶接を実行した場合、再溶接におけるワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了し、所定値に達しなければ警告を発する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

30

(8) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーの基準点に合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

前記固定側センサーの時々刻々の検出値から、ワーク溶接部の膨張量、固定側溶接チップの位置、加圧力を時々刻々求める工程と、

40

前記膨張量の低下開始時の加圧力値または固定側溶接チップの位置と該低下開始時から予め定めた所定時間後の加圧力値または固定側溶接チップの位置との比較から、溶接部のチリの発生の有無を判定する工程と、

チリの発生がない場合は次回の対応溶接打点の溶接電流を今回の溶接打点での溶接電流と同じかそれ以上とし、チリの発生がある場合は次回の対応溶接打点の溶接電流を今回の溶接打点での溶接電流より小にして今回のデータを次回の溶接条件に反映させる工程と、を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

(9) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を

50

有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接品質管理方法であって、

その溶接実行後の膨張量および再溶接、チリの有無を各打点毎にメモリに格納し、定期的に上位のデータベースに格納する溶接品質管理方法。

(10) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

前記固定側センサーの時々刻々の検出値から、ワーク溶接部の膨張量、固定側溶接チップの位置、位置の微分値、加圧力、加圧力の微分値を時々刻々求める工程と、

前記膨張量の低下開始時からの時々刻々において、固定側溶接チップの位置の微分値または加圧力の微分値と予め定めた所定値との比較から、溶接部のチリの発生の前兆の有無を判定する工程と、

チリの発生の前兆がある場合は、溶接電流を減少または停止させ、リアルタイムで溶接電流に反映させる工程と、を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

(11) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法であって、

前記固定側センサーにより検出されたワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、

膨張量が所定値未満であれば溶接電流を増加する工程と、

溶接電流通電中に膨張量の低下が認められた時は溶接電流を低減させる工程と、を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

(12) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法であって、

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定

10

20

30

40

50

側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は差がなくなるまで加圧を継続する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法。

(13) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法であって、

10

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して前記差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める工程と、

20

到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する工程と、

P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワークにかける工程と、

可動側溶接チップと固定側溶接チップ間に通電して溶接を実行する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法。

(14) 可動側溶接チップおよび該可動側溶接チップを駆動する駆動手段を含む可動側部と、固定側溶接チップおよび該固定側溶接チップを支持するアームを含む固定側部と、を有しており、前記固定側部に、前記固定側溶接チップの位置、前記固定側溶接チップにかかる力のうち少なくとも前記固定側溶接チップの位置を検知するための、固定側センサーが設けられており、前記可動側部に、前記可動側溶接チップの位置、前記可動側溶接チップにかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサーが設けられており、可動側溶接チップを固定側溶接チップから開放して前記可動側センサーに合わせて前記固定側センサーの加圧力または位置情報の基準点が校正されている、溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法であって、

30

可動側溶接チップと固定側溶接チップがワークに接触した時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

溶接ロボットに予め記憶させてある可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

40

前記目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して前記差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める工程と、

目標位置 x_T 、 x_T' と到着点 x_2 、 x_2' との差が0になるように目標位置 x_T 、 x_T' を修正する工程と、

を含む溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法。

【0005】

上記(1)の溶接ガンでは、固定側部位にセンサを設けたので、可動側部に比べて機械

50

的インピーダンスが小さくかつ溶接チップから減速機などのギアを介さない部位にセンサーを配置することができ、溶接チップの変位および加圧力を精度高くかつ応答性よく検出でき、その検出値に基づいて溶接ガンを制御することにより制御対象が拡大し、溶接ガンを知能化できる。

上記（２）の溶接ガンでは、固定側部の機械的インピーダンスを、センサーが固定側溶接チップの変位、溶接加圧力を効率よく測定可能な領域に設定したので、固定側部の機械的インピーダンスを、従来のように可動側部の機械的インピーダンスに近づけないで、小さいままとすることができ、固定側溶接チップの支持アームの剛性、サイズを従来に比べて小にでき、溶接ガンの小型化、軽量化をはかることができる。固定側部は減速機ギアなどを具備しないので、機械的インピーダンスが可動側部より小さくなるが、それをそのまま利用して固定側溶接チップの加圧力時の変位を大きくし、鋭敏でかつ高精度の検出ができるようにする。これによっても、溶接ガンの知能化がしやすくなっている。

10

上記（３）の溶接ガンでは、固定側センサーが力センサー（ロードセンサー）、距離センサー（変位センサー）、光ファイバーを利用したセンサーからなるので、市販品を利用できる。

上記（４）の溶接ガンでは、溶接ガンの固定側部と可動側部にそれぞれセンサーを設けたので、固定側部のセンサーと可動側部のセンサーが冗長センサー測定系を構成し、一方のセンサーで他方のセンサーの基準点校正、正常作動確認などを行うことができる。

上記（５）の溶接ガンを用いて実行されるセンサー校正方法では、溶接チップを開放した状態で固定側センサーの基準点を校正するので、可動側センサーの出力で固定側センサーの基準点を校正することができる。

20

上記（６）の溶接ガンを用いて実行されるセンサー校正方法では、加圧力をかけていて可動側センサーと固定側溶接センサーのゲインを調整するので、一方のセンサーで他方のセンサーを校正することができる。

上記（７）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法は、可動側センサーがなくても実行でき、また可動側の駆動装置がサーボモータでなくてもエアシリンダーでも実行できる。上記（７）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法では、再溶接フィードバック制御ができる。溶接電流を上げていっても溶接部の溶接中の膨張量が規定値に達しない場合は、ワークにごみなどが付着している場合か装置に不具合が生じた場合かであるが、ワークにごみなどが付着している場合は再溶接を実行すればうまくいく場合があるので、再溶接を実行し、それでも溶接部の膨張量が規定値に達しない場合は、装置に不具合が生じたとみなして、警告を発する（停止でもよく、警告の中には停止である場合も含む）。

30

上記（８）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法は、可動側センサーがなくても実行でき、また可動側の駆動装置がサーボモータでなくてもエアシリンダーでも実行できる。上記（８）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法では、次の対応溶接打点での溶接チリの発生の抑制制御ができる。溶接部の溶接中の膨張量（または加圧力）は、正常な膨張では正のエクスポネンシャル（ e^t ）のカーブで増加し、最高点（溶接電流通電停止時）から負のエクスポネンシャル（ e^{-t} ）のカーブで減少するが、チリが発生した時は、チリ発生と同時に膨張量（または加圧力）が急減し、初期より減少した値に戻る。膨張量を溶接中に時々刻々検出し、正常時の所定のカーブと比較して急減した場合には、チリの発生があったとして、つぎの対応溶接打点での溶接電流を減少させることにより、つぎの対応溶接打点でのチリの発生を抑制することができる。この制御では、膨張量という微小変位を検出して行うものであるから、従来のサーボモータのエンコーダによる膨張量検出では、検出量、応答性の点で高精度な制御が困難であり、 10^{-6} 秒オーダーでの制御が可能な固定側センサーにより高精度の検出と上記制御が可能となるものである。

40

上記（９）の溶接ガンを用いて実行される溶接品質管理方法は、上記（７）の方法および上記（８）の方法において、膨張量、再溶接の有無、チリの有無を各打点毎にメモリに格納し、定期的に上位の管理システムに格納して溶接品質を管理する方法である。

上記（１０）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法は、可動側センサーがなくても実行でき、また可動側の駆動装置がサーボモータでなくてもエアシリンダーでも実行で

50

きる。上記（１０）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法では、今回の溶接打点での溶接チリの発生の抑制制御ができる。溶接部の溶接中の膨張量（または加圧力）は、正常な膨張では正のエクスポネンシャル（ e^t ）のカーブで増加し、最高点（溶接電流通電停止時）から負のエクスポネンシャル（ e^{-t} ）のカーブで減少するが、チリが発生する時は、膨張量（または加圧力）のカーブの勾配が減少側に变化し始め、それに続いて実際に急減し、初期より減少した値に戻る。膨張量を溶接中に時々刻々検出し、そのカーブの勾配を時々刻々演算し、所定許容値より大きく減少側に变化した場合には、チリの発生の前兆とみなして、溶接電流を減少させることにより、今回の溶接打点でのチリの発生を抑制することができる。この制御では、勾配の変化という微小量を検出して行うものであるから、従来のサーボモータのエンコーダによる膨張量検出では、検出量、応答性の点で高精度な制御が困難であり、 10^{-6} 秒オーダーでの制御が可能な固定側センサーにより高精度の検出と上記制御が可能となるものである。

10

上記（１１）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法は、可動側センサーがなくても実行でき、また可動側の駆動装置がサーボモータでなくてもエアシリンダーでも実行できる。上記（１１）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法では、溶接強度を制御できる。溶接電流と、ナゲットの大きさおよび溶接部熱膨張量とは、相関関係があり、また、ナゲットの大きさおよび溶接部熱膨張量と、溶接強度とは相関関係がある。熱膨張量が所定値に達すれば、強度上満足なスポット溶接が行われたとみなし、熱膨張量が所定値に達するまで溶接電流を増していく。しかし、溶接電流通電時間中に膨張量の低下が起これば、それは溶接チリなどの発生によるものであるから、その時は溶接電流を低減させる。このルーチンを繰り返すことにより、溶接チリを発生させないという条件下で、必要溶接強度のスポット溶接を最小時間で行うことができ、溶接強度を制御できる。

20

上記（１２）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法は、固定側センサーと可動側センサーの両方を用いて実行される。可動側の駆動装置はサーボモータでなくてもエアシリンダーでもよい。上記（１２）の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法では、接触点到着時（可動側センサーの電流が急増した時）の可動側溶接チップおよび固定側溶接チップの位置 x_1 、 x_1' 情報が加圧力制御に利用される。可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差が演算され、差がある場合（ワークが浮き上がっていてワーク間に隙間がある場合）は、差に比例したゲインで加圧を継続する。これによってワークが押し込まれ、ワーク間隙間がなくなる。差がなくなったかまたは差がない場合は、その時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置 x_1 、 x_1' から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める。これによって、ワークに浮き上がりがあっても、ワーク間の隙をつめて溶接することができ、剥がれない高品質のスポット溶接を実行できる。

30

上記（１３）の溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法は、固定側センサーと可動側センサーの両方を用いて実行される。可動側の駆動装置はサーボモータでなくてもエアシリンダーでもよい。上記（１３）の溶接ガンを用いて実行される溶接加圧力制御方法では、接触点到着時（可動側センサーの電流が急増した時）の可動側溶接チップおよび固定側溶接チップの位置 x_1 、 x_1' 情報が加圧力制御に利用される。可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差が演算され、差がある場合（ワークが浮き上がっていてワーク間に隙間がある場合）は、差に比例したゲインで加圧を継続する。これによってワークが押し込まれ、ワーク間隙間がなくなる。差がなくなったかまたは差がない場合は、その時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置 x_1 、 x_1' から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める。ついで、到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する。 P_0 はワーク間隙間をなくすために加えた力でワークのスプリングバック力である。 P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワークにかける。これによって、ワークに浮き上がりがあっても、必要加圧力 P_1 をワークにかけることができ、加圧力不足のない高品質のスポット溶接を実行できる。

40

上記（１４）の溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法は、固定側セン

50

サーと可動側センサーの両方を用いて実行される。可動側の駆動装置はサーボモータでなくてもエアシリンダーでもよい。上記(14)の溶接ガンを用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法では、接触点到着時(可動側センサーの電流が急増した時)の可動側溶接チップおよび固定側溶接チップの位置 x_1 、 x_1' が検出される。可動側溶接チップと固定側溶接チップの目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差が演算され、差がある場合(ワークが浮き上がっていてワーク間に隙間がある場合)は、差に比例したゲインで加圧を継続する。これによってワークが押し込まれ、ワーク間隙間がなくなる。差がなくなったかまたは差がない場合は、その時の可動側溶接チップと固定側溶接チップの検出位置 x_1 、 x_1' から可動側溶接チップと固定側溶接チップの到着点 x_2 、 x_2' を求める。 x_2 、 x_2' は実際の到着点情報であり、目標位置 x_T 、 x_T' を実際位置 x_2 、 x_2' に修正して、溶接ロボットの軌道を修正し、つぎの対応溶接打点の溶接に備える。

10

【0006】

【発明の実施の形態】

図1～図5は本発明実施例の溶接ガンを示し、図6～図16は、本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、センサー校正方法、センサー作動確認方法、溶接制御方法、溶接実績管理方法などを含む種々の方法を示している。

【0007】

まず、本発明実施例の溶接ガンを図1～図5を参照して説明する。

図1に示すように、本発明実施例の溶接ガン1は、可動側溶接チップ11および可動側溶接チップ11を駆動する駆動手段12を含む可動側部10と、固定側溶接チップ21および固定側溶接チップ21を支持するアーム22を含む固定側部20と、を有している。

20

固定側部20には、固定側溶接チップ21の位置と固定側溶接チップ21にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー23が設けられている。

溶接ガン1は6軸の溶接ロボット40により支持される。そして、移動および溶接加圧は、制御装置30により制御される。制御装置30は、コンピュータであり、溶接ロボット40の制御装置を用いることができる。

【0008】

望ましくは、可動側部10にも、可動側溶接チップ11の位置と可動側溶接チップ11にかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサー13が設けられる。

駆動手段12はサーボモータであってもよいし、エアシリンダーであってもよい。駆動手段12がサーボモータの場合は、サーボモータの回転は減速機17(通常は、減速機付きモータの減速機)で減速され、ボールネジ16などの回転を直線運動に変換する機構により、往復直線運動に変換され、可動側溶接チップ11に伝達される。

30

駆動手段12はサーボモータである場合は、可動側センサー13は、サーボモータに取り付けられたエンコーダー(位置検出センサー)などからなる。

18は溶接電流用のトランスである。

【0009】

固定側センサー23は、アーム22の部位に設けられている。アーム22はほぼC字状のアームであってもよいし、あるいは他の形状、たとえば平板状のアームであってもよい。固定側センサー23は、固定側溶接チップ21に溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる圧縮力または引張力がかかるアーム部位に、設けられている。

40

固定側センサー23は、たとえば、ロードセンサ(力センサー)23A、距離センサー(位置センサー)23B、光ファイバを利用したセンサー23Dからなる。固定側センサー23の検出値は電気信号で出力される。

【0010】

図2は、固定側センサー23が力センサー23Aからなる場合で固定側溶接チップ21に溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる圧縮力がかかるアーム部位(アーム中心線の下半分の部位)に、固定側センサー23は、設けられている場合を示している。

図3は、固定側センサー23が距離センサー23Bからなる場合で固定側溶接チップ21に溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる引張力(圧縮力でもよい)がかかる

50

アーム部位（アーム中心線の上半分の部位、圧縮力の場合は下半分の部位）に、固定側センサー２３は、設けられている場合を示している。距離センサー２３Ｂから発して光が反射板２３Ｃに反射してセンサーに戻ってきた時の位置のずれにより曲げモーメントの大きさ、それによる固定側溶接チップ２１にかかる溶接加圧力の大きさを検出する。

図４は、固定側センサー２３が光ファイバ２３Ｄからなる場合を示しており、固定側溶接チップ２１に溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる引張力がかかるアーム部位と溶接加圧力がかかった時に曲げモーメントによる圧縮力がかかるアーム部位とに光ファイバをはわせ、固定側溶接チップ２１に溶接加圧力がかかった時に光ファイバに生じる光路長差を検出計２３Ｅで検出して、固定側溶接チップ２１にかかる溶接加圧力の大きさを検出する。

10

【００１１】

図２は、図１の装置をシステムの形で示している。可動側センサー１３の出力は増幅器１４で増幅され、信号がアナログの場合はＡ／Ｄ変換器でデジタルに変換されて、制御装置３０に入力される。同様に、サーボモータ１２の出力は増幅器１５で増幅され、信号がアナログの場合はＡ／Ｄ変換器でデジタルに変換されて、制御装置３０に入力される。同様に、固定側センサー２３の出力は増幅器２４で増幅され、信号がアナログの場合はＡ／Ｄ変換器でデジタルに変換されて、制御装置３０に入力される。

【００１２】

図２に示すように、可動側部１０の機械的インピーダンスを G_1 で表し、固定側部２０の機械的インピーダンスを G_2 で表した場合、 G_1 はギヤ等の存在によって大きく、 G_2 を G_1 に近づけたが、本発明実施例では、固定側部２０の機械的インピーダンス G_2 が G_1 より小さいことを許容し、 G_2 が G_1 より小さいままとする。

20

たとえば、 $G_2 \leq (1/2) G_1$ し、望ましくは、 $G_2 \leq (1/5) G_1$ とし、さらに望ましくは、 $G_2 \leq (1/10) G_1$ とする。これによって、固定側部２０の機械的インピーダンス G_2 が、固定側センサー２３が固定側溶接チップ２１の位置、固定側溶接チップ２１にかかる力を効率よく測定可能な領域に設定される。

【００１３】

すなわち、可動側溶接チップ１１を固定側溶接チップ２１に押し付けて可動側溶接チップ１１と固定側溶接チップ２１に変位を生じさせた時、固定側部２０の撓みが可動側部１０の撓みに比べて大きくなり（ $G_2 \leq (1/10) G_1$ の場合は合計の撓みのうち９０％以上が固定側部２０の撓みとなる）、固定側センサー２３の出力が可動側センサー１３の出力より大となって、固定側センサー２３の出力に基づいて溶接ガン制御を行った方が制御しやすく、精度が高い。

30

これによって、従来の可動側センサー１３のみの構造ではできなかった種々の制御が可能になり、溶接ガン１が智能化され、智能化溶接ガンとなる。

【００１４】

可動側センサー１３と固定側センサー２３との両方が設けられる場合は、可動側センサー１３と固定側センサー２３とは冗長センサー測定系を構成する。ここで、冗長センサー測定系とは、２以上のセンサーを有し、互いに、いずれかひとつのセンサーが他のセンサーの校正、作動確認などを行うことができる測定系をいう。

40

【００１５】

つぎに、上記溶接ガン１の作用を説明する。

まず、固定側部２０に固定側センサー２３を設けたので、可動側部１０に比べて機械的インピーダンスが小さくかつ溶接チップから減速機などのギアを介さない部位にセンサー２３を配置することができ、溶接チップの変位および加圧力を精度高くかつ応答性よく検出でき、その検出値に基づいて溶接ガン１を制御することにより制御対象が拡大し、溶接ガンを智能化できる。

【００１６】

また、固定側部２０の機械的インピーダンス G_2 を、固定側センサー２３が固定側溶接チップ２１の変位、溶接加圧力を効率よく測定可能な領域に設定したので、固定側部２０

50

の機械的インピーダンス G_2 を、従来のように可動側部 10 の機械的インピーダンス G_1 に近づけないで、小さいままとすることができ、固定側溶接チップ 21 の支持アーム 22 の剛性、サイズを従来に比べて小にでき、溶接ガン 1 の小型化、軽量化をはかることができる。固定側部 20 は減速機ギアなどを具備しないので、機械的インピーダンス G_2 が可動側部より小さくなるが、それをそのまま利用して固定側溶接チップ 21 の加圧力時の変位を大きくし、鋭敏でかつ高精度の検出ができるようにする。これによっても、溶接ガン 1 の知能化がしやすくなっている。

【0017】

溶接ガン 1 の固定側部 20 と可動側部 10 にそれぞれセンサーを設けたので、固定側センサー 23 と可動側センサー 13 が冗長センサー測定系を構成し、一方のセンサーで他方のセンサーの基準点校正、正常作動確認などをすることができる。

10

【0018】

つぎに、溶接ガン 1 用いた種々の方法を説明する。

まず、溶接ガン 1 用いて実行されるセンサーの基準点校正方法と加圧力特性校正方法を、図 5、図 6、図 7 を参照して、説明する。

このセンサー校正方法は、可動側溶接チップ 11 および可動側溶接チップ 11 を駆動する駆動手段 12 を含む可動側部 10 と、固定側溶接チップ 21 および固定側溶接チップ 21 を支持するアーム 22 を含む固定側部 20 と、を有しており、固定側部 20 に、固定側溶接チップ 21 の位置、固定側溶接チップ 21 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー 23 が設けられており、可動側部 10 に、可動側溶接チップ 11 の位置、可動側溶接チップ 11 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサー 13 が設けられている、溶接ガン 1 を用いて実行されるセンサー 13、23 の校正方法である。

20

【0019】

センサー 13、23 の基準点校正方法は、可動側溶接チップ 11 を固定側溶接チップ 12 から開放して、可動側センサー 13 の出力およびサーボモータ 12 電流出力から固定側センサー 23 の、加圧力または位置情報の基準点を校正する工程を含む。

また、センサー 13、23 の加圧力特性校正方法は、センサー 13、23 の基準点を校正した後、可動側溶接チップ 11 を固定側溶接チップ 12 に押し付けていって、可動側センサー 13 と固定側センサー 23 の、加圧力または位置情報をプロットして最小二乗法を利用して特性線を求め、互いに一致するように可動側センサー 13 と固定側センサー 23 のゲインを設定する工程を含む。

30

【0020】

図 6 は、その校正ルーチンを示している。図 6 のルーチンは制御装置 30 に格納されている。また、校正ルーチンは、基準点校正ルーチンと加圧力校正ルーチンを含んでいる。

校正ルーチンは、適宜のタイミングで、たとえば 1 台の車のスポット溶接を行う前と行った後に、割り込まれる（ただし、このタイミングに限定されるものではなく、溶接作業プログラム実行中に割り込まれてもよい）。ステップ 101 で、サーボモータ 12 および可動側センサー 13 および固定側センサー 23 からの増幅された信号が入力され、可動側溶接チップ 11 を固定側溶接チップ 12 から開放し、固定側センサー 23 の、または可動側センサー 13 および固定側センサー 23 の、加圧力または位置情報の基準点（たとえば、零点）を校正する。可動側溶接チップ 11 の開放は、サーボモータ 12 電流出力（加圧が始まると電流が急増するので、電流が急増していない時は開放状態にあると判断できる）、および可動側センサー 13（たとえば、エンコーダ）の位置信号よりわかる。通常は、サーボモータ 12 電流出力と併せれば可動側センサー 13（たとえば、エンコーダ）の出力は高い精度と信頼性があるので、固定側センサー 23 の基準点を可動側の基準点に合わせて、固定側センサー 23 の基準点を校正する。

40

【0021】

ついで、加圧力校正ルーチン（ステップ 102～107）に進む。ステップ 102 で、可動側溶接チップ 11 を固定側溶接チップ 12 に押し付けていって加圧力をかけ、ステッ

50

ステップ103で最高圧力となるまで、ステップ104で所定荷重（たとえば、100kg）ずつ増していき（サーボモータ電流と加圧力は比例関係にあるのでサーボモータ電流を所定量ずつ増していくことに対応する）、ステップ105にて、各荷重点で、図7に示すように、可動側センサー13および固定側センサー23の出力である加圧力情報（または加圧力に比例する位置情報）をプロットしていき、最小二乗法を利用して可動側センサー13および固定側センサー23の出力の特性線53、54を求め、特性線53、54が互いに一致するように（ワークがない状態であるからワーク反力を受けることがなく特性線53、54は一致しなければならない）、可動側センサー13と固定側センサー23のゲインを設定する。ついで、ステップ106で、ゲインの設定をしてよいか否かを作業者が判定し、ステップ107で、ゲインの設定をしてよいならゲインを設定して加圧力（または位置）の校正を行ってつぎの作業プログラムルーチン（図8）へと進み、ステップ107で、ゲインの設定をしないならステップ105に戻って再びゲイン設定をやりなおす。これによって、加圧力（または位置）特性の校正ができる。

10

【0022】

つぎに、作業プログラムルーチン108～111進む。このルーチンは各溶接打点で毎回割り込まれる。ステップ108で、溶接ガン加圧中か否かを判定し（サーボモータ12電流が上昇している時は溶接ガン加圧中）、加圧中なら、各種のモニタリング109を実行する。この各種モニタリング実行中には、その溶接打点でワークから受ける反力によって、可動側センサー13の出力と固定側センサー23の出力が一致しない場合が出てくる。そのため、その溶接打点での溶接が終了した時、すなわち溶接ガン加圧中でない時、ステップ110に進んで、基準点（たとえば、零点）をリセットする。このリセットは図6のルーチンで校正されている基準点へのリセットである。そして、ステップ111でそのワークの複数または全溶接打点の溶接が終了したか否かを判定し、終了していないならステップ108に戻ってつぎの溶接打点の溶接を繰返し、終了しているならエンドに進む。

20

【0023】

つぎに、溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである再溶接フィードバック制御方法）を図9、図10を参照して、説明する。

この溶接制御方法は、可動側溶接チップ11および可動側溶接チップ11を駆動する駆動手段12を含む可動側部10と、固定側溶接チップ21および固定側溶接チップ21を支持するアーム22を含む固定側部20と、を有しており、固定側部20に、固定側溶接チップ21の位置、固定側溶接チップ21にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー23が設けられている、溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法である。可動側センサー13はなくてもよい。また、駆動手段12はサーボモータであってもよいし、あるいはエアシリンダであってもよい。

30

【0024】

溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである再溶接フィードバック制御方法）は、

- (i) 固定側センサー23により検出されたワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、
 - (ii) 膨張量が所定値未満であれば溶接電流 $I(t)$ を増加する工程と、
 - (iii) 溶接電流 $I(t)$ の増加の回数をカウントし、規定回数以上になると再溶接プログラムを実行すべきか否かを判定し、再溶接プログラムを実行しない場合はその溶接打点の溶接を終了する工程と、
 - (iv) 再溶接プログラムを実行すべき場合は、再溶接を実行する工程と、
 - (v) 再溶接を実行した場合、再溶接におけるワーク溶接部の膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了し、所定値に達しなければ警告を発する工程と、
- を含む。

40

【0025】

図10で、固定側部20が可動側部10に比べて機械的インピーダンスが小さいので、

50

ワーク 60 の溶接部 61 の熱膨張量（位置変化）のほとんどが固定側センサー 23 によって検出される。そして、溶接部 61 の熱膨張量が所定値以上になると満足な溶接が行われたとみなすことができる。また、溶接電流と溶接部 61 の熱膨張との間には相関関係があり、溶接電流が大なほど溶接部 61 の熱膨張が大となる。ただし、溶接電流を上げ過ぎると、溶接マグマの飛散（チリの発生）が生じて、加圧力が急激に低下することがわかっている。

【0026】

図 9 は、上記の再溶接フィードバック制御方法の制御ルーチンを示す。ステップ 201 で、時々刻々、ワーク溶接部 61 の熱膨張量 δ が所定値 δ_s 以上かを判定し、 δ が δ_s 以上になるとステップ 208 に進んでデータベース（D/B）に熱膨張量を格納し、エンドステップに進んで、その溶接打点での溶接を終了しつぎの溶接打点に移る。ステップ 201 で膨張量が所定値未満であればステップ 202 に進んで溶接電流 $I(t)$ を増加し、ステップ 201 に戻る。そして、このルーチンを通る回数をカウンタ 203 でカウントし、規定回数以上になると、ステップ 204 に進んで再溶接プログラムを実行すべきか否かを判定する。これは、ごみなどが付着して再溶接するといまいく場合があるので、再溶接を実行してみるためである。作業者が、または予め定めた条件との比較により、再溶接プログラムを実行しないと判定した場合は、ステップ 208 でデータを格納した後エンドステップに進んでその溶接打点の溶接を終了する。ステップ 204 で再溶接プログラムを実行すべきと判定された場合は、ステップ 205 に進んで再溶接を実行する。再溶接を実行した場合、ステップ 206 に進んで、再溶接におけるワーク溶接部の膨張量 δ が予め定めた所定値 δ_s 以上か否かを判定し、所定値以上であればステップ 208 に進んでデータベース（D/B）に熱膨張量を格納し、エンドステップに進んで、その溶接打点の溶接を終了し、所定値に達しなければステップ 207 に進んで警告を発する。

【0027】

つぎに、溶接ガン 1 用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、次回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）を図 11、図 13 を参照して、説明する。

この溶接制御方法は、可動側溶接チップ 11 および可動側溶接チップ 11 を駆動する駆動手段 12 を含む可動側部 10 と、固定側溶接チップ 21 および固定側溶接チップ 21 を支持するアーム 22 を含む固定側部 20 と、を有しており、固定側部 20 に、固定側溶接チップ 21 の位置、固定側溶接チップ 21 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー 23 が設けられている、溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法である。可動側センサー 13 はなくてもよい。また、駆動手段 12 はサーボモータであってもよいし、あるいはエアシリンダであってもよい。

【0028】

溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、次回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）は、

(i) 固定側センサー 23 の時々刻々の検出値から、ワーク溶接部 61 の熱膨張量、固定側溶接チップ 21 の位置、加圧力を時々刻々求める工程と、

(ii) 熱膨張量の低下開始時の加圧力値または固定側溶接チップ 21 の位置と該低下開始時から予め定めた所定時間後の加圧力値または固定側溶接チップ 21 の位置との比較から、溶接部 61 のチリの発生の有無を判定する工程と、

(iii) チリの発生がない場合は次回の対応溶接打点の溶接電流 $I(t)'$ を今回の溶接打点での溶接電流 $I(t)$ と同じかそれ以上とし、チリの発生がある場合は次回の対応溶接打点の溶接電流 $I(t)'$ を今回の溶接打点での溶接電流 $I(t)$ より小にして今回のデータを次回の溶接条件に反映させる工程と、を含む。

【0029】

図 11 は、上記溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、次回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）の制御ルーチンを示している。この制御ルーチンは制御装置 30 に格納されている。

この制御ルーチンでは、ステップ301で、熱膨張量が予め定めた所定値（満足な溶接が行われた時の熱膨張量）以上かを判定し、所定値以上ならステップ306に進んで熱膨張量の値をデータベースに格納し、エンドステップに進む。ステップ301で、熱膨張量が予め定めた所定値未満ならステップ302で現在の溶接電流を所定値だけ上げて、ステップ303に進む。ステップ303では、熱膨張量が低下を開始したか否かを判定し、開始していないならチリの発生がないとみなして、ステップ301に戻る。ステップ303で熱膨張量が低下を開始したと判定されると、ステップ304に進んで、熱膨張量の低下の開始時点の加圧力または固定側溶接チップ位置と、所定時間 Δt （図13）後の加圧力または固定側溶接チップ位置との差 ΔF （図13）が、予め定めた値 F_0 より大か否かを判定する。 ΔF が F_0 以下である場合は、溶接チリの発生はないとみなしてステップ301に戻る。 ΔF が F_0 より大である場合は、加圧力または固定側溶接チップ位置に急激な変化（低下）が起こったことを意味するから、溶接チリが発生したとみなして、ステップ305に進み、次回の対応溶接打点の溶接電流 $I(t)'$ を今回の溶接打点の溶接電流 $I(t)$ より下げる。

10

これによって、次回の対応溶接打点の溶接チリの発生を抑制する。

また、溶接完了後の膨張量、再溶接か否か、チリの発生の有無を各溶接打点毎にステップ306でメモリに格納する。そして、この格納されたデータを定期的に各打点毎に上位の管理システム（データベース）に格納する。これにより、溶接品質を管理することができる。

【0030】

20

つぎに、溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、今回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）を図12、図13を参照して、説明する。

この溶接制御方法は、可動側溶接チップ11および可動側溶接チップ11を駆動する駆動手段12を含む可動側部10と、固定側溶接チップ21および固定側溶接チップ21を支持するアーム22を含む固定側部20と、を有しており、固定側部20に、固定側溶接チップ21の位置、固定側溶接チップ21にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー23が設けられている、溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法である。可動側センサー13はなくてもよい。また、駆動手段12はサーボモータであってもよいし、あるいはエアシリンダであってもよい。

【0031】

30

溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、今回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）は、

(i) 固定側センサー23の時々刻々の検出値から、ワーク溶接部61の熱膨張量、固定側溶接チップ21の位置、位置の微分値、加圧力、加圧力の微分値を時々刻々求める工程と、

(ii) 熱膨張量の低下開始時からの時々刻々において、固定側溶接チップ21の位置の微分値または加圧力の微分値と予め定めた所定値との比較から、溶接部61のチリの発生の前兆の有無を判定する工程と、

(iii) チリの発生の前兆がある場合は現在の溶接電流 $I(t)$ を減少または停止させ、リアルタイムで溶接電流に反映させる工程と、を含む。

40

【0032】

図12は、上記溶接ガン1を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、今回の対応溶接打点におけるチリ発生抑制制御方法）の制御ルーチンを示している。この制御ルーチンは制御装置30に格納されている。

この制御ルーチンでは、ステップ311で、熱膨張量が予め定めた所定値（満足な溶接が行われた時の熱膨張量）以上かを判定し、所定値以上ならステップ316に進んで熱膨張量の値をデータベースに格納し、ついでエンドステップに進む。ステップ311で、熱膨張量が予め定めた所定値未満ならステップ312で現在の溶接電流を所定値だけ上げて、ステップ313に進む。ステップ313では、熱膨張量が低下を開始したか否かを判定

50

し、開始していないならチリの発生がないとみなして、ステップ 3 1 1 に戻る。ステップ 3 1 3 で熱膨張量が低下を開始したと判定されると、ステップ 3 1 4 に進んで、熱膨張量の低下の開始時点からの加圧力の微分値 dF/dt ($\Delta F/\Delta t$ を含む) または固定側溶接チップ位置の微分値 dx/dt ($\Delta x/\Delta t$ を含む) を演算して求め、これを予め定めた値 F_0 または x_0 と比較する。負の値である dF/dt または dx/dt が負の値である F_0 または x_0 以上である場合は、溶接チリの発生の前兆はないとみなしてステップ 3 1 1 に戻る。 dF/dt または dx/dt が F_0 または x_0 より小である場合は、加圧力の勾配または固定側溶接チップ位置の勾配に急激な変化が起こったことを意味するから、溶接チリの発生の前兆があるとみなして、ステップ 3 1 5 に進み、今回の溶接打点の溶接電流 $I(t)$ を下げるかまたは停止する。

10

これによって、今回の溶接打点の溶接チリの発生を未然に抑制する。

【0033】

つぎに、溶接ガン 1 用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、溶接強度制御方法）を図 1 4、図 1 3 を参照して、説明する。

この溶接制御方法は、可動側溶接チップ 1 1 および可動側溶接チップ 1 1 を駆動する駆動手段 1 2 を含む可動側部 1 0 と、固定側溶接チップ 2 1 および固定側溶接チップ 2 1 を支持するアーム 2 2 を含む固定側部 2 0 と、を有しており、固定側部 2 0 に、固定側溶接チップ 2 1 の位置、固定側溶接チップ 2 1 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー 2 3 が設けられている、溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法である。可動側センサー 1 3 はなくてもよい。また、駆動手段 1 2 はサーボモータであって

20

【0034】

溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、溶接強度制御方法）は、

(i) 固定側センサー 2 3 により検出されたワーク溶接部 6 1 の熱膨張量が予め定めた所定値以上か否かを判定し、所定値以上であればその溶接打点の溶接を終了する工程と、
 (ii) 熱膨張量が所定値未満であれば溶接電流 $I(t)$ を増加する工程と、
 (iii) 溶接電流通電中に熱膨張量の低下が認められた時は溶接電流 $I(t)$ を低減する工程と、
 を含む。

30

【0035】

図 1 4 は、上記溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法（のひとつである、溶接強度制御方法）の制御ルーチンを示している。この制御ルーチンは制御装置 3 0 に格納されている。

この制御ルーチンでは、ステップ 3 2 1 で、熱膨張量が予め定めた所定値（満足な溶接が行われた時の熱膨張量）以上かを判定し、所定値以上ならステップ 3 2 5 に進んでデータベースにデータを格納した後、エンドステップに進む。ステップ 3 2 1 で、熱膨張量が予め定めた所定値未満ならステップ 3 2 2 で現在の溶接電流を所定値 $\Delta I(t)$ だけ上げて、ステップ 3 2 3 に進む。ステップ 3 2 3 では、溶接電流通電中に熱膨張量が低下を開始したか否かを判定し、開始していないならチリの発生がないとみなして、ステップ 3 2 1 に戻る。ステップ 3 2 3 で熱膨張量が低下を開始したと判定されると、ステップ 3 2 4 に進んで、現在の溶接電流を所定値 $\Delta I(t)'$ だけ下げて、ステップ 3 2 1 に戻る。

40

これによって、今回の溶接打点の溶接チリの発生を未然に抑制しながら、所定膨張量の溶接、したがって必要溶接強度の溶接を、最大溶接電流で、したがって最短時間で行うことができる。

【0036】

つぎに、溶接ガン 1 用いて実行される溶接制御方法（のひとつであるワーク間に隙がある場合その隙を詰めて溶接する溶接制御方法）を、図 1 5、図 1 6 を参照して、説明する。

この溶接制御方法は、可動側溶接チップ 1 1 および可動側溶接チップ 1 1 を駆動する駆

50

動手段 12 を含む可動側部 10 と、固定側溶接チップ 21 および固定側溶接チップ 21 を支持するアーム 22 を含む固定側部 20 と、を有しており、固定側部 20 に、固定側溶接チップ 21 の位置、固定側溶接チップ 21 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー 23 が設けられており、可動側部 10 に、可動側溶接チップ 11 の位置、可動側溶接チップ 11 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサー 13 が設けられている、溶接ガン 1 を用いて実行される溶接制御方法である。

【0037】

上記溶接制御方法（のひとつであるワーク間に隙がある場合その隙を詰めて溶接する溶接制御方法）は、

- (i) 可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 がワーク 60 に接触した時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、
 - (ii) 溶接ロボット 40 に予め記憶させてある可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、
 - (iii) 目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は差がなくなるまで加圧を継続する工程と、
- を含む。

【0038】

図 16 は、上記溶接制御方法を実行する制御ルーチンを示す。

ステップ 401 で、溶接ロボット 40 の制御装置 30 の RAM に予め記憶してある、溶接における可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' を CPU に取り出す。ついで、ステップ 402 で、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 がそれぞれワーク 60 に接触した時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の接触位置 x_1 、 x_1' を、センサー 13、23 にて検出し、読込む。

ついで、ステップ 403 で、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と実際の接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する。

ついで、ステップ 404 に進み、 x_T 、 x_T' と x_1 、 x_1' との差があるか否かを判定し、差がある場合はステップ 405 に進んで、 x_1 、 x_1' から x_T 、 x_T' に行くまで加圧を継続して、ステップ 403 の差の演算工程に戻り、ステップ 404 で差がないと判定された場合は、ステップ 406 に進んで、その時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の検出位置から可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の到着点 x_2 、 x_2' を求める。

【0039】

上記溶接制御方法では、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差が演算され、差がある場合（ワークが浮き上がっていてワーク間に隙間がある場合）は、差に比例したゲインで加圧を継続するので、ワークが押し込まれ、ワーク間隙間がなくなる。したがって、ワーク間に隙間があっても、溶接電流を通電するまでには隙がない状態にすることができ、高品質のスポット溶接を実行できる。

【0040】

つぎに、溶接ガン 1 を用いて実行される溶接加圧力制御方法を、図 15、図 16 を参照して、説明する。

この溶接加圧力制御方法は、可動側溶接チップ 11 および可動側溶接チップ 11 を駆動する駆動手段 12 を含む可動側部 10 と、固定側溶接チップ 21 および固定側溶接チップ 21 を支持するアーム 22 を含む固定側部 20 と、を有しており、固定側部 20 に、固定側溶接チップ 21 の位置、固定側溶接チップ 21 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー 23 が設けられており、可動側部 10 に、可動側溶接チップ 11 の位置、可動側溶接チップ 11 にかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサー 13 が設けられている、溶接ガン 1 を用いて実行される溶接加圧力制御方法である。

【0041】

上記溶接加圧力制御方法は、

- (i) 可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 がワーク 60 に接触した時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、
 - (ii) 溶接ロボット 40 に予め記憶させてある可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と前記接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、
 - (iii) 目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の検出位置から可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の到着点 x_2 、 x_2' を求める工程と、
 - (iv) 到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する工程と、
 - (v) P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワーク 60 にかける工程と、
 - (vi) 可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 間に通電して溶接を実行する工程と、
- を含む。

10

【0042】

図 16 は、上記溶接加圧力制御方法を実行する制御ルーチンを示す。

ステップ 401 で、溶接ロボット 40 の制御装置 30 の RAM に予め記憶してある、溶接における可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' を CPU に取り出す。ついで、ステップ 402 で、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 がそれぞれワーク 60 に接触した時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の接触位置 x_1 、 x_1' を、センサー 13、23 にて検出し、読込む。

20

ついで、ステップ 403 で、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と実際の接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する。

ついで、ステップ 404 に進み、 x_T 、 x_T' と x_1 、 x_1' との差があるか否かを判定し、差がある場合はステップ 405 に進んで、 x_1 、 x_1' から x_T 、 x_T' に行くまで加圧を継続して、ステップ 403 の差の演算工程に戻り、ステップ 404 で差がないと判定された場合は、ステップ 406 に進んで、その時の可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の検出位置から可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の到着点 x_2 、 x_2' を求める。

30

【0043】

ついで、ステップ 407 に進み、到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する。 P_0 は、ワーク 61、62、63 間に隙があるような場合に、接触位置 x_1 、 x_1' から到着点 x_2 、 x_2' に至るまでの、ワーク 60 のスプリングバック力である。

ついで、ステップ 408 に進み、 P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワーク 60 にかける。ステップ 409 で、加圧力 P_T をかけてよいかを判定し、よくないなら、ステップ 408 に戻って再度加圧力を演算しなおす。

ステップ 409 で、加圧力 P_T をかけてよいと判定されたら、ステップ 410 に進み、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 間に通電して、溶接を実行する。通電はタイマー 411 で定められた時間、実行する。

40

【0044】

上記加圧力制御方法では、可動側溶接チップ 11 と固定側溶接チップ 21 の目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差が演算され、差がある場合（ワークが浮き上がっていてワーク間に隙間がある場合）は、差に比例したゲインで加圧を継続する。これによってワークが押し込まれ、ワーク間隙間がなくなる。差がなくなったかまたは差がない場合は、到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する。 P_0 はワーク間隙間をなくするために加えた力でワークのスプリングバック力である。 P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワークにかける。これによって、ワークに浮き上がりがあっても、必要加圧力 P_1 をワークにかけることができ、加圧力不足のない高品質のスポット溶接を実行できる。

50

【0045】

つぎに、溶接ガン1用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法を、図15、図16を参照して、説明する。

この溶接ロボット軌道修正方法は、可動側溶接チップ11および可動側溶接チップ11を駆動する駆動手段12を含む可動側部10と、固定側溶接チップ21および固定側溶接チップ21を支持するアーム22を含む固定側部20と、を有しており、固定側部20に、固定側溶接チップ21の位置、固定側溶接チップ21にかかる力の少なくとも一方を検知するための、固定側センサー23が設けられており、可動側部10に、可動側溶接チップ11の位置、可動側溶接チップ11にかかる力の少なくとも一方を検知するための、可動側センサー13が設けられている、溶接ガン1を用いて実行される溶接ロボット軌道修正方法である。

10

【0046】

上記溶接ロボット軌道修正方法は、

(i) 可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21がワーク60に接触した時の可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の接触位置 x_1 、 x_1' を検出する工程と、

(ii) 溶接ロボット40に予め記憶させてある可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する工程と、

(iii) 目標位置 x_T 、 x_T' と接触位置 x_1 、 x_1' との差がある場合は加圧を継続して差の演算工程に戻り、差がない場合はその時の可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の検出位置から可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の到着点 x_2 、 x_2' を求める工程と、

20

(iv) 目標位置 x_T 、 x_T' と到着点 x_2 、 x_2' との差が0になるように、目標位置 x_T 、 x_T' を修正する工程と、を含む。

【0047】

図16は、また、上記溶接ロボット軌道修正方法を実行する制御ルーチンも示している。

ステップ401で、溶接ロボット40の制御装置30のRAMに予め記憶してある、溶接における可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の目標位置 x_T 、 x_T' をCPUに取り出す。ついで、ステップ402で、可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21がそれぞれワーク60に接触した時の可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の接触位置 x_1 、 x_1' を、センサー13、23にて検出し、読込む。

30

ついで、ステップ403で、可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の目標位置 x_T 、 x_T' と実際の接触位置 x_1 、 x_1' との差を演算する。

ついで、ステップ404に進み、 x_T 、 x_T' と x_1 、 x_1' との差があるか否かを判定し、差がある場合はステップ405に進んで、加圧を継続してステップ403の差の演算工程に戻り、ステップ404で差がないと判定された場合は、ステップ406に進んで、その時の可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の検出位置から可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の到着点 x_2 、 x_2' を求める。

ついで、ステップ412に直接進むか、あるいは加圧力制御ステップ407～411を経由してステップ412に進む。

40

【0048】

加圧力制御ステップ407～411を経由する場合は、ステップ407に進み、到着点までに必要であった加圧力 P_0 を演算する。 P_0 は、ワーク61、62、63間に隙があるような場合に、接触位置 x_1 、 x_1' から到着点 x_2 、 x_2' に至るまでの、ワーク60のスプリングバック力である。

ついで、ステップ408に進み、 P_0 に溶接の必要加圧力 P_1 をさらに加えて $P_0 + P_1 = P_T$ の加圧力をワーク60にかける。ステップ409で、加圧力 P_T をかけてよいかを判定し、よくないなら、ステップ408に戻って再度加圧力を演算しなおす。

ステップ409で、加圧力 P_T をかけてよいと判定されたら、ステップ410に進み、

50

可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21間に通电して、溶接を実行する。通电はタイマー411で定められた時間、実行する。

【0049】

ついで、ステップ412に進み、目標位置 x_T 、 x_T' と到着点 x_2 、 x_2' との差が0になるように、目標位置 x_T 、 x_T' を修正する。これによって、ロボットの軌道修正（目標位置 x_T 、 x_T' 修正）が行われる。

ついで、エンドステップに進んで終了するか、あるいは、必要に応じて、ステップ413～416を経由してエンドステップに進む。

ステップ413では、 x_2 、 x_2' を時間の関数 $x_2(t)$ 、 $x_2'(t')$ としたときの、到着時間 t 、 t' の比較による、可動側溶接チップ11と固定側溶接チップ21の同時到着性（同着性）を検討し、 $t=t'$ とするように、目標ゲイン、目標位置 x_T 、 x_T' を修正する。

10

ついで、ステップ414では、確認、管理作業を行うか否かを教示する。確認、管理作業なしの場合は、そのままエンドステップに進んで、ルーチンを終了し、確認、管理作業ありの場合は、ステップ415で修正をしてよいか否かを作業者が判断し、あるいは制御装置30による学習制御により判定し、修正してよいなら、ステップ416に進んで修正作業を実行する。ついで、ステップ417で、上記データおよびその修正データのデータベースへの保存を行い、ついでエンドステップに進んで、ルーチンを終了する。

ステップ417でデータベースに保存されたデータは、種々の管理（自動車ボデーの全溶接打点の強度管理や自動車ボデーの溶接歪管理）に使用される。

20

また、ステップ403またはステップ412からステップ414に直接進んでもよい。

上記ロボットの軌道修正方法により、目標位置 x_T 、 x_T' を実際の到着点 x_2 、 x_2' に修正できる。

【0050】

【発明の効果】

請求項1の溶接ガンによれば、固定側部位にセンサを設けたので、可動側部に比べて機械的インピーダンスが小さくかつ溶接チップから減速機などのギアを介さない部位にセンサーを配置することができ、溶接チップの変位および加圧力を精度高くかつ応答性よく検出でき、その検出値に基づいて溶接ガンを制御することにより制御対象が拡大し、溶接ガンを智能化できる。

30

請求項2の溶接ガンによれば、固定側部の機械的インピーダンスを、センサーが固定側溶接チップの変位、溶接加圧力を効率よく測定可能な領域に設定したので、固定側部の機械的インピーダンスを、従来のように可動側部の機械的インピーダンスに近づけないで、小さいままとすることができ、固定側溶接チップの支持アームの剛性、サイズを従来に比べて小にでき、溶接ガンの小型化、軽量化をはかることができる。

請求項3の溶接ガンによれば、固定側センサーが力センサー（ロードセンサー）、距離センサー（変位センサー）、光ファイバーを利用したセンサーのいずれかからなるので、市販品を利用できる。

請求項4の溶接ガンによれば、溶接ガンの固定側部と可動側部にそれぞれセンサーを設けたので、固定側部のセンサーと可動側部のセンサーが冗長センサー測定系を構成することができる。

40

請求項5の溶接ガンを用いて実行されるセンサー校正方法によれば、溶接チップを開放した状態で固定側センサーの基準点を校正するので、可動側センサーの出力で固定側センサーの基準点を校正することができる。

請求項6の溶接ガンを用いて実行されるセンサー校正方法によれば、加圧力をかけていて可動側センサーと固定側溶接センサーのゲインを調整するので、一方のセンサーで他方のセンサーを校正することができる。

請求項7の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、再溶接フィードバック制御ができる。

請求項8の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、次の対応溶接打点での

50

溶接チリの発生を抑制できる。

請求項 9 の溶接ガンを用いて実行される溶接品質管理方法は、膨張量、再溶接の有無、チリの有無を各打点毎にメモリに格納し、定期的に上位の管理システムに格納して溶接品質を管理することができる。

請求項 10 の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、今回の溶接打点での溶接チリの発生を抑制できる。

請求項 11 の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、溶接チリを発生させないという条件下で、必要溶接強度のスポット溶接を最小時間で行うことができ、溶接強度を制御できる。

請求項 12 の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、ワーク間の隙をつめて溶接することができ、高品質のスポット溶接を実行できる。 10

請求項 13 の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、ワークに浮き上がりがあっても、必要加圧力 P_1 をワークにかけることができ、加圧力不足のない高品質のスポット溶接を実行できる。

請求項 14 の溶接ガンを用いて実行される溶接制御方法によれば、目標位置 x_T 、 x_T' を実際位置 x_2 、 x_2' に修正して、溶接ロボットの軌道を修正し、つぎの対応溶接打点の溶接に備えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明実施例の溶接ガンの側面図である。

【図 2】 本発明実施例の溶接ガンの、一例の固定側センサーとその近傍の断面図である。 20

【図 3】 本発明実施例の溶接ガンの、もう一つの例の固定側センサーとその近傍の断面図である。

【図 4】 本発明実施例の溶接ガンの、さらにもう一つの例の固定側センサーとその近傍の断面図である。

【図 5】 本発明実施例の溶接ガンとそれを取り付ける溶接ロボットのシステム図である。

【図 6】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、センサー校正方法の制御ルーチンのフローチャートである。

【図 7】 本発明実施例の溶接ガンの、センサー校正制御のプロットと最小二乗法の線を示すグラフである。 30

【図 8】 図 7 のルーチンに続いて実行される作業プログラムルーチンのフローチャートである。

【図 9】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、再溶接フィードバック制御のルーチンのフローチャートである。

【図 10】 図 9 の制御において、溶接チップとワークの関係を示す断面図である。

【図 11】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、溶接チリ発生抑制制御のルーチンのフローチャートである。

【図 12】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、今回の溶接での溶接チリ発生抑制制御のルーチンのフローチャートである。 40

【図 13】 溶接チリ発生と加圧力または溶接チップ位置との関係図である。

【図 14】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、溶接強度制御のルーチンのフローチャートである。

【図 15】 ワーク間に隙のあるワークと溶接チップ位置との関係を示す断面図である。

【図 16】 本発明実施例の溶接ガンを用いて実行される、隙つめ制御、加圧力制御、ロボット軌道制御を包含したルーチンのフローチャートである。

【符号の説明】

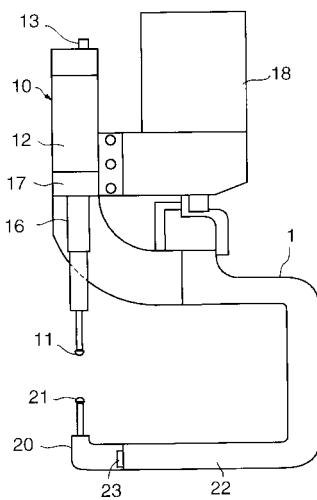
1 溶接ガン

10 可動側部

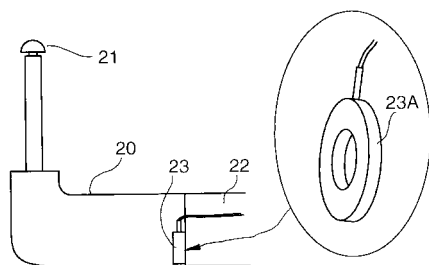
11 可動側溶接チップ

- 1 2 駆動手段
- 1 3 可動側センサー
- 2 0 固定側部
- 2 1 固定側溶接チップ
- 2 2 アーム
- 2 3 固定側センサー
- 3 0 制御装置
- 4 0 溶接ロボット
- 6 0 ワーク
- 6 1 溶接部

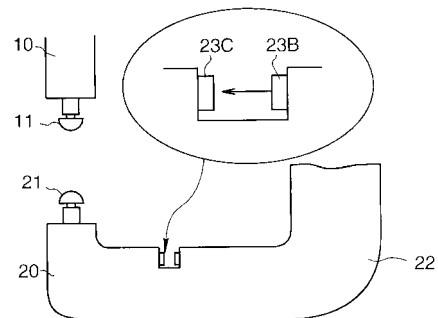
【図 1】



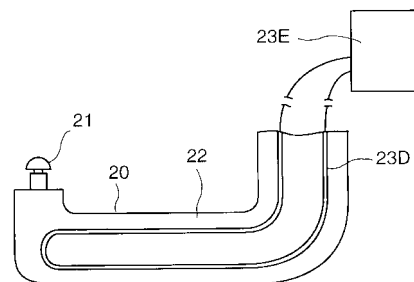
【図 2】



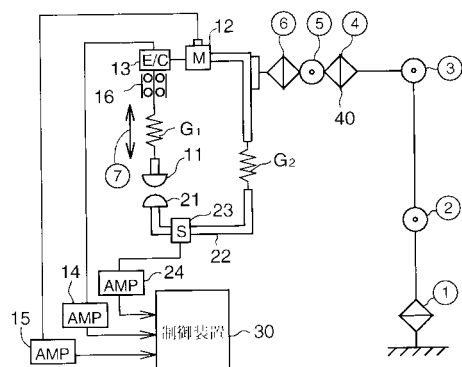
【図 3】



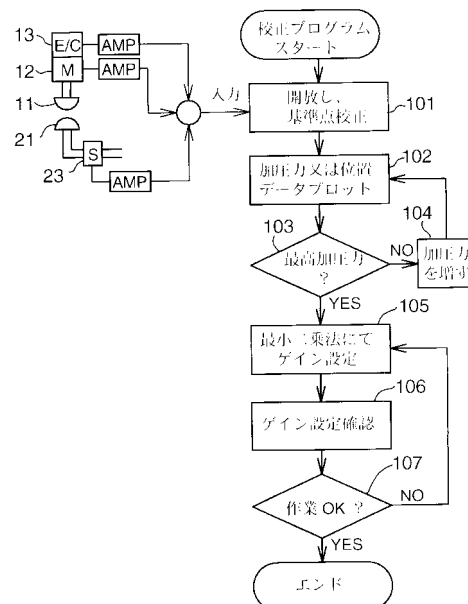
【図 4】



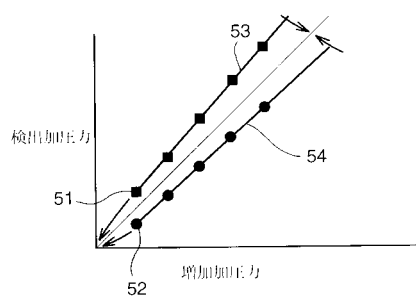
【図 5】



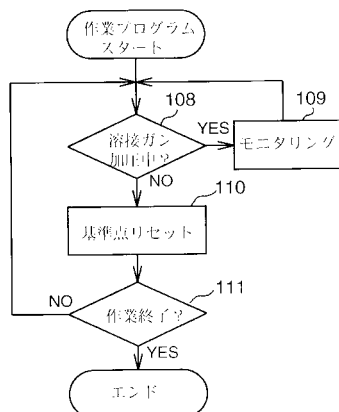
【图 6】



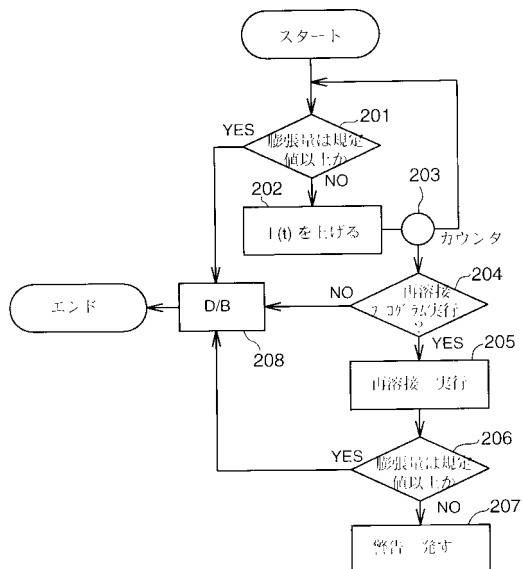
【圖 7】



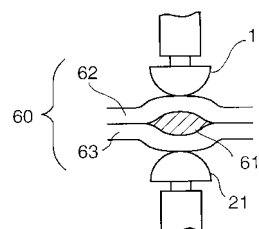
【图 8】



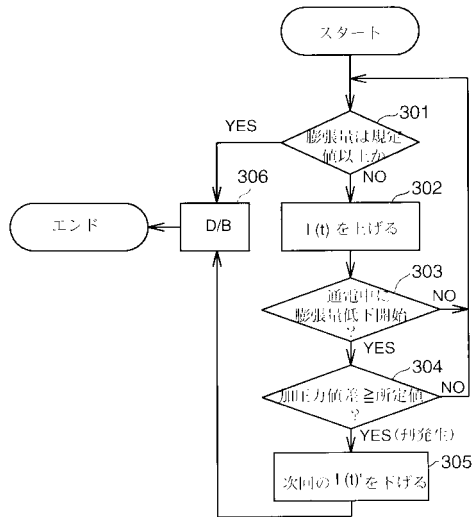
【图 9】



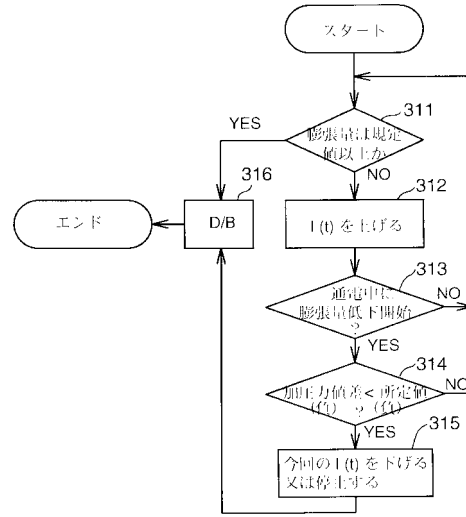
【図 10】



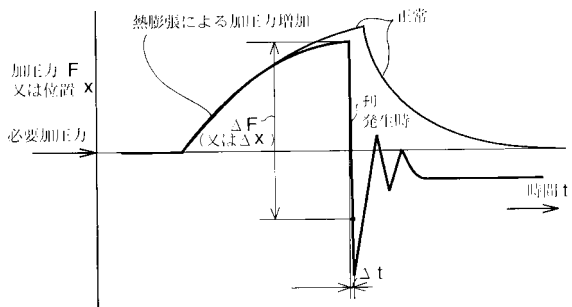
【図 1 1】



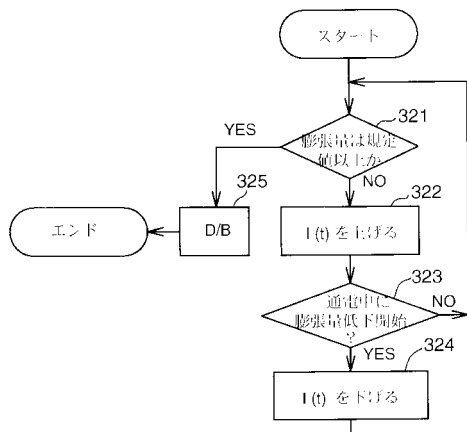
【図 1 2】



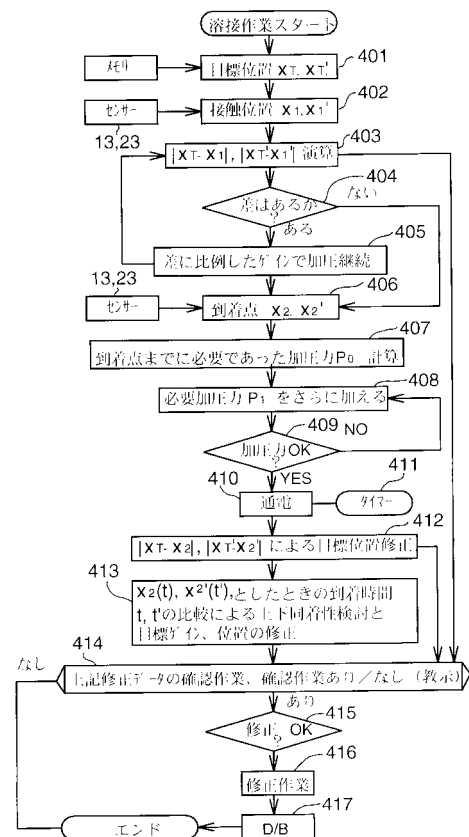
【図 1 3】



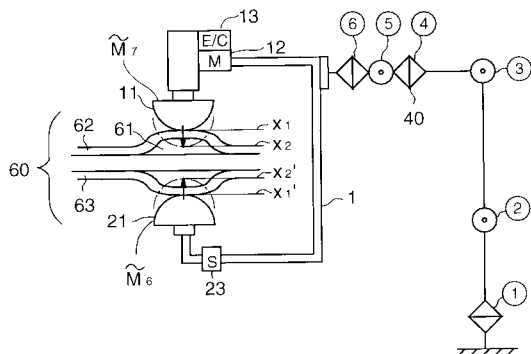
【図 1 4】



【図 1 6】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-85948 (JP, A)
特開平1-284485 (JP, A)
特開平10-6018 (JP, A)
特開昭59-85386 (JP, A)
特開平1-228677 (JP, A)
特公昭57-37430 (JP, B2)
特開昭58-47579 (JP, A)
特開平7-96376 (JP, A)
特開平10-146680 (JP, A)