

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3710075号

(P3710075)

(45) 発行日 平成17年10月26日(2005.10.26)

(24) 登録日 平成17年8月19日(2005.8.19)

(51) Int. Cl.⁷

F I

B 2 3 K 9/12
 B 2 3 K 9/127
 B 2 5 J 9/22
 G 0 5 B 19/42

B 2 3 K 9/12 3 5 O D
 B 2 3 K 9/12 3 3 1 T
 B 2 3 K 9/127 5 0 9 A
 B 2 5 J 9/22 Z
 G 0 5 B 19/42 R

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-214765
 (22) 出願日 平成9年8月8日(1997.8.8)
 (65) 公開番号 特開平11-58014
 (43) 公開日 平成11年3月2日(1999.3.2)
 審査請求日 平成15年3月25日(2003.3.25)

(73) 特許権者 000001236
 株式会社小松製作所
 東京都港区赤坂二丁目3番6号
 (74) 代理人 100071054
 弁理士 木村 高久
 (72) 発明者 山中 伸好
 栃木県小山市横倉新田400 株式会社
 小松製作所 小山工場内
 (72) 発明者 鮫島 泰郎
 栃木県小山市横倉新田400 株式会社
 小松製作所 小山工場内

審査官 福島 和幸

(56) 参考文献 実開平05-005270(JP, U)
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接ロボットのウィーピング制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも6自由度を有しかつ隣合う2つの軸が直交する手首3軸を有する多関節溶接ロボットの各軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に沿って移動させるとともに、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に対し左右にウィーピング相対量だけ単振動させることによりウィーピング平面上でウィーピング動作を行う溶接ロボットのウィーピング制御装置であって、

溶接に先立ち、前記手首軸のうちの最先端の軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように、溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定する設定手段と、

溶接時、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端の動く方向ベクトルをそれぞれ求める第1の演算手段と、

溶接時、前記ウィーピング相対量を前記求めた2つの軸についての方向ベクトルに分解することにより該2軸の変化量を求める第2の演算手段と、

溶接時、これら求めた変化量に基づいて前記2つの軸の前記単振動分の目標角度を逐次求める第3の演算手段と、

を具えるようにした溶接ロボットのウィーピング制御装置。

【請求項2】

前記設定手段は、溶接トーチを所望の位置及び姿勢に位置決めした後、溶接トーチの回転姿勢のみを変化させて前記手首軸のうちの最先端の軸の回転軸がウィーピング相対量と直角になるように溶接始点及び終点での各軸の角度を教示する教示手段であることを特徴と

10

20

する請求項 1 記載の溶接ロボットのウィーピング制御装置。

【請求項 3】

少なくとも 6 自由度を有しかつ隣合う 2 つの軸が直交する手首 3 軸を有する多関節溶接ロボットの各軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に沿って移動させるとともに、前記手首軸のうち最先端の軸を除く 2 つの軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に対し左右にウィーピング相対量だけ単振動させることによりウィーピング平面上でウィーピング動作を行う溶接ロボットのウィーピング制御装置であって、

溶接に先立ち、前記手首軸のうち最先端の軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように、溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定する設定手段と、

溶接時、前記手首軸のうち最先端の軸を除く 2 つの軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端の動く方向ベクトルをそれぞれ求める第 1 の演算手段と、

溶接時、前記求めた 2 つの方向ベクトルから形成される平面を求める第 2 の演算手段と、前記溶接線の方向とウィーピング相対量からウィーピング平面を求める第 3 の演算手段と、

溶接時、前記第 2 の演算手段によって求められた平面と第 3 の演算手段で求められたウィーピング平面との交線を探し、前記ウィーピング相対量の方向が前記交線方向に一致するようにウィーピング相対量を補正する第 4 の演算手段と、

溶接時、前記補正されたウィーピング相対量を前記求めた 2 つの軸についての方向ベクトルに分解することにより前記 2 つの軸の変化量を求める第 5 の演算手段と、

溶接時、これら求めた変化量に基づいて前記 2 つの軸の前記単振動分の目標角度を逐次求める第 6 の演算手段と、

を具えるようにした溶接ロボットのウィーピング制御装置。

【請求項 4】

前記設定手段は、溶接トーチを所望の位置及び姿勢に位置決めした後、溶接トーチの回転姿勢のみを変化させて前記手首軸のうち最先端の軸の回転軸がウィーピング相対量と直角になるように溶接始点及び終点での各軸の角度を教示する教示手段であることを特徴とする請求項 3 記載の溶接ロボットのウィーピング制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明は、多関節溶接ロボットのウィーピング制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

産業用ロボットを用いて溶接を行う場合、ロボット先端に溶接トーチを持たせるが、このときウィーピングと呼ばれる、トーチを左右に振動させながら溶接する方法がよく用いられる。

【0003】

ウィーピング動作を実現するためには、ロボットに、溶接線の始点及び終点、そしてウィーピング相対量を教示する必要がある。ウィーピング相対量とは、トーチを溶接線に対して、どの方向にどの程度の量揺動させるかを表すベクトル量である。

【0004】

ウィーピング動作を行う場合、ロボット各軸はこれら教示されたデータ（溶接線の始点及び終点、ウィーピング相対量）に基づいて動くことによってウィーピングを実現するのであるが、この際各軸をどのように動作させるかについては、従来より様々な方法がとられてきた。

【0005】

ある従来手法では、全ての軸を振動動作させることでトーチの揺動動作を実現するようにしているが、ロボットには構造上剛性の低い軸やイナーシャの大きな軸があり、全軸を動かしてウィーピングを行う場合、こうした軸の影響を受けるため、満足する軌跡精度が得られない、高い周波数でのウィーピングを行う事ができないなどの問題があった。

10

20

30

40

50

【0006】

そこで、特開平5-73130号公報、特開平1-273674号公報などにおいては、ロボット軸のうち根元側の数軸を用いて溶接線を辿るように制御するとともに、剛性が高くイナーシャの低い先端側の数軸をウィーピング相対量だけ動くように動作させることで、ウィーピング動作を行うようにしている。

【0007】

特開平5-73130号公報では、根元側の基本3軸は溶接線に沿った軌跡を保つための動作を行わせ、先端側の手首3軸のみを使用してウィーピングパターンを生成するとともに、図11に示すように、ウィーピングのための回転軸中心P1とトーチ先端Peを結ぶベクトルV1が、回転軸中心P1と真の目標位置Pwとを結ぶベクトルV2に重なるように振り角を求め、該円弧状に変化していく各トーチ位置を目標位置としてこれを手首軸3軸の各軸の位置に変換するようにしている。

10

【0008】

しかしこの従来手法では、トーチ先端の軌跡は円弧となるので、トーチ先端点Peが真の目標位置Pwには一致しない。すなわち、ウィーピングは本来、振幅中心位置からPw位置までを直線で動かさなくてはならないので、上記従来手法では十分な溶接品質が得られないという問題がある。

【0009】

つぎに、特開平1-273674号公報では、トーチの単振動ウィーピングを手首軸による制御としかつ溶接線倣いの動作制御をアーム軸による制御とするとともに、図10に示すように、溶接トーチの延長線X-X'が手首軸の各軸、 θ_1 、 θ_2 の交点Oに交わるように手首軸を位置させてウィーピングを行うようにしている。

20

【0010】

しかし、この従来手法では、溶接トーチの延長線X-X'が手首軸の各軸、 θ_1 、 θ_2 の交点Oに交わるように手首軸を位置させるというように溶接トーチの姿勢に制限があるので、実用に供しない。また、この従来技術では、手首軸の1つの軸に関しては、この軸を回転させてもトーチ先端を動かすことができず、このためこの従来手法では、手首3軸でウィーピングするといっても、実質は2軸でのウィーピングとなり、任意の方向へのウィーピングは不可能である。

【0011】

そこで、特開平8-155647号公報においては、6軸ロボットにおいて、溶接トーチ先端側の第4軸、第5軸、第6軸からなる3軸、あるいは第3軸、第4軸、第5軸からなる3軸を用いて溶接トーチ先端を単振動動作させるとともに、前記選択した3つの軸について、当該軸のみが微小距離回転したときにトーチ先端の動く方向を各別に求め、ウィーピング相対量を前記求めた3つの軸の方向に分解することにより該3軸の変化量を求め、これら求めた変化量に基づいて前記選択した各3軸の目標角度を求めることによりウィーピング制御の前記単振動動作を行わせるようにしている。

30

【0012】

しかし、上記従来技術において、溶接トーチ先端側の第4軸、第5軸、第6軸によって単振動動作を行わせるようにした場合、溶接トーチ先端を第6軸の回転軸上に一致するよう装着した際には、第6軸を回転させてもトーチ先端を動かすことができず、このような場合には、ウィーピングで動くことのできる軸が2軸に減るので、動けない方向がでてくる。すなわち、実際の産業用ロボットでは溶接トーチ先端は第6軸の回転軸上に一致するよう装着することが多くあるが、このような装着形態の場合には、上記従来技術の場合、任意の方向へウィーピングさせることができなくなる。

40

【0013】

また、この従来技術において、6軸ロボットで、第3軸、第4軸、第5軸からなる3軸を用いて単振動動作を行わせるようにした場合は、3軸というイナーシャの高い軸を用いており、高い周波数でのウィーピングには限界があった。

【0014】

50

この発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、理想的な軌跡による任意方向への高周波でのウィーピング制御を高精度に実現できる溶接ロボットのウィーピング制御装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段及び作用効果】

この発明では、少なくとも6自由度を有しかつ隣合う2つの軸が直交する手首3軸を有する多関節溶接ロボットの各軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に沿って移動させるとともに、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に対し左右にウィーピング相対量だけ単振動させることによりウィーピング平面上でウィーピング動作を行う溶接ロボットのウィーピング制御装置であって、溶接に先立ち、前記手首軸のうちの最先端の軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように、溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定する設定手段と、溶接時、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端の動く方向ベクトルをそれぞれ求める第1の演算手段と、溶接時、前記ウィーピング相対量を前記求めた2つの軸についての方向ベクトルに分解することにより該2軸の変化量を求める第2の演算手段と、溶接時、これら求めた変化量に基づいて前記2つの軸の前記単振動分の目標角度を逐次求める第3の演算手段とを具えるようにしている。

10

【0016】

本発明によれば、手首3軸を有する6軸ロボットにおいて、根元側から先端側に向かって第1軸、第2軸、...、第6軸とするならば、溶接に先立ち、第6軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定し、溶接時には、前記ウィーピング相対量を第4軸および第5軸がそれぞれ微小回転したときの方向ベクトルに分解することにより第4軸および第5軸の角度の変化量を求め、この変化量に基づいて求めた第4軸及び第5軸の目標角度に従って第4軸及び第5軸を振動動作させて、ウィーピングの際の単振動動作を実現するようにしている。

20

【0017】

このようにこの発明によれば、ロボットの手首3軸の内の最先端側の軸を除く2軸が微小回転したときにトーチ先端が動く平面上に、ウィーピング相対量が含まれるように教示し、これら2つの軸でウィーピング動作の単振動を実現するようにしたので、理想的な軌跡による任意方向への高周波でのウィーピング制御を高精度に実現することができる。また、この発明は、溶接トーチ先端を手首3軸の最先端軸の回転軸上に一致するように装着するような場合、すなわち最先端軸を回転させてもトーチ先端を動かすことができないような溶接トーチの姿勢がとられたような場合においても、手首3軸の内の最先端側の軸を除く2軸のみを用いて、高精度且つ高周波でのウィーピング動作を実現することができる。

30

【0018】

また、この発明では、少なくとも6自由度を有しかつ隣合う2つの軸が直交する手首3軸を有する多関節溶接ロボットの各軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に沿って移動させるとともに、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸を用いて溶接トーチ先端を溶接線に対し左右にウィーピング相対量だけ単振動させることによりウィーピング平面上でウィーピング動作を行う溶接ロボットのウィーピング制御装置であって、溶接に先立ち、前記手首軸のうちの最先端の軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように、溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定する設定手段と、溶接時、前記手首軸のうちの最先端の軸を除く2つの軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端の動く方向ベクトルをそれぞれ求める第1の演算手段と、溶接時、前記求めた2つの方向ベクトルから形成される平面を求める第2の演算手段と、前記溶接線の方角とウィーピング相対量からウィーピング平面を求める第3の演算手段と、溶接時、前記第2の演算手段によって求められた平面と第3の演算手段で求められたウィーピング平面との交線を求め、前記ウィーピング相対量の方角が前記交線方向に一致するようにウィーピング相対量を補正する第4の演算手段と、溶接時、前記補正されたウィーピング相対量を前記求めた2つの軸についての方向ベクトルに分解することにより前記2つの軸の変化

40

50

量を求める第5の演算手段と、溶接時、これら求めた変化量に基づいて前記2つの軸の前記単振動分の目標角度を逐次求める第6の演算手段とを具えるようにしている。

【0019】

本発明では、手首3軸を有する6軸ロボットにおいて、根元側から先端側に向かって第1軸、第2軸、...、第6軸とするならば、溶接に先立ち、第6軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるように溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を設定するとともに、溶接時に、ウィーピング相対量を、第4軸及び第5軸がそれぞれ微小角度回転したときにトーチ先端の動く各方向ベクトルから形成される平面とウィーピング平面との交線上にくるように補正し、この補正したウィーピング相対量を第4軸および第5軸がそれぞれ微小回転したときの方向ベクトルに分解することにより第4軸および第5軸の角度の変化量を求め、この変化量に基づいて求めた第4軸及び第5軸の目標角度に従って第4軸及び第5軸を振動動作させて、ウィーピングの際の単振動動作を実現するようにしている。

10

【0020】

このようにこの発明によれば、初期設定されたウィーピング相対量の方向が、第4軸及び第5軸によって溶接トーチ先端が実際に動くことができる方向に補正されてウィーピングが行われるようになるので、第6軸の回転軸の方向がウィーピング相対量と垂直になるような教示設定が正確に行われられないような場合においても、良好な溶接品質を確保できるようになる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、この発明を添付図面に示す実施例に従って詳細に説明する。

20

【0022】

図2は、本発明が適用される溶接ロボットの外観を示している。この図2に示す溶接ロボットは、6軸の垂直多関節ロボットであり、第1軸J1、第2軸J2および第3軸J3から成る基本軸と、第4軸J4、第5軸J5および第6軸J6から成る手首軸とを有し、その先端に溶接トーチ10が取り付けられている。また、以下の実施例において、ロボットは直交座標系X-Y-Zによって制御され、トーチ先端の位置やウィーピング相対量はこの座標系で表現される。この場合、溶接トーチ10は、トーチ取付体11を介してその先端10aが第6軸J6の回転軸上12に一致するように取り付けられている。したがって、この場合、第6軸J6を回転させても、溶接トーチ先端10aの位置は変化しない。

30

【0023】

図3は、溶接トーチ10の姿勢変化を示すものである。

【0024】

すなわち、溶接トーチ10は、姿勢パラメータA、B、Cを有しており、溶接トーチ10をA方向、B方向またはC方向に回転させることで、その姿勢を変化させることができる。なかでも、C方向の姿勢パラメータCは、トーチ10自体の回転姿勢の変化であり、この姿勢パラメータCを変化させることで、溶接対象ワークに対する溶接トーチの向きは変えないで、ロボットの各軸J1~J6の角度を変化させることができる。

【0025】

図4は、ウィーピング軌跡を示すもので、始点P1から終点P2に至る溶接線に沿った軌跡に、各時刻におけるウィーピング相対量Wを加えたものがウィーピング軌跡となる。点Peは或る時刻における溶接線上の位置を示し、点Pwは同時刻におけるウィーピング軌跡上の目標位置を示している。つまり、ウィーピング軌跡は始点P1と終点P2とを結ぶベクトルとウィーピング相対量Wとで形成される平面上にあり、この平面をウィーピング面という。

40

【0026】

次に、図5および図6に従ってこの発明の第1実施例を示す。

【0027】

図5は溶接を行う際のロボット先端付近を示すもので、a4は第4軸J4を微小角度だけ回転させたときにトーチ先端の動く方向を示し、a5は第5軸J5を微小角度だけ回転させた

50

ときにトーチ先端の動く方向を示している。よって、第4軸J4及び第5軸J5をウィーピング軸として用いた場合に、ウィーピング動作でトーチ先端が動ける範囲は、ベクトル a_4 とベクトル a_5 とで形成される平面上にあり、言い換えればこれは第6軸J6の回転軸12に垂直な平面上となる。

【0028】

したがって、ウィーピング相対量 W がこの平面内にあるように、すなわちウィーピング相対量 W が第6軸J6の回転軸と垂直になるように教示するようにすれば、第4軸J4と第5軸J5との2つの軸だけでウィーピング動作を行うことができる。

【0029】

すなわち、ティーチングボックスを操作してトーチの先端位置を溶接線の始点及び終点に位置させて溶接線を教示した後、この始点及び終点位置において、溶接トーチ10を先の図3に示すA方向、B方向に動かして溶接トーチ10の向きを決定し、最後に溶接トーチを先の図3のC方向に回転させることで(トーチの向きは変化しない)、ロボットの各軸J1~J6を回転させ、この状態中に第6軸の回転軸12の方向が所望のウィーピング相対量 W (ウィーピング平面)と垂直になるようなロボットの各軸J1~J6の姿勢を見つけた。そして、このロボット各軸の姿勢を溶接始点及び終点における各軸J1~L6の姿勢として教示設定する。

【0030】

以上の教示設定動作が第1の実施例の前提である。

【0031】

次に、図6を用いてウィーピング制御を行う制御構成を示す。

【0032】

図6において、教示データ保存部1には、前述した方法で教示された溶接線の始点位置データ、溶接線の終点位置データ、溶接始点および終点で各軸J1~J6がとるべき角度データなどが予め保存されている。ウィーピングデータ保存部2には、ウィーピング相対量 W を決定するためのパラメータ(補助点あるいは傾き角)や、ウィーピング振幅、ウィーピング周波数などが予め設定されている

逆変換部3は、教示データ保存部1に記憶された教示データを用いて各時刻における溶接線上の位置に対応する第1軸J1~第6軸J6の目標角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ を求める。ウィーピング相対量計算部4では、ウィーピングデータ保存部2に記憶された前記ウィーピングデータから各時刻におけるウィーピング相対量 W を計算する。

【0033】

ウィーピング動作演算部5では、ウィーピング相対量 W および目標角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ から各時刻における第4軸J4と第5軸J5の角度変化量 $\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_5$ を求める。ロボット動作指令部6では、逆変換部3から入力される目標角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ のうちの $\theta_1 \sim \theta_3$ および θ_6 をそのまま第1軸J1~第3軸J3および第6軸J6の指令角度 $\theta_1 \sim \theta_3$ および θ_6 としてロボットに出力するとともに、逆変換部3から入力される目標角度 θ_4 、 θ_5 に、ウィーピング動作演算部5で求めた変化量 $\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_5$ をそれぞれ加算し、該加算結果($\theta_4 + \Delta\theta_4$)、($\theta_5 + \Delta\theta_5$)を第4軸J4および第5軸J5の指令角度 θ_4 、 θ_5 としてロボットに出力する。

【0034】

以下、上記図6の構成の動作を図1のフローチャートにしたがって詳細に説明する。なお、このフローチャートは、或る時刻におけるウィーピング軌跡上の目標位置 P_w (図4参照)に対応する各軸J1~J6の目標値 $\theta_1 \sim \theta_6$ を演算する場合について示しており、このような動作が溶接開始から終了まで繰り返し実行される。

【0035】

ロボット動作中、逆変換部3では、教示データ保存部1に記憶された教示データを用いて或る時刻における溶接線上の点 P_e の座標(X_e , Y_e , Z_e)を求め、さらにこの P_e 座標(X_e , Y_e , Z_e)を各軸の角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ に変換する(ステップ100)。

【0036】

10

20

30

40

50

次に、ウィーピング相対量演算部 4 は、ウィーピングデータを用いて点 P e に対応するウィーピング相対量 W (W x , W y , W z) を計算する (ステップ 1 1 0) 。

【 0 0 3 7 】

次に、ウィーピング動作演算部 5 では、ウィーピング動作を行わせる 2 つの軸、すなわち第 4 軸及び第 5 軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端 1 0 の動く方向を各別に求める (ステップ 1 2 0) 。詳細は以下の通りである。

【 0 0 3 8 】

まず、第 4 軸 J 4 に関しては、第 4 軸 J 4 の軸方向の単位ベクトルを i_4 とし、第 4 軸 J 4 とトーチ先端を結ぶベクトルを v_4 とするとき、第 4 軸 J 4 のみが回転したときトーチ先端が動く方向ベクトル a_4 は次式のようになる。

【 0 0 3 9 】

$$a_4 = i_4 * v_4 \quad (* \text{はベクトル積}) \quad \dots (1)$$

図 7 は、図 2 に示した 6 軸多関節口ロボットを模式的に示すものであり、この図 7 に示した各部の寸法や角度を用いると、上記単位ベクトル i_4 やベクトル v_4 は、次式のように示される。

【 0 0 4 0 】

$$i_4 = \begin{pmatrix} \cos \theta_1 \cdot \cos (\theta_2 + \theta_3) \\ \sin \theta_1 \cdot \cos (\theta_2 + \theta_3) \\ -\sin (\theta_2 + \theta_3) \end{pmatrix} \quad \dots (2)$$

$$v_4 = \begin{pmatrix} X_e - L_8 \cdot \cos \theta_1 + L_2 \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin \theta_2 - L_3 \cdot \cos \theta_1 \cdot \sin (\theta_2 + \theta_3) \\ Y_e - L_8 \cdot \sin \theta_1 + L_2 \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \theta_2 - L_3 \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin (\theta_2 + \theta_3) \\ Z_e - L_1 + L_2 \cdot \cos \theta_2 - L_3 \cdot \cos (\theta_2 + \theta_3) \end{pmatrix}$$

... (3)

第 5 軸 J 5 に関しても同様であり、第 5 軸 J 5 の軸方向の単位ベクトルを i_5 とし、第 5 軸 J 5 とトーチ先端を結ぶベクトルを v_5 とするとき、第 5 軸 J 5 のみが回転したときトーチ先端が動く方向ベクトル a_5 は次式のようになる。

【 0 0 4 1 】

$$a_5 = i_5 * v_5 \quad (* \text{はベクトル積}) \quad \dots (4)$$

つぎに、ウィーピング動作演算部 5 は、ウィーピング相対量計算部 4 で求めた点 P e におけるウィーピング相対量 W を前記求めた 2 つの方向ベクトル a_4 , a_5 に分解することにより第 4 軸と第 5 軸の角度変化量 θ_4 , θ_5 を求める (ステップ 1 3 0) 。

【 0 0 4 2 】

具体的には、全てのベクトルが 3 次元であることを考慮して、まず方向ベクトル a_4 , a_5 のベクトル積 a_{45} を作成する。

【 0 0 4 3 】

$$a_{45} = a_4 * a_5 \quad \dots (5)$$

つぎに、これら 3 つのベクトル a_4 , a_5 , a_{45} の単位ベクトルを求める。

【 0 0 4 4 】

$$e_4 = a_4 / |a_4| \quad \dots (6)$$

$$e_5 = a_5 / |a_5| \quad \dots (7)$$

$$e_{45} = a_{45} / |a_{45}| \quad \dots (8)$$

このとき、ウィーピング相対量 W は

10

20

30

40

$$W = \Delta \theta 4 \cdot e 4 + \Delta \theta 5 \cdot e 5 + \Delta \theta 45 \cdot e 45 \quad \dots (9)$$

と表すことができる。

【 0 0 4 5 】

ここで、 $e 45$ は $e 45$ 方向への移動量であり、ロボットの軸の角度変化量には対応しないが、計算上便宜上導入した。

【 0 0 4 6 】

$e 4$, $e 5$, $e 45$ を

$$e 4 = \begin{pmatrix} e 4 x \\ e 4 y \\ e 4 z \end{pmatrix} \quad e 5 = \begin{pmatrix} e 5 x \\ e 5 y \\ e 5 z \end{pmatrix} \quad e 45 = \begin{pmatrix} e 45 x \\ e 45 y \\ e 45 z \end{pmatrix} \quad 10$$

… (10)

とすれば、上記(9)式は下式(11)のようになるので、

$$\begin{pmatrix} W x \\ W y \\ W z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e 4 x & e 5 x & e 45 x & \Delta \theta 4 \\ e 4 y & e 5 y & e 45 y & \Delta \theta 5 \\ e 4 z & e 5 z & e 45 z & \Delta \theta 45 \end{pmatrix} \quad 20$$

… (11)

上記(11)式を変形して下式(12)のように逆行列を掛けることにより、第4軸と第5軸の変化量 $\Delta \theta 4$, $\Delta \theta 5$ を求めることができる。

【 0 0 4 7 】

$$\begin{pmatrix} \Delta \theta 4 \\ \Delta \theta 5 \\ \Delta \theta 45 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e 4 x & e 5 x & e 45 x \\ e 4 y & e 5 y & e 45 y \\ e 4 z & e 5 z & e 45 z \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} W x \\ W y \\ W z \end{pmatrix} \quad 30$$

… (12)

なお、教示の際に、ウィーピング相対量 W はベクトル $a 4$ とベクトル $a 5$ とで形成される平面に含まれるようにロボットの姿勢が教示されているので、理想的には、 $e 45$ は零になり、ウィーピング動作には関係がない。

【 0 0 4 8 】

ロボット動作指令部6は、逆変換部3から入力される目標角度 $\theta 1 \sim \theta 6$ のうちの $\theta 1 \sim \theta 3$ および $\theta 6$ をそのまま第1軸 $J 1 \sim$ 第3軸 $J 3$ および第6軸 $J 6$ の指令角度 $\theta 1 \sim \theta 3$ および $\theta 6$ としてロボットに出力するとともに、逆変換部3から入力される目標角度 $\theta 4$, $\theta 5$ に、ウィーピング動作演算部5で求めた変化量 $\Delta \theta 4$, $\Delta \theta 5$ をそれぞれ加算し、該加算結果($\theta 4 + \Delta \theta 4$)、($\theta 5 + \Delta \theta 5$)を第4軸 $J 4$ および第5軸 $J 5$ の指令角度 $\theta 4$, $\theta 5$ としてロボットに出力する(ステップ140)。

【 0 0 4 9 】

このように上記実施例によれば、第4軸および第5軸が $\theta 4$ および $\theta 5$ だけ変化することで、溶接トーチ10の先端がウィーピング相対量 W だけ移動することになる。すなわち、本実施例によれば、2つの軸、第4軸および第5軸のみを振動動作させることにより、所望のウィーピング軌跡を実現することができる。

次に、図8、図9および図10に従ってこの発明の第2実施例を示す。

【 0 0 5 0 】

先の第 1 の実施例では、教示の際に、ウィーピング相対量 W が a_4 と a_5 で形成される平面に含まれるようにトーチ先端の位置や姿勢を教示したが、こうした教示を厳密に行うことは非常に困難であり、そのような教示をしたつもりでも実際にはウィーピング相対量 W は a_4 と a_5 とで形成される平面から多少なりとも離れている。すなわち、先の第 1 の実施例の方法で第 4 軸と第 5 軸とを振動動作させてもトーチは所望のウィーピング面上を動かさず、結果として良好な溶接品質が得られない場合がある。

【 0 0 5 1 】

この第 2 実施例はこの問題点を考慮してなされたもので、ウィーピング相対量 W を、 a_4 と a_5 とで形成される平面と、ウィーピング面との交線上にくるように修正することで、教示を厳密に行わなくとも、トーチを所望のウィーピング面上で動かさず、良好な溶接品質を得ることができるようにしている。

10

【 0 0 5 2 】

図 8 は、ウィーピング相対量 W と溶接線方向を示すベクトル f (始点 P_1 から終点 P_2 に向かうベクトル) とから形成されるウィーピング面 S_w とベクトル a_4 , a_5 から形成される平面 S_{45} との関係を示したものである。

【 0 0 5 3 】

この図からも判るように、通常の教示では、ウィーピング相対量 W は平面 S_{45} 上にはなく、このような場合に先の実施例に従ってウィーピングを行うと、溶接トーチ先端は W_d 方向にウィーピングすることになる。つまり、この場合には所望のウィーピング面上を動かすことができず、良好な溶接品質を得ることはできない。

20

【 0 0 5 4 】

そこで、この第 2 実施例では、ウィーピング相対量 W をウィーピング平面 S_w と平面 S_{45} との交線 C 上にあるように補正し、この補正したウィーピング相対量 W_{45} に従ってウィーピング動作させることで、第 4 軸及び第 5 軸の 2 つの軸の振動動作によってウィーピング面 S_w 上を溶接トーチ先端が動くようにしている。すなわち、この実施例では、ウィーピング相対量 W の方向を、第 4 軸及び第 5 軸によって溶接トーチ先端が実際に動くことができる方向 W_{45} に補正することで、教示が正確に行われぬような場合においても、良好な溶接品質を確保できるようにしている。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、第 2 の実施例の制御構成を示すブロック図である。この図 9 において、ウィーピング動作演算部 7 以外の各構成要素の動作機能は先の図 6 に示したものと全く同じであり、重複する説明は省略する。

30

【 0 0 5 6 】

ウィーピング動作演算部 7 においては、ウィーピング相対量計算部 4 で求めたウィーピング相対量 W と、溶接線の始点及び終点から求めた溶接線方向を示すベクトル f とからウィーピング平面 S_w を求めると共に、第 4 軸及び第 5 軸について当該軸のみが微小角度回転したときにトーチが動く方向 a_4 と a_5 とから形成される平面 S_{45} を求め、これら平面 S_w と S_{45} との交線上にあってウィーピング相対量 W と同じ大きさを持つウィーピング相対量の補正值 W_{45} を求め、この補正值 W_{45} を用いて先の実施例と全く同じ方法で第 4 軸と第 5 軸の変化量 Δa_4 , Δa_5 を求めるよう動作する。

40

【 0 0 5 7 】

以下、上記図 9 の構成の動作を図 10 のフローチャートにしたがって詳細に説明する。なお、このフローチャートは、或る時刻におけるウィーピング軌跡上の目標位置 P_w (図 8 参照) に対応する各軸 $J_1 \sim J_6$ の目標値 $W_1 \sim W_6$ を演算する場合について示しており、このような動作が溶接開始から終了まで繰り返し実行される。

【 0 0 5 8 】

なお、この第 2 実施例においても、実際の溶接を行う前に、先の第 1 実施例と同様の教示動作を行う。すなわち、第 6 軸の回転軸方向がウィーピング相対量 W と垂直になるように、溶接時の溶接トーチの位置及び姿勢を教示する。

50

【 0 0 5 9 】

つぎに、溶接時の動作を説明する。

【 0 0 6 0 】

ロボット動作中、逆変換部 3 では、教示データ保存部 1 に記憶された教示データを用いて或る時刻における溶接線上の点 P_e の座標 (X_e, Y_e, Z_e) を求め、さらにこの P_e 座標 (X_e, Y_e, Z_e) を各軸の角度 $1 \sim 6$ に変換する (ステップ 2 0 0)。

【 0 0 6 1 】

次に、ウィーピング相対量演算部 4 は、ウィーピングデータを用いて点 P_e におけるウィーピング相対量 $W (W_x, W_y, W_z)$ を計算する (ステップ 2 1 0)。

【 0 0 6 2 】

次に、ウィーピング動作演算部 5 では、ウィーピング動作を行わせる 2 つの軸、すなわち第 4 軸及び第 5 軸について、当該軸のみが微小角度回転したときにトーチ先端の動く方向 a_4 と a_5 を各別に求める (ステップ 2 2 0)。これらの、詳細は先の実施例と同様である。

【 0 0 6 3 】

続いて、教示データ保存部 1 に記憶された溶接線の始点 P_1 および終点 P_2 を用いて溶接線の方向を示すベクトル f を次式 (1 3) により求める (ステップ 2 3 0)。

【 0 0 6 4 】

$$f = P_2 P_1$$

… (1 3)

つぎに、 a_4 と a_5 とから形成される平面 S_{45} と、ウィーピング面 S_w との交線を求める。まず、 a_4 と a_5 とから形成される平面 S_{45} は次式 (1 4) によって表わされる。

【 0 0 6 5 】

$a_4 * a_5 \dots$ (1 4) また、ウィーピング面 S_w に垂直なベクトルは、前記求めたウィーピング相対量 W と溶接線の方向を示すベクトル f を用いて次式 (1 5) で表される。

【 0 0 6 6 】

$$W * f$$

… (1 5)

よって、2 つの平面の交線 C を次式 (1 6) によって求める。

【 0 0 6 7 】

$$C = (W * f) * (a_4 * a_5)$$

… (1 6)

さらに、 C は W に近い方向に向くように、次式 (1 7) で補正して C_w を求める。

【 0 0 6 8 】

$$W \cdot C \geq 0 \text{ のとき、 } C_w = C$$

$$W \cdot C < 0 \text{ のとき、 } C_w = -C$$

(\cdot は内積を表す)

… (1 7)

つぎに、ウィーピング相対量 W からその大きさが同じで、方向が交線方向 C_w に一致するようなウィーピング相対量の補正值 W_{45} を次式 (1 8) によって求める。

【 0 0 6 9 】

$$W_{45} = |W| C_w / |C_w|$$

… (1 8)

次に、ウィーピング相対量の補正值 W_{45} を前記求めた 2 つの方向ベクトル a_4, a_5 に分解

10

20

30

40

50

することにより、第4軸及び第5軸の変化量 θ_4 , θ_5 を求める(ステップ260)。

【0070】

その詳細は、先の実施例と同様である。

【0071】

ロボット動作指令部6は、逆変換部3から入力される目標角度 $\theta_1 \sim \theta_6$ のうちの $\theta_1 \sim \theta_3$ および θ_6 をそのまま第1軸J1~第3軸J3および第6軸J6の指令角度 $\theta_1 \sim \theta_3$ および θ_6 としてロボットに出力するとともに、逆変換部3から入力される目標角度 θ_4 , θ_5 に、ウィーピング動作演算部7で求めた変化量 θ_4 , θ_5 をそれぞれ加算し、該加算結果 ($\theta_4 + \theta_4$)、($\theta_5 + \theta_5$)を第4軸J4および第5軸J5の指令角度 θ_4 , θ_5 としてロボットに出力する(ステップ270)。

10

【0072】

このようにこの第2の実施例によれば、ウィーピング相対量Wの方向を、第4軸及び第5軸によって溶接トーチ先端が実際に動くことができる方向W45に補正することで、教示が正確に行われられないような場合においても、良好な溶接品質を確保できるようにしている。

【0073】

なお、上記各実施例では、図5に示すように、溶接トーチ10の先端が第6軸の回転軸に一致するように溶接トーチを取り付けるようにしたが、本発明はこれに必ずしも限るわけではなく、そうでない場合にも適用することができる。

【0074】

また、上記実施例では、本発明を6軸多関節ロボットに適用するようにしたが、本発明を7軸以上の多関節ロボットに適用するようにしてもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1実施例の作用を示すフローチャート。

【図2】6軸多関節溶接ロボットの外觀構成を示す図。

【図3】溶接トーチの姿勢パラメータを示す図。

【図4】ウィーピング軌跡を示す図。

【図5】実施例の作用を説明するために溶接トーチ先端付近を示した図。

【図6】この発明の第1実施例の制御構成を示すブロック図。

【図7】6軸多関節ロボットの動作演算のための各種パラメータが記入された模式図。

【図8】第2実施例の原理を説明する図。

30

【図9】この発明の第2実施例の制御構成を示すブロック図。

【図10】この発明の第2実施例の作用を示すフローチャート。

【図11】従来技術を示す図。

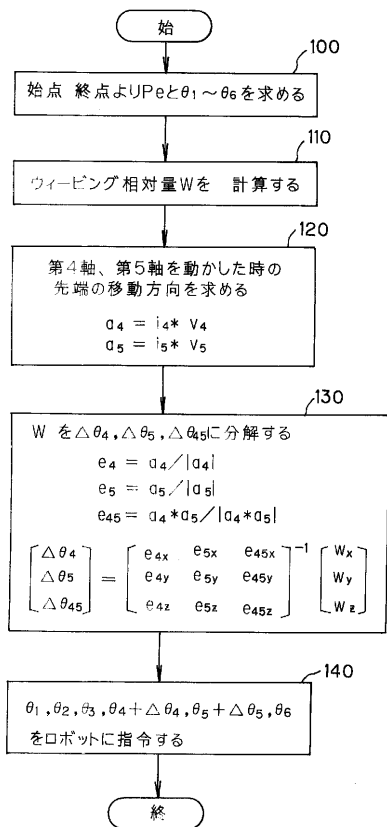
【図12】他の従来技術を示す図。

【符号の説明】

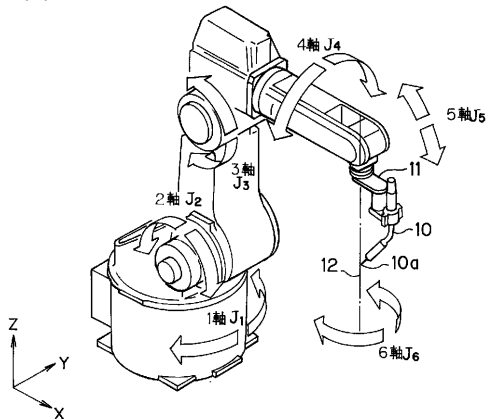
- 1 ... 教示データ保存部
- 2 ... ウィーピングデータ保存部
- 3 ... 逆変換部
- 4 ... ウィーピング相対量計算部
- 5 ... ウィーピング動作演算部
- 6 ... ロボット動作指令部
- 7 ... ウィーピング動作演算部
- 10 ... 溶接トーチ

40

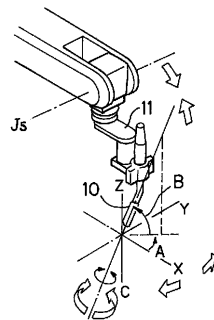
【 図 1 】



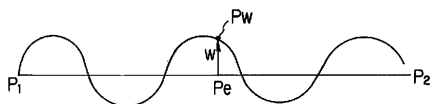
【 図 2 】



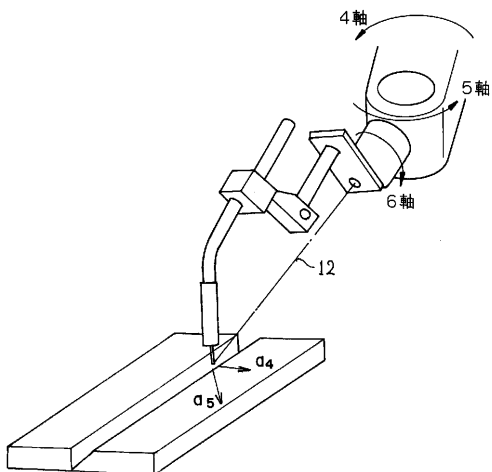
【 図 3 】



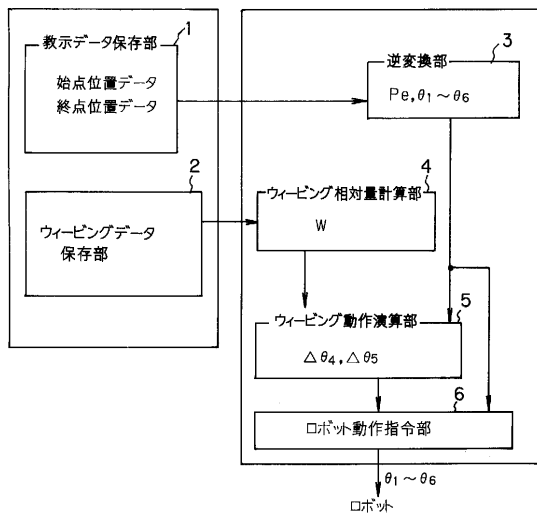
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B23K 9/12

B23K 9/127