

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3628071号
(P3628071)

(45) 発行日 平成17年3月9日(2005.3.9)

(24) 登録日 平成16年12月17日(2004.12.17)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 4 B 49/16

G 0 5 B 19/416

F I

B 2 4 B 49/16

G 0 5 B 19/416

F

請求項の数 2 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平7-146551	(73) 特許権者	000001236
(22) 出願日	平成7年6月13日(1995.6.13)		株式会社小松製作所
(65) 公開番号	特開平8-57764		東京都港区赤坂二丁目3番6号
(43) 公開日	平成8年3月5日(1996.3.5)	(74) 代理人	100084331
審査請求日	平成14年5月16日(2002.5.16)		弁理士 杉浦 俊貴
(31) 優先権主張番号	特願平6-135999	(74) 代理人	100097755
(32) 優先日	平成6年6月17日(1994.6.17)		弁理士 井上 勉
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	谷長 禎
			大阪府枚方市上野3-1-1 株式会社小松製作所生産技術研究所内
		(72) 発明者	小川 哲也
			大阪府枚方市上野3-1-1 株式会社小松製作所生産技術研究所内
		審査官	今関 雅子
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットの制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

研削ツールを把持してワーク表面を研削するロボットの制御装置であって、

(a) 前記研削ツールに供給される負荷電流を検知する負荷電流検知手段、

(b) 前記研削ツールに供給される負荷電流の変化量を検知する負荷電流変化量検知手段

、

(c) 前記負荷電流検知手段により検知される負荷電流に応じて前記研削ツールの前記ワークへの切り込み量を制御する切り込み量制御手段、

(d) 前記負荷電流検知手段により検知される負荷電流に応じて前記研削ツールの研削速度を制御する研削速度制御手段および

(e) 前記負荷電流変化量検知手段により検知される負荷電流の変化量が所定の閾値以下のときには前記切り込み量制御手段による制御を実行し、前記負荷電流変化量検知手段により検知される負荷電流の変化量が所定の閾値を越えるときには前記研削速度制御手段による制御を実行するように、これら切り込み量制御手段と研削速度制御手段とを切り換える切換手段

を備えることを特徴とするロボットの制御装置。

【請求項2】

前記切り込み量制御手段は、前記負荷電流が大きいときには前記切り込み量が小さくなるように、前記負荷電流が小さいときには前記切り込み量が大きくなるように制御し、前記研削速度制御手段は、前記負荷電流が大きいときには前記研削速度が小さくなるように、

前記負荷電流が小さいときには前記研削速度が大きくなるように制御することを特徴とする請求項1に記載のロボットの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、ロボットの制御装置に関し、より詳しくは研削ツールを把持してワーク表面を研削するロボットの制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、産業用ロボット（以下、単に「ロボット」という。）に、溶接、研削、塗装、組立、検査等の各作業に必要なツールを把持させてそれら作業を自動的に行うことが提案され、また実用化されている。このうち、研削作業に関して、溶接余盛を研削除去したり、ガス切断後の溶接開先面を研削仕上げしたり、あるいは鑄造物品の表面を研削仕上げしたりする作業の自動化のために、ロボットにグラインダを把持させてそれら研削作業を行うことが試みられている。ところが、このような研削作業を単にロボットにグラインダを把持させて行うというだけでは、ワークの形状または位置のばらつき、および除去すべきバリ等の研削対象の大きさのばらつきにより、削り過ぎまたは削り残しが生じるという問題を解消することができない。

【0003】

このような問題点に対処するために、次の各公報に開示されているようなロボットを用いる自動研削装置が提案されている。

▲1▼特開平3-60963号公報

グラインダモータへの負荷電流が一定になるようにグラインダとワークとの間の距離を制御して母材表面に倣って研削するようにしたもの。

▲2▼特開平3-142159号公報

ロボットの手首にワークからの反力を検出する力センサを設け、この力センサからの情報によりワークに対する押圧力が一定になるようにロボットの位置と力とを制御するようにし、これに加えて目標位置と現在位置との偏差により押圧力の設定値を変えるようにしたもの。

【0004】

ところで、前述のような研削作業のみならず、互いに類似する複数の作業もしくは同一の作業を一台のロボットで行う場合に、これら作業内容に応じて各作業用ツールハンドを自動交換して各作業に対応することも行われている。この場合、ロボットの基本機能であるティーチングプレイバックのみでは対応できない作業については、当該作業に固有の適応制御機能を付加することで対応することがなされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ロボットを用いて研削作業を行う場合に、前記▲1▼の公報に開示されている研削装置では、ワーク母材面に倣うように押圧力を一定にして研削するために、除去すべきバリ等を含む研削前の被研削物の形状が研削後に反映してしまい、ワークの相対的な凹凸は少なくなっても凹凸は依然として残ることとなる。したがって、この研削装置は研磨作業には適しているが、溶接余盛の研削除去または鑄造物品の研削仕上げのように成形を伴う研削には適さないという問題点がある。

【0006】

また、前記▲2▼の公報に開示されている研削装置では、ロボットの手首に力センサを付加する必要があるとともに、この力センサからの出力情報を処理する装置が別途必要となつて装置全体が複雑になってしまうという問題点がある。

【0008】

本発明は、前述のような問題点を解消するためになされたもので、ロボットに研削ツールを把持させてワーク表面を研削する際に、装置を複雑にすることなく、成形性を伴った研

10

20

30

40

50

削作業を自動的にかつ高精度に行うことができるようにすることを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段および作用・効果】

前述の目的を達成するために、本発明によるロボットの制御装置は、

研削ツールを把持してワーク表面を研削するロボットの制御装置であって、

(a) 前記研削ツールに供給される負荷電流を検知する負荷電流検知手段、

(b) 前記研削ツールに供給される負荷電流の変化量を検知する負荷電流変化量検知手段

、

(c) 前記負荷電流検知手段により検知される負荷電流に応じて前記研削ツールの前記ワークへの切り込み量を制御する切り込み量制御手段、 10

(d) 前記負荷電流検知手段により検知される負荷電流に応じて前記研削ツールの研削速度を制御する研削速度制御手段および

(e) 前記負荷電流変化量検知手段により検知される負荷電流の変化量が所定の閾値以下のときには前記切り込み量制御手段による制御を実行し、前記負荷電流

変化量検知手段により検知される負荷電流の変化量が所定の閾値を越えるときには前記研削速度制御手段による制御を実行するように、これら切り込み量制御手段と研削速度制御手段とを切り換える切換手段

を備えることを特徴とするものである。

【0010】

本発明においては、研削ツールに供給される負荷電流の変化量が所定の閾値以下のときに、この負荷電流に応じて前記研削ツールのワークへの切り込み量が制御され、またその負荷電流の変化量が所定の閾値を越えるときに、この負荷電流に応じて前記研削ツールの研削速度が制御される。こうして、ワークの形状変化が大きい部位に対しては研削ツールの研削速度が制御されてその部位が削り残しなく成形され、形状変化の小さい部位に対しては研削ツールの切り込み量が制御されてその部位の母材面に沿う仕上げ加工が行われる。したがって、ワークが例えば鋳物のせきまたは湯口等の大きな凸部であっても成形しながら滑らかに仕上げることができる。このように、研削対象であるワークの形状または位置のばらつきがあっても、装置を複雑にすることなく、所望の形状に高精度に成形を行うことができる。また、負荷電流を基に制御するようにしているので、研削状況を直に監視することができ、砥石の研削能力の変化に対応することが可能となる。 30

【0011】

本発明において、前記切り込み量制御手段は、前記負荷電流が大きいときには前記切り込み量が小さくなるように、前記負荷電流が小さいときには前記切り込み量が大きくなるように制御するものとされ、前記研削速度制御手段は、前記負荷電流が大きいときには前記研削速度が小さくなるように、前記負荷電流が小さいときには前記研削速度が大きくなるように制御するものとされるのが好ましい。

【0019】

本発明の他の目的は、後述される詳細な説明から明らかにされる。しかしながら、詳細な説明および具体的実施例は最も好ましい実施態様について説明するが、本発明の精神および範囲内の種々の変更および変形はその詳細な説明から当業者にとって明らかであることから、具体例として述べるものである。 40

【0020】

【実施例】

次に、本発明によるロボットの制御装置の具体的実施例につき、図面を参照しつつ説明する。

【0021】

(第1実施例)

本実施例は研削作業用のロボットシステムに適用したものである。図1に示されているように、本実施例のロボットシステムにおいては、回転砥石1が所要回転数で回転可能に取 50

り付けられてなるグラインダ2を有するとともに、ワークの研削面に対して所定速度で移動される複数のアーム3a, 3b, 3cを有する多関節のロボット4と、このロボット4の駆動制御、詳しくは回転砥石1の回転制御、アーム3a, 3b, 3cの位置および移動速度の制御等を行うロボットコントローラ（ロボット駆動制御部）5とが備えられ、このロボットコントローラ5にはオペレータが各種条件の設定（教示）を行うための操作器6が接続されている。

【0022】

前記グラインダ2のモータ（図示せず）は電源（グラインダ用電源）7により駆動される。このモータの負荷電流は電流センサ8によって検出され、この電流センサ8からの負荷電流信号がロボットコントローラ5に入力されるようになっている。また、ロボットコントローラ5には、ロボット4の適所に設けられている図示されない位置センサからのロボット4の現在位置に係る位置信号と、やはり図示されない速度センサからのロボット4の現在速度に係る速度信号とが入力される。これら各入力信号に基づきロボットコントローラ5は所定の演算処理を行い、ロボット4に対して駆動信号を出力する。

【0023】

本実施例のロボットコントローラ5の具体的構成が図2に示されている。図示のように、このロボットコントローラ5においては、操作器6によりオペレータが設定するツール種別および仕上目標等の作業条件が記憶部9に記憶され、この記憶部9に記憶されているデータからの例えば荒加工であるか仕上加工であるかといった仕上目標値に係るデータと、予めデータベース部10に登録されている登録データとが負荷制御パターン設定部11に入力されるようになっている。なお、前記データベース部10には、種々のワーク形状または用途に対応できるように、ツール種別および仕上目標毎に制御パターンおよび負荷設定値（目標電流値、閾値等）が登録されている。また、教示によって記憶部9に記憶される位置目標値に係るデータおよび速度目標値に係るデータはその記憶部9から位置指令演算部12に入力される。

【0024】

一方、電流センサ8からの負荷電流信号は入力部13を介して負荷信号処理部14に入力される。この負荷信号処理部14では、入力された負荷電流信号に基づき位置補正值および速度補正值を算出してそれら算出値を位置指令演算部12に出力する。そして、位置指令演算部12においては、ロボット4の現在位置に係る位置信号と、ロボット4の現在速度に係る速度信号と、記憶部9より入力される位置目標値および速度目標値と、負荷信号処理部14より入力される位置補正值および速度補正值との各データを基に駆動信号が算出され、この算出された駆動信号がロボット4に出力される。なお、ロボットコントローラ5と電源7との間では、起動信号およびエラー信号などのやり取りがなされる。

【0025】

次に、前述のように構成されるロボットコントローラ5によるグラインダ2の適応制御の制御動作について図3に示されている基本プログラムのフローチャートに基づき詳述する。

【0026】

A～B：電流センサ8からの負荷電流に係るデータを所定のサンプリングタイム毎に取り込み、取り込まれたn個のサンプリングデータ $I_{in}(i) \cdots I_{in}(n)$ のスムージング処理を次式により行う。

$$I_{smt}(k) = [I_{in}(i) + \cdots + I_{in}(n)] / n$$

C：スムージング処理後のサンプリングデータ（スムージングデータ）より電流差分値 $\Delta I(m)$ を次式により計算する。

$$\Delta I(m) = [I_{smt}(k) - I_{smt}(k-1)] / 2$$

D：過去k回分のスムージングデータ $I_{smt}(k)$ および過去k回分の差分値 $\Delta I(k)$ を平均化し、次式により平均化後電流 I_{avg} および平均化後電流差分値 ΔI_{avg} をそれぞれ得る。

$$I_{avg} = [I_{smt}(i) + \cdots + I_{smt}(k)] / k$$

10

20

30

40

50

$$\Delta I_{avg} = [\Delta I(i) + \dots + \Delta I(k)] / k$$

E～G：現在の電流差分値 ΔI_{avg} と速度制御を行う際の電流差分の目標値 ΔI_{sp} との差の絶対値が所定の閾値 Th_{sp} より大きい場合、言い換えれば負荷電流の時間的変化割合が大きい場合には図4によって後述する速度制御実行ルーチンへ進み、負荷電流の時間的変化割合が小さい場合には図5によって後述する切り込み制御実行ルーチンへ進む。

【0027】

次に、前述の速度制御実行ルーチン（ステップF）を図4に示されているフローチャートによって説明する。

【0028】

F1～F2：平均化後電流 I_{avg} が予め設定される最大許容負荷電流 I_E を越えているときには研削速度 SP を零に設定する。

F3～F4：平均化後電流 I_{avg} が予め設定される最大許容負荷電流 I_E 以下であって目標電流の上限値 I_H を越えているときには、現在の研削速度 SP から $SP_0 / 4$ （ SP_0 ：初期研削速度）を減算した値（ $SP - SP_0 / 4$ ）を新たな研削速度 SP とする。

F5～F6：平均化後電流 I_{avg} が目標電流の上限値 I_H 以下であって目標電流の下限值 I_L 未満であるときには、現在の研削速度 SP に $SP_0 / 4$ を加算した値（ $SP + SP_0 / 4$ ）を新たな研削速度 SP とする。また、平均化後電流 I_{avg} が目標電流の上限値 I_H 以下であって目標電流の下限值 I_L 以上であるときには、現在の研削速度 SP をそのまま採用する。

【0029】

このような速度制御実行ルーチンによって、グラインダ2に加わる負荷電流が目標電流の上限値 I_H と下限値 I_L との間に収まるように研削速度が制御される。この速度制御による制御パターンは単位時間当たりのワークの除去体積を調整することができるので、例えば凹凸の大きい部位を平らに仕上げるといった成形性を重視する加工の場合に、除去断面積が変化してもティーチング通りに削り残しなく研削することができる。

【0030】

次に、前述の切り込み制御実行ルーチン（ステップG）を図5に示されているフローチャートによって説明する。

【0031】

G1～G2：平均化後電流 I_{avg} が目標電流の上限値 I_H を越えているときには、現在の切り込み量 T から切り込み補正量 T_i を除算した値（ $T - T_i$ ）を新たな切り込み量 T とする。

G3～G4：平均化後電流 I_{avg} が目標電流の上限値 I_H 以下であって目標電流の下限值 I_L 未満であるときには、現在の切り込み量 T に切り込み補正量 T_i を加算した値（ $T + T_i$ ）を新たな切り込み量 T とする。また、平均化後電流 I_{avg} が目標電流の上限値 I_H 以下であって目標電流の下限值 I_L 以上であるときには、現在の切り込み量 T をそのまま採用する。

【0032】

このような切り込み制御実行ルーチンによって、グラインダ2に加わる負荷電流が目標電流の上限値 I_H と下限値 I_L との間に収まるように切り込み量が制御される。ところで、単位時間当たりのワークの除去体積は、グラインダ2の速度が一定の場合には切り込み量が大きい程大きくなる。したがって、前述の切り込み制御による制御パターンにおいては、グラインダ2に加わる負荷電流が一定となるように切り込み量を調整して除去体積を一定にすることができるので、母材面に沿って滑らかに仕上げるといった加工の場合に有効である。

【0033】

前述のようなロボットシステムにおいて例えば図6（a）に示されているような断面形状を有するワークの研削加工を行うと、電流センサ8によって検出される負荷電流値および

10

20

30

40

50

電流差分値はそれぞれ図6(b)および(c)に示されるような曲線となる。したがって、このようなワークに対して本実施例の制御を実行すると、(a)において符号Pで示される領域では速度制御が実行され、符号Qで示される領域では切り込み制御が実行されることとなる。この結果、ワークの形状変化が大きい部位に対してはその部位が削り残しなく成形され、形状変化の小さい部位に対してはその部位の母材面に沿う仕上げ加工が行われる。こうして、ワークが例えば鋳物のせきまたは湯口等の大きな凸部であっても成形しながら滑らかに仕上げることができる。

【0034】

本実施例においては、グラインダ2に加わる負荷電流の変化量の大小によって速度制御と切り込み制御とを自動的に切り換えるものについて説明したが、本実施例のロボットシステムにおいて、ティーチング時におけるオペレータの指定によって、例えば荒加工の後に仕上加工を行うというように成形性を重視する加工と滑らかな仕上げを重視する加工とを別工程で行うことができるのは言うまでもない。

【0035】

(第2実施例)

本実施例は、作業用ツールとして溶接トーチを把持して溶接作業を行った後、この作業用ツールをグラインダに持ち換えて引き続いて研削作業を行うマルチ作業ロボットシステムに適用したものである。

【0036】

図7に示されているように、本実施例のマルチ作業ロボットシステムにおいて、複数のアーム3a、3b、3cを有するロボット4の本体構成は第1実施例と基本的に異なるところがない。本実施例においては、自動ツール交換装置(Automatic Tool Changer)20によって作業用ツールを溶接トーチ21からグラインダ2に自動交換するようにされている。また、前記第1実施例に記載のようなグラインダ2の適応制御および後述の溶接トーチ21の適用制御を実行するためのロボットコントローラ22が備えられ、このロボットコントローラ22にはオペレータが各種条件の設定(教示)を行うための操作器23が接続されている。

【0037】

前記グラインダ2のモータ(図示せず)はグラインダ用電源7により駆動される。このモータの負荷電流は電流センサ8によって検出され、この電流センサ8からのグラインダ負荷電流信号がロボットコントローラ22に入力されるようになっている。一方、前記溶接トーチ21には溶接電源24から溶接電流が供給される。この溶接電源24から供給される溶接電流は電流センサ25によって検出され、この電流センサ25からの溶接電流信号がやはりロボットコントローラ22に入力されるようになっている。また、前記第1実施例と同様、ロボットコントローラ22には、ロボット4の適所に設けられている図示されない位置センサからのロボット4の現在位置に係る位置信号と、やはり図示されない速度センサからのロボット4の現在速度に係る速度信号とが入力される。これら各入力信号に基づきロボットコントローラ22は所定の演算処理を行い、ロボット4に対して駆動信号を出力する。なお、ロボットコントローラ22とグラインダ用電源7および溶接電源24との間では、起動信号およびエラー信号などのやり取りがなされる。

【0038】

本実施例のロボットコントローラ22の具体的構成が図8に示されている。図示のように、このロボットコントローラ22においては、ロボット4の基本的な位置および速度の制御を行う位置制御部26と、作業種別に応じた適用制御を行う適応制御部27とが備えられるとともに、作業種別(ツール種別)毎の適応制御の制御パターン、パラメータおよび入出力設定等が登録されるデータベース部28が備えられている。

【0039】

操作器23によりオペレータが設定する作業種別およびステップ毎の位置、速度等の命令は、このロボットコントローラ22内の命令記憶部29に一旦記憶され、これら命令は位置制御部26におけるメイン制御部26aにて解析され、各作業種別に応じた適用制御が

10

20

30

40

50

必要な場合にそのメイン制御部 26 a から適応制御部 27 の適応制御設定部 27 a に作業開始命令とその作業種別とが通知される。作業開始命令が出されると、この適応制御設定部 27 a では、データベース部 28 より作業種別に応じた適応制御パターンおよびパラメータを呼び出して設定を行うとともに、入出力設定を行う。この適応制御設定部 27 a の設定が終了すると、適応制御部 27 内の補正值計算部 27 b にて、入力部 30 を介してグラインダ負荷電流信号、溶接電流信号等に基づき位置補正值および速度補正值が逐次計算され、これら計算値が位置制御部 26 内の位置指令演算部 26 b に出力されるとともに、出力部 31 を介して周辺装置へ出力される。この位置指令演算部 26 b においては、ロボット 4 の現在位置に係る位置信号と、ロボット 4 の現在速度に係る速度信号と、メイン制御部 26 a より入力される位置目標値および速度目標値と、補正值計算部 27 b より入力される位置補正值および速度補正值との各データを基に駆動信号が算出され、この算出された駆動信号がロボット 4 に出力される。また、これら位置補正值および速度補正值は補正值記憶部 32 に記憶されるとともに、前記駆動信号の算出に際し必要に応じてその補正值記憶部 32 に記憶されている補正值が呼び出される。

10

【0040】

ここで、グラインダ 2 の適応制御の制御動作は第 1 実施例において詳述した通りである。一方、溶接トーチ 21 の適応制御においては、次のようにして水平方向（進行方向に向かって左右方向）位置制御と高さ方向位置制御との二種類の制御が同時に行われる。

【0041】

水平方向位置制御においては、図 9 に示されるように、溶接トーチ 21 が被溶接材 33, 34 の接合部に沿って移動される際にその溶接トーチ 21 に対し左右に正弦波状にウィービング運動が付与され、このウィービング時に電流センサ 25 によって検出される溶接トーチ 21 の左端位置および右端位置での溶接電流（アーク電流）の偏差が 0 になるようにその溶接トーチ 21 の水平方向位置が制御される。なお、図 9（a）は、溶接トーチ 21 が左方にずれることによって左端位置での溶接電流のピーク値が右端位置での溶接電流のピーク値に比べて偏差 p だけ大きな値になっている状態を示しており、図 9（c）は、溶接トーチ 21 が右方にずれることによって右端位置での溶接電流のピーク値が左端位置での溶接電流のピーク値に比べて偏差 q だけ大きな値になっている状態を示している。このように左右端位置での溶接電流のピーク値に偏差が生じた場合に、図 9（b）に示されるようにその偏差を 0 にするように溶接トーチ 21 の位置制御が行われる。

20

30

【0042】

また、高さ方向位置制御においては、溶接電流の低周波成分を取り出すことによって溶接トーチ 21 の高さ方向の平均位置が検出され、この平均位置が予め設定される基準値と比較されてその基準値との偏差が 0 になるようにその溶接トーチ 21 の高さ方向位置が制御される。

【0043】

本実施例のマルチ作業ロボットシステムにおいては、主にオペレータの教示時との位置ずれを自動的に補正するための適応制御を溶接とグラインダとの各作業毎に切り換えて適用するために、溶接トーチ 21 の適応制御において補正值記憶部 32 に記憶されている補正值がグラインダ 2 の適応制御において利用され、これによって、グラインダ 2 の適応制御において補正不能な研削平面上で研削線と直角方向の位置ずれの補正を行うことが可能とされている。次に、溶接作業に引き続いて研削作業を行う際の制御動作を図 10～図 14 に示されているフローチャートに基づき詳述する。

40

【0044】

図 10 は基本プログラムを示すフローチャートである。この基本プログラムにおいては、まず溶接ルーチンの呼び出し処理が行われ（ステップ S）、この後グラインダルーチンの呼び出し処理が行われる（ステップ T）。

【0045】

前記溶接ルーチンにおいては図 11 に示されるフローチャートにしたがって処理が実行される。

50

S 1：初期化を行う。この初期化においては、ツール要求信号を1（溶接トーチ）に設定するとともに、ツールパラメータテーブルより溶接トーチのツールパラメータを読み出し、この読み出したツールパラメータを設定する。以後、このツールパラメータで示される点に制御点を移す。ここで、このツールパラメータは、ツールの長さおよび角度等をロボット4の6軸フランジ面に固定される座標で表した数値である。

【0046】

S 2～S 4：図13のフローチャートによって後述するATCルーチン呼び出して溶接トーチ21をロボット4に装着し、この後そのロボット4をサーチポイントP₀（予め教示したz方向のワーク位置）へ移動させる。次いで、溶接開始点の位置ずれを補正するためにサーチルーチン呼び出す。このサーチルーチンにおいては、教示時におけるワークWの端面位置P₀（z方向）、P₁（y方向）、P₂（x方向）をサーチ開始点（図15参照）として、ロボット4のベース座標で示されるワークWの現在位置（P₀₁、P₁₁、P₂₁）を得るために、予め教示した方向にサーチ動作を行う。なお、このサーチ動作は、例えば溶接トーチ21の通電状態を監視しながらワークW方向に接近し、通電時にその溶接トーチ21を停止させることにより行われる。こうして得られるワークWの現在位置と教示位置との差分をとることで、溶接開始点P₃の位置ずれ補正が次式により得られる。ただし、この溶接開始点P₃の補正後の値をP_{3new}、補正前の値をP_{3old}とする。

$$P_{3new, x} = P_{3old, x} + (P_{21x} - P_{2x})$$

$$P_{3new, y} = P_{3old, y} + (P_{11y} - P_{1y})$$

$$P_{3new, z} = P_{3old, z} + (P_{01z} - P_{0z})$$

【0047】

S 5～S 6：溶接トーチ21を溶接開始点P₃へ移動させ、データベース部28より溶接条件を読み出し、溶接電源24への指令値および適応制御の設定を行う。

S 7：溶接開始処理を行う。すなわち、溶接電源24へ電流、電圧の指令および起動指令を送るとともに、適応制御部27内で適応制御処理を開始する。この適応制御処理においては、前述のように補正值計算部27bにて溶接電流を基にx方向（水平方向）の補正值を計算し（z方向（高さ方向）についても同様）、この補正值を位置指令演算部26bへ送る。この位置指令演算部26bでは、受け取った補正值をロボット4のベース座標に変換し、現在目標値に積算して新たな目標値とする。さらに、図16に示されているように、補正值を折り込んだ目標値P_{n, new}と教示時の目標値P_{n, old}との差（積算補正值のロボットベース座標での値） $\Delta W_n = P_{n, new} - P_{n, old}$ を1回分記憶しておき、前回までのその値 ΔW_{n-1} との差（前回までの積算値と今回積算値との差） $\Delta P_n = \Delta W_n - \Delta W_{n-1}$ を補正值記憶部32に逐次記憶する。

【0048】

S 8～S 10：適応制御処理と補正值の記憶処理を実行しながら溶接終了点P₄へ直線移動する。そして、溶接終了点P₄へ到達したら溶接終了処理、すなわち溶接電源24への終了命令および適応制御の停止等を行う。この後、予め教示された待機点へ移動して溶接ルーチンを終了する。

【0049】

次に、前記グラインダルーチンにおいては図12に示されるフローチャートにしたがって処理が実行される。

T 1：初期化を行う。この初期化は、溶接ルーチンにおける初期化と同様の処理であって、ツール要求信号を2（グラインダ）に設定するとともに、ツールパラメータテーブルよりグラインダのツールパラメータを読み出し、この読み出したツールパラメータを設定する。以後、このツールパラメータで示される点に制御点を移す。

【0050】

T 2～T 4：図13のフローチャートによって後述するATCルーチン呼び出し、溶接トーチ21を切り離してグラインダ2を装着する。この後、前記溶接ルーチンにおいて位置ずれ補正のなされた開始点（グラインダ開始点）P₃へロボット4を移動させる。次

10

20

30

40

50

いで、データベース部 28 よりグラインダ作業条件を読み出し、グラインダ用電源 7 への指令値および適応制御の設定を行う。

【0051】

T5：グラインダの作業開始処理を行う。すなわち、グラインダ用電源 7 へ起動指令を送るとともに、適応制御部 27 内で適応制御処理を開始する。この適応制御処理においては、前記第 1 実施例において詳述されているように、電流センサ 8 からの負荷電流信号を基に補正值計算部 27b にて z 方向の補正值が計算され、位置指令演算部 26b に送られる。この位置指令演算部 26b では、記憶値の再生処理のために、まず溶接トーチ 21 の適応制御において記憶された記憶補正值 ΔP_n を補正值記憶部 32 より逐次読み出し、この読み出された記憶補正值 ΔP_n を教示データを基にした目標値 $P_{n, old}$ に積算して新たな目標値 $P_{n, new}$ とする。さらに、補正值計算部 27b にて計算された補正值をロボットベース座標に変換し、今回計算された目標値に積算して真の目標値 $P_{n, real}$ とする。

10

【0052】

このグラインダ 2 の適応制御処理において、真の目標値 $P_{n, real}$ の計算手順の具体例が図 17 に示されている。この図 17 に示される例は、溶接トーチ 21 の適応制御において x 方向の記憶補正值 ΔP_n のみが記憶され、グラインダ 2 の適応制御において z 方向のみの補正が行われる場合である。図 17 (a) に示されるように、記憶補正值を折り込んだ目標値 $P_{n, new}$ は教示データを基にした目標値 $P_{n, old}$ に対して次式により求められる。

20

$$P_{n, new} = P_{n, old} + \Delta P$$

ΔP ：記憶補正值積算値

次いで、図 17 (b) に示されているように、前式にて得られる目標値 $P_{n, new}$ に対し、グラインダ適応制御による補正值 ΔG_n を積算することで真の目標値 $P_{n, real}$ が次式により得られる。

$$P_{n, real} = P_{n, new} + \Delta G_n$$

【0053】

T6～T8：適応制御処理と補正值の再生処理を実行しながら終了点（グラインダ終了点） P_4 へ直線移動する。そして、終了点 P_4 に到達したら作業終了処理、すなわちグラインダ 2 への終了命令および適応制御の停止等を行う。この後、予め教示された待機点へ移動してグラインダルーチンを終了する。

30

【0054】

次に、前述の A T C ルーチン（図 11 のステップ S2，図 12 のステップ T2）における処理手順を図 13 に示されるフローチャートによって説明する。

【0055】

U1～U4：ツール判別信号が 0（無し）の場合に、ツール要求信号が 1（溶接トーチ）であればそのツール 1（溶接トーチ）を装着し、ツール要求信号が 2（グラインダ）であればそのツール 2（グラインダ）を装着する。

【0056】

U5～U7：ツール判別信号が 1（溶接トーチ）の場合に、ツール要求信号が 1（溶接トーチ）であればツール交換の必要がないのでそのままフローを終了し、ツール要求信号が 2（グラインダ）であれば現在装着されているツール 1（溶接トーチ）を切り離してツール 2（グラインダ）を装着する。

40

【0057】

U8～U10：ツール判別信号が 2（グラインダ）の場合に、ツール要求信号が 2（グラインダ）であればツール交換の必要がないのでそのままフローを終了し、ツール要求信号が 1（溶接トーチ）であれば現在装着されているツール 2（グラインダ）を切り離してツール 1（溶接トーチ）を装着する。

【0058】

図 14 には、ツール切り離しのためのルーチン (a) およびツール装着のためのルーチン

50

(b) が示されている。図 18 に示されているように、ツール交換は、グラインダ 2 および溶接トーチ 21 の各ツールが保持されているツールスタンド 35 に対してロボット 4 の先端アーム (手首) 3c を移動させるとともに、現在保持しているツールを切り離して新たなツールを装着することにより行われる。次に、図 14 に示されるフローチャートを図 18 を参照しながら説明する。

【0059】

V1～V4：ツール 1 (溶接トーチ 21) を切り離す際には、アーム 3c を P_{t11} へ移動した後 P_{t12} へ直線移動し、次いで ATC クランプ信号をオフにしてツール 1 をツールスタンド 35 に保持させ、この後 P_{t13} へ直線移動する。同様に、ツール 2 (グラインダ 2) を切り離す際には、アーム 3c を P_{t21} へ移動した後 P_{t22} へ直線移動し、次いで ATC クランプ信号をオフにしてツール 2 をツールスタンド 35 に保持させ、この後 P_{t23} へ直線移動する。

10

【0060】

W1～W4：ツール 1 (溶接トーチ 21) を装着する際には、アーム 3c を P_{t11} へ移動した後 P_{t12} へ直線移動し、次いで ATC クランプ信号をオンにしてツールスタンド 35 に保持されているツール 1 を把持し、この後 P_{t13} へ直線移動する。同様に、ツール 2 (グラインダ 2) を装着する際には、アーム 3c を P_{t21} へ移動した後 P_{t22} へ直線移動し、次いで ATC クランプ信号をオンにしてツールスタンド 35 に保持されているツール 2 を把持し、この後 P_{t23} へ直線移動する。

【0061】

20

本実施例のマルチ作業ロボットシステムによれば、溶接作業およびグラインダ作業の各作業毎の適応制御間でデータを共有することが可能となる。これにより、グラインダ作業中の情報、適応制御では原理的に行えない研削面上で研削線と直角方向 (進行方向に対し左右方向) の位置制御を容易に行うことができる。このように各作業の適応制御で対応できない制御を相互に補うことができるという利点がある。また、制御システムが大掛かりになることがなく、一台のロボットで異種の作業を連続的に行う際にそれら作業を極めて効率的に行うことができる。

【0062】

本実施例においては、溶接作業に引き続いてグラインダ作業を行うものについて説明したが、本発明は、これら作業に限定されるものではなく、ロボットのアーム軌跡を補償する作業を順次に行う場合、例えば溶接作業の後にその溶接部の欠陥を検査する作業 (例；超音波探傷) を行うものなどに適用することができる。

30

【0063】

前述のように、本発明は、種々に変更可能なことは明らかである。このような変更は本発明の精神および範囲に反することなく、また当業者にとって明瞭な全てのそのような変形、変更は、請求の範囲に含まれるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、第 1 実施例による研削作業用のロボットシステムの構成図である。

【図 2】図 2 は、第 1 実施例におけるロボットコントローラの構成図である。

【図 3】図 3 は、第 1 実施例によるロボットシステムの基本プログラムのフローチャートである。

40

【図 4】図 4 は、速度制御実行ルーチンのフローチャートである。

【図 5】図 5 は、切り込み制御実行ルーチンのフローチャートである。

【図 6】図 6 は、第 1 実施例のロボットシステムによるワーク加工の一例を示すグラフである。

【図 7】図 7 は、第 2 実施例によるマルチ作業ロボットシステムの構成図である。

【図 8】図 8 は、第 2 実施例におけるロボットコントローラの構成図である。

【図 9】図 9 は、溶接トーチの水平方向位置制御を説明する図である。

【図 10】図 10 は、第 2 実施例によるマルチ作業ロボットシステムの基本プログラムを示すフローチャートである。

50

【図 1 1】図 1 1 は、溶接ルーチンを示すフローチャートである。

【図 1 2】図 1 2 は、グラインダルーチンを示すフローチャートである。

【図 1 3】図 1 3 は、A T C ルーチンを示すフローチャートである。

【図 1 4】図 1 4 は、ツール切り離しのためのルーチン（a）を示すフローチャートおよびツール装着のためのルーチン（b）を示すフローチャートである。

【図 1 5】図 1 5 は、溶接作業を説明する斜視図である。

【図 1 6】図 1 6 は、溶接作業における補正值の記憶を説明する図である。

【図 1 7】図 1 7 は、グラインダ作業における記憶補正值の再生を説明する図である。

【図 1 8】図 1 8 は、ツール交換動作を説明する図である。

【符号の説明】

10

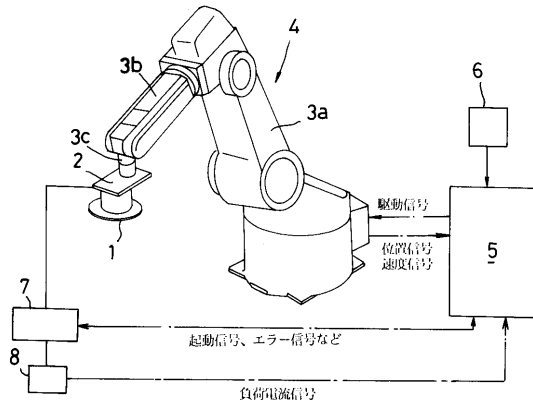
- 1 回転砥石
- 2 グラインダ
- 3 a, 3 b, 3 c アーム
- 4 ロボット
- 5, 2 2 ロボットコントローラ
- 6, 2 3 操作器
- 7 グラインダ用電源
- 8, 2 5 電流センサ
- 9 記憶部
- 1 0 データベース部
- 1 1 負荷制御パターン設定部
- 1 2, 2 6 b 位置指令演算部
- 1 3, 3 0 入力部
- 1 4 負荷信号処理部
- 2 0 自動ツール交換装置
- 2 1 溶接トーチ
- 2 4 溶接電源
- 2 6 位置制御部
- 2 6 a メイン制御部
- 2 7 適応制御部
- 2 7 a 適応制御設定部
- 2 7 b 補正值計算部
- 2 8 データベース部
- 2 9 命令記憶部
- 3 2 補正值記憶部

20

30

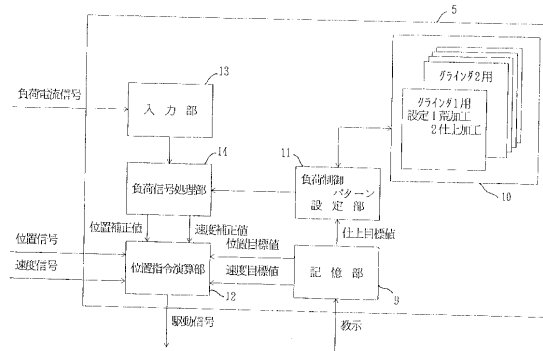
【図 1】

第1実施例による研削作業用のロボットシステムの構成図



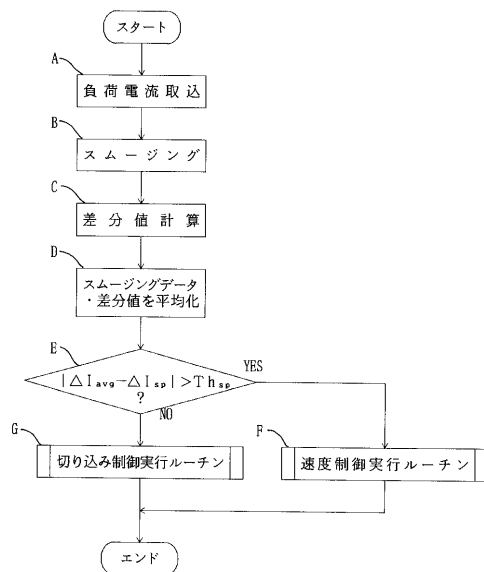
【図 2】

第1実施例におけるロボットコントローラの構成図



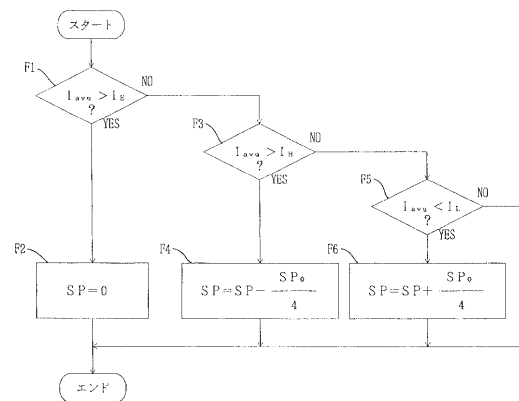
【図 3】

第1実施例によるロボットシステムの基本プログラムのフローチャート

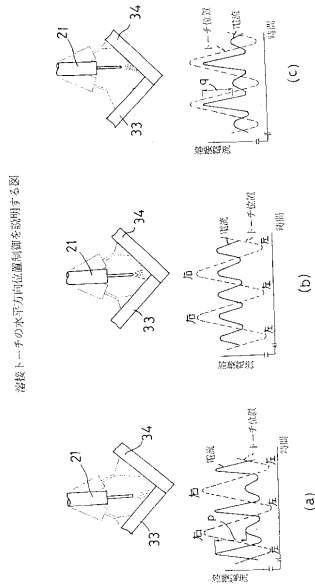


【図 4】

速度制御実行ルーチンのフローチャート

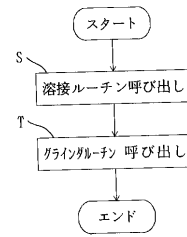


【図 9】



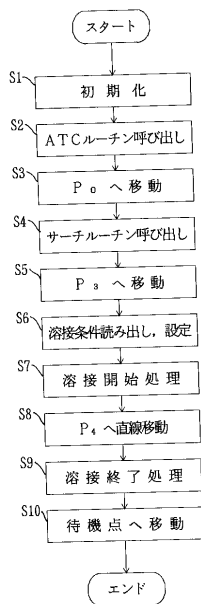
【図 10】

第2実施例によるマルチ作業ロボットシステムの基本プログラムを示すフローチャート



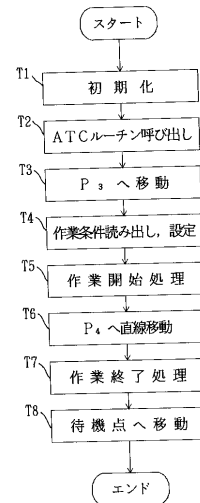
【図 11】

溶接ルーチンを示すフローチャート



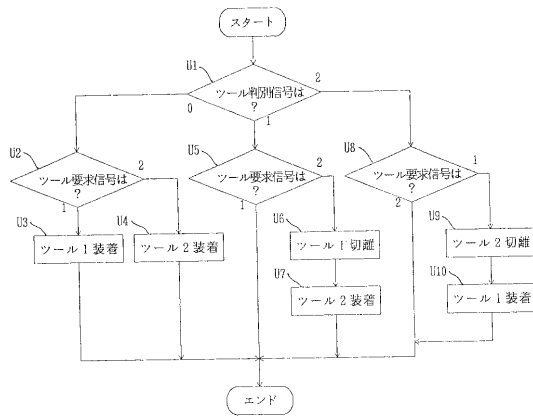
【図 12】

グラインドルーチンを示すフローチャート



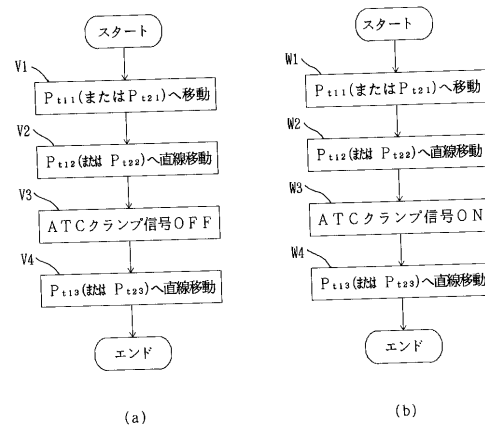
【図 13】

A/T Cルーチンを示すフローチャート



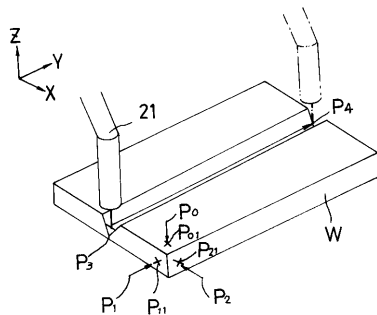
【図 14】

ツール切り離しのためのルーチン (a) を示すフローチャートおよび
 ツール装着のためのルーチン (b) を示すフローチャート



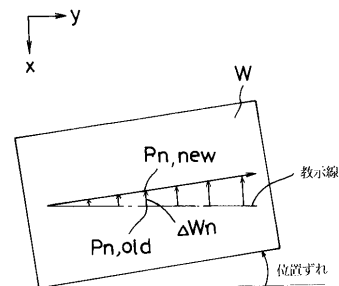
【図 15】

溶接作業を説明する斜視図



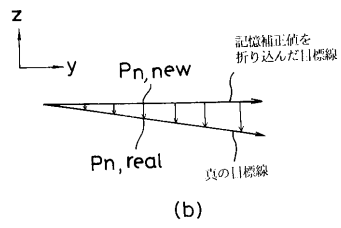
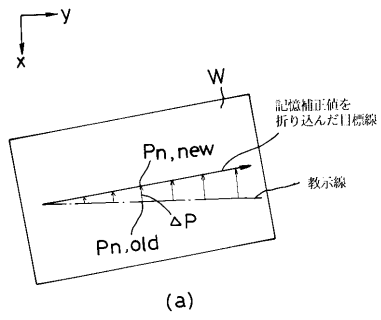
【図 16】

溶接作業における補正値の記憶を説明する図



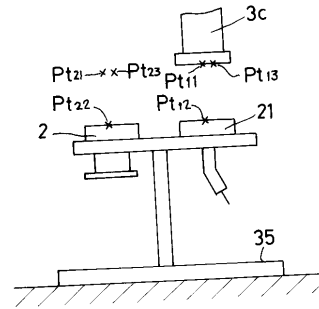
【図 17】

グラインダ作業における記憶補正値の再生を説明する図



【図 18】

ツール交換動作を説明する図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-001404 (JP, A)
特公昭50-035271 (JP, B1)
特開昭61-146470 (JP, A)
実開平05-092809 (JP, U)
特開平04-164563 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
B24B 49/16、27/00
G05B 19/416