

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-98822

(P2010-98822A)

(43) 公開日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.
H02P 29/00 (2006.01)F I
H02P 5/00 Lテーマコード (参考)
5H501

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-266542 (P2008-266542)
(22) 出願日 平成20年10月15日 (2008.10.15)(71) 出願人 390008235
ファナック株式会社
山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
〇番地
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100092624
弁理士 鶴田 準一
(74) 代理人 100102819
弁理士 島田 哲郎
(74) 代理人 100112357
弁理士 廣瀬 繁樹
(74) 代理人 100140028
弁理士 水本 義光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サーボモータ制御装置

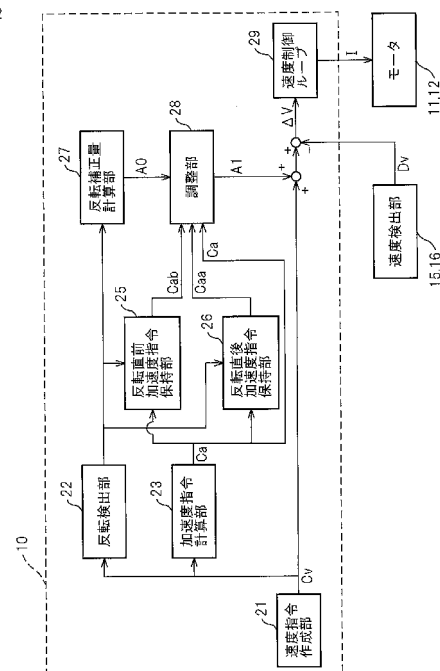
(57) 【要約】

【課題】サーボモータの反転前後における加速度が変わる場合にも、円滑に加工する。

【解決手段】サーボモータ(11、12)を制御するサーボモータ制御装置(10)は、サーボモータの速度指令を所定周期毎に作成する速度指令作成部(21)と、サーボモータの反転を所定周期毎に検出する反転検出部(22)と、反転検出部が反転を検出した場合に、サーボモータの反転によるサーボモータの遅れを補正する反転補正量を計算する反転補正量計算部(27)と、速度指令作成部が作成した速度指令に基づいて加速度指令を所定周期毎に計算する加速度指令計算部(23)と、サーボモータの反転が検出された直前および直後における加速度指令を保持する反転直前加速度指令保持部(25)および反転直後加速度指令保持部(26)、加速度指令と反転直前加速度と反転直後加速度とのうちのいずれか二つに基づいて、反転補正量を調整する調整部(28)とを含む。

【選択図】図2

図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

サーボモータを制御するサーボモータ制御装置において、
前記サーボモータの速度指令を所定周期毎に作成する速度指令作成部と、
前記サーボモータの反転を所定周期毎に検出する反転検出部と、
前記反転検出部が反転を検出した場合に、前記サーボモータの反転による前記サーボモータの遅れを補正する反転補正量を計算する反転補正量計算部と、
前記速度指令作成部が作成した速度指令に基づいて前記サーボモータの加速度指令を所定周期毎に計算する加速度指令計算部と、
前記反転検出部が前記サーボモータの反転を検出した直前における前記加速度指令を保持する反転直前加速度指令保持部と、
前記反転検出部が前記サーボモータの反転を検出した直後における前記加速度指令を保持する反転直後加速度指令保持部と、
前記加速度指令計算部により計算された前記加速度指令と前記反転直前加速度指令保持部により保持される反転直前加速度と前記反転直後加速度指令保持部により保持される反転直後加速度とのうちのいずれか二つに基づいて、前記反転補正量を調整する調整部とを具備するサーボモータ制御装置。

【請求項 2】

前記調整部は、前記反転直後加速度を前記反転直前加速度で除算した値の平方根を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした、請求項 1 に記載のサーボモータ制御装置。

【請求項 3】

前記調整部は、前記反転直後加速度を前記反転直前加速度で除算した値にゼロより大きくて 1 以下の第一定数を乗算した値を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした、請求項 1 に記載のサーボモータ制御装置。

【請求項 4】

前記調整部は、前記加速度指令を前記反転直前加速度で除算した値の平方根を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした、請求項 1 に記載のサーボモータ制御装置。

【請求項 5】

前記調整部は、前記加速度指令を前記反転直前加速度で除算した値にゼロより大きくて 1 以下の第二定数を乗算した値を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした、請求項 1 に記載のサーボモータ制御装置。

【請求項 6】

前記加速度指令が前記反転直前加速度にゼロより大きくて 1 以下の第三定数を乗算した値以下の場合には、前記調整部は前記反転補正量を調整する、請求項 2 から 5 のいずれか一項に記載のサーボモータ制御装置。

【請求項 7】

前記加速度指令が前記反転直後加速度にゼロより大きくて 1 未満の第四定数を乗算した値より小さい場合には、前記調整部は、前記反転補正量にゼロを乗算するようにした、請求項 1 に記載のサーボモータ制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、サーボモータ、特に二軸式の工作機械にて用いられる二つのサーボモータのそれぞれを制御するサーボモータ制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

二軸式の工作機械においては、被加工物が設置された作業台または加工ツールを互いに垂直な二つの方向に移動させることにより、被加工物を所望形状に沿って加工している。

図 8 は、被加工物を円弧状軌跡に沿って切削加工する場合の制御加工誤差を示す図である。図 8 においては、円弧状軌跡の中心を原点にしている。また、図 8 においては、作業台または加工ツール（以下、「加工ツール等」と省略する）は、X 軸動作の第一サーボモータおよび Y 軸動作の第二サーボモータにより時計回りに回転されるものとする。図 8 における実線は被加工物の加工プログラムに応じて定まる加工ツール等の位置指令であり、破線は位置の実測値である。

【 0 0 0 3 】

例えば、図 8 の第 I 象限においては、加工ツール等がプラス X 軸方向およびマイナス Y 軸方向に移動するように第一サーボモータおよび第二サーボモータがそれぞれ回転する。そして、第 I 象限から第 IV 象限に移行するときには、第二サーボモータは同様に駆動されつつ、第一サーボモータは、加工ツール等がマイナス X 軸方向に移動するように反転される。

【 0 0 0 4 】

このとき、第一サーボモータは瞬間的に停止することになるので、第一サーボモータの出力軸は、動摩擦状態から静止摩擦状態を経て再び動摩擦状態になる。このように反転時には摩擦係数の大きい静止摩擦状態を経ると共にサーボモータの伝達系におけるバックラッシの影響を受けるので、第一サーボモータの動作に応答遅れが生じることになる。従って、そのような反転時の応答遅れが図 8 に示される象限突起 P として実測値に出現する。それゆえ、被加工物を円弧に沿って切削加工する場合には、被加工物が象限突起 P に対応する切削箇所において突起が残るなどの問題が発生する。

【 0 0 0 5 】

図 8 に示されるように被加工物を円弧に沿って切削加工する場合には、反転時であっても加工ツール等の加速度は一定である。特許文献 1 においては、被加工物を円弧に沿って切削加工する場合に、モータの反転時には、速度制御部を構成する積分要素を所定の関数に基づいて反転させ、その出力値を電流指令値に加えるなどの補正処理が行われている。あるいは、加工ツール等の加速度が一定である場合には、加速度に応じたオーバーライドを所定値に乗算した値または所定値自体をサーボモータの速度指令に加算して、速度指令を補正することも行われている。このような補正を行うことにより、反転時におけるバックラッシ等の影響を少なくできるので、象限突起 P に対応する箇所における加工不良を少なくできる。

【特許文献 1】国際公開第 W O 9 0 / 1 2 4 4 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、被加工物が複雑な形状の軌跡に沿って加工される場合、例えば軌跡が多数の微小線分から構成される場合には、サーボモータの反転が頻繁に起こる上に、反転前後にて加速度が変化する事態も生ずる。

【 0 0 0 7 】

このような場合には、加速度が一定であるという前提で前述した補正を行ったとしても、反転時におけるバックラッシ等の影響を完全に排除するのが難しい。このため、補正量が小さすぎるために被加工物の加工箇所に凸部が生じたり、補正量が大きすぎるために加工が過大に行われ、加工箇所に傷または凹部が生じるなどの問題が発生する。特に、加工箇所に傷または凹部が生じた場合には、そのような傷などを修正できず、その被加工物が不良品となってしまう。

【 0 0 0 8 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、サーボモータの反転前後における加速度が変化する場合、例えば複雑な形状の軌跡に沿って被加工物を加工する場合であっても、円滑な加工を行うことのできるサーボモータ制御装置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】

【 0 0 0 9 】

前述した目的を達成するために 1 番目の発明によれば、サーボモータを制御するサーボモータ制御装置において、前記サーボモータの速度指令を所定周期毎に作成する速度指令作成部と、前記サーボモータの反転を所定周期毎に検出する反転検出部と、前記反転検出部が反転を検出した場合に、前記サーボモータの反転による前記サーボモータの遅れを補正する反転補正量を計算する反転補正量計算部と、前記速度指令作成部が作成した速度指令に基づいて前記サーボモータの加速度指令を所定周期毎に計算する加速度指令計算部と、前記反転検出部が前記サーボモータの反転を検出した直前における前記加速度指令を保持する反転直前加速度指令保持部と、前記反転検出部が前記サーボモータの反転を検出した直後における前記加速度指令を保持する反転直後加速度指令保持部と、前記加速度指令計算部により計算された前記加速度指令と前記反転直前加速度指令保持部により保持される反転直前加速度と前記反転直後加速度指令保持部により保持される反転直後加速度とのうちのいずれか二つに基づいて、前記反転補正量を調整する調整部とを具備するサーボモータ制御装置が提供される。

10

【 0 0 1 0 】

すなわち 1 番目の発明においては、反転直前加速度および反転直後加速度のうちの少なくとも一方を用いているので、サーボモータの反転に応じた最適な反転補正量を得ることができる。このため、サーボモータの反転前後における加速度が変化する場合であっても、円滑な加工を行うことができる。

【 0 0 1 1 】

20

2 番目の発明によれば、1 番目の発明において、前記調整部は、前記反転直後加速度を前記反転直前加速度で除算した値の平方根を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした。

3 番目の発明によれば、1 番目の発明において、前記調整部は、前記反転直後加速度を前記反転直前加速度で除算した値にゼロより大きくて 1 以下の第一定数を乗算した値を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした。

すなわち 2 番目および 3 番目の発明において、反転直後加速度指令が反転直前加速度指令よりも小さい場合には反転補正量を小さくすることができる。従って、加工が過大に行われることが原因で傷または凹部が生じるのを比較的簡易な手法により回避することができる。

30

【 0 0 1 2 】

4 番目の発明によれば、1 番目の発明において、前記調整部は、前記加速度指令を前記反転直前加速度で除算した値の平方根を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした。

5 番目の発明によれば、1 番目の発明において、前記調整部は、前記加速度指令を前記反転直前加速度で除算した値にゼロより大きくて 1 以下の第二定数を乗算した値を前記反転補正量に乗算することにより、前記反転補正量を調整するようにした。

すなわち 4 番目および 5 番目の発明においては、最新の加速度指令が用いられる。従って、反転検出後に加速度指令が変化する場合には、反転補正量は加速度指令に応じて調整され続ける。4 番目および 5 番目の発明は、加速度指令が頻繁に変化する場合、例えば加工の軌跡が多数の微小線分から構成される場合に特に有利である。

40

【 0 0 1 3 】

6 番目の発明によれば、2 番目から 5 番目の発明において、前記加速度指令が前記反転直前加速度にゼロより大きくて 1 以下の第三定数を乗算した値以下の場合には、前記調整部は前記反転補正量を調整する。

反転補正量が大きくなるように調整された場合には被加工物に傷または凹部が生じる可能性がある。しかしながら、6 番目の発明においては、加速度指令が反転直前加速度より小さい場合にのみ、反転補正量を調整するようにしている。従って、加工が過大に行われることが原因で被加工物に傷または凹部が生じるような加工が行われるのを回避できる。なお、第三定数は、加速度指令および反転直前加速度とそれらの理想値との間の誤差が小

50

さい場合には 0.9 から 1 の間、そのような誤差が大きい場合には 0.75 程度であるのが好ましい。

【0014】

7 番目の発明によれば、1 番目の発明において、前記加速度指令が前記反転直後加速度にゼロより大きくて 1 未満の第四定数を乗算した値より小さい場合には、前記調整部は、前記反転補正量にゼロを乗算するようにした。

加速度指令が反転直後加速度よりも小さくなる場合には、サーボモータの出力軸は減速状態から反転して加速状態となり再び減速状態になる動作を行っている。この場合には、反転を検出した直後に再び反転になる可能性が高く、そのような場合には、反転補正量を調整しないほうが円滑な加工を行えると判断できる。それゆえ、7 番目の発明においては、加速度指令が反転直後加速度よりも大幅に小さい場合には反転補正量を調整しないようにし、被加工物に傷または凹部が生じるような加工が行われるのを回避できる。7 番目の発明は、サーボモータの反転が連続して行われうる、複雑な形状の軌跡に沿って被加工物を加工する場合に特に有利である。なお、第四定数は、比較的小さな値、例えば 0.2 から 0.5 程度であるのが好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同様の部材には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図 1 は、本発明のサーボモータ制御装置を含む工作機械の略図である。図 1 に示されるように工作機械 1 は、作業台 19 と、作業台 19 に固定された被加工物 W に加工を施す加工ツール 18 とを含んでいる。図 1 に示される工作機械 1 は二軸式であり、作業台 19 を X 軸および Y 軸方向にそれぞれ移動させる第一サーボモータ 11 および第二サーボモータ 12 を含んでいる。

【0016】

図示されるように、第一サーボモータ 11 および第二サーボモータ 12 はサーボモータ制御装置 10 に接続されていて、サーボモータ制御装置 10 によって制御される。図 1 においては、加工ツール 18 もサーボモータ制御装置 10 に同様に接続されている。加工ツール 18 は、例えばドリルまたは溶接トーチなどでありうる。なお、作業台 19 が固定されていて、加工ツール 18 が X 軸および Y 軸方向に移動する構成であってもよい。

【0017】

また、第一サーボモータ 11 および第二サーボモータ 12 にはエンコーダ 15、16 が備えられている。これらエンコーダ 15、16 はそれぞれのサーボモータ 11、12 の出力軸の位置を所定周期毎に検出する。所定周期毎に検出された位置データに基づいて出力軸の検出速度 Dv が求められる。従って、これらエンコーダ 15、16 は速度検出部としての役目を果たす。

【0018】

図 2 は本発明のサーボモータ制御装置 10 の一部分を示すブロック図である。図 2 に示されるように、サーボモータ制御装置 10 は、第一および第二のサーボモータ 11、12 のそれぞれの速度指令 Cv を所定周期毎に作成する速度指令作成部 21 と、第一および第二のサーボモータ 11、12 のそれぞれの回転方向における反転を所定周期毎に検出する反転検出部 22 とを含んでいる。

【0019】

反転検出部 22 は、速度指令作成部 21 により作成された速度指令 Cv の符号の変化に基づいて第一および第二のサーボモータ 11、12 の反転を検出する。なお、反転検出部 22 が、例えばエンコーダ 15、16 から得られた検出速度 Dv に基づいて反転を検出してもよい。

【0020】

サーボモータ 11、12 が反転したときにはバックラッシの影響によりサーボモータ 1

1、12に遅れが生ずる。そのような遅れを補正する目的で、サーボモータ制御装置10は、サーボモータ11、12の反転によるそれぞれのサーボモータ11、12の遅れを補正する反転補正量A0を計算する反転補正量計算部27を含んでいる。反転補正量計算部27により計算される反転補正量A0は、例えば各種パラメータから得られる固定値、もしくはそのような固定値にサーボモータ11、12の加速度によるオーバーライドを乗算した値である。反転補正量計算部27は、反転時における加速度が一定であるという前提で反転補正量A0を作成される。

【0021】

さらに、図2に示されるように、サーボモータ制御装置10は、速度指令作成部21が作成した速度指令Cvに基づいてサーボモータ11、12の加速度指令Caを所定周期毎に計算する加速度指令計算部23と、反転検出部22がサーボモータ11、12の反転を検出した直前における加速度指令Cabを保持する反転直前加速度指令保持部25と、反転を検出した直後における加速度指令Caを保持する反転直後加速度指令保持部26とをさらに含んでいる。

【0022】

反転直前加速度指令保持部25および反転直後加速度指令保持部26は例えばRAMであり、反転直前および反転直後の加速度指令Caをそれぞれ一時的に記憶できる。そして、反転直前加速度指令Cabは、反転検出時よりも一周期分前の加速度指令Caである。あるいは、反転直前加速度指令Cabは、反転検出時における速度指令Cvと反転検出時よりも一周期分前の速度指令Cvに基づいて改めて計算してもよい。

【0023】

また、反転直後加速度指令Caは、反転検出時よりも一周期分後の加速度指令Caである。なお、反転検出時に、将来の速度指令Cvが既に作成されている場合には、複数の将来の速度指令Cvから反転直後加速度指令Caを算出する。あるいは、反転検出から所定時間経過後に作成された加速度指令Caを反転直後加速度指令Caとして採用するようにしてもよい。

【0024】

さらに、サーボモータ制御装置10は、加速度指令Caと反転直前加速度指令Cabと反転直後加速度指令Caとのうちのいずれか二つに基づいて、反転補正量A0を調整して調整後反転補正量A1を出力する調整部28を含んでいる。

【0025】

また、図2から分かるように、調整部28から出力される調整後反転補正量A1は速度指令Cvに加算され、それにより、反転時の応答遅れが補正されるようになる。そして、検出速度Dvと新たな速度指令Cvとの間の速度偏差ΔVが速度制御ループ29に入力される。速度制御ループ29は公知の手法によりサーボモータ11、12の電流指令Iをそれぞれ作成し、それら電流指令Iに基づいてサーボモータ11、12が駆動される。

【0026】

具体的には、速度制御ループ29においては、速度偏差ΔVに速度制御ループ比例ゲインが乗算されて速度制御ループ比例項が算出されると共に、速度偏差ΔVの積分値に速度制御ループ積分ゲインを乗算することにより速度制御ループ積分項が算出される。そして、これら速度制御ループ比例項と速度制御ループ積分項との和からサーボモータ11、12の電流指令Iがそれぞれ作成される。

【0027】

図3および図4は、本発明の第一の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。これら図面に示される動作プログラム100はサーボモータ制御装置10の記憶部(図示しない)に予め記憶されているものとする。また、工作機械1により被加工物Wを加工するときには、動作プログラム100がサーボモータ11、12のそれぞれに対して繰返し実施されるものとする。以下、図3および図4を参照しつつ、本発明の第一の実施形態を説明する。

【0028】

動作プログラム 100 のステップ 101 においては、速度指令作成部 21 がサーボモータ 11、12 の所定周期毎のそれぞれの速度指令 C_v を作成する。被加工物 W の加工内容のデータは加工プログラムとしてサーボモータ制御装置 10 に予め記憶されているので、サーボモータ 11、12 のそれぞれの速度指令 C_v は被加工物 W の加工内容に応じて作成される。

【0029】

次いで、ステップ 102 において、加速度指令計算部 23 が、速度指令 C_v に基づいて、サーボモータ 11、12 の加速度指令 C_a を所定周期毎にそれぞれ計算する。そして、ステップ 103 において、反転検出部 22 が速度指令 C_v に基づいて、サーボモータ 11、12 の反転を検出する。

10

【0030】

反転が検出された場合には、ステップ 104 に進み、反転検出フラグを立てると共に、反転後カウンタ N に「0」を入力する。反転後カウンタは、後述する反転補正量 A_0 の調整（ステップ 120）を反転検出時から一定時間内においてのみ行うために必要とされる。その後、ステップ 105 において、反転補正量計算部 27 が前述した手法により反転補正量 A_0 を算出する。さらに、反転直前加速度指令保持部 25 が反転検出時よりも一周期分前の加速度指令 C_a を反転直前加速度指令 C_{ab} として保存し、反転直後加速度指令保持部 26 が反転検出時よりも一周期分後の加速度指令 C_a を反転直前加速度指令 C_{aa} として保存する（ステップ 106、ステップ 107）。なお、ステップ 103 において反転が検出されなかった場合には、ステップ 107 の次のステップまで進む。

20

【0031】

次いで、図 4 のステップ 110 において反転検出フラグが 1 であるか否かが判定される。反転フラグがゼロである場合には、反転が検出されてから或る程度の時間が経過しており、反転補正量 A_1 の再計算を停止させる。

【0032】

一方、ステップ 110 において反転検出フラグが 1 である場合には、反転が検出されてから一定時間内に在るといえるので、ステップ 120 に進んで、調整部 28 によって反転補正量 A_0 を調整する。ステップ 120 においては、加速度指令 C_a 、反転直前加速度指令 C_{ab} および反転直前加速度指令 C_{aa} のうちのいずれか二つに基づいて、反転補正量 A_0 が調整部 28 により調整され、調整後反転補正量 A_1 が算出される。

30

【0033】

以下、調整後反転補正量 A_1 を算出する四通りの手法について説明する。

第一の手法においては、式（1）に示されるように、反転直後加速度指令 C_{aa} を反転直前加速度指令 C_{ab} で除算した値の平方根を反転補正量 A_0 に乗算することにより、調整後反転補正量 A_1 が算出される。

$$A_1 = A_0 \times \sqrt{(C_{aa} / C_{ab})} \quad (1)$$

【0034】

従って、反転直後加速度指令 C_{aa} が反転直前加速度指令 C_{ab} よりも大きい場合には調整後反転補正量 A_1 は調整前の反転補正量 A_0 よりも大きくなり、また、反転直後加速度指令 C_{aa} が反転直前加速度指令 C_{ab} よりも小さい場合には調整後反転補正量 A_1 は調整前の反転補正量 A_0 よりも小さくなる。従って、後者の場合には、従来では大きい反転補正量 A_0 によって加工が過大に行われて被加工物 W に傷または凹部が生じていたのを比較的簡易な手法により回避することが可能となる。

40

【0035】

また、第二の手法においては、式（2）に示されるように、反転直後加速度指令 C_{aa} を反転直前加速度指令 C_{ab} で除算した値に第一定数 K_1 （ $0 < K_1 < 1$ ）および反転補正量 A_0 を乗算することにより、調整後反転補正量 A_1 が算出される。

$$A_1 = A_0 \times (C_{aa} / C_{ab}) \times K_1 \quad (2)$$

【0036】

この場合にも、反転直後加速度指令 C_{aa} が反転直前加速度指令 C_{ab} よりも大きい場

50

合には調整後反転補正量 A_1 は調整前の反転補正量 A_0 よりも大きくなり、また、反転直後加速度指令 C_{aa} が反転直前加速度指令 C_{ab} よりも小さい場合には調整後反転補正量 A_1 は調整前の反転補正量 A_0 よりも小さくなる。従って、第二の手法においても、第一の手法と概ね同様な効果を得ることができる。

【0037】

さらに、第三の手法においては、式(3)に示されるように、最新の加速度指令 C_a を反転直前加速度指令 C_{ab} で除算した値の平方根を反転補正量 A_0 に乗算することにより、調整後反転補正量 A_1 が算出される。

$$A_1 = A_0 \times \sqrt{(C_a / C_{ab})}$$

式(3)

【0038】

例えば被加工物 W を加工する軌跡が多数の微小線分から構成される場合には、反転検出後においても加速度指令 C_a が変化し続ける。従って、反転補正量 A_0 の調整時に加速度指令 C_a を採用することにより、反転補正量 A_0 は加工軌跡に応じた最新の加速度指令 C_a に応じて調整し続けることができる。それゆえ、第三の手法は、加速度指令 C_a が高頻度で変化する場合、例えば加工の軌跡が多数の微小線分から構成される場合に特に有利である。

【0039】

さらに、第四の手法においては、式(4)に示されるように、最新の加速度指令 C_a を反転直前加速度指令 C_{ab} で除算した値に第二定数 K_2 ($0 < K_2 \leq 1$) および反転補正量 A_0 を乗算することにより、調整後反転補正量 A_1 が算出される。なお、第二定数 K_2 は第一定数 K_1 と同じ値であってもよい。

$$A_1 = A_0 \times (C_a / C_{ab}) \times K_2$$

式(4)

この場合にも、最新の加速度指令 C_a を用いているので、第三の手法と概ね同様な効果が得られるのは明らかであろう。

【0040】

前述した第一から第四の手法のいずれかにより調整後反転補正量 A_1 が算出されると、ステップ121において、反転後カウンタ N が所定の閾値 N_A よりも大きいかが判定される。反転後カウンタ N が閾値 N_A よりも大きい場合には、調整後反転補正量 A_1 を使用するのに十分な時間が経過したと判断されるので、ステップ122において、反転検出フラグをクリアする。一方、反転後カウンタ N が閾値 N_A よりも大きくない場合には、反転検出フラグはクリアされず、ステップ125において、反転後カウンタ N に「1」を追加する。

【0041】

その後、ステップ123において、速度指令 C_v に調整後反転補正量 A_1 を追加して、速度指令 C_v を補正する。次いで、新たな速度指令 C_v に基づいて、電流指令 I を作成し、その電流指令に基づいて、サーボモータ11、12が駆動される。その後、ステップ101に戻り、被加工物 W の加工が完了するまで前述した処理を繰り返す。

【0042】

このように本発明においては、反転直前加速度指令 C_{ab} および反転直後加速度指令 C_{aa} のうちの少なくとも一方を用いて調整後反転補正量 A_1 を算出している。従って、サーボモータの反転前後における加速度が変化するような複雑な形状の軌跡に沿って被加工物を加工する場合であっても、サーボモータの反転時における加速度の変化に応じた最適な調整後反転補正量 A_1 を得ることができる。それゆえ、調整後反転補正量 A_1 が加算された新たな速度指令 C_v に基づいてサーボモータ11、12を駆動させれば、反転時におけるバックラッシュ等の影響を小さくできる。その結果、本発明においては、被加工物 W の加工箇所に凸部および凹部または傷が生じることなしに、被加工物 W を円滑に加工することが可能となる。

【0043】

図5は、本発明の第二の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。第二の実施形態におけるステップ101からステップ107までは前述し

10

20

30

40

50

たのと概ね同様であるので、それらの図示および説明を省略する。

【0044】

速度指令作成部21による速度指令Cvの実際の作成が図3のステップ101における処理よりも早く且つ速度指令Cvが記憶部(図示しない)に順次記憶される場合には、反転検出時に反転直前加速度指令Cabおよび反転直後加速度指令Caaの両方を取得することができる。しかしながら、速度指令Cvの実際の作成が図3のステップ101のときに行われている場合には、反転検出の直後においては反転直後加速度指令Caaを取得できない事態が生ずる。

【0045】

そのような場合には第二の実施形態のステップ108において、現在の処理が、反転が検出されてから所定数n回目の処理であるか否かが判定される。具体的には、第二の実施形態における「START」から「END」までの一連の処理が、反転が検出されてから何回実施されたかが検出される。

10

【0046】

そして、その処理回数が所定数nである場合には、その時点における速度指令Cvに基づいて反転直後加速度指令Caaが作成され、反転直後加速度指令保持部26に保持される(ステップ109)。所定数nは、反転直後加速度指令Caaを得るのに使用される速度指令Cvが作成されるのに十分な時間が経過したと判断できる処理回数である。所定数nはサーボモータ制御装置10の処理能力などに応じて予め定められている。なお、ステップ107において反転直後加速度指令Caaが既に保持されている場合には、ステップ109において、反転直後加速度指令Caaは新たな反転直後加速度指令Caaに更新される。

20

【0047】

一方、ステップ108において、現在の処理が、反転が検出されてから所定数n回目の処理でない場合には、ステップ107の反転直後加速度指令Caaがそのまま採用される。残りのステップ110~ステップ126は第一の実施形態のと同様であるので、説明を省略する。第二の実施形態においても第一の実施形態と同様な効果が得られ、また、第二の実施形態においては、速度指令Cvの実際の作成がそれほど早くない場合に有利であるのが分かるであろう。

【0048】

図6は、本発明の第三の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。第三の実施形態におけるステップ101からステップ110までは第一の実施形態と概ね同様であるので、それらの図示および説明を省略する。

30

【0049】

反転補正量A0が小さくなるように調整された場合と、反転補正量A0が大きくなるように調整された場合とを比較すると、反転補正量A0が大きくなるように調整された場合には、被加工物Wの表面に傷または凹部が生じる危険性がある。図6に示される第三の実施形態においては、ステップ111において、反転直前加速度指令Cabに第三定数K3($0 < K3 < 1$)を乗算した値と加速度指令Caとを比較する。

【0050】

第三定数K3は例えば0.9から1の間であり、理想的には第三定数K3は1である。ただし、加速度指令Caおよび反転直前加速度指令Cabとそれらの理想値との間の誤差が比較的大きい場合には、第三定数K3は0.75程度であるのが好ましい。これにより、誤差の影響が排除された上で、ステップ111の判定を行うことができる。

40

【0051】

ステップ111において加速度指令Caが、反転直前加速度指令Cabに第三定数K3を乗算した値以下である場合には、ステップ120に進んで、前述した手法により反転補正量A0を調整する。一方、加速度指令Caが反転直前加速度指令Cabに第三定数K3を乗算した値以下でない場合には、反転補正量A0を調整することなしに、ステップ121に進む。なお、残りのステップについては、第一の実施形態のステップ120~ステッ

50

ブ 1 2 6 と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 2 】

つまり、第三の実施形態においては、加速度指令 C_a が反転直前加速度指令 C_{ab} より小さい場合にのみ、反転補正量 A_0 を調整している。これにより、従来の特性をできる限り保ちつつ、加速度指令 C_a が反転直前加速度指令 C_{ab} より小さい場合にのみ、反転補正量 A_0 を小さくし、被加工物 W が過剰に加工されることを防ぎ、被加工物 W の表面に傷または凹部が生ずるのを避けることが可能となる。

【 0 0 5 3 】

このように第三の実施形態においても第一の実施形態と同様な効果が得られ、また、第三の実施形態においては、加速度指令 C_a が反転直前加速度指令 C_{ab} より小さい場合であつても、被加工物 W の表面に傷または凹部が生ずるのを避けられることが分かるであろう。

10

【 0 0 5 4 】

図 7 は、本発明の第四の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示すフローチャートである。第四の実施形態におけるステップ 1 0 1 からステップ 1 1 0 までは第一の実施形態と概ね同様であるので、それらの図示および説明を省略する。

【 0 0 5 5 】

加速度指令 C_a が反転直後加速度指令 C_{aa} よりも小さくなる場合には、サーボモータ 1 1、1 2 の出力軸が減速状態から反転して加速状態となり再び減速状態になる動作を行っている判断できうる。このような状況は、例えば加工の軌跡が多数の微小線分から構成されていて、反転が連続して検出される場合に起こりやすい。そして、このような場合には、反転を検出した直後にサーボモータ 1 1、1 2 が再び反転する可能性が高く、従って、反転補正量 A_0 を調整しないほうが却って円滑な加工を行えることになる。

20

【 0 0 5 6 】

図 7 に示される第四の実施形態のステップ 1 2 0 においては、反転直後加速度指令 C_{aa} に第四定数 K_4 ($0 < K_4 < 1$) を乗算した値と加速度指令 C_a とを比較する。そして、加速度指令 C_a が反転直後加速度指令 C_{aa} に第四定数 K_4 を乗算した値よりも小さくない場合には、ステップ 1 2 0 に進んで、反転補正量 A_0 を調整する。

【 0 0 5 7 】

一方、加速度指令 C_a が反転直後加速度指令 C_{aa} に第四定数 K_4 を乗算した値よりも小さい場合には、ステップ 1 1 3 において、反転補正量 A_0 にゼロを乗算した値を調整後反転補正量 A_1 として採用する。つまり、第四の実施形態においては、加速度指令 C_a が反転直後加速度指令 C_{aa} よりも大幅に小さい場合には、調整後反転補正量 A_1 をゼロにし、結果的に反転補正量 A_0 を調整しなかったようにしている。従って、被加工物 W に傷または凹部が生じるような加工が行われるのを回避できる。

30

【 0 0 5 8 】

なお、第四定数 K_4 は、加速度指令 C_a が反転直後加速度指令 C_{aa} よりもわずかに小さい場合において反転補正量 A_0 にゼロが乗算されるのを防止する役目を果たす。従って、第四定数 K_4 は、比較的小さい値、例えば 0.2 から 0.5 程度であるのが好ましい。

【 0 0 5 9 】

40

第四の実施形態においても第一の実施形態と同様な効果が得られ、また、第四の実施形態においては、加工の軌跡が多数の微小線分から構成されるときに特に有利であるのが分かるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 0 】

【 図 1 】 本発明のサーボモータ制御装置を含む工作機械の略図である。

【 図 2 】 本発明のサーボモータ制御装置の一部を示すブロック図である。

【 図 3 】 本発明の第一の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作の一部分を示すフローチャートである。

【 図 4 】 本発明の第一の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作の残りの部分を示

50

すフローチャートである。

【図 5】本発明の第二の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示す図 4 と同様なフローチャートである。

【図 6】本発明の第三の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示す図 4 と同様なフローチャートである。

【図 7】本発明の第四の実施形態に基づくサーボモータ制御装置の動作を示す図 4 と同様なフローチャートである。

【図 8】被加工物を円弧状の軌跡に沿って切削加工する場合の制御加工誤差を示す図である。

【符号の説明】

10

【 0 0 6 1 】

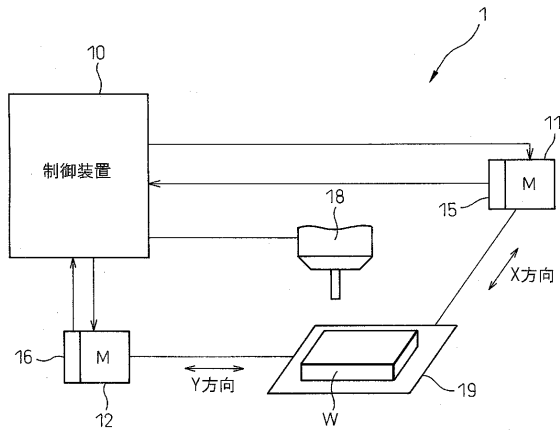
- 1 工作機械
- 1 0 サーボモータ制御装置
- 1 1 第一サーボモータ
- 1 2 第二サーボモータ
- 1 5、1 6 エンコーダ
- 1 9 作業台
- 1 8 加工ツール
- 2 1 速度指令作成部
- 2 2 反転検出部
- 2 3 加速度指令計算部
- 2 5 反転直前加速度指令保持部
- 2 6 反転直後加速度指令保持部
- 2 7 反転補正量計算部
- 2 8 調整部
- 2 9 速度制御ループ
- C a 加速度指令
- C a b 反転直前加速度指令
- C a a 反転直後加速度指令
- A 0 反転補正量
- A 1 調整後反転補正量

20

30

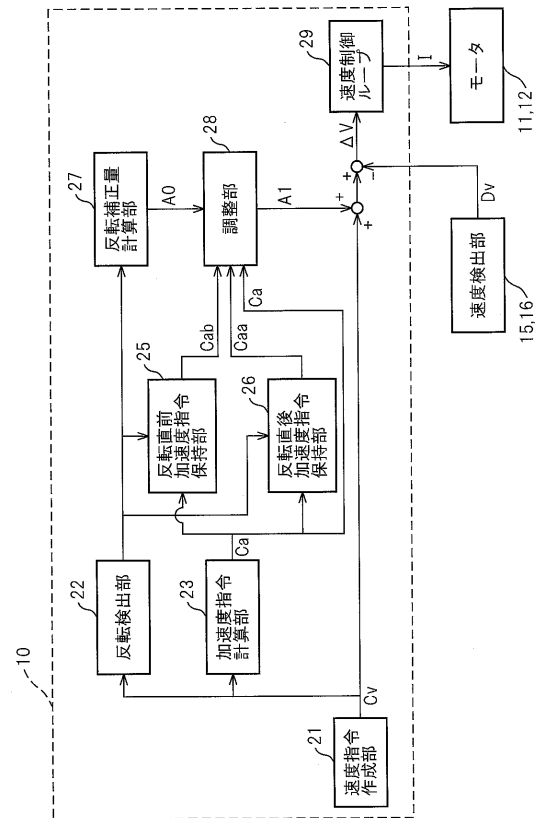
【図 1】

図1



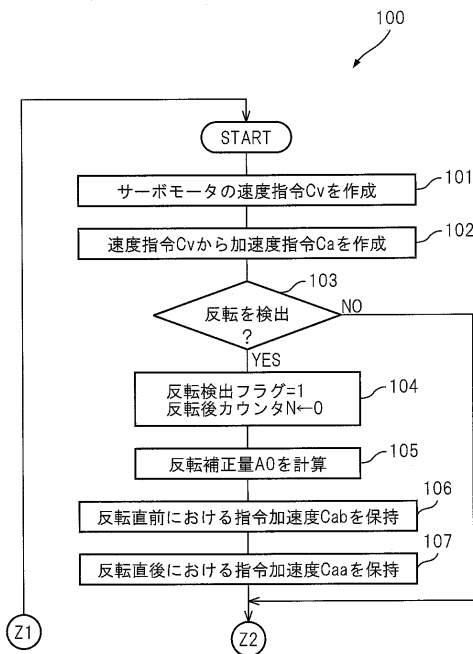
【図 2】

図2



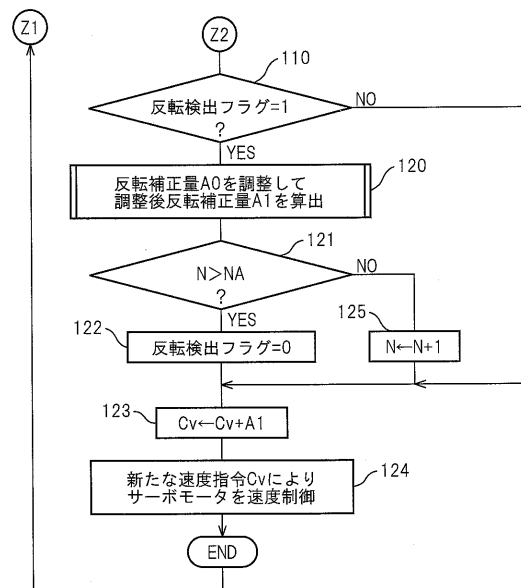
【図 3】

図3



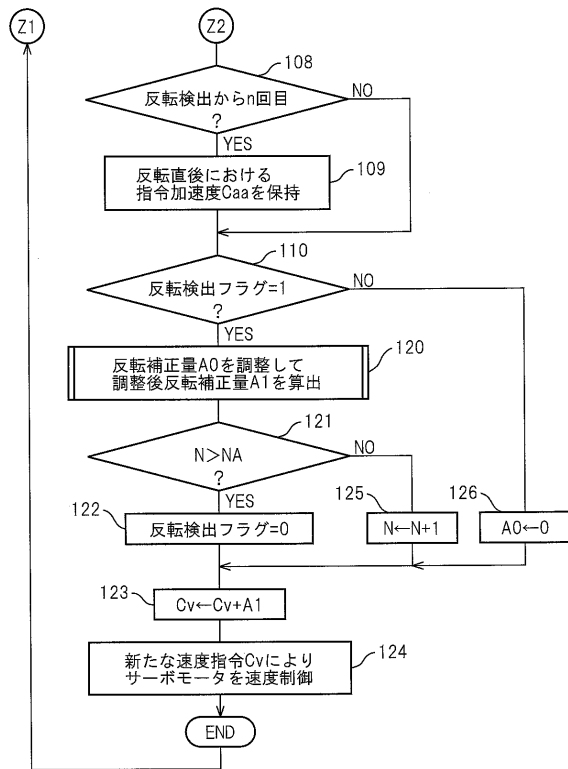
【図 4】

図4



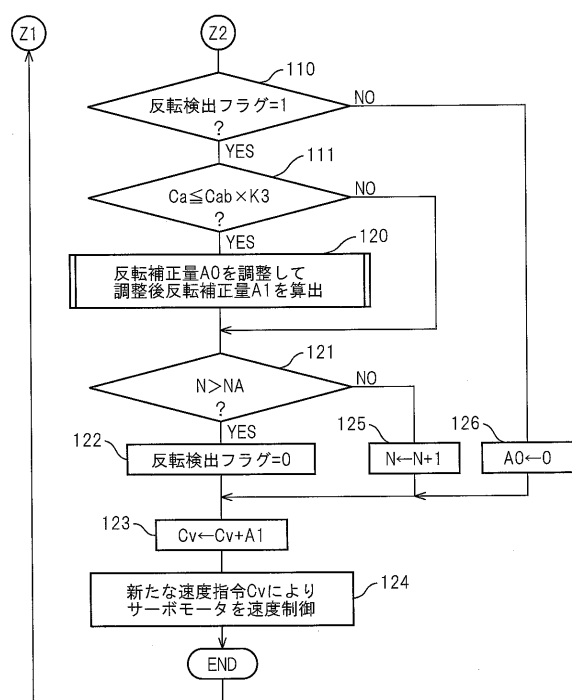
【図5】

図5



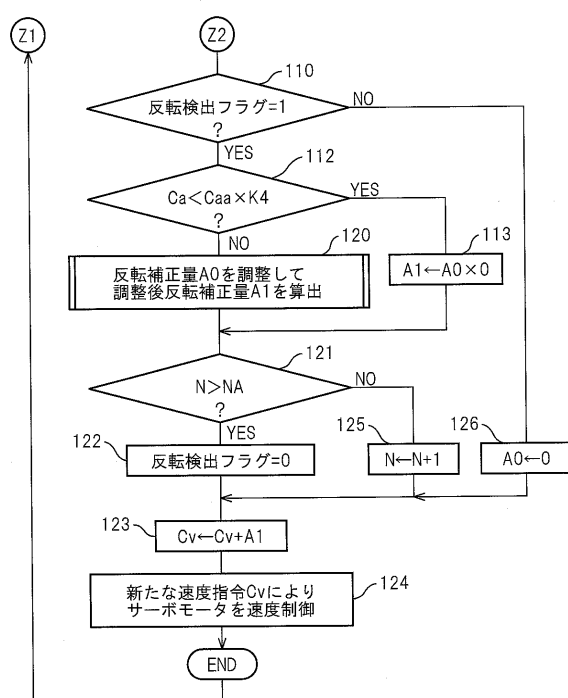
【図6】

図6



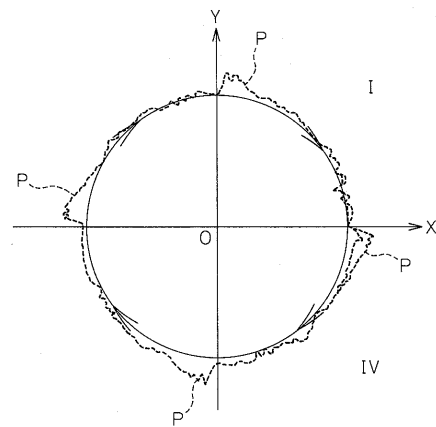
【図7】

図7



【図8】

図8



フロントページの続き

(74)代理人 100147599

弁理士 丹羽 匡孝

(72)発明者 岩下 平輔

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 置田 肇

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 河村 宏之

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

(72)発明者 猪飼 聡史

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内

F ターム(参考) 5H501 AA30 BB20 DD01 EE01 FF02 GG03 LL01 LL60