

(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2006-198742  
(P2006-198742A)

(43) 公開日 平成18年8月3日(2006.8.3)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B23Q 15/12 (2006.01)</b>	B23Q 15/12 A	3C001
<b>B23B 47/18 (2006.01)</b>	B23B 47/18 B	3C036
<b>B23Q 5/22 (2006.01)</b>	B23Q 5/22 530J	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2005-14530 (P2005-14530)	(71) 出願人	000233332 日立ピアメカニクス株式会社 神奈川県海老名市上今泉2100
(22) 出願日	平成17年1月21日 (2005.1.21)	(74) 代理人	100078134 弁理士 武 顕次郎
		(72) 発明者	中島 吉男 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所機械研究所内
		(72) 発明者	坂本 淳 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社 日立製作所機械研究所内
		(72) 発明者	毒島 明 神奈川県海老名市上今泉2100番地 日 立ピアメカニクス株式会社内

最終頁に続く

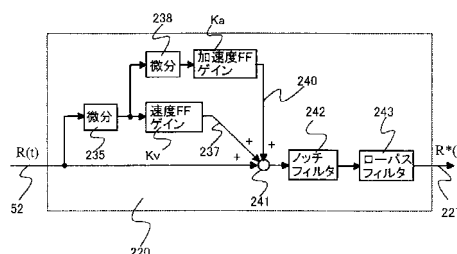
(54) 【発明の名称】 穴明け加工機

(57) 【要約】

【課題】加工速度を向上させることができ、かつ加工精度に優れる穴明け加工機を提供すること。

【解決手段】振動抑制補償器220を設け、動作制御コントローラ50から指令されるZテーブル207に対する位置指令信号52に、位置指令信号52を微分したZテーブル207の速度指令信号237と、速度指令信号237を微分したZテーブル207の加速度信号240とを加え、得られた信号からノッチフィルタ242により予め定める周波数1を除去して、Zテーブル207の位置指令信号227とする。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ワークを支持し、ベッド上を水平方向に移動自在の X テーブルと、前記ベッドの上面に固定されたフレーム上に載置され、前記 X テーブルの移動方向と直交する水平方向に移動自在の Y テーブルと、この Y テーブル上に載置され、工具を回転自在に支持して垂直方向に移動自在の Z テーブルと、を備え、前記各テーブルのそれぞれに位置指令信号を与えて前記各テーブルを位置決めし、前記工具により前記ワークに穴を加工する穴明け加工機において、

前記 Z テーブルに対する位置指令信号に前記 Z テーブルの速度指令信号と前記 Z テーブルの加速度信号とを加え、得られた信号から予め定める周波数を除去する周波数除去手段を介して新たな Z テーブルの位置指令信号とする振動抑制補償器を備えていることを特徴とする穴明け加工機。

10

## 【請求項 2】

前記予め定める周波数は、前記 Z テーブルの駆動力が前記 X テーブルを最も移動させる周波数であることを特徴とする請求項 1 に記載の穴明け加工機。

## 【請求項 3】

前記フレーム、前記ベッド又は前記 X テーブルのいずれかの X 方向の加速度を検出する手段をさらに備え、前記検出手段によって検出された検出信号に対して前記 X テーブルの位相補償を行った後、前記位相補償を行った信号を X テーブルを駆動する駆動部へフィードバックすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の穴明け加工機。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、水平方向に移動自在の水平移動部と垂直方向に移動自在の移動部とを備え、ワークと工具とを相対的に移動させてワークに穴を加工する穴明け加工機に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

例えば、ドリルを用いてプリント基板に穴明け加工をする穴明け加工機は、ベッド上を水平方向に移動自在の X テーブルと、ベッドの上面に固定された門型のフレーム上に載置されて X テーブルの移動方向と直交する水平方向に移動自在の Y テーブルと、この Y テーブル上に載置されて垂直方向に移動自在の Z テーブルと、を備えており、ワークを X テーブルに、ドリル等を回転させるスピンドルを Z テーブル上に載置し、ワークとドリルとを 3 軸方向に相対的に移動させてワークに穴を加工する。

30

## 【0003】

次に、穴明け動作の一例を具体的に説明する。

## 【0004】

図 8 は、縦軸を速度指令値、横軸を時間として、X テーブルと Z テーブルの速度指令値の時刻歴の一例を示す図であり、上段は X テーブルの場合、下段は Z テーブルの場合である。なお、Y テーブルも X テーブルと同じタイミングで動作する。

## 【0005】

X テーブルを時刻  $t_0$  から時刻  $t_1$  までは一定トルクで加速（速度は直線的に増加）し、時刻  $t_1$  から時刻  $t_2$  までは一定トルクで減速（速度は直線的に減少）する。そして、時刻  $t_2$  において X テーブルは目的位置に位置決めされる。

40

## 【0006】

X テーブルの位置決めが完了した時刻  $t_2$  から時刻  $t_3$  までは、Z テーブルを一定トルクで加速してドリルを下降させ、時刻  $t_3$  から時刻  $t_5$  までは加速度を零にしてドリルを一定速度で下降させる。時刻  $t_3$  から時刻  $t_5$  までのいずれかの時刻、例えば時刻  $t_4$  でドリルの先端がプリント基板に到達し、穴明けが開始され、時刻  $t_5$  に達するまでに穴明けが終了する。時刻  $t_5$  から時刻  $t_6$  までは Z テーブルを一定トルクで上昇方向に加速し、時刻  $t_6$  から時刻  $t_7$  までは一定トルクで減速する。そして、時刻  $t_7$  において Z テー

50

ブルは目的位置（この場合は待機位置）に位置決めされる。

【0007】

上記時刻  $t_0$  から時刻  $t_7$  までの動作で一個の穴明けが完了する。そして、時刻  $t_7$  から次の穴明け位置への X テーブルの移動が開始され、時刻  $t_8$  で次の穴明けが完了する。

【0008】

以上説明したように、X テーブルと Z テーブルは急激な加速・減速パターンの移動と停止を繰り返しながら、穴明け作業を行う。

【0009】

一般に、X テーブルと Z テーブルの移動時間を比較すると、Z テーブルの移動時間の方が長いので、Z テーブルの移動時間を短くすると、加工能率を効果的に向上させることができる。

10

【0010】

ドリル下降時の速度は、ドリル径と良好な加工品質を得るためのスピンドル回転数により決定されるので、Z テーブルの移動時間を短くするには、ドリル上昇時の加速度を大きくする必要がある。

【0011】

しかし、Z テーブルを大きな加速度で移動させると、ドリル穴明け加工機には Z テーブルおよび Z テーブルに載置されたスピンドル等の質量に加速度を掛けた大きさの加振力が垂直方向に発生する。この加振力の作用点は穴明け加工機の重心から外れているため、重心と作用点との距離と加振力で決まるモーメント力により、穴明け加工機には床の剛性と穴明け加工機の回転慣性で決まる固有振動数の回転振動（ロッキング振動）が発生する。そして、このロッキング振動によりベッドが振動するため、X テーブルの位置決め制御性能が悪化して加工精度が低下する。

20

【0012】

X テーブルの位置決め制御性能の悪化を防止する手段としては、ロッキング振動の抑制あるいは Z テーブルの移動の影響が小さい X テーブルの位置決め制御系（以下、「X 軸位置決め制御系」という。）が考えられる。

【0013】

例えば、ロッキング振動を抑制する技術として、可動物をテーブルの移動方向と全く反対の方向に移動させ、テーブルの移動による装置への加振力を低減する技術が提案されている（特許文献 1）。

30

【0014】

また、XY ステージが XY 軸方向に移動する時の加速度により Z 軸方向（ボンディングヘッド部）に加わる反力を、回転軸の中心とボンディングアームの重心との距離、ボンディングアームの質量および XY ステージが XY 軸方向に移動する時の加速度に基づいて計算し、得られた反力をフィードフォワード量としてボンディングヘッド駆動系に与えることによりボンディングヘッド部に加わる反力を打ち消すようにしたボンディングヘッド部の位置決め制御系を備えるワイヤボンディング装置が提案されている（特許文献 2）。

【特許文献 1】特開平 5 - 234865 号公報

【特許文献 2】特開 2002 - 134549 号公報

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

穴明け加工機には通常 5 ~ 6 個の Z テーブルが設けられている。このため、特許文献 1 の技術を採用して可動物を Z テーブルと同数設けると、穴明け加工機が高価になると共に装置全体が大きくなり、実用的でない。

【0016】

また、装置構成が比較的簡単な場合には、特許文献 2 の技術を採用して Z テーブルの移動による位置決め精度の低下を図ることは可能である。しかし、穴明け加工機のように装置構成が複雑な場合にはフィードフォワード量の演算誤差が大きくなるため、位置決め精

50

度を向上させることはできない。

【0017】

本発明の目的は、加工速度を向上させることができ、かつ加工精度に優れる穴明け加工機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記の目的を達成するために、本発明は、ワークを支持し、ベッド上を水平方向に移動自在のXテーブルと、前記ベッドの上面に固定されたフレーム上に載置され、前記Xテーブルの移動方向と直交する水平方向に移動自在のYテーブルと、このYテーブル上に載置され、工具を回転自在に支持して垂直方向に移動自在のZテーブルと、を備え、前記各テーブルのそれぞれに位置指令信号を与えて前記各テーブルを位置決めし、前記工具により前記ワークに穴を加工する穴明け加工機において、前記Zテーブルに対する位置指令信号に前記Zテーブルの速度指令信号と前記Zテーブルの加速度信号とを加え、得られた信号から予め定める周波数を除去する周波数除去手段を介して新たなZテーブルの位置指令信号とする振動抑制補償器を設けたことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0019】

Zテーブルの移動がXテーブルの位置決めに及ぼす影響を小さくできるので、Zテーブルを高速で移動することが可能になり、加工速度および加工精度を向上させることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の図示の実施の形態に基づいて説明する。

【0021】

図1は、本発明に係る穴明け加工機の側面図である。

【0022】

穴明け加工機2のベッド6は、レベリングボルト5とブロック部材4とを介して床1に支持されている。ベッド6の上面には、リニアガイド15のレール9が固定されている。

【0023】

Xテーブル7は、リニアガイド15のスライドユニット8に固定され、図の左右方向(X方向)に移動自在である。Xテーブル7に保持された図示を省略するボールナットは、ボールネジ10に螺合している。ボールネジ10は、X軸用モータ11により駆動される。

30

【0024】

X軸用モータ11は、Xテーブル駆動用コントローラ12から出力される制御信号に基づいて、Xモータ用ドライバ13により駆動される。

【0025】

Xテーブル駆動用コントローラ12は、動作制御コントローラ50から出力される位置指令信号51と、Xテーブル位置検出器16で検出されたXテーブルの位置信号と、フレーム17に取り付けられた加速度検出器18から出力されるフレーム17のX方向(紙面左右方向)の加速度と、X軸用モータ回転位置検出器19から出力されるX軸用モータ回転位置の検出信号と、に基づいてXテーブル7を位置決めする、いわゆる位置決め制御系を構成している。なお、動作制御コントローラ50は、加速度検出器18から出力される出力信号の採用可否を制御するため、後述するスイッチを開閉するスイッチ開閉指令信号53をXテーブル駆動用コントローラ12に出力する。

40

【0026】

ベッド6の上面に固定されたフレーム17には、リニアガイド115のレール109が固定されている。

【0027】

Yテーブル107は、リニアガイド115のスライドユニット108に固定され、紙面

50

に垂直な Y 方向に移動自在である。Y テーブル 107 に保持された図示を省略するボールナットは、ボールネジ 110 に螺合している。ボールネジ 110 は、図示を省略した Y 軸用モータにより駆動される。また、図示を省略する Y テーブル駆動用コントローラ等により、Y テーブル 107 も X テーブル 7 と同様に位置決め制御系を構成している。

【0028】

そして、X テーブル 7 と Y テーブル 107 をそれぞれ移動させることにより、X テーブル上のプリント基板 3 を水平方向任意の位置に位置決めすることができる。

【0029】

Y テーブル 107 には、リニアガイド 215 のレール 209 が固定されている。Z テーブル 207 は、リニアガイド 215 のスライドユニット 208 に固定され、図の上下方向（Z 方向）に移動自在である。Z テーブル 207 に保持された図示を省略するボールナットは、ボールネジ 210 に螺合している。ボールネジ 210 は、Z 軸用モータ 211 により駆動される。

10

【0030】

Z 軸用モータ 211 は、Z テーブル駆動用コントローラ 212 から出力される制御信号に基づいて Z モータ用ドライバ 213 により駆動される。

【0031】

Z テーブル駆動用コントローラ 212 は、動作制御コントローラ 50 から出力される位置指令信号 52 と Z 軸モータ回転位置検出器 219 出力される Z 軸モータ回転位置検出信号に基づいて、Z テーブル 207 を位置決めする。

20

【0032】

Z テーブル 207 上にはスピンドル 250 が載置され、スピンドル 250 の先端にはドリル 251 が回転自在に保持されている。

【0033】

動作制御コントローラ 50 は、X、Y、Z の各テーブルおよびスピンドルの動作シーケンスを制御する。

【0034】

なお、Y テーブル 107 上の Y 方向には複数（2～6 個）の Z テーブルが載置されている場合がある。

【0035】

30

次に、位置決め制御系について説明する。

【0036】

図 2 は、本発明に係る位置決め制御系のブロック線図である。

【0037】

まず、X 軸の位置決め制御系について説明する。

【0038】

加算器 20 は、動作制御コントローラ 50 から出力された X 軸位置指令信号 51 と X テーブル位置検出器 16 から出力された位置信号との偏差（位置偏差）を演算し、得られた偏差を X 軸位置制御部 21 に出力する。

【0039】

40

X 軸位置制御部 21 は、入力された偏差に基づき P I D 制御等の制御演算を行い速度信号として加算器 22 に出力する。

【0040】

X 軸微分器 25 は、X 軸用モータ回転位置検出器 19 から出力される検出値を微分演算して X 軸モータ回転速度を求め、ボールネジ 10 のリードで決まる係数を図示しない係数器により係数倍して X テーブル 7 の速度に変換し、速度信号として加算器 22 に出力する。

【0041】

加算器 22 は、X 軸位置制御部 21 から出力される速度信号と X 軸微分器 25 から出力される速度信号との偏差（速度偏差）を演算し、得られた偏差を X 軸速度制御部 23 に出

50

力する。

【0042】

X軸速度制御部23は、入力された偏差に基づきPID制御等の制御演算を行い、X軸トルク指令信号70として加算器24に出力する。

【0043】

加算器24は、X軸トルク指令信号70と加速度フィードバック補償器30から出力される信号29（トルク信号）との差を演算し、その値を新たなX軸トルク指令信号としてXモータ用ドライバ13に出力する。Xモータ用ドライバ13は、加算器24から出力されるX軸トルク指令信号に基づいてトルク制御を行いX軸用モータ11を駆動してXテーブル7の位置決めを行う。なお、加速度フィードバック補償器30の詳細については後述する。

10

【0044】

次に、Z軸の位置決め制御系について説明する。

【0045】

Z軸用モータ回転位置検出器219から出力された検出値は係数器226により係数倍され、位置信号として加算器221とZ軸微分器225に入力される。

【0046】

Z軸微分器225は、係数器226から出力された位置信号を微分演算してZ軸モータ回転速度を求め、ボールネジ210のリードで決まる係数を図示しない係数器により係数倍してZテーブル207の速度に変換し、速度信号として加算器223に出力する。

20

【0047】

振動抑制補償器220は、動作制御コントローラ50から出力されたZ軸位置指令信号52を新たなZ軸位置指令信号227として加算器220に出力する。なお、振動抑制補償器220の詳細については後述する。

【0048】

加算器221は、Z軸位置指令信号227と係数器226から出力された位置信号との偏差（位置偏差）を演算し、その結果をZ軸位置制御部222に出力する。

【0049】

Z軸位置制御部222は、入力された偏差に基づきPID制御等の制御演算を行い速度信号として加算器223に出力する。

30

【0050】

加算器223は、Z軸位置制御部222から出力される速度信号とZ軸微分器225から出力される速度信号との偏差（速度偏差）を演算し、得られた偏差をZ軸速度制御部224に出力する。

【0051】

Z軸速度制御部224は、入力された偏差に基づきPID制御等の制御演算を行い、Z軸トルク指令信号270としてZモータ用ドライバ213へ出力する。Zモータ用ドライバ213は、Z軸トルク指令信号270に基づいてトルク制御を行いZ軸用モータ211を駆動してZテーブル207の位置決めを行う。

【0052】

40

次に、Zテーブルの移動がX軸位置決め制御系に与える影響を低減するための装置である補償器振動抑制補償器220について順を追って説明する。

【0053】

初めに、影響の測定方法と測定結果の一例について説明する。

【0054】

図3はZテーブルの移動がX軸位置決め制御系に与える影響を測定するための測定方法を示す図である。また、図4は測定結果の一例を、横軸を周波数、縦軸をゲインGとして示す図である。なお、測定時には加速度フィードバック補償器30を動作させないので、図3では図2に記載されている加算器24および加速度フィードバック補償器30の記載が省略されている。

50

## 【 0 0 5 5 】

ここでは、Xテーブル7を停止（制止）させた状態で測定をするので、測定する間、位置指令発生器230はX軸位置決め制御系の加算器20にXテーブル7の位置指令値として0を出力する。

## 【 0 0 5 6 】

この状態で、すなわちXテーブル7をある位置から移動しないように制御した状態で、周波数分析器231はZ軸位置決め制御系の加算器221にZテーブル207の位置として正弦波の位置指令値を入力する。そして、正弦波の周波数を掃引して、Z軸速度制御部224から出力されるZ軸トルク指令信号TZ（図2におけるZ軸トルク指令信号270に対応する）と、X軸トルク指令信号TX（図2におけるX軸トルク指令信号70に対応する）と、を取り込み、周波数応答特性 $G(s) = TX(s) / TZ(s)$ を演算する。

10

## 【 0 0 5 7 】

図4に示されているように、Zテーブル207が移動する際、X軸位置決め制御系へ最も影響する、すなわちXテーブル7を最も移動させる、周波数は1である。

## 【 0 0 5 8 】

したがって、Z軸位置指令信号から周波数1を除いた位置指令信号でZ軸を駆動することにより、Zテーブル207が移動する時にX軸位置決め制御系へ与える影響を低減させることができる。

## 【 0 0 5 9 】

ところで、ある特定の周波数を取り除く手段として、ノッチフィルタが知られている。そこで、振動抑制補償器220として式1の特性を持つノッチフィルタを採用し、Z軸位置指令信号52と新たなZ軸位置指令信号227との関係をシミュレーションした。なお、式1において、 $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$ は減衰係数であり、 $\zeta_1 < \zeta_2$ である。

20

## 【 数 1 】

$$G_N(s) = \frac{s^2 + 2\zeta_1\omega_1s + \omega_1^2}{s^2 + 2\zeta_2\omega_1s + \omega_1^2} \dots \dots \text{(式1)}$$

## 【 0 0 6 0 】

図5は、シミュレーション結果を示す図であり、Z軸、すなわちドリル251を3mm下降させた場合の時刻歴である。

30

## 【 0 0 6 1 】

同図において、上段の図はZ軸の移動動作の全体を表す図であり、下段の図は上段の図における太線部を拡大して示す図である。図中、実線はZ軸位置指令信号52を、点線は新たなZ軸位置指令信号227を、それぞれ表している。

## 【 0 0 6 2 】

同図から明らかなように、新たなZ軸位置指令信号227は、Z軸位置指令信号52に対して遅れが大きく、かつ、目標位置の-3mmに到達しない（約85μm不足）。しかも、新たなZ軸位置指令信号227を目標値としてZ軸位置決め制御系が動作するため、位置決め制御系の遅れも加わり、ドリルの実際の未達量は0.2～0.3mm程度になる。したがって、加工穴が未貫通となる不具合が生じる可能性が大きい。

40

## 【 0 0 6 3 】

この新たなZ軸位置指令信号227が目標位置（-3mm）に達しないのは、ノッチフィルタによる位相遅れが原因である。

## 【 0 0 6 4 】

図6は、本発明に係る振動抑制補償器220のブロック線図である。

## 【 0 0 6 5 】

振動抑制補償器220は、Z軸位置指令信号52を微分して速度信号を出力する微分器235と、微分器235から出力される速度信号を微分して加速度信号を出力する微分器

50

238と、微分器235から出力される速度信号に速度フィードフォワードゲインKvを乗算する係数器Kvと、微分器238から出力される加速度信号に加速度フィードフォワードゲインKaを乗算する係数器Kaと、Z軸位置指令信号52と係数器Kvの出力信号および係数器Kaの出力信号を加算する加算器241と、中心周波数が1のノッチフィルタ242およびローパスフィルタ243とから構成されている。

【0066】

そして、振動抑制補償器220に入力されるZ軸位置指令信号52は、加算器241により係数器Kvから出力される速度フィードフォワード信号237と係数器Kaから出力される加速度フィードフォワード信号240が加算され、ノッチフィルタ242およびローパスフィルタ243を介して新たなZ軸位置指令227として出力される。

10

【0067】

ここで、Z軸位置指令信号52をR(t)、また、新たなZ軸位置指令227をR\*(t)とし、ローパスフィルタ243の特性を無視すると、R\*(t)は式2で表わされる。

【0068】

そして、加速度フィードフォワードゲインKaを式3で、また、速度フィードフォワードゲインKvを式4で表すと、式2は式5で表される。

【数2】

$$R^*(s) = \frac{(kas^2 + kvs + 1)(s^2 + 2\zeta_1\omega_1s + \omega_1^2)}{s^2 + 2\zeta_2\omega_1s + \omega_1^2} R(s) \quad (20)$$

$$= \frac{ka(s^2 + \frac{kv}{ka}s + \frac{1}{ka})(s^2 + 2\zeta_1\omega_1s + \omega_1^2)}{s^2 + 2\zeta_2\omega_1s + \omega_1^2} R(s) \dots (式2)$$

$$ka = \frac{1}{\omega_1^2} \dots (式3)$$

30

$$kv = \frac{2\zeta_2}{\omega_1} \dots (式4)$$

$$R^*(s) = \frac{s^2 + 2\zeta_1\omega_1s + \omega_1^2}{\omega_1^2} R(s) \dots (式5)$$

40

【0069】

すなわち、ノッチフィルタ242の中心周波数1と分母の減衰係数2に対応して、加速度フィードフォワードゲインKa及び速度フィードフォワードゲインKvを式3, 4で定めることにより、ノッチフィルタ242の位相遅れにより生じる不具合を防止することができる。なお、ローパスフィルタ243は滑らかなZ軸位置指令信号を得るためのフィルタであり、その折点周波数はノッチフィルタ242の設定周波数等を考慮して決定される。

【0070】

図7は、本発明に係る振動抑制補償器を適用した場合のシミュレーション結果を示す図

50

であり、Z軸の移動条件は図5の場合と同じである。

【0071】

同図に示されているように、新たなZ軸位置指令信号227は、Z軸位置指令信号52に対する遅れが小さく、かつ、目標位置の-3mmに到達している。

【0072】

なお、図7のシミュレーションにおいては、下降時の信号の遅れ及び未達量の防止を目的として、式2,3で示される加速度フィードフォワードゲイン $K_a$ 及び速度フィードフォワードゲイン $K_v$ の値を若干変更して設定した。

【0073】

以上説明したように、Zテーブル207の移動がX軸位置決め制御系に対して影響を及ぼす周波数を測定し、その周波数を除去するノッチフィルタの前段に速度及び加速度フィードフォワード信号を加算する振動抑制補償器220を設けることにより、時間遅れがなく、Z軸を目標位置に確実に位置決めすることができる。

10

【0074】

ところで、図4の周波数応答特性によれば、Zテーブル207の移動がX軸位置決め制御系に影響を及ぼす周波数には1と2の2つの周波数がある。周波数1については上述した振動抑制補償器220によりその影響を低減できるが、周波数2の影響を低減することはできない。そこで、周波数2に関しては、フレーム17の加速度フィードバック補償でその影響を低減する。

【0075】

20

次に、図2における加速度フィードバック補償器30について説明する。

【0076】

加速度フィードバック補償器30は、加速度検出器18で検出されたフレーム17のX軸方向の加速度信号を、X軸の振動を抑制するのに適切な位相にするための位相補償器26と、補償ゲインの設定器である係数器27およびスイッチ28を介して、信号29として加算器24に出力する。

【0077】

ここで、Xテーブル7の移動中に信号29を加算器24に入力すると、Xテーブル7の応答に影響を与える場合がある。そこで、動作制御コントローラ50からのスイッチ開閉信号53により、Xテーブル7が停止(制止)している場合にのみスイッチ28の接点を閉じて、信号29を加算器24に入力する。

30

【0078】

この結果、Zテーブル207の移動により制止状態にあるXテーブル7に加わる力はキャンセルされるので、Xテーブル7が移動することはない。

【0079】

なお、ここでは加速度検出器18をフレーム17に配置したが、加速度検出器18をXテーブル7またはベッド6に配置してXテーブル7またはベッド6のX方向の加速度を検出し、検出した加速度を加速度フィードバック補償器30に入力するようにしてもよい。

【0080】

以上述べたように、本発明に係るドリル穴明け機は、Zテーブル207の移動がX軸位置決め制御系へ与える影響を振動抑制補償器により低減すると共に、発生した振動を加速度フィードバックにより抑制するので、X軸の位置決め性能が向上し、良好な加工精度を得ることができる。また、Zテーブル207の移動を高速化できるので、加工速度を向上させることができる。

40

【0081】

なお、Zテーブル207が複数設けられている場合には、例えば測定時に、総てのZテーブル207を同時に移動させるようにすればよい。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明に係る穴明け加工機の側面図である。

50

【図2】本発明に係る位置決め制御系のブロック線図である。

【図3】測定方法の一例を示す図である。

【図4】測定結果の一例を示す図である。

【図5】シミュレーション結果を示す図である。

【図6】本発明に係る振動抑制補償器のブロック線図である。

【図7】本発明に係る振動抑制補償器を適用した場合のシミュレーション結果を示す図である。

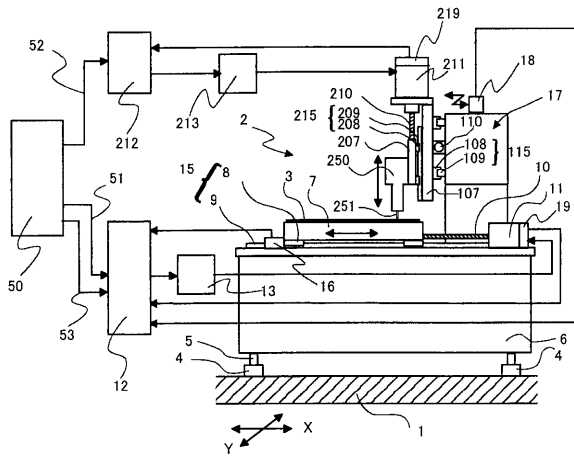
【図8】XテーブルとZテーブルの速度指令値の時刻歴の一例を示す図である。

【符号の説明】

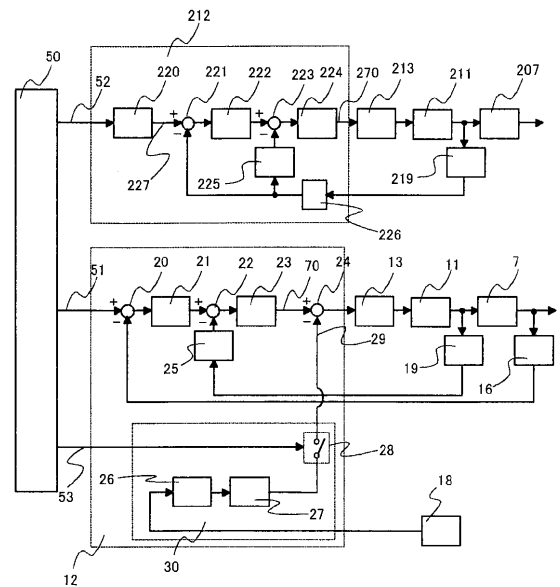
【0083】

- 50 動作制御コントローラ
- 52 位置指令信号
- 207 Zテーブル
- 220 振動抑制補償器
- 227 位置指令信号
- 237 速度指令信号
- 240 加速度信号
- 242 ノッチフィルタ
- 1 周波数(ノッチフィルタ242の中心周波数)

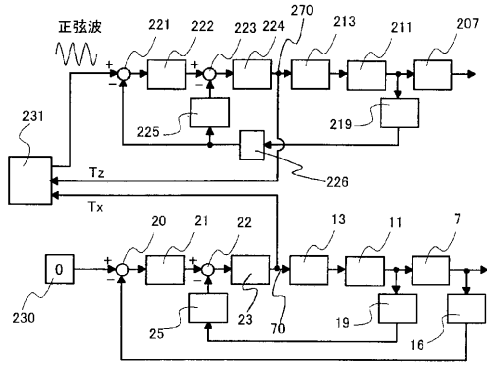
【図1】



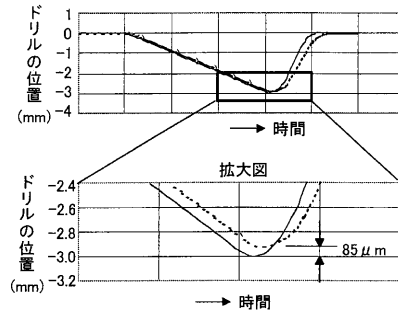
【図2】



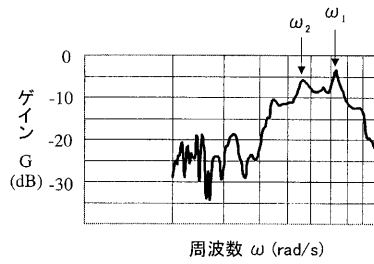
【 図 3 】



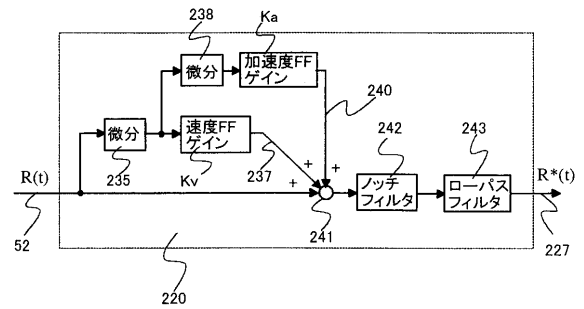
【 図 5 】



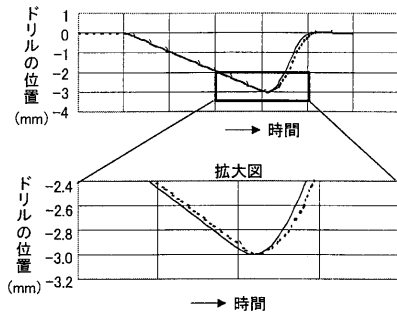
【 図 4 】



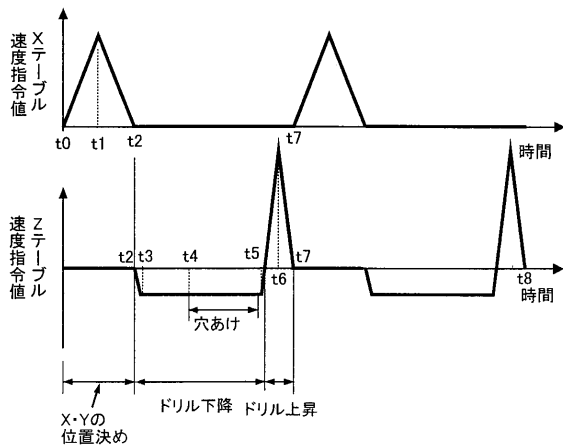
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 一雄

神奈川県海老名市上今泉2 1 0 0番地 日立ピアメカニクス株式会社内

(72)発明者 山田 幸宏

神奈川県海老名市上今泉2 1 0 0番地 日立ピアメカニクス株式会社内

Fターム(参考) 3C001 KA01 KA07 KB02 TA01 TA05 TB01 TB08 TD01

3C036 AA01 DD08