

(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2010-64168

(P2010-64168A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 4 B 33/02 (2006.01)	B 2 4 B 33/02	3 C 0 5 8
B 2 4 B 33/06 (2006.01)	B 2 4 B 33/06	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-231267 (P2008-231267)	(71) 出願人	390003665
(22) 出願日	平成20年9月9日 (2008.9.9)		株式会社日進製作所
			京都府京丹後市峰山町千歳22番地
		(74) 代理人	100099977
			弁理士 佐野 章吾
		(74) 代理人	100104259
			弁理士 寒川 潔
		(72) 発明者	富田 康夫
			京都府京丹後市峰山町千歳22番地 株式
			会社日進製作所内
		(72) 発明者	東 隆弘
			京都府京丹後市峰山町千歳22番地 株式
			会社日進製作所内
		Fターム(参考)	3C058 AA03 AA12 BA02 BB02 BC02 CB01

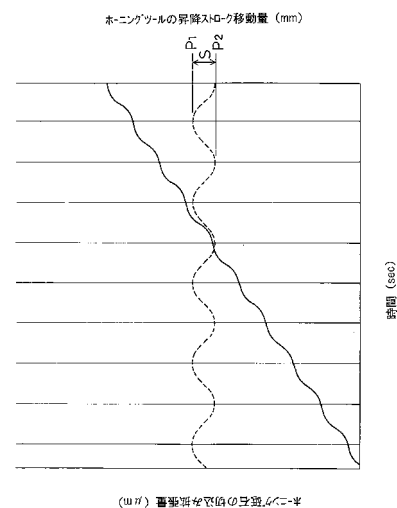
(54) 【発明の名称】 ホーニング加工方法およびホーニング盤

(57) 【要約】

【課題】 ホーニング砥石の往復動作に切込み拡張動作を所定の関係をもって高精度に連動させることにより、ホーニング砥石に加わる負荷を均一化させるホーニング加工技術を提供する。

【解決手段】 主軸往復駆動部と砥石切込み部の駆動源としてそれぞれサーボモータを使用し、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの昇降（往復）動作に同期同調させて制御する。これにより、既存の基本的な機械的装置構成に修正を加えることなく、ホーニング砥石に加わる負荷を可及的に均一化させ、さらにはホーニング加工の精度安定化および精度向上を図れる。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ホーニング砥石を備えるホーニングツールを、工作物の内周面の軸線方向へ往復移動するとともに、軸線まわりに回転させながら、前記ホーニング砥石に機械的駆動手段により一定の切込み量をもって切込み拡張動作を与えて、工作物の内周面をホーニング加工する方法であって、

前記ホーニングツールを備えた回転主軸を工作物の内周面の軸線方向へ往復動作させる主軸往復駆動源および前記ホーニング砥石を切込み拡張動作させる切込み駆動源として、主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータをそれぞれ使用し、

これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの前記往復動作に同期同調させて制御するように構成したことを特徴とするホーニング加工方法。

10

【請求項 2】

ホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形を、ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させるように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載のホーニング加工方法。

【請求項 3】

前記切込み拡張動作を前記往復動作に同期同調させる制御構成は、前記ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形と前記ホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形とを予め作成するとともに、前記切込み拡張動作における位置波形を前記昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させ、前記主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータを、これら昇降ストローク動作における位置波形とホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形でそれぞれ動作するように制御することを特徴とする請求項 2 に記載のホーニング加工方法。

20

【請求項 4】

前記切込み拡張動作における位置波形と前記昇降ストローク動作における位置波形に対する同期同調は、これら両位置波形における時間的な始点と終点を相互に一致させるとともに、両位置波形における位置変化率を相互に一致させることにより行うことを特徴とする請求項 3 に記載のホーニング加工方法。

30

【請求項 5】

前記ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形が $\sin$ 波形であることを特徴とする請求項 1 に記載のホーニング加工方法。

【請求項 6】

前記ホーニングツールの昇降ストローク波形が三角波形であることを特徴とする請求項 1 に記載のホーニング加工方法。

【請求項 7】

ホーニング砥石の切込み拡張量は、ホーニングツールの昇降ストロークの 1 ストロークでの定量拡張であることを特徴とする請求項 2 に記載のホーニング加工方法。

40

【請求項 8】

ホーニング砥石を備えるホーニングツールを、工作物の内周面の軸線方向へ往復移動するとともに、軸線まわりに回転させながら、前記ホーニング砥石により工作物の内周面をホーニング加工するホーニング盤であって、

工作物の内周面の軸線方向へ往復移動可能とされるとともに、軸線まわりに回転可能に軸支されてなる回転主軸と、

回転主軸を軸線回りに回転駆動する主軸回転手段と、

回転主軸を前記内周面の軸線方向へ往復動作させる主軸往復手段と、

回転主軸先端に装着され、前記内周面に沿った砥石面を有するホーニング砥石を拡張可能に備えるホーニングツールと、

50

このホーニングツールのホーニング砥石に所定の切込み拡張動作を与える砥石切込み手段と、

前記主軸回転手段、主軸往復手段および砥石切込み手段の動作を相互に連動して自動制御する制御手段とを備えてなり、

前記主軸往復手段および砥石切込み手段の駆動源が、それぞれ主軸往復用サーボモータおよび砥石切込み用サーボモータからなり、

前記制御手段は、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの前記往復動作に同期同調させて制御するように構成されていることを特徴とするホーニング盤。

10

【請求項 9】

前記制御手段は、前記主軸回転手段、主軸往復手段および砥石切込み手段の動作を相互に連動して自動制御して、請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載のホーニング加工方法を実行するように構成されていることを特徴とする請求項 8 に記載のホーニング盤。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、ホーニング加工方法およびホーニング盤に関し、さらに詳細には、ホーニング砥石を、工作物の内周面に対して、機械的に一定の切込み量をもって積極的に切込みながらホーニング加工を行うホーニング加工技術に関する。

20

【背景技術】

【0002】

工作物（以下、ワークと称する。）の内周面を鏡面に仕上げる加工法の一つとしてホーニング加工がある。このホーニング加工においては、ホーニング砥石とワークを相対的に浮動の状態におくとともに、ホーニング砥石に回転動作と往復動作を与えて、ばね弾発力等によるホーニング砥石の拡張によりワーク内周面に精密仕上げを行う。

【0003】

旧来のホーニング加工はホーニング砥石を一定圧力（ばね弾発力）でワークに押し付けて、ワーク内周面を少しずつ削り取るものであったが、近時は、研削加工の場合と同様、高い圧力または強制切込みによるホーニング加工を行うホーニング盤が種々開発され、現在主流となっている。

30

【0004】

この種のホーニング盤には、ホーニング砥石を油圧駆動手段等により一定の加圧力をもって切込み拡張動作させる定圧加工方式のものと、ホーニング砥石を機械的駆動手段により一定の切込み量をもって切込み拡張動作させる強制切込み（定量）加工方式のものがあるが、いずれの形式のホーニング盤にあっても、ボール盤や中ぐり盤による前加工から、研削加工等を省略していきなりホーニング加工に移る、つまり旧来の研削加工とホーニング加工を複合的に行う加工法をとることもできるようになり、効率の良い精密仕上げの実現が可能となった。

40

【0005】

ところで、強制切込み（定量）加工方式のホーニング加工においては、上述したように、回転するホーニング砥石をワークの軸線方向に往復動作させながら、機械的駆動手段により、このホーニング砥石を切込み加工当初から加工終了まで一定の切込み量をもって連続的に切込み拡張動作させるところ、従来の加工サイクルにおけるホーニング砥石の往復動作（昇降ストローク動作）と切込み拡張動作の相互の制御は、理論上、ホーニング砥石の往復動作に対して、ホーニング砥石の切込み拡張動作が、下降ストローク時に一定の速度をもって切り込まれ、上昇ストローク時には切込みが停止するという階段状の切込み拡張動作をするように構成されている（例えば特許文献 1 参照）。

【0006】

50

しかしながら、このような理論上の制御構成に対して、実際には、図 8 に示すように、ホーニング砥石の往復動作と切込み拡張動作が正確には同期しておらず（非同期）、相互に独立した動きをしている（図 8 において、破線の波形がホーニング砥石の昇降ストローク動作における位置波形を示し、実線の波形がホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形を示す。）。すなわち、理論上は、ホーニング砥石の往復動作の 1 ストローク毎に、一回のホーニング砥石の拡張指令が入る（図 8 の場合はホーニング砥石の下降ストロークにおける中間位置で拡張指令が入る）という切込み拡張動作制御が行われているが、実際には、このホーニング砥石の拡張指令が入ったとしても、構造上必然的に、ホーニング砥石の動作遅れ（タイムラグ）が発生してしまい、ホーニング砥石が上記 1 ストロークのどの位置でどのように拡張（切込み）しているのかは具体的に説明されていなかった。

10

【0007】

そして、このような従来の砥石切込み制御においては、ホーニング砥石の往復動作に対するホーニング砥石の切込み拡張動作（切込みタイミング、切込み速度および切込み量）によって、ホーニング砥石の切込み拡張時にホーニング砥石に急激な負荷がかかったりするなど、ホーニング砥石に加わる負荷が安定せずに大きく変動し、ホーニング砥石の砥粒の過度の脱落を招くなど、ホーニング砥石にとって必ずしも理想的な状態ではなく、ホーニング加工の精度安定化ひいては精度向上の観点からも改良の余地があった。

【0008】

【特許文献 1】特開 2003-170344 号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、強制切込み（定量）加工方式のホーニング加工において、ホーニング砥石の往復動作に切込み拡張動作を所定の関係をもって高精度に連動させることにより、ホーニング砥石に加わる負荷を可及的に均一化させ、さらにはホーニング加工の精度安定化および精度向上が可能なホーニング加工技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明のホーニング加工方法は、ホーニング砥石を備えるホーニングツールを、工作物の内周面の軸線方向へ往復移動するとともに、軸線まわりに回転させながら、上記ホーニング砥石に機械的駆動手段により一定の切込み量をもって切込み拡張動作を与えて、工作物の内周面をホーニング加工する方法であって、上記ホーニングツールを備えた回転主軸を工作物の内周面の軸線方向へ往復動作させる主軸往復駆動源および上記ホーニング砥石を切込み拡張動作させる切込み駆動源として、主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータをそれぞれ使用し、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの上記往復動作に同期同調させて制御するように構成したことを特徴とする。

30

【0011】

好適な実施態様として、以下の構成が採用される。

40

（１）ホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形を、ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させるように構成する。

【0012】

（２）上記切込み拡張動作を前記往復動作に同期同調させる制御構成は、上記ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形と上記ホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形とを予め作成するとともに、上記切込み拡張動作における位置波形を上記昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させ、上記主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータを、これら昇降ストローク動作における位置波形とホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形でそれぞれ動作するように制御する。

50

【0013】

(3) 上記切込み拡張動作における位置波形と上記昇降ストローク動作における位置波形に対する同期同調は、これら両位置波形における時間的な始点と終点を相互に一致させるとともに、両位置波形における位置変化率を相互に一致させることにより行う。

【0014】

(4) 上記ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形が $\sin$ 波形である。

【0015】

(5) 上記ホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形が三角波形である。ここに、三角波形とは、ホーニングツールのストローク速度が等速となる昇降ストローク動作における位置波形をいう（本明細書全体を通じて同様とする。）。

【0016】

(6) ホーニング砥石の切込み拡張量は、ホーニングツールの昇降ストロークの1ストロークでの定量拡張である。

【0017】

また、本発明のホーニング盤は、ホーニング砥石を備えるホーニングツールを、工作物の内周面の軸線方向へ往復移動するとともに、軸線まわりに回転させながら、上記ホーニング砥石により工作物の内周面をホーニング加工するホーニング盤であって、工作物の内周面の軸線方向へ往復移動可能とされるとともに、軸線まわりに回転可能に軸支されてなる回転主軸と、回転主軸を軸線回りに回転駆動する主軸回転手段と、回転主軸を上記内周面の軸線方向へ往復動作させる主軸往復手段と、回転主軸先端に装着され、上記内周面に沿った砥石面を有するホーニング砥石を拡張可能に備えるホーニングツールと、このホーニングツールのホーニング砥石に所定の切込み拡張動作を与える砥石切込み手段と、上記主軸回転手段、主軸往復手段および砥石切込み手段の動作を相互に連動して自動制御する制御手段とを備えてなり、上記主軸往復手段および砥石切込み手段の駆動源が、それぞれ主軸往復用サーボモータおよび砥石切込み用サーボモータからなり、上記制御手段は、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの上記往復動作に同期同調させて制御するように構成されていることを特徴とする。

【0018】

好適な実施態様として、上記制御手段は、上記主軸回転手段、主軸往復手段および砥石切込み手段の動作を相互に連動して自動制御して、上述のホーニング加工方法を実行するように構成される。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、ホーニングツールを備えた回転主軸を工作物の内周面の軸線方向へ往復動作させる主軸往復駆動源と上記ホーニングツールのホーニング砥石を切込み拡張動作させる切込み駆動源として、主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータをそれぞれ使用し、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの上記往復動作に同期同調させて制御するように構成したから、以下に列挙するような効果が得られ、強制切込み（定量）加工方式のホーニング加工において、既存の基本的な機械的装置構成に修正を加えることなく（センサ等の追加の機構を追加等する必要なし）、ホーニング砥石の往復動作に切込み拡張動作を所定の関係をもって高精度に連動させて、ホーニング砥石に加わる負荷を可及的に均一化させ、さらにはホーニング加工の精度安定化および精度向上が可能なホーニング加工技術を提供することができる。

【0020】

(1) ホーニング砥石の長寿命化：

本発明によれば、主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニ

10

20

30

40

50

グ砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの上記往復動作に同期同調させて制御するように構成したから、ホーニング砥石の切込み拡張時にホーニング砥石に急激な負荷がかかったりすることがなく、ホーニング砥石に優しい切込み拡張動作が実現する。

【0021】

具体的には、例えば、ホーニング砥石の切込み拡張量を、ホーニングツールの昇降ストロークの1ストロークで固定的に設定することによる定量拡張が可能で、しかも、ホーニングツールのストローク速度に応じたホーニング砥石の切込み拡張が行えるため、ホーニング砥石に急激な負荷がかからない。これにより、ホーニング砥石の砥粒の脱落を抑えて、ホーニング砥石の可及的な寿命延長が可能で、ホーニング砥石の長寿命化が図れる。

【0022】

(2) 精度安定：

上記のように、ホーニング砥石の切込み拡張時にホーニング砥石に急激な負荷がかかったりすることがない結果、ホーニング砥石に加わる負荷が変動することなく均一化して、ホーニング加工の精度安定化および精度向上が図れる。

【0023】

(3) 穴形状コントロール：

また、ホーニング砥石の切込み拡張動作を、ホーニングツールの上記往復動作に同期同調させて制御する構成により、ホーニングツールの往復ストローク位置に応じて任意の位置でホーニング砥石の切込み拡張を行える結果、ワークの加工穴形状を所望のとおりコントロールすることが可能となる。

【0024】

(4) 穴形状修正：

さらに、上記のとおりワークの加工穴形状をコントロールできる結果、ワークの加工穴形状の修正も適宜行うことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0026】

実施形態1

本発明に係るホーニング盤を図1に示し、このホーニング盤は、具体的にはワークWの円筒状の加工穴の内周面Waを加工する立形のもので、先端にホーニングツール1を備える回転主軸2、主軸回転駆動部（主軸回転手段）3、主軸往復駆動部（主軸往復手段）4、砥石切込み部（砥石切込み手段）5および装置制御部（制御手段）6などを主要部として備えてなる。

【0027】

ホーニングツール（いわゆるホーニングヘッド）1は、回転主軸2の先端つまり下端2aに交換可能に装着されている。

【0028】

このホーニングツール1の内部には、図2に示すように、径方向へ拡張可能に配された複数のホーニング砥石10、10、…、これらホーニング砥石10、10、…を拡張動作させるコーンロッド11およびホーニング砥石10、10、…を復帰動作させる復帰ばね（図示省略）等を備える。

【0029】

各ホーニング砥石10は、ワークWの内周面Waに沿った砥石面10aを有する。また、コーンロッド11は、上記ホーニングツール1内において上下方向へ移動可能に設けられており、その先端ウェッジ11aが各ホーニング砥石10の砥石台10bを押圧する砥石拡張部とされるとともに、その上部である基部ロッド11bが、後述する砥石拡張ロッド35に連結されている。また、図示しないが、ホーニング砥石10、10、…は上記復帰ばねにより常時縮閉方向へ弾発的に付勢されている。

【0030】

10

20

30

40

50

そして、上記ホーニング砥石 10、10、…は、上記コーンロッド 11 の下動に伴って拡開動作される一方、コーンロッド 11 の上動に伴って上記復帰ばねにより縮閉動作されることとなる。

【0031】

回転主軸 2 は、その下端にホーニングツール 1 を備えるとともに、主軸駆動軸 15、動力伝達部 25a～25c および駆動モータ 16 等を含む上記主軸回転駆動部 3 と、スライド本体 18、送りネジ機構 19、駆動モータ 20 等を含む上記主軸往復駆動部 4 とにそれぞれ連係されている。

【0032】

すなわち、回転主軸 2 はスライド本体 18 に回転可能に軸支されており、このスライド本体 18 は、案内レール 22 により昇降案内されるとともに、昇降駆動源である上記送りネジ機構 19 および駆動モータ 20 に駆動連結されて、上記主軸往復駆動部 4 が構成されている。

【0033】

上記案内レール 22 は、機体 21 上に上下方向へ直線状に延びて設けられ、この案内レール 22 に上記スライド本体 18 の摺動部 18a が摺動案内可能に支持されている。また、スライド本体 18 の摺動部 18a には、送りネジ機構 19 のナット体 19a が一体的に連結固定され、このナット体 19a が、機体 21 に垂直上下方向へ延びるとともに回転可能に軸支された送りネジ 19b に上下方向へ螺進退可能に螺合されている。送りネジ 19b は、その上端部がカップリング 23 を介して上記駆動モータ 20 のモータ軸 20a に駆動連結されている。この駆動モータ 20 としては、ロータリエンコーダ等の位置検出センサ 73 が一体的に内蔵されてなるサーボモータが使用されており、上記位置検出センサ 73 により駆動モータ 20 の回転量が検出される。

【0034】

そして、この駆動モータ 20 のモータ軸 20a が回転駆動することにより、ボールねじ機構 19 の送りネジ 19b が回転されて、ナット体 21b と一体のスライド本体 18 が上下方向へ移動され、このスライド本体 18 を介して、回転主軸 2 つまりはホーニングツール 1 が昇降動作されることとなる。また、このホーニングツール 1 の昇降動作は、駆動モータ 20 に内蔵された上記位置検出センサ 73 により検出されて、その検出結果が後述する装置制御部 6 の主軸往復制御部 71 に送られる。

【0035】

また、回転主軸 2 の上端部 2b は上記主軸回転駆動部 3 に駆動連結されている。すなわち、回転主軸 2 の上端部 2b は、機体 21 のヘッド部 21a に回転可能に設けられた主軸駆動軸 15 にスプライン嵌合されて、この主軸駆動軸 15 に対して、上下方向（軸線方向）へ相対的に移動可能でかつ一体回転可能に連結されている。

【0036】

具体的には、回転主軸 2 の上端部 2b が、ロータリスプライン装置 24 により、機体 21 のヘッド部 21a に上下方向へ摺動可能に軸支されるとともに、上記主軸駆動軸 15 に同軸上にかつ一体回転可能に接続されている。

【0037】

主軸駆動軸 15 には伝動プーリ 25a が取り付けられ、この伝動プーリ 25a が、伝動ベルト 25b を介して、駆動モータ 16 のモータ軸 16a に取り付けられた伝動プーリ 25c に連結されている。この駆動モータ 16 としては、ロータリエンコーダ等の位置検出センサ 63 が一体的に内蔵されてなるサーボモータが使用されており、上記位置検出センサ 63 により駆動モータ 16 の回転量が検出され、これにより、上記ホーニングツール 1 の回転動作が検出される。

【0038】

そして、この駆動モータ 16 の回転駆動により、主軸駆動軸 15 を介して、回転主軸 2 つまりはホーニングツール 1 が回転駆動されることとなる。また、このホーニングツール 1 の回転動作は、駆動モータ 16 に内蔵された上記位置検出センサ 63 により検出されて

、その検出結果が後述する装置制御部 6 の主軸回転制御部 6 1 に送られる。

【0039】

砥石切込み部 5 は、上記ホーニング砥石 1 0、1 0、…に切込み動作を与えるもので、図 1 および図 3 に示すように、砥石切込み駆動部（切込み駆動手段）3 0 および砥石切込み制御部（切込み制御手段）6 2 を主要部として備えてなる。

【0040】

砥石切込み駆動部 3 0 は、ホーニング砥石 1 0、1 0、…に所定の切込み量をもった切込み動作を機械的に与えるもので、具体的には、上記ホーニングツール 1 のコーンロッド 1 1（図 2）、砥石拡張ロッド 3 5（図 2）、切り込み駆動機構 3 6 および駆動モータ 3 7 等を備える。

10

【0041】

砥石拡張ロッド 3 5 は、具体的には図示しないが、回転主軸 2 の下半部に設けられた軸穴内において、その軸線方向（上下方向）へ移動可能に設けられており、その下端部 3 5 a が上記コーンロッド 1 1 の基部ロッド 1 1 b に連結されるとともに（図 2 参照）、その上端部（図示省略）が切込み駆動機構 3 6 に連結されている。

【0042】

この切込み駆動機構 3 6 は、砥石拡張ロッド 3 5 を上下方向（軸線方向）へ移動させるもので、従来公知のように、砥石拡張ロッド 3 5 に連結された従動体 4 0 およびこの従動体 4 0 を上下動させる駆動ねじ軸部材 4 1 を主要部として構成されている。

【0043】

20

従動体 4 0 は、回転主軸 2 に対して、相対的に上下方向へ摺動可能に設けられるとともに、この回転主軸 2 内に配された上記砥石拡張ロッド 3 5 に対して、上下方向へ一体的に連結されている。

【0044】

また、従動体 4 0 は、これに一体固定された雌ねじ部材（図示省略）を介して、上記駆動ねじ軸部材 4 1 に上下方向へ螺進退可能に係合されている。この駆動ねじ軸部材 4 1 は、スライド本体 1 8 に、回転主軸 2 と平行にかつ回転可能に軸支される。

【0045】

駆動ねじ軸部材 4 1 は、機体 2 1 のヘッド部 2 1 a に回転可能に設けられた切込み駆動軸 4 2 に係合されている。具体的には、この切込み駆動軸 4 2 は、駆動ねじ軸部材 4 1 と平行に軸支されるとともに、その上端部 4 2 a が、機体 2 1 のヘッド部 2 1 a に回転可能に設けられた歯車機構 4 3 の回転歯車軸 4 3 a にスプライン嵌合されて、この回転歯車軸 4 3 a に対して、上下方向へ相対的に移動可能でかつ一体回転可能に連結されている。

30

【0046】

具体的には、切込み駆動軸 4 2 の上端部 4 2 a が、ロータリスプライン装置 4 4 により、機体 2 1 のヘッド部 2 1 a に上下方向へ摺動可能に軸支されるとともに、上記回転歯車軸 4 3 a に同軸上にかつ一体回転可能に接続されている。この回転歯車軸 4 3 a は、歯車 4 3 b と噛合し、この歯車 4 3 b が駆動モータ 3 7 のモータ軸 3 7 a に一体的に取付け固定されている。一方、切込み駆動軸 4 2 は、歯車機構 4 4 を介して上記駆動ねじ軸部材 4 1 の上端部 4 1 a に駆動連結されている。

40

【0047】

駆動モータ 3 7 は、ロータリエンコーダ等の位置検出センサ 6 4 が一体的に内蔵されるサーボモータが使用されており、上記位置検出センサ 6 4 により駆動モータ 3 7 の回転量が検出され、これにより、上記ホーニングツール 1 のホーニング砥石 1 0、1 0、…の切込み拡張動作が検出される。

【0048】

そして、この駆動モータ 3 7 のモータ軸 3 7 a の回転駆動により、切込み駆動軸 4 2 が回転すると、駆動ねじ軸部材 4 1 が回転されて、これに螺進退可能に螺合された従動体 4 0 が、回転主軸 2 に対して相対的に下動または上動されることとなる。つまり、従動体 4 0 の下動時は、これと一体の砥石拡張ロッド 3 5 がコーンロッド 1 1 を下方へ押動して、

50

ホーニング砥石 10、10、…が拡張動作される。一方、従動体 40 の上動時は、砥石拡張ロッド 35 の上動に伴って、ホーニングツール 1 内の復帰ばね（図示省略）によりホーニング砥石 10、10、…が縮閉動作される。また、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作は、駆動モータ 20 に内蔵された上記位置検出センサ 64 により検出されて、その検出結果が後述する装置制御部 6 の砥石切込み制御部 62 に送られる。

【0049】

装置制御部 6 は、ホーニング盤の各駆動部 3、4、5 の動作を相互に連動して自動制御するもので、具体的には、CPU、ROM、RAM および I/O ポートなどからなるマイクロコンピュータを主要部として構成されている。

【0050】

この装置制御部 6 には、ホーニング加工を実行させるための加工プログラム等が組み込まれており、図 3 に示すように、主制御部 70、主軸回転駆動部 3 の駆動源である駆動モータ 16 を制御する主軸回転制御部 61、主軸往復駆動部 4 の駆動源である駆動モータ（主軸往復駆動用サーボモータ）20 を制御する主軸往復制御部 71 および砥石切込み部 5 の駆動源である駆動モータ（砥石切り込み用サーボモータ）37 を制御する砥石切込み制御部 62 などから構成されている。

【0051】

主制御部 70 には、上記各駆動部 3、4、5 の駆動源 16、20、37 の駆動に必要な種々の情報、例えば、ホーニングツール 1 の回転速度および昇降速度、あるいは、ホーニング砥石 10、10、…の基準位置（ストローク位置） P_1 、 P_2 およびストローク幅 S （図 2 参照）、または切込み速度および切込みタイミング等が、NC（数値制御）データとして予めまたは操作盤のキーボード等により適宜選択的に入力設定されており、これらのデータに従って上記各制御部 61、62、71 を制御する。

【0052】

上記主軸回転制御部 61、主軸往復制御部 71 および砥石切込み制御部 62 は、具体的には、図 4 に示すように、演算部 80 とモータ駆動部 81 とから構成されたサーボアンプであり、それぞれ、駆動モータ 16、20、37 のモータ軸 16a、20a、37a の回転数を検出するロータリエンコーダ等の位置検出センサ 63、73、64 からの検出信号が上記演算部 80 にフィードバック入力されて、この演算部 80 が、上記入力された検出値（回転数）を主制御部 70 からの指令値（回転数）と比較演算して、その演算結果に基づき、これら検出値と指令値を一致させるべく上記駆動モータ 16、19、37 に検出値と指令値の誤差に比例した電力を供給する。

【0053】

特に、上記主軸往復制御部 71 および砥石切込み制御部 62 は、主制御部 70 からの指令に従って、駆動モータ 20 および 37 の動作を相互に連動させることにより、ホーニング砥石 10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作を、ホーニングツール 1 の上記往復動作に同期同調させて制御するように構成されている。

【0054】

すなわち、主制御部 70 からの指令に従って、上記砥石切込み制御部 62 が、ホーニング砥石 10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、上記砥石切込み駆動部（切込み駆動手段）30 の砥石切込み用サーボモータ 37 を制御するように構成されている。

【0055】

具体的には、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形がホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形に同期同調するように制御されて、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張速度が、ホーニングツール 1 の昇降ストローク速度に比例するように構成されている。

【0056】

このように、上記両位置波形を同期同調させることにより、ホーニングツール 1 とホー

10

20

30

40

50

ニング砥石 10、10、…の高精度な位置決め制御を行いながら、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張速度を、ホーニングツール 1 の昇降ストローク速度に同調させることが可能となる。

【0057】

ここに、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形がホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形に同期同調するとは、以下のように定義される。

【0058】

図 5 を参照して、ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作の位置波形における上端位置 P_1 から下端位置 P_2 (図 2 参照)、または下端位置 P_2 から上端位置 P_1 までの位置変化量 (ホーニングツール 1 の軸線方向の変化量) つまり 1 ストロークあたりのストローク幅 S (図 2 参照) と、そのストローク時間 t (図 5 (a) 参照)、および、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作の位置波形における上記ストローク時間 t 当たりの位置変化量つまり砥石拡張量 D (ホーニングツール 1 の径方向の変化量) (図 5 (b) 参照) は、その加工対象となるワーク W の材質・設計条件等に応じた加工条件によって決まる。

【0059】

この時、上記両位置波形について、ストローク時間 t における位置変化量 S および D の位置変化率が同じであることが「同調する」と定義され、また、その両位置波形の 1 ストロークにおける時間的な始点 t_1 と終点 t_2 が相互に同じであることが「同期する」と定義される。この場合、上記位置変化量 S 、 D は +、- 逆でも、位置変化率が同じであれば「同調する」とする。

【0060】

図示の実施形態においては、図 6 に示すように、ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形が $\sin$ 波形 (図 6 における破線の波形) とされるとともに、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形がこの $\sin$ 波形と同じ $\sin$ 波形 (図 6 における実線の波形) とされて、ホーニング砥石 10、10、…における拡張タイミングと拡張速度がホーニングツール 1 の昇降ストローク動作に同期同調されている。つまり、図 6 に示すように、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張量がホーニングツール 1 の昇降 (往復) 動作 1 ストローク当たり一定の定量拡張とされるとともに、ホーニングツール 1 の昇降ストローク速度が 0 の時に、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張速度も 0 であり、ホーニングツール 1 の昇降ストローク速度が最大の時に、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張速度も最大となるように構成されている。

【0061】

上記ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作をホーニングツール 1 の往復動作に同期同調させる具体的な制御構成は、上記ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形と上記ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形とを予め作成するとともに、上記切込み拡張動作における位置波形を上記昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させ、上記主軸往復駆動部 4 の主軸往復駆動用サーボモータ 20 および上記砥石切込み駆動部 30 の砥石切込み用サーボモータ 37 を、これら昇降ストローク動作における位置波形とホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形でそれぞれ動作するように制御する。

【0062】

換言すれば、ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形 (昇降ストローク軸 (図示の場合は送りねじ機構 19) の動作位置波形) とホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形 (砥石拡張ロッド 35 の動作位置波形) とを予め作成し、送りねじ機構 19 (主軸往復駆動用サーボモータ 20) と砥石拡張ロッド 35 (砥石切り込み用サーボモータ 37) がこれら位置波形でそれぞれ動くように制御される。この場合、昇降ストロークに対しては、ストローク幅 S が条件設定され得るので、そのストローク幅 S に対して、上記昇降ストローク動作における位置波形 (図示の実施形態においては $\sin$ 波) で動きなさいという指令が出ることになる。一方、切込み拡張に対して

、ホーニングツール1の1ストローク当たりの拡張量が固定的に条件設定され得るので（加工サイクルタイムのばらつきが防止され得る）、その拡張量に対して上記切込み拡張動作における位置波形（図示の実施形態においてはsin波）で動きなさいという指令が出されることになる。そして、このような動作位置波形において、上記切込み拡張動作における位置波形を上記昇降ストローク動作における位置波形に同期同調させる構成とされている。

【0063】

この場合の上記切込み拡張動作における位置波形と上記昇降ストローク動作における位置波形に対する同期同調は、これら両位置波形における時間的な始点と終点を相互に一致させるとともに、両位置波形における位置変化率を相互に一致させることにより行う。

10

【0064】

このように、ホーニングツール1の昇降ストローク動作における位置波形とホーニング砥石10、10、…の切込み拡張動作における位置波形を予め作成するとともに、両位置波形を同期同調させ、これら両位置波形に、ホーニングツール1のストローク動作とホーニング砥石10、10、…の切込み拡張動作がそれぞれ同時に追従制御されることで、両者の動きを完全に同期同調させて、両動作間にタイムラグが生ずるのを有効に防止することができる。

【0065】

また、ホーニング砥石10、10、…を、ホーニングツール1の昇降ストロークの速度変化と同じsin波形、同じタイミングで切込み拡張させることで（つまり、同期同調させることで）、ホーニング砥石10、10、…とワークWの加工穴の内周面Waとの接触面の圧力、つまり1ストローク当たりのホーニング砥石10、10、…に加わる負荷が分散されて平均化され得る。

20

【0066】

ちなみに、例えば図8示す従来の加工サイクルにおいては、ホーニングツール1の昇降ストローク動作に対して、この昇降ストローク動作を監視し、その速度変化等に応じてホーニング砥石10、10、…が階段状の切込み拡張動作（ホーニングツール1の昇降ストローク動作1ストロークで1回の切込み拡張動作）を行うように構成されているが、ホーニングツール1の昇降（往復）動作と正確に同期同調しておらず、タイムラグを生じてしまい、例えば、ホーニングツール1の昇降ストローク速度が0の時に、ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張速度が最大となり、この時、ホーニング砥石10、10、…とワークWの加工穴の内周面Waとの接触面の圧力が瞬間的に大きくなることが試験的に判明した。

30

【0067】

さらに、本実施形態においては、主軸往復駆動部4および砥石切込み部5の駆動源としてサーボモータ20、37が使用されていることにより、ホーニングツール1の昇降ストロークにおける1ストローク当たりの時間を多数の区分に分割（例えば、図示の実施形態の場合、2048の区分に分割）して、ホーニングツール1の昇降ストローク位置とホーニング砥石10、10、…の砥石拡張位置を、この多数の区分に分割した各時点毎に相互に位置決めさせることで、ホーニング砥石10、10、…の滑らかな拡張さらにはホーニング砥石10、10、…に優しい拡張を実現している。つまり、例えば図8示す従来の加工サイクルと比較すると、この従来の加工サイクルでは、ホーニングツール1の昇降ストローク動作1ストロークで1回の切込み拡張動作であるが、本実施形態においては、ホーニングツール1の昇降ストローク動作1ストロークにおいて2048回に分散して切込み拡張動作させることで、ホーニング砥石10、10、…切込時の砥石にかかる圧力を有効に分散させている。

40

【0068】

例えば、図示の実施形態の場合、ストローク幅Sが50mm、ストローク速度15m/minとすることで、昇降ストローク1往復の時間は0.4秒となるところ、この0.4秒を2048区分に分割して制御することになる。

50

【0069】

しかして、以上のように構成されたホーニング盤において、上記主軸回転駆動部3、主軸往復駆動部4および砥石切込み部5は、その動作が上記装置制御部6により、相互に連動して自動制御され、これにより、ホーニングツール1が、ワーク保持治具8に支持されたワークWの内周面Waに対して、ホーニング領域全体（つまり図2におけるストローク幅S）にわたって所定の切込み拡張量をもった均一なホーニング加工工程（ホーニング加工方法）が行われる。

【0070】

すなわち、ホーニングツール1が、主軸回転駆動部3によりワークWの内周面Waの軸線まわりに回転するとともに、主軸往復駆動部4によりワークWの内周面Waの軸線方向へ往復移動しながら、砥石切込み部5によりホーニング砥石10、10、…が一定の切込み量をもって切込み拡張動作を与えられて、ワークWの内周面Waがホーニング加工される。

10

【0071】

この際、ホーニング砥石ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張動作は、駆動モータ20および37の動作を相互に連動させることにより、ホーニング砥石10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニングツール1の昇降（往復）動作に同期同調させて制御される（図5参照）。

【0072】

以上のように、本実施形態のホーニング加工方法によれば、主軸往復駆動部4の駆動モータ20と砥石切込み部（砥石切込み手段）5の駆動モータ37として、主軸往復駆動用サーボモータおよび切込み駆動用サーボモータをそれぞれ使用し、これら両サーボモータの動作を相互に連動させて、ホーニング砥石10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張動作を、ホーニングツール1の昇降（往復）動作に同期同調させて制御するように構成したから、以下に列挙するような効果が得られ、この種の強制切込み（定量）加工方式のホーニング加工において、既存の基本的な機械的装置構成に修正を加えることなく、ホーニング砥石10、10、…の往復動作に切込み拡張動作を所定の関係をもって高精度に連動させて、ホーニング砥石10、10、…に加わる負荷を可及的に均一化させ、さらにはホーニング加工の精度安定化および精度向上が可能なホーニング加工技術を提供することができる。

20

30

【0073】

(a) ホーニング砥石10、10、…の長寿命化：

本実施形態においては、主軸往復駆動用サーボモータ20および切込み駆動用サーボモータ37の動作を相互に連動させて、ホーニング砥石10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張動作を、ホーニングツール1の昇降（往復）動作に同期同調させて制御するように構成したから、ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張時にホーニング砥石10、10、…に急激な負荷がかかったりすることがなく、ホーニング砥石に優しい切込み拡張動作が実現する。

【0074】

具体的には、ホーニング砥石10、10、…の切込み拡張量を、ホーニングツール1の昇降ストロークの1ストロークで固定的に設定することによる定量拡張が可能で、しかも、ホーニングツール1のストローク速度に応じたホーニング砥石10、10、…の切込み拡張が行えるため、ホーニング砥石10、10、…に急激な負荷がかからない。これにより、ホーニング砥石10、10、…の砥粒の脱落を抑えて、ホーニング砥石10、10、…の可及的な寿命延長が可能で、ホーニング砥石10、10、…の長寿命化が図れる。

40

【0075】

換言すれば、ホーニングツール1のストロークの速度が速いということは、単位時間当たりホーニング砥石10、10、…がワークWを削る距離が長いということになるので、単位時間当たりのホーニング砥石10、10、…砥石の脱落は激しいということになる。本実施形態においては、そのホーニング砥石10、10、…砥石の脱落が激しい場所で

50

拡張速度を上げ、逆に、ホーニング砥石 10、10、…の脱落が少ない場所で拡張速度を下げることで、ホーニング砥石 10、10、…にかかる圧力負荷を適切かつ有効に分散し平均化させている。

【0076】

(b) 精度安定：

上記のように、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張時にホーニング砥石 10、10、…に急激な負荷がかかったりすることがない結果、ホーニング砥石 10、10、…に加わる負荷が変動することなく均一化して、ホーニング加工の精度安定化および精度向上が図れる。

【0077】

(c) 穴形状コントロール：

また、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作を、ホーニングツール 1 の昇降（往復）動作に同期同調させて制御する構成により、ホーニングツール 1 の昇降（往復）ストローク位置に応じて任意の位置でホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張を行える結果、ワーク W の加工穴形状を所望のとおりコントロールすることが可能となる。

【0078】

実施形態 2

本実施形態は図 7 に示されており、実施形態 1 におけるホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形が改変されたものである。

【0079】

すなわち、本実施形態においては、ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形が三角波形（図 7 における破線の波形）とされとともに、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形がこの三角波形に同期同調する直線波形（図 7 における実線の波形）となるように構成されている。

【0080】

具体的には、ホーニングツール 1 の昇降ストローク速度が上昇ストロークおよび下降ストロークにおいて所定の等速度とされ、これに対して、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張量がホーニングツール 1 の昇降（往復）動作 1 ストローク当たり一定の定量拡張とされとともに、その切込み拡張速度が所定の等速度に制御されるように構成されている。

その他の構成および作用は実施形態 1 と同様である。

【0081】

なお、上述した実施形態 1 および 2 はあくまでも本発明の好適な実施態様を示すものであって、本発明はこれに限定されることなく、その範囲内で種々の設計変更が可能である。一例として以下のような改変が可能である。

【0082】

ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形とホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作における位置波形は、ホーニング砥石 10、10、…に掛かる加工負荷が平均化されるように、ホーニング砥石 10、10、…の切込み拡張動作が、ホーニングツール 1 の上記往復動作に同期同調するものである限り、図示の実施形態（図 5 および図 6）のものに限定されず、種々の波形が採用可能であり、例えば、ホーニングツール 1 の昇降ストローク動作における位置波形が変調波形であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図 1】本発明に係る実施形態 1 であるホーニング盤の概略構成を一部断面で示す正面図である。

【図 2】同ホーニング盤の砥石切込み部を拡大して示す正面断面図である。

【図 3】同ホーニング盤の装置制御部の構成を示すブロック図である。

【図 4】同装置制御部におけるサーボ制御系の構成を示すブロック図である。

【図 5】同装置制御部の制御におけるホーニング砥石の切込み拡張動作における位置波形

10

20

30

40

50

とホーニングツールの昇降ストローク動作における位置波形の同期同調についての定義を説明するための線図である。

【図 6】同ホーニング盤におけるホーニングツールの昇降ストローク動作とホーニング砥石の切込み拡張動作との関係を示す線図である。

【図 7】本発明に係る実施形態 3 であるホーニング盤におけるホーニングツールの昇降ストローク動作とホーニング砥石の切込み拡張動作との関係を示す線図である。

【図 8】従来のホーニング盤におけるホーニングツールの昇降ストローク動作とホーニング砥石の切込み拡張動作との関係を示す線図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 4 】

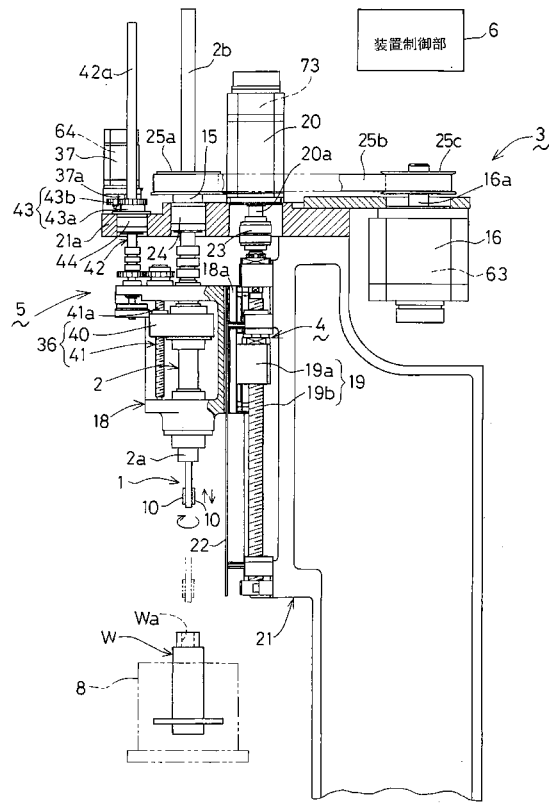
W	ワーク	
W a	ワークの内周面	
1	ホーニングツール	
2	回転主軸	
3	主軸回転駆動部（主軸回転手段）	
4	主軸往復駆動部（主軸往復手段）	
5	砥石切込み部（砥石切込み手段）	
6	装置制御部（制御手段）	
1 0	ホーニング砥石	
1 6	駆動モータ	20
1 9	送りネジ機構	
2 0	主軸往復駆動用サーボモータ（駆動モータ、駆動源）	
3 0	砥石切込み駆動部（切込み駆動手段）	
3 7	砥石切り込み用サーボモータ（駆動モータ、駆動源）	
6 1	主軸回転制御部	
6 2	砥石切込み制御部（切込み制御手段）	
6 3	位置検出センサ	
6 4	位置検出センサ	
7 3	位置検出センサ	

10

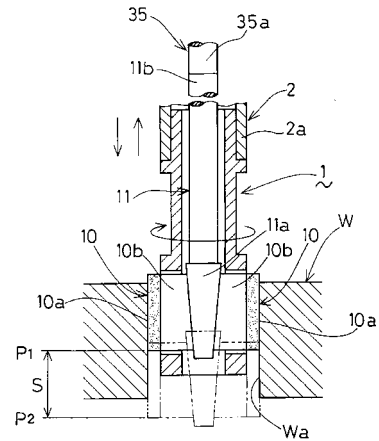
20

30

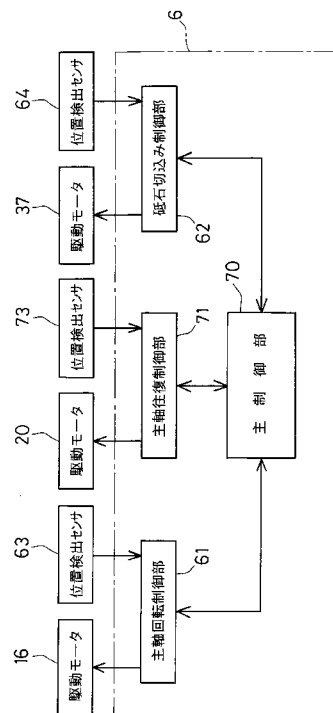
【図 1】



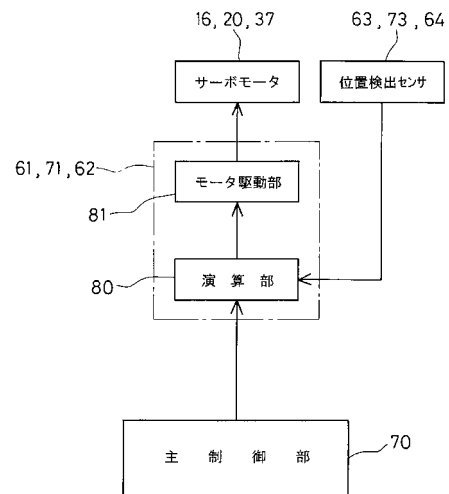
【図 2】



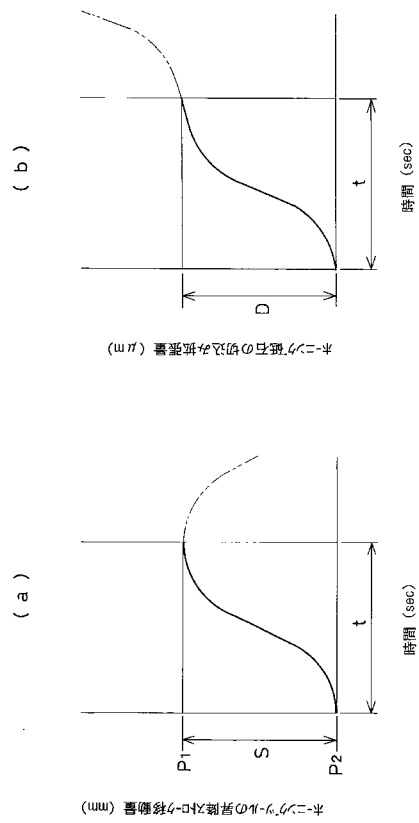
【図 3】



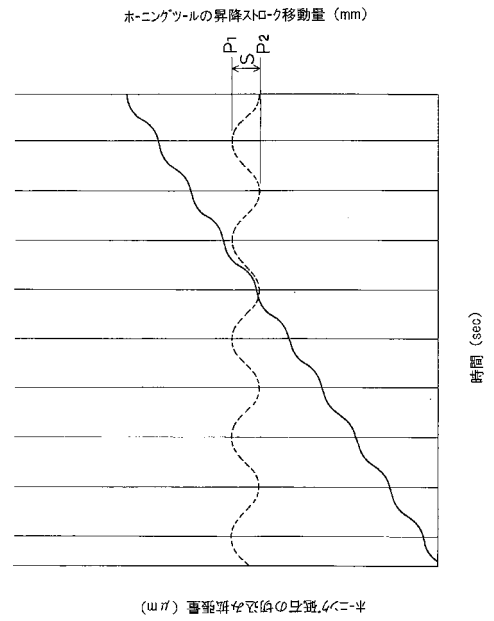
【図 4】



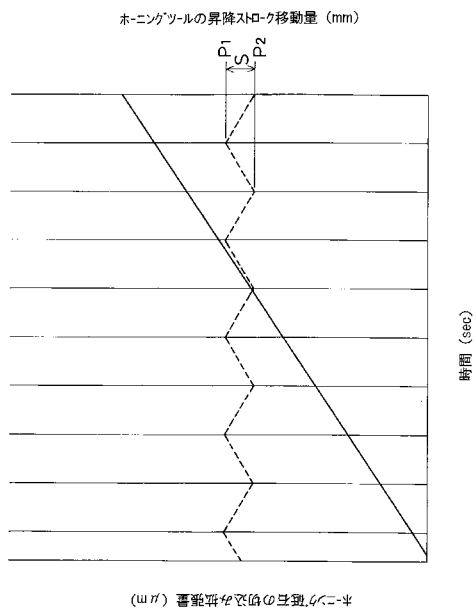
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

