

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5162750号
(P5162750)

(45) 発行日 平成25年3月13日(2013.3.13)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

(51) Int. Cl.	F 1	
F 1 6 C 29/06 (2006.01)	F 1 6 C	29/06
G 0 5 D 3/12 (2006.01)	G 0 5 D	3/12 P
G 0 5 D 3/00 (2006.01)	G 0 5 D	3/00 G
B 2 3 Q 1/28 (2006.01)	B 2 3 Q	1/28 Z
B 2 3 Q 1/40 (2006.01)	B 2 3 Q	1/40

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2006-274378 (P2006-274378)	(73) 特許権者	304023318 国立大学法人静岡大学 静岡県静岡市駿河区大谷836
(22) 出願日	平成18年10月5日(2006.10.5)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
(65) 公開番号	特開2008-95707 (P2008-95707A)	(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
(43) 公開日	平成20年4月24日(2008.4.24)	(74) 代理人	100085279 弁理士 西元 勝一
審査請求日	平成21年6月23日(2009.6.23)	(74) 代理人	100099025 弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	大岩 孝彰 静岡県浜松市城北3丁目5-1 国立大学 法人静岡大学工学部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置決め装置及び位置決め方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被案内体が案内体に対し所定軌道を運動可能となるように、前記被案内体が潤滑膜及び転動体を介して前記案内体に支持されて構成された案内機構と、

前記被案内体に前記案内体に対する所定の位置へ移動させるための移動力を付与する駆動機構と、

前記案内体及び被案内体の少なくとも一方に高周波振動を付加するための高周波振動付加装置と、

前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記高周波振動付加装置を作動させ又は前記高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が強くなるように該高周波振動付加装置を制御し、かつ、前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決め駆動の開始後であって前記転動体が転がり状態から非転がり状態に移行したと判断した場合に、前記高周波振動付加装置の作動を停止させ又は前記高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が弱くなるように該高周波振動付加装置を制御する制御手段と、

を備えた位置決め装置。

【請求項2】

前記制御手段は、前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記高周波振動付加装置を作動させ、かつ、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、前記高周波振動付加装置の

作動を停止させるようになっている請求項 1 記載の位置決め装置。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記被案内体を前記案内体に対する所定の位置に移動させる際には、前記駆動機構が作動する前又は作動するのと同時に、前記高周波振動付加装置を作動させるようになっている請求項 2 記載の位置決め装置。

【請求項 4】

前記制御手段は、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になるまで、前記高周波振動付加装置の作動状態を維持する請求項 3 記載の位置決め装置。

【請求項 5】

被案内体が案内体に対し所定軌道を運動可能となるように、前記被案内体が潤滑膜及び

10

転動体を介して前記案内体に支持されて構成された案内機構と、

前記被案内体に前記案内体に対し運動するための駆動力を付与する駆動機構と、
前記案内体及び被案内体の少なくとも一方に高周波振動を付加するための高周波振動付加装置と、

前記被案内体が前記案内体に対し停止している状態で、作動している前記高周波振動付加装置を停止し、又は該高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が弱くなるように該高周波振動付加装置を制御する制御手段と、

を備えた位置決め装置。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記被案内体を前記案内体に対する所定の位置に移動する際には、前記駆動機構が作動する前又は作動するのと同時に、前記高周波振動付加装置を作動させ、又は該高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が強くなるように該高周波振動付加装置を制御するようになっている請求項 5 記載の位置決め装置。

20

【請求項 7】

潤滑膜及び転動体を介して案内体に所定軌道を案内可能に支持された被案内体を、前記案内体に対する所定位置に位置決めするための位置決め方法であって、

前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記転動体に高周波振動を付加し、又は該転動体に付加する高周波振動を強くする第 1 過程と、

前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決め動作の開始後であって前記転動体が転がり状態から非転がり状態に移行した場合に、前記転動体への高周波振動の付加を停止し、又は該転動体に付加する高周波振動を弱くする第 2 過程と、

30

を含む位置決め方法。

【請求項 8】

前記第 1 過程では、前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記転動体に高周波振動を付加し、

前記第 2 過程では、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、前記転動体への高周波振動の付加を停止する請求項 7 記載の位置決め方法。

【請求項 9】

前記第 1 過程では、前記被案内体が前記案内体に対する所定位置に移動を開始する前又は移動開始と同時に前記転動体に高周波振動を付加する請求項 8 記載の位置決め方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被案内体を案内体に対する所定位置に位置決めするための位置決め装置、及び位置決め方法に関する。

【背景技術】

【0002】

転動体を介してガイドレールに支持されたガイドブロックを有する直動案内において、ガイドレール及びガイドブロックに超音波振動を付加することで摩擦抵抗を低減する技術が知られている（例えば、特許文献 1、非特許文献 1 参照）。

50

【特許文献1】特開2005-256954号公報

【非特許文献1】大岩、「超音波振動によるリニアボールガイドの摩擦力制御に関する研究」、2006年度精密工学会春季大会学術講演界講演論文集」、平成18年3月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記の如き従来の技術では、ガイドブロックをガイドレールに対する所定位置に短時間で停止させて位置決めすることやこの位置決め状態を維持することについて、改善の余地がある。

【0004】

本発明は、上記事実を考慮して、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができる位置決め装置、及び位置決め方法を得ることが目的である。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために請求項1記載の発明に係る位置決め装置は、被案内体が案内体に対し所定軌道を運動可能となるように、前記被案内体が潤滑膜及び転動体を介して前記案内体に支持されて構成された案内機構と、前記被案内体に前記案内体に対する所定の位置へ移動させるための移動力を付与する駆動機構と、前記案内体及び被案内体の少なくとも一方に高周波振動を付加するための高周波振動付加装置と、前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記高周波振動付加装置を作動させ又は前記高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が強くなるように該高周波振動付加装置を制御し、かつ、前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決め駆動の開始後であって前記転動体が転がり状態から非転がり状態に移行したと判断した場合に、前記高周波振動付加装置の作動を停止させ又は前記高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が弱くなるように該高周波振動付加装置を制御する制御手段と、を備えている。

【0006】

請求項1記載の位置決め装置では、駆動機構が作動すると、被案内体は転動体を介して案内体に案内されつつ所定軌道に沿って案内体に対し移動（運動、変位、姿勢変化等としても把握することができる）し、また例えば駆動機構の作動が停止したり制動機構の作動によって被案内体は、案内体に対する移動を停止し、該案内体に対する所定位置に位置決めされる。この位置決めに際して、本位置決め装置では、制御手段の制御により、被案内体の案内体に対する位置決めが完了する前に高周波振動付加装置が作動し、被案内体と案内体との間に介在する転動体に高周波振動が付加されるか、又は転動体に付加される振動の強度が増大される。さらに、例えば所定の検出信号に基づいて、転動体が非転がり状態に移行したと制御手段が判断した場合（転動体が転がり状態から非転がり状態に移行したことが推定される条件が整った場合）に、高周波振動付加装置が停止されるか、又は転動体に付加される振動の強度が減少される。換言すれば、被案内体の案内体に対する位置決めが完了する直前に、高周波振動付加装置が停止されるか、又は転動体に付加される振動の強度が減少される。なお、「位置決め完了」は、被案内体の案内体に対する整定（停止）を意味する。したがって、位置決め完了は、駆動機構の停止前、停止と同時、停止後の各タイミングで生じ得る。

【0007】

ここで、転動体に高周波振動を付加すると、転動体と被案内体又は案内体（軌道面）との間の潤滑膜が薄くなる。この転動体の停止中又は微小な運動中に加振を停止すると、転動体と被案内体又は案内体とが直接的に接触して部分的に固着し、静止摩擦が増大する。制御手段による上記した制御が行われる本位置決め装置では、上記した被案内体の案内体に対する位置決めが完了する直前（微小な運動状態から停止への移行期間中）に静止摩擦が増大するので、被案内体の案内体に対する停止に伴う振動（ステップ入力に対する過渡応答）を減衰することができ、被案内体を案内体に対し短時間で精度良く停止させること

10

20

30

40

50

ができる。すなわち、被案内体が所定誤差範囲内で所定位置（目標位置）に至るまで整定時間が短縮される。

【 0 0 0 8 】

このように、請求項 1 記載の位置決め装置では、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができる。また、本位置決め装置では、被案内体の案内体に対する位置決めを短時間で完了（整定）すること（位置決め的高速化）が可能となる。なお、案内体及び被案内体の少なくとも一方を介して転動体に付加される高周波振動は、例えば数 1 0 0 H z 程度の可聴域の周波数でも良いが、超音波とすることが好ましい。

【 0 0 0 9 】

請求項 2 記載の発明に係る位置決め装置は、請求項 1 記載の位置決め装置において、前記制御手段は、前記駆動機構による前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記高周波振動付加装置を作動させ、かつ、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、前記高周波振動付加装置の作動を停止させるようになっている。

10

【 0 0 1 0 】

請求項 2 記載の位置決め装置では、被案内体の案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、制御手段は、転動体が転がり状態から非転がり状態に移行したと判断して、作動していた高周波振動付加装置を停止する。速度をパラメータにするので、転動体と被案内体又は案内体とが直接的に接触することによる静止摩擦の増大を確実に生じさせることができる。なお、転動体が非転がり状態になったことを推定するための所定速度は、該転動体の寸法形状等に応じて適宜設定される。

20

【 0 0 1 1 】

請求項 3 記載の発明に係る位置決め装置は、請求項 2 記載の位置決め装置において、前記制御手段は、前記被案内体を前記案内体に対する所定の位置に移動させる際には、前記駆動機構が作動する前又は作動するのと同時に、前記高周波振動付加装置を作動させるようになっている。

【 0 0 1 2 】

請求項 3 記載の位置決め装置では、制御手段の制御により、被案内体を案内体に対し駆動する際に、駆動機構が作動する前又は該作動と同時に高周波振動付加装置が作動し、転動体には高周波振動が付加される。これにより、転動体と案内体又は被案内体（軌道面）との間に潤滑剤（潤滑油）が送り込まれ、これらの間の静止摩擦が低減されるので、被案内体は駆動機構の作動初期から案内体に対しスムーズに移動する。すなわち、駆動機構の作動（ステップ入力）に対する被案内体の応答遅れが抑制され、整定時間が一層短縮される。

30

【 0 0 1 3 】

請求項 4 記載の発明に係る位置決め装置は、請求項 3 記載の位置決め装置において、前記制御手段は、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になるまで、前記高周波振動付加装置の作動状態を維持する。

【 0 0 1 4 】

請求項 4 記載の位置決め装置では、駆動機構の作動により被案内体が案内体に対し駆動されてから、所定位置（目標）での位置決め完了の直前まで、転動体に高周波振動が付加される状態が維持される。このため、被案内体は、位置決めされ所定位置に至るまでの動摩擦が低減されるので、該所定位置までスムーズにかつ短時間で到達する。そして、このように動摩擦が低減された状態から、位置決め完了の直前である被案内体の案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に高周波振動付加装置を停止することで、静止摩擦を増大させることができる。すなわち、整定時間をより一層短縮することができる。

40

【 0 0 1 5 】

上記目的を達成するために請求項 5 記載の発明に係る位置決め装置は、被案内体が案内体に対し所定軌道を運動可能となるように、前記被案内体が潤滑膜及び転動体を介して前記案内体に支持されて構成された案内機構と、前記被案内体に前記案内体に対し運動する

50

ための駆動力を付与する駆動機構と、前記案内体及び被案内体の少なくとも一方に高周波振動を付加するための高周波振動付加装置と、前記被案内体が前記案内体に対し停止している状態で、作動している前記高周波振動付加装置を停止し、又は該高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が弱くなるように該高周波振動付加装置を制御する制御手段と、を備えている。

【0016】

請求項5記載の位置決め装置では、駆動機構が作動すると、被案内体は転動体を介して案内体に案内されつつ所定軌道に沿って案内体に対し運動（移動、変位、姿勢変化等としても把握することができる）し、また例えば駆動機構の作動が停止したり制動機構の作動によって被案内体は、案内体に対する運動を停止し、該案内体に対し停止する。このように被案内体が案内体に対し停止している状態で、制御手段の高周波振動付加装置の制御によって、被案内体と案内体との間に介在している転動体への高周波振動の付加が停止されるか、又は転動体に付加されている高周波振動の強度が減少される。なお、転動体への高周波振動の付加開始は、被案内体の案内体に対する運動中であっても停止中であっても良い。

10

【0017】

ここで、転動体に高周波振動を付加すると、転動体と被案内体又は案内体（軌道面）との間の潤滑膜が薄くなる。この転動体の停止中又は微小な運動中に加振を停止すると、転動体と被案内体又は案内体とが直接的に接触して部分的に固着し、静止摩擦が増大する。制御手段による上記した制御が行われる本位置決め装置では、被案内体の案内体に対する停止中に静止摩擦が増大するので、案内体に対する被案内体の支持剛性が増す。このため、被案内体は、案内体に対する所定位置で精度良く位置決めされた状態を維持し易い。換言すれば、例えば駆動装置の支持剛性に頼ることなく、被案内体を案内体に対する所定位置で保持することが可能になる。

20

【0018】

このように、請求項5記載の位置決め装置では、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができる。なお、案内体及び被案内体の少なくとも一方を介して転動体に付加される高周波振動は、例えば数100Hz程度の可聴域の周波数でも良いが、超音波とすることが好ましい。

【0019】

このように、請求項5記載の位置決め装置では、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができる。

30

【0020】

請求項6記載の発明に係る位置決め装置は、請求項5記載の位置決め装置において、前記制御手段は、前記被案内体を前記案内体に対する所定の位置に移動する際には、前記駆動機構が作動する前又は作動するのと同時に、前記高周波振動付加装置を作動させ、又は該高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が強くなるように該高周波振動付加装置を制御するようになっている。

【0021】

請求項6記載の位置決め装置では、制御手段は、例えば被案内体を案内体に対する別の位置決め点等に移動するのに際して、駆動機構を作動する前又は作動するのと同時に、高周波振動付加装置を作動して転動体に高周波振動を付加させ、又は高周波振動付加装置が発生する高周波振動の強度が強くなるように該高周波振動付加装置を制御する。これにより、転動体と案内体又は被案内体（軌道面）との固着が解消されると共に、該転動体と案内体又は被案内体との間に潤滑剤（潤滑油）が送り込まれ、これらの間の静止摩擦が低減されるので、被案内体は駆動機構の作動初期から案内体に対しスムーズに移動することができる。

40

【0022】

上記目的を達成するために請求項7記載の発明に係る位置決め方法は、潤滑膜及び転動体を介して案内体に所定軌道を案内可能に支持された被案内体を、前記案内体に対する所

50

定位置に位置決めするための位置決め方法であって、前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記転動体に高周波振動を付加し、又は該転動体に付加する高周波振動を強くする第1過程と、前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決め動作の開始後であって前記転動体が転がり状態から非転がり状態に移行した場合に、前記転動体への高周波振動の付加を停止し、又は該転動体に付加する高周波振動を弱くする第2過程と、を含む。

【0023】

請求項7記載の位置決め方法では、被案内体を案内体に対し移動（運動、変位、姿勢変化としても把握することができる）させて所定位置で位置決めする際に、被案内体が案内体に対し位置決めされる（停止する）前に、案内体と被案内体との間に介在している転動体に高周波振動を付加し又は付加する高周波振動の強度を増し（第1過程）、さらに被案内体の案内体に対する所定の位置への位置決め動作の開始後であって転動体が転がり状態から非転がり状態に移行した（ことが推定される条件が整った）場合に、換言すれば、被案内体が案内体に対し位置決めされる直前に、転動体に対する高周波振動の付加を停止し又は付加する高周波振動の強度を減ずる（第2過程）。

10

【0024】

ここで、転動体に高周波振動を付加すると、転動体と被案内体又は案内体（軌道面）との間の潤滑膜が薄くなる。この転動体の停止中又は微小な運動中に加振を停止すると、転動体と被案内体又は案内体とが直接的に接触して部分的に固着し、静止摩擦が増大する。したがって、上記した第1及び第2過程をこの順に行う本位置決め方法では、被案内体の案内体に対する位置決め完了の直前（微小な運動状態から停止への移行期間中）に静止摩擦が増大するので、被案内体の案内体に対する停止に伴う振動（ステップ入力に対する過渡応答）を減衰することができ、被案内体を案内体に対し短時間で精度良く停止させることができる。すなわち、被案内体が所定誤差範囲内で所定位置（目標位置）に至るまで整定時間が短縮される。

20

【0025】

このように、請求項7記載の位置決め方法では、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができる。また、本位置決め方法では、被案内体の案内体に対する位置決めを短時間で完了すること（位置決め的高速化）が可能となる。なお、案内体及び被案内体の少なくとも一方を介して転動体に付加される高周波振動は、例えば数100Hz程度の可聴域の周波数でも良いが、超音波とすることが好ましい。

30

【0026】

請求項8記載の発明に係る位置決め方法は、請求項7記載の位置決め方法において、前記第1過程では、前記被案内体の前記案内体に対する所定の位置への位置決めが完了する前に、前記転動体に高周波振動を付加し、前記第2過程では、前記被案内体の前記案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、前記転動体への高周波振動の付加を停止する。

【0027】

請求項8記載の位置決め方法では、被案内体の案内体に対する移動速度が所定速度以下になった場合に、転動体が転がり状態から非転がり状態に移行した（ことが推定される条件が整った）として、第1過程において付加していた転動体への高周波振動の付加を停止する（第2過程）。速度をパラメータにするので、転動体と被案内体又は案内体とが直接的に接触することによる静止摩擦の増大を確実に生じさせることができる。なお、転動体が非転がり状態になったことを推定するための所定速度は、該転動体の寸法形状等に応じて適宜設定される。

40

【0028】

請求項9記載の発明に係る位置決め方法は、請求項8記載の位置決め方法において、前記第1過程では、前記被案内体が前記案内体に対する所定位置に移動を開始する前又は移動開始と同時に前記転動体に高周波振動を付加する。

【0029】

50

請求項 9 記載の位置決め方法では、被案内体の案内体への位置決めすなわち移動を開始する際に、第 1 過程において、被案内体の移動を開始する前又は移動開始と同時に転動体に高周波振動を付加する。これにより、転動体と案内体又は被案内体（軌道面）との間に潤滑剤（潤滑油）が送り込まれ、これらの間の静止摩擦が低減されるので、被案内体は駆動機構の作動初期から案内体に対しスムーズに移動する。すなわち、駆動機構の作動（ステップ入力）に対する被案内体の応答遅れが抑制され、整定時間が一層短縮される。

【発明の効果】

【0030】

以上説明したように本発明に係る位置決め装置及び位置決め方法は、被案内体の案内体に対する位置決め精度を向上することができるという優れた効果を有する。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

本発明の実施形態に係る位置決め装置 10 について、図 1 乃図 12 に基づいて説明する。なお、図中に適宜示す矢印 U は、重力方向の上側を表している。先ず、位置決め装置 10 の構成を説明し、次いで、位置決め装置 10 の制御の前提となる知見すなわち後述する転動体への超音波振動の付加タイミングによる静止摩擦増大作用について説明し、その後、本発明の要部である位置決め装置 10 の制御及び作用効果を説明することとする。

【0032】

[位置決め装置の構成]

図 1 には、位置決め装置 10 の全体構成が模式的な側面図及びブロック図にて示されている。この図に示される如く、位置決め装置 10 は、例えば図示しないワーク等を機台 12 に対し所定の軌道に沿って案内するための案内機構としてのリニアガイド 14 と、リニアガイド 14 によって機台 12 に対し変位可能に支持され上記ワーク等を載置するための位置決めテーブル 16 と、位置決めテーブル 16 に駆動力及び制動力を付与する駆動機構としてのサーボ機構 18 と、リニアガイド 14 を構成する後述の転動体 20 に高周波振動を付加するための高周波振動付加装置としての加振装置 22 と、サーボ機構 18 及び加振装置 22 を制御するための制御装置 24 とを主要構成要素として構成されている。

20

【0033】

リニアガイド 14 は、機台 12 上に固定された案内体としてのガイドレール 26 を備えている。ガイドレール 26 は、鋼材にて構成され、所定方向に長手の直線状（長尺状）を成している。また、リニアガイド 14 に対し該リニアガイド 14 の長手方向に移動可能に支持された被案内体としてのガイドブロック 28 を備えている。この実施形態では、ガイドブロック 28 は、ガイドレール 26 の長手方向に離間して複数（2 つ）設けられており、位置決めテーブル 16 は、2 つのガイドブロック 28 のそれぞれに固定されている。

30

【0034】

これにより、位置決めテーブル 16 は、リニアガイド 14 によって、機台 12 に対しガイドレール 26 の長手方向に沿った直線方向に変位可能とされている。なお、位置決め装置 10 では、例えば、複数のリニアガイド 14 を互いにガイドレール 26 が並列するように配置し、これらのガイドレール 26 がそれぞれ支持されて複数列で複数行（例えば 2 列 2 行の計 4 つ）を成すガイドブロック 28 のそれぞれに、位置決めテーブル 16 を固定する

40

【0035】

リニアガイド 14 についてより具体的に説明すると、図 1 及び図 2 に示される如く、ガイドブロック 28 は、鋼材にて構成され、ガイドレール 26 の長手方向及び幅方向（図 2 の矢印 W 方向）に延在し位置決めテーブル 16 を固定するための取付ねじ孔 30 A が形成された天板部 30 と、天板部 30 からガイドレール 26 を幅方向に挟むように垂下された一対の脚部 32 とを有し、これら天板部 30、一対の脚部 32 でガイドレール 26 を上方及び幅方向両側から囲むように配置される構成とされている。一対の脚部 32 におけるガイドレール 26 との対向面側には、それぞれガイドレール 26 に向けて凹でかつガイドレール 26 の長手方向に長手を成す断面略 V 溝状の転動体保持溝 32 A が形成されている。

50

【 0 0 3 6 】

一方、ガイドレール 2 6 における転動体保持溝 3 2 A に対応する部分には、該ガイドレール 2 6 の全長に亘って断面略 V 溝状の転動体溝 2 6 A が形成されている。そして、リニアガイド 1 4 は、一部を転動体保持溝 3 2 A に入り込ませると共に他の一部を転動体溝 2 6 A に入り込ませつつ、一对の脚部 3 2 すなわちガイドブロック 2 8 をガイドレール 2 6 に対し非接触状態で支持させる多数の転動体（例えば、球形状のボール、円筒状や円錐台状のころ）2 0 を備えている。転動体 2 0 は、鋼材にて構成されている。さらに、一对の脚部 3 2 には、それぞれの転動体保持溝 3 2 A に連通して該転動体保持溝 3 2 A とで無限軌道を成す転動体循環路 3 2 B が形成されている。

【 0 0 3 7 】

以上説明したリニアガイド 1 4 では、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する該ガイドレール 2 6 の長手方向への相対変位に伴って、各多数の転動体 2 0 が自転しながら転動体保持溝 3 2 A、転動体循環路 3 2 B を循環する構成であり、すべり案内と比較して低摩擦を実現している。

【 0 0 3 8 】

図 1 に示される如く、サーボ機構 1 8 は、ブラケット 3 6 を介して機台 1 2 に固定的に支持されたサーボモータ 3 8 と、サーボモータ 3 8 の回転運動を位置決めテーブル 1 6 の直線運動に変換する運動変換機構 4 0 とを備えている。この実施形態では、運動変換機構 4 0 は、ガイドレール 2 6 の長手方向に平行に配置されたねじ軸 4 2 と、該ねじ軸 4 2 に螺合されたナット 4 4 とを含む送りねじ機構とされている。より具体的には、ねじ軸 4 2 は、サーボモータ 3 8 の回転軸 3 8 A に同軸的かつ一体的に回転するように連結されており、ナット 4 4 は、位置決めテーブル 1 6 の中空部 1 6 A のサーボモータ 3 8 側端部の近傍に固定されている。位置決めテーブル 1 6 の中空部 1 6 A は、該位置決めテーブル 1 6 とねじ軸 4 2 との相対変位に伴う干渉を、位置決めテーブル 1 6 の機台 1 2 に対する全ストロークで防止するようにその長さが決められている。

【 0 0 3 9 】

以上説明したサーボ機構 1 8 では、サーボモータ 3 8 が作動すると運動変換機構 4 0 のねじ軸 4 2 が自軸廻りに回転し、この回転が運動変換機構 4 0 のナット 4 4 すなわち位置決めテーブル 1 6 のガイドレール 2 6 の長手方向に沿った直線運動に変換され、位置決めテーブル 1 6 を機台 1 2 に対し移動させることができる。また、サーボ機構 1 8 では、サーボモータ 3 8 の作動すなわちねじ軸 4 2 の回転を停止すると、ねじ軸 4 2 とナット 4 4 とのセルフロック作用によって位置決めテーブル 1 6 が機台 1 2 に対し移動不能に支持されるようになっている。なお、この実施形態では、運動変換機構 4 0 は、ねじ軸 4 2 とナット 4 4 との間に多数のボールを自転、循環可能に介在させたボールねじ機構とされている。

【 0 0 4 0 】

図 1 に示される如く、加振装置 2 2 は、ガイドレール 2 6（を介して転動体 2 0）を加振するためのレール用超音波振動子 4 6 と、各ガイドブロック 2 8（を介して転動体 2 0）を加振するためのブロック用超音波振動子 4 8 とを備えている。レール用超音波振動子 4 6 及びブロック用超音波振動子 4 8 は、それぞれ一对の金属ブロック 5 0 間に電極を介して piezo 素子 5 2 を挟み込んで予圧を付与した所謂ランジュバン型の超音波振動子とされており、交番電圧の印加によって piezo 素子 5 2 を軸線方向に伸縮させて軸線方向伝播する超音波振動発生するように構成されている。

【 0 0 4 1 】

図 1 及び図 3 に示される如く、レール用超音波振動子 4 6 は、一方の金属ブロック 5 0 の軸方向端面 5 0 A がガイドレール 2 6 の長手方向一端面 2 6 B に固定されている。これにより、レール用超音波振動子 4 6 から加振を受けたガイドレール 2 6 は、長手方向に伸縮しつつポアソン効果によって幅方向、上下方向にも伸縮するようになっている。これにより、位置決め装置 1 0 では、ガイドレール 2 6 を介して、転動体 2 0 に各方向（特に上下方向に一致する転動体溝 2 6 A の開口幅方向）の超音波振動を付与し得る構成とされて

10

20

30

40

50

いる。

【 0 0 4 2 】

ところで、位置決め装置 1 0 では、ガイドレール 2 6 内の超音波振動の伝播を妨げないように、該ガイドレール 2 6 を位置決め装置 1 0 に固定している。具体的には、図 3 に示される如く、ガイドレール 2 6 を伝播する超音波振動の節位置がガイドレール 2 6 の機台 1 2 に対する固定部 2 6 C として設定されている。より具体的には、ガイドレール 2 6 を伝播する超音波振動の波長を r とすると、ガイドレール 2 6 の長手方向一端面 2 6 B から $r / 4$ だけ離間した位置に該長手方向一端面 2 6 B (レール用超音波振動子 4 6 による加振点) に最も近い固定部 2 6 C を配置すると共に、各固定部 2 6 C のピッチを $r / 2$ としている。

10

【 0 0 4 3 】

これにより、位置決め装置 1 0 では、長尺のガイドレール 2 6 の長手方向の全長に亘り (ガイドブロック 2 8 の転動体 2 0 を介在させた支持位置を含む長手方向の各部に) 超音波振動を減衰を抑制しつつ伝播させることができる。なお、例えばガイドレール 2 6 を伝播する波の音速を $c = 5 2 0 0 [m / s]$ 、ブロック用超音波振動子 4 8 の発生する超音波振動の周波数を $f = 3 2 [k H z]$ とすると、 $r = c / f = 1 6 0 m m$ となるので、各固定部 2 6 C のピッチは略 8 0 m m となる。また、この実施形態では、各固定部 2 6 C では、ボルト 3 4 による締結でガイドレール 2 6 が機台 1 2 に対し固定されている。

【 0 0 4 4 】

図 4 に示される如く、ブロック用超音波振動子 4 8 は、一方の金属ブロック 5 0 の軸方向端面 5 0 A が天板部 3 0 の幅方向端面 3 0 B に固定されている。これにより、ブロック用超音波振動子 4 8 から加振を受けたガイドブロック 2 8 は、天板部 3 0 の幅方向に伸縮しつつポアソン効果によって一對の脚部 3 2 が主に上下方向に伸縮するようになっている。これにより、位置決め装置 1 0 では、ガイドブロック 2 8 を介して、転動体 2 0 の上下方向 (転動体保持溝 3 2 A の開口幅方向) の超音波振動を付与し得る構成とされている。

20

【 0 0 4 5 】

ところで、位置決め装置 1 0 では、天板部 3 0 内の超音波振動の伝播を妨げないように、該天板部 3 0 を位置決めテーブル 1 6 に固定している。具体的には、図 4 に示される如く、天板部 3 0 を幅方向に伝播する超音波振動の節位置に取付ねじ孔 3 0 A が設定されている。より具体的には、ガイドレール 2 6 を伝播する超音波振動の波長を b とすると、天板部 3 0 の幅方向端面 3 0 B から $b / 4$ だけ離間した位置に該幅方向端面 3 0 B (ブロック用超音波振動子 4 8 による加振点) に最も近い取付ねじ孔 3 0 A を配置すると共に、各固定部 2 6 C のピッチを $b / 2$ としている。

30

【 0 0 4 6 】

また、この実施形態では、取付ねじ孔 3 0 A (節位置) が一對の脚部 3 2 の幅方向中央になるように、これらの脚部 3 2 が天板部 3 0 から垂下されており、かつ、運動変換機構 4 0 の厚み方向中央 (ブロック用超音波振動子 4 8 の軸線の延長線) から転動体保持溝 3 2 A の開口幅方向中央部までの距離が $b / 4$ とされている。これにより、位置決め装置 1 0 では、転動体保持溝 3 2 A の開口幅方向中央すなわち転動体 2 0 の保持位置において、ブロック用超音波振動子 4 8 から運動変換機構 4 0 に入力され、ポアソン効果により一對の脚部 3 2 を伝播する超音波振動の腹が生じ、該転動体 2 0 に強度が高い超音波振動を付与し得る構成とされている。

40

【 0 0 4 7 】

図 1 に示される如く、制御装置 2 4 は、制御器 5 4 を備えており、制御器 5 4 は、サーボモータ 3 8 及び回転軸 3 8 A の回転角に応じた信号を出力するロータリエンコーダ (又はレゾルバ等) 5 8 に電氣的に接続されたサーボアンプ 5 6 に電氣的に接続されている。制御器 5 4 は、位置決めテーブル 1 6 の機台 1 2 に対し静止する複数の目標位置 (例えば、ワークの受け取り位置、加工又は測定位置、受け渡し位置の一部又は全部を含む各位置) が設定されている。

【 0 0 4 8 】

50

制御器 5 4 は、所要の目標位置とロータリエンコーダ 5 8 の信号（サーボアンプ 5 6 を経由した信号）に基づく現在位置との偏差を演算し、偏差の生じている期間にはサーボモータ 3 8 が駆動されるようにサーボアンプ 5 6 に駆動指令を出力し、偏差が 0 になった場合にサーボモータ 3 8 が停止されるようにサーボアンプ 5 6 に停止指令を出力するようになっている。

【 0 0 4 9 】

また、この実施形態では、制御装置 2 4 は、位置決めテーブル 1 6 の機台 1 2 に対する位置を直接的に検出するため測長（距離）センサ 6 0 を備えており、制御器 5 4 は、測長センサ 6 0 からの信号を、位置決めテーブル 1 6 の機台 1 2 に対する現在位置を検知するために、ロータリエンコーダ 5 8 の信号よりも優先して用いる構成とされている。

10

【 0 0 5 0 】

さらに、位置決め装置 1 0 では、レール用超音波振動子 4 6、各ブロック用超音波振動子 4 8 を加振させるための加振回路 6 2、6 4 を備えている。この実施形態では、加振回路 6 2、6 4 は、制御器 5 4 からの指令（アナログ信号の大きさ）に応じて、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 が生じる超音波振動の強度を変化させ得る構成とされている。

【 0 0 5 1 】

具体的には、加振回路 6 2 は、高周波正弦波信号を生成して出力する発振器 6 6 と、制御器 5 4 からの指令に応じて発振器 6 6 が出力した高周波正弦波信号の振幅を変調する振幅変調器 6 8 と、振幅変調器 6 8 が出力した高周波正弦波信号の増幅するための増幅器 7 0 と、増幅器 7 0 が増幅した高周波正弦波信号を昇圧してブロック用超音波振動子 4 8 に印加する昇圧トランス 7 2 とを主要構成要素として構成されている。これにより、位置決め装置 1 0 では、加振回路 6 2（振幅変調器 6 8）の振幅変調によって、レール用超音波振動子 4 6 がガイドレール 2 6（転動体 2 0）を加振する超音波振動の強度を変化させる構成とされている。

20

【 0 0 5 2 】

同様に、加振回路 6 4 は、高周波正弦波信号を生成して出力する発振器 7 4 と、制御器 5 4 からの指令に応じて発振器 7 4 が出力した高周波正弦波信号の振幅を変調する振幅変調器 7 6 と、振幅変調器 7 6 が出力した高周波正弦波信号の増幅するための増幅器 7 8 と、増幅器 7 8 が増幅した高周波正弦波信号を昇圧してブロック用超音波振動子 4 8 に印加する昇圧トランス 8 0 とを主要構成要素として構成されている。これにより、位置決め装置 1 0 では、加振回路 6 4（振幅変調器 7 6）の振幅変調によって、ブロック用超音波振動子 4 8 がガイドブロック 2 8（転動体 2 0）を加振する超音波振動の強度を変化させる構成とされている。

30

【 0 0 5 3 】

この実施形態では、加振回路 6 2 と加振回路 6 4 とは、制御器 5 4 から共通の指令を受けて同じタイミングでレール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 の加振強度を変化させる構成とされている。なお、制御器 5 4 からの指令には、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 の停止指令も含まれている。そして、後述する制御例では、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 は、作動中はそれぞれの所定強度で加振対象を加振すれば足りるため、単に作動、停止のタイミングのみが制御される構成としても良い。また、加振強度を変化させるために振幅変調を用いる構成に代えて、周波数変調やパルス幅変調を用いることも可能である。

40

【 0 0 5 4 】

[静止摩擦増大作用]

以上説明した位置決め装置 1 0 では、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 の作動、停止にタイミングによって、ガイドレール 2 6 とガイドブロック 2 8 との相対変位に伴う静止摩擦を増大することができるので、説明する。

【 0 0 5 5 】

図 5（A）～図 5（D）には、転動体 2 0 とガイドレール 2 6 の転動体溝 2 6 A 又はガ

50

イドブロック 28 の転動体保持溝 32 A (以下、軌道面 T という場合がある) との接触部が模式的に示されている。これらの図は、転動体 20 の表面及び軌道面 T が滑らかな面ではなく微小な凸凹を有することを、軌道面 T 側において図示したものである。したがって、転動体 20 と軌道面 T とは、ミクロ的には、図 5 (A) に示される如く、潤滑油等の潤滑膜を介して複数の微小な凸部 P にて接触しているものと考えられる。

【0056】

この状態から図 5 (B) に示される如く転動体 20 に矢印 A にて示す駆動力 F が作用すると、例えば図 5 (B) に で囲んで示す凸部 P1 が弾性変形し、転動体 20 の軌道面 T に対する矢印 A 方向の微小な相対変位 x が生じる。この状態から駆動力 F が増大すると、図 5 (C) に示される如く、転動体 20 は凸部 P を乗り越えようとし、相対変位 x が増大する。ここまでの状態は、転動体 20 と軌道面 T とは、互いの接触箇所が静止 (初期) 状態での接触箇所と同じ (凸部 P1) である状態が維持されており、該状態を「非転がり状態」ということとする。

10

【0057】

一方、図 5 (C) の状態からさらに駆動力 F を増大すると、図 5 (D) に示される如く、転動体 20 は凸部 P (凸部 P1) を乗り越えて一気に転がり出す。これに伴って、転動体 20 と軌道面 T との接触点は、次々と転動体 20、軌道面 T の各表面を移動していく。この状態を、「転がり状態」ということとする。

【0058】

そして、図 5 (A) ~ 図 5 (C) に示す非転がり状態において、転動体 20 又は軌道面 T に高周波振動を付加した場合、転動体 20 と軌道面 T との常に同じ接触点 (凸部 P) が、高周波振動に伴って相対運動 (接離) する。このため、これらの接触点における潤滑膜 (油膜) が押し出されて薄くなり、部分的に潤滑膜が途切れる部位が生じ得る。このように潤滑膜が薄くなった状態で高周波振動を除去すると、転動体 20 と軌道面 T との金属同士の真実接触面積が増大して固着した状態になる (微小な固着部が生じる) ので、転動体 20 と軌道面 T との相対変位を生じさせるために抗すべき静止摩擦力が増大する。

20

【0059】

図 6 は、ガイドレール 26 のガイドブロック 28 に対する静止状態で、レール用超音波振動子 46 及びブロック用超音波振動子 48 を作動した時間を横軸にとり (作動時間 0 は、超音波付加なしを意味する)、レール用超音波振動子 46 及びブロック用超音波振動子 48 の作動停止後にガイドブロック 28 (この実験では位置決めテーブル 16 を取り付けない単一のガイドブロック 28) をガイドレール 26 に対し移動させるのに要したピーク荷重すなわち静止摩擦力を縦軸にとった線図である。この図から、転動体 20 及び軌道面 T に超音波振動を付加した場合には、付加しない場合と比較して静止摩擦力が増大することが確かめられた。なお、図 6 の黒塗りプロットと白抜きプロットとでは、ガイドレール 26 に対するガイドブロック 28 の移動方向が逆であるが、静止摩擦力の増大効果は、このガイドレール 26 に対するガイドブロック 28 の移動方向にも依存しないことが確かめられた。

30

【0060】

より具体的には、静止摩擦力 F_f は、加振時間 0 の場合に静止摩擦力 F_{f0} に対し、略倍増していることがわかる。また、静止摩擦力 F_f の増大効果は、加振時間に依存しないことがわかる。さらに、図示は省略するが、レール用超音波振動子 46 及びブロック用超音波振動子 48 への印加電圧を半減させたところ、静止摩擦力 F_f は印加電圧を半減する前の値と加振時間 0 の場合の値とほぼ中間の値となり、転動体 20 及び軌道面 T に付加する高周波振動の強度に応じて静止摩擦力を制御可能であることも確かめられた。なお、この実験結果は、ワイヤを介してガイドブロック 28 (単一のガイドブロック 28) に連結された力センサを人手で引っ張ることにより測定したものである。

40

【0061】

他方、転がり状態で転動体 20 及び軌道面 T に高周波振動を付加した場合においては、これらの接触点が次々に移動していくために潤滑膜が押し出されることがなく、接触点で

50

は加振による相対運動（接離）が常に生じているので、転動体 20 と軌道面 T との間に予圧等に起因する微小なすべり摩擦が生じることが防止される。換言すれば、高周波振動の付加によって転動体 20 と軌道面 T との接触状態が完全な転がり接触に近づき、ガイドブロック 28 のガイドレール 26 に対する移動に伴う動摩擦が低減する。

【 0 0 6 2 】

同様に、転動体 20 及び軌道面 T に高周波振動を付加したまま非転がり状態から転がり状態に移行する場合においても、転動体 20 と軌道面 T との間に予圧等に起因する微小なすべり摩擦が生じることが防止されるため、ガイドブロック 28 のガイドレール 26 に対する移動開始に要する静止摩擦が低減する。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、ガイドブロック 28 をガイドレール 26 に対し所定の位置から別途所定の位置まで移動する（位置決めする）際の摩擦力と時間との関係を示す線図である。この図において、太い実線は、転動体 20 及び軌道面 T への超音波振動の付加がない場合を示し、細かい実線は、ガイドレール 26 の移動開始から停止までの全期間に亘り超音波振動を付加した場合を示している。これらの比較から、超音波振動の付加によって静止摩擦及び動摩擦が共に低減されることが確かめられた。

【 0 0 6 4 】

図 8 は、図 7 で太い実線にて示した超音波振動の付加なしの場合を細かい実線にて示しており、ガイドレール 26 のガイドブロック 28 に対する移動直後の期間 T0 においてのみ超音波振動を付加した場合の摩擦力の時間変化を太い実線にて示している。この図から、ガイドレール 26 のガイドブロック 28 に対する移動直後に生じる静止摩擦力のみを低減する（動摩擦は同等）ことができることが確かめられた。

【 0 0 6 5 】

さらに、図 9 は、転動体 20 及び軌道面 T に付加する超音波振動の強度（この図では印加電圧（昇圧トランス 72、80 の 1 次側）と、静止摩擦力との関係を示している。この図から、付加する超音波振動の強度が強いほど静止摩擦力の低減効果が高いことが確かめられた。換言すれば、転動体 20 及び軌道面 T に付加する高周波振動の強度に応じて静止摩擦力を、減じる方向にも制御可能であることも確かめられた。

【 0 0 6 6 】

以上により、位置決め装置 10 では、例えば図 10 に示す如く各種動作が可能となる。図 10 (A) は、位置決め開始前から転動体 20 及び軌道面 T に超音波振動を付加（転動体 20 及び軌道面 T を加振）しておくことで、超音波振動を付加しない場合と比較して、該付加期間で静止摩擦及び動摩擦を低減することができることを示している。図 10 (B) は、位置決め動作の途中で転動体 20 及び軌道面 T を加振することで、超音波振動を付加しない場合と比較して、該途中から動摩擦を低減することができることを示している。図 10 (C) は、位置決め開始初期にのみ転動体 20 及び軌道面 T を加振することで、超音波振動を付加しない場合と比較して、該位置決め（移動）開始初期における静止摩擦のみを選択的に低減することができることを示している。図 10 (D) は、位置決め開始前に転動体 20 及び軌道面 T を加振し、かつ加振を停止することで、超音波振動を付加しない場合と比較して、ガイドレール 26 を移動しようとする力に抗する静止摩擦すなわち 26 の支持剛性を大きくすることができることを示している。図 10 (E) は、ガイドレール 26 のガイドブロック 28 に対する位置決め前に転動体 20 及び軌道面 T の加振を開始し、ガイドレール 26 の停止後に加振を停止した場合でも、図 10 (D) の場合と同様に、超音波振動を付加しない場合と比較して、ガイドレール 26 を移動しようとする力に抗する静止摩擦すなわち 26 の支持剛性を大きくすることができることを示している。図 10 (F) は、図 10 (E) の如くしてガイドレール 26 のガイドブロック 28 に対する支持剛性（静止摩擦）を高めた場合であっても、次の位置決め開始前に転動体 20 及び軌道面 T を加振することで、該次の位置決めに伴う静止摩擦、動摩擦を低減することができることを示している。図示は省略するが、図 10 (B) や図 10 (C) の如くして静止摩擦又は動摩擦のみを低減することも可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

転動体 2 0 及び軌道面 T に対する超音波振動の付加、付加停止のタイミングに応じて上記の通りガイドレール 2 6 のガイドブロック 2 8 の変位に伴う摩擦を調整可能な位置決め装置 1 0 では、制御装置 2 4 の制御器 5 4 は、図 1 1 に示される如く、サーボ機構 1 8 のサーボモータ 3 8、加振回路 6 2、6 4 (レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8) を制御するようになっている。

【 0 0 6 8 】

以下、実施形態の作用を図 1 1 に示すフローチャートを参照しつつ説明する。

【 0 0 6 9 】

上記構成の位置決め装置 1 0 では、制御装置 2 4 の制御器 5 4 は、ステップ S 1 0 で、例えば適用された自動組立装置や自動計測装置等から位置決めテーブル 1 6 の移動 (位置変更) 指令が入力されたか否かを判断する。移動指令が入力されていないと判断した場合には、ステップ S 1 0 に戻り、移動指令が入力されるまで繰り返す。ステップ S 1 0 で移動指令が入力されたと判断した制御器 5 4 は、ステップ S 1 2 に進み、レール用超音波振動子 4 6、各ブロック用超音波振動子 4 8 が所定強度の超音波振動を生じるように、加振回路 6 2、6 4 を作動し、ステップ S 1 4 に進み、サーボモータ 3 8 を作動する。

【 0 0 7 0 】

次いで制御器 5 4 は、ステップ S 1 6 に進み、目標位置と現在位置の偏差を演算すると共に、該偏差の絶対値が設定値以下であるか否か、換言すれば、位置決めテーブル 1 6 が目標位置の近傍に至ったか否かを判断する。目標位置と現在位置の偏差の絶対値が設定値を超えると判断した場合には、ステップ S 1 4 に戻る。一方、目標位置と現在位置の偏差の絶対値が設定値以下であると判断した場合には、ステップ S 1 8 に進み、測長センサ 6 0 の出力信号に基づいてガイドブロック 2 8 の速度 V を演算する (変位を時間微分する) と共に、該ガイドブロック 2 8 の速度 V が極低速度である所定の閾値 V 0 以下であるか否かを判断する。制御器 5 4 は、ガイドブロック 2 8 の速度 V が閾値 V 0 を超えると判断した場合にはステップ S 1 8 に戻り、ガイドブロック 2 8 の速度が閾値 V 0 以下であると判断した場合 (例えば速度 V = 0 になった瞬間) に、ステップ S 2 0 に進み、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 によるガイドレール 2 6、ガイドブロック 2 8 の加振が停止されるように、加振回路 6 2、6 4 を制御する。上記したステップ S 1 6 を経ることにより、サーボモータ 3 8 の始動直後にステップ S 1 8 で V > V 0 である判断して、ステップ S 2 0 でガイドレール 2 6、ガイドブロック 2 8 の加振が停止され手まうことが防止される。

【 0 0 7 1 】

さらに制御器 5 4 は、ステップ S 2 2 に進み、ロータリエンコーダ 5 8 又は測長センサ 6 0 の出力信号に基づいて、位置決めテーブル 1 6 すなわち各ガイドブロック 2 8 の停止目標位置と現在位置の偏差を演算すると共に該偏差が 0 であるか否かを判断する。偏差が 0 でないと判断した制御器 5 4 は、ステップ S 1 4 に戻ってサーボモータ 3 8 の駆動を続け、偏差が 0 である (一度 0 になった) と判断した制御器 5 4 は、ステップ S 2 4 に進んでサーボモータ 3 8 を停止する。

【 0 0 7 2 】

ここで、位置決め装置 1 0 では、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する移動速度 V が閾値 V 0 以下になった場合、換言すれば、各転動体 2 0 のガイドレール 2 6、ガイドブロック 2 8 に対する運動形態が非転がり状態に移行したと推定される条件が整った場合に、制御器 5 4 は、各転動体 2 0 が転がり状態から非転がり状態に移行したと判断して、ガイドレール 2 6、ガイドブロック 2 8 の加振すなわち転動体 2 0 への超音波振動の付加を停止するため、転動体 2 0 と軌道面 T (ガイドレール 2 6 とガイドブロック 2 8) との間の静止摩擦が増大する。このため、サーボモータ 3 8 の停止 (ステップ入力) に伴うガイドレール 2 6 のガイドブロック 2 8 に運動に対し大きな摩擦減衰が作用し、ガイドレール 2 6 に対するガイドブロック 2 8 の振動的な運動が抑制され、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する整定時間が短縮される。なお、整定時間とは、ガイドレール

10

20

30

40

50

26に対するガイドブロック28の移動開始から、ガイドブロック28のガイドレール26に対する運動が位置決め目標位置の±5%以内の範囲に納まるまでの時間として定義される。

【0073】

また、位置決め装置10では、サーボモータ38の作動前にレール用超音波振動子46、ブロック用超音波振動子48を作動して転動体20に超音波振動を付加するため、ガイドブロック28のガイドレール26に対する移動開始時に静止摩擦が低減されており、転動体20と軌道面Tとの固着（スティックモーション）に伴う28の応答遅れが防止される。これにより、位置決め装置10では、ガイドブロック28のガイドレール26に対する移動開始時の時間遅れも短くなり、整定時間が一層短縮される。

10

【0074】

図12(B)は、レール用超音波振動子46、ブロック用超音波振動子48（加振回路62、64）を備えない比較例に係る位置決め装置（図示省略）による、ガイドレール26に対するガイドブロック28の位置決めの応答線図である。この図に示される如く、比較例に係る構成では、転動体20と軌道面Tとの静止摩擦（スティックモーション）に起因して、サーボモータ38の駆動開始から一定時間T1はガイドブロック28がガイドレール26に対し静止した状態となり、応答遅れが生じることがわかる。また、比較例に係る構成においては、ガイドブロック28が位置決め目標位置近傍に至りサーボモータ38が停止された場合、減衰が十分でないため、ガイドレール26に対しガイドブロック28が振動的な運動を行い、これによってもガイドブロック28が最初に目標位置に至ってから整定するまでの時間が（整定時間が全体として）長くなってしまふことがわかる。

20

【0075】

これに対して位置決め装置10では、図12(A)に示される如く、上記の通りガイドブロック28のガイドレール26に対する移動開始前に転動体20に超音波振動を付加するため、転動体20と軌道面T（ガイドブロック28とガイドレール26）との間の静止摩擦が低減され、サーボモータ38の始動直後からガイドブロック28の移動を開始させることができる。また、位置決め装置10では、転動体20が非転がり状態になった最初のタイミングで転動体20への超音波振動の付加を停止するため、該タイミングで作用する大きな摩擦減衰によってガイドブロック28のガイドレール26に対する振動的な運動が防止される。これにより、位置決め装置10では、上記した比較例と比較して、ガイド

30

【0076】

なお、図12(A)に想像線にて示す応答は、上記比較例に係る構成における応答線図である。この図から、位置決め装置10と比較例とでは、ガイドブロック28の位置決め位置が若干異なっていることがわかる。これは、位置決め装置10においては、ガイドブロック28のガイドレール26に対する振動的挙動すなわちオーバーシュートが小さく抑えられるため、位置決め目標（サーボモータ38の停止タイミング）を比較例と同じ設定とした場合、これだけの位置ずれXが生じることを示している。したがって、位置決め装置10が適用される実機においては、比較例に係る位置決め装置が適用される実機に対しX相当分だけ位置決め目標を小さくしてやれば良い。換言すれば、サーボモータ38の

40

【0077】

特に、位置決め装置10では、上記の通りガイドブロック28の停止直前（速度0の場合）に静止摩擦が増大するため、換言すれば、ガイドブロック28に制動力が作用するため、初期位置から目標位置まで至る速度（制御系のゲイン）を上げることが可能であり、これによって整定時間を一層短縮することが可能である。

【0078】

またここで、位置決め装置10では、上記の通りガイドブロック28のガイドレール26に対する振動的な挙動を抑制されるため、該ガイドブロック28がガイドレール26に

50

対し高精度で位置決めされる。すなわち、図12(A)と図12(B)との比較でわかるように、位置決め状態での目標位置と現実の位置との偏差が小さくなる。

【0079】

さらに、位置決め装置10では、ガイドブロック28がガイドレール26に対して移動を開始してから速度が閾値V0以下(転動体20が非転がり状態)になるまで、転動体20及び軌道面Tに超音波振動を付加し続けるため、これら転動体20と軌道面Tとの間の動摩擦すなわち発熱が減少し、かつこれら転動体20と軌道面Tとの間に潤滑油が送り込まれる。これにより、位置決め装置10では、転動体20の転がり状態で良好な潤滑と冷却効果が得られ、上記した比較例と比較して、リニアガイド14の寿命が改善される。

【0080】

さらにまた、位置決め装置10では、ガイドブロック28のガイドレール26に対する静止状態(次回の移動指令によりレール用超音波振動子46、ブロック用超音波振動子48が駆動されるまでの期間)では、静止摩擦が増大した状態が維持されているため、ガイドレール26に対するガイドブロック28の支持剛性が高い。

【0081】

なお、上記実施形態では、図11のフローチャートに示す如き制御を行う構成を例示したが、本発明はこれに限定されず、各種制御を行うことができる。したがって、例えば、図10(D)に示される如く、移動指令の前に加振、加振停止を行ってガイドレール26に対するガイドブロック28の静止摩擦すなわち支持剛性を高めておき、移動指令が入力された場合に図10(C)に示される如く短時間だけ加振を行って静止摩擦を低下しても良く、また図10(F)に示される如く、ガイドブロック28のガイドレール26に対する位置決め後に加振を停止してガイドレール26に対するガイドブロック28の静止摩擦すなわち支持剛性を高めておき、移動指令が入力された場合に加振を開始して静止摩擦を低下しても良い。

【0082】

また、上記実施形態では、位置決め装置10が、サーボモータ38及び運動変換機構40(ねじ軸42、ナット44)とを含むサーボ機構18を備えた例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えばサーボ機構18に代えてリニアモータで位置決めテーブル16を駆動する構成としても良い。この場合、例えばセルフロックや抵抗力で送り方向の剛性を確保し得る運動変換機構40を有しないので、送り方向の剛性はリニアモータのサーボ剛性のみになり、剛性確保のためにサーボモータの推力やフィードバックゲインを大きくすると、ガイドブロック28のガイドレール26に対する位置決め時の振動的挙動が大きくなりやすいが、位置決め装置10では、上記の通りガイドレール26とガイドブロック28(転動体20と軌道面T)との静止摩擦を増大することができるため、サーボ機構18に代えてリニアモータを設けた構成においても、良好に適用される。

【0083】

さらに、上記実施形態では、リニアガイド14のガイドレール26とガイドブロック28との間に介在する転動体20に超音波振動を付加する例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば、運動変換機構40を構成するねじ軸42とナット44との間に介在する転動体(ボール等)に超音波振動を付加し、又は付加した超音波振動を停止することで、整定時間の短縮、位置決め精度の向上、支持剛性の向上、長寿命化に寄与するようによっても良い。すなわち、本発明は、例えば回転案内や揺動案内等の、案内体(支持体)と被案内体(被支持体)との間に転動体が介在するあらゆる案内機構を含む装置に適用し得る。

【0084】

またさらに、上記実施形態では、ガイドレール26を加振するレール用超音波振動子46と、ガイドブロック28を加振するブロック用超音波振動子48とを設けた例を示したが、本発明はこれに限定されず、レール用超音波振動子46及び2つのブロック用超音波振動子48の少なくとも1つを設ければ良い。すなわち、転動体20と一方の軌道面Tを加振する構成であれば良い。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

また、上記の実施形態では、レール用超音波振動子 4 6、ブロック用超音波振動子 4 8 が超音波振動を出力する例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば数 1 0 0 H z 以上の高周波振動を発生するか深層値を設けた構成としても良い。この周波数は、周期が整定時間に対し十分に短くなるように設定すれば良い。

【 0 0 8 6 】

さらに、上記の実施形態では、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する速度が最初に閾値 V 0 以下（ほぼ 0）になったタイミングで転動体 2 0 の加振を停止する例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する速度が 2 度目以降に閾値 V 0 以下になったタイミングで転動体 2 0 の加振を停止するよう構成しても良い。

10

【 0 0 8 7 】

またさらに、上記の実施形態では、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する速度を加振停止の制御パラメータ（トリガ）とする制御例とする例を示したが、本発明はこれに限定されず、例えば、ガイドブロック 2 8 のガイドレール 2 6 に対する加速度やガイドブロック 2 8 に作用する荷重変動等を制御パラメータとしても良い。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 8 】

【 図 1 】本発明の実施形態に係る位置決め装置の全体構成を示す断面図である。

【 図 2 】本発明の実施形態に係る位置決め装置を構成するリニアガイドを示す長手方向直角断面図である。

20

【 図 3 】本発明の実施形態に係る位置決め装置を構成するリニアガイドのガイドレールを示す横断面図である。

【 図 4 】本発明の実施形態に係る位置決め装置を構成するリニアガイドのガイドブロックの寸法を示す長手方向直角断面図である。

【 図 5 】転動体の軌道面に対する運動を示す図であって、（ A ）は静止状態の断面図、（ B ）は非転がり状態での運動初期を示す断面図、（ C ）は非転がり状態での中期から後期にかけての運動を示す断面図、（ D ）は、転がり状態に移行した運動を示す断面図である。

【 図 6 】本発明の実施形態に係る位置決め装置における転動体への超音波振動の付加時間と、超音波振動停止後の静止摩擦力との関係を示す線図である。

30

【 図 7 】本発明の実施形態に係る位置決め装置における転動体への超音波振動の付加有無による摩擦力の大きさを比較するための線図である。

【 図 8 】本発明の実施形態に係る位置決め装置における転動体への移動開始直後のみ超音波振動の付加した場合としない場合との摩擦力の大きさを比較するための線図である。

【 図 9 】本発明の実施形態に係る位置決め装置における転動体に付加する超音波振動の強度と静止摩擦力との関係を示す線図である。

【 図 1 0 】（ A ）から（ F ）のそれぞれは、転動体への超音波振動の付加タイミングに応じた摩擦力の変化状態を示す線図である。

【 図 1 1 】本発明の実施形態に係る位置決め装置を構成する制御器による制御フローを示すフローチャートである。

40

【 図 1 2 】（ A ）は、本発明の実施形態に係る位置決め装置による位置決め時の整定時間を示す線図、（ B ）は、比較例に係る位置決め創始による位置決め時の整定時間を示す線図である。

【 符号の説明 】

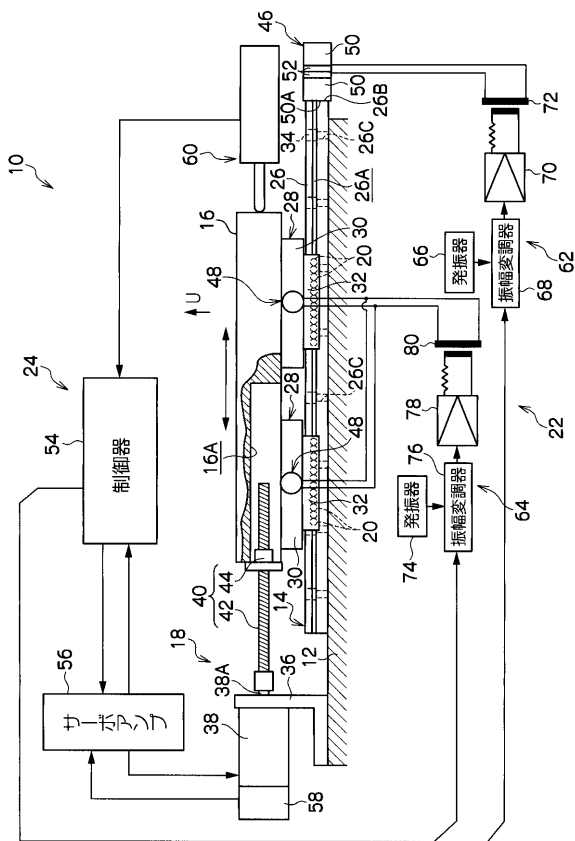
【 0 0 8 9 】

- | | |
|-----|--------------|
| 1 0 | 位置決め装置 |
| 1 4 | リニアガイド（案内機構） |
| 1 8 | サーボ機構（駆動機構） |
| 2 0 | 転動体 |

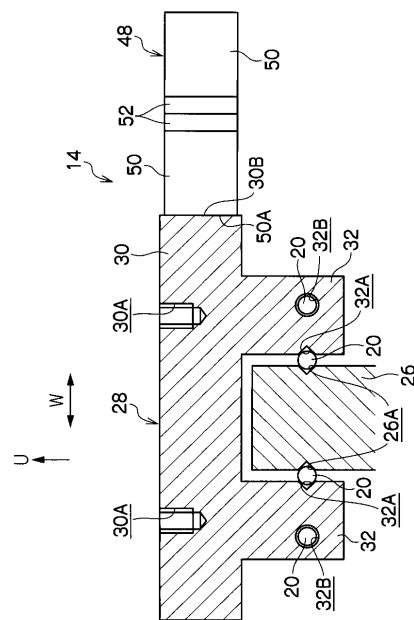
50

- 2 2 加振装置（高周波振動付加装置）
- 2 4 制御装置（制御手段）
- 2 6 ガイドレール（案内体）
- 2 8 ガイドブロック（被案内体）

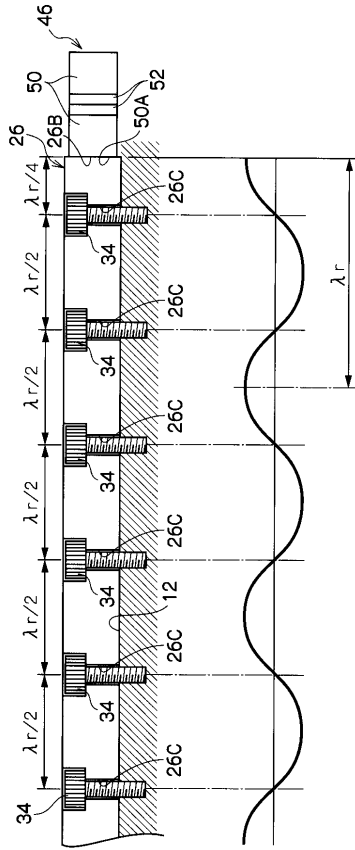
【図 1】



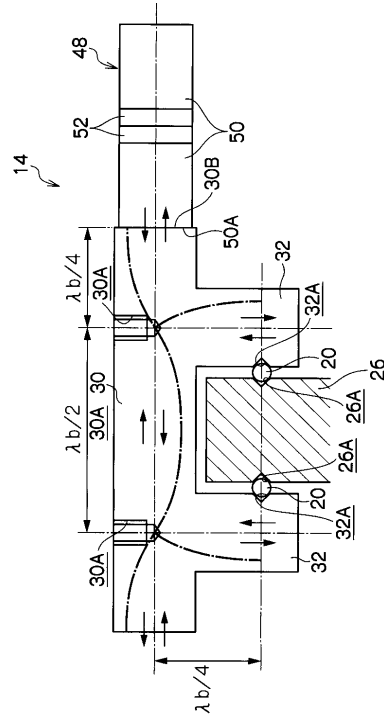
【図 2】



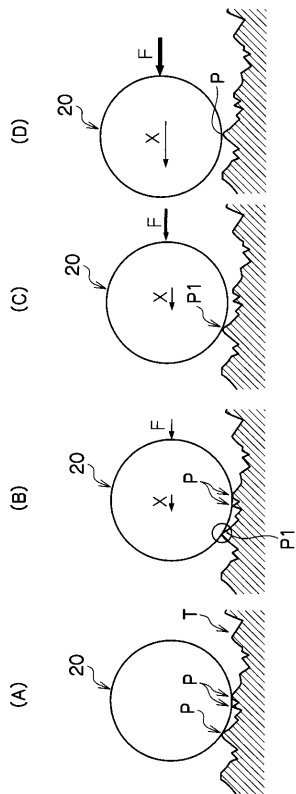
【 図 3 】



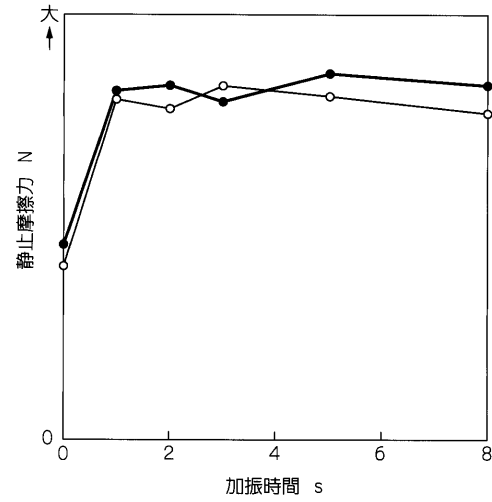
【 図 4 】



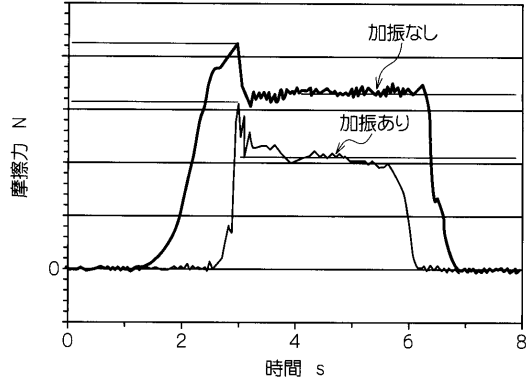
【 図 5 】



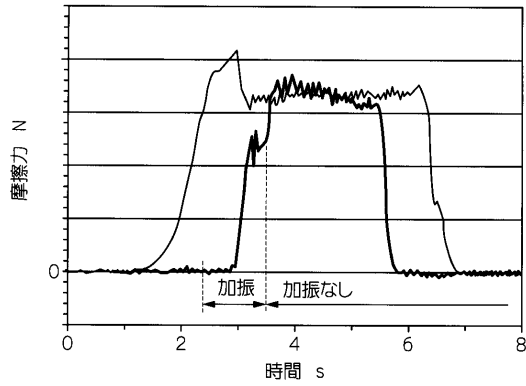
【 図 6 】



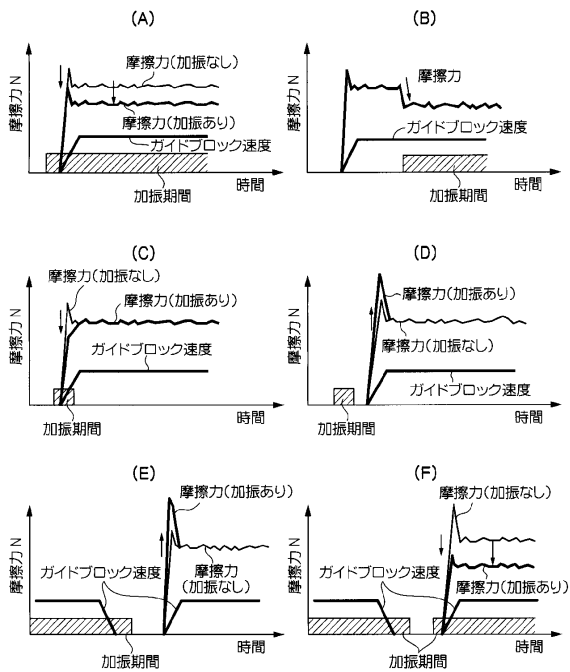
【図7】



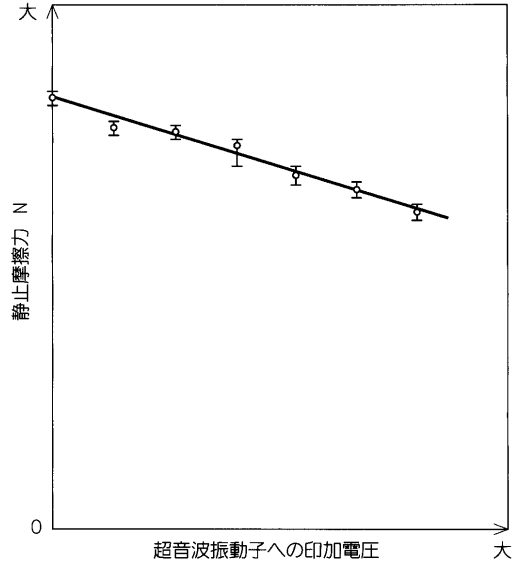
【図8】



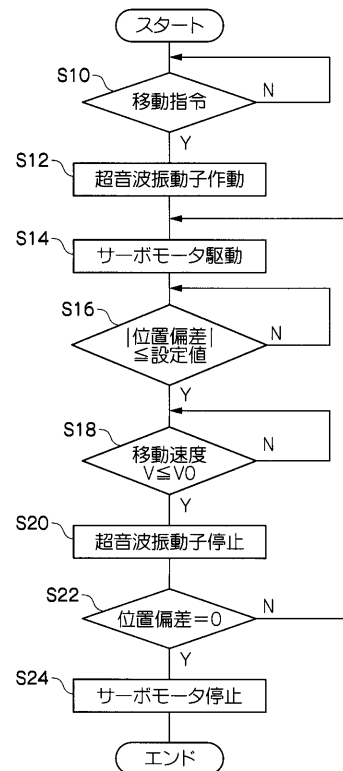
【図10】



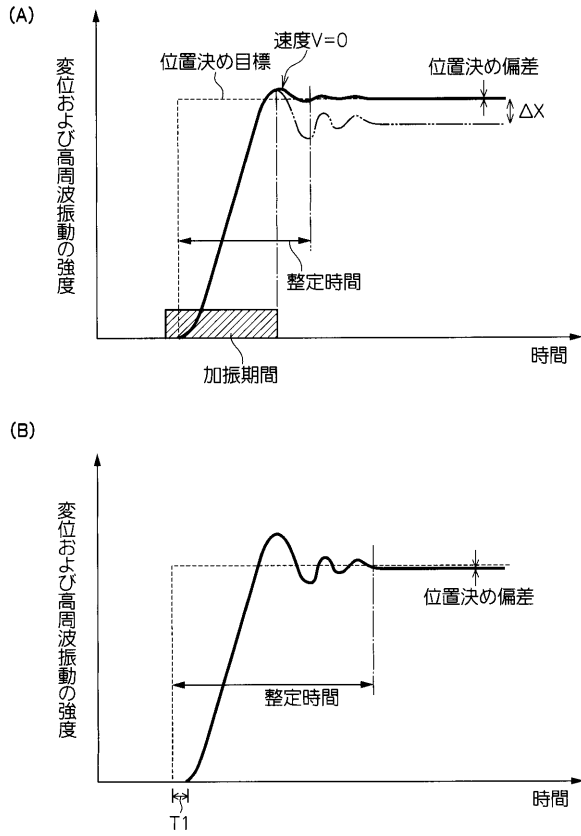
【図9】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

審査官 矢澤 周一郎

- (56)参考文献 実開平05 - 066328 (JP, U)
特開平09 - 271185 (JP, A)
特開2005 - 256954 (JP, A)
特開2006 - 246551 (JP, A)
特開2006 - 203993 (JP, A)
特開2006 - 180632 (JP, A)
特開平10 - 191661 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16C 29/00 - 31/06

H02N 1/00 - 2/00