

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5381013号
(P5381013)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int. Cl. F I
B 2 3 G 1/44 (2006.01) B 2 3 G 1/44 E
B 2 3 G 1/38 (2006.01) B 2 3 G 1/38

請求項の数 17 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2008-272148 (P2008-272148)	(73) 特許権者	000001247 株式会社ジェイテクト
(22) 出願日	平成20年10月22日 (2008.10.22)		大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
(65) 公開番号	特開2010-36332 (P2010-36332A)	(74) 代理人	110000394 特許業務法人岡田国際特許事務所
(43) 公開日	平成22年2月18日 (2010.2.18)		
審査請求日	平成23年9月21日 (2011.9.21)	(72) 発明者	小林 久修 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
(31) 優先権主張番号	特願2008-91669 (P2008-91669)	(72) 発明者	近藤 隆 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
(32) 優先日	平成20年3月31日 (2008.3.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	西村 要介 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
(31) 優先権主張番号	特願2008-180261 (P2008-180261)		
(32) 優先日	平成20年7月10日 (2008.7.10)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ネジ溝検出装置、ネジ溝検出方法、及び工作機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の回転軸回りに回転可能に保持したワークの少なくとも一部の円筒面に形成されたネジ溝の位置を検出するネジ溝検出装置であって、

前記ネジ溝に接触させる接触子と、

前記ネジ溝検出装置に対して前記回転軸に平行なリード方向に往復移動可能となるように前記接触子を保持するフローティング手段と、

前記ネジ溝検出装置に対して前記回転軸に交差する方向に移動可能に保持された前記接触子を前記回転軸に交差する方向に付勢する付勢手段と、

前記接触子と自身との前記リード方向の距離を検出して前記ネジ溝検出装置に設定した基準点に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出可能なリード側位置検出手段と

10

、
前記接触子と自身との前記回転軸に直交する径方向の距離を検出して前記ネジ溝検出装置に設定した前記基準点に対する前記接触子の前記径方向の位置を検出可能な径側位置検出手段と、を備え、

前記接触子を前記回転軸に交差するように前記ワークに押し付け、

前記径側位置検出手段を用いて前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出し、

前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

20

ネジ溝検出装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のネジ溝検出装置であって、

前記接触子と前記フローティング手段と前記付勢手段とを備えて前記接触子を前記ワークの方向に向けて保持するとともに、前記リード側位置検出手段と前記径側位置検出手段とを備えた保持手段と、

前記保持手段を前記回転軸に交差する方向に移動可能な検出体移動手段と、

制御手段と、を備え、

前記制御手段は、

前記検出体移動手段を用いて前記保持手段を前記ワークに向かって前進させ、

前記径側位置検出手段からの検出信号に基づいて、前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出し、

前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

10

【請求項 3】

請求項 2 に記載のネジ溝検出装置であって、

更に、前記接触子を前記ワークに接触させた際の前記保持手段の前記リード方向へのずれ量を検出可能な検出体ずれ量検出手段を前記ネジ溝検出装置の任意の固定部に備え、

前記検出体ずれ量検出手段からの検出信号に基づいて、検出したネジ溝の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置を補正する、

ネジ溝検出装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 に記載のネジ溝検出装置であって、

前記リード側位置検出手段を、前記保持手段に備える代わりに、前記ネジ溝検出装置の任意の固定部に備えている、

ネジ溝検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記接触子を前記ワークに押し付けた後、前記径側位置検出手段からの検出信号に基づいて前記接触子がネジ溝に入っていないと検出された場合、少なくとも前記接触子が前記ネジ溝に入ったと検出されるまで、前記ワークを前記回転軸回りに回転させる、

ネジ溝検出装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出した後、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の仮の位置を求め、

求めた仮の位置に基づいて、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置が、予め設定した所定位置とほぼ一致するように、前記ワークを前記回転軸回りに回転させ、再度、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を、前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出し、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

40

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出する前に、前記ワークを予め設定した所定方向に所定角度だけ前記回転軸回りに回転させる、

ネジ溝検出装置。

50

【請求項 8】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出する前に、前記ワークを前記回転軸回りに往復回転させ、更に前記ワークを予め設定した所定方向に所定角度だけ前記回転軸回りに回転させる、

ネジ溝検出装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記フローティング手段は、前記接触子が前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない場合における前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置である中立位置からのずれ量に応じて前記中立位置へと戻すための復元力を与える弾性手段であり

、
前記制御手段には、前記中立位置から前記リード方向の一方に第 1 所定距離だけ離れた理想第 1 中継位置が記憶されており、

前記制御手段は、

前記接触子が前記ネジ溝に入ったと検出した後、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の現在の位置である落とし込み位置を求め、

前記落とし込み位置から前記理想第 1 中継位置までの前記リード方向の距離である第 1 移動距離及び移動方向を求め、求めた落とし込み位置と第 1 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記理想第 1 中継位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させ、

前記リード側位置検出手段を用いて前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実第 1 中継位置を求め、

前記実第 1 中継位置から前記中立位置までの前記リード方向の距離である第 2 移動距離及び移動方向を求め、求めた実第 1 中継位置と第 2 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記中立位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記中立位置の近傍まで移動させ、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のネジ溝検出装置であって、

前記制御手段には、更に、前記リード方向において前記理想第 1 中継位置と前記中立位置との間に 1 個以上の理想中継位置が記憶されており、

前記制御手段は、

前記リード側位置検出手段を用いて前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実第 1 中継位置を求めた後、

前記実第 1 中継位置から前記中立位置に向かって隣の理想中継位置までの前記リード方向の距離である第 3 移動距離及び移動方向を求め、求めた実第 1 中継位置と第 3 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記隣の理想中継位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記隣の理想中継位置の近傍まで移動させ、

前記リード側位置検出手段を用いて、移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実中継位置を求めた後、前記実中継位置から更に前記中立位置に向かって隣の理想中継位置または隣の前記中立位置までの前記リード方向の距離

10

20

30

40

50

である移動距離及び移動方向を求め、求めた前記実中継位置と前記移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記隣の実中継位置または隣の前記中立位置まで移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記隣の実中継位置または隣の前記中立位置の近傍まで移動させる処理を、前記中立位置の近傍に移動させるまで繰り返した後、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記フローティング手段は、前記接触子が前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない場合における前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置である中立位置からのずれ量に応じて前記中立位置へと戻すための復元力を与える弾性手段であり、

更に、前記接触子を振動させることが可能な振動手段を備え、

前記制御手段は、

前記ネジ溝の位置を検出する前に前記振動手段を用いて前記接触子を振動させ、前記振動を停止させた後に前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のネジ溝検出装置であって、

前記振動手段は、伸縮を繰り返して前記接触子を振動させることが可能な圧電素子であり、前記リード方向に伸縮するように配置されており、前記接触子を前記リード方向に振動させることが可能である、

ネジ溝検出装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、

前記リード側位置検出手段は、第 1 リード側位置検出手段と第 2 リード側位置検出手段の 2 つで構成されており、

前記第 1 リード側位置検出手段は、前記接触子に対して前記リード方向における一方の側に設けられ、前記第 2 リード側位置検出手段は、前記接触子に対して前記リード方向における他方の側に設けられ、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段との間に前記接触子が配置されており、

前記第 1 リード側位置検出手段からの検出信号と、前記第 2 リード側位置検出手段からの検出信号との比に基づいて、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載のネジ溝検出装置であって、

前記フローティング手段は、前記リード方向に沿う押付け力または引張り力を発生させる弾性手段によって、前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない状態の前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置を中立位置に保持しており、前記中立位置からの前記接触子の前記リード方向の距離に応じて、前記接触子を前記中立位置に戻すための押付け力または引張り力を発生させ、

前記中立位置の前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置が、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段の中央の位置よりも第 2 所定距離だけずれた位置となるように、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段とが配置されている、

10

20

30

40

50

ネジ溝検出装置。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、
前記接触子の先端には、前記ネジ溝の幅に収まる径の球状部材が固定されている、
ネジ溝検出装置。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置と、
加工工具と、
前記ワークを前記回転軸回りに回転可能なワーク回転手段と、
前記ワークに対して前記加工工具を前記回転軸に交差する方向に相対的に移動可能な径側移動手段と、

前記ワークに対して前記加工工具を前記回転軸に平行な方向に相対的に移動可能なリード側移動手段と、を備えた工作機械であって、

前記ネジ溝検出装置を用いて、前記ワークにおける前記ネジ溝の位置を検出し、前記ワークを前記回転軸回りに回転させて回転角度に対する前記接触子の前記リード方向への移動量から前記ネジ溝のピッチを検出し、

前記径側移動手段と前記リード側移動手段を用いて、検出したネジ溝の位置に前記加工工具を位置決めし、

前記ワーク回転手段を用いて前記ワークを前記回転軸回りに回転させるとともに、検出した前記ピッチに基づいて前記リード側移動手段を用いて前記加工工具を前記回転軸に平行な方向に相対移動させて前記ネジ溝を研削する、
工作機械。

【請求項 17】

請求項 14 に記載のネジ溝検出装置を用いたネジ溝検出方法であって、

前記接触子をネジ溝に入れて前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する際、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置が前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段との中央近傍となるように、前記ワークを回転させ、
あるいは前記ネジ溝検出装置を前記ワークに対して相対的に前記リード方向に移動させて、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、

ネジ溝検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ワークの少なくとも一部の円筒面に形成されているネジ溝の位置をより正確に検出することができる、ネジ溝検出装置、ネジ溝検出方法、及び当該ネジ溝検出装置を備えた工作機械に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、円筒状のワークの少なくとも一部の円筒面にネジ溝を形成する場合、まず、ワーリング等の粗加工を行ってネジ溝の概略形状を形成した後、粗加工したネジ溝を仕上げ研削している。従って、仕上げ研削を行う場合、砥石（加工工具）の位置を、ネジ溝位置の正面に割り出す必要があり、ネジ溝の位置を正確に測定する必要がある。

そこで、特許文献 1 に記載された従来技術では、ボールネジ軸のネジ溝位置を検出するために非接触型センサを用い、図 10（A）及び（B）に示すように、非接触型センサ 120 をワーク W の外形面 WS に近接させている。そして、ワーク W を回転させて、ネジ溝 WN の中心を挟んだ両肩部を検出し、ワーク W の Y 軸方向におけるネジ溝中心、及びワーク W の Z 軸方向におけるネジ溝中心を割り出す、ボールネジ軸の溝位置合わせ装置が提案されている。

【特許文献 1】特開 2001 - 269863 号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

特許文献1に記載された従来技術では、ネジ溝の検出装置に大がかりな昇降装置が必要であり、工作機械に搭載することが困難である。

また、非接触型センサ120を用いているが、非接触型センサは近接したことを精度よく検出できるが、ネジ溝はセンサに近接するのでなく離間する方向である（近接するのはネジ山である）ので、ネジ溝の位置を直接検出することができない。そこで、センサに近接するネジ溝の両肩部（ネジ山）を検出し、検出した両肩部の中心を、ネジ溝の中心とみなしている。このため、測定値のばらつきや、比較的大きな誤差が発生する場合がある。

また、リード幅が狭い場合、肩部の測定が困難であり、肩部が山形状となるネジの場合、測定できない可能性がある。

ネジ溝位置を正確に検出できずに、当該ネジ溝位置に砥石を当てて研削した場合、ネジ溝の左右の取代が異なることで過大な研削熱が発生して硬度低下を招いたり、更には研削割れが発生したりする場合もある。

また、ネジ溝の両肩部を検出する際、非常に低速でワーク（またはセンサ）を移動させるため、肩部から離れた位置から検出を開始すると、検出完了までに長い時間を要す。また、精度を出すためには何回もセンサを往復させて測定する必要があるため、非常に時間がかかる。

本発明は、このような点に鑑みて創案されたものであり、小型で工作機械への搭載が容易であり、ネジ溝の中心位置を直接的に検出することで、より高精度に、且つより短時間にネジ溝の中心位置を測定することができるネジ溝検出装置、ネジ溝検出方法、及び当該ネジ溝検出装置を備えた工作機械を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記課題を解決するための手段として、本発明の第1発明は、請求項1に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項1に記載のネジ溝検出装置は、所定の回転軸回りに回転可能に保持したワークの少なくとも一部の円筒面に形成されたネジ溝の位置を検出するネジ溝検出装置であって、前記ネジ溝に接触させる接触子と、前記ネジ溝検出装置に対して前記回転軸に平行なリード方向に往復移動可能となるように前記接触子を保持するフローティング手段と、前記ネジ溝検出装置に対して前記回転軸に交差する方向に移動可能に保持された前記接触子を前記回転軸に交差する方向に付勢する付勢手段と、前記接触子と自身との前記リード方向の距離を検出して前記ネジ溝検出装置に設定した基準点に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出可能なリード側位置検出手段と、前記接触子と自身との前記回転軸に直交する径方向の距離を検出して前記ネジ溝検出装置に設定した前記基準点に対する前記接触子の前記径方向の位置を検出可能な径側位置検出手段と、を備えている。

そして、前記接触子を前記回転軸に交差するように前記ワークに押し付け、前記径側位置検出手段を用いて前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出し、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する。

【0005】

また、本発明の第2発明は、請求項2に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項2に記載のネジ溝検出装置は、請求項1に記載のネジ溝検出装置であって、前記接触子と前記フローティング手段と前記付勢手段とを備えて前記接触子を前記ワークの方向に向けて保持するとともに、前記リード側位置検出手段と前記径側位置検出手段とを備えた保持手段と、前記保持手段を前記回転軸に交差する方向に移動可能な検出体移動手段と、制御手段と、を備えている。

そして、前記制御手段は、前記検出体移動手段を用いて前記保持手段を前記ワークに向かって前進させ、前記径側位置検出手段からの検出信号に基づいて、前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出し、前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて、前記

10

20

30

40

50

ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する。

【0006】

また、本発明の第3発明は、請求項3に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項3に記載のネジ溝検出装置は、請求項2に記載のネジ溝検出装置であって、更に、前記接触子を前記ワークに接触させた際の前記保持手段の前記リード方向へのずれ量を検出可能な検出体ずれ量検出手段を前記ネジ溝検出装置の任意の固定部に備え、前記検出体ずれ量検出手段からの検出信号に基づいて、検出したネジ溝の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置を補正する。

【0007】

また、本発明の第4発明は、請求項4に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項4に記載のネジ溝検出装置は、請求項2に記載のネジ溝検出装置であって、前記リード側位置検出手段を、前記保持手段に備える代わりに、前記ネジ溝検出装置の任意の固定部に備えている。

【0008】

また、本発明の第5発明は、請求項5に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項5に記載のネジ溝検出装置は、請求項1～4のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記接触子を前記ワークに接触させた後、前記径側位置検出手段からの検出信号に基づいて前記接触子がネジ溝に入っていないと検出された場合、少なくとも前記接触子が前記ネジ溝に入ったと検出されるまで、前記ワークを前記回転軸回りに回転させる。

【0009】

また、本発明の第6発明は、請求項6に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項6に記載のネジ溝検出装置は、請求項1～5のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記接触子が前記ネジ溝に入ったことを検出した後、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の仮の位置を求め、求めた仮の位置に基づいて、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置が、予め設定した所定位置とほぼ一致するように、前記ワークを前記回転軸回りに回転させ、再度、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を、前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出し、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する。

【0010】

また、本発明の第7発明は、請求項7に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項7に記載のネジ溝検出装置は、請求項1～6のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出する前に、前記ワークを予め設定した所定方向に所定角度だけ前記回転軸回りに回転させる。

【0011】

また、本発明の第8発明は、請求項8に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項8に記載のネジ溝検出装置は、請求項1～6のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を前記リード側位置検出手段からの検出信号に基づいて検出する前に、前記ワークを前記回転軸回りに往復回転させ、更に前記ワークを予め設定した所定方向に所定角度だけ前記回転軸回りに回転させる。

また、本発明の第9発明は、請求項9に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項9に記載のネジ溝検出装置は、請求項1～5のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記フローティング手段は、前記接触子が前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない場合における前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置である中立位置からのずれ量に応じて前記中立位置へと戻すための復元力を与える弾性手段であり、前記制御手段には、前記中立位置から前記リード方向の一方に第1所定距

10

20

30

40

50

離だけ離れた理想第 1 中継位置が記憶されている。

前記制御手段は、前記接触子が前記ネジ溝に入ったと検出した後、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の現在の位置である落とし込み位置を求め、前記落とし込み位置から前記理想第 1 中継位置までの前記リード方向の距離である第 1 移動距離及び移動方向を求め、求めた落とし込み位置と第 1 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記理想第 1 中継位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させる。

そして制御手段は、前記リード側位置検出手段を用いて前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実第 1 中継位置を求め、前記実第 1 中継位置から前記中立位置までの前記リード方向の距離である第 2 移動距離及び移動方向を求め、求めた実第 1 中継位置と第 2 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記中立位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記中立位置の近傍まで移動させ、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出する。

また、本発明の第 1 0 発明は、請求項 1 0 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 0 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 9 に記載のネジ溝検出装置であって、前記制御手段には、更に、前記リード方向において前記理想第 1 中継位置と前記中立位置との間に 1 個以上の理想中継位置が記憶されている。

前記制御手段は、前記リード側位置検出手段を用いて前記理想第 1 中継位置の近傍まで移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実第 1 中継位置を求めた後、前記実第 1 中継位置から前記中立位置に向かって隣の理想中継位置までの前記リード方向の距離である第 3 移動距離及び移動方向を求め、求めた実第 1 中継位置と第 3 移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記隣の理想中継位置に移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記隣の理想中継位置の近傍まで移動させる。

そして制御手段は、前記リード側位置検出手段を用いて、移動させた前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置である実中継位置を求めた後、前記実中継位置から更に前記中立位置に向かって隣の理想中継位置または隣の前記中立位置までの前記リード方向の距離である移動距離及び移動方向を求め、求めた前記実中継位置と前記移動距離及び移動方向と前記ネジ溝のピッチとに基づいて前記接触子を前記隣の理想中継位置または隣の前記中立位置まで移動させるための前記ワークの回転方向及び前記ワークの回転角度を求め、求めた回転方向に求めた回転角度だけ前記ワークを回転させて、前記接触子を前記隣の理想中継位置または隣の前記中立位置の近傍まで移動させる処理を、前記中立位置の近傍に移動させるまで繰り返した後、前記リード側位置検出手段を用いて前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出する。

また、本発明の第 1 1 発明は、請求項 1 1 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 1 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記フローティング手段は、前記接触子が前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない場合における前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置である中立位置からのずれ量に応じて前記中立位置へと戻すための復元力を与える弾性手段であり、更に、前記接触子を振動させることが可能な振動手段を備える。

そして前記制御手段は、前記ネジ溝の位置を検出する前に前記振動手段を用いて前記接触子を振動させ、前記振動を停止させた後に前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前

10

20

30

40

50

記リード方向の位置を検出する。

また、本発明の第 1 2 発明は、請求項 1 2 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 2 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 1 1 に記載のネジ溝検出装置であって、前記振動手段は、伸縮を繰り返して前記接触子を振動させることが可能な圧電素子であり、前記リード方向に伸縮するように配置されている。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の第 1 3 発明は、請求項 1 3 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 3 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記リード側位置検出手段は、第 1 リード側位置検出手段と第 2 リード側位置検出手段の 2 つで構成されており、前記第 1 リード側位置検出手段は、前記接触子に対して前記リード方向における一方の側に設けられ、前記第 2 リード側位置検出手段は、前記接触子に対して前記リード方向における他方の側に設けられ、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段との間に前記接触子が配置されている。

そして、前記第 1 リード側位置検出手段からの検出信号と、前記第 2 リード側位置検出手段からの検出信号との比に基づいて、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置を検出して、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する。

また、本発明の第 1 4 発明は、請求項 1 4 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 4 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 1 3 に記載のネジ溝検出装置であって、前記フローティング手段は、前記リード方向に沿う押付け力または引張り力を発生させる弾性手段によって、前記ワークまたは前記ネジ溝に接触していない状態の前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置を中立位置に保持しており、前記中立位置からの前記接触子の前記リード方向の距離に応じて、前記接触子を前記中立位置に戻すための押付け力または引張り力を発生させる。

そして、前記中立位置の前記接触子の前記ネジ溝検出装置に対する前記リード方向の位置が、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2 リード側位置検出手段の中央の位置よりも第 2 所定距離だけずれた位置となるように、前記第 1 リード側位置検出手段と前記第 2

【 0 0 1 3 】

また、本発明の第 1 5 発明は、請求項 1 5 に記載されたとおりのネジ溝検出装置である。

請求項 1 5 に記載のネジ溝検出装置は、請求項 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置であって、前記接触子の先端には、前記ネジ溝の幅に収まる径の球状部材が固定されている。

【 0 0 1 4 】

また、本発明の第 1 6 発明は、請求項 1 6 に記載されたとおりの工作機械である。

請求項 1 6 に記載の工作機械は、請求項 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載のネジ溝検出装置と、加工工具と、前記ワークを前記回転軸回りに回転可能なワーク回転手段と、前記ワークに対して前記加工工具を前記回転軸に交差する方向に相対的に移動可能な径側移動手段と、前記ワークに対して前記加工工具を前記回転軸に平行な方向に相対的に移動可能なリード側移動手段と、を備えた工作機械である。

そして、前記ネジ溝検出装置を用いて、前記ワークにおける前記ネジ溝の位置を検出し、前記ワークを前記回転軸回りに回転させて回転角度に対する前記接触子の前記リード方向への移動量から前記ネジ溝のピッチを検出し、前記径側移動手段と前記リード側移動手段を用いて、検出したネジ溝の位置に前記加工工具を位置決めし、前記ワーク回転手段を用いて前記ワークを前記回転軸回りに回転させるとともに、検出した前記ピッチに基づいて前記リード側移動手段を用いて前記加工工具を前記回転軸に平行な方向に相対移動させ

て前記ネジ溝を研削する。

また、本発明の第17発明は、請求項17に記載されたとおりのネジ溝検出方法である。

請求項17に記載のネジ溝検出方法は、請求項14に記載のネジ溝検出装置を用いたネジ溝検出方法である。

前記接触子をネジ溝に入れて前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する際、前記ネジ溝検出装置に対する前記接触子の前記リード方向の位置が前記第1リード側位置検出手段と前記第2リード側位置検出手段との中央近傍となるように、前記ワークを回転させ、あるいは前記ネジ溝検出装置を前記ワークに対して相対的に前記リード方向に移動させて、前記ネジ溝検出装置に対する前記ネジ溝の前記リード方向の位置を検出する、ネジ溝検出方法である。

10

【発明の効果】

【0015】

請求項1に記載のネジ溝検出装置を用いれば、ネジ溝の検出用として、ネジ溝に直接接触させる接触子を用いることで、より高精度にネジ溝の中心位置を求めることができる。

また、実際のネジ溝に対するリード方向の位置は、リード方向に往復移動可能なフローティング手段、及びリード側位置検出手段を用いることで適切に検出することができる。また、接触子がネジ溝に入ったか否かは、径側位置検出手段を用いることで適切に検出することができる。

【0016】

20

また、請求項2に記載のネジ溝検出装置によれば、更に、保持手段と、検出体移動手段と、制御手段と、を備えることで、ネジ溝検出装置を適切に構成できる。また、ネジ溝に直接接触させる接触子を用いることで、より高精度にネジ溝の中心位置を求めることができる。また、特に大がかりな装置を必要とせず、ネジ溝検出装置をコンパクトに構成することができる。

【0017】

また、請求項3に記載のネジ溝検出装置によれば、保持手段がリード方向へずれても、検出体ずれ量検出手段によって、ずれ量を検出してネジ溝の位置を補正するので、より高精度にネジ溝の中心位置を求めることができる。

【0018】

30

また、請求項4に記載のネジ溝検出装置によれば、保持手段がリード方向へずれても、ずれ量も含めてリード側位置検出手段で検出できる。このため、検出体ずれ量検出手段を追加することなく、より高精度にネジ溝の中心位置を求めることができる。

【0019】

また、請求項5に記載のネジ溝検出装置によれば、たとえ最初にワークに接触させた位置がネジ溝でなくても、当該位置に接触子を維持した状態でワークを回転させれば、1回転以内でネジ溝に接触子を入れることができ、短時間にネジ溝位置を検出することができる。

【0020】

また、請求項6に記載のネジ溝検出装置によれば、リード側位置検出手段にて最も精度良く検出できる位置を所定位置に設定することで、比較的簡単、且つ短時間でできる操作で、検出誤差をより小さくすることができるので便利である。

40

【0021】

また、請求項7に記載のネジ溝検出装置によれば、リード側位置検出手段にてリード側の位置を検出する前に、ワークを所定方向に所定角度だけ回転させることで、接触子におけるバックラッシュの影響を小さくして、ネジ溝位置の検出誤差をより小さくすることができる。

例えば、実際には同じネジ溝の位置であっても、接触子が右方向のリード方向に移動した結果で到達した場合と、接触子が左方向のリード方向に移動した結果で到達した場合とでは、いわゆるバックラッシュの影響により、測定結果が異なる場合があるが、このバツ

50

クラッシュの影響を小さくすることができる。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 8 に記載のネジ溝検出装置によれば、リード側位置検出手段にてリード側の位置を検出する前に、まずワークを往復回転させて接触子をネジ溝になじませ、更にワークを所定方向に所定角度だけ回転させてバックラッシュの影響を小さくする。これにより、比較的簡単、且つ短時間でできる操作にて、ネジ溝位置の検出誤差を更に小さくすることができる。

また、請求項 9 に記載のネジ溝検出装置では、ワークを回転させて接触子をネジ溝に入れた後、接触子の中立位置からのずれ量は種々変化する。そして中立位置からのずれ量に応じて、フローティング手段からの復元力（接触子の中立位置に戻そうとする力）が変化するので、接触子がネジ溝の中心に収まっていない場合も考えられる（図 1 3（B）参照）。

しかし、接触子をネジ溝に入れた後、接触子の位置が中立位置からどれだけ離れた位置にあっても、理想第 1 中継位置を経由させて中立位置（フローティング手段の復元力がほぼゼロとなる位置）の近傍まで移動させることで、接触子を適切にネジ溝の中心位置に収めることができるので、ネジ溝位置の検出誤差を更に小さくすることができる。

また、請求項 1 0 に記載のネジ溝検出装置では、中立位置の近傍まで移動させる際の中継位置を増やして、中立位置により近い位置に理想中継位置を設定することができるので、更にネジ溝位置の検出誤差を小さくすることができる。

また、請求項 1 1 に記載のネジ溝検出装置では、ネジ溝の位置を検出する前に接触子を振動させることで、接触子を適切にネジ溝の中心位置に収めることができるので、ネジ溝位置の検出誤差を更に小さくすることができる。

また、請求項 1 2 に記載のネジ溝検出装置では、図 1 3（B）に示すようにネジ溝壁面 NM の途中で止まっている接触子を適切な方向に振動させることができるので、より適切に接触子をネジ溝の中心位置に収めることができる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 3 に記載のネジ溝検出装置では、1 個のリード側位置検出手段による検出値を絶対値としてリード側の位置を求めた場合では温度ドリフト等、検出手段の誤差の影響が大きいところを、2 個のリード側位置検出手段を用いて、各検出信号の比でリード側の位置を求める。この場合、2 個の検出手段の誤差を相殺（キャンセル）することができるので、ネジ溝位置の誤差を非常に小さくすることができる。

また、請求項 1 4 に記載のネジ溝検出装置によれば、ネジ溝のリード方向の位置を、更に小さな誤差で検出できるネジ溝検出装置を実現することができる。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 5 に記載のネジ溝検出装置によれば、接触子の先端が球状形状であることで、ネジ溝に押し付けた場合に、ネジ溝の中心へと案内されるので、より適切にネジ溝位置を検出することができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 1 6 に記載の工作機械によれば、接触子をネジ溝に入れてネジ溝の中心位置を直接的に検出することで、より高精度に、且つより短時間にネジ溝の中心位置を測定することができるネジ溝検出装置を備え、より高精度に、且つより短時間にネジ溝を研削することができる工作機械を実現することができる。

また、請求項 1 7 に記載のネジ溝検出方法によれば、請求項 1 4 に記載のネジ溝検出装置を用いて、ネジ溝のリード方向の位置を、更に小さな誤差で検出することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 6 】

以下に本発明を実施するための最良の形態を図面を用いて説明する。図 1（A）は、本発明のネジ溝検出装置 8 0 を備えた工作機械 1 の一実施の形態の概略外観図（平面図）を示しており、図 1（B）は当該工作機械 1（この場合、ネジ研削盤）の概略外観図（側面図）の例を示している。なお、図 1（B）では、ワーク W と接触子 8 3 と砥石 2 2 の位置

10

20

30

40

50

関係を説明するために、主軸装置 30R、30L等を省略している。

また、図2(A)及び(B)は、主軸装置30L、30Rを用いてワークWを支持する様子を示している。

なお、全ての図面において、X軸、Y軸、Z軸は直交しており、Y軸は鉛直上方を示しており、Z軸はワークWの回転軸CWと平行な水平方向を示しており、X軸はZ軸に直交する水平方向を示している。

【0027】

[工作機械1の構成(図1、図2)]

図1(A)、及び図2(A)、(B)に示すように、工作機械1には、主軸装置30L、30R(一对の工作物支持手段)が対向配置されており、主軸装置30LはリニアガイドGLに沿ってZ軸方向(工作物回転軸に平行な方向)に移動可能であり、主軸装置30RはリニアガイドGRに沿ってZ軸方向に移動可能である。

制御手段50(制御装置)は、主軸装置30L、30R用のZ軸方向駆動モータ30LM、30RMに駆動信号を出力し、検出手段30LE、30RE(エンコーダ等)からの検出信号を取り込み、主軸装置30L、30RのZ軸方向における位置及び移動速度等を制御可能である。例えば図2(A)及び(B)に示すように、Z軸方向駆動モータ30LM(30RM)は、ボールネジBL(BR)を回転させ、当該ボールネジBL(BR)にナット等で嵌合されたアームCL(CR)を移動させ、アームCL(CR)に接続された主軸装置30L(30R)を移動させる。

【0028】

また、工作機械1には、リニアガイドGZに沿ってZ軸方向に移動可能な砥石台10が載置されている。そして、砥石台10の上には、リニアガイドGXに沿って砥石台10に対してX軸方向に移動可能な砥石テーブル20が載置されている。また、砥石テーブル20には、砥石駆動モータ21及び砥石22(加工工具に相当)が設けられている。

制御手段50は、砥石台10用のZ軸方向駆動モータ10Mに駆動信号を出力し、検出手段10E(エンコーダ等)からの検出信号を取り込み、砥石台10のZ軸方向における位置及び移動速度等を制御可能である。また同様に、制御手段50は、砥石テーブル20用のX軸方向駆動モータ20Mに駆動信号を出力し、検出手段20Eからの検出信号を取り込み、砥石テーブル20のX軸方向における位置及び移動速度等を制御可能であり、砥石駆動モータ21に駆動信号を出力し、砥石22の回転を制御可能である。なお、砥石駆動モータ21に検出手段を設ければ、砥石22の回転速度を制御可能である。

また、図1(A)に示す工作機械1には、主軸装置30Lに砥石22を成形するツルージング装置60が設けられている。

【0029】

また、工作機械1には、ワークWの少なくとも一部の円筒面に形成されたネジ部Kのネジ溝に当接させる接触子83と、接触子83を保持する保持手段81と、保持手段81をワーク回転軸CWに直交する方向に移動可能な検出体移動手段82とで構成されたネジ溝検出装置80が、支持体84上に設けられている(図1(B)参照)。

なお、図1(B)に示す例では、ワーク回転軸CWと砥石回転軸CTと接触子83は同一水平面(XZ平面)上に設定されており、接触子83は、砥石22が接触するワークWの反対側(180度回転した側)の位置のネジ溝を検出する。

このため、接触子83にて検出したネジ溝位置(Z軸方向の位置)を、角度に基づいて補正したZ軸方向の位置(例えば、角度が180度の場合、ネジ溝のピッチ(間隔)の1/2(180/360)を加えた位置)が、砥石22と対向するネジ溝の位置となる(あるいは、ネジ溝位置を検出後、ワークWを角度だけ回転させて検出した面を砥石22に対向させる)。

なお、「ネジ溝の位置」とは、「ネジ溝の中心の位置」を指す。

【0030】

また、図1(C)にワークWの外観の例を示す。本実施の形態にて説明する工作機械1が対象とするワークWは、ワークWの少なくとも一部の円筒面にネジ溝が形成されたワー

10

20

30

40

50

クWを対象とする。図1(C)は、上記の対象内容に合致するEPS(Electric Power Steering)のステアリングロッドの外観を示しており、当該ステアリングロッドは、ネジ溝が形成されたネジ部Kの他にも、ラック&ピニオンの構造におけるラック部KR(円筒面の一部を平面状にして、ピニオンギアが嵌合する溝が形成された形状)が形成されている。

【0031】

主軸装置30L(ワーク回転手段に相等)は、主軸台31Lと、ワーク回転軸回りに回転するスピンドル部32Lと、スピンドル部32Lと一体となって回転するとともに挿入されたワークWの円筒面を支持可能なチャック爪34Lを備えたチャック部33Lとで構成されている。また、スピンドル部32Lとチャック部33Lは、同軸上に(ワーク回転軸上に)設けられており、ワークWをZ軸方向に挿入可能な径を有する穴部が形成されている。制御手段50は、チャック爪34Lの開閉を制御可能であり、スピンドル部32Lの回転を制御可能である。また、主軸装置30R、主軸台31R、スピンドル部32R、チャック部33R、チャック爪34Rについては、上記に説明した主軸装置30Lと同様であるので説明を省略する。

10

【0032】

ここで、図1(C)に示すワークWの場合、ネジ部Kの両端の近傍を支持しようとする、ラック部KRの部位の支持が必要となる。しかし、ラック部KRの面をチャック爪34Lまたは34Rで支持(把持)するのは適切でない。チャック爪34Lまたは34Rで支持(把持)する場合、ラック部KRの面を回避してワークWの円筒面を支持することが好ましい。

20

そこで、図1(C)に示すように、ワークWの端面には、ワークWの回転角度を特定可能な位置決め溝WMが形成されている(例えば、ラック部KRの面と平行な方向に位置決め溝WMが形成されている)。なお、位置決め溝WMは、少なくとも一方の端面に形成されていればよい。

なお、本実施の形態では、図2(A)及び(B)に示すように、仮受け台73、74上に載置したワークWにおけるラック部KRの側の端面を主軸装置30R側に挿入し、ラック部KRと反対側の端面を主軸装置30Lに挿入している。従って、チャック部33Lで支持するワークWの部位は、円周上のどの位置を支持しても円筒面であるので、チャック爪34Lが3つ爪のチャック部33Lを用いることが好ましい(図示省略)。また、チャック爪33Rで支持するワークWの部位は、円周上にラック部KRが有るため、これを回避して円筒部を支持できるように、チャック爪34Rが2つ爪のチャック部33Rを用いることが好ましい(図示省略)。

30

なお、仮受け台73、74に載置されたワークWをチャック部33L、33Rにて保持すると、ワークWは仮受け台73、74から僅かに浮き上がる。

【0033】

また、位置決め溝WMが形成された端面が挿入されるスピンドル部32Rの穴部には、位置決め溝WMに嵌合してZ軸方向に移動可能であるとともにスピンドル部32Rと一体となって回転する嵌合部材35Rが設けられている。嵌合部材35Rは、弾性部材(図示省略)にてワークWの側(位置決め溝WMに嵌合する方向)に付勢されており当該弾性部材は、制御手段50からの制御信号によってスピンドル部32R内においてZ軸方向に移動可能な調整部材(図示省略)に設けられている。

40

また、位置決め溝WMが形成されていない端面が挿入されるスピンドル部32Lの穴部には、ワークWの端面が当接する当接部材35Lと、Z軸方向に移動可能で当接部材35LのZ軸方向の位置を制御する調整部材(図示省略)が設けられている。

上記の説明では、ワークWの位置決め溝WMをラック部KRの側の端面のみに形成した例を説明したが、位置決め溝WMをワークWの両端面に形成してもよい。その場合、スピンドル部32L内の当接部材35Lを嵌合部材35Rと同様の部材とすればよい。

【0034】

[ネジ溝検出装置80の構成(図3)]

50

次に図3を用いて、ネジ溝検出装置80の構成について説明する。なお、図3は構成を説明するための模式図(平面図)であり、実際のネジ溝検出装置80の外観を示すものではない。図3のネジ溝検出装置80の実際の概略側面図は、図4(B)の例に示す外観から支持補助部材81C、82Gを省略した外観であり、検出体移動手段82は実際には保持ベース81Bの下に配置されている。また、図3のネジ溝検出装置80の実際の概略斜視図は、図5(B)の例に示す外観から検出体ずれ量検出手段84Sを省略した外観である。

ネジ溝検出装置80は、少なくとも測定対象のネジ溝WNに接触させる接触子83と、接触子83がワーク回転軸CWに平行なリード方向(Z軸方向)において基準線STZから往復移動可能となるように保持されるフローティング手段と、ワーク回転軸CWに直交する径方向に接触子83を付勢する付勢手段とを備えている。なお、基準線STZについては後述する。

【0035】

ここで、フローティング手段は、接触子83を保持した保持体81Aのリード方向の移動を案内する2本のガイド81Gと、ガイド81Gのほぼ中央に保持体81Aを維持する弾性部材81BR、81BLにて構成されている。これにより、保持体81A(接触子83)は、接触子83が何も接触していない場合における位置から、ガイド81Gに沿って、保持ベース81Bに対してリード方向に往復移動することが可能である。

また、付勢手段は、保持体81Aに対して径方向(ワーク回転軸CWに直交する方向)であり、この場合はX軸方向)に移動可能となるように保持された接触子83を径方向に付勢する弾性部材81BBにて構成されている。

また、接触子83の先端には、ネジ溝WNの幅に収まる径の球状部材が固定されており、ネジ溝WNに入った場合、ネジ溝WNの中心に案内される構成を有している。

【0036】

また、保持手段81は、上記のフローティング手段と、付勢手段と、更に、リード側センサ81SR、81SL(リード側位置検出手段に相当)と、径側センサ81SB(径側位置検出手段に相当)とを備えている。

リード側センサは第1リード側センサ81SR(第1リード側位置検出手段に相当)と第2リード側センサ81SL(第2リード側位置検出手段に相当)との2個で構成されている。第1リード側センサ81SRは接触子83に対してリード方向の一方の側(この場合、右側)の保持ベース81Bに固定されており、第2リード側センサ81SLは接触子83に対してリード方向の他方の側(この場合、左側)の保持ベース81Bに固定されている。

第1リード側センサ81SRは、例えば非接触式センサであり、保持体81Aまでの距離(この場合、左方向への距離)を検出可能である。

第2リード側センサ81SLは、例えば非接触式センサであり、保持体81Aまでの距離(この場合、右方向への距離)を検出可能である。

【0037】

本実施の形態では、対向配置した2個のリード側センサ81SR、81SLの間に接触子83(保持体81A)を配置し、第1リード側センサ81SRからの検出信号と、第2リード側センサ81SLからの検出信号との比を用いて、第1リード側センサ81SRと第2リード側センサ81SLの間における、どの位置に接触子83が位置しているかを求める。

例えば、距離が大きくなるにつれて検出信号の出力が大きくなる特性の場合において、第1リード側センサ81SRから測定対象までの距離がL1、検出信号の出力がm1、第2リード側センサ81SLから測定対象までの距離がL2、検出信号の出力がm2であったとする。この場合、 $m1 : m2 = L1 : L2$ の式が成立し、また $L1 + L2$ は所定距離であるので、これらの式を用いて、距離L1、L2を求めることができる。この場合、比を用いることで、温度ドリフト等によりm1及びm2が大きくなる方向に、または小さくなる方向にずれても誤差を相殺できるので、1個のリード側センサを用いた場合よりも、

10

20

30

40

50

小さな誤差で接触子 8 3 のリード側の位置を検出することができる。

なお、本実施の形態では、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L のリード方向の中間位置に基準点を設け、当該基準点を通る X 軸に平行な基準線 S T Z を設定している。制御手段 5 0 は、この基準点の位置 (X 座標、 Y 座標、 Z 座標) を認識しており、当該基準点を通る基準線 S T Z から接触子 8 3 までの Z 軸方向の距離を求めて、ネジ溝の位置を求める。

【 0 0 3 8 】

また、径側センサ 8 1 S B は、例えば非接触式のセンサであり、保持体 8 1 A の後方に固定され、接触子 8 3 の端面までの距離 (図 3 (B) の例では、 X 軸方向の距離 L x) を検出可能である。

そして図 3 の例に示すネジ溝検出装置 8 0 は、更に、保持手段 8 1 をワーク回転軸 C W に直交する方向に移動可能な検出体移動手段 8 2 と、制御手段 (この場合、制御手段 5 0 (図 1 (A) 参照)) とを備えている。

図 3 に示す例では、検出体移動手段 8 2 はシリンダとピストン 8 2 A とで構成されており、保持手段 8 1 をワーク回転軸 C W から最も遠ざかる位置 (図 3 (A) に示す位置)、または保持手段 8 1 をワーク回転軸 C W に最も近接する位置 (図 3 (B) に示す位置) のいずれかの位置に移動可能である。

制御手段 5 0 は、図 3 (A) に示す位置と図 3 (B) に示す位置における前記基準点の位置を認識しており、更に、接触子 8 3 の X 軸方向の長さも認識している。従って、径側センサ 8 1 S B から接触子 8 3 の端面までの距離 L x を求めることで、接触子 8 3 の先端部における X 軸方向の位置を認識可能であり、接触子 8 3 の先端の X 軸方向の位置に基づいて、接触子 8 3 がネジ溝 W N に入ったか否かを判定することが可能である。

以上の構成により、ネジ溝検出装置 8 0 をコンパクトに収めることができ、図 1 (A) 及び (B) に示すように、工作機械 1 への搭載も容易である。

【 0 0 3 9 】

[ネジ溝検出装置 8 0 のその他の構成 (図 4 ~ 図 6)]

図 3 の模式図に示すネジ溝検出装置 8 0 に対して、ネジ溝 W N の Z 軸方向の位置を更に高精度に検出可能なネジ溝検出装置 8 0 の模式図の例を図 4 ~ 図 6 に示す。図 3 に示すネジ溝検出装置 8 0 は、保持手段 8 1 をワーク回転軸 C W に最も近接する位置に移動させて接触子 8 3 をワーク W に接触させた場合、ピストン 8 2 A 上のいずれかの位置を支点として保持手段 8 1 が X Z 平面内で回転等する可能性があり、この場合、回転角度に応じて、検出したネジ溝 W N の Z 軸方向の位置に誤差が発生する可能性がある。

【 0 0 4 0 】

そこで、図 4 に示すように、嵌合して回転を抑制する支持補助部材 8 2 G、8 1 C を追加する。支持補助部材 8 2 G は検出体移動手段 8 2 等の任意の固定部材に固定されており、支持補助部材 8 1 C は可動する保持手段 8 1 に固定されている。そして、保持手段 8 1 をワーク回転軸 C W に最も近接する位置に移動させた場合に、支持補助部材 8 2 G、8 1 C が嵌合され、支持補助部材 8 1 C が支持補助部材 8 2 G に案内される構造を有している。なお、図 4 (A) に示す例では、支持補助部材 8 2 G における可動部材 8 2 F が支持補助部材 8 1 C を挟むように可動し、より強固に固定できる構造を示している。

【 0 0 4 1 】

また、図 5 に示す例では、支持補助部材 8 2 G、8 1 C に加えて、更に、保持手段 8 1 の Z 軸方向へのずれ量を検出する検出体ずれ量検出手段 8 4 S が追加されている。なお、図 5 (B) に示す斜視図では、ピストン 8 2 A を省略している。

検出体ずれ量検出手段 8 4 S は任意の固定体に固定されており、図 5 の例では、検出体移動手段 8 2 に固定した支持体 8 4 に固定されている。検出体ずれ量検出手段 8 4 S は、例えば非接触センサであり、制御手段 5 0 は、検出体ずれ量検出手段 8 4 S からの検出信号に基づいて、検出体ずれ量検出手段 8 4 S から保持手段 8 1 までの Z 軸方向の距離を検出し、保持手段 8 1 の Z 軸方向のずれ量を検出することが可能である。そして、制御手段 5 0 は、接触子 8 3 の Z 軸方向の位置を求めた後、検出体ずれ量検出手段 8 4 S から求め

10

20

30

40

50

たリード方向のずれ量を用いて、ネジ溝WNのZ軸方向の位置を補正する。

この場合、まず接触子83をネジ溝に接触させる前に検出体ずれ量検出手段84Sからの検出信号に基づいて、検出体ずれ量検出手段84Sから保持ベース81Bまでの距離(距離B)を求めておく。そして、接触子83をネジ溝に接触させてリード方向における接触子83の位置(位置A)を求めた後、検出体ずれ量検出手段84Sからの検出信号に基づいて、検出体ずれ量検出手段84Sから保持ベース81Bまでの距離(距離B')を求める。そして、距離Bと距離B'の差分(ずれ量)に基づいて、求めた位置Aを補正する。

これにより、ネジ溝のZ軸方向の位置の検出精度を、より向上させることができる。また、支持補助部材81C、82Gを高精度化する必要がなくなるので、ネジ溝検出装置80のコストを抑えることができる。

【0042】

また、図6に示す例では、図5の保持手段81から検出体ずれ量検出手段84Sを省略し、更に、リード側センサ81SR、81SLを、保持ベース81Bに固定する代わりに任意の固定体に固定しており、リード側センサ81SR、81SLを、検出体移動手段82に固定した支持体84に固定している。なお、図6(B)に示す斜視図では、ピストン82Aを省略している。

図6に示す例では、保持手段81がZ軸方向にずれても、ずれ量を含めて接触子83のZ軸方向の位置を検出できる。

これにより、ネジ溝のZ軸方向の位置の検出精度を、より向上させることができる。また、支持補助部材81C、82Gを高精度化する必要がなくなるので、ネジ溝検出装置80のコストを抑えることができる。

【0043】

以上に説明したネジ溝検出装置80を用いたネジ溝の位置の検出方法における第1の実施の形態～第4の実施の形態を、以降で説明する。なお、以降の説明では、図3に示すネジ溝検出装置80を用いた場合で説明を行うが、図4及び図6に示すネジ溝検出装置80を用いた場合も同様であるので、それらの説明は省略する。また、図5に示すネジ溝検出装置80を用いた場合は、上記に記載したように求めた接触子83の位置を補正すればよいので説明を省略する。

また、第1の実施の形態～第4の実施の形態に示す処理手順の例は、制御手段50の動作を指示するプログラムに記載されている。

【0044】

[第1の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法]

次に、ネジ溝WNのZ軸方向の位置を検出する第1の実施の形態の手順を説明する。

制御手段50は、図3(A)に示すように保持手段81をワーク回転軸CWから最も遠ざかる位置から検出体移動手段82に駆動信号を出力し、保持手段81をワーク回転軸CWに向けて(ワークWのネジ溝に向けて)前進させる。

そして、制御手段50は、保持手段81をワーク回転軸CWに最も近接する位置に移動させて接触子83をワークWに接触させる。ここで、制御手段50は、接触子83がネジ溝WNに入った場合において、径側センサ81SBによって検出されるべき接触子83の端面までの距離Lxを認識している。そして、制御手段50は、径側センサ81SBからの検出信号に基づいて求めた距離が距離Lx近傍の値である場合(例えば判定閾値をxとした場合、求めた距離が、距離Lx±x以内の場合)は、接触子83がネジ溝WNに入ったと判定し、距離Lx近傍の値でなく、距離Lxよりも小さい値(例えば距離Lx-xより小さい値)である場合、接触子83がネジ溝WNに入っていないと判定する。

【0045】

保持手段81をワーク回転軸CWに近接させて接触子83をネジ溝WNに接触させた際、接触子83の先端の移動先にちょうどネジ溝WNがある場合、接触子83はリード方向に移動しない。しかし、移動先にちょうどネジ溝WNがある場合よりも、ずれている場合の方が多い。図3(B)の例は、ネジ溝WNのリード方向の位置が、基準線STZに対し

10

20

30

40

50

て、 z ずれている場合を示している。制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83における基準線STZからの距離($-z$)を求めることができる。

制御手段50は、工作機械1上における保持手段81の基準点の位置(ワーク回転軸CWに最も近接した図3(B)の状態における基準点の位置(X座標、Y座標、Z座標))を認識している。そして制御手段50は、保持手段81の工作機械1上のZ軸方向の位置、保持手段81に対する基準線STZ(基準点)からのZ軸方向の距離($-z$)等から、接触子83の先端が接触しているネジ溝WNの工作機械1上におけるZ軸方向の位置を求めることができる。

【0046】

[第2の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法(図7)]

以上に説明した第1の実施の形態では、接触子83がネジ溝WNに接触するように保持手段81を近接させた際、接触子83がネジ溝WNに入ることを想定しているが、接触子83がネジ溝WNに入らない場合も考えられる。例えば、図10(B)に示すようなボールネジのネジ溝では、ネジ溝の幅に対してネジ溝の両肩部の幅のほうが数倍も長く、ネジ溝に入る確率よりも、ネジ溝に入らない確率のほうが高いと考えられる。

そこで、第2の実施の形態では、接触子83をネジ部Kに当接させたがネジ溝WNに入っていないと検出した場合、積極的に接触子83をネジ溝WNに入れる処理を追加している。以下、図7に示すフローチャートを用いて説明する。

【0047】

制御手段50は、ステップS10にて、検出体移動手段82に駆動信号を出力し、ワーク回転軸CWに直交する方向に保持手段81を前進させて、ワークWのネジ部Kに接触子83を接触させ、ステップS20に進む。

ステップS20にて、制御手段50は、径側センサ81SBからの検出信号に基づいて、接触子83がネジ溝WNに入ったか否かを判定する。接触子83がネジ溝WNに入った(Yes)と判定した場合はステップS40に進み、ネジ溝WNに入っていない(No)と判定した場合はステップS30に進む。

【0048】

ステップS30に進んだ場合、制御手段50は、主軸装置30L、30Rに制御信号を出力し、ワークWをワーク回転軸CW回りに回転させて、接触子83をネジ溝WNに入れる。接触子83がネジ溝WNに入っていない場合、少なくともワークWを1回転させれば、必ずネジ溝WNが接触子83の先端に到達し、接触子83がネジ溝WNに入る。従って、ステップS30にてワークWを1回転させて、ステップS20にてネジ溝WNに入ったことを確認してステップS40に進む。なお、ワークWを1回転させずに、ステップS20の判定を行いながらステップS30のワークWの回転を行い、接触子83がネジ溝WNに入ったことを検出した場合に、ワークWの回転を停止してステップS40に進んでもよい。

第2の実施の形態では、このステップS20とステップS30によって、接触子83をネジ部Kに接触させたときにネジ溝WNに入らない場合であっても、接触子83を適切にネジ溝WNに入れることができる。

【0049】

そして、ステップS40にて、制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83における基準線STZからのZ軸方向の距離($-z$)を求め、ステップS50に進む。

ステップS50では、求めた距離、または距離から求めたネジ溝WNのZ軸方向の位置を、ネジ溝WNを加工工具で研削する際のパラメータとして入力する。

なお、保持手段81と検出体移動手段82とを備えたネジ溝検出装置80が、図1に示す位置(ワーク回転軸CWを挟んで加工工具と対向する位置)にある場合、ワークWを180度回転させて、求めたネジ溝WNの位置が加工工具の側に向くようにする。

あるいは、ステップS50にてワークWを更に1回転させて(あるいは所定角度回転さ

10

20

30

40

50

せて)、再度、接触子 83 における基準線 STZ からの Z 軸方向の距離を求め、ステップ S40 で求めた距離との差分から、ネジ溝 WN のピッチを求め、当該ピッチに基づいて、加工工具の側のネジ溝 WN の Z 軸方向の位置を補正するようにしてもよい。

そして、ステップ S60 では、求めたネジ溝 WN の Z 軸方向の位置を用いて、加工工具をネジ溝 WN の位置に位置決めし、ネジ溝 WN を研削加工する。

【0050】

[第3の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法(図8)]

以下に説明する第3の実施の形態では、接触子がネジ溝 WN に入った後、接触子 83 のバックラッシュ等の影響による誤差を抑制する処理が追加されている。例えば、同じ位置のネジ溝に対して、右から近づいた場合と左から近づいた場合とでは、同じ位置であるはずだが、僅かに異なる場合等がある。

10

第3の実施の形態では、このバックラッシュ等の誤差を低減するために、リード方向の位置の測定の前に、接触子 83 を、所定の方向(リード方向における一方の方向)に、所定の距離だけ移動させる。以下、図8に示すフローチャートを用いて説明する。

【0051】

ステップ S10 ~ ステップ S30 は、図7に示す第2の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

接触子 83 がネジ溝 WN に入ったと判定した後、ステップ S36 では、制御手段 50 は、接触子 83 をネジ溝 WN になじませるため、ワーク W を微小回転角度で往復回転する。なお、往復回転の回転角度と往復回数は任意である。

20

そして、ステップ S37 では、制御手段 50 は、バックラッシュ等の誤差の発生を抑制するために、ワーク W を所定方向に所定角度だけ回転させる。例えば、図3(B)において接触子 83 が右方向に移動する方向に、ワーク W を 180 度回転させる。

以下、ステップ S40 ~ ステップ S60 の処理は、第2の実施の形態の説明と同様であるので説明を省略する。

なお、ステップ S36 の往復回転は省略してもよい。

【0052】

[第4の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法(図9)]

以下に説明する第4の実施の形態では、接触子 83 のリード方向の位置を最も小さな誤差で検出できる位置となるように、接触子 83 がネジ溝 WN に入った後、ワーク W を回転させて、リード方向の位置の誤差が最も小さな誤差となる位置に接触子 83 を移動させる。なお、接触子 83 のリード方向の位置を最も小さな誤差で検出できる位置は、リード側センサの特性に基づいて、適切な位置(所定位置)を設定すればよく、本実施の形態の説明では、基準線 STZ の位置を「最も小さな誤差となる位置」として説明する。

30

図3(A)及び(B)に示すように、本実施の形態では、接触子 83 をリード方向(Z軸方向)に往復移動可能となるようなフローティング機構を備え、第1リード側センサ 81SR と第2リード側センサ 81SL の検出信号の比で Z 軸方向の位置を求めており、例えば、第1リード側センサ 81SR と第2リード側センサ 81SL の中間点である基準点の位置が、最も小さな誤差となる位置であるものとして所定位置に設定し、以下、図9に示すフローチャートを用いて説明する。なお、この所定位置をリード側センサ 81SR、81SL の校正点としてもよい。

40

【0053】

ステップ S10 ~ ステップ S30 は、図7に示す第2の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

接触子 83 がネジ溝 WN に入ったと判定した後、ステップ S32 では、制御手段 50 は、リード側センサ 81SR、81SL からの検出信号に基づいて、その時点での接触子 83 における基準線 STZ からの仮の距離を求め、ステップ S33 に進む。

ステップ S33 では、制御手段 50 は、接触子 83 における基準線 STZ からの距離が、ほぼゼロとなるようにワーク W を回転させて、接触子 83 の Z 軸方向の位置を、ほぼ基準線 STZ の位置に戻し、ステップ S36 に進む。

50

ステップS36～ステップS60の処理は、第3の実施の形態の説明と同様であるので説明を省略する。

なお、ステップS37では、接触子83をリード方向におけるいずれかの方向に少し移動させるため、このステップS37による移動量を考慮に入れて、ステップS33における接触子83の移動先を補正すると、より好ましい。(ステップS37で接触子83を少し移動させるが、この移動の結果、ほぼ基準線STZの位置となるようにすることが、より好ましい。)また、ステップS37にて、所定方向と逆方向に所定角度回転させた後、所定方向に所定角度回転させてもよい。

なお、特に高い精度が要求されない場合は、ステップS36とステップS37の処理を省略してもよい。

【0054】

以上、本実施の形態にて説明したネジ溝検出装置80は、ネジ溝WNの中心の位置を接触子83を接触させることで直接的に検出するので、ネジ溝WNのリード方向の位置の測定精度が高い。また、ネジ溝と肩部の境界を何往復もしていた従来の検出方法と比較して、非常に短時間にネジ溝の中心の位置を測定可能である。更に、ネジ溝検出装置80はコンパクトに構成することができるので、工作機械1に搭載することが容易である。

なお、本実施の形態の説明では、検出体移動手段82を用いて、接触子83をワークWに接触あるいは離間させたが、検出体移動手段82を省略して、接触子83をワークWに接触させた状態を保持するようにしてもよいし、作業者の操作で接触子83を接触または離間するように構成してもよい。

【0055】

以上に説明したネジ溝検出装置80を用いて、ネジ溝WNのリード方向の位置を測定し、更に、主軸装置30R、30L(ワーク回転手段に相当)にてワークWを所定角度だけ回転させて、ネジ溝検出装置80にて当該所定角度の回転における接触子83のリード方向の移動距離を測定してネジ溝WNのピッチを求める。

更に、測定したネジ溝WNのZ軸方向の位置に、砥石22(加工工具)を位置決めするようにZ軸方向駆動モータ10M(リード側移動手段に相当)を制御し、砥石22がネジ溝WNに入るようにX軸方向駆動モータ20M(径側移動手段に相当)を制御する。

そして、主軸装置30R、30Lを用いてワークWを回転させるとともに、測定したピッチに基づいて、Z軸方向駆動モータ10Mを用いて砥石22をリード方向に移動させて、ネジ溝WNを仕上げ研削する。

また、ネジ溝検出装置80は、ネジ溝WNの位置の測定後、砥石22を用いてネジ溝を研削する際は、元の位置(ワーク回転軸CWから(最も)遠ざかる位置)に戻し、ワークWから離間させておく。

なお、本実施の形態の説明では、ワークWに対して砥石22をX軸方向に移動させたが、砥石22に対してワークWをX軸方向に移動させる構成にすることもできる。従って、砥石22はワークWに対して相対的にX軸方向に移動するものである。

同様に、Z軸方向については、ワークWに対して砥石22をZ軸方向に移動させたが、砥石22に対してワークWをZ軸方向に移動させる構成にすることもできる。従って、砥石22はワークWに対して相対的にZ軸方向に移動するものである。

【0056】

[第5の実施の形態におけるネジ溝検出装置の構成とネジ溝検出方法(図12)]

以下に説明する第5の実施の形態では、図3(A)及び(B)～図6(A)及び(B)に示すネジ溝検出装置80において、第1リード側センサ81SRと第2リード側センサ81SLの位置をリード方向にオフセットさせている(図12(A)の例では、左側に距離Zofだけずらしている)。なお、図12(A)は、図3(A)に示すネジ溝検出装置80からの変更個所の説明に必要な部分を抜き出したものであり、検出体移動手段82等の記載を省略している。

【0057】

フローティング手段は、リード方向(この場合、Z軸方向)に沿う押付け力または引張

10

20

30

40

50

り力を発生させる弾性手段（この場合、弾性部材 8 1 B R、8 1 B L）によって、ワーク W またはネジ溝 W N に接触していない状態の接触子 8 3 のリード方向の位置を中立位置（この場合、基準線 S T Z の位置）に保持している。また、フローティング手段は、接触子 8 3 の中立位置からのリード方向の距離に応じて、接触子 8 3 を中立位置に戻すための押付け力または引張り力を発生させる。

図 1 2 (B) は、接触子 8 3 におけるリード方向の可動範囲において、ネジ溝 W N のリード方向の位置を任意の位置に固定し、接触子 8 3 を用いて当該ネジ溝 W N のリード方向の位置を複数回検出した場合の誤差 $E r K$ （繰り返し誤差）の大きさを実測して求めた繰り返し誤差特性を示している。この繰り返し誤差特性（いわゆるパラツキ）の結果より、可動範囲の両端近傍では弾性手段による接触子 8 3 に加えられる力が大きいため誤差が大きくなり、中立位置の近傍では弾性手段による接触子 8 3 に加えられる力が小さいために不安定となり、誤差が大きくなっていると推定される。両端近傍及び中立位置近傍を除いた範囲（図 1 2 (B) における範囲 Z 1、Z 2）では、接触子 8 3 に適度な力が加えられて安定した検出結果を得られており、誤差閾値 $E r K$ 以下に抑えることができることを確認できた。

【 0 0 5 8 】

また、図 1 2 (C) は、接触子 8 3 におけるリード方向の可動範囲において、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L による、接触子 8 3 のリード方向の位置に対するセンサ誤差特性を示している。本実施の形態では、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L には渦電流センサを用いており、リード方向における各センサ間の中心であるセンサ中心位置 S T L R に接触子 8 3 が有る場合に最も誤差が小さくなり、接触子 8 3 がセンサ中心位置 S T L R から遠ざかるに従って誤差が大きくなる。センサ中心位置 S T L R の近傍の範囲（図 1 2 (C) における範囲 Z ）では、誤差閾値 $E r S$ 以下に抑えることができることを確認した。

【 0 0 5 9 】

従って、繰り返し誤差特性が誤差閾値 $E r K$ 以下である範囲、且つセンサ誤差特性が誤差閾値 $E r S$ 以下である範囲、となるリード方向の位置であれば、高精度にリード方向の位置を検出できることになる。そこで、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L の配置位置を、リード方向に所定距離だけずらして配置する。図 1 2 の例では、図 1 2 (B) の繰り返し誤差特性の範囲 Z 1 のほぼ中央にセンサ中心位置 S T L R が位置するように、距離 Z o f だけずらしている。

【 0 0 6 0 】

そして、接触子 8 3 をネジ溝 W N に入れて、ネジ溝 W N のリード方向の位置を検出する際、接触子 8 3 のリード方向の位置が、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L の中央近傍（つまり、センサ中心位置 S T L R の近傍）となるように、ワーク W を回転させて（あるいはネジ溝検出装置 8 0 をワーク W に対して相対的にリード方向に移動させて）、ネジ溝 W N のリード方向の位置を検出する。つまり、接触子 8 3 のリード方向の位置が第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L の中央近傍の位置であり、且つ接触子 8 3 に対してフローティング手段から接触子 8 3 を中立位置（基準線 S T Z の位置）に戻す押付け力または引張り力による荷重がかかっている状態にして、ネジ溝 W N のリード方向の位置を検出する。

この状態では、接触子 8 3 のリード方向の位置は、第 1 リード側センサ 8 1 S R と第 2 リード側センサ 8 1 S L の中央近傍であるので、センサ誤差特性（図 1 2 (C) 参照）の誤差は充分小さい。また、繰り返し誤差特性（図 1 2 (B) 参照）の誤差も充分小さいので、非常に高精度にネジ溝 W N のリード方向の位置を検出することができる。

【 0 0 6 1 】

[第 6 の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法（図 1 3 ~ 図 1 5）]

以下に説明する第 6 の実施の形態では、図 9 を用いて説明した第 4 の実施の形態に対して、接触子 8 3 をネジ溝 W N に入れた後の検出方法が異なる。図 9 に示す第 4 の実施の形体のフローチャートのステップ S 3 2 ~ ステップ S 3 7 の処理が、図 1 4 に示す第 6 の実

10

20

30

40

50

施の形体では、ステップS 3 8 A ~ステップS 3 8 Fに変更されている。この変更点を説明する前に、まず図1 3 (A) 及び(B) を用いて、接触子8 3 のリード方向の位置が中立位置(基準線S T Zの位置)から離れるにつれてネジ溝W Nの中心に収まらずに誤差が発生する様子を説明する。なお図1 3 (A) 及び(B) は、説明を容易にするために、接触子8 3 と、接触子8 3 に押し付け力や復元力を与える弾性部材(8 1 B R、8 1 B L、8 1 B B)と、ネジ溝W N等を記載しており、他の部材の記載を省略している。

【0 0 6 2】

図1 3 (A) は、中立位置(接触子8 3 がワークWにもネジ溝W Nにも接触していない場合)のリード方向の位置であり、この場合、基準線S T Zの位置)にいる接触子8 3 の正面にネジ溝W Nの中心が位置していた場合に、接触子8 3 をネジ溝W Nに押し付けた状態を示している。 10

この場合は中立位置であることより、弾性部材8 1 B L、8 1 B Rから接触子8 3 与えるリード方向の復元力がほぼゼロであるので、弾性部材8 1 B Bの押し付け力によって接触子8 3 はネジ溝W Nの中心に収まる。

中立位置にある接触子8 3 をワークWに押し付けてワークWを回転させると、ネジ溝W Nのネジ面N Mに接触子8 3 が接し始めると接触子8 3 はネジ溝W Nに入る。しかし、そのままワークWの回転を継続すると、ネジ溝W Nに入った接触子8 3 は、ネジ溝W Nに案内されてリード方向に移動していく。

例えば図1 3 (B) (細線、点線、一点鎖線、太線)の中の細線の状態では、ネジ溝W Nの中心が中立位置(基準線S T Zの位置)からリード方向(この場合、左方向)に距離Lだけ離れた位置の状態を示している。 20

【0 0 6 3】

接触子8 3 がリード方向において中立位置から離れていくと、フローティング手段である弾性部材8 1 B L、8 1 B Rにて、接触子8 3 を中立位置に戻そうとする復元力F b が働く。更に、この復元力F b は、中立位置から接触子8 3 までの距離が大きくなるにつれて大きくなる。

また、接触子8 3 は、弾性部材8 1 B Bからの押し付け力F a 1にてワーク回転軸C Wの方向に押し付けられている。

【0 0 6 4】

ここで、図1 3 (B) の点線円の中に、接触子8 3 とネジ面N M、及び接触子8 3 とネジ面N Mとが当接する接点T Pにおける復元力F b、押し付け力F a、及び接点T Pに働く摩擦力F mの状態を示す。 30

押し付け力F a を、ネジ面N Mに平行な成分の力F a 1 とネジ面N Mに直交する成分の力F a 2 に分解し、復元力F b を、ネジ面N Mに平行な成分の力F b 1 とネジ面N Mに直交する成分の力F b 2 に分解する。また、接触子8 3 は、ネジ面N Mから力F a 2 + 力F b 2 と同じ大きさで反対方向の抗力F k を受ける。また接点T Pにはネジ面N Mに平行な摩擦力F mが働いている。

これらより、接点T Pでは、ネジ面N Mに平行な力F a 1 と力F b 1 と摩擦力F m、及びネジ面N Mに直交する力F a 2 と力F b 2 と抗力F k が釣り合い、当該位置で停止している。 40

この釣り合っている状態から、例えば接触子8 3 が中立位置に近づくと復元力F b が小さくなって力F b 1 が小さくなり、力F a 1 によって接触子8 3 はワーク回転軸C Wの方向に移動し、当該移動によって押し付け力F a が小さくなり、移動先で各力が釣り合って停止する。

【0 0 6 5】

接触子8 3 がネジ溝W Nの奥まで入らずに途中で停止してしまう状態を回避するために、以下の2通りの方法を考える。なお、ネジ溝W Nの位置を測定する際は、より高精度に測定するために、複数回測定する。

第1の方法は、接触子8 3 をネジ溝W Nに入れた状態を維持して、接触子8 3 が中立位置に近づくように移動させる方法である。第1の方法では、接触子8 3 をネジ溝W Nに入 50

れた状態を維持しており、後述する第2の方法と比較して、複数回の測定において最も時間がかかる接触子83の前進回数が少ないので、測定のサイクルタイムを短くできる点と、押し付け力 F_a が小さいので、接触子83の耐久性が向上する点が有利である。しかし、後述する第2の方法に対して、接触子83を引きずるようにネジ溝WNで案内して移動させるので、上記のようにネジ溝WNの奥まで接触子83が到達しない場合があり、測定値が不安定になる点が不利である。

これに対して第2の方法は、押し付け力 F_a を大きくして、ネジ溝WNの途中で接触子83が停止しないように、より強い押し付け力でネジ溝WNの奥まで接触子83を到達させる方法である。第2の方法では、第1の方法と比較して、接触子83を安定してネジ溝83の奥に到達させることができるので測定値が安定する点で有利である。しかし、複数回の測定において接触子83の前進・後退の回数が多く、サイクルタイムが長くなる点と、強化した押し付け力にて接触子83にかかる衝撃が大きくなり、耐久性が低下する点で不利である。

以下に説明する本実施の形態では、上記の第1の方法を採用するとともに、押し付け力 F_a を強化することなく接触子83をネジ溝WNの奥まで到達させるようにして安定した測定値を得られるようにするものである。

【0066】

次に、図14に示すフローチャートと図13(B)を用いて本実施の形態の処理手順と、接触子83の状態の変化について説明する。なお、図9のフローチャートとの相違点であるステップS38A～ステップS38Fについて説明する。

制御手段50は、ステップS20にて接触子83がネジ溝WNに入ったと判定した場合(Yes)はステップS38Aに進む。このときの接触子の状態を図13(B)の細線の接触子83(0)で示す。この場合、ネジ溝WNの中心の位置が中立位置(STZ)から距離Lだけ離れており、接触子83(0)がネジ溝WNの奥まで到達せずにネジ面NMの途中で停止している。

【0067】

ステップS38Aでは、制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83のリード方向の位置を測定し、ステップS38Bに進む。以下では、測定したこの位置を「落とし込み位置」と記載する。

ステップS38Bでは、落とし込み位置から、予め記憶している理想第1中継位置までのリード方向の距離(第1移動距離に相当)及び移動方向を求め、落とし込み位置にいる接触子83(0)を理想第1中継位置まで移動させる。ここで理想第1中継位置とは、中立位置(STZ)からリード方向の一方(この場合、左側に向かうリード方向)に第1所定距離(例えば300[μm]程度)だけ離れた位置であり、予め設定された位置である。なお、通常、リード側センサ81SR、81SLの検出信号には誤差が含まれているので、理想第1中継位置まで移動する制御を行っても、実際には理想第1中継位置と一致することは稀であり、理想第1中継位置の近傍に移動する。制御手段50は、落とし込み位置と、第1移動距離及び移動方向と、ネジ溝WNのピッチとに基づいて、接触子83(0)を理想第1中継位置まで移動させるためのワークWの回転方向及び回転角度を求めて、求めた回転方向に、求めた回転角度だけワークWを回転させる。これにより、図13(B)の細線で示すネジ面NM(0)が、点線で示すネジ面NM(1)に移動し、接触子83(0)が接触子83(1)に移動する。なお、接触子83(0)よりも接触子83(1)のほうがフローティング手段による復元力が小さいので、接触子83(1)のほうがネジ溝WNの奥のほうへ移動する。

そしてステップS38Cでは、制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83(1)のリード方向の位置(実第1中継位置に相当)を測定し、ステップS38Dに進む。

【0068】

ステップS38Dでは、理想第1中継位置の近傍まで移動させた接触子83(1)から、予め記憶している理想第2中継位置までのリード方向の移動距離及び移動方向を求め、

10

20

30

40

50

理想第1中継位置の近傍にいる接触子83(1)を理想第2中継位置まで(理想第2中継位置の近傍まで)移動させる。ここで理想第2中継位置とは、リード方向において理想第1中継位置と中立位置(STZ)との間の任意の位置であり、予め設定された位置である。制御手段50は、実第1中継位置と、移動距離及び移動方向と、ネジ溝WNのピッチとに基づいて、接触子83(1)を理想第2中継位置まで移動させるためのワークWの回転方向及び回転角度を求めて、求めた回転方向に、求めた回転角度だけワークWを回転させる。これにより、図13(B)の点線で示すネジ面NM(1)が、一点鎖線で示すネジ面NM(2)に移動し、接触子83(1)が接触子83(2)に移動する。なお、接触子83(1)よりも接触子83(2)のほうがフローティング手段による復元力が小さいので、接触子83(2)のほうがネジ溝WNの奥のほうへ移動する。

10

そしてステップS38Eでは、制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83(2)のリード方向の位置(実第2中継位置に相当)を測定し、ステップS38Fに進む。

【0069】

ステップS38Fでは、理想第2中継位置の近傍まで移動させた接触子83(2)から、中立位置(最終目標位置)までのリード方向の移動距離及び移動方向を求め、理想第2中継位置の近傍にいる接触子83(2)を中立位置(STZ)まで(中立位置の近傍まで)移動させる。制御手段50は、実第2中継位置と、移動距離及び移動方向と、ネジ溝WNのピッチとに基づいて、接触子83(2)を中立位置(STZ)まで移動させるためのワークWの回転方向及び回転角度を求めて、求めた回転方向に、求めた回転角度だけワークWを回転させる。これにより、図13(B)の一点鎖線で示すネジ面NM(2)が、太線で示すネジ面NM(T)に移動し、接触子83(2)が接触子83(T)に移動する。なお、接触子83(2)よりも接触子83(T)のほうがフローティング手段による復元力が小さいので、接触子83(T)のほうがネジ溝WNの更に奥のほうへ移動する。

20

そしてステップS40では、制御手段50は、リード側センサ81SR、81SLからの検出信号に基づいて、接触子83(T)のリード方向の位置を測定し、ステップS50に進む。

【0070】

以上に説明した本実施の形態では、図15のイメージ図に示すように、接触子83の落とし込み位置がリード方向において中立位置に対してどのような位置にあっても、一旦、理想第1中継位置まで(理想第1中継位置の近傍まで)移動させ、更に理想第2中継位置まで(理想第2中継位置の近傍まで)移動させ、その後、中立位置まで(中立位置の近傍まで)移動させる。

30

このように、落とし込み位置が中立位置に対してどのような位置であっても、必ず理想第1中継位置、理想第2中継位置を経由させて、各経由点で実際の位置を確認して次の移動先まで移動することで、リード方向の誤差を徐々に縮小させながら接触子83を中立位置の近傍まで移動させる。そして中立位置の近傍まで移動させた接触子83の状態を、安定してネジ溝WNの奥まで到達させることが可能であり、測定値を安定させて測定精度を向上させることができる。

なお、リード側センサ81SR、81SLの検出信号を常時モニタしながら接触子83を徐々に中立位置まで近づける方法も考えられるが、接触子83のリード方向の位置を常時求めながら接触子83を移動させるプログラムは非常に複雑となり、実現が困難である。これに対して本実施の形態では、予め設定した理想第n中継位置に向かって徐々に接触子83を中立位置に近づけていく方法を採用しており、シンプルなプログラムで実現が容易である。

40

【0071】

また、第5の実施の形態の説明では、図12に示すように中立位置の近傍では繰り返し誤差(バラツキ)がやや大きくなり、接触子83を中立位置にしてネジ溝WNのリード方向の位置を測定するのは好ましくない、と説明したが、第6の実施の形態では接触子83を最終的に中立位置の近傍まで移動させているので、矛盾しているように見える。しかし

50

、図12において繰り返し誤差が大きくなる中立位置の近傍の実際の範囲は狭いものであり、中立位置から100[μm]程度離れると、誤差は充分許容レベルまで低下している。そして第6の実施の形態にて接触子83を最終的に中立位置の近傍まで移動させた結果は、中立位置から100[μm]程度、離れた位置となることを発明者は確認している。

また、最終的な移動先をあえて中立位置とせず、実験によって確認した繰り返し性の良い位置(例えば、中立位置から理想第1中継位置の方向に100[μm]ずれた位置等)に設定してもよい。

【0072】

以上に説明した第6の実施の形態では、中立位置の左側に理想第1中継位置、理想第2中継位置を設定したが、リード方向においてどちらの側に理想第1中継位置、理想第2中継位置を設定してもよい。また、第6の実施の形態の説明では、2個の中継位置(理想第1中継位置、理想第2中継位置)を設定した例で説明したが、中継位置は、1個であってもよいし、3個以上であってもよく、落とし込み位置から最も中立位置から遠い中継位置に移動させた後は、次々と中立位置に向かって隣に位置している中継位置に移動させて、最終的に中立位置の近傍まで移動させればよい。

以上の方法により、発明者はネジ溝WNの位置を ± 10 [μm]の精度で割り出せることを確認した。

【0073】

[第7の実施の形態におけるネジ溝の位置の検出方法(図16)]

以下に説明する第7の実施の形態では、図13(B)に示すように接触子83がネジ溝WNの途中で停止してしまつてネジ溝WNの中心に到達していない場合に、接触子83を強制的に微小振動させ、接触子83をネジ溝WNの奥まで到達させてネジ溝WNの中心へと移動させる方法である。

従つて、上記に説明した第1~第6の実施の形態のいずれにも組み合わせることができる。

【0074】

図16(A)及び(B)に、接触子83を振動させる振動手段(この場合、圧電素子AS)を備えた構成の模式図を示す。なお、図16(A)及び(B)は、接触子83の周囲の部材を記載しているが、いくつかの部材の記載は省略している。なお、図16(B)に示すように、接触子83は、球状のコンタクト部83aと棒状のフィンガー部83bとからなる。

図16(A)の模式図に示すように、本実施の形態では、圧電素子ASが、接触子83における棒状のフィンガー部83bに取り付けられている。また、圧電素子ASにおけるフィンガー部83bの反対の側には錘WAが取り付けられている。

そして、圧電素子ASは、ドライブアンプ等の駆動手段KAから例えば正弦波状の電力が供給されると、伸縮を繰り返して振動する。

【0075】

なお、錘WAは省略してもよいが、圧電素子ASの一方の端面に錘WAを取り付けることで、圧電素子ASの他方の端面の側(すなわち、接触子83に対向する側)の伸縮長さ(振幅)をより大きくできる。

また、図13(B)に示すようにネジ溝WNの途中で停止してしまつた接触子83をネジ溝の底に移動させるには、接触子83をリード方向に振動させることが、より効果的であるため、圧電素子ASはリード方向に伸縮するように配置することが、より好ましい。

以上に説明した構成の圧電素子AS(振動手段)を用いて、リード側センサ81SR、81SLの検出信号を用いて接触子83のリード方向の位置を測定する直前に、圧電素子ASを用いて接触子83を一旦振動させ、振動を停止した後、リード側センサ81SR、81SLの検出信号を用いてネジ溝WNのリード方向の位置を測定することで、より誤差の少ない測定値を得ることができる。

【0076】

以上、第7の実施の形態では、接触子83をより確実にネジ溝WNの奥に入れることが

できるので、接触子 83 のリード方向における中立位置からの距離であるフローティング量とネジ溝 W N の位相の線形性が向上する。これにより、割り出しに必要な測定回数を低減することができるので、サイクルタイムをより短縮化することができる。

また、より確実に接触子 83 をネジ溝 W N の底へと移動させることができるので、測定値の安定性、繰り返し性（バラツキ）をより向上させることができる。

なお、振動手段は圧電素子に限定されるものではなく、小型で振動を発生するものであればよい。

【 0 0 7 7 】

本発明のネジ溝検出装置 80、及び当該ネジ溝検出装置 80 を備えた工作機械 1 は、本実施の形態で説明した外観、構成、構造、処理等に限定されず、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更、追加、削除が可能である。例えば、ワーク W の両端部をチャックで保持する構造でなく、一方または両方の端部を心押し台のセンタで支持する構造であってもよいし、加工工具として、砥石 22 の代わりにバイト等を用いてもよい。

本実施の形態の説明では、接触子 83 がワーク回転軸 C W に直交する径方向に摺動する例で説明したが、所定の角度でワーク回転軸 C W に交差する方向に摺動するように構成してもよい（接触子を付勢する方向も、ワーク回転軸 C W に交差する方向に付勢してもよい）。また、保持手段 81 がワーク回転軸 C W に直交する方向に往復移動する例を説明したが、所定の角度でワーク回転軸 C W に交差する方向に往復移動するように構成してもよい。

また、本実施の形態の説明では、接触子 83 が水平面（X Z 平面）の方向に移動するように構成した例を示したが、ワーク回転軸 C W を含む面内で移動するように構成すれば、水平でなくてもよい。また、接触子 83 が水平でない場合、接触子 83 とワーク W との接点、ワーク回転軸 C W 上の点、砥石 22 とワーク W との接点、とを結んだ線のなす角度を（度）とすると、接触子 83 にて求めたネジ溝の Z 軸方向の位置に、求めたネジ溝のピッチ * / 360 を加えた位置（あるいはピッチ * / 360 を減算した位置）に補正することで、砥石 22 と対向するネジ溝の Z 軸方向の位置を求めることができる（図 11 参照）。

また、本実施の形態の説明に用いた数値は一例であり、この数値に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 7 8 】

【図 1】本発明のネジ溝検出装置 80 を備えた工作機械 1 の一実施の形態を説明する図、及びワーク W の例を説明する図である。

【図 2】主軸装置 30 L、30 R を用いてワーク W を支持する様子を説明する図である。

【図 3】ネジ溝検出装置 80 の構成と動作を説明する図である。

【図 4】ネジ溝検出装置 80 のその他の構成を説明する図である。

【図 5】ネジ溝検出装置 80 のその他の構成を説明する図である。

【図 6】ネジ溝検出装置 80 のその他の構成を説明する図である。

【図 7】ネジ溝検出装置 80 を用いてリード方向におけるネジ溝 W N の中心の位置を測定方法を説明するフローチャート（第 2 の実施の形態）である。

【図 8】ネジ溝検出装置 80 を用いてリード方向におけるネジ溝 W N の中心の位置を測定方法を説明するフローチャート（第 3 の実施の形態）である。

【図 9】ネジ溝検出装置 80 を用いてリード方向におけるネジ溝 W N の中心の位置を測定方法を説明するフローチャート（第 4 の実施の形態）である。

【図 10】ネジ溝 W N の中心の位置を測定する従来の方法を説明する図である。

【図 11】接触子 83 が水平でない場合の例を説明する図である。

【図 12】第 5 の実施の形態を説明する図である。

【図 13】第 6 の実施の形態を説明する図である。

【図 14】第 6 の実施の形態の処理手順の例のフローチャートである。

【図 15】第 6 の実施の形態をイメージで表す図である。

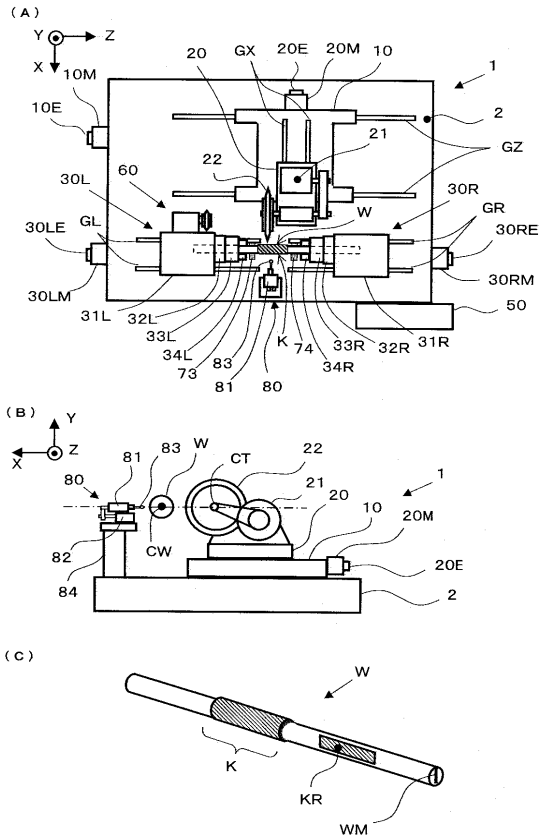
【図16】第7の実施の形態を説明する図である。

【符号の説明】

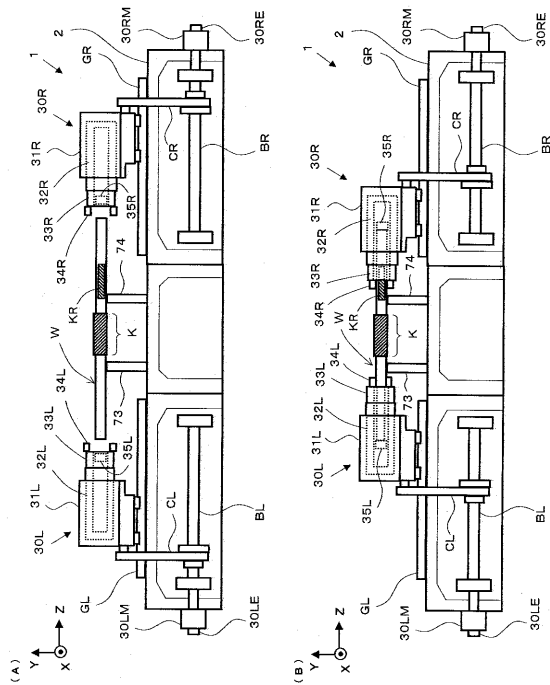
【0079】

1	工作機械	
2	基台	
10	砥石台	
10M	Z軸方向駆動モータ(リード側移動手段)	
30LM、30RM	Z軸方向駆動モータ	
10E、30LE、30RE	検出手段	
20	砥石テーブル	10
20M	X軸方向駆動モータ(径側移動手段)	
20E	検出手段	
21	砥石駆動モータ	
22	砥石(加工工具)	
30L、30R	主軸装置(ワーク回転手段)	
60	ツルージング装置	
80	ネジ溝検出装置	
81	保持手段	
81A	保持体(フローティング手段)	
81BR、81BL	弾性部材(フローティング手段)	20
81G	ガイド(フローティング手段)	
81SR	第1リード側センサ(第1リード側位置検出手段)	
81SL	第2リード側センサ(第2リード側位置検出手段)	
81SB	径側センサ(径側位置検出手段)	
81B	保持ベース	
81BB	弾性部材(付勢手段)	
82	検出体移動手段	
83	接触子	
84S	検出体ずれ量検出手段	
STZ	基準線	30
CW	ワーク回転軸	
W	ワーク(工作物)	
WN	ネジ溝	
K	ネジ部	

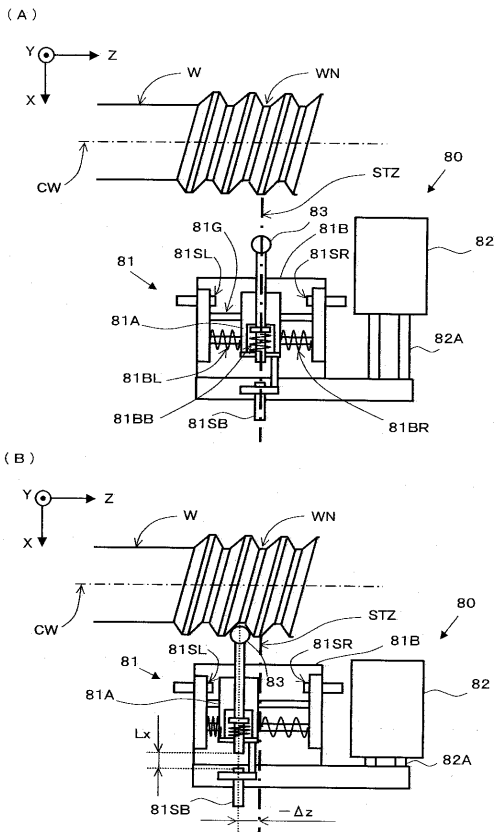
【図 1】



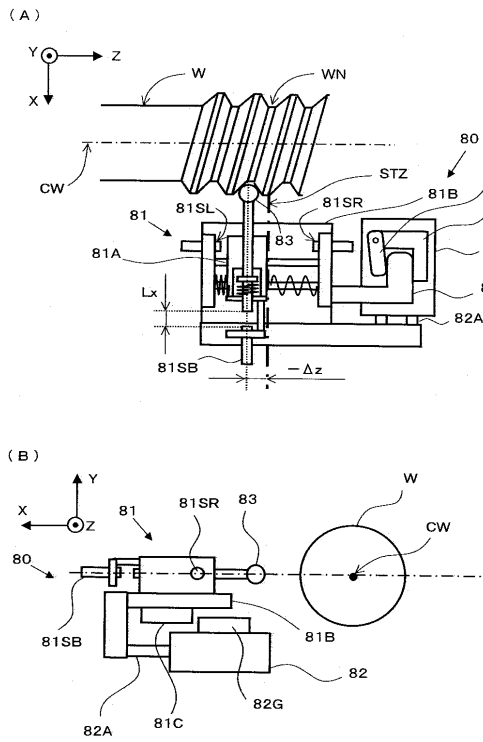
【図 2】



【図 3】

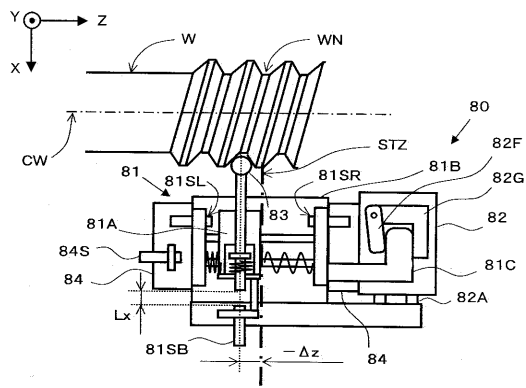


【図 4】

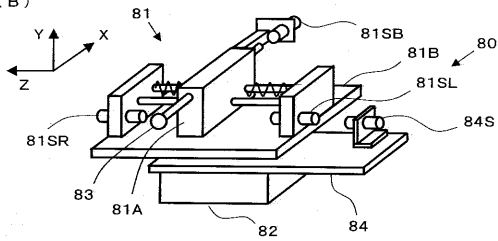


【図5】

(A)

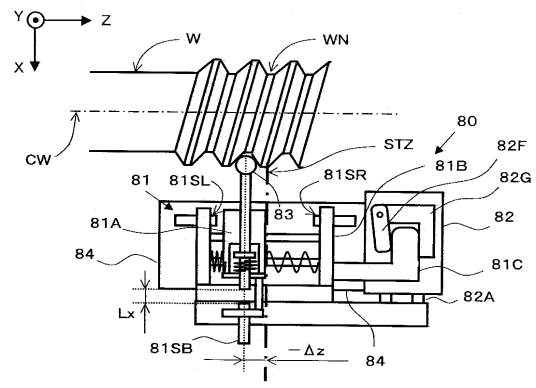


(B)

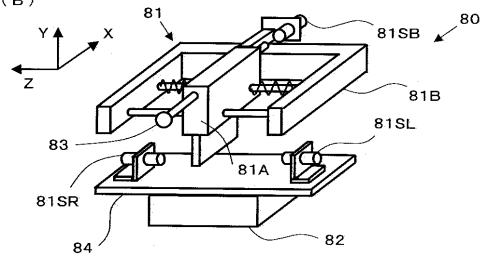


【図6】

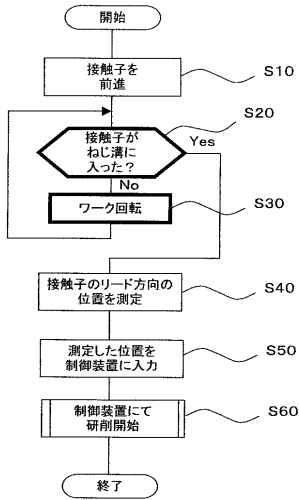
(A)



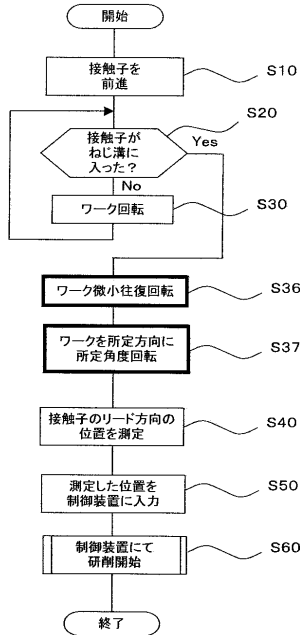
(B)



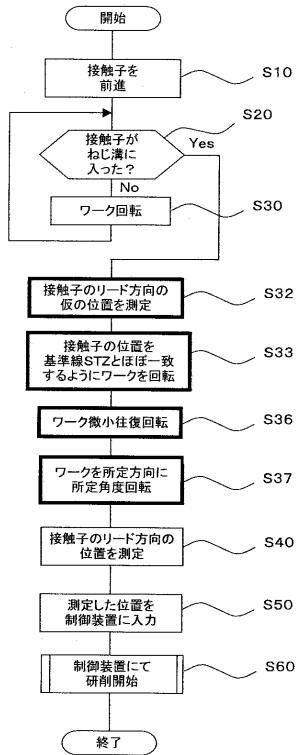
【図7】



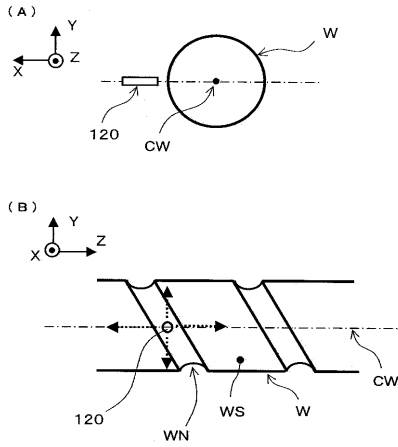
【図8】



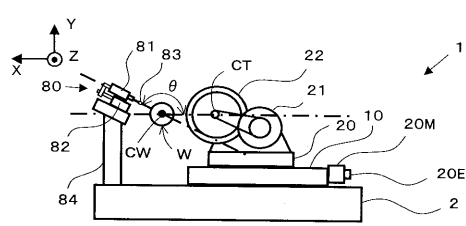
【図9】



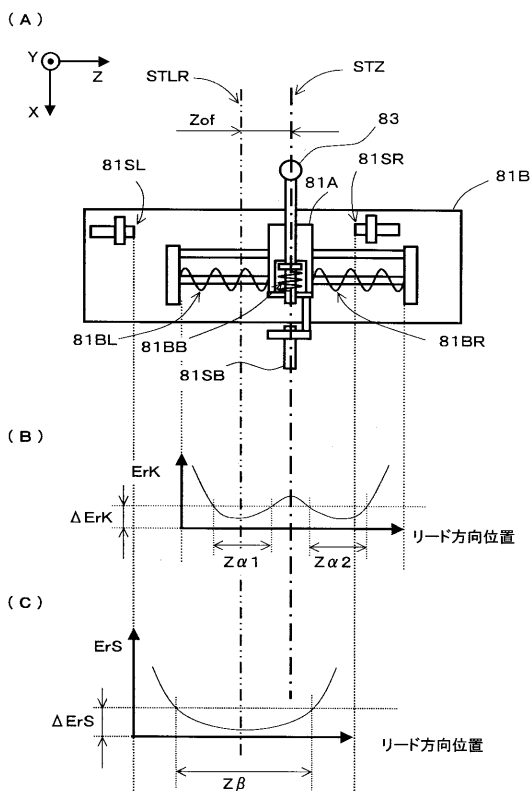
【図10】



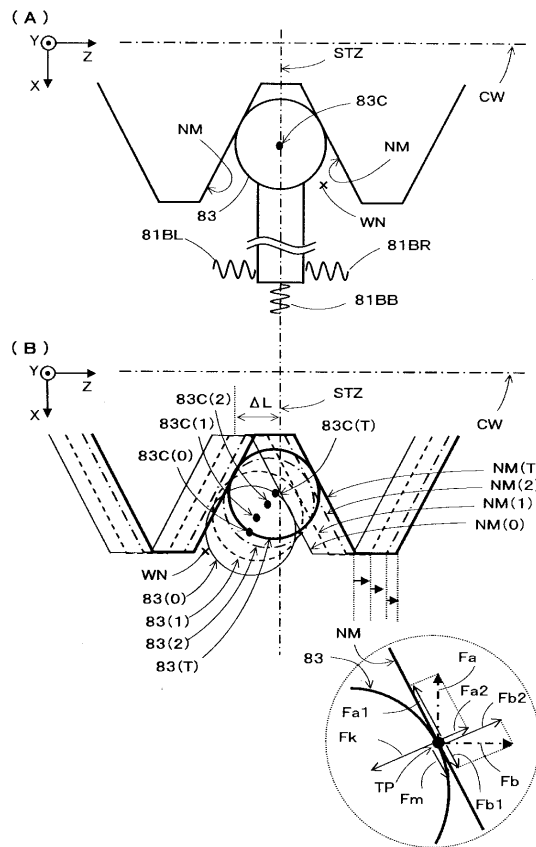
【図11】



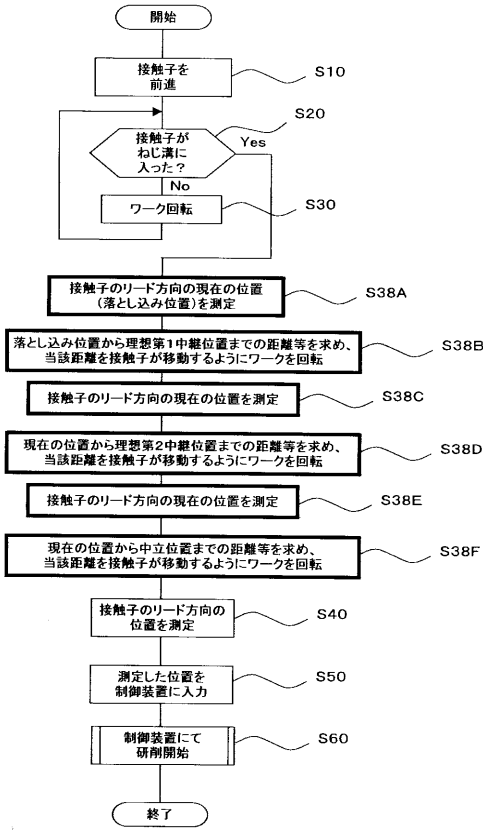
【図12】



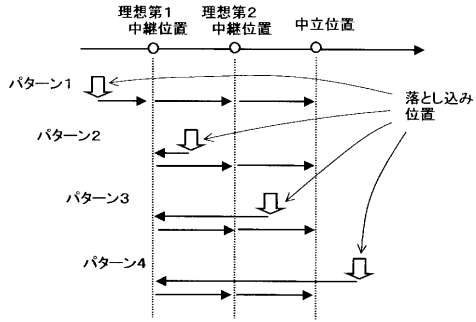
【図13】



【図14】

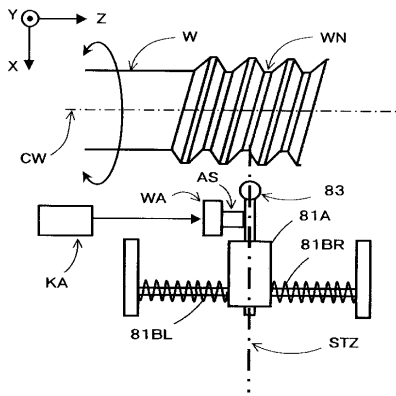


【図15】

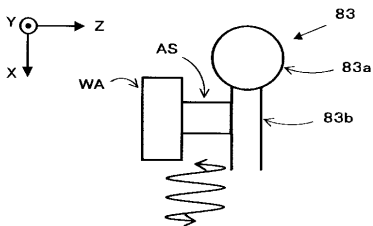


【図16】

(A)



(B)



フロントページの続き

- (72)発明者 松井 貴史
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
- (72)発明者 田野 誠
大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内

審査官 石井 孝明

- (56)参考文献 特開昭59-024917(JP,A)
特開平01-295713(JP,A)
特開平06-055341(JP,A)
特開平05-138437(JP,A)
実開昭62-106716(JP,U)
実開平04-047920(JP,U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | | | |
|---------|---------|---|---------|
| B 2 3 G | 1 / 3 8 | - | 1 / 4 0 |
| B 2 3 G | 1 / 4 4 | | |