

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5568663号
(P5568663)

(45) 発行日 平成26年8月6日(2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日(2014.6.27)

(51) Int.Cl.

G01B 21/20 (2006.01)
G01B 21/02 (2006.01)

F 1

G01B 21/20
G01B 21/02C
Z

請求項の数 14 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-93703 (P2013-93703)
 (22) 出願日 平成25年4月26日 (2013.4.26)
 (65) 公開番号 特開2013-234996 (P2013-234996A)
 (43) 公開日 平成25年11月21日 (2013.11.21)
 審査請求日 平成26年3月11日 (2014.3.11)
 (31) 優先権主張番号 10 2012 104 008.7
 (32) 優先日 平成24年5月8日 (2012.5.8)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 513105454
 イエーノプティーク インドゥストリアル
 メトロロギー ジャーマニー ゲーエム
 ベーハー
 ドイツ連邦共和国 78056 ヴィリン
 ゲン・シュヴェニンゲン アルテ・トゥッ
 トリンガー シュトラーセ 20
 (74) 代理人 100091867
 弁理士 藤田 アキラ
 (74) 代理人 100154612
 弁理士 今井 秀樹
 (72) 発明者 エルンスト ノイマン
 ドイツ連邦共和国 07616 ピュルゲ
 ル アム リンデンベルク 2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】機械要素の形状、位置、サイズに関する特徴を測定するための装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転可能な機械要素の形状、位置またはサイズに関する特徴を測定するための装置であつて、

機械台に沿って配置されるリニアガイド(11)と、該リニアガイド(11)に対し平行に配置されるリニアガイドシステム(12)とを備えた、機械的に安定な前記機械台と、

機械要素(5)を該機械要素(5)の回転軸線(6)のまわりに回転可能に受容する工作物保持部(2)にして、前記機械要素(5)を前記回転軸線(6)のまわりで回転するための、前記リニアガイド(11)で受容された少なくとも1つの締め付け手段(22, 24; 25)を有する、工作物保持部(2)と、

照明モジュール(31)とカメラモジュール(33)とを備え、前記リニアガイドシステム(12)に可動に配置され、前記照明モジュール(31)と該照明モジュール(31)に対向している前記カメラモジュール(33)との間に回転可能に配置される前記機械要素(5)の2次元のシャドーイメージを撮影可能にする光学式測定ユニット(3)と、を含んでいる前記装置において、

前記光学式測定ユニット(3)が、前記機械要素(5)を軸線方向に測定するための接触式測定子(42)を備えた補助的な機械式測定ユニット(4)を有し、

前記機械式測定ユニット(4)が、前記光学式測定ユニット(3)に固定され、且つ前記接触式測定子(42)を前記機械要素(5)の前記回転軸線(6)に対し直交する直交

面内で回動させるための回動機構（41）を有している、ことを特徴とする装置。

【請求項2】

前記接触式測定子（42）が前記機械要素（5）の前記回転軸線（6）に対し平行な2つの方向において測定する1次元の測定値収集器（421）を有し、該測定値収集器（421）がスタイルスアーム（422）と少なくとも1つのプローブ要素（423）とを備え、前記スタイルスアーム（422）の長さは、前記接触式測定子（42）の回動の際に前記少なくとも1つのプローブ要素（423）が少なくとも前記機械要素（5）の前記回転軸線（6）を横切る円弧を描くように選定されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

10

【請求項3】

前記接触式測定子（42）が、前記機械要素（5）の前記回転軸線（6）に対し平行な方向に間隔をもって位置する2つのプローブ球（423）を備えたスタイルスアーム（422）を有し、その結果、取り囲んでいる材料によって隠れた面が軸線方向に測定可能であることを特徴とする、請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記回転機構（41）が、前記接触式測定子（42）の少なくとも1つの前記プローブ球（423）を位置決めするため、前記回転軸線（6）に関し半径方向に無段階に位置調整可能であることを特徴とする、請求項2に記載の装置。

20

【請求項5】

前記接触式測定子（42）が、前記リニアガイドシステム（12）に沿った前記光学式測定ユニット（3）の移動により前記機械要素（5）のどの軸線方向位置にも位置決め可能であり、軸線方向にプローブ検査可能な面においてプローブ検査運動が実施可能であることを特徴とする、請求項1から4までのいずれか一項に記載の装置。

【請求項6】

前記回転軸線（6）の軸線方向に前記接触式測定子（42）の校正を行なうための校正体（7；8）が設けられ、該校正体が、前記回転軸線（6）に対し直交し且つ互いに軸線方向に対向しあっている少なくとも2つの参照面（R1，R2）を有し、且つ前記工作物保持部（2）に固定され、前記少なくとも2つの参照面（R1，R2）のうちそれぞれ少なくとも1つが前記光学式測定ユニット（3）と前記機械式測定ユニット（4）とによってプローブ検査可能であることを特徴とする、請求項1から5までのいずれか一項に記載の装置。

30

【請求項7】

前記校正体がU字状プロファイル部材（7）であり、該U字状プロファイル部材が、前記回転軸線（6）に対し直交するように参照面（R1；R2）として配置される2つの平行な内面を有していることを特徴とする、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記校正体が前記回転軸線（6）に対し同心に配置される回転体（8）であり、該回転体が周回するように延在する長方形溝を備え、該長方形溝の、互いに平行に対向しあっている内面が、前記回転軸線（6）に対し直交するように配置される前記参照面（R1；R2）であり、前記回転体（8）が締め付け手段に同心に固定されていることを特徴とする、請求項6に記載の装置。

40

【請求項9】

前記校正体（7；8）の温度を温度センサにより検知し、前記参照面（R1）と前記参照面（R2）との間で測定した長さ基準を、前記校正体（7；8）の温度依存性を考慮して且つその熱膨張係数を考慮して参照温度に対し校正することを特徴とする、請求項6から8までのいずれか一項に記載の装置。

【請求項10】

回転可能な機械要素の形状、位置、サイズに関する特徴を測定する方法であって、

a) 機械要素（5）を回転軸線（6）のまわりに回転させるため、前記機械要素（5）を

50

工作物保持部(2)の少なくとも1つの回転可能な締め付け手段に締め付け固定するステップと、

b) 前記機械要素(5)を前記回転軸線(6)のまわりに回転させながら、前記回転軸線(6)に対し直交するように方向づけられた光学式測定ユニット(3)の光路内でシャドーライメージを取得することにより前記機械要素(5)の複数の部分を光学式に測定して、前記シャドーライメージから、軸線方向にプローブ検査可能な面の形状、位置、サイズに関する特徴を検出するステップと、

c) 接触式測定子(42)を備えた機械式測定ユニット(4)であって、前記光学式測定ユニット(3)に固定された機械式測定ユニット(4)を位置決めするため、前記光学式測定ユニット(3)によって光学的に検出された、前記機械要素(5)の前記軸線方向にプローブ検査可能な面にしたがって、前記光学式測定ユニット(3)を移動するステップと、

d) 前記接触式測定子(42)をプローブ検査される面に對向する直交面内で回動させ、これらプローブ検査される面を前記接触式測定子(42)を用いてプローブ検査することにより、軸線方向に互いに對向しあっている前記機械要素(5)の面の軸線方向間隔値(M)を接触式に測定するステップと、

を含んでいる前記方法。

【請求項11】

軸線方向に對向しあって空気により互いに分離されている面の接触式測定を次のように行い、すなわち前記軸線方向に對向しあっている面の、前記回転軸線(6)から半径方向に同じ間隔を有し且つ選定したそれぞれの半径方向の間隔に對し長さ測定値を表わす点を、前記接触式測定子(42)を用いて交互にプローブ検査するように行い、その際、校正された長さ基準部(7)で、予め前記接触式測定子(42)を、互いに平行に對向しあって前記回転軸線(6)に対し直交するように方向づけられた2つの参照面(R)を用いて校正することを特徴とする、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

軸線方向に對向しあっている面の接触式測定を次のように行い、すなわち前記軸線方向に對向しあっている面のうちの一方の面の軸線方向位置を光学式測定ユニット(3)によって取得し、他方の面の軸線方向位置を接触式測定子(42)によって取得するように行い、その際、前記光学式測定ユニット(3)の測定位置と前記機械式測定ユニット(4)の測定位置との間のオフセット値(O)を1つの参照面(R)にて特定することにより、予め前記光学式測定ユニット(3)と前記機械式測定ユニット(4)とを互いに校正することを特徴とする、請求項10に記載の方法。

【請求項13】

前記回転軸線(6)に対し同心の1つまたは複数の軌道内で前記接触式測定子(42)の測定値を収集して形状に関する特徴の算出に使用し、その際、前記機械要素(5)を前記回転軸線(6)のまわりに回転させることを特徴とする、請求項10に記載の方法。

【請求項14】

前記校正された長さ基準部(7)を、少なくとも光学式測定の開始前に、少なくとも1つの校正ステップのために使用することを特徴とする、請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、たとえば原動機軸、伝動軸、連接棒、弁、ピストン、ねじ、タービン部品等の回転可能な機械要素の形状、位置、サイズに関する特徴を測定するための装置および方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

軸を正確に測定するために、面を機械式プローブ要素を用いてプローブ検査し、非常に

10

20

30

40

50

正確に測定することができる接触式測定方法が確立された。しかし接触式測定方法は、測定課題が変わると通常は高い組み替えコストを必要とする。

【0003】

このケースに対しては光学式測定方法が考えられる。この測定方法はシャドーイmageを生成させ、このシャドーイimageに基づいて外側輪郭を測定することができる。無接触測定であるために機械要素を迅速に検知でき、且つ高精度の測定を行なうことができる。異なる測定課題間の交替は容易であり迅速に可能である。光学式測定方法の欠点は、シャドーイimageでは見えない凹状部分面およびアンダーカットを測定できないことである。

【0004】

このような理由から、光学式測定方法と接触式測定方法とを組み合わせることが考えられる。特許文献1には、軸の周面の検知を光学式測定ユニットと機械式測定ユニットとを組み合わせて行うようにした装置が開示されている。このためこの装置は、軸を測定するために機械・電気測定ユニットを光電式測定ユニットに組み込み、必要な場合に直線走行できるようにした測定システムを有している。軸は装置内で回転軸に締め付け固定される。測定システムはU字状の光電式測定システムを有し、その自由端部は、第1の測定位置で、締め付け固定されている軸の両側に配置される。自由端部には照明モジュールとカメラモジュールとがライトバリヤー状に組み込まれている。このようにして軸のシャドーイimageが公知の態様で生成されて撮影され、シャドーイimageに基づいて軸を測定することができる。軸を完全に検知するため、軸はその回転軸線のまわりに回転し、光電式測定ユニットは回転軸線に対し平行に軸に沿って走行する。測定精度を高めるため、さらに、U字状の光電式測定ユニットに固定される機械・電気式測定ユニットを用いて軸の周面の補助的な測定を行なうことができる。光電式測定ユニットの移動とともに自動的に機械・電気式測定ユニットも軸に沿って案内され、その結果この第2の測定位置において周面を機械式でプローブ検査することができる。測定値収集は軸の回転軸線に対し垂直に軸面内側で行われ、その結果プローブ要素を用いて周面を高精度で接触式に検出することができる。しかしながら、この装置は周面の精確な機械式プローブ検査しか可能でない。軸の回転軸線に対しほぼ直交するように配置された面は光学式でしか検出することができない。装置の高測定精度を得るには、通常機械的に安定な、よって大きくて重い部材が使用されるので、両測定位置の間で可動に支持されているU字状キャリアの精確な位置調整を実現するには、高い構造コストが必要であることを前提としなければならない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】独国特許第10319947B4号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、少ない構造コストで高精度の測定を可能にし、回転軸線に対し直交方向以下の著しい傾斜を回転軸線に対し有している面も、アンダーカット、勾配、非平面等の隠れた領域を有するような面も高測定精度で測定できる、回転可能な機械要素の形状、位置、サイズに関する特徴を測定するための可能性を見いだすことである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題は、本発明によれば、回転可能な機械要素の形状、位置またはサイズに関する特徴を測定するための装置においては、すなわち機械台に沿って配置されるリニアガイドと、これに対し平行に配置されるリニアガイドシステムとを備えた、機械的に安定な前記機械台と、前記機械要素を該機械要素の回転軸線のまわりに回転可能に受容し、前記リニアガイドで受容される少なくとも1つの締め付け手段を有し、前記機械要素を前記回転軸線のまわりに回転可能であるように保持している工作物保持部と、照明モジュールとカメラモジュールとを備え、リニアガイドシステムに可動に配置され、前記照明モジュールと

10

20

30

40

50

これに対向している前記カメラモジュールとの間に回転可能に配置される前記機械要素から該機械要素の2次元のシャドーイメージを撮影可能にする光学式測定ユニットとを含んでいる前記装置においては、前記光学式測定ユニットが、前記機械要素を軸線方向に測定するための接触式測定子を備えた補助的な機械式測定ユニットを有し、前記機械式測定ユニットが、前記光学式測定ユニットに固定され、且つ前記接触式測定子を前記機械要素の前記回転軸線に対し直交する直交面内で回動させるための回動機構を有していることによって解決される。

【0008】

有利には、前記接触式測定子は前記機械要素の前記回転軸線に対し平行に2つの方向において測定する1次元の測定値収集器を有し、該測定値収集器はスタイルスアームと少なくとも1つのプローブ要素とを備え、前記スタイルスアームの長さは、前記接触式測定子の回動の際に前記少なくとも1つのプローブ要素が少なくとも前記機械要素の前記回転軸線を横切る円弧を描くように選定されている。10

【0009】

前記接触式測定子が、前記機械要素の前記回転軸線に対し平行な方向に間隔をもって位置する2つのプローブ球を備えたスタイルスアームを有し、その結果取り囲んでいる材料によって隠れた面が軸線方向に測定可能であるのが合目的であるのが明らかになった。

【0010】

好ましくは、前記回動機構は、前記接触式測定子の少なくとも1つの前記プローブ球を位置決めするため、前記回転軸線に関し半径方向に無段階に位置調整可能である。20

【0011】

前記接触式測定子は、有利には、前記リニアガイドシステムに沿った前記光学式測定ユニットの移動により前記機械要素のどの軸線方向位置にも位置決め可能であり、軸線方向にプローブ検査可能な面においてプローブ検査運動が実施可能である。

【0012】

前記回転軸線の軸線方向に前記接触式測定子の校正を行なうための校正体が設けられ、該校正体が、前記回転軸線に対し直交し且つ互いに軸線方向に対向しあっている少なくとも2つの参照面を有し、且つ前記工作物保持部に固定され、前記少なくとも2つの参照面のうちそれぞれ少なくとも1つが前記光学式測定ユニットと前記機械式測定ユニットによってプローブ検査可能であるのが有利である。30

【0013】

前記校正体はU字状プロファイル部材であってよく、該U字状プロファイル部材は、前記回転軸線に対し直交するように参照面として配置される2つの平行な内面を有している。

【0014】

他の有利な実施態様では、前記校正体は前記回転軸線に対し同心に配置される回転体であり、該回転体は周回するように延在する長方形溝を備え、該長方形溝の、互いに平行に対向しあっている内面は、前記回転軸線に対し直交するように配置される前記参照面であり、前記回転体は締め付け手段に同心に固定されている。

【0015】

有利には、前記校正体の温度を温度センサを用いて検知し、前記参照面と前記参照面との間で測定した長さ基準を、前記校正体の温度依存性を考慮して且つ熱膨張係数を考慮して参考温度に對し校正する。40

【0016】

さらに、前記課題は、回転可能な機械要素の形状、位置、サイズに関する特徴を測定する方法においては、

a) 前記機械要素を回転軸線のまわりに回転させるため、前記機械要素を工作物保持部の少なくとも1つの回転可能な締め付け手段に締め付け固定するステップと、

b) 前記機械要素を前記回転軸線のまわりに回転させながら、前記回転軸線に対し直交するように方向づけられた光学式測定ユニットの光路内でシャドーイメージを取得すること50

により前記機械要素の複数の部分を光学式に測定して、前記シャドーイメージから、軸線方向にプローブ検査可能な面の形状、位置、サイズに関する特徴を検出するステップと、
 c) 前記光学式測定ユニットに固定され接触式測定子を備えた機械式測定ユニットを位置決めするため、前記光学式測定ユニットによって光学的に検出された、前記機械要素の前記軸線方向にプローブ検査可能な面にしたがって、前記光学式測定ユニットを移動するステップと、

d) 前記接触式測定子をプローブ検査される面に対向する直交面内で回動させ、これらプローブ検査される面を前記接触式測定子を用いてプローブ検査することにより、軸線方向に互いに対向しあっている前記機械要素の面の軸線方向間隔値を接触式に測定するステップと、

を含んでいることによって解決される。

【0017】

好ましくは、軸線方向に對向しあって空気により互いに分離されている面の接触式測定を次のように行い、すなわち前記軸線方向に對向しあっている面の、前記回転軸線から半径方向に同じ間隔を有し且つ選定したそれぞれの半径方向の間隔に対し長さ測定値を表わす点を、前記接触式測定子用いて交互にプローブ検査するように行い、その際校正された長さ基準部において、予め前記接触式測定子を、互いに平行に對向しあって前記回転軸線に対し直交するように方向づけられた2つの参照面を用いて校正する。

【0018】

さらに、軸線方向に對向しあっている面の接触式測定を次のように行なうことも可能で、すなわち前記軸線方向に對向しあっている面のうちの一方の面の軸線方向位置を光学式測定ユニットを用いて取得し、他方の面を接触式測定子を用いて取得するように行い、その際前記光学式測定ユニットの測定位置と前記機械式測定ユニットの測定位置との間のオフセット値を1つの参照面にて特定することにより、予め前記光学式測定ユニットと前記機械式測定ユニットとを互いに校正する。

【0019】

さらに、合目的には、前記回転軸線に対し同心の1つまたは複数の軌道内で前記接触式測定子の測定値を収集して形状に関する特徴の算出に使用し、その際前記機械要素を前記回転軸線のまわりに回転させる。

【0020】

好ましくは、前記校正された長さ基準部を、少なくとも光学式測定の開始前に、少なくとも1つの校正ステップのために使用する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明による装置の基本構成を測定器の全体図において示した図である。

【図2a】内側へ回動可能な接触式測定子の形態の機械式測定ユニットと組み合わせた光学式ユニットの正面断面図である。

【図2b】内側へ回動中の接触式測定子を備えた組み合わせ測定ユニットの平面図である。

【図2c】プローブ検査運動で内側へ回動する接触式測定子を備えた組み合わせ測定ユニットを示す図である。

【図2d】軸線方向にプローブ検査可能な面を上からプローブ検査する際に内側へ回動する測定子を備えた組み合わせ測定ユニットを示す図である。

【図3a】接触式測定子を用いて軸線方向にプローブ検査可能な面を下からプローブ検査する過程を示す図である。

【図3b】光学式測定ユニットの他側に固定される接触式測定子を用いて軸線方向にプローブ検査可能な面を下からプローブ検査する過程を示す図である。

【図4】アクセスが困難な軸線方向にプローブ検査可能な面を接触式測定子のプローブ要素を適合させてプローブ検査する第1例を示す図である。

【図5】軸線方向にプローブ検査可能な2つの面の間の軸線方向間隔値を接触式に測定す

10

20

30

40

50

る第2例を示す図である。

【図6a】接触式測定子と光学式測定ユニットとの間のオフセット値を特定する（校正する）ための1つの可能な実施形態の正面図である。

【図6b】図6aの平面図である。

【図7】静的長さ基準部で接触式測定子を測定する（校正する）ための他の実施形態を示す図である。

【図8】回転する長さ基準部で接触式測定子を測定する（校正する）ための他の実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

10

次に、本発明をいくつかの実施形態を用いて詳細に説明する。

本発明による装置は、基本的には、図1に示したように構成されている。本発明による装置は機械的に安定な機械台1を含み、該機械台に工作物保持部2と光学式測定ユニット3とが可動に配置されている。回転軸線6を形成している工作物保持部2は、駆動されるセンタ22と、連動するセンタ24とを有し、これらセンタの間に機械要素5を回転軸線6に沿って受容可能である。回転軸線6の両側には、機械要素5に対向するように光学式測定ユニット3が配置されている。機械要素5を光学測定するため、光学式測定ユニット3は、回転軸線6の片側に照明モジュール31を有し、回転軸線6の他側にカメラモジュール33を有している。光学式測定ユニット3の片側には回動機構41が固設されている。回動機構41は、回転軸線6に対して直交して回動可能な機械的測定ユニット4を有している。

20

【0023】

工作物保持部2は、機械台1の一端に固設されている主軸台21と、機械台1に可動に配置されている心押し台23とから成っている。心押し台23を移動させるため、機械台1には、該機械台1に沿って延在しているリニアガイド11が装着されている。リニアガイド11では、心押し台23が主軸台21に対し相対的に移動して、任意の位置でリニアガイド11に固定することができる。主軸台21は回転駆動されるセンタ22を備え、心押し台23は連動する回転可能なセンタ24を備えている。駆動されるセンタ22の軸線と連動するセンタ24の軸線とは互いに同軸に方向づけられている。駆動されるセンタ22と連動するセンタ24とは互いに向き合っており、その結果これらセンタの間で機械要素5をその適当な心合わせ孔において回転可能に受容することができる。連動するセンタ24によって所定の力が機械要素5に作用し、その結果駆動されるセンタ22と機械要素5の心合わせ孔との間に摩擦が発生する。この摩擦によって機械要素5を駆動されるセンタ22によって回転させることができる。回転している機械要素5の角度位置を正確に検知するため、駆動されるセンタ22は精密角度測定システム（図示せず）と接続されている。

30

【0024】

本発明による装置の1実施形態では、機械要素5の片側だけを主軸台21で受容すれば十分である。この受容のため、図7に図示したように、機械要素5を締め付け固定して必要な場合には回転軸線6のまわりに回転させることができるようにするためのジョーチャックまたはコレットチャックが主軸台21に装着されている。

40

【0025】

同様に機械台1で受容される光学式測定ユニット3はU字状に形成され、U字の底の面が機械台1に可動に固定され、その結果光学式測定ユニット3の平行な両脚部は機械台1から垂直に両側へ突出するように方向づけられている。光学式測定ユニット3を受容するため、リニアガイド11に対し平行に延在するように、リニアガイドシステム12（機械台の背面に配置されているので図1では見えない）が機械台1に沿って装着されている。リニアガイドシステム12は、互いに平行に延在する高精度のスライドレールから成っていてよい。リニアガイドシステム12のスライドレールで光学式測定ユニット3を受容するため、該光学式測定ユニット3を機械台1に沿って移動させることのできる適当な軸受

50

が設けられている。

【0026】

図2aの前面図に示したように、光学測定を実施するため、光学式測定ユニット3の1つの脚部端には照明モジュール31が組み込まれ、光学ユニット3の他の脚部端にはカメラモジュール33が組み込まれている。光学式測定ユニット3の機械的に安定な構成により、照明モジュール31とカメラモジュール33とは静的光軸34上で対向しあっており、その結果照明モジュール31から放出された光束32はカメラモジュール33によって検出することができる。照明モジュール31とカメラモジュール33とは工作物保持部2の両側に直交状態で配置され、その結果、図2bの平面図に図示したように、工作物保持部2はほぼ光束32の中央に位置決めされている。

10

【0027】

光学式測定ユニット3がリニアガイドシステム12に沿って移動することにより、光学式測定ユニット3の工作32は工作物保持部2の回転軸線6に沿って移動することができる。従って、工作物保持部2で受容されている機械要素5を完全に検知することができる。このため、機械要素5は照明モジュール31で照射され、発生したシャドーイメージがカメラモジュール33で撮影される。シャドーイメージから機械要素5の2次元の輪郭を生成することができ、この2次元の輪郭は機械要素5の測定量（たとえば長さ、直径、平行性、直線性、角度または半径など）を算出するために使用することができる。

【0028】

光学式測定ユニット3を不動にし、機械要素5を回転軸線6のまわりに移動させることも可能である。回転軸線6のまわりに回転している機械要素5の角度位置を検知しながら、機械要素5の輪郭を回転軸線6に対し平行な断面で検知し、これから回転角度に依存した位置、振れ、真円度のような種々の測定量を算出することができる。このような複数の輪郭の組み合わせから、たとえば筒形状、同心性、全体振れのような他の測定量を算出することができる。

20

【0029】

本発明による装置は、光学式測定ユニット3に加えて、機械式測定ユニット4を有している。図1に図示したように、機械式測定ユニット4は回動機構41から成り、該回動機構は安定な基板40を介して光学式測定ユニット3の1つの脚部と固定結合されている。回動機構41には接触式測定子42が固定され、該接触式測定子は、スタイルスアーム422と該スタイルスアーム422の終端に配置したプローブ要素423とを備えた測定値収集器421から構成されている。図2bの上から見た図に示したように、回動機構41は接触式測定子42とともに、回転軸線6に対し平行に位置している回転軸線43のまわりに無段階の回動運動を実施することができる。その際接触式測定子42は、そのスタイルスアーム422でもって回転軸線43に対し直交するように配置され、その結果スタイルスアームは、機械要素5の外側にある位置と内側にある位置との間で各中間位置を占めることができる。

30

【0030】

回転軸線6に対し完全に直交している機械要素5の面をプローブ検査する際の状況を示した図2aおよび図2bに示したように、機械式測定ユニット4はもっぱら機械要素5の軸線方向にプローブ検査可能な面を測定するように構成されている。それ故接触式測定子42は1次元測定子として実施され、そのスタイルスアーム422は回転軸線6に対し平行に両方向に変位させることができる。従って、軸線方向にプローブ検査可能な面を回転軸線6の両方向においてプローブ検査、測定できる。回転軸線6に沿った機械式測定ユニット4の位置決めも、機械要素5の、軸線方向にプローブ検査可能な面における、機械式測定ユニット4のプローブ検査運動も、光学式測定ユニット3の運動によって行われる。光学式測定ユニット3に比べると、機械式測定ユニット4は、特に平面性、触れ、直角性、機械要素5の、回転軸線に対し直交するように配向された面の間隔値Mの測定の際にかなりの高精度を達成することができる。

40

【0031】

50

図3aと図3bに例として2つの位置に関し示したように、回動機構41は光学式測定ユニット3の種々の位置に取り付けることができる。これらの図では、異なる位置にある2つの機械式測定ユニット4を用いて、軸線方向にプローブ検査可能な同一の面を測定する例が図示されている。回動機構41は主軸台21に取り付けてもよいし、光学式測定ユニット3の脚部の心押し台23側に取り付けてもよい。接触式測定子42が内側へ円弧状に回動した時にそのプローブ要素423でもって回転軸線6に接することができるよう、スタイルスアーム422の長さおよび回転軸線6に対する回転軸線43の位置が選定される限りにおいては(図2b)、機械式測定ユニット4の位置は測定を実施するにあたって重要ではない。上記の制限により、接触式測定子42によって、工作物保持部2に締め付け固定されている機械要素5のどの半径方向位置も到達できるよう保証されている。

10

【0032】

軸線方向にプローブ検査可能な被測定面の形状および位置に応じては、使用するプローブ要素423の幾何学的形態を適合させることができる。特に有利なプローブ要素423として、スタイルスアーム422の端部に装着されるプローブ検査球体を使用することができ、該プローブ検査球体を用いると、軸線方向にプローブ検査可能な面の多数の測定課題を実施することができる。しかし、たとえば筒体、先が尖っている先鋒部材、鞘状部材のような他のプローブ要素423も使用することができ、このようなプローブ要素を用いると、アクセスが困難な面により好適に到達することができる。

【0033】

図4に図示したような、機械要素5の外側構造の後方にあってプローブ要素423を備えた直線状のスタイルスアーム422では到達できない、軸線方向にプローブ検査可能な面に対しては、スタイルスアーム422の特殊な実施形態を使用することができる。このスタイルスアームはプローブ検査球体の形状の2つのプローブ要素423を有し、これらのプローブ要素は互いに間隔をもって且つ回転軸線6に対し平行にスタイルスアーム422の端部に配置されている。

20

【0034】

形状、位置、サイズの特徴を測定するための本発明による方法では、第1の方法ステップで、適当な機械要素5を回転可能な工作物保持部2に締め付け固定する。回転可能な工作物保持部2としては、2つのセンタ以外に、片側の締め付け固定手段(たとえば3個、4個または6個のジョーを備えたジョーチャック或いはコレットチャック)を使用することができる。機械要素5とは原動機軸、伝動軸、連接棒、弁、ピストン、ねじ、ターピン部品等であり、工作物保持部2に固定して受容でき、その結果回転軸線6のまわりに回転させることができる。

30

【0035】

次の方法ステップで、機械要素5を光学測定することができる。このため、光学式測定ユニット3を用いて機械要素5のシャドーイメージを検出する。シャドーイメージは、回転軸線6に対し直交するように配向された光学式測定ユニット3の光路内に発生する。

【0036】

光学測定の際、部分的に輪郭を記録することができる。このため、回転軸線6は静止し、測定ユニット3を回転軸線6に対し平行に移動させるとともに、機械要素5を回転軸線6のまわりに回転させ、他方測定ユニットは1つの位置を占めている。このようにして機械要素の形状、位置、寸法に関する特徴を非常に迅速に検出することができる。

40

【0037】

光学測定から、機械要素5の軸線方向にプローブ検査可能な面の位置も簡単に検出することができる。軸線方向にプローブ検査可能な面の、この光学的に検知した位置に対応して、次の方法ステップで、この面を測定する接触式測定子42を備えた機械式測定ユニット4の位置決めを行なう。この位置決めは光学式測定ユニット3をリニアガイドシステム12(図6bのみに図示した)に沿って移動させることで行う。光学式測定ユニット3は、機械式測定ユニット4の接触式測定子42が、被測定面に対向する直交面内で衝突なしに機械要素5へ向けて内側へ回動できるように位置決めされる。

50

【 0 0 3 8 】

最後の方法ステップでは、軸線方向にプローブ検査可能な面の接触式測定を行なう。このため、接触式測定子 4 2 を、機械要素 5 の外側にある出発位置から機械要素 5 へ向けて内側へ回動させて（図 2 b、図 2 c を参照）、回転軸線 6 に対する所望の半径方向位置に達するようにし、この所望の半径方向位置において、光学式測定ユニット 3 を移動させることにより被測定面を接触式測定子 4 2 を用いてプローブ検査を行なう。

【 0 0 3 9 】

次に、機械要素 5 の軸線方向にプローブ検査可能な 2 つの面の間の間隔値 M を測定する方法および装置の特徴を 2 つの例を用いて説明する。

【 0 0 4 0 】

第 1 の例では、機械要素 5 の材料によって互いに分離されている、互いに対向し合う 2 つの面の間隔値 M の測定を行なう。測定の説明は図 2 a ないし図 2 d を用いて行い、光学式測定方法と機械式測定方法とを組み合わせて適用する。まず、機械要素 5 の関連部分（図 2 a ないし図 2 d では、機械要素 5 の、より大きな直径を有し且つ回転軸線 6 に対し直交する方向に向けられた 2 つの平面を備えた領域）の全体を、光学式測定ユニット 3 を用いて検知する。撮影したシャドーイメージから、軸線方向にプローブ検査可能な 2 つの面（図 2 a）の位置を検出する。続いて、まず光学式測定ユニット 3 を用いて、接触式測定子 4 2 を、軸線方向にプローブ検査可能な 2 つの面のうちの一方の面に対向する、光学測定から既知の直交面内へ移動させ（図 2 a では機械要素 5 の被測定部分の上方にある面）、接触式測定子 4 2 を、図 2 b に示したように、機械要素 5 の領域へ内側へ回動させる。接触式測定子 4 2 が回転軸線 6 に対し所望の位置に到達すると、図 2 c に示したように、光学式測定ユニット 3 を用いて接触式測定子 4 2 のプローブ検査運動を行なう。プローブ検査運動は、接触式測定子 4 2 が軸線方向にプローブ検査可能な面上に載置されて、図 2 d に示したように測定値の検出に必要な振りに達するまで続けられる。このようにして、シャドーイメージの面領域が隠れているために、または、見えない要素のために、十分正確に測定することのできないような軸線方向の位置を測定することができる。

【 0 0 4 1 】

上記の例による 2 つの面の間隔値 M の測定は、一方の面の軸線方向位置を接触式に検出し、他方の面の軸線方向位置を光学的に検出するようにして行なうこともできる。

【 0 0 4 2 】

第 2 の例を図 5 を用いて説明する。ここでは、軸線方向にプローブ検査可能な 2 つの被測定面は互いに対向しあっており、空気だけで互いに分離されている。これら 2 つの位置を検出するため、ここでも予め高速光学式測定を行なうことができる。機械式測定値検出の際には、接触式測定子 4 2 を機械要素 5 の 2 つの面の間の任意の直交面へ向けて内側へ回動させることができる。2 つの面の測定は、光学式測定ユニット 3 を回転軸線 6 に対し平行に両方向へ移動させることによって行い、その結果この半径方向の位置において一方の面を下から、他方の面を上からプローブ検査することができ、この半径方向の位置に対し 1 つの間隔値 M を検出する。この測定の場合、接触式測定子 4 2 は不变の半径方向位置にとどまっているので、このケースでは、接触式測定子 4 2 の回動運動によって生じる測定誤差を阻止することができ、その結果非常に正確な測定結果が期待される。

【 0 0 4 3 】

光学式測定と機械式測定とを組み合わせて、軸線方向にプローブ検査可能な面を備えた複数の被測定部分を持つ機械要素 5 の全体を検知する場合には、以下に説明するように異なる構成が採用される。

【 0 0 4 4 】

1 つの可能性は、まず機械要素 5 のすべての部分を第 1 の方法ステップで光学式に測定することである。これは、光学式測定ユニットを機械要素 5 に沿って移動させることで行なうことができる。その際機械要素 5 全体の連続撮影シャドーイメージが検出される。次に、接触式測定の部分ステップで、機械式測定ユニット 4 を用いてすべての関連部分を順次プローブ検査して測定を行なう。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

もうひとつの択一的な可能性は、機械要素 5 を連続する複数の方法ステップで部分ごとに光学式に、接触式に測定することである。機械要素 5 の第 1 の部分を光学式に、接触式に検知した後、測定ユニット 3 と 4 を次の部分のほうへ移動させて、機械要素 5 全体が検知されるまでこの部分を測定する。

【 0 0 4 6 】

非常に正確な測定を可能にするには、機械要素 5 の測定前または測定中も、測定ユニットの校正が必要である。校正ステップは、上述した 2 つの方法例においては、また本発明による他の変形実施形態でも実施しなければならない。校正の過程は、軸線方向にプローブ検査可能な面の測定のために使用する測定ユニットの組み合わせに応じて設定する。

10

【 0 0 4 7 】

光学式測定ユニット 3 と機械式測定ユニット 4 とを組み合わせて軸線方向にプローブ検査可能な面を測定するための測定方法の第 1 実施形態では、少なくとも測定開始前に、場合によっては測定中も、光学式測定ユニット 3 の光軸 3 4 と接縮式測定子 4 2 のプローブ要素 4 2 3 との間の間隔値に相当するオフセット値 O を精確に検出する。このため、図 6 a に示したように、両測定ユニット 3 , 4 でプローブ検査することのできる参照面 R が必要である。図 6 a では、参照面 R は主軸台 2 1 に組み込まれている。間隔値の測定は、参照面 R を光学式と接触式の双方で検知するようにして行う。両測定値の差から、オフセット値 O を求めることができる。参照面 R を光学式測定ユニット 3 を用いても機械式測定ユニット 4 を用いてもプローブ検査することができる限りにおいては、参照面 R の位置は重要でない。それ故、図 6 a で心押し台 2 3 に破線で示したように、参照面は工作物保持部 2 の他の位置に配置してもよく、或いは、これに密接に関連している面に配置してもよい。

20

【 0 0 4 8 】

空気によって互いに離間し互いに対向しあっている軸線方向にプローブ検査可能な面を互いに逆の方向からプローブ検査するようにした、軸線方向にプローブ検査可能な面を測定するための測定方法の第 2 実施形態では、少なくとも測定前に必要な校正を他の態様で行う。この間隔値測定では、互いに対向しあっている軸線方向にプローブ検査可能な 2 つの面のプローブ検査はもっぱら接触式にしか行うことができないので、2 つの参照面（場合によっては空気だけで互いに分離して対向しあっている）を有する長さ基準部が必要である。

30

【 0 0 4 9 】

長さ基準部の 1 実施形態は、図 7 に図示したように、心押し台 2 3 の片側に装着されている U 字状プロファイル部材 7 である。その内側の平行な 2 つの面が参照面 R 1 , R 2 を具体化したものである。両参照面 R 1 , R 2 を補助的に光学測定することにより、2 つのプローブ検査方向に対する光学式測定ユニット 3 と機械式測定ユニット 4 との間のオフセット値 O (図 6 a にのみ図示) を特定することができる。

【 0 0 5 0 】

両参照面 R 1 , R 2 を接触式測定子 4 2 を用いて順次プローブ検査し、検出した測定値を長さ基準として記憶し、接触式測定子 4 2 によってプローブ検査される機械要素 5 の軸線方向間隔測定値を基準化するために使用する。その後に、間隔測定を最大精度でもって実施することができる。基準化は、測定中に任意に何度も反復する場合も必要である。

40

【 0 0 5 1 】

長さ基準部の他の実施形態を図 8 に示す。ここでの原理は図 7 に図示した U 字状プロファイル部材 7 と基本的には同じである。本実施形態では、長さ基準部は回転体 8 として実施され、該回転体は回転軸線 6 に対し同心に回転するよう主軸台 2 1 または心押し台 2 3 に装着されている。長方形溝の、互いに平行に対向しあっている 2 つの参照面 R 1 , R 2 が、長さ基準部を形成している。

【 0 0 5 2 】

精度をさらに向上させるため、U 字状プロファイル部材 7 の検出温度差または回転体 8

50

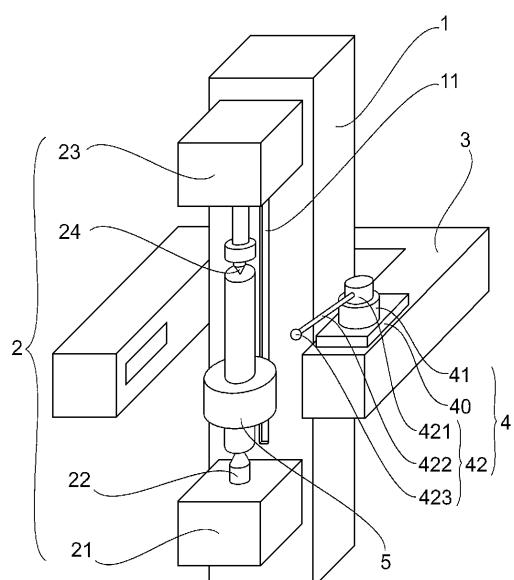
の検出温度差に依存して参照面 R 1 と R 2 の間で測定長さ基準を整合させる。このため、U字状プロファイル部材 7 または回転体 8 の温度を温度センサ（図示せず）を用いて連続的に検出し、参照面 R 1 と R 2 の間での測定長さ基準を、温度変化に相当する熱膨張係数を考慮したファクタで修正する。

【符号の説明】

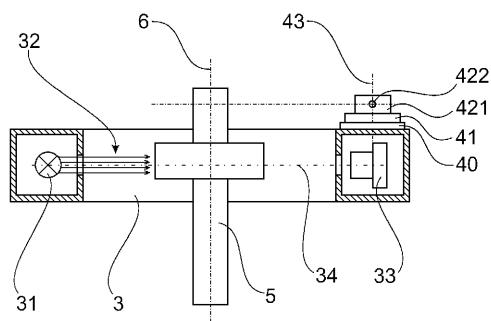
【0053】

1	機械台	
1 1	リニアガイド	
1 2	リニアガイドシステム	
2	工作物保持部	10
2 1	主軸台	
2 2	駆動されるセンタ	
2 3	心押し台	
2 4	連動するセンタ	
2 5	ジョーチャック	
3	光学式測定ユニット	
3 1	照明モジュール	
3 2	光束	
3 3	カメラモジュール	
3 4	光軸	20
4	機械式測定ユニット	
4 0	基板	
4 1	回動機構	
4 2	接触式測定子	
4 2 1	測定値収集器	
4 2 2	スタイラスアーム	
4 2 3	プローブ要素	
4 3	回動軸線	
5	機械要素	
6	回転軸線	30
7	校正される長さ基準	
8	回転体	
M	間隔値	
O	光学式測定ユニットと機械式測定ユニットとの間のオフセット値	
R / R 1 / R 2	参照面	

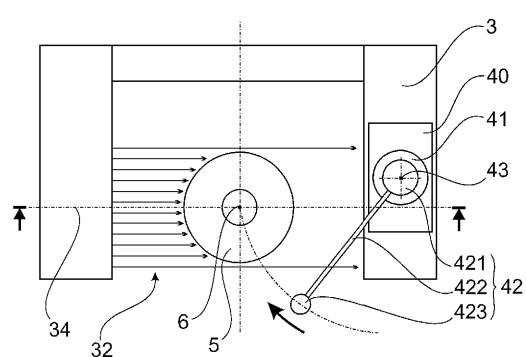
【図1】



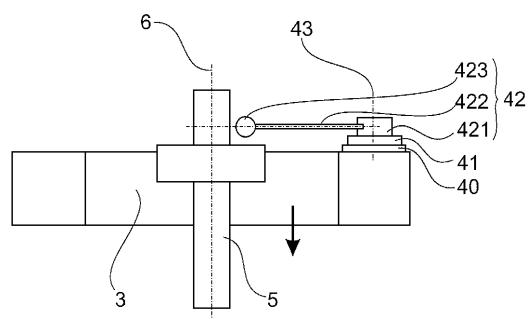
【図2 a】



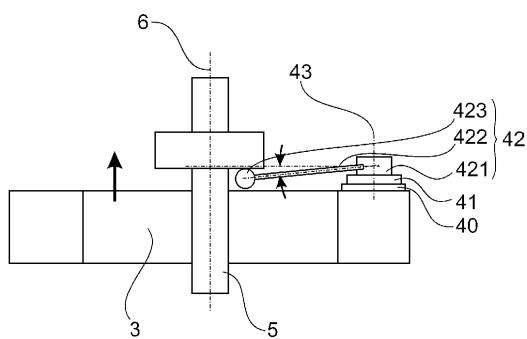
【図2 b】



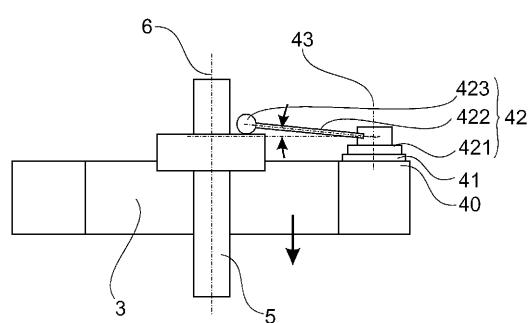
【図2 c】



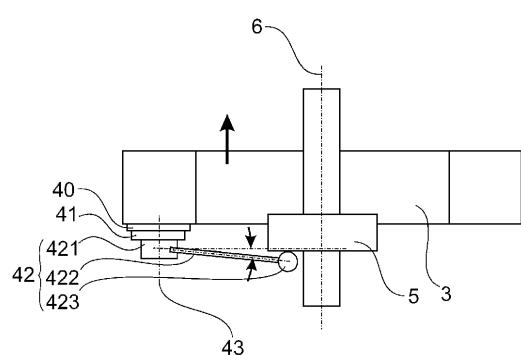
【図3 a】



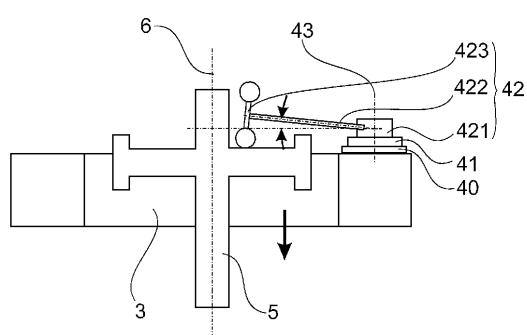
【図2 d】



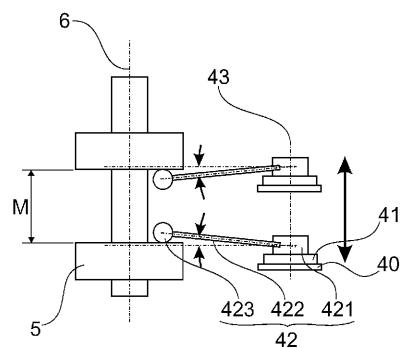
【図3 b】



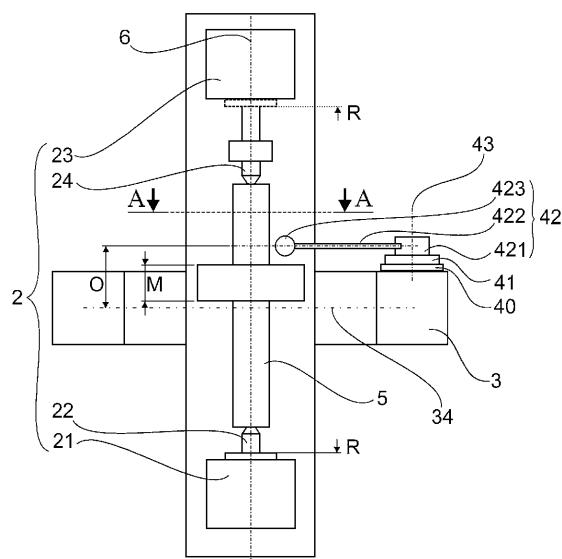
【図4】



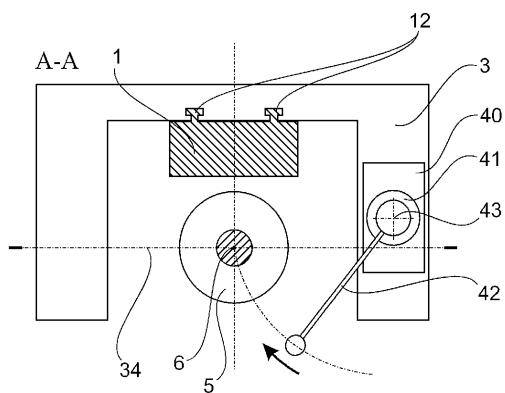
【図5】



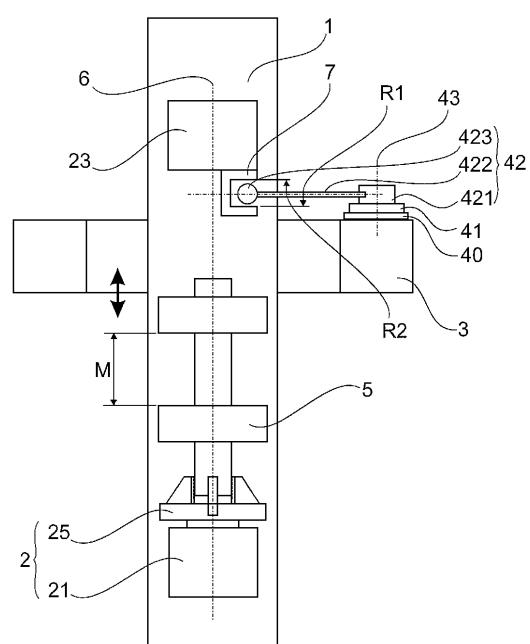
【図6 a】



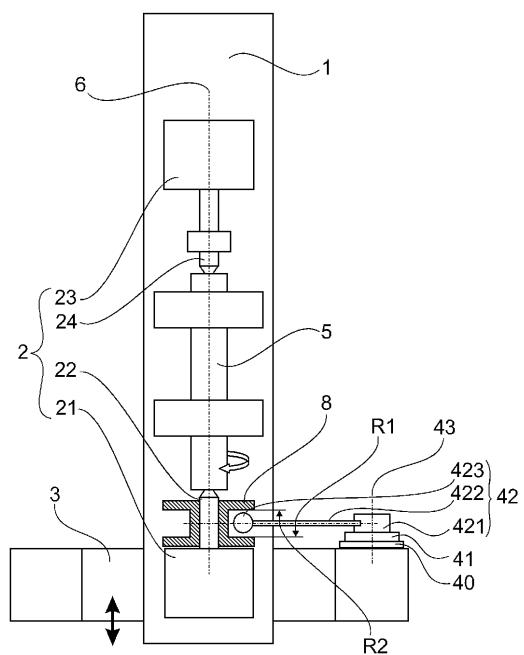
【図6 b】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ミヒヤエル シューベルト
ドイツ連邦共和国 07745 イエーナ コッパンツァー ヴェーク 17

審査官 櫻井 仁

(56)参考文献 特開平8-197381(JP,A)
特開平6-347251(JP,A)
特開平4-233403(JP,A)
特開平6-109440(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 21/00~21/32
G01B 11/00~11/30
G01B 5/00~ 5/30