

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-519137

(P2009-519137A)

(43) 公表日 平成21年5月14日(2009.5.14)

(51) Int.Cl.

B23Q 15/00 (2006.01)
G05B 19/404 (2006.01)
B23Q 17/00 (2006.01)

F 1

B 2 3 Q 15/00
G 0 5 B 19/404
B 2 3 Q 17/00
G 0 5 B 19/404

3 0 9 A
H
A
E

テーマコード(参考)

3 C 0 2 9
3 C 2 6 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 35 頁)

(21) 出願番号 特願2008-545082 (P2008-545082)
(86) (22) 出願日 平成18年12月11日 (2006.12.11)
(85) 翻訳文提出日 平成20年8月13日 (2008.8.13)
(86) 國際出願番号 PCT/GB2006/004643
(87) 國際公開番号 WO2007/068912
(87) 國際公開日 平成19年6月21日 (2007.6.21)
(31) 優先権主張番号 0525306.7
(32) 優先日 平成17年12月13日 (2005.12.13)
(33) 優先権主張国 英国(GB)

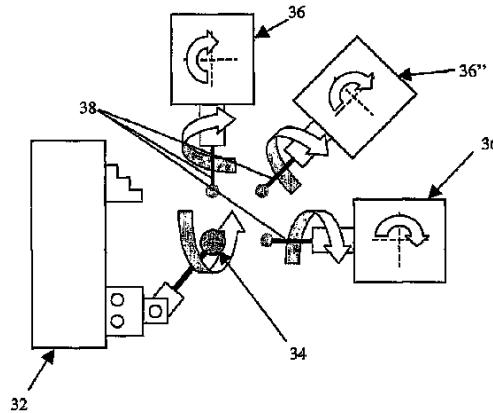
(71) 出願人 391002306
レニショウ パブリック リミテッド カンパニー
RENISHAW PUBLIC LIMITED COMPANY
英國 グロスター・シャー州 ワットン・アン・ダーリエッジ ニューミルズ(番地なし)
(74) 代理人 100077481
弁理士 谷 義一
(74) 代理人 100088915
弁理士 阿部 和夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】工作機械の較正方法

(57) 【要約】

ワークピースを保持する第1の回転可能な部分、すなわちチャック(4、32、202)を有する回転機械(30)を較正する方法が記載されている。第1の回転可能な部分(4、32、202)は、それに関連する第1の形体(6、34、206)を有する。方法は、測定プローブ(10、38、204、236)を使用し、第1の形体(6、34、206)の位置を決定するステップ、第1の回転可能な部分(4、32、202)をある角度まで回転させるステップ、及び前記測定プローブ(10、38、204、236)を使用し、第1の形体(6、34、206)の新しい位置を決定するステップを備えている。回転ヘッド形ミルターン旋盤(30)への技術の広がりが、また記載されている。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ワークピースを保持する第1の回転可能な部分を有し、該第1の回転可能な部分がそれに関連する第1の形態を有する回転機械を較正する方法であって、

- (i) 測定プローブを用い、第1の形体の位置を決定するステップ、
- (ii) 第1の回転可能な部分がある角度まで回転させるステップ、
- (iii) 測定プローブを用い、第1の形態の新しい位置を決定するステップ、
を備えていることを特徴とする方法。

【請求項 2】

(iv) ステップ(i)及び(ii)で決定された位置測定値を用いて第1の回転可能な部分の回転軸の位置を計算するステップ、

をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の方法。 10

【請求項 3】

ステップ(ii)は、第1の回転可能な部分を180°の角度まで回転させることを備えていることを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

【請求項 4】

ステップ(ii)は、第1の回転可能な部分を180°未満の角度まで回転させることを備えていることを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。 20

【請求項 5】

ステップ(ii)は、第1の回転可能な部分をわずか90°の角度まで回転させることを備えていることを特徴とする請求項4に記載の方法。 20

【請求項 6】

第1の機械軸において第1の回転可能な部分の回転軸の位置を決定する最初のステップを備えていることを特徴とする請求項4又は5に記載の方法。

【請求項 7】

ステップ(i)は、第1の形体が前記第1の機械軸上に実質的に配置されるように、第1の回転可能な部分を向けることを備えていることを特徴とする請求項6に記載の方法。 20

【請求項 8】

ステップ(ii)及び(iii)が1度以上繰り返されることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の方法。 30

【請求項 9】

回転機械は、工具保持器を備え、測定プローブは、前記工具保持器により保持されていることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

工具保持器は、第2の回転可能な部分を備え、測定プローブは、前記第2の回転可能な部分により保持されていることを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項 11】

第2の回転可能な部分がある角度まで回転させるステップを備えていることを特徴とする請求項10に記載の方法。

【請求項 12】

ステップ(ii)は、第1および第2の回転可能な部分を90°まで回転させることを備え、ステップ(ii)及び(iii)は、4度繰り返されることを特徴とする請求項11に記載の方法。 40

【請求項 13】

第2の回転可能な部分は、回転ヘッドにより支持され、該回転ヘッドは、軸の周りに回転可能であることを特徴とする請求項10ないし12のいずれかに記載の方法。

【請求項 14】

第1の回転可能な部分及び第2の回転可能な部分の回転軸の相対的変位を決定するステップを備えていることを特徴とする請求項10ないし13のいずれかに記載の方法。

【請求項 15】

50

回転機械の並進軸に沿う変位に応じて第1の回転可能な部分の回転軸の位置を決定する方法であって、

(A) 請求項1ないし14のいずれかに記載の方法を用いて、第1の回転可能な部分の回転軸の位置を決定するステップ、

(B) 少なくとも1つの測定プローブ及び第1の回転可能な部分を前記並進軸に沿って並進させるステップ、

(C) 請求項1ないし14のいずれかに記載の方法を用いて、第1の回転可能な部分の回転軸の位置を決定するステップ、

を備えていることを特徴とする方法。

【請求項16】

(D) 回転機械の軸に対して第1の回転可能な部分の回転軸の角度的位置合わせを決定するステップをさらに備えていることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項17】

ワークピースを保持する第1の回転可能な部分及び工具又は工具用付属品を保持する第2の回転可能な部分を有する回転軸形回転機械の位置合わせをする方法であって、

第1の回転可能な部分の回転軸は、第2の回転可能な部分の回転軸に対して傾斜することが可能であり、第1の回転可能な部分は、それと関連する第2の形体を有し、

(a) 第1の回転可能な部分および第2の回転可能な部分の回転軸の相対的変位が請求項14に記載の方法を用いて決定された回転軸形回転機械を採用するステップ、

(b) 第2の回転可能な部分により保持される測定プローブを用い、第2の形体の位置を決定するステップ、

(c) 第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間の傾斜を変更し、ステップ(b)を繰り返すステップ、

を備えていることを特徴とする方法。

【請求項18】

回転軸形回転機械は、回転ヘッド形回転機械を含み、第2の回転可能な部分は、該回転ヘッドにより支持され、ステップ(c)は、異なる向きへ該回転ヘッドを回転させ、ステップ(b)を繰り返すことを備えていることを特徴とする請求項17に記載の方法。

【請求項19】

第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間の旋回中心の位置を決定するステップを備えていることを特徴とする請求項17又は18に記載の方法。

【請求項20】

第1の回転可能な部分と第2の回転可能な部分の回転軸の間の相対的傾斜に応じて、工具オフセット誤差を決定するステップを備えていることを特徴とする請求項17ないし19のいずれかに記載の方法。

【請求項21】

ステップ(b)は、第2の形体と第2の回転可能な部分との間の異なる変位に対して繰り返されることを特徴とする請求項17ないし20のいずれかに記載の方法。

【請求項22】

ステップ(b)は、2以上のスタイラス先端部であって、該スタイラス先端部各々は第2の回転可能な部分から異なる変位を有するスタイラス先端部を用いて繰り返されることを特徴とする請求項21に記載の方法。

【請求項23】

ステップ(b)は、多数先端スタイラスを用いて実行されることを特徴とする請求項22に記載の方法。

【請求項24】

ステップ(b)は、2つの異なる長さのスタイラスを用いて実行されることを特徴とする請求項22に記載の方法。

【請求項25】

ステップ(b)は、測定プローブのスタイラスの軸部を用いて少なくとも一度実行され

10

20

30

40

50

、第2の形体の位置を決定することを特徴とする請求項21に記載の方法。

【請求項26】

工具長さおよび第1の回転可能な部分と第2の回転可能な部分の回転軸の間の相対的傾斜に応じて工具オフセット誤差を決定するステップを備えていることを特徴とする請求項21ないし25のいずれかに記載の方法。

【請求項27】

共通の形体が第1の形体及び第2の形体の両方の形体を提供することを特徴とする請求項17ないし26のいずれかに記載の方法。

【請求項28】

第2の形体は、基準球体を含むことを特徴とする請求項17ないし27のいずれかに記載の方法。 10

【請求項29】

第2の形体は、2以上の基準球体を備えているシャフトを含むことを特徴とする請求項17ないし27のいずれかに記載の方法。

【請求項30】

回転機械の第1の回転可能な部分は、前記第1の形体を備えていることを特徴とする請求項1ないし29のいずれかに記載の方法。

【請求項31】

第1の回転可能な部分は、前記第1の形体を備えている部分を保持していることを特徴とする請求項1ないし29のいずれかに記載の方法。 20

【請求項32】

該部分は、前記第1の形体を形成する突出部を含むことを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項33】

測定プローブを用い、第1の回転可能な部分の回転軸の位置に対する工具設定装置の位置を決定するステップを備えていることを特徴とする請求項1ないし32のいずれかに記載の方法。

【請求項34】

適切にプログラムが作成され、請求項1ないし33のいずれかに記載の方法を実施する自動回転機械装置。 30

【請求項35】

回転機械を制御するコンピュータ・プログラムであって、適切な回転機械のコンピュータ制御器内にロードされると、機械が請求項1ないし33のいずれかに記載の方法を実施することができるようになっているコンピュータ・プログラム。

【請求項36】

請求項35に記載のコンピュータ・プログラムが収容されている機械読み込み可能な媒体。

【請求項37】

ワーカピースを保持する第1の回転可能な部分であって、それに関連する第1の形体を有する第1の回転可能な部分を備え、

第1の形体の位置を決定するために配列され、第1の回転可能な部分のある角度まで回転させ、第1の形体の新しい位置を決定する機械制御器を備えていることを特徴とする回転機械。 40

【請求項38】

図1ないし18を参照して本明細書に実質的に説明された方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、工作機械、特に、旋盤、ミルターン旋盤等のような回転機械を較正する方法に関する。 50

【背景技術】**【0002】**

旋盤は、よく知られている。代表的な旋盤においては、ワークピースは、チャックに保持され、高速で回転する。この時、切削工具が、回転するワークピースと接触し、ワークピースを所望の形状に切削又は“旋削する”。

【0003】

改良型旋盤であると考えられているミルターン旋盤も良く知られている。そのような機械は、回転可能なチャックを備え、ワークピースを保持し、切削工具を回転させる手段を有する。この時、ワークピースは、標準的な旋盤と同じように回転し、及び／又は回転する工具が、ワークピースの形体を処理するのに使用され得る。ミルターン旋盤は、また、回転ヘッドを有し、切削工具がたくさんの異なる方向からワークピースと接触することを可能とする。

10

【0004】

旋盤、ミルターン旋盤等を操作するとき、通常、ワークピースの回転軸（いわゆる、中心線）を決定することが必要である。これは、ワークピースに切り込まれる形体の大きさが旋盤の中心線に対する切削工具の位置により決定されるからである。

【0005】

旋盤の中心線を見つけ出すたくさんの手動による方法が知られている。例えば、ダイヤル式テスト指示器（a dial test indicator）が使用される。しかしながら、工作機械の較正及び切削動作を自動化し、機械の休止時間を最小限とし、機械加工部品の再現性を増大させる要望が強まっている。

20

【0006】

特許文献1は、旋盤の工具保持器に搭載されたタッチトリガー式測定プローブ（a touch trigger measurement probe）を使用してチャックの回転軸を決定するいろいろな方法を記載している。特に、特許文献1は、そのようなタッチトリガー式プローブがどのように使用され、ワークピースの直径方向に対向する点の位置を測定することにより、旋盤のチャックに保持されているワークピースの回転軸を推定し得るかを記載している。特許文献1の1つの実施態様においては、どのようにワークピースの犠牲切削がなされ、切削された形体の直径方向に対向する点が測定され、中心線を確定するかが記載されている。しかしながら、ワークピースの犠牲切削をすることはいつも可能ではなく、そのような切削プロセスは、受け入れ難いほどの時間を消費する。

30

【0007】**【特許文献1】欧洲特許第0283486号明細書****【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

したがって、旋盤、ミルターン旋盤等のような回転機械を較正する改良された方法を提供することが本発明の目的である。

【課題を解決するための手段】

40

【0009】

本発明の第1の形態によれば、ワークピースを保持する第1の回転可能な部分であって、該第1の回転可能な部分と関連する第1の形体を有する第1の回転可能な部分を有する回転機械を較正する方法が提供される。該方法は、

（i）第1の形体の位置を決定するために測定プローブを使用するステップ、

（ii）ある角度まで第1の回転可能な部分を回転させるステップ、及び

（iii）第1の形態の新しい位置を決定するために、測定プローブを使用するステップ、

を備えている。

【0010】

方法は、（iv）ステップ（i）及び（iii）で決定された位置測定値を使って第1

50

の回転可能な部分の回転軸（C 軸）の位置を計算するステップをさらに備えていることが好ましい。例えば、C 軸の位置は、回転機械の X 及び Y 軸に対して見つけ出され得る。

【0011】

したがって、本発明は、回転機械の第1の回転可能な部分の一部又はそれに付属し、第1の回転可能な部分に対して固定された（通常、未知である）位置を有する第1の形体を使用する。第1の形体は、プローブによって測定されるその位置を有し得るどのような形体であってもよい。例えば、第1の形体は、棒、支柱、基準球面等から構成されていてもよい。形体の位置を測定するのに使用される測定プローブは、接触式プローブ（例えば、タッチトリガー式プローブ）であってもよいし、あるいは非接触式プローブであってもよい。回転可能な部分が2つ（又はそれ以上）の異なる回転の向きにあるとき、機械の本体に対して第1の形体の位置を決定するために測定プローブを使用することは、回転機械の第1の回転可能な部分の回転軸（いわゆる、C 軸又は旋盤の中心線）が正確に決定されることを可能とする。

10

【0012】

したがって、本発明の方法は、回転機械の真の中心線（C 軸）がワークピースの切削をする必要なしに見つけ出されることを可能とする。

【0013】

さらに、本発明の方法は、タック又はワークピースの2つの異なる形体が測定されるときに起き得る誤差に影響されないことが見出された。特に、本発明の方法は、一対の形体が中心線から等距離にあるという仮定に依存することなく、機械の真の中心線を見つけ出すのに使用され得る。したがって、本発明は特許文献1に記載されるタイプの技術より優れた改良であることが理解され得る。

20

【0014】

方法は、また、完全に自動的に行われ、したがって、（例えば、ダイヤル式テスト指示器を使用する）手動により調整される技法より実質的に迅速に行われるという利点を有する。方法は、また、（例えば、部品間で）比較的迅速に行われ、機械の通常の較正が行われることを可能とし、それにより、使用中における中心線の位置の変化に関連する工作誤差を減少させることができる。

【0015】

本明細書では、用語“回転機械”は、ワークピースを保持し、それが回転しているとき切削工具がワークピースと接触し得るように配列され得る第1の回転可能な部分（例えば、チャック）を有する機械を定義していることが留意されるべきである。すなわち、それは、ワークピースが回転し得る機械である。回転機械は、したがって、従来の旋盤又はミルターン旋盤を含み得る。回転機械は、また、フライス盤又は、切削中ワークピースが回転し得る複合工作機械を含み得る。回転機械は、どんな向きでもその C 軸を有し得る。例えば、機械は、実質的に水平又は実質的に垂直な C 軸の向きを有する。例えば、機械は、実質的に水平または垂直な C 軸の向きを有し得る。回転機械は、また、必要に応じて機械に対して向きを変えられ得る第1の回転可能な部分を含み得る。例えば、回転機械は、C 軸の向きが固定されている工具に対して調整され得る複合工作機械であってもよい（例えば、回転機械は、ワークピースを保持するチャックが回転し得る5軸複合工作機械を含み得る。）。しかしながら、回転機械は、ワークピースが切削されているとき、該ワークピースが常に静止した状態を保持している基本的なフライス盤とは明らかに異なることに留意すべきである。

30

【0016】

都合がよいことに、ステップ（i i）は、180°の角度まで第1の回転可能な部分を回転させることを含んでいる。本明細書では、幾何学的配置は、第1の回転可能な部分が機械の x - y 平面で回転し、回転の C 軸が機械の z 軸と名目上位置合わせするように定義されることに留意すべきである。とはいっても、C 軸は、以下に示されるように、常に z 軸と完全に位置合わせされるものではないことに留意すべきである。

40

【0017】

50

そのような座標幾何学を使用して、ステップ(i)及び(i i i)それぞれの測定値は、一对の x 、 y 座標を与える。したがって、(x 及び y における)中心線の位置は、2つの測定された x 及び y の位置の中間点である。当業者は、必要であれば、別の座標幾何学を用いて位置測定値が取得され得ることを理解している。さらに、ステップ(i i)は、任意の角度まで第1の回転可能な部分を回転させることを含んでいる。例えば、第1の回転可能な部分は、必要であれば、180°未満、90°未満又は90°以上又は180°以上の角度まで回転し得る。

【 0 0 1 8 】

大型旋盤のようなある種の回転機械にとって、測定プローブは、限られた範囲を有するのみである。このことは、方法のステップ(i i)の間に使用され得る最大角度の階段状変化を制限する。したがって、ステップ(i i)は、180°未満の角度まで又はわずか90°の角度まで、第1の回転可能な部分を回転させることを含み得る。それで、方法は、第1の機械軸の第1の回転可能な部分の回転軸の位置を決定する最初のステップを備えることが有利である。この最初のステップは、以下に詳細に記載されるように、第1の機械軸の仮定中心線の両側の測定値を取得することを含み得る。第1の機械軸は、例えば、x 軸であり、この時、最初のステップは、x 軸中心線を決定することを備える。それで、ステップ(i)は、第1の形体が前記第1の機械軸の上に実質的に配置されるように、第1の回転可能な部分の位置を測定することを備えることが有利である。このようにして、(x 及び y 両方の)機械の中心線の位置が確定される。

10

【 0 0 1 9 】

回転機械は、工具保持器を備えていることが有利である。この場合、第1の形体の位置を決定するためにステップ(i)及び(i i i)で使用される測定プローブは、前記工具保持器によって保持される。工具保持器は、1以上の切削工具又は(测定プローブのような)工具付属品を保持し得る。工具保持器は、回転機械の第1の回転可能な部分に対して(例えば、x 、 y 及び z に)移動可能であり、方法のステップ(i)及び(i i i)の位置情報を提供することが好ましい。したがって、工具保持器は、工具又は付属品がワークピースと接触することを可能とし、また、機械の制御器へ工具の位置情報を出力する。通常、工具保持器は、切削工具や工具付属品が自動的に交換され得るように配置される。

20

【 0 0 2 0 】

好都合なことに、工具保持器は、工具又は工具付属品を保持する第2の回転可能な部分を備えている。回転機械は、したがって、ワークピースの回転に加えてそのようなワークピースのフライス削りを可能とするいわゆるミルターン旋盤を備えていてもよい。ミルターン旋盤は、通常、回転可能な部分を含むヘッド及び工具(例えば、切削工具やフライス工具)及び工具付属品(例えば、測定プローブ)が必要ならば第2の回転可能な部分内に装備されることを可能とする自動工具交換装置を有する。

30

【 0 0 2 1 】

第1の形体の位置を決定するためにステップ(i)及び(i i i)で使用される測定プローブは、第2の回転可能な部分により保持されることが有利である。方法は、ある角度まで第2の回転可能な部分(及び、それから推して、測定プローブ)を回転させるステップを備えていることが好都合である。

40

【 0 0 2 2 】

第2の回転可能な部分は、回転ヘッドにより保持されることが有利である。回転ヘッドは、少なくとも1つの軸(“ B 軸 ”)の周りに回転可能である。回転ヘッドは、また、さらなる工具又は工具付属品を支持する1以上のさらなる回転可能な部分を保持してもよい。したがって、方法は、通常回転ヘッド形ミルターン旋盤といわれるものを使って実施される。そのような機械は、第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間に傾斜をもたらすように回転し得る回転ヘッドを有する。すなわち、B 軸周りの回転がA 軸とC 軸との間の角度を変える。A 軸は、通常、B 軸が回転0°であるとき、C 軸と名目上位置合わせされると言われている。上述したように、そのような回転ヘッドは、x 、 y 及び z で移動可能であり、また回転可能であり、工具又は工具付属品が異なる向

50

きでワークピースと接触することを可能とする。このことは、ワークピース内に入れられる又はフライス削りされ得る形体の範囲を増大させる。

【0023】

方法は、都合のよいことに、第1の回転可能な部分が軸の周りに回転又は傾斜し得る回転機械に適用され得る。例えば、第1の回転可能な部分は、定位置を有する第2の回転可能な部分に対して第1の回転可能な部分の傾斜を変えるために移動し得るクレードル(a cradle)により保持され得る。回転ヘッド形機械と同様に、そのような機械は、また、第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間に傾斜をもたらす。方法は、また、1以上の軸の周りに回転又は傾斜する、回転ヘッド及び第1の回転可能な部分の両方を有する回転機械に適用され得る。

10

【0024】

ステップ(i)ないし(iii)は、第1の回転可能な部分の回転軸と実質的に平行に(すなわち、 $B = 0^\circ$ である。)配置されている回転ヘッドの第2の回転可能な部分の回転軸により実行される。このようにして、第1の回転可能な部分(例えば、チャック)のC軸の位置は、回転ヘッドが $B = 0^\circ$ の向きにあるとき、第2の回転可能な部分のA軸に対して決定され得る。

【0025】

方法は、ある角度まで第2の回転可能な部分を回転させるステップを備えていることが好ましい。このことは、有利なことに、任意のスタイラスのオフセット(any stylus offset)又は同様のものを測定するのに使用され得る。ステップ(ii)は、ある角度まで第2の回転可能な部分を回転させるステップを備えることが有利である。このようにして、第1の回転可能な部分及び第2の回転可能な部分は、ともに測定値の間で回転し得る。第1及び第2の回転可能な部分が回転する量は、同じであることが好ましいが、必要ならば異なっていてもよい。第1及び第2の回転可能な部分は、必要に応じ、一緒に、又は、交互に回転してもよい。

20

【0026】

ステップ(ii)及び(iii)は、1以上の回数繰り返されることが有利である。このようにして、第1の形体の位置のたくさんの測定値が第1の回転可能な部分を用いて作られる。また、必要ならば、たくさんの異なる向きに回転する第2の回転可能な部分を用いて作られる。

30

【0027】

都合のよいことに、ステップ(i)は、 0° に向けられている第1及び第2の回転可能な部分により行われ、ステップ(ii)は、 90° まで第1及び第2の回転可能な部分を回転させるステップを含み、ステップ(iii)及び(iv)は、4回実行される。したがって、方法は、A及びC軸の両方が 0° の角度で開始される。次に、方法は、以下の軸の回転($A = 0^\circ$ 、 $C = 0^\circ$)、($A = 90^\circ$ 、 $C = 90^\circ$)、($A = 180^\circ$ 、 $C = 180^\circ$)及び($A = 270^\circ$ 、 $C = 270^\circ$)により作られる第1の形体の(x、y)位置の4つの測定値をもたらす。

【0028】

第1及び第2の回転可能な部分が上述したような方法で一緒に回転し得るけれども、当業者は、そのような方法に対する多くの変化が使用され得ることに留意すべきである。例えば、ステップ(i)は、2以上の回転の向きそれぞれにおける第2の回転可能な部分を用いて形体の位置を決定するステップを備え、及び/又は、ステップ(ii)は、2以上の回転の向きそれぞれにおける第2の回転可能な部分を用いて形体の位置を決定するステップを備え得る。

40

【0029】

ステップ(i)は、 0° までの第1の回転可能な部分の向きを設定し、 0° 及び 180° の2つの角度にある第2の回転可能な部分を用いて第1の形体の位置を測定するステップを備え、ステップ(ii)は、 180° までの第1の回転可能な部分を回転させるステップを備え、ステップ(iii)は、 0° 及び 180° の2つの角度にある第2の回転可

50

能な部分を用いて第1の形体の位置を測定するステップを備えていることが有利である。次に、方法は、以下の軸の回転（A = 0°、C = 0°）、（A = 180°、C = 0°）、（A = 0°、C = 180°）及び（A = 180°、C = 180°）による第1の形体の（x、y）位置の4つの測定値を提供する。

【0030】

方法は、第1の回転可能な部分及び第2の回転可能な部分の回転軸の相対的変位を決定するさらなるステップを備えていることが有利である。以下に詳細に説明されるように、C及びA軸のそのような相対的変位は、以下に説明されるx及びy位置の4組の測定値のいずれかから容易に決定され得る。当業者は、多くのその他の異なる組の測定値がまた軸の位置合わせについての同様の情報をもたらすことを認めるだろう。

10

【0031】

本発明の第2の形態によれば、回転機械の並進の（例えば、z）軸に沿う変位に応じて第1の回転可能な部分の回転軸の（例えば、x、y）位置を決定する方法が提供される。該方法は、以下のステップを備えている。

【0032】

（A）本発明の第1の形態に係る方法を用いて第1の回転可能な部分の回転軸の（x、y）位置を決定するステップ。

【0033】

（B）測定プローブ及び／又は第1の回転可能な部分を並進軸に沿って（zに）並進させるステップ。

20

【0034】

（C）本発明の第1の形態に係る方法を用いて第1の回転可能な部分の回転軸の（x、y）位置を決定するステップ。

【0035】

ステップ（B）及び（C）は、必要に応じて1以上の回数繰り返されてもよい。このようにして、C軸の位置が2以上の場所におけるz軸に対して決定される。方法は、（D）ステップ（A）及び（C）の測定値を用いて回転機械の軸（例えば、“z軸”）に対する第1の回転可能な部分の回転軸（いわゆる、“C軸”）の角度の位置合わせを決定するステップをさらに備え得る。

30

【0036】

さらなる類似の方法が、また、回転機械の並進の（例えば、z）軸に沿う変位に応じて第2の回転可能な部分の回転軸の（例えば、x、y）位置を決定するのに使用される。該方法は、以下のステップを備えている。

【0037】

（A）本発明の第1の形態に係る方法を用いて第2の回転可能な部分の回転軸の（x、y）位置を決定するステップ。

【0038】

（B）測定プローブを（zにおいて）並進させるステップ。

【0039】

（C）本発明の第1の形態に係る方法を用いて第2の回転可能な部分の回転軸の（x、y）位置を決定するステップ。

40

【0040】

ステップ（B）及び（C）は、必要に応じて1以上の回数繰り返されてもよい。このようにして、A軸の位置が2以上の場所におけるz軸に対して決定される。方法は、（D）ステップ（A）及び（C）の測定値を用いて回転機械の並進軸（例えば、横方向）に対する第2の回転可能な部分の回転軸（いわゆる、“A軸”）の角度の位置合わせを決定するステップをさらに備え得る。

【0041】

したがって、第2の回転可能な部分を有する回転機械に関し、z軸に対するA及び／又はC軸の位置合わせが決定され得る。このことは、軸の位置合わせが補正されることを可

50

能とする。あるいは、機械が工具の位置を自動的に補正し、切削中、好ましくないテーパ(taper)を防止することを可能とする。

【0042】

本発明の第3の形態によれば、工具又は工具付属品を保持する第1の回転可能な部分を有する回転軸形回転機械を位置合わせする方法が提供される。この場合、第1の回転可能な部分の回転軸は、第2の回転可能な部分の回転軸に対して傾斜(例えば、回転)し得る。また、第1の回転可能な部分は、それと関連する第2の形体を有する。該方法は、以下のステップを備えている。

【0043】

(a) 第1の回転可能な部分と第2の回転可能な部分の回転軸の相対的変位が本発明の第1の形態に係る方法を用いて決定された回転軸形回転機械を採用するステップ。10

【0044】

(b) 第2の回転可能な部分により保持される測定プローブを使用し、第2の形体の位置を決定するステップ。

【0045】

(c) 第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間の傾斜を変え、ステップ(b)を繰り返すステップ。

【0046】

回転軸形回転機械は、第2の回転可能な部分が回転ヘッドにより保持されている回転ヘッド形回転機械を備えていることが有利である。この場合、ステップ(c)は、回転ヘッドを異なる(“B軸”)向きに回転させ、ステップ(b)を繰り返すステップを備えている。代わりに、又は、追加的に、第1の回転可能な部分は、第2の回転可能な部分に対して回転するように適合させられる。任意の回転が、1軸の周りに、又は、必要に応じて、1以上の軸の周りで行われる。20

【0047】

典型的な回転ヘッド形回転機械に対し、第2の形体の位置を決定するために必要とされる測定値が第1の回転ヘッドの向き(例えば、 $B = 0^\circ$)において取得される。次に、ヘッドは、測定プローブが第2の形体の位置を決定するのに必要な測定値を取得するために再度用いられる第2の向き(例えば、 $B = 90^\circ$)へ回転する。異なるB軸の向き(例えば、 45°)における回転ヘッドによるさらなる測定値も取得され得る。30

【0048】

ステップ(b)は、好ましくは、x、y及びzにおける第2の形体の位置を測定するステップを備え、したがって、測定プローブを用いて取得されるたくさんの異なる測定値を必要とし得ることを留意すべきである。そのような測定値を用いて基準球体の正確な中心を決定する方法が以下に詳細に説明される。また、ステップ(a)は、本発明の第1の形態に係る方法を用い、第1の回転可能な部分及び第2の回転可能な部分の回転軸の相対的な変位を決定するステップを備え得る。

【0049】

したがって、方法は、たくさんの異なる向きに回転する回転ヘッド又は第1の回転可能な部分を用いて第2の形体の位置を決定することを含んでいる。完全に位置合わせされた機械において、第2の形体の測定された位置は、これらの向きそれぞれに対して同じである。しかしながら、並進誤差がそのような測定値間のずれの原因となり、工具位置の誤差又はいわゆる工具のオフセット誤差(tool offset error)をもたらす。40

【0050】

都合のよいことに、方法は、第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間の旋回の中心の位置(すなわち、回転軸の位置)を決定するステップを備えている。

【0051】

方法は、また、第1の回転可能な部分の回転軸と第2の回転可能な部分の回転軸との間の相対的傾斜(回転)に応じて工具オフセット誤差を決定するステップを備えていること50

が有利である。回転ヘッド形回転機械の場合において、工具オフセット誤差は、回転ヘッド（B軸）の向きに応じて測定され得る。言い換れば、第2の形体の位置の2つの測定値は、回転ヘッド（B軸）の向きに対する工具オフセット誤差を決定するのに使用され得る。工具オフセット誤差が、以下に詳細に説明されるように、B軸の向きで正弦的に変わるならば、（例えば、B = 0°及びB = 90°における）2つの測定値は、B軸の向きに対する工具オフセット誤差の範囲を定めるために推定され得る。

【0052】

都合のよいことに、ステップ（b）は、第2の形体と第2の回転可能な部分との間の異なる変位で繰り返される。ステップ（b）は、2以上のスタイラス先端部を用いて繰り返される。各スタイラス先端部は、第2の回転可能な部分とは異なる変位を有することが好ましい。ステップ（b）は、有利なことに、多数先端プローブを用いて、又は、異なる長さのスタイラスを有する2つの異なるプローブを用いて実行され得る。都合のよいことに、ステップ（b）は、測定プローブのスタイラスの軸部を用いて少なくとも一度実行され、第2の形体の位置を決定する。このようにして、工具オフセット誤差は、2以上の長さの工具に対して測定され得る。

10

【0053】

方法は、第1の回転可能な部分と第2の回転可能な部分の回転軸の間の相対的傾斜（例えば、回転ヘッド形機械のB軸の向き）及び工具の長さに応じて、工具オフセット誤差を決定するステップを備えていることが都合がよい。このようにして、工具オフセット誤差は、第1及び第2の回転可能な部分の回転軸間の相対的傾斜を用いて、任意の長さの工具に対して計算され得る。したがって、本発明は、ミルターン旋盤又は機械の中心における工具オフセット誤差を決定し、そのような回転機械が正確に且つ繰り返し可能に形体をワークピースに旋削するか又はフライス切削することを可能とする自動化された方法を提供する。

20

【0054】

有利なことに、共通の形体が、本発明の第1の形態に係る方法で使用される第1の形体及び本発明の第3の形態に係る方法で使用される第2の形体の両方を提供する。言い換えると、単一の形体が回転ヘッドに関する中心線（C軸）の位置及び並進（工具オフセット）誤差の両方を決定するのに使用され得る。あるいは、第1の形体は、第2の形体と異なっていてもよい。第2の形体は、基準球体を備えていることが好ましい。例えば、第1の回転可能な部分は、基準球体を含む部分を保持し得る。第2の形体及び/又は第1の形体は、2以上の基準球体を含むシャフト又は軸部により提供されることが有利である。

30

【0055】

有利なことに、回転機械の第1の回転可能な部分は、第1の形体を備えている。言い換えれば、回転機械の第1の回転可能な部分は、それに形成されている又はそれに取り付けられている適切な形体を有し得る。第1の形体は、永久的に又は一時的に、第1の回転可能な部分に取付けられていてもよい。第1の形体は、1以上の孔、内腔、円柱状突起、パッド（pad）、ポケット又は、プロックを含み得る。例えば、チャックは、その周囲を取り囲む位置に形成される棒又は孔を有して形成され得る。あるいは、第1の回転可能な部分は、第1の形体を含む部分を保持し得る。例えば、第1の回転可能な部分は、それに形成されている又はそれに取り付けられている第1の形体を有する部分を保持し得る。第1の形体を有する部分は、都合のよいことに、第1の形体を形成する突出部（例えば、棒又は柱）を含んでいる。

40

【0056】

上述した方法は、また、測定プローブを使用し、第1の回転可能な部分の回転軸の位置に対して工具設定装置の位置を決定するステップを備えている。工具設定装置（例えば、工具設定用アームにより保持されている工具設定用立方体（a tool setting cube））と中心線との間に較正されたリンクを提供することは、切削工具が中心線に対して正確に位置決めされることを可能とする。

【0057】

50

本発明の第4の形態によれば、適切にプログラムが作成され、本発明の第1、第2及び第3の形態のいずれか1つに係る方法を実施する自動回転機械装置が提供される。

【0058】

本発明のさらなる形態によれば、回転機械を制御するコンピュータ・プログラムが提供され、該コンピュータ・プログラムは、適切な回転機械のコンピュータ制御器に読み込まれると、該機械が本発明の第1、第2及び第3の形態の何れか1つに係る方法を実施するように構成されるというものである。そのようなコンピュータ・プログラムを含む機械可読媒体（例えば、コンパクトディスク又はフロッピー（登録商標）ディスク）が提供されることも有利である。

【0059】

本発明のさらなる形態によれば、ワークピースを保持する第1の回転可能な部分を有する回転機械が提供される。該第1の回転可能な部分は、それに関連する第1の形体を有する。回転機械は、第1の形体の位置を決定し、ある角度まで第1の回転可能な部分を回転させ、第1の形体の新しい位置を決定するように配置されている機械制御器を備えている。制御器は、測定プローブを備え、第1の形体の位置を決定することが有利である。制御器は、決定された位置測定値を用いて第1の回転可能な部分の回転軸（いわゆる、C軸）の位置を決定するように配置されていることが有利である。そのような機械は、また、都合のよいことに、上述した方法を実施するように配置されている。

【0060】

位置情報は、本明細書では、デカルト座標を用いて（すなわち、互いに直交するx、y及びz軸を基準にして）説明されているけれども、位置情報は、また、異なる座標系を用いて（例えば、極座標を用いて）表され得ることに留意すべきである。同様に、用語“A軸”、“B軸”及び“C軸”は、本明細書では、便宜上、単に使用されている。以前は、別の専門用語が当業者により使用され、そのような回転軸を説明してきた。そのような用語の使用は、本発明の範囲を限定するものとして決して認識されるべきではない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0061】

本発明は、ほんの一例として、添付される図面を参照してこれから説明される。

【0062】

図1a、1bを参照すると、形体6を有する旋盤のチャック4の平面図が示されている。形体6は、チャック内又は上に形成される一体化している形体であってもよいし、あるいは、チャックにより保持されている部分に形成されていてもよい。関連する測定プローブ10、例えば、特許文献1に記載されるタイプのタッチトリガー式プローブも示されている。そのようなプローブは、通常、旋盤（不図示）の工具保持器に取り付けられ、1以上の切削工具と交換可能である。

【0063】

チャック4は、回転軸8の周りに回転可能である。この回転軸は、旋盤の中心線すなわちC軸と呼ばれることが多い。

【0064】

図1aは、第1の向きにあるチャック4を示し、図1bは、チャック4が第1の向きに對して180°まで回転された第2の向きを示す。

【0065】

上述したように、旋盤の中心線（すなわち、チャックの回転軸）の正確な決定は、部品が要求される径で正確に機械加工され得ることを保証することが必要である。チャックの回転軸及びしたがってチャックによりその後に保持されるワークピースの回転軸を正確に決定するために、以下の測定手順が使用され得る。

【0066】

(a) 測定プローブ10は、図1aに示される向きにあるチャックとともに、形体6のx-y位置(x₁、y₁)を測定するために最初に使用される。

【0067】

10

20

30

40

50

(b) 次に、チャック4は、 180° まで回転する(図1b参照)。

【0068】

(c) 次に、測定プローブ10は、形体の新しいx-y位置(x_2 、 y_2)を測定するために使用される。

【0069】

図2に示されるように、図1a、1bを参照して説明されている測定位置(x_1 、 y_1)及び(x_2 、 y_2)の幾何学的図が例示されている。距離Aは、 x_1 と x_2 との間の差の半分であり、距離Bは、 y_1 と y_2 との間の差の半分である。したがって、旋盤の中心線は、そのような測定値から容易に決定され得ることが理解され得る。

【0070】

一旦旋盤の中心線が決定されると、工具設定アームの位置が測定プローブを用いて旋盤の中心線に対して測定され得る。このことは、言い換えると、工具が旋盤の中心線に対して正確に位置決めされることを可能とする。

【0071】

さて、上述した較正技術の変形が、ミルターン旋盤30に対して説明される。

【0072】

図3は、ミルターン旋盤30の側面図を示す。ミルターン旋盤は、基準球体34を保持する(C軸の周りに回転可能な)チャック32及びタッチトリガー式プローブ38を保持するフライス加工用ヘッド36を備えている。フライス加工用ヘッド36は、工具又は(プローブ38のような)工具付属品を保持するために配列され、A軸の回りに工具を回転させることができる。フライス加工用ヘッド36は、また、B軸の周りにy-z平面で回転することができる。

【0073】

ミルターン旋盤においては、チャック32の回転軸(すなわち、C軸中心線)は、工具を保持するフライス加工用ヘッド36の一部の回転軸(すなわち、A軸中心線)に対して確定されなければならない。

【0074】

フライス加工用ヘッドが水平である(すなわち、 $B = 0^\circ$)ようにセットされるB軸で行われる以下の方法は、A及びC軸の相対的x-y位置が確定されることを可能とする。

【0075】

(i) C軸が、 0° に回転し、A軸も、 0° に回転する。次に、基準球体の中心の位置が、プローブ38を用いて測定される。

【0076】

(ii) C軸が、 90° に回転し、A軸も、 90° に回転する。次に、基準球体の中心の位置が、プローブ38を用いて測定される。

【0077】

(iii) C軸が、 180° に回転し、A軸も、 180° に回転する。次に、基準球体の中心の位置が、プローブ38により測定される。

【0078】

(iv) C軸が、 270° に回転し、A軸も、 270° に回転する。次に、基準球体の中心の位置が、プローブ38により測定される。

【0079】

ステップ(i)と(ii)の測定値の中間点が、x方向のA及びC軸の相対的変位を与える。ステップ(ii)と(iv)の測定値の中間点がy方向のA及びC軸の相対的変位を与える。

【0080】

図4aないし4eを参照すると、x及びy方向におけるA及びC軸の相対的変位を決定するのに用いられる上述した計算がより詳細に説明される。

【0081】

図4aは、A及びC軸の2つの軸が回転 0° であり、フライス加工用ヘッドのA軸がC

10

20

30

40

50

軸に対して名目上位置合わせされているときの、A及びC軸の間のx及びyのオフセット(x_{off} 及び y_{off})を示している。C軸中心線の位置は、点Cにより表され、A軸中心線は、点Aで表されている。チャックにより保持されている基準球体の中心は、ある(一定の)距離C軸中心線からオフセットしており、したがって、基準球体の中心は、点Dであることを示している。同様に、プローブのスタイラス・ボール(stylus ball)は、A軸中心線からある(一定の)距離オフセットしており、スタイラス先端部の位置は、点Sであることを示している。

【0082】

図4bを参照すると、A及びC軸の両軸が回転0°であるときのA及びC軸の相対的位置が再度示されている。さらに、名目上位置合わせされているスタイラス・ボールの位置Sと基準球体中心Dの位置との間の測定された差を表す値 x_1 が示されている。言い換えると、値 x_1 は、図3を参照して上に述べた測定ステップ(i)により決定される。

10

【0083】

さて、図4cを参照すると、A及びC軸の2つの軸が回転180°であるときのA及びC軸の相対的位置が示されている。基準球体の中心D及びスタイラス・ボールの中心位置Sの新しい(すなわち、回転された)位置も示されている。スタイラスを用いての基準球体の中心の位置の測定が値 x_2 を示していることが図4cから分かる。言い換えれば、値 x_2 は、図3を参照して上で述べた測定ステップ(iii)により決定される。

【0084】

x_1 及び x_2 の測定に続いて、x軸のオフセット(x_{off})が次式(1a)により与えられる。

$$x_{off} = (x_1 + x_2) / 2 \quad (1a)$$

20

【0085】

同様のプロセスは、 y_{off} の値が決定されることを可能とする。図4dを参照すると、A及びC軸の両軸が90°であるときのA及びC軸の相対的位置が示されている。スタイラスを用いての基準球体の中心位置の測定が値 y_1 を示している。図4eに示されるように、A及びC軸が270°である場合の同様の測定が値 y_2 をもたらしている。値 y_1 及び y_2 は、図3を参照して上に述べたような測定ステップ(ii)及び(iv)により決定される。 y_1 及び y_2 の測定に続いて、y軸のオフセット(y_{off})が次式(1b)により与えられる。

30

$$y_{off} = (y_1 + y_2) / 2 \quad (1b)$$

【0086】

一旦、 y_{off} 及び x_{off} が上述したやり方で測定されると、A及びC軸の相対的位置は、既知となる。すなわち、機械は、A及びC軸の位置合わせを較正したことになる。

【0087】

A及びC軸の相対的変位を決定することに加えて、スタイラスのオフセット(すなわち、C軸中心線に対するプローブ先端部すなわちスタイラスの変位)も決定され得る。スタイラスのオフセットは、A及びC軸中心線の相対的変位が上で概要が述べられた方法を用いて決定される前又は後に測定され得る。A及びC軸の相対的変位及びスタイラスのオフセットの両方を知ることは、プローブが(既知の)C軸中心線に対して位置測定値を取得することを可能にする。

40

【0088】

スタイラスのオフセット(x_{st} 、 y_{st})は、したがって、以下のステップにより決定され得る。

【0089】

(v) C軸の静止を維持し、A軸が0°に回転した状態で基準球体のx-y位置を測定する。

【0090】

(vi) A軸を180°に回転させ、基準球体のx-y位置を再測定する。

【0091】

50

次に、スタイラスのオフセット (x_{st} 、 y_{st}) は、ステップ (v) 及び (vi) で取得された測定値の差の半分から決定され得る。

【0092】

上述した方法は、A 及び C 軸の相対的位置及び / 又はスタイラスのオフセットを見つける便利な方法を提供するけれども、当業者は、C 軸の (x, y) 位置を確定するために使用され得るその他の多くの組の測定法を認識しているだろう、例えば、以下の方法が使用され得る。

【0093】

(i) C 軸が、0° に回転し、A 軸も、0° に回転する。次に、基準球体の (x, y) 位置が、プローブ 38 を用いて測定される。

10

【0094】

(ii) C 軸は、0° に維持され、A 軸は、180° に回転する。次に、基準球体の (x, y) 位置が、プローブ 38 を用いて測定される。

【0095】

(iii) C 軸が、180° に回転し、A 軸が、0° に回転する。次に、基準球体の (x, y) 位置が、プローブ 38 を用いて測定される。

【0096】

(iv) C 軸が、180° に維持され、A 軸が、180° に回転する。次に、基準球体の (x, y) 位置が、プローブ 38 を用いて測定される。

20

【0097】

ステップ (i) 及び (ii) で取得された測定値の中間点が、回転位置の C = 0° の中心を提供するのに使用される。他方、ステップ (iii) 及び (iv) で取得された測定値の中間点は、回転位置の C = 180° の中心を提供するのに使用される。次に、回転位置の C = 0° 及び C = 180° の中心の中間点が回転位置の C 軸中心を提供する。

【0098】

図 5 a ないし 5 c を参照すると、図 4 a ないし 4 e を参照して説明されたスタイラスのオフセットの測定の幾何学的配置が詳細に示されている。

【0099】

図 5 a は、回転 0° の A 軸及び C 軸の位置を示し、また、基準球体 D 及びスタイラス・ボール S の位置を示している。測定されることになっているスタイラスのオフセット (x_{st} 、 y_{st}) も示されている。

30

【0100】

図 5 b は、回転 0° の A 軸及び C 軸の位置を示し、上述した方法のステップ (v) 中に測定されるように、基準球体 D とスタイラス・ボール S との間の相対的変位 (x_1' 、 y_1') も示されている。

【0101】

図 5 c は、A 軸が 0° であり、C 軸が 180° に回転しているときの相対的位置を示している。上述した方法のステップ (vi) 中に測定されるように、基準球体 D とスタイラス・ボール S との間の相対的変位 (x_2' 、 y_2') も示されている。

40

【0102】

したがって、スタイラスのオフセットは、次式 (2a)、(2b) から決定され得る。

$$x_{st} = (x_1' + x_2') / 2 \quad (2a)$$

$$y_{st} = (y_1' + y_2') / 2 \quad (2b)$$

【0103】

図 6 を参照すると、そのフライス加工用ヘッドが 90° まで回転している（すなわち、B = 90°）図 3 の回転ヘッド形ミルターン旋盤が示されている。上述したように、ヘッドを A 軸及び C 軸の位置合わせが測定された水平位置から回転させることは、ある並進誤差をもたらし得る。

【0104】

B 軸の並進誤差を較正する方法は、以下のステップを含んでいる。

50

【0105】

(A) 長さ L_1 の第 1 のプローブを用い、B 軸（上述した例では、 $B = 0^\circ$ ）が A 軸及び C 軸の相対的位置合わせを決定するのに用いられる向きにある場合の基準球体の x、y 及び z 位置を決定する。第 1 のプローブは、A 軸及び C 軸の相対的位置合わせを決定するのに用いられたものと同じ長さである。

【0106】

(B) B 軸の回転ヘッドをチャックの回転軸に対して直角に回転させ（すなわち、図 6 に示されるように、 $B = 90^\circ$ ）、再度第 1 のプローブを用いて、y、z 次に x における基準球体の位置を再測定する。

【0107】

(C) 長さ L_2 (L_2 は、 L_1 と異なっている) の第 2 のプローブを用い、B 軸が 0° にある場合の基準球体の x、y 及び z 位置を決定する。

【0108】

(D) B 軸の回転ヘッドを $B = 90^\circ$ へ直角に回転させ、再度第 1 のプローブを用いて、y、z 次に x における基準球体の位置を再測定する。

【0109】

次に、長さ L_1 の工具を用いてステップ (A) 及び (B) において測定されたように、x、y 及び z の基準球体の位置の差すなわち誤差が計算される。この誤差は、(x_{err1} 、 y_{err1} 、 z_{err1}) により表され得る。長さ L_2 の工具を用いてステップ (C) 及び (D) で測定された x、y 及び z の基準球体の位置の差すなわち誤差は、(x_{err2} 、 y_{err2} 、 z_{err2}) である。異なる長さの 2 つの工具を用いて取得された誤差測定値を採用すると、長さにわたる並進誤差は、以下の式のとおりである。

$$x_{err} (\text{mm当たり}) = (x_{err2} - x_{err1}) / (L_2 - L_1) \quad (3a)$$

$$y_{err} (\text{mm当たり}) = (y_{err2} - y_{err1}) / (L_2 - L_1) \quad (3b)$$

$$z_{err} (\text{mm当たり}) = (z_{err2} - z_{err1}) / (L_2 - L_1) \quad (3c)$$

【0110】

異なる長さの 2 つのプローブを用いた測定値を採用することは、並進誤差が x、y 及び z の並進基準点 (x_{ref} 、 y_{ref} 、 z_{ref}) を決定できるようにする長さ零（ゲージライン）に戻って推定されることを可能とする。このことは、並進距離 (x、y 及び z) が次式 (4a)、(4b)、(4c) により、長さ L_n の工具に対して決定されることを可能にする。

$$x = x_{ref} + (L_n \cdot x_{err}) \quad (4a)$$

$$y = y_{ref} + (L_n \cdot y_{err}) \quad (4b)$$

$$z = z_{ref} + (L_n \cdot z_{err}) \quad (4c)$$

【0111】

並進誤差が B 軸の回転で正弦的に変わると仮定すると、並進距離は、 90° は 1.0 に等しい正弦 (the sine of the angle) を用いて中間の B 軸の位置に適用され得る。正弦波の変化が前提とされ得るけれども、さらなる正確を期して、中間の B 軸の回転角度において、追加の測定がなされてもよい。

【0112】

上述の方法は、回転ヘッド形機械に対して記載されているけれども、旋盤加工用ヘッドが一定の位置を有し、チャックが傾斜し得る機械に等しく適用可能であることが留意されるべきである。例えば、回転機械は、チャックを保持するクレードルを備え得る。

【0113】

上述の方法は、異なる長さの 2 つのプローブを使って実施されているけれども、技術は、また、図 7 に示されるタイプの 2 つの（又は、それ以上の）先端部を持つ、あるいは、スタイラス軸に 2 つの（またはそれ以上の）先端部を利用することによる、スタイラスを有するプローブを採用してもよい。

【0114】

図 7 は、その末端部において第 1 のスタイラス先端部 72 を及び第 2 及び第 3 のスタイ

10

20

30

40

50

ラス先端部（すなわち、バンド）74、76を支持するシャフト71を有する多数先端スタイルス70を示す。第2及び第3のスタイルス先端部は、シャフト71に沿って互いに對して間隔をおいて配置されている。

【0115】

そのようなスタイルスは、上述の方法を実施するのに特に適しているけれども、それは、また、異なる長さの2以上のプローブを用いる測定が要求される多くの別のプローブの適用分野で使用され得る。

【0116】

一旦、旋盤又はミルターン旋盤が上で概要が説明された1以上 の方法を用いて較正されると、次に、工具設定装置の位置が設定される。そのような工具設定手順の例が、これから図8ないし10を参照して説明されるだろう。

10

【0117】

図8は、図3に示されるタイプの回転ヘッド形ミルターン旋盤を示す。ミルターン旋盤は、B軸の周りに回転し得るフライス加工用ヘッド36、回転可能なチャック32及び工具設定用アーム80を備えている。工具設定用アーム80は、既知のタイプの工具設定用立方体82を支持している。

20

【0118】

工具設定装置の(x、y、z)位置は、90°に設定されているプローブ38を支持するフライス加工用ヘッド36のB軸により測定され、次に、0°に設定されているフライス加工用ヘッド36のB軸により測定される。これらの2つのフライス加工用ヘッドの構成は、それぞれ、図8に36及び36'として示されている。2組の位置測定値は、(既知の)機械軸(C軸)中心線と工具設定装置との間に較正されたリンクを提供する。

20

【0119】

図9は、工具設定用アーム80の工具設定用立方体82に接触して測定される切削工具90を支持するフライス加工用ヘッド36を示している。機械軸(C軸)中心線と工具設定用立方体82との間に較正されたリンクがあるので、3つの軸(x、y、z)の工具のオフセットは、工具90に対して決定され得る。この3つの軸のオフセットは、工具の切削先端部における機械形状の問題により固有の誤差を取り込むだろう。

30

【0120】

このようにして、工具切削刃とC軸中心線との間の較正されたリンクが確定される。このことは、3つの軸のオフセットが適用された状態で実質的に機械加工される形体は、正しい位置で機械加工されることを保証する。

【0121】

このようにして工具設定用立方体を用いて工具刃の位置の較正された測定を提供することは、工作機械に関連する直角度誤差を克服する。例えば、いわゆる“直角度誤差(Squareness errors)”により、長さ100mmの短い工具と長さ230mmの軸プローブとの間で0.1mmの位置誤差を認識することは珍しいことではない。

30

【0122】

図10aを参照すると、回転インサートの刃を測定する平面102を組み込んだ“複合の(hybrid)”工具設定用ディスク100が示されている。該ディスクは、また、図10bに示されるように、中間のB軸の位置において工具を測定するために使用され得る。これらの角度が付けられている工具は、フライスの回転刃(mills)、ドリル(drills)等であってもよい。

40

【0123】

一旦、ミルターン旋盤が上述の方法を用いて較正されると、定期的なチェックが実行され、位置合わせが引き続き維持されていることを保証し、工具のオフセット誤差を確定する。

【0124】

図11を参照すると、基準球体34が取り付けられているチャック32が示されている。測定プローブ38を保持する関連するフライス加工用ヘッド36も示されている。フ

50

イス加工用ヘッド36は、B = 90°（フライス加工用ヘッド36で例示されている）、B = 45°（フライス加工用ヘッド36”で例示されている）又はB = 0°（フライス加工用ヘッド36’で例示されている）に配置され得る。

【0125】

位置合わせチェック方法は、以下のステップを含む第1の（垂直の）プローブ・ルーチン（probing routine）を備えている。

【0126】

(a) C = 0°、A = 0°及びB = 90°における基準球体のyz中心(y₁、z₁)を測定する。

【0127】

(b) C = 0°、A = 180°及びB = 90°における基準球体のyz中心(y₂、z₂)を測定する。

【0128】

(c) yz中心に対して予め決定されている値を用いて、C = 0°、A = 180°及びB = 90°における基準球体のx位置を測定する。yz中心に対して予め決定されている値は、前の位置合わせのチェック中、又は、最初の較正プロセス中に測定された値である。

【0129】

(d) C = 180°、A = 180°及びB = 90°における基準球体のyz中心(y₃、z₃)を測定する。

【0130】

(e) C = 180°、A = 0°及びB = 90°における基準球体のyz中心(y₄、z₄)を測定する。

【0131】

(f) yz中心に対して予め決定されている値を用いて、C = 180°、A = 0°及びB = 90°における基準球体のx位置を測定する。

【0132】

正確なyz中心が、次に、式(5a)、(5b)を用いて、ステップ(a)、(b)、(c)及び(d)において取得された測定値から見つけ出される。

$$y_{cen} = ((y_1 + y_2) / 2) + ((y_3 + y_4) / 2) / 2 \quad (5a)$$

$$z_{cen} = ((z_1 + z_2) / 2) + ((z_3 + z_4) / 2) / 2 \quad (5b)$$

【0133】

正確なyz中心は、（以下に説明される水平のプローブ・ルーチンにおいて使用するために）中心線に対する球体中心の位置を更新するのに使用され、また、それ以降の位置合わせチェック・プロセスにおいて使用され得る。x軸工具オフセット誤差も、ステップ(c)及び(f)において測定されたx位置の平均値をとり、そこから（既知の）球体直径を引き去ることにより決定され得る。

【0134】

位置合わせチェック方法は、また、以下のステップを含む第2の（水平の）プローブ・ルーチンを備えている。

【0135】

(a) C = 0°、A = 0°及びB = 0°における基準球体34のxy中心(x₁、y₁)を測定する。

【0136】

(b) C = 0°、A = 180°及びB = 0°における基準球体34のxy中心(x₂、y₂)を測定する。

【0137】

(c) C = 180°、A = 180°及びB = 0°における基準球体34のxy中心(x₃、y₃)を測定する。

【0138】

10

20

30

40

50

(d) C = 180°、A = 0°及びB = 0°における基準球体34のx y 中心(x₄、y₄)を測定する。

【0139】

(e) y z 中心に対して予め決定されている値を用いて、C = 180°、A = 0°及びB = 0°である基準球体34のz位置を測定する。

【0140】

ステップ(a)乃至(d)においてx y の値を取得することは、x及びyにおける基準球体34の正確な中心が以下の式(6a)、(6b)を用いて計算されることを可能とする。

$$x_{cen} = ((x_1 + x_2) / 2) + ((x_3 + x_4) / 2) / 2 \quad (6a)$$

$$y_{cen} = ((y_1 + y_2) / 2) + ((y_3 + y_4) / 2) / 2 \quad (6b)$$

【0141】

z軸工具オフセット誤差も、上記ステップ(e)において測定されたz位置から(既知の)球体直径の半分を引き去ることにより決定され得る。

【0142】

上記垂直及び水平測定値に加えて、B軸が45°にある場合の測定値を取得し、yにおける正確な中心をチェックすることもできる。そのようなプロセスは、以下のステップを備え得る。

【0143】

(a) C = 0°、A = 0°及びB = 45°におけるy中心(y₁)を測定する。

20

【0144】

(b) C = 0°、A = 180°及びB = 45°におけるy中心(y₂)を測定する。

【0145】

(c) C = 180°、A = 180°及びB = 45°におけるy中心(y₃)を測定する

。

【0146】

(d) C = 180°、A = 0°及びB = 45°におけるy中心(y₄)を測定する。

【0147】

ステップ(a)ないし(d)の上記測定値は、上記等式(6b)からyにおける正確な中心を与える。

30

【0148】

図12を参照して、機械のz軸に対する主軸(すなわち、C軸)の軸方向の位置合わせをチェックする方法が説明されるだろう。特に、図12は、基準球体34が取り付けられているチャック32を示す。測定プローブ38を保持する、関連するフライス加工用ヘッド36も示されている。

【0149】

プロセスは、z軸に沿って2つの位置にある基準球体34のx及びyにおける位置を測定することに基づいている。図11において、基準球体34'により第2のz軸の位置が示されている。これらの2つの測定値は、z軸112に対するC軸110の位置合わせ不良(misalignment)が確定されることを可能とする。このタイプの位置合わせ不良は、普通の直径が要求される場合に、先細りに切削されることを引き起こし、したがって、旋盤又はミルターン旋盤により製造される製品の品質に悪影響を及ぼす。

40

【0150】

位置合わせプロセスの第1段階は、それがz軸に沿って位置z₁に配置されているときの基準球体の位置を測定するステップを備えている。次に、以下の測定ステップが実行される。

【0151】

(1) C = 0°、A = 0°及びB = 0°である場合の基準球体34のx y 中心(x₁、y₁)が測定される。

【0152】

50

(2) C = 0°、A = 180°及びB = 0°である場合の基準球体34のx-y中心(x₂、y₂)が測定される。

【0153】

(3) C = 180°、A = 180°及びB = 0°である場合の基準球体34のx-y中心(x₃、y₃)が測定される。

【0154】

(4) C = 180°、A = 0°及びB = 0°である場合の基準球体34のx-y中心(x₄、y₄)が測定される。

【0155】

次に、x及びyにおける正確な中心が上記等式(6a)、(6b)を用いて計算され得る。

【0156】

方法の第2の段階は、基準球体をz軸に沿って図12に例示される位置z₂まで移動させるステップを備えている。上記ステップ(1)乃至(4)が、基準球体34'の正確な中心が等式(6a)、(6b)を用いて計算され得る第2の基準球体34'の位置に対して繰り返される。

【0157】

基準球体の位置34及び34'（すなわち、z₁及びz₂）に対する正確な中心位置の差は、C軸とz軸との間の位置合わせ不良を知らせる。x及びy方向における位置合わせ不良の量は、必要ならば、三角法を用いて計算され得る。

【0158】

z軸に沿って基準球体を併進させることに代えて、2つの間隔を置いて配置される基準球体を有する基準装置を提供することができる。図13を参照すると、そのような基準装置130が示されている。基準装置130は、第1の基準球体136及び第2の基準球体138を備えている。先端部140を有する関連する測定プローブ38も示されている。第2の基準球体138は、厳密に言えば、頂部が平面で切断された球体であるが、本明細書では、便宜上、基準球体という。さらに、追加の基準球体は、必要ならば、基準装置の長さ方向に沿って設けられ得る。すなわち、基準装置は、長手方向の軸に沿って間隔を置いて配置される2以上の基準球体を備え得る。

【0159】

基準装置130は、図12に示される単一の基準球体34に代えて使用され得る。言い換えれば、基準装置130は、ミルターン旋盤のチャック32に保持され得る。基準装置130の提供は、チャックの横方向(z軸)の移動を必要とすることなく、C軸及びz軸の位置合わせが図12を参照して上に説明された方法で測定されることを可能とする。言い換えれば、基準装置130の2つの基準球体のx-y位置は、2つの異なる位置（例えば、z₁及びz₂）における唯一の基準球体のx-y中心を決定するよりはむしろ測定プローブ38を用いて測定され得る。

【0160】

図14を参照して、ミルターン旋盤の機械のz軸に対するフライス加工用軸（すなわち、A軸111）の位置合わせをチェックする方法が説明されるだろう。該方法は、図7を参照して説明されたタイプの2連先端スタイラス120の第1の先端部122及び第2の先端部124を用いて、チャック32により保持される基準球体34のx及びyにおける位置を決定することに基づいている。これらの2つの測定値は、z軸112に対するA軸111の位置合わせ不良が確定されることを可能とする。

【0161】

方法は、第1の先端部122を用いて、図12を参照して上述された測定ステップ(1)乃至(4)を実行することを含んでいる。このことは、フライス加工用ヘッド36がz軸に沿って第1の位置に配置されている場合における基準球体34の正確な中心が決定されることを可能とする。次に、測定ステップ(1)ないし(4)が繰り返されるが、スタイラスの第2の先端部124が測定に使用される。このことは、フライス加工用ヘッド3

10

20

30

40

50

6 が z 軸に沿って第 2 の位置に配置されている場合における基準球体 3 4 の正確な中心が決定されることを可能とする。したがって、フライス加工用ヘッド 3 6 が第 1 及び第 2 の位置にある場合の基準球体の測定された x 及び y の位置の相違は位置合わせ不良の測定を提供する。

【 0 1 6 2 】

2 連先端スタイラス 1 2 0 を用いることに代わる手段として、基準球体の (x 、 y) 位置を決定するのに使用される 1 又は全ての測定がスタイラスのシャフト（すなわち、先端部ではない）を用いてなされ得る。そのような測定は、通常、シャフトを用いる第 1 の測定を行い、スタイラスを 180° まで回転させ、そしてスタイラスのシャフトを再度用いて第 2 の測定を行うステップを含んでいる。次に、2 つの測定値の中間点が (x 、 y) 位置の測定を提供する。言い換えれば、基準球体の (x 、 y) 位置は、標準スタイラスの軸部を用い、それにより異なる長さの複数のスタイラス又は多数先端スタイラスを用意する必要がなく決定され得る。

【 0 1 6 3 】

さらに、図 1 3 に示されるタイプの基準装置 1 3 0 は、図 1 4 を参照して説明された方法を実行するときに採用され得る。次に、該方法は、プローブが異なる (z 軸) 位置にある場合の関連する測定プローブの軸部を用いて、第 2 の基準球体 1 3 8 の (x 、 y) 位置の測定値を取得するステップを備える。

【 0 1 6 4 】

上記方法、特に、図 1 a 、 1 b 及び 2 を参照して説明されている旋盤の中心線を見つける方法は、現在使われているほとんどの回転機械に対して実施され得る。しかしながら、ある回転機械（特に、大型旋盤）は、限定された長さを有する測定プローブを含んでいる。すなわち、測定プローブは、チャックにより覆われる領域よりも小さい特定の範囲にわたってのみ移動することができる。そのような状況において、中心線に対して直径方向に対向する位置まで回転する形体の位置を測定することは、ありえない。しかしながら、回転機械の中心線は、図 1 5 a ないし 1 5 g を参照して以下に説明される方法を用いて依然として確定され得る。

【 0 1 6 5 】

図 1 5 a ないし 1 5 g を参照して、大型工作機械の中心線 1 5 0 を決定する方法が説明されるだろう。工作機械は、その外縁部に取り付けられている基準球体 1 5 4 を有するチャック 1 5 2 を保持する回転可能な軸部を備えている。図 1 5 a ないし 1 5 g には、工作機械のフライス加工用軸部の工具ホルダー（不図示）内に配置されている測定プローブ 1 5 6 も示されている。

【 0 1 6 6 】

方法は、以下のステップを備えている。

【 0 1 6 7 】

ステップ 1 : 図 1 5 a を参照すると、プローブのスタイラスのオフセットが決定される。このことは、基準球体 1 5 4 が C = 0° の位置の近くに存在するように、機械のチャック 1 5 2 を向けることにより達成される。A 軸の周りに回転するフライス加工用軸部により保持されている測定プローブは、A = 0° へ回転し、x 及び z 方向における球体の位置を決定するのに使用される。フライス加工用軸部は、次に、x 及び z における球体の位置が再度測定される A = 180° へ回転する。x 及び z におけるスタイラスのオフセットは、2 つの（すなわち、A = 0° 及び A = 180° の）測定値の球対中心位置の差の半分である。フライス加工用軸部は、そのとき、A = 0° へ逆回転させられる。ステップ 1 で決定されるスタイラスのオフセットは、以下に続く位置測定全てに使用される。

【 0 1 6 8 】

ステップ 2 : 図 1 5 b 及び 1 5 c を参照すると、名目上の x 軸の中心線 1 5 3 上に基準球体 1 5 4 をおく方法が示されている。

【 0 1 6 9 】

最初に、測定プローブ 1 5 6 のスタイラスが名目上の x 軸中心線 1 5 3 から x 方向プラ

スの方向に小距離移動する。図 15 b 参照。次に、C 軸が、時計回りの方向に回転し、基準球体 154 を測定プローブ 156 に接触させ、したがって、測定プローブ 156 を起動させる。C 軸が名目上の x 軸中心線からプローブ起動位置まで回転した角度 (C₁) が記録される。

【0170】

次に、測定プローブのスタイルスは、図 15 c に示されるように、名目上の x 軸中心線 153 の反対側の位置へ移動する。この構成において、スタイルスは、名目上の x 軸中心線から同じ距離であって、図 15 b に示されるように同じ y 位置にある。次に、C 軸が反時計回りの方向に回転し、基準球体 154 が測定プローブ 156 を起動させる。C 軸が名目上の x 軸中心線 153 からプローブ起動位置まで回転した角度 (C₂) が記録される。

続いて、C 軸ゼロ回転位置 (C = 0°) が角度 C_{shift} に調整される。ここで、

$$C_{shift} = (C_1 + C_2) / 2 \quad (7)$$

である。

【0171】

続いて、基準球体の中心が名目状の X 軸中心線 153 と位置合わせされるように、C 軸が新しい C = 0° 位置へ回転する。

【0172】

ステップ 3：図 15 d 及び 15 e を参照すると、基準球体の位置が名目上の x 軸中心線 153 の両側に確定されている。

【0173】

図 15 d に示されるように、基準球体 154 が第 1 の位置 (すなわち、C =) に存在するように、チャックが最初に (C = 0° から) 既知の角度 (ここで、は、通常、30° ~ 45° の間にある。) まで時計回りに回転する。続いて、基準球体の位置 (x₁、y₁) が測定プローブ 156 を用いて測定される。

【0174】

図 15 e を参照すると、次に、チャックは、基準球体が名目上の x 軸中心線から - の角度に存在する (すなわち、C = -) ように、反時計回りに回転する。次に、基準球体の位置 (x₂、y₂) が測定プローブ 156 を用いて測定される。

【0175】

ステップ 4：ステップ 3 において測定された y 軸位置 y₁ と y₂ との間の差が決定される。

【0176】

y₁ と y₂ との間の差が最小である場合 (例えば、10 μm より小さい場合) 、x 軸中間点 (x_{mid}) は、次式 (8) で与えられる。

$$x_{mid} = (x_1 + x_2) / 2 \quad (8)$$

この場合、以下のステップ 6 が実行され、中心線の位置 (x_{cen}、y_{cen}) を決定する。

【0177】

y₁ と y₂ との間の差がかなりのものである場合 (例えば、10 μm より大きい場合) 、該差は、名目上の中心線の位置と実際の中心線の位置との間の実質的なずれを指示する。この場合、ステップ 5 が実行される。

【0178】

ステップ 5：図 15 f に示されるように、名目上の C 軸中心 160 が x 及び y において実際の C 軸中心 162 に対して移動している場合、測定された値 y₁ 及び y₂ の実質的差が生じ得る。このことは、以下のステップ 6 において計算される y_{cen} 及び x_{cen} の値の誤差の原因となる。

【0179】

そのような誤差を克服するために、C 軸の回転位置合わせを調整することができる。言い換えると、C = 0° の位置が角度 () により調整され得る。ここで、

$$\theta = \arctan \{ (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2) \} \quad (9)$$

C = 0° の値の調整に続いて、(x₁、y₁) 及び (x₂、y₂) が再測定され、それによ

10

20

30

40

50

り、式(8)により新しいx軸中間点の値(x_{mid})を提供し得るように、ステップ3及び4が繰り返される。

【0180】

ステップ6：一旦、(x_1, y_1)、(x_2, y_2)及び x_{mid} の値が確定されると、C軸の回転中心の位置(x_{cen}, y_{cen})が決定され得る。

【0181】

図15gに示されるように、このことは、x軸中心線上の(すなわち、 $C = 0^\circ$ における)基準球体の位置(x_3, y_3)を最初に測定することにより達成される。続いて、基準球体がx軸中心線から離れた位置に存在するようにC軸が回転し、その新しい位置(x_4, y_4)が測定される。

10

【0182】

測定値(x_3, y_3)及び(x_4, y_4)を用いて、回転の半径(R)が次式(10)により与えられる。

$$R = \{ (x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2 \} / 2(y_3 - y_4) \quad (10)$$

式(10)を用いて半径(R)を決定して後、チャックの回転中心、すなわちC軸の位置(x_{cen}, y_{cen})が、次式(11a)、(11b)で与えられる。

$$x_{cen} = x_{mid} \quad (11a)$$

$$y_{cen} = y_3 - R \quad (11b)$$

【0183】

上述したように、この方法の利点は、該方法が機械の領域への測定プローブのアクセスが制限されている航空産業に用いられるタイプの非常に大きい旋盤のような回転機械において用いられることにある。さらに、該方法は、旋盤のチャック内に搭載される部分を必要とせず、チャックの周囲に取付けられる基準球体を取付けることが機械加工動作の妨げとならない。

20

【0184】

上記方法は、チャックに取付けられる基準球体を使用するけれども、多くの別の形体が代わりに使用され得ることに留意したい。事実、該方法において、x軸及びy軸の両方において測定可能である位置を有する任意の形体が使用され得る。例えば、該形体は、孔、内腔、円柱状突起、パッド、ポケット又は、ブロックを備えていてもよい。基準形体は、機械のチャックの固定部品であってもよいし、あるいは、チャックに一時的に取付け可能である部品で形成されていてもよい。

30

【0185】

さらに、図15aないし15gはx-y平面に存在するプローブを示しているけれども、方法は、また、x-y平面から外に向けられたスタイルスを有するプローブを用いて適用され得ることが留意されるべきである。例えば、プローブは、x-y平面に対して 90° に向けられていてもよい。その場合、基準形体(例えば、基準球体)が周囲から突出するよりはむしろチャックの正面から突出するように配置されている。

40

【0186】

図15aないし15gを参照して説明された方法は、任意の回転部分の中心線を見つけるのに適用され得ることも留意されるべきである。例えば、方法は、回転機械の中心線を見つけるばかりでなく、大型フライス盤のワークピースを保持するのに使用されるテーブルなどの回転中心を見つけ出すことにも適用され得る。

【0187】

図16を参照すると、別のミルターン旋盤が例示されている。機械200は、構成球体206が取り付けられているワークピース支持テーブル部分202を備えている。測定プローブ204は、工具用アーム(不図示)により支持され、装置は、測定プローブがテーブル部分202に対してx、y及びz軸に沿って並進することを可能とする。示されてはいないけれども、工具用アームは、プローブがその長手方向の軸の周りに回転することを可能とする回転可能な部分(例えば、フライス加工用軸部)を備えている。

【0188】

50

テーブル部分 202 は、C 軸の周りに回転可能である。さらに、テーブル部分 202 は、クレードルにより支持され、該テーブル部分が yz 平面で旋回中心周りに傾斜することを可能としている。すなわち、テーブル部分は、本明細書では B' 軸と称されるものの周りに傾斜し得る。

【0189】

図 16 は、2 つの異なる位置に傾斜したテーブル部分 202 を示している。それらは、 $B' = -90^\circ$ と $B' = 0^\circ$ の位置である。yz 平面における B' 軸の位置（すなわち、旋回中心）を確定するために、以下の測定がなされ得る。

【0190】

(i) $B' = -90^\circ$ 及び $C = 0^\circ$ の場合の球体 206 の位置が測定される。

10

【0191】

(ii) C 軸が（点線で示されるように） 180° まで回転し、（すなわち、 $B' = -90^\circ$ 及び $C = 180^\circ$ の場合の）球体の位置が再測定される。

【0192】

(iii) 次に、B 軸が、 $B' = 0^\circ$ へ傾斜し、球体の位置の測定が $C = 180^\circ$ で行われる。

【0193】

(iv) C 軸が（点線で示されるように） 180° まで回転し、（すなわち、 $B' = 0^\circ$ 及び $C = 0^\circ$ の場合の）球体の位置が再測定される。

20

【0194】

図 17 に示される機械の幾何学的図をさらに参照すると、ステップ (i) 及び (ii) の平均測定値は、 $B' = -90^\circ$ であるときの C 軸上に存在する第 1 球体点の測定値 (x_1, y_1, z_1) を提供する。ステップ (iii) 及び (iv) の平均測定値は、 $B' = 0^\circ$ であるときの C 軸上にある第 2 球体点の測定値 (x_2, y_2, z_2) を提供する。

【0195】

y_1 及び y_2 の値の間の差は、第 1 の半径の値 r_1 を提供する。 z_1 及び z_2 の値の間の差は、第 2 の半径の値 r_2 を提供する。

【0196】

平均半径の値 r_{true} は、次式 (12) のとおりである。

$$r_{true} = (r_1 + r_2) / 2 \quad (12)$$

30

【0197】

したがって、y 及び z 軸における B' 軸の位置は、次式 (13a)、(13b) から得られる。

$$y_{pivot} = y_1 - r_{true} \quad (13a)$$

$$z_{pivot} = z_1 - r_{true} \quad (13b)$$

【0198】

このようにして、yz 平面における B' 軸の位置 P を確定することができる。言い換えば、テーブル部分 202 の yz 旋回中心が見つけ出される。B' 軸の旋回中心の位置を知ることは、測定プローブ 204 に対するテーブル部分 202 の位置が B' 軸の向きに対して正確に決定されることを可能とする。したがって、適切な並進誤差の補正がテーブル部分 202 の異なる傾斜に対する工具用アームの位置に適用され得る。

40

【0199】

図 16 及び 17 を参照して説明された手順は、図 6 及び 7 を参照して上で述べた異なる長さの 2 つのプローブを用いて測定値を取得することに代えて（あるいは、それに加えて）使用され得る。そのような技術は、ミルターン旋盤ばかりでなく、フライス盤で使用され得ることが、また、留意されるべきである。例えば、該技術は、ワークピースが傾斜可能なテーブルの上に装着されているフライス盤に適用され得る。図 16 及び 17 を参照して説明された技術は、傾斜可能なテーブル上に装着されているチャックを有する機械を備えている。しかしながら、以下に説明されるように、類似の技術が回転ヘッド形ミルターン旋盤に適用されることが留意されるべきである。

50

【0200】

図18を参照すると、C軸の周りに回転することができるチャック232を有する機械が示されている。較正球体234は、チャックにより支持され、測定プローブ236は、回転ヘッド238により支持されている。この例においては、チャックのC軸が機械に対して固定され、回転ヘッド238がA軸の周りにプローブ236（又は、工具など）を回転させることができるフライス加工用ヘッドである。回転ヘッド238は、また、B軸の周りに回転することができる。図18においては、B=0°及びB=90°の向きにある回転ヘッドが示されている。

【0201】

上述した方法から類推して、較正球体234の中心は、B=0°及びB=90°の向きにある両方の場合に対して、測定プローブ236がA=0°及びA=180°に回転することにより見つけ出され得る。このことは、較正球体234の（固定した）中心に対する測定ヘッドの点(x1, y1, z1)及び(x2, y2, z2)の位置を提供する。したがって、図17に示される幾何学的関係がまた、回転ヘッド238の旋回中心、すなわち、B軸の位置を提供する。再び、B軸の位置を知ることは、並進誤差が中間のB軸の向きに対して取り除かれることを可能とする。

10

【0202】

当業者は、上記例が本発明の一般的な構成プロセスを代表するにすぎないものであることを認識している。本明細書及び添付されているクレームを読むだけで、本明細書で説明された特定の方法に対する多くの変更が当業者にとって明白である。

20

【図面の簡単な説明】

【0203】

【図1a】第1の向きにある旋盤チャックを示している図である。

【図1b】第2の向きにある旋盤チャックを示している図である。

【図2】2つの測定点及び旋盤中心線の幾何学的関係を例示している図である。

【図3】回転ヘッドを有するミルターン旋盤を例示している図である。

【図4a】A及びC軸の相対的位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

30

【図4b】A及びC軸の相対的位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図4c】A及びC軸の相対的位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図4d】A及びC軸の相対的位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図4e】A及びC軸の相対的位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図5a】C軸に対するスタイラスの位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図5b】C軸に対するスタイラスの位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

40

【図5c】C軸に対するスタイラスの位置を確定するために使用される幾何学的配置を示している図である。

【図6】回転された向きにあるヘッドを有するミルターン旋盤を示している図である。

【図7】双対先端スタイラスを示している図である。

【図8】回転ヘッド及び工具設定用アームを有するミルターン旋盤を示している図である。

【図9】設定用アームにより保持される工具立方体の位置合わせを示している図である。

【図10a】較正工具設定用ディスクを示している図である。

【図10b】較正工具設定用ディスクを示している図である。

【図11】3つの異なる位置に配置されているフライスヘッドを持つミルターン旋盤を例

50

示している図である。

【図12】主軸(C軸)のz軸に対する位置合わせ不良を例示している図である。

【図13】2連較正ボール装置を示している図である。

【図14】フライス軸(A軸)のz軸に対する位置合わせ不良を測定する2連先端プローブを例示している図である。

【図15a】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。 10

【図15b】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

【図15c】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

【図15d】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

【図15e】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

【図15f】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

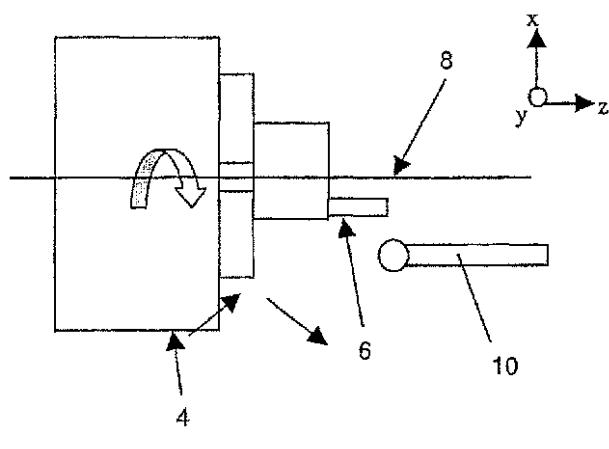
【図15g】チャックへのアクセスが制限されている大型旋盤のためのさらなる較正方法を例示している図である。

【図16】傾斜可能なテーブルを有するミルターン旋盤を示している図である。 20

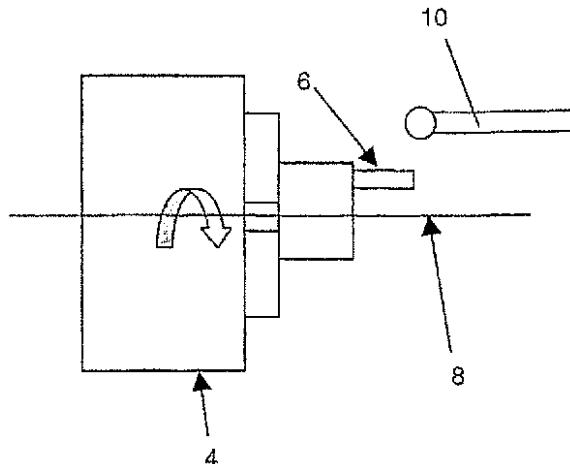
【図17】図16の装置の幾何学的配置を示している図である。

【図18】図16に対応する回転ヘッドを示している図である。

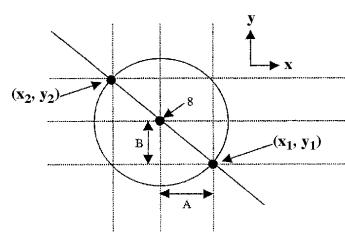
【図1a】



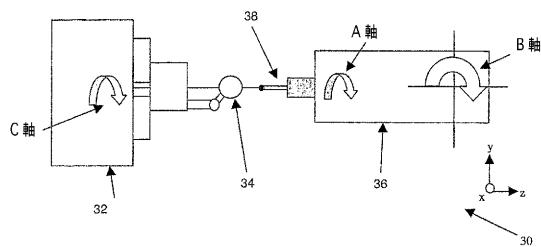
【図1b】



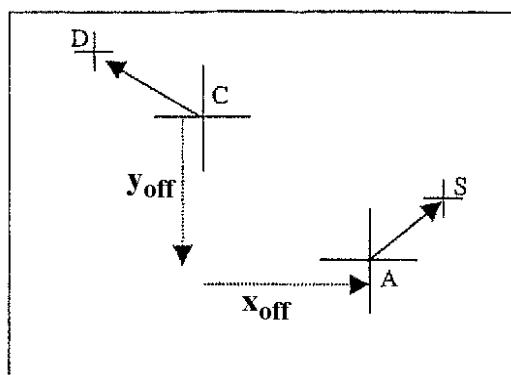
【図2】



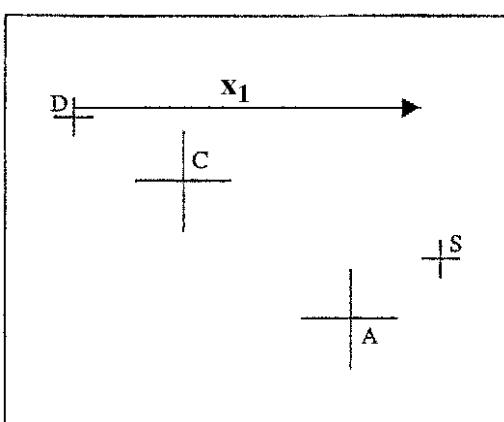
【図3】



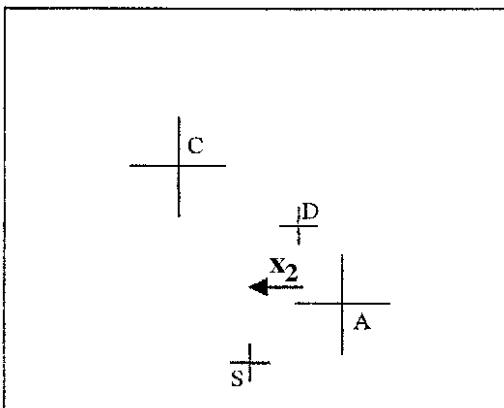
【図4 a】



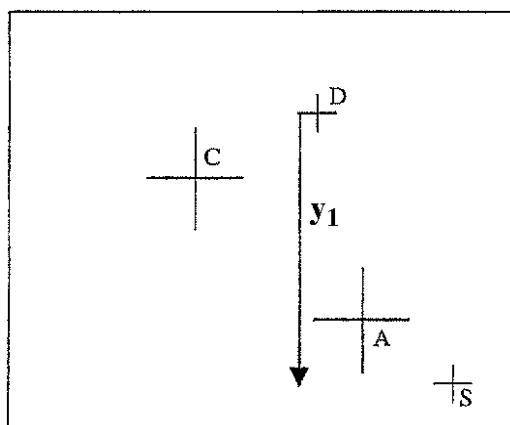
【図4 b】



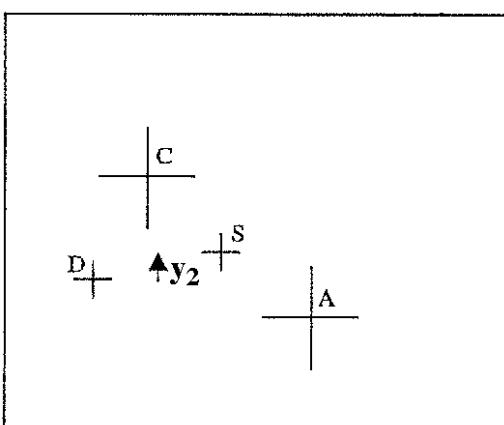
【図4 c】



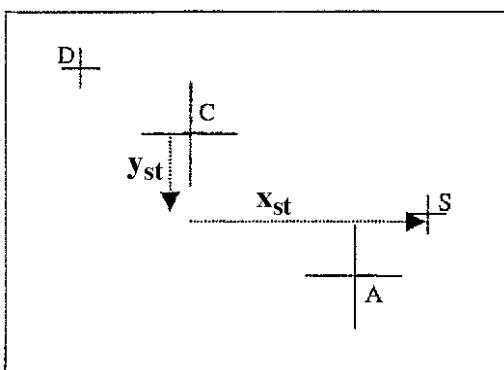
【図4 d】



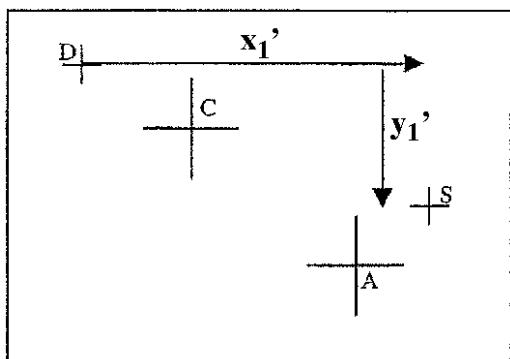
【図4 e】



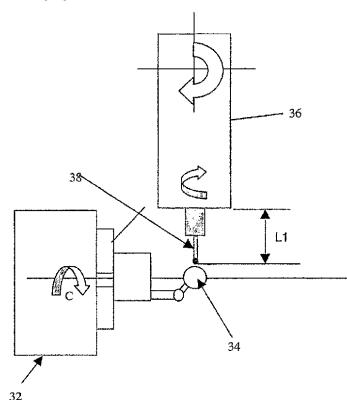
【図5 a】



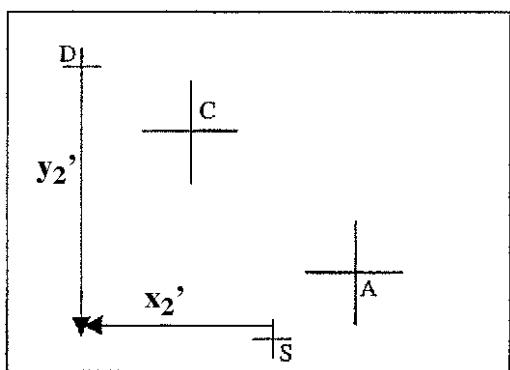
【図 5 b】



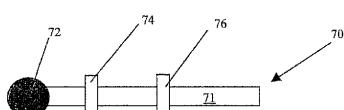
【図 6】



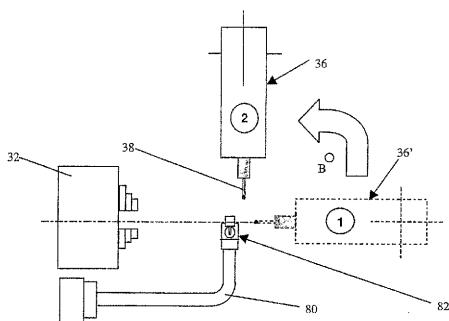
【図 5 c】



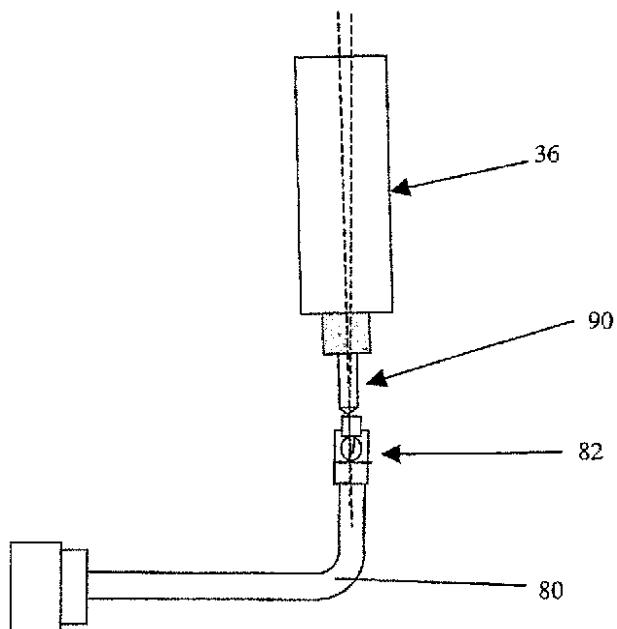
【図 7】



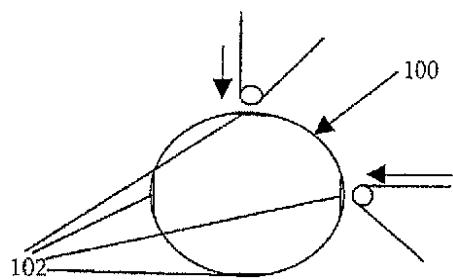
【図 8】



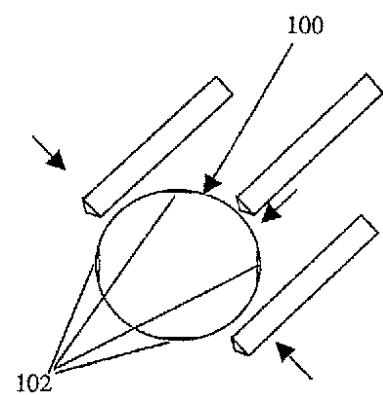
【図 9】



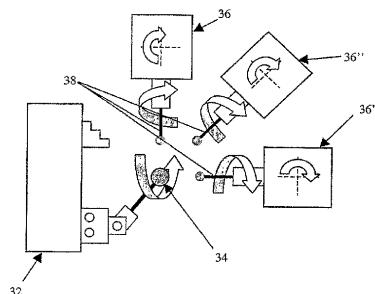
【図 10 a】



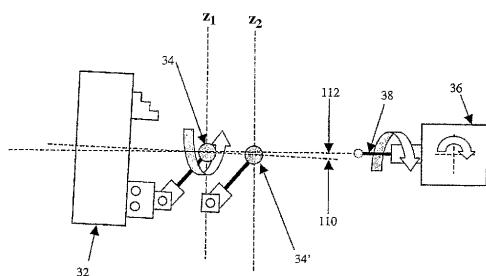
【図 10 b】



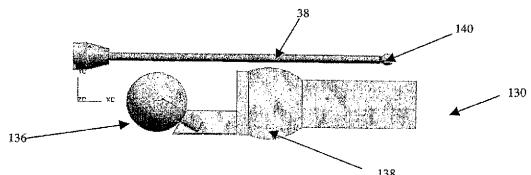
【図 11】



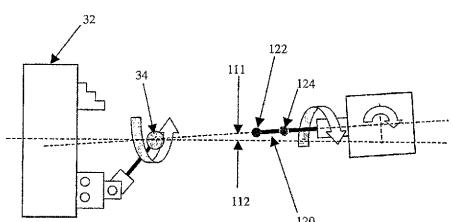
【図 12】



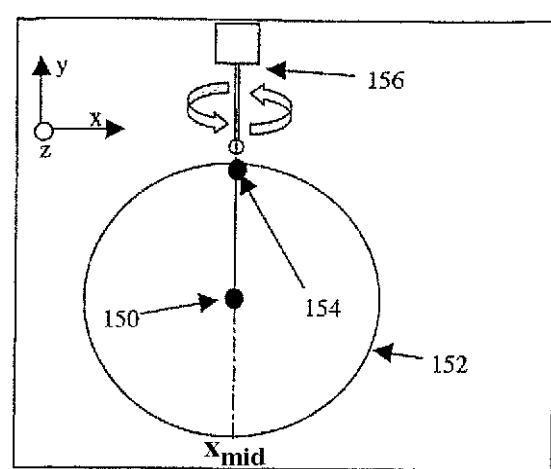
【図 13】



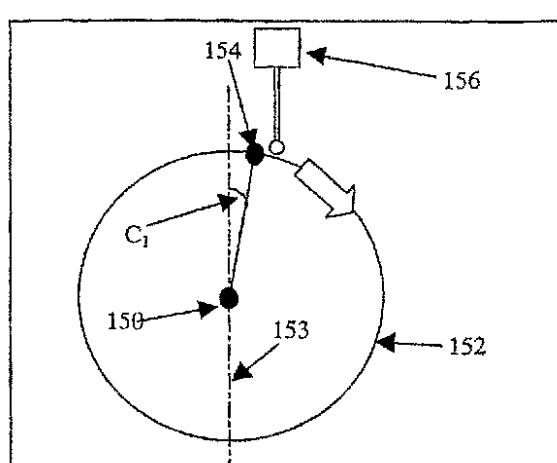
【図 14】



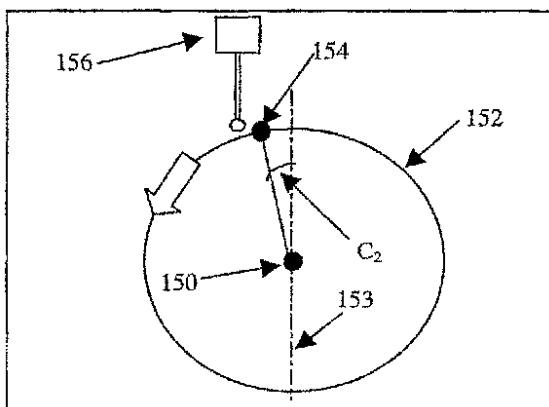
【図 15 a】



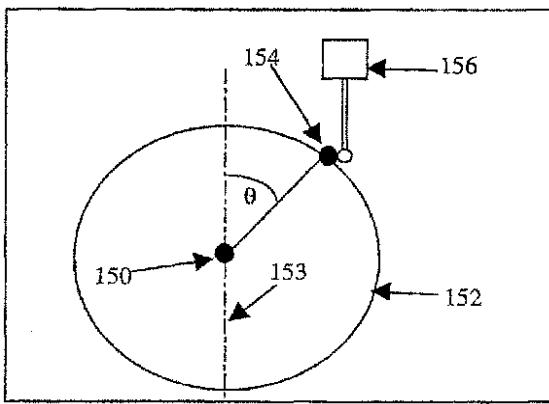
【図 15 b】



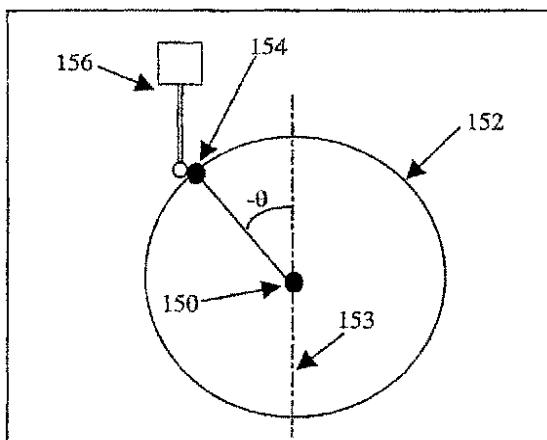
【図 15 c】



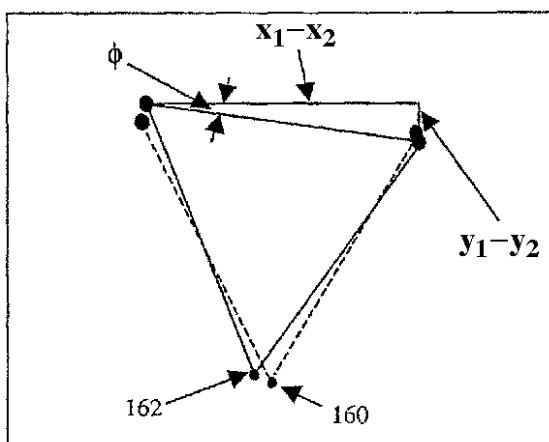
【図 15 d】



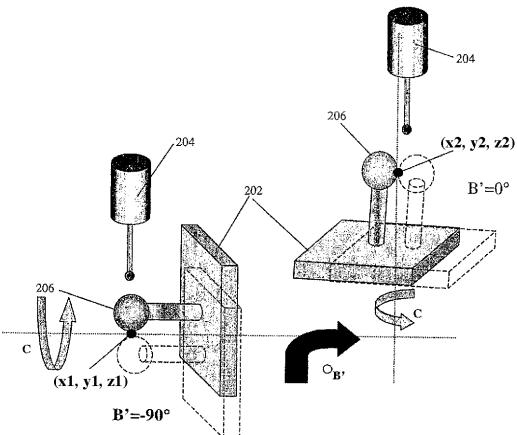
【図 15 e】



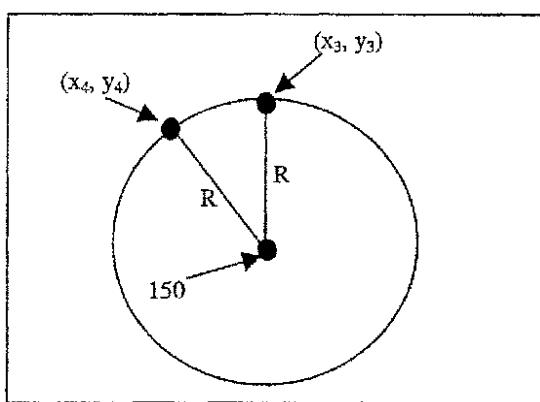
【図 15 f】



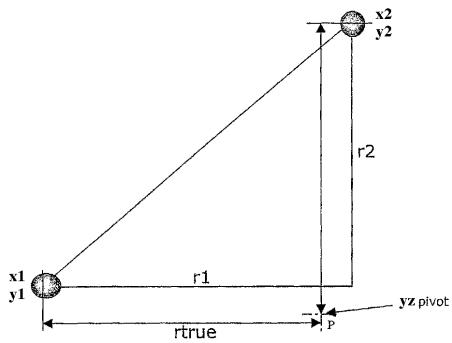
【図 16】



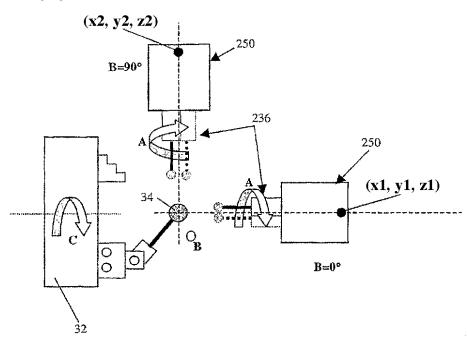
【図 15 g】



【図 17】



【図18】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/GB2006/004643																		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G05B19/401																				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B																				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched																				
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Category*</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">US 5 373 222 A1 (HEMMERLE R DAVID [US] ET AL) 13 December 1994 (1994-12-13) the whole document</td> <td style="padding: 2px;">1-8, 30-38 9,10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Y</td> <td style="padding: 2px;">EP 0 283 486 B1 (RENISHAW ELECTRICAL LTD [GB]) 11 December 1991 (1991-12-11) cited in the application the whole document</td> <td style="padding: 2px;">9,10</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">X</td> <td style="padding: 2px;">WO 2004/037486 A (ZOLLER GMBH & CO KG E [DE]; PFAU CHRISTIAN [DE]) 6 May 2004 (2004-05-06) pages 2-5</td> <td style="padding: 2px;">1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">A</td> <td style="padding: 2px;">EP 0 269 286 A2 (RENISHAW PLC [GB]) 1 June 1988 (1988-06-01) the whole document</td> <td style="padding: 2px;">1-38</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 2px;">-/-</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 5 373 222 A1 (HEMMERLE R DAVID [US] ET AL) 13 December 1994 (1994-12-13) the whole document	1-8, 30-38 9,10	Y	EP 0 283 486 B1 (RENISHAW ELECTRICAL LTD [GB]) 11 December 1991 (1991-12-11) cited in the application the whole document	9,10	X	WO 2004/037486 A (ZOLLER GMBH & CO KG E [DE]; PFAU CHRISTIAN [DE]) 6 May 2004 (2004-05-06) pages 2-5	1	A	EP 0 269 286 A2 (RENISHAW PLC [GB]) 1 June 1988 (1988-06-01) the whole document	1-38			-/-
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	US 5 373 222 A1 (HEMMERLE R DAVID [US] ET AL) 13 December 1994 (1994-12-13) the whole document	1-8, 30-38 9,10																		
Y	EP 0 283 486 B1 (RENISHAW ELECTRICAL LTD [GB]) 11 December 1991 (1991-12-11) cited in the application the whole document	9,10																		
X	WO 2004/037486 A (ZOLLER GMBH & CO KG E [DE]; PFAU CHRISTIAN [DE]) 6 May 2004 (2004-05-06) pages 2-5	1																		
A	EP 0 269 286 A2 (RENISHAW PLC [GB]) 1 June 1988 (1988-06-01) the whole document	1-38																		
		-/-																		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.																		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the International filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "C" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed																				
Date of the actual completion of the international search 16 March 2007		Date of mailing of the international search report 26/03/2007																		
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer MESEGUEY MAYORAL, J																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/GB2006/004643

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 329 457 A1 (HEMMERLE R DAVID [US] ET AL) 12 July 1994 (1994-07-12) the whole document	1-38

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/GB2006/004643

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5373222	A1		NONE		
EP 0283486	B1	11-12-1991	EP	0283486 A1	28-09-1988
			WO	8802139 A1	24-03-1988
			JP	1500701 T	09-03-1989
			JP	2653806 B2	17-09-1997
			US	4899094 A	06-02-1990
WO 2004037486	A	06-05-2004	AU	2003282039 A1	13-05-2004
			DE	10249072 A1	09-06-2004
			EP	1565290 A1	24-08-2005
			US	2006021208 A1	02-02-2006
EP 0269286	A2	01-06-1988	DE	3785645 D1	03-06-1993
			DE	3785645 T2	05-08-1993
			JP	63134151 A	06-06-1988
			US	4879817 A	14-11-1989
US 5329457	A1		NONE		

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,L,A,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ポール マクステッド

イギリス ピーエス32 9ビージェイ グロスター・シャー ブリストル サウス ブラッドリー
ストーク チャンプス シュル マルヌ 58

(72)発明者 マーク トーマス バークリー サンダーズ

イギリス ジーエル4 8エルジェイ グロスター・シャー バードリップ サイドランズ フーム(番地なし)

(72)発明者 ディヴィッド ロバーツ マクマートリー

イギリス ジーエル11 6エーティー グロスター・シャー ダーズリー スタンコーム パーク
ファーム(番地なし)

(72)発明者 クリストファー レイ ワトソン

イギリス ジーエル11 5ディージェイ グロスター・シャー ダーズリー カム ボックス ロ
ード 39

Fターム(参考) 3C029 EE01

3C269 AB01 AB02 AB05 BB07 CC07 JJ10 MN04 MN16 MN17