

(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2004-504165

(P2004-504165A)

(43) 公表日 平成16年2月12日(2004.2.12)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 3 B 5/00

F I

B 2 3 B 5/00

Z

テーマコード (参考)

3 C 0 4 5

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 60 頁)

(21) 出願番号 特願2002-511928 (P2002-511928)
 (86) (22) 出願日 平成13年7月11日 (2001.7.11)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年1月14日 (2003.1.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/CA2001/001012
 (87) 国際公開番号 W02002/006005
 (87) 国際公開日 平成14年1月24日 (2002.1.24)
 (31) 優先権主張番号 2,313,830
 (32) 優先日 平成12年7月13日 (2000.7.13)
 (33) 優先権主張国 カナダ (CA)

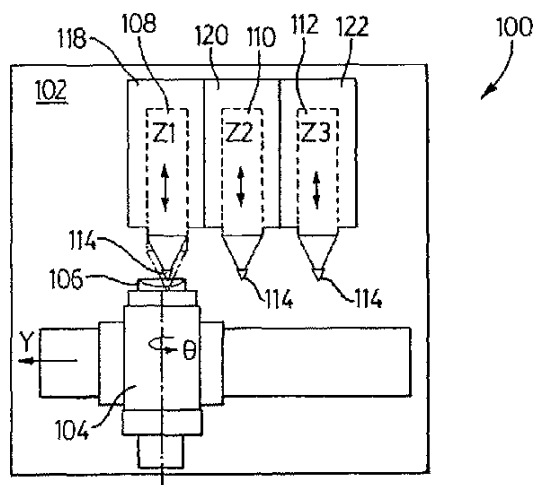
(71) 出願人 503022408
 マイクロ オプティクス デザイン コー
 ポレイション
 カナダ国 イー1イー 4エム3 ニュー
 ブランズウィック モンクトン ルーニ
 ー クレセント 40
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100085279
 弁理士 西元 勝一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動を打ち消す構成を有するレンズ旋盤

(57) 【要約】

急速に往復動するレンズ切削工具(114)とシャトルアセンブリとを有するシングルポイントレンズ回転旋盤(100)における振動および歪みを実質的に打ち消すための方法および装置。この装置は、3つ以上の工具シャトル(108、110、112)を有している。これらのシャトルは、同様の質量(mass)を有しており、互いに略平行な各シャトル経路に沿って往復移動できる。シャトル(108、110、112)は、各シャトル経路に沿って各アクチュエータ(118、120、122)により往復移動可能である。シャトル・工具アセンブリは、その各アクチュエータ(118、120、122)により、シャトル・工具アセンブリの一方での移動によって生成される力がシャトル・工具アセンブリの反対方向の移動によって生じる力を打ち消す速度で、相対する方向に移動される。奇数個のシャトル・工具アセンブリが使用される場合、一方方向に移動する質量によって生成される力の大きさは、異なる移動速度すなわち反対方向に移動する質量に由来する異なるストローク長により補償することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

旋盤用の工具案内アセンブリであって、
前記工具を装着するための少なくとも 1 つの第 1 のシャトルと、
前記第 1 のシャトルを第 1 のシャトル経路に沿って往復移動させる第 1 のアクチュエータと、
を備えたアセンブリを有し、
前記第 1 のシャトルおよび工具は、第 1 の往復質量の少なくとも一部を構成し、
また、前記アセンブリは、
第 2 の往復質量と、
前記第 2 の往復質量を前記第 1 の往復質量と反対の方向に移動させるための第 2 のアクチュエータと、
を備え、
前記第 2 の往復質量は、前記第 1 の往復質量の前記往復移動によって生じる加速力を実質的に打ち消すように選択された、質量、移動経路、移動速度を有することを特徴とする工具案内アセンブリ。

【請求項 2】

前記第 2 の往復質量は一对の第 2 のシャトルを有し、前記対を成す各第 2 のシャトルはそれぞれ、前記第 1 のシャトルの両側に配置され、
前記第 2 のアクチュエータは、前記第 2 のシャトル毎にそれぞれアクチュエータを有している請求項 1 に記載の工具案内アセンブリ。

【請求項 3】

前記第 1 の往復質量が複数の前記第 1 のシャトルを有し、前記第 1 のアクチュエータが前記第 1 のシャトル毎にそれぞれアクチュエータを有している請求項 1 に記載の工具案内アセンブリ。

【請求項 4】

ベースと、
前記ベースに接続され、切削工具を支持する第 1 のシャトルであって、第 1 のシャトル経路に沿って往復移動可能な第 1 のシャトルと、
前記第 1 のシャトルに接続され、前記第 1 のシャトルの往復移動を行う第 1 のアクチュエータと、
前記第 1 のシャトルに隣接し、第 2 の切削工具を支持する第 2 のシャトルであって、前記第 1 のシャトル経路と略平行な第 2 のシャトル経路に沿って往復移動できるとともに、前記第 1 のシャトルの質量と同様の質量を有する第 2 のシャトルと、
前記第 2 のシャトルに接続されるとともに、前記第 1 のシャトルの前記往復移動量の略半分の量だけ、前記第 1 のシャトルの動きと反対の方向に前記第 2 のシャトルを往復移動させる第 2 のアクチュエータと、
前記第 2 のシャトルと反対側で前記第 1 のシャトルに隣接し、第 3 の切削工具を支持する第 3 のシャトルであって、前記第 1 および前記第 2 のシャトル経路と略平行な第 3 のシャトル経路に沿って往復移動できるとともに、前記第 1 のシャトルの質量と同様の質量を有する第 3 のシャトルと、
前記第 3 のシャトルに接続されるとともに、前記第 1 のシャトルの前記往復移動量の略半分の量だけ、前記第 1 のシャトルの動きと反対の方向に前記第 3 のシャトルを往復移動させる第 3 のアクチュエータと、
を備え、
前記第 2 および第 3 のシャトルは、前記第 1 のシャトルの複数の加速力を釣り合わせることにより、前記第 1 のシャトルの前記往復移動によって前記旋盤の構造体に与えられる振動及びそれに起因する歪みを実質的に打ち消すことを特徴とするシングルポイントダイアモンド回転旋盤。

【請求項 5】

ベースと、

前記ベースに装着され、前記レンズを支持して前記レンズをレンズ回転軸を中心に回転させるとともに、前記レンズ回転軸に対して横方向に移動可能なレンズ支持体と、それぞれが切削工具を装着して前記ベースに装着されるとともに、互いに略平行な各シャトル経路に沿って前記レンズに向って経路移動可能な複数のシャトルと、

を備え、

前記複数のシャトルは、前記ベースに装着された各アクチュエータによって往復移動可能であり、前記アクチュエータは、前記複数のシャトルのうちの幾つかのシャトルを残りのシャトルの動きと反対方向に移動させるように配置され、

前記複数のシャトルは、同様の質量を有し、ほぼ固定された質量中心を維持するように配置されると共に移動され、これにより、前記幾つかのシャトルの所定方向への移動が、前記残りのシャトルの反対方向への移動によって前記ベースに作用する直線的な力および揺動力を実質的に打ち消すレンズ切削旋盤。 10

【請求項 6】

前記複数のシャトルは、2つの外側シャトルと、これらの外側シャトル間に位置された1つの中間シャトルとから成り、

前記外側シャトルは、共に、前記中間シャトルの動きと反対の方向に移動し、前記外側シャトルは、共に、前記中間シャトルの速度の約半分の速度で移動し、これにより、前記外側シャトルによって生成される加速力の大きさが、前記中間シャトルによって生成される加速力の大きさと略同じになる請求項 5 に記載のレンズ切削旋盤。 20

【請求項 7】

前記複数のシャトルは、1つの中心軸の両側で2つの対を成す一列の4つのシャトルから成り、前記各対のシャトルは、反対側の対の対応するシャトルと同期して互いに反対方向に移動するように配置されている請求項 6 に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項 8】

前記シャトル経路が直線状であり、

前記各アクチュエータがリニアサーボモータである請求項 6 に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項 9】

前記シャトル経路が弓状であり、

前記各アクチュエータが回転サーボモータである請求項 6 に記載のレンズ切削旋盤。 30

【請求項 10】

前記シャトル経路が直線状であり、

前記アクチュエータがリニアサーボモータである請求項 7 に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項 11】

前記シャトル経路が弓状であり、

前記各アクチュエータが回転サーボモータである請求項 7 に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項 12】

シャトル経路に沿って旋盤のベースに対して往復移動できるように装着されたシャトルに固定された切削工具の移動によって旋盤に生じる加速力を打ち消すための方法であって、

(1) 前記シャトル経路に沿って所定の質量中心を有するバランシング質量を与えるステップ、 40

(2) 前記構造体に対応する揺動力を与えることなく、前記工具の前記移動によって生じる直線的な力を打ち消す速度および方向で前記バランシング質量を往復移動させるステップと、

を備える方法。

【請求項 13】

前記バランシング質量は、前記ベースに装着された各シャトルに固定された少なくとも2つの更なる切削工具から成り、各シャトルは、各シャトル経路に沿って各アクチュエータにより往復移動できる請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

レンズ支持体と少なくとも3つのレンズ切削工具とを有するレンズ回転旋盤上で非回転対称レンズを回転させるための方法であって、

(1) レンズ支持アセンブリにレンズブランク (b l a n k) を装着するステップと、
(2) 前記レンズブランクを前記レンズ支持アセンブリと共にレンズ回転軸を中心に回転させるステップと、

(3) 前記少なくとも3つの切削工具のうちの1つを前記レンズブランクに対して押圧するステップと、

(4) 前記レンズブランクを前記レンズ支持アセンブリと共に前記レンズ回転軸に対して横方向に移動させるステップと、

(5) 前記レンズブランクの回転数に対応する往復数で第1の工具経路に沿って少なくとも3つのレンズ切削工具のうちの前記1つを往復移動させて、前記非回転対称面を形成するステップと、 10

(6) 前記旋盤に揺れ動作を与えることなく、ステップ(5)で前記1つの工具により前記旋盤に作用する直線的な力に抗してこれを実質的に打ち消す速度および方向で、前記第1の工具経路と略平行な各工具経路に沿って、前記少なくとも3つのレンズ切削工具の残りを前記往復数で往復移動させるステップと、
を備える方法。

【請求項15】

前記少なくとも3つのレンズ切削工具は、最初および最後のレンズ切削工具と、これらの切削工具間にこれらと列を成して等距離に配置される中間レンズ切削工具とから成り、
前記最初および最後のレンズ切削工具は、前記中間レンズ切削工具の速度の約半分の速度で、前記中間レンズ切削工具と反対方向に同時に移動される請求項14に記載の方法。 20

【請求項16】

前記レンズが少なくとも2段階で回転され、各段階では、異なるレンズ切削工具が使用される請求項15に記載の方法。

【請求項17】

第1、第2、第3、第4のレンズ切削工具が設けられて一列に配置され、
前記第1および第2の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動され、
前記第3および第4の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動され、
前記第1および第2の切削工具によって生じる任意の揺れ動作は、前記第3および第4の切削工具によって生じる反対方向の等しい揺れ動作によって打ち消される請求項14に記載の方法。 30

【請求項18】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、 40

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、
を更に備えている請求項15に記載の方法。

【請求項19】

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップを更に有している請求項18に記載の方法。

【請求項20】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用 50

する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

10

を更に備えている請求項16に記載の方法。

【請求項21】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

20

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

を更に備えている請求項17に記載の方法。

【請求項22】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

30

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、

を更に備えている請求項20に記載の方法。

【請求項23】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

40

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

50

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、
を更に備えている請求項21に記載の方法。

【請求項24】

前記第1の往復質量は、1対の前記第1のシャトルと、前記第1のシャトルの対のための1つのアクチュエータとを有している請求項1に記載の工具案内アセンブリ。

【請求項25】

前記シャトル経路は、前記ベースに対して略平行である請求項11に記載の工具案内アセンブリ。

【請求項26】

前記シャトル経路は、前記ベースに対して略垂直である請求項11に記載の工具案内アセンブリ。 10

【請求項27】

ベースと、
前記ベースに接続され、切削工具を支持するための第1のシャトルと、
前記第1のシャトルに接続され、前記第1のシャトルの回転往復移動を行なう第1のアクチュエータと、
前記第1のシャトルと正反対に前記第1のアクチュエータに接続され、前記第1のシャトルと反対方向に移動して第1のシャトルとの釣り合いをとる第1のバランシング質量と、
前記ベースに接続され、前記第1のアクチュエータと反対の回転往復移動を行なう第2のアクチュエータと、
前記第2のアクチュエータに接続された、位置的に相対する第2および第3のバランシング質量と、
を備え、

前記第2、第3のバランシング質量および第2のアクチュエータの前記往復移動は、前記第1のシャトルの前記往復移動によって前記旋盤の構造体に与えられる振動及びそれに起因する歪みを実質的に打ち消すように選択されるレンズ切削旋盤。

【請求項28】

前記第1、第2、第3のバランシング質量のうちの少なくとも1つは、シャトル支持切削工具である請求項27に記載のレンズ切削旋盤。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

この発明は、一般に、レンズを切削するための装置および方法に関し、特に、非回転対称レンズを切削するための回転旋盤に関する。

【0002】

(発明の背景)

回転非対称面を形成する有効な方法は、3軸シングルポイントダイヤモンド回転旋盤を用いることである。図1は、そのような旋盤の典型的なレイアウトを示す端面図であり、図2は、図1に対応する正面図である。参照符号10で示される旋盤は、レンズ支持アセンブリ20と、シャトル14とを有している。シャトル14は、アクチュエータ16により、参照符号Zで示される「Z軸」に沿って軸方向に移動可能である。シャトル14には、レンズ切削工具18（一般に、ダイヤモンド工具）が固定されている。 40

【0003】

レンズ支持アセンブリ20は、レンズ22を支持するとともに、 θ で示されるレンズ軸を中心にレンズ22を回転させる。レンズ支持アセンブリ20は、レンズ軸 θ に対して横方向、すなわちY方向に移動することができる。レンズ支持部材は、一般に、レンズ20を回転させるスピンドル21を有している。このスピンドル21は、横方向に移動可能なリニアテーブル23に装着されており、リニアテーブル23は旋盤10のベース25に装着されている。

【0004】

レンズの切削は、回転動作によって行なわれる。レンズ 22 は、レンズ軸 θ を中心に高速で回転される。レンズ切削工具 18 は、最初、レンズ 22 の縁 24 に隣接して位置される。レンズ切削工具 18 が Z 方向に移動されると、レンズ 22 が Y 方向に移動される。レンズ 22 とレンズ切削工具 18 との間の連係動作によって、レンズ 22 の形状が決まる。

【0005】

レンズ 22 が球面または非球面といった回転対称である場合、旋盤 10 は、2 軸回転旋盤と同様に動作する。一般に、切削は縁 24 から開始され、レンズ切削工具は、Y 方向および Z 方向（径方向内側およびレンズ 22 に向って）に移動される。この場合、レンズ切削工具 18 の Z 位置は、レンズ軸 θ を中心とする回転に関係なく、レンズ軸 θ から所定の任意の径方向（「Y」）距離で一定のままである。

10

【0006】

レンズ切削工具 18 がレンズ軸 θ に接近するにつれ、レンズ切削工具 18 と切削されるレンズの各面との間の相対速度は 0 まで減少する。したがって、条件を満たした生産的な表面形成動作を維持するためには、レンズ支持アセンブリ 20 におけるスピンドルの速度が非常に高速であることが望ましい。一般的なスピンドルの速度は、3000 から 10000 RPM のオーダーである。

【0007】

所望のレンズが非回転対称である場合、例えば、円環レンズまたは多重焦点レンズである場合、レンズ切削工具 18 は、回転数に比例する回数で Z 軸に沿って往復移動しなければならない。切削される特定のレンズ 22 によっては、レンズ切削工具 18 をレンズの縁で 20 mm ほど移動する必要があるかもしれない。単純な円環レンズにおいて、これは、回転数の 2 倍の周波数を持つ略正弦波動作となる。

20

【0008】

典型的なアクチュエータ 16 は、高速フィードバック装置と関連したリニアサーボモータ（例えば、ボイスコイルモータ）から成り、こうした装置は高速直線動作を高い精度で生じさせることができるので望ましい。一般にそのようなモータの行程は限られており、一般的なストロークは 30 mm であるが、それにもかかわらず、3 から 4 m/s の速度を達成することが要求される場合がある。そのような速度および急速な方向変換は、50 から 100 g 以上のピーク加速度を生成し得る。一例として、シャトル 14 およびレンズ切削工具 18 の総重量が 2 kg である場合、アクチュエータの加速度が 100 g で、1961 N（約 440 lbf）の反力が生じる。

30

【0009】

前述した速度およびスピードの数値が、現在利用できるリニアサーボモータにとって幾分高い数値であることは言うまでもない。このような技術は急速に発達しており、現在の発明は、ある程度まで、所望のリニアサーボモータ特性を考慮している。いずれにせよ、本発明は、前述した半分の速度および力で可能な現在のリニアサーボモータ技術を用いて、有用な結果を生み出す。

【0010】

レンズ切削工具 18 をその工具経路に沿って位置決めするには、非常に高い精度、一般的には 10 nm 以下の精度で、サーボ制御する必要がある。アクチュエータ 16 にそのような精度を達成する能力がある場合、作動力の大きさによって、精度条件を本質的に上回る構造的な欠陥が旋盤 10 に生じる可能性がある。

40

【0011】

本発明の目的は、往復移動可能な工具案内アセンブリを有する旋盤において作動力によって生じる振動を打ち消す方法および装置を提供することである。

【0012】

（発明の概要）

旋盤用の工具案内アセンブリが提供される。工具案内アセンブリは、工具を装着するための少なくとも 1 つの第 1 のシャトルと、第 1 のシャトルを第 1 のシャトル経路に沿って往復移動させる第 1 のアクチュエータとを有している。第 1 のシャトルおよび工具は、第 1

50

の往復質量（mass）の少なくとも一部を構成している。工具案内アセンブリは、第2の往復質量と、第2の往復質量を第1の往復質量と反対の方向に移動させるための第2のアクチュエータとを有している。第2の往復質量は、第1の往復質量の往復移動によって生じる加速力を実質的に打ち消すように選択された、質量、移動経路、移動速度を有している。

【0013】

第2の往復質量は一对の第2のシャトルを有し、対を成す第2のシャトルはそれぞれ、第1のシャトルの両側に配置されていても良い。第2のアクチュエータは、第2のシャトルの各々に設けられたアクチュエータを含んでよい。

【0014】

第1の往復質量が複数の第1のシャトルを含んでもよく、第1のアクチュエータが第1のシャトルの各々に設けられたアクチュエータを含んでよい。

【0015】

本発明の一態様においては、切削工具を支持する第1のシャトル経路であって、第1のシャトル経路に沿って往復移動可能な第1のシャトルを有するシングルポイントダイヤモンド回転旋盤が提供される。第1のシャトルには、第1のシャトルの往復移動を行なう第1のアクチュエータが接続されている。旋盤は、第1のシャトルに隣接して第2の切削工具を支持する第2のシャトルを有している。第2のシャトルは、第1のシャトル経路と略平行な第2のシャトル経路に沿って往復移動できる。第2のシャトルは、第1のシャトルの質量と同様の質量を有している。第2のシャトルには、第1のシャトルの往復移動量の略半分の量だけ、第1のシャトルの動きと反対の方向に第2のシャトルを往復移動させる第2のアクチュエータが接続されている。旋盤は、第2のシャトルと反対側で第1のシャトルに隣接して第3の切削工具を支持する第3のシャトルを有している。第3のシャトルは、第1および前記第2のシャトル経路と略平行で且つ同一平面上の第3のシャトル経路に沿って往復移動できるとともに、第1のシャトルの質量と同様の質量を有している。第3のシャトルには、第1のシャトルの往復移動量の略半分の量だけ、第1のシャトルの動きと反対の方向に前記第3のシャトルを往復移動させる第3のアクチュエータが接続されている。第2および第3のシャトルは、第1のシャトルの加速力を釣り合わせることで、第1のシャトルの往復移動によって旋盤に与えられる振動及びそれに伴う構造的な歪みを実質的に打ち消す。

【0016】

本発明の更なる態様においては、ベースと、ベースに装着されてレンズを支持すると共にレンズをレンズ回転軸を中心に回転させるレンズ支持体と、を有するレンズ切削旋盤が提供される。レンズ支持体は、レンズ回転軸に対して横方向に移動可能である。各切削工具を装着するための複数のシャトルがベースに装着されている。これらのシャトルは、各シャトル経路に沿ってレンズに向って移動し且つレンズから離れるように移動することができる。複数のシャトルは、ベースに装着された各アクチュエータによって往復移動可能である。アクチュエータは、複数のシャトルのうちの幾つかのシャトルを残りのシャトルと反対方向に移動させるように配置されている。複数のシャトルは、同様の質量であり、ほぼ固定された質量中心を維持するように配置されると共に移動され、これにより、幾つかのシャトルの所定方向への移動が、残りのシャトルの反対方向への移動によって前記ベースに作用する直線的な力および揺動力を実質的に打ち消す。

【0017】

複数のシャトルは、2つの外側シャトルと、これらの外側シャトル間に位置された1つの中間シャトルとから成っていても良い。外側シャトルは、共に、中間シャトルと反対の方向に移動し、また、外側シャトルは、共に、中間シャトルの速度の約半分の速度で移動するようになっている。したがって、外側シャトルによって生成される加速力の大きさは、中間シャトルによって生成される加速力の大きさと略同じになる。

【0018】

本発明の別の態様において、複数のシャトルは、1つの中心軸の片側に1対ずつ、全2対

10

20

30

40

50

で一列に配置された4つのシャトルから成り、各対のシャトルは、互いに反対方向に移動するように配置されていても良い。

【0019】

上述の各実施形態のアクチュエータは、リニアサーボモータであっても良い。

【0020】

あるいは、アクチュエータは回転サーボモータであっても良い。

【0021】

また、シャトル経路に沿って旋盤のベースに対して往復移動できるように装着された旋盤シャトルに固定された切削工具の移動によって旋盤に生じる加速力を打ち消すための方法が提供される。この方法は、

(1) シャトル経路に沿って所定の質量中心を有するバランシング質量 (mass) を与えるステップ、

(2) 構造体に対応する揺動力を与えることなく、工具の移動によって生じる直線的な力を打ち消す速度および方向でバランシング質量を往復移動させるステップと、を備えている。

【0022】

前記方法の一態様において、バランシング質量は、ベースに装着された各シャトルに固定された少なくとも2つの更なる切削工具から成り、各シャトルは、略平行な各シャトル経路に沿って各アクチュエータにより往復移動できるようになっていても良い。

【0023】

レンズ支持体と少なくとも3つのレンズ切削工具とを有するレンズ回転旋盤上で非回転対称レンズを回転させるための方法が提供される。この方法は、

(1) レンズ支持アセンブリにレンズブランク (blank) を装着するステップと、

(2) レンズブランクをレンズ支持アセンブリと共にレンズ回転軸を中心に回転させるステップと、

(3) 少なくとも3つの切削工具のうちの1つをレンズブランクに対して押圧するステップと、

(4) レンズブランクをレンズ支持アセンブリと共にレンズ回転軸に対して横方向に移動させるステップと、

(5) レンズブランクの回転数に対応する往復数で第1の工具経路に沿って少なくとも3つのレンズ切削工具のうちの前記1つをレンズに対して往復移動させて、非回転対称面を形成するステップと、

(6) 旋盤に揺れ動作を与えることなく、ステップ(5)で前記1つの工具によって旋盤に作用する直線的な力に抗してこれを実質的に打ち消す速度および方向で、(5)の1つのレンズ切削工具の第1の工具経路と略平行で且つ同一平面上の各工具経路に沿って、少なくとも3つのレンズ切削工具の残りを前記往復数で往復移動させるステップと、を備えている。

【0024】

非回転対称レンズを回転させる方法の更に別の態様において、3つのレンズ切削工具は、最初および最後のレンズ切削工具と、これらの切削工具間にこれらと列を成して等距離に配置される中間レンズ切削工具とから成っていても良い。最初および最後のレンズ切削工具は、中間レンズ切削工具の速度の約半分の速度で、中間レンズ切削工具と反対方向に同時に移動される。

【0025】

レンズが少なくとも2段階で回転され、各段階では、異なる3つのレンズ切削工具が使用されても良い。

【0026】

別の実施形態においては、第1、第2、第3、第4のレンズ切削工具が設けられると共に一列に配置される。第1および第2の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動され、第3および第4の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動される。第3およ

10

20

30

40

50

び第４の工具の作用は、第１および第２の工具と回転的に反対であり、したがって、任意の回転方向の振動（揺動作用）が同時に打ち消される。

【００２７】

前記方法は、

（７）レンズ切削工具の往復移動に関連して旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定して出力信号を形成するステップと、

（８）出力信号をプロセッサに送信するステップと、

（９）アクチュエータの動作を変化させることにより力をどのように打ち消すことができるかを決定するステップと、

（１０）アクチュエータの往復移動を制御するコントローラに出力を送り、ステップ（９）での決定に応じてコントローラによりアクチュエータの移動を変化させることにより、合成不均衡力を実質的に削除するステップと、

（１１）ステップ（７）から（１０）を繰り返すステップと、
をさらに有することによって一層の向上を図ってもよい。

【００２８】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施形態について説明する。

【００２９】

（好ましい実施形態の説明）

本発明において、１つまたは複数のシャトルを有していても良い第１の質量によってもたらされる往復移動から生じる加速力は、第２の質量を与えてこの第２の質量の往復移動方向と反対の方向に往復移動させることにより打ち消される。第２の質量の位置および移動速度は、第１の質量によって生成される加速力と大きさが同じで向きが反対の「釣り合い」力すなわち「打ち消し」力を生成するように選択される。第２の質量によって生成される力は、打ち消し力の結果としての任意の望ましくない「揺れ」動作を避けるために、第１の質量によって生成される力と一致しなければならない。第２の質量は単に釣り合わせることを目的として存在していても良いが、後で詳述するように、第２の質量は、レンズ切削作業の部品として使用されても良い２つ以上のシャトル・レンズ切削工具アセンブリで構成されることが好ましい。同様に、第１の質量は、１つまたは複数のシャトル・レンズ切削工具アセンブリから成ることが好ましい。

【００３０】

本明細書において、「往復」という用語は、説明される本発明の実施形態に応じて直線状または円弧状であってよい前後運動を示すべく用いられている。

【００３１】

図３は、本発明の一つの好ましい態様に係るレンズ切削旋盤１００を示している。レンズ切削旋盤１００はベース１０２を有しており、このベース１０２にはレンズ支持体１０４が装着されている。レンズ支持体１０４は、レンズ１０６を支持するとともに、レンズ回転軸θを中心にレンズ１０６を回転させることができる。レンズ支持体は、参照符号Ｙで示されるように、レンズ回転軸θに対して横方向に移動することができる。

【００３２】

図３および図４で示される実施形態において、ベース１０２には３つのシャトルが装着されている。これらの３つのシャトルは、２つの外側シャトル１０８、１１２と、これらの間に位置する中間シャトル１１０とから成る。３つのシャトル１０８、１１０、１１２にはそれぞれレンズ切削工具１１４が装着されている。レンズ切削工具１１４は、レンズを切削するために現在使用されているタイプのダイヤモンド工具であっても良い。

【００３３】

シャトル１０８、１１０、１１２は、各アクチュエータ１１８、１２０、１２２により、各シャトル軸すなわち参照符号Ｚ１、Ｚ２、Ｚ３で示される「経路」に沿って往復移動することができる。シャトル軸すなわち経路Ｚ１、Ｚ２、Ｚ３は、レンズ回転軸θと略平行に示されているが、これは必要条件ではなく、シャトル軸Ｚ１、Ｚ２、Ｚ３がレンズ回転軸θに対して傾いていることが好ましい場合もある。シャトル軸Ｚ１、Ｚ２、Ｚ３は、互

いに平行でなければならない。アクチュエータ 118、122 は、中間シャトル 110 の速度の半分の速度で外側シャトル 108、112 を中間シャトル 110 に対して反対方向に移動させるように配置されている。各外側シャトル 108、112 の質量はそれぞれ、一般に、中間シャトル 110 の質量と略同一である。また、レンズ切削工具 114 も同様の質量である。

【0034】

図 7 は、典型的なシャトル・アクチュエータアセンブリ 200 を示している。シャトル・アクチュエータアセンブリ 200 はリニアサーボモータ 202 を有しており、リニアサーボモータ 202 は、磁石アセンブリ 204 とコイル 206 とを有している。磁石アセンブリ 204 はハウジング 208 に取り付けられている。コイル 206 はシャトルに 210 に固定されている。コイル線 212 は、電氣的な入力をコイル 206 に供給して、コイル 206 と磁石アセンブリ 204 とを相対的に移動させる。

【0035】

シャトル 210 は、直線的に移動することができるようにハウジング 208 に装着されている。様々な装着（取付）構成を用いてよい。現在において好ましい取付構成は、ハウジング 208 とシャトル 210 との間に空気ベアリングパッド 212 を使用して、滑らかで正確な直線動作を可能にする構成である。

【0036】

シャトル 210 には位置エンコーダ 220 が固定されている。この位置エンコーダは、ハウジング 208 に固定された読み取りヘッド 222 によって読み取り可能な回折スケールであっても良い。読み取りヘッド 222 は、高速フィードバック装置 224 に位置情報を供給する。高速フィードバック装置 224 は、シャトル 210 の位置を感知するとともに、コイル 206 に入力を与えて、データベース 226 に記憶された所定の位置にしたがってシャトル 210 の位置を変える。

力は、以下の関係によって決定される。

【0037】

$$F = m \cdot a$$

ここで、

F = 力

m = 質量

a = 加速度

各シャトル 108、110、112 が質量 m_s を有すると共に中間シャトル 110 が a_i の大きさで加速および減速される場合、中間シャトル 110 に関する加速力 F_i を以下のように規定することができる。

【0038】

$$F_i = m_s \cdot a_i$$

外側シャフト 108、112 を併せると、これらは結合質量 $2m_s$ （「第 2 の質量」）を有している。外側シャトル 108、112 は中間シャトル 110 の速度の半分の速度で反対方向に移動するため、外側シャトル 108、112 の加速度は $a_i / 2$ である。したがって、外側シャトル 112 に関する加速力 F_o は以下のようなになる。

【0039】

$$F_o = 2m_s \cdot (-a_i / 2)$$

$$= -m_s \cdot a_i$$

したがって、旋盤 102 における全体の力 F_L は、常に、以下のようなになる。

【0040】

$$F_L = F_i + F_o = m_s \cdot a_i - m_s \cdot a_i = 0$$

もし第 2 の質量が中間シャトル 110 の質量（すなわち、この場合、「第 1 の質量」）の 2 倍でない場合は、その差異に応じて加速度を補償しなければならない。いずれにせよ、第 2 の質量の加速度は、位相および周波数において第 1 の質量の加速度と一致している必要があり、中間シャトルを中心とするモーメントを生じさせてはならない。すなわち、外

10

20

30

40

50

側シャトル108に関する力は、外側シャトル112に関する力と同じでなければならない。これは、通常、外側シャトル108、112間の中央に中間シャトル110を配置することによって達成されると期待される。しかしながら、例えば、外側シャトル108、112の質量および加速度をそれぞれ変化させることにより中間シャトル110が中央に配置されていないことを補償する、といった別の構成でも同様に機能する可能性がある。

【0041】

図5および図6は本発明の別の実施形態を示している。この実施形態においては、4つのシャトル150、152、154、156が設けられている。シャトル150、152、154、156は、一列に配置されており、中心軸162の両側に2つのシャトル対158、160を備えていると見なされても良い。この場合、シャトル150、152が第1の対158を構成し、シャトル154、156が第2の対160を構成する。 10

【0042】

シャトル150、152、154、156には各アクチュエータ164、166、168、170が設けられている。各アクチュエータ164、166、168、170は、平行な各シャトル軸すなわち「経路」Z1、Z2、Z3、Z4に沿ってシャトルを移動させる。図では「経路」Z1、Z2、Z3、Z4の全てが中心軸162およびレンズ回転軸θに対して平行に示されているが、そうである必要はない。第1の対158の各シャトル150、152は、互いに反対の方向に移動するように配置されている。同様に、第2の対160の各シャトル154、156も互いに反対の方向に移動するが、第2の対160の各シャトルは第1の対158と同期して移動するように配置されている。すなわち、シャトル150は、シャトル154、156の一方と共に（すなわち、同じ方向に）移動する。これと同時に、シャトル152は、シャトル154、156の他方と共に反対方向に移動する。 20

【0043】

4つのシャトルの実施形態において、一つの方向に移動するシャトルの全質量と反対方向に移動するシャトルの全質量は同様であり、したがって、各シャトル群の加速度も同様である。この4つのシャトルの実施形態の有利な点は、各シャトル150、152、154、156が移動するストローク長が同じになることである。

【0044】

3つのシャトルの実施形態においては、外側シャトル108、112に付随したレンズ切削工具114を使用すると、極端な場合、中間シャトル110で利用できるストロークよりも長い補償的なストロークが必要になる可能性がある。例えば、アクチュエータのストロークの上限が30mmであり、外側シャトルにおいて20mmのストロークが必要である場合、中間シャトル110は、相反して作用する力を十分に打ち消すために必要な40mmのストロークを行うことができない。しかしながら、これは、許容範囲が最も厳しいレンズ軸θに向ってストローク長が減少するため、許容できると考えられる。したがって、レンズ回転軸θに近づいて許容範囲が厳しくなればなるほど、良好な力分解能が得られるはずである。 30

【0045】

図8および図9は、図3および図4に関する前述した実施形態に若干類似する本発明の更に別の実施形態を示している。図8および図9の実施形態において、旋盤100は、外側シャトル300、304と、内側シャトル302とをそれぞれ有している。これらのシャトルは、ベース306に装着されており、図9に矢印308で示されるように、弓状の各経路に沿って往復移動可能である。シャトル300、302、304は、回転サーボモータであっても良い各アクチュエータ310、312、314によって移動される。 40

【0046】

図3および図4の実施形態と同様に、アクチュエータ310、314は、中間シャトル302の動きと反対の方向に且つ中間シャトル302の移動速度の半分の移動速度で外側シャトル300、304をそれぞれ移動させるように配置されている。各外側シャフト300、304の質量はそれぞれ、一般に、中間シャトル302の質量と略同じである。また 50

、各レンズ切削工具 114 も同じ質量を有している。したがって、中間シャトル 302 の移動によって与えられる力は、外側シャトル 300、304 の移動によって与えられる同様の力によって打ち消される。

【0047】

勿論、図 8 および図 9 に示される構成を、例えば、図 5 および図 6 に関して前述した 4 つのシャトルの実施形態に類似の方法で、4 つ以上のアクチュエータ／シャトルアセンブリに拡張してもよい。

【0048】

図 8 および図 9 に示されるシャトル構成は、ベースと平行な共通の回転軸に沿ってシャトルアクチュエータが配置されていることを特徴としているが、場合によっては、シャトルアクチュエータの各回転軸をベースに対して垂直に（あるいは、ベースに対して別の角度を成すように）配置してもよい。図 10、11、12、13 は、後者のタイプの 2 つの実施形態を示している。

【0049】

図 10 および図 11 の実施形態においては、4 つのシャトル 350、352、354、356 が設けられている。シャトル 350、352、354、356 は、サーボモータであっても良いアクチュエータ 360、362、364、366 をそれぞれ有している。図 5 および図 6 の実施形態と同様に、シャトル 350、352 が第 1 の対 370 を構成し、シャトル 354、356 が第 2 の対 380 を構成している。第 1 の対 370 のシャトル 350、352 は、ベース 390 に対して平行に且つ互いに反対の方向に移動するように配置されている。第 2 の対 380 のシャトル 354、356 も、ベース 390 に対して平行に且つ互いに反対の方向に移動する。ただし、第 2 の対 380 のシャトル 354、356 は、第 1 の対 370 と同期して移動するように配置される。

【0050】

図 12 および図 13 は、図 11 および図 12 に示される実施形態と同様の 4 つのシャトルを有する実施形態を示しているが、図 12 および図 13 の実施形態においては、シャトルの対のそれぞれに対して 1 つのアクチュエータが設けられている。図 12 および図 13 の実施形態においては、4 つのシャトル 400、402、404、406 が設けられている。シャトル 400、402 は、第 1 の対 410 を構成しており、回転サーボモータであっても良い 1 つのアクチュエータ 420 の径方向両側に配置されている。シャトル 404、406 は、アクチュエータ 440 の両側に配置された第 2 の対 430 を構成している。アクチュエータ 430、440 は、ベース 450 に装着されており、ベース 450 と平行な弓状の経路に沿ってシャトル 400、402、404、406 を回転させる。

【0051】

1 つのアクチュエータの径方向両側に一对のシャトルを配置した構造を装着することによって得られる効果は、力を打ち消すという観点では、互いに反対方向に移動する別個のアクチュエータに装着された一对のシャトルを有する場合と同じである。

【0052】

回転サーボモータを使用すると、アクチュエータ／シャトルアセンブリのバランスが悪い場合、回転方向および直線方向の合力が生成される。直線方向の合力は、不均衡質量の位相が 180 度ずれている場合に観察される。回転方向の合力は、不均衡質量が同位相の場合に見られる。アクチュエータが反対に回転する場合、位相角が絶えず変化して、直線方向および回転方向の合力を与える。

【0053】

共通の回転軸を有さない回転アクチュエータの使用により生じる合力の更に複雑な性質を考慮すると、合成不均衡を第 3 のアクチュエータを用いて取り除くことはかなり困難である。しかしながら、2 つのアクチュエータを回転的に釣り合わせるべく 4 つのアクチュエータまたは 4 つのシャトルを 2 対で装着すると、合力が実質的に自らを打ち消し合う構成が得られる。

【0054】

組み合わされたシャトル・レンズ切削工具の質量における差異や、シャトル位置における僅かな非対称性といったことによって生じる僅かな変化を補償するためには、力を監視して、補償入力をアクチュエータにもたらしことが望ましい場合がある。図5は、そのような補償が行なわれても良い一形態を概略的に示している。

【0055】

旋盤100には測定装置180が接続されている。測定装置180は、レンズ切削工具114の往復移動に関連して旋盤100に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、不均衡力の性質および大きさを示す出力信号を形成する。測定装置は、1つまたは複数のロードセルや加速度計などの任意の適当な装置であって良い。測定装置は、ベース102やアクチュエータ164、166、168、170といった旋盤100の任意の適当な部品に接続されていても良い。 10

【0056】

出力信号はプロセッサ182に送信される。プロセッサ182は、力の性質を判断するとともに、アクチュエータ164、166、168、170の移動を変化させることによって力を打ち消すことができるか否か、また、(可能な場合)アクチュエータ164、166、168、170の移動をどのように変化させることによって力を打ち消すことができるかを判断する。不均衡力の方向および位相といった要因がプロセッサ182によって考慮されても良い。プロセッサ182は、1つまたは複数の出力信号を形成してこれを1つまたは複数のコントローラ184に送信する。コントローラ184は、アクチュエータ164、166、168、170と通信を行なって、アクチュエータ164、166、168、170の動作を制御する。 20

【0057】

1つまたは複数のコントローラ184は、1つまたは複数の出力信号を受けるとともに、出力信号に応じてアクチュエータ164、166、168、170によってなされる往復移動を変化させ、合成不均衡力を軽減する。監視および補償を、少なくとも定期的に繰り返しても良い。

【0058】

バランスの度合い及びスピンドルの回転に関連した任意の調波周波数によっては、「エアパス」を行なうこと、すなわち、切削せずにスピンドルを静止させたままにすることが、より有効であると判る可能性がある。任意の所定の時間に切削するために選択された各シャトル／アクチュエータの組み合わせ毎に力関係が僅かに異なるので、上記「エアパス」を、切削するために選択された各シャトル／アクチュエータ毎に順に繰り返してもよい。初期設定を行い且つセットアップ時間を最小限に抑えるために、変化をプロセッサに記憶させてもよい。 30

【0059】

以上の説明は、限定的な意味ではなく、例示的なものとして述べられている。以下に示される請求の範囲によって定義される本発明の精神および範囲から逸脱することなく前述した実施形態を変形することは、当業者であれば明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のシングルポイントダイヤモンド回転旋盤のための典型的なレイアウトを示す端面図である。 40

【図2】図1に対応する正面図である。

【図3】3つのシャトルレンズを有する切削旋盤を示す正面図である。

【図4】図3に対応する端面図である。

【図5】本発明に係る4つのシャトルレンズを有する切削装置を示す正面図である。

【図6】図5に対応する端面図である。

【図7】典型的なアクチュエータ／シャトルアセンブリの長手方向断面図である。

【図8】本発明の変形例に係る旋盤構造の平面図である。

【図9】図8に対応する正面図である。

【図10】本発明の別の変形例に係る旋盤構造の平面図である。 50

【図 1 1】 図 1 0 に対応する正面図である。

【図 1 2】 本発明の更に別の変形例に係る旋盤構造の平面図である。

【図 1 3】 図 1 2 に対応する正面図である。

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
24 January 2002 (24.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/06005 A1(51) International Patent Classification: **B24B 13/06**,
41/00

(21) International Application Number: PCT/CA01/01012

(22) International Filing Date: 11 July 2001 (11.07.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 2,313,830 13 July 2000 (13.07.2000) CA

(71) Applicant (for all designated States except US): **Micro Optics Design Corporation** [CA/CA]; 40 Rooney Crescent, Moncton, New Brunswick E1E 4M3 (CA).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): **SAVOIE, Marc** [CA/CA]; 166 Maple Street, Moncton, New Brunswick E1C 6A4 (CA). **MEPHERSON, Edward** [CA/CA]; 208 Shannon Drive, Moncton, New Brunswick E1G 2G2 (CA).(74) Agents: **GRAHAM, Robert, J. et al.**; Gowling Lafleur Henderson LLP, Suite 4900, Commerce Court West, Toronto, Ontario M5L 1J3 (CA).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

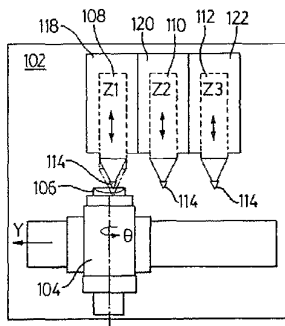
(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: LENS LATHE WITH VIBRATION CANCELLING ARRANGEMENT



(57) Abstract: A method and apparatus for substantially nullifying vibration and deflection in a single point lens turning lathe (100) having a rapidly reciprocating lens cutting tool (114) and shuttle assembly. The apparatus includes three or more tool shuttles (108, 110, 112) of similar mass mounted for reciprocating movement along respective generally parallel shuttle paths. The shuttles (108, 110, 112) are reciprocally moveable by respective actuators (118, 120, 122) along their respective shuttle paths. The shuttle and tool assemblies are moved by their respective actuators (118, 120, 122) in opposite directions at a rate which causes forces generated by shuttle and tool assemblies moving in one direction to cancel forces arising from the shuttle and tool assembly movement in the opposite direction. Should an odd number of shuttle and tool assemblies be used, the amount of force generated by the mass moving in one direction may be compensated by having a different rate of movement, and hence a different stroke length from the mass moving in the opposite direction.

WO 02/06005 A1

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

TITLE: LENS LATHE WITH VIBRATION CANCELLING ARRANGEMENT**INVENTOR:** MARC SAVOIE and EDWARD ARTHUR MCPHERSON**FIELD OF THE INVENTION**

This invention relates generally to apparatus and methods for cutting lenses and more particularly to turning lathes for cutting non-rotationally symmetrical lenses.

BACKGROUND OF THE INVENTION

5 An efficient way to produce rotationally asymmetrical surfaces is with a three-axis single point diamond turning lathe. Figure 1 is an end elevation showing a typical layout for such a lathe and Figure 2 is a front elevation corresponding to Figure 1. The lathe which is generally indicated by reference 10 includes a lens supporting assembly 20 and a shuttle 14. The shuttle 14 is axially movable
10 along a "Z axis" indicated by reference Z by an actuator 16. A lens cutting tool 18 (typically a diamond tool) is secured to the shuttle 14.

The lens supporting assembly 20 supports a lens 22 and rotates the lens 22 about a lens axis indicated by θ . The lens supporting assembly 20 is moveable
15 in a direction Y transverse to the lens axis θ . The lens supporting member typically includes a spindle 21 which rotates the lens 20. The spindle 21 is mounted to a transversely moveable linear table 23 which in turn is mounted to a base 25 of the lathe 10.

20 Lens cutting is effected by a turning operation. The lens 22 is rotated at a high speed about the lens axis θ . The lens cutting tool 18 is initially placed adjacent an edge 24 of the lens 22. The lens 22 is moved in the direction Y as the lens

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

2

cutting tool 18 is moved in the direction Z. Coordinated movement between the lens 22 and the lens cutting tool 18 determines the shape of the lens 22.

If the lens 22 is rotationally symmetrical, such as spherical or aspherical, the lathe 10 is operated similarly to a two axis turning lathe. The cut typically starts at the edge 24 and the lens cutting tool is moved both in the Y and Z directions (radially inwardly and toward the lens 22). In this instance, the Z position of the lens cutting tool 18 remains constant at any given radial ("Y") distance from the lens axis θ regardless of rotation about the lens axis θ .

10 The relative speed between the lens cutting tool 18 and the respective surface of the lens being cut diminishes to zero as the lens cutting tool 18 approaches the lens axis θ . Accordingly, a very high spindle speed in the lens supporting assembly 20 is desirable in order to maintain an acceptable and productive surfacing operation. Typical spindle speeds are on the order of 3,000 to 10,000
15 RPM.

When the desired lens is non-rotationally symmetrical, as for example in the case of toric or progressive lenses, the lens cutting tool 18 must move reciprocally along the Z axis at a frequency proportional to the rotational
20 frequency. Depending on the particular lens 22 being cut, the lens cutting tool 18 may need to be moved by as much as 20 mm at the edge of the lens. In a simple toric lens this would be a substantially sinusoidal motion with a frequency twice that of the rotational frequency.

25 A typical actuator 16 would consist of a linear servo motor (such as a voice coil motor) in conjunction with a high speed feedback device which is desirable as being able to produce high speed linear movement at great accuracy. Although

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

3

such a motor typically has only limited travel, a typical stroke being 30 mm, it may nevertheless be required to achieve velocities as high as 3 to 4 m/s. Such velocities and rapid directional changes can create peak accelerations of 50 to 100g or even higher. By way of example, if the shuttle 14 and lens cutting tool 18 have a total mass of 2kg, an actuator acceleration of 100g will develop reaction forces of 1961 N (approximately 440 lbs).

It will be appreciated that the above velocity and speed figures are somewhat high for currently available linear servo motors. Such technology is rapidly evolving and to some extent the current invention takes into account desired linear servo motor properties. In any case, the present invention produces a useful result with current linear servo motor technology capable of velocities and forces of about half those set out above.

The positioning of the lens cutting tool 18 along its toolpath needs to be servo controlled to a very high degree of accuracy, typically within 10 nm or less. Assuming that the actuator 16 is capable of such accuracy, the magnitude of the actuating forces could cause structural deflections in the lathe 10 which in themselves exceed the accuracy requirements.

It is an object of the present invention to provide a method and apparatus to cancel vibration caused by actuator forces in a lathe having a reciprocally moveable tool guidance assembly.

SUMMARY OF THE INVENTION

A tool guidance assembly is provided for a lathe. The tool guidance assembly has at least one first shuttle for mounting the tool and a first actuator for causing reciprocal movement of the first shuttle along a first shuttle path. The first shuttle

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

4

and tool comprise at least part of a first reciprocating mass. The tool guidance assembly has a second reciprocating mass and a second actuator for moving the second reciprocating mass in a direction opposite to the first reciprocating mass. The second reciprocating mass has a mass, a path of movement and a rate of movement selected to substantially cancel accelerative forces caused by the reciprocating movement of the first reciprocating mass.

The second reciprocating mass may include a pair of second shuttles, each of the pair of second shuttles being disposed on opposite sides of the first shuttle. The second actuator may include respective actuators for each of the second shuttles.

The first reciprocating mass may also include a plurality of first shuttles and the first actuator may include a respective actuator for each of the first shuttles.

In one aspect of the invention, a single point diamond turning lathe is provided which has a first shuttle for supporting a cutting tool, the first shuttle being reciprocally moveable along a first shuttle path. A first actuator is connected to the first shuttle for effecting the reciprocal movement of the first shuttle. The lathe has a second shuttle adjacent the first shuttle for supporting a second cutting tool. The second shuttle is reciprocally moveable along a second shuttle path generally parallel to the first shuttle path. The second shuttle has a mass similar to that of the first shuttle. A second actuator is connected to the second shuttle for effecting reciprocal movement of the second shuttle in a direction opposite to that of the first shuttle by an amount of about half that of the reciprocal movement of the first shuttle. The lathe has a third shuttle adjacent the first shuttle opposite the second shuttle for supporting a third cutting tool. The third shuttle is reciprocally moveable along a third shuttle path generally

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

5

parallel to and coplanar with the first and second shuttle paths, the third shuttle has a mass similar to that of the first shuttle. A third actuator is connected to the third shuttle for effecting reciprocal movement of the third shuttle in a direction opposite to that of the first shuttle by an amount of about half that of the reciprocal movement of the first shuttle. The second and third shuttle balance
5 accelerative forces of the first shuttle to substantially cancel vibration and corresponding structural deflections imparted to the lathe by the reciprocal movement of the first shuttle.

According to a further aspect of the present invention, a lens cutting lathe is
10 provided which includes a base having a lens support mounted to the base for supporting the lens and spinning the lens about a lens rotational axis. The lens support is transversely moveable relative to the lens rotational axis. A plurality of shuttles for mounting respective cutting tools are mounted to the base for movement along respective shuttle paths toward and away from the lens. The
15 plurality of shuttles are reciprocally moveable by respective actuators mounted to the base. The actuators are arranged to move some of the plurality of shuttles in a direction opposite to a remainder of the plurality of shuttles. The plurality of shuttles are of similar mass and disposed and moved in a manner to maintain a generally fixed center of mass whereby movement of the shuttles in
20 a given direction substantially cancels both linear and rocking forces imposed on said base by movement of the remainder of the shuttles in the opposite direction.

The plurality of shuttles may consist of two outer shuttles and an intermediate
25 shuttle therebetween. The outer shuttles are arranged to move together in a direction opposite to the intermediate shuttle, and the outer shuttles move at a rate of about one half that of the intermediate shuttle. Accordingly, the total

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

6

accelerative forces generated by the outer shuttles is generally the same as that generated by the intermediate shuttle.

According to another aspect of the present invention, the plurality of shuttles may consist of a row of four shuttles arranged in two pairs on either side of a central axis, the shuttles of each of the two pairs being arranged to move in opposite relative directions.

The actuator in the above embodiments may be a linear servo-motor.

Alternatively, the actuator may be a rotary servo-motor.

A method is also provided for nullifying accelerative forces induced in a lathe by movement of a cutting tool secured to a lathe shuttle mounted for reciprocal movement relative to a base of the lathe along a shuttle path. The method comprises the steps of:

- i) providing a balancing mass having a center of mass along the shuttle path; and,
- ii) reciprocally moving the balancing mass in a direction and at a rate which cancels linear forces arising from the movement of the tool without imparting a corresponding rocking force to the structure.

According to one aspect of the method, the balancing mass may consist of at least two further cutting tools secured to respective shuttles mounted to the base for reciprocal movement by respective actuators along respective generally parallel shuttle paths.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

7

A method is provided for turning a non-rotationally symmetrical lens on a lens turning lathe having a lens support and at least three cutting tools. The method comprises the steps of:

- i) mounting a lens blank to a lens support assembly;
- 5 ii) rotating the lens blank with the lens support assembly about a lens rotational axis;
- iii) pressing one of the at least three cutting tools against the lens blank;
- 10 iv) moving the lens blank with the lens support assembly in a direction transverse to the lens rotational axis;
- v) reciprocally moving the above one of the at least three lens cutting tools relative to the lens along a first tool path at a reciprocal frequency corresponding to the rotational frequency of the lens blank to produce the non-rotationally symmetrical surface;
- 15 vi) reciprocally moving remaining of the at least three lens cutting tools along respective tool paths generally parallel to and coplanar with the first tool path of the one lens cutting tool in (v) at a reciprocal frequency, in a direction and at a rate which counters and substantially nullifies linear forces
- 20 imposed on the lathe by the one tool in step v) without imparting a rocking movement on the lathe.

According to yet another aspect of the method for turning a non-rotationally symmetrical lens, the three lens cutting tools may consist of a first and a last lens cutting tool with an intermediate lens cutting tool disposed equidistantly therebetween and in line therewith. The first and last lens cutting tools are

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

8

moved in unison contra to the intermediate lens cutting tool at a rate of about half that of the intermediate lens cutting tool.

The lens may be turned in three stages with a different of the three lens cutting tools utilized in each stage.

5

In an alternative embodiment, first, second, third and fourth lens cutting tools may be provided and arranged in line. The first and second cutting tools are moved contra to each other at a similar rate, and the third and fourth cutting tools are also moved contra to each other at a similar rate. The action of the third and fourth tools is rotationally contra to the first and second tools thus simultaneously cancelling any rotational vibration (rocking action).

10

The method may be further improved by including the further steps of:

15

vii) measuring any resultant imbalance force on the lathe associated with reciprocal movement of the lens cutting tools and generating an output signal;

viii) sending the output signal to a processor;

20

ix) determining how the force may be nullified by varying operation of the actuators;

x) sending an output to a controller which controls the reciprocal movement of the actuators to cause the controller to vary the movement of the actuators in response to the determination in step (ix) to substantially eliminate the resultant imbalance forces; and,

25

xi) repeating steps vi) through x)

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

9

DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Preferred embodiments of the invention are described below with reference to the accompanying drawings in which:

- 5 **Figure 1** is an end elevation of illustrating a typical layout for a prior art single point diamond turning lathe;
- Figure 2** is a front elevation corresponding to Figure 1;
- Figure 3** is a front elevation illustrating a three shuttle lens cutting lathe;
- Figure 4** is an end elevation corresponding to Figure 3;
- 10 **Figure 5** is a front elevation illustrating a form shuttle lens cutting device according to the present invention;
- Figure 6** is an end elevation corresponding to Figure 5;
- Figure 7** is a longitudinal section through a typical actuator/shuttle assembly;
- 15 **Figure 8** is a top plan view of an alternate lathe configuration according to the present invention;
- Figure 9** is at front elevation corresponding to Figure 8;
- Figure 10** is a top plan view of another alternate lathe configuration according to the present invention;
- 20 **Figure 11** is a front elevation corresponding to Figure 10;
- Figure 12** is a top plan view of yet another alternate lathe configuration according to the present invention; and,
- Figure 13** is a front elevation corresponding to Figure 12.

25 **DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS**

According to the present invention, accelerative forces arising from reciprocating movement produced by a first mass, which may include one or more shuttles is

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

10

cancelled by providing a second mass and moving the second mass in a reciprocating movement contra to the reciprocating movement of the first mass. The location and rate of movement of the second mass is selected to create a "balancing" or "cancelling" force opposite to and similar in magnitude to the accelerative forces produced by the first mass. The force created by the second mass should coincide with that produced by the first mass to avoid any undesirable "rocking" motion as a result of the cancelling forces. Although the second mass may simply be present for balancing purposes, as described in more detail below, the second mass is preferably made up of two or more shuttle and lens cutting tool assemblies which may be used as part of the lens cutting operation. Similarly, the first mass preferably consists of one or more shuttle and lens cutting tool assemblies.

The term "reciprocating" is used herein to refer to a back and forth motion which may, depending on the embodiment of the present invention being described, be either linear or arcuate.

Figure 3 illustrates a lens cutting lathe 100 according to one preferred aspect of the present invention. The lens cutting lathe 100 includes a base 102 mounted to which is a lens support 104 which supports a lens 106 and is capable of spinning the lens 106 about a lens rotational axis θ . The lens support is transversely moveable relative to the lens rotational axis θ as indicated by reference Y.

Three shuttles are mounted to the base 102 according to the Figures 3 and 4 embodiment. These comprise two outer shuttles 108 and 112 and an intermediate shuttle 110 therebetween. Respective lens cutting tools 114 are mounted to the

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

11

three shuttles 108, 110 and 112. The lens cutting tools 114 may be diamond tools of the type currently used for lens cutting.

5 The shuttles 108, 110 and 112 are reciprocally moveable by respective actuators 118, 120, 122 along respective shuttle axes or "paths" as indicated by references Z1, Z2 and Z3. Although the shuttle axes or paths Z1, Z2 and Z3 are shown as generally parallel to the lens rotational axis θ , this is not a requirement and it may be preferable for the shuttle axes Z1, Z2 and Z3 to be inclined relative to the lens rotational axis θ . The shuttle axes Z1, Z2 and Z3 should be parallel to each other. The actuators 118 and 122 are arranged to move the outer shuttles 108 and 112 in a direction opposite to the intermediate shuttle 110 at a rate half that of the intermediate shuttle 110. The respective masses of each of the outer shuttles 108 and 112 would typically be generally the same as that of the intermediate shuttle 110. The lens cutting tools 114 would also be of similar mass.

15 Figure 7 illustrates a typical shuttle and actuator assembly 200. The shuttle and actuator assembly 200 includes a linear servo motor 202 which includes a magnet assembly 204 and a coil 206. The magnet assembly 204 is attached to a housing 208. The coil 206 is secured to a shuttle 210. Coil wires 212 provide electrical input to the coil 206 to cause relative movement between the coil 206 and the magnet assembly 204.

20 The shuttle 210 is mounted to the housing 208 for linear movement. Various mounting arrangements may be utilized. A currently preferred mounting arrangement is to use air bearing pads 212 between the housing 208 and the shuttle 210 to allow for smooth, accurate linear motion.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

12

A position encoder 220 is secured to the shuttle 210. The position encoder may be a diffraction scale readable by a read head 222 secured to the housing 208 to provide position information to a high speed feedback device 224 which senses the position of the shuttle 210 and provides input to the coil 206 to vary the position of the shuttle 210 in accordance with a pre-determined position stored in a database 226.

Force is determined by the following relationship:

$$F = m \cdot a$$

where F = force

m = mass

a = acceleration

Assuming each of the shuttles 108, 110 and 112 has a mass m_s , and the intermediate shuttle 110 is accelerated and decelerated by an amount a_i , the accelerative forces F_i associated with the intermediate shuttle 110 may be defined as:

$$F_i = m_s \cdot a_i$$

The outer shuttles 108 and 112 together have a combined mass of $2 m_s$ (the "second mass"). As the outer shuttles 108 and 112 are moved at a rate of half that of the inner shuttle 110, and in the opposite direction, the acceleration of the outer shuttles 108 and 112 is $a/2$. Accordingly, the accelerative force F_o associated with the outer shuttles 112 is:

$$F_o = 2m_s \cdot a \cdot (-a_i / 2)$$

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

13

$$- m_s \cdot a_i$$

The total force F_L on the lathe 102 at any time will therefore be:

$$F_L = F_i + F_o = m_s \cdot a_i - m_s \cdot a_i = 0$$

5

If the second mass were other than twice that of the intermediate shuttle 110 (or "first mass" in this case), the rate of acceleration would have to be compensated accordingly. In any case, the acceleration of the second mass should correspond in phase and frequency with that of the first mass and should not induce a resulting moment about the intermediate shuttle. In other words, the forces associated with the outer shuttle 108 should be the same as those associated with the outer shuttle 112. It is expected that this will usually be accomplished by centrally disposing the intermediate shuttle 110 between the outer shuttles 108 and 112. It will however be appreciated that other arrangements might work such as compensating for not having the intermediate shuttle 110 centrally disposed by varying the respective masses and accelerations of the outer shuttles 108 and 112.

Figures 5 and 6 illustrate another embodiment of the present invention according to which four shuttles 150, 152, 154 and 156 are provided. The shuttles 150, 152, 154 and 156 are arranged in a row and may be considered as comprising two pairs of shuttles 158 and 160 respectively on opposite sides of a central axis 162, with shuttles 150 and 152 comprising a first pair 158 and shuttles 154 and 156 comprising a second pair 160.

25

Respective actuators 164, 166, 168 and 170 are provided for the shuttles 150, 152, 154 and 156 to move the shuttles along respective parallel shuttle axes or

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

14

- "paths" Z1, Z2, Z3 and Z4, all of which while shown as also parallel to the central axis 162 and lens rotational axis θ need not be so. The respective shuttles 150 and 152 of the first pair 158 are arranged to move in opposite relative directions. Similarly, the respective shuttles 154 and 156 of the second pair 160 are arranged to move in opposite relative directions, but in phase with the first pair
- 5 158. In other words, the shuttle 150 would move together with (i.e. in the same direction as) one of the shuttles 154 and 156. Simultaneously, and in the opposite direction, the shuttle 152 would move together with the other of the shuttles 154 and 156.
- 10 In the four shuttle embodiment, the total mass of the shuttles moving in either direction is similar and accordingly the rate of acceleration would be similar. An advantage to the four shuttle embodiment is that the stroke length over which each of the shuttles 150, 152, 154 and 156 moves would be similar.
- 15 In the three shuttle embodiment, using the lens cutting tool 114 associated with the outer shuttles 108 and 112 may, in extreme cases, require a longer compensatory stroke than available from the intermediate shuttle 110. For example, if the actuator has a 30 mm stroke limit and a 20 mm stroke is required for the outer shuttles, the intermediate shuttle 110 wouldn't be able to deliver the
- 20 requisite 40 mm stroke for full cancellation of reciprocally acting forces. It is expected however that this can be tolerated as stroke length diminishes toward the lens axis θ where tolerances are most critical. Accordingly, good force resolution should be possible in the more critical zone nearer the lens rotational axis θ .
- 25 Figures 8 and 9 illustrate yet another embodiment of the present invention somewhat analogous to the embodiment described above with respect to

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

15

Figures 3 and 4. In the Figures 8 and 9 embodiment, a lathe 100 has respective outer shuttles 300 and 304 and an inner shuttle 302 mounted to a base 306 for reciprocal movement along respective arcuate paths, as exemplified by arrow 308 in Figure 9. The shuttles 300, 302 and 304 are moved by respective actuators 310, 312 and 314, which may be rotational servo-motors.

5

As with the Figures 3 and 4 embodiment, the actuators 310 and 314 are arranged to move the outer shuttles, 300 and 304 respectively, in a direction opposite that of the intermediate shuttle 302 and at a rate half that of the rate of movement of intermediate shuttle 302. The respective masses in each of the outer shuttles 300 and 304 would typically be about the same as that of the intermediate shuttle 302. Respective lens cutting tools 114 would also be of similar mass. Accordingly, forces imparted by movement of the intermediate shuttle 302 would be cancelled by similar forces imparted by movement of the outer shuttles 300 and 304.

10

15

The arrangement illustrated in Figures 8 and 9 could of course be expanded to more than three actuator/shuttle assemblies, for example, in a manner analogous to the four shuttle embodiment described above with reference to Figures 5 and 6.

20

Although the shuttle arrangement shown in Figures 8 and 9 features the shuttle actuators disposed along a common rotational axis parallel to a base, in certain cases the shuttle actuators may be disposed with respective rotational axes perpendicular (or possibly at some other angle) to the base. Figures 10, 11, 12 and 13 illustrate two embodiments of the latter type.

25

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

16

- In the Figures 10 and 11 embodiment, four shuttles, 350, 352, 354 and 356 are provided. The shuttles 350, 352, 354 and 356 have respective actuators 360, 362, 364 and 366 which may be servo motors. Analogous to the Figures 5 and 6 embodiment, the shuttles 350 and 352 comprise a first pair 370 and the shuttles 354 and 356 comprise a second pair 380. The shuttles 350 and 352 of the first pair 370 are arranged to move in opposite relative directions parallel to a base 390. The shuttles 354 and 356 of the second pair 380 are also arranged to move in opposite relative directions parallel to the base 390, but in-phase with the first pair 370.
- Figures 12 and 13 illustrate a four shuttle embodiment similar to that illustrated in Figures 11 and 12, but having one actuator for each pair of shuttles. According to the Figures 12 and 13 embodiment, four shuttles, 400, 402, 404 and 406 are provided. The shuttles 400 and 402 comprise a first pair 410 and are radially disposed on opposite sides of an actuator 420 which may be a rotary servo motor. The shuttles 404 and 406 comprise a second pair 430 disposed on opposite sides of an actuator 440. The actuators 430 and 440 are mounted to a base 450 and rotate the shuttles 400, 402, 404 and 406 in arcuate paths parallel to the base 450.
- The effect of mounting a pair of shuttles in a radially disposed configuration on opposite sides of a single actuator is much the same from a force cancellation perspective as having a pair of shuttles mounted to separate actuators moving in opposite relative directions.
- Use of a rotary servo-motor generates both a rotational and a linear resultant force when the actuator/shuttle assemblies are not balanced. A linear resultant will be observed if the imbalance masses are 180 degrees out of phase. A

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

17

rotational resultant will be observed if the imbalance masses are in phase. If the actuators are contra rotating the phase angle will constantly change giving both linear and rotational resultant forces.

5 In view of the more complex nature of the resultant forces arising in use of rotational actuators not having a common rotational axis, it would be quite complicated to eliminate resultant imbalance with a third actuator. Having four actuators or four shuttles mounted in two pairs to rotationally balance two actuators does however provide a substantially self-cancelling arrangement.

10 In order to compensate for minor variances resulting from such things as differences in combined shuttle and lens cutting tool mass or small amounts of asymmetricality in shuttle positioning, it may be desirable to monitor forces and make compensatory inputs to the actuators. Figure 5 schematically illustrates one manner in which such a compensation may be effected.

15

A measuring device 180 connected to the lathe 100 which measures any resultant imbalance force on the lathe 100 which is associated with the reciprocal movement of the lens cutting tools 114 and generates an output signal indicative of the nature and amount of imbalance force. The measuring device
20 may be any suitable device such as one or more load cells or accelerometers. The measuring device may be connected to any suitable part of the lathe 100 such as the base 102 or the actuators 164, 166, 168 and 170.

25 The output signal is sent to a processor 182 which determines the nature of the force and whether and how it can be nullified by varying movement of the actuators 164, 166, 168 and 170. Factors such as direction and phase of the imbalance force might be considered by the processor 182. The processor 182

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

18

generates and sends one or more output signals to one or more controllers 184 which communicates with and control the movement of the actuators 164, 166, 168 and 170.

5 The controller(s) 184 receive(s) the output signal(s) and vary the reciprocating movement caused by the actuators 164, 166, 168 and 170 in response to the output signal(s) to reduce the resultant imbalance force. The monitoring and compensation may be repeated at least periodically.

10 Depending on the degree of balance and any harmonic frequencies associated with the spindle rotation, it may prove more effective to do an "air pass" i.e. without cutting and while holding the spindle stationary. This could be repeated for each shuttle/actuator selected for cutting in turn as the dynamics may be slightly different for each shuttle/actuator combination selected for cutting at any given time. The variances might be stored by the processor to provide an initial
15 setting and minimize set-up time.

The above description is intended in an illustrative rather than a restrictive sense. Variations to the embodiments described may be apparent to persons skilled in such structures without departing from the spirit and scope of the
20 invention as defined by the claims set out below.

I CLAIM:

1. A tool guidance assembly for a lathe, said tool guidance having an assembly comprising:
at least one first shuttle for mounting said tool;
a first actuator for causing reciprocal movement of said first shuttle along a first shuttle path;
said first shuttle and tool comprising at least part of a first reciprocating mass;
a second reciprocating mass; and,
a second actuator for moving said second reciprocating mass in a direction opposite to said first reciprocating mass;
said second reciprocating mass having a mass, a path of movement and a rate of movement selected to substantially cancel accelerative forces caused by said reciprocating movement of said first reciprocating mass.
2. A tool guidance assembly as claimed in claim 1 wherein:
said second reciprocating mass includes a pair of second shuttles each of said pair of second shuttles being disposed on opposite sides of said first shuttle; and,
said second actuator includes respective actuator for each of said second shuttles.
3. A tool guidance assembly as claimed in claim 1 wherein:
said first reciprocating mass includes a plurality of said first shuttles and
said first actuator includes a respective actuator for each said first shuttles.

4. A single point diamond turning lathe comprising:
- a base;
 - a first shuttle connected to said base for supporting a cutting tool, said shuttle being reciprocally moveable along a first shuttle path;
 - a first actuator connected to said first shuttle for effecting reciprocal movement of said first shuttle;
 - a second shuttle adjacent said first shuttle for supporting a second cutting tool, said second shuttle being reciprocally moveable along a second shuttle path, generally parallel to said first shuttle path, said second shuttle having a mass similar to that of said first shuttle;
 - a second actuator connected to said second shuttle for effecting reciprocal movement of said second shuttle in a direction opposite to that of said first shuttle by an amount of about half that of said reciprocal movement of said first shuttle;
 - a third shuttle adjacent said first shuttle opposite said second shuttle, supporting a third cutting tool, said third shuttle being reciprocally moveable along a third shuttle path generally parallel to said first and second shuttle paths, said third shuttle having a mass similar to that of said first shuttle;
 - a third actuator connected to said third shuttle for effecting reciprocal movement of said third shuttle in a direction opposite to that of said first shuttle by an amount of about half that of said reciprocal movement of said first shuttle; and,
 - said second and third shuttles balancing accelerative forces of said first shuttle to substantially cancel vibration and resulting deflections imparted to the structure of said lathe by said reciprocal movement of said first shuttle.

5. A lens cutting lathe comprising:
- a base;
 - a lens support mounted to said base for supporting said lens and spinning said lens about a lens rotational axis, said lens support being transversely moveable relative to said lens rotational axis;
 - a plurality of shuttles for mounting respective cutting tools mounted to said base for path movement toward said lens along respective generally parallel shuttle paths;
 - said plurality of shuttles being reciprocally moveable by respective actuators mounted to said base, said actuators being arranged to move some of said plurality of shuttles in a direction opposite to a remainder of said plurality of shuttles; and,
 - said plurality of shuttles being of similar mass and disposed and moved in a manner to maintain a generally fixed center of mass whereby movement of said some of said shuttles in a given direction substantially cancels both linear and rocking forces imposed on said base by movement of said remainder of said shuttles in the opposite direction.
6. A lens cutting lathe as claimed in claim 5 wherein:
- said plurality of said shuttles consists of two outer shuttles and an intermediate shuttle therebetween;
 - said outer shuttles move together in opposite direction to said intermediate shuttle; and
 - said outer shuttles move together at a rate of about one half that of said intermediate shuttle whereby the magnitude of accelerative forces generated by said outer shuttles is generally the same as that generated by said intermediate shuttle.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

22

7. A lens cutting lathe as claimed in claim 6 wherein:
said plurality of shutters consists of a row of four of said shuttles arranged in two pairs on either side of a central axis, said shuttles of each of said two pairs being arranged to move in opposite relative directions in phase with a corresponding shuttle of said opposite pair.
8. A lens cutting lathe as claimed in claim 6 wherein:
said shuttle paths are linear; and,
each said actuator is a linear servo motor.
9. A lens cutting lathe as claimed in claim 6 wherein:
said shuttle paths are arcuate; and,
each said actuator is a rotational servo-motor.
10. A lens cutting lathe as claimed in claim 7 wherein:
said shuttle paths are linear; and
said actuator is a linear servo-motor.
11. A lens cutting lathe as claimed in claim 7 wherein:
said shuttle paths are arcuate; and,
each said actuator is a rotational servo-motor.
12. A method for nullifying accelerative forces induced in a lathe by movement of a cutting tool secured to a shuttle mounted for reciprocal movement relative to a base of said lathe along a shuttle path, said method comprising the steps of:

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

23

- (i) providing a balancing mass having a center of mass along said shuttle path; and
 - (ii) reciprocally moving said balancing mass in a direction and at a rate which cancels linear forces arising from said movement of said tool without imparting a corresponding rocking force to said structure.
13. A method as claimed in claim 12 wherein:
said balancing mass consists of at least two further cutting tools secured to respective shuttles mounted to said base for reciprocal movement by respective actuators along respective shuttle paths.
14. A method of turning a non-rotationally symmetrical lens on a lens turning lathe having a lens support and at least three lens cutting tools , said method comprising the steps of:
- (i) mounting a lens blank to a lens support assembly;
 - (ii) rotating said lens blank with said lens support assembly about a lens rotational axis;
 - (iii) pressing one of said at least three cutting tools against said lens blank;
 - (iv) moving said lens blank with said lens support assembly in a direction transverse to said lens rotational axis;
 - (v) reciprocally moving said one of said at least three lens cutting tools along a first tool path at a reciprocal frequency corresponding to the rotational frequency of said lens blank to produce said non-rotationally symmetrical surface; and,
 - (vi) reciprocally moving remaining of said at least three lens cutting tools along respective tool paths generally parallel to said first tool

path at said reciprocal frequency in a direction and at a rate which counters and substantially nullifies linear forces imposed on said lathe by said one tool in step (v) without imparting a rocking movement on said lathe.

15. A method according to claim 14 wherein:
said at least three lens cutting tools consists of a first and last lens cutting tools with intermediate lens cutting tools disposed equidistantly therebetween and in line therewith; and,
said first and last lens cutting tools are moved in unison contra to said intermediate lens cutting tool at a rate of about half that of said intermediate lens cutting tool.
16. A method according to claim 15 wherein:
said lens is turned in at least two stages with a different of said lens cutting tools utilized in each stage.
17. A method according to claim 14 wherein:
first, second, third and fourth lens cutting tools are provided and arranged in line;
said first and second cutting tools are moved contra to each other at a similar rate;
said third and fourth cutting tools are moved contra to each other at a similar rate; and
any rocking motion created by said first and second cutting tools is cancelled by an equal but opposite rocking motion created by said third and fourth cutting tools.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

25

18. A method according to claim 15 including the further steps of:

- (vii) measuring with a measuring device any resultant imbalance force on said lathe associated with said reciprocal movement of said lens cutting tools and generating an output signal indicative of the nature and the amount of said imbalance force.
- (viii) sending said output signal to a processor;
- (ix) determining with said processor how said force may be nullified by varying movement of said actuators and generating at least one output signal to at least one controller which communicates with and controls movement of said actuators;
- (x) receiving said output signal with said controller and varying said reciprocal movement cause by said actuators in response to said output signal to reduce said resultant imbalance force; and,

19. A method according to claim 18 including the further step of:

- (xi) repeating steps vii through x.

20. A method according to claim 16 including the further steps of:

- (vii) measuring with a measuring device any resultant imbalance force on said lathe associated with said reciprocal movement of said lens cutting tools and generating an output signal indicative of the nature and the amount of said imbalance force.
- (viii) sending said output signal to a processor;
- (ix) determining with said processor how said force may be nullified by varying movement of said actuators and generating at least one

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

26

output signal to at least one controller which communicates with and controls movement of said actuators;

- (x) receiving said output signal with said controller and varying said reciprocal movement cause by said actuators in response to said output signal to reduce said resultant imbalance force; and,

21. A method according to claim 17 including the further steps of:

- (vii) measuring with a measuring device any resultant imbalance force on said lathe associated with said reciprocal movement of said lens cutting tools and generating an output signal indicative of the nature and the amount of said imbalance force.
- (viii) sending said output signal to a processor;
- (ix) determining with said processor how said force may be nullified by varying movement of said actuators and generating at least one output signal to at least one controller which communicates with and controls movement of said actuators;
- (x) receiving said output signal with said controller and varying said reciprocal movement cause by said actuators in response to said output signal to reduce said resultant imbalance force; and,

22. A method according to claim 20 including the further steps of:

- (vii) measuring with a measuring device any resultant imbalance force on said lathe associated with said reciprocal movement of said lens cutting tools and generating an output signal indicative of the nature and the amount of said imbalance force.
- (viii) sending said output signal to a processor;

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

27

- (ix) determining with said processor how said force may be nullified by varying movement of said actuators and generating at least one output signal to at least one controller which communicates with and controls movement of said actuators;
 - (x) receiving said output signal with said controller and varying said reciprocal movement cause by said actuators in response to said output signal to reduce said resultant imbalance force; and,
 - (xi) repeating steps vii through x.
23. A method according to claim 21 including the further steps of:
- (vii) measuring with a measuring device any resultant imbalance force on said lathe associated with said reciprocal movement of said lens cutting tools and generating an output signal indicative of the nature and the amount of said imbalance force.
 - (viii) sending said output signal to a processor;
 - (ix) determining with said processor how said force may be nullified by varying movement of said actuators and generating at least one output signal to at least one controller which communicates with and controls movement of said actuators;
 - (x) receiving said output signal with said controller and varying said reciprocal movement cause by said actuators in response to said output signal to reduce said resultant imbalance force; and,
 - (xi) repeating steps vii through x.
24. A tool guidance assembly as claimed in claim 1 wherein:
said first reciprocating mass includes a pair of said first shuttles and a single actuator for said pair of first shuttles.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

28

25. A tool guidance assembly as claimed in claim 11 wherein:
said shuttle paths are generally parallel to said base.
26. A tool guidance assembly as claimed in claim 11 wherein:
said shuttle paths are generally perpendicular to said base.
27. A lens cutting lathe comprising:
a base;
a first shuttle connected to said base for supporting a cutting tool;
a first actuator connected to said first shuttle for effecting rotary reciprocal movement of said first shuttle;
a first balancing mass connected to said first actuator diametrically opposite said first shuttle for moving opposite to and counter balancing said first shuttle;
a second actuator connected to said base for effecting rotary reciprocal movement contra to said first actuator
diametrically opposed second and third balancing masses connected to said second actuator;
said second and third balancing masses and said reciprocal movement of second actuator being selected to substantially cancel vibration and resulting deflections imparted to the structure of said lathe by said reciprocal movement of said first shuttle.
28. A lens cutting lathe as claimed in claim 27 wherein at least one of said first, second and third balancing masses is a shuttle supporting cutting tool.

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

1/8

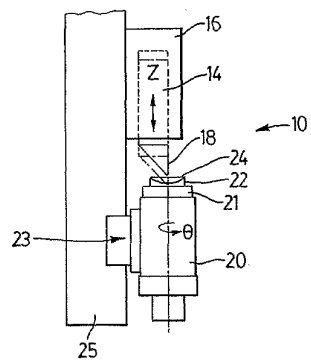


FIG. 1
(PRIOR ART)

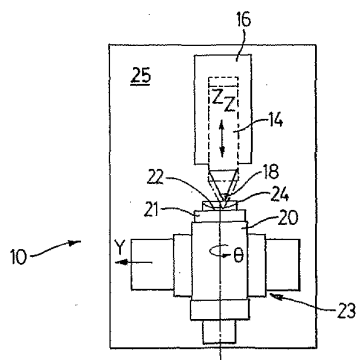


FIG. 2
(PRIOR ART)

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

Fig. 1 is a schematic diagram of a device 100. The device includes a base 104 that can rotate about a horizontal axis 106 by an angle θ . A vertical rod 102 passes through a sleeve 108. The sleeve 108 has a top flange 118 and a bottom flange 114. A dashed box with a double-headed arrow labeled Z indicates vertical movement.

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

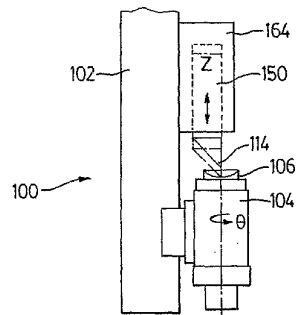


FIG. 6

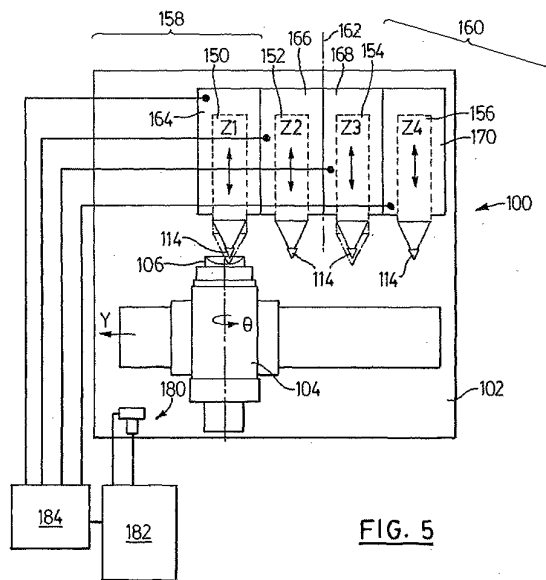
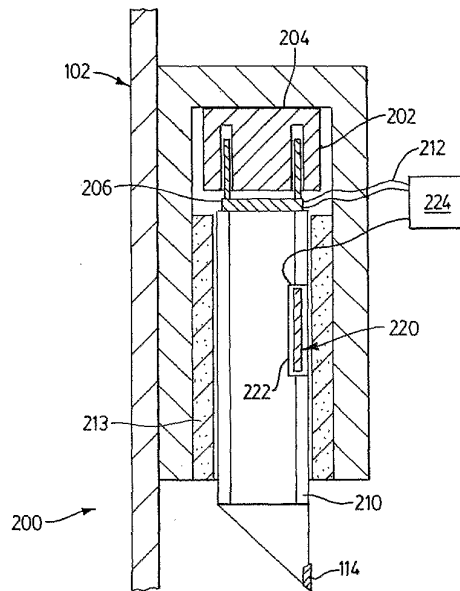


FIG. 5

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

4/8

**FIG. 7**

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

5/8

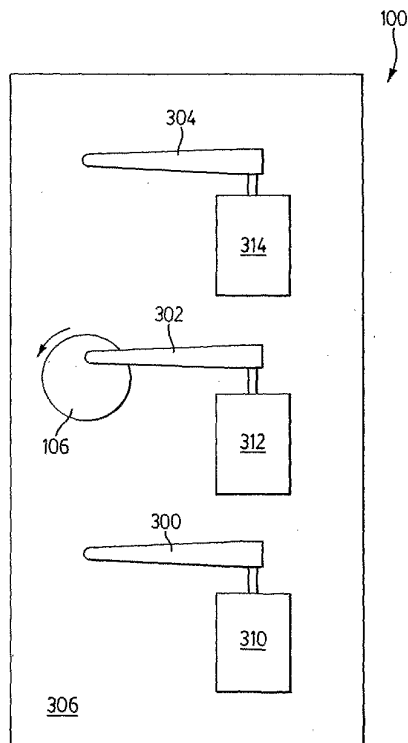


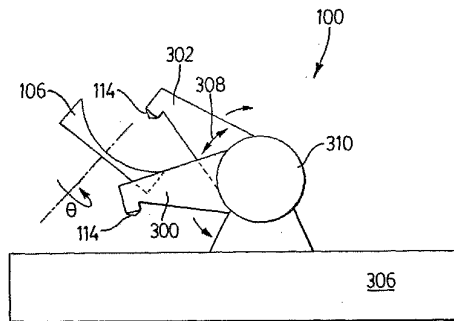
FIG. 8

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

6/8

FIG. 9

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

7/8

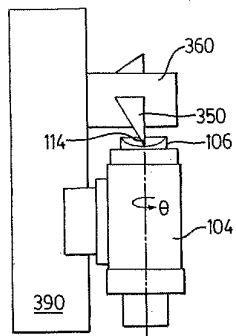


FIG. 11

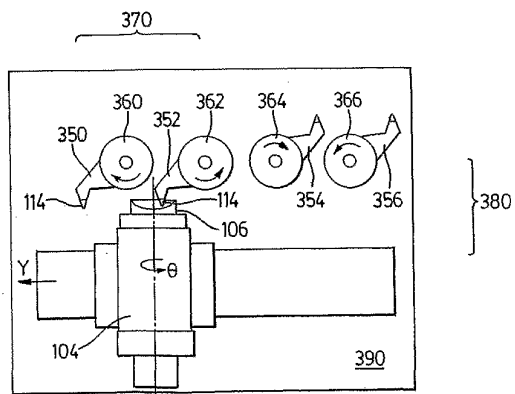


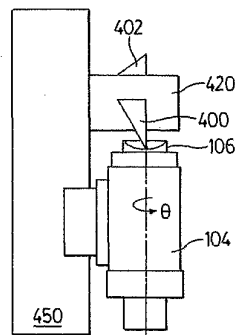
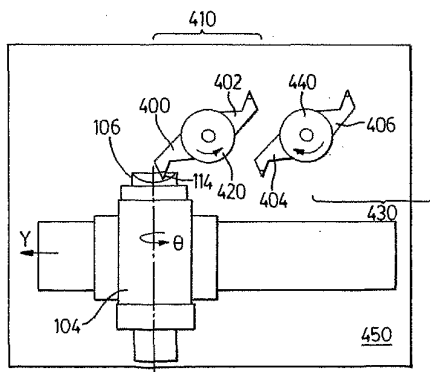
FIG. 10

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

WO 02/06005

PCT/CA01/01012

8/8

FIG. 13FIG. 12

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

【手続補正書】

【提出日】平成14年5月8日(2002.5.8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

ベースと、

前記ベースに装着され、前記レンズを支持して前記レンズをレンズ回転軸を中心に回転させるとともに、前記レンズ回転軸に対して横方向に移動可能なレンズ支持体と、それぞれが切削工具を装着して前記ベースに互いに隣り合って装着されると共に、互いに略平行な各シャトル経路に沿って前記レンズに向って移動する複数のシャトルと、

を備え、

前記複数のシャトルは、前記ベースに装着された各アクチュエータによって往復移動可能であり、前記アクチュエータは、前記複数のシャトルのうちの幾つかのシャトルを残りのシャトルの動きと反対方向に移動させるように配置され、

前記複数のシャトルは、同様の質量であり、ほぼ固定された質量中心を維持するように配置されると共に移動され、これにより、前記幾つかのシャトルの所定方向への移動が、前記残りのシャトルの反対方向への移動によって前記ベースに作用する直線的な力を実質的に打ち消すレンズ切削旋盤。

【請求項2】

前記複数のシャトルは、前記シャトルの前記反対方向の移動によって前記ベースに作用する揺動力も打ち消すように配置されて移動される請求項1に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項3】

前記複数のシャトルは、2つの外側シャトルと、これらの外側シャトル間に位置された1つの中間シャトルとから成り、

前記外側シャトルは、共に、前記中間シャトルの動きと反対の方向に移動し、

前記外側シャトルは、共に、前記中間シャトルの速度の約半分の速度で移動し、これにより、前記外側シャトルによって生成される加速力の大きさが、前記中間シャトルによって生成される加速力の大きさと略同じになる請求項2に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項4】

前記複数のシャトルは、1つの中心軸の両側で2つの対を成す一列の4つのシャトルから成り、前記各対のシャトルは、反対側の対の対応するシャトルと同期して互いに反対方向に移動するように配置されている請求項3に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項5】

前記シャトル経路が直線状であり、

前記各アクチュエータがリニアサーボモータである請求項3に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項6】

前記シャトル経路が弓状であり、

前記各アクチュエータが回転サーボモータである請求項3に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項7】

前記シャトル経路が直線状であり、

前記アクチュエータがリニアサーボモータである請求項4に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項8】

前記シャトル経路が弓状であり、

前記各アクチュエータが回転サーボモータである請求項4に記載のレンズ切削旋盤。

【請求項9】

レンズ支持体と少なくとも3つのレンズ切削工具とを有するレンズ回転旋盤上で非回転対

称レンズを回転させるための方法であって、

- (1) レンズ支持アセンブリにレンズブランク (b l a n k) を装着するステップと、
 - (2) 前記レンズブランクを前記レンズ支持アセンブリと共にレンズ回転軸を中心に回転させるステップと、
 - (3) 前記少なくとも3つの切削工具のうちの1つを前記レンズブランクに対して押圧するステップと、
 - (4) 前記レンズブランクを前記レンズ支持アセンブリと共に前記レンズ回転軸に対して横方向に移動させるステップと、
 - (5) 前記レンズブランクの回転数に対応する往復数で第1の工具経路に沿って少なくとも3つのレンズ切削工具のうちの前記1つを往復移動させて、前記非回転対称面を形成するステップと、
 - (6) 前記旋盤に揺れ動作を伝えることなく、ステップ(5)で前記1つの工具によって前記旋盤に作用する直線的な力に抗してこれを実質的に打ち消す速度および方向で、前記第1の工具経路と略平行な各工具経路に沿って、前記少なくとも3つのレンズ切削工具の残りを前記往復数で往復移動させるステップと、
- を備える方法。

【請求項10】

前記少なくとも3つのレンズ切削工具は、最初および最後のレンズ切削工具と、これらの切削工具間にこれらと列を成して等距離に配置される中間レンズ切削工具とから成り、前記最初および最後のレンズ切削工具は、前記中間レンズ切削工具の速度の約半分の速度で、前記中間レンズ切削工具と反対方向に同時に移動される請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記レンズが少なくとも2段階で回転され、各段階では、異なるレンズ切削工具が使用される請求項10に記載の方法。

【請求項12】

第1、第2、第3、第4のレンズ切削工具が設けられて一列に配置され、前記第1および第2の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動され、前記第3および第4の切削工具は、同様の速度で互いに反対方向に移動され、前記第1および第2の切削工具によって生じる任意の揺れ動作は、前記第3および第4の切削工具によって生じる反対方向の等しい揺れ動作によって打ち消される請求項9に記載の方法。

【請求項13】

- (7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、
 - (8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、
 - (9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、
 - (10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、
- を更に備えている請求項10に記載の方法。

【請求項14】

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップを更に有している請求項13に記載の方法。

【請求項15】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力

信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、

を更に備えている請求項11に記載の方法。

【請求項16】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、

を更に備えている請求項12に記載の方法。

【請求項17】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成不均衡力を軽減するステップと、

(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、

を更に備えている請求項15に記載の方法。

【請求項18】

(7) 測定装置を用いて、前記レンズ切削工具の前記往復移動に関連して前記旋盤に作用する任意の合成不均衡力を測定するとともに、前記不均衡力の大きさ及び性質を示す出力信号を形成するステップと、

(8) 前記出力信号をプロセッサに送信するステップと、

(9) 前記アクチュエータの移動を変化させることにより、また、前記アクチュエータと通信して前記アクチュエータの移動を制御する少なくとも1つのコントローラに対して少なくとも1つの出力信号を形成することにより、前記力をどのように打ち消すことができるかを、前記プロセッサを用いて決定するステップと、

(10) 前記コントローラで前記出力信号を受けるとともに、前記アクチュエータによって引き起こされる前記往復移動を前記出力信号に応じて変化させることにより、前記合成

不均衡力を軽減するステップと、
(11) ステップ(7)から(10)を繰り返すステップと、
を更に備えている請求項16に記載の方法。

【請求項19】

前記シャトル経路は、前記ベースに対して略平行である請求項11に記載の工具案内アセンブリ。

【手続補正書】

【提出日】平成14年8月23日(2002.8.23)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項1】

ベースと、

前記ベースに装着され、前記レンズを支持して前記レンズをレンズ回転軸を中心に回転させるとともに、前記レンズ回転軸に対して横方向に移動可能なレンズ支持体と、
それぞれが切削工具を装着して前記ベースに互いに隣り合って装着されると共に、互いに略平行な各シャトル経路に沿って前記レンズに向って移動し、あるいは前記レンズから離れるように移動する複数のシャトルと、
を備え、

前記複数のシャトルは、前記ベースに装着された各アクチュエータによって往復移動可能であり、前記アクチュエータは、前記複数のシャトルのうちの幾つかのシャトルを残りのシャトルの動きと反対方向に移動させるように配置され、

前記複数のシャトルは、同様の質量であり、ほぼ固定された質量中心を維持するように配置されると共に移動され、これにより、前記幾つかのシャトルの所定方向への移動が、前記残りのシャトルの反対方向への移動によって前記ベースに作用する直線的な力を実質的に打ち消すレンズ切削旋盤。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/CA 01/01012
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B24B13/06 B24B41/00		
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) IPC 7 B24B		
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) WPI Data, EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 13603 A (HOF ALBRECHT ; MEHLKOPP KLAUS (DE); ZEISS CARL (DE); FRAUNHOFER GES) 17 April 1997 (1997-04-17) page 4 -page 21, line 30	1, 4, 5, 12, 14, 27
X	EP 0 641 626 A (VOUMARD MACHINES CO SA) 8 March 1995 (1995-03-08) abstract; figures	1, 12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 091 (M-0938), 20 February 1990 (1990-02-20) -& JP 01 301038 A (NAGASE IRON WORKS CO LTD), 5 December 1989 (1989-12-05) abstract; figures -/-	1, 12
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in 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 (see specified) "O" document relating 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 "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 November 2001		Date of mailing of the international search report 07/12/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5018 Patentkan 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Garella, M

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1999)

page 1 of 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/CA 01/01012

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 416 (M-1304), 2 September 1992 (1992-09-02) - & JP 04 141359 A (TOPCON CORP), 14 May 1992 (1992-05-14) abstract; figures	1, 12
A	EP 0 849 038 A (SCHNEIDER GMBH & CO KG) 24 June 1998 (1998-06-24) abstract; figures	1, 12

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1999)

page 2 of 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/CA 01/01012

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9713603 A	17-04-1997	WO 9713603 A2 DE 19680863 D2 EP 0854769 A2 JP 2000515074 T	17-04-1997 11-03-1999 29-07-1998 14-11-2000
EP 0641626 A	08-03-1995	EP 0641626 A1 DE 69314335 D1 DE 69314335 T2 ES 2109464 T3 JP 2934810 B2 JP 7096433 A US 5630748 A	08-03-1995 06-11-1997 07-05-1998 16-01-1998 16-08-1999 11-04-1995 20-05-1997
JP 01301038 A	05-12-1989	JP 3017996 B2	13-03-2000
JP 04141359 A	14-05-1992	JP 2575941 B2	29-01-1997
EP 0849038 A	24-06-1998	DE 19653233 A1 DE 29623288 U1 EP 0849038 A2	02-07-1998 19-03-1998 24-06-1998

フロントページの続き

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

(72)発明者 サボワ、 マーク

カナダ国 イー１シー ６エー４ ニュー ブランズウィック モンクトン メープル ストリー
ト １ ６ ６

(72)発明者 マクファーソン、 エドワード

カナダ国 イー１ジー ２ジー２ ニュー ブランズウィック モンクトン シャノン ドライブ
２ ０ ８

Fターム(参考) 3C045 CA18