(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3662087号
(P3662087)
(45)発行日　平成17年6月22日(2005.6.22)　(24)登録日　平成17年4月1日(2005.4.1)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G05B 19/404	G05B	19/404	F
B23Q 15/013	B23Q	15/013	
B23Q 17/20	B23Q	17/20	B
G05B 19/4093	G05B	19/4093	F

請求項の数 1　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平9-41814
(22)出願日　平成9年2月26日(1997.2.26)
(65)公開番号　特開平10-240322
(43)公開日　平成10年9月11日(1998.9.11)
審査請求日　平成15年3月7日(2003.3.7)

(73)特許権者　000000376
オリンパス株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
(74)代理人　100069420
弁理士　奈良　武
(72)発明者　千明　俊司
東京都渋谷区幡ヶ谷２丁目４３番２号
オリンパス光学工業株式会社内

審査官　所村　美和

最終頁に続く

(54)【発明の名称】曲面切削加工方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
所定の曲率半径を有する切削刃を所定の工具半径で回転させ、ワーク曲面に対して相対的に移動させワーク曲面を切削加工する方法であって、加工されたワーク曲面の断面の形状データに基づいて前記切削刃の曲率半径の真円度誤差を求め、この真円度誤差がフィードバックされた工具移動軌跡のデータにより、ワーク曲面を切削加工することを特徴とする曲面切削加工方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、曲面の中でも特に軸非対称曲面を対象とした光学素子の光学機能面、および光学素子の成形用型の光学機能面の切削加工をする曲面切削加工方法に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来、軸非対称曲面の切削加工には、工具先端に所定の曲率半径を有するダイヤモンドの切刃を回転させ加工しており、高精度な形状精度を得るために工具先端曲率半径Ｒの真円度をサブミクロンに抑える、又は１回加工したワークの形状誤差から加工データを補正して行っていた。
【０００３】
従来例の１として、特開平８－１１２２３号公報に記載された光学素子及びその成形方法

がある。この中で、光学素子の成形用型部材の光学機能面の加工において、所定の曲率半径を有するダイヤモンドバイトの刃先を外周方向へ向け、バイトを回転して前記成形用型部材を彫り込むように加工するもので、前記刃先の曲率半径は略３ミリ以下でその真円度が略１ミクロン以下に設定され、前記刃先の回転半径を略３ミリ以下に設定して回転させることを特徴としている。

【０００４】

従来例の２として、特開平７－１３６９０３号公報に記載された自由曲面の加工方法がある。これは加工したワークの形状測定結果を基に、形状誤差の主要因である工具原点の設定誤差、工具半径の誤差、工具ノーズ半径の誤差と形状誤差との間で、加工面のすべての点で成立する式を用いて形状誤差の主要因を直接修正するために、一回の修正加工で高精度な形状精度が得られる。また、式の関係は加工面上のすべての点において成立することから、形状を測定する点は任意に選ぶことができることを特徴としている。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来例では、以下のような欠点があった。

従来例１の問題点として、曲率半径の真円度がワーク加工面に直接転写されるため、高精度な形状精度を得るために曲率半径はその真円度が略１ミクロン以下に設定されている。この場合使用するダイヤモンドバイトの曲率半径の真円度以下の精度の形状は得られなく、真円度１ミクロン以下のダイヤモンドバイトの製作は難しく高価である。

【０００６】

従来例２の問題点として、加工したワーク形状の測定結果に基づいて補正加工しているものの、その補正方法は図１９（ａ）に示すように工具軌跡指定の原点を変えて加工形状と設計形状を合わせ、工具半径及び工具ノーズ半径を見込んだ工具軌跡をあらたに設定するか、または数値制御装置の工具径補正機能を用いることにより行うもので、設計形状に対して加工形状が全面でベストフィットされるが、工具半径および工具ノーズ半径の誤差は全体としての誤差として求めているため、従来例１同様に工具の曲率半径の真円度の誤差までは補正できない。このため、特に工具ノーズ半径の曲率半径の誤差がある場合、ワーク形状の曲率の違いにより工具とワークとの当接点が異なると、図１９（ｂ）に示すように加工した形状にうねりが生ずる等、加工可能な精度に限界がある。

【０００７】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、使用する切削工具の切削刃曲率半径の真円度に影響されることなく、軸非対称曲面を高精度に切削加工する曲面切削加工方法を提供することを目的とする。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る請求項１の曲面切削加工方法は、所定の曲率半径を有する切削刃を所定の工具半径で回転させ、ワーク曲面に対して相対的に移動させワーク曲面を切削加工する方法であって、加工されたワーク曲面の断面の形状データに基づいて前記切削刃の曲率半径の真円度誤差を求め、この真円度誤差がフィードバックされた工具移動軌跡のデータにより、ワーク曲面を切削加工することとした。

【００１１】

請求項１の作用は、切削刃の曲率半径の真円度誤差をＮＣデータで補正することにより、切削刃の真円度の誤差に影響されることなく軸非対称曲面が高精度に加工できる。

【００１２】

さらに、加工されたワーク断面の形状誤差を基に切削刃の曲率半径の真円度誤差を補正することで、軸非対称曲面がより高精度に加工できる。

【００１４】

【発明の実施の形態】

［実施の形態１］

図１および図２は、本発明に基づく実施の形態１の方法で加工する軸非対称曲面レンズを

示し、図１は斜視図であり、図２（ａ）は正面図、図２（ｂ）は図２（ａ）のＡ－Ａ断面図（以下、Ｘ方向形状という）、図２（ｃ）は図２（ａ）のＢ－Ｂ断面図（以下、Ｙ方向形状）である。また、本実施の形態ではアクリル樹脂製のレンズをダイヤモンドの切削刃を持つ工具で切削加工するものである。

【００１５】

図３は、軸非対称曲面レンズ１を切削加工するための加工機と加工状態を示す図である。この加工機は、超精密ＮＣ加工機でありＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸の３軸方向にスライド可能なテーブル２，３，４を有し、３軸方向へ同時に移動制御しつつ運転可能となっている。Ｚ軸スライドテーブル４上には回転可能な主軸５を有し、この主軸５の先端に加工する軸非対称曲面レンズ１が保持されている。又、ダイヤモンド工具６は、Ｘ軸テーブル２上に設けたＹ軸テーブル３に取り付けたスピンドル７（以下、切削スピンドル７という）に保持されており、ダイヤモンド工具６の回転中心軸８ｂは精密に回転するスピンドル７の回転中心軸８ａと同軸に設定されている。

【００１６】

図４はダイヤモンド工具６を示す斜視図であり、図５はその正面図を示す。ダイヤモンド工具６は、所定の曲率半径Ｒ１を有するダイヤモンドの切削刃９が所定の工具半径Ｒ２で回転するよう構成されている。

【００１７】

次に、本実施の形態の曲面切削加工方法を説明する。

軸非対称曲面レンズ１は、前記ダイヤモンド工具６により以下のように切削加工される。図６は、軸非対称曲面レンズ１の光軸１０上でのダイヤモンド工具６の作用する状態を示す上面図、図７はその側面図である。軸非対称曲面レンズ１の光軸１０とダイヤモンド工具６の工具半径Ｒ２の回転中心８とが一致するＮＣ座標のＸ、光軸１０と切削刃９の曲率半径Ｒ１の中心１１とが一致するＮＣ座標のＹをそれぞれ０とし、軸非対称曲面レンズ１に接した位置を工具半径Ｒ２の数値（Ｚ座標）に書き替える。以上でＸ，Ｙ，Ｚの基準位置が設定される。

【００１８】

図８は加工時の切削刃９の軌跡および加工順序を示し、図９はＹ方向形状の加工開始時のダイヤモンド工具６ａ、加工終了時のダイヤモンド工具６ｂの切削刃９の曲率半径Ｒ１の当接点１２の変化を示す。

【００１９】

切削加工は切削スピンドル７によってダイヤモンド工具６が回転し、切削刃９が軸非対称曲面レンズ１と当接しつつ加工開始ラインＬ１０１に沿って、ダイヤモンド工具６をＸ軸方向、軸非対称曲面レンズ１をＺ軸方向に移動させることで行う。そして、加工ラインＬ１０１の切削加工が終了後、ダイヤモンド工具６をＹ軸方向に移動して切削刃９と軸非対称曲面レンズ１を当接し、加工ラインＬ１０２を加工ラインＬ１０１と同様に行い、順次に加工ラインＬ１０３、・・・の切削加工を行う。このとき、各加工ラインＬ１０１、Ｌ１０２、・・・における切削刃９と軸非対称曲面レンズ１とが当接する各点（当接点１２）は、その各点における法線が切削刃９の曲率中心を通る点となり、各加工ライン毎に切削刃９の当接点は、例えば図９の当接点１２ａ～１２ｂの範囲で変化する。この時、切削刃９が真円の場合には、各加工ラインにおける各当接点１２の位置は計算によって判明し、前記Ｘ，Ｙ，Ｚの基準位置を基準にして各当接点１２が設計形状の面上に位置するように切削刃９を移動させ、所望する形状の切削が可能になるが、切削刃９の真円度には誤差が伴うため、ダイヤモンド工具６の切削刃９の当接点１２が各加工ラインを通過するように、各加工ラインに対し切削刃９の当接点１２の変化と切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円度誤差を考慮に入れて、工具半径Ｒ２の回転中心８の軌跡の各加工点データを計算してＮＣプログラムを作成する。前記各加工点データの真円度誤差の補正は以下のように行われる。

【００２０】

図１０は設計データ（切削刃９の真円度誤差補正を行っていないデータ）により、軸非対

称曲面レンズ１の加工された面の光軸１０上（光軸１０を含むＹ軸方向の面）で切削刃９の曲率半径Ｒ１が作用する断面、すなわちＹ方向断面の形状データを示す。測定した実加工形状１３と設計形状１４の誤差（形状誤差）から切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円度誤差を求め、その誤差を補正量として前記加工に用いた設計データに加える。

【００２１】

加工時の設計データは設計形状１４に対し切削刃９の設定した曲率半径形状が真円として作られており、この切削刃９で加工した加工面には切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円に対する誤差がそのまま転写される。よって、加工した形状と設計形状との誤差（形状誤差）は切削刃９の真円に対する誤差となり、切削刃９の曲率半径の真円度誤差測定が可能になる。すなわち図１０にあって、形状誤差は設計形状１４のＸ，Ｙ，Ｚ座標で決まるポイント１５と、そのポイント１５から法線方向に延びる線１６と実加工形状１３の交わるポイント１７の誤差Δｈ（－）であり、その誤差を光軸１０上で実加工形状１３の全面に亘り求める。求めた形状誤差は求める切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円度誤差を表しており、その真円度誤差を図１１に示す。３０は切削刃９の設定曲率半径形状（切削刃９を真円とする形状）、３２は真円度誤差を有する切削刃９の実際の曲率半径形状である。

【００２２】

求めた切削刃９の真円度誤差を補正量として設計データに加える方法を説明する。図１０に示す設計形状１４のＸ，Ｙ，Ｚ座標で決まるポイント１５から法線方向に延びる線１６と軸非対称曲面レンズ１の光軸１０とのなす角θ２を求める。そして、図１１に示す通り、切削刃９の曲率半径中心１１を通る前記θ２の線２９と設定曲率半径形状３０の交わるポイント３１、および前記θ２の線２９と実際の曲率半径形状３２の交わるポイント３３との誤差Δｈが補正量となる。この補正量を前記Ｘ，Ｙ，Ｚ座標で決まるポイント１５の法線方向（線１６の方向）へΔｈ（＋）補正して、実際の加工ポイント１８を決定する。設計形状１４の設計データで加工を行うと、設計形状１４のポイント１５は切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円度誤差により、Δｈ浅く切削加工される。よって実際はΔｈ深くなるポイント１８を加工するように補正するため、前記補正量を設計データに加えることで、設計形状１４のポイント１５が設計値通り切削刃９により加工される。この補正を図１０，１１に基づいて光軸１０上のＹ方向断面の全面で行い、切削刃９の真円度誤差を補正量として設計データに加える。これにより、切削刃９の全周（切削刃９が作用する面）の補正が行われる。

【００２３】

次に、軸非対称曲面の光軸１０上以外の各Ｙ方向断面において、光軸１０上でのＹ方向断面の曲率より大きい曲率を持つ、すなわち切削刃９の曲率半径Ｒ１の作用範囲が光軸１０上のＹ方向断面より広くなるＹ方向断面をもった軸非対称曲面の補正を以下に説明する。

【００２４】

図１２は、光軸１０上のＹ方向断面での切削刃９の作用を示し、図１３は、Ｙ方向断面での最も曲率の大きいところでの切削刃９の作用を示す。図１４のθ３は光軸１０上、θ４は光軸１０上以外における最も曲率の大きいところでの切削刃９の作用範囲を示す。本実施の形態では、光軸１０上のＹ方向断面における実加工形状と設定形状との誤差により切削刃９の真円度誤差を補正しているため、θ３の範囲でのみ補正可能となる。このため、光軸１０上以外に曲率の大きい曲面が存在していたとしても、θ３の範囲以外で作用した加工面の測定データは設計データの補正にフィードバックされないことになる。そこで、図１５，１６に示すよう光軸１０上のＹ方向断面で切削刃９がθ４以上の範囲を作用するよう、最大の曲率と同じ曲率あるいはこれより大きい曲率の曲面を有するダミー２８を光軸１０上でワークへ取り付け、切削刃９により加工を行う。こうして加工範囲を拡げ、光軸１０上において切削刃９の作用範囲を拡げることで、前記軸非対称曲面全面に対しての補正が可能となる。なお、光軸１０上の作用範囲θ３が最も曲率の大きい場合であるとき、作用範囲θ３内のデータで全ての軸非対称曲面をカバーできるので、ダミー２８の必要はない。

【００２５】

なお、測定基準面（補正用データ）を光軸１０上としているのは、工具回転半径誤差の要因を除くためである。すなわち、加工データを作成する場合、切削刃９の曲率半径Ｒ１と工具回転半径Ｒ２からＸ，Ｙ，Ｚの座標ポイントが計算され、切削刃９の曲率半径Ｒ１はＹ座標、工具回転半径Ｒ２はＸ座標にそれぞれ影響する。しかし、光軸１０上ではＸ座標が０になることからＸ座標の影響を無視できるため、工具回転半径誤差に影響を受けないので、切削刃９の曲率半径Ｒ１のみ影響する断面である光軸１０上を測定基準面としている。

【００２６】

こうして作成されたＮＣプログラムにより、ＮＣ加工機のＸ軸、Ｚ軸の各方向の移動をＮＣ制御し、１つのライン、例えば加工ラインＬ１０１の加工を行う。この１ラインの加工が終了するとＹ軸をＮＣ制御し、次のラインＬ１０２へ移動して同様に加工を行う。このようにラインＬ１０１からラインＬ１０２、・・・とＹ軸方向に細分化した全てのラインの加工を終了することにより軸非対称曲面レンズ１を形成することができる。

【００２７】

本実施の形態によれば、切削刃９の曲率半径が作用する断面形状から、切削刃の曲率半径の真円度誤差補正をして加工することから、真円度の精度に影響されることなく高精度な光学面が得られる。又、曲面全面での全てのＹ方向断面へ作用する切削刃の真円度誤差に対する補正量は同じであることから、一断面の測定結果より曲面全面の補正データが得られるので、測定時間も短縮できる。

【００２８】

なお、本実施の形態では、加工順序においてＸ，Ｚ軸で制御される加工ラインをワーク曲面に対してＹ軸制御にて下から上に移動させ切削加工を行っているが、上から下に移動させ切削加工を行えることができる。更には、Ｙ，Ｚ軸で制御される加工ラインをワーク曲面に対してＸ軸制御にて横方向に移動させても加工できるものである。又、ワーク材質は、切削加工可能なものであればアクリル樹脂に限らず他の光学用樹脂、更には成形用型では、無電解ニッケルメッキ、無酸素銅、リン青銅、真鍮があり、ミラーにはアルミなどがある。

【００２９】

本実施の形態と同じ構成で、切削工具の切削刃にｃ－ＢＮを用いることで、ダイヤモンドと親和性の良い鉄系の材料においても、高精度で加工できる。

【００３０】

［実施の形態２］

本実施の形態は、図５に示す実施の形態１で用いたダイヤモンド工具６の切削刃９の曲率半径Ｒ１と真円度をあらかじめ測定しておき、そのデータに基づき切削刃９の誤差補正を行い加工するものである。

【００３１】

本実施の形態は、切削刃９の真円度誤差の補正方法のみ異なるものであり、本実施の形態の加工機構および加工方法は実施の形態１と同様であるので、その補正方法のみを以下に説明する。

【００３２】

図１７は軸非対称曲面レンズ１の光軸１０上での切削刃９の曲率半径Ｒ１が作用する断面、即ちＹ方向断面を示し、図１８はダイヤモンド工具６の切削刃９の曲率半径Ｒ１と真円度を示す。設計データ（切削刃の真円度誤差補正を行っていないデータ）を求め、あらかじめ測定しておいたダイヤモンド工具６の切削刃９の曲率半径Ｒ１と真円度誤差のデータを前記設計データに補正量として加える。前記補正量は、設計形状１９のＸ，Ｙ，Ｚ座標で決まるポイント２０から法線方向に延びる線２１と軸非対称曲面レンズ１の光軸１０とのなす角θ１を求め、真円度誤差データの切削刃９の曲率半径中心１１を通る前記θ１の線２２と設定曲率半径形状２３の交わるポイント２４と、前記θ１の線２２と実際の曲率半径形状２５の交わるポイント２６との誤差Δｈを求め、その誤差Δｈを補正量として前記Ｘ，Ｙ，Ｚ座標で決まるポイント２０の法線方向へΔｈ補正して、実際の加工ポイント

２７を決定する。設計形状１９のデータで加工を行うと切削刃９の曲率半径Ｒ１の真円度誤差により、設計形状１９よりΔｈ深く切削加工される。よって設計データに補正量Δｈを加え、図１７に示すように実際はΔｈ浅くなるポイント２７を加工するようにする。

【００３３】

このようにして補正されたＮＣプログラムにより、実施の形態１と同様に加工する。

【００３４】

本実施の形態によれば、切削刃の曲率半径の真円度誤差をあらかじめ測定し、それに基づき補正されたデータにより加工することから、真円度の精度に影響されることなく、更には１回の加工で高精度な光学面が得られる。

【００３５】

［実施の形態３］

本実施の形態は、実施の形態１の切削刃の曲率半径が作用する断面の形状データから補正する方法を用いて、切削刃の回転半径の作用する面を補正して加工するものである。

【００３６】

本実施の形態の加工機構成及び加工方法は実施の形態１と同様であり、設計データ（切削刃９の真円度誤差補正を行っていないデータ）の補正方法のみを以下に説明する。

【００３７】

設計データにより軸非対称曲面レンズ１を加工し、実施の形態１と同様に、光軸１０上での切削刃の曲率半径が作用する断面（Ｙ方向断面）の形状データから設計データに対する補正量を求める。

【００３８】

また、実施の形態１の図１０を光軸１０上での切削刃の回転半径の作用する面、即ちＸ方向断面とする。すなわち、この場合光軸１０上を光軸１０を含むＸ方向の面とする。そして、設計形状１４と実加工形状１３との形状誤差から実施の形態１と同様に各ポイントの補正量Δｈを求める。この場合、切削刃９の回転は回転中心８を回転軸とする真円であるので、切削刃９の真円度の補正ではなく、工具回転半径Ｒ２および加工機の動き（Ｘ軸方向およびＺ軸方向）の誤差補正となる。

【００３９】

前記Ｘ方向、Ｙ方向の断面から求めた補正量を、実施の形態１と同様に設計データ（切削刃９の真円度誤差補正を行っていないデータ）に加え加工ポイントを決定する。

【００４０】

本実施の形態によれば切削刃９の真円度補正のみならず、Ｘ、Ｙ両方向の加工機の動きの補正を行えることから、より高精度な光学面が得られる。

【００４１】

なお、前記発明の詳細な説明中には、以下の構成の発明が含まれている。

（１）所定の曲率半径を有する切削刃を所定の工具半径で回転させ、ワーク曲面に対して相対的に移動させワーク曲面を切削加工する方法であって、前記切削刃の曲率半径の真円度誤差をワークの光軸上における工具移動軌跡のデータにフィードバックしたデータにより、ワーク曲面を切削加工することを特徴とする曲面切削加工方法。

【００４２】

（２）前記フィードバックしたデータは、加工されたワーク曲面の切削刃の曲率半径が作用する面の断面の形状データを加工した形状と設計形状との誤差に基づき補正したことを特徴とする構成（１）の曲面切削方法。

【００４３】

（３）前記ワークの光軸はＹ軸方向であることを特徴とする構成（１）の曲面切削方法。

【００４４】

（４）前記ワークの光軸はＸ軸方向およびＹ軸方向の２軸であることを特徴とする構成（１）の曲面切削方法。

【００４５】

前記構成（１）、（２）、（３）によれば、Ｘ座標が０になり、工具回転半径の誤差の影

響を受けることなく、加工された光軸上のワーク断面の形状誤差を基に切削刃の曲率半径の真円度誤差をＮＣデータで補正することにより、切削刃の真円度の誤差に影響されることなく軸非対称曲面が高精度に加工できる。

【００４６】

また、前記構成（１）、（４）によれば、構成（１）～（３）の作用に加え、加工機の動きの誤差補正が可能になり、軸非対称曲面がより高精度に加工できる。

【００４７】

【発明の効果】

請求項１に係わる発明によれば、使用する工具の切削刃の真円度に影響されることなく軸非対称曲面などのあらゆる曲面が高精度に加工できる。更には、切削刃の真円度をサブミクロンに抑える必要がなく、工具の製作費用、日程も削減される。

【００４８】

さらに、加工されたワーク断面の形状から補正を行うので、切削刃の真円度はもとより加工機の動きの補正も行え、より高精度な面が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態１のワークを示す斜視図である。

【図２】本発明の実施の形態１のワークを示し、図２（ａ）は正面図、図２（ｂ）は図２（ａ）におけるＡ－Ａ断面図、図２（ｃ）は図２（ａ）におけるＢ－Ｂ断面図である。

【図３】本発明の実施の形態１に用いる加工機を示す側面図である。

【図４】本発明の実施の形態１の工具を示す斜視図である。

【図５】本発明の実施の形態１の工具を示す正面図である。

【図６】本発明の実施の形態１の加工状態を示す上面図である。

【図７】本発明の実施の形態１の加工状態を示す側面図である。

【図８】本発明の実施の形態１の加工時の切削刃の軌跡を示す斜視図である。

【図９】本発明の実施の形態１の加工状態を示す側面図（Ｙ方向断面図）である。

【図１０】本発明の実施の形態１のワークのＹ方向断面の設計形状と加工形状を示す図である。

【図１１】本発明の実施の形態１の切削刃の真円度を示す図である。

【図１２】本発明の実施の形態１の加工状態を示す側面図（Ｙ方向断面図）である。

【図１３】本発明の実施の形態１の加工状態を示す側面図（Ｙ方向断面図）である。

【図１４】本発明の実施の形態１の切削刃の作用範囲を示す図である。

【図１５】本発明の実施の形態１の加工状態を示す側面図（Ｙ方向断面図）である。

【図１６】本発明の実施の形態１のワークを示す斜視図である。

【図１７】本発明の実施の形態２のＹ方向断面の設計形状を示す図である。

【図１８】本発明の実施の形態２の切削刃の真円度を示す図である。

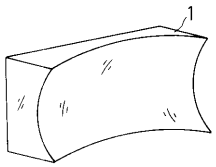
【図１９】従来例の問題点を説明する図である。

【符号の説明】

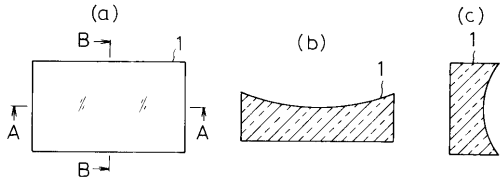
１　軸非対称曲面レンズ（ワーク）
２　Ｘ軸テーブル
３　Ｙ軸テーブル
４　Ｚ軸テーブル
５　主軸
６　ダイヤモンド工具
７　切削スピンドル
８　回転中心軸
９　切削刃
１０　光軸
１２　当接点
１３　実加工形状
１４，１９　設計形状

２３，３０　設定曲率半径形状
２５，３２　曲率半径形状
Ｒ１　曲率半径
Ｒ２　工具半径
Δｈ　誤差

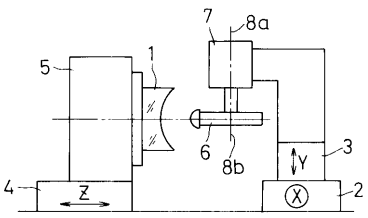
【図１】



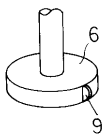
【図２】



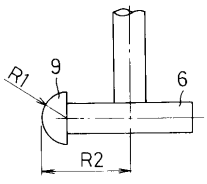
【図３】



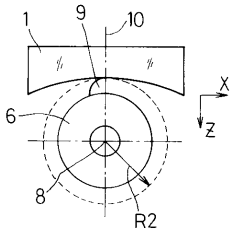
【図４】



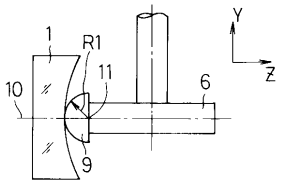
【図５】



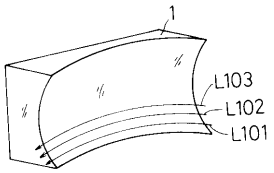
【図６】



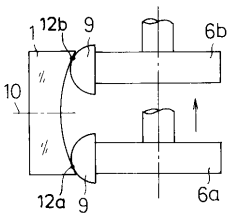
【図７】



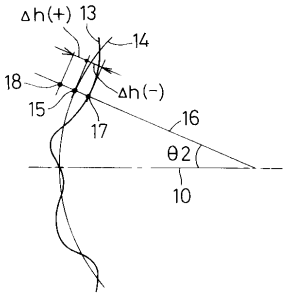
【図８】



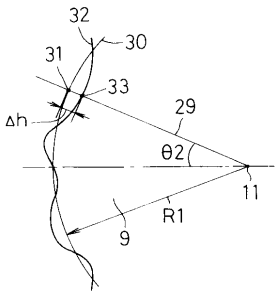
【図９】



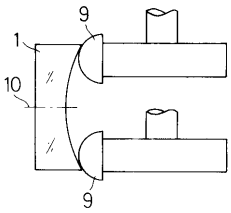
【図１０】



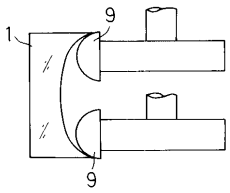
【図１１】



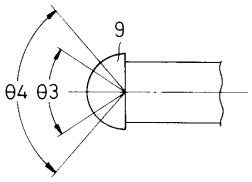
【図１２】



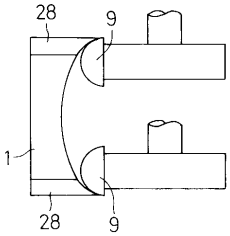
【図１３】



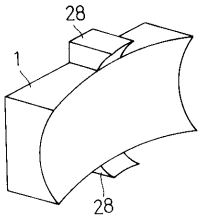
【図１４】



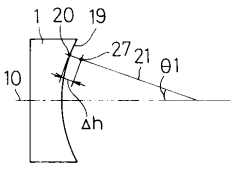
【図１５】



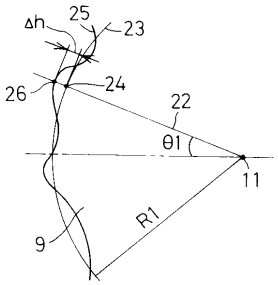
【図１６】



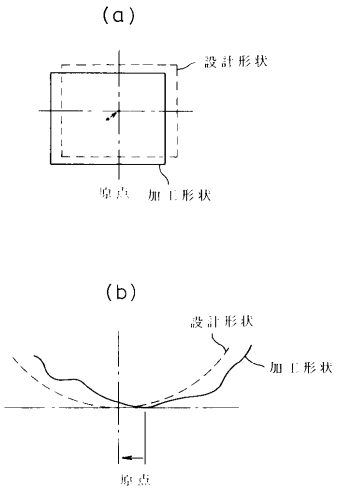
【図１７】



【図１８】



【図１９】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６３－２３３４０３（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１３６９０３（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３７８４２（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０１８７１１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G05B 19/404
G05B 19/4093
B23Q 15/013
B23Q 17/20