

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-103669

(P2005-103669A)

(43) 公開日 平成17年4月21日(2005.4.21)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 4 B 37/00

B 2 4 B 13/00

F I

B 2 4 B 37/00

B 2 4 B 13/00

D

Z

テーマコード (参考)

3 C 0 4 9

3 C 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2003-336796 (P2003-336796)

(22) 出願日 平成15年9月29日 (2003. 9. 29)

(71) 出願人 000005197

株式会社不二越

富山県富山市不二越本町一丁目1番1号

(74) 代理人 100077997

弁理士 河内 潤二

(72) 発明者 越後 敬介

富山県富山市不二越本町一丁目1番1号

株式会社不二越内

(72) 発明者 高尾 佳宏

富山県富山市不二越本町一丁目1番1号

株式会社不二越内

Fターム(参考) 3C049 AA02 AA07 AC04 CB01 CB03

3C058 AA02 AA07 AC04 CB01 CB03

DA11

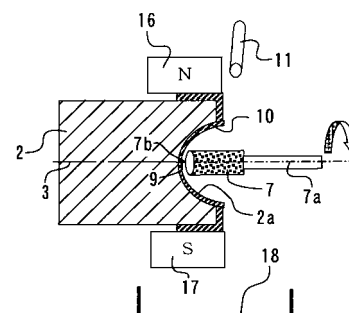
(54) 【発明の名称】 凹端面加工方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 研削加工と、研削砥石と遊離砥粒との連れ回り加工による研磨加工が可能で、遊離砥粒の補足が容易で精度も高く、散逸しにくい凹端面加工方法及び装置を提供。

【解決手段】 回転軸先端 3 a にワーク 2 を固定し、棒状の研削砥石 7 を Z 軸 4、X 軸 5、B 軸 1 4 a を制御して、ワーク端面を所定の凹面形状に研削加工し、研削砥石を逃げ方向に所定の間隔となるように再度移動させ、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 をワーク端面 2 a と研削砥石の隙間 9 に供給し遊離砥粒含有磁性流体の研磨液に研削砥石により高速加速力を付与して研削砥石の連れ回りによる研磨加工にあたって、凹端面の対角線方向に磁力 1 6、1 7 を配置し、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を凹端面に補足しながら研磨加工する

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸先端にワークを固定し、砥石軸回りに回転する棒状の研削砥石を前記回転軸と同方向の Z 軸方向、前記回転軸と直角方向の X 軸方向、前記 Z 及び X 軸と直角方向の回転軸 B 軸回りに移動させ、前記ワーク端面を所定の凹面形状に研削加工した後、前記研削砥石の前記所定の凹面形状の軌跡とは、逃げ方向に所定の間隔となるように再度移動させ、かつ、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を前記凹面形状に加工された前記ワーク端面と前記研削砥石の隙間に供給し前記遊離砥粒含有磁性流体の研磨液に前記研削砥石により高速加速力を付与して前記研削砥石の連れ回りによる研磨加工をし、前記ワーク端面に凹端面を形成する方法であって、前記凹端面の対角線方向に磁力を配置し、前記遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を前記凹端面に補足しながら研磨加工することを特徴とする凹端面加工方法。

【請求項 2】

先端にワークが固定される回転軸と、棒状の研削砥石と、棒状の研削砥石が回転自在に設けられる砥石軸と、前記砥石軸が載置され、相対的に前記回転軸と同方向の Z 軸方向、前記回転軸と直角方向の X 軸方向、前記 Z 及び X 軸と直角方向の回転軸 B 軸回りに移動可能にされた工具取付部と、研削加工された凹端面との間が所定の隙間になるように再度研削砥石の軌跡を制御できる手段と、前記凹端面と棒状砥石との間に遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を供給するノズルと、前記凹端面の対角線方向に磁力を発生する磁石又は電磁石と、を有することを特徴とする凹端面加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学部品用の超精密金型等の自由曲面等の凹端面を有するワークの端面を研削し、かつ研削に使用した砥石を用いて、研磨加工を行う凹端面加工方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

非球面、自由曲面加工機等の超精密加工機で金型を研削で加工するが、光学部品として使用するには、加工物の面粗さが不足しているという問題点があった。従来は、金型の面粗さを向上するため、超精密加工機で研削加工した金型を研磨（ポリッシュ）機に搭載して、研磨を行ない金型の面粗さの向上を図っている。しかし、現在、非球面、自由曲面金型は、金型の形状要求精度が高くなり、深い形状や複雑な曲率分布の形状が要求されるようになった。このため、研磨加工機は、研磨ヘッドの面圧を一定に制御したり、加工面に合わせて研磨（ポリッシュ）ヘッドの向きを制御したりする機能により金型の研磨を行なっている。しかし、金型の形状が複雑に、また、深い形状になったため、加工ワーク面の傾きを考慮して面圧を一定にすること、加工面に合わせて研磨（ポリッシュ）ヘッドの向きを制御することが困難になっている。

【0003】

一方、要求精度の高い金型は、研削加工を実施した後、研磨加工→形状測定→研磨加工を繰り返し行ない、金型の形状、面粗さの改善を行なっている。しかし、超精密研削加工機に研磨機能を付加するためには、砥石スピンドルとポリッシャヘッドを両方搭載、または、研削ヘッドとポリッシャヘッドを着脱する必要があるが生じる。この場合は、小径の研削加工機の場合は、工具を工具旋回軸（B 軸）の上に搭載する必要があるが、両方搭載すると、機械サイズ、ストロークが大きくなる等の問題点がある。また、研削ヘッドとポリッシャヘッドを着脱する場合には、研削ヘッドの着脱による形状誤差を小さく押えるためには、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の着脱再現性が必要となり困難であるという問題があった。

【0004】

そこで、特許文献 1 のものは、光ファイバーコネクタ端面の加工であるが、粗加工から仕上げ加工までをカップ砥石を用いた研削手段による研削加工により所定形状に加工し、さらに、カップ砥石と端面との間に微少隙間を設け、この微少隙間に遊離砥粒をカップ砥

10

20

30

40

50

石による連れ回り加工により研磨加工し、研削、研磨加工を連続一工程で加工処理している。この連れ回り加工は図5に示すように、加工液中20の遊離砥粒21が高速回転するカップ砥石22により加速され加工中のコネクタ23の端面23aに衝突し、カップ砥石が非接触状態で加工を行う。この非接触加工は、非常にワークに与えるダメージが少なく、適当な時間保持すれば、遊離砥粒21による非接触加工のみによって加工が行われ、面のきれいな端面加工が可能となる。また、特許文献2においては、棒状材の切断と端面研磨を円盤状の剛性体による遊離砥粒の連れ回り加工により行っている。また、特許文献3においては、タービンブレードのR部をタービンブレードより高硬度のセラミック円盤とR部との間に遊離砥粒を介在させている。但しこの場合は砥粒をタービンブレード側に押しつけているので、特許文献1, 2の連れ回り加工とは異なる。

10

【特許文献1】特開平9-248750号公報

【特許文献2】特公平6-047228号公報

【特許文献3】特開平6-312358号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1のものはカップ砥石面に対し所定角のワーク面を押しつけて研削加工し、さらに一定隙間にして、遊離砥粒を供給するだけであり、単純な形状に限られる。また、特許文献2のものは、砥石の平面形状を転写するに留まり、平面しか加工できない。また、特許文献3のものは砥粒を押しつけるので、特許文献1, 2のような良好な面は得られない。また、かかる遊離砥粒による連れ回り加工又は類似の加工は前述したレンズの金型のような、自由曲面加工への適用については示唆も開示もされていない。

20

【0006】

さらに、遊離砥粒は加工面と研削砥石との間に引き込む必要があるため、砥特許文献1のように、凸面形状や、また特許文献2のように平面形状のものでしか行えない。このため、かかる遊離砥粒による連れ回り加工又は類似の加工は前述したレンズの金型のような、凹面の加工には適用されていない。また、端面を上向きにして、遊離砥粒を凹面内に保持してもよいが、この場合は逆に砥粒の入れ替わりが安定せず、必ずしも均一な面を得られない。また、加工端面を上向きにすると、加工装置が大きく複雑になるという問題があった。さらに、遊離砥粒は研削砥石による加速により散逸し易く、加工部の周囲を汚すことになり、高精度の機械には好ましくない。

30

【0007】

本発明の課題は、前述した問題点に鑑みて、研削砥石による研削加工と、研削砥石と遊離砥粒との連れ回り加工による研磨を凹端面加工で行える凹端面加工方法及び装置を提供することである。さらに、遊離砥粒の補足が容易で精度も高く、また、遊離砥粒が散逸しにくい凹端面加工方法及び装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明においては、回転軸先端にワークを固定し、砥石軸回りに回転する棒状の研削砥石を前記回転軸と同方向のZ軸方向、前記回転軸と直角方向のX軸方向、前記Z及びX軸と直角方向の回転軸B軸回りに移動させ、前記ワーク端面を所定の凹面形状に研削加工した後、前記研削砥石の前記所定の凹面形状の軌跡とは、逃げ方向に所定の間隔となるように再度移動させ、かつ、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を前記凹面形状に加工された前記ワーク端面と前記研削砥石の隙間に供給し前記遊離砥粒含有磁性流体の研磨液に前記研削砥石により高速加速力を付与して前記研削砥石の連れ回りによる研磨加工をし、前記ワーク端面に凹端面を形成する方法であって、前記凹端面の対角線方向に磁力を配置し、前記遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を前記凹端面に補足しながら研磨加工する凹端面加工方法を提供することにより上記課題を解決した。

40

【0009】

即ち、非球面レンズ金型、自由曲面レンズ金型の研削加工と面粗さの向上させる方法と

50

して、超精密加工機に搭載した砥石軸スピンドルで研削加工を行ない金型の端面の形状を仕上げる。次に、加工した金型の形状計測を行い、金型の形状誤差を求める。そして、研削加工面に対して砥石とワーク間の隙間が所定に値になるようなNCプログラムを作成する（形状誤差に応じて、送り速度を設定すればよい）。研削加工後、ワークの外周部、または、砥石の外周部に磁石、電磁石を配置する。これにより、遊離砥粒含有磁性流体を用いた研磨液をワーク表面に滞在させる。この状態で、砥石軸スピンドルを回転させ、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を砥石外周に連れ回りさせ、加工ワークと砥石間に流れる研磨液（遊離砥粒）の流れによりワーク表面の磨き加工を行なうのである。なお、研磨液は全て磁力により補足されるのではなく、後から供給される研磨液や重力、砥石回転による加速力により流れ落ちていくので遊離砥石は適宜入れ替わる。また、ノズルからの供給量、磁力の強弱により凹端面での遊離砥粒含有磁性流体の研磨液の補足量を制御する。

10

【0010】

かかる方法を実施する装置としては、請求項2に記載の発明において、先端にワークが固定される回転軸と、棒状の研削砥石と、棒状の研削砥石が回転自在に設けられる砥石軸と、前記砥石軸が載置され、相対的に前記回転軸と同方向のZ軸方向、前記回転軸と直角方向のX軸方向、前記Z及びX軸と直角方向の回転軸B軸回りに移動可能にされた工具取付部と、研削加工された凹端面との間が所定の隙間になるように再度研削砥石の軌跡を制御できる手段と、前記凹端面と棒状砥石との間に遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を供給するノズルと、前記凹端面の対角線方向に磁力を発生する磁石又は電磁石と、を有する凹端面加工装置とすればよい。なお、棒状の研削砥石の加工先端部を円柱状とし、その角部で端面を加工するようにすれば、加工端面と角部との隙間を小さくして連れ回り加工ができ、その他の部分は隙間が充分大きくなるので遊離砥粒の影響が少なく、精度のよい研磨ができる。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、磁性流体の遊離砥粒を凹端面の対角線方向に設けた磁力により凹端面に保持するようにしたので、レンズ等の金型の自由曲面や非球面、球面等の凹端面加工において、研削砥石による研削加工と、研削砥石と遊離砥粒との連れ回り加工による研磨加工方法及び装置を提供するものとなった。連れ回り加工による研磨ができるので高精度の加工ができる。また、磁力により遊離砥粒の補足ができるので、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液が散逸しにくいものとなった。さらには、金型の形状要求精度が高く、深い形状や複雑な形状になった非球面、自由曲面形状の光学部品の金型に対しても、砥石、砥石軸スピンドルをそのまま用いて研磨加工を行なうことが可能となり、加工面の面粗さの改善を図ることができる。また、研磨加工に用いた砥石は、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液との作用により、ドレス効果がえられ、砥石の切れ味の回復を図る効果がえられるものとなった。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の実施の形態を示す凹端面加工装置の平面図、図2は同側面図、図3はワークと研削砥石との関係を示し、磁界を上下方向に配置した場合の拡大断面平面図、図4は磁界を横（加工）方向に配置した場合の側面図である。図1、2において、本凹端面加工装置1は、基台6上にZ軸4方向に移動可能なワークテーブル12とZ軸と直角（X軸5）方向に移動可能な工具テーブル13が載置され、ワークテーブル12上にZ軸と同方向の回転軸3が設けられている。回転軸3の端部3aにワーク2が取付けられるようにされ、ワークは回転軸回りに回転可能にされている。工具テーブル13の上にはテーブル面13aに垂直に旋回軸であるB軸14b回りに旋回可能にされた旋回ステージ14、さらに、旋回ステージ上14aに工具取付部15が設けられ、工具取付部には砥石軸7a回りに軸回転可能に棒状の研削砥石7が取付けられている。研削砥石7は円柱状に形成され、円柱状外面の角部7bをワーク端面2aに対して移動させてワーク端面を加工する加工先端部としている。研削砥石7の軸

40

50

心 7 a は基台面 6 a に対して平行にされ、回転軸 3 に対して傾けて取り付けられ、また高さは回転軸 3 と同じにされている。回転軸 3 やワークテーブル 1 2 , 工具テーブル 1 3 、旋回ステージ 1 4 、砥石軸 7 a 等の送りには流体軸受や、高精度転がり軸受が使用されており、さらに X 軸 5 、 Z 軸 4 、旋回軸 1 4 b はサーボモータを使用した N C 制御により高精度に制御され、超精密非球面加工が可能にされている。なお、回転軸 3 、砥石軸 7 a も N C 制御することが好ましい。また、上下方向に N C 制御できるようにしてもよいが、少なくとも X 、 Z 、 B 軸が制御されることが必要である。なお、図 1 に点線で示す符号 8 は計測用のプローブ接触式計測器であり、加工工程中に必要な応じて都度取付けられワーク端面形状を測定する。

【 0 0 1 3 】

10

特に、本発明においては、研磨工程時には、図 3 に示すように、ワーク 3 の凹端面 2 a と研削砥石 7 の角部 7 b との隙間 9 に遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 が供給可能にノズル 1 1 が設けられる。さらに、凹端面の上下に対角線方向になるようにそれぞれ電磁石 1 6 , 1 7 が設けられ、上側を N 極、下側を S 極とし、磁界が形成される。研磨液は電磁石は図 4 に示すように横方向に配置してもよい。この電磁石の磁界により、遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 が補足される。ワーク端面の下方には受皿 1 8 が設けられ下方に落下する遊離砥粒含有磁性流体の研磨液を受け、図示しない研磨液タンクへ戻すようにされている。ワーク端面 2 a の研削加工は、回転軸 3 、 Z 軸 4 、 X 軸 5 、 B 軸 1 4 b 、砥石軸 7 a を相対移動させ凹端面研削を行うようにされている。また、研磨加工時には、研削加工された凹端面 2 a と角部 7 b との間（凹端面の逃げ方向）が所定の隙間 9 、例えば数 nm（ナノメートル）～数 μ m（ミクロンメートル）の隙間を保ちながら再度研削砥石の角部 7 b の軌跡を制御できるようにされている。

20

【 0 0 1 4 】

かかる凹端面加工装置において、まず、回転軸 3 の端面 3 a に加工ワーク 2 を取付け、棒状砥石 7 を用いて、角部 7 b により、ワーク端面の凹面の研削加工を行なう。研削加工ワーク 2 は、機械上に搭載された形状測定装置 8 を用いて形状測定を行なう。研削加工で仕上げた軌跡に対して、棒状砥石 7 の角部 7 b とワーク 2 の凹端面 2 a の隙間 9 が所定の値になるように、研磨加工用の N C 制御させる。一方、ワークの外周に電磁石 1 6 , 1 7 を設置し、ノズル 1 1 から温度調整された遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 を供給する。電磁石 1 6 , 1 7 に通電した状態で遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 を供給すると、ワークの表面に十分な量の遊離砥粒含有磁性流体の研磨液が滞在する。砥石軸 7 a スピンドルを回転させ、砥石 7 の角部 7 b とワーク 2 の凹端面 2 a との間が所定の隙間になるように、N C プログラムにて軸移動を行なう。これにより、棒状砥石の回転につれ回りして遊離砥粒含有磁性流体の研磨液 1 0 に回転が生じ、遊離砥粒がワーク凹端面 2 a に当る箇所で、研磨の効果が得られ、加工面 2 a の面粗さが改善する。なお、棒状砥石 7 の回転速度、遊離砥粒の大きさ等は、前述した研削砥石と遊離砥粒による連れ回り研磨が可能な速度（例えば、数千～数万回転）、大きさ（0.1～0.5 μ m）、砥粒材質（超微粒子シリカ）等適宜選択するのはいうまでもない。また、実施の形態では先端に円柱状外面の角部を有する棒状の砥石について説明したが、棒状砥石は円筒状、円柱状、外形が異なる円筒又は円柱状の砥石が軸方向に接続された段付状等の種々の形状が可能である。さらに、成形砥石やその他の種々の砥石による加工方法や装置に適用できることはいうまでもない。

30

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態を示す凹端面加工装置の平面図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態を示す凹端面加工装置の側面図である。

【 図 3 】 本発明の実施の形態を示すワークと研削砥石との関係を示し、磁界を上下方向に配置した場合の拡大断面平面図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態を示すワークと研削砥石との関係を示し、磁界を磁界を横（加工）方向に配置した場合の拡大断面側面図である。

50

【図 5】研削砥石と遊離砥粒による連れ回り加工による研磨の説明図である。

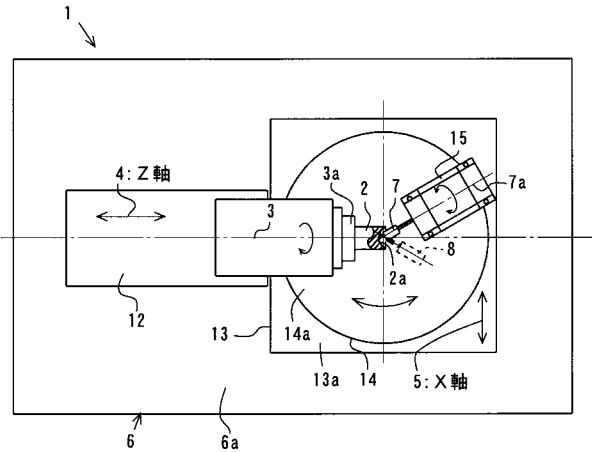
【符号の説明】

【 0 0 1 6 】

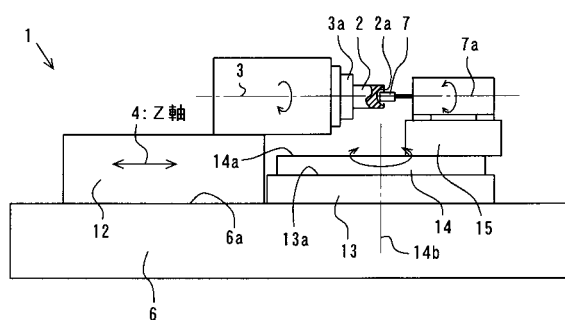
- 1 凹端面加工装置
- 2 ワーク 2 a ワーク端面（凹端面）
- 3 回転軸 3 a 回転軸先端
- 4 Z 軸
- 5 X 軸
- 7 棒状の研削砥石 7 a 砥石軸
- 9 隙間
- 10 遊離砥粒含有磁性流体の研磨液
- 11 ノズル
- 14 b B 軸
- 15 工具取付部
- 16、17 磁石又は電磁石

10

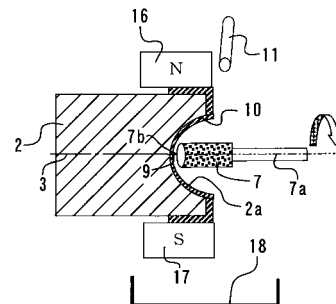
【図 1】



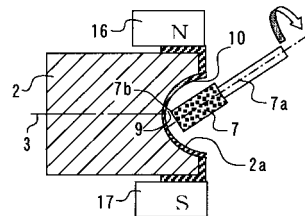
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

