

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7040824号

(P7040824)

(45)発行日 令和4年3月23日(2022.3.23)

(24)登録日 令和4年3月14日(2022.3.14)

(51)国際特許分類

F I

B 2 4 B 3/36 (2006.01)

B 2 4 B 3/36

E

B 2 4 B 53/00 (2006.01)

B 2 4 B 53/00

D

B 2 4 B 49/12 (2006.01)

B 2 4 B 49/12

B 2 3 P 15/28 (2006.01)

B 2 3 P 15/28

Z

B 2 3 K 26/36 (2014.01)

B 2 3 K 26/36

請求項の数 6 (全16頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-572368(P2020-572368)

(86)(22)出願日 令和1年5月22日(2019.5.22)

(65)公表番号 特表2021-516631(P2021-516631 A)

(43)公表日 令和3年7月8日(2021.7.8)

(86)国際出願番号 PCT/KR2019/006105

(87)国際公開番号 WO2020/111411

(87)国際公開日 令和2年6月4日(2020.6.4)

審査請求日 令和2年9月14日(2020.9.14)

(31)優先権主張番号 10-2018-0148258

(32)優先日 平成30年11月27日(2018.11.27)

(33)優先権主張国・地域又は機関
韓国(KR)

(73)特許権者 520355943

トゥエンティファーストティーエイチ

センチュリー カンパニー リミテッド

21TH CENTURY CO., L

TD

大韓民国、18487 キョンギ - ド フ

ァソン - シ トンタンサンダン 2 - ギル

、17 (パンギョ - ドン)

(Banggyo - dong) 17, D

ongtansandan 2 - gil

Hwaseong - si Gyeong

gi - do 18487, Republ

ic of Korea

(74)代理人 100130111

弁理士 新保 斉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

研削砥石を利用して、ブレードエッジ部を1次研削するが、前記研削砥石によって前記ブレードエッジ部を1次研削する段階と、

前記研削されたブレードエッジ部の長手方向に沿ってフェムト秒レーザーを照射して前記ブレードエッジ部の少なくとも一部を2次蝕刻する段階と、を含み、

前記2次蝕刻する段階は、前記フェムト秒レーザーを発振する段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の大きさを増加させる段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布を変形する段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部を、前記ブレードエッジ部の端部に整列する段階と、可動式対物レンズを介して前記ブレードエッジ部に照射する段階と、前記ブレードが載置されたステージを、前記ブレードの長手方向に移動させ、フェムト秒レーザーを照射する段階と、を含み、

前記ブレードエッジ部は、第1の傾斜面と第2の傾斜面を有し、前記第2の傾斜面は、前記1次研削する段階を通じて形成され、前記第1の傾斜面は、前記2次蝕刻する段階を通じて形成され、前記第1の傾斜面は、前記第2の傾斜面よりも緩やかな傾斜をなすように形成されていることを特徴とするフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

【請求項2】

前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布を変形する段階は、結像スリットを使用してガウス分布を有するフェムト秒レーザービームを長方形エネルギー分布を持つフェムト秒レ

ーザービームに変形する段階を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

【請求項 3】

前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布は、正方形であることを特徴とする請求項 2 に記載のフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

【請求項 4】

前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の正方形の一辺は 50 μm 以下であることを特徴とする請求項 3 に記載のフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

【請求項 5】

前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部を、前記ブレードエッジ部の端部に整列する段階は、CCDカメラが前記ブレードと前記フェムト秒レーザーが整列されていることを撮影する段階と、撮影された画像をオートエンコーダに入力して、特徴ベクトルを抽出する段階と、前記特徴ベクトルに基づいてブレードの位置を制御する制御量を導き出す段階と、前記導き出された段階に基づいてブレードが載置されたステージを制御し、前記ブレードエッジ部と前記フェムト秒レーザーを整列する段階とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

10

【請求項 6】

前記オートエンコーダは、前記 CCDカメラから前記ブレードと前記フェムト秒レーザーが整列されることを撮影して入力として入力を受け、

前記撮影された画像をオートエンコーダに入力して、特徴ベクトルを抽出する段階は、前記オートエンコーダが前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部が前記ブレードエッジ部の端部に正常に整列された画像を出力するように学習する段階とを含むことを特徴とする請求項 5 に記載のフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法に関するものであって、より詳細には、フェムト秒レーザー (Femtosecond Laser) により蝕刻され、ブレードの精度と寿命が向上されたレーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ブレードを用いたカッティング工程は、モバイル電気電子機器、電池、及びディスプレイ産業などの各種精密電子産業分野で用いられる様々な部品の製造に一般的に用いられる。

【0003】

特に、MLCC (Multi - Layer Ceramic Capacitor) をはじめ、電子部品産業の発達に伴い超微細精密加工システムの需要が急増する傾向にある。したがって、部品の小型化及び精密化による超精密加工技術として、一般的な研削技術と ELID (Electrolytic In - Process Dressing) 研削法が多く利用されている。

40

【0004】

大韓民国登録特許公報第 1 の 0 - 9 1 7 1 4 0 号、大韓民国登録特許公報第 1 の 0 - 7 6 2 0 7 4 号、及び大韓民国登録特許公報第 1 の 0 - 1 4 7 8 0 4 8 号には、研削に係る技術が開示されている。

【0005】

特許文献 1 および特許文献 2 は、ブレード研削のための従来の一般的な研削に係る特許文献であり、特許文献 3 は、ELID研削を用いたブレード研削に関するものである。これらの一般的な研削と ELID研削法の場合、様々な理由によりブレードの寿命と品質が低下するという問題点がある。例えば、回転体である研削砥石の曲率面を利用して、ブレードのエッジ (edge) が過度に研磨されることにより、エッジ部分が加工により切り取

50

られず残留するバリ (B u r r) 現象が発生するとともに切断負荷が増加し、切断物質の劣化をもたらすことがある。また、切断負荷が増加するにつれてブレードのエッジの一部が細かく欠けるチップング (c h i p p i n g) 現象が発生することもある。また、研磨砥石の異物 (c o n t a m i n a t i o n) がブレードのエッジに残り、不良を誘発することがある。

したがって、超精密研削加工技術は、上述した一般的な研削及びE L I D研削法の様々な問題点により技術開発の限界がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

10

【文献】大韓民国登録特許公報第10-917140号

大韓民国登録特許公報第10-762074号

大韓民国登録特許公報第10-1478048号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明が解決しようとする課題は、ブレードエッジの強度を向上させることによりブレードエッジの不良率を減少させ、切断面の損傷率を最小限に抑えることができるレーザーを用いたブレードエッジ加工装置及びその方法を提供するものである。

【0008】

20

本発明が解決しようとするもう一つの課題は、レーザー加工により、ブレードの精度を向上させることができるレーザーを用いたブレードエッジ加工装置及びその方法を提供するものである。

本発明の課題は、以上で述べた課題に制限されず、言及されていないもう一つの課題は、以下の記載により当業者が明確に理解することができるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前述したような課題を解決すべく本発明の一実施例に係るフェムト秒レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法は、研削砥石を用いてブレードエッジ部を1次研削する段階と、この研削されたブレードエッジ部の長手方向に沿ってフェムト秒レーザーを照射し、前記ブレードエッジ部の少なくとも一部を2次蝕刻する段階とを含み、該2次蝕刻する段階は、前記フェムト秒レーザーを発振する段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布を変形する段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の大きさを増加させる段階と、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部を、前記ブレードエッジ部の端部に整列する段階と、前記フェムト秒レーザーの進行方向を変更し、可動式対物レンズを介して前記ブレードエッジ部に照射する段階と、前記ブレードが載置されたステージを、前記ブレードの長手方向に移動させ、フェムト秒レーザーを照射する段階とを含むことができる。

30

【0010】

この場合、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布を変形する段階は、集光レンズ及び非球面円筒レンズを用いてガウス分布を持つフェムト秒レーザービームを長方形エネルギー分布を持つフェムト秒レーザービームに変形する段階とを含むことができる。

40

また、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布は、正方形であることが好ましい。

また、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の正方形の一辺は、50 μm 以下であってもよい。

【0011】

また、前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部を、前記ブレードエッジ部の端部に整列する段階は、CCDカメラが前記ブレードと前記フェムト秒レーザーが整列されたことを撮影する段階と、撮影された画像をオートエンコーダに入力して、特徴ベクトルを抽出する段階と、前記特徴ベクトルに基づいてブレードの位置を制御する制御量を導き

50

出す段階と、前記導き出された段階に基づいてブレードが載置されたステージを制御し、前記ブレードエッジ部と前記フェムト秒レーザーを整列する段階を含むことができる。

【 0 0 1 2 】

また、前記オートエンコーダは、前記ＣＣＤカメラから前記ブレードと前記フェムト秒レーザーが整列されたことを撮影して入力として入力を受け、前記撮影された画像をオートエンコーダに入力して、特徴ベクトルを抽出する段階は、前記オートエンコーダが前記フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部が前記ブレードエッジ部の端部分に正常に整列された画像を出力するように学習される段階を含むことができる。

その他の実施例の具体的な事項は、詳細な説明及び図面に含まれている。

【発明の効果】

10

【 0 0 1 3 】

本発明は、ブレードエッジの強度を強化させることによってブレードエッジの不良率を低下させ、切断面の損傷率を最小限に抑えることができる。

また、本発明は、レーザ加工により、ブレードの精度を向上させることができる。

本発明による効果は、以上で例示した内容によって制限されることなく、更に、様々な効果が本明細書内に含まれている。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の実施例に係るレーザを用いたブレードエッジ加工装置の概略図である。

【図 2】本発明の実施例に係るブレードエッジの研削過程を説明するための図である。

20

【図 3】本発明の実施例に係るブレードエッジのレーザー加工過程を説明するための図である。

【図 4】本発明の実施例に係るフェムト秒レーザーユニットを説明するためのブロック図である。

【図 5】本発明の実施例に係るフェムト秒レーザーのエネルギー状態とビームサイズを説明するための図である。

【図 6】本発明の実施例に係るフェムト秒レーザービームのエネルギー分布を説明するための図である。

【図 7】本発明の実施例に係るフェムト秒レーザービームのエネルギー分布を説明するための図である。

30

【図 8】本発明の実施例に係る可動式対物レンズを説明するための図である。

【図 9】本発明の実施例に係るオートフォーカス調整を説明するための図である。

【図 10】本発明の実施例に係るブレードのレーザー精密研削及びブレードの整列を説明するための図である。

【図 11】本発明の実施例に係るオートエンコーダを説明するための図である。

【図 12】本発明の実施例に係るオートエンコーダの入出力画像を説明するための図である。

【図 13】本発明の実施例に係るブレードエッジ部の断面図である。

【図 14】本発明の実施例及び比較例によるブレードの斜視図である。

【図 15】本発明の実施例と従来技術の効果を比較するための図である。

40

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、添付された図面を参照して、本発明の様々な実施例を詳細に説明する。

【 0 0 1 6 】

図 1 は、レーザを用いたブレードエッジ加工装置の概略図である。図 1 を参照すると、レーザを用いたブレードエッジ加工装置 100 は、研削ユニット 110、フェムト秒レーザーユニット 200 及び制御部 120 を含む。

【 0 0 1 7 】

研削ユニット 110 は、ブレード 140（図 2 参照）のエッジを研削するための構成として移動プレート、加工物（ブレード 140）、電源装置 111、研削砥石 112、電極 1

50

１３など、ブレードエッジ部１４２研削に必要な様々な構成要素が含まれることができる。

【００１８】

具体的には、研削砥石１１２は、様々な構成要素を支持する移動プレートに安着して固定され、移動プレートによって移送装置方向へ移動され、移送装置に垂直に固定されたブレード１４０の刃先を研削することができる。研削砥石１１２は、回転数を制御する制御部１２０の信号に従って回転し、その回転数は研削砥石１１２の工作物の硬さの違いまたは目標表面粗さ、及び工作物の材質によって決定することができる。具体的な研削砥石１１２の動作は、図２および図３を参照して、後述する。

【００１９】

また、図１には示されていないが、研削ユニット１１０には、カメラを設置することができ、設置したカメラから受信した画像情報を確認し、制御するためのモニターをさらに設置することもできる。

10

【００２０】

フェムト秒レーザーユニット２００は、ブレード１４０の超精密超微細加工のための構成であって、レーザー伝送部２１０を含む。レーザー伝送部２１０は、主に超精密材料加工などのために使用されるフェムト秒レーザーを用いて、フェムト秒（ 10^{-15} ）の極短波幅の光子エネルギー照射により熱影響を最小限に抑えることができる。

【００２１】

図１に示すように、フェムト秒レーザーユニット２００は、レーザー伝送部２１０から出力される光の方向を変えるために先端にミラー（２２１、mirror）が設けられ、ミラー２２１を介して反射される光は可動式対物レンズ２２２に伝達される。

20

【００２２】

可動式対物レンズ２２２は、フェムト秒パルスを集光するので、レーザー伝送部２１０から出てくるフェムト秒レーザー光がブレード１４０の局所領域に照射されるように手助けする。

【００２３】

制御部１２０は、研削ユニット１１０及びフェムト秒レーザーユニット２００を制御するための構成であって、研削砥石制御部１２１、レーザー駆動部１２２とブレードの位置制御部１２３を含む。このとき、制御部１２０は、例えば、コンピュータで具現されることができ、例えば、ＰＣ、携帯電話、タブレットＰＣなどのコンピューティング機能が可能な様々な装置で具現されることができる。

30

【００２４】

研削砥石制御部１２１は、ブレード１４０が研削されるように研削砥石１１２を制御する構成であって、研削砥石１１２の回転速度、回転方向、研削砥石１１２の移動速度などを制御することができる。

【００２５】

レーザー駆動部１２２は、フェムト秒レーザーユニット２００に含まれたレーザー伝送部２１０を駆動させるための構成であって、ブレードエッジ部１４２の局所領域にレーザーを照射するためにレーザー波長の強さ及びエネルギー分布を調節することができ、レーザー照射時間及びレーザー照射方向などを制御することができる。

40

【００２６】

ブレード位置制御部１２３は、フェムト秒レーザーユニット２００で被蝕刻されるブレード１４０とレーザービームの位置関係を精密に制御して、ブレード１４０のレーザー蝕刻位置を精密に制御することができる。

以下では、図２及び図３を参照して、ブレードエッジ部１４２の研磨過程を詳細に説明する。

図２は、ブレードエッジ部の研削過程を説明するための図である。図３は、ブレードエッジ部のレーザー加工過程を説明するための図である。

【００２７】

レーザーを用いた超精密ブレードエッジ加工方法は、研削砥石１１２を用いてブレードエ

50

ッジを研削した後、研削されたブレードエッジにおいて、エッジの一端に位置する局所領域のみフェムト秒レーザーを照射する。すなわち、本発明の一実施例に係るレーザを用いた超精密ブレードエッジ加工方法は、E L I D研削加工技術とレーザー伝送部 2 1 0 の加工技術の両方を実行することにより、ブレードエッジ部 1 4 2 の不良率を最小化し、精度を向上させることができる。

【 0 0 2 8 】

図 2 を参照すると、ブレード 1 4 0 研削過程時、研削砥石 1 1 2、研削砥石 1 1 2 と一定間隙を間に対向配置された電極 1 1 3、電源装置、および導電性研削液である研削油 1 1 4 を必要とする。

【 0 0 2 9 】

研削砥石 1 1 2 は、ブレード 1 4 0 が、x 軸方向に移動するにつれて研削砥石 1 1 2 の回転方向と垂直する面にブレード 1 4 0 のエッジを研削することができる。

電極 1 1 3 は、蝕刻用電極 1 1 3 として研削砥石 1 1 2 と一定間隙を間に対向配置される。

【 0 0 3 0 】

電源供給部は、正極 (+) である研削砥石 1 1 2 と負極 (-) である電極 1 1 3 に電源を印加し、研削砥石 1 1 2 と電極 1 1 3 との間に電解液の役割をする研削油 1 1 4 を供給すれば、研削砥石 1 1 2 に存在する金属から発生するチップがイオン化されると同時に金属イオンが正極で酸素イオンと結合して金属酸化物になり、酸化皮膜が形成され、金属がイオン化される過程が繰り返されるようになる。

【 0 0 3 1 】

また、電極 1 1 3 と研削砥石 1 1 2 との間隙に酸素イオンからなる伝導性研削液である研削油 1 1 4 を供給するためのノズルをさらに含むことができる。ただし、図 2 に示すように、研削砥石 1 1 2 と電極 1 1 3 との間隙に供給される研削液がノズルを通じて外部から供給されるため、研削砥石 1 1 2 と電極 1 1 3 との間隙に研削液がむらなく供給されないことがある。

【 0 0 3 2 】

このことにより、正常にイオン化されず、研削チップの砥粒突出が鈍化することで研削性能が低下するとともに、研削加工が長時間行われるようになり、万が一、非常に高精度を要するブレード 1 4 0 を研削する場合には、ブレード 1 4 0 のエッジ先端にバリ (B u r r) が発生したり、またはブレード 1 4 0 の温度を上昇させながら研削されたブレード 1 4 0 の切刃にチップング (c h i p p i n g) が形成されたり、または刃先の真直度 (S t r i g h t n e s s) に致命的な問題をもたらすようになる。

【 0 0 3 3 】

一般的なブレード研削装置は、ブレードを研削しても研削装置の精度によって公差が生じる。すなわち、研削砥石を用いてブレードを研削する場合、ブレードは、理想的な直線のように研削されず、曲がってしまうことがある。

【 0 0 3 4 】

本発明の一実施例に係るレーザを用いた超精密ブレードエッジ加工装置 1 0 0 は、レーザを用いてブレード 1 4 0 を細かく加工することができるので、ブレード 1 4 0 の真直度を向上させることができる。本発明では、ブレード 1 4 0 研削加工時のブレード 1 4 0 の真直度が $10\ \mu\text{m} \sim 25\ \mu\text{m}$ の範囲内である場合のみ、適切なものと判断する。

【 0 0 3 5 】

したがって、本発明の一実施例に係るレーザを用いた超精密ブレード 1 4 0 研削加工方法は、図 2 に示す研削方法と、図 3 に示すレーザ加工方法を同時に実行して、上述したような問題を解決することができる。

【 0 0 3 6 】

図 3 を参照すると、ブレードは平らな形状を有するブレード本体部 1 4 1 とブレード 1 4 0 本体から延びて、切削のために一定角度で傾斜され、尖ったエッジを形成するブレードエッジ部 1 4 2 からなる。この場合、ブレードエッジ部 1 4 2 は、第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 及び第 2 の傾斜面 1 4 2 - 2 からなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 は、レーザビームが照射される領域、すなわち、レーザを用いたブレード 1 4 0 の蝕刻加工範囲である。図 3 に示すように、第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 は、第 2 の傾斜面 1 4 2 - 2 より緩やかな傾斜をなし、第 2 の傾斜面 1 4 2 - 2 間の角度は、約 9 ° である。

【 0 0 3 8 】

また、第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 に照射されるレーザビームは、フェムト秒 (1 0 - 1 5) の極超短波幅の光子エネルギービームであり、これより高いエネルギーのレーザが第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 に照射される場合、熱による変形が発生し得るので、適切なエネルギーのレーザを照射しなければならない。

10

【 0 0 3 9 】

図 3 を参照すると、ブレード 1 4 0 は、y 軸方向、すなわち、ブレード 1 4 0 が形成された方向に動いたり、x 軸ブレード 1 4 0 の高さ方向に沿って距離を調節するために動くことができる。

図 4 は、本発明の実施例に係るフェムト秒レーザユニット 2 0 0 を詳しく説明するための図である。

【 0 0 4 0 】

本発明の実施例に係るフェムト秒レーザユニット 2 0 0 は、フェムト秒レーザ 2 4 1 を伝送させるレーザ伝送部 2 1 0、結像光学系 2 2 0 とステージ 2 3 0 を含むことができる。

20

この場合、レーザ伝送部 2 1 0 は、レーザ発振器 2 1 1、シャッター 2 1 2、ビームエキスパンダー 2 1 6 とミラー 2 2 1 を含むことができる。

【 0 0 4 1 】

レーザ発振器 2 1 1 は、フェムト秒レーザ 2 4 1 を発振させる装置であって、パルス放射時間が 1 0 - 1 5 m / s 以下である極超短パルスを発振し、レーザエネルギーの発振密度を極めて大きく形成させたレーザである。

【 0 0 4 2 】

一方、一般的に、フェムト秒レーザが 1 m J の光エネルギーを有し、1 0 0 フェムト秒以下のパルス放射時間を有すれば、レーザビームのエネルギー密度は、約 1 0 ギガワットのレベルに達し、どんな材質の加工でも可能になる。また、フェムト秒レーザのように極超短パルスレーザビームを加工物として放射すると、材料の構成格子に多光子吸収現象 (m u l t i - p h o t o n a b s o r p t i o n) が発生する。このとき、原子の励起現象が起こる間、光子が周囲の構成格子に熱を伝達する時間よりも入射パルスが短いので、ブレードが蝕刻される間、発生し得る熱拡散による加工精度の低下、材質の物理 / 化学的变化、及び加工部位の一部溶融など、従来のレーザ加工における問題点を解決することができる。

30

【 0 0 4 3 】

シャッター 2 1 2 は、レーザ発振器 2 1 1 から走査されるレーザを遮断したり通過させたりして集中度と効率を高め、前記シャッター 2 1 2 は、ビームエキスパンダー 2 1 6 前後のどの位置でも設置してよいが、本実施例では、前に設けられたものを記載した。

40

【 0 0 4 4 】

ビームエキスパンダー 2 1 6 は、ビームを拡大する役割をするが、ビームのエネルギーによりビームを伝送する光学系の損傷を防止し、コンピュータ 1 2 0 の制御を受けるモーターによって倍率を調整することができる。例えば、ビームエキスパンダー 2 1 6 は、最初に 5 u m 以下の大きさを有するフェムト秒レーザビームの大きさを、縦横 5 0 u m 以上の大きさを有するようにビームの大きさを大きくする。

結像光学系 2 2 0 は、第 1 及び第 2 スプリッタ 2 1 5、2 2 5、結像スリット 2 2 4、および可動式対物レンズ 2 2 2 を含む。

一方、第 1 スプリッタ 2 1 5 は、照準ビーム 2 2 3 とフェムト秒レーザビームが同軸上に入射されるようにする役割をする。

50

【 0 0 4 5 】

照準ビーム 2 2 3 (a i m i n g b e a m) は、レーザ発振器 2 1 1 から出たフェムト秒レーザービームがブレード 1 4 0 の蝕刻に必要な箇所に正確に入射されるようにガイドする役割をする。例えば、照準ビーム 2 2 3 は、同軸 H e - N e レーザビームを使用することができる。

【 0 0 4 6 】

結像スリット 2 2 4 は、フェムト秒レーザー 2 4 1 が正方形の均一なエネルギー分布を持つようにレーザ発振器 2 1 1 で生成されたレーザーのエネルギー分布を成形する。結像スリット 2 2 4 は、例えば、正方形の移動型スリット (M o v a b l e S l i t) の精密結像スリットシステムを利用することができる。

10

【 0 0 4 7 】

図 5 に示すように、フェムト秒レーザービームは、基本的には大きなエネルギーを印加すると、ビームのサイズが大きくなることがあるが、エネルギーが過度に印加され蝕刻する際、蝕刻する部位の周辺部位が溶融され、図 5 の (c) のようになる。一方、エネルギーが小さい状態 (図 5 (a)) では、蝕刻自体が正常に行われないので、図 5 (b) に示すように、正常な蝕刻が行われるためには、ビームサイズが約 5 μ m 内外と限定的である。

【 0 0 4 8 】

このとき、図 1 0 に示すように結像スリット 2 2 4 を通過して成形されたビーム 2 4 1 - 1 は、ブレード 1 4 0 の第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 上の欠陥、及びブレード 1 4 0 の真直度 (約 2 5 μ m 以下) にもかかわらず、容易に整列 (a l i g n) され得る約 5 0 μ m 以下の大きさでレーザービームの大きさを持つ。ここで、ビームの大きさが 5 0 μ m 以下と定められる理由として、欠陥の大きさは約 1 μ m 以下程度に研削されるが、真直度によってブレード刃の左側と右側との高さの差が約 2 5 μ m 以下の誤差を持つことができるからである。一般的に、真直度が 2 5 μ m 以上になるブレードは、不良品として処理されるので、ビームの大きさは 5 0 μ m 以下と決められることが好ましい。また、ビームの大きさが大きくなりすぎた場合には、大幅にレーザーの密度が低くなるので、蝕刻力が大いに減少しうるので、ビームの大きさは 5 0 μ m 以下と決めることが好ましい。

20

【 0 0 4 9 】

また、結像スリット 2 2 4 は、加工の容易さにより均一なエネルギー分布、例えば、正方形の形態を持つエネルギー分布をもたらしフェムト秒レーザー 2 4 1 を形成することができる。なぜなら、ブレードを研削する際、加工面が同一時間フェムト秒レーザーにさらされるようにするためには、正方形のエネルギー分布を持つことが有利である。

30

【 0 0 5 0 】

図 6 及び図 7 を参照すると、結像スリット 2 2 4 を通過したレーザービームは、例えば、正方形、長方形または円形の均一なエネルギー分布を持つように成形される。好ましくは、結像スリット 2 2 4 を通過したレーザービーム 2 5 0 は、正方形の均一なエネルギー分布を持つように形成される。このとき、従来は図 6 (a) および図 7 (a) に示すようにガウス形態のエネルギー分布を有するが、結像スリット 2 2 4 により図 6 (b) 、図 7 (b) のように、正方形の均一なビームが形成されるようになる。

40

【 0 0 5 1 】

ブレードの蝕刻にフェムト秒レーザーを使用することは、従来の技術にはないもので、特に、M L C C などの精密電子部品をカッティングするためのブレード刃の蝕刻に、フェムト秒レーザーを活用する例はなかった。なぜなら、フェムト秒レーザーは、エネルギーを集中させるために非常に大きさを小さくするため、小さな穴を切削して生成することには有利であったが、本発明のように、ブレード刃と同じ大面積を蝕刻することには適していなかった。ただし、本発明の実施例では、ビームエキスパンダー 2 1 6 と結像スリット 2 2 4 によりこのような問題点を解決している。

【 0 0 5 2 】

さらに図 4 を参照すると、レーザー伝送部 2 1 0 は、第 2 スプリッタ 2 2 5 を含むことができる。第 2 スプリッタ 2 2 5 は、レーザ光の一部を C C D カメラ 2 3 4 に伝送してビー

50

ムのエネルギー分布や大きさなどを制御部 120 で確認できるようにする。また、制御部 120 は、結像スリット 224 を制御してビームのエネルギー分布や大きさを制御することができる。この場合、CCDカメラ 234 は、鮮明な撮影のために照明（図示しない）をさらに含むことができる。

【0053】

一方、第2スプリッタ 225 を通過したフェムト秒レーザー 241 は、レーザーを被加工物であるブレード 140 の第1の傾斜面 142 - 1 に集中させる可動式対物レンズ 222 を含むことができる。この場合、可動式対物レンズ 222 は、LMガイド (Linear Motion Guide) とモータによって結像光学系を通過したビームに平行な方向 (Z軸方向) に移動できるように具現される。Z軸方向に移動する場合には、鏡筒 222 - 1 が一点鎖線で表示された部分まで下方へ移動し、可動式対物レンズ 222 も鏡筒 222 - 1 と一緒に移動される。

10

【0054】

オートフォーカス調整モジュール 240 は、自動に可動式対物レンズとブレード 140 との間の焦点距離を調整する役割を果たす。好ましくは、発光部から発光したレーザー光をレーザーダイオードから受信して、光三角法を利用して、被加工物であるブレード 140 までの距離を測定し、測定された距離情報を制御部 120 へ送信し、可動式対物レンズ 222 とブレード 140 との距離を調整して焦点距離を調整する。

【0055】

一方、ステージ 230 は、被加工物であるブレード 140 を載置した状態で前後 / 左右に移動することができる。ステージ 230 は、制御部 120 のブレード位置制御部 123 によって駆動され、このとき精密な制御のために CCD カメラの画像を利用することができる。CCD カメラの画像を活用したブレード位置の整列制御については、後述する。

20

【0056】

この場合、ステージ 230 を制御して、ステージ 230 上に載置されたブレードを図 10 に示す長手方向に移動させながらフェムト秒レーザーでブレード 140 の第1の傾斜面 142 - 1 の少なくとも一部を蝕刻するようになる。

【0057】

レーザー光学系の整列と清浄度のために鏡筒内部を外気と遮蔽させ、内部に窒素ガスなどで充填したり、フィルタを使用して異物が入らないようにしたりといった状況で、可動式対物レンズ 222 を上下に動かせることにより焦点距離を合わすように具現され、ブレード 140 を Z 軸方向へ移動する必要がなくなる。

30

【0058】

したがって、前記ステージ 230 は、ブレードの位置制御部 123 の制御により X Y 軸に運動するように構成され、同時に3つの軸を制御することよりも加工精度を高めた。

【0059】

また、前記照明光源 223 は、白色光源または波長 633 nm の He - Ne レーザを使用して、反射ミラーを通じてブレード 140 に走査されるようにすることが好ましい。以下では、図 11 及び図 12 を参照して、本発明の実施例に係るステージ 230 の制御について説明する。

40

【0060】

図 12 を参照すると、図 12 (a) に示すように、好ましくはフェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部がブレード 140 の第1の傾斜面 142 - 1 の端部にくるようにブレード 140 と、レーザービームが整列されることが好ましい。

【0061】

しかし、ブレード 140 は、23 cm、3 cm 程度と非常にサイズが大きいのに対し、フェムト秒レーザーのエネルギー分布は、50 μm 以下、例えば、20 μm 程度とサイズが小さいため、ブレード 140 と、レーザービームが整列されるのは非常に難しい。

【0062】

したがって、人工知能、例えば、オートエンコーダ 300 (Autoencoder) を

50

活用し、ステージ 2 3 0 を制御してステージ 2 3 0 上に載置されたブレード 1 4 0 を、レーザービームと整列することができる。オートエンコーダ 3 0 0 は、制御部 1 2 0 が具現された P C または制御 1 2 0 と接続された別のサーバーにソフトウェアモジュールの形態で具現されることができる。

【 0 0 6 3 】

この場合、オートエンコーダ 3 0 0 の学習画像は、実際のブレード 1 4 0 がステージ 2 3 0 上に位置した画像（例えば、図 1 2 の（ b ）または（ c ））を入力 3 1 0 とし、ブレード 1 4 0 が好ましく載置された図 1 2 の（ a ）のような画像を出力 3 3 0 として用意し、オートエンコーダ 3 0 0 を学習モードで学習するようにする。

【 0 0 6 4 】

学習後、検出モードでオートエンコーダ 3 0 0 は、どのような画像が送られてきても、ブレードとレーザービームが正しく位置した画像を出力するように学習するようにする。

【 0 0 6 5 】

それから検出モードでは、オートエンコーダ 3 0 0 に C C D カメラ 2 3 4 で撮影した画像を入力として入力を受け、その場合、正しく位置した画像がどの画像であるかを出力する。このとき、オートエンコーダ 3 0 0 の隠れ層 3 2 0 から特徴ベクトルを抽出し、前記特徴ベクトルに基づいてステージ 2 3 0 の前後左右方向の制御量を導き出すことができる。

【 0 0 6 6 】

導き出された制御量は、制御部 1 2 0 のブレード位置制御部 1 2 3 へ伝送され、ブレードの位置制御部 1 2 3 は、フェムト秒レーザーのエネルギー分布の中央部がブレード 1 4 0 の第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 の端部に来るようにブレード 1 4 0 と、レーザービームを整列することができる。

以下では、本発明の効果を、図 1 3 ~ 図 1 5 を参照して説明する。図 1 3 は、ブレードエッジ部の断面図である。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 及び下記の表 1 を参照すると、本発明の実施例に係るレーザーで追加研削されたブレードエッジ部 1 4 2 の角度（ A ）は、 9° であり、ブレード 1 4 0 の刃幅（ W ）は、0 . 0 3 以下の値を持つ。また、図 1 3 に示すように、実施例に係るブレード 1 4 0 は、側面の角（ C P ）が発生しない。

【 0 0 6 8 】

一方、下記の表に示すように比較例（つまり、フェムト秒レーザーによる追加研削がない場合）によるブレードエッジ部 1 4 2 の角度（ A ）は、 18° であり、ブレード 1 4 0 の刃幅（ W ）は、0 . 0 3 以上である。また、比較例に係るブレード 1 4 0 は、側面の角（ C P ）を有するため、側面変曲点による側面部の損傷が発生しうる。

【 0 0 6 9 】

【表 1】

区分	比較例	実施例
ブレードの角度（ A ）	18°	9°
ブレードの刃幅（ W ）	0 . 0 3 以上	0 . 0 3 以下
側面の角（ C P ）	ある	なし

【 0 0 7 0 】

したがって、フェムト秒レーザーを用いた追加研削時、ブレード 1 4 0 の角度が 9° と大きく減少しているため、ブレードエッジ艶出しによる切断負荷を減らし、刃の寿命が大幅に延びることを知ることができる。ここで、切断負荷が減るということは、ブレード 1 4 0 が部品を切断する際に部品とブレード 1 4 0 との間で発生する摩擦係数が減少するとして理解するのが好ましいといえる。

【 0 0 7 1 】

図 1 4 は、比較例及び実施例に係るブレードの斜視図である。図 1 4 (c) は、図 1 4 (a) および図 1 4 (b) を説明するための図であり、第 1 の傾斜面 1 4 2 - 1 を含むブレード 1 4 0 の一部を拡大した図である。図 1 4 (a) は、比較例に係るブレード 1 4 0 の欠陥を説明するための図であり、図 1 4 (c) の A 部分と B 部分の断面を示したものであり、図 1 4 (b) は、本発明の実施例に係るブレード 1 4 0 の欠陥を説明するための図であり、図 1 4 (c) の A 部分と B 部分の断面を示したものである。

【 0 0 7 2 】

図 1 4 (a) は、比較例でもってレーザーを加工する前のブレード 1 4 0、いわゆる、研削砥石 1 1 2 による研削のみが進行された場合を示したものであり、ブレードエッジ部 1 4 2 の一側に屈曲した断面が発生するのを見ることができる。ブレード 1 4 0 において屈曲となる現象は、ブレード 1 4 0 に欠陥が発生したと判断することができ、このとき、欠陥の大きさは、図 1 4 (a) の B B セクションを示す断面図での斜線パターンが表示された領域上部の領域であって、非常に大きく示されることが分かる。

10

【 0 0 7 3 】

図 1 4 (b) を参照すると、ブレード 1 4 0 の一側にも屈曲された断面、すなわち、欠陥が発生したことを知ることができる。ここで、欠陥の大きさは、図 1 4 (b) の B - B セクションを示す断面図で斜線パターンが表示された領域上部の領域であると見ることができる。

【 0 0 7 4 】

ただし、図 1 4 (a) と図 1 4 (b) を比較すると、実施例に係るブレード 1 4 0 の欠陥領域における大きさが、比較例に係るブレード 1 4 0 の欠陥の大きさに比べてはるかに減少したことが分かる。すなわち、ブレードエッジ部 1 4 2 を研削した後、レーザー伝送部 2 1 0 を利用して追加研削した場合には、ブレード 1 4 0 に発生する欠陥の大きさを最小限に抑えることができる。

20

【 0 0 7 5 】

したがって、本発明の実施例に係るレーザーを用いた超精密ブレード 1 4 0 加工装置は、レーザー加工により、ブレード 1 4 0 の強度を高め、欠陥を最小限に抑えることにより、ブレード 1 4 0 の精度を向上させることができる。また、刃の角度を減らして切断負荷を一緒に減少させ、ブレードの寿命を大幅に延ばすことができる。また、ブレードエッジ部 1 4 2 の強度を強化させ、ブレードの不良率を最小化することができる効果がある。

30

【 0 0 7 6 】

図 1 5 を参照すると、従来の技術である一般的な研削や E L I D 研削技術では、バリ (B u r r) またはチップング (C h i p p i n g) が発生することがある。しかし、本発明のフェムト秒レーザー微細加工によれば、バリやチップングが発生した後にフェムト秒レーザーにより、バリ取りやチップング等を除去することができるので、これらの問題点を解決することができる。

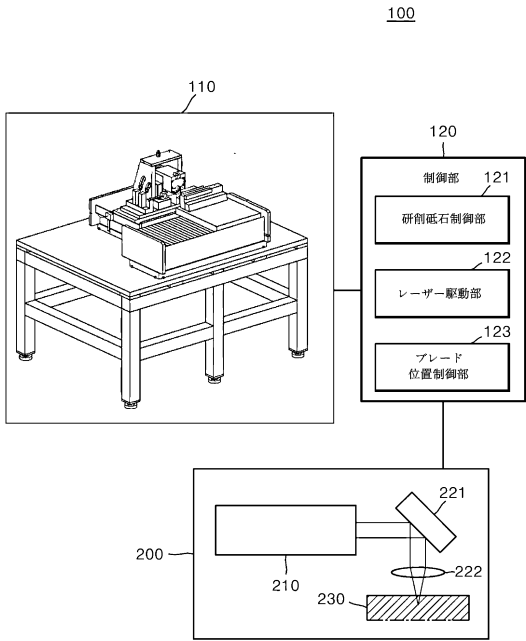
【 0 0 7 7 】

また、従来の研削で発生した異物もブレード 1 4 0 を利用した部品のカッティングをする際、切断負荷を増加させると同時に切断された部品を不良にする可能性があったが、フェムト秒レーザーは、追加の蝕刻パーティクルが生じないので、追加のレーザー微細加工を通じて異物が完全に除去されることが分かる。

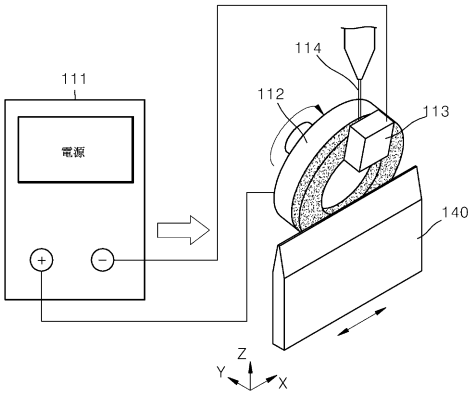
40

【図面】

【図 1】



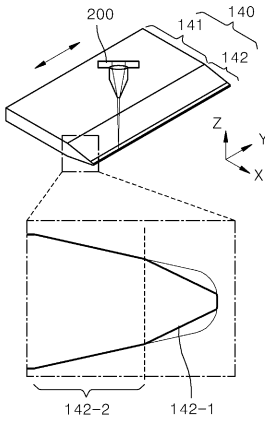
【図 2】



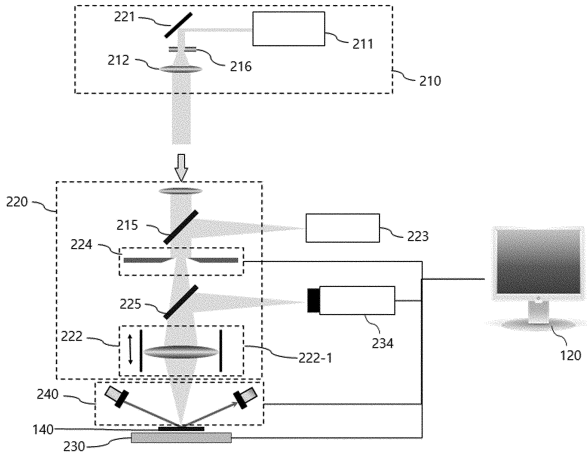
10

20

【図 3】



【図 4】

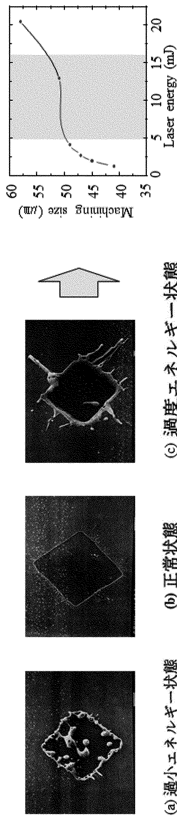


30

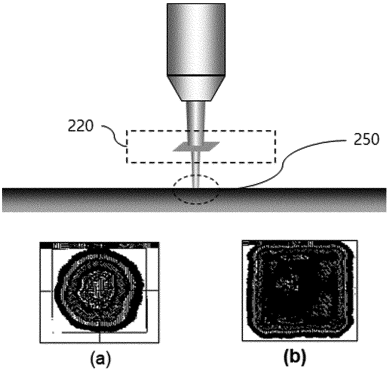
40

50

【図 5】



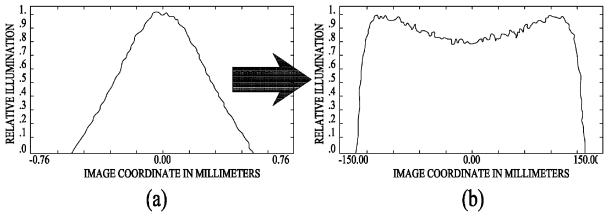
【図 6】



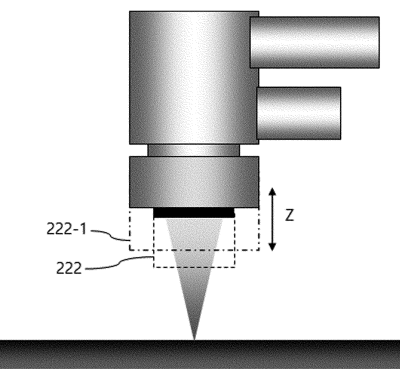
10

20

【図 7】



【図 8】

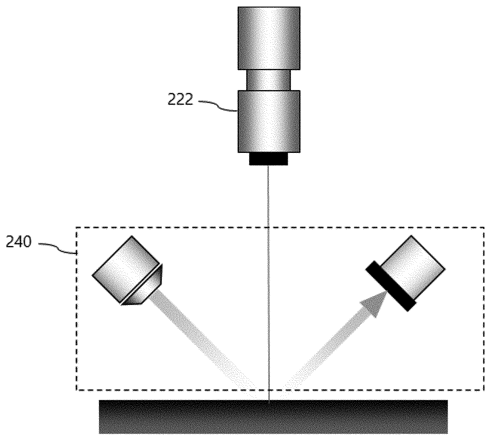


30

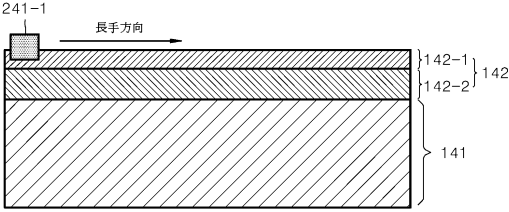
40

50

【図 9】

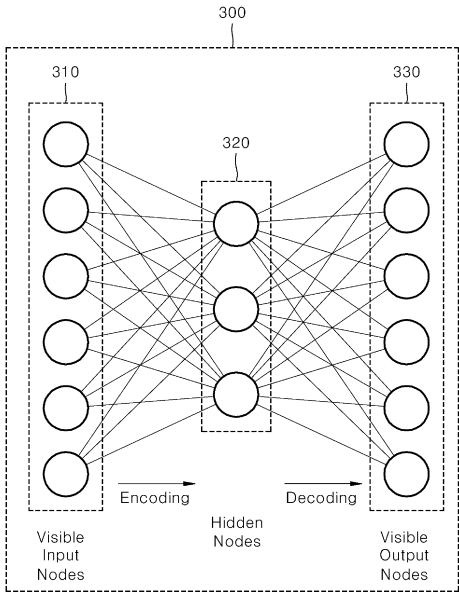


【図 10】

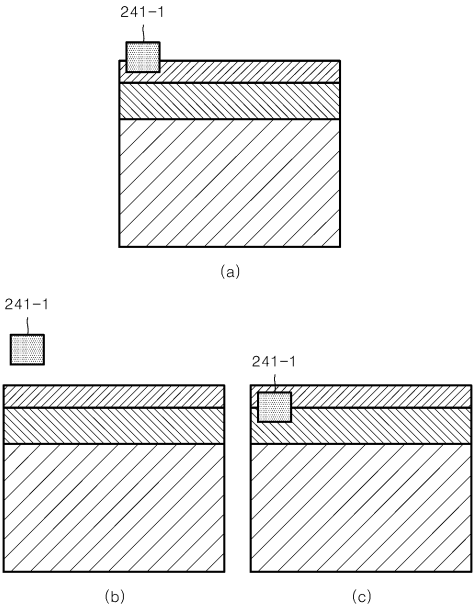


10

【図 11】



【図 12】



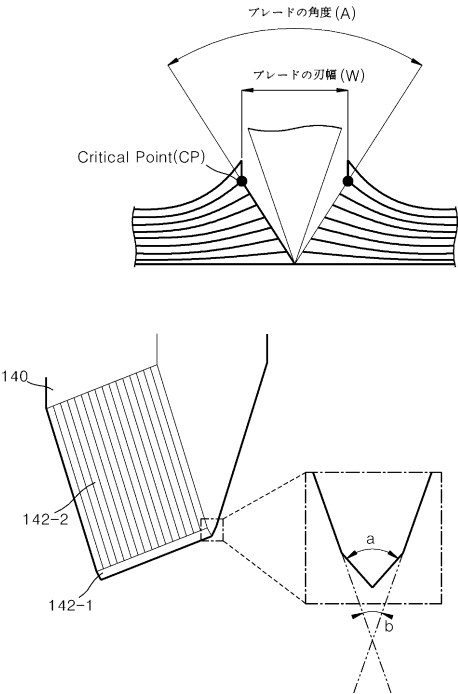
20

30

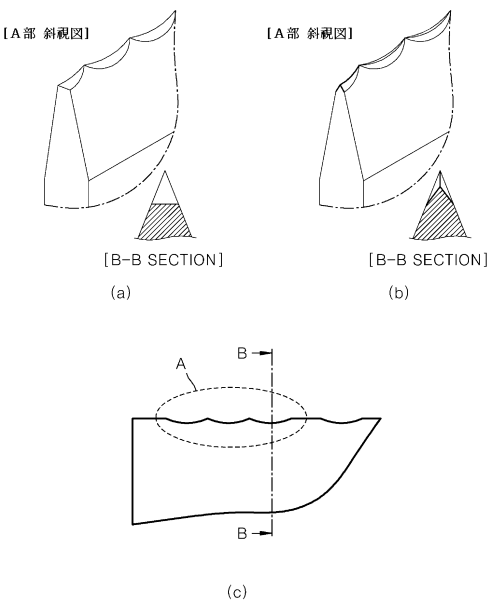
40

50

【図 1 3】



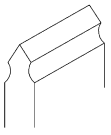
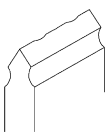
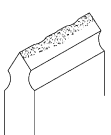
【図 1 4】



10

20

【図 1 5】

ELID 加工の問題点	レーザー微細加工
[バリ(Burr)] 	[Deburring]
[チッピング (Chipping)] 	[Edge Processing]
[異物 (Contamination)] 	[Edge Cleaning]

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 26/073 (2006.01)

B 2 3 K 26/073

B 2 3 K 26/02 (2014.01)

B 2 3 K 26/02

A

(72)発明者 キム、ソン ファン

大韓民国、1 6 6 6 4 キョンギ - ド スウォン - シ クォンソン - グ、トンスウォン - ロ 1 4 5
 ボン - ギル、7 3、# 3 1 0 - 6 0 2 (クォンソン - ドン、スウォン アイ - パーク シティ アパ
 ート)

審査官 亀田 貴志

(56)参考文献

特開 2 0 1 9 - 0 4 2 7 5 5 (J P , A)

特開 2 0 1 6 - 1 7 5 1 4 1 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 2 3 9 8 1 7 (J P , A)

特開平 0 4 - 2 4 0 0 0 7 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 6 3 2 6 2 (U S , A 1)

特開 2 0 1 5 - 0 8 5 3 3 6 (J P , A)

特表 2 0 1 9 - 5 2 3 8 2 4 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 2 9 7 4 5 8 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 2 4 B 3 / 3 6

B 2 4 B 2 7 / 0 6

B 2 4 B 5 3 / 0 0

B 2 4 B 4 9 / 1 2

H 0 1 L 2 1 / 3 0 1

B 2 8 D 5 / 0 0

B 2 6 B 9 / 0 0

B 2 6 B 1 9 / 0 0

B 2 6 B 2 1 / 5 4

B 2 3 P 1 5 / 2 8

B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 3 6