(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年9月3日(03.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/174853 A1

(51) 国際特許分類:
B23C 5/10 (2006.01) *B23Q 17/24* (2006.01)
B23Q 17/20 (2006.01) *G01B 11/24* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/050533

(22) 国際出願日： 2019年12月24日(24.12.2019)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-034449 2019年2月27日(27.02.2019) JP

(71) 出願人： 三菱重工業株式会社 **(MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)** [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

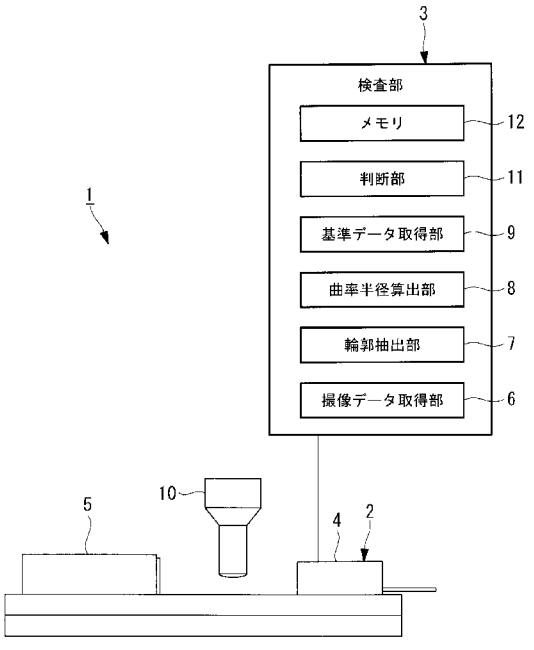
(72) 発明者：江藤 潤**(ETO, Jun)**; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 海野 紘和**(UNNO, Hirokazu)**; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人： 藤田 考晴 **(FUJITA, Takaharu)**; 〒2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい２－２－１ 横浜ランドマークタワー３７Ｆ Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)： AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) **Title:** END MILL INSPECTION DEVICE

(54) 発明の名称： エンドミル検査装置



3 Inspection unit
6 Imaging data acquisition unit
7 Contour extraction unit
8 Curvature radius calculation unit
9 Reference data acquisition unit
11 Determination unit
12 Memory

(57) **Abstract:** The purpose of the present invention is to detect a shape change of an end mill with high accuracy. This end mill inspection device (1), which inspects an end mill (10) having a blade part formed in a curved convex shape or an arc shape, comprises: an imaging data acquisition unit (6) that acquires imaging data obtained by capturing an image of a blade part of the end mill (10) by an imaging unit (2); a contour extraction unit (7) that extracts the contour of the blade part on the basis of the imaging data acquired by the imaging data acquisition unit (6); and a curvature radius calculation

WO 2020/174853 A1

[続葉有]

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

unit (8) that calculates a curvature radius of the contour on the basis of the contour of the blade part extracted by the contour extraction unit (7).

(57) 要約:エンドミルの形状変化を精度良く検出することを目的とする。エンドミル検査装置(1)は、曲面凸形状かつ円弧形状に形成された刃部を有するエンドミル(10)を検査するエンドミル検査装置(1)であって、撮像部(2)によってエンドミル(10)の刃部が撮像された撮像データを取得する撮像データ取得部(6)と、撮像データ取得部(6)によって取得された撮像データに基づいて、刃部の輪郭を抽出する輪郭抽出部(7)と、輪郭抽出部(7)によって抽出された刃部の輪郭に基づいて、輪郭の曲率半径を算出する曲率半径算出部(8)とを備える。

明　細　書

発明の名称 ： エンドミル検査装置

技術分野

[0001] 本開示は、エンドミル検査装置に関するものである。

背景技術

[0002] 胴体又は主翼のスキンなどの板状の航空機構造用部品を製造する場合、板状部材（ワーク）に対して、切削加工によって複曲面を形成することがある。複曲面の形成は、ボールエンドミル又はラジアスエンドミルを用いて、等高線加工又は筋彫り加工を行うことが一般的である。

[0003] 切削工具には、ボールエンドミル又はラジアスエンドミルと異なり、外周刃又は底刃において曲面凸形状の円弧部分を有し、当該円弧部分の曲率半径が大きいバレル工具又はレンズ工具と呼ばれるものがある。円弧部分の曲率半径は、エンドミルの工具径（外径）よりも大きい。

[0004] 底刃において曲面凸形状の円弧部分を有するレンズ工具は、ワークに対して底面（面形状）を形成する場合に用いられる。これにより、ボールエンドミルを用いる場合よりも送り間隔（ピックフィード）を大きくすることができ、加工時間の削減や、面粗度の向上を図ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０１７－２２６０３５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述した曲率半径が大きい外周刃又は底刃による加工は、摩耗によって曲率半径の値が変化すると、加工によって生じる面粗度や、パス間に形成される稜線の高さに影響を与える。したがって、加工面の品質を維持するため、損耗によるエンドミルの形状変化を検査する必要があり、エンドミルの刃全体を測定することが要求される。

[0007] 上記特許文献１では、撮影によって取得された工具画像と比較基準データを比較する際、２点の読み取り点の間隔を一致させるように座標の補正を行い、エッジの１か所又は複数か所で形状変化量が判定値を超えたか否かが判断される。この技術では、位置ごとに形状変化量を算出することによって形状変化が判断されるため、わずかな形状変化の検出が必要である曲率半径が大きい外周刃又は底刃を有するエンドミルの検査には適さない。

[0008] 本開示は、このような事情に鑑みてなされたものであって、エンドミルの形状変化を精度良く検出することが可能なエンドミル検査装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示に係るエンドミル検査装置は、曲面凸形状かつ円弧形状に形成された刃部を有するエンドミルを検査するエンドミル検査装置であって、撮像部によって前記エンドミルの前記刃部が撮像された撮像データを取得する第１取得部と、前記第１取得部によって取得された前記撮像データに基づいて、前記刃部の輪郭を抽出する輪郭抽出部と、前記輪郭抽出部によって抽出された前記刃部の前記輪郭に基づいて、前記輪郭の曲率半径を算出する曲率半径算出部とを備える。

[0010] この構成によれば、撮像部によってエンドミルの刃部が撮像された撮像データが取得されて、取得された撮像データに基づいて、エンドミルの刃部の輪郭が抽出される。そして、抽出された刃部の輪郭に基づいて、輪郭の曲率半径が算出される。したがって、刃部の輪郭の曲率半径の絶対値が直接得られる。刃部において曲率が小さくフラットな形状に近いため、実際のエンドミルの撮像データから抽出された輪郭データと、基準となるエンドミルの輪郭データをフィッティングし比較した場合、エンドミルの摩耗を判別できない場合がある。これに対し、絶対値に基づいて比較されるため、曲率が小さい形状であってもエンドミルの摩耗を判別でき、エンドミルの形状変化を精度良く検出できる。また、曲率の異なる複数の刃部が滑らかに接続された複雑な形状のエンドミルにおいて、フィッティングは困難である。これに対し

、刃部ごとに絶対値に基づいて比較が行われるため、フィッティングを行う必要がなく、検査工程の簡略化を図ることができる。

[0011] 上記開示に係るエンドミル検査装置において、前記エンドミルの基準形状に関する基準データを取得する第２取得部と、前記第２取得部によって取得された前記基準データの基準曲率半径の値、及び、前記曲率半径算出部によって算出された前記曲率半径の値の差と、所定の閾値とに基づいて、前記刃部の形状変化の有無を判断する判断部とを備えてもよい。

[0012] この構成によれば、エンドミルの基準形状に関する基準データが取得され、取得された基準データの基準曲率半径の値及び曲率半径算出部によって算出された曲率半径の値の差が、所定の閾値と比較されて、エンドミルの刃部の形状変化の有無が判断される。この場合、エンドミルの刃部の摩耗を特定しやすい。

[0013] 上記開示に係るエンドミル検査装置において、前記第２取得部によって取得された前記基準データに基づく基準輪郭と、前記輪郭抽出部によって抽出された前記輪郭とをフィッティングして比較し、前記刃部の形状変化を判断してもよい。

[0014] この構成によれば、エンドミルの基準形状に関する基準データが取得され、取得された基準データに基づく基準輪郭と、輪郭抽出部によって抽出されたエンドミルの輪郭とがフィッティングされて比較され、エンドミルの刃部の形状変化が判断される。この場合、エンドミルの刃部に生じている欠けを特定しやすい。

[0015] 上記開示に係るエンドミル検査装置において、前記判断部は、前記基準輪郭と抽出された前記輪郭と間の面積、又は、前記基準輪郭と抽出された前記輪郭と間の距離に基づいて、前記刃部の形状変化を判断してもよい。

[0016] この構成によれば、取得された基準データに基づく基準輪郭と、輪郭抽出部によって抽出されたエンドミルの輪郭とがフィッティングされて比較されるとき、基準輪郭と抽出された輪郭との間の距離、又は、基準輪郭と抽出された輪郭との間の面積に基づいて、形状変化が判断される。

[0017] 上記開示に係るエンドミル検査装置において、前記エンドミルの前記刃部は、曲面凸形状かつ円弧形状に形成された底刃又は外周刃と、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジアス刃とを有してもよい。

[0018] この構成によれば、底刃が曲面凸形状かつ円弧形状に形成され、ラジアス刃が隅部に設けられて円弧形状に形成されており、軸周りに回転する切削加工によって、ラジアス刃が加工目標とする形状のうちフィレット形状部分を形成でき、底刃がフィレット形状部分に隣接する面形状部分を形成できる。

[0019] 上記開示に係るエンドミル検査装置において、前記底刃は、エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域を有し、前記底刃の前記領域において、前記底刃の円弧部分よりも半径が小さい円弧形状に形成された中心刃を更に有してもよい。

[0020] この構成によれば、底刃において、エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域が設けられて、切削速度が０（ゼロ）となる切削刃がないため、バリの発生を低減できる。エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域には、中心刃が、底刃の円弧部分よりも半径が小さい円弧形状に形成されている。これにより、中心刃が設けられていない場合と比べて、面粗さを抑制できる。

発明の効果

[0021] 本開示によれば、エンドミルの形状変化を精度良く検出することができ、測定結果に基づいて、加工条件を変更したり、エンドミルを交換したりすることで、加工面の品質を良好に維持できる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本開示の一実施形態に係るエンドミル検査装置を示す構成図である。

[図2]加工装置を示す構成図である。

[図3]被検査対象のエンドミルの第１例を示す概略図である。

[図4]被検査対象のエンドミルの第２例を示す概略図である。

[図5]本開示の一実施形態に係るエンドミル検査装置の動作を示すフローチャートである。

[図6]エンドミルと曲率半径の関係を示す概略図である。

[図7]使用前と後に撮像されたエンドミルを示す概略図である。

[図8]エンドミルの設計データに基づく曲率半径と、使用後に撮像されたエンドミルを示す概略図である。

[図9]図８の破線囲み部分を示す拡大概略図である。

[図10]エンドミルにおけるフィッティングに用いる基準点の第１例を示す概略図である。

[図11]エンドミルにおけるフィッティングに用いる基準点の第２例を示す概略図である。

[図12]エンドミルにおけるフィッティングに用いる基準点の第３例を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下に、本開示の一実施形態に係るエンドミル検査装置１について、図面を参照して説明する。

本実施形態に係るエンドミル検査装置１は、カメラ４によって被検査対象であるエンドミル１０が撮像された撮像データに基づいて、エンドミル１０の刃の形状変化の有無を判断する。刃の形状変化とは、エンドミル１０を用いた加工によって生じる摩耗や欠け（チッピング）などである。エンドミル１０は、加工装置２０に取り付けられて、加工時と同様に軸周りに回転可能な状態で、エンドミル検査装置１によって検査される。

[0024] 加工装置２０は、図２に示すように、例えば、エンドミル１０と、駆動部２１と、制御部２２を備える。加工装置２０は、エンドミル１０によって、ワーク５０を切削して、ワーク５０に所定の形状を形成する。ワーク５０は、例えばアルミニウム合金、チタン合金などの金属材料である。

[0025] エンドミル１０は、軸線周りに回転しながら、軸線方向又は送り方向に移動することによって、ワーク５０を切削できる。エンドミル１０は、例えば、レンズ工具であり、図３に示すように、曲面凸形状に形成された底刃１０Ａと、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジアス刃１０Ｂを有する。

エンドミル１０は、軸周りに回転する切削加工によって、図２に示すように、ラジアス刃１０Ｂが加工目標とする形状のうちフィレット形状部分５２を形成でき、底刃１０Ａがフィレット形状部分５２に隣接する面形状部分５１を形成できる。図３では、エンドミル１０の外径（工具径）をＤ、底刃１０Ａが占める領域のエンドミル１０の軸方向に対して垂直方向の直径（底刃径）をＬＤとして示している。

[0026] 底刃１０Ａは、エンドミル１０の軸線上部分が最も下方に位置するように突出しており、所定の半径（ラジアス）を有する円弧形状に形成されている。ラジアス刃１０Ｂは、底刃１０Ａの外周側隅部に設けられ、所定の半径（ラジアス）を有する円弧形状に形成されている。底刃１０Ａの円弧部分の半径は、エンドミル１０の工具径よりも大きく、いわゆるボールエンドミルの円弧部分の半径よりも大きい。

[0027] また、エンドミル１０がレンズ工具である場合、底刃１０Ａにおいて中心刃１０Ｃが形成されたものでもよい。この場合、エンドミル１０は、図４に示すように、曲面凸形状に形成された底刃１０Ａと、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジアス刃１０Ｂとを有し、底刃１０Ａは、エンドミル１０の軸上に底刃１０Ａが形成されていない領域を有する。また、当該領域において、エンドミル１０は、底刃１０Ａの円弧部分よりも曲率半径が小さい円弧形状に形成された中心刃１０Ｃを有する。図４では、底刃１０Ａにおいて、エンドミル１０の軸上に刃部分が形成されていない領域のエンドミル１０の軸方向に対して垂直方向の直径（中心刃径）をＣＤとして示している。

[0028] これにより、底刃１０Ａにおいて、エンドミル１０の軸上に刃部分が形成されていない領域が設けられて、切削速度が０（ゼロ）となる切削刃がないため、バリの発生を低減できる。また、エンドミル１０の軸上に刃部分が形成されていない領域には、中心刃１０Ｃが、底刃１０Ａの円弧部分よりも半径が小さい円弧形状に形成されている（中心刃ノーズ部）。これにより、中心刃１０Ｃにおいて円弧形状の中心刃ノーズ部が設けられていない場合と比べて、面粗さを抑制できる。

[0029] なお、エンドミル１０は、例えば、バレル工具でもよく、バレル工具は、曲面凸形状に形成された外周刃（側刃）と、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジアス刃を有する。本実施形態に係るエンドミル検査装置１は、曲率を有するエンドミル１０の刃を検査するのに適しており、レンズ工具やバレル工具以外のエンドミルを検査することも可能である。

[0030] 図６では、底刃（レンズ部）１０Ａの曲率半径（レンズ径）をＬＲ、エンドミル１０のラジアス刃（ノーズ部）１０Ｂの曲率半径（ノーズ径）をＮＲ、底刃１０Ａにおいて、中心刃１０Ｃの円弧部分の半径（中心刃ノーズ径）をＣＲとして示している。

[0031] 加工装置２０の駆動部２１は、複数のモータや、エンドミル１０を切り換える構成を有する切換部などを備える。主軸モータは、電力を受けて駆動し、エンドミル１０を軸線周りに回転させる。移動用モータは、電力を受けて駆動し、エンドミル１０を軸線方向又は軸線方向に対して垂直方向（送り方向）に移動させる。

[0032] 制御部２２は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体等から構成されている。そして、各種機能を実現するための一連の処理は、一例として、プログラムの形式で記憶媒体等に記憶されており、このプログラムをＣＰＵがＲＡＭ等に読み出して、情報の加工・演算処理を実行することにより、各種機能が実現される。なお、プログラムは、ＲＯＭやその他の記憶媒体に予めインストールしておく形態や、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体に記憶された状態で提供される形態、有線又は無線による通信手段を介して配信される形態等が適用されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記憶媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、半導体メモリ等である。

[0033] エンドミル検査装置１は、図１に示すように、撮像部２と、検査部３を有する。エンドミル検査装置１は、撮像部２が、被検査対象であるエンドミル１０の撮像データを取得し、撮像部２によって取得された撮像データに基づ

いて、検査部３が、エンドミル１０の刃の形状変化の有無を判断する。

[0034] 撮像部２は、カメラ４と、光源装置５などを備える。

カメラ４は、エンドミル１０を撮像可能である。カメラ４による撮像によって取得された撮像データは、撮像データ取得部６へ送られる。カメラ４は、エンドミル１０の全体を一度で撮像してもよいし、エンドミル１０の部分的に撮像し、エンドミル１０又はカメラ４を移動して全体を撮像するようにしてもよい。

[0035] カメラ４は、レンズがエンドミル１０の軸方向に対して垂直方向となるように配置され、この状態でエンドミル１０を撮像する。これにより、カメラ４による撮像によって、エンドミル１０の縦断面形状が取得される。

[0036] 撮像データには、エンドミル１０の外形形状、特にエンドミル１０の刃の外形形状が撮像されている。複数回に分けてエンドミル１０を撮像する場合、撮像データを合成して、一つの撮像データとして取得するようにしてもよい。

[0037] 光源装置５は、例えばＬＥＤであり、図１に示すように、被検出対象のエンドミル１０を間に挟んでカメラ４とは反対側に設置される。光源装置５は、エンドミル１０に対して光を照射する。これにより、エンドミル１０の外周面のうちカメラ４側の面が暗くなり、カメラ４は、逆光の状態でエンドミル１０を撮像することから、エンドミル１０の外形形状が明確になる。

[0038] なお、本開示に係る撮像部２は、上述した例に限定されず、他の構成によってエンドミル１０の外形形状を撮像してもよい。

[0039] 検査部３は、撮像データ取得部６と、輪郭抽出部７と、曲率半径算出部８と、基準データ取得部９と、判断部１１などを備える。なお、検査部３の動作は、予め記録されたプログラムを実行して、ＣＰＵ等のハードウェア資源によって実現される。

[0040] 撮像データ取得部６は、カメラ４から送信された撮像データを取得する。撮像データ取得部６は、取得した撮像データを輪郭抽出部７へ送信する。

[0041] 輪郭抽出部７は、撮像データ取得部６によって取得された撮像データに対

し画像処理を施し、画像処理によって、撮像データからエンドミル１０の外形形状、特にエンドミル１０の刃の外形形状の輪郭を抽出する。輪郭抽出部７は、抽出したエンドミル１０の輪郭に関するデータを曲率半径算出部８に送る。

[0042] 曲率半径算出部８は、輪郭抽出部７によって抽出されたエンドミル１０の輪郭に関するデータに基づいて、エンドミル１０の刃部分の曲率半径を算出する。例えば、エンドミル１０がレンズ工具である場合、底刃１０Ａの曲率半径と、ラジアス刃１０Ｂの曲率半径がそれぞれ算出される。また、レンズ工具において、中心刃１０Ｃを有する場合は、中心刃１０Ｃの曲率半径も算出される。エンドミル１０がバレル工具である場合、外周刃の曲率半径と、ラジアス刃の曲率半径がそれぞれ算出される。

[0043] 基準データ取得部９は、メモリ１２に記録されたエンドミル１０の基準形状に関する基準データを、メモリ１２から取得する。その際、撮像データに撮像されたエンドミル１０の種類が特定されて、特定されたエンドミル１０に関する基準データが取得される。エンドミル１０の特定は、ユーザによるエンドミル１０の識別記号の入力によって行われてもよいし、撮像データから取得された形状、識別表示などに基づいて行われてもよい。基準データには、加工に用いられる（使用）前のエンドミル１０の刃が有する曲率半径に関するデータや、エンドミル１０の刃の輪郭形状に関するデータが含まれる。

[0044] なお、基準データ取得部９は、メモリ１２から基準データを取得する場合に限定されず、測定のたびにユーザによって入力されるデータから、基準データを取得してもよい。

[0045] 判断部１１は、基準データ取得部９によって取得された基準データの曲率半径（基準曲率半径）と、曲率半径算出部８によって算出された曲率半径に基づいて、エンドミル１０の刃の形状変化を判断する。このとき、判断部１１は、取得された基準データの曲率半径の値及び算出された曲率半径の値の差と、所定の閾値とに基づいて、エンドミル１０の刃の形状変化の有無を判

断する。この場合、エンドミル１０の刃に生じている摩耗の有無を判断することができる。

[0046] また、判断部１１は、基準データ取得部９によって取得された基準データに基づく輪郭（基準輪郭）と、輪郭抽出部７によって抽出されたエンドミル１０の輪郭とをフィッティングして比較し、エンドミル１０の刃の形状変化を判断する。この場合、エンドミル１０の刃に生じている欠けを特定しやすい。このとき、判断部１１は、輪郭間の距離、又は、輪郭間の面積に基づいて、形状変化を判断する。

[0047] 次に、図５を参照して、本実施形態に係るエンドミル検査装置１を用いたエンドミル１０の検査方法について説明する。

[0048] まず、被検査対象のエンドミル１０が撮像部２に設置され、カメラ４によってエンドミル１０が撮影される（ステップＳ１）。このとき、エンドミル１０は軸周りに回転した状態とされる。カメラ４に広角レンズが設けられており、エンドミル１０の刃全体が一つの画像に収まる場合、エンドミル１０の刃全体を一度に撮像する。エンドミル１０の刃全体が撮影範囲に収まらない場合、エンドミル１０の刃を部分的に撮像して、エンドミル１０又はカメラ４を移動して全体を撮像する。エンドミル１０が底刃１０Ａを有するレンズ工具の場合、エンドミル１０の径方向に対して平行にエンドミル１０又はカメラ４を移動させる。エンドミル１０が外周刃を有するバレル工具の場合、エンドミル１０の軸方向に対して平行にエンドミル１０又はカメラ４を移動させる。

[0049] カメラ４によって撮像されたエンドミル１０の画像データは、撮像データ取得部６を介して輪郭抽出部７へ送信される。輪郭抽出部７では、撮像データに対し画像処理を施し、画像処理によって、撮像データからエンドミル１０の刃の外形形状の輪郭を抽出する（ステップＳ２）。画像処理は、例えばエッジ検出であり、エッジ検出によってエンドミル１０の刃の外形形状の輪郭に関するデータが取得される。

[0050] そして、抽出されたエンドミル１０の刃の輪郭に関するデータに基づいて

、エンドミル１０の刃部分の曲率半径を算出する（ステップＳ３）。すなわち、曲線に関するデータから当該曲線の曲率半径が算出される。エンドミル１０がレンズ工具であって、底刃１０Ａと、ラジアス刃１０Ｂを有する場合、底刃１０Ａの曲率半径及びラジアス刃１０Ｂの曲率半径がそれぞれ算出される。レンズ工具が中心刃１０Ｃを更に有する場合、中心刃１０Ｃの曲率半径が算出される。エンドミル１０がバレル工具であって、外周刃と、ラジアス刃を有する場合、外周刃の曲率半径及びラジアス刃の曲率半径がそれぞれ算出される。

[0051] また、被検出対象であってカメラ４によって撮像されるエンドミル１０に関して、エンドミル１０の種類、識別情報などが特定される（ステップＳ４）。これは、例えば、ユーザによるエンドミル１０の識別記号の入力によって行われたり、撮像データから取得された形状、識別表示などに基づいて行われたりする。

[0052] 撮像データから取得された形状に基づいてエンドミル１０を特定する場合、カメラ４によって撮像された撮像データから抽出されるエンドミル１０の刃部分の曲率半径だけでなく、工具径及び工具長が用いられる。曲率半径が大きい刃を有するエンドミル１０では、ユーザが目視でエンドミル１０の種類を判別することは困難であるため、画像データに基づいてエンドミル１０の特定を行えば、目視による誤認の発生を抑制できる。

[0053] そして、特定されたエンドミル１０に関する基準データが取得される（ステップＳ５）。基準データの取得は、予め複数種類のエンドミル１０に関する基準データが記録されたメモリ１２から読み出されて行われたり、ユーザによって基準データが入力されることによって行われたりする。

[0054] 次に、基準データ取得部９によって取得された基準データの曲率半径の値と、曲率半径算出部８によって算出された曲率半径の値の差が、所定の閾値と比較されて、エンドミル１０の刃の形状変化の有無が判断される（ステップＳ６）。図６に示すように、エンドミル１０がレンズ工具である場合、底刃１０Ａの曲率半径ＬＲにおける差と、ラジアス刃１０Ｂの曲率半径ＮＲに

おける差と、中心刃１０Ｃの曲率半径ＣＲにおける差のそれぞれが算出される。エンドミル１０がバレル工具である場合、外周刃の曲率半径における差と、ラジアス刃の曲率半径における差がそれぞれ算出される。

[0055] 基準データの曲率半径の値と、算出された曲率半径の値は、いずれも絶対値である。そして、曲率半径の値の差が、所定の閾値によって定められる所定の範囲と比較されて、所定の範囲外であると判断された場合、エンドミル１０の刃は許容される形状を超えて変形していると判断される。他方、曲率半径の値の差が、所定の範囲と比較されて、所定の範囲内であると判断された場合、エンドミル１０の刃は許容される形状を維持していると判断される。

[0056] 上述したとおり、エンドミル１０の刃において曲率が小さくフラットな形状に近い場合、輪郭同士のフィッティングでは摩耗の形状変化は判別しにくいが、加工によって生じた欠け（チッピング）６０（図７～図９参照）による形状変化の有無が検出可能である。

[0057] この場合、図７～図９に示すように、基準データ取得部９によって取得された基準データに基づく輪郭と、輪郭抽出部７によって抽出された輪郭とが、フィッティングされ比較されて、エンドミル１０の刃の形状変化の有無が判断される（ステップＳ７）。エンドミル１０がレンズ工具である場合、底刃１０Ａの形状変化と、ラジアス刃１０Ｂの形状変化のそれぞれが判断される。

[0058] 例えば、輪郭同士をマッチング処理によって重ね合わせて、輪郭間で発生している隙間の面積を検出する。または、輪郭同士をマッチング処理によって重ね合わせて、輪郭間で発生している、軸方向に対して平行方向又は垂直方向の距離の差を検出する。そして、輪郭間の面積、又は、輪郭間の距離の差が、所定の閾値によって定められる所定の範囲と比較されて、所定の範囲外であると判断された場合、エンドミル１０の刃は許容される形状を超えて変形していると判断される。他方、輪郭間の面積、又は、輪郭間の距離の差が、所定の範囲と比較されて、所定の範囲内であると判断された場合、エン

ドミル１０の刃は許容される形状を維持していると判断される。

[0059] なお、基準データ取得部９によって取得される基準データは、例えば、図７に示すように、加工に用いられる（使用）前のエンドミル１０がカメラ４によって撮像されて取得された撮像データである（図７中の破線部）。そして、使用前のエンドミル１０の撮像データに対し画像処理を施し、画像処理によって、撮像データから使用前のエンドミル１０の外形形状の輪郭が抽出される（図７中の実線部）。次に、この使用前のエンドミル１０の輪郭と使用後のエンドミル１０の輪郭とが比較されて、形状変化の有無が判断される。

[0060] または、基準データ取得部９によって取得される基準データは、例えば、図８に示すように、エンドミル１０の設計値に基づくデータである（図８中の破線部）。そして、使用前のエンドミル１０の撮像データに対し画像処理を施し、画像処理によって、撮像データから使用前のエンドミル１０の外形形状の輪郭が抽出される（図８中の実線部）。次に、エンドミル１０の設計値に基づくデータによって表される輪郭と、使用後のエンドミル１０の輪郭とが比較されて、形状変化の有無が判断される。

[0061] 次に、図１０～図１２を参照して、基準データ取得部９によって取得された基準データに基づく輪郭と、輪郭抽出部７によって抽出された輪郭とをフィッティングする方法について説明する。

[0062] 基準データ取得部９によって取得される基準データが、使用前のエンドミル１０の撮像データである場合、例えば、図１０に示すように、直線軸部とラジアス刃１０Ｂの境界部分の両側２点と、底刃１０Ａの頂点（すなわち、エンドミル１０の刃を下向きにした時の最下点）１点の合計３点を基準とする。そして、基準データの上記３点と、輪郭抽出部７によって抽出された輪郭における上記３点が最も近接するときをフィッティングの最適位置として両方の輪郭を重ね合わせ、上述した比較が行われる。

[0063] エンドミル１０がレンズ工具である場合、底刃１０Ａが曲率を有することから、底刃１０Ａの形状を利用してフィッティングを行うことによって、フ

ィッティング精度を向上させることができる。したがって、直線軸部とラジアス刃１０Ｂの境界部分の両側２点のみではなく、上述したとおり底刃１０Ａの頂点を用いる方法がある。

[0064] または、基準データ取得部９によって取得される基準データが、エンドミル１０の設計値に基づくデータである場合、例えば、底刃１０Ａの２点を基準とする。底刃１０Ａの２点は、図１１に示すように、工具中心から水平方向左右に一定の距離ａにある２点でもよいし、図１２に示すように、底刃１０Ａの頂点１点と、頂点１点からエンドミル１０の径方向外側に一定の距離ａにある１点の合計２点でもよい。なお、距離ａは、エンドミル１０の種類ごとに予め決定される。

[0065] そして、基準データの上記２点と、輪郭抽出部７によって抽出された輪郭における上記２点が最も近接するときをフィッティングの最適位置として両方の輪郭を重ね合わせ、上述した比較が行われる。

[0066] 基準データ取得部９によって取得される基準データが、エンドミル１０の設計値に基づくデータである場合、底刃１０Ａの曲線データが得られることから、１点目を中心軸又は底刃１０Ａの頂点とし、２点目を底刃１０Ａの曲線状に設けることで、基準点が容易に定まる。

[0067] 以上、本実施形態によれば、エンドミル１０の刃の輪郭の曲率半径の絶対値が直接得られる。エンドミル１０の刃において曲率が小さくフラットな形状に近いため、実際のエンドミル１０の撮像データから抽出された輪郭データと、基準となるエンドミル１０の輪郭データをフィッティングし比較した場合、エンドミル１０の摩耗を判別できない場合がある。これに対し、絶対値に基づいて比較されるため、曲率が小さい形状であってもエンドミル１０の摩耗を判別できき、エンドミル１０の形状変化を精度良く検出でき。また、底刃又は外周刃が、ラジアス刃と滑らかに接続され、複数の曲率を有する複雑な形状のエンドミル１０において、フィッティングは困難である。これに対し、絶対値に基づいて比較されるため、フィッティングを行う必要がなく、検査工程の簡略化を図ることができる。以上、曲率半径の値の差に基づ

いて形状の変化が判断される場合、エンドミル１０の刃の摩耗を特定しやすい。

[0068] エンドミル１０の刃に生じている欠け６０を特定する場合には、エンドミル１０の基準形状に関する基準データが取得され、取得された基準データに基づく輪郭と、輪郭抽出部７によって抽出されたエンドミル１０の輪郭とがフィッティングされて比較され、エンドミル１０の刃の形状変化が判断される。

[0069] 以上より、本実施形態に係るエンドミル検査装置１は、エンドミル１０の形状変化を精度良く検出することができる。そして、測定結果に基づいて、加工条件を変更したり、エンドミル１０を交換したりすることで、加工面の品質を良好に維持できる。

符号の説明

[0070] １ ：エンドミル検査装置
２ ：撮像部
３ ：検査部
４ ：カメラ
５ ：光源装置
６ ：撮像データ取得部（第１取得部）
７ ：輪郭抽出部
８ ：曲率半径算出部
９ ：基準データ取得部（第２取得部）
１０ ：エンドミル
１０Ａ ：底刃
１０Ｂ ：ラジアス刃
１０Ｃ ：中心刃
１１ ：判断部
１２ ：メモリ
２０ ：加工装置

２１　　：駆動部

２２　　：制御部

５０　　：ワーク

５１　　：面形状部分

５２　　：フィレット形状部分

請求の範囲

[請求項1] 曲面凸形状かつ円弧形状に形成された刃部を有するエンドミルを検査するエンドミル検査装置であって、

撮像部によって前記エンドミルの前記刃部が撮像された撮像データを取得する第１取得部と、

前記第１取得部によって取得された前記撮像データに基づいて、前記刃部の輪郭を抽出する輪郭抽出部と、

前記輪郭抽出部によって抽出された前記刃部の前記輪郭に基づいて、前記輪郭の曲率半径を算出する曲率半径算出部と、

を備えるエンドミル検査装置。

[請求項2] 前記エンドミルの基準形状に関する基準データを取得する第２取得部と、

前記第２取得部によって取得された前記基準データの基準曲率半径の値、及び、前記曲率半径算出部によって算出された前記曲率半径の値の差と、所定の閾値とに基づいて、前記刃部の形状変化の有無を判断する判断部と、

を備える請求項１に記載のエンドミル検査装置。

[請求項3] 前記第２取得部によって取得された前記基準データに基づく基準輪郭と、前記輪郭抽出部によって抽出された前記輪郭とをフィッティングして比較し、前記刃部の形状変化を判断する請求項２に記載のエンドミル検査装置。

[請求項4] 前記判断部は、前記基準輪郭と抽出された前記輪郭と間の面積、又は、前記基準輪郭と抽出された前記輪郭と間の距離に基づいて、前記刃部の形状変化を判断する請求項３に記載のエンドミル検査装置。

[請求項5] 前記エンドミルの前記刃部は、

曲面凸形状かつ円弧形状に形成された底刃又は外周刃と、

隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジアス刃と、

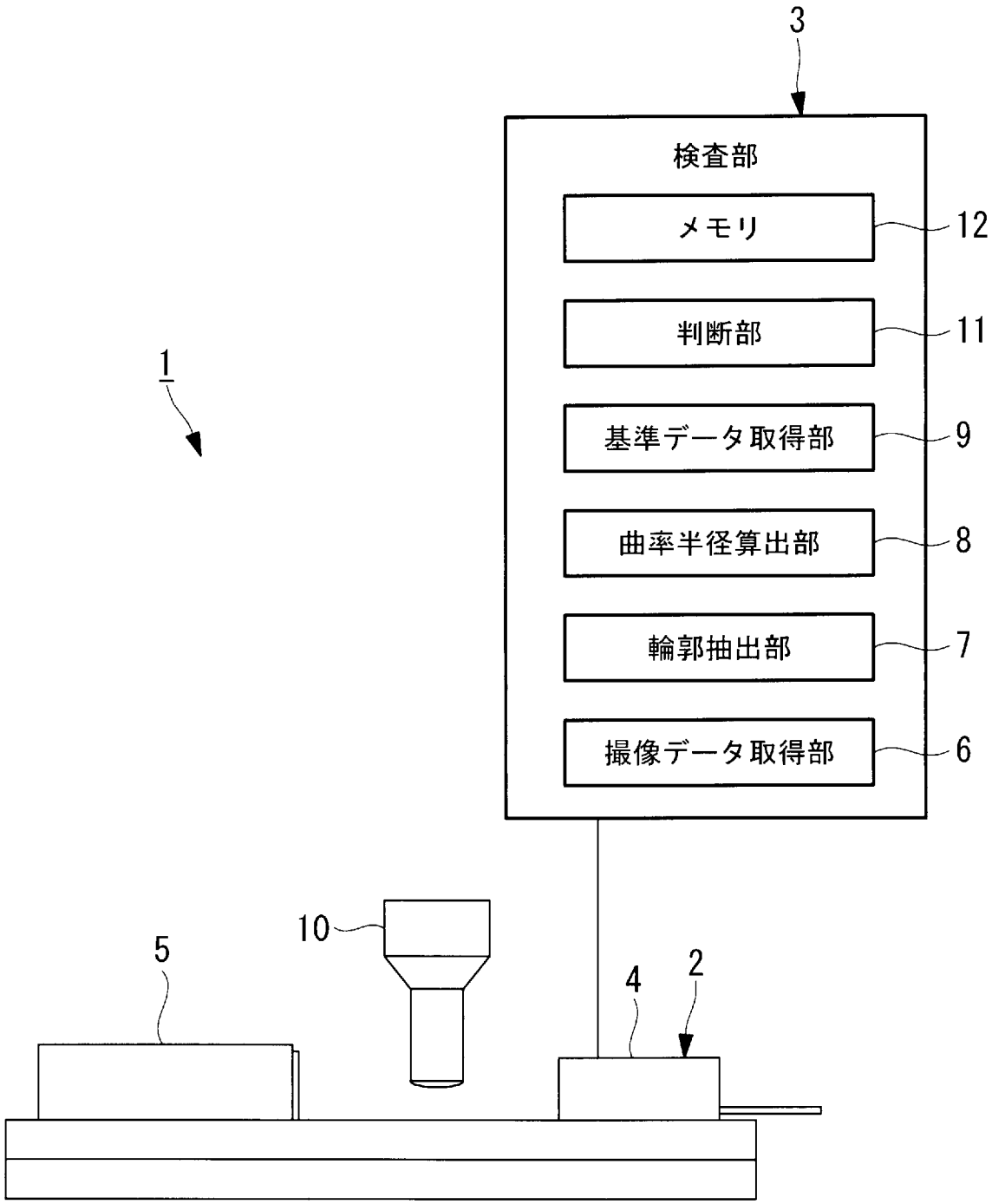
を有する請求項１から４のいずれか１項に記載のエンドミル検査装置

。

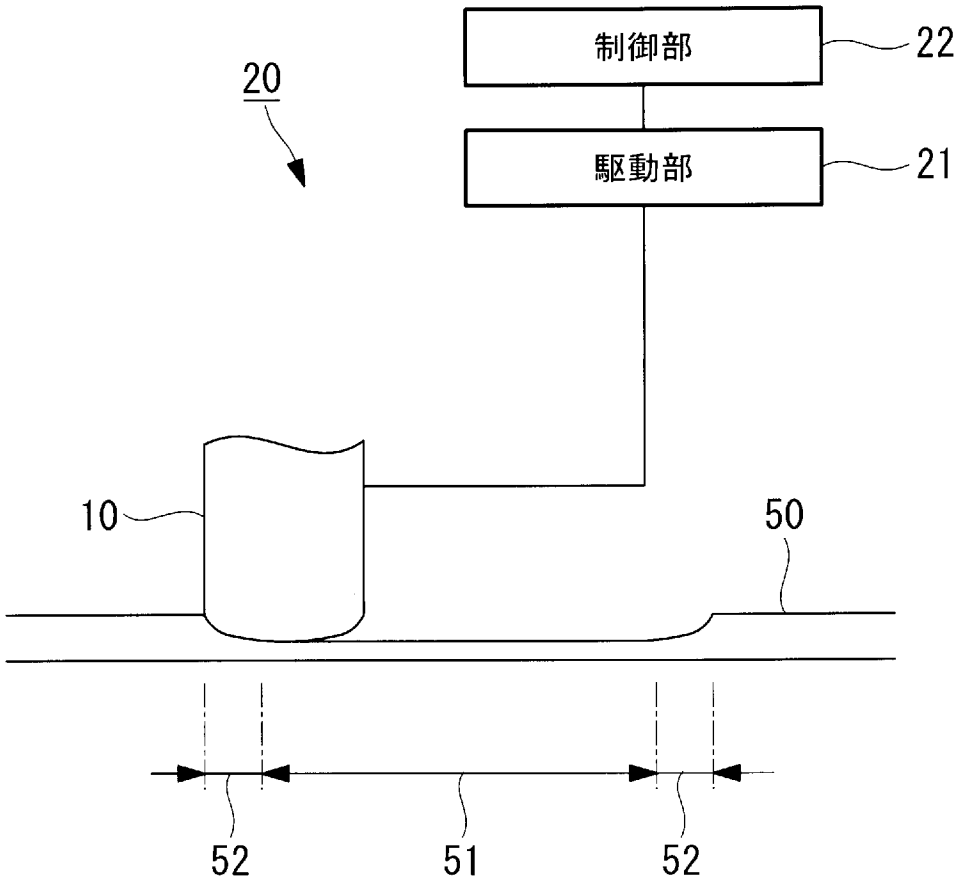
[請求項6] 前記底刃は、エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域を有し、

前記底刃の前記領域において、前記底刃の円弧部分よりも半径が小さい円弧形状に形成された中心刃を更に有する請求項５に記載のエンドミル検査装置。

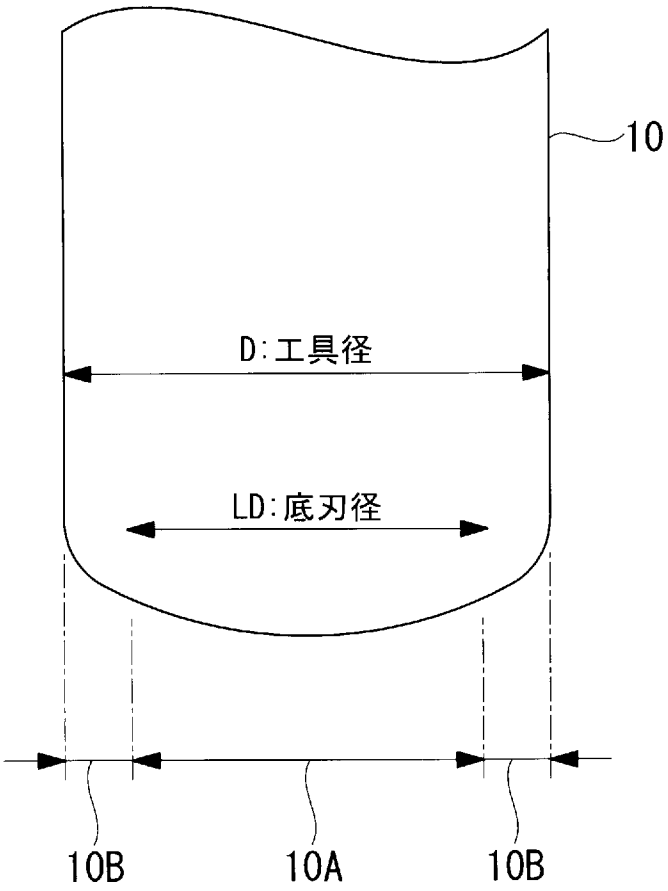
[図1]


3
検査部
メモリ
12
判断部
11
1
基準データ取得部
9
曲率半径算出部
8
輪郭抽出部
7
撮像データ取得部
6
10
5
4
2

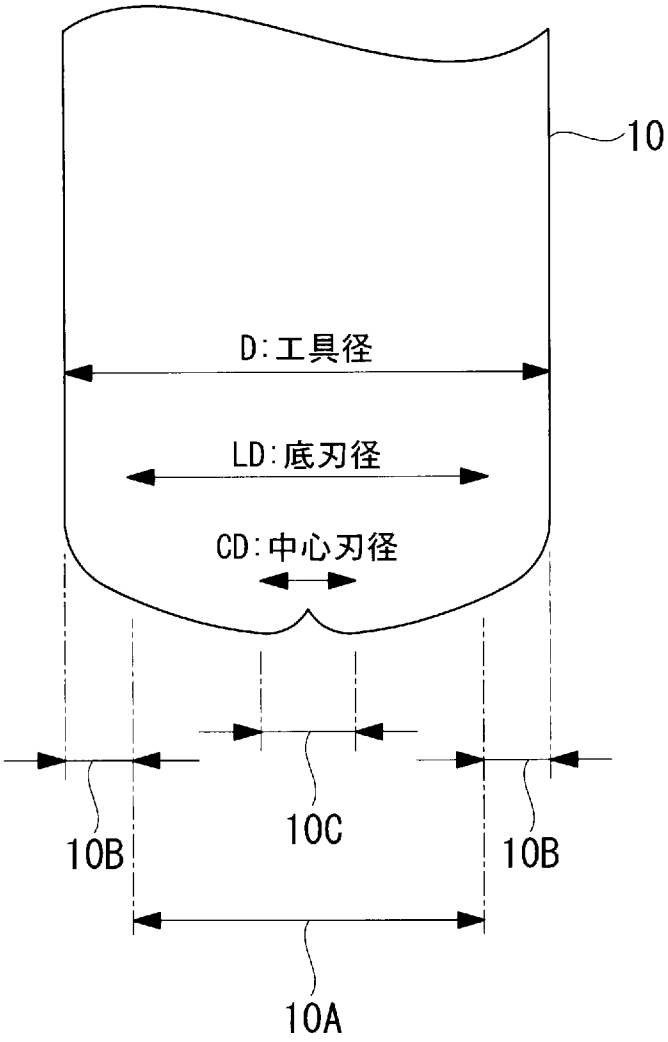
[図2]



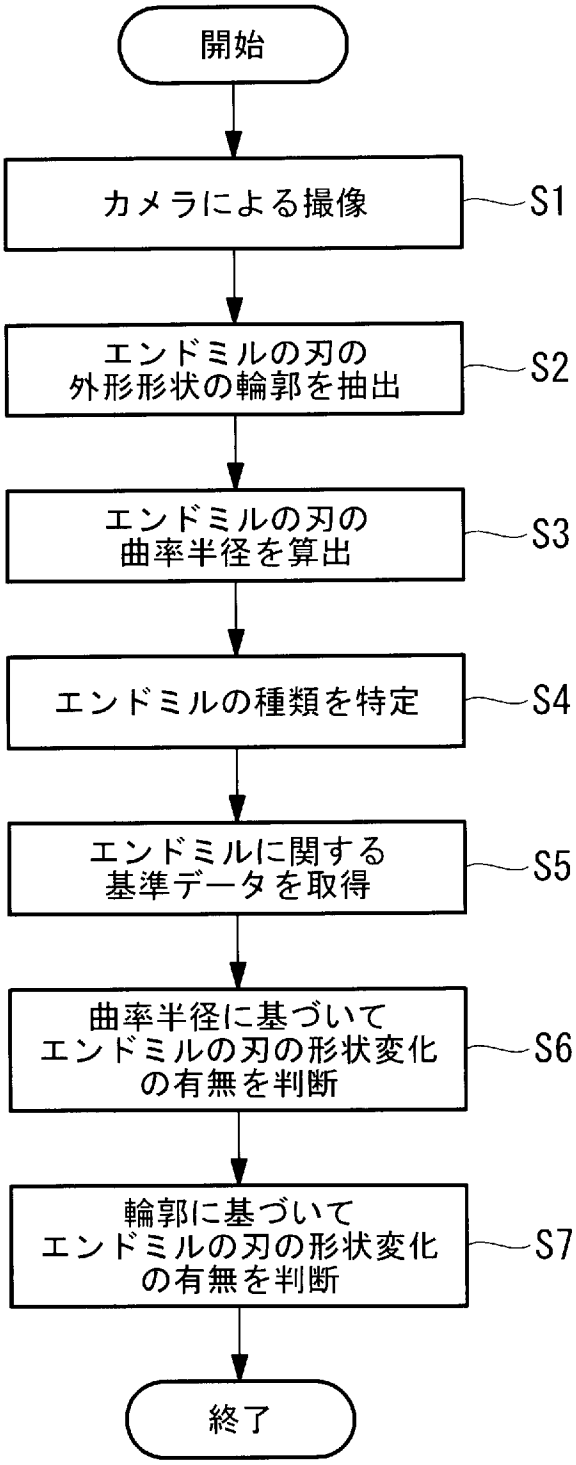
[図3]



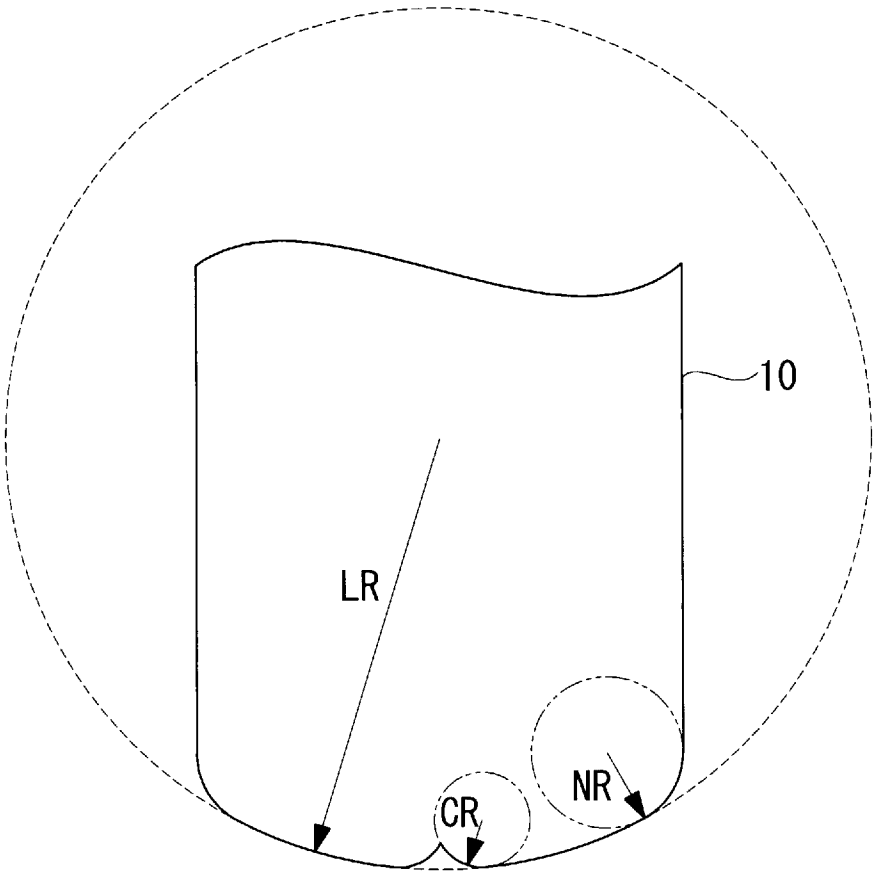
[図4]



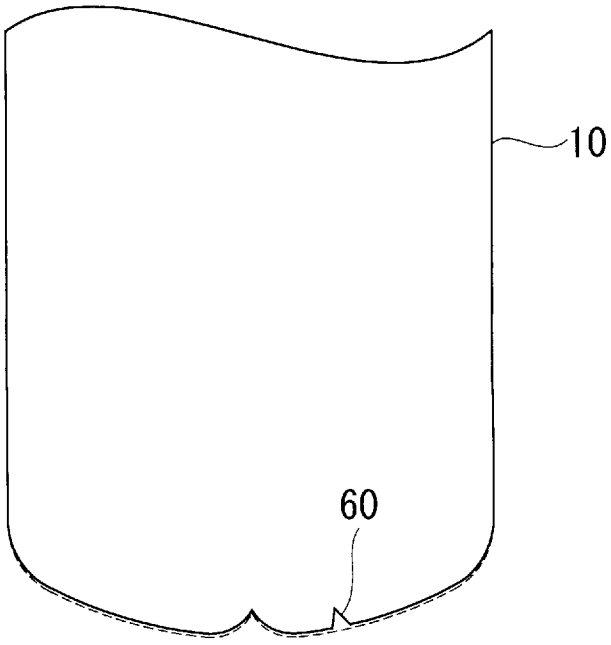
[図5]


開始
カメラによる撮像
S1
エンドミルの刃の
外形形状の輪郭を抽出
S2
エンドミルの刃の
曲率半径を算出
S3
エンドミルの種類を特定
S4
エンドミルに関する
基準データを取得
S5
曲率半径に基づいて
エンドミルの刃の形状変化
の有無を判断
S6
輪郭に基づいて
エンドミルの刃の形状変化
の有無を判断
S7
終了

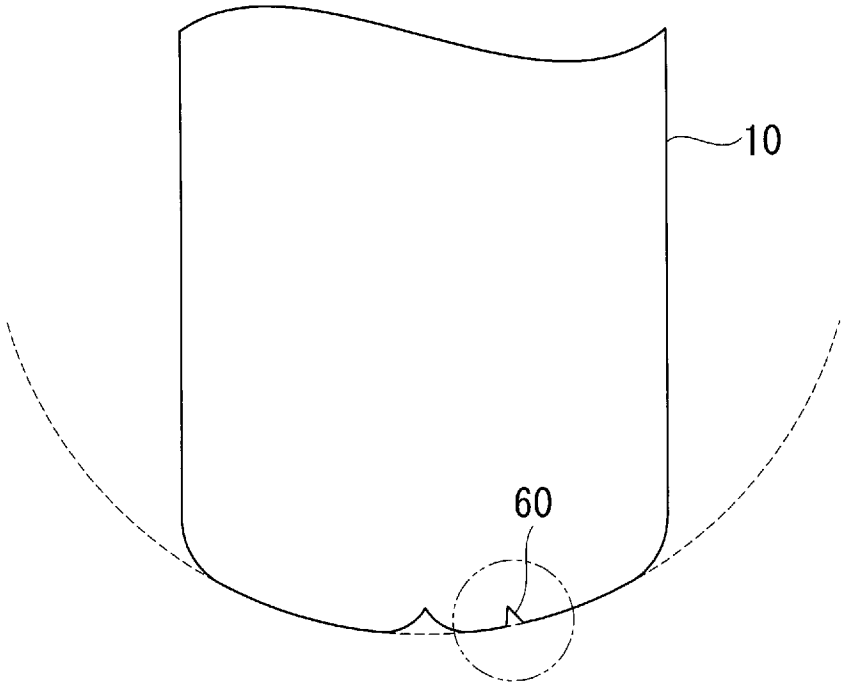
[図6]



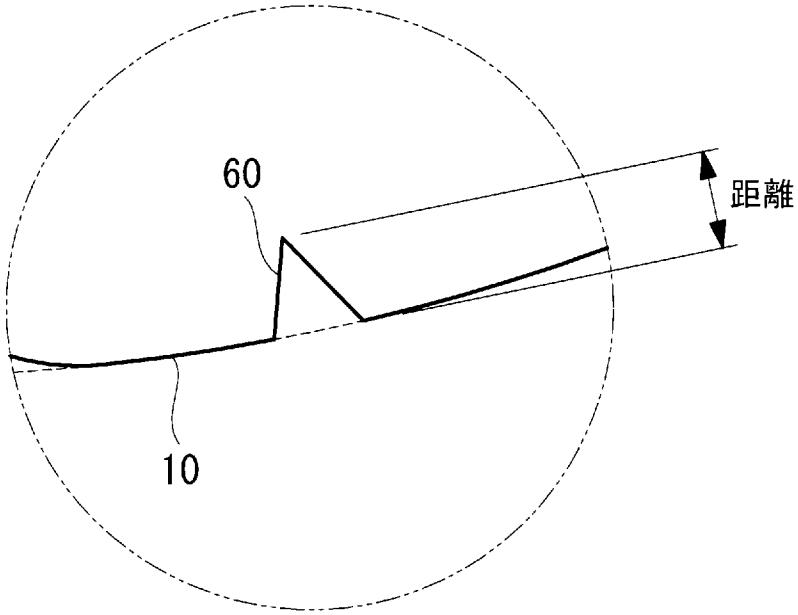
[図7]



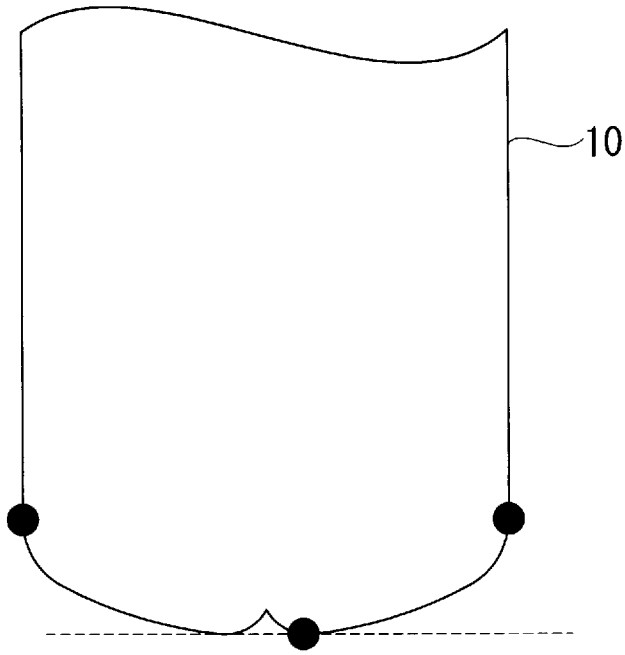
[図8]



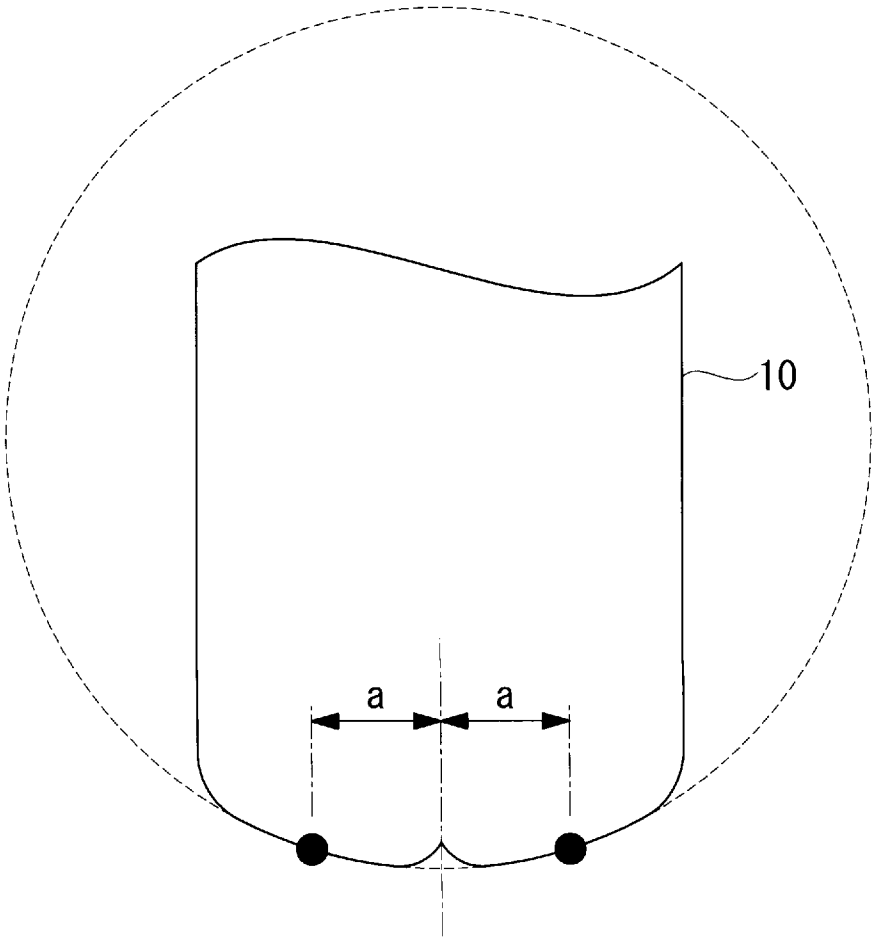
[図9]



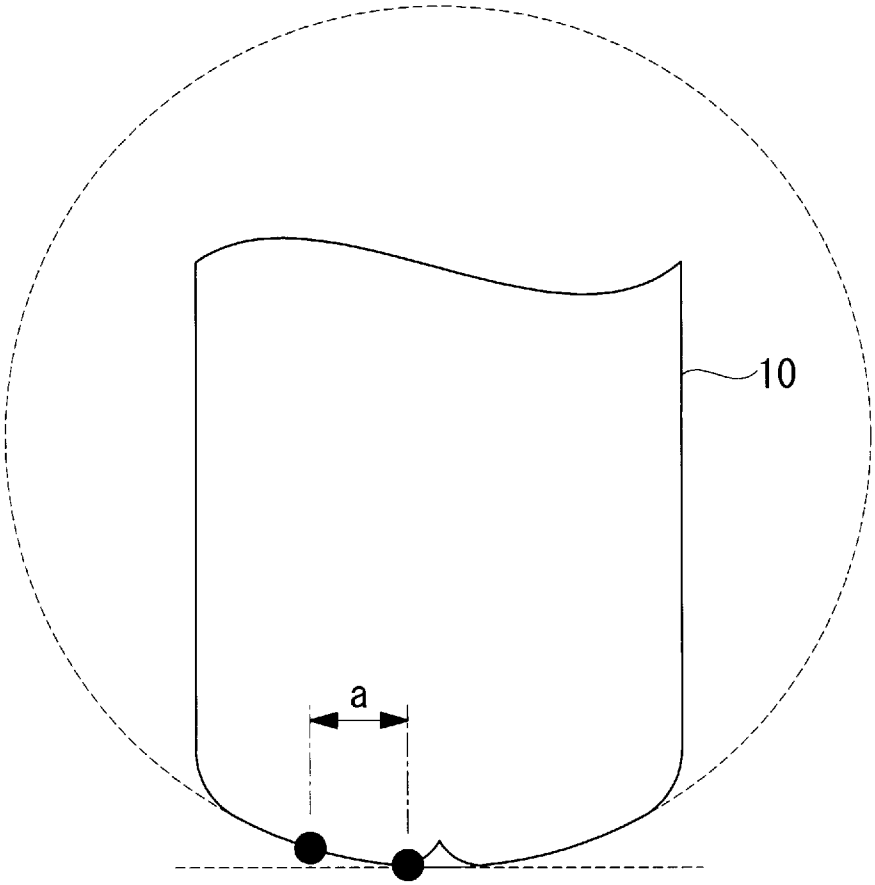
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/050533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23C 5/10(2006.01)i; B23Q 17/20(2006.01)i; B23Q 17/24(2006.01)i; G01B 11/24(2006.01)i
FI: B23Q17/24 Z; B23C5/10 Z; B23Q17/20 B; G01B11/24 K
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)
B23C5/10; B23Q17/20; B23Q17/24; G01B11/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-169961 A (TAKAKO INDUSTRIES, INC.) 18.09.2014 (2014-09-18) claims 1-3, paragraphs [0012]-[0044]	1-6
Y	JP 2016-024048 A (KONICA MINOLTA, INC.) 08.02.2016 (2016-02-08) paragraphs [0032], [0049]	1-6
Y	JP 2013-210334 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 10.10.2013 (2013-10-10) claim 1	1-6
Y	JP 9-41863 A (OKUMURA CORPORATION) 10.02.1997 (1997-02-10) paragraph [0020]	3-6
Y	JP 2017-226035 A (KONICA MINOLTA, INC.) 28.12.2017 (2017-12-28) claim 1, paragraph [0039]	3-6
Y	JP 2016-036869 A (FANUC CORPORATION) 22.03.2016 (2016-03-22) fig. 7	5-6
Y	JP 2001-071209 A (BTT. CO., LTD.) 21.03.2001 (2001-03-21) fig. 1-4, paragraphs [0004]-[0014], [0020]-[0022]	5-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
06 March 2020 (06.03.2020)	24 March 2020 (24.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/050533

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-520064 A (SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB.) 10.06.2010 (2010-06-10) fig. 3	5-6
Y	US 2005/0025584 A1 (KOLKER, Werner) 03.02.2005 (2005-02-03) fig. 1-5	5-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/050533

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-169961 A	18 Sep. 2014	(Family: none)	
JP 2016-024048 A	08 Feb. 2016	(Family: none)	
JP 2013-210334 A	10 Oct. 2013	(Family: none)	
JP 9-41863 A	10 Feb. 1997	(Family: none)	
JP 2017-226035 A	28 Dec. 2017	(Family: none)	
JP 2016-036869 A	22 Mar. 2016	US 2016/0039014 A1 fig. 7, paragraph [0033] DE 102015112577 A1 CN 105373070 A	
JP 2001-071209 A	21 Mar. 2001	(Family: none)	
JP 2010-520064 A	10 Jun. 2010	US 2010/0172703 A1 fig. 3 WO 2008/104538 A1 DE 102007010163 A1	
US 2005/0025584 A1	03 Feb. 2005	EP 1498203 A2 DE 20310713 U1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2019/050533

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23C 5/10(2006.01)i; B23Q 17/20(2006.01)i; B23Q 17/24(2006.01)i; G01B 11/24(2006.01)i
FI: B23Q17/24 Z; B23C5/10 Z; B23Q17/20 B; G01B11/24 K

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23C5/10; B23Q17/20; B23Q17/24; G01B11/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2014-169961 A (株式会社タカコ) 18.09.2014 (2014-09-18) 請求項1-3, 段落[0012]-[0044]	1-6
Y	JP 2016-024048 A (コニカミノルタ株式会社) 08.02.2016 (2016-02-08) 段落[0032],[0049]	1-6
Y	JP 2013-210334 A (三菱マテリアル株式会社) 10.10.2013 (2013-10-10) 請求項1	1-6
Y	JP 9-41863 A (株式会社奥村組) 10.02.1997 (1997-02-10) 段落[0020]	3-6
Y	JP 2017-226035 A (コニカミノルタ株式会社) 28.12.2017 (2017-12-28) 請求項1, 段落[0039]	3-6
Y	JP 2016-036869 A (ファナック株式会社) 22.03.2016 (2016-03-22) 図7	5-6
Y	JP 2001-071209 A (ビーティーティー株式会社) 21.03.2001 (2001-03-21) 図1-4, 段落[0004]-[0014],[0020]-[0022]	5-6

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
06.03.2020	24.03.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
村上　哲 3C 9039
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2010-520064 A (サンドビック インテレクチュアル プロパティー アクティエボラーグ) 10.06.2010 (2010-06-10) 図3	5-6
Y	US 2005/0025584 A1 (KOLKER, Werner) 03.02.2005 (2005-02-03) 図1-5	5-6

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2019/050533

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2014-169961 A	18.09.2014	（ファミリーなし）	
JP 2016-024048 A	08.02.2016	（ファミリーなし）	
JP 2013-210334 A	10.10.2013	（ファミリーなし）	
JP 9-41863 A	10.02.1997	（ファミリーなし）	
JP 2017-226035 A	28.12.2017	（ファミリーなし）	
JP 2016-036869 A	22.03.2016	US 2016/0039014 A1 図7，段落[0033] DE 102015112577 A1 CN 105373070 A	
JP 2001-071209 A	21.03.2001	（ファミリーなし）	
JP 2010-520064 A	10.06.2010	US 2010/0172703 A1 図3 WO 2008/104538 A1 DE 102007010163 A1	
US 2005/0025584 A1	03.02.2005	EP 1498203 A2 DE 20310713 U1	