

(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8月27日(27.08.2020)



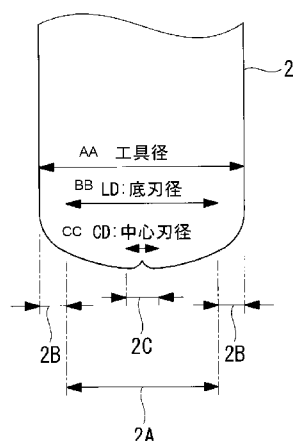
(10) 国際公開番号

WO 2020/170689 A1

- (51) 国際特許分類:
B23C 3/16 (2006.01) B23C 5/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/001817
- (22) 国際出願日: 2020年1月21日(21.01.2020)
- (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 2019-030835 2019年2月22日(22.02.2019) 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, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: END MILL

(54) 発明の名称: エンドミル



AA Tool diameter
BB LD: Bottom blade diameter
CC CD: Center blade diameter

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to perform machining on a double-curved surface to have good finished surface characteristics while achieving high speed feeding. An end mill (2) is provided with a bottom blade (2A) formed in a curved convex and circular arc shape, and a radius blade (2B) located at the edge and formed in a circular arc shape. The bottom blade (2A) has a region where a blade part is not formed on the axis of the end mill (2), and the end mill (2) is further provided with a center blade (2C) in the region of the bottom blade (2A). The center blade (2C) is formed in a circular arc shape with a radius smaller than that of the circular arc part of the bottom blade (2A).

(57) 要約: 複曲面に対して、高送り可能でありながら良好な仕上げ面性状に加工することを目的とする。エンドミル(2)は、曲面凸形状かつ円弧形状に形成された底刃(2A)と、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジウス刃(2B)とを備え、底刃(2A)は、エンドミル(2)の軸上に刃部分が形成されていない領域を有し、底刃(2A)の上記領域において、底刃(2A)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(2C)を更に備える。

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)）

明 細 書

発明の名称：エンドミル

技術分野

[0001] 本開示は、エンドミル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。下記の特許文献1～3には、外周刃及び底刃の両方において曲率を有する工具が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6 2 7 8 1 7 0号公報

特許文献2：米国特許第6 6 8 4 7 4 2号明細書

特許文献3：米国特許出願公開第2 0 1 0 / 0 1 7 2 7 0 3号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 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。

[0006] レンズ工具において、工具中心に切削刃が設けられている場合、切削時、中心では切削速度が0（ゼロ）の領域が発生する。そのため、切削加工の結

果、バリが生じる。

[0007] また、複曲面を有する加工品を形成する場合、CAM制御や加工装置の制約によって、エンドミルを傾けることが困難である。その場合、先端点制御（工具中心制御）によって、切削加工を実施する必要がある。

[0008] ラジアスエンドミルのように、工具中心に切削刃を設けない構成とすることが考えられる。しかし、レンズ工具では、ラジアスエンドミルと異なり、底刃が曲率を有するため、中心近傍が削り残しとなる。その結果、工具中心近傍の刃形状が仕上げ面に転写されてしまう。

[0009] 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、複曲面に対して、高送り可能でありながら良好な仕上げ面性状に加工することが可能なエンドミル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

[0010] 本開示に係るエンドミルは、曲面凸形状かつ円弧形状に形成された底刃と、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備え、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備える。

[0011] 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。

[0012] 上記開示に係るエンドミルにおいて、前記領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径は、加工目標とする形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状に形成されるように設定されてもよい。

[0013] この構成によれば、設定された、エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径によって、加工目標と

する形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状（目標とする形状に基づいて決定される範囲）に形成される。

[0014] 上記開示に係るエンドミルにおいて、前記底刃の円弧部分の半径は、加工目標とする形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状に形成されるように設定されてもよい。

[0015] この構成によれば、設定された底刃の円弧部分の半径によって、加工目標とする形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状に形成される。

[0016] 上記開示に係るエンドミルにおいて、前記領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径は、前記中心刃の切削速度が許容最小切削速度以上となるように設定されてもよい。

[0017] この構成によれば、設定された、エンドミル軸上に刃部分が形成されていない領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径によって、中心刃の切削速度が許容最小切削速度以上となるように設定されている。

[0018] 上記開示に係るエンドミルにおいて、前記中心刃の円弧部分の半径は、切削加工時において擦れが生じないように設定されてもよい。

[0019] この構成によれば、設定された中心刃の円弧部分の半径によって、切削加工時において擦れが生じない。

[0020] 上記開示に係るエンドミルにおいて、前記中心刃の数が、加工目標とする形状のうち面形状部分が要求面粗度以下に形成されるように設定されてもよい。

[0021] この構成によれば、設定された中心刃の数によって、加工目標とする形状のうち面形状部分が要求面粗度以下に形成される。

発明の効果

[0022] 本開示によれば、複曲面に対して、高送り可能でありながら良好な仕上げ面性状に加工することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本開示の一実施形態に係る加工装置を示す構成図である。

[図2]ワークを示す斜視図である。

[図3]ワークを示す部分拡大平面図である。

[図4]本開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルを示す概略図である。

[図5]本開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルの底刃及び中心刃を示す部分拡大概略図である。

[図6]本開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルの底刃及び中心刃を示す部分拡大概略図である。

[図7A]本開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルを示す底面図である。

[図7B]本発明開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルを示す底面図である。

[図7C]本発明開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルを示す底面図である。

[図8]本開示の一実施形態に係る加工装置のエンドミルの底刃及び中心刃を示す部分拡大概略図であり、中心刃において中心刃ノーズ部が設けられていない例を示している。

発明を実施するための形態

[0024] 以下に、本開示に係る実施形態について、図面を参照して説明する。

本開示の一実施形態に係る加工装置1は、図1に示すように、例えば、エンドミル2と、駆動部3と、制御部4を備える。加工装置1は、エンドミル2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。本実施形態における所定の形状は、特に、ワーク50に対して深さ方向に形成された凹状形状である。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] 図1～図3に示すように、例えば、ワーク50は、板状部材であり、ワーク50の強度を確保するため、一面側において高さ方向（厚さ方向）に突出したリブ51が形成され、リブ51に囲まれた領域が薄肉に形成される。この場合、リブ51の最上面以外の領域が、凹状形状を有する。凹状形状は、凹状部分の底部に形成された面形状部分52を有する。そして、凹状形状は

、面形状部分 5 2 とリブ 5 1 の接続部には、強度向上のため、丸みのないピン角とするのではなく、フィレット形状部分 5 3 が設けられる。

[0026] 面形状部分 5 2 は、曲率のない平面でもよいし、曲率を有する曲面形状でもよい。フィレット形状部分 5 3 は、所定の半径を有する円弧形状である。フィレット形状部分 5 3 のうち一端側は、面形状部分 5 2 と連続的に形成され、フィレット形状部分 5 3 のうち他端側は、リブ 5 1 の側壁面を構成する、又は、リブ 5 1 の側壁面と連続的に形成される。

[0027] 面形状部分 5 2 とフィレット形状部分 5 3 の境界部 5 4 は、面形状部分 5 2 の曲率（曲率が 0（ゼロ）である平面の場合を含む。）と、フィレット形状部分 5 3 の曲率とが変化する部分である。

[0028] エンドミル 2 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 5 0 を切削できる。エンドミル 2 は、図 4 に示すように、曲面凸形状に形成された底刃 2 A と、隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジラス刃 2 B とを有し、底刃 2 A は、エンドミル 2 の軸上に底刃 2 A 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 2 は、底刃 2 A 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 2 C を有する。

[0029] 底刃 2 A は、エンドミル 2 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（ラジラス）を有する円弧形状に形成されている。ラジラス刃 2 B は、底刃 2 A の外周側隅部に設けられ、所定の半径（ラジラス）を有する円弧形状に形成されている。底刃 2 A の円弧部分の半径は、エンドミル 2 の工具径（外径）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。

[0030] 駆動部 3 は、複数のモータや、エンドミル 2 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 2 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 2 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。

[0031] 制御部 4 は、例えば、面形成部 5 と、フィレット形成部 6 などとを有する。

[0032] 面形成部 5 は、底刃 2 A によってワーク 5 0 に対して加工目標とする形状のうち面形状部分 5 2 を形成するように駆動部 3 を制御する。フィレット形成部 6 は、ラジラス刃 2 B によってワーク 5 0 に対してフィレット形状部分 5 3 を 1 回のパスで形成するように駆動部 3 を制御する。

[0033] 制御部 4 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。

[0034] ワーク 5 0 に対して加工目標とする形状は、凹状形状であり、凹状形状は、面形状部分 5 2 と、面形状部分 5 2 に隣接するフィレット形状部分 5 3 を有する。

[0035] 次に、本実施形態に係るエンドミル 2 の形状について説明する。

本実施形態のエンドミル 2 によれば、底刃 2 A において、エンドミル 2 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。

[0036] また、エンドミル 2 の軸上に刃部分が形成されていない領域には、中心刃 2 C が、底刃 2 A 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、図 8 に示すように、中心刃 2 C 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。

[0037] エンドミル 2 のラジラス刃 (ノーズ部) 2 B の曲率半径 (ノーズ径) を N

R、底刃（レンズ部）2 Aの曲率半径（レンズ径）をLR、底刃2 Aが占める領域のエンドミル2の軸方向に対して垂直方向の直径（底刃径）をLDとする。

[0038] 図5に示すように、底刃2 Aにおいて、エンドミル2の軸上に刃部分が形成されていない領域のエンドミル2の軸方向に対して垂直方向の直径（中心刃径）をCD、中心刃2 Cの円弧部分の半径（中心刃ノーズ径）をCRとする。中心刃径CDと、中心刃ノーズ径CRは、以下のとおり、決定される。

[0039] 中心刃径CDは、以下の2項目を満たす必要がある。

底刃2 Aにおいてエンドミル2の軸上に刃部分が形成されていないことによって、底刃2 Aにおいて刃部分が形成されている場合に比べて、工具長が短縮する。この工具長短縮量をDlとすると、工具長短縮量Dlは、工具長許容公差I以下とする。

$$Dl \leq I$$

工具長許容公差Iは、加工精度に応じて設定され、例えば0.01mmである。なお、工具長短縮量Dlは、下記の式で表される。

[数1]

$$Dl = h(LR, CD) = \sqrt{LR^2 - \frac{CD^2}{4}} - LR$$

[0040] また、中心刃2 Cの切削速度CVcは、許容切削速度Vclim以上とする。

$$CVc \geq Vclim$$

例えば、許容切削速度Vclimは、切削加工時において、ワークに対する溶着が発生しない切削速度である。中心刃2 Cの切削速度CVcは、下記の式で表される。

[数2]

$$CV_c = i(CD, S) = \pi CD \times S$$

ここで、Sは、エンドミル2の主軸回転数である。

- [0041] 許容切削速度 V_c は、ワークがアルミニウム合金の場合、 $V_{clim} = 100 \text{ m/min}$ 以上とする。加工装置1が高速の回転数を実現できる場合、例えば $S = 30,000 \text{ min}^{-1}$ 以上に到達できるため、中心刃径 CD は、 1 mm 以上とする。

$$CD \geq 1 \text{ mm}$$

- [0042] 工具長短縮量 DI は、レンズ曲率半径 LR と、中心刃径 CD の関数によって定まる値であり、

$$DI = h(LR, CD)$$

である。

したがって、工具長短縮量 DI が所定値 $DI1$ であるときのレンズ曲率半径 LR と、中心刃径 CD の関係である関数 h が定まる。

- [0043] 関数 h によって、レンズ曲率半径 LR ごとに、工具長短縮量 DI が所定値 $DI1$ 以下となる中心刃径 CD の範囲が決まる。よって、工具長短縮量 DI が所定値 $DI1$ 以下となるように、あるレンズ曲率半径 LR について中心刃径 CD を適宜選定すればよい。

- [0044] 中心刃ノーズ径 CR は、中心刃2Cの逃げ量 t に基づいて定まる。

中心刃2Cの逃げ量 t は、中心刃径 CD と、中心刃ノーズ径 CR の関数によって定まる値であり、

[数3]

$$t = g(CD, CR) = CR - \sqrt{CR^2 - \frac{CD^2}{4}}$$

である。

したがって、逃げ量 t が所定値 t_1 であるときの中心刃径 CD と、中心刃ノーズ径 CR の関数 g が定まる。中心刃径 CD に対して、ある逃げ量 t を満たす CR の範囲は、

[数4]

$$CR - \sqrt{CR^2 - \frac{CD^2}{4}} \geq t$$

であるから、

[数5]

$$CR \leq \frac{CD^2}{8t} + \frac{t}{2}$$

である。

[0045] 関数 g によって、中心刃径 CD ごとに、逃げ量 t が所定値 t_1 以上となる中心刃ノーズ径 CR の範囲が決まる。よって、逃げ量 t が所定値 t_1 以上となるように、ある中心刃径 CD について中心刃ノーズ径 CR を適宜選定すればよい。

[0046] 次に、面粗度 CR_z の算出と、中心刃数 n の決定方法について説明する。

面粗度 CR_z は、レンズ曲率半径 LR と、中心刃ノーズ径 CR と、中心刃1刃当たりの送り Cf_z の関数によって定まる値であり、

$$CR_z = f(LR, CR, Cf_z)$$

である。

[0047] 図6に示すように、面粗度 CR_z は、中心刃2Cの断面曲線と、底刃2Aの断面曲線の交点の y 座標である。

中心刃2Cの断面曲線は、

[数6]

$$(x - Cfz)^2 + (y - CR)^2 = CR^2 \quad (x < Cfz)$$

で表される。

底刃 2 A の断面曲線は、

[数7]

$$x^2 + (y - LR)^2 = LR^2 \quad (x > 0)$$

で表される。

したがって、

[数8]

$$CRz = f(LR, CR, Cfz) = \frac{(LR + CR) - \sqrt{4LR CR - Cfz^2}}{2 \left[\left(\frac{LR - CR}{Cfz} \right)^2 + 1 \right]}$$

である。

[0048] 中心刃 1 刃当たりの送り Cfz は、工具 1 刃当たりの送り量 fz と、工具刃数 N と、中心刃数 n によって表される。

[数9]

$$Cfz = fz \times \frac{N}{n}$$

[0049] 面粗度 CRz が最大値となるのは、加工目標とする面形状部分 5 2 が平面であるときであり、要求面粗度 Rz に対して CRz は、以下の式を満たす必要がある。

$$C R z \leq R z \div \alpha$$

ここで、 α は、安全係数であり、例えば4である。

[0050] 上式より $C f z$ の最大値が求まる。このとき、切削送り F は、

$$F = S \times f z \times N$$

で表される。なお、 S は、回転数である。

$f z$ 、 N は、工具、加工機、ワークにより設定された値とすると、中心刃数は、以下の式で決定することができる。

[数10]

$$n = \text{roundup}\left(\frac{fz \times N}{Cfz}, 0\right), n \leq N, fz \leq Cfz$$

以上より、面粗度 $C R z$ が所定値 $C R z 1$ 以下であるときのレンズ曲率半径 $L R$ と、中心刃ノーズ径 $C R$ 、中心刃1刃当たりの送り $C f z$ とに関する関数 f が定まる。

[0051] 中心刃1刃当たりの送り $C f z$ ごとに、面粗度 $C R z$ が所定値 $C R z 1$ 以下であるときのレンズ曲率半径 $L R$ と、中心刃ノーズ径 $C R$ の関数 f が定まる。中心刃1刃当たりの送り $C f z$ が小さい場合は、高い仕上げ面性状を得るため、レンズ曲率半径 $L R$ が小さい場合を除いて、中心刃ノーズ径 $C R$ に関わらず、広範囲のレンズ曲率半径 $L R$ を選定できる傾向にある。他方、中心刃1刃当たりの送り $C f z$ が大きい場合は、高い仕上げ面性状を得るため、中心刃ノーズ径 $C R$ に関わらず、比較的大きいレンズ曲率半径 $L R$ を選定する必要がある。

[0052] 切削送り F を大きくして加工能率を下げずに、面粗度 $C R z$ を小さくして高い仕上げ面性状を得るためには、以下の2通りの対処方法がある。

すなわち、(1) 中心刃1刃当たりの送り $C f z$ が小さい場合、レンズ曲率半径 $L R$ と中心刃ノーズ径 $C R$ の適切な組み合わせを選定して、面粗度 $C R z$ を小さくする方法、(2) 中心刃1刃当たりの送り $C f z$ が大きい場合

、中心刃数 n を適切に選定して、中心刃 1 刃当たりの送り $C f_z$ を小さくする方法がある。

[0053] 以下の表に、工具刃数 N が 4 で、工具刃 1 刃当たりの送り量が f_z である場合に、中心刃数 n を変化させたときの中心刃 1 刃当たりの送り $C f_z$ を示す。また、図 7 A、図 7 B 及び図 7 C には、工具刃数 $N = 4$ で、中心刃数 n がそれぞれ異なるエンドミル 2 の例を示している。図 7 A には、エンドミル 2 において工具刃数 $N = 4$ で中心刃数 $n = 4$ である例を示し、図 7 B には、エンドミル 2 において工具刃数 $N = 4$ で中心刃数 $n = 2$ である例を示し、図 7 C には、エンドミル 2 において工具刃数 $N = 4$ で中心刃数 $n = 1$ である例を示している。

[表1]

刃数 N	4	4	4
中心刃数 n	4	2	1
工具1刃あたり送り f_z	f_z	f_z	f_z
中心刃1刃あたり送り $C f_z$	f_z	$2f_z$	$4f_z$

[0054] 工具刃数 N に対する中心刃数 n の割合が大きいほど、中心刃 1 刃当たりの送り $C f_z$ を小さくすることができる。工具刃数 N に対する中心刃数 n の割合が小さいほど、中心刃 1 刃当たりの送り $C f_z$ が大きくなる。工具刃 1 刃当たりの送り量 f_z を大きくすれば、高速加工が可能になる。したがって、中心刃 1 刃当たりの送り $C f_z$ を小さくするため、工具刃数 N を減らせばよい。しかし、この方法は、レンズ曲率半径 L_R が大きい場合に限られる。

[0055] レンズ曲率半径 L_R が小さい場合は、中心刃数を 1 として工具刃数 N に対する中心刃数 n の割合を小さくしても、所望の仕上げ面性状を得られない場合がある。その場合において、工具刃 1 刃当たりの送り量 f_z や工具刃数 N が加工制約によって変更できないときは、中心刃数 n を増やして、その条件

下で中心刃1刃当たりの送りC f zを小さくする。

[0056] 以上、本実施形態によれば、どのような曲率半径の面形状部分（複曲面）52であっても、良好な仕上げ面性状を得ることができ、効率良く加工することが可能な工具を得ることができる。そして、この工具により、複曲面に対して、高送り可能でありながら良好な仕上げ面性状に加工することができる。

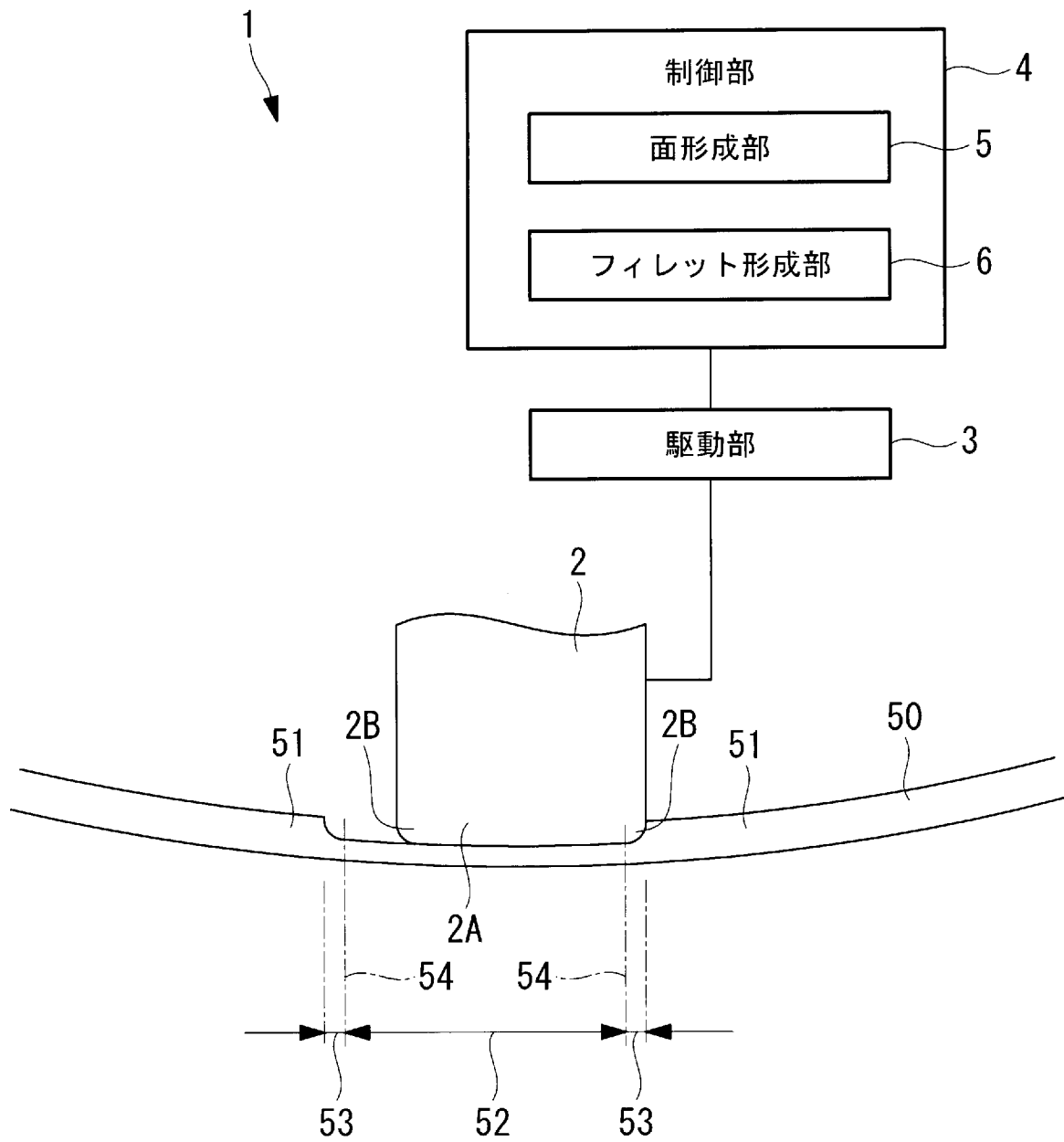
符号の説明

- [0057]
- | | |
|-----|-------------|
| 1 | : 加工装置 |
| 2 | : エンドミル |
| 2 A | : 底刃 |
| 2 B | : ラジアス刃 |
| 2 C | : 中心刃 |
| 3 | : 駆動部 |
| 4 | : 制御部 |
| 5 | : 面形成部 |
| 6 | : フィレット形成部 |
| 5 0 | : ワーク |
| 5 1 | : リブ |
| 5 2 | : 面形状部分 |
| 5 3 | : フィレット形状部分 |
| 5 4 | : 境界部 |

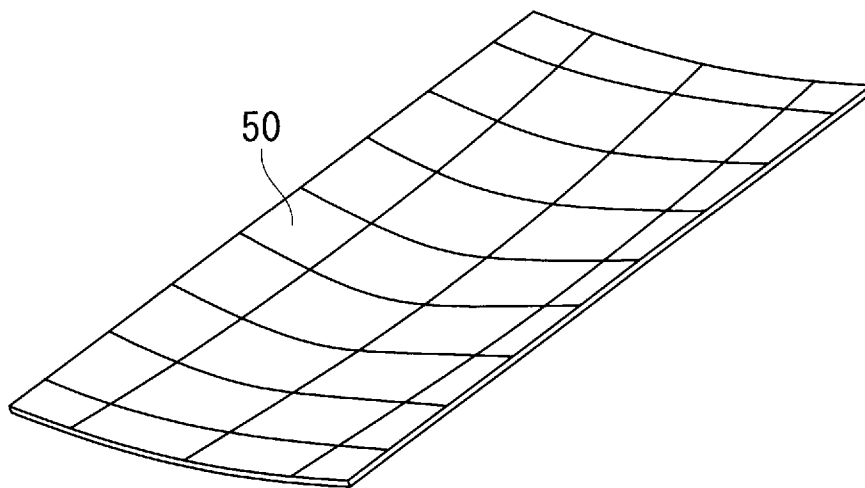
請求の範囲

- [請求項1] 曲面凸形状かつ円弧形状に形成された底刃と、
隅部に設けられて円弧形状に形成されたラジラス刃と、
を備え、
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備えるエンドミル。
- [請求項2] 前記領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径は、加工目標とする形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状に形成されるように設定されている請求項1に記載のエンドミル。
- [請求項3] 前記底刃の円弧部分の半径は、加工目標とする形状のうち面形状部分が目標範囲内の形状に形成されるように設定されている請求項1に記載のエンドミル。
- [請求項4] 前記領域のエンドミル軸方向に対して垂直方向の直径は、前記中心刃の切削速度が許容最小切削速度以上となるように設定されている請求項1に記載のエンドミル。
- [請求項5] 前記中心刃の円弧部分の半径は、切削加工時において擦れが生じないように設定されている請求項2から4のいずれか1項に記載のエンドミル。
- [請求項6] 前記中心刃の数が、加工目標とする形状のうち面形状部分が要求面粗度以下に形成されるように設定されている請求項2から5のいずれか1項に記載のエンドミル。

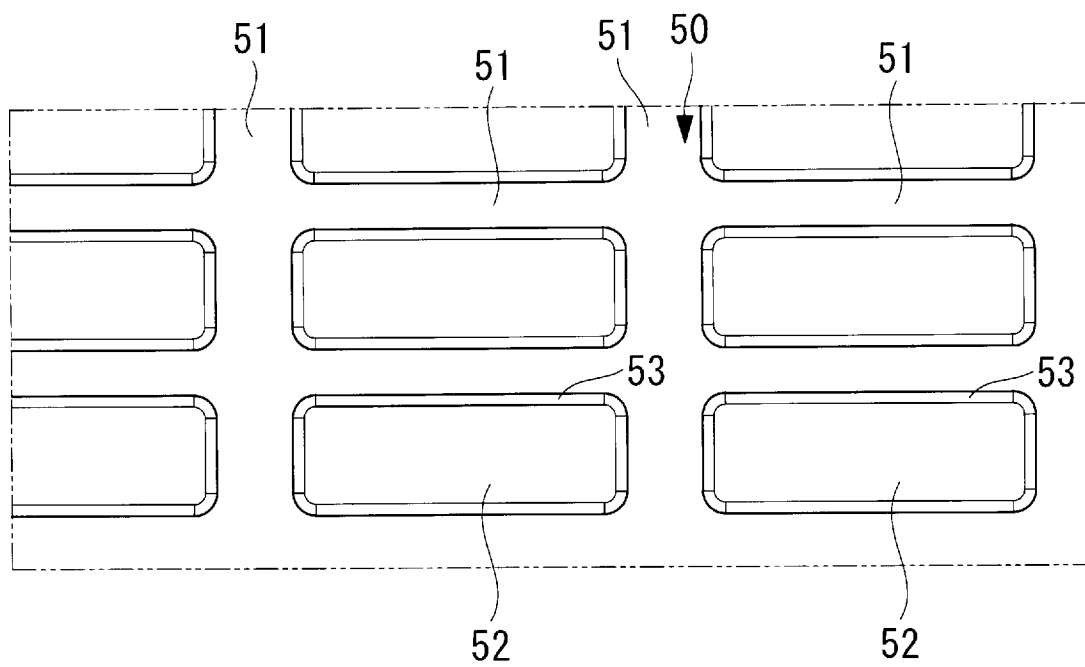
[図1]



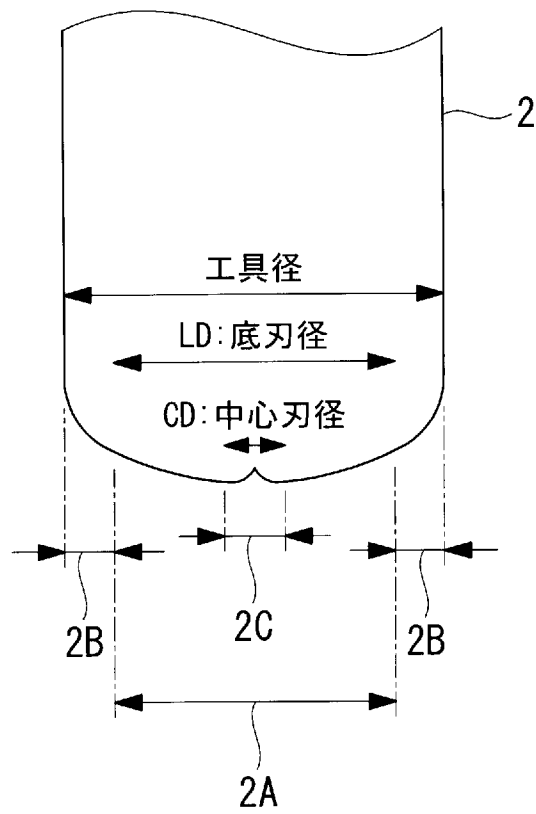
[図2]



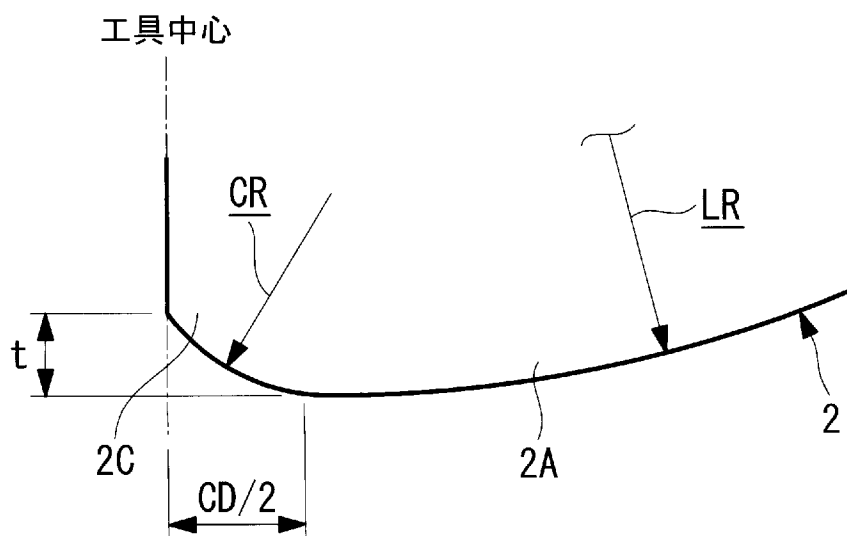
[図3]



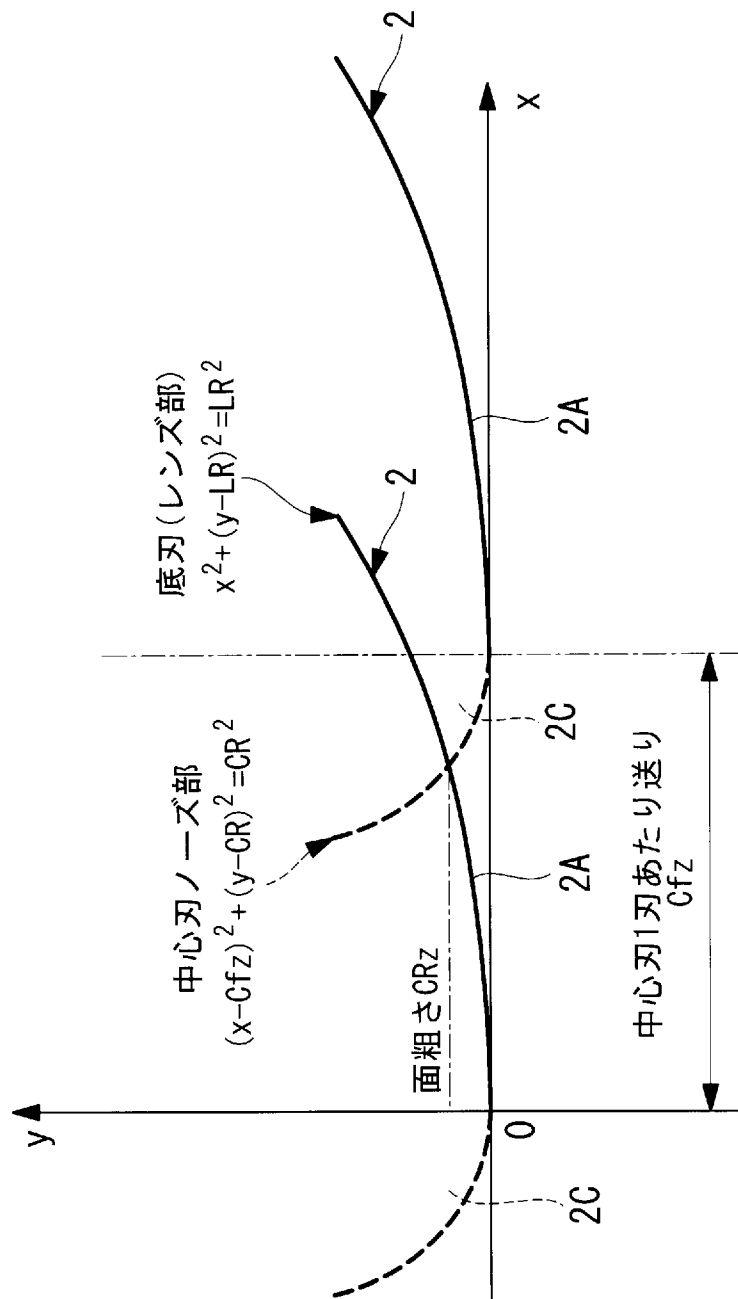
[図4]



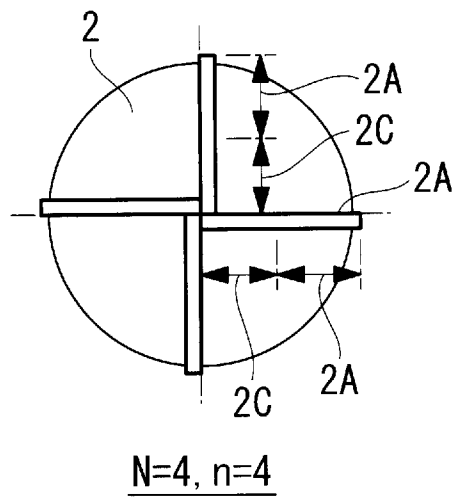
[図5]



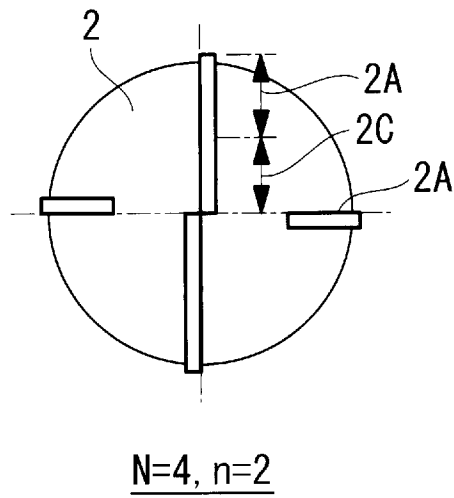
[図6]



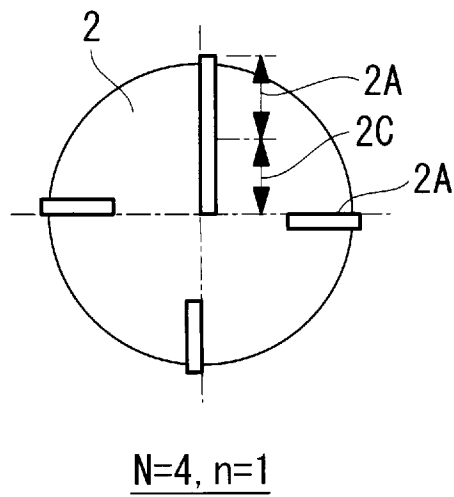
[図7A]



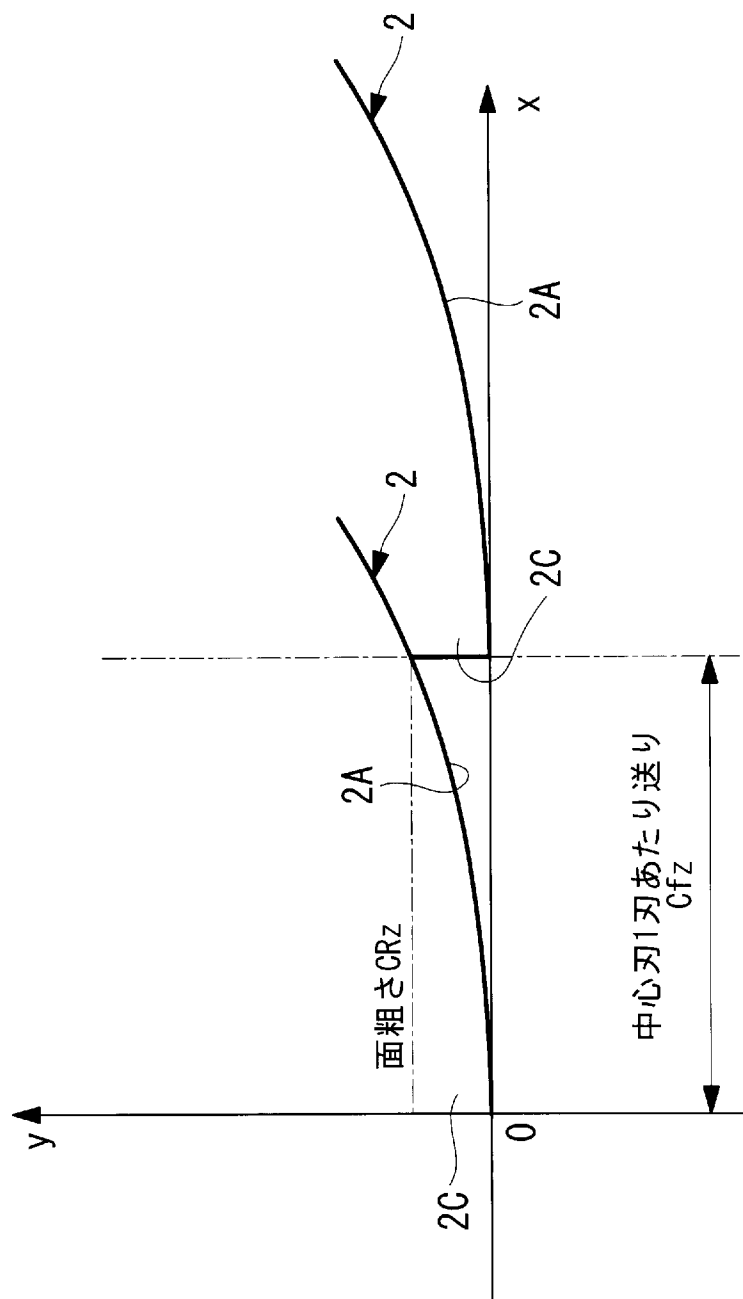
[図7B]



[図7C]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/001817

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B23C3/16 (2006.01) i, B23G5/10 (2006.01) i
FI: B23C5/10 Z, B23C3/16

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)

Int. Cl. B23C3/16, B23C5/10

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.
X	JP 2001-071209 A (BTT KK) 21 March 2001, fig. 1-4,	1-6
Y	paragraphs [0004]-[0014], [0020]-[0022], fig. 1-4, paragraphs [0004]-[0014], [0020]-[0022]	1-6
Y	JP 2010-520064 A (SANDVIK INTELLECTUAL PROPERTY AB) 10 June 2010, fig. 3	1-6
Y	US 2005/0025584 A1 (KOLKER, Werner) 03 February 2005, fig. 1-5	1-6

☐ 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
09.03.2020

Date of mailing of the international search report
31.03.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/001817

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2001-071209 A	21.03.2001	(Family: none)	
JP 2010-520064 A	10.06.2010	US 2010/0172703 A1 fig. 3 WO 2008/104538 A1 DE 102007010163 A1	
US 2005/0025584 A1	03.02.2005	EP 1498203 A2 DE 20310713 U1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23C 3/16(2006.01)i; B23C 5/10(2006.01)i FI: B23C5/10 Z; B23C3/16														
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）） B23C3/16; B23C5/10														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			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				
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												
X	JP 2001-071209 A (ピ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]	1-6												
Y	図1-4, 段落[0004]-[0014], [0020]-[0022]	1-6												
Y	JP 2010-520064 A (サンドビック インテレクチュアル プロパティーズ アクティブエ ラッグ) 10.06.2010 (2010 - 06 - 10) 図3	1-6												
Y	US 2005/0025584 A1 (KOLKER, Werner) 03.02.2005 (2005 - 02 - 03) 図1-5	1-6												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 参考文献のカテゴリー</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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）</td> <td>"&" 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"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</td> <td></td> </tr> </table>			* 参考文献のカテゴリー	"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	"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	"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	"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	"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	"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）	"&" 同一パテントファミリー文献	"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	
* 参考文献のカテゴリー	"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													
"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	"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													
"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	"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													
"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）	"&" 同一パテントファミリー文献													
"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														
国際調査を完了した日 09.03.2020	国際調査報告の発送日 31.03.2020													
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													

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/JP2020/001817

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
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	