

(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
2015 年 12 月 23 日(23.12.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/194272 A1

- (51) 国際特許分類:
B23C 5/10 (2006.01) B23C 5/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/063079
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 1 日(01.05.2015)
- (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 2014-125816 2014 年 6 月 18 日(18.06.2014) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人名古屋大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION NAGOYA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 Aichi (JP). 三菱重工航空エンジン株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES AERO ENGINES, LTD.) [JP/JP]; 〒4850826 愛知県小牧市東田中 1 2 0 0 番地 Aichi (JP). 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目 3 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 社本 英二 (SHAMOTO Eiji); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人

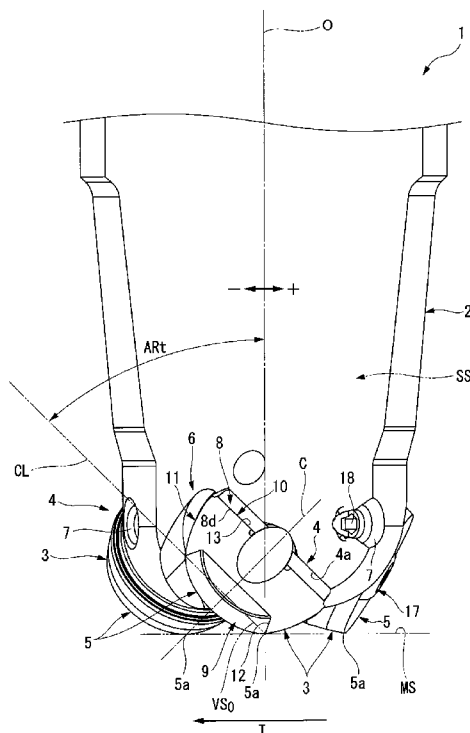
名古屋大学内 Aichi (JP). 鈴木 教和 (SUZUKI Norikazu); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町 1 番 国立大学法人名古屋大学内 Aichi (JP). 長谷川 侑 (HASEGAWA Yu); 〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 堀池 伸和 (HORIIKE Nobukazu); 〒3002795 茨城県常総市古間木 1 5 1 1 番地 三菱マテリアル株式会社 筑波製作所内 Ibaraki (JP). 石川 陽一 (ISHIKAWA Yoichi); 〒3002795 茨城県常総市古間木 1 5 1 1 番地 三菱マテリアル株式会社 筑波製作所内 Ibaraki (JP).

- (74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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,

[続葉有]

(54) Title: ROTATING CUTTING EDGE-TYPE MILLING TOOL AND CUTTING METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: 刃先回転式ミーリング工具及びこれを用いた切削方法



(57) Abstract: In the present invention, a reference plane (SS) is a virtual plane obtained from the trajectory obtained by moving a tangent line that passes a tool tip edge (5a), the edge running along a tool axis (O) of a cutting edge (5), in a virtual circle formed by the rotation of the tool tip edge (5a) in a tool circumferential direction about the tool axis (O), so that the tangent line is moved parallel to the tool axis (O) towards the tool base end side in the tool axis (O) direction. Here, an angle (ARt) is in the range of -30° to -60°, the angle being an angle at which a cross line (CL) of the reference plane (SS) and a cutting edge virtual plane (VS0) comprising the cutting edge (5) is inclined with respect to the tool axis (O) projected onto the reference plane (SS), and at the same time an angle (RR) is in the range of -30° to -75°, the angle being an angle at which a cutting edge tangent line of the cutting edge (5) extending so as to pass through the tool tip edge (5a) and go outward in a predetermined tool radial direction, which is among the tool radial directions orthogonal to the tool axis (O) and passes through the tool tip edge (5a), is inclined with respect to the predetermined tool radial direction.

(57) 要約: 切れ刃 (5) のうち工具軸線 (O) 方向に沿う工具先端縁 (5a) が、工具軸線 (O) 回りの工具周方向に回転して形成される仮想円における工具先端縁 (5a) を通る接線を、工具軸線 (O) 方向に沿う工具基端側に向けて工具軸線 (O) に平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面 (SS) としたときに、該基準平面 (SS) と、切れ刃 (5) を含む切れ刃仮想平面 (VS0) との交差線 (CL) が、基準平面 (SS) 上に投影された工具軸線 (O) に対して傾斜する角度 ARt が、-30°~-60°の範囲であり、かつ、工具軸線 (O) に直交する工具径方向のうち工具先端縁 (5a) を通る所定の工具径方向に対して、

該工具先端縁 (5a) を通り工具径方向の外側へ向かうように延びる切れ刃 (5) の刃先接線が傾斜する角度 RR が、-30°~-75°の範囲である。



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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

刃先回転式ミーリング工具及びこれを用いた切削方法

技術分野

[0001] 本発明は、工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具、及びこれを用いて被削材を切削する切削方法に関するものである。

本願は、2014年6月18日に日本国に出願された特願2014-125816号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、耐熱合金などの難削材等を被削材とするミーリング加工（転削加工）に用いられる刃先回転式ミーリング工具（ロータリーミーリング工具）として、例えば下記特許文献1、2に示されるような、工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなし外周縁に切れ刃を備えた切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着されたものが知られている。

[0003] 刃先回転式ミーリング工具では、切削インサートにおいてインサート軸線方向の両側を向く表裏面のうち、表面が、工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置されてすくい面とされ、裏面が、工具回転方向の後方を向くように配置されるとともに、インサート取付座に着座される。

そして、切削時には、切削インサートが被削材に切り込んで加工する際に切れ刃が受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）によって、インサート取付座に対して切削インサートがインサート軸線回りに従動回転するようになっている。これにより、切れ刃の所定部分のみが連続的に切削に供されることが抑制されているとともに、該切れ刃の部分的な切れ味の低下や刃先欠損等を防止するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第3 2 6 4 5 4 0号公報

特許文献2：特表2 0 1 1－5 1 5 2 3 1号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記従来の刃先回転式ミーリング工具では、下記の課題を有していた。

すなわち、特許文献1、2の刃先回転式ミーリング工具では、インサート取付座に装着された切削インサートの切れ刃が被削材に切り込んで加工する際に受ける力によって、切削インサートの回転軸等（特許文献1における軸部3 2及びボール8や、特許文献2における支承ピン9）が変形、摩耗、破損等するおそれがあった。特に、難削材の重切削加工等において、このような問題が生じやすかった。

また、この種の刃先回転式ミーリング工具では、インサート取付座に装着された切削インサートをインサート軸線回りに安定して従動回転させることに、改善の余地があった。

[0006] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、切削インサートの回転軸等の回転支持体の変形、摩耗、破損等を防止でき、かつ、インサート取付座に装着された切削インサートをインサート軸線回りに安定して従動回転させることができ、これにより、切削の加工精度を安定して高められ、工具寿命を延長できる刃先回転式ミーリング工具及びこれを用いた切削方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0007] このような課題を解決して、前記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提案している。

すなわち、本発明は、工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形

成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具であって、前記切削インサートは、前記インサート軸線に交差する表裏面と、これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、前記表裏面のうち、表面が、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置され、裏面が、前記工具回転方向の後方を向くように配置されるとともに、前記インサート取付座に着座され、前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成され、前記切れ刃のうち前記工具軸線方向に沿う工具先端縁が、前記工具軸線回りの工具周方向に回転して形成される仮想円における前記工具先端縁を通る接線を、前記工具軸線方向に沿う工具基端側に向けて前記工具軸線に平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面としたときに、該基準平面と、前記切れ刃を含む切れ刃仮想平面との交差線が、前記基準平面上に投影された前記工具軸線に対して傾斜する角度 AR_t が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲であり、かつ、前記工具軸線に直交する工具径方向のうち前記工具先端縁を通る所定の工具径方向に対して、該工具先端縁を通り工具径方向の外側へ向かうように延びる前記切れ刃の刃先接線が傾斜する角度 RR が、 $-30^\circ \sim -75^\circ$ の範囲であることを特徴とする。

また本発明は、工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具であって、前記切削インサートは、前記インサート軸線に交差する表裏面と、これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、前記表裏面のうち、表面が、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置され、裏面が、前記工具回転方向の後方を向くように配置されるとともに、前記インサート取付座に着座され、前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成され、前記切れ刃のうち前記工具軸線方向に沿う工具先端縁が、前記工具軸線回りの工具周方向に回転して形成される仮想

円における前記工具先端縁を通る接線を、前記工具軸線方向に沿う工具基端側に向けて前記工具軸線に平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面としたときに、該基準平面と、前記切れ刃を含む切れ刃仮想平面との交差線が、前記基準平面上に投影された前記工具軸線に対して傾斜する角度 AR_t が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲であり、かつ、前記工具軸線に直交する工具径方向のうち前記工具先端縁を通る所定の工具径方向に対して、該工具先端縁を通り工具径方向の外側へ向かうように延びる前記切れ刃の刃先接線が傾斜する角度 RR が、 $-20^\circ \sim 30^\circ$ の範囲であることを特徴とする。

また本発明は、工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具を用いて被削材を切削する切削方法であって、前記切削インサートは、前記インサート軸線に交差する表裏面と、これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、前記表裏面のうち、表面を、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置し、裏面を、前記工具回転方向の後方を向くように配置するとともに、前記インサート取付座に着座させ、前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成されており、前記インサート軸線に直交するインサート径方向のうち、切削加工時に被削材から前記切削インサートに分布して作用する力を集中荷重とみなしたときの該集中荷重の作用点を通る所定のインサート径方向と、前記切れ刃と、の交点を切削代表点とし、前記切削代表点を通る前記切れ刃の接線に垂直な第1の仮想平面と、前記接線及び前記切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線を含む第2の仮想平面と、の交線に沿う方向であって、前記工具回転方向の後方に向かう方向を主分力方向とし、切削加工時に被削材から前記切削インサートが受ける力のうち、前記切削代表点における前記主分力方向に沿う分力を主分力とし、該主分力方向に垂直で前記インサート径方向の内側へ向かう背分力方向に沿う分力を背分力としたときに、前記第1の仮想

平面の面内で、前記主分力と前記背分力との合力の向きに対して、前記インサート軸線が傾斜する角度を、 $\pm 20^\circ$ の範囲内に設定することを特徴とする。

[0008] 本発明に係る刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法によれば、工具本体のインサート取付座に装着された切削インサートのインサート軸線の向きが、切削代表点を通る切れ刃の接線に垂直な第1の仮想平面内において、切削インサートの切れ刃が被削材に切り込んで加工する際に受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のうち主分力と背分力との合力（合成切削力）の向きに平行となるように設定されているので、切削インサートのインサート軸線上に位置する回転軸や、該切削インサートをインサート径方向の外側から回転自在に支持するラジアル軸受等の回転支持体が、前記合力によってインサート径方向から（つまり回転軸等の回転支持体のせん断方向から）押圧されるようなことが十分に抑制されるとともに、前記合力を、切削インサートの裏面を介してインサート取付座に効率よく逃がすことが可能となる。これにより、切削インサートの回転軸等の回転支持体の変形、摩耗、破損、過大な摩擦トルクの発生等が防止される。尚、「過大な摩擦トルクの発生の防止」とは、例えば切削インサートをインサート径方向の外側からラジアル軸受等の回転支持体により回転自在に支持する場合に、摩擦トルクが大きくなり過ぎて回転しにくくなる現象を防止することを意味している。

つまり、刃先回転式ミーリング工具による所望の切削加工（所定の切削条件等）に応じて決定される、切れ刃上の切削代表点に対して、切削加工時に被削材から作用する合力の向きに平行となるように、予めインサート軸線の傾きを決めてやることで、切削インサートの回転支持体への負荷を、安定的かつ顕著に低減できるのである。

[0009] ここで、本明細書でいう「切削代表点」について説明する。

切削加工時に、工具本体に装着された切削インサートの切れ刃が被削材に切り込んで加工する際に受ける力は、流出する切屑を含めて該切削インサ-

トが被削材と接触する領域全体に分布する荷重（分布荷重）であるが、このような分布荷重により切削インサートが受ける力とモーメント（インサート中心から見たモーメント）に基づいて、前記分布荷重が集中荷重であるとみなした場合（仮定した場合）に、該集中荷重の作用点（分布荷重の重心に相当する点）を通る所定のインサート径方向と、切れ刃との交点を、本明細書では「切削代表点」という。具体的には図 12 において、切削加工時に被削材から切削インサート 3 に作用する分布荷重を集中荷重とみなした場合の該集中荷重の作用点 P を通る所定のインサート径方向 I D と、円形状をなす切れ刃 5 との交点 5 c が、切削代表点である。また切削代表点は、切れ刃のうち切削加工時に切削力の平均的な作用点に最も近くなる点であるともいえる。切削代表点は、切削インサートの切れ刃上に位置するが、切削インサートがインサート軸線回りに従動回転する場合にも、切削インサートとともに回転移動することはなく、工具に対する相対位置は変化しない。尚、例えば工具軸線方向の切込みが変化した場合には、力の作用点が変わるため、それとともに移動する。

また、「切削代表点における瞬間的な切削方向」とは、この切削代表点において、工具と被削材の間の相対的な瞬間速度の方向であり、主に工具の回転に伴って回転移動する。

また、「第 1 の仮想平面の面内で、前記主分力と前記背分力との合力の向きに対して、前記インサート軸線の延在する向きが、平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定される（つまり平行となるように設定される）」とは、具体的には、この刃先回転式ミーリング工具を用いた想定し得る切削条件の範囲内において、前記第 1 の仮想平面の面内で（切削代表点を通る切れ刃の接線方向から見て）、前記合力の向きに対してインサート軸線が傾斜する角度が、 $\pm 20^\circ$ の範囲内であることを指す。つまり、インサート軸線と、前記合力の向きとの 2 直線間に形成される角度が $\pm 20^\circ$ の範囲内であり、これを「平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定される」と表している。尚、好ましくは、前記角度は $\pm 10^\circ$ であり、より望ましくは、

前記角度は $\pm 5^\circ$ であって、前記角度が 0° である場合に、前記合力の向きに対してインサート軸線が平行である（平行に設定される）。

尚、上述の、前記合力の向きに対してインサート軸線が傾斜する角度が、 $\pm 20^\circ$ の範囲内とは、前記合力の向きとインサート軸線との間に形成される角度が、 20° 以下であることを指す。また、前記合力の向きに対してインサート軸線が傾斜する角度が、 $\pm 10^\circ$ の範囲内とは、前記合力の向きとインサート軸線との間に形成される角度が、 10° 以下であることを指す。また、前記合力の向きに対してインサート軸線が傾斜する角度が、 $\pm 5^\circ$ の範囲内とは、前記合力の向きとインサート軸線との間に形成される角度が、 5° 以下であることを指す。

[0010] また、前記合力の向きに対してインサート軸線の延在する向きを「平行」のみに限定せず、若干の角度範囲を設けているのは、下記の理由による。

すなわち、前記合力の向きは、例えば切削インサートのすくい面形状、切れ刃の刃先処理及び摩耗状態、被削材の摩擦係数、切削条件（切込み、送り等）などにより変化することが考えられ、そのため当該合力の向きに対してインサート軸線の延在する向きを正確に平行に設定することは困難であるので、本発明による効果が十分に得られる範囲として、「平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定される」としている。

[0011] また、上述のように切削インサートの回転軸等の回転支持体がインサート径方向から押圧されにくくなっているため、この切削インサートが被削材に切り込んで加工する際に切れ刃が受ける力によって、インサート取付座に対して該切削インサートがインサート軸線回りに安定して従動回転させられる。

[0012] 尚、切れ刃が被削材に切り込む際に受ける力のうち、主分力及び背分力以外の送り分力（切れ刃の切削代表点を通る接線方向へ向かう分力、切削代表点を通り前記第1の仮想平面に直交する向きの分力）については、スラスト滑り軸受部材等の回転機構との間の摩擦力と概ねキャンセルして従動回転を生み出す役割を担っており、切削インサートの回転軸等の回転支持体を押圧

する力は該送り分力以外の力に比べて十分に小さいことから、切削インサートの回転支持体をインサート径方向から押圧する力としては概ね無視することができ、つまり送り分力によって切削インサートの回転支持体に強い押圧力が作用することはないので、前記第1の仮想平面の面内でインサート軸線が前記合力の向きに平行となるように延びていることによって、上述の作用効果を安定的に得ることができる。

[0013] また上述のように、切削インサートのインサート軸線の延在する向きと、前記合力の向きとが互いに略平行であることから、具体的にこのインサート軸線は、工具回転方向の前方に向かうに従い漸次工具軸線方向の先端側へ向けて傾斜して延びている（つまり前傾している）か、又は／及び、工具回転方向の前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びていることになる。従って、インサート取付座に、この切削インサートを従動回転させるためのスラスト滑り軸受部材等の回転機構を配設するスペースを容易に確保できる。具体的に、このようにインサート軸線が傾斜して延びていることで、特に複数の切削インサートを装着してなる多刃の刃先回転式ミーリング工具において、工具軸線回りに隣り合うインサート取付座同士の間隔が狭くなりがちな場合であっても、前記回転機構を配設するスペースを容易に確保することが可能になる。

また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具によれば、角度 AR_t が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲とされ、かつ、角度 RR が、 $-30^\circ \sim -75^\circ$ の範囲とされるので、切削インサートが被削材に切り込んで加工する際に切れ刃が受ける力によって、インサート取付座に対して切削インサートがインサート軸線回りにより安定して従動回転しやすくなり、前述の効果がさらに顕著なものとなる。

本明細書でいう前記角度 AR_t とは、切削に用いられる切れ刃の工具先端縁における瞬間的な切削方向を考慮したアキシャルレーキ角である。図6に示される基準平面 SS に沿う縦断面視において、角度 AR_t が－（マイナス）のときは、負（ネガ）のアキシャルレーキ角であり、＋（プラス）のとき

は、正（ポジ）のアキシャルレーキ角である。具体的に、図6において角度 AR_t が－であるとき、交差線 CL は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の前方へ向けて延びる。また、角度 AR_t が＋であるとき、特に図示していないが交差線 CL は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の後方へ向けて延びる。尚、角度 AR_t は、切削インサートの切れ刃に隣接するすくい面形状を考慮していない角度であることから、見かけ上のアキシャルレーキ角であるといえる。図6においては、工具軸線 O が、角度 AR_t （アキシャルレーキ角）＝ 0° の基準面に一致する。尚、前記基準面とは、切れ刃 5 の工具先端縁 $5a$ における瞬間的な切削方向に垂直な仮想平面である。

また、前記角度 RR とは、切削に用いられる切れ刃の工具先端縁におけるラジアルレーキ角である。図1及び図20に示されるように、工具軸線 O 方向の先端から基端側へ向けて刃先回転式ミーリング工具1、31を見た正面視において、角度 RR が－（マイナス）のときは、負（ネガ）のラジアルレーキ角であり、＋（プラス）のときは、正（ポジ）のラジアルレーキ角である。具体的に、図1において角度 RR が－であるとき、刃先接線 $L2$ は、工具先端縁 $5a$ から工具径方向の外側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の後方へ向けて延びる。また、図20において角度 RR が＋であるとき、刃先接線 $L2$ は、工具先端縁 $5a$ から工具径方向の外側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の前方へ向けて延びる。図1及び図20においては、所定の工具径方向 D が、角度 RR （ラジアルレーキ角）＝ 0° の基準面に一致する。

そして、上述した角度 AR_t の範囲、かつ角度 RR の範囲となるように切削インサートがインサート取付座に装着されることで、切削インサートの従動回転が安定して得られ、すくい面摩耗等が顕著に抑制されて、工具寿命をより延長する効果が期待できる。

具体的に、角度 AR_t が上記範囲外である場合（ -30° より大きい、又は -60° より小さい場合）には、第1の仮想平面の面内でインサート軸線の向きと前記合力の向きとを互いに平行となるように維持することが難しく

なり、前記合力による切削インサートの回転軸（回転支持体）への負荷（インサート径方向からの押圧力）が抑制されにくくなって、上述した効果が安定して得られにくくなるおそれがある。

また角度 $R R$ が、上記範囲外である場合、具体的には角度 $R R$ が -30° より大きい場合（かつ -20° より小さい場合）には、上記角度 $A R t$ との組み合わせによって切削インサートを安定的に従動回転させる効果が得られにくくなるおそれがある。また、角度 $R R$ が -75° より小さい場合には、切削加工時の切削力が大きくなってびびり振動が生じやすくなるおそれがある。

また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具によれば、角度 $A R t$ が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲とされ、かつ、角度 $R R$ が、 $-20^\circ \sim 30^\circ$ の範囲とされるので、切削インサートが被削材に切り込んで加工する際に切れ刃が受ける力によって、インサート取付座に対して切削インサートがインサート軸線回りにより安定して従動回転しやすくなり、前述の効果がさらに顕著なものとなる。

そして、上述した角度 $A R t$ の範囲、かつ角度 $R R$ の範囲となるように切削インサートがインサート取付座に装着されることで、切削インサートの従動回転が安定して得られ、すくい面摩耗等が顕著に抑制されて、工具寿命をより延長する効果が期待できる。

具体的に、角度 $A R t$ が上記範囲外である場合（ -30° より大きい、又は -60° より小さい場合）には、第1の仮想平面の面内でインサート軸線の向きと前記合力の向きとを互いに平行となるように維持することが難しくなり、前記合力による切削インサートの回転軸への負荷（インサート径方向からの押圧力）が抑制されにくくなって、上述した効果が安定して得られにくくなるおそれがある。

また角度 $R R$ が、 -20° より小さい場合（かつ -30° より大きい場合）には、上記角度 $A R t$ との組み合わせによって切削インサートを安定的に従動回転させる効果が得られにくくなるおそれがある。また角度 $R R$ が、3

0°より大きい場合には、切削加工時にびびり振動が生じやすくなったり、切削インサートの外周面（逃げ面）が被削材に干渉しやすくなり工具本体の工具軸線回りの単位回転あたりの工具径方向へ向けた移動量（つまり送り量 f_z ）を確保しにくくなったりするおそれがある。尚、前記送り量 f_z を確保する目的で切削インサートの外周面の逃げ角を大きくした場合には、切れ刃の刃物角を十分に確保しにくくなって刃先欠損等が生じるおそれがある。

[0014] 以上より、本発明によれば、切削インサートの回転軸等の回転支持体の変形、摩耗、破損等を防止でき、かつ、インサート取付座に装着された切削インサートをインサート軸線回りに安定して従動回転させることができ、これにより、切削の加工精度を安定して高められ、工具寿命を延長できるのである。

[0015] また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具において、前記切削インサートの前記表面のうち、前記インサート径方向に沿う前記切れ刃の内側には、該切れ刃から前記インサート径方向の内側へ向かうに従い漸次前記インサート軸線方向に沿う前記表面から前記裏面側へ向けて傾斜するテーパ状のすくい面が形成されていることとしてもよい。

[0016] 上述したように、例えば、インサート軸線が工具回転方向の前方に向かうに従い漸次工具軸線方向の先端側へ向けて傾斜して延びている場合には、見かけ上のアキシャルレーキ角（角度 A_R ）が負（ネガ）の装着姿勢でインサート取付座に切削インサートが装着されることになるが、本発明の上記構成によれば、実質的なアキシャルレーキ角は前記見かけ上のアキシャルレーキ角よりも正（ポジ）側に設定されて、切れ刃の切れ味が安定して高められることになる。

また、インサート軸線が工具回転方向の前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びている場合には、見かけ上のラジアルレーキ角（角度 R_R ）が負（ネガ）の装着姿勢でインサート取付座に切削インサートが装着されることになるが、本発明の上記構成によれば、実質的なラジアルレーキ角は前記見かけ上のラジアルレーキ角よりも正（ポジ）側に設定さ

れて、切れ刃の切れ味が安定して高められることになる。

また、インサート軸線が工具回転方向の前方に向かうに従い漸次工具軸線方向の先端側及び工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びている場合にも、上記同様の効果が得られる。

[0017] また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具において、前記切削インサートの前記外周面には、前記切れ刃から前記インサート軸線方向に沿う前記表面から前記裏面側へ向かうに従い漸次前記インサート径方向の外側へ向けて傾斜するテーパ状の逃げ面が形成されていることとしてもよい。

[0018] この場合、上述の装着姿勢でインサート取付座に切削インサートを装着しても、切れ刃の刃物角を大きく確保することができ、刃先欠損等が防止される。

[0019] また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具において、前記切削インサートには、前記インサート軸線上を延びて前記表裏面に開口する貫通孔が形成されており、前記貫通孔よりも小径とされ、該貫通孔内に挿通されて前記インサート取付座に取り付けられる軸部と、前記貫通孔よりも大径とされ、前記表面との間に隙間をあけて配置される頭部と、を有する回転軸が設けられ、前記インサート取付座に対する前記回転軸の前記インサート軸線方向に沿う位置が調整可能であり、前記インサート取付座に対する前記回転軸の前記インサート軸線方向に沿う移動を規制可能な規制部を備えたこととしてもよい。

[0020] この場合、切削インサートは、その貫通孔に挿通された回転軸（回転支持体）の軸部にインサート径方向の内側から支持されつつインサート取付座に対して従動回転し、かつ、回転軸の頭部によって抜け止めされている。そして、インサート取付座に対する回転軸のインサート軸線方向に沿う位置を調整することで、該回転軸の頭部と切削インサートの表面との間の隙間（クリアランス）を所望の値とすることができ、この調整後には、規制部によってインサート取付座に対する回転軸のインサート軸線方向に沿う移動を規制できる。

[0021] すなわちこの構成によれば、例えば、インサート取付座に切削インサートを従動回転可能に支持するスラスト滑り軸受部材等の回転機構を設ける場合に、該回転機構の摩耗（損耗）状況に応じて回転軸をインサート軸線方向に進退して位置を微調整した後、固定でき、よってインサート取付座に対する切削インサートの従動回転がより安定的に維持される。

[0022] また、本発明に係る刃先回転式ミーリング工具において、前記インサート取付座は、前記インサート軸線を中心とする軸対称形状の取付面を有することとしてもよい。

[0023] この場合、インサート取付座の取付面が、インサート軸線を中心（中心軸）とする軸対称形状とされることから、具体的にこの取付面は、例えばインサート軸線に垂直な円形平面状、インサート軸線を中心軸とする円錐面状、球面状や、これら各形状の組み合わせ形状とされる。これにより、切削インサートからインサート取付座に伝達される前記合力を、該インサート取付座の取付面全体で分散して受けることができるとともに、該取付面における局所的な摩耗等が防止されて、上述の作用効果が長期に亘り安定して得られることになる。

発明の効果

[0024] 本発明の刃先回転式ミーリング工具及びこれを用いた切削方法によれば、切削インサートの回転軸等の回転支持体の変形、摩耗、破損等を防止でき、かつ、インサート取付座に装着された切削インサートをインサート軸線回りに安定して従動回転させることができ、これにより、切削の加工精度を安定して高められ、工具寿命を延長できる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本発明の第1実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具を示す正面図（刃先回転式ミーリング工具を工具軸線方向から先端面を正面に見た図）である。

[図2]図1の刃先回転式ミーリング工具のA矢視を示す側面図である。

[図3]図1の刃先回転式ミーリング工具のB矢視を示す側面図である。

[図4]図3の要部を拡大して示す図である。

[図5]図1の刃先回転式ミーリング工具のE-E断面を示す側断面図である。

[図6]図5の要部を拡大して示す図である。

[図7]本発明の第1実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具の要部の分解斜視図である。

[図8]本発明の第1実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具の工具本体の先端部を拡大して示す斜視図である。

[図9A]本発明の第1、第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具に装着される切削インサートの、インサート軸線方向から表面を正面に見た上面図である。

[図9B]本発明の第1、第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具に装着される切削インサートの、インサート径方向から外周面を正面に見た側面図である。

[図10]図9Bの切削インサートの側断面図（縦断面図）である。

[図11]刃先回転式ミーリング工具に装着した切削インサートの諸角度を示す図である。

[図12]切削インサートの切れ刃が被削材に切り込む際に、該切れ刃の部分により切削される切削断面の形状を示す拡大図であり、この切れ刃上の切削代表点を説明する図である。

[図13]切削代表点を通る切れ刃の接線に垂直な第1の仮想平面の面内で、主分力と背分力との合力の向きと、インサート軸線の延在する向きとが略平行に設定されることを説明する図である。

[図14A]切削代表点が工具先端縁（5a）にある場合の、第2の仮想平面（加工面）及び切削の傾斜角を説明する斜視図である。

[図14B]切削代表点が工具先端縁（5a）にある場合の、第2の仮想平面（加工面）及び切削の傾斜角を説明する斜視図である。

[図15]切削代表点が工具先端縁と工具外径端縁との間の中間点（5c）にある場合の、第2の仮想平面（加工面）及び切削の傾斜角を説明する斜視図である。

ある。

[図16]切削インサートをインサート軸線方向から表面を正面に見た正面図であり、切削代表点を説明する図である。

[図17]第1、第2実施形態の刃先回転式ミーリング工具の切削インサートを、安定的に従動回転させるための角度 ARt 、角度 RR を幾何学的に求めるためのグラフであり、切り込み量 $da = 0.5$ の場合の一例を示している。

[図18]本発明の第1、第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具において、切削インサートを安定して従動回転させるのに適した角度 ARt と角度 RR の範囲を説明するグラフである。

[図19]本発明の第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具を示す斜視図である。

[図20]本発明の第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具を示す正面図（刃先回転式ミーリング工具を工具軸線方向から先端面を正面に見た図）である。

[図21]図20の刃先回転式ミーリング工具のG矢視を示す側面図である。

[図22]図20の刃先回転式ミーリング工具を、切削インサートの切れ刃の工具先端縁（切削代表点）を通る接線方向から見た側面図である。

[図23]図22の要部を拡大して示す図である。

[図24]第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具の切削インサートのクランプ機構を説明する部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0026]（第1実施形態）

以下、本発明の第1実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具1及びこれを用いた切削方法について、図面を参照して説明する。

図1～図8に示されるように、本実施形態の刃先回転式ミーリング工具1は、鋼等で形成された工具本体2と、超硬合金等の硬質材料で形成された切削インサート3と、を備えており、工具軸線O回りに回転する工具本体2の先端外周部に形成されたインサート取付座4に、円板状をなす切削インサー

ト3がそのインサート軸線C回りに回転自在とされて、着脱可能に装着される。切削インサート3は円形状の切れ刃5を有する、所謂丸駒インサートであり、該切削インサート3がインサート取付座4に装着された状態で、切れ刃5は工具本体2の先端側及び径方向外側に向けて突出される。

[0027] 刃先回転式ミーリング工具1は、その工具本体2の基端部が工作機械（不図示）の主軸に取り付けられ、工具軸線O回りの工具回転方向Tに回転させられて、耐熱合金などの難削材等の被削材の切削加工（特に重切削加工）に供される。この刃先回転式ミーリング工具1は、切削インサート3が被削材に切り込んで加工する際に切れ刃5が受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）によって、インサート取付座4に対して該切削インサート3がインサート軸線C回りに従動（受動）的に回転する、ロータリーミーリング工具である。

[0028] ここで、本明細書においては、工具本体2の工具軸線O方向に沿うインサート取付座4側を工具先端側又は単に先端側（図2～図6における下側）といい、工具軸線O方向に沿うインサート取付座4とは反対側（工作機械の主軸側）を工具基端側又は単に基端側（図2～図6における上側）という。また、工具軸線Oに直交する方向を工具径方向といい、工具軸線O回りに周回する方向を工具周方向という。また前記工具周方向のうち、切削時に工具本体2が回転させられる向きを工具回転方向T又は工具回転方向Tの前方といい、工具回転方向T（の前方）とは反対側へ向かう方向を工具回転方向Tの後方という。また、切削インサート3のインサート軸線Cに直交する方向をインサート径方向といい、インサート軸線C回りに周回する方向をインサート周方向という。

[0029] 工具本体2は、円柱状又は円盤状をなしており、その中心軸である工具軸線O回りに回転可能とされている。図示の例では、工具本体2は円柱状をなしており、該工具本体2の先端部（刃部）に比べて、該先端部以外の部位（シャンク部）が大径に形成されている。本実施形態では、工具本体2の先端部は、工具先端側へ向かうに従い漸次縮径されて、テーパ状をなしている。

[0030] 工具本体 2 の先端外周部には、工具周方向に間隔をあけて、該先端外周部から凹状に切り欠かれるように複数のチップポケット 6 が形成されている。これらチップポケット 6 において、工具回転方向 T を向く壁面には、切削インサート 3 が着脱可能に装着されるインサート取付座 4 がそれぞれ形成されている。

[0031] 図 8 において、インサート取付座 4 には、工具回転方向 T を向く取付面 4 a と、取付面 4 a の周縁部から立ち上がる規制面 4 b と、取付面 4 a に穿設された回転軸装着穴 4 c と、該インサート取付座 4 と切削インサート 3 との間にクーラント（切削油剤）を噴出するクーラント孔（不図示）と、が形成されている。また図 6 及び図 7 に示されるように、本実施形態では、インサート取付座 4 には、切削インサート 3 と取付面 4 a との間に介装されるシート状のスラスト滑り軸受部材（回転機構） 8 が設けられている。

[0032] 図 8 において取付面 4 a は、切削インサート 3 の形状に対応して略円形平面状に形成されており、具体的にこの取付面 4 a は、インサート軸線 C を中心とする軸対称形状となっている。尚、本明細書でいう「軸対称形状」とは、厳密に軸対称形状とされている構成を含むのは勿論のこと、概ね軸対称の形状となっている構成をも含んでいる。図 3 に示される工具本体 2 の側面視（インサート取付座 4 の側面視）で、取付面 4 a は、工具本体 2 の先端側（図 3 における下側）に向かうに従い漸次工具回転方向 T の後方へ向かって傾斜している。また本実施形態では、取付面 4 a は、工具径方向の外側に向かうに従い漸次工具回転方向 T の後方へ向かって傾斜している。

[0033] 規制面 4 b は、取付面 4 a における工具本体 2 の基端側の端縁から工具回転方向 T の前方へ向けて立ち上がるとともに、工具先端側を向く平面状の壁面とされている。インサート取付座 4 の取付面 4 a を正面に見て、規制面 4 b は直線状に延びている。

[0034] 回転軸装着穴 4 c は、多段円柱穴状をなしており、該回転軸装着穴 4 c において取付面 4 a に開口する端部（開口部）の内径は、該開口部以外の部位の内径よりも一段大きくなっている。回転軸装着穴 4 c のうち前記開口部以

外の部位は、雌ネジ加工が施された雌ネジ部とされている。

また、工具本体 2 の先端部において工具周方向に隣り合うインサート取付座 4 同士の間には、該先端部の外周面に開口するとともに、工具径方向に沿うように延びて回転軸装着穴 4 c 内に連通するネジ孔 7 が形成されている。

[0035] 前記クーラント孔は、工具本体 2 の内部を通して、該工具本体 2 の基端部に装着される工作機械の主軸に連通されている。また、インサート取付座 4 の取付面 4 a を正面に見て、前記クーラント孔の中心軸は、切削インサート 3 のインサート周方向に沿うように（インサート周方向の接線方向に沿って）延びているとともに、取付面 4 a に開口された該クーラント孔から噴出するクーラントの向きが、インサート取付座 4 に対する切削インサート 3 の従動回転方向に沿うように設定されている。

[0036] 図 7 において、スラスト滑り軸受部材（滑り軸受部材）8 は円板状をなしており、その厚さ方向（スラスト滑り軸受部材 8 の中心軸方向）を向く一対の円形面の中心には、該スラスト滑り軸受部材 8 を貫通して形成された孔 8 a が開口している。また、スラスト滑り軸受部材 8 の外周面の一部には、該スラスト滑り軸受部材 8 を厚さ方向から見た正面視で直線状に切り欠かれた切り欠き部 8 b が形成されている。また、スラスト滑り軸受部材 8 には、該スラスト滑り軸受部材 8 を厚さ方向に貫通するクーラント流通孔 8 c が形成されている。

[0037] 本実施形態のように、インサート取付座 4 にスラスト滑り軸受部材 8 が設けられる場合には、該スラスト滑り軸受部材 8 において厚さ方向を向く一対の円形面のうち、切削インサート 3 が着座される一方の円形面 8 d が、インサート取付座 4 における取付面とされる。すなわち、インサート取付座 4 がスラスト滑り軸受部材 8 を備える場合には、切削インサート 3 の裏面（工具回転方向 T の後方を向く面）10 は、該インサート取付座 4 のスラスト滑り軸受部材 8 において工具回転方向 T の前方を向く一方の円形面（取付面）8 d に着座されることになる。また、一方の円形面 8 d は、インサート軸線 C を中心とする軸対称形状とされている。

[0038] スラスト滑り軸受部材 8 が取付面 4 a 上に配設された状態で、孔 8 a は回転軸装着穴 4 c に連通し、クーラント流通孔 8 c は前記クーラント孔に連通する。また、切り欠き部 8 b は規制面 4 b に対向配置されるとともに係止可能とされ、これにより取付面 4 a に対するスラスト滑り軸受部材 8 のインサート周方向の回転が規制されるようになっている。

[0039] 本実施形態では、切削時に、切削インサート 3 が被削材に切り込んで加工する際に切れ刃 5 が受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のみによって、インサート取付座 4 に対して切削インサート 3 を従動回転させるのではなく、前記クーラント孔からクーラント流通孔 8 c を通して噴出するクーラントを該切削インサート 3 の着座面 1 3 に当てることによって、この切削インサート 3 が所定のインサート周方向へ向けてより従動回転しやすいようにしている。

尚、本実施形態では、インサート取付座 4 がスラスト滑り軸受部材 8 を備えている例について説明したが、これに限定されるものではなく、例えばインサート取付座 4 が、スラスト滑り軸受部材 8 の代わりにスラスト転がり軸受部材（転がり軸受部材）を備えていてもよい。この場合、切削インサート 3 の裏面 1 0 は、インサート取付座 4 のスラスト転がり軸受部材において工具回転方向 T の前方を向く取付面に着座されることになる。さらに、インサート取付座 4 にこれら軸受部材が設けられておらず、切削インサート 3 の裏面 1 0 が、直接工具本体 2 の取付面 4 a に着座されることとしてもよい。

[0040] 図 9 A、図 9 B 及び図 1 0 に示されるように、切削インサート 3 は、インサート軸線 C に交差する（インサート軸線 C に略直交する）表裏面 9、1 0 と、これら表裏面 9、1 0 の周縁同士を接続する外周面 1 1 と、を有している。尚、本明細書でいう「インサート軸線 C に交差する表裏面 9、1 0」とは、インサート軸線 C が表裏面 9、1 0 に開口する後述する貫通孔 1 4 内に配置されつつも、該インサート軸線 C がこれら表裏面 9、1 0 の中心（仮想中心）を貫いている状態を指す。また、外周面 1 1 は、表裏面 9、1 0 の周縁同士を、インサート軸線 C 方向に沿うように延びて繋いでいる。

図1～図6に示されるように、切削インサート3が工具本体2のインサート取付座4に装着された状態で、表裏面9、10のうち、表面9が、工具回転方向Tの前方を向くように配置され、裏面10が、工具回転方向Tの後方を向くように配置されるとともに、インサート取付座4（本実施形態ではインサート取付座4のスラスト滑り軸受部材8）に着座される。

[0041] 図9A、図9B及び図10において、表面9の周縁には、インサート周方向に沿って延びる円形状をなし、インサート軸線Cに直交する切れ刃仮想平面VS₀上に配置された切れ刃5が形成されているとともに、切れ刃5は、表面9における該切れ刃5以外の部位よりもインサート軸線C方向に突出している。

[0042] また図10において、表面9における切れ刃5のインサート径方向の内側には、該切れ刃5からインサート径方向の内側へ向かうに従い漸次インサート軸線C方向に沿う表面9から裏面10側へ向けて傾斜するテーパ状のすくい面12が形成されている。尚、本明細書では、インサート軸線C方向のうち表面9から裏面10側へ向かう方向を、単にインサート軸線C方向に沿う裏面10側ということがある。また、インサート軸線C方向のうち裏面10から表面9側へ向かう方向を、単にインサート軸線C方向に沿う表面9側ということがある。

図10に示される切削インサート3のインサート軸線Cを含む縦断面視で、切れ刃仮想平面VS₀に対してすくい面12が傾斜する角度 α は、例えば35°～50°の範囲とされている。表面9における切れ刃5及びすくい面12以外の部位は、インサート軸線Cに垂直な平面状をなしている。

[0043] また、裏面10における外周縁部は、該外周縁部以外の部位よりも一段窪まされている。裏面10における前記外周縁部以外の部位は、インサート取付座4の取付面（本実施形態ではスラスト滑り軸受部材8の円形面8d）に着座する着座面13とされている。本実施形態では、着座面13は、インサート取付座4の取付面がインサート軸線Cに垂直な平面状をなしているのに対応して、インサート軸線Cに垂直な平面状をなしている。

[0044] 切削インサート3には、インサート軸線C上を延びて表裏面9、10に開口する貫通孔14が形成されている。図9A及び図10において、貫通孔14におけるインサート軸線C方向の両端部は、該両端部以外の部位よりも大径となっている。また図示の例では、貫通孔14の前記両端部以外の部位は、インサート軸線C方向の全体に亘って略一定の内径とされている。

[0045] また、切削インサート3の外周面11には、表面9の外周端縁をなす切れ刃5からインサート軸線C方向に沿う表面9から裏面10側へ向かうに従い漸次インサート径方向の外側へ向けて傾斜するテーパ状の逃げ面15が形成されている。切削インサート3のインサート軸線Cを含む縦断面視で、インサート軸線C（に平行な仮想直線）に対して逃げ面15が傾斜する角度 β は、例えば $10^{\circ} \sim 35^{\circ}$ の範囲とされている。

[0046] 切削インサート3の外周面11において、逃げ面15よりもインサート軸線C方向に沿う裏面10側に位置する部分には、該逃げ面15よりもインサート軸線Cに対する傾斜が緩やかな二番取り面16が形成されている。すなわち、逃げ面15におけるインサート軸線C方向に沿う単位長さあたりのインサート径方向への変位量に比べて、二番取り面16における前記変位量が小さくなっている。また、外周面11におけるインサート軸線C方向に沿う裏面10側の端部は、インサート軸線Cを中心とする円筒面状をなしている。このような構成により、切削インサート3の外周面11は、インサート軸線C方向に沿う表面9から裏面10側へ向かって拡径している。

また、図10に示される縦断面視で、すくい面12と逃げ面15との間に形成される切れ刃5を中心とする刃物角 γ は、例えば $65^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の範囲とされている。

[0047] また図7において、この刃先回転式ミーリング工具1は、切削インサート3をインサート取付座4に回転自在に装着するための切削インサートのクランプ機構として、回転軸（回転支持体）17及び規制部を備えている。回転軸17は、切削インサート3の貫通孔14及びスラスト滑り軸受部材8の孔8aよりも小径とされ、これら貫通孔14内及び孔8a内に挿通されてイン

サート取付座４に取り付けられる軸部１７ａと、貫通孔１４よりも大径とされ、表面９との間に隙間をあけて配置される頭部１７ｂと、を有している。

[0048] 軸部１７ａにおける頭部１７ｂとは反対側の端部は、該端部以外の部位よりも小径とされているとともに、雄ネジ加工が施された雄ネジ部となっている。軸部１７ａの雄ネジ部が回転軸装着穴４ｃの雌ネジ部に螺着されることで、回転軸１７がインサート取付座４に対して着脱可能に装着され、前記雌ネジ部に対する前記雄ネジ部のねじ込み量を調整することで、インサート取付座４に対する回転軸１７のインサート軸線Ｃ方向に沿う位置が調整可能となっている。

[0049] また、工具本体２のネジ孔７にイモネジ１８をねじ込み、該イモネジ１８の先端を回転軸１７の軸部１７ａに当接させることで、インサート取付座４に対する回転軸１７のインサート軸線Ｃ方向に沿う移動を規制可能となっており、これらネジ孔７及びイモネジ１８を有する規制部が構成されている。尚、本実施形態ではイモネジ１８の先端が、軸部１７ａのうち前記雄ネジ部以外の部位に当接されている（図２４を参照）。

[0050] 図３～図６に示されるように、本実施形態の例では、インサート取付座４に切削インサート３が装着された状態で、該切削インサート３のインサート軸線Ｃは、工具回転方向Ｔの前方に向かうに従い漸次工具先端側へ向けて傾斜して延びている。ただし本発明はこれに限定されるものではなく、切削インサート３のインサート軸線Ｃは、工具回転方向Ｔの前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びていてもよい。或いは、切削インサート３のインサート軸線Ｃは、工具回転方向Ｔの前方に向かうに従い漸次工具回転方向Ｔの前方かつ工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びていてもよい。具体的に、インサート軸線Ｃが傾斜する向きは、下記の切削代表点が設定されることにより決められることになる。ただし、インサート軸線Ｃの傾斜の向きは、切削代表点が決定されることにより一義的に決まるわけではなく、例えば切削インサート３をより従動回転させやすくするための傾斜の向きなども考慮して決定される。

[0051] 図12～図15に示されるように、インサート軸線Cに直交するインサート径方向のうち、切削加工時に被削材から切削インサート3に分布して作用する力を集中荷重とみなしたとき（集中荷重と近似した場合）の該集中荷重の作用点Pを通る所定のインサート径方向IDと、切れ刃5と、の交点を切削代表点（後述する符号5a、5b、5cのいずれか）とし、この切削代表点を通る切れ刃5の接線L2に垂直な第1の仮想平面VS₁と、前記接線L2及び前記切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線L1を含む第2の仮想平面VS₂と、の交線Lに沿う方向（図13における左右方向）であって、工具回転方向Tの後方に向かう方向（図13における右方向）を主分力方向とし、切削加工時に被削材から切削インサート3が受ける力のうち、前記切削代表点における前記主分力方向に沿う分力を主分力F1とし、該主分力方向に垂直でインサート径方向の内側へ向かう背分力方向（図13における上方向）に沿う分力を背分力F2としたときに、図13に断面図として示される第1の仮想平面VS₁の面内で、主分力F1と背分力F2との合力F3の向きに対して、インサート軸線Cの延在する向きが、平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定されている（つまり略平行に設定されている）。

尚、図13において符号F4で示される力は、切れ刃5が被削材に切り込んで加工する際に受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のうち、該切れ刃5の前記切削代表点を通る接線L2方向へ向かう分力（つまり前記切削代表点を通り第1の仮想平面VS₁に直交する向きの分力）であり、この分力を本明細書では送り分力F4と呼ぶ。本実施形態においては、送り分力F4は工具径方向の外側へ向かうように設定されている。

[0052] ここで、本明細書でいう前記「切削代表点」について説明する。

切削加工時に、工具本体2に装着された切削インサート3の切れ刃5が被削材に切り込んで加工する際に該切削インサート3が受ける力は、被削材に切り込んだ切削インサート3の切り込み領域（図12にハッチングで示され

る領域、「切削断面」とも呼ばれる）を含む、すくい面 1 2 と被削材・切屑の接触領域（一般に切屑は、前記切り込み領域から切削インサート 3 の略中心方向に向かって、すくい面 1 2 上を接触しながら流出する）全体に分布する荷重（分布荷重）であるが、このような分布荷重により切削インサート 3 が受ける力とモーメント（インサート中心から見たモーメント）に基づいて、前記分布荷重が集中荷重であるとみなした場合（仮定した場合）に、該集中荷重の作用点（分布荷重の重心に相当する点）P を通る所定のインサート径方向 I D と、切れ刃 5 との交点を、本明細書では「切削代表点」という。具体的には図 1 2 において、切削加工時に被削材から切削インサート 3 に作用する分布荷重を集中荷重とみなした場合の該集中荷重の作用点が符号 P で示されており、該作用点 P を通る所定のインサート径方向 I D と、円形状をなす切れ刃 5 との交点 5 c が、切削代表点である。また切削代表点は、切れ刃 5 のうち切削加工時に切削力の平均的な作用点に最も近くなる点であるともいえる。切削代表点は、切削インサート 3 の切れ刃 5 上に位置するが、切削インサート 3 がインサート軸線 C 回りに従動回転する場合にも、切削インサート 3 とともに回転移動することではなく、工具に対する相対位置は変化しない。尚、例えば工具軸線 O 方向の切込みが変化した場合には、力の作用点 P が変化するため、それとともに移動する。

また、「切削代表点における瞬間的な切削方向」とは、この切削代表点において、工具と被削材の間の相対的な瞬間速度の方向であり、主に工具の回転に伴って回転移動する。

尚、図 1 2 において符号 f で表されるものは一刃あたりの送り量に依存する量であり、刃先回転式ミーリング工具 1 の工具本体 2 が工具径方向に送りを与えられることで、工具回転方向 T の前方に位置する切削インサート 3 の切れ刃 5（2 点鎖線で表される切れ刃 5）が被削材を切削した後に、該切れ刃 5 の工具回転方向 T の後方に位置する別の（現在の）切削インサート 3 の切れ刃 5（実線で表される切れ刃 5）が、図 1 2 にハッチングで示される領域を切削するようになっている。尚、上記「一刃あたりの送り量に依存する

量 f 」とは、一般にいう送り量 f_z とは異なるものであり、工具回転位置、インサート軸線Cの取り付け角度にも依存するため、上記のように呼称することとした。

[0053] また切削代表点は、工具本体2に装着された切削インサート3の切れ刃5全周のうち、工具軸線O方向に沿う先端に位置する部分（工具先端縁5a）と、工具径方向に沿う外端に位置する部分（工具外径端縁5b）との間の、中心角 90° の円弧状部分（切れ刃5の円周を1とした場合の $1/4$ 円弧）における所定位置に設定されている。

[0054] より詳しくは、例えば、刃先回転式ミーリング工具1による所望の切削加工の種類が「正面削り加工」等の場合には、切れ刃5上の切削代表点は、工具先端縁5aに近い位置である。また、所望の切削加工の種類が「肩削り加工」等の場合には、切れ刃5上の切削代表点は、工具外径端縁5bに近い位置である。また、所望の切削加工の種類が、正面削り加工及び肩削り加工の複合加工である「R削り加工」等の場合には、切れ刃5上の切削代表点は、工具先端縁5aと工具外径端縁5bとの間に位置する中間点5cである。

つまり切削代表点とは、所期する切削加工により予め決定され得る切れ刃5上の所定位置（所定範囲）であり、本実施形態ではこの切削代表点における主分力 F_1 と背分力 F_2 との合力 F_3 の向きに対して、インサート軸線Cの傾きを、略平行に設定するのである。

[0055] ここで、本明細書でいう「第1の仮想平面 VS_1 の面内で、主分力 F_1 と背分力 F_2 との合力 F_3 の向きに対して、インサート軸線Cの延在する向きが、平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定される（つまり平行となるように設定される）」とは、具体的には、この刃先回転式ミーリング工具1を用いた想定し得る切削条件の範囲内において、前記第1の仮想平面 VS_1 の面内で（切削代表点を通る切れ刃5の接線 L_2 方向から見て）、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線Cが傾斜する角度が、 $\pm 20^\circ$ の範囲内であることを指す。つまり、インサート軸線Cと、合力 F_3 の向きとの2直線間に形成される角度が $\pm 20^\circ$ の範囲内であり、これを「平行に設定又は所定

の微小角度をなすように設定される」と表している。尚、好ましくは、前記角度は $\pm 10^\circ$ であり、より望ましくは、前記角度は $\pm 5^\circ$ であって、前記角度が 0° である場合に、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C が平行である（平行に設定される）。

尚、上述の、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C が傾斜する角度が、 $\pm 20^\circ$ の範囲内とは、合力 F_3 の向きとインサート軸線 C との間に形成される角度が、 20° 以下であることを指す。また、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C が傾斜する角度が、 $\pm 10^\circ$ の範囲内とは、合力 F_3 の向きとインサート軸線 C との間に形成される角度が、 10° 以下であることを指す。また、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C が傾斜する角度が、 $\pm 5^\circ$ の範囲内とは、合力 F_3 の向きとインサート軸線 C との間に形成される角度が、 5° 以下であることを指す。

[0056] また、合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C の延在する向きを「平行」のみに限定せず、若干の角度範囲を設けているのは、下記の理由による。

すなわち、合力 F_3 の向きは、例えば切削インサート 3 のすくい面 12 形状、切れ刃 5 の刃先処理及び摩耗状態、被削材の摩擦係数、切削条件（切込み、送り等）などにより変化することが考えられ、そのため当該合力 F_3 の向きに対してインサート軸線 C の延在する向きを正確に平行に設定することは困難であるので、本発明による効果が十分に得られる範囲として、「平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定される」としている。

[0057] 本実施形態の刃先回転式ミーリング工具 1 では、合力 F_3 とインサート軸線 C とが略平行になることを簡単に説明する都合上、切れ刃 5 上の切削代表点を工具先端縁 $5a$ に設定した一例を用いている。

すなわち、図 1 に示される切削インサート 3 の切れ刃 5 の工具先端縁 $5a$ （本実施形態における切削代表点）を通る接線 L_2 方向から見たものが、図 3 及び図 4 であり、この接線 L_2 方向視（接線 L_2 に垂直な第 1 の仮想平面 V_{S_1} の面内）で、主分力 F_1 と背分力 F_2 との合力 F_3 の向きが、インサート軸線 C に平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定されている。

[0058] また、図4において符号MSで示されるものは、この刃先回転式ミーリング工具1により切削加工される被削材の加工面である。

ここで、本明細書でいう加工面MSとは、切れ刃5の切削代表点を通る接線L2、及びこの切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線（図1に符号L1で示される仮想円VCの接線）を含む仮想平面（つまり上述した第2の仮想平面VS₂）を指していて、円板状の切削インサート3によって実際に加工される凹曲面のうち、切削代表点を含む微小範囲を平面状に延展して表した、本発明を説明するための仮想の構成要素（概念）である。そして、図4に示される接線L2方向視で、加工面MS（第2の仮想平面VS₂）に対してインサート軸線Cが傾斜する角度（傾斜角） θ が、例えば20°～70°の範囲である。

[0059] ここで、角度 θ の範囲については、所望の切削加工条件により設定される合力F3の向きに応じてインサート軸線Cの傾きを決定することで基準を設け、該基準となる角度に対して若干の振り幅（プラスマイナスの角度範囲）を設けることが好ましい。例えば、基準となる角度が45°である場合には、角度 θ は45°±20°の範囲が好ましく、より望ましくは45°±5°の範囲である（例えば、図17のグラフ中に示される角度AR_nの範囲（切れ刃5の切削代表点が工具先端縁5aにある場合の角度 θ に相当する角度範囲）を参照）。

[0060] また、図5及び図6は、図1に示される刃先回転式ミーリング工具1の工具径方向のうち、切れ刃5の工具先端縁5aを通る所定の工具径方向Dから見たE-E断面である。

図1において、切れ刃5のうち工具先端縁5a（切削代表点）が、工具周方向に回転して形成される仮想円VCにおける前記工具先端縁5aを通る接線L1（瞬間的な切削方向に沿う仮想直線）を、工具基端側に向けて工具軸線Oに平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面SSとしたときに、この基準平面SSを側断面（縦断面）として表される図5及び図6において、該基準平面SSと、円形状の切れ刃5を含む切れ刃仮想平面

VS_0 との交差線 CL が、基準平面 SS 上に投影された工具軸線 O に対して傾斜する角度 AR_t が、例えば $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲とされている。すなわち、前記角度 AR_t は、切削に供される切れ刃 5 の工具先端縁 $5a$ における瞬間的な切削方向を考慮したアキシャルレーキ角であり、具体的には、負（ネガ）のアキシャルレーキ角となっている。図6に示される基準平面 SS に沿う縦断面視において、角度 AR_t が－（マイナス）のときは、負（ネガ）のアキシャルレーキ角であり、＋（プラス）のときは、正（ポジ）のアキシャルレーキ角である。具体的に、図6において角度 AR_t が－であるとき、交差線 CL は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の前方へ向けて延びる。また、角度 AR_t が＋であるとき、特に図示していないが交差線 CL は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の後方へ向けて延びる。図6においては、工具軸線 O が、角度 AR_t （アキシャルレーキ角） $= 0^\circ$ の基準面に一致する。尚、前記基準面とは、切れ刃 5 の工具先端縁 $5a$ における瞬間的な切削方向に垂直な仮想平面である。

- [0061] 一方、図3及び図4に示されるように切れ刃仮想平面 VS_0 に垂直な工具径方向から見て、工具軸線 O に対して切れ刃仮想平面 VS_0 が傾斜する角度 AR_n は、例えば $-30^\circ \sim -50^\circ$ の範囲とされている。すなわち、前記角度 AR_n は、工具本体2に装着された切削インサート3単体としての瞬間的な切削方向を考慮しないアキシャルレーキ角であり、負（ネガ）のアキシャルレーキ角となっている。図4に示されるように、工具径方向の内側へ向けて刃先回転式ミーリング工具1を見て、かつ切れ刃仮想平面 VS_0 に垂直な側面視において、角度 AR_n が－（マイナス）のときは、負（ネガ）のアキシャルレーキ角であり、＋（プラス）のときは、正（ポジ）のアキシャルレーキ角である。具体的に、図4において角度 AR_n が－であるとき、切れ刃仮想平面 VS_0 は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かうに従い漸次工具回転方向 T の前方へ向けて延びる。また、角度 AR_n が＋であるとき、特に図示していないが切れ刃仮想平面 VS_0 は、工具先端縁 $5a$ から工具基端側へ向かう

に従い漸次工具回転方向Tの後方へ向けて延びる。図4においては、工具軸線Oが、角度 AR_n （アキシャルレーキ角） $= 0^\circ$ の基準面に平行である。

また本実施形態の刃先回転式ミーリング工具1は、切削代表点を切れ刃5の工具先端縁5aに設定していることから、図4に示されるように、加工面MS（第2の仮想平面 VS_2 ）とインサート軸線Cとの間に形成される傾斜角 θ が、前記 AR_n に等しくされている。

尚、角度 AR_t 及び角度 AR_n は、切削インサート3の切れ刃5に隣接するすくい面12形状を考慮していない角度であることから、見かけ上のアキシャルレーキ角であるといえる。

また本実施形態においては、角度 AR_t がネガの 45° （ -45° ）とされ、角度 AR_n がネガの 30° （ -30° ）とされている。

[0062] また図1において、工具径方向のうち工具先端縁5aを通る所定の工具径方向Dに対して、該工具先端縁5aを通り工具径方向の外側へ向かうように延びる切れ刃5の刃先接線L2が傾斜する角度RRは、例えば $-30^\circ \sim -75^\circ$ の範囲とされている。すなわち、前記角度RRは、切削に供される切れ刃5の工具先端縁5aにおけるラジアルレーキ角であり、具体的には、負（ネガ）のラジアルレーキ角であって、本実施形態ではこの角度RRが、ネガの 55° （ -55° ）となっている。図1に示されるように、工具軸線O方向の先端から基端側へ向けて刃先回転式ミーリング工具1を見た正面視において、角度RRが－（マイナス）のときは、負（ネガ）のラジアルレーキ角であり、＋（プラス）のときは、正（ポジ）のラジアルレーキ角である。具体的に、図1において角度RRが－であるとき、刃先接線L2は、工具先端縁5aから工具径方向の外側へ向かうに従い漸次工具回転方向Tの後方へ向けて延びる。また、角度RRが＋であるとき、刃先接線L2は、工具先端縁5aから工具径方向の外側へ向かうに従い漸次工具回転方向Tの前方へ向けて延びる（図20を参照）。図1においては、所定の工具径方向Dが、角度RR（ラジアルレーキ角） $= 0^\circ$ の基準面に一致する。

尚、図11に示されるものは、上述した角度 AR_t 、 AR_n 、RRの諸角

度を簡略化して示す図である。

[0063] また図 1 3 は、上述した主分力 F_1 と背分力 F_2 との合力 F_3 の向きと、インサート軸線 C の延在する向きとが、互いに略平行であることを説明する簡略図である。図 1 3 における切れ刃 5 上の切削代表点は工具先端縁 5 a となっているが、上述したように切削代表点は、切れ刃 5 上の工具外径端縁 5 b や、工具先端縁 5 a と工具外径端縁 5 b との間の中間点 5 c であってもよい（切れ刃 5 円周上の工具外径端縁 5 b 及び中間点 5 c の位置については、図 1 及び図 4 を参照）。

[0064] つまり本発明は、本実施形態で説明に用いた刃先回転式ミーリング工具 1 の構成に限定されるものではない。具体的に、本実施形態のように切削代表点が工具先端縁 5 a に設定される場合には、工具先端縁 5 a を基準とする加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）は工具軸線 O に対して垂直であり、切削インサート 3 のインサート軸線 C は、加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）に垂直な仮想平面内に略位置している。一方、切削代表点が工具外径端縁 5 b に設定される場合には、工具外径端縁 5 b を基準とする加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）は工具軸線 O に対して平行であり、切削インサート 3 のインサート軸線 C は、加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）に垂直な仮想平面内に略位置している。また、切削代表点が中間点 5 c に設定される場合には、中間点 5 c を基準とする加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）は工具軸線 O に対して垂直でも平行でもない傾斜面とされ、切削インサート 3 のインサート軸線 C は、加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）に垂直な仮想平面内に略位置している。

[0065] 図 1 4 A～図 1 6 は、切削インサート 3 の切削代表点と、該切削代表点を基準とする加工面 MS （第 2 の仮想平面 VS_2 ）とを、簡略化して表している。

図 1 4 A 及び図 1 4 B は、切削インサート 3 の切削代表点を工具先端縁 5 a に設定した場合を表しており、図中に示される符号 i は、該工具先端縁 5 a における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線 L_1 （工具先端縁 5 a の工具回

転方向Tに沿う回転軌跡である仮想円VCの該工具先端縁5aを通る接線L1)と、切れ刃5の該工具先端縁5aを通る接線L2との2直線を含む仮想平面である加工面MS(第2の仮想平面VS₂)における、切削の傾斜角を表している。切削代表点が工具先端縁5aに設定される場合には、加工面MS(第2の仮想平面VS₂)は工具軸線Oに垂直な仮想平面である。

[0066] 具体的に、切削の傾斜角 i は、この加工面MS(第2の仮想平面VS₂)内において、切れ刃5の切削代表点(図14A及び図14Bにおいては工具先端縁5a)を通る接線L2に垂直な法線NLと、切削代表点の瞬間的な切削方向に延びる仮想直線L1(接線L1)との間に形成される角度である。尚、接線L1は、切れ刃5の切削代表点である工具先端縁5aが工具軸線O回りに回転して形成される回転軌跡である仮想円VCの該工具先端縁5aを通る接線である。

[0067] また図15は、切削インサート3の切削代表点を中間点5cに設定した場合を表している。切削代表点が中間点5cの場合、該中間点5cが工具軸線O回りに回転して形成される回転軌跡である仮想円VCは、上述の切削代表点が工具先端縁5aに設定された場合の仮想円VCよりも、工具基端側に配置されかつ直径が大きくなる。またこの場合、中間点5cにおける瞬間的な切削方向に沿う仮想直線L1(仮想円VCの中間点5cを通る接線L1)と、切れ刃5の該中間点5cを通る接線L2との2直線を含む仮想平面である加工面MS(第2の仮想平面VS₂)は、工具軸線Oに対して垂直でも平行でもない傾斜面となる。

[0068] 図15における切削の傾斜角 i は、この加工面MS(第2の仮想平面VS₂)内において、切れ刃5の切削代表点(図15においては中間点5c)を通る接線L2に垂直な法線NLと、切削代表点の瞬間的な切削方向に延びる仮想直線L1(接線L1)との間に形成される角度である。尚、この場合の接線L1は、切れ刃5の切削代表点である中間点5cが工具軸線O回りに回転して形成される回転軌跡である仮想円VCの該中間点5cを通る接線である。

[0069] また特に図示していないが、切削インサート3の切削代表点を工具外径端縁5bに設定した場合には、加工面MS（第2の仮想平面VS₂）は、工具軸線Oに対して平行な仮想平面となり、切削の傾斜角 i は、この加工面MS（第2の仮想平面VS₂）内において、切れ刃5の切削代表点（工具外径端縁5b）を通る接線L₂に垂直な法線NLと、切削代表点の瞬間的な切削方向に延びる仮想直線L₁（接線L₁）との間に形成される角度となる。

[0070] 本発明の発明者は、実験結果及びシミュレーション（解析）等に基づいて、この切削の傾斜角 i が、 $i \leq -15^\circ$ 、 $15^\circ \leq i$ の範囲とされ、かつ本発明の条件（第1の仮想平面VS₁の面内で、インサート軸線Cが合力F₃の向きに略平行である）を満たす場合に、切削インサート3が安定して従動回転しやすくなるという知見を得た。

尚、本明細書でいう、切削インサート3が安定して従動回転する、とは、切削加工中に切削インサート3が被削材に切り込む度に、毎回僅かでもインサート軸線C回りに回転し続ける状態を指している。

[0071] ここで、図17に示されるグラフは、上述した知見に基づいて幾何学的に算出した、所定の切削代表点（切れ刃5上の切削代表点を中間点5cとした場合であり、具体的には工具本体2の被削材に対する工具軸線O方向の切り込み量 d_a が、 $d_a = 0.5\text{ mm}$ ）を設定した刃先回転式ミーリング工具において、切削インサート3を安定的に従動回転させやすくするための角度AR_tと角度RRとの適切な組合せの範囲を表している。

このグラフ中に示される角度AR_nは、加工面MS（第2の仮想平面VS₂）に対してインサート軸線Cを傾斜させる角度 θ （合力F₃の向きに対してインサート軸線Cを略平行に設定する角度）に相当し、図示の例では $45^\circ \pm 5^\circ$ としている。そして、切削インサート3を安定して従動回転させるための切削の傾斜角 i が $i \leq -15^\circ$ 、 $15^\circ \leq i$ の範囲であることから、これらの組合せ（角度範囲が互いに重なり合う領域）によって、角度AR_t、RRの範囲を決定する。

[0072] このような考え方に基づいて、切削代表点が切り込み量 d_a に応じて種々

に設定された場合の角度 ARt 、 RR の範囲を求めたものが、図 18 に示されるグラフである。

本実施形態で説明した角度 ARt : -45° 及び角度 RR : -55° の組合せは、切り込み量 da の大小に係わらず（具体的には少なくとも da が $0.5 \sim 2.0 \text{ mm}$ の範囲内において）、切削インサート 3 を安定的に従動回転させられる範囲にある。

[0073] また図 6 において、切削インサート 3 が装着されるインサート取付座 4 の取付面 4a、及びスラスト滑り軸受部材 8 の一方の円形面（取付面）8d を含む一对の円形面は、ともにインサート軸線 C に垂直な平面状をなしている。具体的に、インサート取付座 4 の前記取付面は、インサート軸線 C を中心とする軸対称形状となっている。

[0074] 以上説明した本実施形態の刃先回転式ミーリング工具 1 及びこれを用いた切削方法によれば、工具本体 2 のインサート取付座 4 に装着された切削インサート 3 のインサート軸線 C の向きが、切削代表点を通る切れ刃 5 の接線 L_2 に垂直な第 1 の仮想平面 VS_1 内において、切削インサート 3 の切れ刃 5 が被削材に切り込んで加工する際に受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のうち主分力 F_1 と背分力 F_2 との合力（合成切削力） F_3 の向きに平行となるように設定されているので、切削インサート 3 のインサート軸線 C 上に位置する回転軸（回転支持体）17 が、前記合力 F_3 によってインサート径方向から（つまり回転軸 17 のせん断方向から）押圧されるようなことが十分に抑制されるとともに、前記合力 F_3 を、切削インサート 3 の裏面 10 を介してインサート取付座 4 に効率よく逃がすことが可能となる。これにより、切削インサート 3 の回転軸 17 の変形、摩耗、破損等が防止される。

つまり、刃先回転式ミーリング工具 1 による所望の切削加工（所定の切削条件等）に応じて決定される、切れ刃 5 上の切削代表点に対して、切削加工時に被削材から作用する合力 F_3 の向きに平行となるように、予めインサート軸線 C の傾きを決めてやることで、切削インサート 3 の回転軸 17 への負

荷を、安定的かつ顕著に低減できるのである。

[0075] また、切削インサート3の回転軸17がインサート径方向から押圧されにくくなっているので、この切削インサート3が被削材に切り込んで加工する際に切れ刃5が受ける力によって、インサート取付座4に対して該切削インサート3がインサート軸線C回りに安定して従動回転させられる。

尚、本実施形態においては、回転軸17が切削インサート3の回転支持体として用いられているが、これに限定されるものではなく、例えば回転支持体として、切削インサート3をインサート径方向の外側から回転自在に支持するラジアル軸受（ラジアル滑り軸受を含む）を用いてもよい。この場合も、ラジアル軸受（回転支持体）が、前記合力F3によってインサート径方向から押圧されるようなことが抑制されて、該ラジアル軸受の変形、摩耗、破損、及び過大な摩擦トルクの発生等が防止される。尚、「過大な摩擦トルクの発生の防止」とは、上述のように切削インサート3をインサート径方向の外側からラジアル軸受等の回転支持体により回転自在に支持した場合に、摩擦トルクが大きくなり過ぎて回転しにくくなる現象を防止することを意味している。

[0076] 尚、本実施形態の刃先回転式ミーリング工具1及びこれを用いた切削方法においては、切れ刃5が被削材に切り込む際に受ける力のうち、主分力F1及び背分力F2以外の送り分力（切れ刃5の切削代表点を通る接線L2方向へ向かう分力、切削代表点を通り第1の仮想平面VS₁に直交する向きの分力）F4については、スラスト滑り軸受部材8（回転機構）との間の摩擦力と概ねキャンセルして従動回転を生み出す役割を担っており、切削インサート3の回転軸17を押圧する力は該送り分力F4以外の力に比べて十分に小さいことから、切削インサート3の回転軸17をインサート径方向から押圧する力としては概ね無視することができ、つまり送り分力F4によって切削インサート3の回転軸17に強い押圧力が作用することはないので、第1の仮想平面VS₁の面内でインサート軸線Cが前記合力F3の向きに平行となるように延びていることによって、上述の作用効果を安定的に得ることができる。

。

[0077] また本実施形態の例では、切削代表点が切れ刃 5 上の工具先端縁 5 a に設定されており、そのため、インサート軸線 C が工具回転方向 T の前方に向かうに従い漸次工具先端側へ向けて傾斜して延びている（つまり前傾している）ので、インサート取付座 4 に、この切削インサート 3 を従動回転させるための回転機構（本実施形態ではスラスト滑り軸受部材 8）を配設するスペースを容易に確保できる。具体的に、このようにインサート軸線 C が前傾していることで、本実施形態のように複数の切削インサート 3 を装着してなる多刃の刃先回転式ミーリング工具 1 において、工具周方向に隣り合うインサート取付座 4 同士の間隔が狭くなりがちな場合であっても、前記回転機構を配設するスペースを容易に確保することが可能になる。

尚、切削代表点が切れ刃 5 上の工具外径端縁 5 b に設定された場合には、インサート軸線 C は、工具回転方向 T の前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びることになる。また切削代表点が、切れ刃 5 上において、工具先端縁 5 a と工具外径端縁 5 b との間に位置する中間点 5 c に設定された場合には、インサート軸線 C は、工具回転方向 T の前方に向かうに従い漸次工具先端側及び工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びていてもよい。これらの場合においても、やはり工具周方向に隣り合うインサート取付座 4 同士の間、スペースを容易に確保することが可能である。

[0078] 以上より、本実施形態によれば、切削インサート 3 の回転軸 17 等の回転支持体の変形、摩耗、破損等を防止でき、かつ、インサート取付座 4 に装着された切削インサート 3 をインサート周方向に安定して従動回転させることができ、これにより、切削の加工精度を安定して高められ、工具寿命を延長できるのである。

[0079] また、本実施形態で説明した刃先回転式ミーリング工具 1 は、切削インサート 3 の切れ刃 5 の切削代表点が、切れ刃 5 全周のうち、工具軸線 O 方向に沿う先端に位置する部分（工具先端縁 5 a）と、工具軸線 O に直交する工具径方向に沿う外端に位置する部分（工具外径端縁 5 b）との間の、中心角 9

0° の円弧状部分における所定位置に設定されるので、下記の効果を奏する。

すなわち、例えば、刃先回転式ミーリング工具 1 による切削加工の種類が「正面削り加工」であれば、切れ刃 5 上の切削代表点は、工具先端縁 5 a に近くなる。また、切削加工の種類が「肩削り加工」であれば、切れ刃 5 上の切削代表点は、工具外径端縁 5 b に近くなる。

本実施形態の上記構成によれば、切削代表点が、切れ刃 5 上における工具先端縁 5 a から工具外径端縁 5 b にかけての中心角 90° の円弧状部分（切れ刃 5 の円周を 1 とした場合の 1/4 円弧）の所定位置に設定されるので、例えば正面削り加工、肩削り加工、及びこれらの複合加工（R 削り加工）等に用いられる刃先回転式ミーリング工具 1 に対して、本発明を適用可能である。

[0080] また本実施形態では、角度 ARt が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲とされ、かつ、角度 RR が、 $-30^\circ \sim -75^\circ$ の範囲とされるので、切削インサート 3 が被削材に切り込んで加工する際に切れ刃 5 が受ける力によって、インサート取付座 4 に対して切削インサート 3 がインサート軸線 C 回りにより安定して従動回転しやすくなり、前述の効果がさらに顕著なものとなる。具体的に、本実施形態の角度 ARt 、 RR は、図 18 のグラフを根拠に導出されたものである。

[0081] そして、上述した角度 ARt の範囲、かつ角度 RR の範囲となるように切削インサート 3 がインサート取付座 4 に装着されることで、切削インサート 3 の従動回転が安定して得られ、すくい面 12 摩耗等が顕著に抑制されて、工具寿命をより延長する効果が期待できる。

[0082] 具体的に、角度 ARt が上記範囲外である場合（ -30° より大きい、又は -60° より小さい場合）には、第 1 の仮想平面 VS_1 の面内でインサート軸線 C の向きと前記合力 F_3 の向きとを互いに平行となるように維持することが難しくなり、前記合力 F_3 による切削インサート 3 の回転軸（回転支持体）17 への負荷（インサート径方向からの押圧力）が抑制されにくくなっ

て、上述した効果が安定して得られにくくなるおそれがある。

[0083] また角度 $R R$ が、上記範囲外である場合、具体的には角度 $R R$ が -30° より大きい場合（かつ -20° より小さい場合）には、上記角度 $A R t$ との組み合わせによって切削インサート3を安定的に従動回転させる効果が得られにくくなるおそれがある。また、角度 $R R$ が -75° より小さい場合には、切削加工時の切削力が大きくなってびびり振動が生じやすくなるおそれがある。

[0084] また、切削インサート3の表面9のうち、インサート径方向に沿う切れ刃5の内側には、該切れ刃5からインサート径方向の内側へ向かうに従い漸次インサート軸線C方向に沿う表面9から裏面10側へ向けて傾斜するテーパ状のすくい面12が形成されており、本実施形態では切削インサート3のインサート軸線Cを含む縦断面視で、切れ刃仮想平面 $V S_0$ に対してすくい面12が傾斜する角度 α が、 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ の範囲とされているので、下記の効果が得られる。

すなわち本実施形態の例では、上述のように、インサート軸線Cが工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具軸線O方向の先端側へ向けて傾斜して延びていることで、見かけ上のアキシャルレーキ角（角度 $A R t$ 、 $A R n$ ）が負（ネガ）の装着姿勢で切削インサート3をインサート取付座4に装着しても、実質的なアキシャルレーキ角は前記見かけ上のアキシャルレーキ角よりも正（ポジ）側に設定されて、切れ刃5の切れ味が安定して高められつつ、刃先欠損等も防止されることになる。

また、インサート軸線Cが工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びていてもよく、この場合には、見かけ上のラジアルレーキ角（角度 $R R$ ）が負（ネガ）の装着姿勢でインサート取付座4に切削インサート3が装着されることになるが、実質的なラジアルレーキ角は前記見かけ上のラジアルレーキ角よりも正（ポジ）側に設定されて、やはり切れ刃5の切れ味が安定して高められることになる。

また、インサート軸線Cが工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具

先端側及び工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びている場合にも、上記同様の効果が得られる。

具体的に、角度 α が 35° 未満の場合には、切れ刃5の切れ味を十分に高められるほど刃先が鋭利にはなりにくく、加工精度を確保できないおそれがある。また、角度 α が 50° を超える場合には、刃物角 γ が小さくなって刃先欠損等が生じるおそれがある。

[0085] また、切削インサート3の外周面11に、切れ刃5からインサート軸線C方向に沿う表面9から裏面10側へ向かうに従い漸次インサート径方向の外側へ向けて傾斜するテーパ状の逃げ面15が形成されており、本実施形態では切削インサート3のインサート軸線Cを含む縦断面視で、インサート軸線Cに対して逃げ面15が傾斜する角度 β が、 $10^\circ \sim 35^\circ$ の範囲とされているので、下記の効果が得られる。

すなわち、上述の装着姿勢で切削インサート3をインサート取付座4に装着しても、切れ刃5の刃物角 γ を大きく確保することができ、刃先欠損等が防止されることになる。

具体的に、角度 β が 10° 未満の場合には、切れ刃5の刃物角 γ を十分に大きく確保することが難しくなり、刃先欠損等を防止する効果が得られにくい。また、角度 β が 35° を超える場合には、逃げ面15と被削材の加工面との隙間が狭くなり、該隙間への切屑の噛み込み等により加工面品位を確保できなくなるおそれがある。

[0086] また本実施形態では、切削インサート3をインサート取付座4に回転自在に装着するための回転軸（回転支持体）17が設けられており、インサート取付座4に対する回転軸17のインサート軸線C方向に沿う位置が調整可能とされ、インサート取付座4に対する回転軸17のインサート軸線C方向に沿う移動を規制可能な規制部を備えているので、下記の効果が得られる。

すなわち、切削インサート3は、その貫通孔14に挿通された回転軸17の軸部17aにインサート径方向の内側から支持されつつインサート取付座4に対して従動回転し、かつ、回転軸17の頭部17bによって抜け止めさ

れている。そして、インサート取付座４に対する回転軸１７のインサート軸線Ｃ方向に沿う位置を調整することで、該回転軸１７の頭部１７ｂと切削インサート３の表面９との間の隙間（クリアランス）を所望の値とすることができ、この調整後には、規制部によってインサート取付座４に対する回転軸１７のインサート軸線Ｃ方向に沿う移動を規制できる。

[0087] この構成によれば、例えば本実施形態のように、インサート取付座４に切削インサート３を従動回転可能に支持するスラスト滑り軸受部材８等の回転機構を設ける場合に、該回転機構の摩耗（損耗）状況に応じて回転軸１７をインサート軸線Ｃ方向に進退して位置を微調整した後、固定でき、よってインサート取付座４に対する切削インサート３の従動回転がより安定的に維持される。

またこの構成によれば、例えば切削インサート３のインサート軸線Ｃ方向の外形高さ（表裏面９、１０同士の間の距離）に製品によるばらつきが生じた場合でも、各切削インサート３の前記外形高さに応じて、インサート取付座４に対する回転軸１７の進退位置（ねじ込み量）をそれぞれ調整することで、容易に対応できる。

尚、具体的に、回転軸１７の軸方向への位置調整をするには、例えば、まず切削インサート３に挿通した回転軸１７の軸部１７ａを回転軸装着穴４ｃにねじ込んでいき（ねじを締め込み）、その頭部１７ｂが切削インサート３の表面９に当接された状態から、所定回転数（又は所定回転角度）だけ回転軸１７のねじ込みを戻す（ねじを緩める）ことで、頭部１７ｂと表面９との間に所定量のクリアランスを設け、この状態で規制部（ネジ孔７及びイモネジ１８）により回転軸１７を固定すればよい。

[0088] また、切削インサート３の裏面１０が着座するインサート取付座４の取付面（スラスト滑り軸受部材８の円形面８ｄ又は取付面４ａ）が、インサート軸線Ｃを中心（中心軸）とする軸対称形状とされているので、切削インサート３からインサート取付座４に伝達される前記合力Ｆ３を、該インサート取付座４の前記取付面全体で分散して受けることができるとともに、該取付面

における局所的な摩耗等が防止されて、上述の作用効果が長期に亘り安定して得られることになる。

尚、前記取付面が平面状に形成される代わりに、インサート軸線Cを中心軸とする円錐面状、球面状や、これら各形状の組み合わせ形状に形成されていてもよく、この場合も同様の効果を奏する。具体的に、インサート取付座4の前記取付面が、例えば凹円錐面状（又は凸円錐面状）とされる場合には、切削インサート3の裏面10がインサート軸線Cを中心軸とする凸円錐面状（又は凹円錐面状）に形成される。

[0089] （第2実施形態）

次に、本発明の第2実施形態に係る刃先回転式ミーリング工具31及びこれを用いた切削方法について、図面を参照して説明する。

尚、前述の実施形態と同様の構成については、同一名称又は同一符号を用いてその説明を省略する。

[0090] 図19～図24に示されるように、本実施形態の刃先回転式ミーリング工具31は、インサート取付座4に対する切削インサート3の装着姿勢（特に角度RR）が、前述の実施形態とは異なっている。

具体的には、第2実施形態においても、図22及び図23に示されるように、インサート取付座4に切削インサート3が装着された状態で、該切削インサート3のインサート軸線Cは、工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具先端側へ向けて傾斜して延びている。ただしこれに限定されるものではなく、切削インサート3のインサート軸線Cは、工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びてもよい。或いは、切削インサート3のインサート軸線Cは、工具回転方向Tの前方に向かうに従い漸次工具回転方向Tの前方かつ工具径方向の外側へ向けて傾斜して延びてもよい。本実施形態においても、インサート軸線Cが傾斜する向きは、下記の切削代表点が設定されることにより決められるが、前述した実施形態と同様に、インサート軸線Cの傾斜の向きは、切削代表点が決定されることにより一義的に決まるわけではなく、例えば切削インサート3をよ

り従動回転させやすくするための傾斜の向きなども考慮して決定される。

[0091] 図 12、図 20 及び図 23 に示されるように、インサート軸線 C に直交するインサート径方向のうち、切削加工時に被削材から切削インサート 3 に分布して作用する力を集中荷重とみなしたとき（集中荷重と近似した場合）の該集中荷重の作用点 P を通る所定のインサート径方向 LD と、切れ刃 5 と、の交点を切削代表点とし、この切削代表点を通る切れ刃 5 の接線 $L2$ に垂直な第 1 の仮想平面 VS_1 と、前記接線 $L2$ 及び前記切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線 $L1$ を含む第 2 の仮想平面 VS_2 と、の交線 L に沿う方向であって、工具回転方向 T の後方に向かう方向（図 23 における右方向）を主分力方向とし、切削加工時に被削材から切削インサート 3 が受ける力のうち、前記切削代表点（図 23 においては符号 5a）における前記主分力方向に沿う分力を主分力 $F1$ とし、該主分力方向に垂直で前記インサート径方向の内側へ向かう背分力方向（図 23 における上方向）に沿う分力を背分力 $F2$ としたときに、第 1 の仮想平面 VS_1 の面内で、主分力 $F1$ と背分力 $F2$ との合力 $F3$ の向きに対して、インサート軸線 C の延在する向きが、平行に設定又は所定の微小角度をなすように設定されている。

尚、特に図示していないが、本実施形態においては、切れ刃 5 が被削材に切り込んで加工する際に受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のうち、該切れ刃 5 の前記切削代表点を通る接線 $L2$ 方向へ向かう分力（つまり前記切削代表点を通り第 1 の仮想平面 VS_1 に直交する向きの分力）である送り分力 $F4$ は、工具径方向の内側へ向かうように設定されている。

[0092] 尚、本実施形態においても前述の実施形態と同様に、切削代表点は工具先端縁 5a に設定されているが、この切削代表点は、工具本体 2 に装着された切削インサート 3 の切れ刃 5 全周のうち、工具軸線 O 方向に沿う先端に位置する部分（工具先端縁 5a）と、工具径方向に沿う外端に位置する部分（工具外径端縁 5b）との間の、中心角 90° の円弧状部分（切れ刃 5 の円周を 1 とした場合の $1/4$ 円弧）における所定位置に設定されてよい。

[0093] また図20において、切れ刃5のうち工具先端縁5a（切削代表点）が、工具周方向に回転して形成される仮想円VCにおける前記工具先端縁5aを通る接線L1（瞬間的な切削方向に沿う仮想直線）を、工具基端側に向けて工具軸線Oに平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面SSとしたときに、この基準平面SSと、円形状の切れ刃5を含む切れ刃仮想平面VS₀との交差線CLが（本実施形態では特に図示していないが、前述の実施形態の図5及び図6を参照）、基準平面SS上に投影された工具軸線Oに対して傾斜する角度ARtが、例えば $-30^{\circ} \sim -60^{\circ}$ の範囲とされている。すなわち、前記角度ARtは、切削に供される切れ刃5の工具先端縁5aにおける瞬間的な切削方向を考慮したアキシャルレーキ角であり、具体的には、負（ネガ）のアキシャルレーキ角となっている。

尚、本実施形態においては、角度ARtがネガの 50° （ -50° ）とされている。

[0094] 一方、図22及び図23に示されるように切れ刃仮想平面VS₀に垂直な工具径方向から見て、工具軸線Oに対して切れ刃仮想平面VS₀が傾斜する角度ARNは、例えば $-30^{\circ} \sim -50^{\circ}$ の範囲とされている。すなわち、前記角度ARNは、工具本体2に装着された切削インサート3単体としての瞬間的な切削方向を考慮しないアキシャルレーキ角であり、負（ネガ）のアキシャルレーキ角となっている。

[0095] また図20において、工具径方向のうち工具先端縁5aを通る所定の工具径方向Dに対して、該工具先端縁5aを通り工具径方向の外側へ向かうように延びる切れ刃5の刃先接線L2が傾斜する角度RRは、例えば $-20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の範囲とされている。すなわち、前記角度RRは、切削に供される切れ刃5の工具先端縁5aにおけるラジアルレーキ角であり、本実施形態ではこの角度RRが、正（ポジ）の 5° （ $+5^{\circ}$ ）となっている。図20に示されるように、工具軸線O方向の先端から基端側へ向けて刃先回転式ミーリング工具31を見た正面視において、角度RRが+であるとき、刃先接線L2は、工具先端縁5aから工具径方向の外側へ向かうに従い漸次工具回転方向

Tの前方へ向けて延びる。図20においては、所定の工具径方向Dが、角度RR（ラジアルレーキ角）＝0°の基準面に一致する。

[0096] また図23及び図24において、切削インサート3が装着されるインサート取付座4の取付面4a、及びスラスト滑り軸受部材8の一方の円形面（取付面）8dを含む一对の円形面は、ともにインサート軸線Cに垂直な平面状をなしており、具体的には、インサート取付座4の前記取付面は、インサート軸線Cを中心（中心軸）とする軸対称形状となっている。

また、図23に示される切れ刃5の切削代表点（工具先端縁5a）を通る接線L2方向視で、切削インサート3のインサート軸線Cと、加工面MS（第2の仮想平面VS₂）との間に形成される角度θは、例えば20°～70°の範囲とされている。

[0097] 以上説明した第2実施形態の刃先回転式ミーリング工具31及びこれを用いた切削方法においても、工具本体2のインサート取付座4に装着された切削インサート3のインサート軸線Cの向きが、切削代表点を通る切れ刃5の接線L2に垂直な第1の仮想平面VS₁内において、切削インサート3の切れ刃5が被削材に切り込んで加工する際に受ける力（切削力又は切削抵抗であり、刃先力又はエッジフォースの成分を含む）のうち主分力F1と背分力F2との合力（合成切削力）F3の向きに平行となるように設定されているので、前述した第1実施形態と同様の作用効果が得られる。

[0098] また本実施形態では、角度ARtが、－30°～－60°の範囲とされ、かつ、角度RRが、－20°～30°の範囲とされるので、切削インサート3が被削材に切り込んで加工する際に切れ刃5が受ける力によって、インサート取付座4に対して切削インサート3がインサート軸線C回りにより安定して従動回転しやすくなり、前述の効果がさらに顕著なものとなる。

[0099] ここで、図18に示されるグラフにおいて、本実施形態で説明した角度ARt：－50°及び角度RR：＋5°の組合せは、切り込み量daの大小に係わらず（具体的には少なくともdaが0.5～2.0mmの範囲内において）、切削インサート3を安定的に従動回転させられる範囲にある。

[0100] そして、上述した角度 ARt の範囲、かつ角度 RR の範囲となるように切削インサート 3 がインサート取付座 4 に装着されることで、切削インサート 3 の従動回転が安定して得られ、すくい面 12 摩耗等が顕著に抑制されて、工具寿命をより延長する効果が期待できる。

[0101] 具体的に、角度 ARt が上記範囲外である場合 (-30° より大きい、又は -60° より小さい場合) には、第 1 の仮想平面 VS_1 の面内でインサート軸線 C の向きと前記合力 F_3 の向きとを互いに平行となるように維持することが難しくなり、前記合力 F_3 による切削インサート 3 の回転軸 17 への負荷 (インサート径方向からの押圧力) が抑制されにくくなって、上述した効果が安定して得られにくくなるおそれがある。

[0102] また角度 RR が、 -20° より小さい場合 (かつ -30° より大きい場合) には、上記角度 ARt との組み合わせによって切削インサート 3 を安定的に従動回転させる効果が得られにくくなるおそれがある。また角度 RR が、 30° より大きい場合には、切削加工時にびびり振動が生じやすくなったり、切削インサート 3 の外周面 11 (逃げ面 15) が被削材に干渉しやすくなり工具本体 2 の工具軸線 O 回りの単位回転あたりの工具径方向へ向けた移動量 (つまり送り量 f_z) を確保しにくくなったりするおそれがある。尚、前記送り量 f_z を確保する目的で切削インサート 3 の外周面 11 の逃げ角を大きくした場合には、切れ刃 5 の刃物角 γ を十分に確保しにくくなって刃先欠損等が生じるおそれがある。

[0103] 尚、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

[0104] 例えば、前述の実施形態では、アキシャルレーキ角である角度 ARt と、ラジアルレーキ角である角度 RR との数値範囲の組合せを規定して説明したが、これに限定されるものではない。

すなわち本発明は、第 1 の仮想平面 VS_1 の面内で (切れ刃 5 のうち切削代表点を通る接線 L_2 方向から見て)、インサート軸線 C の延在する向きが合力 F_3 の向きに略平行となっていればよく、この構成のみによって、切削加

工時に切削インサート3が良好に従動回転しやすくなる作用が得られるようになっている。そして、前述した角度 ARt と角度 RR との組合せによって、さらに上記従動回転を確実に安定したものにする事ができる。

[0105] また前述の実施形態では、インサート取付座4に対して切削インサート3をインサート周方向に回転自在に装着する切削インサートのクランプ機構として、切削インサート3の貫通孔14内に挿通され、インサート取付座4の回転軸装着穴4cにインサート軸線C方向に進退可能に螺着される回転軸17と、該回転軸17のインサート軸線C方向への進退移動を規制する規制部（ネジ孔7及びイモネジ18）と、を備えたものを例に挙げて説明したが、これに限定されるものではない。

[0106] すなわち、前述した切削インサートのクランプ機構とは異なる切削インサートのクランプ機構として、例えば、切削インサート3の貫通孔14内に挿通される筒状のスペーサーを有し、該スペーサーの一端がインサート取付座4に当接され、回転軸17の軸部17aが前記スペーサー内に挿通されて回転軸装着穴4cに螺着されるとともに、該回転軸17の頭部17bが前記スペーサーの他端に当接されることで、回転軸17の頭部17bと切削インサート3の表面9との間に所定のクリアランス（隙間）を設けるように構成したものをを用いて、インサート取付座4に切削インサート3を回転自在に軸支してもよい。

[0107] また前述の実施形態では、刃先回転式ミーリング工具1に装着された切削インサート3における切れ刃5の切削代表点が、該切れ刃5全周のうち、工具先端縁5aと工具外径端縁5bとの間の、中心角 90° の円弧状部分における所定位置に設定されることとしたが、これに限定されるものではない。すなわち、切削代表点は、切れ刃5のうち、例えば、前記中心角 90° の円弧状部分の円弧の端部よりも、該円弧の延在方向に沿う外側に位置して設定されていてもよい。この場合、前記円弧状部分の中心角は 90° より大きくなる。

[0108] その他、本発明の趣旨から逸脱しない範囲において、前述の実施形態、変

形例及び尚書き等で説明した各構成（構成要素）を組み合わせてもよく、また、構成の付加、省略、置換、その他の変更が可能である。また本発明は、前述した実施形態によって限定されることはなく、特許請求の範囲によってのみ限定される。

符号の説明

- [0109] 1、3 1 刃先回転式ミーリング工具
- 2 工具本体
 - 3 切削インサート
 - 4 インサート取付座
 - 4 a 取付面
 - 5 切れ刃
 - 5 a 切れ刃上の工具先端縁（切削代表点）
 - 5 b 切れ刃上の工具外径端縁（切削代表点）
 - 5 c 切れ刃上において、工具先端縁と工具外径端縁との間に位置する中間点（切削代表点）
 - 7 ネジ孔（規制部）
 - 8 d 一方の円形面（取付面）
 - 9 表面
 - 1 0 裏面
 - 1 1 外周面
 - 1 2 すくい面
 - 1 4 貫通孔
 - 1 5 逃げ面
 - 1 7 回転軸（回転支持体）
 - 1 7 a 軸部
 - 1 7 b 頭部
 - 1 8 イモネジ（規制部）
 - A R n 角度（アキシシャルレーキ角）

- A R t 角度（アキシシャルレーキ角）
- C インサート軸線
- C L 交差線
- D 所定の工具径方向
- F 1 主分力
- F 2 背分力
- F 3 合力
- I D 所定のインサート径方向
- L 交線
- L 1 接線（切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線）
- L 2 刃先接線（切れ刃の切削代表点を通る接線）
- O 工具軸線
- P 作用点
- R R 角度（ラジアルレーキ角）
- S S 基準平面
- T 工具回転方向
- V C 仮想円
- V S₀ 切れ刃仮想平面
- V S₁ 第 1 の仮想平面
- V S₂ 第 2 の仮想平面

請求の範囲

[請求項1]

工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具であって、

前記切削インサートは、

前記インサート軸線に交差する表裏面と、

これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、

前記表裏面のうち、

表面が、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置され、

裏面が、前記工具回転方向の後方を向くように配置されるとともに、前記インサート取付座に着座され、

前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成され、

前記切れ刃のうち前記工具軸線方向に沿う工具先端縁が、前記工具軸線回りの工具周方向に回転して形成される仮想円における前記工具先端縁を通る接線を、前記工具軸線方向に沿う工具基端側に向けて前記工具軸線に平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面としたときに、該基準平面と、前記切れ刃を含む切れ刃仮想平面との交差線が、前記基準平面上に投影された前記工具軸線に対して傾斜する角度 α が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲であり、

かつ、前記工具軸線に直交する工具径方向のうち前記工具先端縁を通る所定の工具径方向に対して、該工具先端縁を通り工具径方向の外側へ向かうように延びる前記切れ刃の刃先接線が傾斜する角度 β が、 $-30^\circ \sim -75^\circ$ の範囲である刃先回転式ミーリング工具。

[請求項2]

工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回

りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具であって、

前記切削インサートは、

前記インサート軸線に交差する表裏面と、

これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、

前記表裏面のうち、

表面が、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置され、

裏面が、前記工具回転方向の後方を向くように配置されるとともに、前記インサート取付座に着座され、

前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成され、

前記切れ刃のうち前記工具軸線方向に沿う工具先端縁が、前記工具軸線回りの工具周方向に回転して形成される仮想円における前記工具先端縁を通る接線を、前記工具軸線方向に沿う工具基端側に向けて前記工具軸線に平行に移動させたときの軌跡から得られる仮想平面を基準平面としたときに、該基準平面と、前記切れ刃を含む切れ刃仮想平面との交差線が、前記基準平面上に投影された前記工具軸線に対して傾斜する角度 AR_t が、 $-30^\circ \sim -60^\circ$ の範囲であり、

かつ、前記工具軸線に直交する工具径方向のうち前記工具先端縁を通る所定の工具径方向に対して、該工具先端縁を通り工具径方向の外側へ向かうように延びる前記切れ刃の刃先接線が傾斜する角度 RR が、 $-20^\circ \sim 30^\circ$ の範囲である刃先回転式ミーリング工具。

[請求項3]

請求項1又は2に記載の刃先回転式ミーリング工具であって、

前記切削インサートの前記表面のうち、前記インサート軸線に直交するインサート径方向に沿う前記切れ刃の内側には、該切れ刃から前記インサート径方向の内側へ向かうに従い漸次前記インサート軸線方向に沿う前記表面から前記裏面側へ向けて傾斜するテーパ状のすくい

面が形成されている刃先回転式ミーリング工具。

[請求項4] 請求項1～3のいずれか一項に記載の刃先回転式ミーリング工具であって、

前記切削インサートの前記外周面には、前記切れ刃から前記インサート軸線方向に沿う前記表面から前記裏面側へ向かうに従い漸次前記インサート軸線に直交するインサート径方向の外側へ向けて傾斜するテーパ状の逃げ面が形成されている刃先回転式ミーリング工具。

[請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の刃先回転式ミーリング工具であって、

前記切削インサートには、前記インサート軸線上を延びて前記表裏面に開口する貫通孔が形成されており、

前記貫通孔よりも小径とされ、該貫通孔内に挿通されて前記インサート取付座に取り付けられる軸部と、前記貫通孔よりも大径とされ、前記表面との間に隙間をあけて配置される頭部と、を有する回転軸が設けられ、

前記インサート取付座に対する前記回転軸の前記インサート軸線方向に沿う位置が調整可能であり、

前記インサート取付座に対する前記回転軸の前記インサート軸線方向に沿う移動を規制可能な規制部を備えた刃先回転式ミーリング工具。

[請求項6] 請求項1～5のいずれか一項に記載の刃先回転式ミーリング工具であって、

前記インサート取付座は、前記インサート軸線を中心とする軸対称形状の取付面を有する刃先回転式ミーリング工具。

[請求項7] 工具軸線回りに回転する工具本体の先端外周部に形成されたインサート取付座に、円板状をなす切削インサートがそのインサート軸線回りに回転自在とされて装着された刃先回転式ミーリング工具を用いて被削材を切削する切削方法であって、

前記切削インサートは、
前記インサート軸線に交差する表裏面と、
これら表裏面の周縁同士を接続する外周面と、を有し、
前記表裏面のうち、
表面を、前記工具軸線回りに沿う工具回転方向の前方を向くように配置し、
裏面を、前記工具回転方向の後方を向くように配置するとともに、
前記インサート取付座に着座させ、
前記表面の周縁には、前記インサート軸線回りに沿って延びる円形状の切れ刃が形成されており、
前記インサート軸線に直交するインサート径方向のうち、切削加工時に被削材から前記切削インサートに分布して作用する力を集中荷重とみなしたときの該集中荷重の作用点を通る所定のインサート径方向と、前記切れ刃と、の交点を切削代表点とし、
前記切削代表点を通る前記切れ刃の接線に垂直な第1の仮想平面と、前記接線及び前記切削代表点における瞬間的な切削方向に沿う仮想直線を含む第2の仮想平面と、の交線に沿う方向であって、前記工具回転方向の後方に向かう方向を主分力方向とし、
切削加工時に被削材から前記切削インサートが受ける力のうち、前記切削代表点における前記主分力方向に沿う分力を主分力とし、該主分力方向に垂直で前記インサート径方向の内側へ向かう背分力方向に沿う分力を背分力としたときに、
前記第1の仮想平面の面内で、前記主分力と前記背分力との合力の向きに対して、前記インサート軸線が傾斜する角度を、 $\pm 20^\circ$ の範囲内に設定する刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法。

[請求項8]

請求項7に記載の刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法であって、

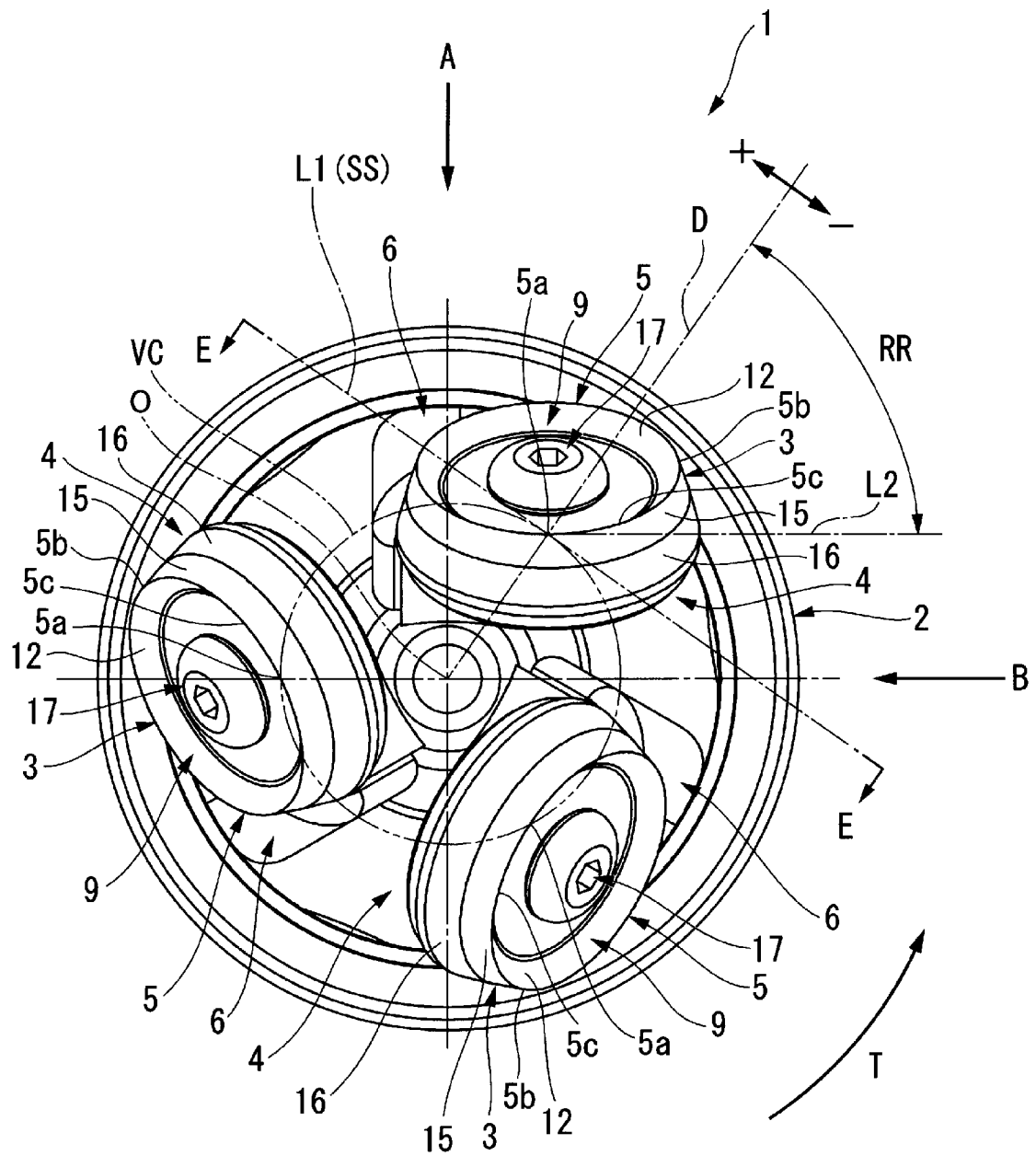
前記合力の向きに対して、前記インサート軸線が傾斜する角度を、

± 10° の範囲内に設定する刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法。

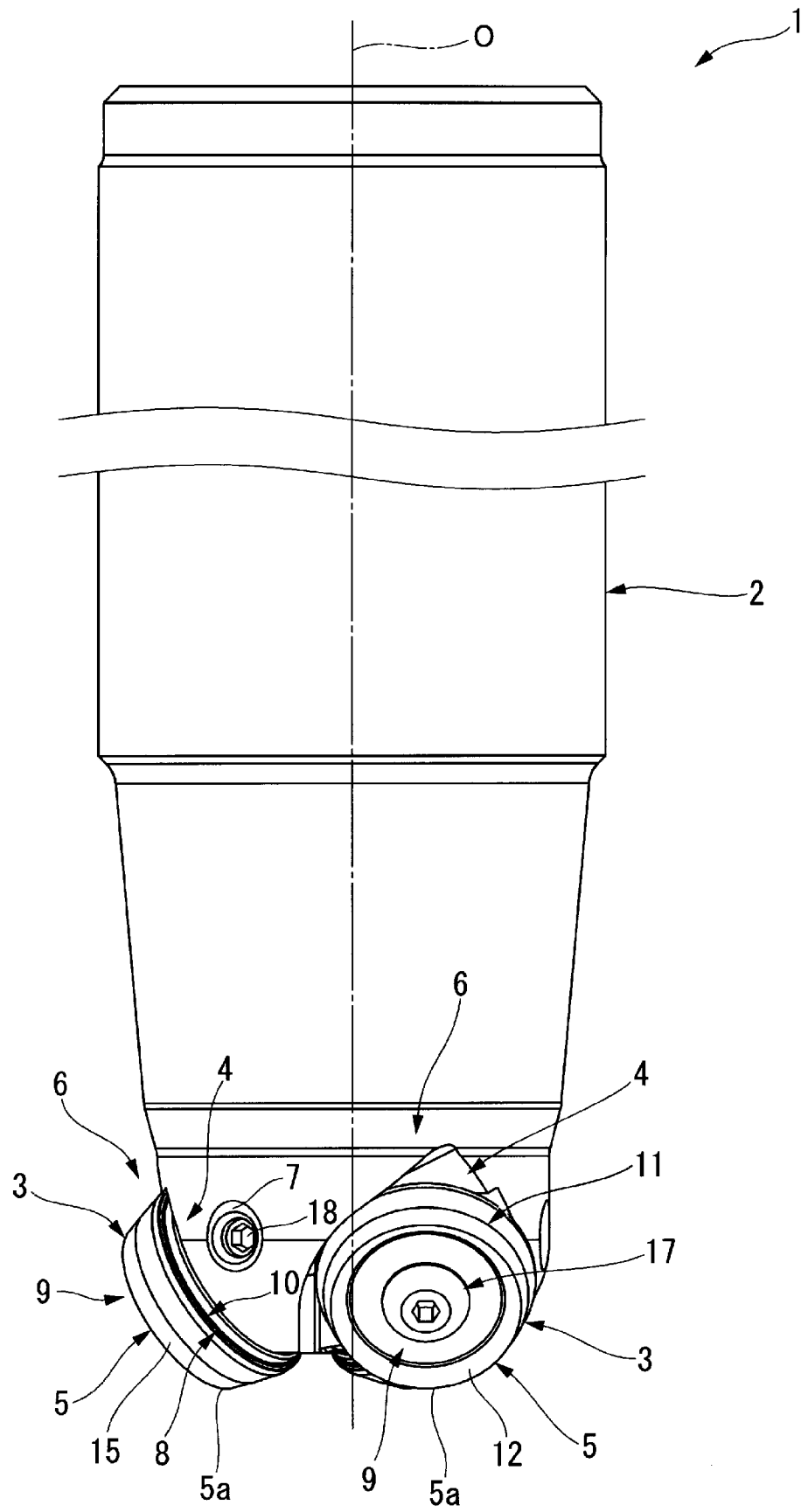
[請求項9] 請求項7又は8に記載の刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法であって、

前記合力の向きに対して、前記インサート軸線が傾斜する角度を、
± 5° の範囲内に設定する刃先回転式ミーリング工具を用いた切削方法。

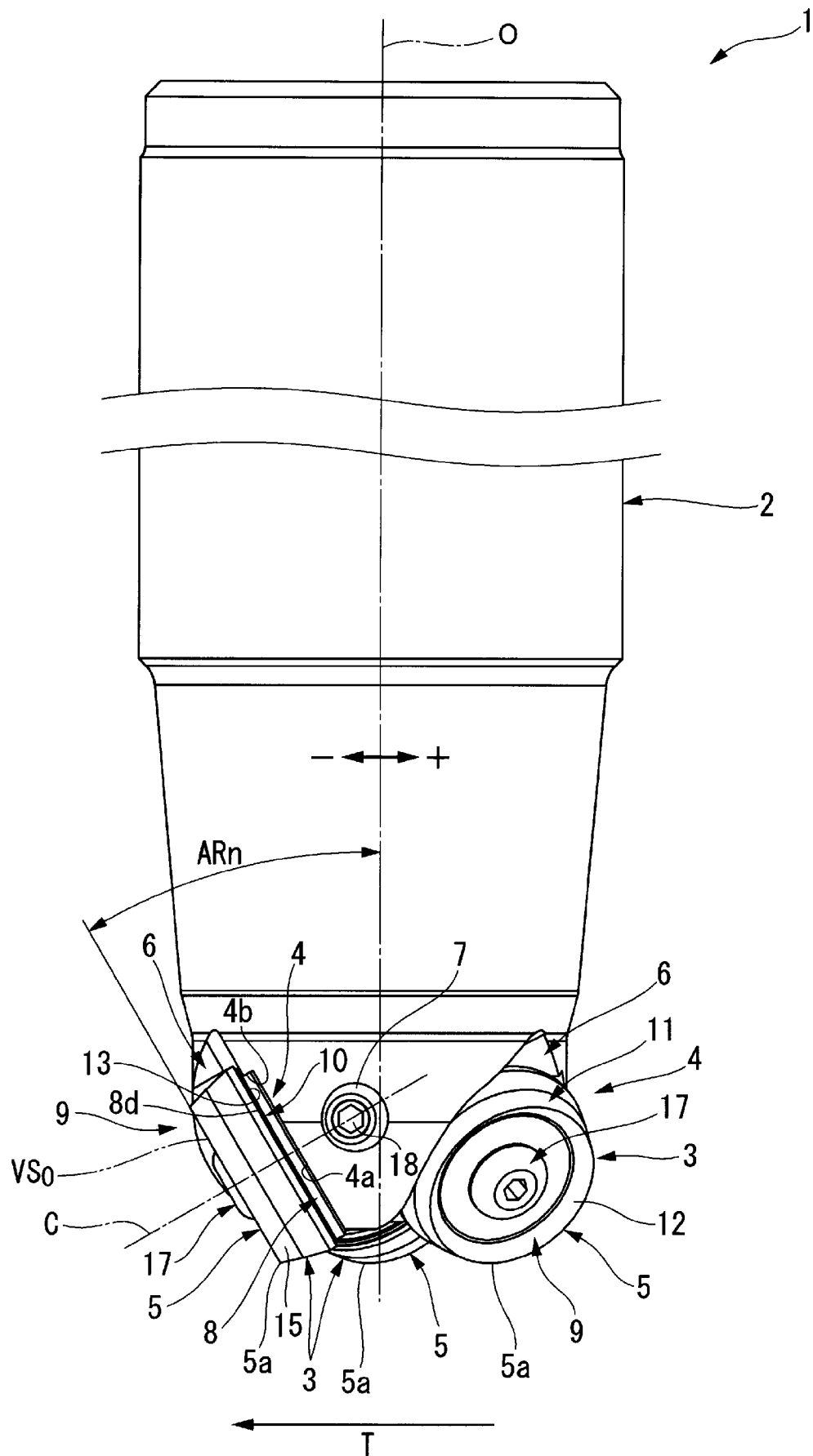
[図1]

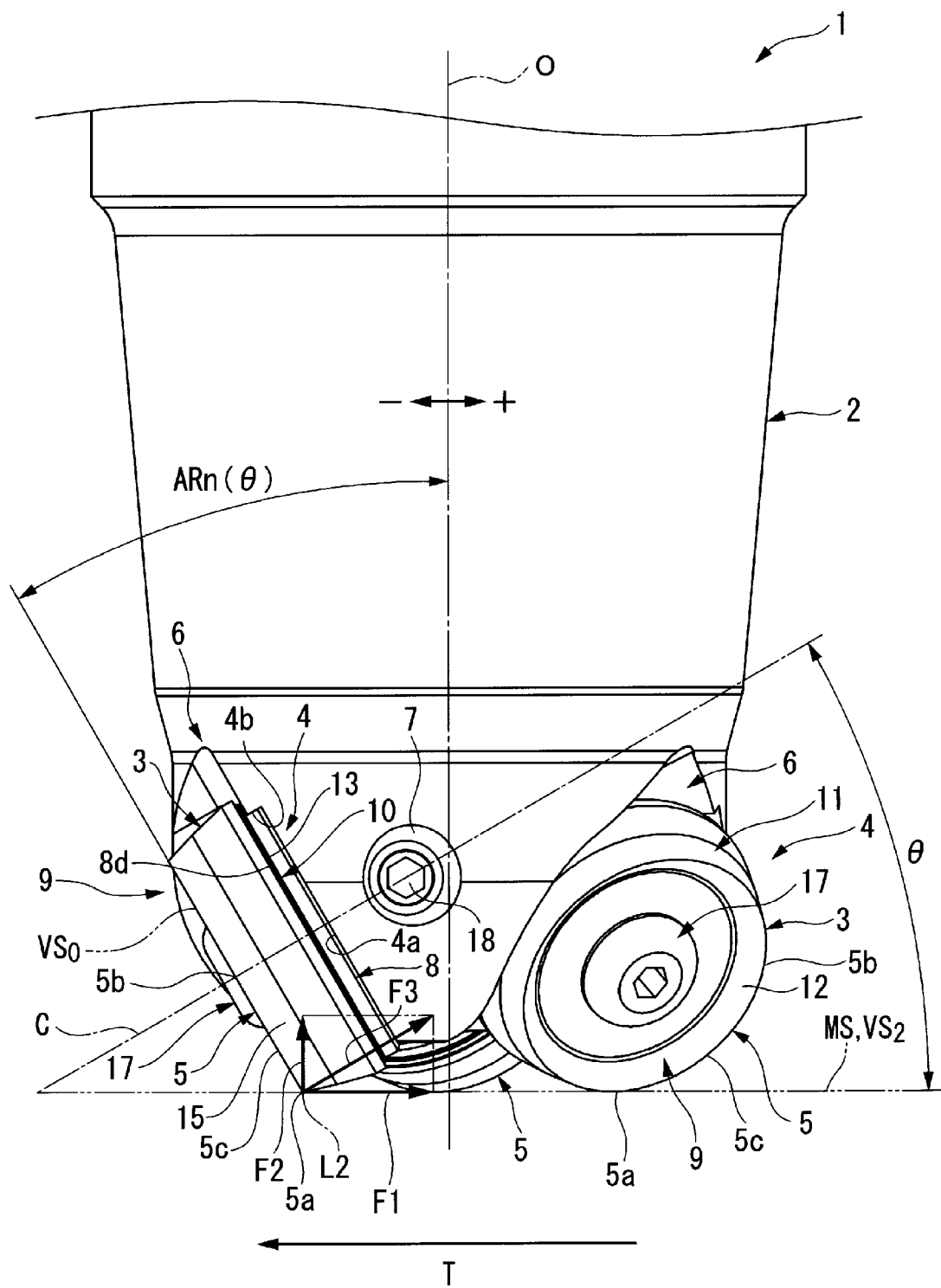


[図2]

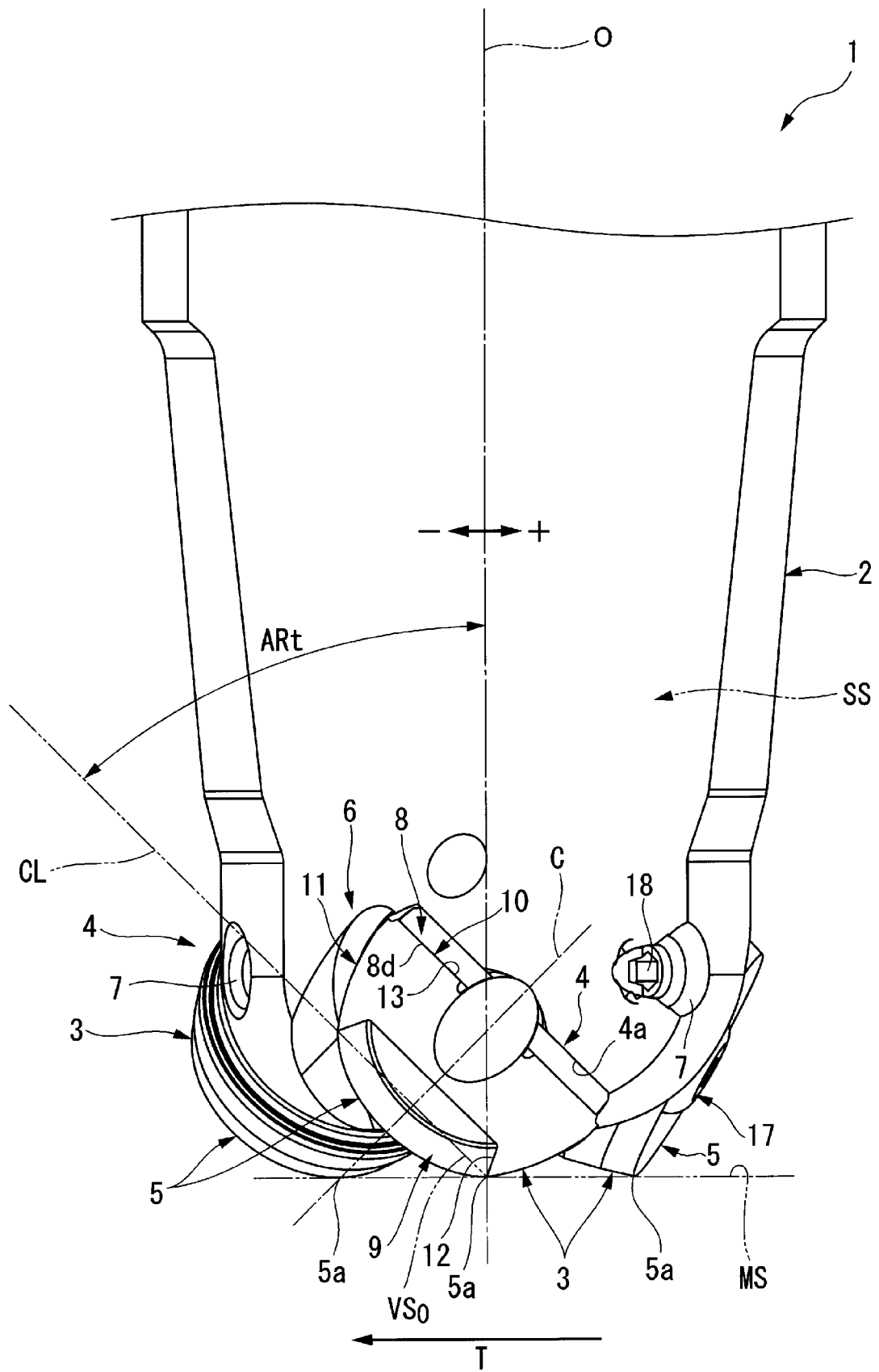


[図3]

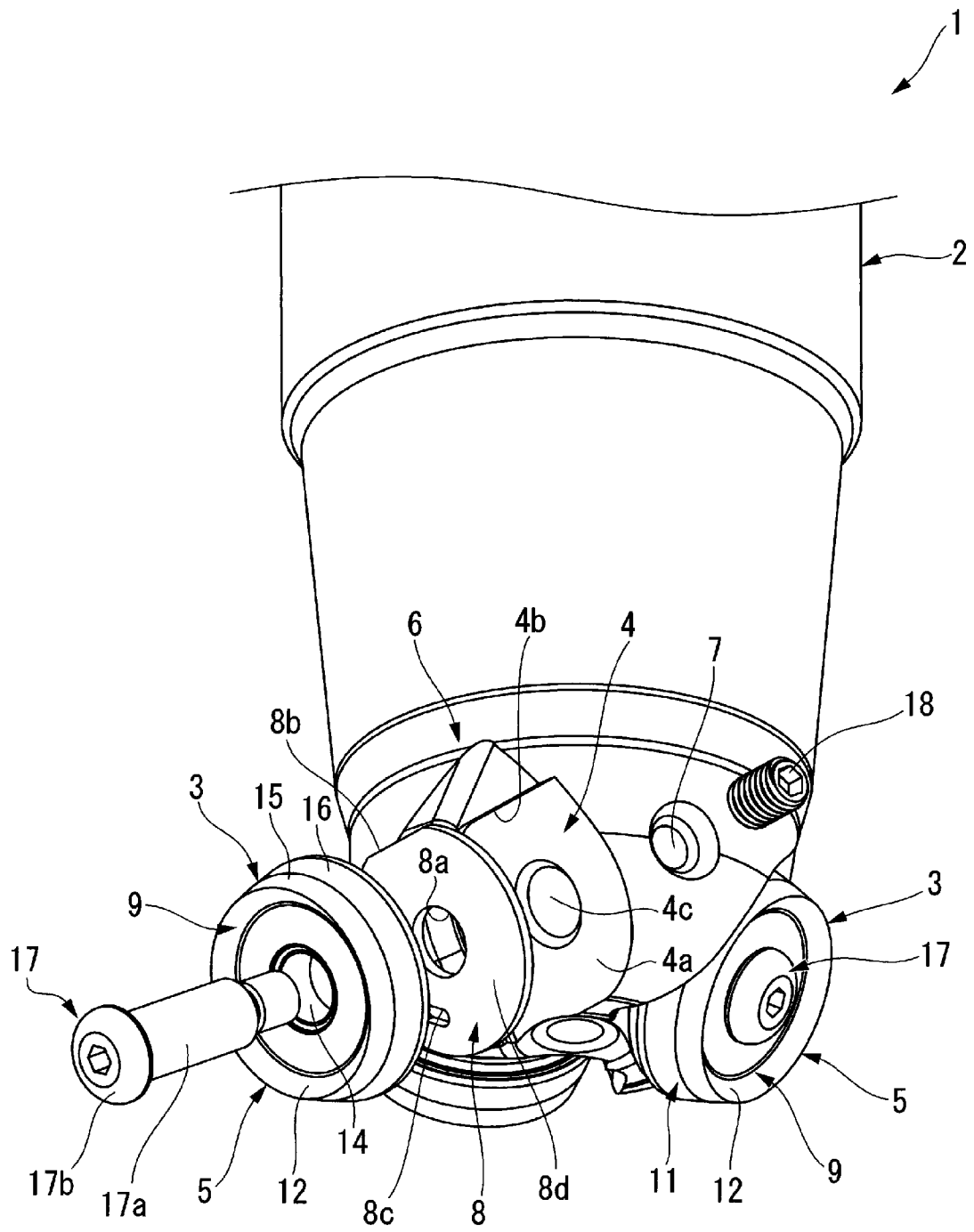




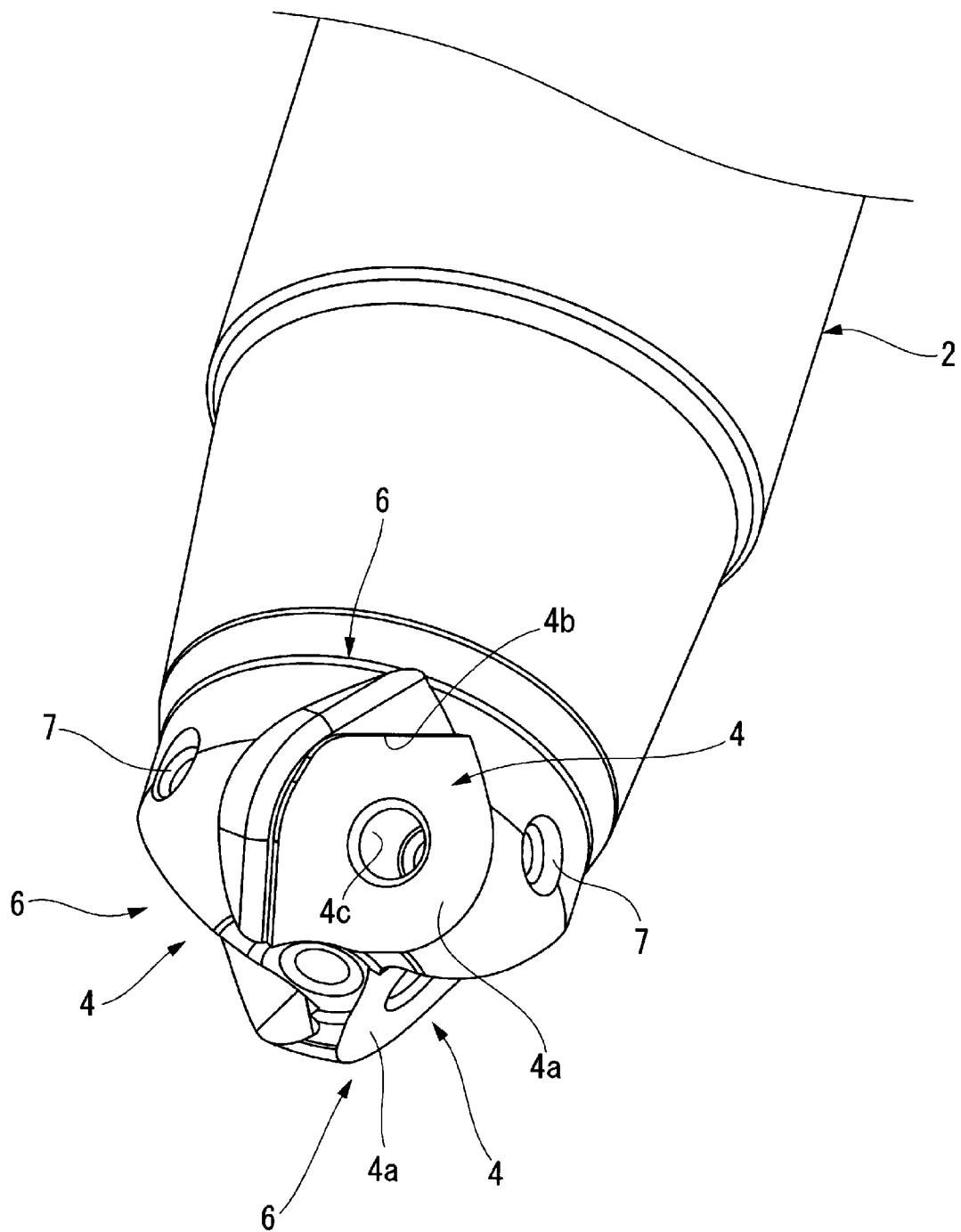
[図6]



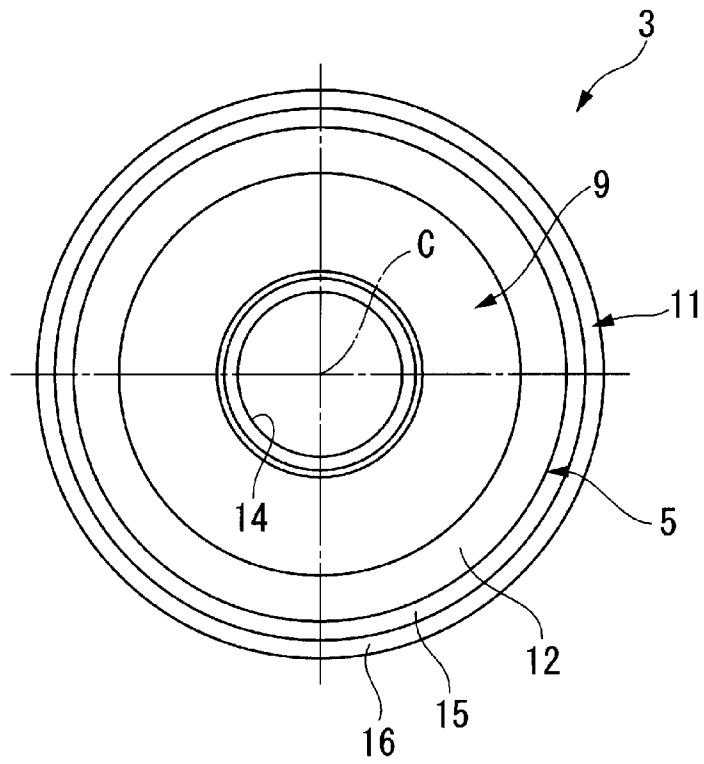
[図7]



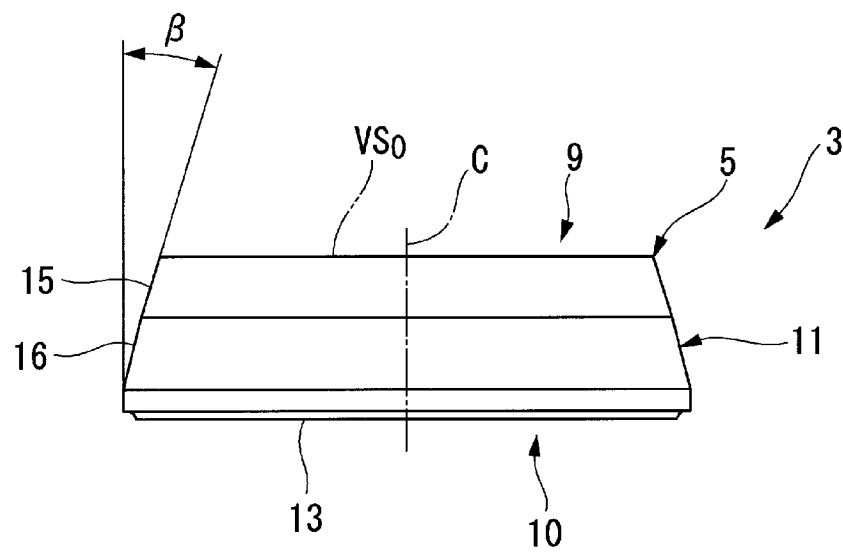
[図8]



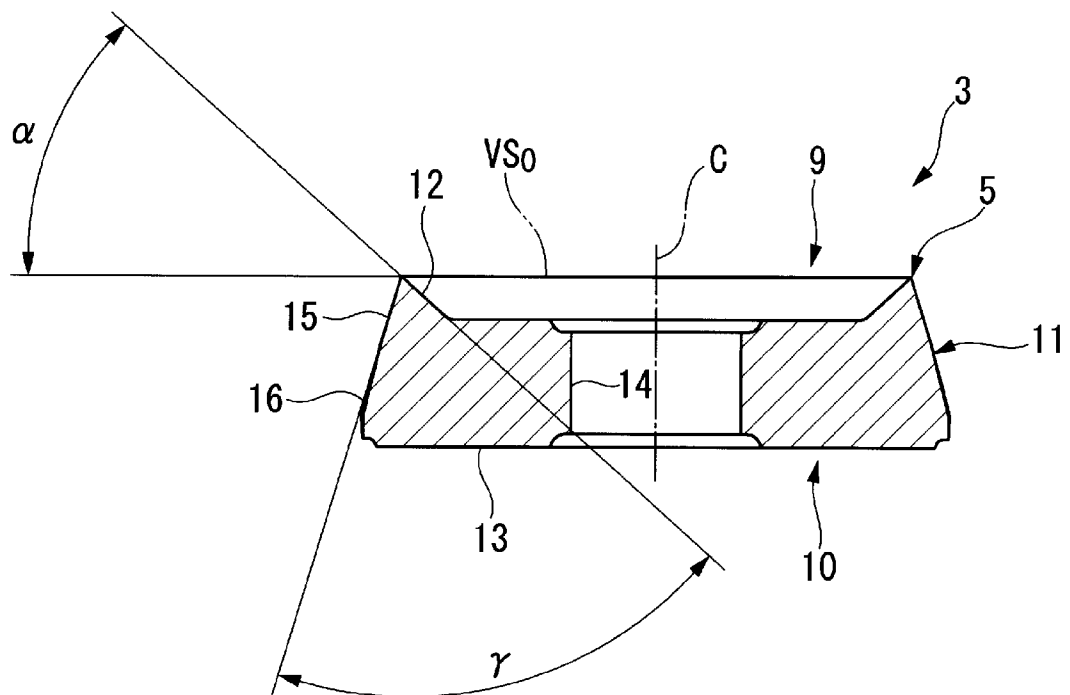
[図9A]



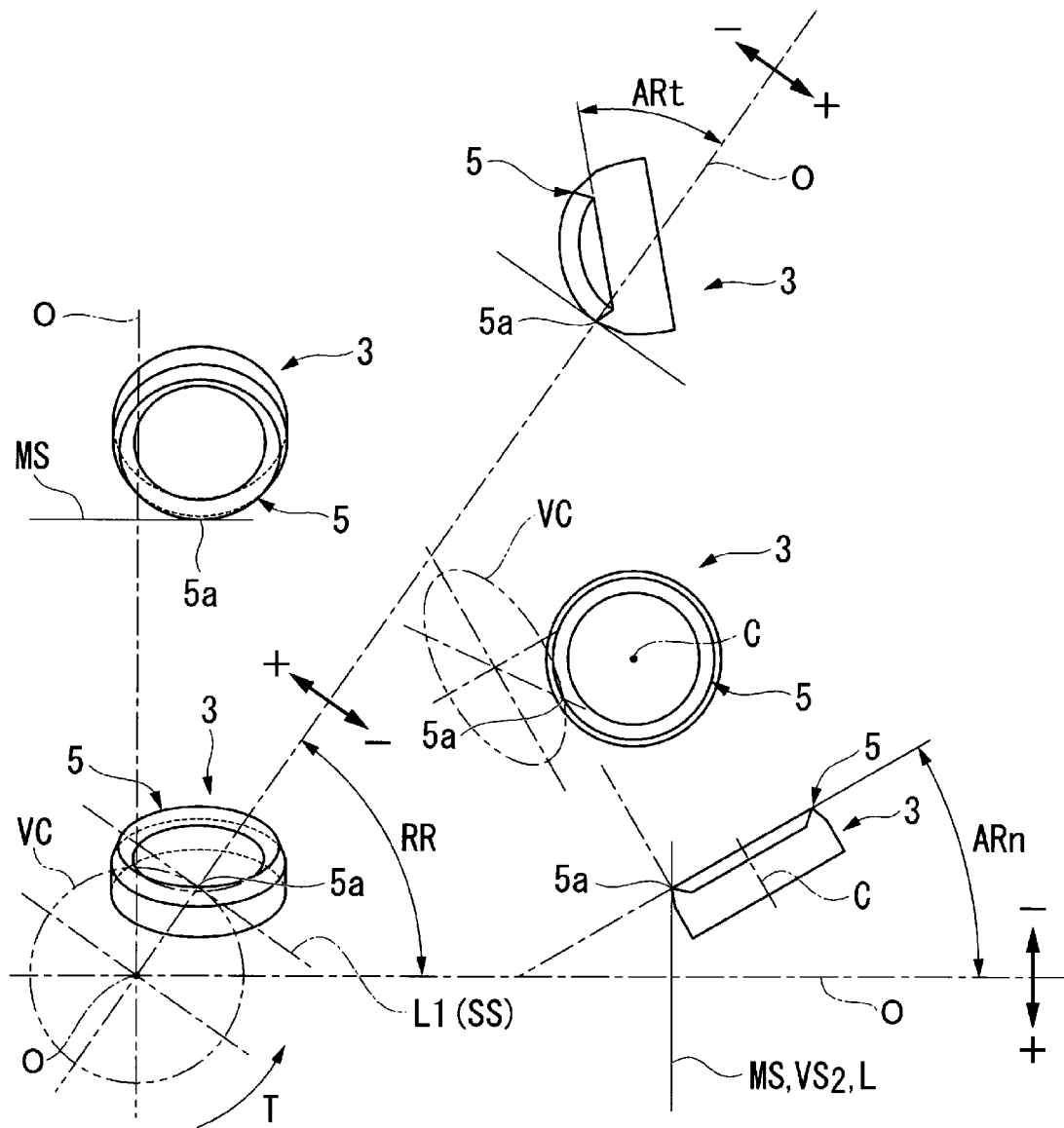
[図9B]



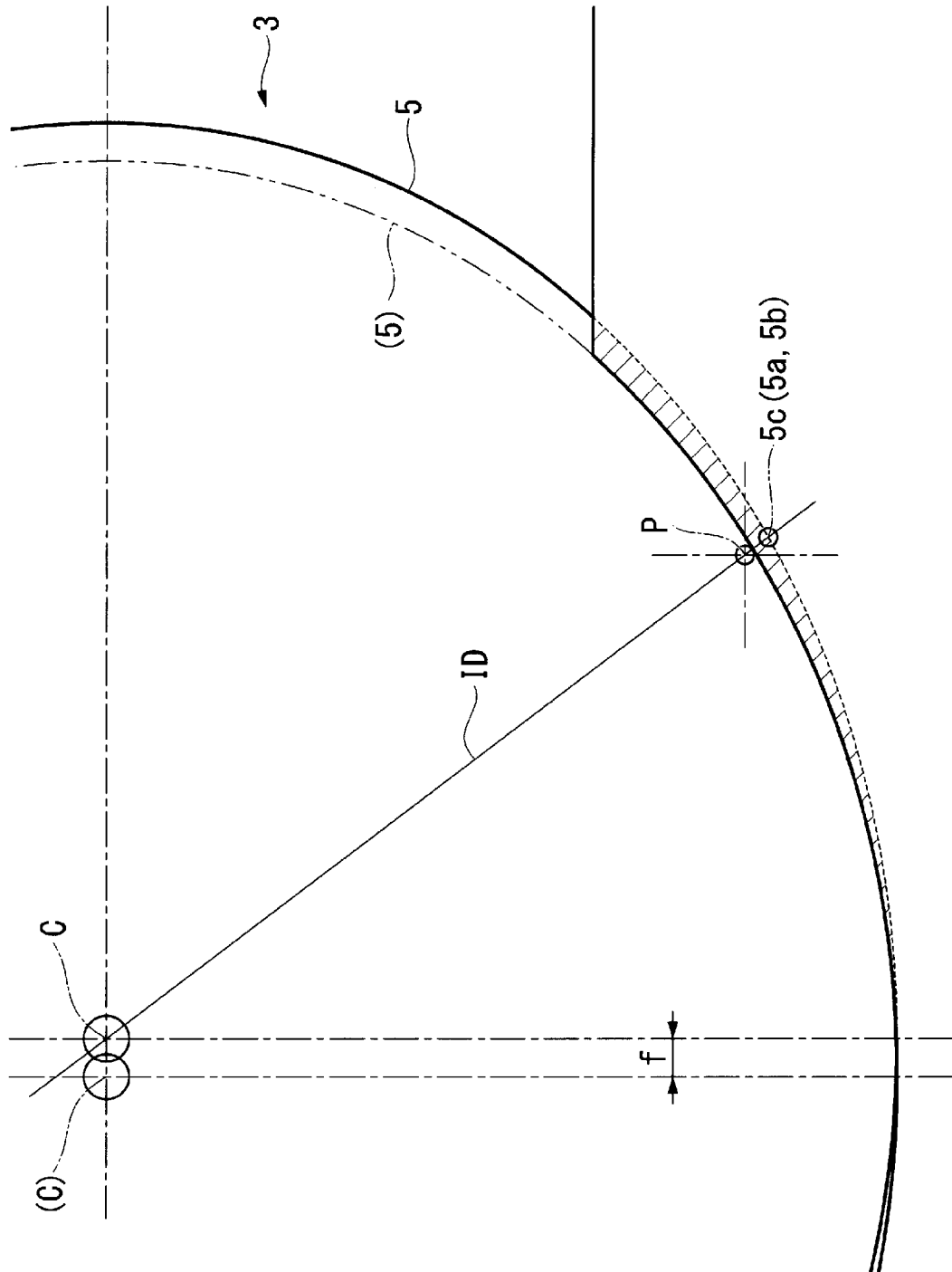
[図10]



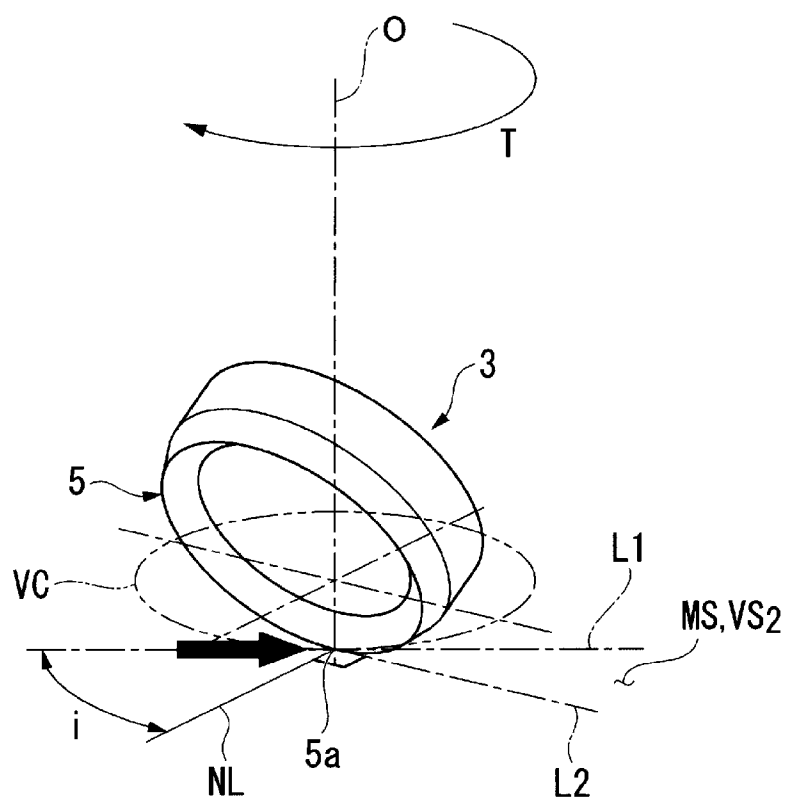
[図11]



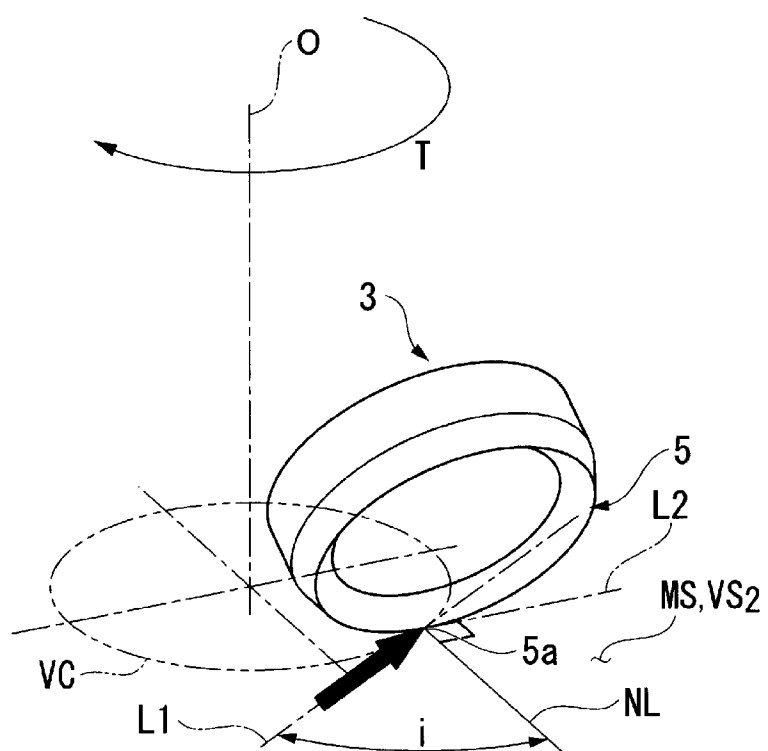
[図12]



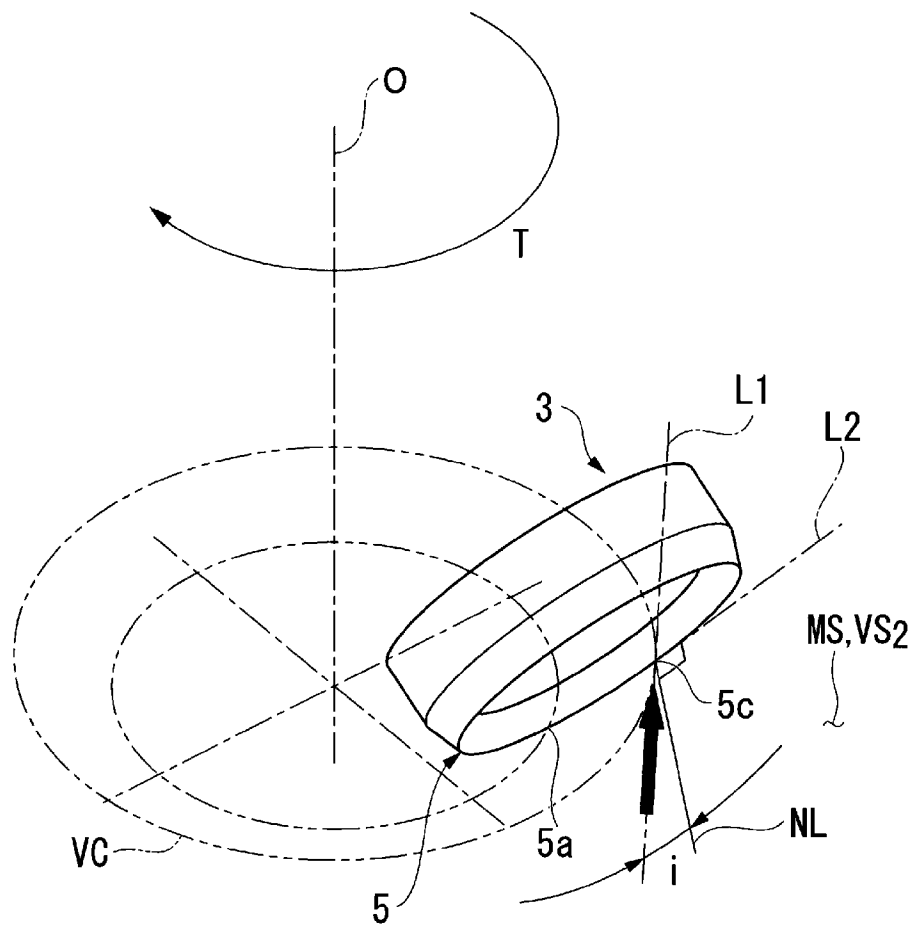
[図14A]



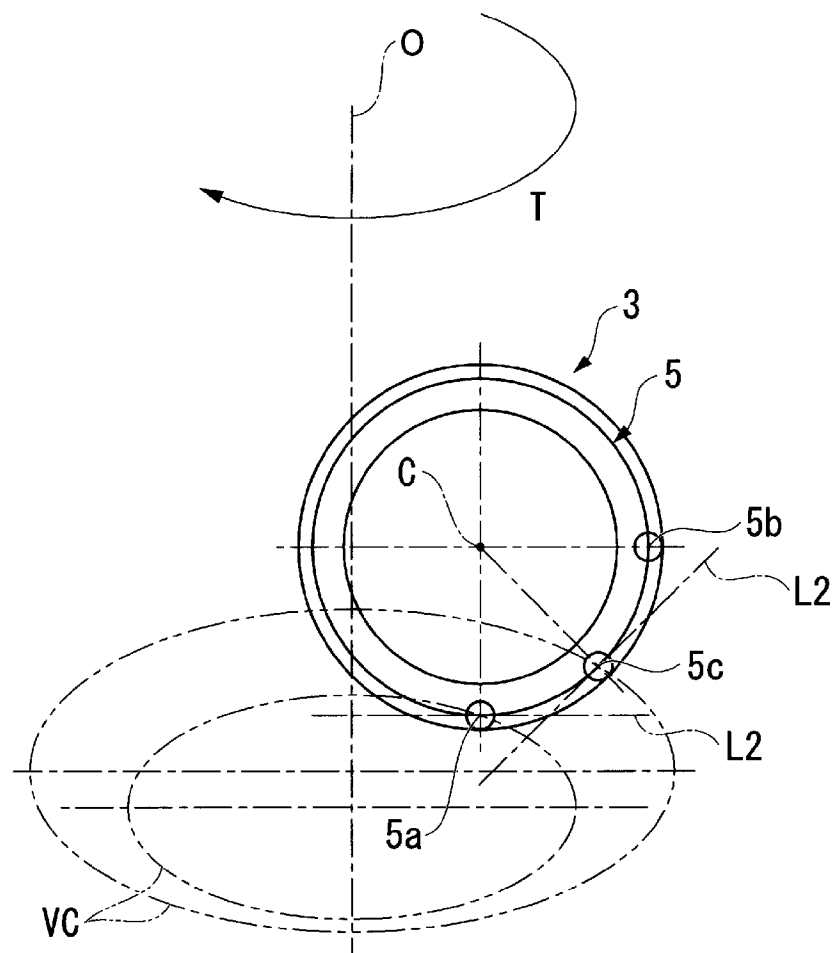
[図14B]



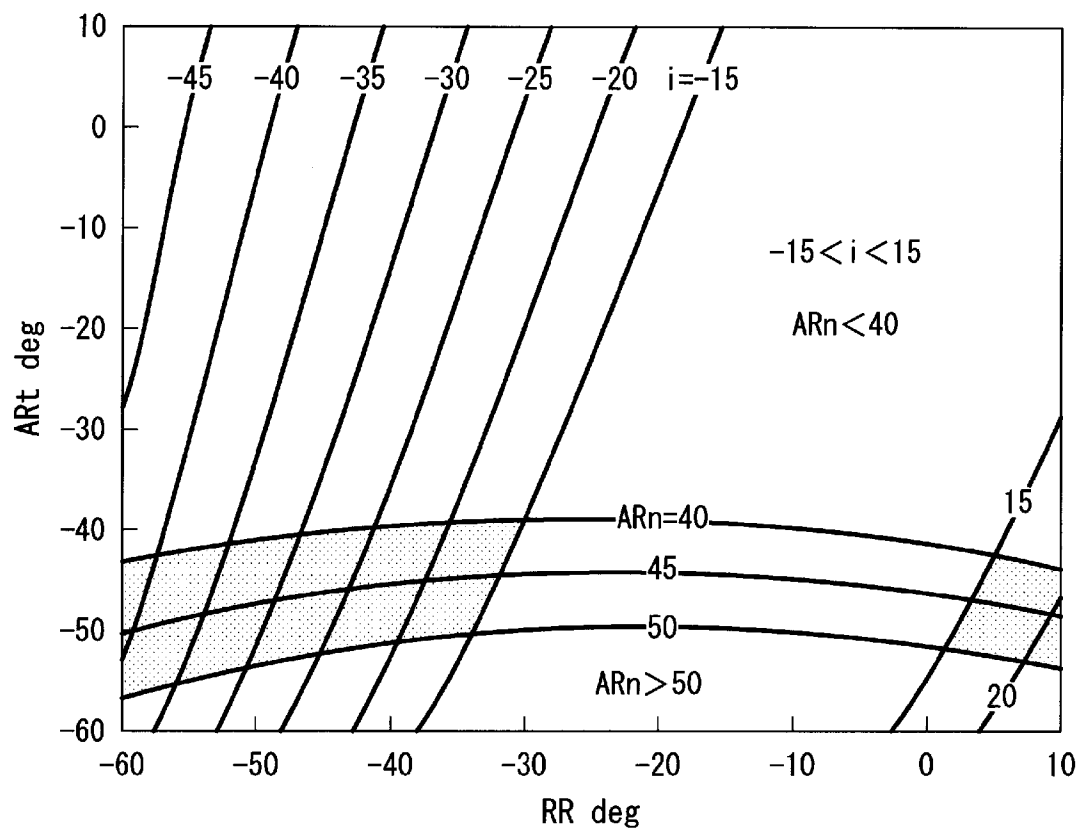
[図15]



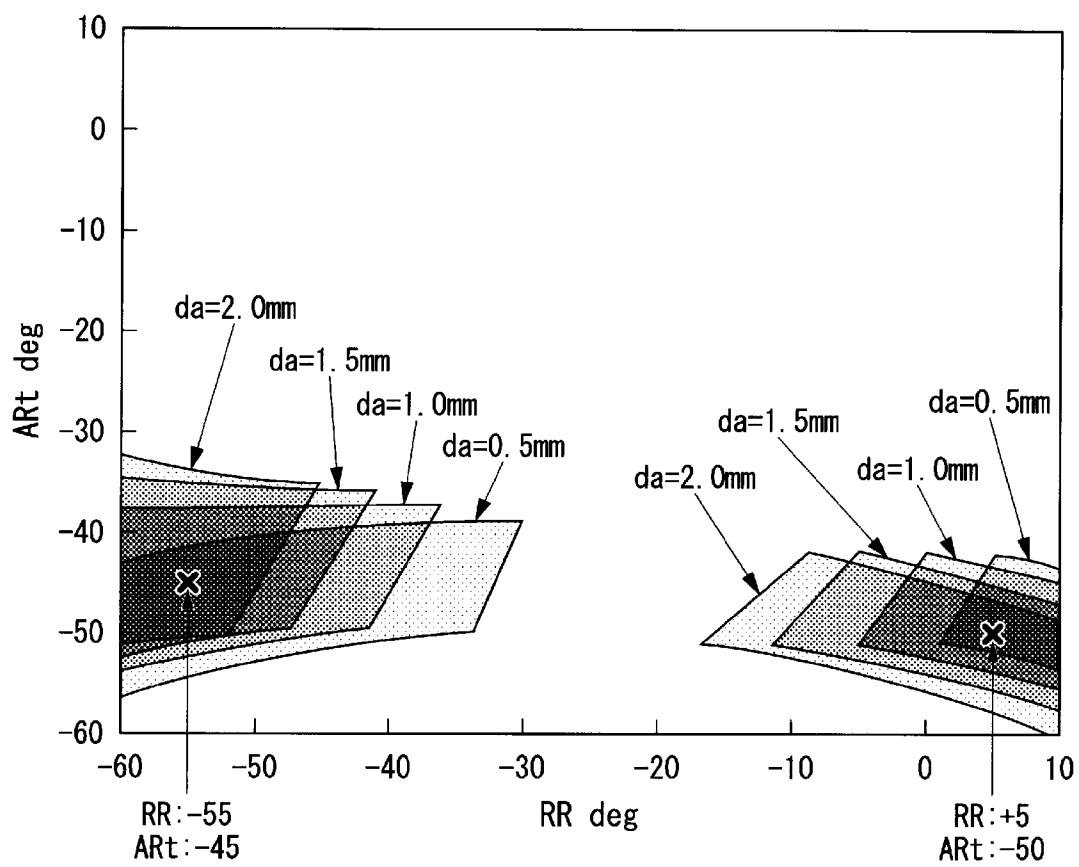
[図16]



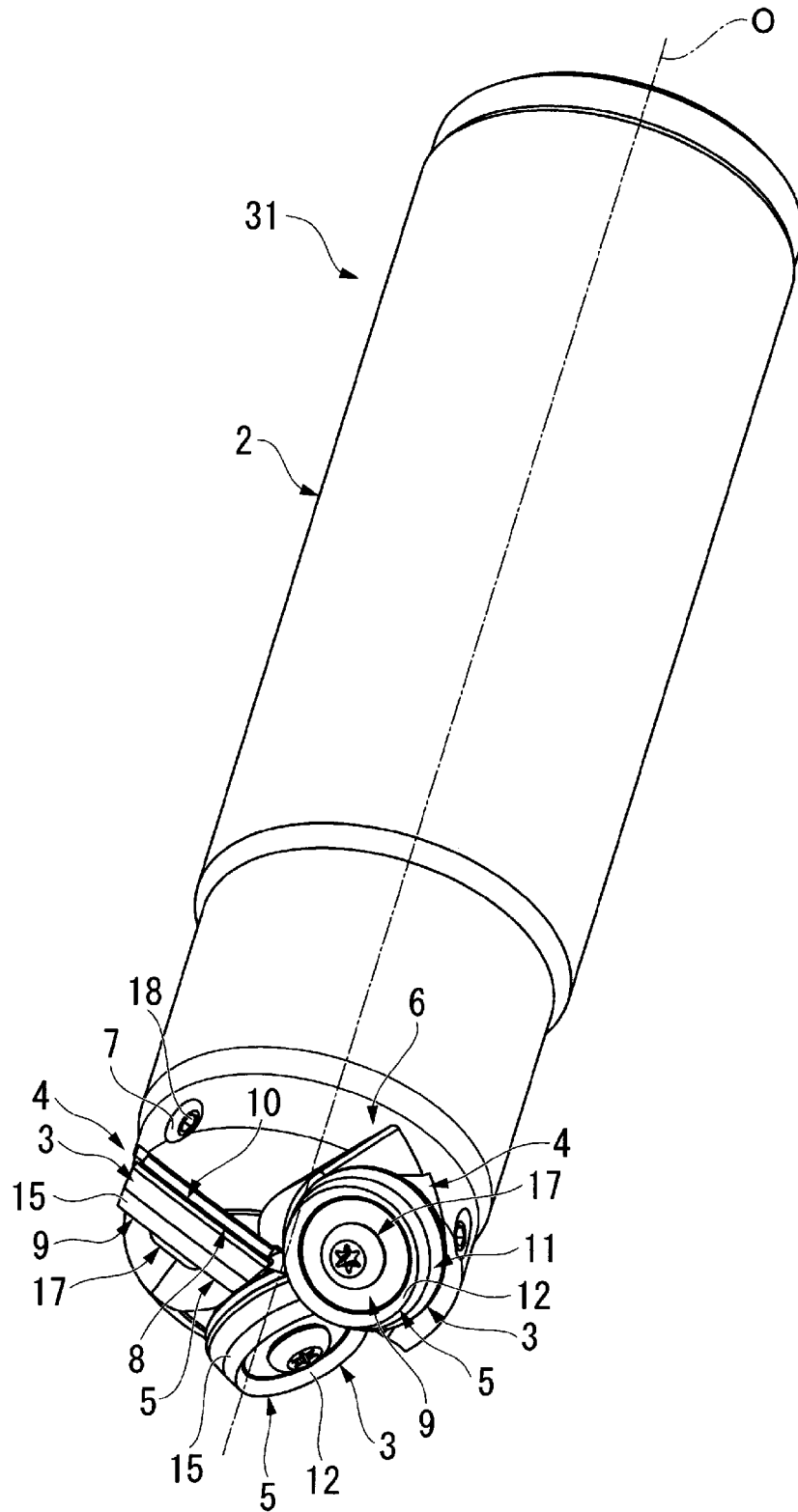
[図17]



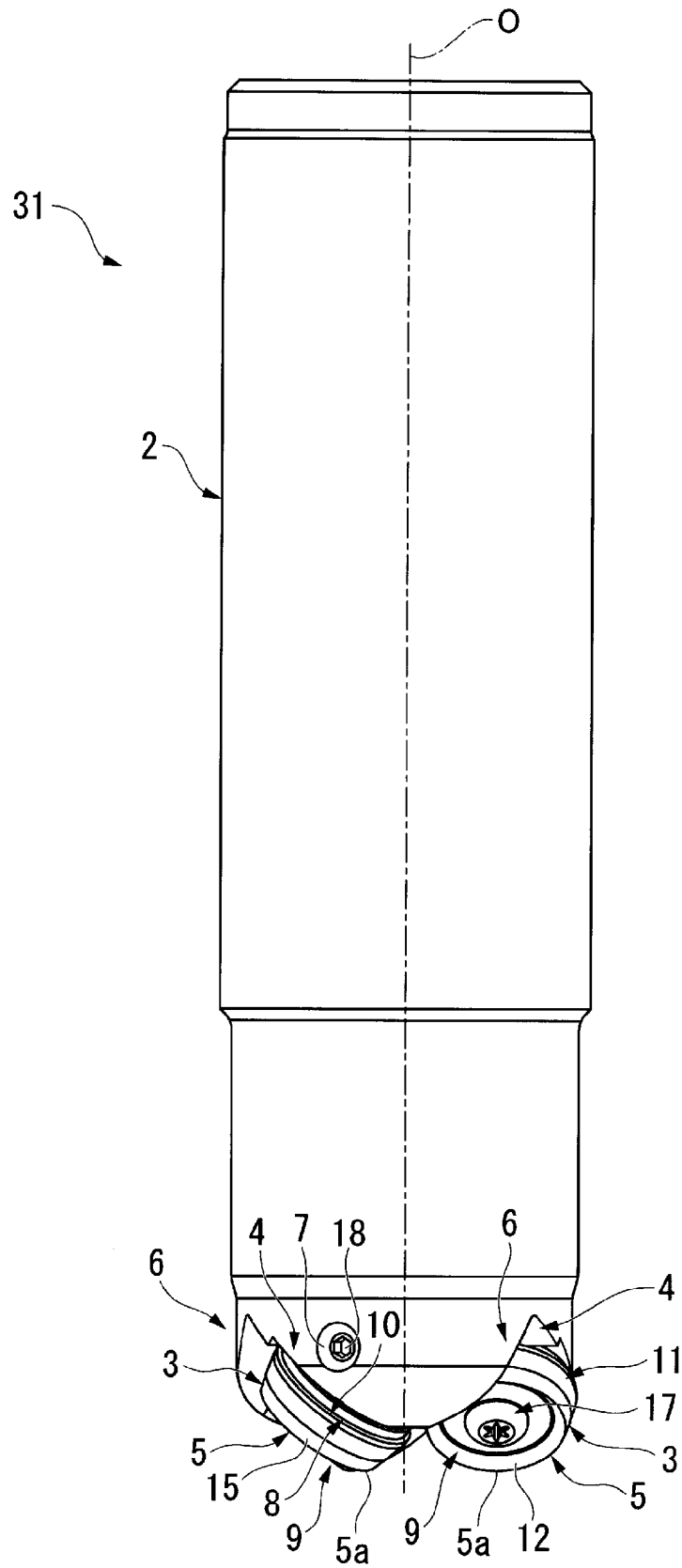
[図18]



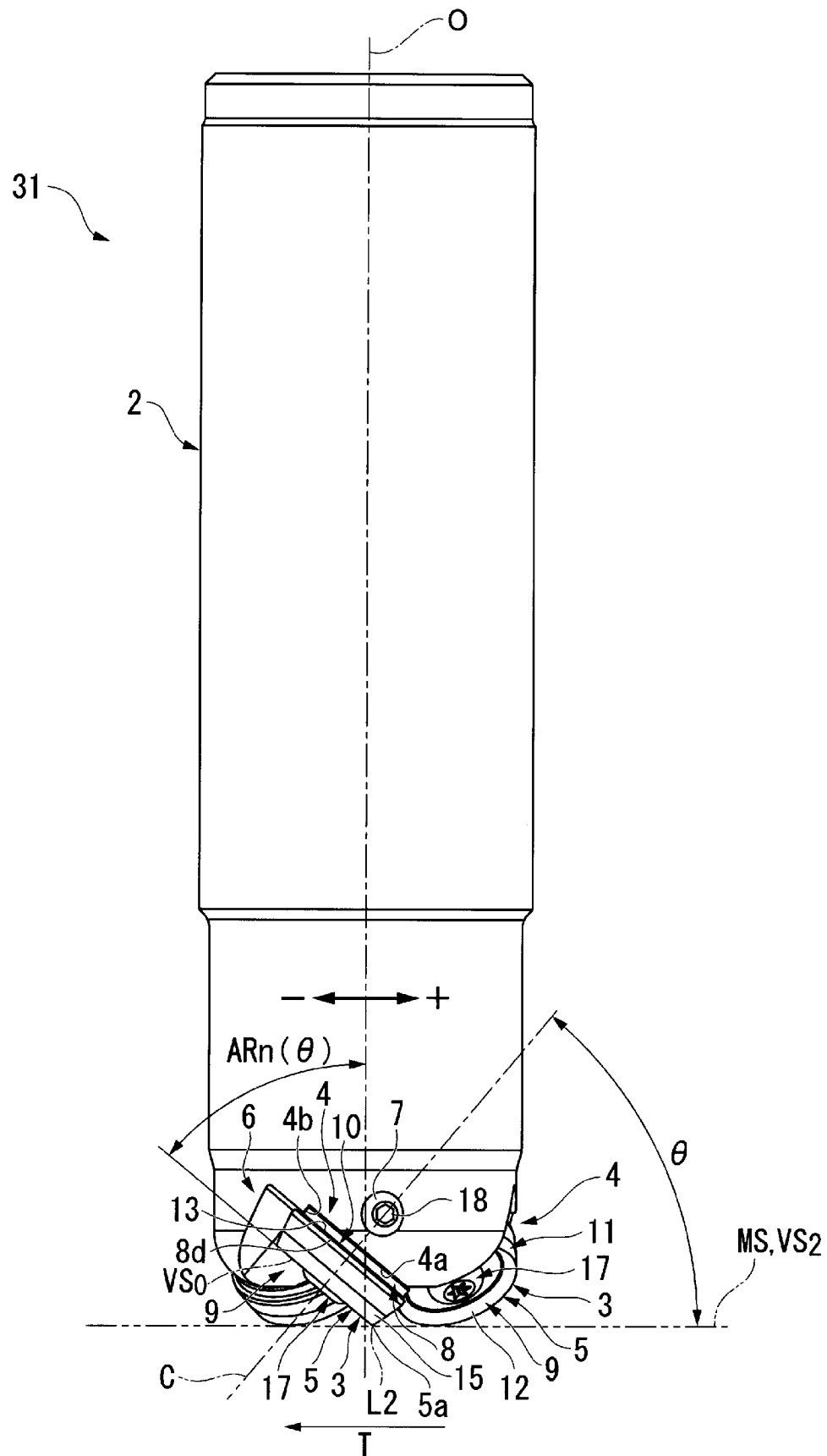
[図19]



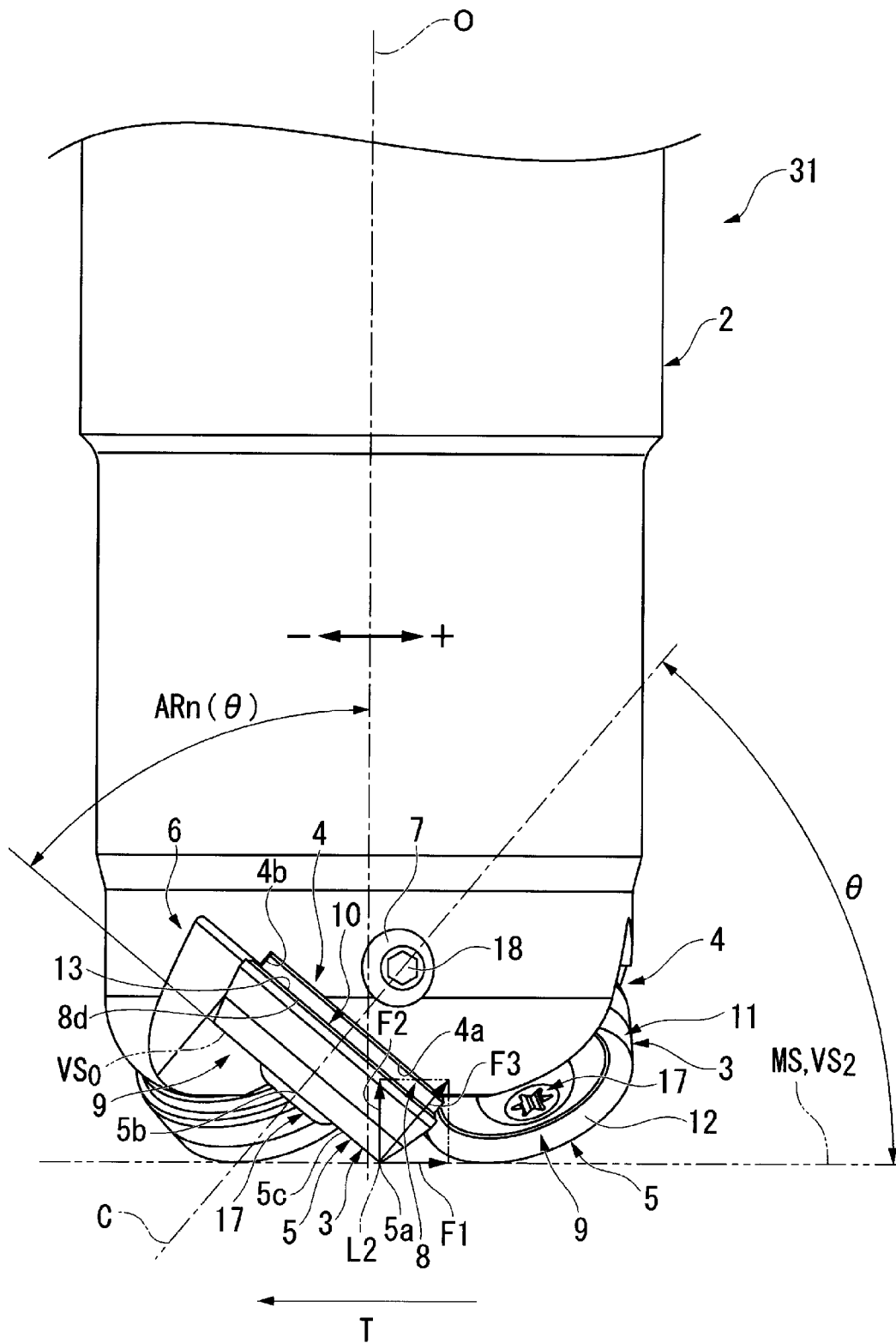
[図21]



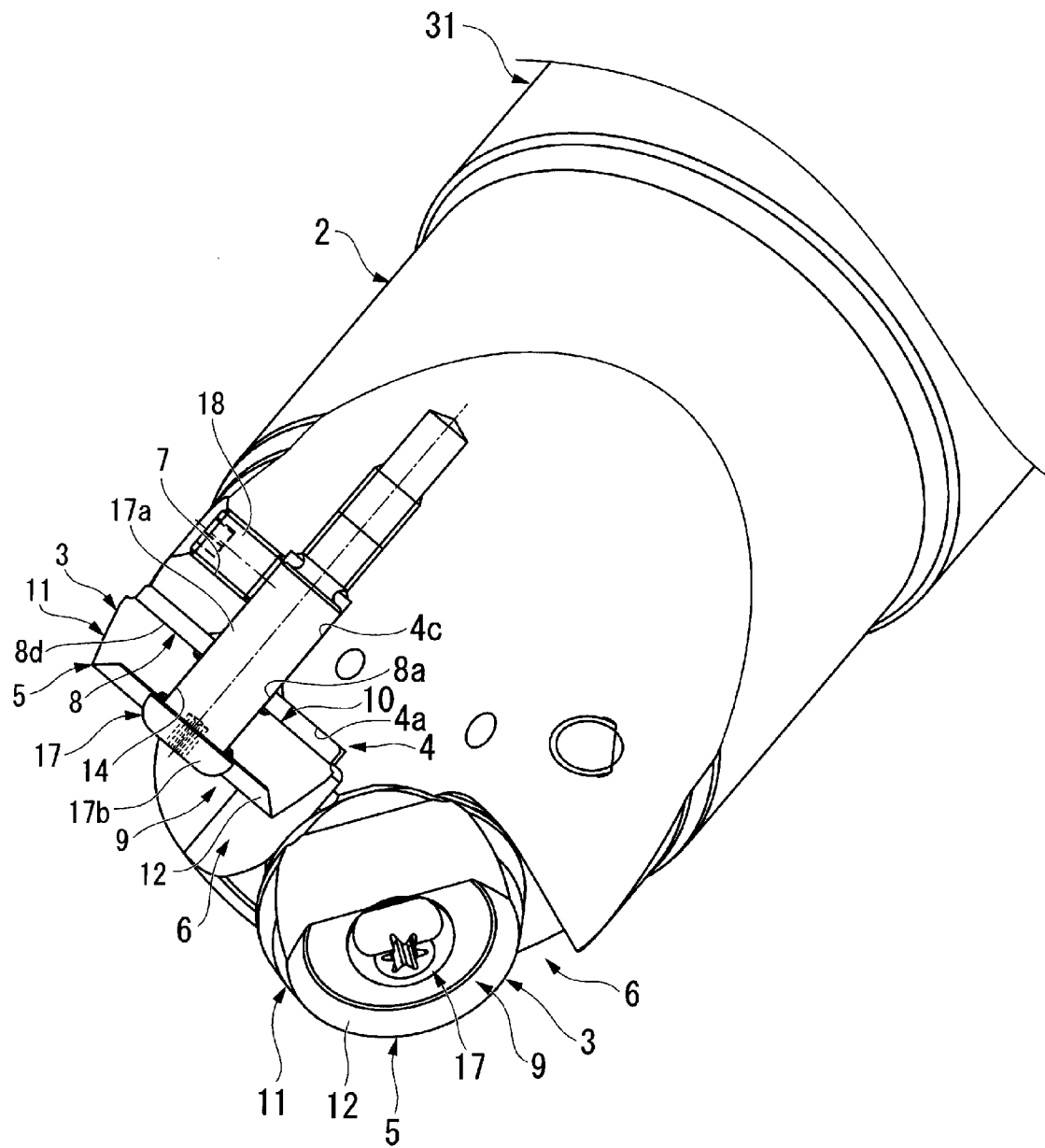
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/063079

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23C5/10(2006.01)i, B23C5/20(2006.01)i

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)

B23C5/02-5/24

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
A	US 2885766 A (ERNST,H et al.), 12 May 1959 (12.05.1959), 2nd row, line 35 to 5th row, line 37; fig. 1 to 6 & GB 791487 A	1-9
A	US 3329065 A (VAUGHN,RL), 04 July 1967 (04.07.1967), 1st row, line 58 to 3rd row, line 11; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-9
A	FR 1252422 A (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES LTD.), 27 January 1961 (27.01.1961), pages 1 to 2; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-9

☒ 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
21 July 2015 (21.07.15)

Date of mailing of the international search report
04 August 2015 (04.08.15)

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

International application No.

PCT/JP2015/063079

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 56-163817 A (Leonard A. Briese), 16 December 1981 (16.12.1981), page 2, lower right column, line 1 to page 4, lower right column, line 15; fig. 1 to 7 & US 4477211 A & EP 38923 A2 & CA 1167246 A & IL 62316 A	1-9
A	JP 2013-144356 A (Sandvik Intellectual Property AB.), 25 July 2013 (25.07.2013), paragraphs [0017] to [0046]; fig. 1 to 20 & US 2014/0030034 A1 & EP 2614910 A1 & SE 1250021 A1 & CN 103203493 A & KR 10-2013-0084260 A	1-9
A	JP 2012-206243 A (Hitachi, Ltd.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0025] to [0036]; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B23C5/10(2006.01)i, B23C5/20(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. B23C5/02-5/24

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
A	US 2885766 A (ERNST, H et al.) 1959.05.12, 第2列第35行-第5列第37行, 第1-6図 & GB 791487 A	1-9
A	US 3329065 A (VAUGHN, RL) 1967.07.04, 第1列第58行-第3列第11行, 第1-6図（ファミリーなし）	1-9
A	FR 1252422 A (ASSOCIATED ELECTRICAL INDUSTRIES LIMITED) 1961.01.27, 第1-2ページ, 第1-5図（ファミリーなし）	1-9

☒ 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矛盾するものではなく、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

21.07.2015

国際調査報告の発送日

04.08.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

齊藤 彬

3 C

5 0 7 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 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
A	JP 56-163817 A (レオナード・エイ・ブリーズ) 1981. 12. 16, 第2 ページ右下欄第1 行-第4 ページ右下欄第15 行, 第1-7 図 & US 4477211 A & EP 38923 A2 & CA 1167246 A & IL 62316 A	1-9
A	JP 2013-144356 A (サンドビック インテレクチュアル プロパテ ィー アクティエボラーク) 2013. 07. 25, 段落 0017-0046, 図 1-20 & US 2014/0030034 A1 & EP 2614910 A1 & SE 1250021 A1 & CN 103203493 A & KR 10-2013-0084260 A	1-9
A	JP 2012-206243 A (株式会社日立製作所) 2012. 10. 25, 段落 0025-0036, 図 1-13 (ファミリーなし)	1-9