



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101848783 B

(45) 授权公告日 2012.06.20

(21) 申请号 200880114888.4

(22) 申请日 2008.11.04

(30) 优先权数据

2007-290180 2007.11.07 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.05.06

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/070051 2008.11.04

(87) PCT申请的公布数据

W02009/060833 JA 2009.05.14

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

专利权人 日立工具株式会社

(72) 发明人 日笠山晴久 长岛由光

(74) 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理

有限公司 11225

代理人 黄威 孙丽梅

(51) Int. Cl.

B23C 5/10(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1972773 A, 2007.05.30,

JP 特开 2006-15419 A, 2006.01.19,

JP 特开 2004-181563 A, 2004.07.02,

JP 特开 2005-052957 A, 2005.03.03,

审查员 吴绍群

权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 12 页

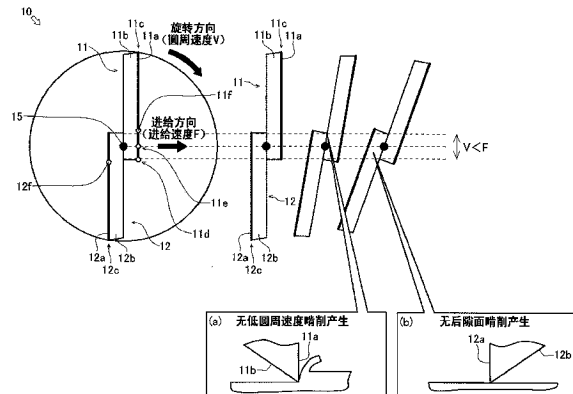
(54) 发明名称

圆头端铣刀

(57) 摘要

本发明提供一种能够防止在加工面上产生“啃削”的圆头端铣刀。在圆头端铣刀(10)上设置被形成于球面状顶端部上的两个切削刃(11、12);将切削刃(11)的刃面(11a)的内周端部设置于比旋转轴更向旋转方向的前方偏离的位置上;将切削刃(11)的刃面(11a)的内周端部设置于半径方向上自旋转轴向切削刃形成侧的相反侧突出规定距离的位置上;切削刃(11)的刃面(11a)和后隙面(11b)的边界线为棱线(11c),在棱线(11c)的中间位置上形成有连接部(11f),将切削刃(11)中从连接部(11f)到切削刃(11)的外周端部为止的部分作为主切削刃(11m);将切削刃(11)中从连接部(11f)到切削刃(11)的内周端部为止的部分作为副切削刃(11s);切削刃(11)的连接部(11f)为切削刃(11)中最向旋转轴轴线方向的顶端侧突出的部分,切削刃(12)也与切削刃(11)相同。

CN 101848783 B



1. 一种圆头端铣刀，
具有多个切削刃，所述多个切削刃被形成在具有曲率的顶端部上，
将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于，比旋转轴更向旋转方向的前方偏离的位置上，

将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于，在半径方向上从旋转轴向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离 X0 的位置上，

在所述圆头端铣刀中，

将所述切削刃中从棱线的外周端部到所述棱线的中间位置为止的部分，作为主切削刃，其中，所述棱线为所述切削刃的刃面与后隙面的边界线，

将所述切削刃中从所述棱线的中间位置到所述棱线的内周端部为止的部分，作为副切削刃，

所述主切削刃和所述副切削刃的连接部为，所述切削刃中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分，

所述规定距离 X0 与距离 W 的关系满足以下的公式 1，其中，所述距离 W 为，从所述切削刃的棱线上自所述旋转轴的距离最近的位置，到所述切削刃的连接部为止的距离，

公式 1： $0 < X0 \leq W$ 。

2. 如权利要求 1 所述的圆头端铣刀，其中，

所述距离 W 与曲率半径 Rk 及容许误差 Δt 的关系满足以下的公式 2，其中，所述曲率半径 Rk 为，侧面观察所述切削刃时的曲率半径；所述容许误差 Δt 为，假设圆头端铣刀的顶端部的表面形状为球面状时，从其最顶端部到所述切削刃的连接部为止的、旋转轴轴线方向上的距离的容许误差，

公式 2： $\sqrt{Rk^2 - W^2} \geq Rk - \Delta t$ 。

3. 如权利要求 2 所述的圆头端铣刀，其中，

所述距离 W 与每一片切削刃的走刀量 fz 的关系满足以下的公式 3，

公式 3： $W \geq fz$ 。

4. 如权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的圆头端铣刀，其中，
所述副切削刃的凹角角度大于等于 0° 且小于 1° 。

5. 如权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的圆头端铣刀，其中，
所述多个切削刃的前角角度大于等于 -10° 且小于等于 10° 。

6. 如权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的圆头端铣刀，其中，
所述副切削刃的后角角度大于所述主切削刃的后角角度。

7. 如权利要求 1 ~ 3 中的任意一项所述的圆头端铣刀，其中，
在与所述切削刃的刃面对置的部分，形成容屑槽。

圆头端铣刀

技术领域

[0001] 本发明涉及一种端铣刀的技术,即,涉及一种通过将形成有切削刃的顶端部与加工对象相接触,一边旋转一边在与旋转轴大致垂直的方向上移动,从而对加工对象物进行加工(切削)的工具的技术。

[0002] 更具体而言,涉及一种提高由端铣刀加工的加工面表面精度的技术。

背景技术

[0003] 一直以来所公知的端铣刀为,被装载于铣床或机床上,通过使形成有切削刃的顶端部与加工对象物相接触,一边旋转一边在与旋转轴大致垂直的方向上移动,从而对加工对象物进行加工(切削)的工具。

[0004] 此外,端铣刀中,在半球状的顶端部上形成有切削刃的圆头端铣刀,多用于例如对由复杂曲面所构成的模具内腔面进行加工等的三维加工中。

[0005] 在实施由圆头端铣刀所进行的切削加工时,有时在加工对象物的加工面上会形成被称为“啃削”的表面精度较低(出现凸凹)的区域。

[0006] 尤其,如图 11 的 (a) 及 (b) 所示,当加工面角度 α 变小时,加工面的表面粗糙度将变大,其中所述加工面角度 α 为,加工面和大致垂直于圆头端铣刀的旋转轴的面所成的角度。当通过显微镜来观察加工面角度 α 较小、且面粗糙度较大的加工面时,可以看出在加工面上产生了不规则的凸凹部,即“啃削”。并且,图 11 (b) 图示了用直径为 20mm 的圆头端铣刀进行加工后的示例。

[0007] 在加工面上产生了“啃削”的情况下,为了确保所需的表面精度,需要另行施加研磨等的处理,因而存在加工工序增多的问题。

[0008] “啃削”是一种由于圆头端铣刀的顶端部中旋转轴上的点(所谓的零点(NULL point))及其附近的区域,在与加工对象物接触的同时被拖曳从而在加工面上产生的现象,通过对其产生的机理进行详细的分析,从而可以大致地分为以下四种,即,(1) 零圆周速度啃削、(2) 低圆周速度啃削、(3) 后隙面啃削、(4) 切屑的卷入啃削。

[0009] 以下,使用图 11 所示的常规的圆头端铣刀 100,来对各种“啃削”的产生机理进行说明。

[0010] 圆头端铣刀 100 由近圆柱状的部件组成,其一端、即基部以可拆装的方式被固定在铣床或机床的旋转驱动轴上。圆头端铣刀 100 的另一端、即顶端部为半球状,在该顶端部上形成有切削刃 101、102。

[0011] 从圆头端铣刀 100 的旋转轴的轴线方向观察时,切削刃 101、102 被配置于,以旋转轴为中心相互旋转了 180 度的位置上。

[0012] 切削刃 101 具有刃面 101a 和后隙面 101b,其中,所述刃面 101a 为参与对加工对象物的切削的面,所述后隙面 101b 为不参与对加工对象物的切削的面,并且刃面 101a 和后隙面 101b 的边界为棱线 101c。刃面 101a 与圆头端铣刀 100 的旋转轴平行或成接近于平行的角度。此外,后隙面 101b 与圆头端铣刀 100 的旋转轴垂直或成接近于垂直的角度。

[0013] 在从圆头端铣刀 100 的旋转轴的轴线方向观察时,切削刃 101 的棱线 101c 的一端与圆头端铣刀 100 的零点 105 相一致,并且切削刃 101 的棱线 101c 沿圆头端铣刀 100 的半径方向延伸。

[0014] 同样,切削刃 102 具有刃面 102a 和后隙面 102b,其中,所述刃面 102a 为参与对加工对象物的切削的面,所述后隙面 102b 为不参与对加工对象物的切削的面,并且刃面 102a 和后隙面 102b 的边界为棱线 102c。刃面 102a 与圆头端铣刀 100 的旋转轴平行或成接近于平行的角度。此外,后隙面 102b 与圆头端铣刀 100 的旋转轴垂直或成接近于垂直的角度。

[0015] 从圆头端铣刀 100 的旋转轴的轴线方向观察时,切削刃 102 的棱线 102c 的一端与圆头端铣刀 100 的零点 105 相一致,并且切削刃 102 的棱线 102c 沿圆头端铣刀 100 的半径方向延伸。

[0016] 零点 105 为,圆头端铣刀 100 的顶端部中,圆头端铣刀 100 旋转轴上的点(圆头端铣刀 100 的顶端部和圆头端铣刀 100 的旋转轴的交点)。

[0017] 如此,圆头端铣刀 100 的切削刃 101 的刃面 101a、及切削刃 102 的刃面 102a,其内周端部都未在旋转方向上偏置,而是其内周端部被配置于圆头端铣刀 100 的旋转轴上。

[0018] 为了使圆头端铣刀 100 避免在加工对象物的刃面上产生“啃削”的条件下进行切削加工,重要的是,通过使在圆头端铣刀 100 和加工对象物之间的接触部位上的切削刃 101、102 的圆周速度 V 保持在规定的“阈值”以上,从而由切削刃 101、102 对加工对象的未加工部实施剪切。

[0019] 圆周速度 V 可用 $V = 2\pi \times r \times S$ 的关系式来表示,其中, r 为距圆头端铣刀 100 的旋转轴的距离、 S 为圆头端铣刀 100 的转数。

[0020] 但是,由于零点 105 位于圆头端铣刀 100 的旋转轴上($r = 0$),所以零点 105 上的圆周速度 V 为零,从而无法由切削刃 101、102 对加工对象物的未加工部实施剪切。

[0021] 因此,实际上,零点 105 以小于所述规定的“阈值”的、圆头端铣刀 100 的进给速度 F (圆头端铣刀 100 朝向与旋转轴大致垂直的方向的移动速度),在加工面上被拖曳。

[0022] 根据以上所述机理,在零点 105 和加工面的接触部处所产生的“啃削”为,“零圆周速度啃削”。

[0023] 此外,在零点 105 附近的区域、即切削刃 101、102 上零点一侧的端部,由于其距旋转轴的距离 r 较小,所以圆周速度 V 也较小,因而由切削刃 101、102 所实施的、对加工对象物的未加工部的剪切较弱。

[0024] 因此,实际上,零点 105 附近的区域,以几乎与小于所述规定“阈值”的圆头端铣刀 100 的进给速度 F (圆头端铣刀 100 朝向与旋转轴大致垂直的方向的移动速度)相同的速度,在加工面上被拖曳。

[0025] 根据以上所述机理,在零点 105 附近的区域和加工面的接触部处所产生的“啃削”为,“低圆周速度啃削”。

[0026] 并且,在零点 105 附近的区域中、尤其是进给速度 F 大于圆周速度 V 的区域(满足 $V < F$ 的区域)中,当切削刃 101 的后隙面 101a(切削刃 102 的后隙面 102b)朝向圆头端铣刀 100 的进给方向时,后隙面 101a(后隙面 102b)会将加工对象物的未加工部向进给方向挤压(使之产生塑性变形)。

[0027] 因此,在零点 105 附近的区域中、尤其是进给速度 F 大于圆周速度 V 的区域,切削

刃是在将加工对象物的未加工部向进给方向挤压的同时,被拖曳在加工面。

[0028] 根据以上所述机理,在零点 105 附近的区域中进给速度 F 大于圆周速度 V 的区域内所产生的“啃削”为,“后隙面啃削”。

[0029] 此外,在由圆头端铣刀 100 实施的切削加工中所产生的切屑(切削屑)中、在零点 105 附近的区域所产生的部分,由于零点 105 附近的区域圆周速度较小而不能有效地向外部排出,从而有时会夹在圆头端铣刀 100 的顶端部(零点 105 附近的区域)与加工对象物的加工面之间被拖曳,或因摩擦热而使得切屑的表面熔解并附着(熔敷)在圆头端铣刀 100 的顶端部,并在此状态下被进行拖曳。如此,由于被夹在加工面和圆头端铣刀 100 顶端部之间的切屑、或熔敷于圆头端铣刀 100 顶端部的切屑被拖曳,而在加工面上产生的伤痕(凹凸)为,“切屑的卷入啃削”。

[0030] 这种“切屑的卷入啃削”尤其在加工的对象物(被切削物)为铸铁等的铸造类材料时容易发生。这是由于,通常铸造类材料的硬度较小所以圆头端铣刀零点附近的切削刃容易过度切削加工面,以及加工时所产生的切屑(切削屑)的尺寸较小所导致的。

[0031] 如此,当使用常规的圆头端铣刀 100 来对加工对象物进行加工时,会产生以下各种的“啃削”,即(1)零圆周速度啃削、(2)低圆周速度啃削、(3)后隙面啃削、(4)切屑的卷入啃削。

[0032] 此外,产生这些“啃削”时的切屑,具有如下的特征,即,形状不规则、表面没有光泽(粗糙)、顶端部为圆形、混杂有碎渣(细微的粉碎切屑)。

[0033] 一直以来,人们提出了各种在顶端部形状上具有特征的圆头端铣刀。例如,在专利文件 1~专利文件 15 中所记载的技术。

[0034] 专利文件 1 所述的圆头端铣刀为,将切削刃的刃面设置于向圆头端铣刀的旋转方向的前方偏离的位置上(切削刃位于加工对象物中心的下方)。

[0035] 专利文件 1 所述的圆头端铣刀具有耐磨损性及耐冲击性优异的特点。

[0036] 但是,虽然专利文件 1 所述的圆头端铣刀,虽然其切削刃刃面的内周端部被设置于从零点向偏离方向错开了的位置上,但是其存在如下问题,即,为了将加工面的尺寸误差收敛在容许范围内的,在误差范围内,其不能防止(2)低圆周速度啃削的产生。

[0037] 专利文件 2 至专利文件 4 所述的圆头端铣刀为,在其相位错开 180 度而设置的两个切削刃中,一侧的切削刃的刃面的内周端部跨越旋转轴而向相反侧(另一侧的切削刃的形成侧)突出,并且另一侧的切削刃的刃面的内周端部不跨越旋转轴,而被设置于从旋转轴退让了规定距离的位置上。

[0038] 专利文件 2 所述的圆头端铣刀具有,能够防止切削刃的内周端部发生卷刃的优点。

[0039] 但是,专利文件 2 及专利文件 4 中所述的圆头端铣刀,由于其跨越旋转轴而向相反侧突出的、一侧的切削刃的后隙面位于零点上,所以存在不能防止加工时产生(1)零圆周速度啃削的问题。

[0040] 此外,专利文件 2 至专利文件 4 中所述的圆头端铣刀,不能防止(3)后隙面啃削的产生,该(3)后隙面啃削的产生是由跨越旋转轴而向相反侧突出的、一侧的切削刃的后隙面所引起。

[0041] 专利文件 5 至专利文件 8 中所述的圆头端铣刀为,在零点及其周围的区域上形成

有凹部（离隙（relief））的圆头端铣刀。

[0042] 专利文件 5 至专利文件 8 中所述的圆头端铣刀由于在零点处不与加工面接触，所以具有能够防止 (1) 零圆周速度啃削产生的优点。

[0043] 但是，专利文件 5 至专利文件 8 中所述的圆头端铣刀不能防止 (2) 低圆周速度啃削的产生。这是由于以下的理由所导致。

[0044] 由于专利文件 5 至专利文件 8 中所述的圆头端铣刀的结构为，其切削刃的刃面未向圆头端铣刀的旋转方向偏离，所以从切削刃的刃面内周端部到零点的距离等于凹部的半径。并且，因为从将加工面的尺寸误差收敛在规定的容许范围内的观点出发，该凹部的半径不能设得太大，所以切削刃的刃面内周端部的圆周速度变小，从而会产生 (2) 低圆周速度啃削。

[0045] 专利文件 9 中所述的圆头端铣刀为，将切削刃的刃面设置于向圆头端铣刀的旋转方向的前方偏离的位置上的圆头端铣刀（切削刃位于加工对象物中心的上方）。

[0046] 但是，专利文件 9 中所述的圆头端铣刀，由于其一对切削刃的刃面的内周端部被设置于从零点向切削刃的刃面的偏离方向错开的位置上，并且其一对切削刃的后隙面的连接部被设置于零点上，所以该连接部会在与加工面接触的同时被拖曳，从而存在不能防止 (1) 零圆周速度啃削产生的问题。

[0047] 此外，专利文件 9 中所述的圆头端铣刀，由于其切削刃的刃面的偏离量较小，且一对切削刃的刃面的内周端部的圆周速度较小，所以不能防止 (2) 低圆周速度啃削的产生。

[0048] 专利文件 10 至专利文件 13 中所述的圆头端铣刀为，通过跨越零点而形成的横刃，将形成于顶端部的多个切削刃的内周端部连接在一起，并且通过该横刃，对与零点以及其附近区域相接触的加工面进行抛光加工。

[0049] 但是，专利文件 10 至专利文件 13 中所述的圆头端铣刀，由于其抛光加工为使横刃与加工面接触的同时进行拖曳的加工，所以不能防止 (1) 零圆周速度啃削的产生。

[0050] 此外，由于横刃在半径方向上较短，所以不能防止 (2) 低圆周速度啃削及 (3) 后隙面啃削的产生。

[0051] 并且，由于较大的负载作用于横刃，所以还存在容易发生卷刃的问题。

[0052] 专利文件 14 中所述的圆头端铣刀为，将专利文件 10 中所述的圆头端铣刀的横刃在半径方向上延长了的圆头端铣刀。

[0053] 由于横刃的两面都为切削面，并且不具有后隙面，所以与专利文件 10 中所述的圆头端铣刀相比，专利文件 14 中所述的圆头端铣刀具有能够防止 (3) 后隙面啃削产生的优点。

[0054] 但是，由于专利文件 14 中所述的圆头端铣刀，其横刃的切削面与加工面所成的角度较小，所以与横刃的切削面与加工面所成角度为 90 度左右的通常的切削刃相比，存在切削性较差的问题。

[0055] 此外，即使将横刃在半径方向上延长，也无法消除不能防止 (1) 零圆周速度啃削产生的问题。

[0056] 专利文件 15 中所述的圆头端铣刀为，将一个横刃配置于从零点偏离的位置上。

[0057] 专利文件 15 中所述的圆头端铣刀具有如下优点，即，由于其横刃位于从零点偏离的位置上，所以能够防止 (1) 零圆周速度啃削的产生，并且由于横刃的两面都为切削面，所

以能够防止 (3) 后隙面啃削的产生。

[0058] 但是, 专利文件 15 中所述的圆头端铣刀, 由于其从横刃边缘的大致中央部到零点为止的距离较短, 所以不能防止 (2) 低圆周速度啃削的产生。

[0059] 此外, 所述专利文件 1 至专利文件 15 中所述的圆头端铣刀, 其根本都没有从防止 (4) 切屑的卷入啃削的产生的观点出发而进行设计。

[0060] 尤其, 在专利文件 10 至专利文件 15 中所述的圆头端铣刀上所形成的横刃存在如下的问题, 即, 由于其刃面从与加工面垂直的状态以较大程度倾斜, 所以不仅容易将进入横刃和加工面的间隙内的切屑碾碎并引起熔敷, 而且反而更容易产生切屑的卷入啃削。

[0061] 因为“啃削”为圆头端铣刀的零点及其附近的区域与加工面相接触时产生的现象, 所以作为防止产生“啃削”的其他方法, 人们考虑到了以下方法, 即, 使铣床或机床上的圆头端铣刀的固定支撑部的角度能够变更, 从而在加工时, 常时避免圆头端铣刀的零点及其附近的区域与加工面的接触。

[0062] 但是, 这种方法存在以下问题, 即, 使铣床或机床的构造复杂化, 进而增大设备成本; 在使圆头端铣刀的固定支撑部的角度可变更的情况下, 而构成变更该角度的机构的部件间的间隙 (松动) 有可能会引起加工面的尺寸精度下降。

[0063] 专利文件 1 : 日本实开昭 63-189518 号公报

[0064] 专利文件 2 : 日本特开平 5-138425 号公报

[0065] 专利文件 3 : 日本特开平 5-228714 号公报

[0066] 专利文件 4 : 日本特开平 10-249623 号公报

[0067] 专利文件 5 : 日本特开平 7-1218 号公报

[0068] 专利文件 6 : 日本特开平 9-262713 号公报

[0069] 专利文件 7 : 日本特开平 9-267211 号公报

[0070] 专利文件 8 : 日本特开 2000-52125 号公报

[0071] 专利文件 9 : 日本特开 2001-1208 号公报

[0072] 专利文件 10 : 日本特开 2001-293609 号公报

[0073] 专利文件 11 : 日本特开 2001-341026 号公报

[0074] 专利文件 12 : 日本特开 2002-254234 号公报

[0075] 专利文件 13 : 日本特开 2003-53617 号公报

[0076] 专利文件 14 : 日本特开 2004-181563 号公报

[0077] 专利文件 15 : 日本特开平 2004-142055 号公报

发明内容

[0078] 发明所要解决的问题

[0079] 本发明旨在提供一种能够防止在加工面上产生“零圆周速度啃削”、“低圆周速度啃削”、“后隙面啃削”、“切屑的卷入啃削”等各种啃削的圆头端铣刀及其制造方法。

[0080] 解决问题的方法

[0081] 本发明第一方式中的圆头端铣刀, 具有多个切削刃, 所述多个切削刃被形成在具有曲率的顶端部上, 并且将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于, 比旋转轴更向旋转方向的前方偏离的位置上, 并且将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于, 在半径方向

上从旋转轴向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离 X0 的位置上 ;在所述圆头端铣刀中,将所述切削刃中从棱线的外周端部到所述棱线的中间位置为止的部分,作为主切削刃,其中,所述棱线为所述切削刃的刃面与后隙面的边界线,并且将所述切削刃中从所述棱线的中间位置到所述棱线的内周端部为止的部分,作为副切削刃,并且所述主切削刃和所述副切削刃的连接部为,所述切削刃中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分,

[0082] 此外,所述规定距离 X0 与距离 W 的关系满足以下的公式 1,其中,所述距离 W 为,从所述切削刃的棱线上自所述旋转轴的距离最近的位置,到所述切削刃的连接部为止的距离。

[0083] [公式 1]

[0084] $0 < X0 \leq W$

[0085] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,距离 W 与曲率半径 Rk 及容许误差 Δt 的关系满足以下的公式 2,其中,所述距离 W 为,从所述切削刃的棱线上自所述旋转轴的距离最近的位置,到所述切削刃的连接部为止的距离 ;所述曲率半径 Rk 为,侧面观察所述切削刃时的曲率半径 ;所述容许误差 Δt 为,假设圆头端铣刀的顶端部的表面形状为球面状时,从其最顶端部到所述切削刃的连接部为止的、旋转轴轴线方向上的距离的容许误差。

[0086] [公式 2]

[0087] $\sqrt{Rk^2 - W^2} \geq Rk - \Delta t$

[0088] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,距离 W 与每一片切削刃的走刀量 f_z 的关系满足以下的公式 3,其中,所述距离 W 为,从所述切削刃的棱线上自所述旋转轴的距离最近的位置,到所述切削刃的连接部为止的距离。

[0089] [公式 3]

[0090] $W \geq f_z$

[0091] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,所述副切削刃的凹角角度大于等于 0° 且小于 1° 。

[0092] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,所述多个切削刃的前角角度大于等于 -10° 且小于等于 10° 。

[0093] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,所述副切削刃的后角角度大于所述主切削刃的后角角度。

[0094] 在本发明的圆头端铣刀中,优选为,在与所述切削刃的刃面对置的部分,形成容屑槽。

[0095] 本发明第二方式的圆头端铣刀,具有多个切削刃,所述多个切削刃被形成在具有曲率的顶端部上,并且将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于,从旋转轴更向旋转方向的前方偏离的位置上,并且将所述多个切削刃的刃面的内周端部配置于,在半径方向上从旋转轴向切削刃形成侧退让了规定距离 X1 的位置上 ;在所述圆头端铣刀中,将所述切削刃中从棱线的外周端部到所述棱线的中间位置为止的部分,作为主切削刃,在所述圆头端铣刀中,所述棱线为所述切削刃的刃面与后隙面的边界线,并且将所述切削刃中从所述棱线的中间位置到所述棱线的内周端部为止的部分,作为副切削刃,并且所述主切削刃和所述副切削刃的连接部为,所述切削刃中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0096] 此外,所述规定距离 X1 与距离 W 的关系满足以下的公式 4,其中,所述距离 W 为,

从所述切削刃的棱线上自所述旋转轴的距离最近的位置,到所述切削刃的连接部为止的距离。

[0097] [公式 4]

[0098] $0 < X1 \leq 0.5W$

[0099] 发明的效果

[0100] 本发明具有能够防止加工面上产生的“啃削”现象的效果。

附图说明

- [0101] 图 1 为表示本发明的圆头端铣刀的第一实施方式的模式图。
[0102] 图 2 为本发明的圆头端铣刀的第一实施方式的侧视图。
[0103] 图 3 为本发明的圆头端铣刀的第二实施方式的侧视图。
[0104] 图 4 为表示本发明的圆头端铣刀的第二实施方式的刀头的立体图。
[0105] 图 5 为表示本发明的圆头端铣刀的第二实施方式的刀头顶端部的图。
[0106] 图 6 为本发明的圆头端铣刀的第二实施方式的刀头顶端部的放大图。
[0107] 图 7 为本发明的圆头端铣刀的第二实施方式的刀头顶端部的侧视模式图。
[0108] 图 8 为表示副切削刃的凹角角度与加工面的表面特性状况的关系的图。
[0109] 图 9 为表示副切削刃的凹角角度与加工面的表面粗糙度的关系的图。
[0110] 图 10 为本发明的圆头端铣刀的第三实施方式的刀头顶端部的放大图。
[0111] 图 11 为表示现有的圆头端铣刀的加工面角度和表面粗糙度的关系的图。
[0112] 图 12 为表示现有的圆头端铣刀的一个示例的模式图。

具体实施方式

[0113] 以下,使用图 1 及图 2,对作为本发明圆头端铣刀的第一实施方式的圆头端铣刀 10 进行说明。

[0114] 圆头端铣刀 10 由近似圆柱形状的部件组成,并且作为其一端的基部以可拆装的方式被固定在铣床或机床的旋转驱动轴上。

[0115] 作为圆头端铣刀 10 另一端的顶端部为半球状,在该顶端部上形成有两个切削刃 11、12。

[0116] 如图 1 所示,从圆头端铣刀 10 的旋转轴(中心轴)的轴线方向观察时,切削刃 11、12 被配置于相互旋转了 180 度的位置上。

[0117] 切削刃 11 具有刃面 11a 和后隙面 11b,其中,所述刃面 11a 为参与对加工对象物的切削的面(前倾面),所述后隙面 11b 为不参与对加工对象物的切削的面,并且刃面 11a 和后隙面 11b 的边界为棱线(刃口)11c。

[0118] 切削刃 11 的刃面 11a 和圆头端铣刀 10 的旋转轴平行或成接近于平行的角度。即,刃面 11a 和圆头端铣刀 10 的旋转轴所成角度为,大于等于 -10° 且小于等于 10° 的角度(接近于 0° 的角度)。

[0119] 此处,刃面 11a 和圆头端铣刀 10 的旋转轴所成的角度,在刃面 11a 倾斜成,刃面 11a 的棱线 11c 一侧的端部比刃面 11a 基部侧的端部更向圆头端铣刀 10 旋转方向的前方突出时,设定为正;而在刃面 11a 倾斜成,刃面 11a 的棱线 11c 一侧的端部比刃面 11a 基部侧

的端部更向圆头端铣刀 10 旋转方向的后方退让时,设定为负。

[0120] 此外,后隙面 11b 和圆头端铣刀 10 的旋转轴垂直或成接近于垂直的角度。

[0121] 切削刃 11 的刃面 11a 的内周端部被配置于,比该旋转轴(零点 15)更向旋转方向的前方偏离的位置上(切削刃位于加工对象物中心的上方)。

[0122] 切削刃 11 的刃面 11a 的内周端部被配置于,在半径方向上从旋转轴(零点 15)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置上。

[0123] 此处,“从旋转轴向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置”是指,在圆头端铣刀的顶端部表面上,跨过旋转轴(零点)而跨越到切削刃形成侧的相反侧的位置。

[0124] 切削刃 12 具有刃面 12a 和后隙面 12b,其中,所述刃面 12a 为参与对加工对象物的切削的面,所述后隙面 12b 为不参与对加工对象物的切削的面,并且刃面 12a 和后隙面 12b 的边界为棱线(刃口)12c。

[0125] 切削刃 12 的刃面 12a 和圆头端铣刀 10 的旋转轴平行或成接近于平行的角度。此外,后隙面 12b 和圆头端铣刀 10 的旋转轴垂直或成接近于垂直的角度。

[0126] 切削刃 12 的刃面 12a 的内周端部被配置于,比该旋转轴(零点 15)更向旋转方向的前方偏离的位置上(切削刃位于加工对象物中心的上方)。

[0127] 切削刃 12 的刃面 12a 的内周端部被配置于,在半径方向上从旋转轴(零点 15)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置上。

[0128] 如此,因为切削刃 11 的刃面 11a 的内周端部及切削刃 12 的刃面 12a 的内周端部均被配置于,比该旋转轴(零点 15)更向旋转方向的前方偏离、并且在半径方向上从旋转轴(零点 15)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置上,所以在圆头端铣刀 10 顶端部表面上的零点 15 及其附近的区域,切削刃 11 的内周端部及切削刃 12 的内周端部互相重叠(当从与刃面 11a 或刃面 12a 垂直的方向观察时,在圆头端铣刀 10 顶端部表面上的零点 15 及其附近的区域,切削刃 11 的内周端部及切削刃 12 的内周端部重叠)。

[0129] 如图 1 所示,圆头端铣刀 10 的零点 15 位于,切削刃 11 的后隙面 11b 及切削刃 11 的后隙面 11b 的边界部。切削刃 11 的后隙面 11b(切削刃 12 的后隙面 12b),越从棱线 11c(棱线 12c)远离,越向接近圆头端铣刀 10 的基部侧的方向倾斜。

[0130] 如图 2 所示,从大致垂直于刃面 11a 的方向观察切削刃 11 时,在切削刃 11 的棱线 11c 的中间位置上具有连接部 11f,并且以连接部 11f 为界,切削刃 11 的外周端侧为主切削刃 11m,切削刃 11 的内周端侧为副切削刃 11s。

[0131] 主切削刃 11m 为圆头端铣刀 10 中对主要进行加工对象物的切削加工的部分。

[0132] 副切削刃 11s 为,不仅执行由圆头端铣刀 10 对加工对象物的切削加工,还将由切削加工而产生的切屑从圆头端铣刀 10 上的零点 15 附近的区域与加工面之间的间隙向外部排出的部分。

[0133] 切削刃 12 也和切削刃 11 相同,从大致垂直于刃面 12a 的方向观察切削刃 12 时,在切削刃 12 的棱线 12c 的中间位置上具有连接部 12f,并且以连接部 12f 为边界,切削刃 12 的外周端侧为主切削刃 12m,切削刃 12 的内周端侧为副切削刃 12s。

[0134] 如图 2 所示,在切削刃 11 的棱线 11c 上,构成主切削刃 11m 和副切削刃 11s 的边界的连接部 11f,在圆头端铣刀 20 旋转轴的轴线方向上(更严谨地说,是朝向圆头端铣刀 10 的顶端侧)最为突出。

[0135] 因此,在圆头端铣刀 10 的顶端部上,在轴线方向上最为突出的部分为连接部 11f,并且自连接部 11f 起,切削刃 11 的副切削刃 11s 越接近切削刃 11 的内周端部,就越向圆头端铣刀 10 的基部侧退让。

[0136] 关于切削刃 12 的连接部 12f,也与切削刃 11 的连接部 11f 相同。

[0137] 如以上所述,圆头端铣刀 10 的结构为,具有被形成在球面状的顶端部上的两个切削刃 11、12,并将切削刃 11 的刃面 11a 的内周端部配置于,比旋转轴(零点 15)更向旋转方向的前方偏离的位置上,且将切削刃 11 的刃面 11a 的内周端部配置于,在半径方向上从旋转轴(零点 15)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置上,并且将切削刃 12 的刃面 12a 的内周端部配置于,比旋转轴(零点 15)更向旋转方向的前方偏离的位置上,并且将切削刃 12 的刃面 12a 的内周端部配置于,在半径方向上从旋转轴(零点 15)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离的位置上,并且该圆头端铣刀 10 的结构为,将切削刃 11 中从棱线 11c 的外周端部到棱线 11c 的中间位置为止的部分,作为主切削刃 11m,其中,棱线 11c 为切削刃 11 的刃面 11a 与后隙面 11b 的边界线,并将切削刃 11 中从棱线 11c 的中间位置(主切削刃 11m 的一端部)到棱线 11c 的内周端部为止的部分,作为副切削刃 11s,将主切削刃 11m 和副切削刃 11s 的连接部 11f 设定为,切削刃 11 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分,并且,将切削刃 12 中从棱线 12c 的外周端部到棱线 12c 的中间位置为止的部分,作为主切削刃 12m,其中,棱线 12c 为切削刃 12 的刃面 12a 与后隙面 12b 的边界线,并将切削刃 12 中从棱线 12c 的中间位置(主切削刃 12m 的一端部)到棱线 12c 的内周端部为止的部分,作为副切削刃 12s,并将主切削刃 12m 和副切削刃 12s 的连接部 12f 设定为,切削刃 12 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0138] 这样的结构具有如下的优点。

[0139] 即,由于在圆头端铣刀 10 的顶端部上,最向轴线方向的顶端侧突出的部分为切削刃 11、12(更严谨地说,是连接部 11f、12f),并且在加工时,切削刃 11、12 比圆头端铣刀 10 顶端部表面上的零点 15 及其附近的区域更先接触加工对象物,所以能够防止“零圆周速度啃削”的产生。

[0140] 此外,与只将切削刃刃面的内周端部进行偏离的情况、或只将切削刃刃面的内周端部从旋转轴向切削刃形成侧的相反侧突出的情况相比,上述的结构能够将旋转轴到切削刃刃面的内周端部为止的距离设定得相对较大,从而能够防止“低圆周速度啃削”的产生。

[0141] 尤其,如图 1 所示,当从轴线方向进行观察时,虽然在切削刃 11 的刃面 11a 上最接近旋转轴(零点 15)的位置,不是切削刃 11 的刃面 11a 的内周端 11d,而是从旋转轴向刃面 11a 引出的垂线与棱线 11c 的交点 11e,但是由于内周端 11d 与交点 11e 相比位于旋转方向的前方,所以加工面上被交点 11e 实施切削的部分,将通过内周端 11d 而预先被实施切削,从而能够防止由交点 11e 所实施的切削而引起的“低圆周速度啃削”的产生。切削刃 12 也为同样的结构。

[0142] 而且,由于切削 12 的后隙面 12b 的内周端部,与由切削刃 11 的刃面 11a 中自内周端 11d 到交点 11e 为止的部分(即,在半径方向上越过旋转轴(零点 15)而向相反侧突出的部分)预先进行了切削的部分相接触,所以能够防止“后隙面啃削”的产生。关于切削刃 11 的后隙面 11b 的内周端部,也为相同结构。

[0143] 此外,因为存在于圆头端铣刀 10 的零点 15 附近区域与加工面之间的切屑(切削屑),被副切削刃 11s 及副切削刃 12s 清除并向外部排出,所以不会出现切屑被夹在零点 15 附近区域和加工面之间而被拖曳或因摩擦而熔断的现象,从而能够防止“切屑的卷入啃削”的产生。

[0144] 因此,圆头端铣刀 10 能够防止产生机理不同的“零圆周速度啃削”、“低圆周速度啃削”、“后隙面啃削”、及“切屑的卷入啃削”中的任何一种现象的产生,从而能够提高加工对象物的加工面的表面精度。此外,通过使实施了由圆头端铣刀执行的加工之后的、加工对象物的加工面表面精度提高,从而能够省略用于使加工对象物的加工面表面精度进一步提高以到达所需水平的精加工工序(如研磨等),从而有助于削减工序及加工成本。

[0145] 以下,使用图 3 至图 9,对作为本发明圆头端铣刀的第二实施方式的圆头端铣刀 20 进行说明。

[0146] 如图 3 所示,圆头端铣刀 20 具有主体 20a 及刀头 20b。

[0147] 主体 20a 为近似圆柱状的部件,其基端部以可拆装的方式被固定于铣床或机床的旋转驱动轴上。此外,主体 20a 的顶端部被成形为半球状,同时形成有收纳槽 26。

[0148] 刀头 20b 为在其顶端部上形成有切削刃 21、22(在图 3 中切削刃 22 被隐藏)的部件,并且被收纳在收纳槽 29 内。

[0149] 被收纳在收纳槽 29 内的刀头 20b 通过螺栓 30 而结合固定在主体 20a 上。

[0150] 如此,在圆头端铣刀 20 中,将主体 20a 与刀头 20b 分体设置,并使刀头 20b 可相对于主体 20a 结合、脱离,由此,能够将切削刃 21、22 损耗了的刀头 20b 交换为其他的(切削刃 21、22 未损耗的)刀头 20b。

[0151] 以下,使用图 4 至图 7 对刀头 20b 进行详细说明。

[0152] 如图 4 所示,刀头 20b 的顶端部形成有切削刃 21、22。

[0153] 从圆头端铣刀 20 旋转轴的轴线方向(将刀头 20b 固定在主体 20a 上时的主体 20a 中心轴的轴线方向)观察时,切削刃 21、22 被配置于相互旋转了 180 度的位置上。

[0154] 切削刃 21 具有刃面 21a 和后隙面 21b,其中,所述刃面 21a 为参与对加工对象物的切削的面(前倾面),所述后隙面 21b 为不参与对加工对象物的切削的面,刃面 21a 和后隙面 21b 的边界为棱线(刃口)21c。

[0155] 如图 5 及图 6 所示,切削刃 21 的刃面 21a 的内周端部(切削刃 21 的棱线 21c 的内周端 21d)被配置于,比圆头端铣刀 20 的旋转轴(零点 25)更向旋转方向的前方偏离了 Y0 的位置上(切削刃位于加工对象物中心的上方)。

[0156] 切削刃 21 的刃面 21a 的内周端部(切削刃 21 的棱线 21c 的内周端 21d)被配置于,在圆头端铣刀 20 的半径方向上从旋转轴(零点 25)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离 X0 的位置上。

[0157] 从大致垂直于刃面 21a 的方向观察切削刃 21 时,在切削刃 21 的棱线 21c 的中间位置处具有连接部 21f,并且以连接部 21f 为边界,切削刃 21 的外周端侧为主切削刃 21m,切削刃 21 的内周端侧为副切削刃 21s。

[0158] 主切削刃 21m 为,圆头端铣刀 20 中主要对加工对象物实施切削加工的部分。

[0159] 副切削刃 21s 为,不只实施由圆头端铣刀 20 对加工对象物的切削加工,还将由切削加工而产生的切屑从圆头端铣刀 20 上的零点 25 附近区域与加工面之间的缝隙向外部排

出的部分。

[0160] 连接部 21f 为,切削刃 21 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0161] 在与切削刃 21 的与刃面 21a 对置的部分上,形成容屑槽 26a。

[0162] 容屑槽 26a 为开口于圆头端铣刀 20 表面上的凹部,由切削刃 21 对加工对象物进行切削而产生的切屑,通过容屑槽 26a 而被有效地排出到外部。

[0163] 切削刃 22 具有刃面 22a 和后隙面 22b,并且刃面 22a 与后隙面 22b 的边界为棱线 22c。

[0164] 切削刃 22 的刃面 22a 的内周端部(切削刃 22 的棱线 22c 的内周端 22d)被配置于,比圆头端铣刀 20 的旋转轴(零点 25)更向旋转方向的前方偏离了 Y0 的位置上(切削刃位于加工对象物中心的上方)。

[0165] 切削刃 22 的刃面 22a 的内周端部(切削刃 22 的棱线 22c 的内周端 22d)被配置于,在圆头端铣刀 20 的半径方向上从旋转轴(零点 25)向切削刃形成侧的相反侧突出了规定距离 X0 的位置上。

[0166] 从大致垂直于刃面 22a 的方向观察切削刃 22 时,在切削刃 22 的棱线 22c 的中间位置处具有连接部 22f,以连接部 22f 为边界,切削刃 22 的外周端侧为主切削刃 22m,切削刃 22 的内周端侧为副切削刃 22s。

[0167] 主切削刃 22m 为圆头端铣刀 20 中主要对加工对象物实施切削加工的部分。

[0168] 副切削刃 22s 为,不只实施由圆头端铣刀 20 对加工对象物的切削加工,还将由切削加工而产生的切屑从圆头端铣刀 20 上的零点 25 附近区域与加工面之间的缝隙向外部排出的部分。

[0169] 连接部 22f 为,切削刃 22 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0170] 以下,对规定距离 X0 进行更详细的说明,所述规定距离 X0 为,切削刃 21、22 的刃面 21a、22a 的内周端部(切削刃 21、22 的棱线 21c、22c 的内周端 21d、22d)在圆头端铣刀 20 的半径方向上,从旋转轴(零点 25)向切削刃形成侧的相反侧的突出距离。

[0171] 优选为,规定距离 X0 和距离 W 满足以下公式 1 的关系,其中,所述距离 W 为,切削刃 21、22 的棱线 21c、22c 上自距圆头端铣刀 20 的旋转轴距离最近的交点 21e、22e,到连接部 21f、22f 为止的距离。

[0172] [公式 1]

[0173] $0 < X0 \leq W$

[0174] 以这种方式,通过将切削刃 21、22 的刃面 21a、22a 的内周端部(切削刃 21、22 的棱线 21c、22c 的内周端 21d、22d)自零点 25 的突出距离设定为规定距离 X0,从而能够更加可靠地防止“低圆周速度啃削”的产生和“零圆周速度啃削”的产生。

[0175] 此外,当规定距离 X0 大于 W 时($X0 > W$),由于副切削刃 21s、22s 的长度过长并超过 2W,所以与切削对象物的接触长度将变长,使切削阻力变大。因此,有可能会由于颤振(圆头端铣刀振动的现象)的产生等,而导致出现使切削对象物的加工面精度恶化的不良状况。因此,在本发明中,将规定距离 X0 按照上述公式 1 进行了设定,其中,所述规定距离 X0 为,切削刃 21、22 的刃面 21a、22a 的内周端部(切削刃 21、22 的棱线 21c、22c 的内周端 21d、22d)的、在圆头端铣刀 20 的半径方向上从旋转轴(零点 25)向切削刃形成侧的相反侧突出的距离。

[0176] 在本实施方式中,因为切削刃 21 和切削刃 22 为大致相同的结构,所以以下只对切削刃 21 进行说明,而省略对切削刃 22 的说明。

[0177] 以下,使用图 6 及图 7,对零点 25(圆头端铣刀 20 的旋转轴)与连接部 21f 的位置关系进行说明。

[0178] 如图 6 所示,连接部 21f 位于,距交点 21e 的距离(与圆头端铣刀 20 的旋转轴垂直的方向上的距离)为 W 的位置上,所述交点 21e 位于,切削刃 21 的棱线 21c 上距零点 25(圆头端铣刀 20 的旋转轴)距离最近的位置。

[0179] 如图 7 所示,如果圆头端铣刀 20 的顶端部(侧面观察时的切削刃 21)的曲率半径为 R_k ,且假定圆头端铣刀 20 顶端部的表面形状为球面状时,从其最顶端部 28 到切削刃 21 的连接部 21f 为止的、旋转轴轴线方向上的距离为 T,则 W、 R_k 及 T 的关系可由以下的公式 5 来表示。

[0180] [公式 5]

$$[0181] \quad \sqrt{R_k^2 - W^2} \geq R_k - T$$

[0182] 从提高圆头端铣刀 20 的切削精度的观点出发,优选为,在假定圆头端铣刀 20 顶端部的表面形状为球面状时,从其最顶端部 28 到切削刃 21 的连接部 21f 为止的、旋转轴轴线方向上的距离 T,小于等于规定的容许误差 Δt (即,满足 $T \leq \Delta t$)。

[0183] 因此,优选为,距离 W 与曲率半径 R_k 及规定的容许误差 Δt 的关系满足以下的公式 2,其中,所述距离 W 为,从切削刃 21 的棱线 21c 上距圆头端铣刀 20 旋转轴的距离最近的交点 21e,到连接部 21f 为止的距离;所述曲率半径 R_k 为,侧面观察切削刃 21 时的曲率半径。

[0184] [公式 2]

$$[0185] \quad \sqrt{R_k^2 - W^2} \geq R_k - \Delta t$$

[0186] 圆头端铣刀 20 的进给速度 F,与每一片被形成于圆头端铣刀 20 上的切削刃的走刀量 f_z ,成比例关系。

[0187] 当加工时在与旋转轴垂直的方向上移送圆头端铣刀 20 的速度、即进给速度过大时,每一片被形成于圆头端铣刀 20 上的切削刃的走刀量 f_z 也会过大,并且副切削刃 21s、22s 的切削以及切屑的排出不能充分进行,进而将会产生“切屑的卷入啃削”。

[0188] 因此,需要进行适当设定,以使加工时的圆头端铣刀 20 的进给速度、尤其是每一片被形成于圆头端铣刀 20 上的切削刃的走刀量 f_z 不会过大。

[0189] 如以下的公式 3 所示,通过将每一片被形成于圆头端铣刀 20 上的切削刃的走刀量 f_z 设定为小于等于距离 W,从而使副切削刃 21s 或副切削刃 22s 中的某一个必定从加工对象物上与零点 25 附近区域相对置的部分上通过一次,从而能够有效地防止“切屑的卷入啃削”的产生,其中,距离 W 为,从切削刃 21 的棱线 21c 上距圆头端铣刀 20 旋转轴的距离最近的交点 21e,到连接部 21f 为止的距离,

[0190] [公式 3]

$$[0191] \quad W \geq f_z$$

[0192] 每一片被形成于圆头端铣刀 20 上的切削刃的走刀量 f_z ,可以使用圆头端铣刀 20 的进给速度 F、圆头端铣刀 20 加工时的转数 S、圆头端铣刀 20 上所形成的切削刃的数量 α (本实施方式中, $\alpha = 2$),并通过下述公式 6 来进行表示。

[0193] [公式 6]

$$[0194] \quad fz = \frac{F}{S \times \alpha}$$

[0195] 例如, NC 加工(数字控制加工(Numerical Control Machining))中通常的精加工的容许加工误差为 $\pm 30 \mu\text{m}$ 左右,而高精度精加工的容许加工误差为 $\pm 5 \mu\text{m}$ 左右。

[0196] 因此,在圆头端铣刀 20 顶端部的曲率半径 R_k 为 15mm ($R_k = 15\text{mm}$) 的情况下,若切削刃 21 的棱线 21c 上距圆头端铣刀 20 旋转轴的距离最近的交点 21e 到连接部 21f 为止的距离 W ,在通常精加工的情况下小于等于 0.948mm ($W \leq 0.948\text{mm}$),在高精度精加工的情况下小于等于 0.387mm ($W \leq 0.387\text{mm}$),则能够将圆头端铣刀 20 的容许误差 Δt 控制在高精度精加工的容许加工误差以下(满足 $\Delta t \leq 5 \mu\text{m}$)。

[0197] 此外,在将圆头端铣刀 20 顶端部的曲率半径 R_k 设定为 15mm ($R_k = 15\text{mm}$),并且将切削刃 21 的棱线 21c 上距圆头端铣刀 20 旋转轴的距离最近的交点 21e 到连接部 21f 为止的距离 W ,设定为 0.3mm ($W = 0.3\text{mm}$) 的情况下,通过将形成于圆头端铣刀 20 上的每一片切削刃的走刀量 fz ,设定为小于等于 $0.3\text{mm}/\text{片}$ ($fz \leq 0.3\text{mm}/\text{片}$),从而能够使用圆头端铣刀 20 来进行高精度精加工(换言之,在由圆头端铣刀 20 进行了切削加工之后的加工面上,无须再进一步实施精加工)。

[0198] 以下,对切削刃 21 的前角角度进行说明。

[0199] 本实施方式的刃面 21a 为平滑的面,并且刃面 21a 的前角角度、即切削刃 21 的刃面 21a 与圆头端铣刀 20 的旋转轴所成的角度为 5° 。

[0200] 此处,切削刃 21 的前角角度,在刃面 21a 被倾斜成,刃面 21a 的棱线 21c 一侧的端部比刃面 21a 的基部侧的端部更向圆头端铣刀 20 的旋转方向的前方突出时,设定为正;而在刃面 21a 被倾斜成,刃面 21a 的棱线 21c 一侧的端部比刃面 21a 的基部侧的端部更向圆头端铣刀 20 的旋转方向的后方退让时,设定为负。

[0201] 虽然在本实施方式中,将切削刃 21 的前角角度设定为 5° ,但是本发明的圆头端铣刀并不限于此,可以将切削刃的前角设定为大于等于 -10° 且小于等于 10° 的角度。

[0202] 通过将切削刃的前角角度设定为大于等于 -10° 且小于等于 10° 的角度,从而除了主切削刃 21m、22m 之外,副切削刃 21s、22s 也能够有效地对加工对象物进行切削,从而能够防止零圆周速度啃削及低圆周速度啃削的产生。

[0203] 此外,本实施方式的切削刃 21 的刃面 21a(前倾面)为一平滑的面,并且刃面 21a 中,对应于主切削刃 21m 的部分与对应于副切削刃 21s 的部分之间没有边界线,但是本发明并不限于此,其也可以采用,主切削刃及副切削刃分别具有另外的刃面(前倾面),并且两者之间存在边界线的结构。

[0204] 以下,使用图 7 对副切削刃 21s 的凹角角度进行说明。

[0205] 如图 7 所述,当从垂直于刃面 21a 的方向观察时,副切削刃 21s 的凹角角度“ θ ”,由连接部 21f 与内周端 21d 的线、与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的平面所成的角度来表示。

[0206] 此外,在如本实施方式所述的、连接部 21f 比内周端 21d 更向圆头端铣刀 20 的顶端侧突出的情况下,定义副切削刃 21s 的凹角角度 θ 为正。

[0207] 以下,使用图 7、图 8、及图 9,来表示副切削刃的凹角角度与加工面的表面特性状

况之间的关系。

[0208] 首先,准备共计9个刀头,具体为,圆头端铣刀20的刀头20b(S6),以及在材质和基本形状上与刀头20b相同,只是将副切削刃的凹角角度分别进行了变更的8个刀头(S1~S5、S7~S9)。

[0209] S1~S9的共计9个刀头,均由超粒子硬质合金(K10)制成,并且圆头端铣刀的直径为30mm(刀头上所形成的切削刃的半径为15mm)。

[0210] S1~S9的共计9个刀头的R误差(假设圆头端铣刀顶端部的表面形状为球面状时,对应于从最顶端部到切削刃的连接部为止的、旋转轴轴线方向上的距离T的值),均为 $5\mu\text{m}$ 。

[0211] S1~S9的共计9个刀头的、切削刃的棱线上距圆头端铣刀旋转轴的距离最近的点到连接部为止的距离W,均为0.35mm。

[0212] S1~S9的共计9个刀头的切削刃的凹角角度,均为 5° 。

[0213] 如图8所示,从S1到S3的3个刀头的凹角角度为负值,副切削刃的内周端比连接部(主切削刃与副切削刃的边界)更向圆头端铣刀的顶端侧突出。

[0214] S4的刀头的凹角角度为零,副切削刃的内周端和连接部(主切削刃与副切削刃的边界)位于,垂直于圆头端铣刀旋转轴的同一直线上。

[0215] 从S5到S9的5个刀头的凹角角度为正值,连接部(主切削刃与副切削刃的边界)比副切削刃的内周端更向圆头端铣刀的顶端侧突出。

[0216] 接下来,将刀头S1固定于圆头端铣刀的主体上,并且使用此圆头端铣刀,对由FCD400(JIS G 5502)构成的加工对象物的表面进行干式切削加工,其中,所述FCD400为球状石墨铸铁的一种。

[0217] 接下来,通过探针式的表面粗糙度测定装置,分别对切削加工后的多个加工面(多个加工切削位置)的表面粗糙度 R_y 进行测定。

[0218] 以同样的方式,依次将固定于圆头端铣刀主体上的刀头进行替换,并实施加工对象物表面的切削加工、和加工面的面粗糙度 R_y 的测定。

[0219] 切削加工时的圆头端铣刀的转数,在使用S1~S9的共计9个刀头中的任意一个时均为2000rpm。

[0220] 切削加工时的圆头端铣刀的进给速度,在使用S1~S9的共计9个刀头中的任意一个时,均为8m/min。

[0221] 切削加工时的每一片切削刃的走刀量(对应于 f_z 的值),在使用S1~S9的共计9个刀头中的任意一个时,均为0.333mm。

[0222] 切削加工时的切入深度(从加工对象物表面到加工后的加工面的底部为止的深度),均为0.1mm。

[0223] 切削加工时圆头端铣刀的周期进给(使圆头端铣刀在与进给方向相垂直的方向上移动时的每一次的移动量),均为0.5mm。

[0224] 如图8及图9所示,凹角角度为负值的S1到S3的3个刀头,进给方向上的表面粗糙度 R_y 及凿挖方向(与进给方向相垂直的方向)上的表面粗糙度 R_y ,均大于等于 $10\mu\text{m}$,该数值大于一般高精度加工(不需要进行精加工的切削加工)的表面粗糙度 R_y 的大体目标值 $6.3\mu\text{m}$ 。由S1到S3的3个刀头进行切削加工时,产生了“颤振(圆头端铣刀振动的

现象)”。

[0225] 此外,用显微镜观察 S1 到 S3 的 3 个刀头所加工的加工面时,结果显示,在与圆头端铣刀的零点附近相对应的位置上,产生了较深的进给痕迹,并且在该位置上产生了零圆周速度啃削及低圆周速度啃削。

[0226] 这是由于,在凹角角度为负值的情况下,副切削刃比主切削刃更向圆头端铣刀的顶端侧突出,所以在进行切削加工时,位于零点附近的副切削刃的后隙面与加工面以较大强度抵接,从而导致产生零圆周速度啃削及低圆周速度啃削。

[0227] 因此,由 S1 到 S3 的 3 个刀头进行切削加工的加工面的表面特性状况不佳(表面特性状况的综合评价为×)。

[0228] 如图 8 及图 9 所示,凹角角度为 0° 到 0.5° 值的 S4 到 S7 的 4 个刀头,其进给方向的表面粗糙度 R_y 及凿挖方向上的表面粗糙度 R_y ,均小于一般高精度加工的表面粗糙度 R_y 的大体目标值 $6.3\mu\text{m}$ 。

[0229] 此外,用显微镜观察 S4 到 S7 的 3 个刀头的加工面时,结果显示,加工面上的凸凹较小,并且没有产生啃削。

[0230] 这是由于,当凹角角度为正值时,(a) 主切削刃比副切削刃更向圆头端铣刀的顶端侧突出,所以在进行切削加工时,位于零点附近的副切削刃的后隙面与加工面未以较大强度抵接,从而防止了零圆周速度啃削及低圆周速度啃削的产生,及 (b) 通过副切削刃在对加工对象物进行切削的同时将切削时产生的切屑有效地向外部排出,从而防止切屑的卷入啃削。

[0231] 尤其,与由 S4、S5 及 S7 的刀头进行切削加工的加工面相比,由 S6 的刀头进行切削加工的加工面,其进给方向上的表面粗糙度 R_y 与凿挖方向上的表面粗糙度 R_y 之间的偏差(从凿挖方向上的表面粗糙度 R_y 减去进给方向上的表面粗糙度 R_y 的差分)较小。

[0232] 因此,由 S4、S5 及 S7 的 3 个刀头进行的切削加工的加工面的表面特性状况良好(表面特性状况的综合评价为○)。

[0233] 此外,由 S6 的刀头进行切削加工的加工面的表面特性状况极为良好(表面特性状况的综合评价为◎)。

[0234] 如图 8 及图 9 所示,凹角角度为 1° 的 S8 的刀头,其进给方向上的表面粗糙度 R_y 为 $5.0\mu\text{m}$,凿挖方向上的表面粗糙度 R_y 为 $6.0\mu\text{m}$,此数值小于一般高精度加工的表面粗糙度的大体目标值 $6.3\mu\text{m}$ 。

[0235] 但是,用显微镜对 S8 的刀头的加工面进行观察时,结果显示,与圆头端铣刀的切削刃的内末端相对应的位置上产生了较深的进给痕迹,在该位置上产生了低圆周速度啃削。

[0236] 这是因为,随着凹角角度的增大,副切削刃(尤其是副切削刃的内周端部)对加工对象物的较浅位置进行切削,从而难以有效地对加工对象物进行切削。

[0237] 因此,由 S8 的刀头进行切削加工的加工面的表面特性状况不太好(表面特性状况的综合评价为△)。

[0238] 如图 8 及图 9 所示,凹角角度为 5° 的 S9 的刀头,其进给方向上的表面粗糙度 R_y 为 $13\mu\text{m}$,凿挖方向上的表面粗糙度 R_y 为 $15\mu\text{m}$,此数值大于一般高精度加工的表面粗糙度的大体目标值 $6.3\mu\text{m}$ 。

[0239] 此外,用显微镜观察 S9 的刀头的加工面时,发现在加工面的较大范围中产生了啃削。此外,S9 的刀头上产生了切屑的熔敷现象。

[0240] 这是因为,由于凹角角度过大,所以副切削刃(尤其是副切削刃的内周端部)从加工对象物的表面离开,从而难以有效地对加工对象物进行切削,同时难以有效地将切屑向外部排出。

[0241] 因此,由 S9 的刀头进行切削加工的加工面的表面特性状况不佳(表面特性状况的综合评价为×)。

[0242] 如此,副切削刃的凹角角度优选为,设定在大于等于 0° 且小于 1° 的范围内,更优选为,设定在大于等于 0.1° 且小于等于 0.5° 的范围内,最优选为,设定在包括 0.33° 的大于等于 0.2° 且小于等于 0.4° 的范围内。

[0243] 下面,对切削刃 21、22 的后隙面 21b、22b 与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的面所成的角度、即后角角度进行说明。

[0244] 圆头端铣刀 20 的后隙面 21b 为,将对应于主切削刃 21m 的第一后隙面 23a、与对应于副切削刃 21s 的第二后隙面 23b 组合而成的面。

[0245] 并且,第二后隙面 23b 与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的面所成的角度、即副切削刃 21s 的后角角度,大于第一后隙面 23a 与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的面所成的角度、即主切削刃 21m 的后角角度。

[0246] 同样,圆头端铣刀 20 的后隙面 22b 为,将对应于主切削刃 22m 的第一后隙面 24a、与对应于副切削刃 22s 的第二后隙面 24b 组合而成的面。

[0247] 并且,第二后隙面 24b 与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的面所成的角度、即副切削刃 22s 的后角角度,大于第一后隙面 24a 与垂直于圆头端铣刀 20 旋转轴的面所成的角度、即主切削刃 22m 的后角角度。

[0248] 这样的结构具有以下优点。

[0249] 即,由于副切削刃 21s 位于圆头端铣刀 20 的零点 25 附近,所以如果副切削刃 21s 的后角角度较小,则在切削加工时副切削刃 21s 的后隙面(第二后隙面 23b)将被挤压到加工面上,从而在切削刃 21s 的后隙面(第二后隙面 23b)与加工面之间将产生反压力(吃刀抗力),从而成为产生零圆周速度啃削、低圆周速度啃削及切屑的卷入啃削这几种啃削的主要原因。

[0250] 因此,通过将副切削刃 21s 的后角角度设定为大于主切削刃 21m 的后角角度,能够防止切削加工时副切削刃 21s 的后隙面(第二后隙面 23b)被挤压到加工面上,进而能够防止零圆周速度啃削、低圆周速度啃削及切屑的卷入啃削的产生。关于副切削刃 22s,也为相同情况。

[0251] 并且,通过将副切削刃 21s 的后角角度设定为大于主切削刃 21m 的后角角度,虽然在切削加工时主要是主切削刃 21m 的后隙面(第一后隙面 23a)被挤压到加工面上,但是与副切削刃 21s 相比,主切削刃 21m 距圆头端铣刀 20 旋转轴的距离较大,相应地其圆周速度也较大,从而在主切削刃 21m 的后隙面(第一后隙面 23a)与加工面的接触部位上,不会产生零圆周速度啃削、低圆周速度啃削及切屑的卷入啃削。

[0252] 虽然本实施方式的圆头端铣刀 20 的切削刃 21、22 为直线式(从旋转轴的轴线方向观察时,切削刃 21、22 的棱线 21c、22c 为直线状),但是本发明并不限于此,切削刃也可

以为扭曲式（从旋转轴的轴线方向观察时，切削刃的棱线为曲线状）。

[0253] 本实施方式的圆头端铣刀 20 中，由于作为其最向顶端侧突出部分的连接部 21f 及连接部 22f 相互分离，所以在制造刀头 20b 时使用磨具对基体材料（本实施方式中为超粒子硬质合金）进行研磨从而形成切削刃 21、22 的情况下，易于使磨具进入到被连接部 21f 及连接部 22f 所夹持的部分中，从而使后隙面的形成较为容易。

[0254] 以下，使用图 10 对作为本发明圆头端铣刀第三实施方式的圆头端铣刀 40 进行说明。

[0255] 由于圆头端铣刀 40 的基本结构与作为第二实施方式的圆头端铣刀 20 是共通的，所以在以下的说明中省略了对该共通部分的详细说明。

[0256] 圆头端铣刀 40 具有主体 20a 及刀头 40b。如图 10 所示，在刀头 40b 的顶端部上形成有切削刃 41、42。

[0257] 从圆头端铣刀 40 旋转轴的轴线方向（将刀头 40b 固定在主体 20a 上时的主体 20a 中心轴的轴线方向）观察时，切削刃 41、42 被配置于相互旋转了 180 度的位置上。

[0258] 切削刃 41 具有刃面 41a 和后隙面 41b，其中，所述刃面 41a 为参与对加工对象物的切削的面（前倾面），所述后隙面 41b 为不参与对加工对象物的切削的面，并且刃面 41a 和后隙面 41b 的边界为棱线（刃口）41c。

[0259] 如图 10 所示，切削刃 41 的刃面 41a 的内周端部（切削刃 41 的棱线 41c 的内周端 41d）被配置于，比圆头端铣刀 40 的旋转轴（零点 45）更向旋转方向的前方偏离了 Y0 的位置上（切削刃位于加工对象物中心的上方）。

[0260] 切削刃 41 的刃面 41a 的内周端部（切削刃 41 的棱线 41c 的内周端 41d）被配置于，在圆头端铣刀 40 的半径方向上从旋转轴（零点 45）向切削刃形成侧退让了规定距离 X1 的位置上。

[0261] 从大致垂直于刃面 41a 的方向观察切削刃 41 时，在切削刃 41 的棱线 41c 的中间位置上具有连接部 41f，并且以连接部 41f 为边界，切削刃 41 的外周端侧为主切削刃 41m，切削刃 41 的内周端侧为副切削刃 41s。

[0262] 主切削刃 41m 为，圆头端铣刀 40 中主要对加工对象物实施切削加工的部分。

[0263] 副切削刃 41s 为，不只实施由圆头端铣刀 40 对加工对象物的切削加工，还将由切削加工而产生的切屑从圆头端铣刀 40 上的零点 45 附近区域与加工面之间的间隙向外部排出的部分。

[0264] 连接部 41f 为，切削刃 41 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0265] 在与切削刃 41 的刃面 41a 对置的部分处，形成容屑槽 46a。

[0266] 容屑槽 46a 为开口于圆头端铣刀 40 表面上的凹部，由切削刃 41 对加工对象物进行切削而产生的切屑，通过容屑槽 46a 而被有效地排出到外部。

[0267] 切削刃 42 具有刃面 42a 和后隙面 42b，并且刃面 42a 与后隙面 42b 的边界为棱线 42c。

[0268] 切削刃 42 的刃面 42a 的内周端部（切削刃 42 的棱线 42c 的内周端 42d）被配置于，比圆头端铣刀 40 的旋转轴（零点 45）更向旋转方向的前方偏离了 Y0 的位置上（切削刃位于加工对象物中心的上方）。

[0269] 切削刃 42 的刃面 42a 的内周端部（切削刃 42 的棱线 42c 的内周端 42d）被配置

于,在圆头端铣刀 40 的半径方向上从旋转轴(零点 45)向切削刃形成侧退让了规定距离 X1 的位置上。

[0270] 从大致垂直于刃面 42a 的方向观察切削刃 42 时,在切削刃 42 的棱线 42c 的中间位置上具有连接部 42f,并且以连接部 42f 为边界,切削刃 42 的外周端侧为主切削刃 42m,切削刃 42 的内周端侧为副切削刃 42s。

[0271] 主切削刃 42m 为,圆头端铣刀 40 中主要对加工对象物实施切削加工的部分。

[0272] 副切削刃 42s 为,不只实施由圆头端铣刀 40 对加工对象物的切削加工,还将由切削加工而产生的切屑从圆头端铣刀 40 上的零点 45 附近区域与加工面之间的间隙向外部排出的部分。

[0273] 连接部 42f 为,切削刃 42 中最向旋转轴的轴线方向顶端侧突出的部分。

[0274] 以下,对规定距离 X1 进行更详细的说明,所述规定距离 X1 为,切削刃 41、42 的刃面 41a、42a 的内周端部(切削刃 41、42 的棱线 41c、42c 的内周端 41d、42d)中,圆头端铣刀 40 的半径方向上从旋转轴(零点 45)向切削刃形成侧的退让距离。

[0275] 优选为,规定距离 X1 和距离 W 满足以下的公式 4 的关系,其中,所述距离 W 为,从切削刃 41、42 的棱线 41c、42c 上距圆头端铣刀 40 旋转轴的距离最近的交点 41e、42e,到连接部 41f、42f 为止的距离。

[0276] [公式 4]

[0277] $0 < X1 \leq 0.5W$

[0278] 以这种方式,通过将切削刃 41、42 的刃面 41a、42a 的内周端部(切削刃 41、42 的棱线 41c、42c 的内周端 41d、42d)从零点 45 的退让距离设定为规定距离 X1,从而能够防止“零圆周速度啃削”的产生和“低圆周速度啃削”的产生。

[0279] 此外,当规定距离 X1 大于 0.5W 时,由于切削刃 41、42 的刃面 41a、42a 的内周端部的旋转速度将变慢,所以有可能出现产生低圆周速度啃削的不良状况。因此,在本发明中,将切削刃 41、42 的刃面 41a、42a 的内周端部(切削刃 41、42 的棱线 41c、42c 的内周端 41d、42d)的、在圆头端铣刀 20 半径方向上从旋转轴(零点 25)向切削刃形成侧退让的规定距离 X1,以上述公式 4 的关系进行了设定。

[0280] 在本实施方式中,因为切削刃 41 和切削刃 42 为大致相同的结构,所以以下仅对切削刃 41 进行说明,而省略对切削刃 42 的说明。

[0281] 此外,关于圆头端铣刀 40 中零点 45(圆头端铣刀 40 的旋转轴)与连接部 41f 的位置关系、切削刃 41 的前角角度、副切削刃 41s 的凹角角度等的结构,与圆头端铣刀 20 中的结构相同,所以省略其说明。

[0282] 本发明的圆头端铣刀的切削刃的数量不限定于 2 个,也可以是 1 个,若相邻的切削刃间没有干涉也可以是 3 个以上。

[0283] 本发明的圆头端铣刀能够适用于切削刃替换式端铣刀(主体部分与刀头部分为分体构成,并且将刀头部分固定在主体部分上使用的圆头端铣刀),及整体式端铣刀(主体部分和刀头部分一体成形的圆头端铣刀)中的任何一种。

[0284] 虽然优选为,从与旋转轴垂直的方向观察本发明的圆头端铣刀时切削刃棱线的形状为圆弧状,但是只要棱线的形状具有曲率即可,例如棱线的形状也可以是椭圆形或是抛物线形。

[0285] 产业上的可利用性

[0286] 本发明能够应用于,提高由圆头端铣刀加工的加工面的表面精度的技术中。

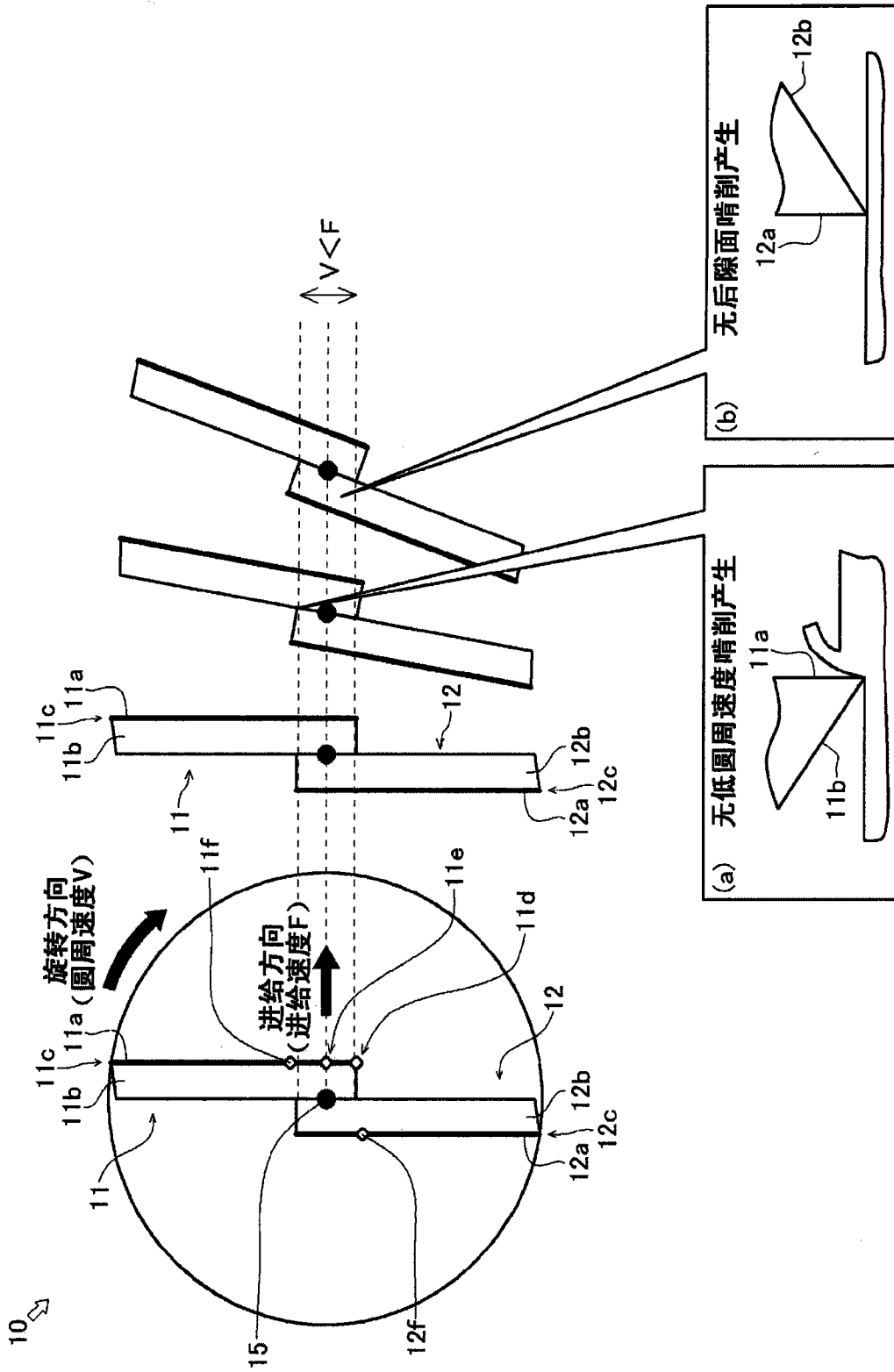


图 1

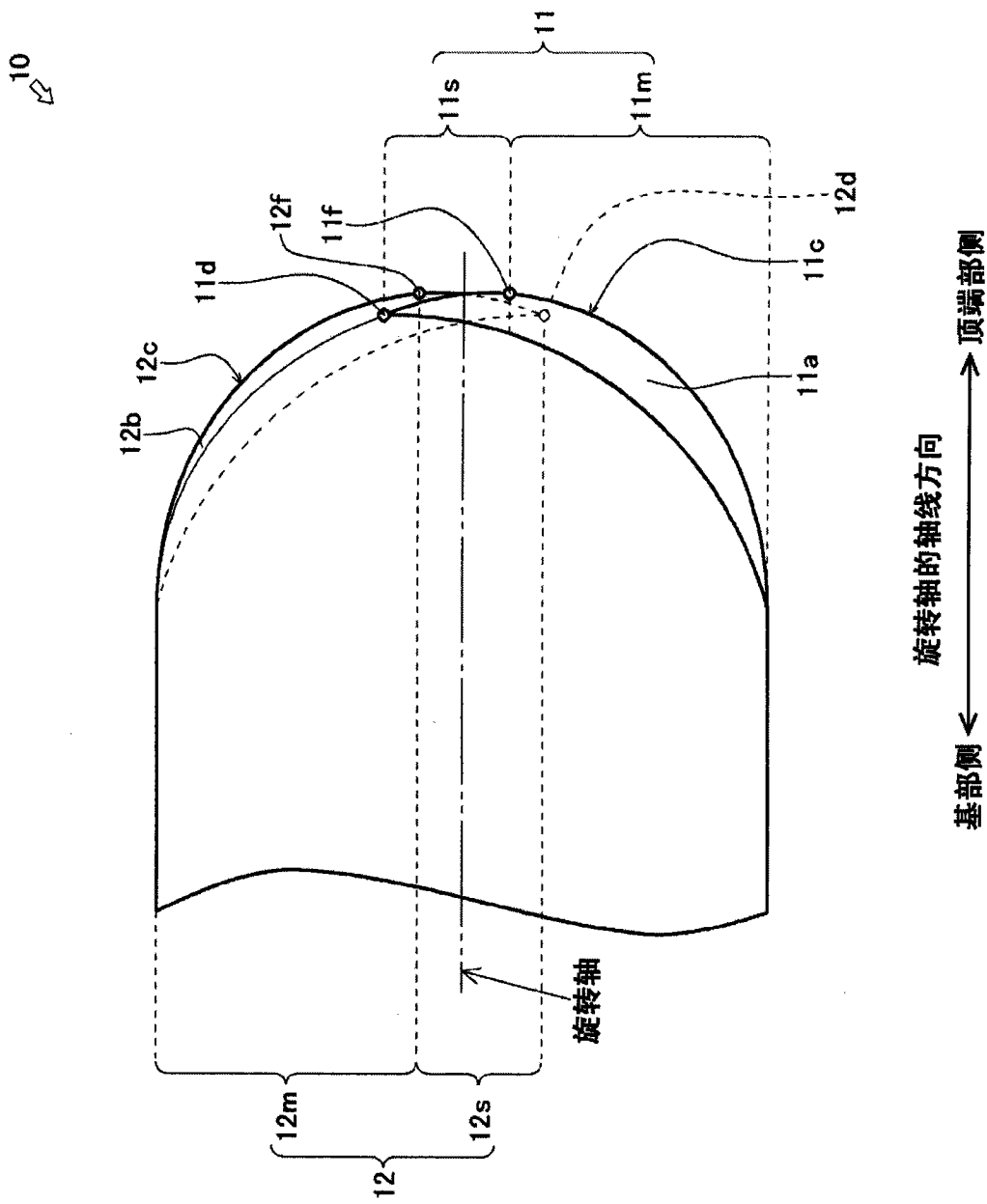


图 2

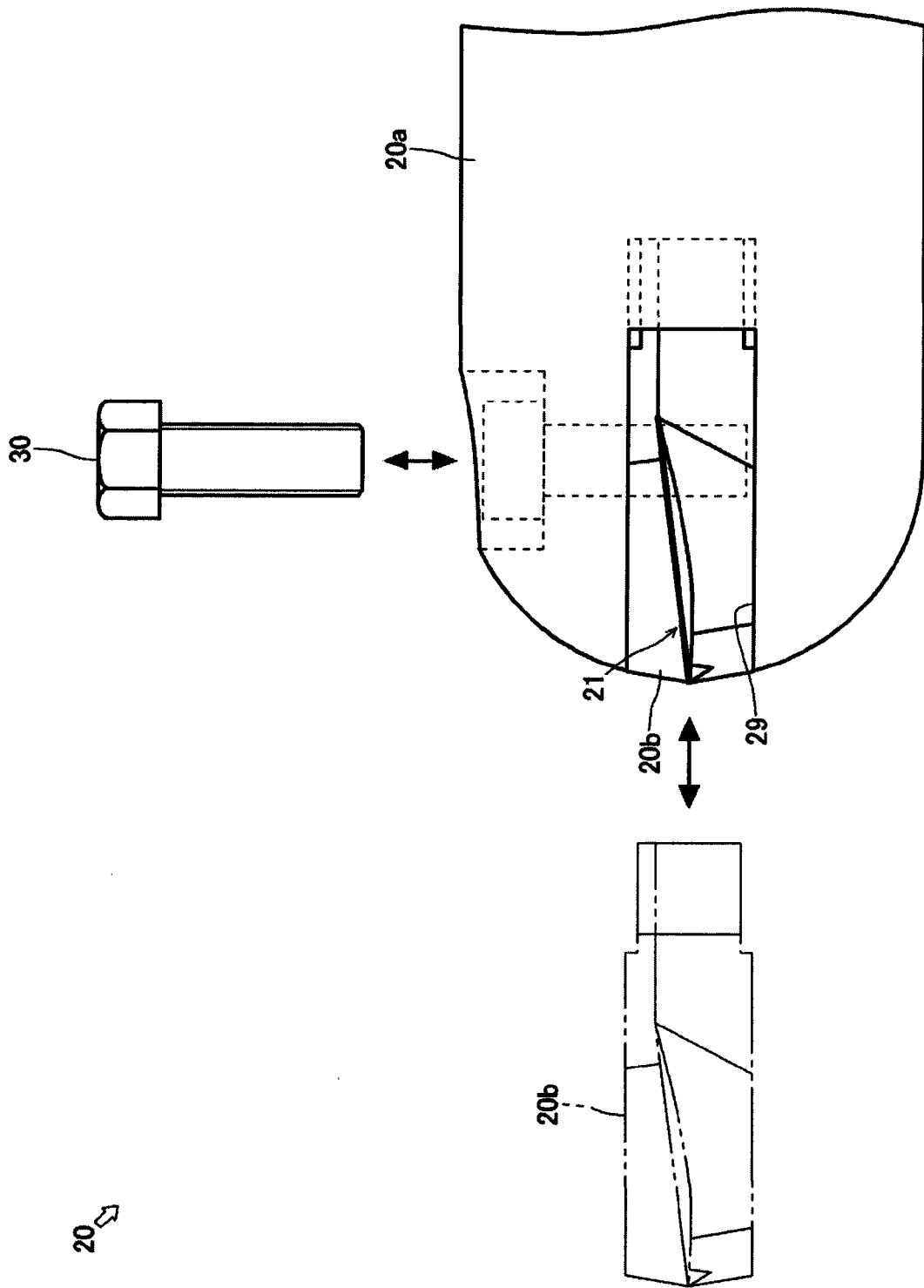


图 3

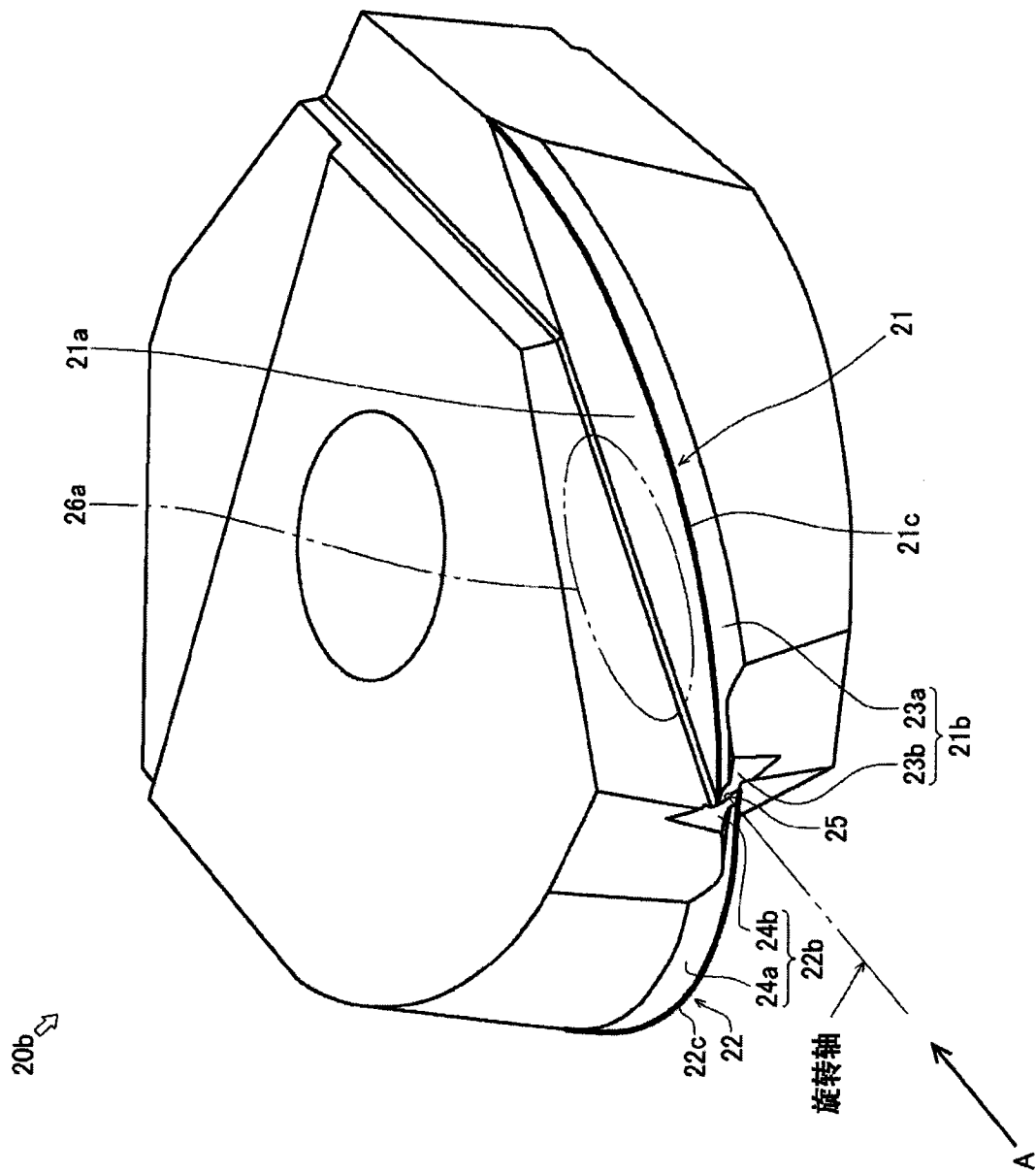


图 4

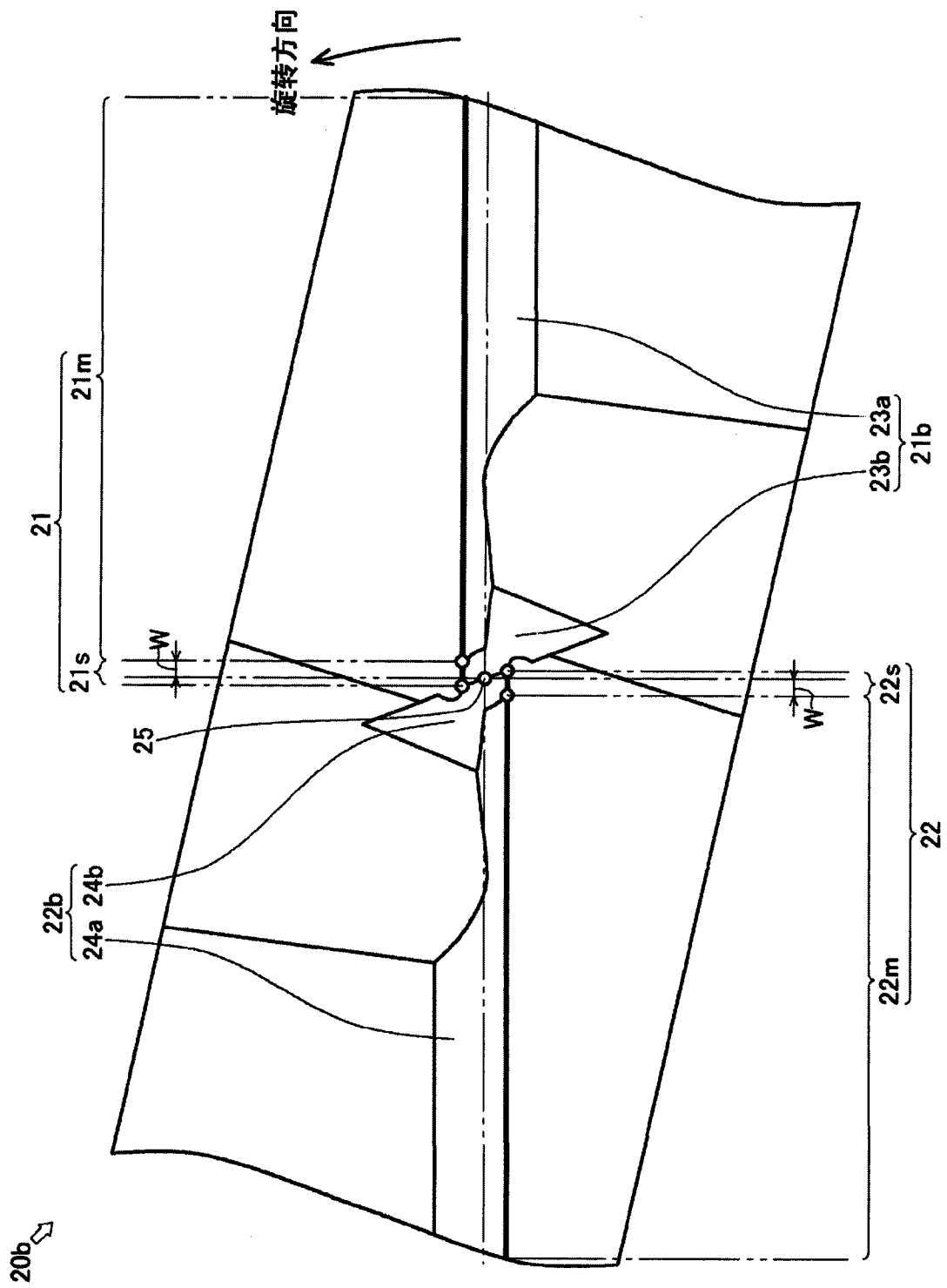


图 5

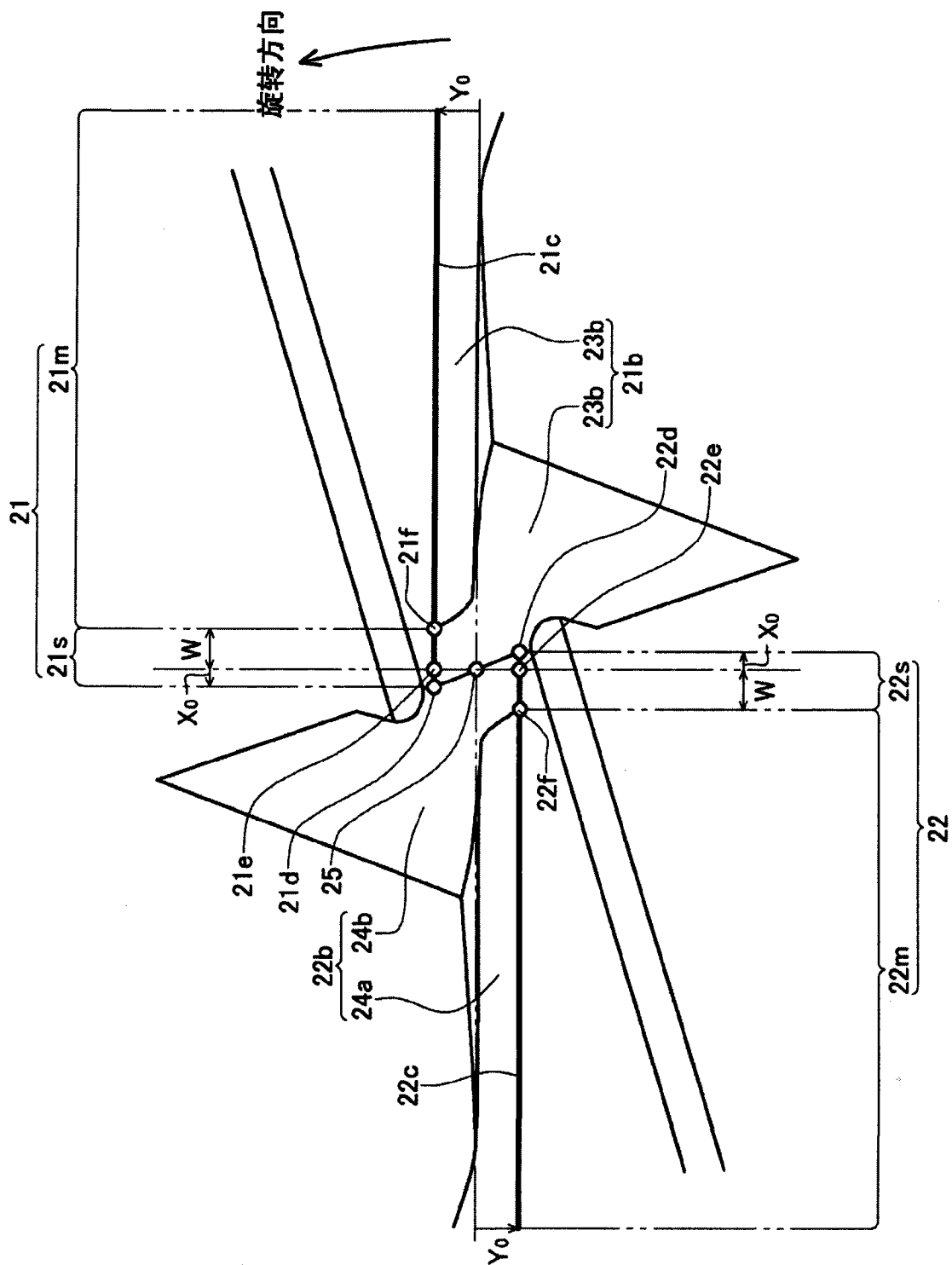


图 6

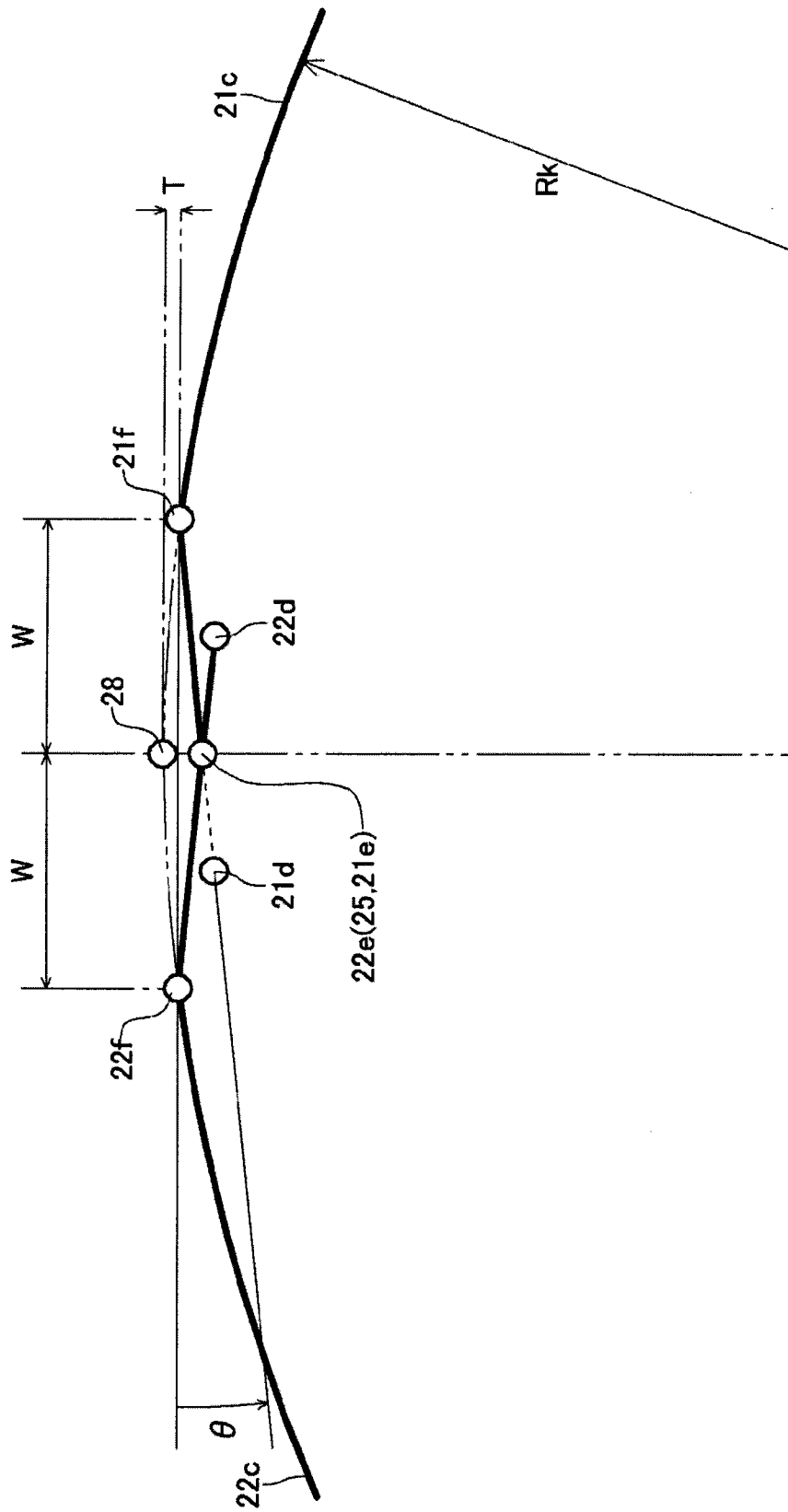


图 7

样品名	凹角角度 (°)	表面粗糙度 Ry (μm)		综合评价	表面特性状况 详细
		进给方向	凿挖方向		
S1	-1.00	15	18	x	零点附近的进给痕迹较深 (产生了零圆周速度啃削及低圆周速度啃削)
S2	-0.50	12	13	x	零点附近的进给痕迹较深 (产生了零圆周速度啃削及低圆周速度啃削)
S3	-0.17	10	11	x	零点附近的进给痕迹较深 (产生了零圆周速度啃削及低圆周速度啃削)
S4	0.00	4.4	5.3	○	凹凸较少, 但实验结果的偏差稍大
S5	0.17	4.4	5.2	○	凹凸较少, 但实验结果的偏差稍大
S6	0.33	4.0	4.3	◎	凹凸较少, 且实验结果的偏差也较小
S7	0.50	4.3	5.0	○	凹凸较少, 但实验结果的偏差稍大
S8	1.00	5.0	6.0	△	切削刃的内周端的进给痕迹较深 (产生了低圆周速度啃削)
S9	5.00	13	15	x	产生了切屑的熔敷, 并且加工面的啃削较多

图 8

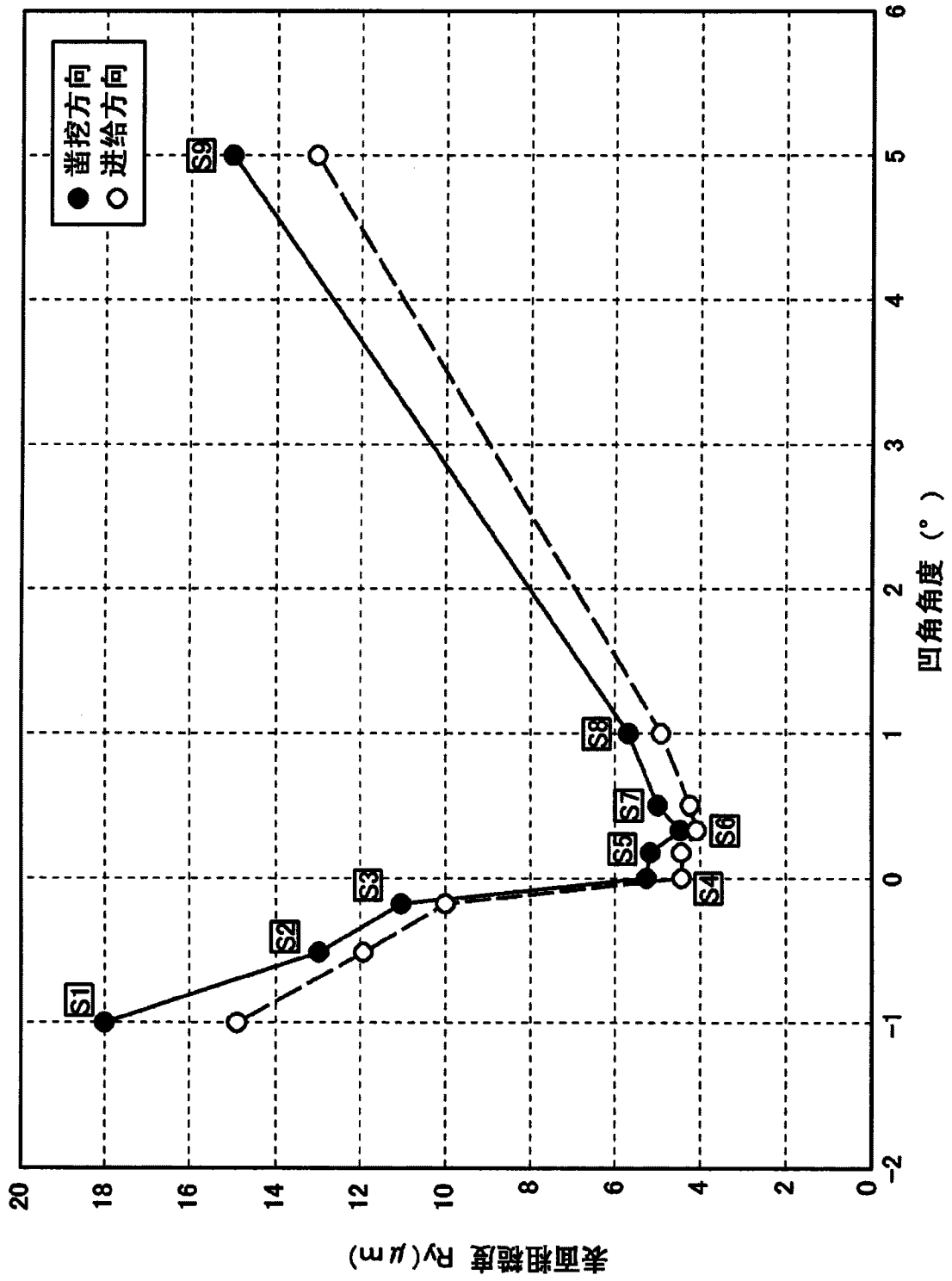


图 9

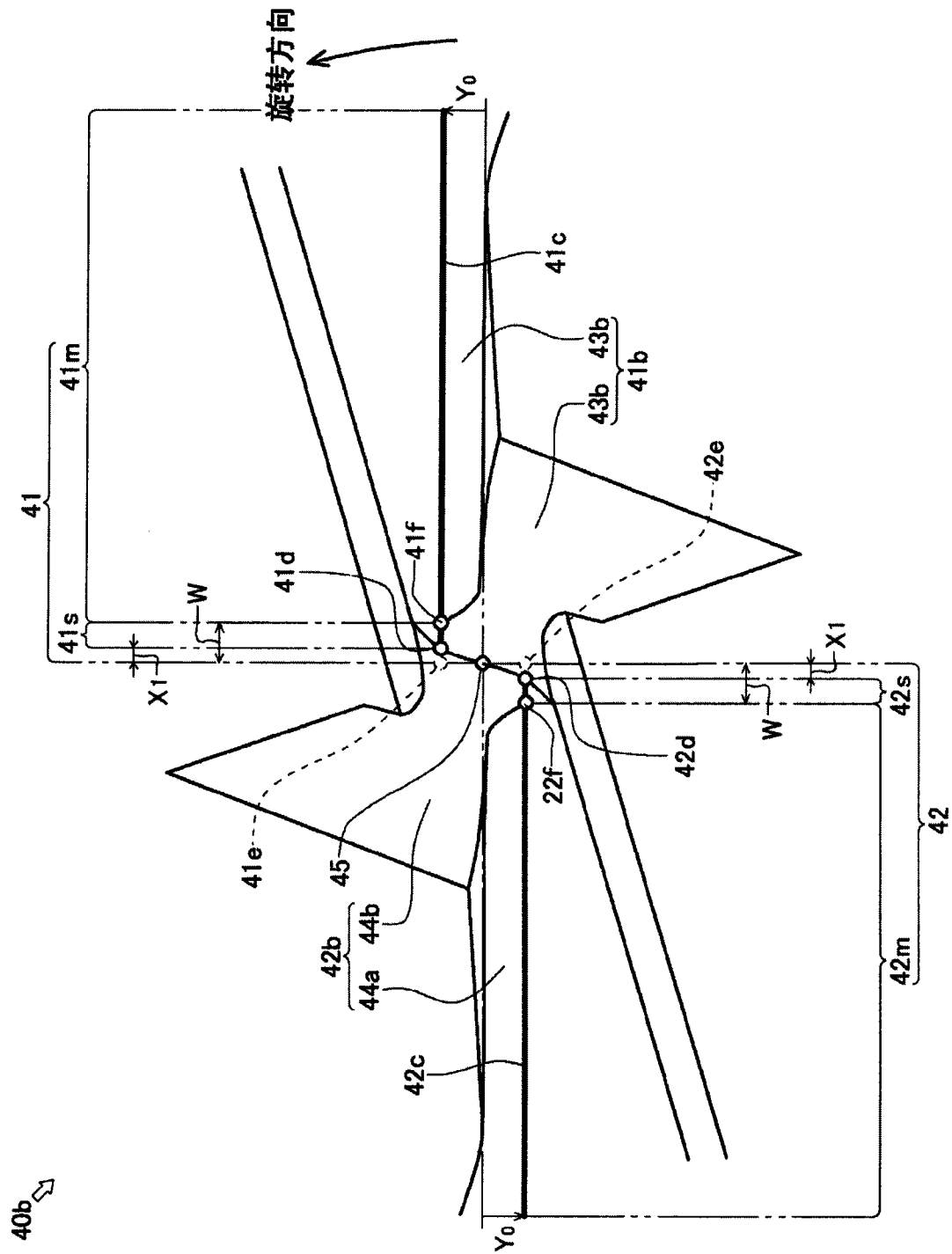
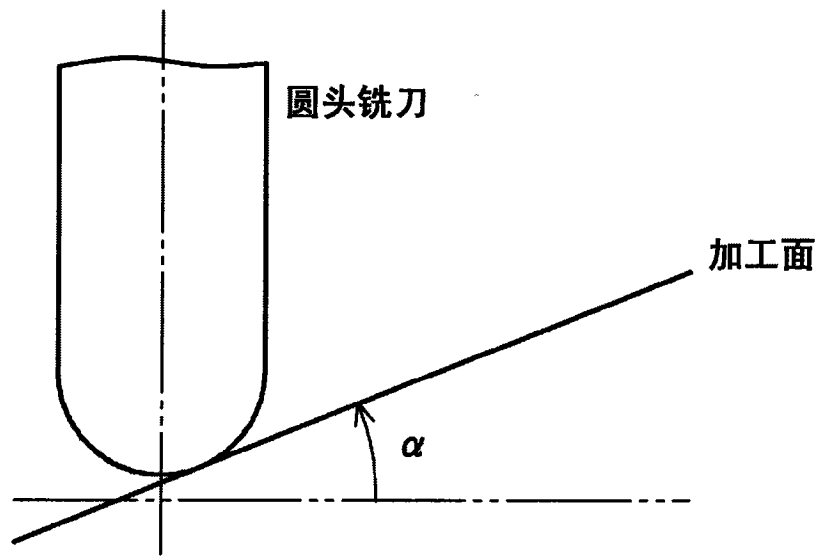


图 10

(a)



(b)

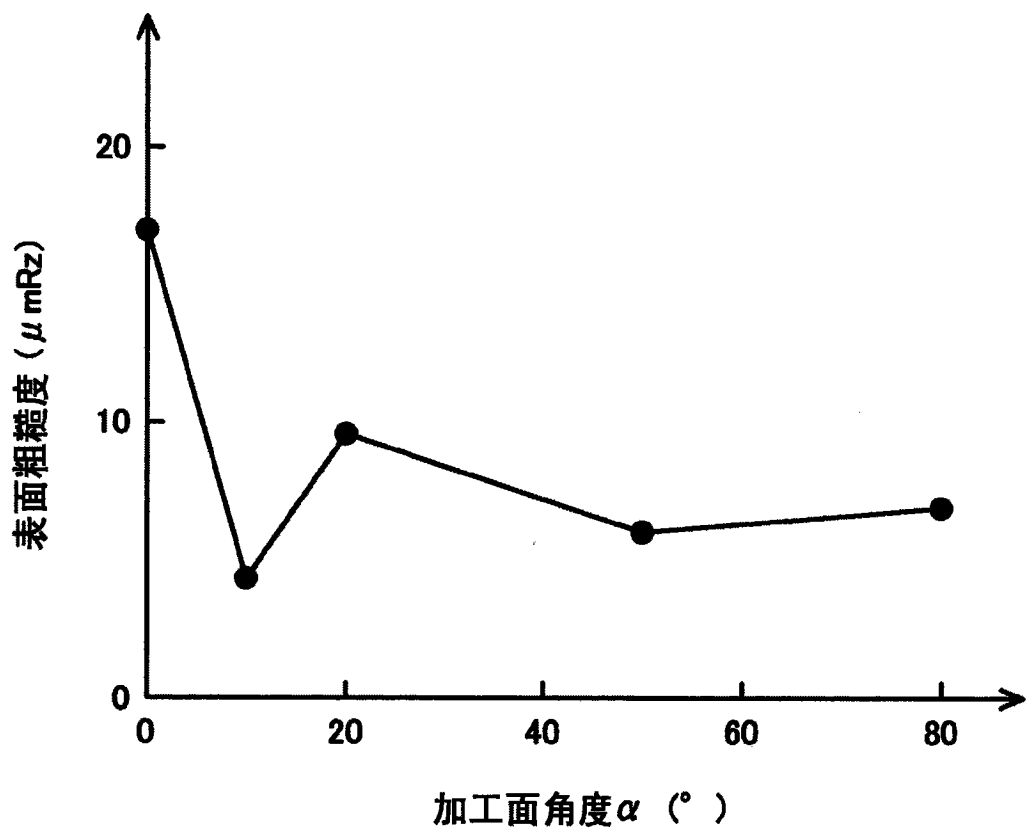


图 11

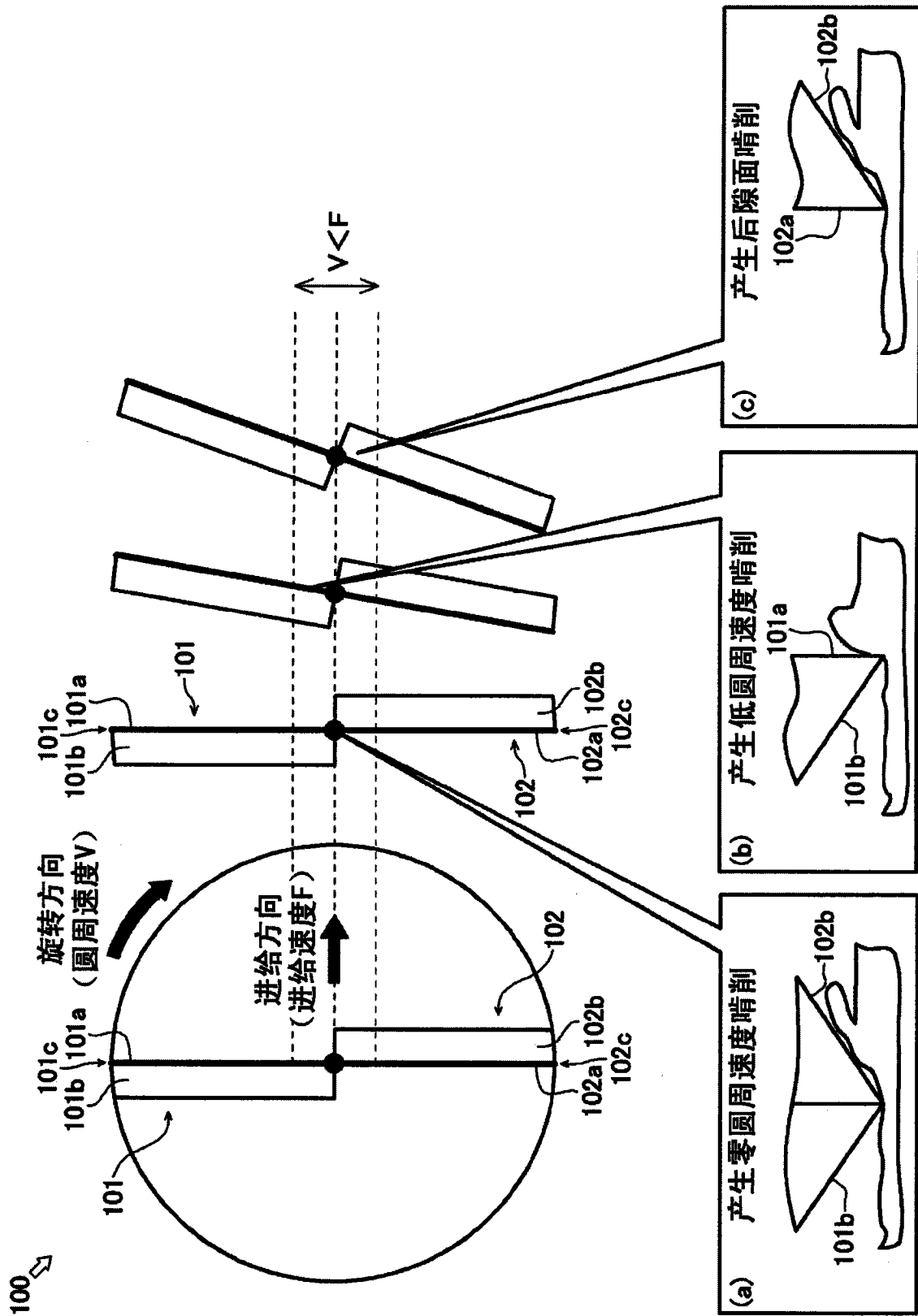


图 12