



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117980100 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 03

(21) 申请号 202180102470.7

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2021.12.24

B23C 5/10 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/048138 2021.12.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/119614 JA 2023.06.29

(71) 申请人 OSG株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 伊东格

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 岳红杰

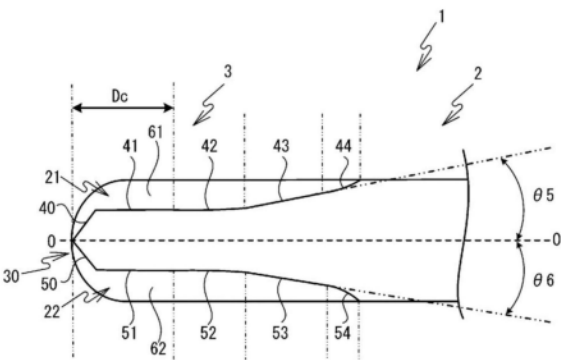
权利要求书1页 说明书9页 附图7页

(54) 发明名称

立铣刀

(57) 摘要

立铣刀沿着螺旋槽具备外周切削刃和底刃。螺旋槽具备第1槽(21)和第2槽(22)。第1槽(21)的槽底具备直线部(41)、圆弧状部(42)、梯度部(43)。直线部(41)与轴线0平行且以直线状地自工具前端朝向后端侧延伸到自工具前端分开了与工具外径的长度对应的量的位置。梯度部(43)设于比直线部(41)靠后端侧的位置,随着自直线部(41)侧向后端侧去而朝向径向外侧以直线状倾斜。圆弧状部(42)连接直线部(41)的后端和梯度部(43)的前端,随着自直线部(41)侧向梯度部(43)侧去而朝向径向外侧以圆弧状弯曲。外周切削刃和底刃的前角在整周范围为一定。



1. 一种立铣刀,其沿着绕轴线扭转的多个螺旋槽设有切削刃,其特征在于,所述螺旋槽的槽底具备:

直线部,其与所述轴线平行且以直线状地自工具前端朝向后端侧延伸到自工具前端分开了与工具外径的长度对应的量的位置;

梯度部,其设于比所述直线部靠所述后端侧的位置,随着自所述直线部侧向所述后端侧去而朝向径向外侧以直线状倾斜;以及

圆弧状部,其连接所述直线部的后端和所述梯度部的前端,随着自所述直线部侧向所述梯度部侧去而朝向所述径向外侧以圆弧状弯曲,

所述切削刃的前角在所述切削刃的整周范围为一定。

2. 根据权利要求1所述的立铣刀,其特征在于,

所述多个螺旋槽为在正面观察所述工具前端时在周向上相邻的两个螺旋槽各自的槽分割角彼此不同的不等分割,

所述多个螺旋槽为在所述周向上相邻的所述两个螺旋槽各自的扭转角彼此不同的不等导向。

3. 根据权利要求2所述的立铣刀,其特征在于,

所述多个螺旋槽在所述周向上交替地具备槽分割角彼此不同的第1槽和第2槽,

所述第1槽的第1槽分割角小于所述第2槽的第2槽分割角,

所述第1槽的所述工具前端侧的槽宽度窄于所述第2槽的所述工具前端侧的槽宽度,

所述第1槽的所述槽宽度自所述工具前端侧向所述后端侧去而逐渐变宽,

所述第2槽的所述槽宽度自所述工具前端侧向所述后端侧去而逐渐变窄。

4. 根据权利要求3所述的立铣刀,其特征在于,

所述第1槽的所述梯度部的第1梯度角与所述第2槽的所述梯度部的第2梯度角彼此不同。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的立铣刀,其特征在于,所述工具前端为半球状,

在所述切削刃中的至少靠所述工具前端侧的位置设有沟槽。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的立铣刀,其特征在于,

所述圆弧状部的半径R的值在50~90mm的范围内。

立铣刀

技术领域

[0001] 本发明涉及一种立铣刀。

背景技术

[0002] 重切削以及粗切削所使用的粗加工立铣刀要求收纳所生成的大量的切屑并将其排出。为此,重要的是确保足够的排屑槽。若增大排屑槽,则工具截面积减小。若工具截面积减小,则工具受不住切削时的弯曲应力,可能引起折损。

[0003] 专利文献1公开的锥形立铣刀的槽设为槽底半径随着自柄侧向工具前端侧去而减小。槽底半径为槽底与轴线之间的距离。槽底半径在轴线方向上以规定的梯度角直线性地变化。梯度角以工具前端侧的梯度角小于柄侧的梯度角的方式在预先确定的变化点变化。在梯度角较小的工具前端侧,芯厚较小。由此,在主要进行切削的工具前端侧,能够确保排屑槽。在梯度角较大的柄侧,芯厚随着向柄侧去而以较大的变化率增加。由此,锥形立铣刀能够确保强度或刚度。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:国际公开第2019/244361号

发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 在将专利文献1所述的锥形立铣刀使用于重切削、粗切削的情况下,生成的切屑较大。由此,以工具前端侧的槽底的梯度,无法形成能够收纳并排出较大切屑的排屑槽。另外,伴随槽底的梯度,切削刀的前角逐渐减小。该情况下,还存在相对于工件的锋利度降低、切削阻力增加的问题。前角的减少成为使切屑的形状不稳定而引起切屑堵塞的主要原因。

[0009] 本发明的目的在于提供一种能够提高加工效率的立铣刀。

[0010] 用于解决问题的方案

[0011] 本发明的一技术方案的立铣刀沿着绕轴线扭转的多个螺旋槽设有切削刃,其特征在于,所述螺旋槽的槽底具备:直线部,其与所述轴线平行且以直线状地自工具前端朝向后端侧延伸到自工具前端分开了与工具外径的长度对应的量的位置;梯度部,其设于比所述直线部靠所述后端侧的位置,随着自所述直线部侧向所述后端侧去而朝向径向外侧以直线状倾斜;以及圆弧状部,其连接所述直线部的后端和所述梯度部的前端,随着自所述直线部侧向所述梯度部侧去而朝向所述径向外侧以圆弧状弯曲,所述切削刃的前角在所述切削刃的整周范围为一定。

[0012] 本实施方式的螺旋槽的槽底具备直线部,因此能够充分地确保切屑的收容能力。而且,螺旋槽的槽底在后端侧具备梯度部。梯度部随着自直线部侧向后端侧去而朝向径向外侧以直线状倾斜。由此,槽底半径随着向后端侧去而变大,因此能够提高后端侧的刚度。而且,在直线部与梯度部之间设有圆弧状部。圆弧状部随着自直线部侧向梯度部侧去而朝

向径向外侧以圆弧状弯曲。由此,在工件切削中,能够由整个圆弧状部接受施加于直线部与梯度部之间的应力。由此,能够提高工具主体的刚度。另外,即使在槽底设有圆弧状部和梯度部,由于前角在切削刀的整周范围为一定,因此,也能够确保相对于工件的切入性能。由此,立铣刀能够相对于工件进行高切入且高进给的加工,因此能够提高加工效率。

[0013] 本实施方式的立铣刀可以是,所述多个螺旋槽为在正面观察所述工具前端时在周向上相邻的两个螺旋槽各自的槽分割角彼此不同的不等分割,所述多个螺旋槽为在所述周向上相邻的所述两个螺旋槽各自的扭转角彼此不同的不等导向。由此,对于立铣刀而言能够抑制工件切削中产生的自激振荡。

[0014] 本实施方式的立铣刀可以是,所述多个螺旋槽在所述周向上交替地具备槽分割角彼此不同的第1槽和第2槽,所述第1槽的第1槽分割角小于所述第2槽的第2槽分割角,所述第1槽的所述工具前端侧的槽宽度窄于所述第2槽的所述工具前端侧的槽宽度,所述第1槽的所述槽宽度自所述工具前端侧向所述后端侧去而逐渐变宽,所述第2槽的所述槽宽度自所述工具前端侧向所述后端侧去而逐渐变窄。由此,立铣刀能够在第1槽和第2槽收容同等量的切屑的量且朝向后端侧排出。因而,立铣刀能够确保切屑的排出性能。另外,即使立铣刀为不等分割和不等导向,也能够周向上确保第1槽与第2槽之间的间隔。

[0015] 本实施方式的立铣刀可以是,所述第1槽的所述梯度部的第1梯度角与所述第2槽的所述梯度部的第2梯度角彼此不同。由此,立铣刀能够谋求兼顾切屑的排出性能和刚度的提高。

[0016] 本实施方式的立铣刀可以是,所述工具前端为半球状,在所述切削刀中的至少靠所述工具前端侧的位置设有沟槽。由此,立铣刀能够提高切屑的排出性能并且能够降低与工件之间的接触摩擦。

[0017] 本实施方式的立铣刀可以是,所述圆弧状部的半径R的值在50~90mm的范围内。由此,能够良好地形成圆弧状部的弯曲形状,因此能够提高刚度。此外,在磨削加工圆弧状部时,能够通过使磨石沿着圆弧轨道移动而形成圆弧状部,但也可以将圆弧状部的磨削加工时的磨石直径设为100mm~180mm,并利用转印该圆弧形状的加工方法形成圆弧状部。

附图说明

[0018] 图1是立铣刀1的立体图。

[0019] 图2是立铣刀1的侧视图。

[0020] 图3是图2的I-I线向视方向剖视图。

[0021] 图4是立铣刀1的沿着轴线0的剖面的形象图。

[0022] 图5是螺旋槽5~8的展开图。

[0023] 图6是比较了5种立铣刀的第1槽21的形状的图。

[0024] 图7是示出了5种立铣刀的槽底半径和前角的表。

[0025] 图8是表示试验1的结果的图表。

[0026] 图9是表示试验2的结果的表。

[0027] 图10是表示试验3-1的结果的图表。

[0028] 图11是表示试验3-2的结果的图表。

[0029] 图12是示出了7种立铣刀的直线部的长度、圆弧状部的半径R、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 的表。

[0030] 图13是表示试验4的结果的表。

[0031] 图14是表示试验4的结果的图表。

具体实施方式

[0032] 说明本发明的实施方式。本发明并不限于下述的实施方式,能够适当进行设计变更。为了使说明明确,适当在附图中存在以与实际的尺寸比例、角度不同的尺寸比例、角度表示的部位。

[0033] 参照图1~图3说明粗加工球头立铣刀1(以下称为立铣刀1)的结构。立铣刀1主要使用于重切削、粗切削。如图1、图2所示,立铣刀1在轴线0上一体地具备柄2和刃部3。柄2设于立铣刀1的后端侧,刃部3设于立铣刀1的前端侧。柄2为圆棒,安装于未图示的机床的主轴。机床一边驱动立铣刀1在从柄2侧观察时以轴线0为中心向右(参照图1、图2中的箭头T)旋转,一边使其相对于工件向与轴线0正交的方向相对移动。由此,立铣刀1对工件进行槽的切削加工。立铣刀1的母材为HSS,但并不限于此,例如也可以用超合金涂敷硬质覆膜。作为一个例子,立铣刀1的工具长度为80mm,工具直径为10mm,柄2的长度为57.6mm,刃部3的长度为22.4mm。

[0034] 刃部3为在轴线0上与柄2连结的棒状,且在其前端部设有半球状的球部30。在刃部3的外周面绕轴线0设有4个螺旋槽5~8。螺旋槽5~8从柄2侧观察为向右扭转,如后所述,为不等分割和不等导向。沿着螺旋槽5~8各自的一侧的开口端缘设有外周切削刃11。由此,在刃部3的外周面设有4片外周切削刃11。外周切削刃11的前角在整周范围为一定,作为一例子为 6° 。在外周切削刃11设有多个沟槽15。沟槽15相对于与轴线0交叉的方向平行地延伸。

[0035] 在球部30设有4片底刃12。4片底刃12与对应的4片外周切削刃11分别连接。底刃12的前角也与外周切削刃11同样地在整周范围为一定,作为一例子为 6° 。在4个底刃12分别设有两个沟槽16。沟槽16也相对于与轴线0交叉的方向平行地延伸。由外周切削刃11和底刃12切出的切屑被沟槽15、16切断,并与冷却介质一起利用螺旋槽5~8向柄2侧排出。由此,切屑的排出性能提高,因此,立铣刀1能够高效率地进行切削加工。

[0036] 参照图2、图3,说明不等分割和不等导向。如图3所示,在从工具前端侧观察立铣刀1的刃部3的剖面时,螺旋槽5与螺旋槽7隔着轴线0彼此相对,螺旋槽6与螺旋槽8隔着轴线0彼此相对。为了方便说明,将螺旋槽5和螺旋槽7定义为第1槽21,将螺旋槽6和螺旋槽8定义为第2槽22。第1槽21的槽分割角 θ_1 与第2槽22的槽分割角 θ_2 彼此不同,因此,螺旋槽5~8为不等分割。作为一个例子,槽分割角 θ_1 为 81° ,槽分割角 θ_2 为 99° 。由于螺旋槽5~8为不等分割,因此,4片外周切削刃11在周向上不均匀地配置。作为一个例子,4片外周切削刃11配置于 0° 、 81° 、 180° 、 261° 各位置。由此,在切削时,不会产生周期性的自激振荡,在切削负荷较高的状态下,也不易产生颤动。而且,由于具有将切屑分散地排出的特性,因此,在切削时,能够防止切屑在螺旋槽5~8堵塞。

[0037] 如图2所示,第1槽21的扭转角 θ_3 与第2槽22的扭转角 θ_4 彼此不同,因此,螺旋槽5~8为不等导向。扭转角 θ_3 、 θ_4 是指相对于轴线0的扭转角度。作为一个例子,扭转角 θ_3 为 40° ,扭转角 θ_4 为 42° 。在本实施方式中,第2槽22的扭转角 θ_4 大于第1槽21的扭转角 θ_3 。利用该不等导向,能够在切削力的朝向根据外周切削刃11和底刃12而变化的同时,与不等分割同样地,使外周切削刃11和底刃12与加工面接触的周期变动从而防止自激振荡。

[0038] 参照图4,说明第1槽21和第2槽22各自的宽度。槽的宽度是指与槽的长度方向正交的方向上的长度。两个第1槽21和两个第2槽22在周向上交替地配置于刃部3的外周面。如上所述,第1槽21的槽分割角 θ_1 小于第2槽22的槽分割角 θ_2 (参照图3)。由此,在刃部3的前端侧(图4的左侧),第1槽21的宽度比第2槽22的宽度窄,第2槽22的宽度比第1槽21的宽度宽。第1槽21的宽度随着向柄2侧去而逐渐变宽,第2槽22与第1槽21相反,宽度随着向柄2侧去而逐渐变窄。由此,在刃部3的靠柄2那侧,第1槽21的宽度比第2槽22的宽度宽,第2槽22的宽度比第1槽21的宽度窄。

[0039] 参照图5,说明第1槽21和第2槽22各自的槽底形状。图5为立铣刀1的沿着轴线0的剖视图,为了容易理解第1槽21和第2槽22的槽底形状地进行图示,是将第1槽21和第2槽22相对于轴线0平行地延长后的形象图。

[0040] 第1槽21的槽底自工具前端侧朝向柄2侧依次具备直线部41、圆弧状部42、梯度部43、切成部(日文:切上げ部)44。直线部41设于刃部3的前端侧,是使自工具前端侧到外径 D_c 的区域与轴线0平行的部分。外径 D_c 为立铣刀的工具直径(直径),作为一个例子,为10mm。此外,在工具前端侧设有扩径部40。扩径部40自工具前端朝向柄2侧以锥形状或者以基于该锥形状的曲线状扩径,并与直线部41的前端连接。扩径部40的长度根据工具直径设计即可。作为一个例子,直线部41的槽底直径比为53%。槽底直径比是指槽底直径与工具直径的比。在第1槽21中与直线部41对应的部分形成有较大的排屑槽61。

[0041] 梯度部43设于比刃部3的长度方向上的中间部靠柄2侧的位置,是以向柄2侧去而槽底直径变大的方式呈直线状倾斜的梯度部分。梯度部43相对于轴线0的梯度角 θ_5 的一个例子为 5° 。圆弧状部42是以圆弧状平滑地连接直线部41的后端和梯度部43的前端的部分。圆弧状部42以自直线部41的后端向梯度部43的前端去而槽底直径平缓地变大的方式弯曲为圆弧状。作为一个例子,圆弧状部42的后端的槽底直径比为55%。此外,圆弧状部42的磨削例如使用众所周知的圆盘状的磨石。通过将磨石与高速旋转的工具的母材抵接或在圆弧轨道上移动磨石,能够形成平缓的圆弧状的圆弧状部42。切成部44是自梯度部43的后端朝向工具表面地呈圆弧状切成的部分。

[0042] 此外,虽未详细说明,但第2槽22的槽底也与第1槽21的槽底同样地,自工具前端侧朝向柄2侧依次具备扩径部50、直线部51、圆弧状部52、梯度部53、切成部54。在第2槽22中与直线部51对应的部分形成有较大的排屑槽62。作为一个例子,梯度部43相对于轴线0的梯度角 θ_6 为 3° 。本实施方式的梯度角 θ_5 与 θ_6 彼此不同,但也可以相同。

[0043] 参照图5,说明利用立铣刀1进行工件切削时的切屑排出性能和刚度。例如,在槽切削这样的重切削的切入的情况下,通常的切入深度为外径 D_c 以下,因此,要求立铣刀1的前端侧具有较大切屑的收容能力。如上所述,在第1槽21和第2槽22中与直线部41、51对应的部分设有较大的排屑槽61、62。排屑槽61、62能够收纳在工具前端侧生成的较大切屑,因此,能够向柄2侧良好地排出。由此,立铣刀1能够防止切屑在第1槽21和第2槽22内堵塞。

[0044] 而且,第1槽21的直线部41和第2槽22的直线部51的槽底半径较小,但梯度部43、53的槽底半径向柄2侧去而逐渐变大。由此,与将第1槽21的直线部41和第2槽22的直线部51延长到柄2侧的立铣刀相比,能够提高立铣刀1的柄2侧的刚度。因而,对于立铣刀1而言能够提高第1槽21和第2槽22的切屑排出性能并且能够提高刃部3的柄2侧的刚度。

[0045] 另外,立铣刀1中,不是将直线部41、51和梯度部43、53直接地连结,而是经由圆弧

状部42、52间接地连接。假设在直接地连接了直线部41、51和梯度部43、53的情况下,在直线部41、51与梯度部43、53之间的连接部分,槽底半径急剧地变化。该情况下,在工件切削时,在槽底半径急剧地变化的连接部分作用有较大的负荷,因此,有可能在该连接部分折损。立铣刀1通过利用圆弧状的圆弧状部42、52将直线部41、51和梯度部43、53平滑地连接,因此,槽底半径自直线部41、51向梯度部43、53平缓地变大。由此,在工件切削时,负荷分散地作用于圆弧状部42、52整体,因此,能够有效地防止折损。

[0046] 此外,圆弧状部42、52的加工通过使圆形形状的磨石与高速旋转的母材接触而进行,随后对此叙述。为了加工圆弧状部42、52的弯曲形状,此时的半径R的大小(R尺寸)优选为50(mm)~90(mm)。例如,若R的大小大于90(mm),则圆弧状部42、52向柄2侧延伸,因此,梯度部43、53的前端向柄2侧移动而导致刚度降低。与此相反,若R的大小小于50(mm),则圆弧状部42、52较小程度地弯曲,因此,容易产生应力集中,并且,阻碍切屑顺畅地沿着第1槽21和第2槽22向柄2侧排出。因而,优选使用能够在R的大小为50(mm)~90(mm)的范围内进行加工的磨石(利用磨石半径的转印来加工圆弧形形状的情况下,磨石直径为100mm~180mm的磨石)来磨削圆弧状部42、52。

[0047] 另外,在立铣刀1中,即使在第1槽21和第2槽22设有梯度部43、53,外周切削刃11的前角在任何位置也是一定的(例如为 6°)。由此,能够提高相对于工件的锋利度,因此,能够减少切削阻力。另外,由于使切屑形状稳定化,因此,能够防止在第1槽21和第2槽22发生切屑的堵塞。

[0048] 另外,柄2侧的宽度较大的第1槽21的梯度部43的梯度角 θ_5 大于柄2侧的宽度较窄的第2槽22的梯度部53的梯度角 θ_6 。通过这样使梯度角 θ_5 和 θ_6 彼此不同,如后述的试验4的结果所示,与使梯度角 θ_5 和 θ_6 相同的情况相比,能够进一步提高刃部3的刚度。

[0049] 接着,为了验证第1槽21和第2槽22的槽底形状的效果,进行了试验1。如图6所示,在试验1中,对作为本发明产品的立铣刀1和作为比较产品的立铣刀101~104检查了切削了工件时的工具寿命。工具寿命根据切削耐久长度(m)进行判定。切削耐久长度设为在Vb(外周后刀面磨损宽度)为0.5mm或折损时的长度。立铣刀101~104改变了第1槽21和第2槽22各自的槽底形状。此外,在图6中,为了容易理解,仅以第1槽21的槽底形状进行说明。

[0050] 立铣刀101中将立铣刀1的直线部41延伸到柄2侧,并在切成部44切成。立铣刀102中使立铣刀101的直线部41的槽底较浅。立铣刀103中使立铣刀102的直线部41的槽底更浅。立铣刀104中使槽底曲折地变形。立铣刀1、101~104各自的工具直径均为10mm,刃数均为4片。

[0051] 说明立铣刀1、101~104的各位置处的槽底直径比。如图7所示,对于立铣刀1、101~104,分别测量了距离工具前端为7mm、10mm、15mm、20mm这4个点的槽底直径比。槽底直径比表示槽底直径与工具直径的比(%)。在立铣刀1中,7mm点的槽底直径比为53%,10mm点的槽底直径比为53%,15mm点的槽底直径比为55%,20mm点的槽底直径比为58%。此外,7mm点相当于直线部41的前端侧的位置,10mm点相当于直线部41的后端的位置,15mm点相当于梯度部43的始端的位置,20mm点相当于梯度部43的比长度方向中间部靠后端侧的位置。

[0052] 在立铣刀101中,7mm点、10mm点、15mm点、20mm点的槽底直径比均为53%。在立铣刀102中,7mm点、10mm点、15mm点、20mm点的槽底直径比均为57%。在立铣刀103中,7mm点、10mm点、15mm点、20mm点的槽底直径比均为58%。在立铣刀104中,7mm点的槽底直径比为53%,

10mm点的槽底直径比为44.67%,15mm点的槽底直径比为56.33%,20mm点的槽底直径比为58%。此外,立铣刀1、101~104各自的外周切削刃11的前角全部设为6°。

[0053] 说明切削条件。工件使用的是不锈钢(SUS304)。进行槽切削,切削速度设为80m/min,旋转速度设为2547min⁻¹,进给速度设为1019mm/min,轴向切入深度设为10mm,宽度为10mm。此外,进给速度是指将固定有工件的工作台相对于安装于未图示的机床的主轴的工具相对地移动的速度。

[0054] 参照图8说明试验1的结果。本发明产品的立铣刀1的切削耐久长度为120.8m。立铣刀101的切削耐久长度为0.1m,在工件切削中折损。立铣刀102的切削耐久长度为34m,在工件切削中折损。立铣刀103的切削耐久长度为0.1m,在工件切削中折损。立铣刀104的切削耐久长度为58m,在工件切削中折损。考察这些结果时,认为在立铣刀101中,直线部41延伸到柄2侧,因此柄2侧的刚度降低而折损。在立铣刀102中,与立铣刀101相比,槽底直径比大,因而刚度略微提高,但刚度比立铣刀1低,因此切削耐久长度(m)较短。认为在立铣刀103中,槽底直径比变得更大,排屑槽变窄,因此,切屑在第1槽21内堵塞而导致折损。在立铣刀104中,切削耐久长度(m)比立铣刀101~103长,但相比于立铣刀1而大幅缩短。认为是由于槽底曲折,因而切屑钩挂于槽底并堵塞而导致折损。

[0055] 根据以上的结果,由于本发明产品的立铣刀1的切削耐久长度(m)最长,因此可知,本发明产品能够提高第1槽21的切屑排出性能并且确保刚度。

[0056] 接着,为了验证不等分割和不等导向的效果,进行了试验2。在试验2中,对于本发明产品的立铣刀1和比较产品的等分割和等导向的立铣刀,检查了相对于工件的最大切入量。此外,本发明产品和比较产品各自的工具直径均为10mm,刃数为4片。

[0057] 说明切削条件。工件使用的是不锈钢(SUS304)。进行槽切削,切削速度设为80m/min,旋转速度设为2547min⁻¹,进给速度设为1019mm/min,宽度为10mm。针对轴向切入深度为0.5mm、1mm、2mm、4mm、6mm、8mm、10mm、11mm、12mm这9个模式实施切削,检查最大切入量。而且,用○、△、×这3个等级评价以各轴向切入深度进行了切削时的工具的状态。

[0058] 参照图9,说明试验2的结果。在比较产品中,在轴向切入深度为0.5~6mm的情况下,能够无较大的振动地进行加工,因此判定为○。另一方面,在轴向切入深度为8mm的情况下,能够进行加工但产生了振动,因此判定为△。另外,在轴向切入深度为10mm以上的情况下,立铣刀在切削过程中折损,因此判定为×。由于比较产品为等分割和等导向,因此,在切削加工中产生颤动,轴向切入深度越大,则颤动越大。因而可知,比较产品的最大切入量为6mm。

[0059] 与此相对,在本发明产品中,在轴向切入深度为0.5~11mm的情况下,能够无较大振动地进行加工,因此判定为○。另一方面,在轴向切入深度为12mm的情况下,能够进行加工但产生了振动,因此判定为△。可知,由于本发明产品为不等分割和不等导向,因此,能够有效地抑制切削加工中产生的颤动。但是,认为当轴向切入深度超过11mm时,切屑的尺寸进一步变大,对立铣刀1施加较大负荷,因此产生了振动。因而可知,本发明产品的最大切入量为11mm。

[0060] 根据以上的结果可知,由于本发明产品的最大切入量大于比较产品的最大切入量,因此,在不等分割和不等导向的本发明产品中,能够有效地抑制颤动。

[0061] 接着,为了验证使前角为一定所产生的效果,进行了试验3。在试验3中,准备本发

明产品的立铣刀1和作为比较产品的前角根据槽底的梯度而变动的立铣刀,检查改变了切入深度时的切削阻力(N)的最大值和平均值。此外,在比较产品中,除前角根据槽底的梯度而变动以外的结构,与本发明产品的结构全部相同。

[0062] 说明切削条件。本发明产品和比较产品各自的工具直径均为 $\phi 20$ (R10)mm。工件使用的是预硬化钢(40HRC)。进行槽切削,切削速度设为100m/min,旋转速度设为 1590min^{-1} ,进给速度设为450mm/min,宽度为10mm。测量在0.3D~1.0D的范围内改变轴向切入深度AP时的切削阻力(N),检查最大值和平均值。此外,D为工具直径。

[0063] 参照图10、图11,说明试验3的结果。首先,说明切削阻力的最大值的变化。如图10所示,在比较产品中,AP=0.3D的最大值为1230,AP=0.4D的最大值为1590,AP=0.5D的最大值为2011,AP=0.6D的最大值为2580,AP=0.7D的最大值为2971,AP=0.8D的最大值为3615,AP=0.9D的最大值为4201,AP=1D的最大值为4952。如此,比较产品的切削阻力的最大值表现出随着切入深度的变大而升高的倾向。

[0064] 与此相对,在本发明产品中,AP=0.3D的最大值为1225,AP=0.4D的最大值为1565,AP=0.5D的最大值为1951,AP=0.6D的最大值为2182,AP=0.7D的最大值为2476,AP=0.8D的最大值为2783,AP=0.9D的最大值为3065,AP=1D的最大值为3298。如此,本发明产品的切削阻力的最大值与比较产品的最大值的变化同样地,表现出随着切入深度变大而升高的倾向。然而,相比于比较产品的最大值的变化,特别是在切入深度为0.5D之后,上升的倾向较大程度地降低,随着切入深度的变大,与比较产品的差变大。

[0065] 说明切削阻力的平均值的变化。如图11所示,在比较产品中,AP=0.3D的最大值为1129,AP=0.4D的最大值为1494,AP=0.5D的最大值为1912,AP=0.6D的最大值为2448,AP=0.7D的最大值为2826,AP=0.8D的最大值为3454,AP=0.9D的最大值为4024,AP=1D的最大值为4766。如此,比较产品的切削阻力的平均值也表现出随着切入深度的变大而升高的倾向。

[0066] 与此相对,在本发明产品中,AP=0.3D的最大值为1122,AP=0.4D的最大值为1472,AP=0.5D的最大值为1846,AP=0.6D的最大值为2062,AP=0.7D的最大值为2350,AP=0.8D的最大值为2646,AP=0.9D的最大值为2923,AP=1D的最大值为3149。如此,本发明产品的切削阻力的平均值也与比较产品的平均值的变化同样地,表现出随着切入深度的变大而升高的倾向。而且,本发明产品的切削阻力的平均值相比于比较产品的平均值的变化,也在切入深度为0.5D以后,上升的倾向较大程度地降低,随着切入深度的变大,与比较产品的差变大。

[0067] 根据以上的结果可知,本发明产品的切削阻力的最大值和平均值随着切入深度的变大而升高,但与比较产品的切削阻力的最大值和平均值上升的倾向相比而有所降低,因此,通过使外周切削刃11的前角为一定,从而相对于工件的切削阻力减少。

[0068] 接着,为了验证第1槽21的梯度角 $\theta 5$ 和第2槽22的梯度角 $\theta 6$ 以及圆弧状部42、52的弯曲形状,进行了试验4。在试验4中,准备7种立铣刀A~G,通过切削工件从而检查各自的工具寿命。立铣刀A、B为本发明产品,立铣刀C~G为比较产品。在试验4中,对于立铣刀A~G,分别规定了第1槽21的直线部41和第2槽22的直线部51的长度(mm)、圆弧状部42、52的R的大小、梯度部43的梯度角 $\theta 5$ 、梯度部53的梯度角 $\theta 6$ 。此外,直线部41、51的长度(mm)是指自工具前端到直线部41、51(以下统称为直线部)各自的后端的长度。直线部41、51各自的长度彼此

相同。

[0069] 如图12所示,在立铣刀A中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为75mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。在立铣刀B中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为75mm,梯度角 θ_5 为 5° ,梯度角 θ_6 为 3° 。立铣刀A和B的区别仅在于梯度角 θ_5 。在立铣刀C中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为10mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。在立铣刀D中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为30mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。在立铣刀E中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为50mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。在立铣刀F中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为90mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。在立铣刀G中,直线部的长度为10mm,圆弧状部的R的大小为100mm,梯度角 θ_5 为 3° ,梯度角 θ_6 为 3° 。此外,立铣刀A~G各自的工具直径均为10mm,刀数为4片。

[0070] 说明切削条件。工件使用的是不锈钢(SUS304)。切削速度设为80m/min,旋转速度设为2547min⁻¹,进给速度设为1019mm/min,槽宽度设为10mm,轴向切入深度设为10mm。检查以这样的切削条件对工件进行了槽加工时的工具寿命。此外,工具寿命与试验1同样地,由切削耐久长度(m)判定。切削耐久长度设为在Vb(外周后刀面磨损宽度)为0.5mm或折损时的长度。而且,将其中切削耐久长度最长的立铣刀的切削耐久长度设为100%的情况下,对其他立铣刀分别计算该情况下的换算值,将这些换算值与判定为切削耐久长度时的工具的状态一并综合地以○、△、×这3个等级进行评价。作为评价方法,换算值为70~100%的立铣刀评价为○,换算值为40~70%的立铣刀评价为△,换算值为0~39%的立铣刀评价为×。

[0071] 参照图13、图14,说明试验4的结果。立铣刀A的切削耐久长度为120.8,立铣刀B的切削耐久长度为131.5,立铣刀C的切削耐久长度为2.4,立铣刀D的切削耐久长度为13.3,立铣刀E的切削耐久长度为95.2,立铣刀F的切削耐久长度为102.3,立铣刀G的切削耐久长度为37.6。根据这些结果,立铣刀B的切削耐久长度最长。因而,在将立铣刀B的切削耐久长度设为100.0%的情况下,立铣刀A的换算值为91.9%,立铣刀C的换算值为1.8%,立铣刀D的换算值为10.1%,立铣刀E的换算值为72.4%,立铣刀F的换算值为77.8%,立铣刀G的换算值为28.6%。对于判定为切削耐久长度的理由,立铣刀A、B、E、F为磨损,立铣刀C、D、G为折损。

[0072] 考察上述结果则可知,立铣刀A和B的评价均为○,利用第1槽21和第2槽22各自的槽底形状,能够提高切屑的排出性能并且确保刚度。另外,还可知,由于立铣刀A和B中的立铣刀B的工具寿命较长,因而相比于梯度角 θ_5 和 θ_6 彼此相同的情况,通过使梯度角 θ_5 和 θ_6 彼此不同,从而工具寿命延长。

[0073] 考察圆弧状部的弯曲。立铣刀A、C~G分别改变了圆弧状部的R的值。R的值越大,则圆弧状部的圆弧(R形状)越平缓地较大地弯曲,R的值越小,则圆弧状部的圆弧越急剧地较小地弯曲。立铣刀A、E、F的评价为○,其他的立铣刀C、D、G的评价为×。也就是说,R的值为50(mm)的立铣刀E、R的值为75(mm)的立铣刀A、R的值为90(mm)的立铣刀F未折损,是因磨损而达到了工具寿命。

[0074] 当圆弧状部的R的值较小时,圆弧状部的弯曲形状较急剧,因此负荷容易集中,因而,在R的值较小的立铣刀C和D中,认为在圆弧状部容易折损。与其相反,当R的值较大时,圆弧状部接近直线,因此,槽底直径自直线部几乎不变,无法提高刚度。因而,该情况下,也认为在圆弧状部容易折损。

[0075] 根据以上的结果可知,在圆弧状部的R的值为50(mm)~90(mm)的范围内,能够由圆弧状部整体接受施加于直线部与梯度部之间的负荷,能够提高耐久性。

[0076] 在以上说明中,外周切削刃11和底刃12为本发明的“切削刃”的一个例子。槽分割角 θ_1 为本发明的“第1槽分割角”的一个例子,槽分割角 θ_2 为本发明的“第2槽分割角”的一个例子。梯度角 θ_5 为本发明的“第1梯度角”的一个例子,梯度角 θ_6 为本发明的“第2梯度角”的一个例子。

[0077] 如以上说明那样,本实施方式的立铣刀1为沿着绕轴线0扭转的螺旋槽5~8设有外周切削刃11和底刃12的重切削及粗切削用的粗加工立铣刀。螺旋槽5~8各自的槽底具备直线部41(51)、圆弧状部42(52)、梯度部43(53)。直线部41与轴线0平行且呈直线状地从工具前端朝向后端侧延伸到与工具前端分开了与工具外径的长度对应的量的位置。梯度部43设于比直线部41靠后端侧的位置,随着自直线部41侧向后端侧去而朝向径向外侧以直线状倾斜。圆弧状部42连接直线部41的后端和梯度部43的前端,随着自直线部41侧向梯度部43侧去而朝向径向外侧以圆弧状弯曲。而且,外周切削刃11和底刃12的前角在整周范围为一定。

[0078] 如此,螺旋槽5~8的槽底具备直线部41,因此能够充分地确保切屑的收容能力。而且,在后端侧具备梯度部43,因而槽底半径随着向后端侧去而变大,因此能够提高后端侧的刚度。而且,在直线部与梯度部之间设有圆弧状部42,因此,在工件切削中,能够由整个圆弧状部42分散地接受施加于直线部41与梯度部43之间的应力。由此,对立铣刀1而言能够提高工具主体的刚度。另外,即使在槽底设有圆弧状部42和梯度部43,由于前角在外周切削刃11和底刃12的整周范围为一定,因此,也能够确保相对于工件的切入性能。由此,立铣刀1能够相对于工件进行高切入且高进给的加工,因此能够提高重切削和粗切削的加工效率。

[0079] 此外,本发明并不限定于上述实施方式,而能够进行各种变更。立铣刀1为重切削用以及粗切削用,但也可以为通常的切削用或精加工用。立铣刀1具备4条螺旋槽5~8,但螺旋槽的数量为多个即可,例如也可以为两条或4条以上。立铣刀1为不等分割和不等导向,但也可以是等分割和等导向、不等分割和等导向、等分割和不等导向。螺旋槽5~8为向右扭转,但也可以为向左扭转。外周切削刃11和底刃12的前角为一定,但也可以为不一定,例如,可以与螺旋槽5~8的槽底的梯度相配合地变化。设于底刃12的沟槽16的数量至少为一个即可,也可以为两个以上。设于外周切削刃11的沟槽15的条数也没有限定。

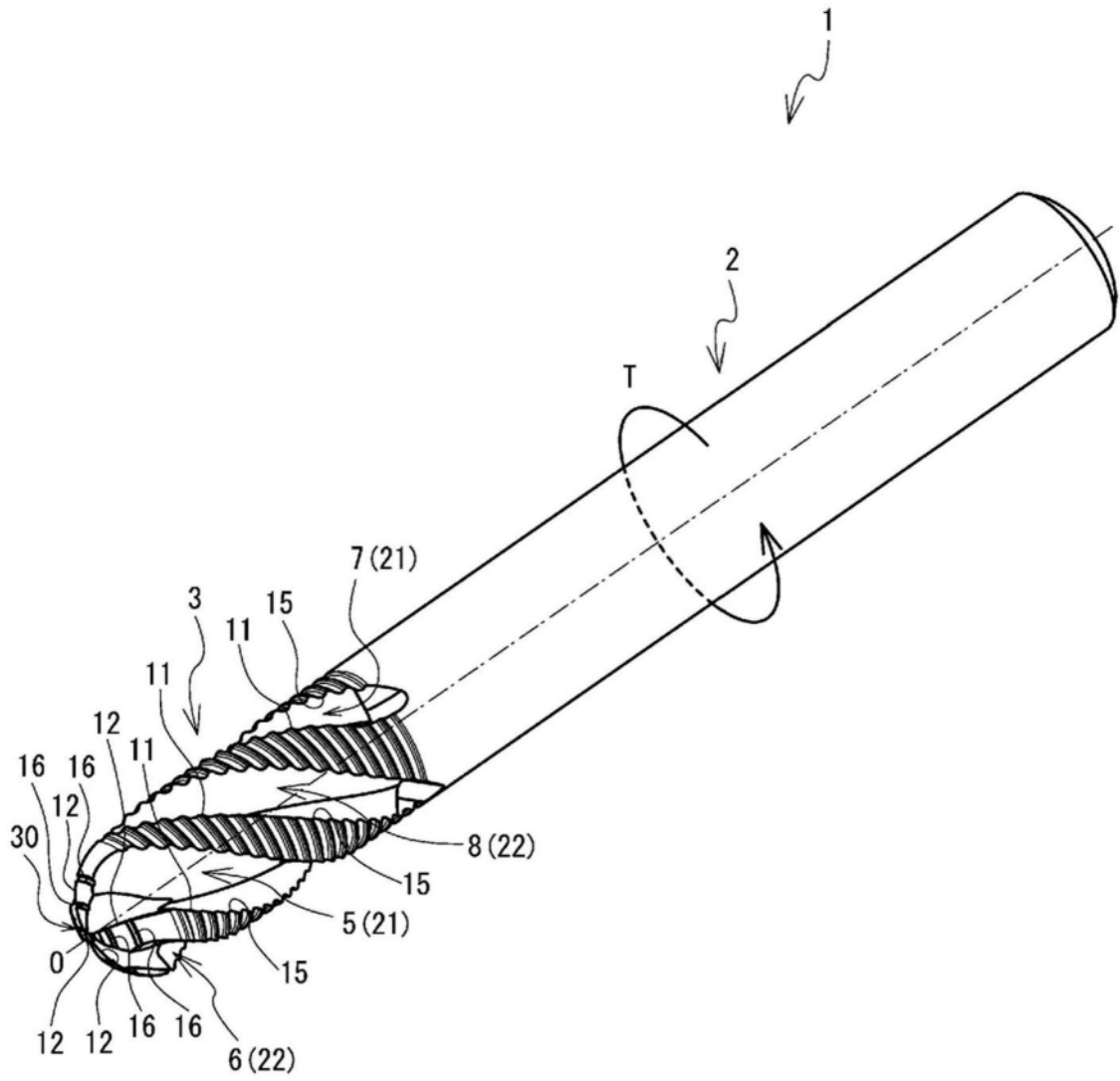


图1

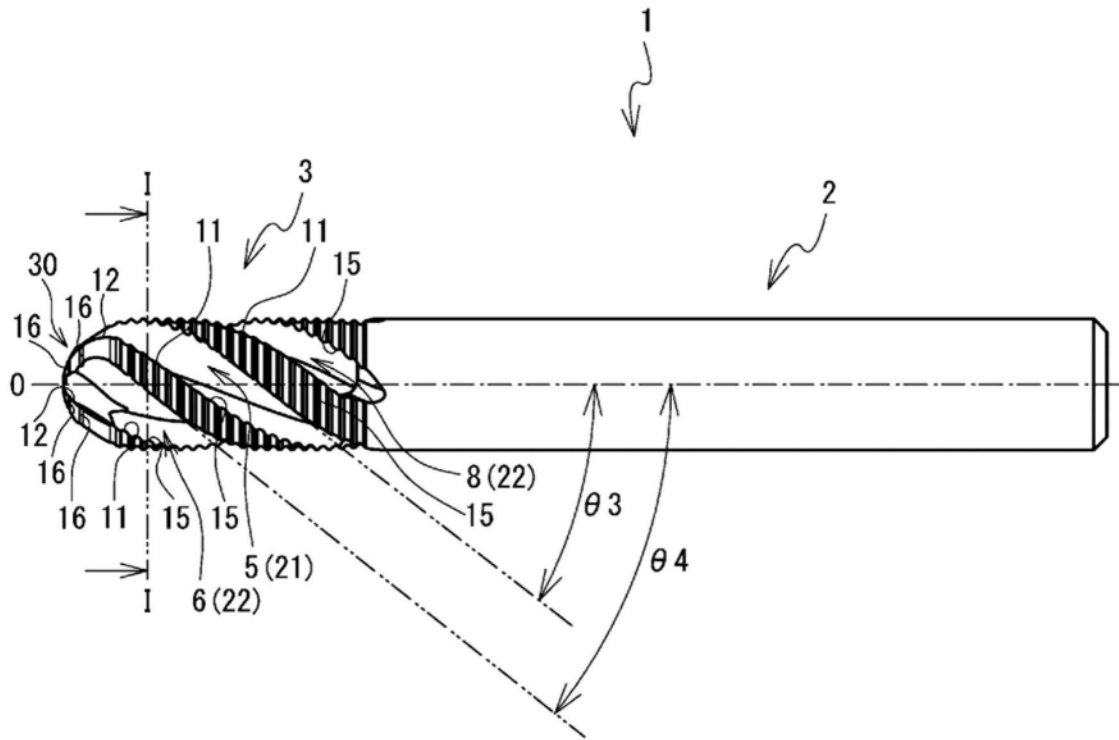


图2

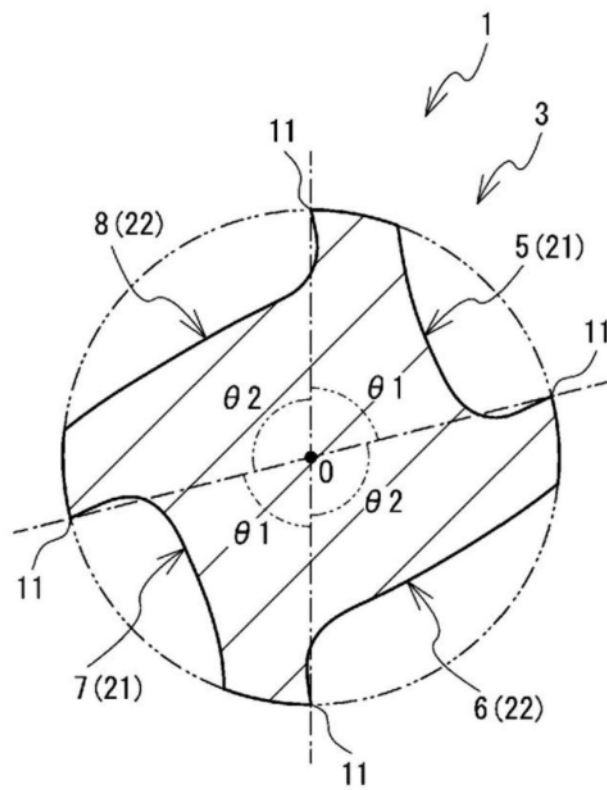


图3

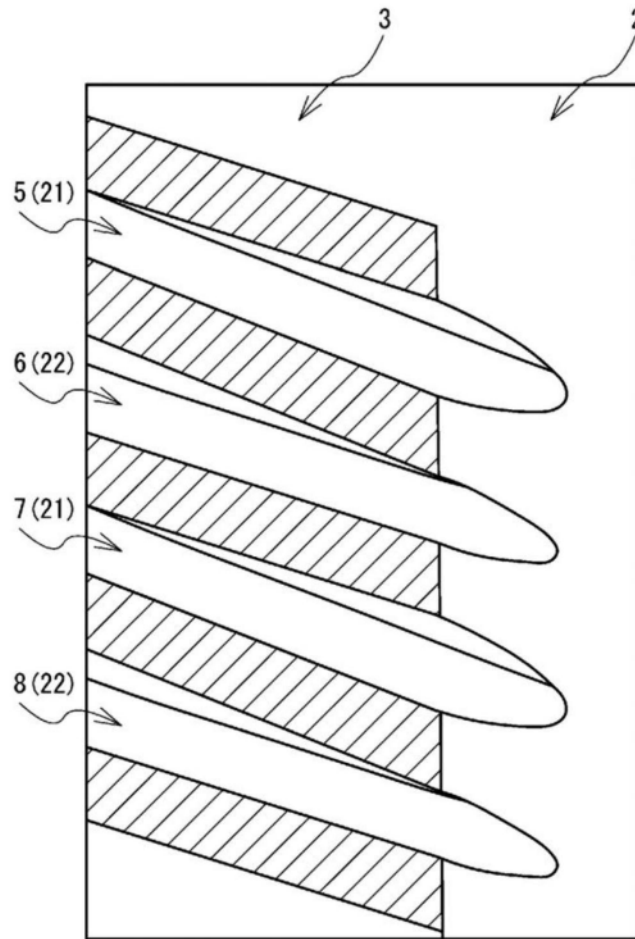


图4

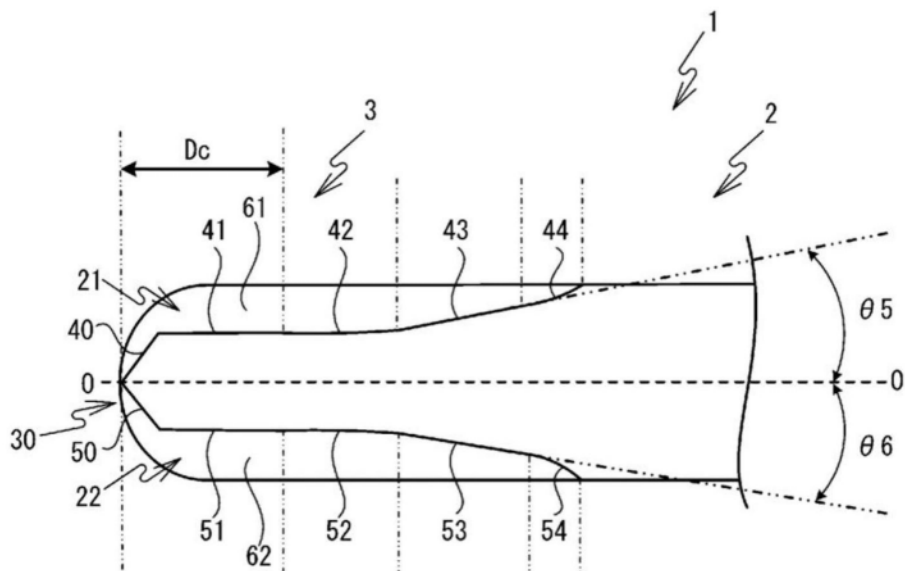


图5

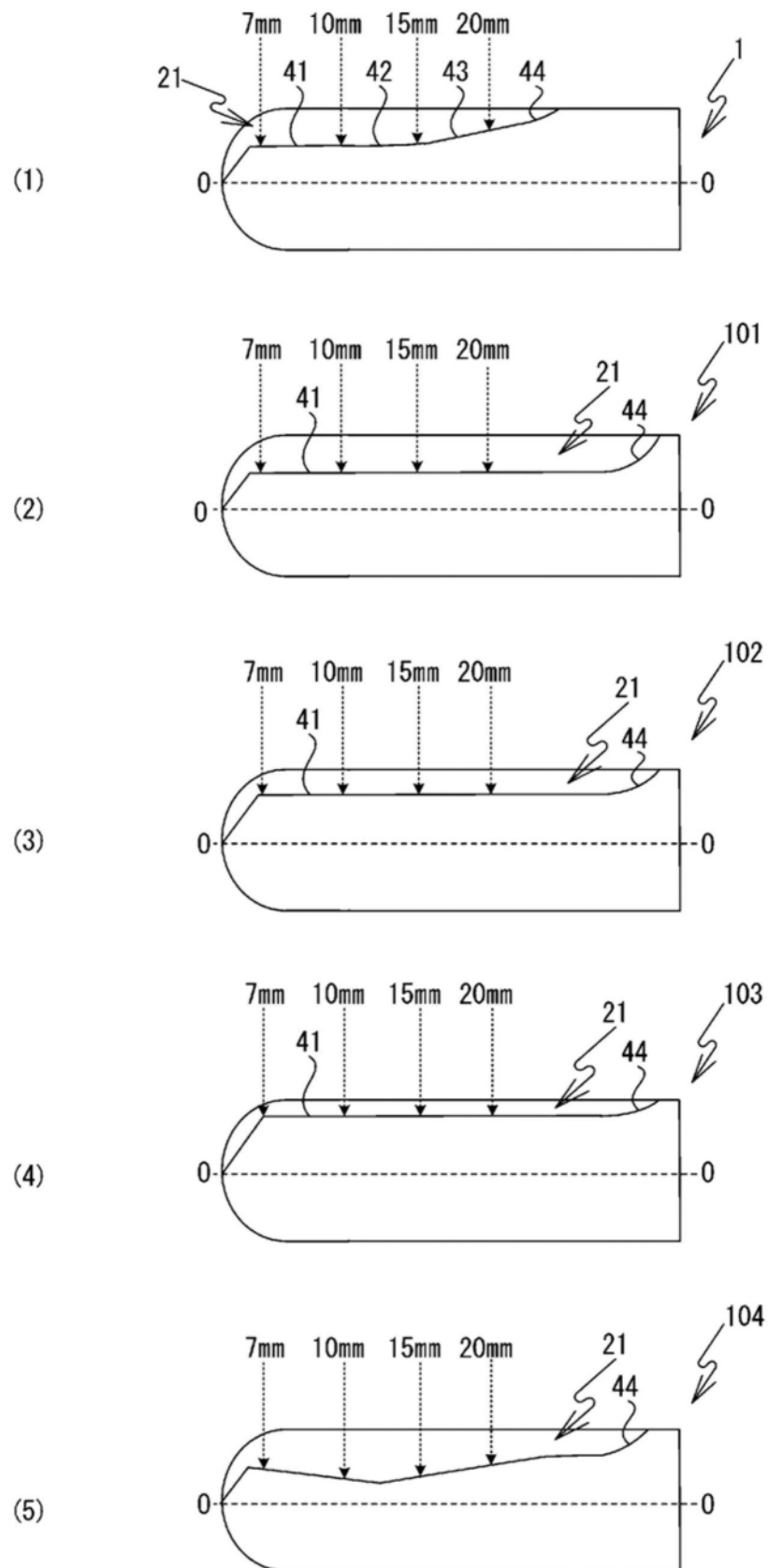


图6

立铣刀	距前端的距离				前角
	7mm点	10mm点	15mm点	20mm点	
1 (本发明产品)	53%	53%	55%	58%	6° 一定
101	53%	53%	53%	53%	6° 一定
102	57%	57%	57%	57%	6° 一定
103	58%	58%	58%	58%	6° 一定
104	53%	44. 67%	56. 33%	58%	6° 一定

图7

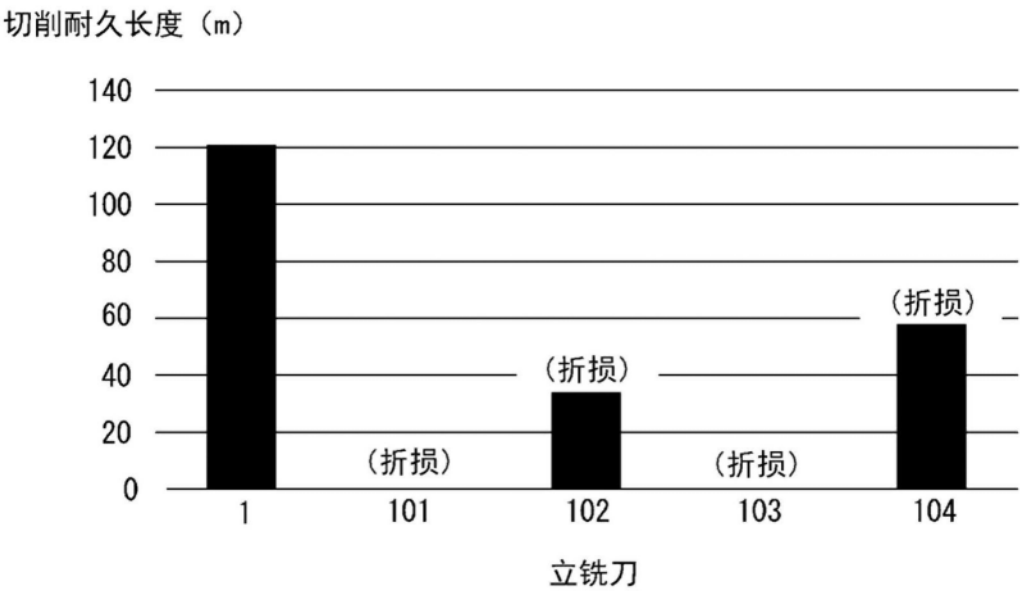


图8

立铣刀	轴向切入深度 (mm)								
	0. 5	1	2	4	6	8	10	11	12
本发明产品 (不等分割和不等导向)	○	○	○	○	○	○	○	○	△
比较产品 (等分割和等导向)	○	○	○	○	○	△	×	×	×

图9

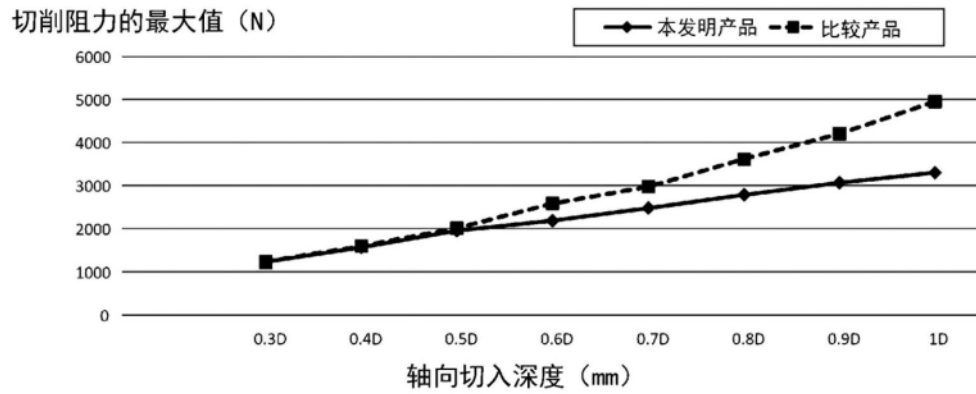


图10

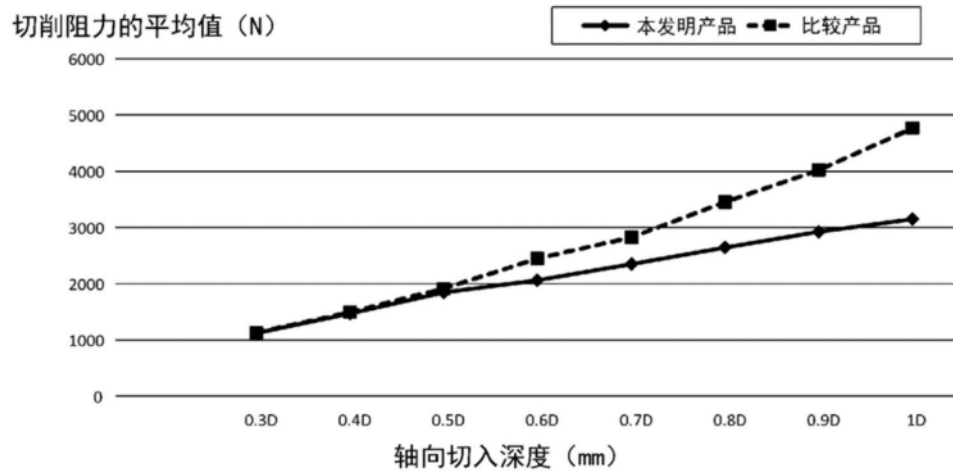


图11

立铣刀	直线部的长度 (mm)	圆弧状部的 半径R (mm)	$\theta 5$ ($^{\circ}$)	$\theta 6$ ($^{\circ}$)
A	10	75	3	3
B	10	75	5	3
C	10	10	3	3
D	10	30	3	3
E	10	50	3	3
F	10	90	3	3
G	10	100	3	3

图12

立铣刀	A	B	C	D	E	F	G
切削耐久长度	120.8	131.5	2.4	13.3	95.2	102.3	37.6
换算值	91.9%	100.0%	1.8%	10.1%	72.4%	77.8%	28.6%
状态	磨损	磨损	折损	折损	磨损	磨损	折损
评价	○	○	×	×	○	○	×

图13

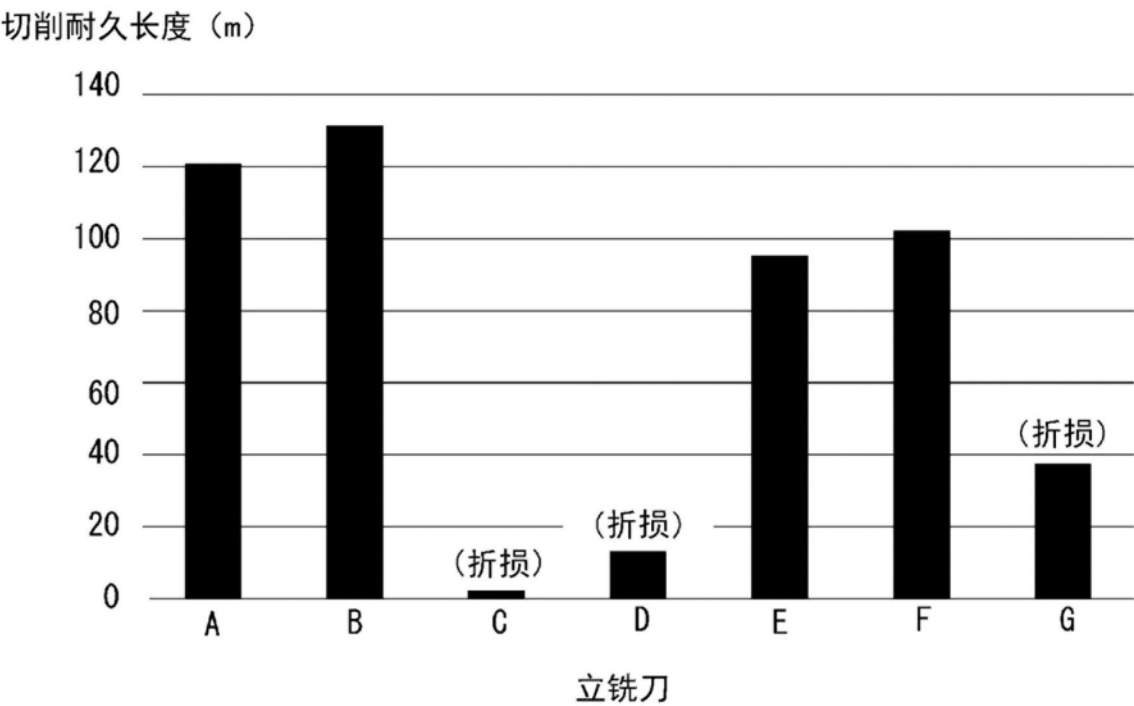


图14