



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114450123 B

(45) 授权公告日 2024.09.17

(21) 申请号 202180005574.6

(22) 申请日 2021.06.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114450123 A

(43) 申请公布日 2022.05.06

(30) 优先权数据
PCT/JP2020/024463 2020.06.22 JP
PCT/JP2020/024464 2020.06.22 JP
PCT/JP2020/024465 2020.06.22 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.03.28

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2021/022524 2021.06.14

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/261316 JA 2021.12.30

(73) 专利权人 住友电工硬质合金株式会社
地址 日本兵库县
专利权人 住友电气工业株式会社

(72) 发明人 杉本伦太朗 原田高志 久木野晓
东泰助 渡部直树 背川真有香

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司 11372
专利代理师 吴大建 常怡

(51) Int.Cl.
B23P 15/34 (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01)
B23B 27/20 (2006.01)
B23C 5/10 (2006.01)

(56) 对比文件
JP 2007313636 A, 2007.12.06
JP 2014009999 A, 2014.01.20
JP 2014226733 A, 2014.12.08
JP 2017119333 A, 2017.07.06
US 2009032725 A1, 2009.02.05
WO 2019039005 A1, 2019.02.28

审查员 徐迟

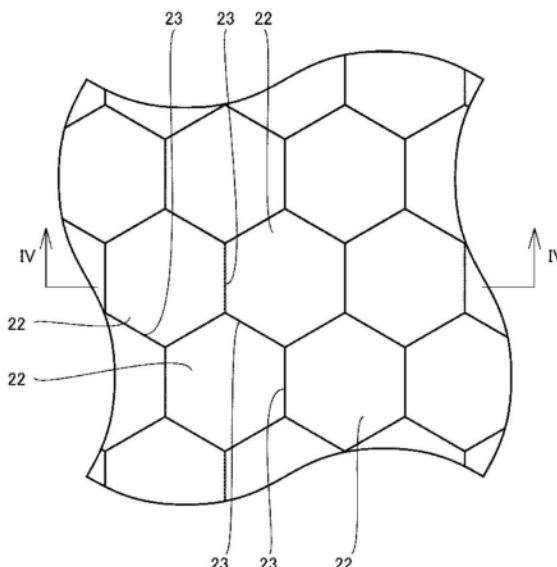
权利要求书2页 说明书18页 附图9页

(54) 发明名称

工具以及工具的制造方法

(57) 摘要

本公开的工具具备前端部。前端部具有表面。表面的至少一部分包含多个突出部、通过相邻的两个突出部的端相互接触而形成的第一凹部、以及与第一凹部不同的第二凹部。第二凹部形成为横跨突出部内或相邻的两个突出部。



1. 一种工具,所述工具具备前端部,其特征在于,所述前端部具有表面,所述表面的至少一部分包含多个突出部、通过相邻的两个所述突出部的端相互接触而形成的第一凹部、以及与所述第一凹部不同的第二凹部,所述第二凹部形成为横跨所述突出部内或相邻的两个所述突出部,所述突出部的高度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下,在俯视观察时,所述突出部中的一个在整周上与其他所述突出部连接。
2. 根据权利要求1所述的工具,其特征在于,所述第二凹部的深度为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下。
3. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述第二凹部的长度方向上的长度为所述第二凹部的深度乘以所述第二凹部的侧面的倾斜角度的正弦的2倍而得到的值以上且 $100\mu\text{m}$ 以下。
4. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述第二凹部的侧面的倾斜角度超过 0° 且为 45° 以下。
5. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述表面中的所述第二凹部的面积比例为3%以上且80%以下。
6. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述工具是用于对工件的表面粗糙度或形状进行测定的测定工具。
7. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述工具是用于对工件进行加工的加工工具。
8. 根据权利要求7所述的工具,其特征在于,所述表面包含部分球面,所述工具通过绕穿过所述部分球面的中心的旋转轴旋转来进行工件的加工。
9. 根据权利要求8所述的工具,其特征在于,所述第二凹部的宽度方向沿着绕所述旋转轴的周向。
10. 根据权利要求8或9所述的工具,其特征在于,所述表面包含槽和形成于所述槽与所述部分球面的棱线的切削刃。
11. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述工具是用于进行工件的切削的切削工具,所述表面包含前刀面、与所述前刀面相连的后刀面、以及形成于所述前刀面与所述后刀面的棱线的切削刃。
12. 根据权利要求7所述的工具,其特征在于,所述突出部处的所述表面的算术平均高度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下。
13. 根据权利要求7所述的工具,其特征在于,形成有所述突出部以及所述第一凹部的所述表面的部分中的偏度参数小于0。
14. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述前端部由纳米多晶金刚石形成。
15. 根据权利要求14所述的工具,其特征在于,所述纳米多晶金刚石包含属于长周期型周期表的第十三族或第十五族的原子。
16. 根据权利要求1或2所述的工具,其特征在于,所述前端部由无粘合剂立方晶氮化硼

形成。

17. 一种工具的制造方法,其特征在於,

所述工具的制造方法具备:

准备前端部的工序;以及

通过照射激光在所述前端部的表面的至少一部分形成多个突出部的工序,

通过使相邻的两个所述突出部的端接触,在所述前端部的表面的一部分形成第一凹部,

所述工具的制造方法还具备通过照射激光,以横跨所述突出部内或相邻的两个所述突出部的方式形成第二凹部的工序,

所述突出部的高度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下,

在俯视观察时,所述突出部中的一个在整周上与其他所述突出部连接。

18. 根据权利要求17所述的工具的制造方法,其特征在於,

所述工具的制造方法还具备通过照射激光而在所述前端部的所述表面形成前刀面以及与所述前刀面相连的后刀面的工序。

工具以及工具的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及工具以及工具的制造方法。

[0002] 本申请主张基于作为在2020年6月22日申请的国际申请的PCT/JP2020/024463、PCT/JP2020/024464以及PCT/JP2020/024465的优先权。该申请中记载的全部记载内容通过参照而援引于本说明书中。

背景技术

[0003] 在专利文献1(日本特开2017-119333号公报)中记载了一种球头立铣刀。专利文献1的球头立铣刀具有主体部和刃部。刃部安装于主体部的前端。刃部由包含金刚石颗粒以及结合材料的金刚石烧结体形成。刃部具有半球形状。刃部的表面包含凹部和凸部。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2017-119333号公报

发明内容

[0007] 本公开的工具具备前端部。前端部具有表面。表面的至少一部分包含多个突出部、通过相邻的两个突出部的端相互接触而形成的第一凹部、以及与第一凹部不同的第二凹部。第二凹部形成为横跨突出部内或相邻的两个突出部。

附图说明

[0008] 图1是球头立铣刀100的侧视图。

[0009] 图2是图1的区域II的放大图。

[0010] 图3是球头立铣刀100的部分球面21a的示意性俯视图。

[0011] 图4是图3的IV-IV处的剖视图。

[0012] 图5是表示球头立铣刀100的制造方法的工序图。

[0013] 图6是球头立铣刀200的部分球面21a的示意性俯视图。

[0014] 图7是图6的VII-VII处的剖视图。

[0015] 图8是表示球头立铣刀200的制造方法的工序图。

[0016] 图9是球头立铣刀200A的前端部20附近的放大侧视图。

[0017] 图10是切削刀片300的立体图。

[0018] 图11是切削刀片300的前端部20的剖视图。

[0019] 图12是表示切削刀片300的制造方法的工序图。

[0020] 图13是圆弧头立铣刀400的侧视图。

[0021] 图14是测针500的侧视图。

[0022] 图15是球头立铣刀600的部分球面21a的示意性俯视图。

[0023] 图16是图15的XVI-XVI处的剖视图。

[0024] 图17是第二凹部24的与长度方向正交的截面中的测定对象部分的示意性的截面曲线。

具体实施方式

[0025] [本公开所要解决的问题]

[0026] 根据本发明的发明人所发现的见解,专利文献1中记载的球头立铣刀在与工件的接触性方面存在改善的余地。

[0027] 本公开是鉴于上述那样的现有技术的问题点而完成的。更具体而言,本公开提供一种改善了与工件的接触性的工具。

[0028] [本公开的效果]

[0029] 根据本公开的工具,能够改善与工件的接触性。

[0030] [本公开的实施方式的说明]

[0031] 首先,列举本公开的实施方式进行说明。

[0032] (1)本公开的一个方式所涉及的工具具备前端部。前端部具有表面。表面的至少一部分包含多个突出部、通过相邻的两个突出部的端相互接触而形成的第一凹部、以及与第一凹部不同的第二凹部。第二凹部形成于横跨突出部内或相邻的两个突出部。根据上述(1)的工具,能够改善与工件的接触性。

[0033] (2)也可以是,在上述(1)的工具中,第二凹部的深度为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0034] (3)也可以是,在上述(1)或(2)的工具中,第二凹部的长度方向上的长度为第二凹部的深度乘以第二凹部的侧面的倾斜角度的正弦的2倍而得到的值以上且 $100\mu\text{m}$ 以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0035] (4)也可以是,在上述(1)至(3)的工具中,第二凹部的侧面的倾斜角度超过 0° 且为 45° 以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0036] (5)也可以是,在上述(1)至(4)的工具中,表面中的第二凹部的面积比例为3%以上且80%以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0037] (6)也可以是,上述(1)至(5)的工具是用于对工件的表面粗糙度或形状进行测定的测定工具。

[0038] (7)也可以是,上述(1)至(5)的工具是用于对工件进行加工的加工工具。

[0039] (8)也可以是,在上述(7)的工具中,表面包含部分球面。也可以是,工具通过绕穿过部分球面的中心的旋转轴旋转来进行工件的加工。

[0040] (9)也可以是,在上述(8)的工具中,第二凹部的宽度方向沿着绕旋转轴的周向。

[0041] (10)也可以是,在上述(7)至(9)的工具中,表面包含槽和形成于槽与部分球面的棱线的切削刃。

[0042] (11)也可以是,上述(1)至(5)的工具是用于进行工件的切削的切削工具。也可以是,表面包含前刀面、与前刀面相连的后刀面、以及形成于前刀面与后刀面的棱线的切削刃。

[0043] (12)也可以是,在上述(7)至(11)的工具中,突出部的高度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0044] (13) 也可以是,在上述(7)至(12)的工具中,突出部处的表面的算术平均高度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0045] (14) 也可以是,在上述(7)至(13)的工具中,形成有突出部以及第一凹部的表面的部分中的偏度参数小于0。在该情况下,能够进一步改善工具寿命。

[0046] (15) 也可以是,在上述(1)至(14)的工具中,前端部由纳米多晶金刚石形成。

[0047] (16) 也可以是,在上述(15)的工具中,纳米多晶金刚石包含属于长周期型周期表的第十三族或第十五族的原子。

[0048] (17) 也可以是,在上述(1)至(14)的工具中,前端部由无粘合剂立方晶氮化硼形成。

[0049] (18) 本公开的一个方式所涉及的工具的制造方法具备:准备由纳米多晶金刚石形成的前端部的工序;以及通过照射激光在前端部的表面的至少一部分形成多个突出部的工序。通过使相邻的两个突出部的端接触,在前端部的表面的一部分形成第一凹部。工具的制造方法还具备通过照射激光,以横跨突出部内或相邻的两个突出部的方式形成第二凹部的工序。

[0050] (19) 也可以是,在上述(18)的工具的制造方法中,还具备通过照射激光而在前端部的表面形成前刀面以及与前刀面相连的后刀面的工序。

[0051] [本公开的实施方式的详细内容]

[0052] 接着,参照附图对本公开的实施方式的详细内容进行说明。在以下的附图中,对相同或相当的部分标注相同的附图标记,不重复进行重复的说明。

[0053] (第一实施方式)

[0054] 以下,对第一实施方式所涉及的工具的结构进行说明。第一实施方式所涉及的工具是用于对工件进行切削加工的切削工具。更具体而言,第一实施方式所涉及的工具为球头立铣刀100。该工件例如是超硬合金制成的。

[0055] 图1是球头立铣刀100的侧视图。图2是图1的区域II的放大图。如图1以及图2所示,球头立铣刀100具有旋转轴A。球头立铣刀100通过绕旋转轴A旋转而对工件进行加工。球头立铣刀100具有主体部10和前端部20。

[0056] 主体部10例如由超硬合金形成。主体部10在沿着旋转轴A的方向上具有第一端10a和第二端10b。第二端10b是第一端10a的相反侧的端。主体部10具有柄部11和颈部12。柄部11位于第一端10a侧,颈部12位于第二端10b侧。

[0057] 柄部11沿着旋转轴A延伸。柄部11在沿着旋转轴A的方向上具有第一端11a和第二端11b。第一端11a与第一端10a对齐。第二端11b是第一端11a的相反侧的端。柄部11在与旋转轴A正交的截面视图中为圆形形状。

[0058] 颈部12沿着旋转轴A从第二端11b延伸。颈部12在沿着旋转轴A的方向上具有第一端12a和第二端12b。第一端12a是柄部11侧的端。第二端12b是第一端12a的相反侧的端,与第二端10b对齐。颈部12在与旋转轴A正交的截面视图中为圆形形状。在与旋转轴A正交的截面视图中,颈部12的截面积小于柄部11的截面积。

[0059] 前端部20例如通过钎焊而安装于主体部10。更具体而言,前端部20经由连接层13安装于第二端10b。连接层13为钎料。

[0060] 前端部20由纳米多晶金刚石形成。纳米多晶金刚石包含多个金刚石晶粒。纳米多

晶金刚石的余量可以包含石墨以及不可避免的杂质,但不包含粘合剂。即,在纳米多晶金刚石中,多个金刚石晶粒分别相互直接结合。不可避免的杂质的量越少越优选,但有时相对于整体的质量含有百分之几。

[0061] 在纳米多晶金刚石中,金刚石晶粒的平均粒径小于 $1\mu\text{m}$ 。在纳米多晶金刚石中,金刚石晶粒的平均粒径优选为 10nm 以上且 500nm 以下。在纳米多晶金刚石中,金刚石晶粒的平均粒径可以为 100nm 以上且 500nm 以下,也可以为 100nm 以上且 300nm 以下。

[0062] 纳米多晶金刚石中的金刚石晶粒的平均粒径可以通过对前端部20的表面进行精密研磨后,例如使用日本电子公司制造的JSM-7800F等电子显微镜,设定能够看到晶界的观察条件,获取反射电子显微镜图像并进行图像分析来进行测定。

[0063] 纳米多晶金刚石优选包含属于长周期型周期表的第十三族或第十五族的原子。属于长周期型周期表的第十三族的原子例如为硼原子。属于长周期型周期表的第十五族的原子例如为氮原子。纳米多晶金刚石通过添加属于长周期型周期表的第十三族或第十五族的原子而被赋予导电性。

[0064] 前端部20也可以由无粘合剂立方晶氮化硼形成。无粘合剂立方晶氮化硼包含多个立方晶氮化硼晶粒。在无粘合剂立方晶氮化硼的余量中,可以包含具有其他晶体结构的氮化硼(纤锌矿型氮化硼、六方晶氮化硼)以及不可避免的杂质,但不包含粘合剂。即,在无粘合剂立方晶氮化硼中,多个立方晶氮化硼晶粒分别相互直接结合。另外,具有其他晶体结构的氮化硼(纤锌矿型氮化硼、六方晶氮化硼)以及不可避免的杂质的量越少越优选,但有时相对于整体的质量含有百分之几。

[0065] 在无粘合剂立方晶氮化硼中,立方晶氮化硼晶粒的平均粒径小于 $1\mu\text{m}$ 。在无粘合剂立方晶氮化硼中,立方晶氮化硼晶粒的平均粒径优选为 10nm 以上且 500nm 以下。在无粘合剂立方晶氮化硼中,立方晶氮化硼晶粒的平均粒径可以为 100nm 以上且 500nm 以下,也可以为 100nm 以上且 300nm 以下。需要说明的是,立方晶氮化硼晶粒的平均粒径通过与金刚石晶粒的平均粒径同样的方法进行测定。

[0066] 前端部20具有表面21。前端部20具有半球形状。即,表面21包含部分球面21a。将构成前端部20的半球的直径设为直径R。在通过球头立铣刀100进行工件的加工时,表面21(部分球面21a)与工件接触。

[0067] 表面21包含槽21b。表面21在槽21b处凹陷。槽21b从表面21的中央部附近呈放射状延伸。槽21b与部分球面21a的棱线成为切削刃21c。部分球面21a成为后刀面。与切削刃21c相连的槽21b的表面成为前刀面。

[0068] 图3是球头立铣刀100的部分球面21a的示意性俯视图。图4是图3的IV-IV处的剖视图。如图3以及图4所示,在部分球面21a形成有多个突出部22。

[0069] 在图3的例子中,突出部22在俯视时(从与部分球面21a正交的方向观察)具有六边形形状,但突出部22的俯视形状不限于此。突出部22例如形成为遍及部分球面21a的整个面。突出部22也可以仅形成于部分球面21a的一部分。

[0070] 在部分球面21a形成有第一凹部23。第一凹部23通过相邻的两个突出部22的端相接触而形成。部分球面21a在第一凹部23处凹陷。

[0071] 突出部22具有高度H。高度H是突出部22的前端与第一凹部23的底部之间的距离。高度H优选为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下。

[0072] 突出部22处的部分球面21a的算术平均高度(Sa)优选为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下。突出部22处的部分球面21a的算术平均高度按照JIS标准(JIS B 0681-2:2018)进行测定。

[0073] 形成有突出部22以及第一凹部23的部分中的部分球面21a的偏度(Ssk)优选为小于0(负值)。形成有突出部22以及第一凹部23的部分中的部分球面21a的偏度按照JIS标准(JIS B 0681-2:2018)进行测定。

[0074] 以下,对球头立铣刀100的制造方法进行说明。图5是表示球头立铣刀100的制造方法的工序图。如图5所示,具有准备工序S1、接合工序S2以及突出部形成工序S3。

[0075] 在准备工序S1中,准备构成主体部10以及前端部20的构件。需要说明的是,在准备工序S1中准备的前端部20的表面21(部分球面21a)未形成突出部22以及第一凹部23。在接合工序S2中,例如通过钎焊进行主体部10与前端部20的接合。

[0076] 在突出部形成工序S3中,形成突出部22。通过向表面21(部分球面21a)照射激光而形成突出部22。第一凹部23通过相邻的两个突出部22的端相互接触而形成,因此通过在突出部形成工序S3中形成突出部22,也形成第一凹部23。

[0077] 以下,对球头立铣刀100的效果进行说明。

[0078] 在球头立铣刀100中,通过使两个突出部22的端相接触而形成第一凹部23。因此,在进行工件的加工时,从工件产生的切屑等不易被第一凹部23约束,不易在表面21产生熔接。其结果是,对工件进行加工时的接触阻力降低,改善工具寿命。

[0079] 通过将高度H设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下,进一步使得从工件产生的切屑等不易被第一凹部23约束,其结果是,进一步降低对工件进行加工时的接触阻力,并且进一步改善工具寿命。

[0080] 在形成有突出部22以及第一凹部23的部分中的部分球面21a的偏度小于0的情况下,进一步使得从工件产生的切屑等不易被第一凹部23约束,其结果是,进一步降低对工件进行加工时的接触阻力,并且进一步改善工具寿命。

[0081] 突出部22处的部分球面21a的算术平均高度越小,越不易在突出部22产生熔接。因此,通过将突出部22处的算术平均高度设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下,进一步降低对工件进行加工时的接触阻力,并且进一步改善工具寿命。

[0082] (第二实施方式)

[0083] 以下,对第二实施方式所涉及的工具的结构进行说明。第二实施方式所涉及的工具是用于对工件进行加工的加工工具。更具体而言,第二实施方式所涉及的工具为球头立铣刀200。在此,主要对与球头立铣刀100的结构的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0084] 球头立铣刀200具有主体部10和前端部20。主体部10具有柄部11和颈部12。前端部20具有表面21。表面21包含部分球面21a。在部分球面21a形成有突出部22以及第一凹部23。关于这些点,球头立铣刀200的结构与球头立铣刀100的结构相同。

[0085] 图6是球头立铣刀200的部分球面21a的示意性俯视图。图7是图6的VII-VII处的剖视图。如图6以及图7所示,在部分球面21a还形成有第二凹部24。关于这一点,球头立铣刀200的结构与球头立铣刀100的结构不同。

[0086] 第二凹部24是与第一凹部23不同的凹部。在第二凹部24处,部分球面21a凹陷。第二凹部24例如形成在突出部22内。将第二凹部24的深度设为深度D。深度D为 $1.0\mu\text{m}$ 以上。深

度D例如为20 μm 以下。

[0087] 俯视时的第二凹部24的当量圆直径优选为0.5 μm 以上且50 μm 以下。俯视时的第二凹部24的当量圆直径是俯视时的第二凹部24的面积除以 $\pi/4$ 而得到的值的平方根。表面21中的第二凹部24的面积比率优选为3%以上且80%以下。表面21中的第二凹部24的面积比率为,形成有第二凹部24的表面21的面积除以形成有突出部22以及第一凹部23的表面21的面积而得到的值。

[0088] 以下,对球头立铣刀200的制造方法进行说明。在此,主要对与球头立铣刀100的制造方法的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0089] 图8是表示球头立铣刀200的制造方法的工序图。如图8所示,球头立铣刀200的制造方法具有准备工序S1、接合工序S2以及突出部形成工序S3。关于这一点,球头立铣刀200的制造方法与球头立铣刀100的制造方法相同。

[0090] 球头立铣刀200的制造方法还具有第二凹部形成工序S4。关于这一点,球头立铣刀200的制造方法与球头立铣刀100的制造方法不同。

[0091] 在第二凹部形成工序S4中,进行第二凹部24的形成。在第二凹部24的形成中,第一,将金属粉末配置于表面21(部分球面21a)。该金属粉末选择与金刚石亲和性较高的金属(例如,铁、钴、镍)。

[0092] 第二,通过对表面21进行加热,使上述金属粉末与前端部20中所含的金刚石反应。其结果是,从附着有上述金属粉末的部分的表面21去除金刚石,形成第二凹部24。

[0093] 由上述的第二凹部24的形成方法可知,第二凹部24的当量圆直径能够通过对上述所配置的金属粉末的粒径进行调整来变更,第二凹部24的面积比率能够通过对上述所配置的金属粉末的量进行调整来变更。需要说明的是,第二凹部24的形成方法并不限定于上述的例子。第二凹部24例如也可以通过对表面21(部分球面21a)照射激光而形成。

[0094] 以下,对球头立铣刀200的效果进行说明。在此,主要对与球头立铣刀100的效果的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0095] 在球头立铣刀200中,第二凹部24以及切削刃21c同时作为切削刃发挥作用。通过该大小相配合的切削刃,能够带来犹如基于磨削的加工那样的切削效果。因此,根据球头立铣刀200,能够改善工件的加工精度。

[0096] 另外,在深度D小于1.0 μm 的情况下,从工件产生的切屑等堵塞于第二凹部24,容易成为熔接的起点。其结果是,对工件进行加工时的接触阻力增加,表面21(部分球面21a)的磨损容易发展。这样,根据具有深度D为1.0 μm 以上的第二凹部24的球头立铣刀200,能够在确保工具寿命的同时改善工件的加工精度。

[0097] 当俯视时的第二凹部24的当量圆直径过大时,第二凹部24难以作为切削刃而发挥作用。另外,当俯视时的第二凹部24的当量圆直径过小时,切屑等容易堵塞于第二凹部24。因此,通过将俯视时的第二凹部24的当量圆直径设为0.5 μm 以上且50 μm 以下,能够进一步改善工具寿命。

[0098] 在第二凹部24的面积比例过小的情况下,作为切削刃发挥功能的第二凹部24的数量较少。另一方面,在第二凹部24的面积比例过大的情况下,作为切削刃发挥功能的第二凹部24的比例减少,并且每个切削刃(第二凹部24)的负荷变高,表面21(部分球面21a)的磨损容易发展。因此,通过将第二凹部24的面积比例设为3%以上且80%以下,能够进一步改善

工具寿命。

[0099] <第一切削试验>

[0100] 为了确认表面21的偏度、突出部22的高度(高度H)、突出部22处的算术平均高度、第二凹部24的深度(深度D)、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例的影响,进行了第一切削试验。以下,对该切削试验进行说明。

[0101] 在第一切削试验中,作为球头立铣刀200,使用了样品1-1~样品1-11。在样品1-1~样品1-11中,如表1所示,表面21的偏度、高度H、突出部22处的算术平均高度、深度D、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例发生变化。在样品1-1至样品1-11中,直径R设为1.0mm。需要说明的是,在样品1-1~样品1-11中,前端部20由纳米多晶金刚石形成。

[0102] 表1

[0103]

	表面 21 的 Ssk	高度 H (μm)	突出部 22 处的 Sa (μm)	第二凹部 24		
				深度 D (μm)	当量圆直径 (μm)	面积比率 (%)
样品 1-1	-0.5	1.0	0.2	31.0	42.1	35.2
样品 1-2	-0.2	2.8	0.6	20.8	34.1	10.2
样品 1-3	-0.4	8.6	1.7	47.2	1.4	51.2
样品 1-4	-0.5	10.9	2.4	83.5	7.2	72.0
样品 1-5	-0.3	14.8	3.6	1.8	28.7	23.4
样品 1-6	-0.1	17.5	3.9	5.4	3.9	6.1
样品 1-7	+0.2	19.7	4.0	43.8	3.6	42.0
样品 1-8	-0.3	45.1	9.7	7.6	33.4	27.5
样品 1-9	-0.1	9.9	2.0	0.4	15.8	29.7
样品 1-10	-0.2	12.0	2.6	4.5	62.8	78.3
样品 1-11	-0.4	4.4	1.0	25.4	18.8	95.2

[0104] 第一切削试验通过如下条件来进行:球头立铣刀200的转速为30000转/分钟,工具进给速度为400mm/分钟,切入量为0.005mm,切入宽度为0.002mm。第一切削试验不供给冷却剂而通过干式加工来进行。第一切削试验的工件使用住友电气工业株式会社制造的超硬合金AF1。在第一切削试验中,样品1-1~样品1-11的工具寿命通过直至加工面处的工件的算术平均粗糙度达到 $0.05\mu\text{m}$ 以上的时间点为止的切削距离来进行评价。第一切削试验的结果示于表2。

[0105] 表2

	工具寿命 (m)
样品 1-1	82
样品 1-2	88
样品 1-3	65
样品 1-4	85
[0106] 样品 1-5	97
样品 1-6	80
样品 1-7	33
样品 1-8	14
样品 1-9	30
样品 1-10	19
样品 1-11	38

[0107] 样品1-1~样品1-6的工具寿命超过样品1-7的工具寿命。样品1-1~样品1-6的表面21的偏度小于0。样品1-7的表面21的偏度为正值。根据该比较,在实验上明确了通过使表面21的偏度小于0,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0108] 样品1-1~样品1-6的工具寿命超过样品1-8的工具寿命。样品1-1~样品1-6的高度H在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品1-8的高度H不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品1-1~样品1-6的突出部22处的算术平均高度在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品1-8的突出部22处的算术平均高度不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。

[0109] 根据该比较,在实验上明确了通过将高度H设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内以及将突出部22处的算术平均高度设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0110] 样品1-1~样品1-6的工具寿命超过样品1-9的工具寿命,样品1-1~样品1-6的深度D为 $1.0\mu\text{m}$ 以上。样品1-9的深度D小于 $1.0\mu\text{m}$ 。根据该比较,在实验上明确了通过将深度D设为 $1.0\mu\text{m}$ 以上,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0111] 样品1-1~样品1-6的工具寿命超过样品1-10的工具寿命。另外,样品1-1~样品1-6的第二凹部24的当量圆直径在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品1-10的第二凹部24的当量圆直径不在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。根据该比较,在实验上明确了通过将第二凹部24的当量圆直径设为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0112] 样品1-1~样品1-6的工具寿命超过样品1-11的工具寿命。另外,样品1-1~样品1-6的表面21中的第二凹部24的面积比例在3%以上且80%以下的范围内。样品1-11的表面21中的第二凹部24的面积比例不在3%以上且80%以下的范围内。根据该比较,在实验上明确了通过将表面21中的第二凹部24的面积比例设为3%以上且80%以下,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0113] <第二切削试验>

[0114] 为了确认表面21的偏度、突出部22的高度(高度H)、突出部22处的算术平均高度、

第二凹部24的深度(深度D)、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例的影响,进行了第二切削试验。以下,对该第二切削试验进行说明。

[0115] 在第二切削试验中,作为球头立铣刀200,使用了样品2-1~样品2-11。在样品2-1~样品2-11中,如表3所示,表面21的偏度、高度H、突出部22处的算术平均高度、深度D、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例发生变化。在样品2-1至2-11中,直径R设为3.0mm。需要说明的是,样品2-1~样品2-11的前端部20由包含属于长周期型周期表的第十三族或第十五族的原子的纳米多晶金刚石形成。

[0116] 表3

[0117]

	表面 21 的 Ssk	高度 H (μm)	突出部 22 处的 Sa (μm)	第二凹部 24		
				深度 D (μm)	当量圆直径 (μm)	面积比率 (%)
样品 2-1	-0.1	0.8	0.2	10.0	17.2	47.5
样品 2-2	-0.4	2.6	0.5	96.3	26.7	21.7
样品 2-3	-0.2	7.3	1.5	20.5	42.7	70.7
样品 2-4	-0.5	11.2	2.3	16.3	34.6	30.8
样品 2-5	-0.1	14.9	3.1	2.2	12.0	4.7
样品 2-6	-0.5	18.7	4.2	54.8	3.1	51.8
样品 2-7	+0.2	14.8	3.1	58.8	16.2	32.8
样品 2-8	-0.2	36.0	8.3	34.3	5.5	23.6
样品 2-9	-0.1	19.6	4.8	0.2	2.5	31.6
样品 2-10	-0.1	11.9	3.0	7.7	68.1	74.9
样品 2-11	-0.1	7.3	1.5	3.5	47.1	87.5

[0118] 第二切削试验通过如下条件进行:球头立铣刀200的转速为10000转/分钟,工具进给速度为100mm/分钟,切入量为0.015mm,切入宽度为0.02mm。第二切削试验是一边供给水溶性冷却剂一边进行的。第二切削试验的工件使用石英玻璃。在第二切削试验中,样品2-1~样品2-11的工具寿命通过直至后刀面(部分球面21a)的磨损量达到50 μm 以上的时间点为止的切削距离来进行评价。第二切削试验的结果示于表4。

[0119] 表4

	工具寿命 (m)
样品 2-1	95
样品 2-2	84
样品 2-3	78
样品 2-4	82
[0120] 样品 2-5	100
样品 2-6	93
样品 2-7	28
样品 2-8	32
样品 2-9	22
样品 2-10	21
样品 2-11	11

[0121] 样品2-1~样品2-6的工具寿命超过样品2-7的工具寿命。样品2-1~样品2-6的表面21的偏度小于0。样品2-7的表面21的偏度为正值。根据该比较,在实验上明确了通过使表面21的偏度小于0,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0122] 样品2-1~样品2-6的工具寿命超过样品2-8的工具寿命。样品2-1~样品2-6的高度H在 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品2-8的高度H不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品2-1~样品2-6的突出部22处的算术平均高度在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品2-8的突出部22处的算术平均高度不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。

[0123] 根据该比较,在实验上明确了通过将高度H设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内以及将突出部22处的算术平均高度设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0124] 样品2-1~样品2-6的工具寿命超过样品2-9的工具寿命,样品2-1~样品2-6的深度D为 $1.0\mu\text{m}$ 以上。样品2-9的深度D小于 $1.0\mu\text{m}$ 。根据该比较,在实验上明确了通过将深度D设为 $1.0\mu\text{m}$ 以上,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0125] 样品2-1~样品2-6的工具寿命超过样品2-10的工具寿命。样品2-1~样品2-6的第二凹部24的当量圆直径在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品2-10的第二凹部24的当量圆直径不在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。根据该比较,在实验上明确了通过将第二凹部24的当量圆直径设为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0126] 样品2-1~样品2-6的工具寿命超过样品2-11的工具寿命。另外,样品2-1~样品2-6的表面21中的第二凹部24的面积比例在3%以上且80%以下的范围内。样品2-11的表面21中的第二凹部24的面积比例不在3%以上且80%以下的范围内。根据该比较,在实验上明确了通过将表面21中的第二凹部24的面积比例设为3%以上且80%以下,能够改善球头立铣刀200的工具寿命。

[0127] <变形例>

[0128] 以下,对球头立铣刀200的变形例(以下称为“球头立铣刀200A”)的结构进行说明。在此,主要对与球头立铣刀200的结构的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0129] 图9是球头立铣刀200A的前端部20附近的放大侧视图。如图9所示,在球头立铣刀200A的表面21未形成槽21b以及切削刃21c。但是,如上所述,由于第二凹部24作为微小的切削刃发挥作用,因此球头立铣刀200A即使不具有切削刃21c,也能够对工件进行加工。

[0130] (第三实施方式)

[0131] 以下,对第三实施方式所涉及的工具的结构进行说明。第三实施方式所涉及的工具是用于对工件进行切削加工的切削工具。更具体而言,第三实施方式所涉及的工具为切削刀片300。

[0132] 图10是切削刀片300的立体图。图11是切削刀片300的前端部20的剖视图。如图10以及图11所示,切削刀片300具有基体30和前端部20。

[0133] 基体30具有第一面30a、第二面30b和侧面30c。第二面30b是第一面30a的相反面。侧面30c与第一面30a以及第二面30b相连。基体30具有安装部31。从与第一面30a正交的方向观察,安装部31位于基体30的角部。

[0134] 位于安装部31的位置的第一面30a与第二面30b之间的距离比位于安装部31以外的位置的第一面30a与第二面30b之间的距离小。即,在基体30的第一面30a侧,在安装部31形成有台阶。基体30例如由超硬合金形成。

[0135] 前端部20通过钎焊等安装于安装部31。前端部20的表面21具有前刀面21d、后刀面21e以及切削刃21f。前刀面21d与后刀面21e相连。前刀面21d在与后刀面21e相反的一侧与第一面30a相连。后刀面21e在与前刀面21d相反的一侧与侧面30c相连。切削刃21f形成于前刀面21d与后刀面21e的棱线。

[0136] 前刀面21d具有第一部分21da和第二部分21db。第一部分21da是前刀面21d的与后刀面21e相连的部分。第二部分21db是在其与切削刃21f之间夹入第一部分21da的部分。

[0137] 第一部分21da以相对于第二部分21db形成负角的方式相对于第二部分21db倾斜。第一部分21da相对于第二部分21db形成负角的情况是指,在第二部分21db朝向上方且后刀面21e朝向左方时,第一部分21da相对于第二部分21db逆时针旋转的情况。从另一观点而言,第一部分21da形成为负刃带(negative land)。

[0138] 突出部22以及第一凹部23形成于前刀面21d以及后刀面21e。更具体而言,突出部22以及第一凹部23形成于第一部分21da以及后刀面21e。也可以在前刀面21d(第一部分21da)以及后刀面21e还形成有第二凹部24。

[0139] 以下,对切削刀片300的制造方法进行说明。

[0140] 图12是表示切削刀片300的制造方法的工序图。如图12所示,切削刀片300的制造方法具有准备工序S1、接合工序S2、面形成工序S5以及突出部形成工序S3。切削刀片300的制造方法还可以具有第二凹部形成工序S4。

[0141] 在准备工序S1中,准备构成基体30以及前端部20的部件。在准备工序S1中准备的前端部20的表面21未形成突出部22以及第一凹部23。在接合工序S2中,例如通过钎焊进行基体30与前端部20的接合。

[0142] 在面形成工序S5中,在表面21形成前刀面21d以及后刀面21e。前刀面21d的形成以

及后刀面21e的形成例如通过对表面21照射激光来进行。在面形成工序S5中,形成前刀面21d以及后刀面21e的结果是,也形成了切削刃21f。突出部形成工序S3以及第二凹部形成工序S4如上所述,因此在此省略说明。

[0143] 以下,对切削刀片300的效果进行说明。

[0144] 在通过切削刀片300进行工件的加工时,从工件产生的切屑等不易被第一凹部23约束,因此不易在表面21产生熔接。其结果是,能够降低进行工件的加工时的接触阻力,进而能够改善工具寿命。

[0145] 另外,在通过切削刀片300进行工件的加工时,不仅是切削刃21f对工件进行切削,而且形成于后刀面21e的第二凹部24作为微小的切削刃发挥作用,对工件进行磨削,因此能够改善被加工面的加工品质(被加工面的表面粗糙度)。这样,根据切削刀片300,能够改善对工件的加工精度。

[0146] <切削试验>

[0147] 为了确认表面21的偏度、突出部22的高度(高度H)、突出部22处的算术平均高度、第二凹部24的深度(深度D)、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例的影响,进行了切削试验。以下,对该切削试验进行说明。

[0148] 在切削试验中,作为切削刀片300,使用了样品3-1~样品3-11。在样品3-1~样品3-11中,如表5所示,表面21的偏度、高度H、突出部22处的算术平均高度、深度D、俯视时的第二凹部24的当量圆直径以及第二凹部24的面积比例发生变化。需要说明的是,样品3-1~样品3-11的前端部20由无粘合剂立方晶氮化硼形成。

[0149] 表5

[0150]

	表面 21 的 Ssk	高度 H (μm)	突出部 22 处的 Sa (μm)	第二凹部 24		
				深度 D (μm)	当量圆直径 (μm)	面积比率 (%)
样品 3-1	-0.5	0.5	0.1	16.3	37.4	31.8
样品 3-2	-0.1	3.1	0.7	27.6	5.2	14.1
样品 3-3	-0.4	6.6	1.3	1.3	47.6	7.2
样品 3-4	-0.4	11.5	2.4	44.9	18.7	58.3
样品 3-5	-0.4	15.2	3.3	19.5	25.0	74.1
样品 3-6	-0.5	17.9	3.9	82.6	14.2	19.6
样品 3-7	+0.5	4.9	1.1	10.7	15.2	17.2
样品 3-8	-0.2	42.3	8.6	40.8	4.4	22.2
样品 3-9	-0.4	11.3	2.6	0.3	44.9	9.7
样品 3-10	-0.2	0.9	0.2	23.1	66.1	18.7
样品 3-11	-0.2	4.3	1.0	8.7	13.1	86.0

[0151] 在切削试验中,使用样品3-1~样品3-9,对钛-6铝-4钒合金制成的圆棒形状的工件进行车削加工。切削试验通过如下条件进行:切削速度为250m/分钟,进给量为0.2mm/转,切入量为0.5mm。在切削试验中,以7MPa的压力供给冷却剂。样品3-1~样品3-11的工具寿命通过直至后刀面21e的磨损量达到150 μm 以上的时间点为止的切削距离来进行评价。将切削

试验的结果示于表6。

[0152] 表6

	工具寿命 (km)
样品 3-1	12
样品 3-2	17
样品 3-3	19
样品 3-4	18
[0153] 样品 3-5	14
样品 3-6	17
样品 3-7	6
样品 3-8	2
样品 3-9	5
样品 3-10	2
样品 3-11	6

[0154] 样品3-1~样品3-6的工具寿命超过样品3-7的工具寿命。样品3-1~样品3-6的表面21的偏度小于0。另一方面,样品3-7的表面21的偏度为正值。根据该比较,在实验上明确了通过使表面21的偏度小于0,能够改善切削刀片300的工具寿命。

[0155] 样品3-1~样品3-6的工具寿命超过样品3-8的工具寿命。样品3-1~样品3-6的高度H在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品3-8的高度H不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品3-1~样品3-6的突出部22处的算术平均高度在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。样品3-8的突出部22处的算术平均高度不在 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内。

[0156] 根据该比较,在实验上明确了通过将高度H设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下的范围内以及将突出部22处的算术平均高度设为 $0.05\mu\text{m}$ 以上且 $5\mu\text{m}$ 以下的范围内,能够改善切削刀片300的工具寿命。

[0157] 样品3-1~样品3-6的工具寿命超过样品3-9的工具寿命。样品3-1~样品3-6的深度D为 $1.0\mu\text{m}$ 以上。样品3-9的深度D小于 $1.0\mu\text{m}$ 。根据该比较,在实验上明确了通过将深度D设为 $1.0\mu\text{m}$ 以上,能够改善切削刀片300的工具寿命。

[0158] 样品3-1~样品3-6的工具寿命超过样品3-10的工具寿命。样品3-1~样品3-6的第二凹部24的当量圆直径在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。另外,样品3-10的第二凹部24的当量圆直径不在 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下的范围内。根据该比较,在实验上明确了通过将第二凹部24的当量圆直径设为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下,能够改善切削刀片300的工具寿命。

[0159] 样品3-1~样品3-6的工具寿命超过样品3-11的工具寿命。另外,样品3-1~样品3-6的表面21中的第二凹部24的面积比例在3%以上且80%以下的范围内。另一方面,样品3-11的表面21中的第二凹部24的面积比例不在3%以上且80%以下的范围内。根据该比较,在

实验上明确了通过将表面21中的第二凹部24的面积比例设为3%以上且80%以下,能够改善切削刀片300的工具寿命。

[0160] <变形例>

[0161] 上述第三实施方式的内容也能够应用于切削刀片300以外的切削工具。图13是圆弧头立铣刀400的侧视图。上述第三实施方式的内容例如能够应用于图13所示那样的圆弧头立铣刀400。更具体而言,在形成于圆弧头立铣刀400的前端部20的后刀面以及前刀面形成有突出部22以及第一凹部23。

[0162] (第四实施方式)

[0163] 以下,对第四实施方式所涉及的工具的结构进行说明。第四实施方式所涉及的工具是用于对工件的表面粗糙度或形状进行测定的测定工具。更具体而言,第四实施方式所涉及的工具为测针500。

[0164] 图14是测针500的侧视图。如图14所示,测针500具有前端部20。测针500以表面21与工件的表面接触的方式在工件上进行扫描。由此,对工件的表面粗糙度或形状进行测定。在表面21形成有突出部22以及第一凹部23。也可以在表面21还形成第二凹部24。需要说明的是,将测针500的中心轴设为中心轴A1。

[0165] 以下,对测针500的效果进行说明。

[0166] 由于在表面21形成有突出部22以及第一凹部23,因此能够减小使测针500进行扫描时的工件的表面与表面21之间的接触阻力。

[0167] (第五实施方式)

[0168] 以下,对第五实施方式所涉及的工具的结构进行说明。第五实施方式所涉及的工具为球头立铣刀600。在此,主要对与球头立铣刀200的结构的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0169] 图15是球头立铣刀600的部分球面21a的示意性俯视图。图16是图15的XVI-XVI处的剖视图。如图15以及图16所示,在球头立铣刀600中,第二凹部24在俯视时呈细长的形状。更具体而言,在球头立铣刀600中,第二凹部24的长度方向上的长度大于第二凹部24的宽度方向上的宽度。第二凹部24的宽度方向是与第二凹部24的长度方向正交的方向。即,第二凹部24的长度方向上的长度为 $2 \times \text{深度}D \times \sin\theta$ (关于角度 θ ,在后面进行叙述)以上。在球头立铣刀600中,第二凹部24形成为横跨突出部22内或相邻的两个突出部22。

[0170] 在球头立铣刀600中,将俯视时的第二凹部24的长度方向上的长度设为长度L。长度L优选为 $100\mu\text{m}$ 以下。在球头立铣刀600中,作为第二凹部24的深度的深度D(参照图17)优选为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $20\mu\text{m}$ 以下。在球头立铣刀600中,将第二凹部24的侧面的倾斜角度设为角度 θ (参照图17)。角度 θ 优选为超过 0° 且为 45° 以下。在球头立铣刀中,第二凹部24的面积比例优选为3%以上且80%以下。

[0171] 深度D、角度 θ 以及长度L通过以下的方法进行测定。第一,使用非接触式的表面形状测定机(Bruker Alicon公司制造的Infinite Focus G5),获取对形成有第二凹部24的表面21(部分球面21a)的部分(以下称为“测定对象部分”)的形状进行表示的三维数据。根据该三维数据,计算出与第二凹部24的长度方向正交的截面中的测定对象部分的截面曲线。截面曲线的测定长度为 $50\mu\text{m}$ 以上。截面曲线的倾斜、起伏等的修正依据JIS B 0651:2001进行。在测定对象部分为圆形的情况下,转换为笛卡尔正圆显示。在第二凹部24的长度方向上

隔开 $2\mu\text{m}$ 的间隔在50处以上计算出截面曲线。

[0172] 第二,根据计算出的与第二凹部24的长度方向正交的一个截面中的测定对象部分的截面曲线,确定位置P1、位置P2以及位置P3。在位置P1处,上述的截面曲线为极小值。在位置P2以及位置P3处,上述的截面曲线为极大值。位置P2以及位置P3是上述的截面曲线为极大值的位置中的最接近于位置P1的位置。

[0173] 图17是第二凹部24的与长度方向正交的截面中的测定对象部分的示意性的截面曲线。如图17所示,将连接位置P1和位置P2的直线设为直线LI1,将连接位置P1和位置P3的直线设为直线LI2。直线LI1与直线LI2所成的角度的0.5倍为角度 θ 。作为位置P2与位置P1之间的高度差的距离DIS1以及作为位置P3与位置P2之间的高度差的距离DIS2的平均值为深度D。通过对其他截面也进行上述的测定,针对各截面得到深度D。

[0174] 将针对各截面的深度D的平均值设为深度 D_{avg} 。满足深度D在深度 D_{avg} 的 $\pm 20\%$ 的范围内以及位置P1在 $\pm 2 \times D \times \sin\theta$ 的范围内的截面之间的距离的最大值为长度L。需要说明的是,关于长度L,在能够从表面视野明确地观察的情况下,也可以从表面观察视野中对长度L进行测定。

[0175] 第二凹部24的面积可以视为 $2 \times \text{深度}D \times \sin\theta \times \text{长度}L$ 。因此,第二凹部24的面积比例通过将基于该式计算出的第二凹部24的面积合计除以形成有突出部22以及第一凹部23的表面21的面积而得到。

[0176] 第二凹部24的宽度方向优选为沿着绕旋转轴A的周向。从另一观点而言,第二凹部24的长度方向优选为与绕旋转轴A的周向正交。需要说明的是,旋转轴A穿过部分球面21a的中心。

[0177] 以下,对球头立铣刀600的制造方法进行说明。

[0178] 球头立铣刀600的制造方法与球头立铣刀200的制造方法同样地,具有准备工序S1、接合工序S2、突出部形成工序S3以及第二凹部形成工序S4。但是,在球头立铣刀600的制造方法中,通过在第二凹部形成工序S4中对部分球面21a照射激光而形成第二凹部24。在球头立铣刀600的制造方法中,通过变更上述激光加工的加工条件,对深度D、角度 θ 以及长度L进行适当调整。

[0179] 以下,对球头立铣刀600的效果进行说明。

[0180] 在球头立铣刀600中,冷却剂或使球头立铣刀600旋转时流动的空气容易通过第二凹部24而流入与工件接触的接触部,因此冷却效果提高,能够改善工具寿命。另外,在球头立铣刀600中,由于与工件接触而产生的磨损粉末容易通过第二凹部24从与工件接触的接触部排出,因此不易产生由该磨损粉末引起的二次磨损,能够改善工具寿命。

[0181] 在长度L为 $2 \times \text{深度}D \times \sin\theta$ 以上且 $100\mu\text{m}$ 以下的情况下,第二凹部24容易作为冷却剂等的流路以及磨损粉末的排出路径而发挥功能,因此能够进一步改善工具寿命。另外,在角度 θ 超过 0° 且为 45° 以下的情况下,第二凹部24的侧面的倾斜变得陡峭,因此在通过第二凹部24时冷却剂等的流速容易上升。因此,在该情况下,能够进一步提高冷却效果,进一步改善工具寿命。

[0182] 在第二凹部24的面积比例为3%以上且80%以下的情况下,能够抑制部分球面21a中的应力集中部位变得过剩,因此能够改善工具寿命。

[0183] <切削试验>

[0184] 为了确认球头立铣刀600的效果,进行了切削试验。在该切削试验中,作为球头立铣刀600的样品,使用了样品4-1至样品4-11。切削试验通过如下条件进行:球头立铣刀600的转速为10000转/分钟,工具进给速度为100mm/分钟,切入量为0.015mm,切入宽度为0.02mm。切削试验是一边供给水溶性冷却剂一边进行的。切削试验的工件使用10mm×10mm的石英玻璃板。在切削试验中,各样品的工具寿命通过直至后刀面磨损达到50 μm 为止的切削距离来进行评价。

[0185] 在样品4-1至样品4-11中,前端部20由纳米多晶金刚石形成。在样品4-1至样品4-11中,如表7所示,深度D、角度 θ 、长度L、第二凹部24的面积比例以及硼的添加的有无发生变化。将深度D为0.5 μm 以上且20 μm 以下设为条件A。将角度 θ 超过0°且为45°以下设为条件B。将长度L为 $2 \times \text{深度D} \times \sin\theta$ 以上且100 μm 以下设为条件C。如上所述, $2 \times \text{深度D} \times \sin\theta$ 与第二凹部24的宽度对应。将第二凹部24的面积比例为3%以上且80%以下设为条件D。在样品4-1至样品4-11中,第二凹部24的宽度方向形成为沿着绕旋转轴A的周向。在样品4-1至样品4-11中,表面21的偏度小于0,高度H在0.05 μm 以上且20 μm 以下的范围内,表面21处的算术平均高度在0.05 μm 以上且5 μm 以下的范围内。

[0186]

表 7

样品	表面 21 的 Ssk	高度 H (μm)	突出部处的 Sa (μm)	硼添加	深度 D (μm)	角度 θ (°)	2×sinθ×D (μm)	长度 L (μm)	第二凹部 24 的面积比例 (%)	工具寿命 (m)
样品 4-1	-0.2	0.6	0.3	有	0.7	17	0.42	2.0	47.5	89
样品 4-2	-0.3	2.2	0.9	有	1.8	31	1.85	44	14.2	91
样品 4-3	-0.5	5.8	1.4	有	6.4	42	8.56	90	72.3	79
样品 4-4	-0.1	11.3	2.9	有	8.3	2	0.58	40	29.1	81
样品 4-5	-0.3	17.2	4.1	有	15.2	9	4.76	72	53.6	98
样品 4-6	-0.2	6.4	1.8	有	19.1	13	8.59	10.0	13.7	101
样品 4-7	-0.2	3.1	1.2	无	2.1	22	1.57	54	31.5	69
样品 4-8	-0.4	19.6	4.8	有	0.3	4	0.04	42	31.6	23
样品 4-9	-0.2	11.9	3.0	有	17.3	59	29.66	72	15.2	19
样品 4-10	-0.1	7.3	1.5	有	4.3	41	5.64	4.0	42.6	25
样品 4-11	-0.3	5.2	1.8	有	9.1	11	3.47	22.0	87.5	18

[0187] 在样品4-1至样品4-7中,满足条件A。另一方面,在样品4-8中,不满足条件A。样品4-1至样品4-7的工具寿命比样品4-8的工具寿命优异。根据该比较,在实验上也明确了通过

满足条件A,能够改善工具寿命。

[0188] 在样品4-1至样品4-7中,满足条件B。另一方面,在样品4-9中,不满足条件B。样品4-1至样品4-7的工具寿命比样品4-9的工具寿命优异。根据该比较,在实验上也明确了通过满足条件B,能够改善工具寿命。

[0189] 在样品4-1至样品4-7中,满足条件C。另一方面,在样品4-10中,不满足条件C。样品4-1至样品4-7的工具寿命比样品4-10的工具寿命优异。根据该比较,在实验上也明确了通过满足条件C,能够改善工具寿命。

[0190] 在样品4-1至样品4-7中,满足条件D。另一方面,在样品4-11中,不满足条件D。样品4-1至样品4-7的工具寿命比样品4-11的工具寿命优异。根据该比较,在实验上也明确了通过满足条件D,能够改善工具寿命。

[0191] (第六实施方式)

[0192] 以下,对第六实施方式所涉及的工具进行说明。第六实施方式所涉及的工具为切削刀片700。在此,主要对与切削刀片300的结构的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0193] 在切削刀片700中,在表面21形成有与球头立铣刀600同样的第二凹部24。优选地,在切削刀片700中,第二凹部24形成于前刀面21d以及后刀面21e中的至少任一者。在切削刀片700中,优选地,第二凹部24的宽度方向沿着切削刀21f的延伸方向。根据切削刀片700,与球头立铣刀600同样地,能够改善工具寿命。

[0194] (第七实施方式)

[0195] 以下,对第七实施方式所涉及的工具进行说明。第七实施方式所涉及的工具为测针800。在此,主要对与测针500的结构的不同之处进行说明,不重复进行重复的说明。

[0196] 在测针800中,在表面21形成有与球头立铣刀600同样的第二凹部24。在测针800中,优选地,第二凹部24的宽度方向沿着绕中心轴A1的周向。根据测针800,由于与工件接触而产生的磨损粉末容易通过第二凹部24从接触部排出,不易产生由该磨损粉末引起的二次磨损,因此能够改善工具寿命。

[0197] 应当认为本次公开的实施方式在所有方面都是示例,而不是限制性的。本发明的范围不是由上述的实施方式表示,而是由技术方案表示,意图包含与技术方案等同的意思以及范围内的全部变更。

[0198] 附图标记说明

[0199] 10:主体部;10a:第一端;10b:第二端;11:柄部;11a:第一端;11b:第二端;12:颈部;12a:第一端;12b:第二端;13:连接层;20:前端部;21:表面;21a:部分球面;21b:槽;21c:切削刃;21d:前刀面;21da:第一部分;21db:第二部分;21e:后刀面;21f:切削刃;22:突出部;23:第一凹部;24第二凹部;30:基体;30a:第一面;30b:第二面;30c:侧面;31:安装部;100:球头立铣刀;200、200A:球头立铣刀;300:切削刀片;400:圆弧头立铣刀;500:测针;600:球头立铣刀;700:切削刀片;800:测针;A:旋转轴;A1:中心轴;D:深度;L:长度;LI1:直线;LI2:直线;H:高度;R:直径;S1:准备工序;S2:接合工序;S3:突出部形成工序;S4:第二凹部形成工序;S5:面形成工序;DIS1、DIS2:距离;P1、P2、P3:位置; θ :角度。

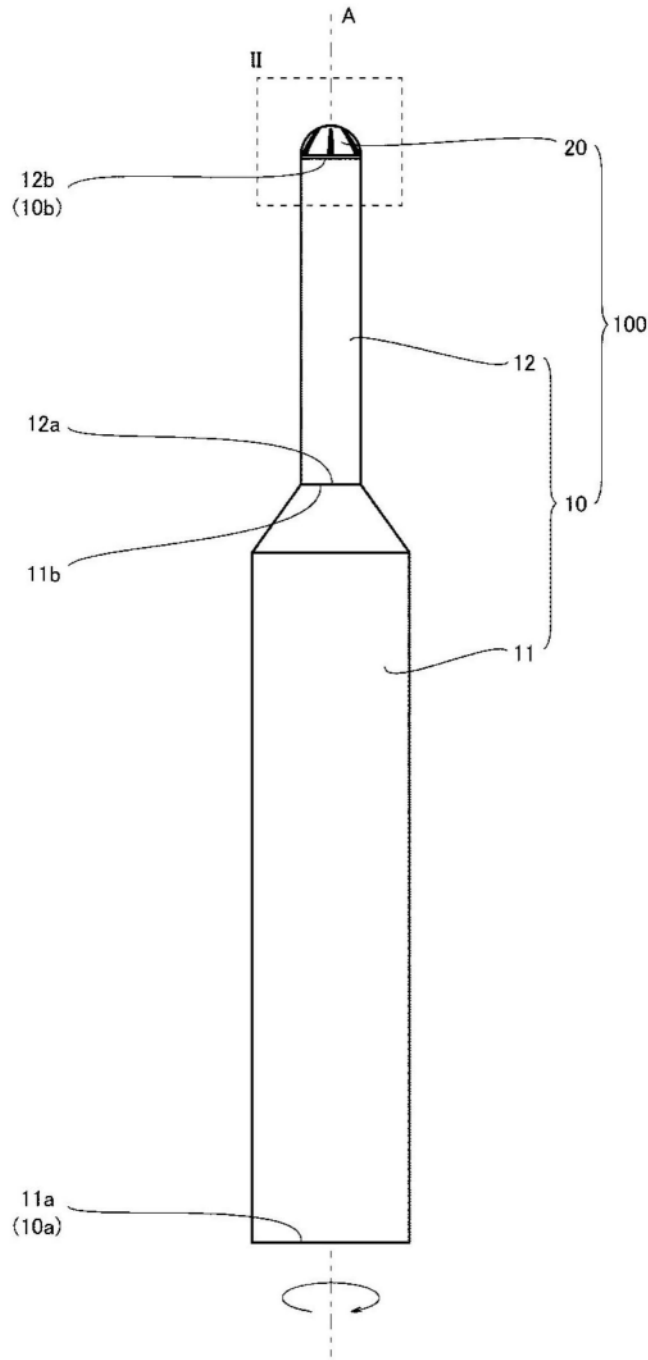


图1

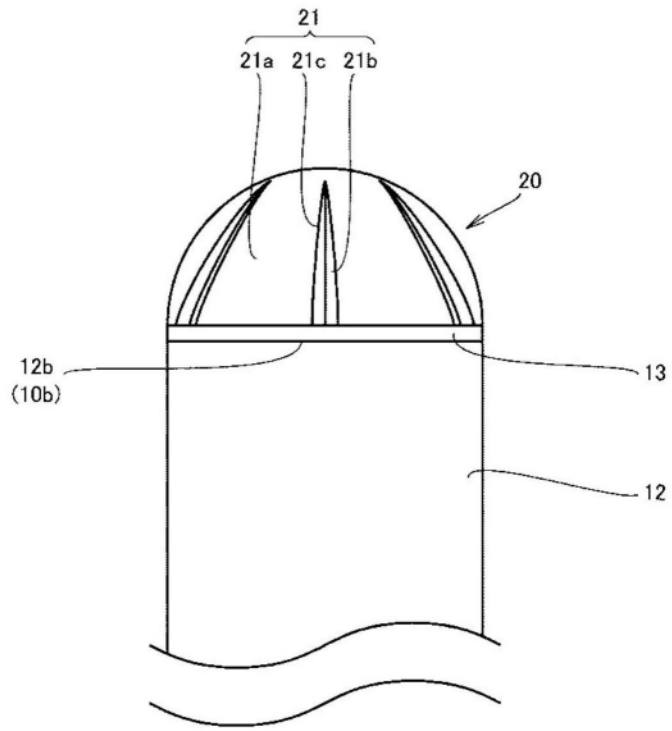


图2

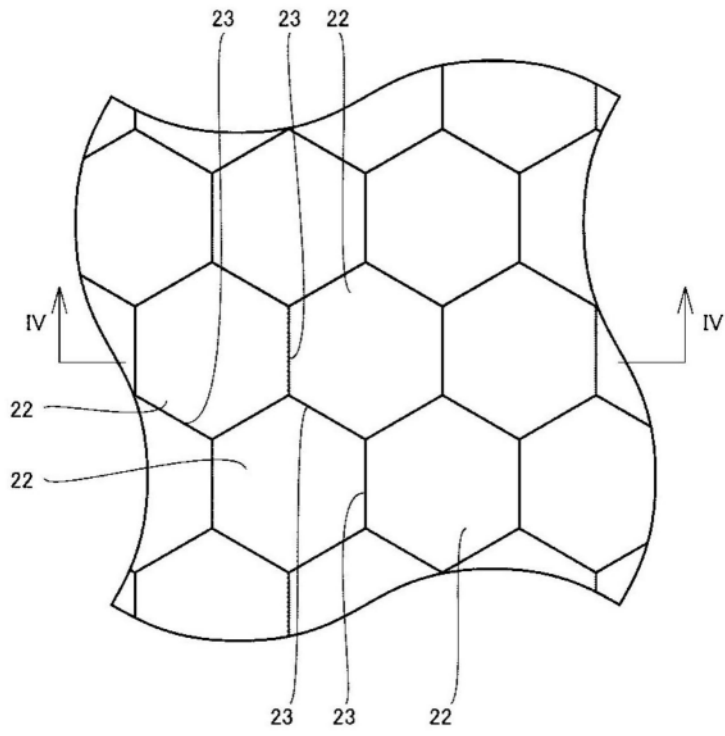


图3

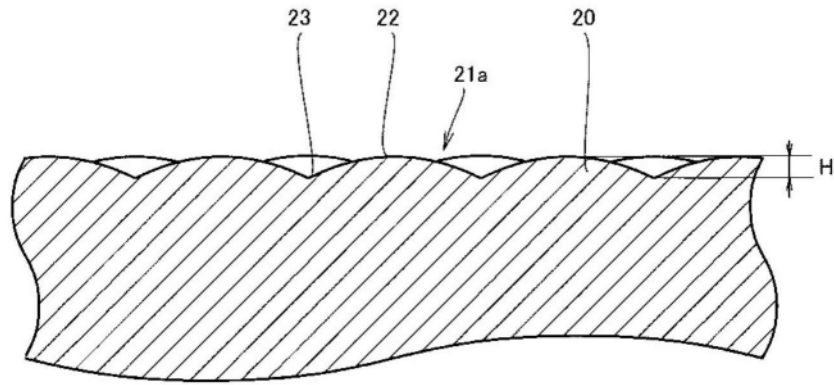


图4

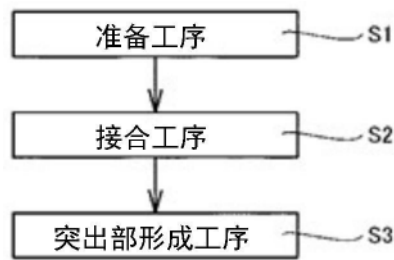


图5

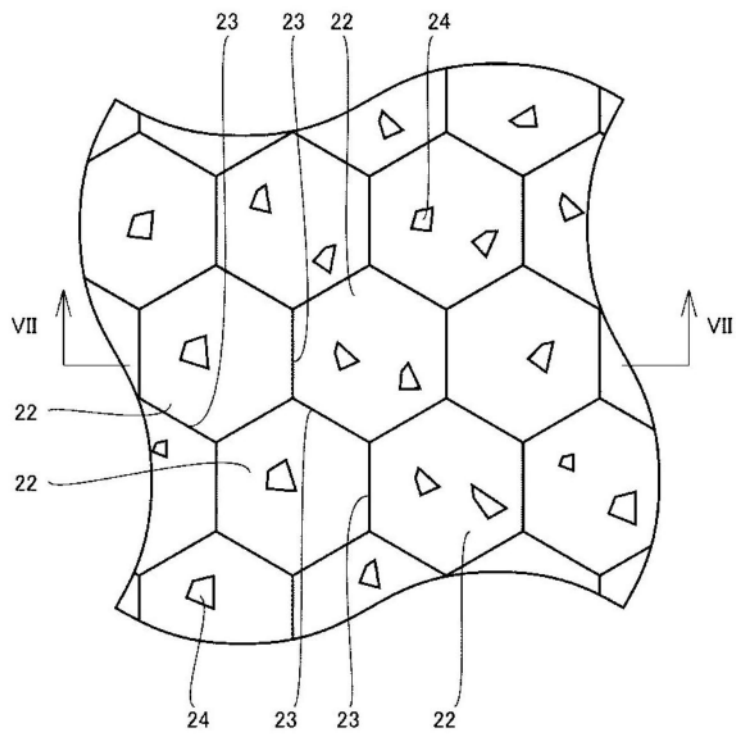


图6

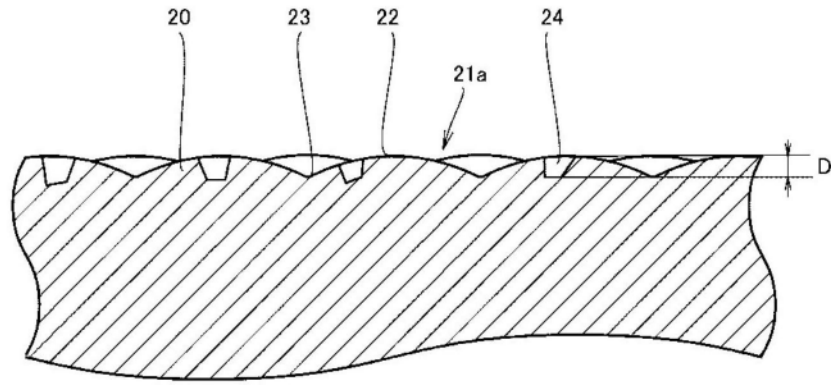


图7

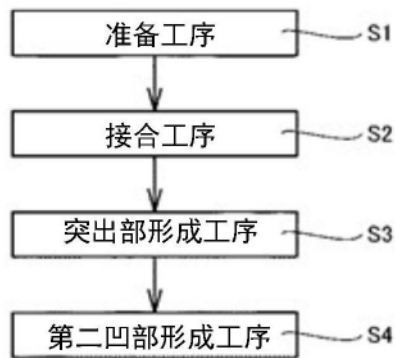


图8

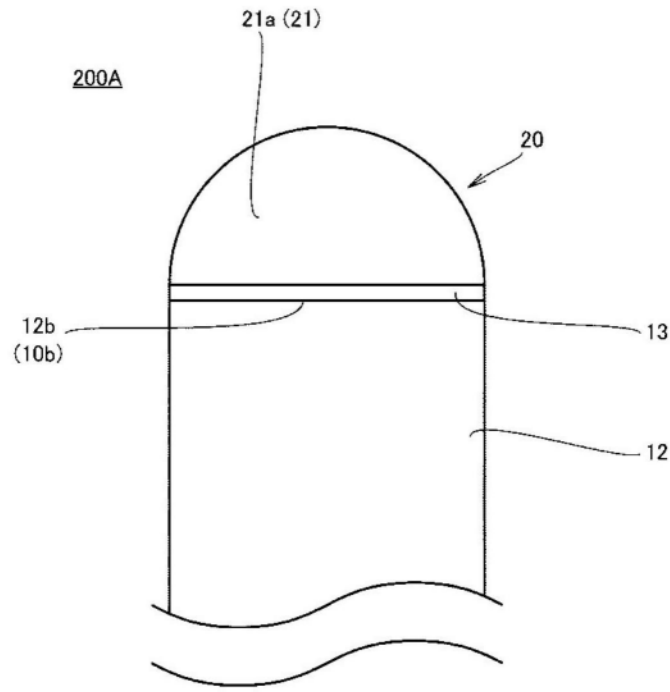


图9

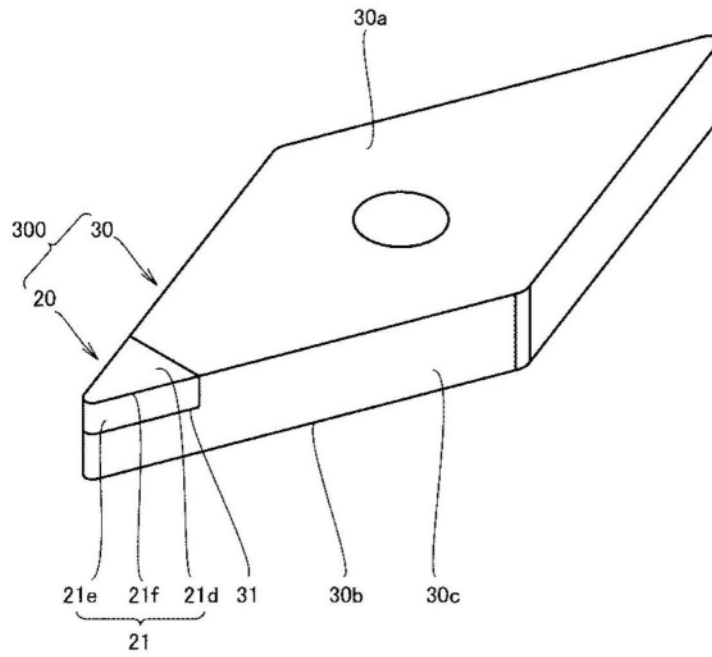


图10

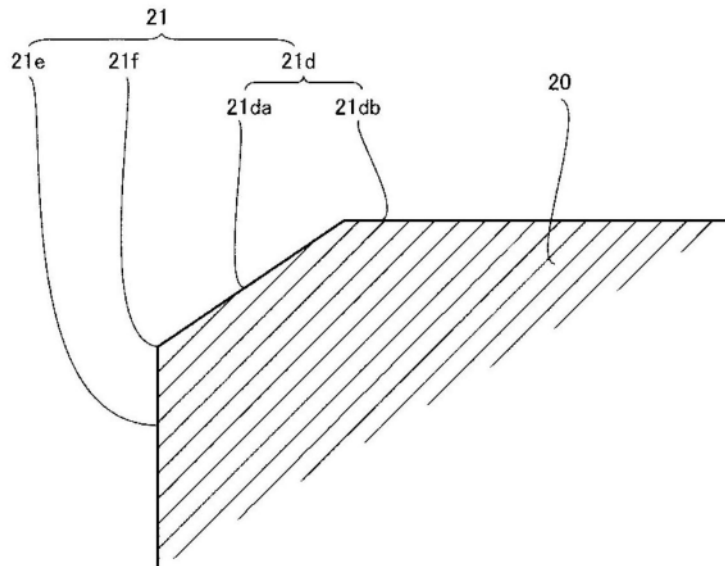


图11

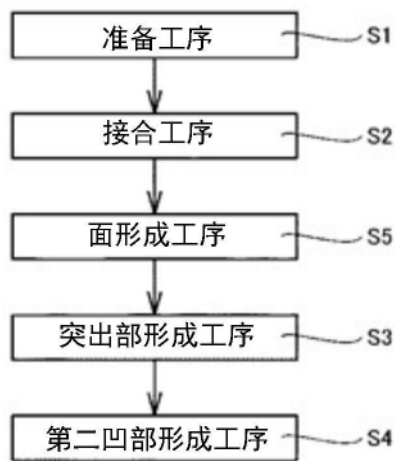


图12

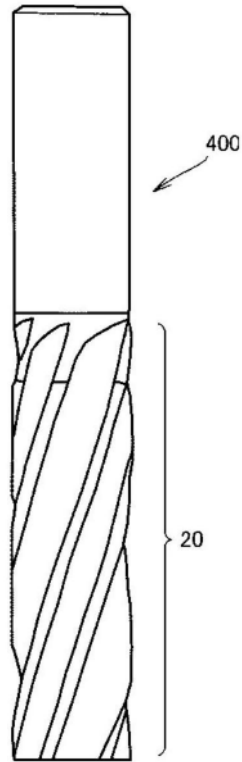


图13

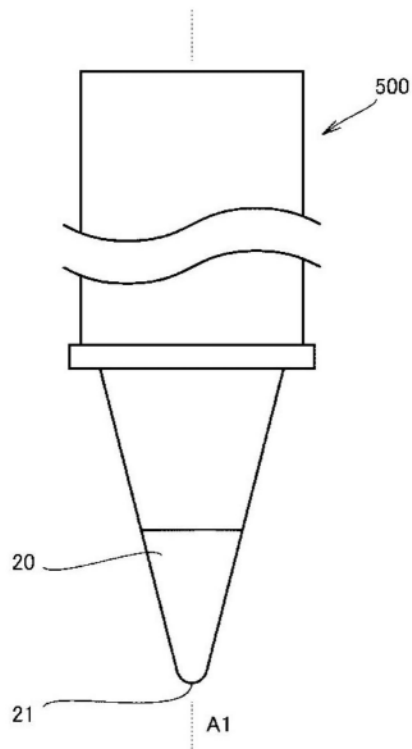


图14

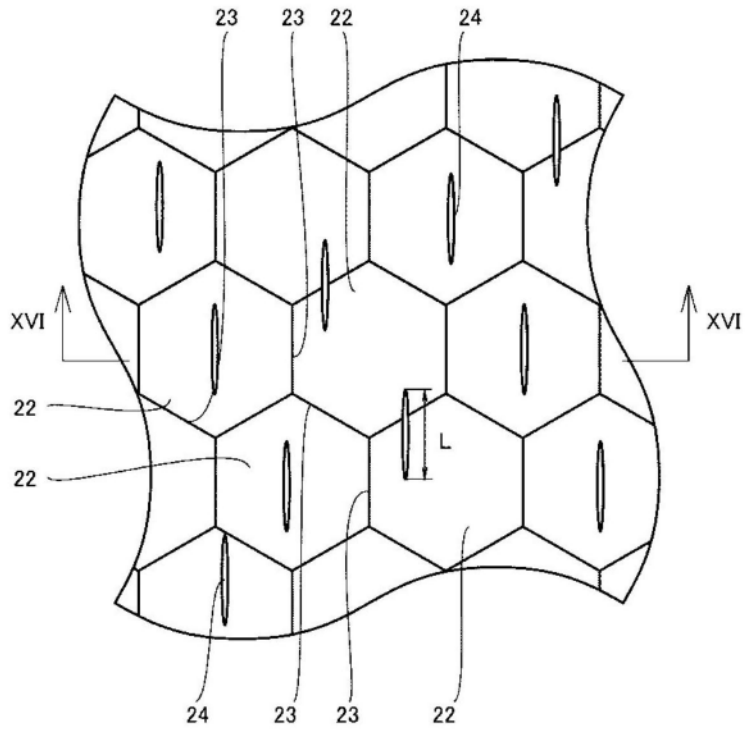


图15

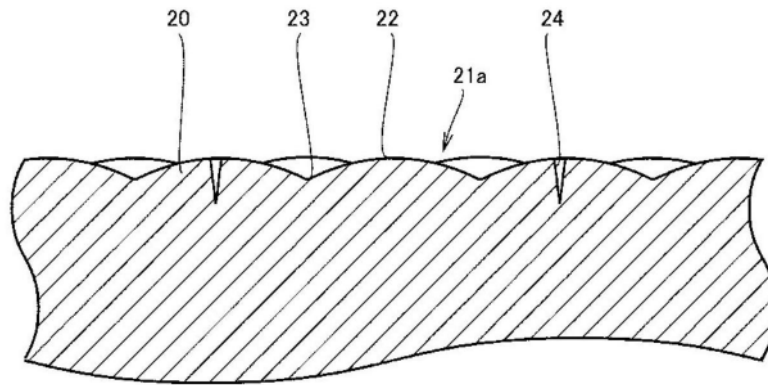


图16

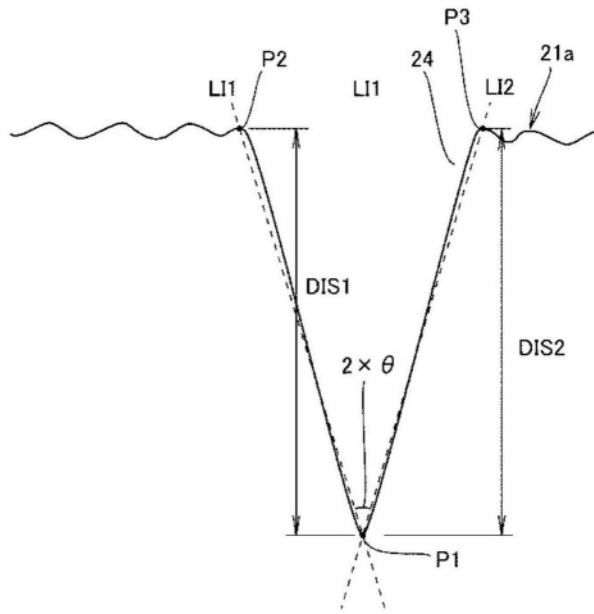


图17