(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115397592 B
(45)授权公告日 2025.03.14

(21)申请号 202180026504.9
(22)申请日 2021.03.18
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115397592 A
(43)申请公布日 2022.11.25
(30)优先权数据
63/003,931 2020.04.02 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.09.30
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/056968 2021.03.18
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/197863 EN 2021.10.07

(73)专利权人 山高刀具公司
地址 瑞典法格什塔
(72)发明人 丹尼斯·诺兰
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
专利代理师 蔡石蒙 黄刚

(51)Int.Cl.
B23C 5/10(2006.01)
(56)对比文件
CN 102325619 A,2012.01.18
CN 108602141 A,2018.09.28
审查员 李雪梅

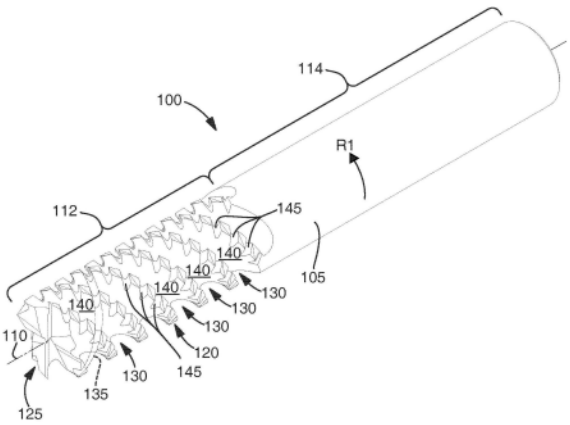
权利要求书3页 说明书17页 附图17页

(54)发明名称

具有相交以形成四边形面部部分的连续的主退屑槽和不连续的辅助退屑槽的旋转切削刀具

(57)摘要

旋转切削刀具(100),具有多个主退屑槽(130),所述多个主退屑槽(130)与多个不连续的辅助退屑槽(135)相对地螺旋布置,并且相交以形成多个齿。每个齿包括形成有所述主退屑槽的第一切削刃和形成有所述辅助退屑槽的第二切削刃,所述第一切削刃和所述第二切削刃在顶点处相汇合并形成四边形面部部分的周边的一部分。所述面部部分具有从相应的所述第一切削刃和第二切削刃延伸的非平面表面,所述非平面表面限定了每个切削刃的后刀面。第一切削刃和第二切削刃布置在具有与所述刀具的旋转轴线同轴的中心轴线的假想圆柱体上,并且相应的后刀面相对于所述假想圆柱体的表面是径向向内的,使得所述第一切削刃和第二切削刃在所述刀具的旋转方向上均具有间隙。



CN 115397592 B

1.一种旋转切削刀具,包括:

刀具主体,所述刀具主体包括纵向中心旋转轴线,所述刀具主体是伸长的并且能够沿所述纵向中心旋转轴线旋转;

带退屑槽的切削端部部分和与所述带退屑槽的切削端部部分轴向相对的柄部部分,所述带退屑槽的切削端部部分包括径向周边表面和端面;

多个主退屑槽,所述多个主退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个主退屑槽包括主退屑槽表面,所述主退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上连续且螺旋地延伸;以及

多个辅助退屑槽,所述多个辅助退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个辅助退屑槽包括辅助退屑槽表面,所述辅助退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并具有多个不连续的辅助退屑槽表面部分,所述多个不连续的辅助退屑槽表面部分共同在所述刀具主体的轴向方向上螺旋地延伸;

其中,两个依次相邻的主退屑槽由布置在齿带中的多个齿彼此分开,并且所述齿带中的所述多个齿中的各个齿由第一辅助退屑槽的第一不连续的辅助退屑槽表面部分和第二辅助退屑槽的第二不连续的辅助退屑槽表面部分彼此分开,所述第一辅助退屑槽与所述第二辅助退屑槽依次相邻,

其中,布置在所述齿带中的所述多个齿中的每个齿的径向周边表面限定面部部分,所述面部部分具有包括第一侧边缘和第二侧边缘的周边,所述第一侧边缘和所述第二侧边缘汇合以形成顶点,所述顶点被定向成使所述两个侧边缘与所述旋转切削刀具的切削旋转方向相反地敞开,

其中,所述面部部分的第一侧边缘由所述面部部分与第一主退屑槽的退屑槽表面的相交部形成,所述第一侧边缘限定第一切削刃,

其中,所述面部部分的第二侧边缘由所述面部部分与所述第一辅助退屑槽的所述第一不连续的辅助退屑槽表面部分的相交部形成,所述第二侧边缘限定第二切削刃,

其中,所述面部部分的从所述第一切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第一区域是非平面的并限定所述第一切削刃的后刀面,并且

其中,所述面部部分的从所述第二切削刃朝向所述面部部分的所述内部区域延伸的第二区域是非平面的并限定所述第二切削刃的后刀面。

2.根据权利要求1所述的旋转切削刀具,其中,所述第一切削刃的所述后刀面和所述第二切削刃的所述后刀面不共面并且在过渡特征处汇合。

3.根据权利要求1或2所述的旋转切削刀具,其中,所述第一切削刃、所述第二切削刃和所述顶点位于具有与所述纵向中心旋转轴线重合的中心轴线的假想圆柱体的表面上。

4.根据权利要求3所述的旋转切削刀具,其中,所述面部部分的所有其它部分相对于所述假想圆柱体的所述表面都是径向向内的。

5.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具,其中,在穿过所述带退屑槽的切削端部部分且垂直于所述纵向中心旋转轴线的横截面中,所述主退屑槽的弧长大于所述辅助退屑槽的弧长。

6.根据权利要求2所述的旋转切削刀具,其中,在穿过所述第一切削刃的所述后刀面且垂直于所述过渡特征的横截面中,所述第一切削刃的所述后刀面包括具有第一半径的曲

面，

其中，在穿过所述第二切削刃的所述后刀面且垂直于所述过渡特征的横截面中，所述第二切削刃的所述后刀面包括具有第二半径的曲面，并且

其中，所述第一半径的长度与所述第二半径的长度相同。

7.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，每个主退屑槽的螺旋角α具有45°<=|α|<=70°的绝对值。

8.根据权利要求7所述的旋转切削刀具，其中，每个主退屑槽的螺旋角α具有59°<=|α|<=61°的绝对值。

9.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，每个辅助退屑槽的螺旋角β具有45°<=|β|<=70°的绝对值。

10.根据权利要求9所述的旋转切削刀具，其中，每个辅助退屑槽的螺旋角β具有59°<=|β|<=61°的绝对值。

11.根据权利要求9所述的旋转切削刀具，其中，每个主退屑槽的螺旋角α的绝对值与每个辅助退屑槽的螺旋角β的绝对值相同。

12.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，每个主退屑槽具有9°<=γ<=11°的正的径向前角γ。

13.根据权利要求12所述的旋转切削刀具，其中，每个主退屑槽具有γ=10°的正的径向前角γ。

14.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，每个辅助退屑槽具有9°<=ε<=11°的正的径向前角ε。

15.根据权利要求14所述的旋转切削刀具，其中，每个辅助退屑槽具有ε=10°的正的径向前角ε。

16.根据权利要求2所述的旋转切削刀具，其中，平行于所述纵向中心旋转轴线确定的、一个齿带上的相邻齿的所述过渡特征之间的距离限定了节距，其中，所述相邻齿中的一个齿的所述面部部分的所述第一切削刃与所述第二切削刃之间的最大距离限定了切削宽度，并且其中，所述切削宽度大于所述节距。

17.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，所述面部部分的周边具有四边形、平行四边形或菱形的形状。

18.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，所述多个齿带中的一个齿带中的每一个齿具有相同的几何形状。

19.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，所述主退屑槽的径向深度大于所述辅助退屑槽的径向深度。

20.根据权利要求1-2中的任一项所述的旋转切削刀具，其中，所述主退屑槽是右旋退屑槽，并且所述辅助退屑槽是左旋退屑槽。

21.一种从纤维增强复合材料工件移除材料的方法，所述方法包括：

使根据权利要求1-20中的任一项所述的旋转切削刀具旋转，所述旋转切削刀具安装到用于加工的设备的主轴上；以及

通过使所述第一切削刃和所述第二切削刃与工件接触来从所述工件移除材料。

22.根据权利要求21所述的方法，其中，所述纤维增强复合材料是碳纤维增强塑料

(CRFP)或玻璃纤维增强塑料(GFRP)。

具有相交以形成四边形面部部分的连续的主退屑槽和不连续的辅助退屑槽的旋转切削刀具

技术领域

[0001] 本公开涉及一种切削刀具,且更具体地是,涉及一种用于加工工件的旋转切削刀具(诸如立铣刀),其中,切削刀具的退屑槽系统和齿几何形状被设计用于进行改进加工,特别是改进纤维复合材料的加工。旋转切削刀具具有多个连续的主退屑槽和多个不连续的辅助退屑槽,其中所述多个连续的主退屑槽与所述多个不连续的辅助退屑槽相对地螺旋布置,这两种退屑槽类型相交以形成具有形成有主退屑槽的第一切削刃和形成有辅助退屑槽的第二切削刃的齿,该第一切削刃和该第二切削刃在顶点处汇合并形成齿的四边形面部部分的周边的一部分。从相应的第一切削刃和第二切削刃延伸的面部部分的表面限定了相应切削刃的后刀面,该后刀面从包含所述切削刃的假想圆柱体的表面径向向内,这确保了在使用刀具进行加工期间,面部部分与工件之间没有表面接触。切削刃和后刀面改进了切削动力学,特别是在加工纤维复合材料时的切削动力学。本公开还涉及一种制造这种旋转切削刀具的方法。

背景技术

[0002] 在随后的讨论中,参考了某些结构和/或方法。然而,以下参考不应被解释为承认这些结构和/或方法构成现有技术。申请人明确保留证明这种结构和/或方法不符合作为反对本发明的现有技术的权利。

[0003] 复合材料可以在各种应用中提供性能优势,主要是由于诸如重量减轻和柔性增加等特性。然而,复合材料也可能比其它材料(诸如金属或木材)更难加工。常见的复合材料通常由通过高温和/或压力结合在一起的多层纤维和树脂组成。加工复合材料需要例如通过剥落、撕裂或切碎来穿过由各种材料类型构成的这些不同的层。这些层中的每一层在切削时反应不同,并且如果加工不当,由切削刀具生成的热量可能导致分层或其它故障模式,并且可能导致刀具过度磨损。

[0004] 在加工复合材料时的常见问题包括例如复合材料层的分层、未切削的纤维、纤维撕裂、不均匀的刀具磨损和不良的表面光洁度。这些问题是由复合材料本身产生的状况引起的,并且可能难以纠正。同时,切削多种材料的组合的简单事实引入了许多因素,使得难以在适合工作的刀具和适当的运行参数之间取得适当的平衡。此外,当使用传统的旋转切削刀具进行加工时,切削刃与纤维复合材料之间的非点接触或线性接触可能导致纤维拉出、分层和导致切削刃凹凸不平的其它故障,这些都需要避免。

[0005] 已知若干种类型的传统切削刀具可以用于加工复合材料。例如,笔直退屑槽复合刀具被设计成通过径向施加所有切削力来防止多层材料的分层,从而消除典型的螺旋切削刃的轴向力。使用较高的正的前角可以改进对于剪切纤维的切削效果,并且结合偏心后角以改进刀刃寿命。

[0006] 另一示例是压缩刀具,该压缩刀具由上切螺旋和下切螺旋组成。切削长度的顶部部分具有带有左旋螺旋的右旋切削齿,而切削长度的下部部分具有带有右旋螺旋的右旋切

削齿。这种几何形状产生相反的切削力,该相反的切削力可以在切削多层复合材料时稳定材料移除工艺,并且可以防止分层、纤维拉出和沿表面的毛刺。工件的顶部和底部的压缩可以保持层结合在一起。

[0007] 其它示例包括:特殊的几何形状,诸如具有凹口状断屑器的切削刀具,在该切削刀具中,所有退屑槽都以相同的方向定向,并且该切削刀具剪切纤维并缩短切屑以改进材料排出;以及金刚石切削复合刀具,该金刚石切削复合刀具具有左旋齿和右旋齿的组合,其在外径上具有下切几何形状,但传统上被认为会导致较差的表面光洁度。而且,一种复合精整切削刀具(由于慢螺旋和高退屑槽数而使接触点增加)可以用于精整加工。在https://www.harveyperformance.com/in-the-loupe/tooling-machining-com posites/示出和描述了用于复合材料的传统切削刀具的示例,其内容通过引用结合于此。

[0008] 即使使用上述可用于加工复合材料的传统刀具类型,仍然需要进一步改进切削刀具设计,以进一步优化复合材料的加工的性能,以及最小化或防止纤维拉出、分层和可能导致成品工件中的切削刃凹凸不平的其它故障模式。

发明内容

[0009] 所公开的旋转切削刀具具有退屑槽系统和齿几何形状,其中(在刀具的加工旋转的方向上)两个切削刃的顶点是加工期间与工件接触的前导点(即,切削点),并且每个切削刃具有真实/有效的后刀面,该后刀面确保在刀具的使用期间在面部部分与工件之间没有表面接触。因此,所公开的旋转切削刀具使纤维拉出、分层和导致切削刃凹凸不平的其它故障最小化,这些故障可能通过在传统旋转切削刀具中观察到的切削刃与纤维复合材料之间的非点接触或线性接触而发生。

[0010] 通常,所公开的旋转切削刀具具有多个连续的主退屑槽和多个不连续的辅助退屑槽,所述多个连续的主退屑槽与所述多个不连续的辅助退屑槽相对地螺旋布置。齿由连续的主退屑槽和不连续的辅助退屑槽的相交部形成,并且每个齿包括形成有主退屑槽的第一切削刃和形成有辅助退屑槽的第二切削刃。第一切削刃和第二切削刃在顶点处汇合并形成齿的四边形面部部分的周边的一部分,从相应的第一切削刃和第二切削刃延伸的面部部分的表面限定了相应切削刃的后刀面,所述后刀面从包含所述切削刃的假想圆柱体的表面径向向内,这确保了在使用刀具进行加工期间在面部部分与工件之间没有表面接触。顶点是在加工期间首先与工件接触的点,接下来是切削刃,并且在加工的穿透阶段期间(即,在顶点和尾部切削刃穿入到工件中时的时段)最初使工件材料处于压缩。在刀具进一步旋转时,顶点经过进入到工件中的最大穿入深度的点,并且刀具的旋转运动导致顶点(以及尾部切削刃)从工件撤回。在该撤回阶段期间,纤维复合材料中的纤维处于张紧,并且切削模式处于剪切。已示出纤维复合材料的纤维的剪切,以减少拉出和可能导致切削刃凹凸不平的其它故障,并因此,所公开的旋转切削刀具在工件的切削表面上产生改进的光洁度。

[0011] 所公开的旋转切削刀具的一个实施例包括:刀具主体,所述刀具主体包括纵向中心旋转轴线,所述刀具主体是伸长的并且能够沿所述纵向中心旋转轴线旋转;带退屑槽的切削端部部分和与所述带退屑槽的切削端部部分轴向相对的柄部部分,所述带退屑槽的切削端部部分包括径向周边表面和端面;多个主退屑槽,所述多个主退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个主退屑槽包括主退屑槽表面,所述主退屑槽表面径向向内突出

到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上连续地且螺旋地延伸;以及多个辅助退屑槽,所述多个辅助退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个辅助退屑槽包括辅助退屑槽表面,所述辅助退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并具有多个不连续的辅助退屑槽表面部分,所述多个不连续的辅助退屑槽表面部分共同在所述刀具主体的轴向方向上螺旋地延伸。两个依次相邻的主退屑槽由布置在齿带(band)中的多个齿彼此分开,并且所述齿带中的所述多个齿中的各个齿由第一辅助退屑槽的第一不连续的辅助退屑槽表面部分和第二辅助退屑槽的第二不连续的辅助退屑槽表面部分彼此分开,所述第一辅助退屑槽与所述第二辅助退屑槽依次相邻。布置在所述齿带中的所述多个齿中的每个齿的径向周边表面限定面部部分,并且所述面部部分具有包括第一侧边缘和第二侧边缘的周边,所述第一侧边缘和所述第二侧边缘汇合以形成顶点,所述顶点被定向成使所述两个侧边缘与所述旋转切削刀具的切削旋转方向相反地敞开。所述面部部分的第一侧边缘由所述面部部分与第一主退屑槽的退屑槽表面的相交部形成,所述第一侧边缘限定第一切削刃,并且所述面部部分的第二侧边缘由所述面部部分与所述第一辅助退屑槽的第一不连续的辅助退屑槽表面部分的相交部形成,所述第二侧边缘限定第二切削刃。另外,所述面部部分的从所述第一切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第一区域是非平面的并限定所述第一切削刃的后刀面,并且所述面部部分的从所述第二切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第二区域是非平面的并限定所述第二切削刃的后刀面。

[0012] 所公开的旋转切削刀具的一个实施例包括:刀具主体,所述刀具主体包括纵向中心旋转轴线,所述刀具主体是伸长的并且能够沿所述纵向中心旋转轴线旋转;带退屑槽的切削端部部分和与所述带退屑槽的切削端部部分轴向相对的柄部部分,所述带退屑槽的切削端部部分包括径向周边表面和端面;多个右旋退屑槽,所述多个右旋退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个右旋退屑槽包括退屑槽表面,所述退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上螺旋地延伸;以及多个左旋退屑槽,所述多个左旋退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个左旋退屑槽包括退屑槽表面,所述退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上延伸。所述多个右旋退屑槽中的每一个的退屑槽表面沿所述右旋退屑槽的螺旋长度的至少大部分是连续的,并且所述多个左旋退屑槽中的每一个的退屑槽表面沿所述左旋退屑槽的螺旋长度的至少大部分是不连续的。两个依次相邻的右旋退屑槽由布置在齿带中的多个齿彼此分开,并且所述齿带中的所述多个齿中的各个齿由所述多个左旋退屑槽中的一个的一部分彼此分开。布置在所述齿带中的所述多个齿中的每个齿的所述径向周边表面限定面部部分,所述面部部分具有包括四个侧边缘的周边,其中,所述面部部分的第一组两个相对侧边缘由所述面部部分与所述两个依次相邻的右旋退屑槽的退屑槽表面的相交部形成,并且所述面部部分的第二组两个相对边缘由所述面部部分与两个依次相邻的左旋退屑槽的退屑槽表面的相交部形成。所述第一组的第一相对边缘与所述第二组的第一相对边缘相交以形成所述齿的前导顶点,所述第一组的第一相对边缘限定右旋切削刃,所述第二组的第一相对边缘限定左旋切削刃,并且所述齿的前导顶点限定切削点。所述第一组的第二相对边缘与所述第二组的第二相对边缘相交以形成所述齿的尾部顶点。所述面部部分的从所述右旋切削刃延伸到从所述齿的前导顶点延伸到所述齿的尾部顶点的假想线的区域限定了所述右旋切削刃的后刀面,并且所述面部部分的从所述左旋切削刃延伸到从所述齿的前导顶点

延伸到所述齿的尾部顶点的所述假想线的区域限定了所述左旋切削刃的后刀面,其中,所述右旋切削刃的后刀面是非平面的,并且所述右旋切削刃的后刀面是非平面的。所述右旋切削刃的非平面后刀面与所述左旋切削刃的非平面后刀面在从所述齿的前导顶点延伸到所述齿的尾部顶点的所述假想线处相交,以在其间形成角度。

[0013] 所公开的旋转切削刀具的另一实施例包括:刀具主体,所述刀具主体包括纵向中心旋转轴线,所述刀具主体是伸长的并且能够沿所述纵向中心旋转轴线旋转;带退屑槽的切削端部部分和与所述带退屑槽的切削端部部分轴向相对的柄部部分,所述带退屑槽的切削端部部分包括径向周边表面和端面;多个右旋退屑槽,所述多个右旋退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个右旋退屑槽包括退屑槽表面,所述退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上连续地且右螺旋地延伸;以及多个左旋退屑槽,所述多个左旋退屑槽位于所述带退屑槽的切削端部部分中,每个左旋退屑槽包括退屑槽表面,所述退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并具有多个不连续的退屑槽表面部分,所述多个不连续的退屑槽表面部分共同在所述刀具主体的轴向方向上左螺旋地延伸。两个依次相邻的右旋退屑槽由布置在齿带中的多个齿彼此分开,并且所述齿带中的所述多个齿中的各个齿由第一左旋退屑槽的第一不连续的退屑槽表面部分和第二左旋退屑槽的第二不连续的退屑槽表面部分彼此分开,所述第一左旋退屑槽与所述第二左旋退屑槽依次相邻。布置在所述齿带中的所述多个齿中的每个齿的所述径向周边表面限定面部部分,所述面部部分具有包括第一侧边缘和第二侧边缘的周边,所述第一侧边缘和所述第二侧边缘汇合以形成顶点,所述顶点被定向成使所述两个侧边缘与所述旋转切削刀具的切削旋转方向相反地敞开。所述面部部分的第一侧边缘由所述面部部分与第一右旋退屑槽的退屑槽表面的相交部形成,所述第一侧边缘限定右旋切削刃,并且所述面部部分的第二侧边缘由所述面部部分与所述第一左旋退屑槽的所述第一不连续的退屑槽表面部分的相交部形成,所述第二侧边缘限定左旋切削刃。所述面部部分的从所述右旋切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第一区域是非平面的并且限定所述右旋切削刃的后刀面,并且所述面部部分的从所述左旋切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第二区域是非平面的并且限定所述左旋切削刃的后刀面,并且其中,所述右旋切削刃的后刀面和所述左旋切削刃的后刀面不共面并在过渡特征处汇合。

[0014] 所公开的旋转切削刀具的实施例可以用于例如通过在安装到用于加工的设备的主轴上时使旋转切削刀具旋转,并且通过使第一切削刃和第二切削刃与工件接触,而从工件移除材料。示例工件是纤维增强复合材料,诸如碳纤维增强塑料(CRFP)或玻璃纤维增强塑料(GFRP)。

[0015] 所公开的旋转切削刀具的实施例可以通过例如以下方法制造,该方法包括:形成包括纵向中心旋转轴线的刀具主体,所述刀具主体是伸长的并且能够沿所述纵向中心旋转轴线旋转;在所述刀具主体的带退屑槽的切削端部部分中形成多个主退屑槽和多个辅助退屑槽,每个主退屑槽包括主退屑槽表面,所述主退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并在所述刀具主体的轴向方向上连续地且螺旋地延伸,并且每个辅助退屑槽包括辅助退屑槽表面,所述辅助退屑槽表面径向向内突出到所述刀具主体中并具有多个不连续的退屑槽表面部分,所述多个不连续的退屑槽表面部分共同在所述刀具主体的轴向方向上螺旋地延伸,其中,两个依次相邻的主退屑槽由布置在齿带中的多个齿彼此分开,并且所述齿带中

的所述多个齿中的各个齿由第一辅助退屑槽的第一不连续的辅助退屑槽表面和第二辅助退屑槽的第二不连续的辅助退屑槽表面彼此分开,所述第一辅助退屑槽与所述第二辅助退屑槽依次相邻;以及在布置在所述齿带中的所述多个齿中的每个齿的径向周边表面上形成表面轮廓,其中,所述表面轮廓限定面部部分,所述面部部分具有包括第一侧边缘和第二侧边缘的周边,所述第一侧边缘和所述第二侧边缘汇合以形成顶点,所述顶点被定向成使两个侧边缘与所述旋转切削刀具的切削旋转方向相反地敞开。所述面部部分的第一侧边缘由所述面部部分与第一主退屑槽的退屑槽表面的相交部形成,所述第一侧边缘限定第一切削刃,并且所述面部部分的第二侧边缘由所述面部部分与第一辅助退屑槽的第一不连续的辅助退屑槽表面的相交部形成,所述第二侧边缘限定第二切削刃。所述面部部分的从所述第一切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第一区域是非平面的并限定所述第一切削刃的后刀面,并且所述面部部分的从所述第二切削刃朝向所述面部部分的内部区域延伸的第二区域是非平面的并限定所述第二切削刃的后刀面。

[0016] 附加方面、特征和优点将在下面的说明书中阐述,并且部分地从说明书中变得明显,或者可以通过本发明的实践来了解。所公开的旋转切削刀具的目的和其它优点将通过书面说明书及其权利要求书以及附图中特别指出的结构来实现和获得。然而,其它系统、方法、特征和优点对于本领域技术人员来说在检查以下附图和具体实施方式之后将是或将变得显而易见,并且所有这些附加系统、方法、特征和优点旨在被包括在本说明书中、在本公开的范围内并由所附权利要求书保护。本章节中的任何内容均不应被视为对权利要求书的限制。应当理解,所公开的切削刀具的前述一般描述和以下具体实施方式都是示例并且是说明性的,并且旨在提供对所要求保护的所公开的切削刀具的进一步解释。

附图说明

[0017] 被包括用以提供对本发明的进一步理解并且被结合并构成本说明书的一部分的附图示出了本发明的实施方式并且与说明书一起用于解释本公开的原理。

[0018] 图1A和图1B是根据所公开的切削刀具的一个实施例的旋转切削刀具的两个不同角度的等距视图,该切削刀具具有处于右旋构造的连续的主退屑槽和处于左旋构造的不连续的辅助退屑槽。

[0019] 图2A和图2B是根据所公开的切削刀具的另一实施例的旋转切削刀具的两个不同角度的等距视图,该切削刀具具有处于左旋构造的连续的主退屑槽和处于右旋构造的不连续的辅助退屑槽。

[0020] 图3是具有连续的右旋主退屑槽和不连续的左旋辅助退屑槽的旋转切削刀具的侧视平面图。

[0021] 图4是图3所示的带退屑槽的切削端部部分P1的放大平面侧视图。

[0022] 图5是图4中的部分P2中所示的齿带的一部分的放大平面图。

[0023] 图6是图4所示的带退屑槽的切削端部部分的沿截面VI-VI截取的横截面图。

[0024] 图7是图6中的部分P3的放大图。

[0025] 图8是图4所示的带退屑槽的切削端部部分的沿截面VIII-VIII截取的横截面图。

[0026] 图9是在垂直于纵向中心旋转轴线的平面中的带退屑槽的切削端部部分的横截面图,其示出了主退屑槽的特征。

[0027] 图10是在垂直于纵向中心旋转轴线的平面中的带退屑槽的切削端部部分的横截面图,其示出了辅助退屑槽的特征。

[0028] 图11是旋转切削刀具的带退屑槽的切削端部部分的一部分的放大等距立体图,并示出了齿构成的齿带中的两个连续的齿上的切削刃的关系。

[0029] 图12是旋转切削刀具的带退屑槽的切削端部部分的一部分的放大等距立体图,并示出了齿构成的齿带中的两个连续的齿上的过渡特征的关系。

[0030] 图13A是沿纵向中心旋转轴线所见的具有中心切削立铣刀构造的旋转切削刀具的示例性实施例的端面的视图。

[0031] 图13B是沿纵向中心旋转轴线所见的具有球头立铣刀构造的旋转切削刀具的示例性实施例的端面的视图。

[0032] 图13C是沿纵向中心旋转轴线所见的具有钻头立铣刀构造的旋转切削刀具的示例性实施例的端面的视图。

[0033] 图14示出了制造所公开的切削刀具的实施例的方法中的步骤。

[0034] 图15和图16示意性地示出了磨削工艺的各方面,该磨削工艺可以用于在布置在齿带中的多个齿中的每个齿的径向周边表面上形成表面轮廓并限定面部部分。

[0035] 图17A示出了碳增强复合材料制成的工件,该工件已经通过根据实施例的旋转切削刀具进行了加工,并且图17B示出了加工过的边缘的一部分的放大图。

[0036] 注意,为了便于观看,并非图中所示的特征的所有实例都标记有附图标记。

[0037] 在整个附图和具体实施方式中,除非另有说明,否则应将相同的附图标记理解为指代相同的元件、特征和结构,除非上下文另有说明。为了清楚、说明和方便起见,这些元件的相对尺寸和描述可能会被夸大。此外,在一些实例下,附图标记并未应用于特定附图中的每个特征的每个实例,以降低附图标记进行标记的复杂性并且还提高对附图中传达的信息的整体理解。在这种实例下,可以从说明书和其它附图标记中容易地理解未标记的特征的标识。

具体实施方式

[0038] 在以下具体实施方式中,参考了构成其一部分的附图。在附图中,除非上下文另有说明,否则在不同附图中使用相似或相同的附图标记通常表示相似或相同的项目。具体实施方式、附图和权利要求书中描述的说明性实施例并不意味着限制。在不脱离在此提出的主题的精神或范围的情况下,可以使用其它实施例,并且可以做出其它改变。所描述的处理步骤和/或操作的进展是一个示例;然而,除了一定要以特定顺序发生的步骤和/或操作,步骤和/或操作的顺序不限于本文所阐述的那些并且可以如本领域已知的那样改变。

[0039] 本领域技术人员将认识到,本文描述的部件(例如,操作)、装置、对象以及伴随它们的讨论被用作示例,以使概念清晰,并且设想到了各种构造修改。因此,如本文所使用的,所阐述的特定示例和随附的讨论旨在代表它们的更一般的类别。通常,任何特定示例的使用旨在代表其类别,并且不包含特定部件(例如,操作)、装置和对象不应被视为限制。

[0040] 本申请使用正式的大纲标题以使呈现清晰。然而,应当理解,大纲标题是出于呈现目的,并且可以在整个申请中讨论不同类型的主题(例如,装置/结构可以在装置/结构标题下描述并且/或者工艺/操作可以在结构/工艺标题下讨论;并且/或者,单个主题的描述可

以跨越两个或更多个主题标题)。因此,正式大纲标题的使用不旨在以任何方式进行限制。

[0041] 所公开的旋转切削刀具的方面、特征和优点可以体现在这样的旋转切削刀具中,其中连续的主退屑槽是右旋的并且不连续的辅助退屑槽是左旋的,或者体现在这样的旋转切削刀具中,其中连续的主退屑槽是左旋的并且不连续的辅助退屑槽是右旋的。不管旋向性如何,主退屑槽都提供切屑排出并用于材料移除,并且主退屑槽和辅助退屑槽的相交定向产生了旋转切削刀具的切削刃。虽然以下描述将集中于连续的主退屑槽是右旋的并且不连续的辅助退屑槽是左旋的实施例,但应当理解,关于具有连续的右旋主退屑槽和不连续的左旋辅助退屑槽的旋转切削刀具所公开的对应方面、特征、功能和优点可以体现在具有连续的左旋主退屑槽和不连续的右旋辅助退屑槽的旋转切削刀具中。

[0042] 图1A和图1B是根据所公开的切削刀具的实施例的旋转切削刀具的两个不同角度的等距视图,该切削刀具具有处于右旋构造的连续的主退屑槽和处于左旋构造的不连续的辅助退屑槽。旋转切削刀具100包括刀具主体105,该刀具主体是伸长的并且沿纵向中心旋转轴线110可旋转(R1)。可选地,刀具主体110可以具有圆柱形、圆锥形或轮廓形状中的一种。旋转切削刀具100具有带退屑槽的切削端部部分112和柄部部分114。柄部部分114与带退屑槽的切削端部部分112轴向相对(相对于纵向中心旋转轴线110)。带退屑槽的切削端部部分112包括径向周边表面120和端面125。在一些实施例中,周边表面120从端面125沿纵向中心旋转轴线110的方向轴向向后延伸到沿刀具主体100的如下位置,在该位置处,带退屑槽的切削端部部分112直接转变成柄部部分114。在其它实施例中,一个或多个中间部分置于带退屑槽的切削端部部分112与柄部部分114之间。在刀具100的与端面125轴向相对的端部处,可选地是,柄部部分114可以具有用于将旋转切削刀具100(例如,经由卡盘或夹持装置)附接到用于加工的设备(诸如机床或计算机数控(CNC)机床)的装置。

[0043] 多个主退屑槽130和多个辅助退屑槽135位于带退屑槽的切削端部部分112中。每个主退屑槽130包括主退屑槽表面140,该主退屑槽表面径向向内(相对于纵向中心旋转轴线110)突出到刀具主体105中并在刀具主体105的轴向方向(相对于纵向中心旋转轴线110)上连续地且螺旋地延伸。在一些实施例中,主退屑槽表面140沿主退屑槽130的螺旋长度的至少一部分(例如,大部分)是连续的。在其它实施例中,主退屑槽表面140沿主退屑槽130的整个螺旋长度是连续的。每个辅助退屑槽135包括辅助退屑槽表面145,该辅助退屑槽表面径向向内(相对于纵向中心旋转轴线110)突出到刀具主体105中。多个不连续的辅助退屑槽表面部分150共同形成辅助退屑槽表面145,并且在任一个辅助退屑槽135中,共同在刀具主体105的轴向方向上螺旋地延伸。为了便于观察并且作为示例,辅助退屑槽135由连接一个辅助退屑槽表面135a的不连续的辅助退屑槽表面部分150的虚线标识。在一些实施例中,辅助退屑槽表面145沿辅助退屑槽135的螺旋长度的至少一部分(例如,大部分)是不连续的。在其它实施例中,辅助退屑槽表面145沿辅助退屑槽135的整个螺旋长度是连续的。

[0044] 旋转切削刀具100中的主退屑槽130的数量和辅助退屑槽135的数量可以变化。在示例性实施例中,多个主退屑槽中的主退屑槽130的总数为2至6个,可替代地为4个,并且多个辅助退屑槽中的辅助退屑槽135的总数为4至12个,可替代地为8个。在一些方面,主退屑槽130的总数小于辅助退屑槽135的总数。在其它方面,主退屑槽130的总数与辅助退屑槽135的总数相同。

[0045] 图1A和图1B中所示的示例实施例是右旋刀具(意思是,当从端面125沿纵向中心旋

转轴线110观察时,刀具100逆时针旋转以便进行切削(由图1A和图1B中的方向R1表示)),但其它实施例可以是左旋刀具(如本文进一步讨论的那样)。

[0046] 图2A和图2B是根据所公开的切削刀具的另一实施例的旋转切削刀具的两个不同角度的等距视图,该切削刀具具有处于左旋构造的连续的主退屑槽和处于右旋构造的不连续的辅助退屑槽。除了主退屑槽和辅助退屑槽的不同旋向性以及随之而来的用于加工的不同旋转方向之外,图2A和图2B中的旋转切削刀具200的特征、几何形状、功能和优点对应于图1A和图1B中的旋转切削刀具100的相似特征、几何形状和功能。因此,旋转切削刀具200包括刀具主体205,该刀具主体是伸长的并且沿纵向中心旋转轴线210可旋转(R2)。旋转切削刀具200具有带退屑槽的切削端部部分212和柄部部分214。柄部部分214与带退屑槽的切削端部部分212轴向相对(相对于纵向中心旋转轴线210)。带退屑槽的切削端部部分212包括径向周边表面220和端面225。在一些实施例中,周边表面220从端面225沿纵向中心旋转轴线210的方向轴向向后延伸到沿刀具主体200的这样的位置,在该位置处,带退屑槽的切削端部部分212直接转变为柄部部分214。在其它实施例中,一个或多个中间部分置于带退屑槽的切削端部部分212与柄部部分214之间。多个主退屑槽230和多个辅助退屑槽235位于带退屑槽的切削端部部分212中。每个主退屑槽230包括主退屑槽表面240,该主退屑槽表面径向向内(相对于纵向中心旋转轴线210)突出到刀具主体205中并且在刀具主体205的轴向方向(相对于纵向中心旋转轴线210)上连续地且螺旋地延伸。每个辅助退屑槽235包括辅助退屑槽表面245,该辅助退屑槽表面径向向内(相对于纵向中心旋转轴线210)突出到刀具主体205中。辅助退屑槽表面245包括多个不连续的退屑槽表面部分250,它们共同形成辅助退屑槽表面245,并且在任何一个辅助退屑槽235中,共同在刀具主体205的轴向方向上螺旋地延伸。

[0047] 图3是具有连续的右旋主退屑槽130和不连续的左旋辅助退屑槽135的旋转切削刀具100的侧视平面图,并且图4是图3所示的带退屑槽的切削端部部分P1的放大侧视平面图。在图3和图4中,两个依次相邻的主退屑槽(诸如主退屑槽130a和130b)由布置在齿带300中的多个齿305彼此分开。为了便于观察并且作为示例,齿305构成的齿带300a由连接一个齿带300a的齿305的虚线标识。齿带300中的多个齿305中的各个齿305由第一辅助退屑槽135的第一不连续的辅助退屑槽表面部分150a和第二辅助退屑槽135的第二不连续的辅助退屑槽表面部分150b(第一辅助退屑槽135与第二辅助退屑槽135依次相邻)彼此分开。

[0048] 图5是图4中的部分P2中所示的齿构成的齿带的一部分的放大平面图。在图5中,示出了齿305的径向周边表面。图5还示出了切削刀具100的紧邻齿305的区域,包括主退屑槽表面140(来自两个依次连续的右旋主退屑槽130的)以及第一辅助退屑槽135的第一不连续的辅助退屑槽表面部分150a和第二辅助退屑槽135的第二不连续的辅助退屑槽表面部分150b(第一辅助退屑槽135与第二辅助退屑槽135依次相邻)。齿的径向周边表面限定面部部分310,该面部部分具有周边320。周边320包括第一侧边缘325,该第一侧边缘由面部部分310与第一主退屑槽130的退屑槽表面140的相交部形成。第一侧边缘325限定第一切削刃。周边320还包括第二侧边缘330,该第二侧边缘由面部部分310与辅助退屑槽135的不连续的辅助退屑槽表面部分150a的相交部形成。第二侧边缘330限定第二切削刃。第一侧边缘325和第二侧边缘330汇合以形成顶点335,该顶点被定向成使两个侧边缘325、330与旋转切削刀具100的切削旋转方向(R1)相反地敞开。鉴于这种布置,顶点335是切削期间的前导刃(在

旋转切削刀具的切削旋转方向R1上的)。

[0049] 切削刃的旋向性取决于旋转切削刀具的旋向性。例如,在右旋旋转切削刀具中,第一侧边缘限定右旋切削刃,并且第二侧边缘限定左旋切削刃。又例如,在左旋旋转切削刀具中,第一侧边缘限定左旋切削刃,并且第二侧边缘限定右旋切削刃。

[0050] 面部部分310的第一区域340从第一切削刃(由第一侧边缘325限定)朝向面部部分310的内部区域延伸。面部部分310的第二区域350从第二切削刃(由第二侧边缘330限定)朝向面部部分的内部区域延伸。第一区域340和第二区域350两者均是非平面的并且均限定了它们相应的切削刃的后刀面,即,第一区域340限定第一切削刃的后刀面,并且第二区域350限定第二切削刃的后刀面。

[0051] 图6是图4所示的带退屑槽的切削端部部分的沿截面VI-VI截取的横截面图,并且图7是图6中的部分P3的放大图。图6中的横截面位于平行于纵向中心旋转轴线110并包含该纵向中心旋转轴线110的平面内。还应当注意,图7等同于图4中的部分P2中的齿的沿截面VI-VI截取的横截面和图5中的齿的沿截面VII-VII截取的横截面。图7进一步示出了用作第一切削刃(由第一侧边缘325限定)和第二切削刃(由第二侧边缘330限定)的后刀面的第一区域340和第二区域350的形状。如图7可见,第一区域340和第二区域350两者均是非平面的。在一些方面,第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)包括具有第一半径(r1)的曲面。在其它方面,第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)包括具有第二半径(r2)的曲面。在一个实施例中,第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)包括具有第一半径(r1)的曲面,并且第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)包括具有第二半径(r2)的曲面,并且第一半径(r1)的长度和第二半径(r2)的长度相同。在第二实施例中,第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)包括具有第一半径(r1)的曲面,并且第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)包括具有第二半径(r2)的曲面,并且第一半径(r1)的长度和第二半径(r2)的长度不同。

[0052] 在其它替代实施例中,第一区域340和第二区域350的形状可以是凸的或具有不同的或多于一个的凸形。例如,在一些实施例中,第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)包括具有多于一个凸区域的表面。在其它实施例中,第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)包括具有多于一个凸区域的表面。与第一区域340和第二区域350相关联的凸形在两个区域之间可以相同或不同。此外,这些凸形可以是简单的,诸如与圆或椭圆或抛物线相关联的曲线,或者可以是复杂的,诸如与三次(或更高阶)多项式函数相关联的曲线。

[0053] 在又一替代实施例中,第一区域340和第二区域350的形状可以不同于弯曲的或者可以是近似曲面的一系列短的、相连接的平面表面。

[0054] 第一切削刃的后刀面和第二切削刃的后刀面在过渡特征360处汇合。过渡特征360可以是通过两个不共面的后刀面340、350的汇合形成的特征,诸如作为一条线,其可以作为线可见或者可以是由两个不共面的后刀面的汇合造成的假想线。如此,该特征可以由两个不共面的后刀面340、350之间的角度形成。可替代地是,过渡特征360可以是连结成角度的两个不共面的后刀面340、350的倒圆表面(radiused surface)。在另一替代方案中,过渡特征360可以是平面表面,例如连结成角度的两个不共面的后刀面340、350的棱面,并且从平面表面到成角度的两个不共面的后刀面340、350中的每一个的过渡部可以本身是成角度的或倒圆的。

[0055] 图5示出了为直线的过渡特征360,但后刀面特征360可以具有替代形式,诸如曲线

或锯齿图案。此外,如图5所示,后刀面特征平分顶角(Φ)。然而,在其它实施例中,过渡特征360是非平分的并且可以被定向(在其从顶点335延伸的长度上)为更靠近第一切削刃(由第一侧边缘325限定)或更靠近第二切削刃(由第二侧边缘330限定)。在示例性实施例中,顶角(Φ)具有等于或大于40度且等于或小于90度的值,可替代地是,等于或大于45度且等于或小于70度,或者等于或大于55度且等于或小于65度,或者等于60±1度。

[0056] 在示例性实施例中,第一切削刃(由第一侧边缘325限定)、第二切削刃(由第二侧边缘330限定)和顶点335位于假想圆柱体400的表面上,该假想圆柱体具有与纵向中心旋转轴线110重合的中心轴线。位于假想圆柱体400的表面上的第一切削刃(由第一侧边缘325限定)和第二切削刃(由第二侧边缘330限定)可以从图6和图7看见。如图6和图7可见,第一切削刃(由第一侧边缘325限定)与假想圆柱体400的表面重合并位于其上。类似地是,第二切削刃(由第二侧边缘330限定)与假想圆柱体400的表面重合并位于其上。在一个方面,第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)和第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)相对于假想圆柱体400的表面是径向向内的(相对于纵向中心旋转轴线110)。在这种布置中,尾部顶点370可以与假想圆柱体400的表面重合并位于其上(参见位于假想圆柱体400上的图8中的尾部顶点370)。在其它方面,面部部分310的所有其它部分(即,除了第一切削刃(由第一侧边缘325限定)、第二切削刃(由第二侧边缘330限定)和顶点335之外的所有部分)相对于假想圆柱体400的表面是径向向内的(相对于纵向中心旋转轴线110)。在这方面,“所有其它部分”包括尾部顶点370和面部部分310的周边320的其它部分,诸如(对于图5所示的四边形面部部分310而言是)尾部第一侧边缘380和尾部第二侧边缘385。在这两个方面中,相对于假想圆柱体400的表面径向向内的这些表面在旋转切削刀具100的切削旋转方向(R)上为第一切削刃和第二切削刃提供间隙。

[0057] 如图5可见,面部部分310的周边320具有四边形的形状。在一些实施例中,四边形是平行四边形,而在其它实施例中,四边形是菱形。

[0058] 返回图8,图8是图4所示的带退屑槽的切削端部部分的沿截面VIII-VIII截取的横截面图,其示出了面部部分310的周边320与假想圆柱体400的表面之间的空间关系。图8的视图示出了在垂直于纵向中心旋转轴线110且与布置在齿带300中的多个齿中的至少一个齿305相交的平面中的横截面。在该视图中,所述平面与面部部分310之间的相交部与假想圆柱体400的圆周形成弦410。弦410具有端点415和420。假想圆柱体400的圆周的在弦410的端点415、420之间的弧度(θ)等于或大于30度且等于或小于45度,可替代地是,等于或大于30度且等于或小于35度,或者是31±1度。

[0059] 还参考图8,可以观察到主退屑槽130和辅助退屑槽135两者。在图8的横截面中,很容易观察到主退屑槽130的弧长440大于辅助退屑槽135的弧长445。在一个方面,通过主退屑槽的开口可以看到多个辅助退屑槽,从而可视地确认主退屑槽130的弧长440大于辅助退屑槽135的弧长445。在一个方面,辅助退屑槽135的弧长445大于(0.5×主退屑槽130的弧长440)。在另一方面,主退屑槽130的弧长440是辅助退屑槽135的弧长445的非整数倍,并且该非整数倍大于1且小于5,可替代地是,大于1且小于4,或者大于1且小于3。

[0060] 进一步参考图8所示的横截面,可以观察到与主退屑槽130和辅助退屑槽135中的每一个相关联的径向前角。径向前角是由退屑槽的前刀面和在垂直于纵向中心旋转轴线110的平面中测量到的半径所形成的角度。如图8所示,每个主退屑槽130具有正的径向前角

(γ),并且每个辅助退屑槽135具有正的径向前角(ε)。在示例性实施例中,正的径向前角(γ)为9°<=γ<=11°,可替代地是,γ=10°,并且正的径向前角(ε)为9°<=ε<=11°,可替代地是,ε=10°。

[0061] 总体而言,在旋转切削刀具的示例性实施例中,齿305构成的每个齿带300具有在至少一些方面相同的几何形状,并且在一些实施例中,齿305构成的每个齿带300具有在所有方面相同的几何形状。在一些方面,多个齿带300中的一个齿带中的至少每一个齿305具有相同的几何形状,但一个齿带300中的齿305的几何形状可以不同于第二齿带300中的齿305的几何形状。在其它方面,多个齿带300中的一个齿带中的至少每一个齿305具有相同的几何形状,但一个齿带300中的齿305的几何形状可以不同于第二齿带300中的齿305的几何形状。在又一些方面,多个齿带300中的一个齿带中的每一个齿305的面部部分310具有相同的几何形状。

[0062] 主退屑槽130和辅助退屑槽135两者都具有螺旋中心线,这些螺旋中心线是位于相应退屑槽的最径向向内表面处的假想线。图4用主退屑槽130的螺旋中心线500和辅助退屑槽135的螺旋中心线510的示例进行注释,并且图6用螺旋中心线500所在的主退屑槽130的最径向向内表面的位置进行注释。螺旋中心线代表相应退屑槽的螺旋几何形状,并且在螺旋中心线与包含纵向中心旋转轴线110的假想平面之间形成的角度表示所述退屑槽的螺旋角。例如,在主退屑槽130的螺旋中心线500与包含纵向中心旋转轴线110的假想平面之间形成的角度表示主退屑槽130的螺旋角(α),并且在辅助退屑槽135的螺旋中心线510与包含纵向中心旋转轴线110的假想平面之间形成的角度表示辅助退屑槽135的螺旋角(β)。在示例性实施例中,每个主退屑槽130的螺旋角(α)具有45°<=|α|<=70°的绝对值,可替代地是,59°<=|α|<=61°,并且每个辅助退屑槽135的螺旋角(β)具有45°<=|β|<=70°的绝对值,可替代地是,59°<=|β|<=61°。在一个方面,每个主退屑槽130的螺旋角(α)的绝对值和每个辅助退屑槽135的螺旋角(β)的绝对值相同。在另一方面,每个主退屑槽130的螺旋角(α)的绝对值和每个辅助退屑槽135的螺旋角(β)的绝对值不同。

[0063] 在附加实施例中,依次相邻的两个主退屑槽130中的每一个的螺旋中心线500沿带退屑槽的切削端部部分112的纵向长度处于恒定的分隔距离。图6被注释,以示出两个依次相邻的主退屑槽130a、130b的螺旋中心线500a、500b之间的分隔距离D1的示例。在示例性实施例中,分隔距离D1是刀具直径、螺旋导程和主退屑槽数量的函数。

[0064] 图9是在垂直于纵向中心旋转轴线110的平面中的带退屑槽的切削端部部分112的横截面图,其示出了主退屑槽130的特征。图9示意性地示出了主退屑槽130围绕刀具的圆周的分布以及主退屑槽表面140的横截面形状。刀具具有第一芯直径,该第一芯直径由假想圆520限定,该假想圆520以纵向中心旋转轴线110为中心并具有连接主退屑槽130的最径向向内表面(即,螺旋中心线500所在的主退屑槽表面140上的位置)的圆周。假想圆柱体400的表面的半径(r3)的长度与第一芯的半径(r4)的长度之间的差限定主退屑槽130的径向深度。

[0065] 图10是在垂直于纵向中心旋转轴线110的平面中的带退屑槽的切削端部部分112的横截面图,其示出了辅助退屑槽135的特征。图10示意性地示出了辅助退屑槽135围绕刀具的圆周的分布以及辅助退屑槽表面145的横截面形状。刀具具有第二芯直径,该第二芯直径由假想圆530限定,该假想圆530以纵向中心旋转轴线110为中心并具有连接辅助退屑槽135的最径向向内表面(即,螺旋中心线510所在的辅助退屑槽表面140上的位置)的圆周。假

想圆柱体400的表面的半径(r3)的长度与第二芯的半径(r5)的长度之间的差限定辅助退屑槽135的径向深度。

[0066] 在示例性实施例中,r4的值是r3的值的60%,并且r5的值是r3的值的80%。

[0067] 在旋转切削刀具100的一个方面中,主退屑槽130的第一芯直径小于辅助退屑槽135的第二芯直径。换言之,主退屑槽130的第一芯的半径(r4)的长度小于辅助退屑槽135的第二芯的半径(r5)的长度。在旋转切削刀具100的另一方面中,主退屑槽130的径向深度大于辅助退屑槽135的径向深度。

[0068] 还在图9和图10中可见主退屑槽130的正的径向前角(γ)和辅助退屑槽135的正的径向前角(ε)。

[0069] 图11是旋转切削刀具100的带退屑槽的切削端部部分112的一部分的放大等距立体图,并且示出了齿300构成的齿带中的两个连续齿305上的切削刃的关系。图11是在垂直于包含纵向中心旋转轴线110的平面的方向上观察的。在图11所示的齿300构成的齿带中,第一齿305a与第二齿305b通过辅助退屑槽135分开。在所描绘的实施例中,第一齿305a是前导齿(在切削旋转方向(R1)上并且相对于第二齿305b)。第一齿305a具有在顶点335a处汇合的第一切削刃(由第一侧边缘325a限定)和第二切削刃(由第二侧边缘330a限定),并且第二齿305b具有在顶点335b处汇合的第一切削刃(由第一侧边缘325b限定)和第二切削刃(由第二侧边缘330b限定)。图11还示出了(在切削旋转方向(R)上)第一齿305a(作为前导齿)与第二齿305b(作为尾部齿)之间的重叠。第一齿305a的第一切削刃(由第一侧边缘325a限定)的至少一部分与第二齿305b的第二切削刃(由第一侧边缘330b限定)的至少一部分轴向重叠(相对于纵向中心旋转轴线110的轴向方向)。在图11中,重叠被图示为重叠量(Δ)。在特定实施例中,第一齿305a的第一切削刃(由第一侧边缘325a限定)的尾部部分580与第二齿305b的第二切削刃(由第一侧边缘330b限定)的尾部部分585轴向重叠。在示例性实施例中,重叠量(Δ)是节距(P)的6%至10%。当在垂直于纵向中心旋转轴线且与布置在齿带中的多个齿中的两个依次相邻齿相交的平面中观察时,即,在位于重叠量(Δ)的位置的平面中,第一齿305a的第一切削刃(由第一侧边缘325a限定)的一部分相对于切削旋转方向(R)在第二齿305b的第二切削刃(由第一侧边缘330b限定)的一部分的前方。当在工件的加工期间刀具100在切削旋转方向(R1)上旋转时,重叠量(Δ)确保在由齿300构成的齿带中的齿305形成的刀具100的有效切削刃中不存在缝隙,并且确保在工件上提供光滑的光滑度。

[0070] 图12是旋转切削刀具100的带退屑槽的切削端部部分112的一部分的放大等距立体图,并且示出了齿300构成的齿带中的两个连续齿305上的过渡特征360的关系。图12与图11所示的视图相同。在图12所示的齿300构成的齿带中,一个齿带300上的相邻齿305的过渡特征360之间的距离(D2)(平行于纵向中心旋转轴线110确定的)限定齿的节距(P)。而且,其中一个齿305的面部部分310的第一切削刃(由第一侧边缘325限定)与第二切削刃(由第二侧边缘330限定)之间的最大距离(D3)(平行于纵向中心旋转轴线110确定的)限定切削宽度(W)。在示例性实施例中,切削宽度(W)大于节距(P)。当齿300构成的齿带中的多个齿305的节距(P)和宽度(W)恒定时,宽度(W)大于节距(P)确保当在工件的加工期间刀具100在切削旋转方向(R1)上旋转时,在由齿300构成的齿带中的齿305形成的刀具100的有效切削刃中不存在间隙。

[0071] 旋转切削刀具100的端面125可以具有本领域已知的用于立铣刀的各种形式中的

任一种。例如并且如图13A所示,图13A是沿纵向中心旋转轴线110所见的端面的视图,端面125可以具有中心切削立铣刀构造。在中心切削立铣刀构造中,端面125在侧视平面图中是平面的(也参见图3至图4以及图6)并且包括端部切削刃600。端部切削刃600的与平面端面125重合的部分在径向方向上是笔直的(参见图13A)。

[0072] 在另一示例中并且如图13B所示,图13B是沿纵向中心旋转轴线110所见的端面的视图,端面125可以具有带有弯曲切削刃610的球头立铣刀构造。

[0073] 在另一示例中并且如图13C所示,图13C是沿纵向中心旋转轴线110所见的端面的视图,端面125可以具有钻头立铣刀构造,其带有形成钻尖625的夹角的第一轴向成角度的切削刃620a和第二轴向成角度的切削刃620b(通常为笔直切削刃),以及两个偏移成角度的切削刃630a和630b(通常为笔直切削刃)。

[0074] 然而,本文公开的特征、改进、方法、工艺和其它技术细节也能够适用于其它类别和类型的旋转切削刀具,诸如其它类型的立铣刀、面铣刀、边铣刀和具有点几何形状的钻孔工具。

[0075] 可选地是,旋转切削刀具可以包括位于带退屑槽的切削端部部分112的表面上的涂层。在一个方面中,涂层位于带退屑槽的切削端部部分112的所有表面上。在其它方面中,涂层位于退屑槽、切削刃、面部部分或上述的组合的表面的部分上。在又一方面中,涂层位于包括带退屑槽的切削端部部分112的部分上,该带退屑槽的切削端部部分包括主退屑槽表面140、辅助退屑槽表面145、第一切削刃(由第一侧边缘325限定)、第二切削刃(由第二侧边缘330限定)、第一区域340(限定第一切削刃的后刀面)、第二区域350(限定第二切削刃的后刀面)或这些表面的组合。此外,在一些方面,涂层位于沿带退屑槽的切削端部部分112的整个轴向长度的表面上,而在其它方面,涂层位于沿带退屑槽的切削端部部分112的轴向长度的一部分的表面上,诸如从端面125向后的带退屑槽的切削端部部分112的轴向长度的前50%,可替代地是,前25%。在上述的每一个中,端面125可以被涂覆或可以不被涂覆。

[0076] 涂层可以是切削刀具领域已知的任何合适的涂层。例如,涂层可以是化学气相沉积(CVD)涂层。合适的CVD涂层的一个示例是多晶金刚石(PCD)。在另一示例中,涂层可以是物理气相沉积(PVD)涂层。合适的物理气相沉积涂层的示例包括类金刚石碳(DLC)、石墨、Ti(Al,N)、Ti(C,N)、Al(Ti,N)和Al(Cr,N)。化学计量和非化学计量的Ti(Al,N)、Ti(C,N)、Al(Ti,N)和AI(Cr,N)都可以用作涂层。通常,涂层的厚度为100纳米至3微米,可替代地是,厚度为1微米至2微米。

[0077] 可选地是,旋转切削刀具100的实施例可以具有用于将冷却剂(液体或气态的)输送到切削区域的内部通道。当存在时,这样的内部通道可以在纵向方向上在内部延伸并且根据需要螺旋倾斜,以从柄部部分114延伸到带退屑槽的切削端部部分112中的出口开口,其通常在退屑槽表面140、145和/或在端面125的表面中。

[0078] 此外,本文公开和描述的以及附图中所示的特征通常在实心体旋转切削刀具中实现,其中,退屑槽和齿(以及相关联的特征,包括切削刃和面部部分的几何形状)与刀具主体一体地形成。然而,退屑槽和齿(以及相关联的特征,包括切削刃和面部部分的几何形状)也可以在使用可移除切削刀片的刀具中实现。

[0079] 图14示出了制造所公开的切削刀具的实施例的方法中的步骤。图14所示的方法700包括:710形成刀具主体105,该刀具主体包括纵向中心旋转轴线110。如本文所公开的,

刀具主体105是伸长的并且沿纵向中心旋转轴线110可旋转。在一些方面,刀具主体的坯件通过固结硬质材料(诸如钨硬质合金(WC)或碳化钨钴(WC-Co))形成为硬质材料的实心体,并且带有或不带有碳化物颗粒(诸如碳化钛(TiC)或碳化钽(TaC))。刀具主体可以使用其它材料,诸如工具钢、高速钢和陶瓷。

[0080] 在形成刀具主体105的坯件之后,将多个主退屑槽130和多个辅助退屑槽135形成720在坯件的带退屑槽的切削端部部分112中。在方法700的一些实施例中,坯件的实心体可以形成为杆,在这种情况下,通过合适的材料移除手段(诸如通过磨削和/或抛光),在刀具主体105的带退屑槽的切削端部部分112中形成多个主退屑槽130和多个辅助退屑槽135。还设想到了可以应用增材制造方法来制造粗略形式的刀具,然后将其最终加工成最终形式,诸如通过磨削和/或抛光。

[0081] 可以通过任何合适的技术进行磨削,诸如使用CBN、氧化铝和金刚石磨削轮,并且通常由计算机控制的定位和平移设备进行辅助。加工移除螺旋退屑槽(主退屑槽和辅助退屑槽两者)的材料,以具有螺旋角(α)和螺旋角(β)的选定值,并产生具有顶角(Φ)及前角(γ)和(ε)的选定值的齿,所有这些都在本文公开的范围内(并考虑制造公差)。

[0082] 对于可移除切削刀片旋转切削刀具,刀具主体的坯件由任何合适的技术制成,包括例如上文针对实心体旋转切削刀具讨论的那些技术。坯件具有总的伸长形式的刀具主体并且包括螺旋延伸的退屑槽。用于可移除可转位切削刀片的安置凹穴形成在齿构成的齿带中。将安置凹穴的尺寸、间隔和定向对应地设计成在期望定向上容纳意图的可移除可转位切削刀片,以用于齿的各种相关特征和表面,包括第一侧边缘325和第二侧边缘330(该第一侧边缘325和第二侧边缘330汇合以形成顶点335)和面部部分310的特征,所有这些都形成在可移除可转位切削刀片上。

[0083] 还设想到了旋转切削刀具可以实现与刀具主体一体形成的特征和形成在可移除可转位切削刀片上的特征的组合,该可移除可转位切削刀片然后安装在旋转切削刀具上的安置凹穴中。

[0084] 在方法700的其它实施例中,可以使用粉末冶金技术直接形成(至少以粗略形式)刀具主体105的实心体,在这种情况下,通过在粉末冶金工艺中使用的模制工艺,在刀具主体105的带退屑槽的切削端部部分112中形成多个主退屑槽130和多个辅助退屑槽135(具有本文公开的各种特征中的一个或多个特征)。在一些情况下,随后通过磨削或其它技术对使用粉末冶金技术形成的退屑槽进行精整,以获得最终尺寸和表面光洁度。

[0085] 在已经形成刀具主体的退屑槽轮廓之后,在布置在齿带300中的多个齿中的每个齿305的径向周边表面上形成730表面轮廓。该表面轮廓限定面部部分310,该面部部分具有本文公开的各种特征中的一个或多个特征。

[0086] 在一个实施例中,通过磨削形成表面轮廓。图15和图16示意性地示出了磨削工艺的各方面,该磨削工艺可以用于在布置在齿带中的多个齿中的每个齿的径向周边表面上形成表面轮廓。如图15示意性所示,具有磨削成形部805的磨削轮800与齿的径向周边表面上的待磨削的表面旋转接触。磨削成形部、刀具主体或两者都可以旋转,以影响旋转接触的旋转。磨削成形部805具有的横截面轮廓是面部部分310的第一区域340和面部部分310的第二区域350的期望表面轮廓(其限定第一切削刃和第二切削刃的相应的后刀面)的负像。在图示的示例中,磨削成形部805具有包括在凸脊830处汇合的第一凹面810和第二凹面820的横

截面轮廓。在磨削操作期间,凸脊830通常与四边形面部部分310的顶点335对准。由于凸脊830形成过渡特征360,所以其还执行磨削,使得过渡特征360形成在相对于面部部分310的特征(诸如侧边缘325、330、380、385和尾部顶点370)的期望位置和定向。

[0087] 图16是齿305的面部部分310的侧视横截面图,其示出了所述齿的前导顶点335、过渡特征360、尾部顶点370和切削刃。如图16所示,面部部分310处于15±1度的径向后角(ψ)。

[0088] 可选地是,方法700还包括用化学气相沉积(CVD)涂层或物理气相沉积(PVD)涂层对带退屑槽的切削端部部分120的表面进行涂覆,如本文所公开的。

[0089] 所公开的旋转切削刀具的实施例可以用于加工操作,以从工件移除材料。例如,所公开的旋转切削刀具的实施例可以安装到用于加工的设备(诸如机床或计算机数控(CNC)机床)的主轴上。通常,柄部部分114将被夹持或以其它方式固定到主轴,以用于使旋转切削刀具100围绕纵向中心旋转轴线110轴向旋转。然后,使所安装的旋转切削刀具100旋转并通过使切削刃(即,第一切削刃(由第一侧边缘325限定)和第二切削刃(由第二侧边缘330限定))与工件接触来移除工件的材料。通常,在加工期间,顶点335首先与工件接触。可替代地是,具有上述径向切削刃(及其相关特征,包括齿图案和前刀面中的一个或多个)的旋转切削刀具可以安装在用于加工的设备中的固定位置,并且工件可以被定位、移动和/或旋转并与径向切削刃接触,以从工件移除材料。工件可以是金属材料(其可以是黑色金属或有色金属)、金属合金材料、天然材料或合成材料,或者两种或更多种不同材料构成的复合材料。在特定实施例中,工件是纤维增强复合材料,诸如碳纤维增强塑料(CRFP)或玻璃纤维增强塑料(GFRP)。螺旋角(α,β)、径向前角(γ,ε)、弧度(θ)和顶角(Φ)的几何形状通常将至少部分地基于待加工的材料的特性而变化,并将导致不同的齿几何形状。这些几何形状可以基于例如纤维层的数量、纤维的方向以及层和材料的堆叠组合(诸如铝或芳族聚酰胺外层的叠层)进行调整。

[0090] 作为示例,所公开的旋转切削刀具的实施例可以用于加工操作,以从碳增强复合材料的工件移除材料。图17A示出了碳纤维增强塑料(CRFP)的工件700,该工件已经由根据所公开的实施例的旋转切削刀具进行了加工。工件700已经由具有右旋主退屑槽和左旋辅助退屑槽的中心切削立铣刀通过铣削边缘705进行了加工。图17B示出了对应于图17A中的部分P3的经加工的边缘705的一部分的放大图。如放大视图中所见,没有分层或层断裂的迹象,也没有纤维拉出或未剪切的纤维。

[0091] 示例:表1中的以下信息描述了与根据本文公开的实施例一致地制造的切削刀具的实施例:

[0092] 表1

[0093]

示例	示例A
刀具直径	10mm
刀具长度	75mm
主退屑槽类型/辅助退屑槽类型	右旋/左旋
螺旋角(α)	60度
螺旋角(β)	60度
顶角(Φ)	60度
径向前角(γ)	10度

径向前角(ε)	10度
重叠量(Δ)	0.086mm
节距(P)	1.08mm

[0094] 如前所述,所公开的旋转切削刀具可以体现为其中连续的主退屑槽是右旋的并且不连续的辅助退屑槽是左旋的旋转切削刀具,或者体现为其中连续的主退屑槽是左旋的并且不连续的辅助退屑槽是右旋的旋转切削刀具。在连续的主退屑槽是右旋的并且不连续的辅助退屑槽是左旋的(参见例如图1A和图1B)的实施例中,主退屑槽是右旋退屑槽并且辅助退屑槽是左旋退屑槽,并且第一切削刃是右旋切削刃并且第二切削刃是左旋切削刃。在连续的主退屑槽是左旋的并且不连续的辅助退屑槽是右旋的(参见例如图2A和图2B)的实施例中,主退屑槽是左旋退屑槽并且辅助退屑槽是右旋退屑槽,并且第一切削刃是左旋切削刃并且第二切削刃是右旋切削刃。关于具有连续的右旋主退屑槽和不连续的左旋辅助退屑槽的旋转切削刀具的实施例公开的所有上述特征可以单独或以组合方式存在于具有连续的左旋主退屑槽和不连续的右旋辅助退屑槽的旋转切削刀具的实施例中。

[0095] 尽管已经结合本发明的实施例描述了本发明,但本领域技术人员将理解,在不脱离如所附权利要求书中限定的本发明的精神和范围的情况下,可以进行未具体描述的添加、删除、修改和替换。

[0096] 关于本文中基本上任何复数和/或单数术语的使用,本领域技术人员可以在适合上下文和/或应用时从复数转化成单数和/或从单数转化成复数。为了清楚起见,本文没有明确阐述各种单数/复数排列。

[0097] 本文描述的主题有时说明包含在不同其它部件内或与不同其它部件连接的不同部件。应当理解,这样描述的架构仅是示例性的,并且实际上可以实现许多其它实现相同功能的架构。从概念上讲,实现相同功能的部件的任何布置都被有效地“关联”,从而实现期望的功能。因此,本文中组合以实现特定功能的任何两个部件可以被视为彼此“关联”,从而实现期望的功能,而与架构或中间部件无关。同样,如此关联的任何两个部件也可以被视为彼此“可操作地连接”或“可操作地联接”以实现期望的功能,并且能够如此关联的任何两个部件也可以被视为彼此“可操作地可联接”以实现期望的功能。可操作地可联接的具体示例包括、但不限于物理上可匹配和/或物理上交互的部件、和/或可无线交互和/或无线交互的部件、和/或可逻辑交互和/或逻辑交互的部件。

[0098] 在一些情况下,一个或多个部件在本文中可以被称为“构造成”、“由…构造”、“可构造成”、“可操作/操作用于”、“适合/可适合”、“能够”、“可符合/符合于”等。本领域技术人员将认识到,除非上下文另有要求,否则这些术语(例如,“构造成”)通常可以涵盖活动状态部件和/或非活动状态部件和/或待机状态部件。

[0099] 尽管已经示出和描述了本文描述的本发明主题的特定方面,但对于本领域技术人员来说显而易见的是,基于本文的教导,可以在不脱离本文描述的主题及其更广泛的方面的情况下进行改变和修改,并因此,所附权利要求书将在其范围内涵盖所有在本文所述主题的真实精神和范围内的这样的改变和修改。本领域技术人员将理解,通常,本文中,特别是所附权利要求书(例如,所附权利要求书的主体)中使用的术语通常旨在作为“开放式”术语(例如,术语“包括”应当解释为“包括、但不限于”,术语“具有”应当解释为“至少具有”,术语“包含”应当解释为“包含、但不限于”等)。本领域内的技术人员将进一步理解,如果意图

是特定数量的引入的权利要求记述,则这种意图将在该权利要求中明确地记述,并且在没有这种记述的情况下,不存在这种意图。例如,为了帮助理解,以下所附权利要求书可能包含使用介绍性短语“至少一个”和“一个或多个”来引入权利要求记述。然而,这种短语的使用不应被解释为暗示通过不定冠词“一”或“一个”引入权利要求记述将包含这种引入的权利要求记述的任何特定权利要求限制为仅包含一个这种记述的权利要求,即使同一权利要求包括引入性短语“一个或多个”或“至少一个”和不定冠词,诸如“一”或“一个”(例如,“一”和/或“一个”通常应当解释为“至少一个”或“一个或多个”);用于引入权利要求记述的定冠词的使用也是如此。此外,即使明确地记述了特定数量的所引入的权利要求记述,本领域技术人员将认识到,这种记述通常应当被解释为至少表示所记述的数量(例如,“两个记述”的简单记述,而没有其它修饰语,通常意味着至少两个记述,或两个或更多个记述)。此外,在使用类似于“A、B和C中的至少一个等”的约定的那些情况下,通常,这种结构意在本领域技术人员会理解该约定的意义上(例如,“具有A、B和C中的至少一个的系统”将包括、但不限于以下情况的系统:仅具有A;仅具有B;仅具有C;A和B一起;A和C一起;B和C一起;和/或A、B和C一起等)。在使用类似于“A、B或C中的至少一个等”的约定的那些情况下,通常,这种结构意在本领域技术人员会理解该约定的意义上(例如,“具有A、B或C中的至少一个的系统”将包括、但不限于以下情况的系统:仅具有A;仅具有B;仅具有C;A和B一起;A和C一起;B和C一起;和/或A、B和C一起等)。本领域技术人员将进一步理解,通常,无论是在说明书、权利要求书还是附图中,除非上下文另有说明,否则呈现两个或更多个替代术语的分离词和/或短语应当被理解为考虑包括术语中的一个、任一术语或两个术语的可能性。例如,短语“A或B”通常会被理解为包括“A”或“B”或“A和B”的可能性。

[0100] 关于所附权利要求书,本领域技术人员将理解,其中所记述的操作通常可以以任何顺序执行。而且,尽管各种操作流程按顺序呈现,但应当理解,各种操作可以以不同于所示顺序的其它顺序执行,或者可以同时执行。除非上下文另有说明,否则这种替代排序的示例可以包括重叠、交错、中断、重新排序、增量、预备、补充、同时、反向或其它变体排序。此外,除非上下文另有说明,否则诸如“响应于”、“相关于”或其它过去时形容词的术语通常不旨在排除这种变体。

[0101] 本领域技术人员将理解,前述具体示例性工艺和/或装置和/或技术代表本文其它地方教导的更一般的工艺和/或装置和/或技术,例如在此提交的权利要求书和/或本申请的其它地方。

[0102] 虽然本文已经公开了各个方面和实施例,但其它方面和实施例对于本领域技术人员来说将是显而易见的。本文所公开的各个方面和实施例是出于说明的目的而不旨在限制,真实范围和精神由所附权利要求书指示。

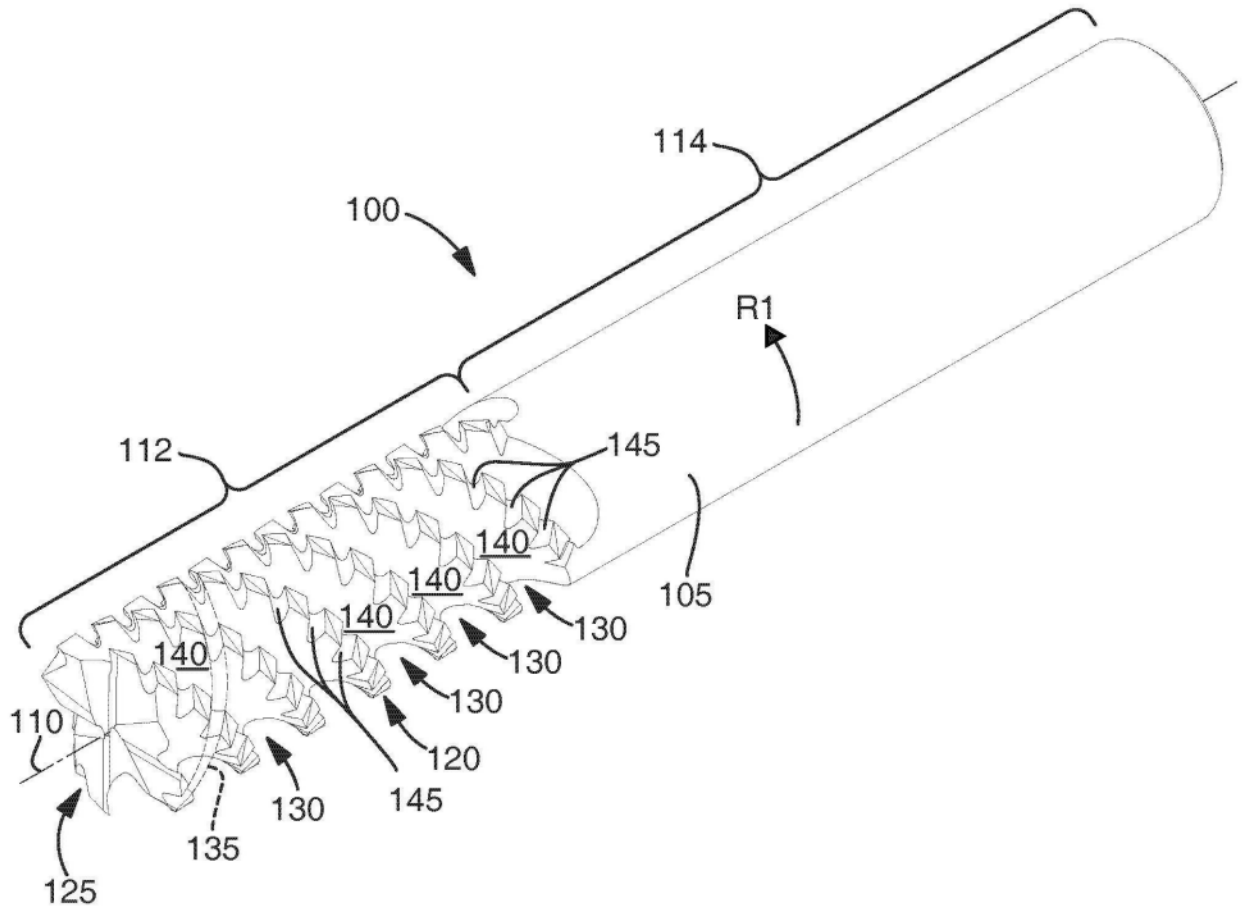

114
100
R1
112
145
140
140
140
105
130
140
130
130
110
120
145
130
135
125

图1A

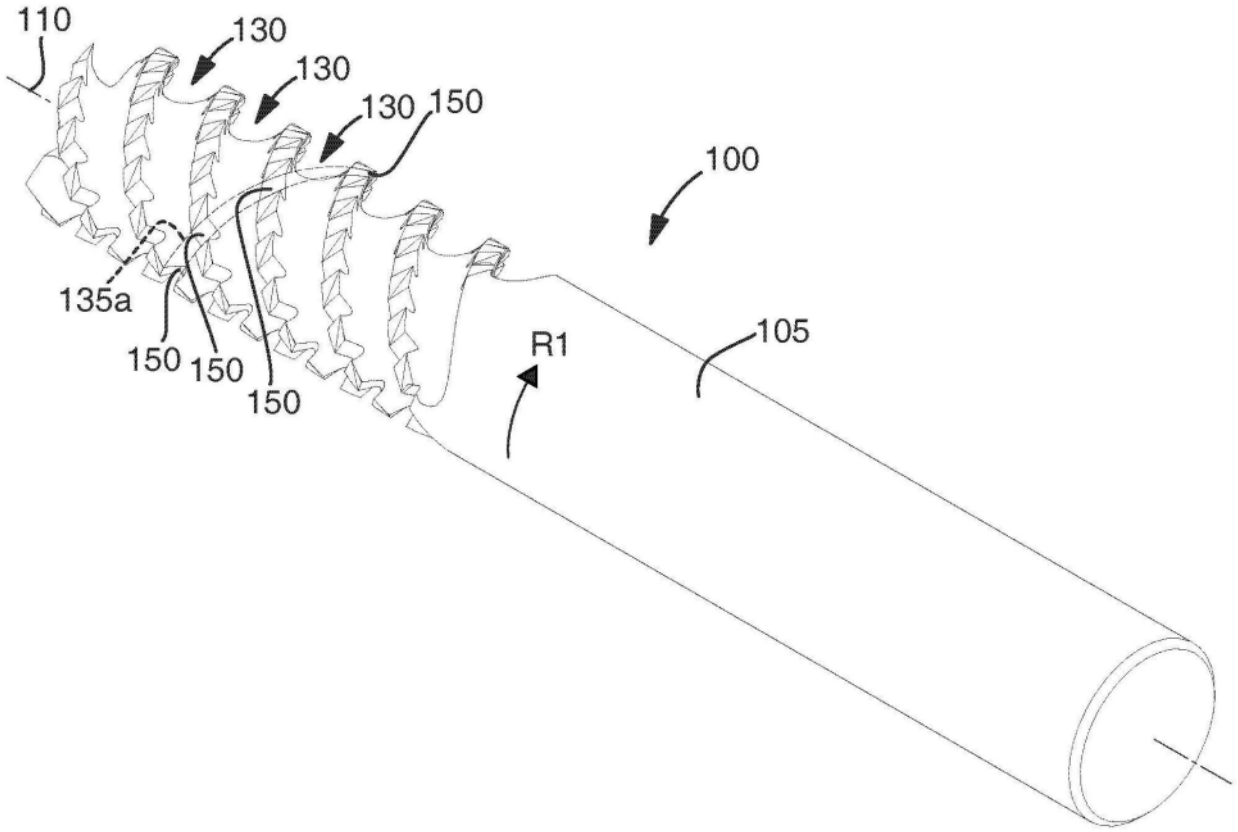


图1B

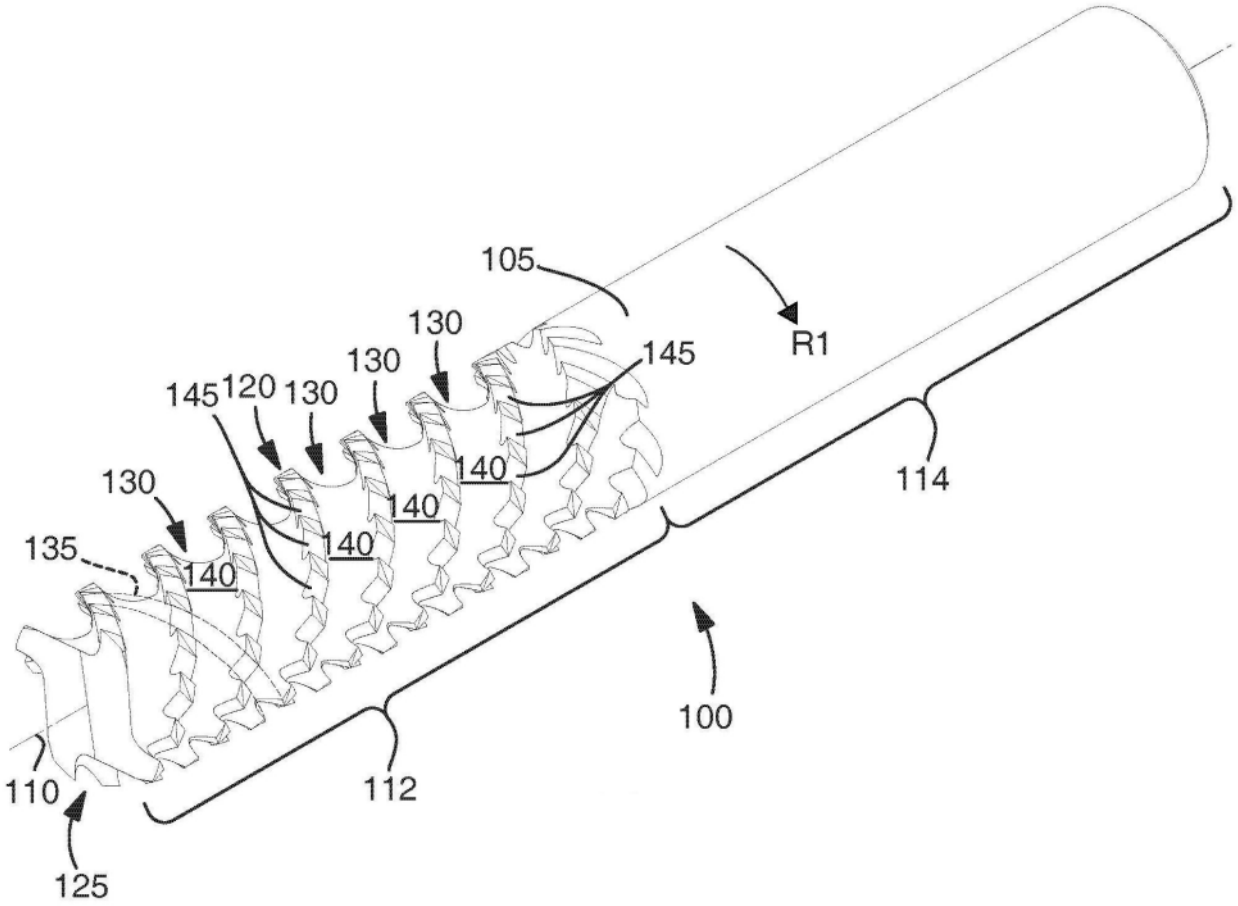

105
R1
130
145
130
145
120
130
140
130
140
140
135
140
114
100
110
112
125

图2A

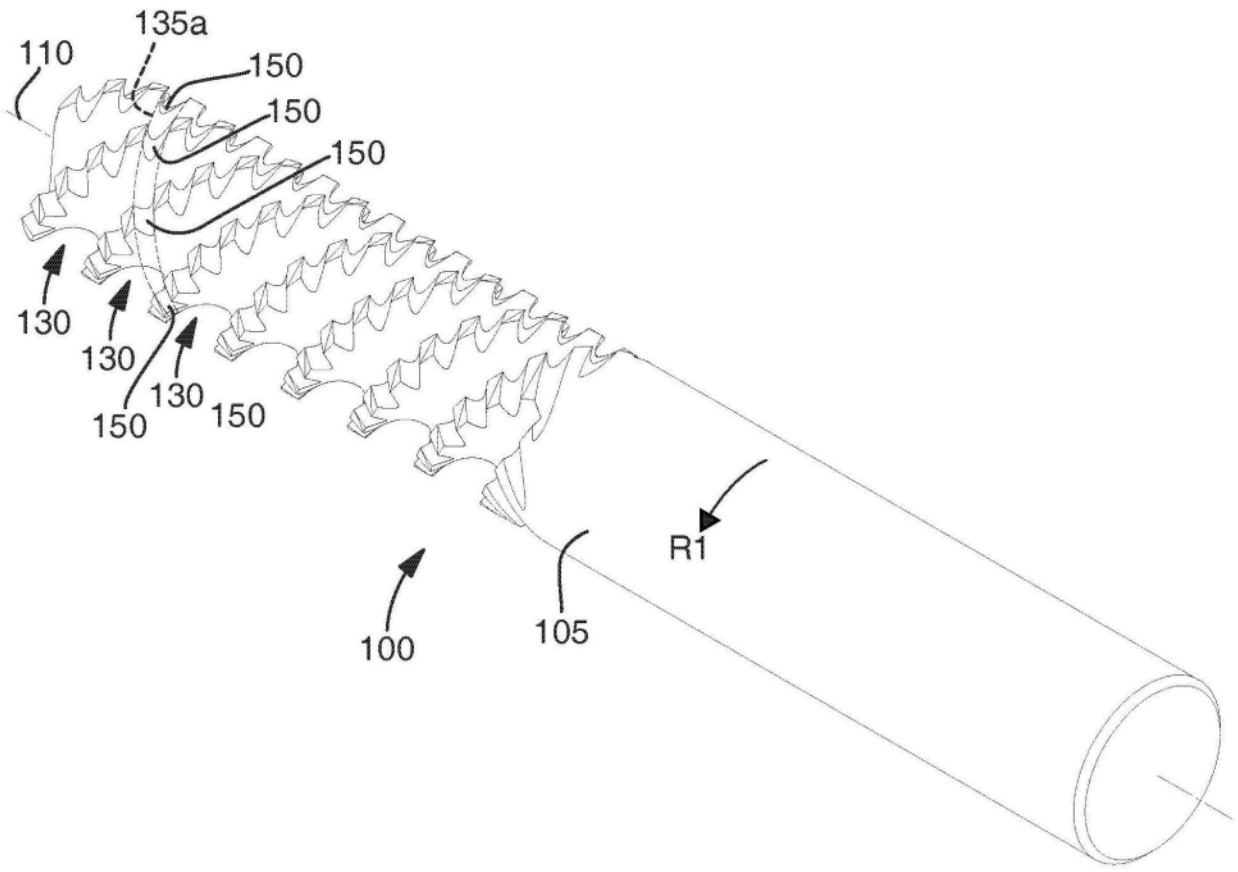


图2B

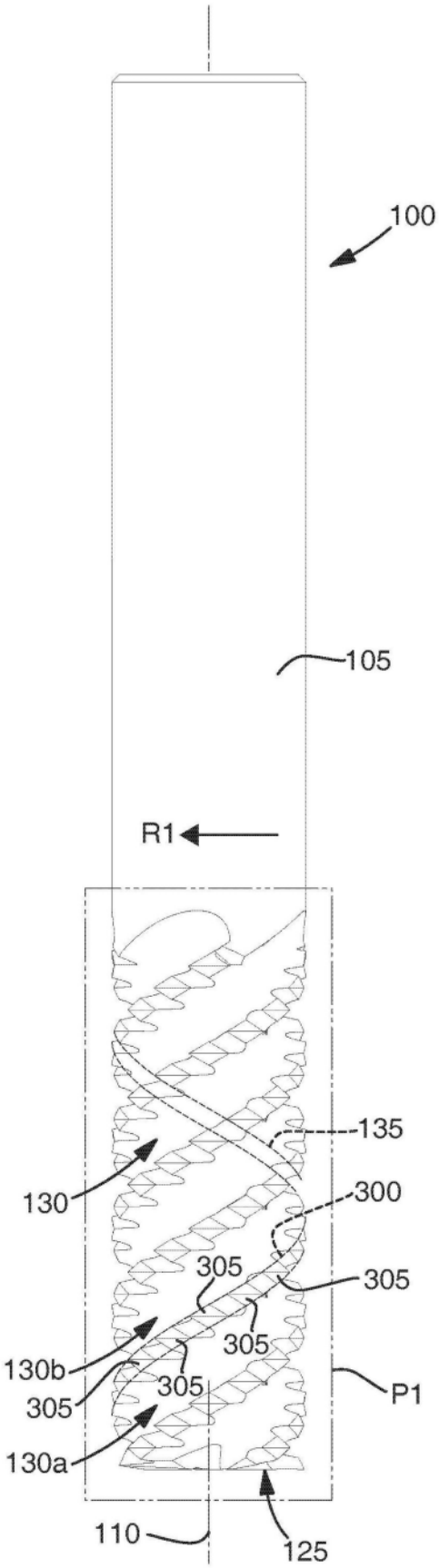


图3

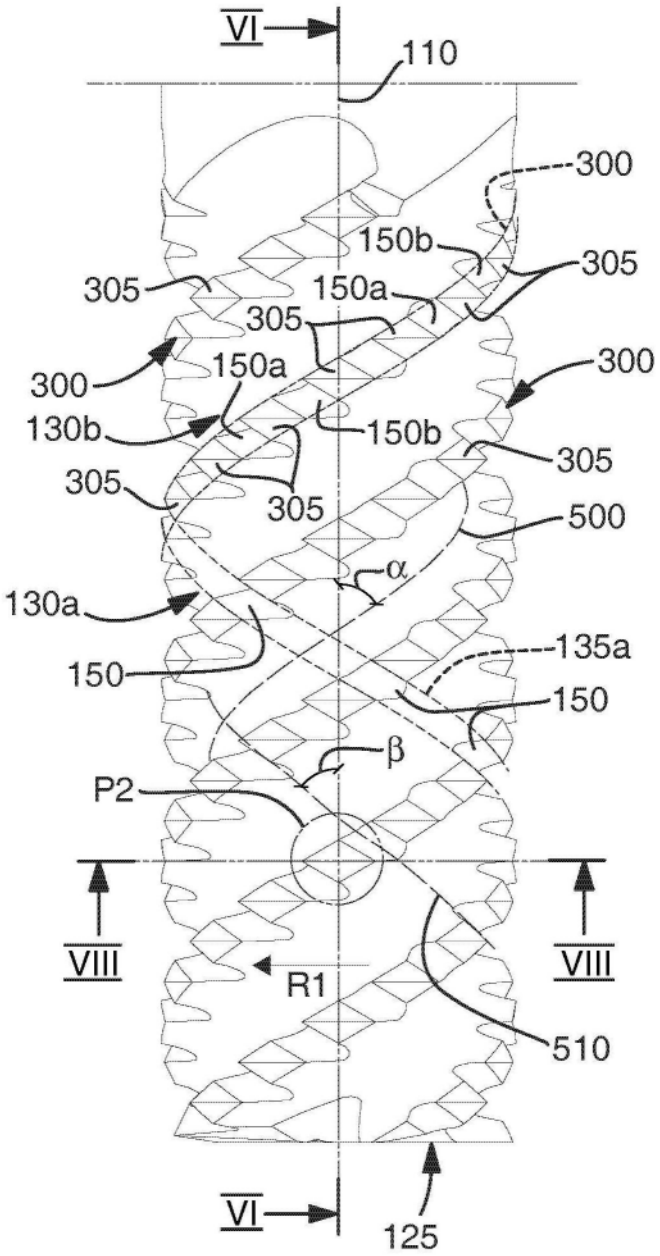

VI
110
300
150b
305
305
150a
305
300
150a
300
130b
150b
305
305
305
500
α
130a
135a
150
150
β
P2
VIII
VIII
R1
510
VI
125

图4

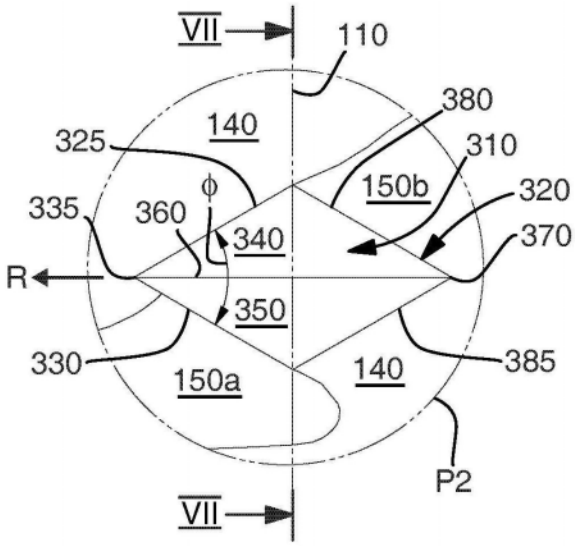

VII
110
380
140
325
310
150b
320
ϕ
335
360
340
370
R
350
330
150a
140
385
P2
VII

图5

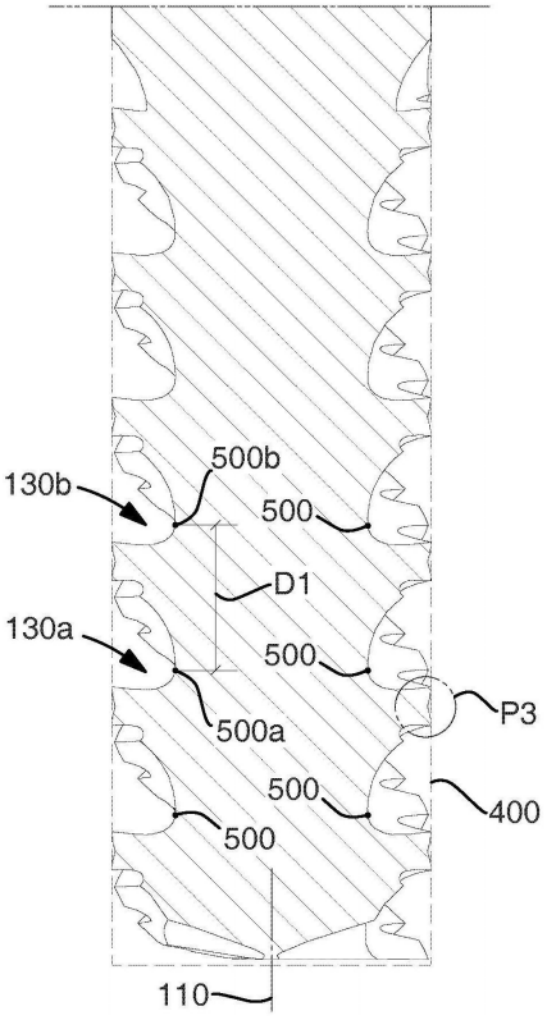

500b
130b
500
D1
130a
500
P3
500a
500
400
500
110

图6

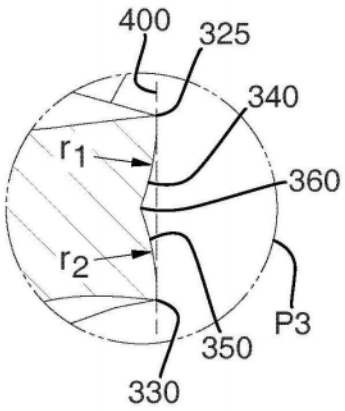

400
325
340
r1
360
r2
P3
350
330

图7

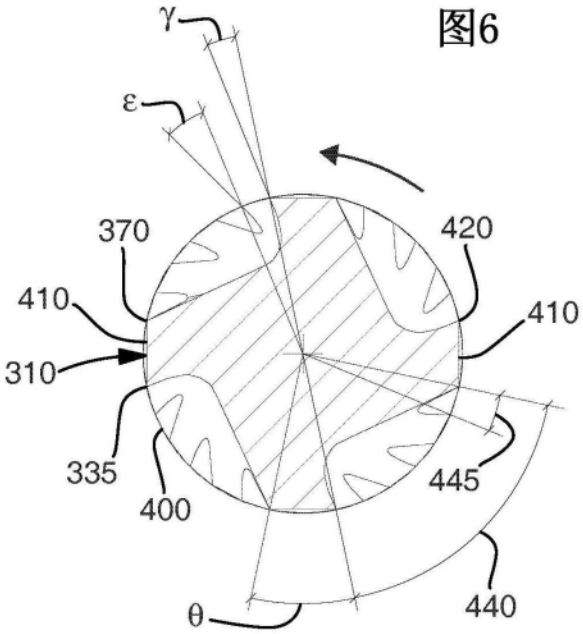

γ
ε
370
420
410
410
310
335
445
400
θ
440

图8

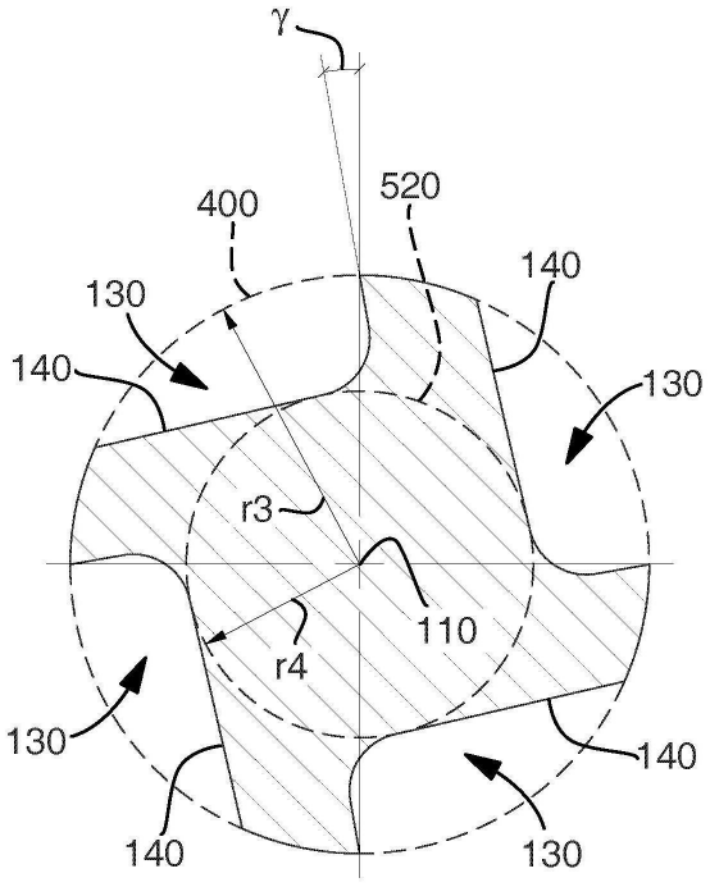


图9

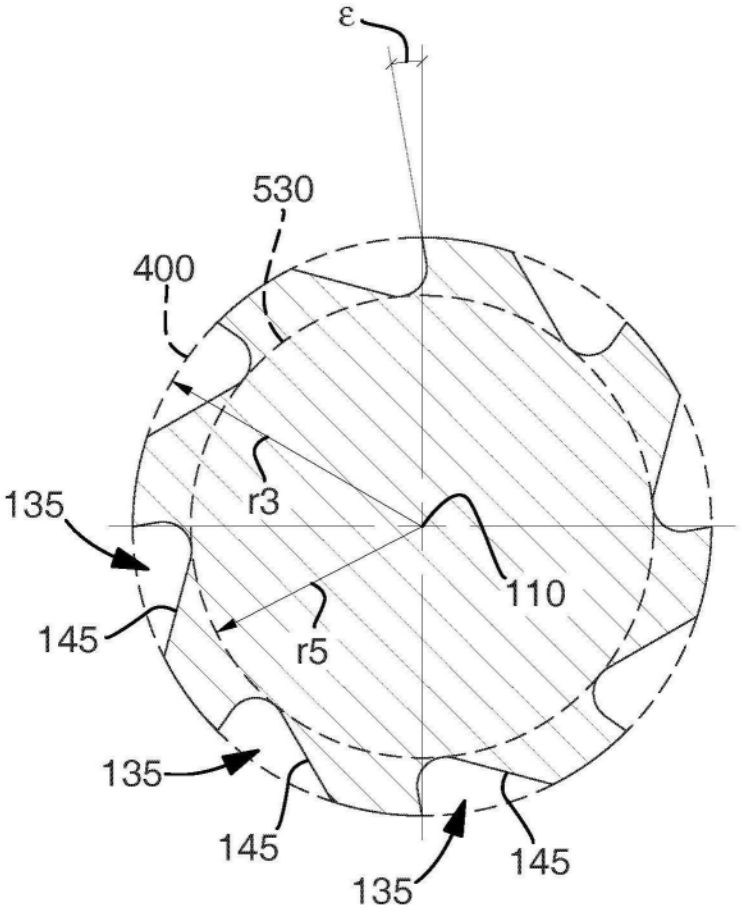


图10

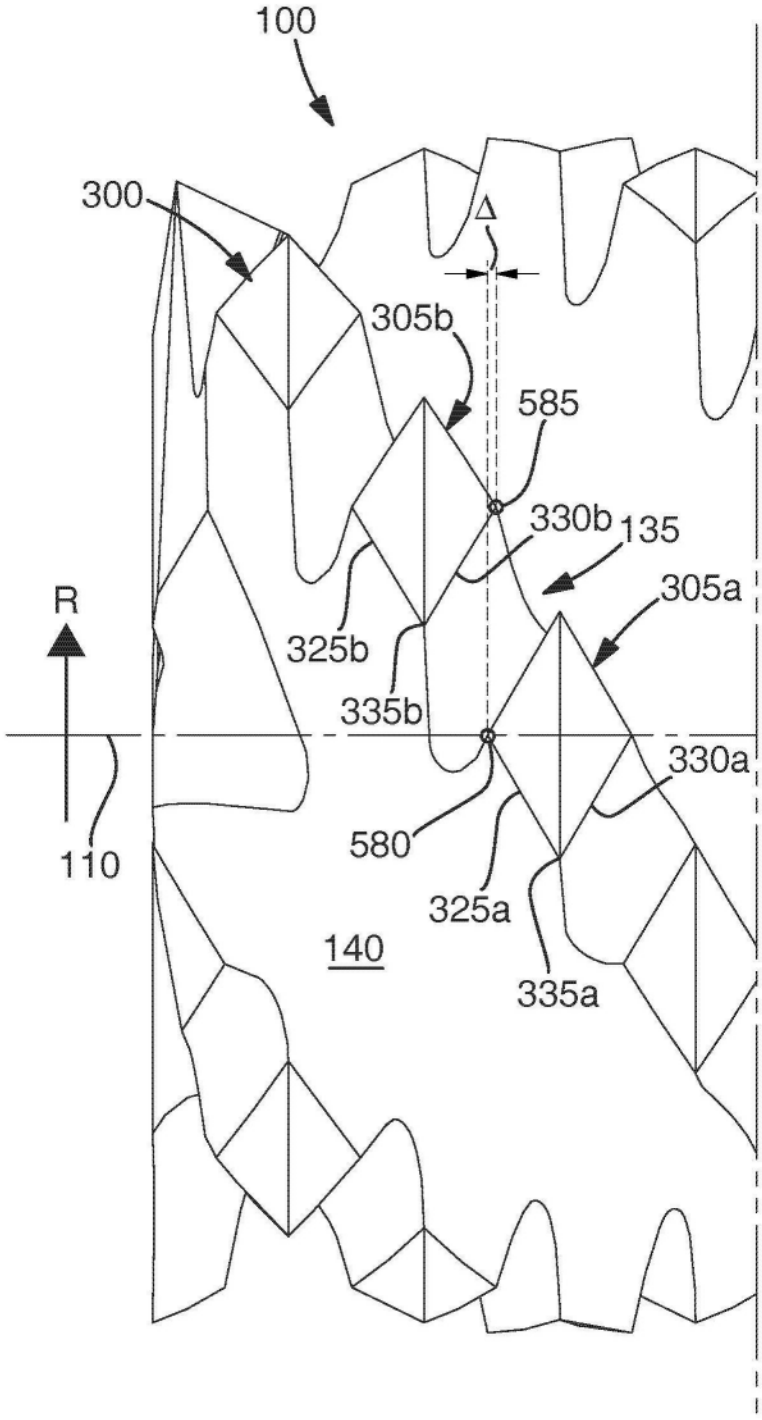

100
300
Δ
305b
585
330b
135
305a
R
325b
335b
330a
580
325a
110
140
335a

图11

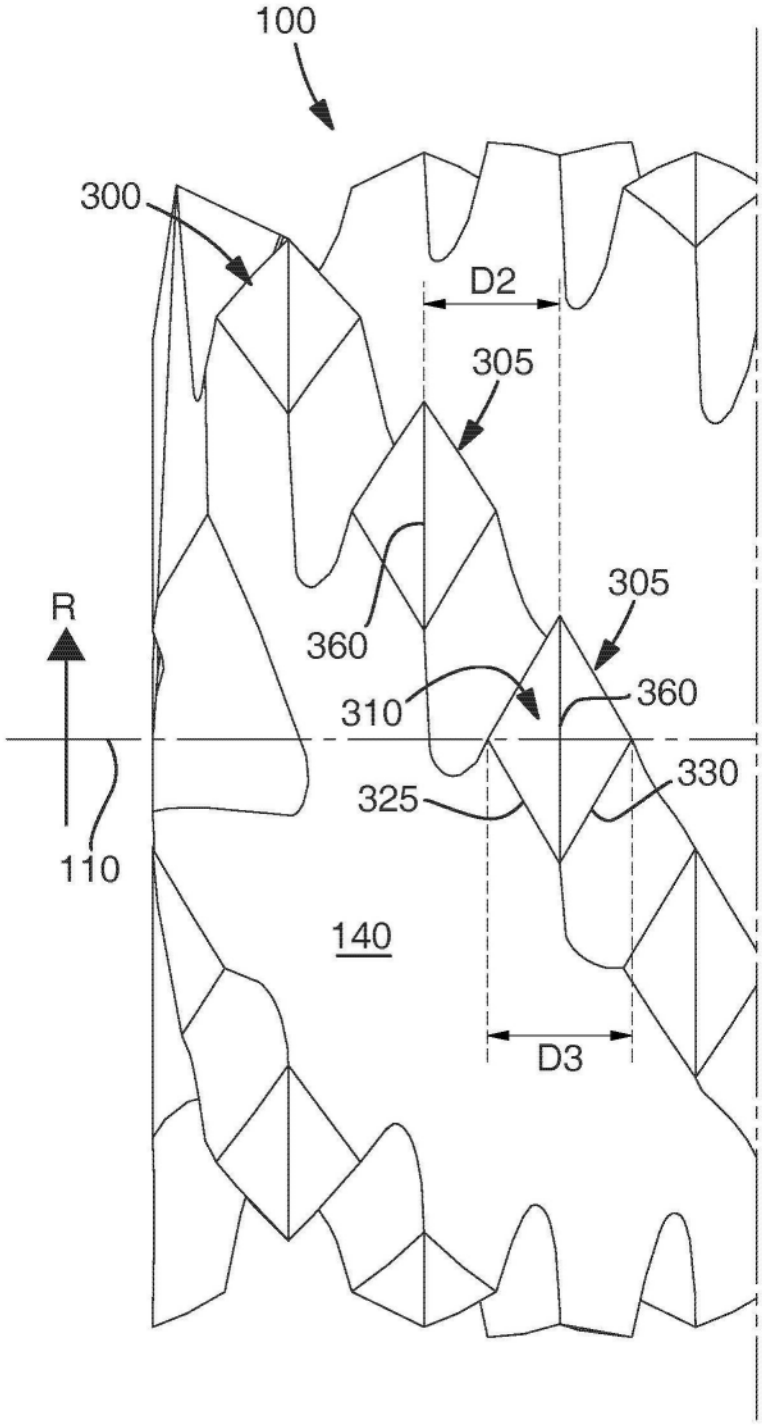


图12

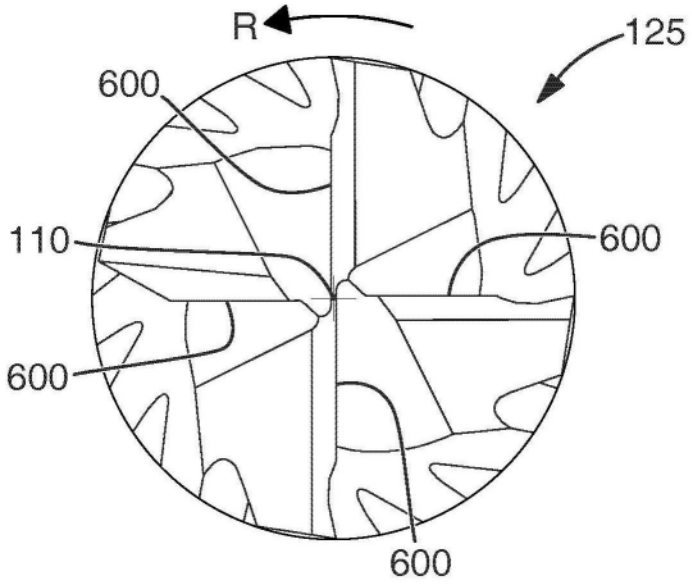


图13A

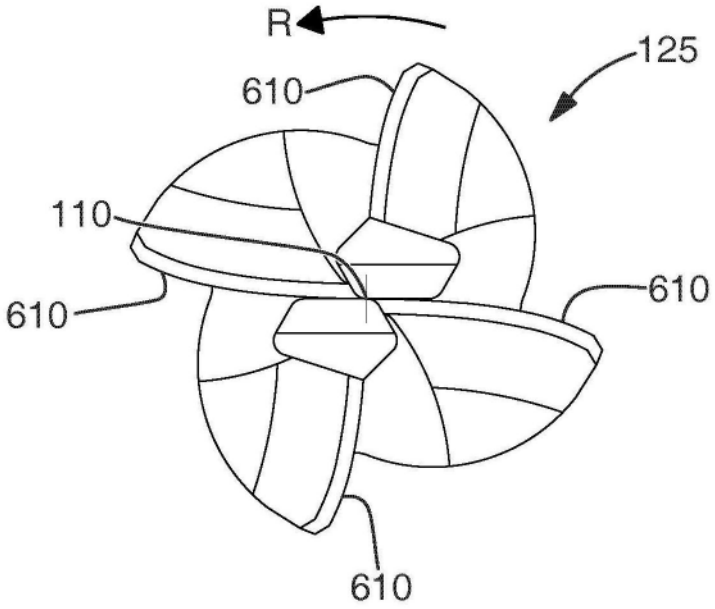


图13B

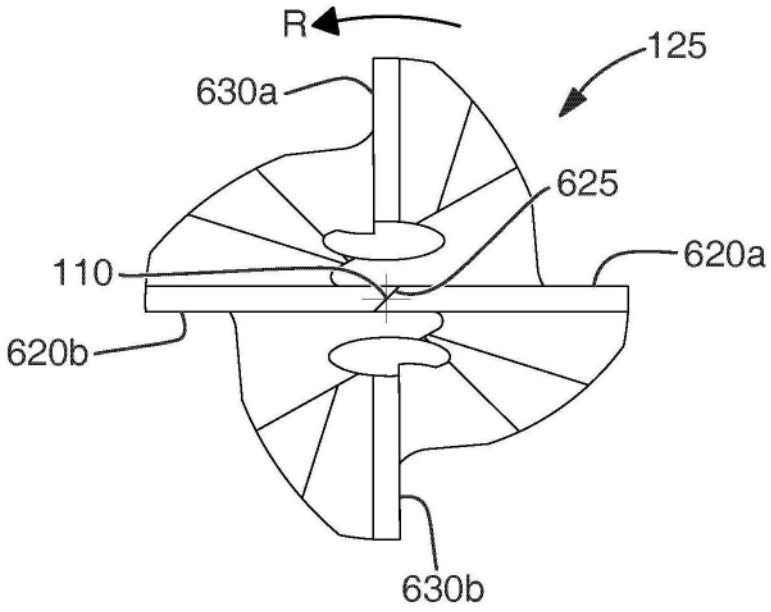


图13C

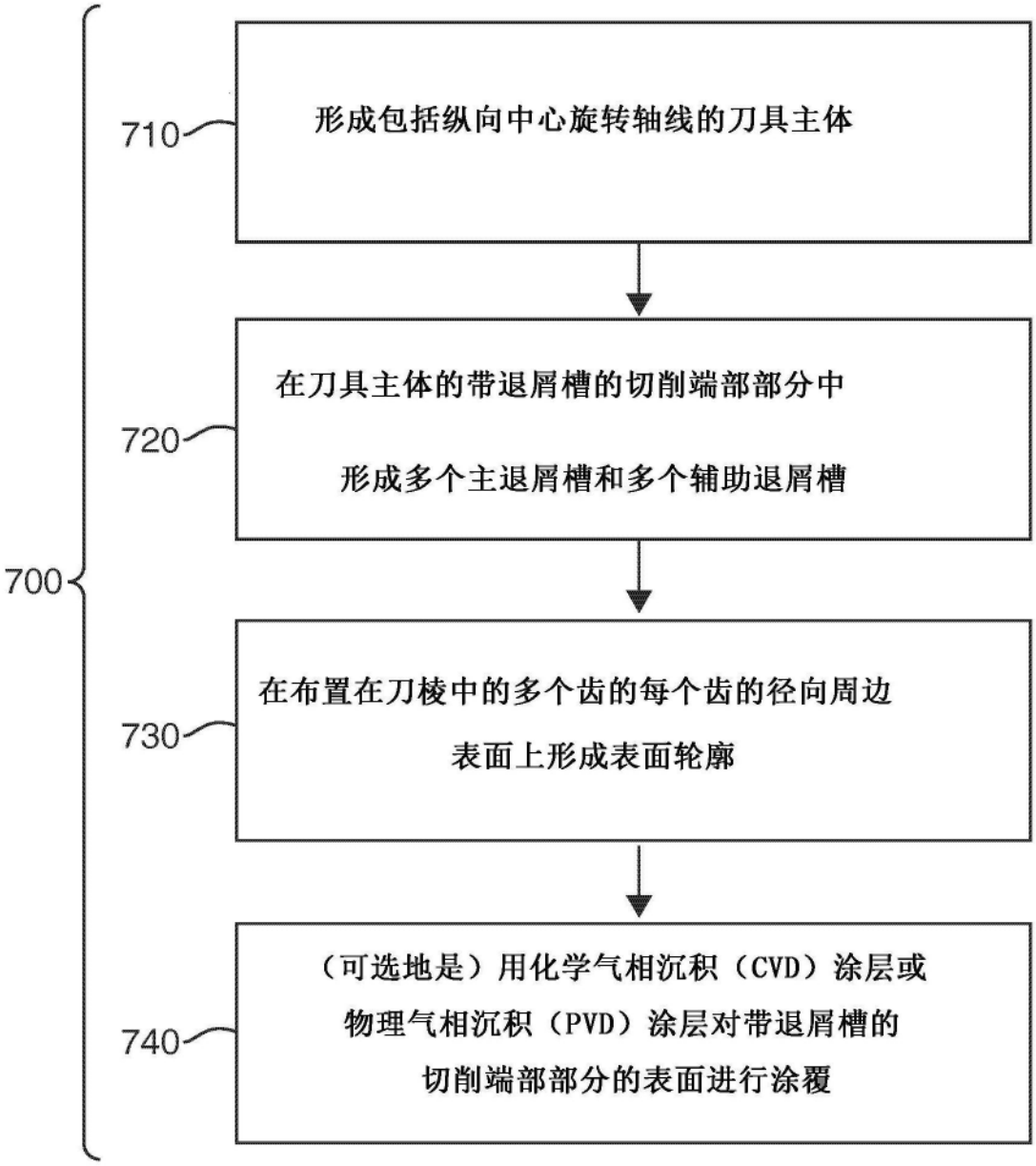

700
710
形成包括纵向中心旋转轴线的刀具主体
720
在刀具主体的带退屑槽的切削端部部分中
形成多个主退屑槽和多个辅助退屑槽
730
在布置在刀棱中的多个齿的每个齿的径向周边
表面上形成表面轮廓
740
（可选地是）用化学气相沉积（CVD）涂层或
物理气相沉积（PVD）涂层对带退屑槽的
切削端部部分的表面进行涂覆

图14

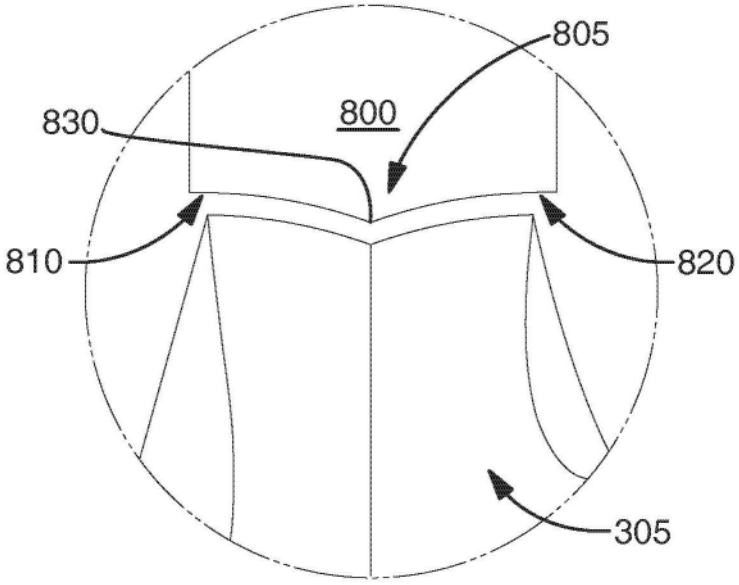


图15

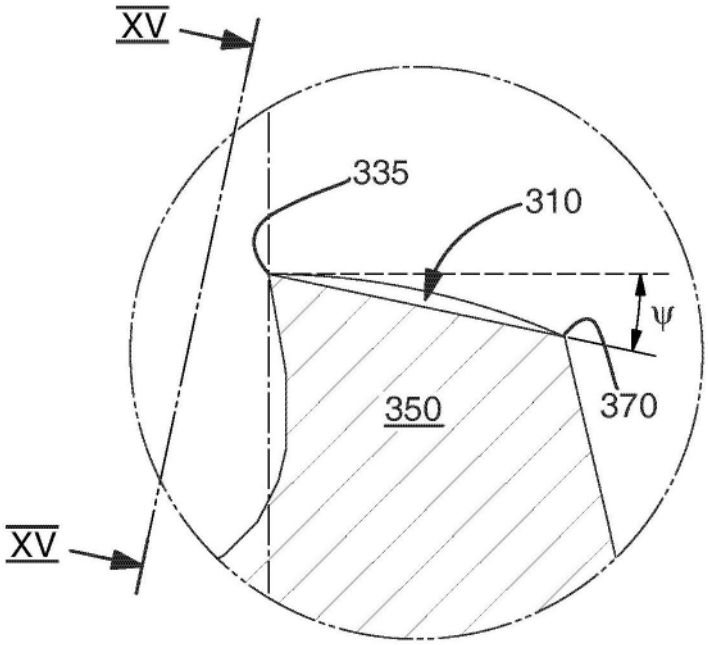


图16

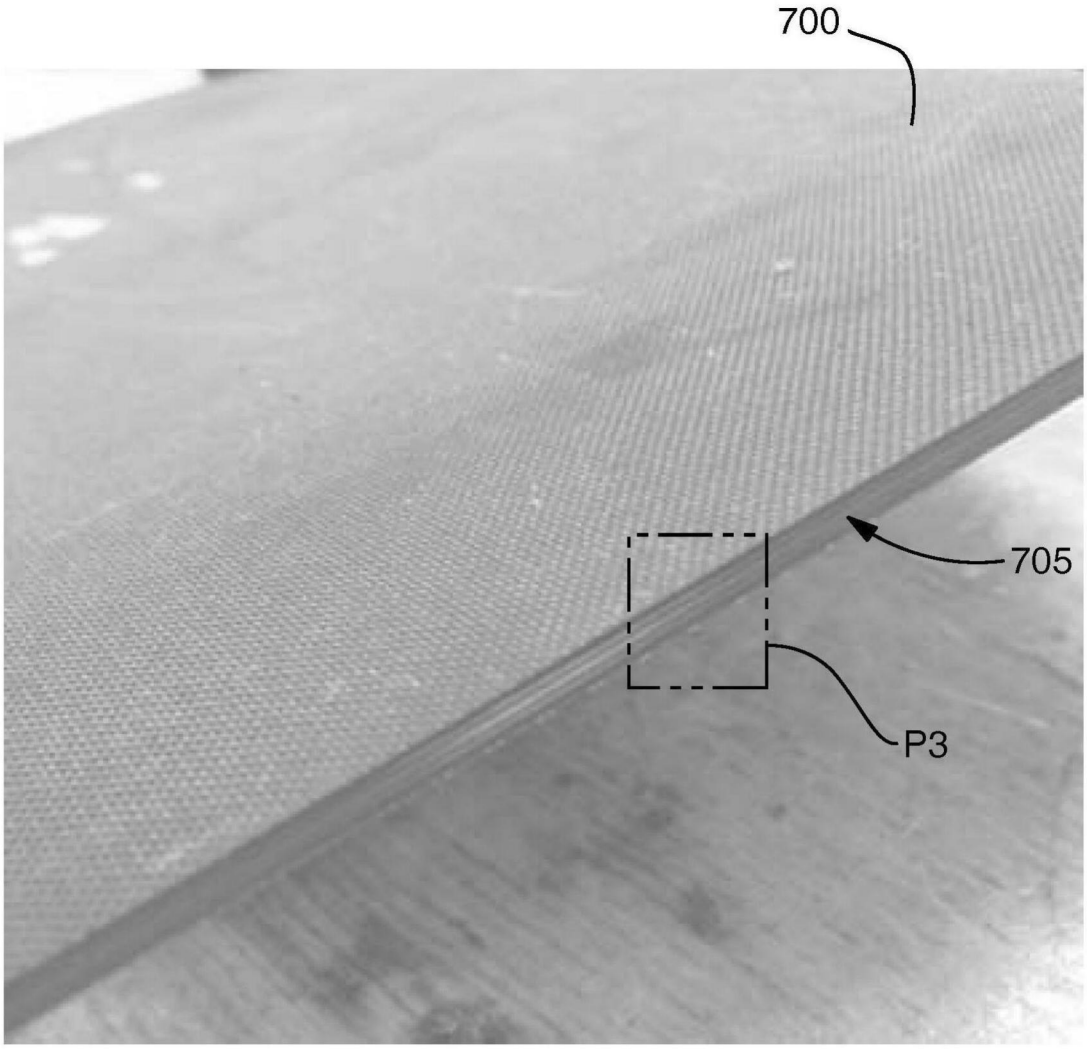


图17A

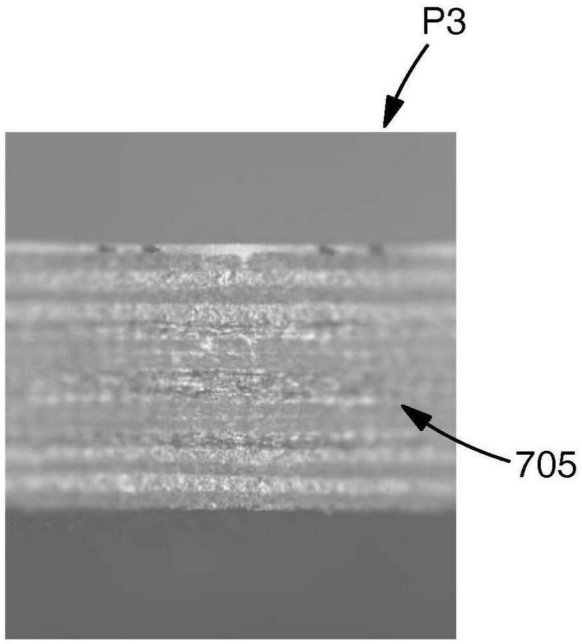


图17B