



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117377548 A

(43) 申请公布日 2024. 01. 09

(21) 申请号 202280036988.X

(22) 申请日 2022.05.10

(30) 优先权数据

102021002704.3 2021.05.25 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.11.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/062597 2022.05.10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/248211 DE 2022.12.01

(71) 申请人 格里森-普法特机械制造有限公司

地址 德国路德维希堡

(72) 发明人 J·克瑞斯切尔

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

专利代理师 王頔

(51) Int.Cl.

B23F 19/10 (2006.01)

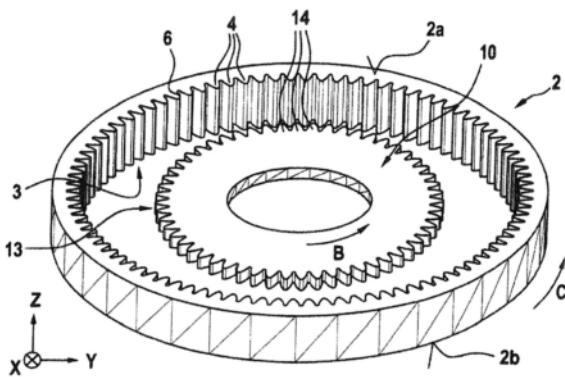
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于加工工件齿布置的齿面区域的方法、倒角刀具、具有用于执行该方法的控制指令的控制程序以及齿轮切削机

(57) 摘要

本发明涉及一种通过刀具齿布置加工在工件齿布置的齿面和端面之间形成的齿边缘的方法,在该方法中,这些齿布置以相互滚动耦联的方式围绕其各自的齿布置旋转轴线旋转。根据本发明可以规定,该两个齿布置旋转轴线基本上彼此平行,并且在多个工件旋转中进行该加工,其中在该工件齿布置和该刀具齿布置之间进行平行于工件旋转轴线的第二相对运动,并且通过第二相对运动,刀具齿滚动位置的包络线的位置相对于所述包络线与该工件齿布置的该齿面的啮合位置在垂直于该工件旋转轴线的平面横向于该工件齿布置的齿廓移位,该第二相对运动特别地根据该第一相对运动的运动状态而变化。



1. 一种用于通过刀具齿布置 (13) 加工在工件齿布置 (3) 的齿面和端面 (2b) 之间形成的齿边缘的方法, 在所述方法中所述齿布置 (3, 13) 围绕它们各自的齿布置旋转轴线 (C, B) 相互滚动耦联地旋转,

其特征在于

所述两个齿布置旋转轴线 (C, B) 基本上彼此平行, 并且在多个工件旋转中进行所述加工, 其中在所述工件齿布置 (3) 和所述刀具齿布置 (13) 之间进行平行于工件旋转轴线的的第一相对运动 (Z), 并且通过第二相对运动 (V), 刀具齿滚动位置 (29i) 的包络线 (28) 的位置相对于所述包络线与所述工件齿布置的所述齿面的啮合位置在与所述工件旋转轴线 (C) 垂直的平面 (X-Y) 内横向于所述工件齿布置的齿廓移位, 所述第二相对运动特别根据所述第一相对运动的运动状态而变化。

2. 根据权利要求1所述的特别用于通过刀具齿布置 (13) 加工工件齿布置 (3) 的齿面区域, 特别是在工件齿布置 (3) 的齿面和端面 (2b) 之间形成的齿边缘的方法, 在所述方法中, 所述齿布置 (3, 13) 围绕他们各自的齿布置轴线 (C, B) 滚动耦联地旋转, 并且其中在所述齿面区域上的所述加工创建了新的齿布置表面, 其中所述加工在多个工件旋转中执行, 其中, 在所述工件齿布置 (3) 和所述刀具齿布置 (13) 之间进行具有平行于所述工件旋转轴线的方向分量的第一相对运动 (Z), 并且通过第二相对运动 (V), 所述刀具齿滚动位置 (29i) 的所述包络线 (28) 的所述位置相对于所述包络线与所述工件齿布置的所述齿面的所述啮合位置, 如投影到与工件旋转轴线 (C) 垂直的平面 (X-Y) 上所示, 横向于所述工件齿布置的所述齿廓移位, 所述第二相对运动特别是根据所述第一相对运动的所述运动状态而变化, 并且因此, 在相应工件旋转的一次通过期间, 沿切削表面去除材料, 其中所述新的齿布置的表面的所述形状由所述多个工件旋转的所述切削表面的端部区域组成。

3. 根据权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述工件齿布置和/或刀具齿布置的横向于所述旋转轴线的中心距轴线运动的横向运动 (Q) 有助于所述第二相对运动。

4. 根据权利要求3所述的方法, 其中, 所述横向运动 (Q) 包括所述工件齿布置的附加旋转 (ΔC)。

5. 根据权利要求3或4所述的方法, 其中, 所述横向运动包括线性机器轴线 (Y) 的运动, 其与所述工件旋转轴线垂直且与所述中心距轴线 (X) 垂直的方向分量优于沿着这些轴线的各自的方向分量。

6. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 还对所述工件齿布置的齿基部中的齿边缘进行加工。

7. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 所述工件和/或所述刀具齿布置的径向运动 (ΔX) 在沿所述旋转轴线的所述中心距轴线方向的运动有助于所述第二相对运动。

8. 根据权利要求3、6和7中的一项所述的方法, 其中, 所述齿基部中的倒角 (8) 的形状通过根据所述第一相对运动的所述运动状态调整所述径向运动来实现, 并且所述齿面区域中的所述齿边缘的所述材料去除的所述形状通过根据所述第一相对运动的所述运动状态和所述径向运动的所述运动状态调整所述横向运动来确定。

9. 根据权利要求4和5中的一项所述的方法, 其中, 沿齿高方向上的所述材料去除的所述齿廓通过叠加来自所述附加旋转 (ΔC) 和线性机器轴线运动 (ΔX , ΔY) 的横向运动的作用来确定。

10. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 具有进一步的加工路径, 特别是具有所述第一相对运动和第二相对运动的其他方面相同或优选地相移的耦联, 但特别是具有以所述第一相对运动的反向运动方向执行的运动控制。

11. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 所述工件的齿尖处的旋转速度为至少10m/min, 优选地至少20m/min, 特别是至少40m/min。

12. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 倒角(8)于加工期间在所述齿边缘上产生。

13. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 所述刀具齿布置的所述齿廓基本上是相对于所述滚动耦联的所述工件齿布置的反齿布置的齿廓。

14. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其使用单面法进行, 其中在所述工件的相应齿隙中的一个齿隙上加工一个齿面后加工其他齿面。

15. 根据权利要求13所述的方法, 其中, 使用与所述一个齿面相同的刀具和/或在相同的装夹工艺中进行所述其他齿面的所述加工。

16. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 与用于双面加工的所述滚动耦联所需的齿厚相比, 所述刀具齿布置的齿厚被减小。

17. 根据前述权利要求中的一项所述的方法, 其中, 沿所述刀具旋转轴线的所述刀具齿布置的尺寸(h)小于1.5cm, 优选地小于1cm, 进一步优选地小于0.7cm, 特别是小于0.4cm。

18. 特别是根据前述权利要求中的一项所述的用于使用加工刀具(13)加工工件齿布置(3)的齿面区域, 特别是在工件齿布置(3)的齿面与端面(2b)之间形成的齿边缘的方法, 其中, 通过所述齿面区域处的加工形成具有修改功能的新的齿布置表面, 特别是呈倒角形式, 在所述修改功能中, 经修改的机器轴线控制与用于所述新的齿布置表面的虚拟几何形状相关联, 并且从中心区域到所述端面(2b)的第一过渡区域中和/或从所述中心区域到所述齿面的第二过渡区域中的所述虚拟几何形状以去除更多材料的方式偏离所述工件上的目标几何形状, 其中加工基于经修改的机器轴线控制, 特别是在选择所述修改功能之后或自动地进行, 以便抵消由所述加工刀具与所述工件齿布置之间的压缩力引起的在经加工齿面区域上的材料翘曲的任何形成。

19. 一种倒角刀具(10), 其用于加工在工件齿布置的齿面与端面之间形成的齿边缘, 其中, 基本上利用相互滚动耦联的彼此平行的齿布置旋转轴线且以具有由所述刀具齿布置的所述齿面形成的加工表面的刀具齿布置的形式进行加工, 特别设计用于根据权利要求2至18中的一项或多项所述的表征特征的方法进行加工。

20. 一种具有控制指令的控制程序, 当在齿轮切削机上执行时, 所述控制指令控制所述机器以执行根据权利要求1至18中的一项所述的方法。

21. 一种齿轮切削机(100), 其具有: 至少一个工件主轴, 所述至少一个工件主轴用于围绕其工件旋转轴线(C)旋转驱动工件齿布置; 和至少一个刀具主轴, 所述至少一个刀具主轴用于围绕其旋转轴线(C)旋转驱动刀具齿布置; 至少一个第一机器轴线(Z), 所述至少一个第一机器轴线允许所述工件齿布置与所述刀具齿布置之间的平行于所述工件旋转轴线的所述第一相对运动, 其特征在于, 控制装置(99)具有用于执行根据权利要求1至18中的一项所述的方法的控制指令。

用于加工工件齿布置的齿面区域的方法、倒角刀具、具有用于执行该方法的控制指令的控制程序以及齿轮切削机

[0001] 本发明涉及辅助齿成形领域,具体涉及一种通过刀具齿布置加工在工件齿布置的齿面和端面之间形成的齿边缘的方法,在该方法中,齿布置以滚动耦联的方式围绕其各自的齿布置旋转轴线旋转。

[0002] 用于辅助齿成形的方法是已知的;概述可见于Thomas Bausch,“创新齿轮制造(Innovative Gear Manufacturing)”,第3版,第304页。辅助齿成形的起点是例如,通过滚齿、插齿或剃齿加工后的齿布置。使用这种用于生产齿布置的加工方法,所谓的初级毛刺最初是在齿布置的末端边缘出现,加工刀具的切削刃也出现在此处,例如,参考文献Bausch中在第304页顶部中心的图8.1-1所示。这些毛刺边缘锋利且坚固,且必须去除以避免伤人并改善后续加工的齿布置的几何形状。这通常通过使用固定去毛刺钢、随动去毛刺盘或锉盘来实现,并且通常直接与齿布置的生产过程相关。

[0003] 这种仅仅去除初级毛刺(例如,通过车削或如DE 10 2014 018 328中所公开的那样,通过用剃齿刀轮的后侧将其剪掉)通常不能满足对齿边缘质量的要求。因此,通常在齿边缘(末端边缘)上形成倒角。在参考文献Bausch中,末端边缘在图8.1-1的左上角中用B表示,并在右上角中显示了直齿布置时产生的倒角。本发明涉及这样的方法,在这些方法中,通过材料去除来去除齿边缘,齿边缘的形状是在制造齿布置后形成的,因此超出了从齿边缘突出的初级毛刺的剪切范围,从而保持现有的齿边缘形状不变。

[0004] 一种已广泛应用很长时间且仍被频繁使用的倒角技术就是所谓的滚压去毛刺或滚筒去毛刺。在这种情况下,边缘通过滚筒去毛刺轮压制而被塑性地形形成倒角。然而,在此过程中发生的材料位移会导致齿面和端面上出现材料(二级毛刺)堆积,然后必须使用适当的措施将其去除。例如,这样的系统在EP 1 279 127 A1中有所描述。

[0005] 虽然滚压去毛刺是一种非常简单的方法(通常,齿轮形刀具甚至不必旋转驱动;相反,它们可通过接触压力自由地保持在待倒角的工件齿布置上,然后与被驱动的工件滚动耦联),但由此产生的二级毛刺是这种方法的缺点。虽然端面上的二级毛刺仍然可以相对容易地再次被剪掉,例如使用去毛刺钢,但尤其是对于任何在工件硬化后仍可能进行的硬精加工而言,在齿面上产生的二级毛刺是一个问题。如果要在所述硬化之前去除这些齿面侧的二级毛刺,则可以在产生具有最深进给的齿布置的机器上进行进一步的加工,或者使用专用刀具,如在DE 10 2009 018 405 A1中所述的。

[0006] WO 2009/017248提出将二级毛刺产生的重量从齿面移向端面。然而,技术上的进一步方法通过使用几何限定或几何未限定的切削刃进行切削,从而实现材料以切削的方式而不是以冲压方式去除/形成倒角(DE 10 2016 004 112 A1)。

[0007] 为了利用几何限定的切削刃进行倒角切削,各种变体被人熟知(EP 1495824A2),其中用于使齿边缘形成倒角的加工刀具与用于产生工件齿布置的滚刀布置在同一轴线上,但也可以单独地布置(DE 10 2009 019 433 A1),当在一个端面和还有在另一端面上加工前端时,允许通过旋转倒角刀具从内向外进行切割。

[0008] DE 10 2013 015 240 A1公开了所谓的“倒角切削单元”,其外观类似于滚刀,但其

中相同齿廓区域的切削圆重叠,其中齿廓被设计为使得当倒角刀齿穿过工件齿布置的齿隙时,后者在齿隙的两个侧面完全切削形成倒角。在DE 10 2018 001 477 A1中描述了更接近于滚齿的另一种切削倒角。在这种情况下,当多个刀具齿穿过工件齿隙时,使用单面法在多个切削中进行倒角。例如,对于侧面的加工,将刀具旋转轴线相对于水平面旋转的旋转角,例如在垂直工件轴上甚至可以设置为零。

[0009] 根据类似于在DE 10 2013 015 240 A1中公开的“倒角切削单元”的原理,在齿边缘上也有飞刀式的去除,用于产生例如用于齿轮齿布置的斜面 (bevel),其中例如以端铣刀的形式实现的旋转飞刀与其刀具旋转轴线以与工件齿布置的轴线倾斜的方式布置,使得工件齿布置的齿面通过与要生成的最终几何体平行的切削工艺在单次通过加工区域中被加工。第二个飞刀可用于另一个工件齿面。例如,在参考文献Bausch的第323页的中对此进行了描述。

[0010] 在W0 2015/014448中公开了另一种用于切削倒角的方法。在这种情况下,起点是与轴交角啮合的剃齿齿布置,并且与剃齿方法中的一般位置相比,刀具轴线额外倾斜以改变切削运动,然后用于创建倒角。在DE 102014218082A1中公开的方法基于相同的原理,其中倾斜轴线配置已在结构上集成到齿轮切削机中。根据剃齿的原理工作,在这两种倒角过程中,切削机制经由轴线交角发生,并且因此类似于剃齿。

[0011] 从DE 102018108632中已知另一种倒角技术,其中端铣刀具通过机器轴线运动沿齿边缘移动。这种倒角技术特别适用于由于工件上的干涉轮廓,使用“倒角切削单元”或滚齿类刀具无法轻易到达的末端边缘。

[0012] 本发明所要解决的目的是开发一种最初提到类型的方法,其目的在于将相对简单且令人满意的齿边缘加工的灵活性很好地结合起来。

[0013] 该目的通过技术开发从技术角度实现,其基本特征在于两个齿布置旋转轴线基本彼此平行,并且在多个工件旋转中进行加工,并且其中工件齿布置和刀具齿布置之间进行了平行于工件旋转轴线的第二相对运动,并且通过第二相对运动,刀具齿滚动位置的包络线的位置相对于所述包络线与工件齿布置的齿面的啮合位置在垂直于工件旋转轴线的平面内横向于工件齿布置的齿廓移动,所述第二相对运动特别地根据第一相对运动的运动状态而变化。

[0014] 在根据本发明的方法中,切削不是沿着或平行于要形成的新表面形状的表面 (尤其是倒角) 进行,而是由于齿布置旋转轴线基本上彼此平行和由于包络线的移动,在与工件旋转轴线基本上垂直的平面中以切片形式进行的。代替原始齿边缘而形成的表面,例如倒角,是由通过包络线实现的片状材料去除的端部区域组成,该包络线根据第一相对运动的运动状态而变化。根据倒角表面所需的较小粗糙度,例如,在轴向第一相对运动期间执行的加工过程或工件旋转的数量可以选择为相应地更高,因此“切片”的数量可以选择为更高。因此,材料从而从工件齿面上的材料中去除。刀具齿布置的齿面用作加工的加工表面。

[0015] 以这种方式,第一相对运动可以简单的设计作为具有相应多的进给步骤的轴向进给运动来执行。在这种情况下,第二相对运动可以以振荡方式运行,因为它在每个下一个进给步骤之前复位到啮合位置 (零位置)。然而,考虑到更快的加工时间,优选的是,第一相对运动被执行为例如经由平行于工件旋转轴线C的机器轴线Z的例如随时间线性进展的连续进给运动。随着进给率 $Z(t)$ 的增加,如相对于工件旋转轴线所见,刀具齿布置在工件齿布置

的加工端面的区域中与齿隙越来越重叠。例如,在加工过程中,当产生达到倒角深度的倒角时,刀具齿布置尽可能深地浸入工件齿布置中,以加工齿边缘。例如,如果根据优选的实施方式刀具齿布置的齿廓设计为与工件齿布置的齿廓相匹配的齿廓,则在没有相对于包络线与工件齿布置的啮合位置以滚动耦联的方式额外执行包络线移动的情况下,工件齿布置和刀具齿布置可能会与齿轮与啮合齿轮一样,至少在一些区域内,或者也完全沿着至少一个齿面彼此滚离。然而,由于包络线移动进工件齿的材料中,会发生上述“切片”材料去除,它从端面开始并延伸到加工区域的所需范围,例如,倒角宽度。然后可以通过增加进给率来减少偏移来产生所需的倒角表面。如果移动运动也被执行为随时间的线性移位,则在所生成的倒角表面的示例中可形成基本上平坦的表面区域(或如在节圆上的截面中所见的基本上直的齿廓);通过偏离或非线性选择的 $V(Z)$,其中 V 代表第二相对运动并且 Z 代表第一相对运动,也可以生成加工区域的几乎任何期望的齿廓,并且因此例如也可以生成弯曲的倒角。

[0016] 在特别优选的实施方案中,工件和/或刀具齿布置的横向于旋转轴线的中心距轴线运动的横向运动有助于第二相对运动。原则上,在中心距轴线(径向)的方向上的移动也是可以想象的,但是准确地说,对于大量工件齿布置的典型啮合角,所提到的横向运动更合适,其中可以包括径向运动,特别是如果还需要在基部区域进行加工(如下文所述)的情况下。

[0017] 在本文中再次优选的实施方案中,横向运动包括工件齿布置的附加旋转 ΔC 。这在控制方面很容易实现,可以通过(例如,没有切向机器轴线的)简单的加工设备实现。该附加旋转应理解为超出任何可能发生在斜齿布置(helical tooth arrangement)中以维持滚动耦联的附加旋转的附加旋转。

[0018] 在替代的或附加的变体中,横向运动可包括线性机器轴线的运动,该线性机器轴线与工件旋转轴线垂直且与中心距轴线垂直的方向分量优于沿着这些轴线的相应方向分量。在简单设计的机器轴线配置中,该线性轴线可以是切向轴线 Y 和轴向(平行于工件轴线)轴线 Z ,该切向轴线横向于,特别是垂直于径向轴线(X)延伸。由于与这样的 Y 分量相比,附加旋转 ΔC 的影响(取决于刀具)也包括径向分量,例如,附加旋转 ΔC 和线性运动 ΔY 的这两个横向运动分量的组合经由通过工件齿布置的齿设定加工的变化。代替工件齿布置的附加旋转或与工件齿布置的附加旋转一起,也可以使用刀具齿布置的附加旋转 ΔB 。

[0019] 该方法还提供了在工件齿布置的齿基部中加工齿边缘的可能性。尤其为此目的,优选地,沿旋转轴线的中心距轴线的方向运行的工件和/或刀具齿布置的径向运动有助于第二相对运动。在特别简单的设计中,也可以仅将径向运动作为第二相对运动,但如果产生倒角,则这将使基部区域中的倒角与齿面区域中的倒角形状耦联。因此特别优选地,除了径向运动之外,还根据上述机制中的一个机制实现横向运动。然后以具有切向和径向分量的形式引导第二相对运动。

[0020] 就这一点而言,还可提供通过根据第一相对运动的运动状态调整径向运动来实现齿基部中的倒角的形状,并且齿面区域齿边缘的材料去除的形状通过根据第一相对运动的运动状态和径向运动的运动状态调整横向运动来确定。这使得侧面区域中的再加工齿边缘的设计与基部区域中的设计分离。通常,可以根据与侧面法线方向相关的啮合角信息计算切向 Y 的倒角宽度。

[0021] 在另一优选的实施方案中,沿齿高方向上的材料去除齿廓通过叠加来自附加旋转

和线性机器轴线运动的横向运动的作用来确定。如上所述,因此实现了更大的设计可变性,例如,再加工的齿边缘,例如倒角。

[0022] 进一步适宜的实施方案可通过进一步的加工路径来实现,特别是通过运动的其他方面或优选地相移(例如,180°)耦联,并且优选通过第一相对运动的反向运动方向执行运动控制。通过这样的进一步的加工路径,任何尚未从剩余工件齿的材料中完全分离的切屑(chip)都可以被剪掉。因此,优选地使用浮出或后退运动来平滑在浸没期间形成的表面。例如,对于与工件每转一圈的进给速度相同的返回行程,倒角表面上的台阶高度(见图2)通过例如180°的相移减半。例如,需要替代的或附加的切屑分离的情况下,也可使用刷子。

[0023] 在一个特别优选的实施方案中,工件齿尖处的旋转速度为至少10m/min,更优选地至少20m/min,特别是至少40m/min。更优选地,这些旋转速度甚至高于60m/min,更优选高于120m/min,特别是高于180m/min。因此,加工可大致以例如在典型齿布置的剃齿期间发生的旋转速度的数量级进行。以这种方式,在合理的切削条件下,即使实现大量工件旋转,例如3转或更多,也有6转或更多,甚至10转或更多,总加工时间也保持在合理的范围内。

[0024] 在优选的实施方案中,第一相对运动的每工件旋转进给率为至少为2 μ m,优选地至少4 μ m,甚至更优选至少10 μ m,特别是至少20 μ m,和/或不超过0.6mm,优选地不超过0.4mm,特别是不超过0.2mm。

[0025] 使用该方法,不仅可在齿布置上产生倒角,而且可产生斜面状结构,例如用于换挡齿布置。在该方法的一个特别优选的实施方案中,加工在齿边缘上产生倒角,其倒角宽度优选地小于节圆上的齿厚的30%,特别是小于20%。

[0026] 可以想象变体,其中刀具齿布置具有不同设计的区域并且特别设计为在齿廓的特定区域上形成的齿布置,并且必要时将加工设计为若干个加工路径,其中不同的齿布置区域对工件齿布置的齿高方向进行不同区域的加工。然而,在一个特别优选的实施方式中,相对于滚动耦联,刀具齿布置的齿廓基本上是工件齿布置的反齿布置的齿廓。在这种情况下,与通用刀具相比,刀具齿布置是工件特有的齿布置。但是,这并不意味着必须使用双面法。取而代之的是,优选使用单面法进行加工,例如,其中在工件的相应一个/多个齿隙上加工一个/多个齿面后,接着加工其他齿面。

[0027] 在这样的单面法中,优选使用与单齿面相同的刀具和/或相同的装夹工艺(clamping process)来加工其他齿面。这简化了方法序列并减少了要使用的刀具的数量。

[0028] 在另一适宜的实施方案中,与用于双面加工的滚动耦联所需的齿厚相比,刀具齿布置的齿厚有所减小。这降低了在异侧齿面发生碰撞的风险。

[0029] 在全齿布置的意义上,刀具齿布置也可以针对工件的每个齿隙(无跳齿系数(skip factor)的齿距)具有合适的刀具齿。然而,该方法也可用比全齿布置更少的齿数来执行,例如用跳齿系数2或3,但优选地至少确保仍然具有至少几个齿,以确保平均不超过4的跳齿系数,特别是不超过3的跳齿系数。

[0030] 在一个优选的实施方案中,刀具齿布置可被设计成相对于在刀具旋转轴线的方向上的尺寸较薄,例如在这方面的尺寸不大于1.5cm。由于与产生齿布置的刀具的工作输出相比,刀具齿布置的工作输出较低,因此可使用更薄的齿布置,即使是那些尺寸小于1cm,更优选地小于0.7cm的齿布置,但刀具齿布置的更小圆盘厚度为0.4cm或更小,圆盘厚度不超过3mm,甚至2mm的变体也是可以想象的。如果要在微型范围内进行工作,还要考虑例如通过线

切割生产的圆盘厚度不超过1mm、甚至不超过0.5mm、特别是不超过0.3mm。使用此类刀具,当由于例如具有若干个齿布置的工件的肩部或其他干涉轮廓而仅存在很小的(轴向)加工空间时,也可执行齿边缘加工。

[0031] 该刀具可由固体材料制成,也可以是烧结的,特别是设计为一次性刀具。主体也可装配有切削齿或切削齿组,例如以切削刀片的形式,特别是可逆切削刀片。建设性的隙角可以通过齿端面的压痕形成。替代地或附加地,小于90°的楔角可以通过使用设计成锥形的刀具齿面来实现。

[0032] 为了叠加不同机器轴线的作用以实现包络线的移位运动,最好从轴向离散进给的想法开始,并查看在给定轴向渗透深度下要实现的(期望的)移动。例如,可以首先通过齿基部的所需径向渗透深度确定径向运动 $X(Z)$,在该深度处,切向旋转和附加旋转都不会对形状修改产生显着影响。然后通过考虑根据啮合角来确定例如 $Y(Z)$,径向位移 $X(Z)$ 也会在 Y 方向上的附加作用来执行 $Y(Z)$ 。如果包括工件旋转轴线,则根据精度要求,可考虑通过 ΔC 的位移也有一个必须包括的径向分量,该分量通过工件齿布置的齿高略有变化。同时使用 ΔC 和 ΔY 会产生额外的自由度,通过该自由度还可通过齿高来改变倒角的设计,例如,创建逗号形倒角。径向轴线 X 也可用作加工后者的进一步自由度,这在任何情况下都不包括齿基部。

[0033] 如上所述,使用该方法形成的表面可由通过包络线实现的材料去除的端部区域组成,该端部区域根据第一相对运动的运动状态而变化。本发明公开了这种产生新的齿布置表面(区域)的类型是独立地值得保护的,不管新的齿布置表面的精确功能和齿布置旋转轴线相对于彼此的特定定向如何。为此目的,本发明作为进一步方面提供了一种

[0034] 用于通过刀具齿布置来加工工件齿布置的齿面区域,特别是在齿面和工件齿布置的端面之间形成的齿边缘的方法,在该方法中,齿布置以滚动耦联的方式围绕它们各自的齿布置轴线旋转,并且其中在齿面区域上的加工产生新的齿布置表面,其基本特征在于加工是在工件的多个旋转中执行的,其中在工件齿布置和刀具齿布置之间进行了具有平行于工件旋转轴线的方向分量的第一相对运动,并且通过特别根据第一相对运动的运动状态而变化的第二相对运动,刀具齿布置的包络曲线的位置相对于其与工件齿布置的齿面的啮合位置横向于工件齿布置的齿廓移动,特别是垂直于刀具旋转轴线移动,如在垂直于工件旋转轴线 C 的平面上的投影所见,因此,在相应工件旋转的一次通过期间,沿着切削表面去除材料,其中新的齿布置的表面的形状由多个工件旋转的切削表面的端部区域组成。因此,切削优选地在与刀具旋转轴线基本上垂直的平面内进行。

[0035] 不言而喻,上述针对优选实施方案所描述的方面,特别是对于形成作为新的齿布置表面的相位,也可用于刚刚定义的方法。

[0036] 在优选设计中,刀具和工件的齿布置轴线可都位于同一平面中,但其中一个可相对于另一个倾斜一定角度。该轴线位置特别适用于加工靠近末端边缘的区域,并且齿布置的相关端平面不垂直工件轴线,但也相对于所述区域倾斜的情况。然后可以将相对轴线的倾斜度调整为端面相位对于与工件旋转轴线的垂直平面的倾斜度值。

[0037] 除了将相位创建为新的齿布置表面区域外,已解决了斜面的创建问题。在这种情况下,也可以创建起动小齿轮的引入表面。

[0038] 关于上述倾角,还可规定在斜面或斜面体齿布置上产生新的齿布置表面,其中刀

具以这样的角度应用,即通过定向刀具和锥齿轮的轴线,刀具的切削齿廓与在齿布置的锥形外侧上的相位齿廓平行。

[0039] 就这一点而言,还提供了为了创建新的齿布置表面,尤其是相位,不仅使用圆柱齿轮状工件,而且还使用凸齿布置,或者尤其是所述锥齿轮齿布置。就这一点而言,优选的是使用被设计成轴线角小于 60° 、更优选小于 40° 、特别是小于 30° (相应地单个工件的锥度约为这些值的一半) 设计的锥齿轮齿布置 (斜面体和准双曲面)。因此,那么可以将刀具的倾斜角调整为锥齿轮的滚动锥角。

[0040] 在另一优选实施方案中,齿布置刀具可能已集成在具有主刀具的刀具布置中,或者集成在工件齿布置中的主刀具中,在工件齿布置上使用该方法产生新的齿布置表面,特别是倒角。特别地,齿布置可以用成形轮 (用于插齿) 或剃齿刀轮 (用于剃齿) 的后侧来制造。特别是对于通过剃齿产生的主加工,可考虑将刀具设计为与倒角刀具的組合的刀具,特别是两个圆盘状刀具的形式,其特别是在轴向上一个直接被安排在另一个上面,使其旋转轴线重合。这样的齿布置刀具也可以形成在具有用于剃齿的切削刃的第一端面上形成有设计用于剃齿的齿廓,并且在后侧可以形成有设计用于相同齿布置的插齿的齿廓,然后该齿廓将设计具有平行轴线 (如插齿一样) 或可能具有优选地位于一个平面但彼此倾斜角的轴线,同时为产生齿布置的刮削过程设置轴交角,为此设计了刮削工艺。

[0041] 根据另一方面,新的齿布置表面不一定必须与加工的齿布置的端面相邻。例如,还考虑生产具有旋转轴线特别是彼此倾斜或特别是平行的凹槽 (pocket)。为此,也可将齿布置刀具制成非常薄的圆盘,在第一步中,首先使用尚未在整个凹槽宽度上形成的相应薄切口,可能用振荡的第二相对运动达到所需的凹槽深度,但在工件轴线方向上仍处于相同高度,随后,按照上述描述,在相位的生产阶段中使用的方法步骤相同,但横向运动的延伸相同,以形成均匀深切口直到达到整个轴向凹槽宽度。

[0042] 在这方面,可以看出并公开了方法可明确地并且优选地用彼此平行的齿布置旋转轴线上进行,为了通过第一相对运动和第二相对运动进行加工来加工齿边缘,特别是为了产生倒角,但该具有从多个工件旋转的切削表面的端部区域组成新的齿排列表面的方法,也可以用于新的齿布置表面,其中操作是用非平行的齿布置旋转轴进行的,或者其中没有加工齿边缘,特别是,没有形成作为新的齿布置表面的倒角表面。

[0043] 在另一个可能的实施方案中,提供了修改功能,其中经修改的机器轴线控制与用于新的齿布置表面的虚拟几何形状相关联,并且从中心区域到端面的第一过渡区域中和/或从中心区域到齿面的第二过渡区域中的虚拟几何形状以去除更多材料的方式偏离工件上的目标几何形状 (例如,经由倒角宽度和倒角角度参数的 (典型) 组合定义的), 其中加工基于修改的机器轴线控制,特别是在选择修改功能之后或自动地进行。以这种方式,可抵消由加工刀具与工件齿布置之间的压缩力引起的在经加工齿面区域上的材料翘曲的任何形成。

[0044] 这种修改功能的提供也可以有利地独立于特定的加工运动学和/或加工刀具的形状,特别是在可能出现这样的压缩力和/或工件齿布置的材料不能提供足够的流动阻力来抵消任何出现的压缩力的方法中。在这方面,本发明还公开了一种用于使用加工刀具加工工件齿布置的齿面区域 (特别是在齿面和工件齿布置的端面之间形成的齿边缘) 的方法,其中通过齿面区域处的加工形成具有修改功能的新的齿布置表面 (特别是呈倒角形式), 在该

修改功能中,经修改的机器轴线控制与用于新的齿布置表面的虚拟几何形状相关联,并且从中心区域到端面的第一过渡区域中和/或从中心区域到齿面的第二过渡区域中的虚拟几何形状以去除更多材料的方式偏离工件上的目标几何形状,其中加工基于修改的机器轴线控制,特别是在选择修改功能之后或自动地进行,以便抵消由加工刀具与工件齿布置之间的压缩力引起的在经加工齿面区域上的材料翘曲的任何形成。

[0045] 修改功能可以由控制器自动执行的方式实现,并且可能以机器操作者无法检测到的方式在后台发生。然而,还规定,修改功能是当操作执行该方法的机器时可选择的选项。例如,在注意到没有修改功能的情况下生成的新齿布置表面的偏离之后,操作者可激活修改功能。

[0046] 在另一个优选的实施方案中,修改功能的参数可以是可变的,并且可以特别通过操作者输入来确定。就这一点而言,例如,可输入和/或可(从预先选择的选项中)选择偏离的形状和/或大小。

[0047] 例如,偏离的形状可用倒圆或斜面来实现。例如,如果在直齿布置上需要(例如,45°)倒角并且该倒角对应于工件上的期望目标几何形状,则虚拟倒角几何形状例如可在到达端面之前转变成具有更高角度的斜面,和/或在到达齿面之前转变成具有更小角度(在每种情况下相对于齿面)的斜面。

[0048] 例如,如果 δ 表示倒角的(中心区域的)倒角角度,则该较低角度(ϵ)应优选地比 δ 低至少15°和/或不超过30°,并且优选地不超过20°。这同样适用于较高的角度(η),该角度优选地比 δ 大不小于15°、和/或大于60°,特别是大于70°。

[0049] 此外,优选的是,具有预定倒角角度 δ (在中心区域中)的虚拟几何形状的倒角宽度(b_s)比以相同角度 α 连续的倒角所产生的倒角宽度大至少2%,优选地大至少5%,特别是大至少10%。这同样优选地也适用于侧面方向上的倒角延伸(b_f)。

[0050] 在另一个优选的实施方案中可以规定,作为实现这种修改功能的替代或补充,为(扩展的)倒角目标几何形状提供输入选项,该输入选项在上述说明的范围中提供对应于虚拟几何形状的定义的扩展的输入选项,特别是在输入基本倒角数据(诸如倒角宽度和倒角角度)之后,还以设计的形式提供与工件上的目标几何形状的偏离。因此,如果偏离工件上的目标几何形状的倒角几何形状数据的输入已以如上所述定义第一过渡区域或第二过渡区域的方式发生,则这些(扩展的)倒角数据可用作机器轴线控制的基础,对应于将修改函数的虚拟几何形状用作基础。

[0051] 因此,扩展的倒角数据优选地至少在端面上和/或在侧面侧上定义到倒角的中心区域的过渡区域,该过渡区域的形状偏离中心区域的形状,具体地,呈倒圆或斜角的形式。在倒圆的情况下,上述角度值优选以在倒圆上平均的切线斜率的形式同样适用。

[0052] 应当理解的是,所描述的修改功能和/或具有扩展的倒角数据的输入选项优选地用于根据一开始所解释的加工方法的一个或多个方面的加工方法。

[0053] 在装置技术方面,提供了一种倒角刀具,用于加工在工件齿布置的齿面和端面形成之间的齿边缘,其中基本上利用相互滚动耦联的彼此平行的齿布置旋转轴线且以具有由刀具齿布置的齿面形成的加工表面的刀具齿布置的形式进行加工,根据特别是设计用于根据上述一个方面的方法进行加工和/或具有上述设计特征。

[0054] 本发明还受到控制程序的保护,该控制程序含有控制指令,当控制指令在齿轮切

削机的控制装置上执行时,其控制机器根据前述一个方法方面中的方法进行工作。

[0055] 此外,本发明提供一种齿轮切削机,该齿轮切削机具有:至少一个工件主轴,该至少一个工件主轴用于围绕其工件旋转轴旋转驱动工件齿布置;和至少一个刀具主轴,该至少一个刀具主轴用于围绕其旋转轴线旋转驱动刀具齿布置;至少一个第一机器轴线,该至少一个第一机器轴线允许工件齿布置和刀具齿布置之间的平行于工件旋转轴线的的第一相对运动,其特征在于,控制装置具有用于执行根据前述方法方面中的一个方法方面的方法的控制指令。

[0056] 齿轮切削机可以是更大的机器复合体,其还包括用于产生齿布置的刀具主轴。然而,齿轮切削机也可以设计为独立的倒角工位。在一种简单的设计中,机器轴线在工件旋转轴线方向上设有主要分量,用于优选地在工件旋转轴方向上的第一运动。对于立式机器,这将是垂直轴线。

[0057] 还优选地提供径向轴线,以保持该工位可用于不同直径的工件和刀具,并且可选地作为一个附加的进给轴线。在另一实施方式中,切向轴线也可以实现为线性加工轴线,优选地与径向轴线垂直并且与工件旋转轴线垂直。在特别优选的实施方式中,倒角工位不具有可以改变刀具旋转轴线和工件旋转轴线的平行布置的枢转轴线或倾斜轴线。为了以简单的方式设计工位,还可以优选地省略线性切向轴线。

[0058] 刀具旋转轴线优选地是通过直接驱动或者通过间接驱动驱动的轴线。不言而喻,有一个设计为NC轴线的机器轴线控制器,该控制器能够保持同步滚动耦联,并通过附加旋转以有针对性和受控的方式使其异相。在这种情况下,优选地提供定心装置,其例如具有非接触式定心传感器。

[0059] 根据本发明也非常薄的倒角轮,也允许在不利的空间条件下进行齿边缘加工,例如由于干涉轮廓引起的空间条件,并且例如也可以设计为串联刀具。还可以设想根据本发明的用于生产工件齿布置的剃齿刀轮和倒角轮的非旋转连接组合。然后,主加工单元的机器轴线可用于倒角,但代价是更长的非生产时间。还可以以不可旋转的方式耦联根据本发明设计的用于不同工件齿布置的两个倒角轮,以形成串联刀具,例如,用于在不更换刀具或加工具有两个或多个不同齿布置的工件的情况下对不同批次的工件进行倒角。

[0060] 参考附图,本发明的另外特征、细节和优点将根据参考附图的以下描述而变得显而易见,其中:

[0061] 图1示出了齿轮形刀具和由该刀具加工的齿布置,

[0062] 图2示出了工件的截面和生产出来的倒角,

[0063] 图3a示出了产生倒角的解释性视图,

[0064] 图3b示出了图3a的放大截面,

[0065] 图4示出了在后退运动期间的瞬时位置,

[0066] 图5示出了相对于工件齿廓移位的包络线,

[0067] 图6a、图6b示出了单面加工的解释性视图,

[0068] 图7示出了相对薄的刀具齿布置的表示,

[0069] 图8a、图8b示出了加工难以触及的齿边缘的示意图,

[0070] 图9示意性地示出了倒角单元,并且

[0071] 图10描述了修改功能。

[0072] 图1是具有已制造的内齿布置3的工件2的透视图。在该实施方案中,内齿布置3是直齿的,但也可以加工斜齿布置以及外齿布置。

[0073] 图1所示的加工操作发生在工件2的下端面2b上;在该示例性实施方案中,内齿布置3的大致渐开线齿轮4的齿边缘将在末端边缘2b上设置倒角。不言而喻,随后还可以在另一端面2a上进行进一步的倒角处理。然而,该方法也适用于可滚动的非渐开线工件齿布置。

[0074] 使用刀具齿布置13进行加工。为此目的,在该示例性实施方案中提供了盘形刀具10,该盘形刀具外齿有刀具齿布置13。在该示例性实施方案中,刀具齿布置13是内齿布置3的反齿布置。这意味着,当工件2和刀具10以同步滚动耦联相互啮合时,刀具齿布置13的齿14浸入在内齿布置3的齿4之间的齿隙中并在工件齿面滚离。刀具齿14的滚动位置的包络线反映了工件齿4的齿面上的大致渐开线齿廓。如在优选的方法实施方案中那样,如果使用单面法进行加工,则刀具齿14的齿厚也可设计成比接触式双面滚动啮合所需的更薄。从图1也可以看出,在工件齿布置3的旋转轴线C和刀具齿布置13的旋转轴线B之间没有设置轴交角;旋转轴线B和C平行运行。在图1中显示为坐标系的其他轴X、Y和Z可以部分或全部实现为机器刀具的线性机器轴线(未描绘),例如Z(进给,平行于C)、X径向轴线(中心距方向)、Y切向。

[0075] 图1所示的刀具齿布置13与工件齿布置3的相对位置大致为加工开始时的状态。在开始加工之前,设置在工件2的端面2b和齿4的相邻齿面之间的齿边缘6仍然是锐利的,例如,其形状类似于先前用于生产内齿布置3的方法产生的形状,例如通过剃齿、滚齿或插齿或其他成型方法,其中在加工以产生齿布置期间形成的初级毛刺可能已去除。

[0076] 该实施方案和许多优选方法实施方案的齿边缘加工的目的是在前齿边缘6的位置形成倒角8,例如如图2所示。为了放大说明,图2仅示出了靠近基部的齿隙5的区域和靠近尖端的刀具齿14的区域。

[0077] 现在将参考图3a描述用于生产倒角8的优选示例。如轴向所示,轴向相对运动使工件齿布置13在工件齿布置3的下端面2b的高度水平之上移动 Δz 。此外,例如,由于工件相对于同步滚动耦联的相位位置的附加旋转 ΔC ,刀具齿滚动位置的包络线在切向Y上移动了一个量,该量对应于倒角宽度w,例如在该实施方案中,为0.3mm。结果,设置在刀具10的端面12和由刀具10上的刀具齿布置13的齿面表面形成的加工表面18之间提供的锐利边缘19在执行滚动啮合的滚动运动时切断工件2的端面2b上的材料。在这种情况下,切削运动基本上在与旋转轴线C垂直的平面内。该切削运动终止于距前齿边缘6一定距离处,该距离的大小为倒角宽度w。通过刀具10在轴向浸入更深的情况下重复该过程,但位移减小 ΔY ,下一步在下次旋转期间仅达到 $w - \Delta Y$,以此类推,如图3a所示。因此,这导致在切向上去除不同切削深度的切片从而也导致了在齿面法线方向上也具有不同的延伸。在轴向运动结束时,当轴向渗透深度达到期望倒角深度d的水平时,位移再次为零,并且在通过附加旋转 ΔC 实现横向运动的该示例性实施方案中,再次达到同步滚动耦联的相位。

[0078] 如果仅经由线性机器轴线进行移位运动,则在加工期间将保持同步滚动耦联的相位位置,并且经由机器轴线设置,例如经由切向轴线Y,实现包络线的对应移位,从而实现切片去除的效果。径向轴线X的作用或相互作用也是可以想象的。此外,可使用由轴线运动X、Y;X、 ΔC ;Y、 ΔC ;X、Y、 ΔC 组成的组合。如图2所示如果还要创建一个基础倒角,则优选包括径向轴线。

[0079] 优选地,并且如本示例所示,轴向运动将通过连续进给运动进行,其中每次工件旋

转具有可调节的进给率。例如,在所示的示例性实施方案中,工件速度为1,000rpm,并且每次工件旋转进给率为0.02mm。为了制造图3所示的倒角,例如,倒角宽度约为0.3mm,倒角深度d也约为0.3mm,对应于大约45°的倒角,工件旋转15圈(为简单起见,图3和图3a中的放大剖切图仅示出了较少数量的步骤和切片去除阶段)。

[0080] 为了平滑倒角8的表面,在该示例性实施方案中刀具齿布置13的边缘19再次沿着倒角8引导。为此,在轴向上反转运动方向,并保持包络线的位移与当前的轴向浸入深度之间的关系,但优选地,在[90°-270°]的范围内提供 α 的相位移。也可以在出现运动期间以比浸没运动期间更低的进给率工作。这种平滑后退运动的瞬时情况如图4所示。

[0081] 图5再次示出了由于移位运动,包络线28如何相对于其零位置从单个滚动位置29i偏移,该零位置对应于工件齿面的齿廓。

[0082] 图6a和图6b再次示出了移位运动以及在优选方法实施方案中选择的单面法(左右侧面不是同时倒角而是一个接一个地倒角,但在本示例中使用相同的刀具)。

[0083] 图7是倒角刀具的平面图和侧视图。从后者可以看出,该示例性实施方案中刀具齿布置的圆盘厚度h仅为3mm。图7所示的倒角轮有40个齿,模数为2,并且啮合角为20°。不言而喻,齿数或圆盘厚度等齿布置数据也可以采用其他值。

[0084] 由于刀具齿布置的齿布置轴线平行于工件齿布置的齿布置轴对齐,具有相对较薄设计的倒角轮也非常适合加工难以触及的齿边缘,诸如在图8a示意性示出的情况,其中工件2'具有两个不同的外齿布置3'并且上齿布置3'a的下端面与下齿布置的3'b的上端面只有很小的轴向距离。在图8b中,该刀具采用承载两个刀具齿布置的串联刀具的形式。第一刀具齿布置13'a用于对工件齿布置3'a进行倒角,而第二刀具齿布置13'b用于对另一工件齿布置3'b进行倒角。

[0085] 从图8a、图8b还可以看出,所提出的方法也可用于对外齿布置进行倒角,类似于参考图1描述的倒角内齿布置3。

[0086] 还可以理解,尽管图1示出了用于直齿布置的倒角方法,但该方法也可用于倒角斜齿布置。在这种情况下,刀具齿布置可以设计成与平行轴线的滚动啮合匹配,作为斜齿布置,以匹配工件齿布置的螺旋角。替代地,可考虑窄的,特别是锥形的,但仍然是直齿的刀具齿布置。

[0087] 图9中所示的倒角单元100能够使用三个线性轴线X、Y、Z定位刀具旋转轴线B,这些轴通过相应的托架布置110、130、120实现,相对于工件旋转轴线C(C平行于B)。轴线运动X、Y、Z、B、C通过控制器99进行NC控制。对于另一种更简单的设计,也可以省略托架130。

[0088] 图9中示意性地示出的倒角单元100可集成到齿轮切削机中,该齿轮切削机的刀具侧主轴承产生工件齿布置的刀具,诸如剃齿刀轮、滚刀或插齿轮。然后,倒角仍可在与主加工相同的工件装夹工艺中进行,或者也可在另一位置进行,通过适当的自动化装置(诸如环形装载机、夹具或双主轴装置)从主加工位置到倒角位置。同样,倒角单元可设计为独立的倒角机,并且工件可由工件自动化装置接收,也可从若干个齿轮切削机接收,这些提供已生产的用于辅助齿加工的齿布置。

[0089] 特别是,如果主加工和辅助加工不在工件的同一装夹工艺中进行的,则(倒角)加工单元还具有定心装置,诸如非接触式定心传感器,以便确定同步滚动耦联的同相相位的相对旋转位置。

[0090] 现在参考图10来解释修改功能。示出了针对直齿布置的倒角F的目标几何形状,该倒角F由倒角角度 δ (在这种情况下,但不限于 45°)和倒角宽度 b_s 定义。然而,通过上面已解释的修改功能,机器轴线控制并不基于这些基本倒角数据,而是基于对应于图10中的表示的虚拟倒角的数据,其中在端面处的附加斜面区域 F_s 具有在此以举例的方式为大约 80° 的角度 η ,并且在齿面处的 F_f 具有在此也以举例的方式为 10° 的角度。斜面的定位使得虚拟倒角宽度 $b_s + \Delta b_s$ 大大超过目标倒角宽度 (仅用于代表性目的),如图所示;实际扩大的集合可能仅为百分之几。这同样适用于替代地和/或附加地修改的到具有相对于 b_f 的修改的扩展量 $b_f + \Delta b_f$ 的侧面的过渡。由于去除了更多的材料,而不是针对目标几何形状控制机器轴线,即使在由于加工期间的压缩力而导致的材料移位的情况下,相对于虚拟几何形状出现的材料翘曲也不会变为相对于目标几何形状的材料翘曲。

[0091] 此外,本发明不限于前文示例中所示的实施方案。确切地说,以下描述和以下权利要求的各个特征单独地或组合地,对于实施本发明的不同实施方案来说是必不可少的。

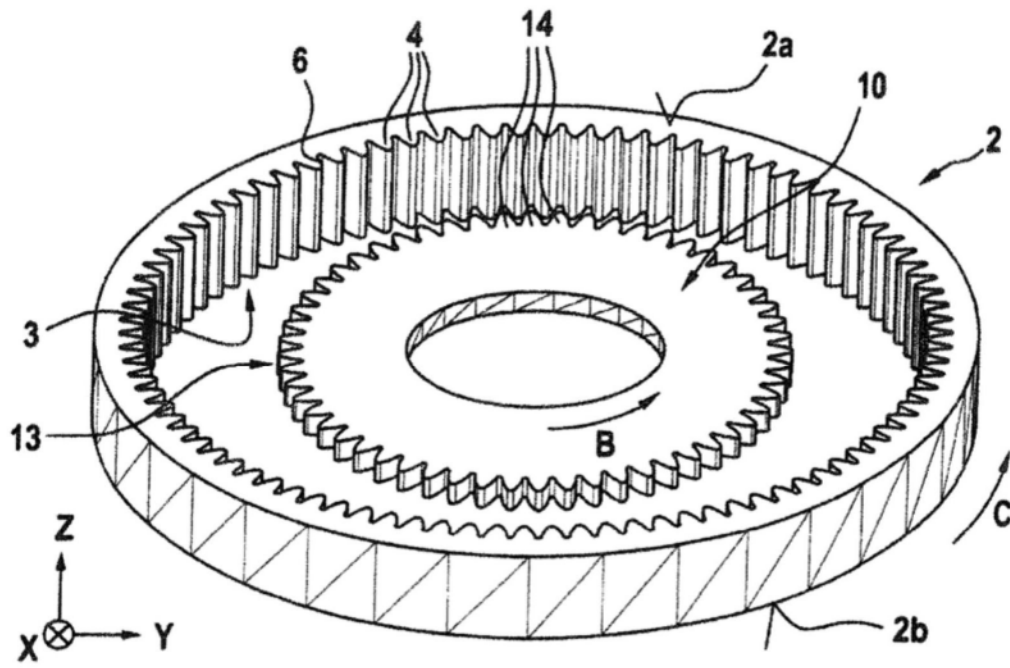


图1

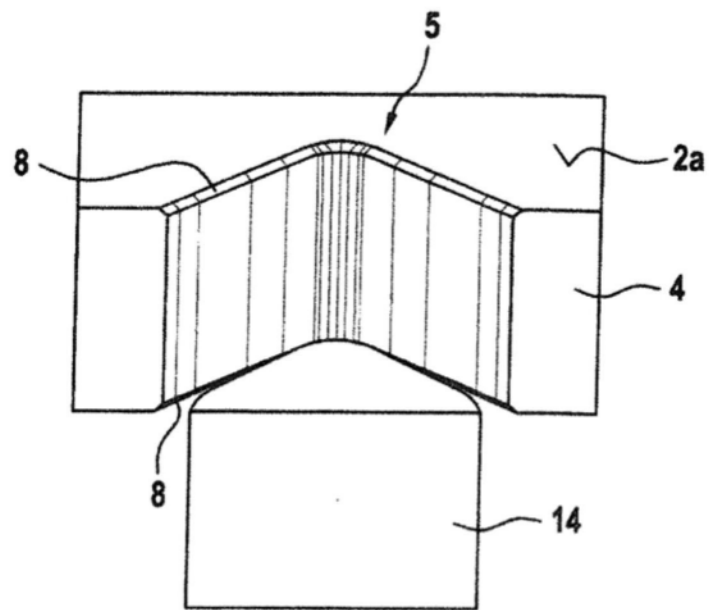


图2

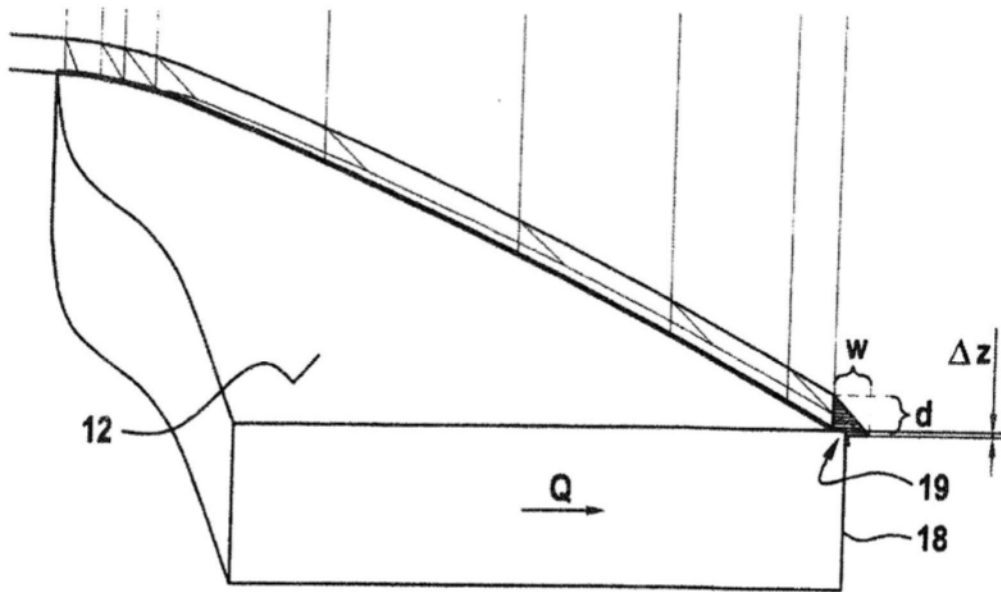


图3a

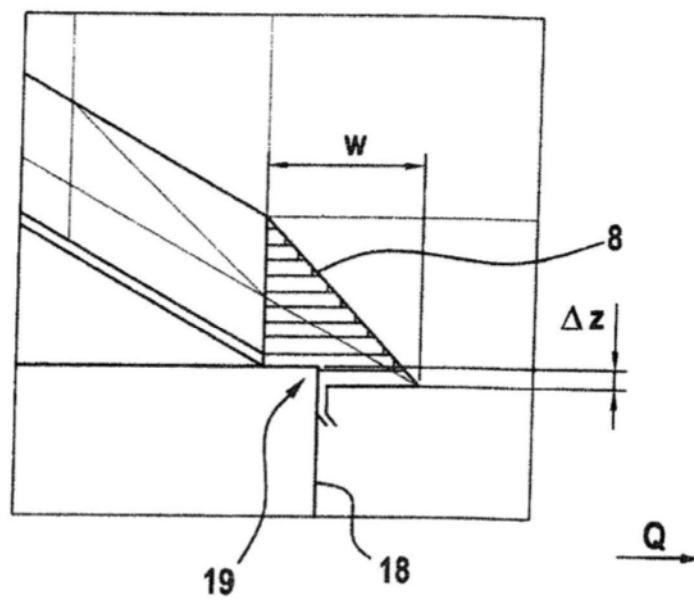


图3b

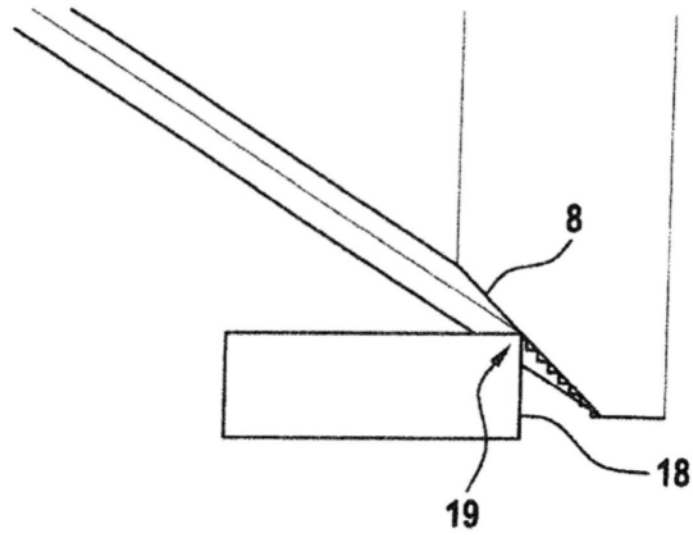


图4

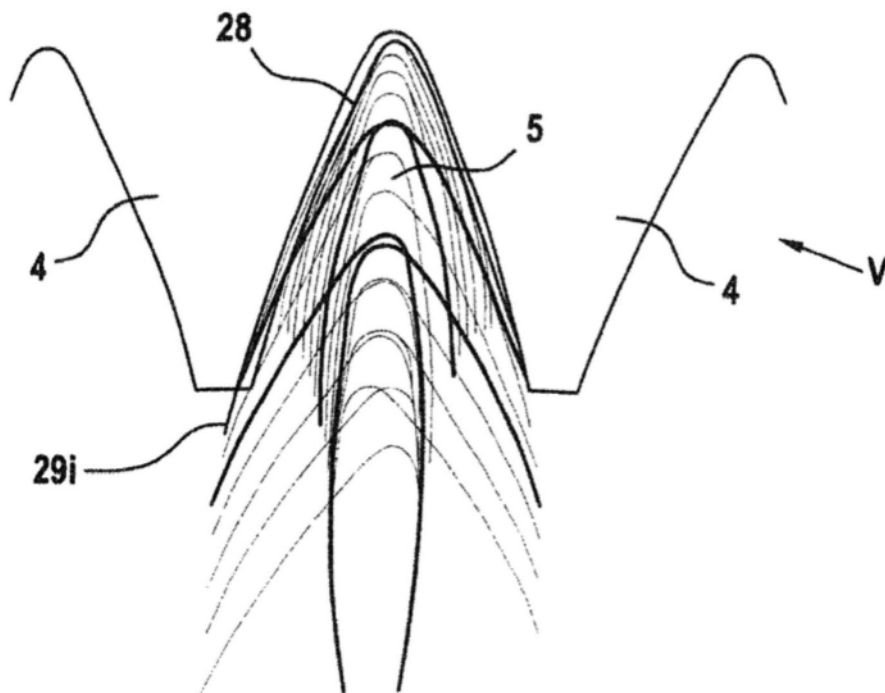


图5

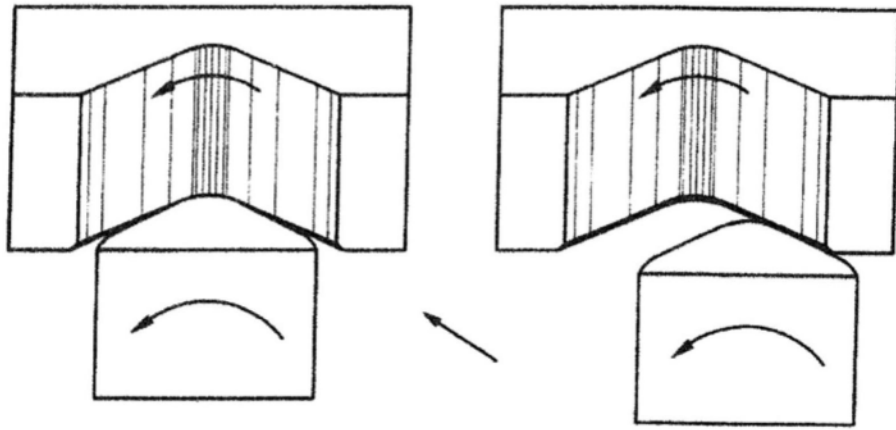


图6a

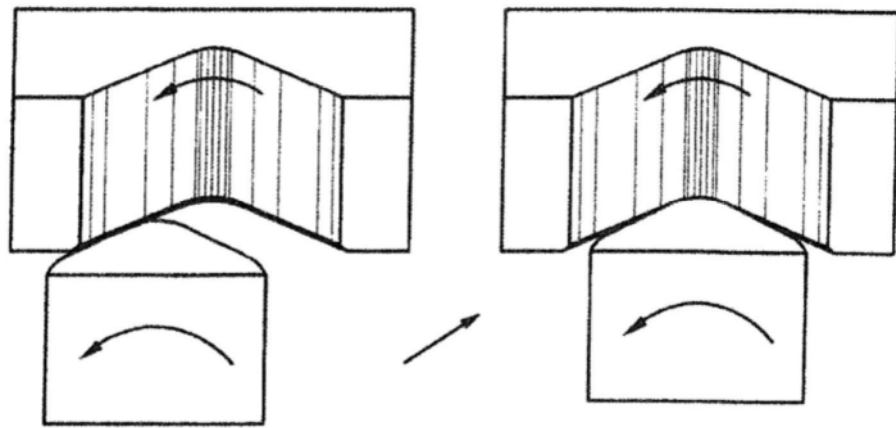


图6b

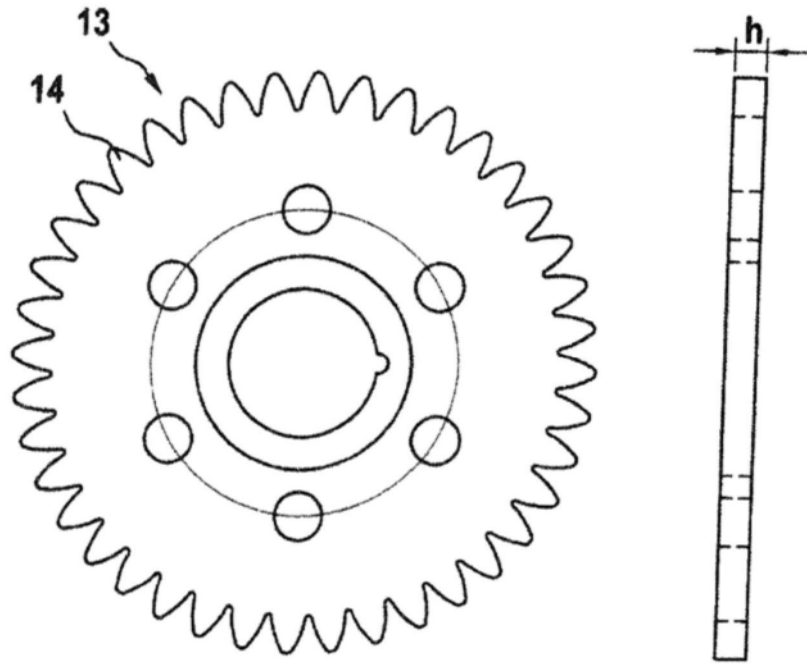


图7

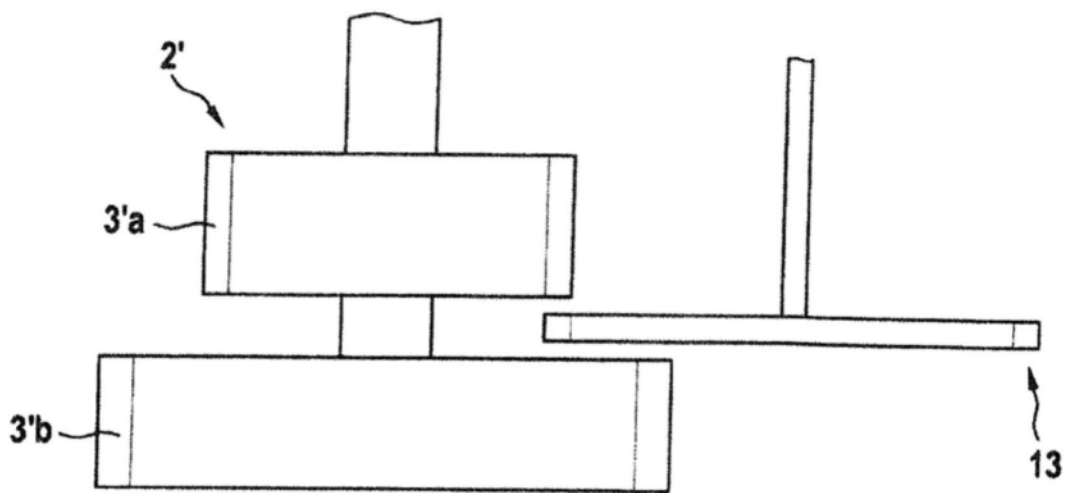


图8a

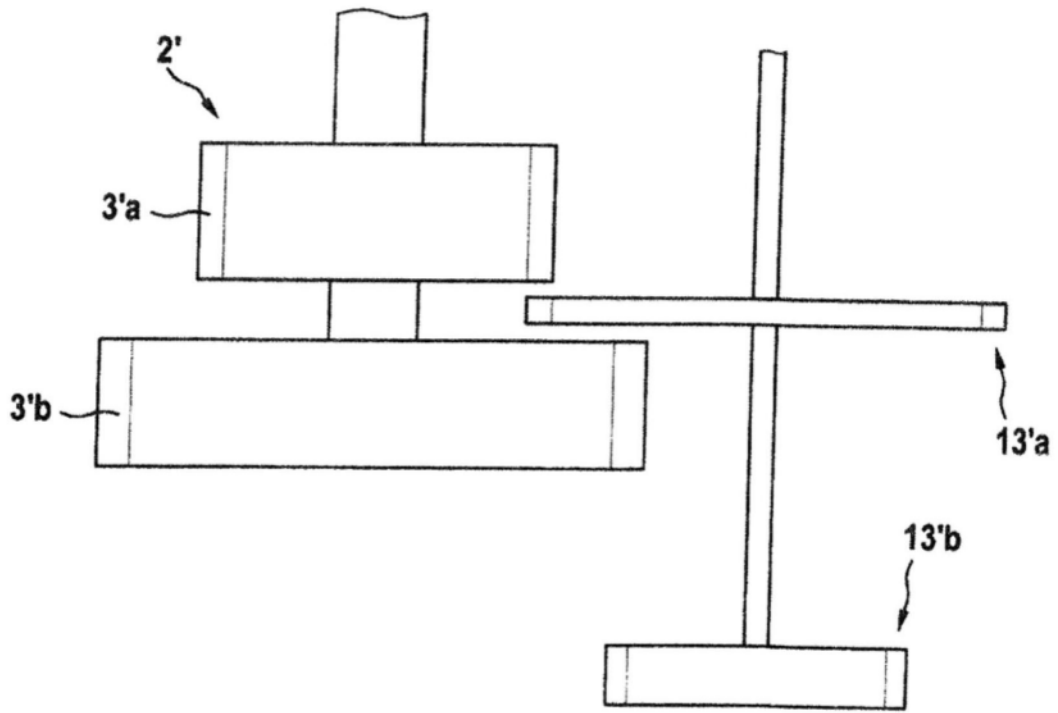


图8b

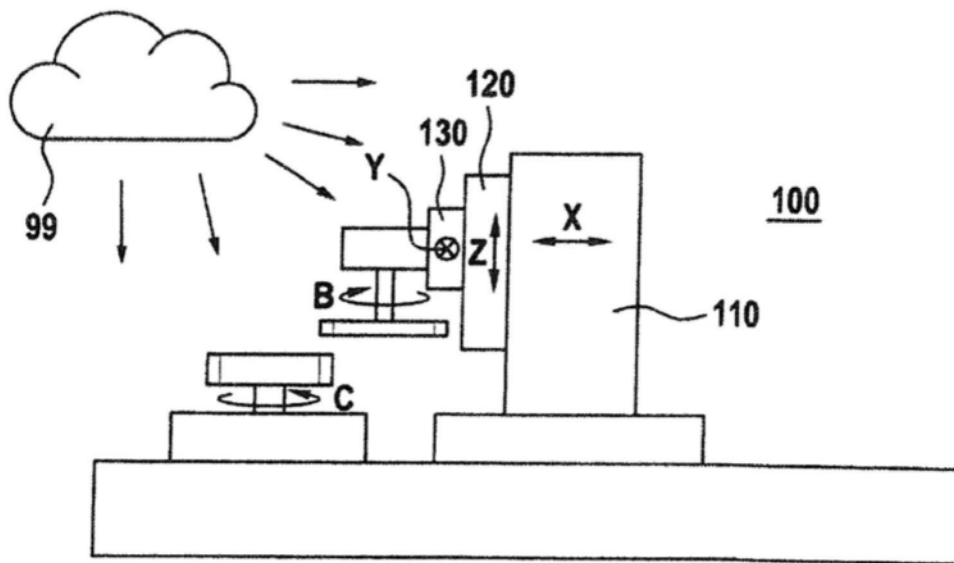


图9

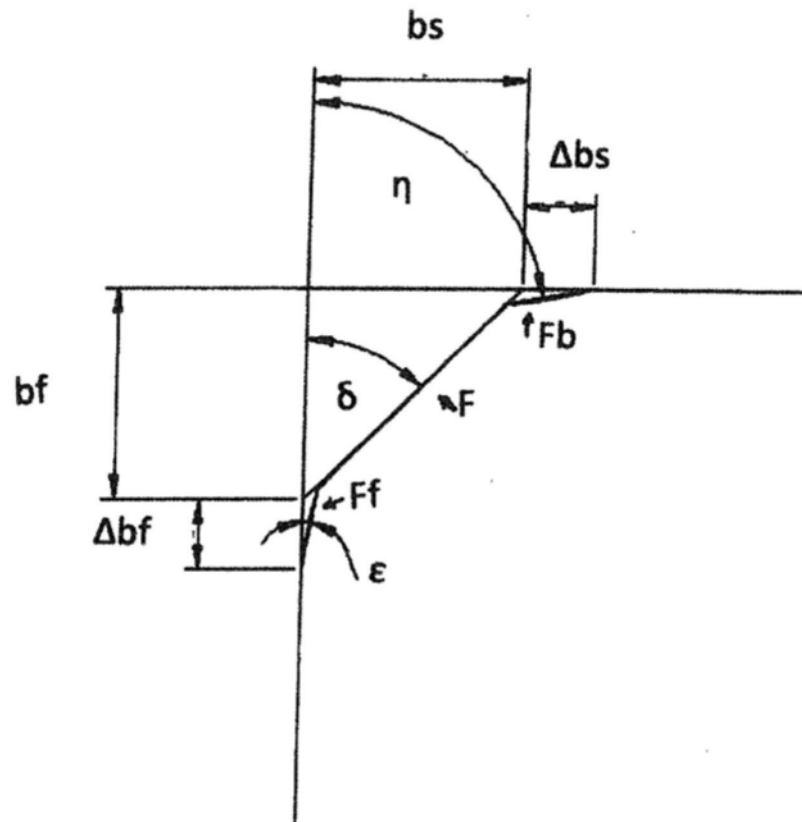


图10