



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102791410 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201080059363. 2

(22) 申请日 2010. 10. 05

(30) 优先权数据

09173800. 5 2009. 10. 22 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 06. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/064842 2010. 10. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/047957 DE 2011. 04. 28

(73) 专利权人 科林基恩伯格股份公司

地址 瑞士苏黎士

(72) 发明人 H·穆勒

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

31100

代理人 刘佳

(51) Int. Cl.

B23F 5/06(2006. 01)

B23F 19/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5014467 A, 1991. 05. 14,

NL 2000617 C, 2008. 10. 28,

DE 202009009138 U1, 2009. 10. 08,

DE 19829880 A1, 1999. 08. 26,

DE 10027011 A1, 2001. 12. 06,

CN 101516558 A, 2009. 08. 26,

US 5014167 A, 1991. 05. 14,

审查员 王泽莹

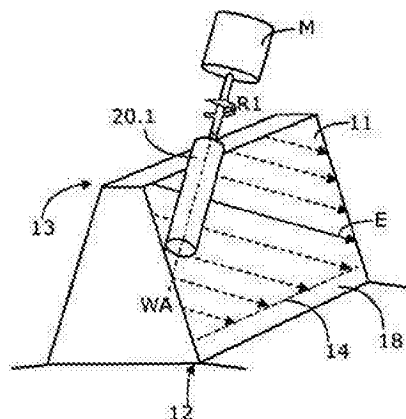
权利要求书1页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

硬精加工齿轮的齿侧面的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种使用机器对齿轮的预制齿侧面(11)进行硬精加工的方法,所述机器包括至少五条被协同地控制的轴和一条额外的刀具轴(WA)。根据本发明,在所述机器侧驱动旋转对称刀具(20.1),以将所述刀具设定为绕所述旋转轴(WA)旋转(R1)。另外,驱动所述被协同地控制的轴,使得所述刀具(20.1)的表面线的直线部分在生成运动中沿所述齿侧面(11)的切线方向被引导,而所述刀具(20.1)围绕所述刀具轴(WA)旋转(R1)而刮削掉所述预制齿侧面(11)的材料。所述生成运动跟随预定的运动向量(E)。



1. 一种使用机器 (100) 对齿轮 (10) 的预制齿侧面 (11) 进行硬精加工的方法, 所述机器包括至少五条被协同地控制的轴和额外的刀具轴 (WA), 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

- 驱动旋转对称刀具 (20 ;20. 1, 20. 2), 将所述旋转对称刀具设定为绕所述刀具轴 (WA) 旋转 (R1),

- 控制所述被协同地控制的五条轴中的一条或多条, 以致于所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 的包络线的至少一个短直线部分以在生成运动中沿所述预制齿侧面 (11) 的切线方向被引导, 而所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 围绕所述刀具轴 (WA) 旋转 (R1) 而刮削掉所述预制齿侧面 (11) 的材料, 其中所述生成运动跟随预定的运动向量 (E),

其特征在于, 所述生成运动跟随所述运动向量 (E), 所述运动向量弯曲地延伸, 其中这些运动向量 (E) 与刀头的虚拟刀具轨迹相对应或近似于刀头的虚拟刀具轨迹, 当滚铣产生所述预制齿侧面 (11) 时形成这些刀具轨迹。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述机器 (100) 的控制单元 (S) 产生控制信号, 以使所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 与所述预制齿侧面的待加工表面相切地接合并进行所述生成运动。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 是具有圆柱形基体的刀具 (20. 1)。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 是具有圆柱形基体的刀具 (20. 1)。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 是具有截锥形基体的刀具 (20. 2), 以及利用与所述刀具 (20. 2) 的锥角对应的所述刀具轴 (WA) 的刀刃角来达到沿所述预制齿侧面 (11) 的切线方向引导所述刀具 (20. 2)。

6. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 是具有截锥形基体的刀具 (20. 2), 以及利用与所述刀具 (20. 2) 的锥角对应的所述刀具轴 (WA) 的刀刃角来达到沿所述预制齿侧面 (11) 的切线方向引导所述刀具 (20. 2)。

7. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

- 通过设定围绕所述刀具轴 (WA) 旋转的转速来设定切削速度。

8. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

- 通过设定引导所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 沿所述预制齿侧面 (11) 的进刀运动的速度来设定生产量。

9. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

- 通过设定引导所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 沿所述预制齿侧面 (11) 的进刀运动的速度以及设定毗邻的运动向量 (E) 之间的距离 (A) 来设定表面质量。

10. 根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

- 通过设定引导所述刀具 (20 ;20. 1, 20. 2) 沿所述预制齿侧面 (11) 的进刀运动的速度以及设定毗邻的运动向量 (E) 之间的距离 (A) 来设定加工精度。

11. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述运动向量 (E) 相互平行。

## 硬精加工齿轮的齿侧面的方法

[0001] 发明的技术领域

[0002] 本发明的主题是一种硬精加工齿轮的预制齿侧面的方法。

[0003] 发明背景、技术状况

[0004] 生产齿轮一般分为“软加工”和“硬加工”。软加工是在硬化工件之前执行。然而，硬加工是在硬化后执行。

[0005] 在软加工后，由于随后要进行硬化，所以可导致硬化变形。为了实现所需的几何图形、接触特性和表面质量，这样的齿轮因而往往要在硬的状态的情况下进行机械抛光。

[0006] 图 1 示出了示例性的处理流程 100 的示意图。其涉及用于加工齿轮的一般实施例。在所示的实施例中，由毛坯开始（框 101）执行下述软加工步骤。例如可以通过车削（框 102）形成（中心）孔。然后将毛坯翻转作进一步加工（框 103）。在翻转之后，接着可通过车削进行重新加工（框 104）。这些步骤是可选择的，此处也被称为母材制作步骤（preform fabrication）。在所述母材制作步骤的框架内可执行其它步骤或替代步骤。在所述母材制作步骤结束时，该工件被称为齿轮坯或工件坯 K1。可以例如在所谓的预加工机中或在几个不同的机器中执行步骤 102 或步骤 102 至 104。

[0007] 然后，一般会进行齿轮切削。在齿轮切削加工的情况下，使用粗加工刀具在大约的位置并且以大约的加工余量通过齿轮粗磨（框 105）于伞齿轮坯 K1 切削出预定数量的齿隙。然后，可使用抛光刀具来进行齿切削抛光的可选步骤（框 106），通过所述抛光加工对所述齿隙及邻接的齿侧面分别提供带有预定准确度的理想的形状。然而，也有可能用仅仅一个步骤切削出齿侧面（而不是两个步骤 105 和 106）。

[0008] 步骤 105 和 106 可以例如在同一台机器或加工站中进行。因而不需要重新夹紧或传送工件坯 K1。

[0009] 如图 1 所示，前述的步骤被称为“软加工”。

[0010] 随后，一般会对预制工件 K2 进行热处理（框 107）。这种热处理一般不再被视为软加工。它旨在使预制工件 K2 变硬。然后进行已经提及到的机械抛光（框 108）。在机械抛光中（其在本文中也称为硬精加工）对齿系统进行硬加工。然后完成齿轮 K3。

[0011] 在现今的硬加工中，有时候使用端铣刀或球形头状铣床（ball-shaped head-like millers），它们被缓慢地引导经过待抛光的预制齿侧面的表面。研究显示，以这种方式加工完成的表面，在某些情况下可能会显示出明确的加工痕，并可能出现接触不良。特别地，当没有足够的时间完成抛光和 / 或当刀具被快速地引导经过待抛光的齿侧面的上面时尤为明显。此外，例如当两个以这种方式完成的齿轮被用作为一对齿轮时，还可能产生流体动力润滑问题。

[0012] 发明概述

[0013] 因此，本发明的目的是提供一种硬精加工齿轮的预制齿侧面的方法，其提供了更好的齿接触印痕或更好的齿侧面的表面特性，并具有良好的生产率。

[0014] 根据本发明，这目的通过一种硬精加工预制齿侧面的方法来解决。这方法在包括至少五条被协同地控制的轴和一条额外的刀具轴的机器上使用。根据本发明，将旋转对称

刀具, 较佳为端铣刀或磨削棒, 设定为绕刀具轴旋转。控制所述被协同地控制的五条轴中的一条或多条, 以致于所述刀具的包络线 (enveloping line) 的直线部分在生成运动中沿所述齿侧面的切线方向在几个轨迹中被引导, 而所述圆柱形刀具围绕所述刀具轴旋转而刮削掉所述预制齿侧面的材料。

[0015] 在一个优选的实施方案中, 所述生成运动跟随稍微弯曲运行的轨迹, 其中这些轨迹近似于刀头的虚拟刀具轨迹, 当使用铣头通过滚铣产生所述相应的齿侧面时形成这些轨迹。

[0016] 较佳地, 沿轨迹引导所述刀具, 其中所述轨迹与所谓的轧制 ISO 线 (rolling ISO line) 相对应或近似于这些轧制 ISO 线。

[0017] 特别设计根据本发明的方法用于在硬化处理之后因而在硬化状态中加工齿侧面。必须相应地对所使用的刀具进行选择。相关的方法因此被称为硬加工。由于在这里还涉及对已预制的齿侧面的机械抛光分别进行再加工, 所述方法也被称为硬精加工。

[0018] 根据本发明的方法的最重要优点在于确保了完全消除热处理引申的硬化变形, 由此可以达到精确地限定轴承特性和突出的表面质量, 其对工作寿命和已相应地加工的齿轮的无声运行具有积极的效果。当两个已根据本发明进行机械抛光的齿轮互相配对时, 本发明还可对流体动力润滑具有积极的影响。

[0019] 附图

[0020] 以下将结合附图并通过实施方案对本发明的更多细节和优点作叙述, 其中:

[0021] 图 1 是一般齿轮加工的流程;

[0022] 图 2A 是齿轮的齿和根据本发明被引导的刀具的立体示意图;

[0023] 图 2B 是图 2A 的齿和刀具的俯视示意图;

[0024] 图 3 是齿轮的齿和根据本发明被引导的刀具的示意图, 其中引导所述刀具以使它的旋转轴是垂直于生成轨迹;

[0025] 图 4 是齿轮的齿和根据本发明被引导的刀具的示意图, 其中以推进的方式引导所述刀具, 以致于它的旋转轴与生成轨迹形成大于 90 度的角度;

[0026] 图 5 是齿轮的齿和根据本发明被引导的刀具的示意图, 其中以牵引的方式引导所述刀具, 以致于它的旋转轴与生成轨迹形成大于 90 度的角度;

[0027] 图 6 是具有可变齿高的齿轮和根据本发明被引导的刀具的示意图, 其中以牵引的方式引导所述刀具;

[0028] 图 7A 是具有恒定齿高的直齿圆锥齿轮 (spur-toothed conical gear wheel) 的示意图, 图中示出了轧制 ISO 线;

[0029] 图 7B 是具有可变齿高的直齿圆锥齿轮的示意图, 图中示出了轧制 ISO 线;

[0030] 图 8 是根据本发明的具有圆柱形基体的刀具的立体示意图;

[0031] 图 9 是根据本发明的具有截锥形基体的刀具的立体示意图;

[0032] 图 10 是根据本发明的具有圆柱形基体的另一刀具的示意图;

[0033] 图 11 是直齿齿轮的凸齿和根据本发明被引导的刀具的正视示意图, 其中所述刀具被交叉地引导;

[0034] 图 12 是可使用本发明的门式加工机 (portal machine) 的立体图。

[0035] 详细描述

[0036] 与本说明有关的所使用的术语也被发现在专门的出版物和专利中使用。然而,应当注意的是,这些术语的使用仅仅是为了更好的理解。权利要求的创造性理念和保护范围不应当受到关于对这些具体选择的术语进行阐释的限制。本发明可以不另外费力地转用到其它专门名词的系统和 / 或专门技术领域。这些术语在其它专门技术领域有相似的运用。

[0037] 以下将参考图 2A 和图 2B,对根据本发明的用于硬精加工齿轮 10 的预制齿侧面 11 的方法进行叙述。图 2A 示出了直齿齿轮的单一齿的简化示意图,即它的齿侧面线没有任何弯曲。它是具有直齿廓的齿的非常图式化示意图。实际上,这样的齿往往具有曲线的齿形(例如齿形渐开线)。在这里可见,该齿具有右边齿侧面 11 且具有恒定齿高。左边(后方)齿侧面是不可见的。在图 2A 中,可以看见旋转对称刀具 20.1(这里具有圆柱形基体),较佳为圆柱形铣刀或磨削棒,将刀具设定为围绕刀具轴 WA 旋转 R1。这种旋转 R1 由电动机 M 产生,所述电动机例如位于心轴中或位于机器 100 中(图中未显示)。在这里以非常简化的方式示出电动机 M。图 2A 所示的直线轮廓是一种特殊情况,其中刀具 20.1 接触齿侧面 11 的整个长度,而在弯曲轮廓的一般情况下,刀具 20.1 仅仅接触齿侧面的一部分,所接触的那部分的长度取决于刀具插入所述齿侧面。

[0038] 机器 100 是一台包括至少五条被协同地控制的轴和一条额外的刀具轴 WA 的机器(如所示图 12)。现对所述被协同地控制的五条轴中的一条或多条进行控制(例如,通过机器 100 的数控控制器 S),以致于具有圆柱形基体的刀具 20.1(在本文中也称为圆柱形刀具 20.1)的直线包络线(在本文中也称为直线长度部分)在生成运动中沿齿侧面 11 的切线方向被引导。有关这方面的详情例如可参见示意图图 3 至图 6 或图 7A、图 7B。在附图中以多个向量 E 来表示所述生成运动。当旋转对称刀具 20.1 围绕刀具轴 WA 转动时进行所述生成运动。因为刀具围绕刀具轴 WA 旋转而刮削掉所述预制齿侧面 11 的材料,即得到了齿侧面 11 的加工抛光。因为刀具 20.1 的至少一个直线长度部分邻接待加工的齿侧面 11 的表面,所述分段或分区线接触都可以进行加工。所述分段或分区线接触的大小取决于相对于所述齿侧面的走线(lining)、在之前已完成的加工步骤(例如使用滚铣刀进行齿切削滚铣)以及刀具的基体的形状。在之前的加工步骤对齿侧面的表面状况始终有影响。由于在之前的加工步骤,通过所述齿侧面的部分大体上总是折线(polygonal line),其中所述折线的各点之间的距离取决于进刀(在滚铣中通过轧制进刀)。然而,如果采用了所谓的轮廓磨削(成形磨削),它必须不涉及折线。

[0039] 在图 2A 和图 2B 中,生成运动由向量 E 表示,所述向量沿齿侧面 11 倾斜地延伸。连续向量 E 示出了刀具 20.1 的目前移动方向和生成运动。其它生成运动的轨迹由虚线向量表示。

[0040] 应当注意的是,实际上生成运动的轨迹明显地较在图 2A,图 2B,图 3,图 4,图 5,图 6 和图 11 所示的轨迹更彼此靠近(即距离 A 明显较小,例如在图 7A 和图 7B 所示)。另外,生成运动的轨迹的路线和形状较佳为近似于轧制 ISO 线,其导致轧制加工,如图 7A 和图 7B 所示。所述轧制 ISO 线是点的连接线,用相同的轧制角产生。

[0041] 现在,描述刀具 20.1 的运动的相应进程。选好机器的设置,其中所述轴 WA 相对于理想的齿侧面 11 倾斜,以致于刀具 20.1 的至少一个短直线长度部分与齿侧面 11 相切。对于截锥形刀具 20.2(即具有截锥形基体的刀具 20.2,例如根据图 9),可相应地选择不同角度的设置。当使用刀具 20.2 时,走线角度可与截锥的包络线 21 和锥体的轴之间的角度相

对应,在这里,所述走线角度对应于刀具轴 WA。

[0042] 特别优选的是,刀具 20 的直线部分与直径相比是相对地长。较佳地,有效操作长度 L1 和半径 R 之间的比例大于 5,即  $L/R > 5$ 。因此,最好是根据图 8 所示的具有长的细长基体的刀具 20.1。这样的刀具的优点在于如果所选择的走线角度足够陡峭,即如果刀具 20.1 的引导是陡峭(如图 4 所示),可以毫无问题地将所述刀具插入毗邻的齿之间的齿隙。

[0043] 取决于机器设置的类型,邻接的生成轨迹之间的距离 A 可略大或略小(见图 2A,图 2B,图 3,图 4,图 5,图 6 和图 11)。较佳地,两个直接相邻的生成轨迹之间的距离 A(分别是相应的向量 E)较刀具 20 的包络线的有效操作长度小。图 3 示出了刀具 20.1 的基体的包络线是理想的圆柱体以及其中所述包络线的有效操作长度 L1 与圆柱形刀具 20.1 的圆柱体的高度 H1 相应,即  $L1 = H1$  的情况。距离 A 最好在  $0.2 * L1$  与  $0.8 * L1$  之间。这些规范仅仅针对齿廓为直线和齿侧面线为直线的情况。在图 3 所示的例子中,距离 A 大约为  $0.25 * L1$ 。

[0044] 不仅包络线的有效操作长度 L1,而且齿侧面线和齿廓均可对距离 A 具有影响。还可以在距离 A 的定义中考虑走线角度 W2 的选择。较佳地,应用于以下的规则。如果走线角度 W2 大于或小于 90 度,则距离 A 相对于走线角度 W2 的正弦函数按比例地缩小。以下的方法有效,例如: $A = L1 * (W2 \text{ 的正弦函数})$ 。

[0045] 采用这些数学关系一方面对表面质量带来有利结果,另一方面亦对所需的加工时间带来有利结果。然而,相应的规则是可选择的。还可以操作机器 100,保持距离 A 恒定不变。也有可以使距离 A 与刀具 20 在齿侧面 11 的当前位置相关。表示所述生成运动的向量 E 可以是平行延伸的线(即各处的距离 A 都是相同的)。然而,向量 E 也可以是曲线且它们不一定是平行的(类似所述轧制 ISO 线)。

[0046] 当确定所述生成运动时,即相应的三维运动路径,刀具 20 通过机器 100 的各轴相应的相互作用沿所述三维运动路径移动,需要考虑到齿的几何结构。除了所述齿侧面线和所述轮廓的进程之外,还需要考虑到在三维空间确定整个齿侧面 11 的齿侧面变化及其他方面。例如,如果所述齿侧面是凸起的,那么所述三维运动路径必须相应地适应所述机器的侧面(在这里由向量 E 表示)。例如具有可变齿高的齿和/或螺旋状或盘状齿轮的齿也需要作出相应的适应。

[0047] 当距离 A 越小,齿侧面 11 的表面的机械抛光越精确。然而,所述生成运动配置得紧密(意味距离 A 是小的)意味着与距离 A 较大的生成运动相比,沿所述表面引导所述刀具更频密。当沿所述表面引导刀具 20 越频密,机械抛光的时间越长。

[0048] 除了设定刀具轴 WA 的走线角度(其中取决于刀具 20 的基体的形状),还可以对是否垂直(如图 3 所示)、推进方式(如图 4 所示)或者牵引方式(如图 5 所示)引导刀具 20 经过待加工的齿侧面 11 进行设定。对于根据图 3 所示的垂直引导,走线角度 W2 为 90 度,对于根据图 4 所示的推进引导,走线角度 W2 在 90 和 135 度之间,对于根据图 5 所示的牵引引导,走线角度 W2 在 90 和 45 度之间。

[0049] 在附图中,在齿侧面的底部区域中(即接近齿根 12)有一部分没有用刀具 20 进行抛光,该部分由虚线 14 表示。虚线 14 限定了到达齿根区域 18 的过渡。这种过渡是不明显的。

[0050] 在图 2A,图 2B,图 3,图 4,图 5,图 7A 和图 11 所示的齿都具有恒定齿高。然而,本发明还可以毫无问题地应用于其它更复杂的齿侧面。一般而言,如上所述,齿侧面在齿侧面

的纵向线的方向以及在轮廓的方向上为曲线。因而必须对数控控制器 S 编程,使得所述向量 E 也相应地配合。

[0051] 机器 100 包括控制器 S,所述控制器产生用于相切地排列刀具 20,20.1,20.2 和执行所述生成运动的控制信号。

[0052] 本发明特别有利地用于机械抛光伞齿轮的齿侧面。图 7A 示出了具有恒定齿高的直齿伞齿轮的侧面 11。图 7B 示出了具有可变齿高的直齿伞齿轮的侧面。在这里,底部锥角较头部锥角小。上面讨论的内容均适用于此处。

[0053] 本发明可应用于具有恒定或可变齿高的齿轮。通常它还可应用于直齿,螺旋齿和盘旋齿齿轮。

[0054] 在本发明的优选的实施方案中,所述生成运动跟随最好彼此平行地延伸的直线或稍微弯曲向量 E。这些向量 E 最好通过计算确定,以致于它们近似于例如棒状刀头的虚拟刀刃轨迹(由此它们不必是平行地延伸),当滚铣产生相应的齿侧面时会形成所述棒状刀头的轨迹。滚铣时所述棒状刀头不仅围绕它的旋转轴(称为刀头轴)转动,而且它也沿轧制摆动轴(rolling swaying axis)被引导。所述轧制倾斜轴与虚拟冠齿轮的冠齿轴相应,其涉及相应的伞齿轮的数学定义。

[0055] 在数学中,如果几个表面沿一条线彼此接触,这些表面被称为共轭表面。根据本发明,刀具 20 总是沿齿侧面 11 被引导,这是通过适当控制机器 100 的轴来执行,其中旋转对称刀具 20 的包络线的至少一个相应的短部分(在本文中简称为有效操作长度 L1)与侧面表面的短部分是共轭的。通过沿所述侧面表面的切线方向引导刀具 20,可以确保所述共轭。因为共轭达到了在刀具 20 的有效操作长度 L1 的全范围内进行切削机抛光。用显微镜观察根据本发明被机械抛光的齿侧面 11,发现得到了侧面表面,所述侧面表面可被描述为与生成运动轨迹的向量 E 垂直的那部分的折线。按上述方式用刀具 20 加工之后,得到了折线 P,所述折线由多条直线线段和 / 或曲线部分组成。

[0056] 图 10 示出了另一种具有细长圆柱形基体的刀具 20.1 的示意图。这刀具 20.1 具有高度 H1。因为所述刀具的头部区域 18 缩回变成截锥形形式或者所述刀具具有头部倒角,其有效操作长度 L1 较短。相似地,截锥形刀具 20.2 当然可以具有高度 H1,所述高度较有效操作长度 L1 大。

[0057] 在这里,使用了术语“旋转对称刀具 20”来定义刀具 20,所述刀具的基体为圆柱形(例如见图 8)或为截锥形(例如见图 9)。图 2A,图 2B,图 3,图 4,图 5,图 6,图 8,图 10 和图 11 示出了圆柱形刀具 20.1。图 9 示出了截锥形刀具 20.2。图 2A,图 2B,图 3,图 4,图 5,图 6,图 8,图 10 和图 11 的实施方案的描述可以相应地应用到截锥形刀具 20.2,其中只有所述走线角度必须根据刀具 20.2 的锥角进行选择。

[0058] 对于例如具有冠(crowning)B 的齿侧面 11,最好沿彼此相交的向量 E 引导刀具 20。图 11 示出了这原理。在图 11 中,冠 B 由椭圆形表示。刀具 20 可沿对称的平面 S1-S1 折叠,然后沿向量 E\*(所述向量 E\*与其它向量 E 相交)引导刀具 20。

[0059] 这样做的结果产生更好的表面特性,但同时机械抛光的时间亦变得较长。

[0060] 在本文中,主要涉及具有旋转体(旋转对称基体)的旋转对称刀具,其中,所述旋转体的包络线已由直线 21(称为母线)产生。可使用双曲面来替代截锥。在加工期间,所述刀具的一部分至少与待加工的工件部分地相切邻接。

[0061] 最好在不同的实施方案中使用铣刀 20。在本文中,铣削是指金属的切削加工。所述刀具 20 可以是研磨用的铣刀,或者它们可以是包括用于刮掉碎屑的切削刃或切削刀片的铣刀。

[0062] 根据本发明,最好使用专门设计用于硬化切削加工的刀具 20。

[0063] 通过刀具 20 相对于预制齿侧面 11 旋转而产生用于产生或刮削掉碎屑所需的加工运动。通过刀具 20 相对于齿侧面 11 的相对运动产生用于成形所需的进刀运动(在向量 E 的方向)。机器 100 的数控控制轴提供这种相对运动。

[0064] 根据本发明,刀具 20 可处于爬升切削状态或者处于抵靠所述进刀进行切削的状态。在所述爬升切削状态中,旋转刀具 20 的刀刃或者用磨削材料覆盖的刀具 20 的圆周表面于进刀运动的向量 E 的方向移进啮合区中。在抵靠所述进刀进行切削的状态中,它们以与进刀运动的向量 E 的方向相反的方向移进啮合区中。

[0065] 本发明使用了旋转驱动的旋转对称刀具。在本文中,刀具轴 WA 围绕相对于预制和已硬化工件 K2 的多条轴移动。考虑设置相应的控制(较佳为数控控制器 S)将各轴的相应运动耦合。结果,沿已写入程序的运动轨迹引导刀具 20。

[0066] 图 12 示出了可应用本发明的门式加工机 100 的立体图。这机器 100 特别设计成用于精机械抛光具有大模块的齿轮。将待机械抛光的齿轮(图中未显示)定位在工件台上。机器 100 具有五条数控控制轴。另外,机器 100 具有包括刀具 20 的心轴 22,所述刀具绕额外的刀具轴 WA 旋转。在图 12 所示的简图中,刀具轴 WA 垂直地延伸。刀具心轴 22 可围绕水平轴转动并且可平行于垂直轴作向上和向下移位。机器 100 包括三条线性轴(由直线双箭头表示)和旋转台 101 的第一旋转轴。另外,使用圆锥形垫圈 23 进行旋转运动可以转动心轴 22。在申请人于 2009 年 9 月 10 日提交的公开号为 EP 09 169 933.0 的对应欧洲专利申请中可以获得有关界面的详细情况。

[0067] 附图标记列表:

[0068]



---

齿轮	10
齿侧面	11
齿根	12
齿顶	13
到达齿根部分的过渡	14
截面线	15
在机械抛光之前的齿侧面线	16
过渡标记	17
齿根部分	18
旋转对称刀具	20
圆柱形刀具	20.1
截锥形刀具	20.2
母线	21
刀具心轴	22
圆锥形垫圈	23
机器	100

[0069]

---

距离	A
冠	B
表示生成运动/生成运动路线的 向量组（运动向量）	E
相交向量	E*
高度	H1
有效操作长度	L1
折线	P
围绕 WA 旋转	R1
半径	R
数控控制器	S
电动机	M
刀具轴	WA
走线角度	W2
对称的平面	S1-S1

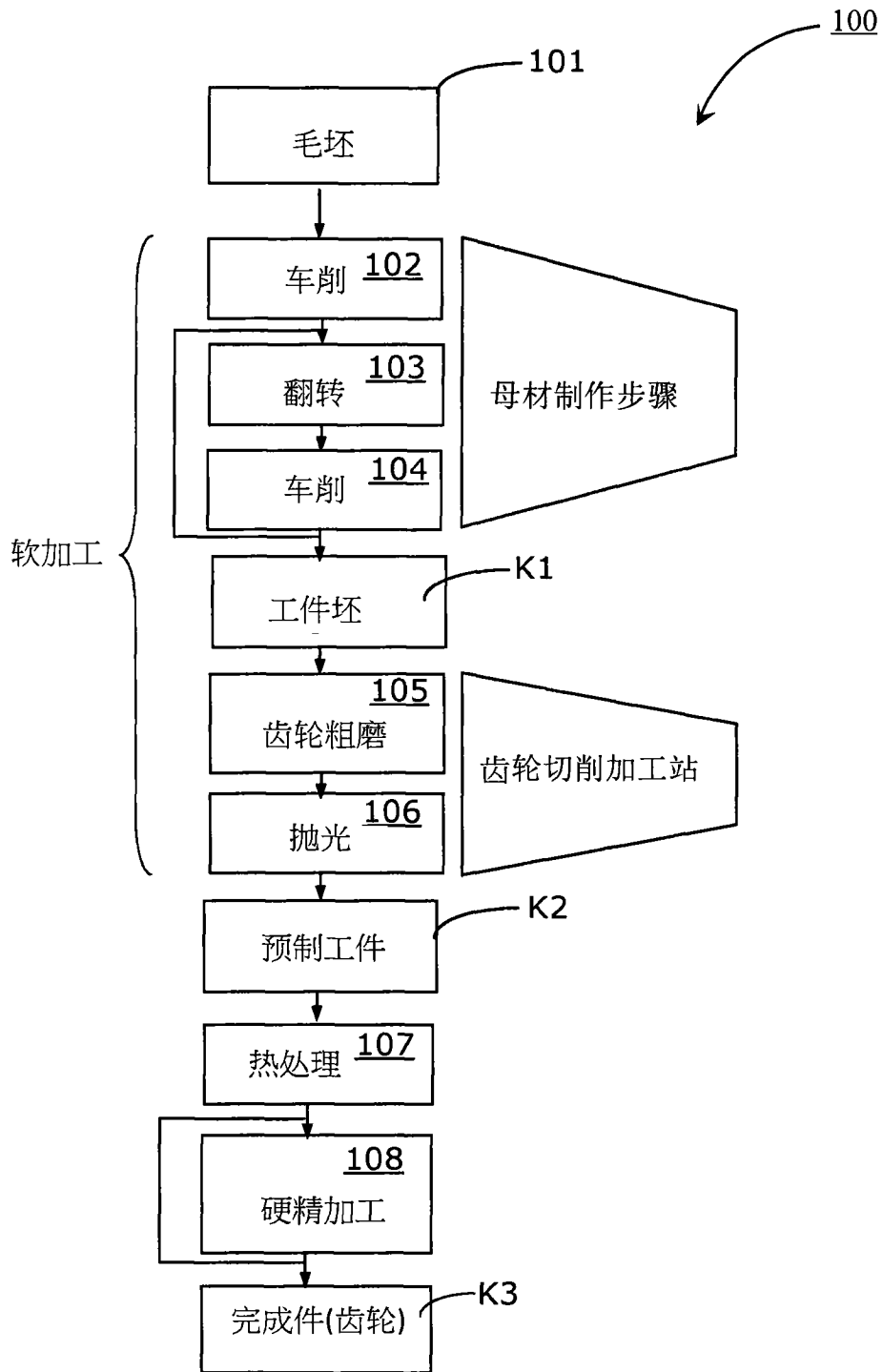


图 1

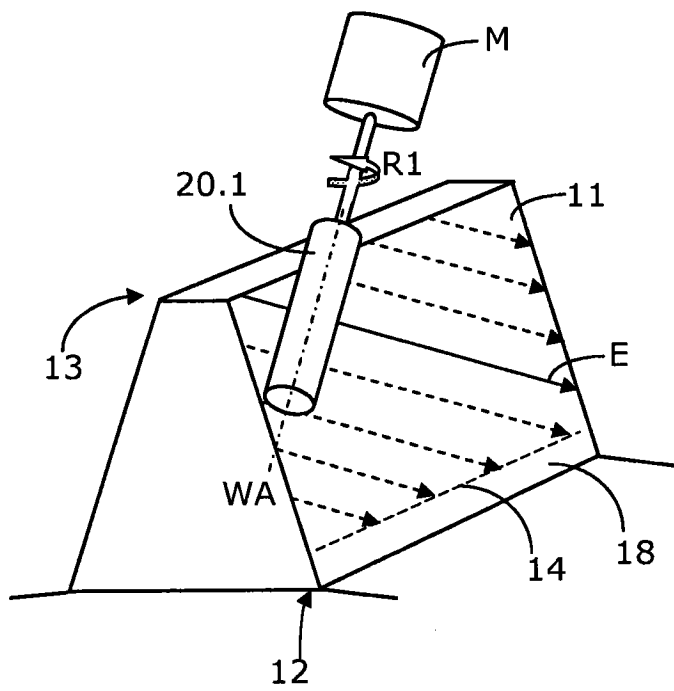


图 2A

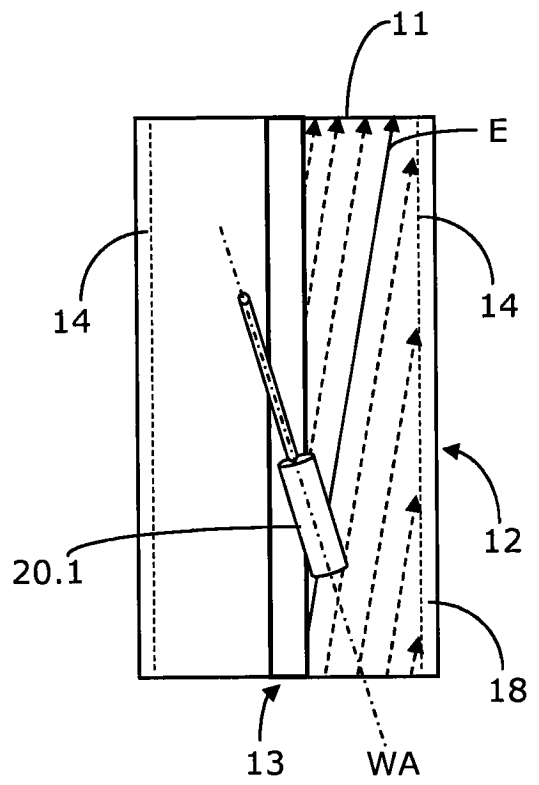


图 2B

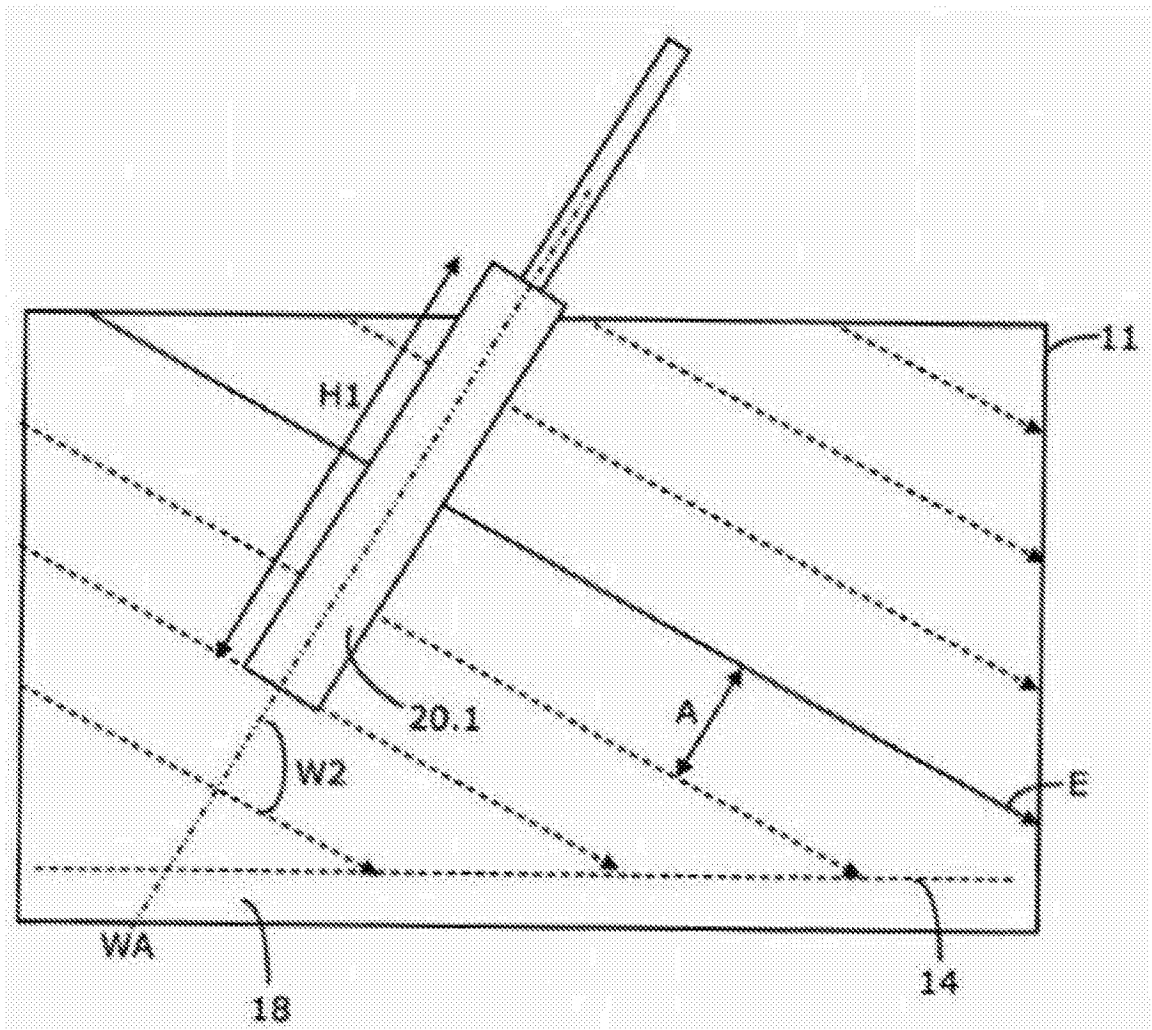


图 3

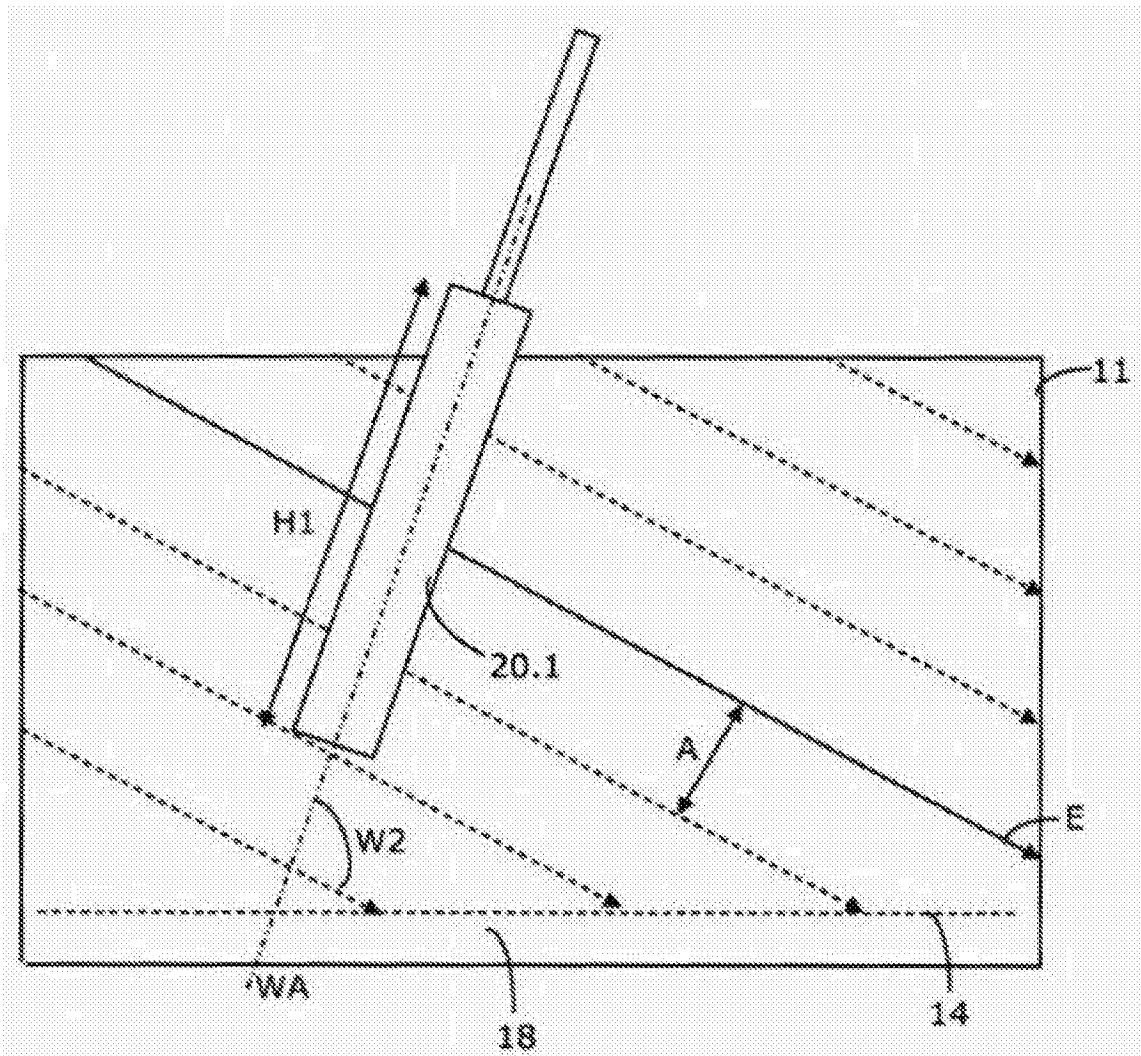


图 4

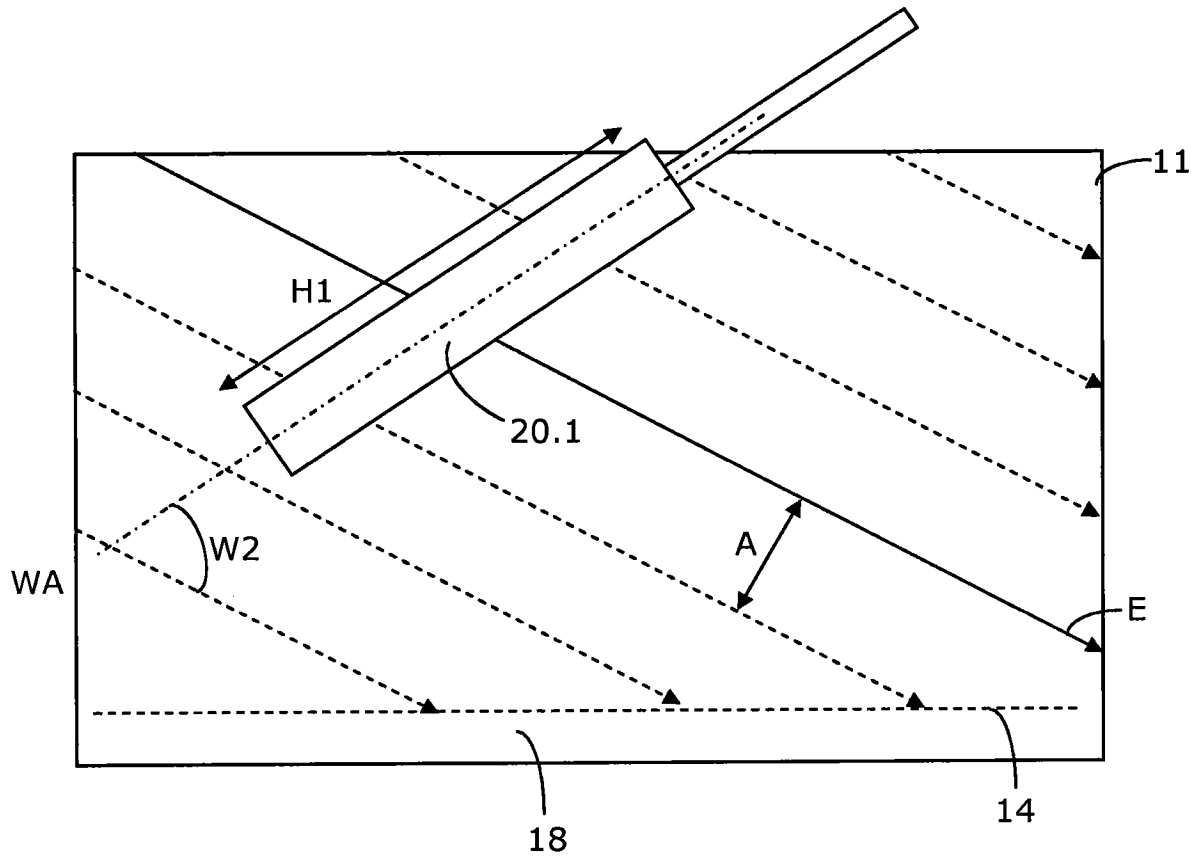


图 5

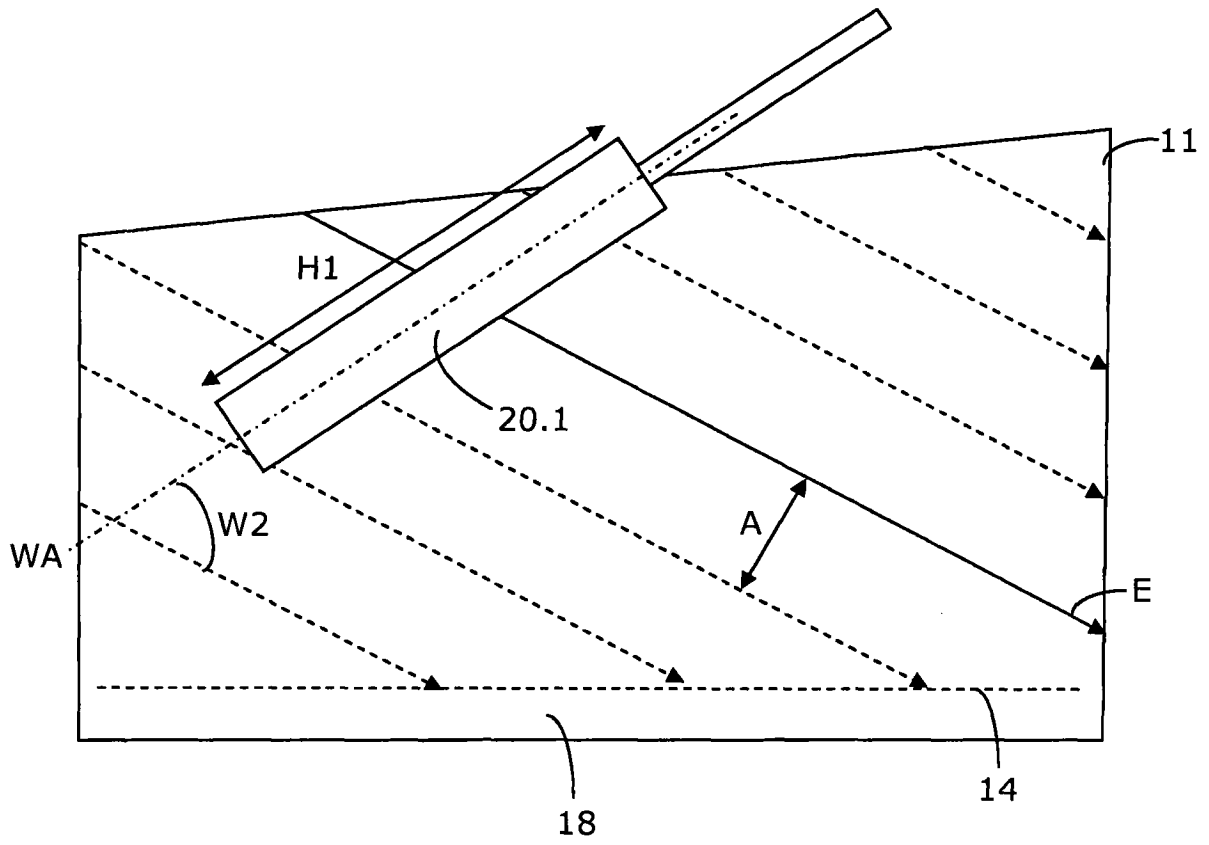


图 6

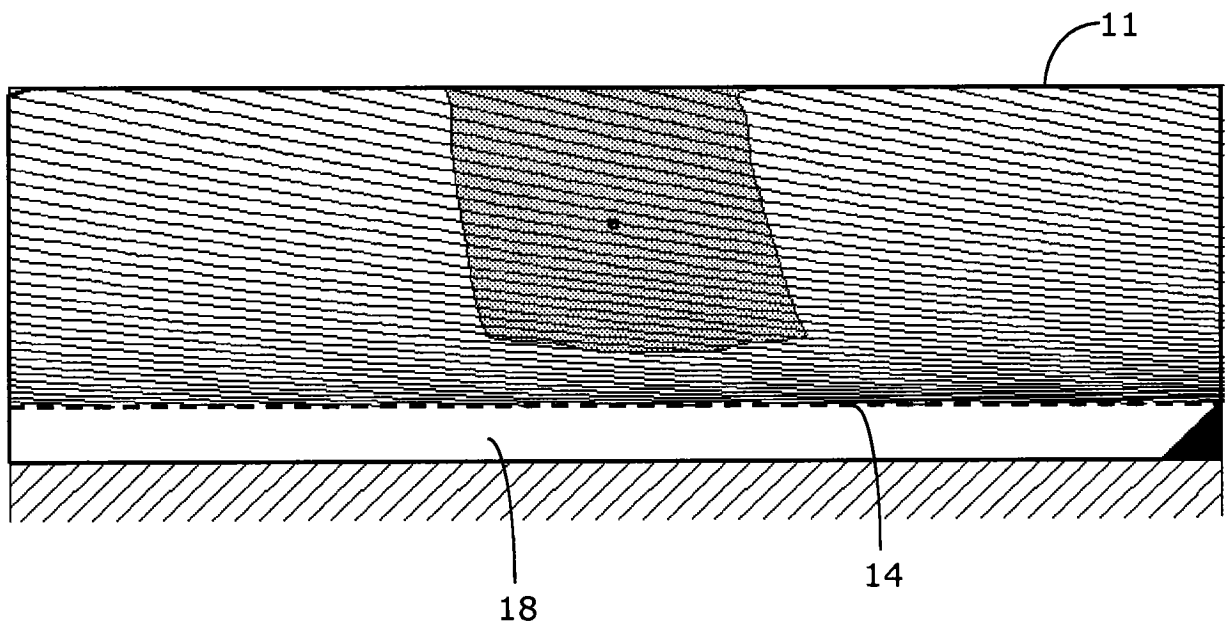


图 7A



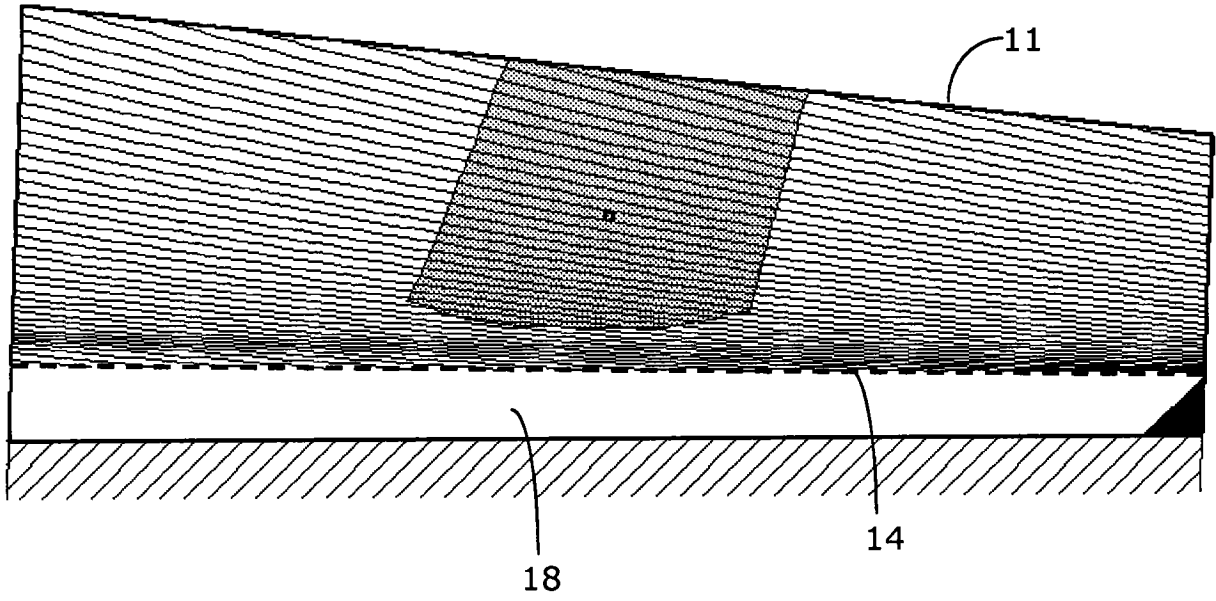


图 7B

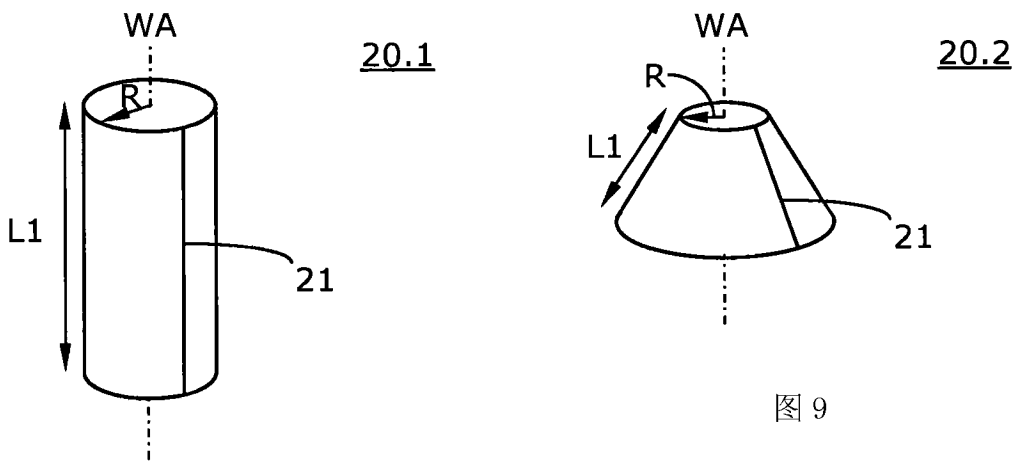


图 8

图 9

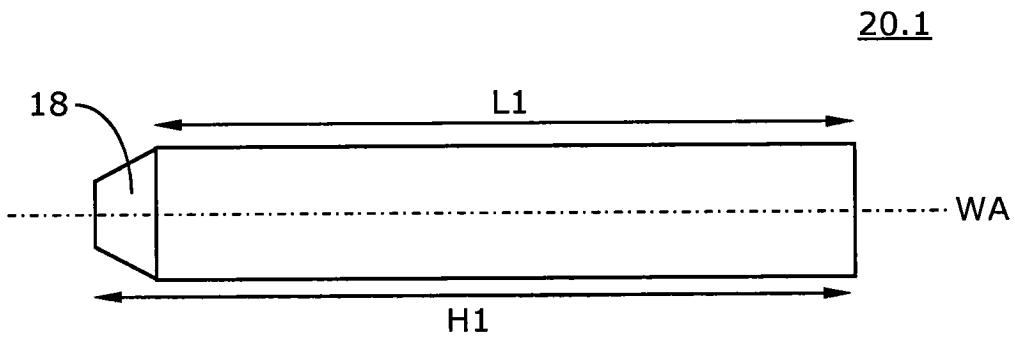


图 10

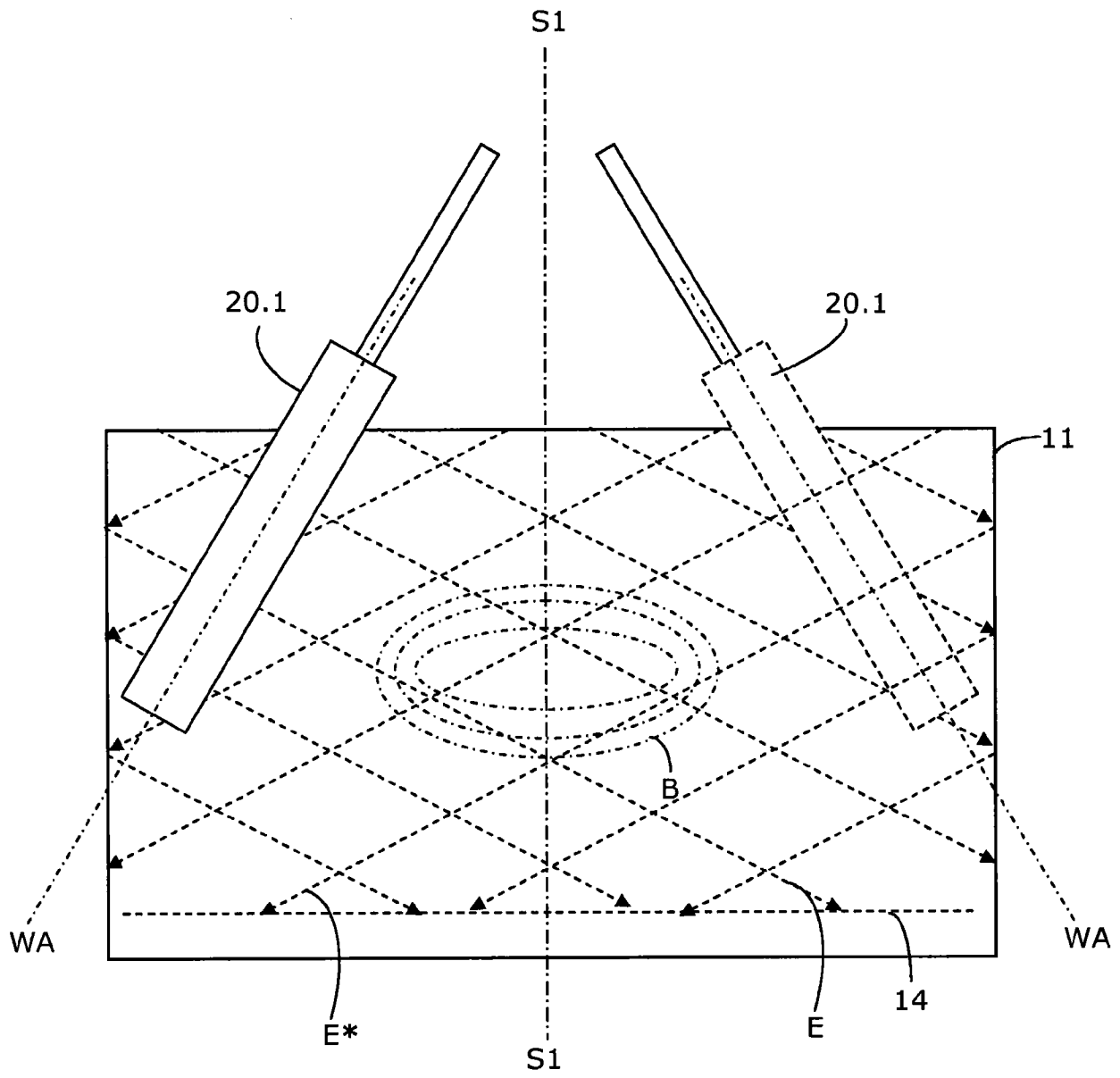


图 11

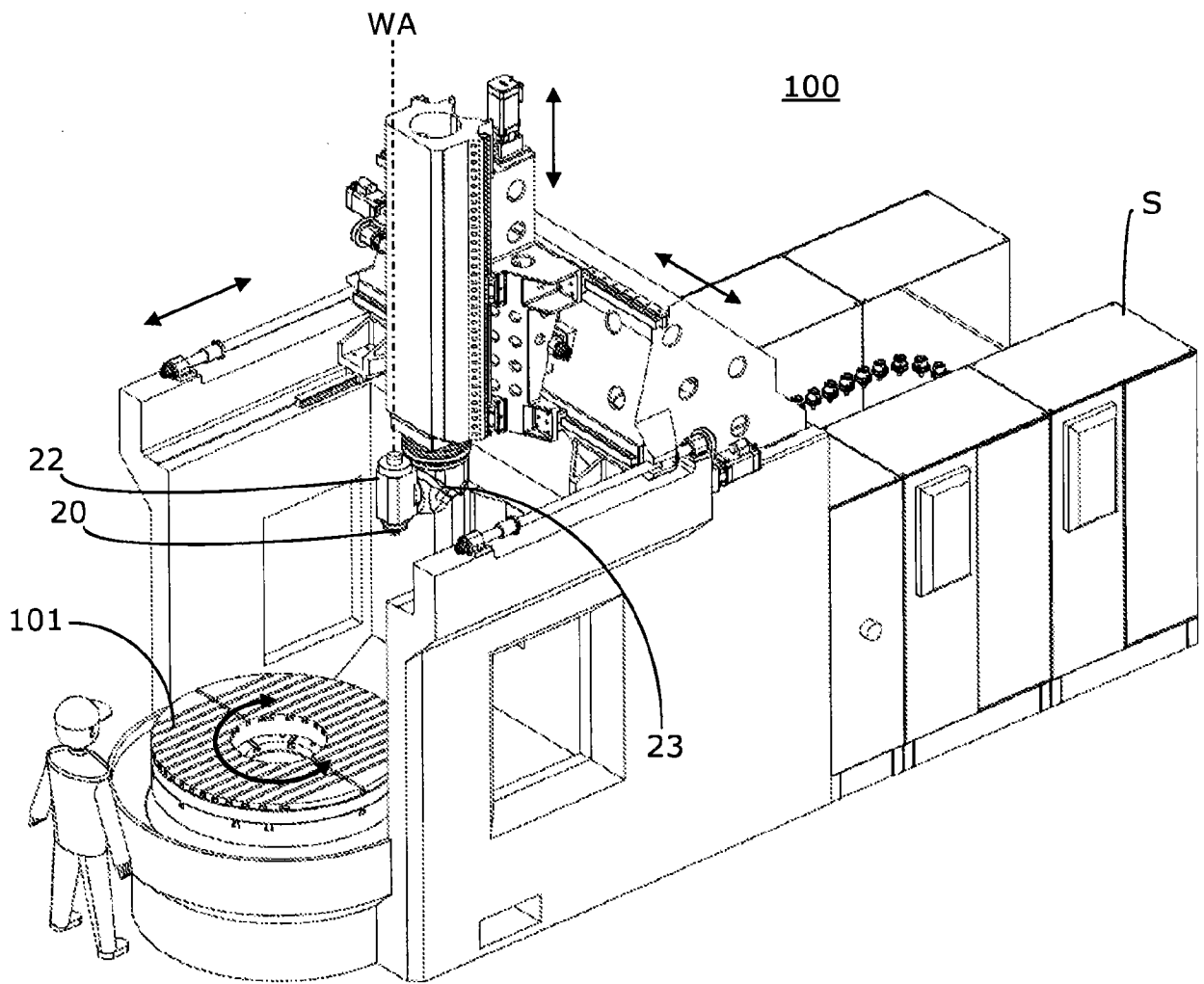


图 12