



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110267766 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 201880007038.8

(22) 申请日 2018.01.08

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110267766 A

(43) 申请公布日 2019.09.20

(30) 优先权数据  
17151630.5 2017.01.16 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.07.16

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2018/050359 2018.01.08

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/130495 DE 2018.07.19

(73) 专利权人 克林格伦贝格股份公司  
地址 瑞士苏黎世

(72) 发明人 R·沙拉斯特

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

代理人 邵静玥

(51) Int.Cl.  
B24B 53/06 (2006.01)  
B23F 23/12 (2006.01)  
B23F 9/02 (2006.01)  
B23F 19/00 (2006.01)  
B24B 19/02 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 103358208 A, 2013.10.23  
DE 102014111317 A1, 2016.02.11  
CN 101513684 A, 2009.08.26  
CN 103635280 A, 2014.03.12  
CN 104029126 A, 2014.09.10  
CN 1034882 A, 1989.08.23  
CN 2182029 Y, 1994.11.09  
CN 1689760 A, 2005.11.02

审查员 陈从连

权利要求书2页 说明书10页 附图4页

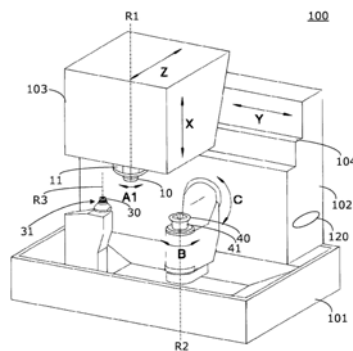
(54) 发明名称

用于使用偏心运动的可修整的杯形砂轮来加工锥齿轮的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种在磨床(100)中实施的方法,所述磨床具有:-工具主轴(11),用于接纳设有研磨面的杯形砂轮(10)并用于围绕旋转轴线(R1)旋转驱动杯形砂轮(10);-修整主轴(31),用于接纳设计用于修整杯形砂轮(10)的修整工具(30)并用于围绕旋转轴线(R3)旋转驱动修整工具(30);-工件主轴(41),用于接纳锥齿轮工件(40)并用于围绕旋转轴线(R2)旋转驱动锥齿轮工件(40),工件主轴(41)设有偏心驱动装置,该方法包括如下修整步骤:a)以第一转速围绕工具主轴(11)的旋转轴线(R1)旋转驱动杯形砂轮(10),b)以第二转速围绕修整主轴(31)的旋转轴线(R3)旋转驱动修整工具(30),c)实施修整方

法,其中杯形砂轮(10)借助修整工具(30)进行修整,在该步骤期间在第一转速和第二转速之间预定一预先确定的固定转速比,该方法包括在实施修整步骤之后实施的如下加工步骤:i.在使用偏心驱动装置的情况下以第一加工转速围绕工具主轴(11)的旋转轴线(R1)偏心地旋转驱动杯形砂轮(10),ii.实施磨削方法,其中锥齿轮工件(40)借助杯形砂轮(10)进行磨削加工。



CN 110267766 B

1. 在磨床(100)中实施的方法,所述磨床具有:

-工具主轴(11),用于接纳设有研磨面(18.1、18.2)的杯形砂轮(10),并且用于围绕旋转轴线(R1)旋转驱动所述杯形砂轮(10),

-修整主轴(31),用于接纳设计用于修整所述杯形砂轮(10)的修整工具(30),并且用于围绕旋转轴线(R3)旋转驱动所述修整工具(30),

-工件主轴(41),用于接纳锥齿轮工件(40)并且用于围绕旋转轴线(R2)旋转驱动所述锥齿轮工件(40),其中,所述工件主轴(41)设有偏心驱动装置(3),

所述方法包括以下修整步骤:

a) 以第一转速( $n_1$ )围绕所述工具主轴(11)的旋转轴线(R1)旋转驱动所述杯形砂轮(10),

b) 以第二转速( $n_3$ )围绕所述修整主轴(31)的旋转轴线(R3)旋转驱动所述修整工具(30),

c) 实施修整方法,其中所述杯形砂轮(10)借助所述修整工具(30)进行修整,其中在该步骤期间在第一转速( $n_1$ )和第二转速( $n_3$ )之间预定一预先确定的固定转速比(DV),

并且所述方法包括如下加工步骤,所述加工步骤在实施所述修整步骤之后实施:

i. 在使用所述偏心驱动装置(3)的情况下以第一加工转速( $n_{1*}$ )围绕所述工具主轴(11)的旋转轴线(R1)偏心地旋转驱动所述杯形砂轮(10),

ii. 实施磨削方法,其中所述锥齿轮工件(40)借助所述杯形砂轮(10)进行磨削加工。

2. 按照权利要求1所述的方法,其特征在于,至少在步骤c)期间预定如下固定转速比(DV),所述固定转速比以第一转速( $n_1$ )与第二转速( $n_3$ )的比例限定。

3. 按照权利要求1所述的方法,其特征在于,至少在步骤c)期间预定如下固定转速比(DV),所述固定转速比以第二转速( $n_3$ )与第一转速( $n_1$ )的比例限定。

4. 按照权利要求2或3所述的方法,其特征在于,所述固定转速比(DV)的值相应于自然数N。

5. 按照权利要求2所述的方法,其特征在于,所述固定转速比(DV)的值以两个自然数N的分数限定。

6. 按照权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,至少在步骤ii.期间,当不考虑由在所述杯形砂轮(10)和所述锥齿轮工件(40)之间的相对移位运动产生的偏心比(EV)波动时,则所述偏心驱动装置(3)的偏心比(EV)以相应于有理数Q的值预定。

7. 按照权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,在步骤ii.中,附加于所述杯形砂轮(10)的旋转驱动,所述杯形砂轮(10)相对于所述锥齿轮工件(40)仅实施相对的沉入运动。

8. 按照权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,在步骤ii.中,附加于所述杯形砂轮(10)的旋转驱动,所述杯形砂轮(10)相对于所述锥齿轮工件(40)实施耦合的滚动运动。

9. 按照权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,在一个预备的方法步骤中,能预定所述固定转速比(DV)。

10. 按照权利要求9所述的方法,其特征在于,所述固定转速比(DV)的预定通过在屏幕上的输入请求进行,所述屏幕能与所述磨床(100)连接。

11. 按照权利要求9所述的方法,其特征在于,所述固定转速比(DV)的预定通过所述磨床(100)的控制装置(120)进行。

## 用于使用偏心运动的可修整的杯形砂轮来加工锥齿轮的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于使用可修整的杯形砂轮来加工锥齿轮的方法,所述杯形砂轮偏心地运动。

### 背景技术

[0002] 已知,可使用磨削工具加工锥齿轮。在此,通常使用杯形砂轮。

[0003] 通常使用可修整的杯形砂轮。这样的杯形砂轮不时地修整,以便延长其使用寿命并且以便例如可补偿磨损现象。

[0004] 在图1中示意性地表示,这样的杯形砂轮10可怎样利用旋转驱动的修整砂轮30在磨床100中进行修整。在示出的瞬间,修整砂轮30在外周缘上对砂轮10进行修整。为此目的,修整砂轮30位于砂轮10的外部 and 上方。为了在其内部空间中对杯形砂轮10进行修整,修整砂轮30以CNC控制装置带入另一个处于杯形砂轮10内部的位置中,并且进行旋转方向反转。在图1中,修整砂轮30以虚线图在用于对杯形砂轮10的轮廓28的内侧进行修正的位置中示出。机器100的CNC控制装置(轨迹控制装置)将需要的轮廓转移到砂轮10上,其方式为修整砂轮30以CNC控制的方式沿砂轮10的轮廓18被引导。该示例性地说明的修整过程的其他细节例如由专利文献EP2774721B1得出。

[0005] 只利用其处于窄公差之内的尺寸和形状精度的杯形砂轮10可实施高精度的工件加工。必须总是确保,杯形砂轮10的状态有过程能力。

[0006] 相应修整的杯形砂轮10可例如用于锥齿轮工件40的不连续的展成磨削,如在图3A中示出的。但这样的杯形砂轮10也可用于锥齿轮工件40的不连续的轮廓磨削(也称为沉入磨削),如在图2中示出的。

[0007] 利用沉入磨削只能够加工盘形齿轮。相对地,利用展成磨削可加工锥齿轮小齿轮和盘形齿轮。

[0008] 不连续的沉入磨削和展成磨削是按照单件方法的磨削过程。

[0009] 在砂轮10沉入时,在沉入磨削的情况下,杯形砂轮10的轮廓塑造到要制造的盘形齿轮40的材料中。在图2中示出的示图中,杯形砂轮10目前加工锥齿轮工件40的单个齿槽5。

[0010] 已知,在沉入磨削和在展成磨削的情况下,可为杯形砂轮10的沉入运动叠加砂轮中心M1的偏心的附加运动(M1定义相应的旋转轴线通过图平面的穿透点),以便这样避免磨削热损伤并且以便阻止砂轮10表面掺有金属颗粒。用于杯形砂轮10的偏心运动的细节例如从示意图3A得出。

[0011] 通过提到的叠加,杯形砂轮中心M1在圆形轨迹上围绕中心M2运动(M2定义相应的旋转轴线通过图平面的穿透点)。该圆形轨迹的半径称为偏心行程 $e$ 并且相比于杯形砂轮10半径是小的。由于该运动,杯形砂轮10在几何上看只沿一条垂直于图3A图平面的线接触工件40。然而,在实际中由于相对的进给运动涉及沿所述线的局部限定的区域4,接触在所述区域中发生。偏心转速与杯形砂轮10的转速的比例是所谓的偏心比 $EV$ 。

[0012] 偏心的附加运动可在磨床100中通过分别以固定标准的形式调节偏心比 $EV$ 或偏心

转速实现。

[0013] 在图3A中示例性地示出瓦古里(Waguri)方法,其中杯形砂轮10围绕盘中心M1旋转,所述盘中心相对于瓦古里盘3的中心M2错开一小的距离 $e$ (称为瓦古里偏心率)。偏心比 $EV$ 限定为偏心件的转速除以杯形砂轮10的转速 $n1^*$ 。杯形砂轮10在加工工件40时以角速度 $\omega 1^*$ 围绕中心M1旋转。偏心运动对于杯形砂轮10的中心M1引起围绕M2的圆周运动。该圆周运动具有沿 $x$ 方向和 $y$ 方向的运动分量。

[0014] 图3B示出沿线 $X1-X1$ 通过杯形砂轮10的剖面。在图3B中,可看出杯形砂轮10的轮廓18。在轮廓18上的环绕的外表面以附图标记18.1表示并且环绕的内表面以附图标记18.2表示。

[0015] 通过叠加的偏心运动实现:避免在杯形砂轮10的轮廓18的外周缘18.1和工件40的凹形齿侧5.1的整个面之间或者说在杯形砂轮10的轮廓18的内周缘18.2和凸形齿侧5.2的整个面之间(过)大的面接触。

[0016] 在原本恒定的关系中,杯形砂轮10与齿侧5.1或5.2的接触的频率、该接触区域在杯形砂轮10上的位置以及凹形和凸形齿侧5.2、5.1的接触相位依赖于所选择的偏心比 $EV$ 。

[0017] 如果偏心比 $EV=1$ ,则偏心件3在杯形砂轮10一个完整回转的情况下旋转一次。杯形砂轮10因此在每个完整回转中接触齿槽5的凹形齿侧5.1一次(在 $0^\circ$ )和齿槽5的凸形齿侧5.2一次(在 $180^\circ$ )。所述接触总是在相同的区域中发生。如果偏心比 $EV=2$ ,则在杯形砂轮10的一个完整回转期间,进行杯形砂轮10分别与齿槽5的凹形齿侧5.1(在 $0^\circ$ 和 $180^\circ$ )的两次接触或与齿槽5的凸形齿侧5.2(在 $90^\circ$ 和 $270^\circ$ )的两次接触。所述度数说明分别关于杯形砂轮10的位置固定的 $y-z$ -坐标系并且在所述特殊情况中从杯形砂轮10的完整回转至完整回转没有发生接触区域沿砂轮周缘的位移。

[0018] 预定的偏心比 $EV$ 也可以是有理数 $Q$ 。实际的示例是 $EV=0.7$ 的偏心比。当杯形砂轮10实施多个完整回转时,接触区域总是进一步偏移并且最终在轮廓18上的整个砂轮周缘用于磨削加工。

[0019] 通过所述偏心运动能够避免在杯形砂轮10和工件40之间的不希望大的面接触。用于叠加周期的偏心运动的细节例如由德国专利申请文件DE 2721164 A和DE 2445483 A得出。

[0020] 实际的研究已示出,在使用偏心运动的情况下被磨削的滚齿锥齿轮可具有包括光学可见阴影的表面。此外,这些构件可在运行中呈现出显著的噪声特性,这归因于齿侧的波度。

## 发明内容

[0021] 因此,本发明的任务在于,提供一种措施,其能够实现避免该异常的噪声特性。

[0022] 为此,本发明提出一种在磨床中实施的方法,所述磨床具有:

[0023] -工具主轴,用于接纳设有研磨面的杯形砂轮,并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述杯形砂轮,

[0024] -修整主轴,用于接纳设计用于修整所述杯形砂轮的修整工具,并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述修整工具,

[0025] -工件主轴,用于接纳锥齿轮工件并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述锥齿轮工

件,其中,所述工件主轴设有偏心驱动装置,

[0026] 所述方法包括以下修整步骤:

[0027] a) 以第一转速围绕所述工具主轴的旋转轴线旋转驱动所述杯形砂轮,

[0028] b) 以第二转速围绕所述修整主轴的旋转轴线旋转驱动所述修整工具,

[0029] c) 实施修整方法,其中所述杯形砂轮借助所述修整工具进行修整,其中在该步骤期间在第一转速和第二转速之间预定一预先确定的固定转速比,

[0030] 并且所述方法包括如下加工步骤,所述加工步骤在实施所述修整步骤之后实施:

[0031] i. 在使用所述偏心驱动装置的情况下以第一加工转速围绕所述工具主轴的旋转轴线偏心地旋转驱动所述杯形砂轮,

[0032] ii. 实施磨削方法,其中所述锥齿轮工件借助所述杯形砂轮进行磨削加工。

[0033] 本发明的方法在磨床中实施,所述磨床具有:

[0034] -工具主轴,其用于接纳设有研磨面的杯形砂轮,并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述杯形砂轮,

[0035] -修整主轴,其用于接纳设计用于修整所述杯形砂轮的修整工具,并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述修整工具,

[0036] -工件主轴,其用于接纳锥齿轮工件,并且用于围绕旋转轴线旋转驱动所述锥齿轮工件,其中,所述工件主轴设有偏心驱动装置,所述偏心驱动装置的偏心比是能预定的。

[0037] 本发明的方法在所有实施方式中具有如下修整步骤:

[0038] a) 以第一转速围绕工具主轴的旋转轴线旋转驱动所述杯形砂轮,

[0039] b) 以第二转速围绕修整主轴的旋转轴线旋转驱动所述修整工具,

[0040] c) 实施修整方法,其中所述杯形砂轮借助所述修整工具进行修整,其中在该步骤期间在第一转速和第二转速之间预定一预先确定的固定转速比,

[0041] 并且该方法包括如下加工步骤,所述加工步骤在实施修整步骤之后实施:

[0042] i. 在使用偏心驱动装置的情况下以第一加工转速围绕所述工具主轴的旋转轴线偏心地旋转驱动所述杯形砂轮,

[0043] ii. 实施磨削方法,其中所述锥齿轮工件借助所述杯形砂轮进行磨削加工。

[0044] 本发明基于全面的措施,其优化修整器在修整过程中与杯形砂轮的协同作用和优化相应修整的杯形砂轮与锥齿轮工件的协同作用。在系统地排除之前修整过程和磨削过程的其他缺陷和不精确性之后,该措施的发展才可行。

[0045] 在确切的研究中则示出,修整过程的条件对工件的磨削加工可能有负面影响,所述负面影响之前并未被意识到。

[0046] 按照本发明,因此将相应的转速比特别地彼此协调。

[0047] 为此目的,例如在所有实施方式中,预定用于修整的固定转速比,所述固定转速比以第一转速与第二转速的比例限定或以第二转速与第一转速的比例限定。

[0048] 优选地,在修整时所述固定转速比的值相应于自然数 $N$ 。特别优选地,所述固定转速比的值相应于量 $\{1, 2, 3, 4, \dots, 10\}$ 的自然数 $N$ 。

[0049] 但如下实施方式也是可行的,其中在修整时所述固定转速比以两个自然数 $N$ 的分数限定。特别优选地,所述固定转速比的值相应于量 $\{1/2, 1/3, 2/3, 1/4, 3/4\}$ 的分数。

[0050] 在优选的实施方式中,对于一固定转速比而言求取一偏心比(通常由一序列多个

适合的偏心比)并且在锥齿轮工件的偏心磨削中使用。然而这样的偏心比的使用是可选的,但可被用于在噪声特性方面提供仍然较好的结果。

[0051] 本发明能够主要用于锥齿轮工件的精细加工或再加工。

[0052] 在一个具体实施方式中,至少在步骤ii.期间,当不考虑由在所述杯形砂轮和所述锥齿轮工件之间的相对移位运动产生的偏心比波动时,则所述偏心驱动装置的偏心比以相应于有理数Q的值预定。

[0053] 在一个具体实施方式中,在步骤ii.中,附加于所述杯形砂轮的旋转驱动,所述杯形砂轮相对于所述锥齿轮工件仅实施相对的沉入运动。

[0054] 在一个具体实施方式中,在步骤ii.中,附加于所述杯形砂轮的旋转驱动,所述杯形砂轮相对于所述锥齿轮工件实施耦合的滚动运动。

[0055] 在一个具体实施方式中,在一个预备的方法步骤中,能预定所述固定转速比。

[0056] 在一个具体实施方式中,所述固定转速比的预定通过在屏幕上的输入请求进行,所述屏幕能与所述磨床连接。

[0057] 在一个具体实施方式中,所述固定转速比的预定通过所述磨床的控制装置进行。

## 附图说明

[0058] 下文参考附图详细描述本发明的实施例。

[0059] 图1示出包括杯形砂轮的磨床的一部分的示意性侧视图,所述杯形砂轮借助修整砂轮在外周缘上修整(以修整砂轮对内周缘的修整以虚线图表示);

[0060] 图2示出在锥齿轮工件的沉入磨削时杯形砂轮的高度示意性侧视图,其中锥齿轮工件以轴向剖面示出;

[0061] 图3A示出杯形砂轮的不按比例的高度示意性视图,所述杯形砂轮以已知的方式偏心支承在瓦古里盘上并且其在示出的瞬间加工盘形齿轮工件的齿槽;

[0062] 图3B示出沿线X1-X1按照图3A的杯形砂轮的高度示意性剖面图;

[0063] 图4A示出杯形砂轮的径向剖面的高度示意性剖面图,所述杯形砂轮在示出的瞬间以已知的方式利用修整砂轮在外周缘上进行修整;

[0064] 图4B示出图4A的杯形砂轮在利用图4A的修整砂轮以相同的转速修整之后的高度示意性侧视图;

[0065] 图4C示出图4A的杯形砂轮在利用图4A的修整砂轮以不相等的转速修整之后的高度示意性侧视图;

[0066] 图5示出一种示例性设备的立体图,在所述设备中可实施本发明的方法。

## 具体实施方式

[0067] 关联本说明使用也在有关的出版物和专利中使用的术语。然而,要提到,这些术语的使用仅应该用于更好的理解。本发明的构思和保护范围不应该由所述术语的特别选择而被局限在所述解释中。本发明能够容易地转用到其他术语系统和/或技术领域。在其他的领域中,所述术语可相应地使用。

[0068] 本发明基于综合性方法,其优化修整器30在修整过程中与杯形砂轮10的协同作用和相应被修整的杯形砂轮10与锥齿轮工件40的协同作用,以便这样间接影响锥齿轮工件40

的噪声特性。

[0069] 本发明的解决方案首先可通过对复杂关系和相互相关性的准确分析实现。接着，这些分析的结果借助强烈简化的示例和插图解释，然后描述按照本发明的解决方案的细节。

[0070] 下文，尤其参考图1、2以及3A和3B以及参考其说明。

[0071] 在图4A中，示出杯形砂轮10和修整砂轮30在强烈示意性快照中的俯视图。轮廓18仅仅作为水平剖面（也称为径向剖面）示出。修整砂轮30以如下盘示出，所述盘的直径在此为轮廓18的外径的50%。典型地，修整砂轮30具有显著小于杯形砂轮10外径的直径。在修整砂轮30的外周缘上，通过小的标记示出缺陷部位F。这可例如是如下金刚石晶体，其相对于其他的晶体具有稍微不同的取向。但修整砂轮30例如也可以具有同心度误差，其例如可通过在标记F区域中的轻微的冲击或行程示出。下文描述的原理不仅适用于包括表面缺陷部位F的修整砂轮30，而且适用于具有同心度误差的修整砂轮30。

[0072] 在修整中，至今总是预定速度比例，以便取得优化的修整结果。所述速度比例通常通过修整因数定义。所述修整因数限定为修整辊圆周速度和砂轮圆周速度的比例。

[0073] 修整砂轮30的旋转速度 $\omega_3$ 和杯形砂轮10的旋转速度 $\omega_1$ \*相应地被控制，以便在瞬时相互作用的区域中取得希望的相对切割速度。

[0074] 接着，相对地，以杯形砂轮10的转速 $n_1$ 和修整砂轮30的转速 $n_3$ 工作。转速即为独立于半径或直径的大小。

[0075] 当这两个转速一致，即当 $n_1 = n_3$ 适用时，则修整砂轮30的缺陷部位F或同心度误差每个完整回转只接触环绕的外表面18.1一次。如果在修整时没有实施其他的相对运动，则该缺陷部位F或同心度误差总是又碰到在杯形砂轮10的外表面18.1上的相同点。

[0076] 在图4B中示出在以图4A的修整砂轮30修整之后杯形砂轮10的侧视图。如果修整砂轮30在修整时相对于杯形砂轮10平行于旋转轴线R1的方向运动（称为轴线平行的修整进给）并且如果规定 $n_1 = n_3$ 继续适用，则沿轴线平行的线产生一系列的表面干扰。在图4B中，这些表面干扰的中心通过打点的线19的点示出。

[0077] 如果如至今的情况借助希望的相对切割速度预定用于修整的适合的修整因数，则几乎在所有情况中产生不是整数的转速比 $DV = n_1/n_3$ ，因为修整因数通过杯形砂轮10和修整砂轮30的半径并且通过相应的角速度 $\omega_1$ \*和 $\omega_3$ 确定。因此，在实际中转速比DV通过无理数定义。

[0078] 当从实际的杯形砂轮10出发，其侧视图例如在图3B中示出，则此外要考虑，其外周缘是可变的，因为轮廓18具有锥形。即，杯形砂轮10的有效的作用直径并且借此还有切割速度随着修整进给改变。亦即，当如至今通常的希望维持确定的相对切割速度时，则必须改变杯形砂轮10的转速 $n_1$ 和/或修整砂轮30的转速 $n_3$ ，而修整砂轮30例如实施轴线平行的修整进给。

[0079] 当现在从在实际中至今总是产生的无理数的转速比 $n_1/n_3$ 出发，并且当将其应用于图4A、4B的示例时，则立即可看出，在环绕的外表面18.1上产生表面干扰的复杂分布。在图4C中，这样的分布以简化的形状通过类似任意地分布在外表面18.1上的多个表面干扰象征表示。这些表面干扰在这里示意性地通过多个黑点示出。

[0080] 在接着的构思步骤中，现在从实际的修整砂轮30出发，所述修整砂轮的表面不是



仅具有一个缺陷部位F而是具有所有数量的缺陷部位和/或同心度误差。这些缺陷部位可例如沿修整砂轮30的周缘分布。

[0081] 当现在以实际的修整砂轮30实施以无理数的转速比 $n_1/n_3$ 对外表面18.1的修整过程,所述修整砂轮具有大量的缺陷部位和/或同心度误差,其中修整砂轮30相对于杯形砂轮10实施平行于旋转轴线R1方向的轴线平行的修整运动,则最终产生在整个的外表面18.1上的或多或少明显表面干扰的随机分布。类似地,在修整内表面18.2时,随机分布的表面干扰也可在整个内表面18.2上出现。

[0082] 在实际中,该关系比在此示出的情况还显著更复杂。因此,可在杯形砂轮10上产生例如沿杯形砂轮10的周缘改变的角度误差、凸度误差和波度。

[0083] 在下一个构思步骤中,现在利用实际的杯形砂轮10进行锥齿轮工件40的偏心沉入加工,所述杯形砂轮的外表面18.1具有表面干扰的随机分布。偏心沉入加工是不连续过程,其中锥齿轮工件40在磨削期间不旋转。在沉入时仅进行相对的深度进给,而偏心率叠加于杯形砂轮10的旋转运动 $\omega_1^*$ ,如已经说明的那样。偏心沉入加工的快照在图2中示出。

[0084] 然而,本发明的方法也能够用于偏心展成磨削。偏心展成磨削也是不连续的过程,其中,一个齿槽接一个齿槽地加工锥齿轮工件40。锥齿轮工件40的旋转运动 $\omega_2^*$ 在偏心展成磨削时与杯形砂轮10的旋转运动 $\omega_1^*$ 耦合。

[0085] 在展成磨削时,进行例如在齿侧5.1和杯形砂轮10之间的线接触。滚动运动在展成磨削时从在锥齿轮工件40的外直径上的齿根Zf(参看图3A)直到在内直径上的齿尖Zz(参看图3A)地进行或反之。

[0086] 在展成磨削时,通过锥齿轮工件40和杯形砂轮10的接触产生沿齿侧的接触线,由此在接触点或接触线上产生磨粒的轨迹。由于滚动运动,该接触线的位置持续改变。

[0087] 通过叠加偏心运动,接触线减少为如下接触点,所述接触点在偏心回转的角度范围内沿着在所述接触线上迁移。

[0088] 如果现在如开头说明的那样预定例如1的偏心率因数,则杯形砂轮10的每次完整回转给出杯形砂轮10的外表面18.1与正被磨削的齿槽5的凹形齿侧5.1的一次接触。因为杯形砂轮10在磨削时由于耦合的滚动运动而运动通过齿槽5,而杯形砂轮10例如实施五个完整回转,所以出现在杯形砂轮10的外表面18.1和凹形齿侧5.1之间的五次接触。由于杯形砂轮10通过齿槽5的所述滚动运动,这些接触沿凹形齿侧5.1例如从齿根Zf迁移至齿尖Zz。

[0089] 即使表面干扰在外表面18.1上随机地分布,但是由于整数的偏心率因数而在凹形齿侧5.1上形成均匀地重复的表面干扰。

[0090] 研究已示出,这些均匀重复的表面干扰可对这种锥齿轮工件40的噪声特性具有显著的影响。在偏心沉入磨削的锥齿轮工件40中,例如出现沿轮廓方向的缺陷。在偏心展成磨削的锥齿轮工件40中,可与磨削转速和偏心轴转速相关地出现不同的波形。

[0091] 本发明从这点开始。由此这些实质问题被明确,其彼此相互影响并且可最终导致在锥齿轮工件40上的不希望的表面干扰。

[0092] 因此,按照本发明,发展一种特别的方法,以便避免产生如下表面干扰,所述表面干扰以不希望的方式具有周期性的形式。表面干扰本身是过程内在的,但在维持确定前提下可实现阻止:这些表面干扰不利地重复或以另外的方式不利地在叠加工件上。

[0093] 本发明的方法设计用于,在磨床100中(在此总体称为设备100)实施。如示例性地

在图1和5中示出的那样,磨床100具有工具主轴11,用于接纳杯形砂轮10并且用于旋转驱动设有研磨面18.1、18.2的杯形砂轮10。此外,磨床具有修整主轴31,以用于接纳和用于旋转驱动修整工具30,所述修整工具设计用于修整杯形砂轮10。此外,设有工件主轴41,其用于接纳并且用于旋转驱动锥齿轮工件40,其中,工件主轴41设有偏心驱动装置3,所述偏心驱动装置的偏心率能被预定。偏心驱动装置3例如可设计为如在图3A中示出的那样。

[0094] 在这种磨床100中实施的方法优选在所有实施方式中具有如下修整步骤:

[0095] -以第一(修整)转速 $n_1$ 围绕工具主轴11的旋转轴线R1旋转驱动砂轮10,

[0096] -以第二(修整)转速 $n_3$ 围绕修整主轴31的旋转轴线R3旋转驱动修整工具30,

[0097] -实施修整方法,其中砂轮10借助修整工具30进行修整,其中在该步骤期间,在第一(修整)转速 $n_1$ 和第二(修整)转速 $n_3$ 之间预定一精确预先确定的固定转速比DV。

[0098] 为此目的,例如在所有实施方式中,预定固定转速比DV,所述固定转速比以第一转速 $n_1$ 与第二转速 $n_3$ (即 $DV = n_1/n_3$ )的比例限定或以第二转速与第一转速(即 $DV = n_3/n_1$ )的比例限定。

[0099] 优选地,该固定转速比DV的值相应于自然数N。特别优选地,该固定转速比DV的值相应于量{1、2、3、4...10}的自然数N。

[0100] 但如下实施方式也是可行的,其中,该固定转速比DV以两个自然数N的分数限定。特别优选地,该固定转速比DV的值相应于量[1/2、1/3、2/3、1/4、3/4]的分数。

[0101] 通过该第一措施并且通过以精确预先确定的固定转速比DV的所述修整步骤实现,沿杯形砂轮10的表面18.1、18.2不是产生表面干扰的无规律的分布、而是产生相对均匀的分布。由此,修整砂轮30的同心度误差精确地形成成为砂轮10的同心度误差(在这里忽略来自修整辊半径的运动学偏差),如果例如从转速比 $DV = 1.2$ 或例如1/2出发的话。

[0102] 现在,这样修整的杯形砂轮10在接着的加工步骤的范围中用于磨削锥齿轮工件40。这些加工步骤在实施修整步骤之后实施。

[0103] -围绕工具主轴11的旋转轴线R1旋转驱动杯形砂轮10,

[0104] -实施偏心磨削方法,其中锥齿轮工件40借助杯形砂轮10进行加工。即,在磨削锥齿轮工件40时总是使用偏心驱动装置3。

[0105] 在锥齿轮工件40的磨削期间,优选在所有实施方式中,预定用于偏心驱动装置3的偏心比EV,所述偏心比不等于1。

[0106] 在确定偏心比EV时,如在这些实施方式的一部分中可进行的那样,要注意,在杯形砂轮10和锥齿轮工件40之间没有相对的(移位)运动的情况下限定该偏心比EV。换句话说,在确定偏心比EV时,偏心比EV的波动保持不加考虑,所述波动例如由在杯形砂轮10和锥齿轮工件40之间的相对的(移位)运动产生。

[0107] 特别适合的是不相应于自然数N的偏心比EV。即,在本发明的范围中,分数特别适合作为偏心率EV。替代地,例如也可选择如下偏心比,所述偏心比相应于偶数或奇数的自然数 $>1$ (例如1、2、3、4或5)。

[0108] 通过该可选的第二措施可实现,没有锥齿轮工件40的齿侧5.1、5.2的周期性重复的表面干扰产生。这特别是适用于锥齿轮工件40的偏心展成磨削。

[0109] 示例性的设备100在图5中示出。本发明的方法步骤可在所有实施方式中例如在所述设备100的(机器)控制装置120中执行。但所述设备100在所有实施方式中例如也可从外

部控制,以便实施本发明的方法的步骤。在图5中,(机器)控制装置120通过椭圆象征表示。

[0110] 特别适合的是该设备100具有用于接纳锥齿轮工件40的工件主轴41和用于接纳杯形砂轮10的工具主轴11。所述设备100具有多个驱动装置,以用于加工锥齿轮工件40。所述驱动装置在所述设备100的挡板后面被遮盖。此外,该示例性地示出的设备100具有机架101。在平行于x-y-平面延伸的机座102上,设置滑块103,所述滑块沿水平延伸轨道104能平行于Y轴移动。滑块103承载有工具主轴11并且可实施沿X和Z方向的平移运动。

[0111] 所述设备100附加地具有修整主轴31,所述修整主轴在这里承载有修整砂轮30。引起杯形砂轮10围绕旋转轴线R1的旋转的旋转驱动装置也称为A1旋转驱动装置。B旋转驱动装置使锥齿轮工件40围绕旋转轴线R2旋转。在锥齿轮工件40借助杯形砂轮10进行磨削加工时,它们的旋转运动(电子)耦合。所述设备100的相应的驱动装置在这里也以字母X、Y、Z、A1和B表示。所述设备100可附加地具有包括相应的偏转驱动装置的偏转轴C,如在图5中示出的那样。

[0112] 附图标记:

[0113]

瓦古里盘/偏心件	3
区域	4
齿槽	5
凹形齿侧	5.1
凸形齿侧	5.2
砂轮/杯形砂轮	10
工具主轴	11
区域/轮廓	18
环绕的外表面	18.1
环绕的内表面	18.2
线	19
修整工具/修整砂轮	30
修整主轴	31
区域/轮廓	38
锥齿轮工件	40
工件主轴	41
设备/机器/磨床	100
机架	101
机座	102
滑块	103

[0114]

轨道	104
(机器)控制装置	120
转速比	DV
距离	e
偏心比	EV
缺陷部位	F
盘中心	M1
中心	M2
自然数	N
转速	n1
加工转速	n1*
修整转速	n3
有理数	Q
(工具)旋转轴线	R1
修整旋转轴线	R3
工件旋转轴线	R2
在修整时的角速度	$\omega 1$
在加工时的角速度	$\omega 1^*$
在加工时的角速度	$\omega 2^*$
在修整时的角速度	$\omega 3$
坐标系	x、y
驱动装置	X、Y、Z、B、C、A1
剖面	X1-X1
齿根	Zf
齿尖	Zz

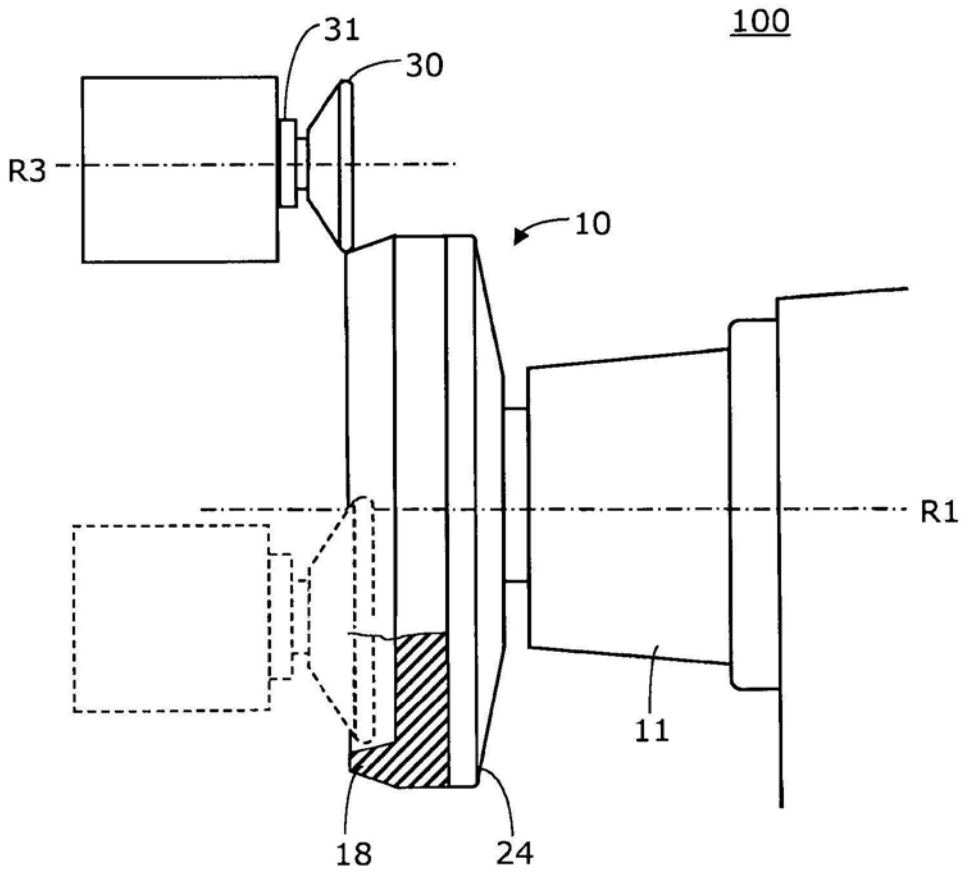


图1

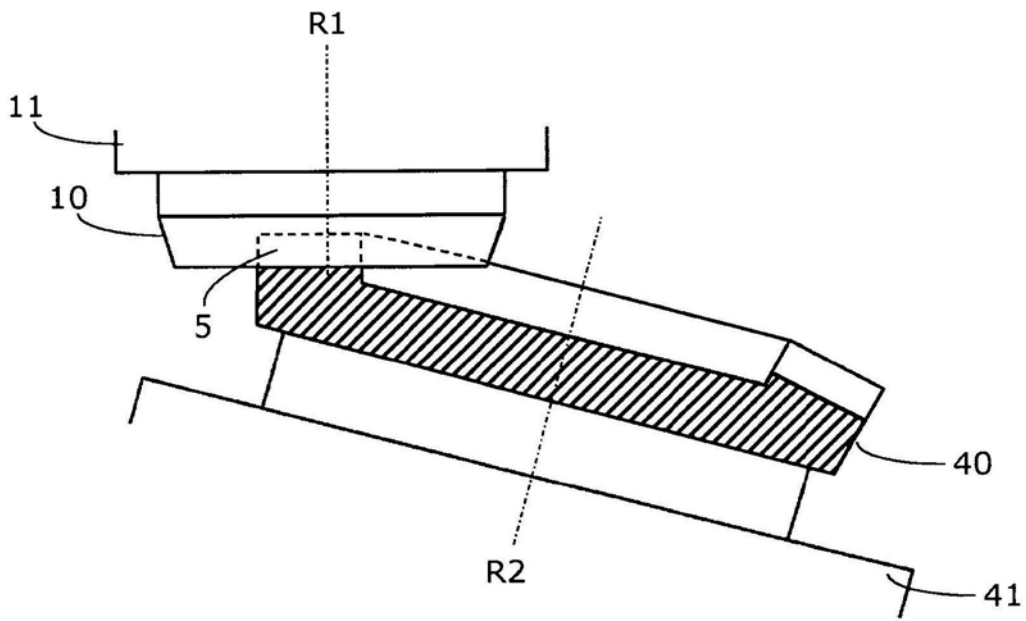


图2

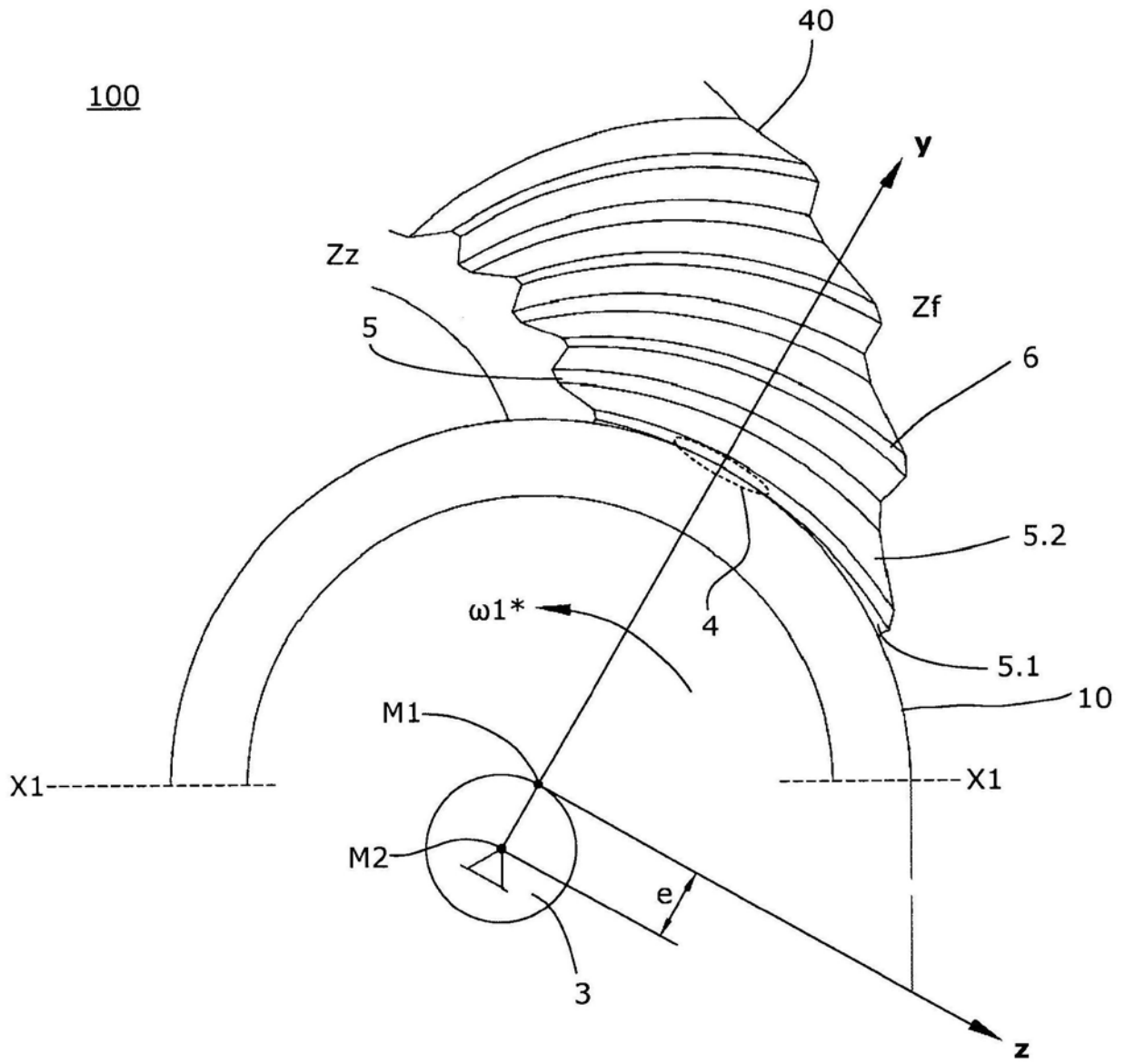
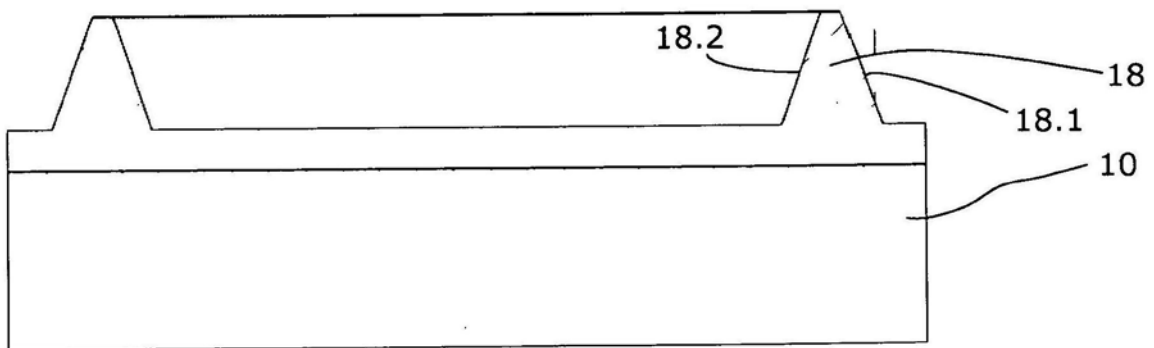


图3A



R1

图3B

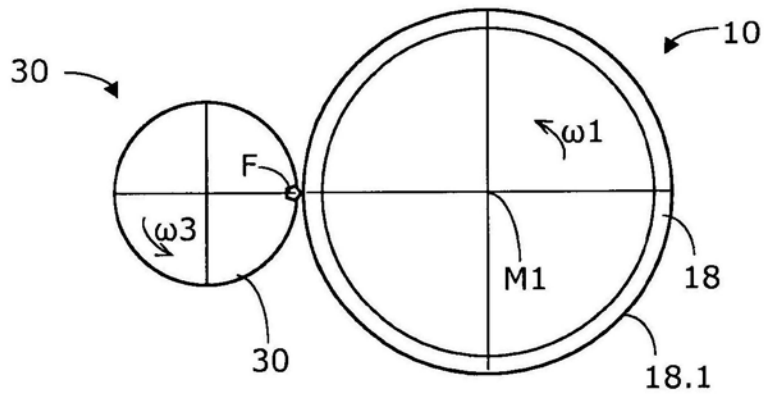


图4A

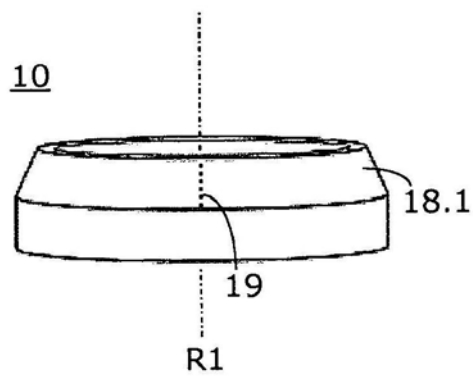


图4B

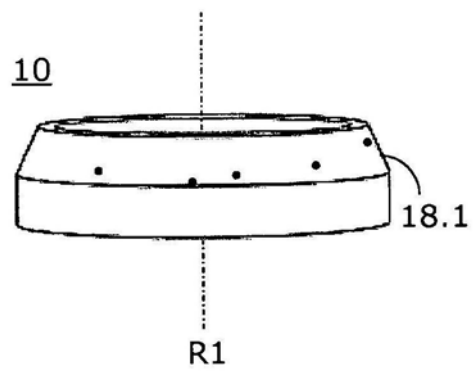


图4C



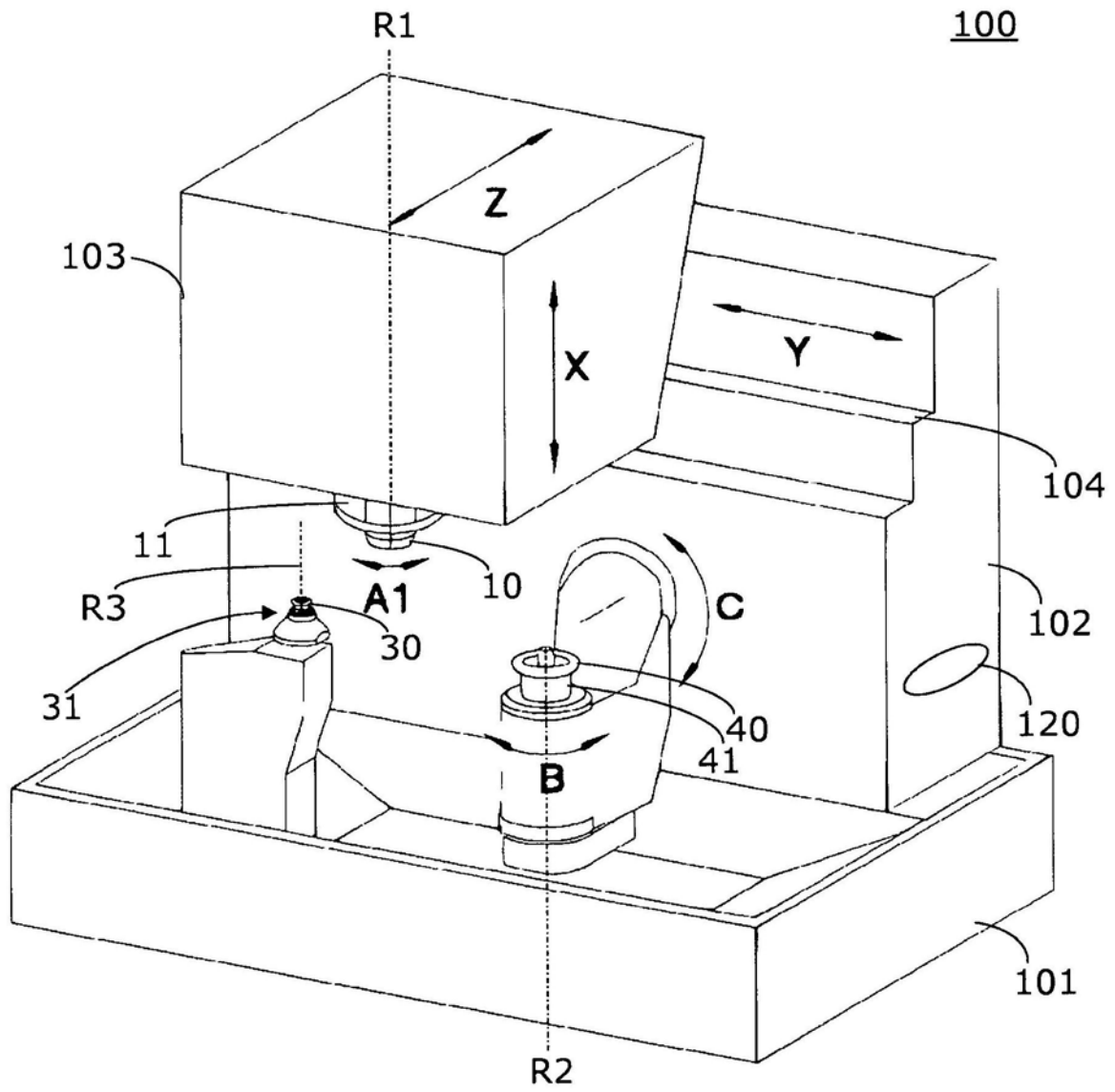


图5