



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114981740 B

(45) 授权公告日 2025.06.06

(21) 申请号 202180011725.9

专利权人 西诺德牙科设备有限公司

(22) 申请日 2021.01.29

(72) 发明人 S·施泰格

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114981740 A

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

(43) 申请公布日 2022.08.30

专利代理师 宋逸凡

(30) 优先权数据
20154582.9 2020.01.30 EP

(51) Int.Cl.

G05B 19/4099 (2006.01)

A61C 13/00 (2006.01)

A61C 5/77 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2022.07.29

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/052158 2021.01.29

(56) 对比文件

CN 103235556 A, 2013.08.07

DE 102017203475 A1, 2018.09.06

US 2009130634 A1, 2009.05.21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02021/152125 EN 2021.08.05

审查员 高明强

(73) 专利权人 登士柏西诺德公司
地址 美国宾夕法尼亚州

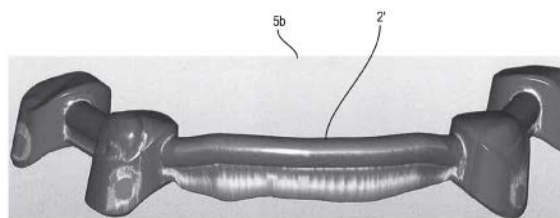
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

用于预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间的牙科机加工系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于制造牙科修复体/矫治器的牙科机加工系统,包括:牙科机床(1),其包括:牙科坯料保持器,其用于相对于一个或多个牙科刀具(3)以能够移动的方式保持至少一个牙科坯料(2);一个或多个驱动单元(4),其各自用于以能够移动的方式保持一个或多个牙科刀具(3);控制单元,其用于基于牙科修复体/矫治器的构造数据和专用于从牙科坯料(2)制造牙科修复体/矫治器的多个机加工过程来控制牙科坯料保持器和驱动单元(4);其特征在于,该控制单元还适于执行经训练的人工智能算法,该人工智能算法适于基于输入数据预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间,该输入数据包括:过程参数,其分别限定机加工过程;和标测图,其包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息。



1. 一种用于制造牙科修复体/矫治器的牙科机加工系统,包括:
牙科机床(1),其包括:
牙科坯料保持器,其用于相对于一个或多个牙科刀具(3)以能够移动的方式保持至少一个牙科坯料(2);
一个或多个驱动单元(4),其各自用于以能够移动的方式保持一个或多个牙科刀具(3),
控制单元,其用于基于所述牙科修复体/矫治器的构造数据和专用于从所述牙科坯料(2)制造所述牙科修复体/矫治器的多个机加工过程来控制所述牙科坯料保持器和所述驱动单元(4);
其中,
所述控制单元还适于执行:
经训练的人工智能算法,其适于基于输入数据预测用于制造所述牙科修复体/矫治器的机加工时间,所述输入数据包括:
过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和
标测图,所述标测图包括关于基于所述机加工过程构造的所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息,其中,所述标测图包括:第一类型的标测图,所述第一类型的标测图分别相对于所述机加工过程中的机加工方向(z)描述所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状,其中,所述机加工方向(z)平行于所述牙科刀具(3),其中,所述第一类型的标测图还描述从所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状的表面到所述驱动单元(4)的参考平面的距离或者从所述牙科坯料(2)的表面到所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状的表面之间的距离。
2. 根据权利要求1所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述第一类型的标测图分别限定距离图。
3. 根据权利要求2所述的牙科机加工系统,其特征在于,每个距离图通过颜色、灰度或数字来显示距离。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述输入数据还针对每个第一类型的标测图包括关于将在对应的机加工过程中使用的牙科刀具(3)的类型的信息。
5. 根据权利要求1所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述控制单元适于基于所述牙科修复体/矫治器的构造数据来生成所述输入数据。
6. 根据权利要求1所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述牙科机加工系统还包括用于接收输入数据和构造数据的输入装置。
7. 根据权利要求1所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述控制单元适于训练用于基于输入数据预测用于制造所述牙科修复体/矫治器的机加工时间的人工智能算法,所述输入数据包括:
过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和
标测图,所述标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息;
和分别完成所述机加工过程所需的实际机加工时间。

8. 一种用于制造牙科修复体/矫治器的牙科机加工系统,包括:
牙科机床(1),其包括:
牙科坯料保持器,其用于相对于一个或多个牙科刀具(3)以能够移动的方式保持至少一个牙科坯料(2);
一个或多个驱动单元(4),其各自用于以能够移动的方式保持一个或多个牙科刀具(3),
控制单元,其用于基于所述牙科修复体/矫治器的构造数据和专用于从所述牙科坯料(2)制造所述牙科修复体/矫治器的多个机加工过程来控制所述牙科坯料保持器和所述驱动单元(4);
其中,
其中,所述控制单元还适于执行:
经训练的人工智能算法,其适于基于输入数据预测用于制造所述牙科修复体/矫治器的机加工时间,所述输入数据包括:
过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和
标测图,所述标测图包括关于所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息其中,所述标测图包括:第二类型的标测图,所述第二类型的标测图已经通过模拟获得并且在模拟完成对应的机加工过程之后相对于所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状描述剩余牙科坯料(2')的实际几何形状,其中,所述第二类型的标测图在模拟完成对应的机加工过程之后描述剩余牙科坯料(2')的实际几何形状的表面到所述牙科修复体/矫治器的目标几何形状的表面或者反之亦然之间的距离。
9. 根据权利要求8所述的牙科机加工系统,其特征在于,实际几何形状或目标几何形状的表面通过三角测量来描述,所述三角测量分别具有包括距离的属性。
10. 根据权利要求8或9所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述第二类型的标测图分别限定距离图。
11. 根据权利要求10所述的牙科机加工系统,其特征在于,每个距离图通过颜色、灰度或数字来显示距离。
12. 根据权利要求9所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述控制单元适于基于所述牙科修复体/矫治器的构造数据来生成所述输入数据。
13. 根据权利要求9所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述牙科机加工系统还包括用于接收输入数据和构造数据的输入装置。
14. 根据权利要求9所述的牙科机加工系统,其特征在于,所述控制单元适于训练用于基于输入数据预测用于制造所述牙科修复体/矫治器的机加工时间的人工智能算法,所述输入数据包括:
过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和
标测图,所述标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息;
和分别完成所述机加工过程所需的实际机加工时间。

用于预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间的牙科机加工系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种牙科机加工系统,其具有牙科机床,该牙科机床用于通过使用一个或多个牙科刀具从牙科坯料制造牙科修复体/矫治器。本发明更特别地涉及一种预测用于利用牙科机加工系统制造牙科修复体或牙科矫治器的机加工时间的方法。

背景技术

[0002] 一般来说,牙科机加工系统具有用于机加工典型地由陶瓷制成的牙科坯料的牙科机床。牙科机床大体上具有一个或多个驱动单元,每个驱动单元以能够移动的方式保持用于机加工牙科坯料的至少一个牙科刀具。牙科刀具分别安装到驱动单元中的刀具马达。牙科刀具可在其使用寿命结束后更换。牙科坯料安装到牙科坯料保持器,该牙科坯料保持器相对于牙科刀具能够相对地移动。控制单元控制牙科机床的操作。一般来说,CAD/CAM软件在连接到牙科机加工系统中的控制单元的PC上运行。CAD/CAM软件用来以数字方式构造牙科修复体/矫治器并提供机加工过程的列表。机加工过程用来在牙科机床中生成牙科刀具的时间轨迹。通常,在生成时间轨迹之前,估计完成机加工过程所需的机加工时间。已知不同的估计方法。根据公知的估计方法,首先通过使用基于参数的经验值来进行粗略估计,所述参数诸如牙科修复体/矫治器类别、牙科修复体/矫治器中的帽(cap)的数量、牙科坯料的材料、牙科修复体/矫治器中的细节的程度以及牙科机床的机加工模式。随后,基于具体地识别用于制造牙科修复体/矫治器的机加工过程来进行精细的估计。在文献中,机器学习方法备选地用来估计机加工时间。可参考作者Saric,T.、Simunovic,G.、Simunovic,K和Svalina,I.发表在International Journal of Simulation Modelling.15(2016)4,663-675上的标题为“Estimation of Machining Time for CNC Manufacturing Using Neural Computing”的文章。在该方法中,使用机加工过程的过程参数作为输入数据。

[0003] 一般来说,牙科修复体/矫治器的几何形状上的差异使机加工时间的估计变得复杂。导致估计变得复杂的典型因素是需要从高度不平坦的待机加工的修复体/矫治器特定区域(特别是底切(undercut))选择性地移除剩余材料。因此,大体上只能以差的精度估计机加工时间。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术的问题,并提供一种牙科机加工系统,以用于准确地预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间。

[0005] 该目标通过根据本发明的牙科机加工系统实现。权利要求书中的其他主题涉及进一步的改进方案。

[0006] 本发明提供一种用于制造牙科修复体/矫治器的牙科机加工系统。该牙科机加工系统包括牙科机床,该牙科机床包括:牙科坯料保持器,其用于相对于一个或多个牙科刀具以能够移动的方式保持至少一个牙科坯料;一个或多个驱动单元,其各自用于以能够移动

的方式保持一个或多个牙科刀具;和控制单元,该控制单元用于基于牙科修复体/矫治器的构造数据和专用于从牙科坯料制造牙科修复体/矫治器的多个机加工过程来控制牙科坯料保持器和驱动单元。控制单元还适于执行经训练的人工智能算法,该人工智能算法适于基于输入数据预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间,所述输入数据包括:过程参数,所述过程参数分别限定机加工过程;和标测图(mapping),所述标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息。

[0007] 本发明的主要有利效果是,该牙科机加工系统可通过经训练的人工智能算法在适当考虑牙科修复体/矫治器的目标几何形状的情况下准确地预测机加工时间。这使得当从待机加工的修复体/矫治器特定区域(特别是底切)选择性地移除剩余材料时有可能准确地预测机加工时间。本发明的另一个主要有利效果是,可训练人工智能算法以使机加工时间的预测适应牙科刀具轨迹计算方案中的变化。本发明的另一个主要有利效果是,基于经训练的人工智能算法的预测也可考虑影响机加工时间的未知因素。

[0008] 根据本发明,不同类型的标测图可用作输入数据。在本发明的实施例中,第一类型的标测图用来相对于相应的机加工过程中的机加工方向描述牙科修复体/矫治器的目标几何形状。将由牙科机床执行的机加工过程优选地以顺序列表提供。列表中的每个机加工过程还包括关于将用来控制驱动单元的过程参数的信息。例如,列表中的每个机加工过程包括相对于牙科修复体/矫治器的目标几何形状的机加工方向以及要使用的牙科刀具的类型。机加工方向平行于牙科刀具。这些第一类型的标测图优选地描述从牙科修复体/矫治器的表面到驱动单元的参考平面的距离。备选地,第一类型的标测图可优选地描述从牙科坯料的表面到牙科修复体/矫治器的表面的距离。第一类型的标测图优选地限定二维的距离图。每个距离图都通过数值显示距离。备选地,可使用颜色或灰度。输入数据还可针对每个第一类型的标测图包括关于用于对应的机加工过程的牙科刀具的类型的信息。由于第一类型的标测图,可基于距离图确定并且通过经训练的人工智能算法优选地与牙科刀具的类型一起考虑剩余材料的量,以预测机加工时间。

[0009] 在本发明的备选实施例中,第二类型的标测图被用作输入数据。第二类型的标测图经由模拟获得,并且在模拟完成对应的机加工过程之后相对于牙齿修复体/矫治器的目标几何形状描述剩余牙科坯料的实际几何形状。另外,在该实施例中,优选地以顺序列表提供将由牙科机床执行的机加工过程。在完成对应的机加工过程之后的剩余牙科坯料的实际几何形状经由模拟得到。第二类型的标测图优选地在模拟完成对应的机加工过程之后描述剩余牙科坯料的实际几何形状的表面到牙科修复体/矫治器的目标几何形状的距离。第二类型的标测图优选地限定三维的距离图。另外,在该实施例中,每个距离图通过数值示出模拟距离。备选地,可使用颜色或灰度。实际几何形状的表面优选地通过具有分别包括模拟距离的属性(attribute)的三角测量来描述。属性可位于最高点或三角形处。

[0010] 根据本发明,牙科机加工系统的控制单元基于牙科修复体/矫治器的构造数据生成输入数据。备选地,牙科机加工系统可通过输入装置接收输入数据和构造数据。

[0011] 根据本发明的实施例,牙科机加工系统具有训练模式和推理模式。在推理模式下,控制单元执行用于预测机加工时间的经训练的人工智能算法。在训练模式下,控制单元适于基于输入数据训练用于预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间的人工智能算法,所述输入数据包括:过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和标测图,所述

标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息;和用于分别完成机加工过程所需的实际机加工时间。根据本发明,经训练的人工智能算法基于神经网络,优选地基于卷积神经网络。

[0012] 在训练模式下,牙科机加工系统使用从实验或实际制造操作导出的先前生成或接收的输入数据。实际机加工时间通过监测机加工过程来获得。可利用这样的输入数据连续地更新数据库以用于训练模式。

[0013] 根据本发明的实施例,牙科机加工系统还可具有CAD/CAM模块,该模块优选地包括诸如运行CAD/CAM软件的PC的计算机站。经训练的人工智能算法优选地作为CAD/CAM模块的部分来提供。CAD/CAM模块优选地在牙科机床外部并且能够通过网络等访问。多个不同的牙科机床可使用经训练的人工智能算法以进行推理。CAD/CAM模块也可作为牙科机床的部分来提供。本发明还提供了一种用于实现牙科机加工系统的上面提及的功能的CAD/CAM软件。CAD/CAM软件具有用于促使计算机化牙科机加工系统执行所述功能的计算机可读代码。CAD/CAM软件存储在计算机可读存储介质中。存储介质可为便携的或集成的。存储介质可位于牙科机加工系统的外部或内部。存储介质可以能够通过网络等访问。本发明可应用于具有用于移动牙科坯料和牙科刀具的各种类型的运动学的牙科机床。

附图说明

[0014] 在随后的描述中,将通过使用示例性实施例并参照附图更详细地描述本发明的进一步的方面和有利效果,其中

[0015] 图1-是根据本发明的实施例的牙科机加工系统的牙科机床的示意性局部透视图;

[0016] 图2-是根据本发明的实施例的沿着平行于牙科刀具的机加工方向观察的牙科修复体/矫治器的二维灰度距离图;

[0017] 图3-是根据本发明的另一个实施例的沿着平行于牙科刀具的机加工方向观察的牙科修复体/矫治器的二维灰度距离图;

[0018] 图4-是在模拟完成底切机加工过程之前剩余牙科坯料的实际几何形状相对于牙科修复体/矫治器的目标几何形状的灰度距离图;

[0019] 图5-是在模拟完成底切机加工过程之后剩余牙科坯料的实际几何形状相对于牙科修复体/矫治器的目标几何形状的灰度距离图。

[0020] 附图中所示的附图标记表示如下所列的元素,并且将在对示例性实施例的随后描述中引用:

[0021] 1. 牙科机床

[0022] 2. 牙科坯料

[0023] 2' 剩余牙科坯料

[0024] 2a. 轴

[0025] 3. 牙科刀具

[0026] 4. 驱动单元

[0027] 4a. 臂

[0028] 4b. 轴

[0029] 5a., 5b. 灰度距离图

[0030] X,Y,Z:方向。

具体实施方式

[0031] 图1示出了用于制造牙科修复体/矫治器的牙科机加工系统,包括牙科机床(1),该牙科机床(1)包括:牙科坯料保持器,其用于相对于牙科刀具(3)以能够移动的方式保持牙科坯料(2);两个驱动单元(4),其各自用于以能够移动的方式保持牙科刀具(3);和控制单元,该控制单元用于基于牙科修复体/矫治器的构造数据和专用于从牙科坯料(2)制造牙科修复体/矫治器的多个机加工过程来控制牙科坯料保持器和驱动单元(4)。每个驱动单元(4)具有轴(4b)和径向地固定到轴(4b)的臂(4a)。每个轴(4b)可通过相应的驱动单元(4)的驱动机构在z轴线上移动。各个臂(4a)可通过驱动机构围绕z轴线移动。牙科刀具(3)分别安装到臂(4A)中的刀具马达。牙科坯料(2)通过另一驱动机构连结到轴(2a),该轴(2a)可沿着y轴线移动和围绕y轴线旋转。控制单元具有训练模式和推理模式。在推理模式下,控制单元还适于执行经训练的人工智能算法,该人工智能算法适于基于输入数据预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间,所述输入数据包括:过程参数,所述过程参数分别限定机加工过程;和标测图,所述标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息。过程参数包括例如路径距离、最大进给量、最大加速度等。训练模式将在后面描述。控制单元适于基于牙科修复体/矫治器的构造数据来生成输入数据。备选地,通过输入装置将输入数据和构造数据输入到牙科机加工系统中。

[0032] 在第一实施例中,标测图包括第一类型的标测图,所述第一类型的标测图分别相对于所述机加工过程中的机加工方向(z)描述牙科修复体/矫治器的目标几何形状。输入数据还包括关于用于对应的机加工过程的牙科刀具(3)的类型的信息。机加工方向(z)平行于牙科刀具(3)。第一类型的标测图还描述了从牙科修复体/矫治器的表面到驱动单元(4)的参考平面的距离或从牙科坯料(2)的表面到牙科修复体/矫治器的表面的距离。第一类型的标测图分别限定距离图。图2和图3各自示出了根据本发明的另一个实施例的从平行于牙科刀具的机加工方向观察的牙科修复体/矫治器的二维灰度距离图。备选地,每个距离图可通过颜色或数字来显示距离。在图2中,浅灰度显示了深裂隙,由于大量使用小型牙科刀具以选择性地移除剩余材料,所述深裂隙导致长的机加工时间。在图3中,目标几何形状简单并导致短的机加工时间。因此,目标几何形状的细节对最终的机加工时间具有大的影响。

[0033] 在第二实施例中,标测图备选地包括第二类型的标测图,所述第二类型的标测图已经经由模拟获得并且在模拟完成对应的机加工过程之后相对于牙齿修复体/矫治器的目标几何形状描述剩余牙科坯料(2')的实际几何形状。第二类型的标测图在模拟完成对应的机加工过程之后描述从剩余牙科坯料(2')的实际几何形状的表面到牙科修复体/矫治器的目标几何形状或者反之亦然距离。特别地,模拟可计算从目标几何形状到实际几何形状的距离。这些距离通过对应的机加工过程的模拟来获得。实际几何形状的表面通过具有分别包括模拟距离的属性的三角测量来描述。第二类型的标测图分别限定通过模拟获得的距离图。图4示出了在模拟完成底切机加工过程之前剩余牙科坯料(2')的实际几何形状相对于牙科修复体/矫治器的目标几何形状的灰度距离图。图5示出了在模拟完成底切机加工过程之后的剩余牙科坯料(2')的实际几何形状相对于牙科修复体/矫治器的目标几何形状的灰度距离图。图4和图5中的灰度距离图通过模拟获得。备选地,图4和图5中的距离图可通过

颜色或数字来显示模拟的距离。在图5中,浅灰度显示了通过模拟底切机加工获得的修复体/矫治器特定区域。

[0034] 在训练模式下,控制单元适于基于输入数据训练用于预测用于制造牙科修复体/矫治器的机加工时间的人工智能算法,所述输入数据包括:过程参数,所述过程参数分别限定所述机加工过程;和标测图,所述标测图包括关于分别基于所述机加工过程构造的牙科修复体/矫治器的目标几何形状的信息;和分别完成机加工过程所需的实际机加工时间。

[0035] 人工智能算法基于神经网络,特别是卷积神经网络。关于牙科修复体/矫治器的距离图结合所使用的牙科刀具的指示,卷积神经网络能够借助于训练示例来学习几何特性,这可能需要通过细牙科刀具进行选择性返工(残余材料移除)。此外,有可能识别只有缓慢进料才可能的区域或需要特殊材料浸没过程(之字形(ZigZag))的区域。这些几何依赖性特性对最终的机加工时间也具有大的影响。在基于神经网络的人工智能算法的训练期间,通过反向传播来学习神经网络的参数。

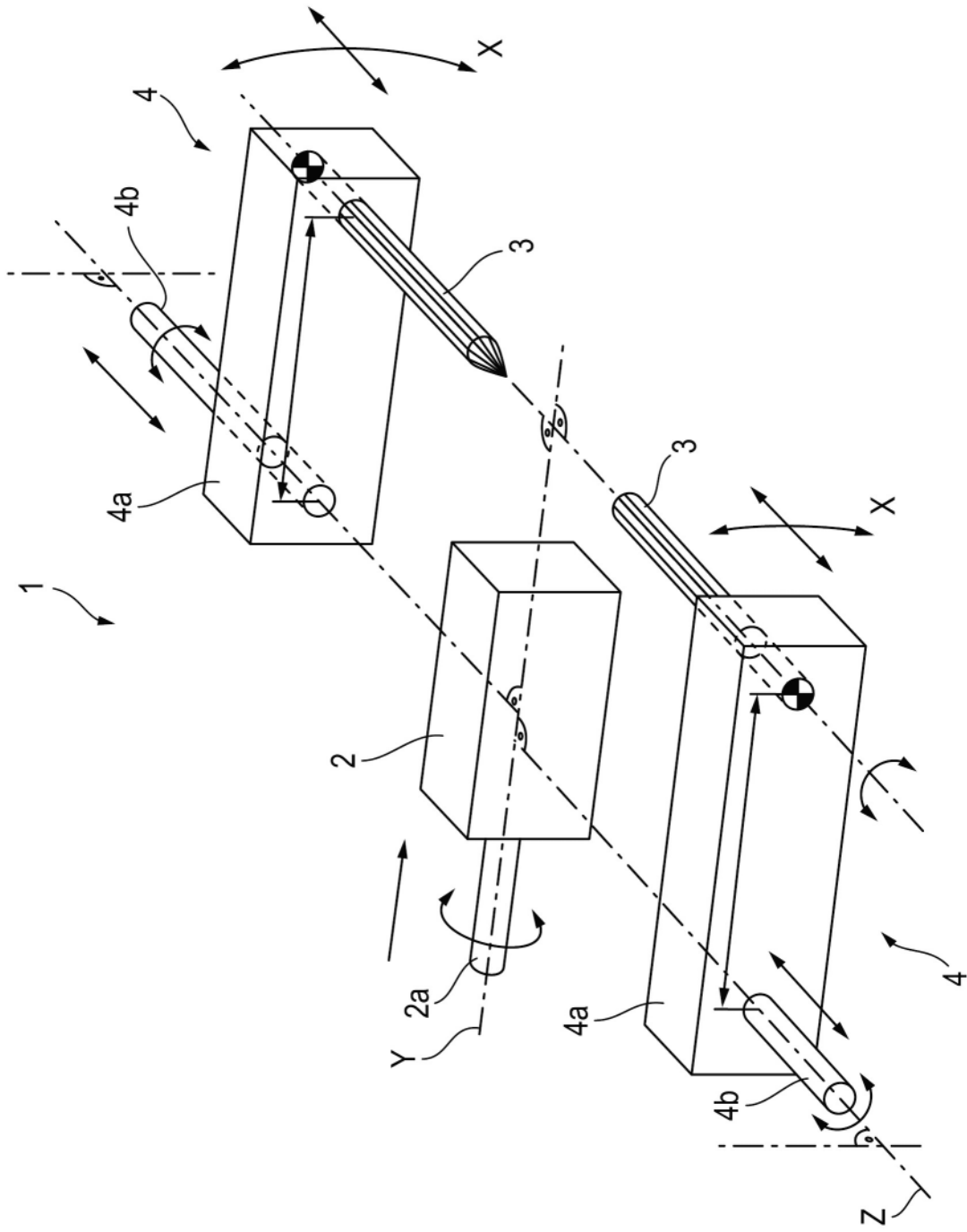


图 1

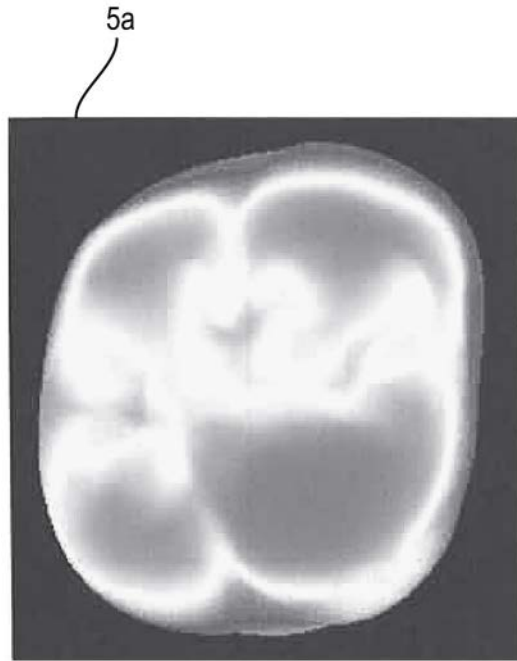


图 2



图 3

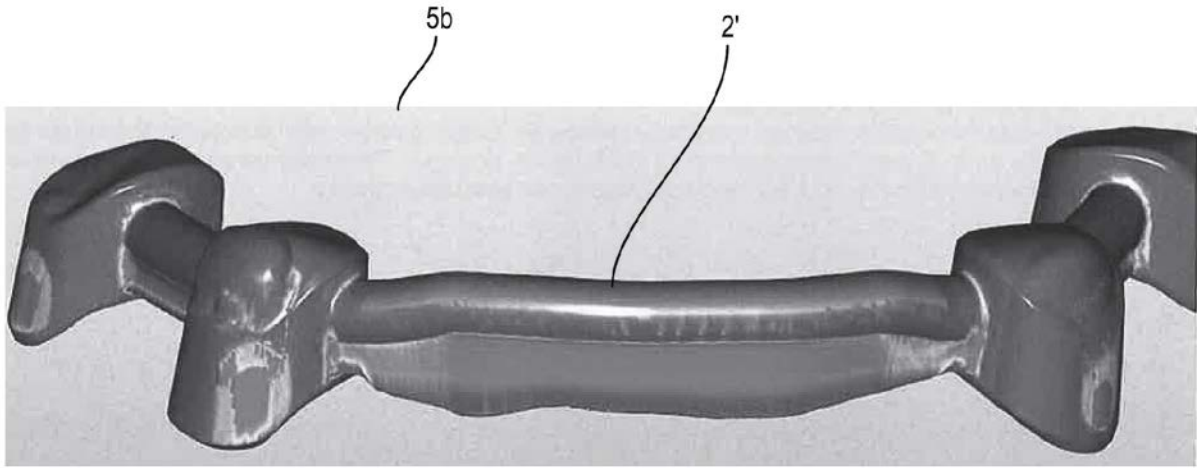


图 4

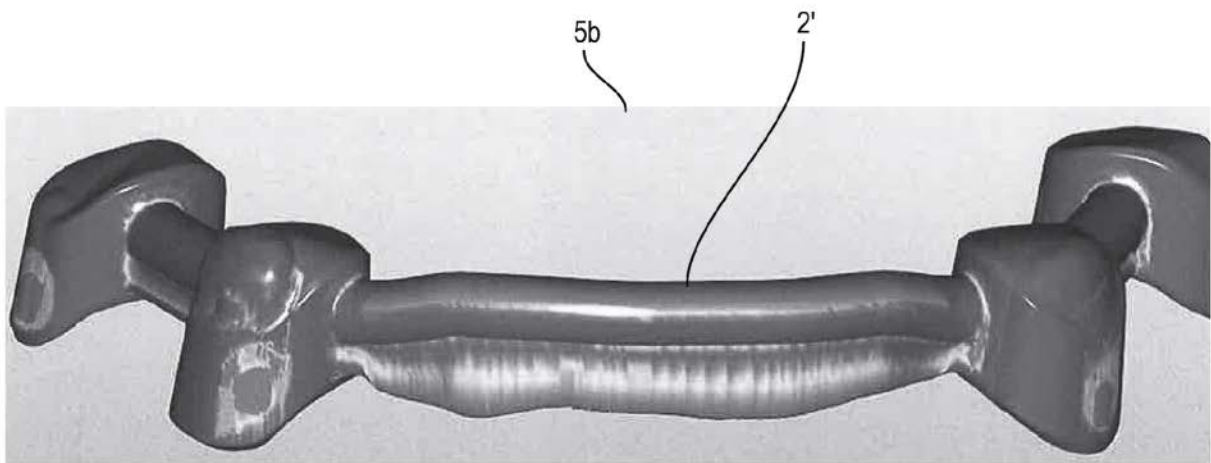


图 5