



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108138542 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201680056443.X

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

(22)申请日 2016.09.30

代理人 徐舒

(30)优先权数据

15/227261 2016.08.03 US

(51)Int.Cl.

E21B 10/42(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

B23P 6/04(2006.01)

2018.03.28

G23C 26/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/054928 2016.09.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/024322 EN 2017.02.09

(71)申请人 通用电气(GE)贝克休斯有限责任公司

地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 J·A·奥古斯福特 G·D·福克斯 C·瓦根埃姆

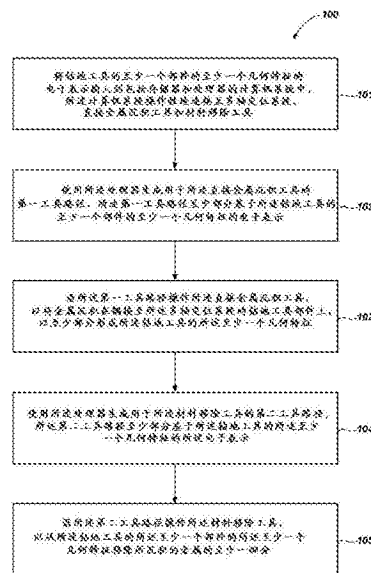
权利要求书3页 说明书15页 附图9页

(54)发明名称

形成和修复钻地工具的方法

(57)摘要

本文公开了一种使用存储在由操作性地连接至多轴定位系统、直接金属沉积设备和材料移除设备的处理器可访问的存储器中的钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示来形成钻地工具的至少一部分的方法。所述处理器至少部分基于所述钻地工具的所述至少一个部件的所述至少一个几何特征的所述电子表示而生成用于所述直接金属沉积设备的沉积路径。根据所述生成的沉积路径来操作所述直接金属沉积工具，以在耦接至所述多轴定位系统的钻地工具部件上沉积金属材料，从而至少部分形成所述钻地工具的所述至少一个几何特征。方法还包括修复钻地工具的方法。



1. 一种形成钻地工具 (162) 的至少一部分的方法, 所述方法包括:

将钻地工具 (162) 的至少一个部件 (110) 的至少一个几何特征 (131) 的电子表示输入到包括存储器 (170) 和处理器 (172) 的计算机系统 (168) 中, 所述计算机系统操作性地连接至多轴定位系统 (176)、直接金属沉积设备 (178) 和材料移除设备 (180);

所述方法的特征在于进一步包括:

使用所述处理器生成用于由所述直接金属沉积设备 (178) 来对金属材料进行沉积的路径, 所述沉积路径至少部分基于所述钻地工具 (162) 的所述至少一个部件 (110) 的所述至少一个几何特征 (131) 的所述电子表示;

沿所述沉积路径操作所述直接金属沉积设备 (178) 来沉积金属材料, 以将金属材料沉积在耦接至所述多轴定位系统 (176) 的钻地工具部件 (110) 上, 从而至少部分形成所述钻地工具 (162) 的所述至少一个几何特征 (131);

使用所述处理器 (172) 生成用于由所述材料移除设备 (180) 对金属材料进行移除的路径, 所述移除路径至少部分基于所述钻地工具 (162) 的所述至少一个几何特征 (131) 的所述电子表示; 以及

沿所述移除路径操作所述材料移除设备 (180) 来移除金属材料, 以从所述钻地工具 (162) 的所述至少一个部件 (110) 的所述至少一个几何特征 (131) 移除所述所沉积的金属材料的至少一部分。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中沿沉积路径操作所述直接金属沉积设备来沉积金属材料以在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属材料包括:

将来自热源 (161) 的热量应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的一部分, 以在所述钻地工具部件的表面上形成熔融池 (124);

通过经由所述直接金属沉积设备的沉积喷嘴 (118) 来引导粉末化金属材料的流来将粉末化金属材料 (120) 引入到所述熔融池中;

使用来自所述热源和所述熔融池中所含有的热量中的一者或两者的热量来至少部分熔融所述粉末化金属材料; 以及

固化所述熔融池和所述至少部分熔融的粉末化金属材料, 以在所述钻地工具部件的所述表面上形成一定体积的金属材料。

3. 如权利要求2所述的方法, 其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括与所述钻地工具的所述至少一个部件的金属材料的成分大致上相同的成分的粉末化金属材料。

4. 如权利要求2所述的方法, 其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括与所述钻地工具部件的所述至少一个部件的金属材料的成分不同成分的粉末化金属材料。

5. 如权利要求2所述的方法, 其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括合金成分的粉末化金属材料, 所述合金成分包括至少约百分之四十 (40%) 镍。

6. 如权利要求1至5中任一项所述的方法, 其中沿所述沉积路径操作所述直接金属沉积设备以在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属材料包括:

大致上连续地获得关于由所述直接金属沉积设备的热源 (161) 形成的熔融池的温度和由所述直接金属沉积设备的所述热源形成的所述熔融池的大小中的至少一者的信息; 以及

响应于所述与所述熔融池的所述温度和所述熔融池的所述大小中的至少一者有关的信息调整所述热源的功率等级。

7. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中沿所述沉积路径操作所述直接金属沉积设备来沉积金属材料以在耦接至所述多轴定位系统的所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属材料从而至少部分形成所述钻地工具的所述几何特征包括以下中的至少一者:通过操纵所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具的所述至少一个部件。

8. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中沿所述移除路径操作所述材料移除工具来移除金属材料以移除所述所沉积的金属材料的至少一部分从而形成所述钻地工具的所述几何特征包括以下中的至少一者:通过操纵所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具的所述至少一个部件。

9. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中沿所述移除路径操作所述材料移除工具来移除金属材料以移除所述所沉积的金属材料的至少一部分从而形成所述钻地工具的所述至少一个部件的所述几何特征包括:沿所述移除路径操作旋转铣削工具(132),以移除所述所沉积的金属材料的至少一部分。

10. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中沿所述沉积路径操作所述直接金属沉积设备来沉积金属材料以在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属材料从而至少部分形成所述钻地工具的所述至少一个部件的所述几何特征包括:在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积多层金属材料,以形成完全致密的几何特征。

11. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,所述方法进一步包括:

生成用于所述直接金属沉积设备的另一沉积路径;以及

沿所述另一沉积路径操作所述直接金属沉积工具,以将耐磨堆焊材料(154)应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的至少一部分。

12. 如权利要求11所述的方法,其中沿所述另一沉积路径操作所述直接金属沉积设备,以将耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的至少一部分包括:

经由所述直接金属沉积设备的喷嘴(118)将粉末化耐磨堆焊材料(120)引入到所述钻地工具的所述至少一个部件的邻近所述直接金属沉积设备的热源(161)的表面上的位置;以及

通过使用所述热源至少部分熔融所述粉末化耐磨堆焊材料来将所述粉末化耐磨堆焊材料粘合于所述钻地工具的所述至少一个部件的所述表面。

13. 如权利要求1至5中任一项所述的方法,其中所述方法进一步包括形成旋转切削型钻头(162)的至少一部分,并且所述多轴定位系统(176)是多轴铣削机器(174)的一部分,所述方法包括:

将旋转切削型钻头的电子表示输入到所述计算机系统中;

将金属坯料固定至所述多轴铣削机器的所述多轴定位系统;

通过以下方式从所述金属坯料移除材料:至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述处理器确定的铣削工具路径操作所述多轴铣削机器的铣削工具,以形成所述旋转切削型钻头的包括用于连接至钻柱的螺纹部分(140)的手柄(138);

至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述处理器确定的沉积路径操作所述直接金属沉积设备来在所述旋转切削型钻头的所述手柄上沉积金属材料,从而

在所述旋转切削型钻头的所述手柄上形成所述旋转切削型钻头的几何特征;以及

至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述处理器确定的另一沉积路径操作所述直接金属沉积设备来在所述旋转切削型钻头的刀片(146)的至少一部分上沉积耐磨堆焊材料(154),从而在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分上形成至少一个耐磨堆焊区域。

14.如权利要求13所述的方法,所述方法进一步包括从所述至少一个耐磨堆焊区域移除所述耐磨堆焊材料的至少一部分,以在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分中形成至少一个切割元件凹穴(150)。

15.如权利要求14所述的方法,其中从所述至少一个耐磨堆焊区域移除所述耐磨堆焊材料的至少一部分以在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分中形成至少一个切割元件凹穴包括至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述多轴铣削机器的所述处理器确定的路径操作超声机器工具(182)来移除所述耐磨堆焊材料的所述至少一部分。

16.如权利要求15所述的方法,所述方法进一步包括:

将切割元件(160)的一部分定位在所述至少一个切割元件凹穴(150)中;

将钎焊材料(159)引入到所述切割元件的所述一部分与所述切割元件凹穴之间的接口中;

通过将来自热源(161)的热量应用于所述钎焊材料和所述接口中的一者或两者来熔融所述钎焊材料;以及

固化所述钎焊材料以将所述切割元件保持在所述切割元件凹穴内。

17.如权利要求16所述的方法,其中将所述钎焊材料引入到所述切割元件与所述切割元件凹穴之间的接口包括通过经由所述直接金属沉积设备的沉积喷嘴(118)引导粉末化钎焊材料(120)来将所述钎焊材料引入到所述切割元件与所述切割元件凹穴之间的接口。

形成和修复钻地工具的方法

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求于2015年8月3日提交的美国专利申请序列号14/816,758的提交日利益,并且还要求于2016年8月3日提交的属于美国专利申请序列号14/816,758的部分继续申请的美国专利申请序列号15/227,261的提交日利益,上述美国专利申请的公开内容以引用的方式整体并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开的实施方案涉及形成和修复钻地工具的方法,所述方法包括增材制造过程和减材制造过程。

[0004] 发明背景

[0005] 钻地工具被用于在地下地层中形成钻孔(例如,井筒)。所述钻地工具包括例如钻头、铰刀、铣刀等。例如,固定式切割器钻地旋转钻头(通常称作“切削型”钻头)一般包括紧固至钻头的钻头体的面的多个切割元件。所述切割器当用于切割地层材料时固定在适当位置处。常见的固定式切割器钻地旋转钻头包括钻头体,所述钻头体具有大体上径向突出和纵向延伸的刀片。在钻井操作期间,钻头定位于井孔的底部并且旋转。

[0006] 诸如切削型钻头等钻地工具主体可以具有复杂的内部和外部几何形状,包括例如内部流体通道和具有用于切割元件的凹穴的外部刀片。钻地工具主体可以由诸如钢、不锈钢等金属合金或其它合金形成。可以例如通过将金属坯料机械加工(例如,铣削、车削)成所需的几何形状来形成所述钻头。为了增加磨蚀性井下环境中的金属合金钻头体的寿命,可以将耐磨材料应用于钻头体的高磨损区域,诸如刀片表面、保径表面、排屑槽(即,刀片之间的流体流道)和邻近切割器凹穴的区域。耐磨材料的实例可以包括多相材料,例如散布在金属合金基质内的硬质材料颗粒,或者可以包括诸如钴铬合金等大致上同质的金属合金。可以通过例如以下方式应用所述耐磨材料:在需要耐磨材料的工具主体区域附近用火炬或其它热源熔融包括耐磨材料的杆材。

[0007] 公开内容

[0008] 在一个实施方案中,形成钻地工具的至少一部分的方法包括:将钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示输入到包括存储器和处理器的计算机系统中,所述计算机系统操作性地连接至多轴定位系统、直接金属沉积工具和材料移除工具。处理器生成用于直接金属沉积工具的第一工具路径。所述第一工具路径至少部分基于钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示。沿第一工具路径来操作直接金属沉积工具,以将金属沉积在耦接至多轴定位系统的钻地工具部件上,以至少部分形成钻地工具的至少一个几何特征。处理器生成用于材料移除工具的第二工具路径,所述第二工具路径至少部分基于钻地工具的至少一个几何特征的电子表示。沿第二工具路径来操作所述材料移除工具,以从钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征移除所沉积的金属的至少一部分。

[0009] 在另一实施方案中,形成旋转切削型钻头的方法包括:将旋转切削型钻头的电子

表示输入到多轴铣削机器的计算机系统中,所述计算机系统包括存储器和处理器。金属坯料被固定至多轴铣削机器的多轴定位器中。通过以下方式从金属坯料移除材料:至少部分基于旋转切削型钻头的电子表示而沿由多轴铣削机器的处理器确定的铣削工具路径操作铣削工具,以形成旋转切削型钻头的包括用于连接至钻柱的螺纹部分的手柄。通过以下方式将金属材料沉积在旋转切削型钻头的手柄上:至少部分基于旋转切削型钻头的电子表示而沿由多轴铣削机器的处理器确定的第一沉积工具路径操作直接金属沉积工具,以形成旋转切削型钻头的包括旋转切削型钻头的手柄上的刀片的至少一部分的几何特征。通过以下方式将耐磨堆焊材料沉积在旋转切削型钻头的刀片的至少一部分上:至少部分基于旋转切削型钻头的电子表示而沿由多轴铣削机器的处理器确定的耐磨堆焊工具路径操作直接金属沉积工具,以在旋转切削型钻头的刀片的至少一部分上形成至少一个耐磨堆焊区域。

[0010] 在另一实施方案中,修复钻地工具的方法包括生成磨损的钻地工具的形状的电子表示。使用计算机系统,基于与钻地工具相关联的设计规范将磨损的钻地工具的形状的电子表示与处于未磨损状态的钻地工具的形状的电子表示进行比较,以识别钻地工具的磨损区域。使用计算机系统,基于钻地工具的设计规范而基于磨损的钻地工具的比较形状与处于未磨损状态的钻地工具的形状之间的差异来生成工具路径。沿工具路径来操作直接金属沉积工具,以建立磨损的钻地工具的磨损区域来满足设计规范。

[0011] 一种使用多轴定位系统、直接金属沉积设备和材料移除设备来使用钻地工具的部件的至少一部分的至少一个几何特征电子表示改变钻地工具的至少一部分的至少一个尺寸的方法,所述方法包括:使用处理器并且至少部分基于所述电子表示生成用于通过直接金属沉积设备沉积金属材料的沉积路径;使用直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径在与电子表示有关的且耦接至多轴定位的钻地工具部件上沉积金属材料;使用所述处理器并且至少部分基于所述电子表示生成用于材料移除设备的移除路径;以及使用材料移除设备根据所生成的移除路径从钻地工具移除所沉积的金属材料的至少一部分。

[0012] 附图简述

[0013] 虽然说明书附以特别指出并明确要求被认为是本公开的实施方案的权利要求,但是当参考附图阅读时,可以从以下描述中更容易地确定所公开的各种特征和优点,其中:

[0014] 图1是示出根据本公开的实施方案的形成钻地工具的方法的过程动作的过程流程图;

[0015] 图2是根据本公开的实施方案的直接金属沉积过程的侧截面视图;

[0016] 图3是根据本公开的实施方案的减材机械加工过程的侧截面视图;

[0017] 图4是根据本公开的实施方案的机器工具的正视图;

[0018] 图5是根据本公开的实施方案的钻地工具的一部分的透视图;

[0019] 图6示出图5的钻地工具的具有通过直接金属沉积所沉积的额外特征的部分;

[0020] 图7示出图6的钻地工具的具有通过直接金属沉积所应用的耐磨堆焊的部分;

[0021] 图8示出图7的钻地工具的具有安装在钻地工具的凹部中的切割元件的部分;

[0022] 图9是根据本公开的实施方案的超声机械加工过程的侧截面视图;

[0023] 图10是根据本公开的实施方案的钎焊过程的侧截面视图;

[0024] 图11是钻地工具的实施方案的透视图,示出钻地工具使用之后的磨损区域;并且

[0025] 图12是根据本公开的实施方案的制造系统的示意性图解。

具体实施方式

[0026] 本文所呈现的说明并非任何特定方法、设备或钻地工具部件的实际视图，而仅仅是被采用来描述本公开的实施方案的理想化表示。另外，附图之间共同的元件可以保留相同的数字标号。

[0027] 本公开涉及使用直接金属沉积制造过程形成钻地工具的方法。例如，本公开涉及在钻地工具部件的表面上逐层应用金属材料。在一些实施方案中，直接金属沉积过程可以用于形成钻地工具部件。在一些实施方案中，直接金属沉积过程可以用于将材料应用于部分成型的钻地工具部件（例如，包括旋转钻头的手柄的坯料）。在一些实施方案中，可以通过将材料应用于钻地工具部件的磨损部分来将直接金属沉积过程用于修复钻地工具部件。

[0028] 如本文所使用，术语“直接金属沉积”表示并且包括任何增材制造过程，在所述增材制造过程中通过以下方式将材料应用于部件：至少部分熔融部件的一部分以形成熔融池；将额外材料引入至熔融池；至少部分熔融所述额外材料；以及重新固化所述熔融池和所述额外材料，以在部件上形成凸起特征。如本文所使用，术语“直接金属沉积”进一步表示并且包括任何增材制造过程，在所述增材制造过程中通过以下方式将材料应用于部件：将热量应用于部件的一部分；将额外材料引入至部件的加热部分；至少部分熔融所述额外材料；以及重新固化所述额外材料，以在部件上形成凸起特征。

[0029] 如本文所使用，术语“钻地工具”表示并且包括工具的任何部分或部件，其被配置以便在地层退化的过程中使用，所述地层退化过程例如钻探或扩大石油或天然气生产的钻孔、地热井、采矿等。所述工具可以包括但不限于旋转切削型钻头、牙轮钻头、混合式钻头、诸如铰刀刀片等铰刀部件以及其它工具。

[0030] 图1示出根据本公开的实施方案的形成钻地工具的一部分的非限制性示例性方法100的流程图。在动作101中，将钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示输入到包括存储器和处理器的计算机系统中，所述计算机系统操作性地连接至多轴定位系统、直接金属沉积工具（也可以表征为直接金属沉积设备）和材料移除工具（也可以表征为材料移除设备）中的至少一个。在动作102中，处理器生成用于直接金属沉积工具的第一工具路径，所述第一工具路径可以被表征为沉积路径。所述第一工具路径至少部分基于钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示。在动作103中，根据所生成的沉积路径沿第一工具路径来操作直接金属沉积工具，以将金属沉积在耦接至多轴定位系统的钻地工具部件上，以至少部分形成钻地工具的至少一个几何特征。在动作104中，处理器生成用于材料移除工具的第二工具路径，所述第二工具路径可以被表征为移除路径。所述第二工具路径至少部分基于几何特征的电子表示。在动作105中，根据所生成的移除路径沿第二工具路径操作所述材料移除工具，以从钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征移除所沉积的金属的至少一部分。

[0031] 图2示出用于形成钻地工具的一部分的直接金属沉积过程的实施方案的简化截面视图。钻地工具部件110可以固定至被配置来定位和/或操纵工件的机器工具部件，诸如多轴定位器112。举一个特定、非限制性实例来说，多轴定位器112可以是多轴、计算机数值控制(CNC)机器工具的部件。换句话说，多轴定位器112可以操作性地（例如，机械地、电气地）

耦接至多轴机器工具。多轴机器工具可以包括CNC处理器(未示出),所述CNC处理器被编程以:读取表示钻地工具的三维模型的电子文件;以及至少部分基于所述三维模型生成有关操作性地连接至多轴定位器112的一个或多个机器工具(例如,增材制造工具、减材制造工具)的工具路径,如下面所描述。增材制造工具和减材制造工具可以沿相应工具路径操作,以形成钻地工具的几何特征。所述工具路径可以包括多轴定位器112的移动(例如,方向128上的线性移动),所述移动可以由CNC处理器经由电动机(例如,步进电动机)、线性致动器或其它机电装置来控制。

[0032] 钻地工具部件110可以是例如钻地钻头(例如,切削型钻头、牙轮钻头、混合式钻头等)的一部分、钻孔扩大装置(例如,铰刀刀片)的一部分,或钻地工具的任何其它部件,或在钻孔中使用的另一井下工具或组件。钻地工具部件110可以包括诸如钢、不锈钢等金属合金、镍基合金或其它金属合金。在一些实施方案中,钻地工具部件110可以包括颗粒基质复合材料,诸如散布在金属合金基质(例如,铜基质)内的烧结碳化钨颗粒。

[0033] 增材制造装置可以操作性地耦接(例如,机械地和/或电气地耦接)至多轴定位器112。举非限制性实例来说,增材制造工具可以是或者包括一个或多个工具,所述一个或多个工具被配置来实现直接金属沉积、微等离子粉末沉积、选择性激光熔融、选择性激光烧结、电子束熔融、电子束无模成型制造和其它增材制造过程。在图2中所示出的实施方案中,增材制造工具是直接金属沉积工具114。直接金属沉积工具114可以包括热源116,并且一个或多个沉积喷嘴118可以定位邻近钻地工具部件110。热源116可以包括激光、电子束、等离子弧或任何其它合适的热源。在图2中所示出的实施方案中,热源116是CO₂激光器。在另一实施方案中,热源116可以是单独的并且与直接金属沉积工具不同,并且可以相对于钻地工具部件110独立地定位,以便对钻地工具部件110的表面的一部分进行最佳选择性加热。

[0034] 一个或多个沉积喷嘴118可以被配置来输送用于沉积在钻地工具部件110上的材料。例如,一个或多个沉积喷嘴118可以可操作地连接至含有粉末化金属材料120的一个或多个容器(未示出)。在一些实施方案中,流体介质可以被用于经由一个或多个沉积喷嘴118从一个或多个容器输送粉末化金属材料120。例如,粉末化金属材料120的颗粒可以夹带在惰性气体(例如,氩)流内,并且通过惰性气体流动通过一个或多个沉积喷嘴118而被输送。在其它实施方案中,金属材料可以呈例如丝材或杆材的非粉末化形式来输送。

[0035] 热源116和一个或多个沉积喷嘴118可以固定至定位邻近多轴定位器112的桶架122。在一些实施方案中,桶架122可以包括计算机数值控制(CNC)功能。例如,桶架122可以被配置来实现直接金属沉积工具114在一个或多个线性方向上的线性移动和直接金属沉积工具114围绕一个或多个轴的旋转移动。在一些实施方案中,桶架122可以固定至例如步进电动机、线性致动器等操作性地连接至CNC处理器的机电装置,并且基于钻地工具的三维模型沿由CNC处理器所生成的工具路径移动桶架122和直接金属沉积工具114。

[0036] 在直接金属沉积工具114的操作期间,热源116可以通过将钻地工具部件110的表面126的局部部分加热至钻地工具部件110的表面材料的熔融温度来启动熔融池124。一个或多个沉积喷嘴118可以将粉末化金属材料120的颗粒输送至熔融池124。粉末化金属材料120的颗粒可以至少部分当与熔融池124接触时熔融,或者可以至少部分当邻近熔融池124和热源116中的一者或两者时熔融。在添加粉末化金属材料120之后熔融池124的后续固化引起钻地工具部件110的表面126的建立。换句话说,图2中所示出的直接金属沉积过程引起

额外材料130被沉积在钻地工具部件110的表面126上。沉积在钻地工具部件110的表面126上的额外材料130可以表征为额外材料“层”。然而,在一些实施方案中,因为粉末化金属材料120可以完全熔融并且并入熔融池124中,所以额外材料130和钻地工具部件110的材料可以大致上是同质的。

[0037] 可以通过改变直接金属沉积工具114、桶架122和多轴定位器112的操作参数而改变由直接金属沉积工具114一次沉积的额外材料130的量。例如,可以通过相对于直接金属沉积工具114(例如,多轴定位器112的行进速率和桶架122的行进速率中的一者或两者)改变粉末化金属材料120的流率和/或钻地工具部件110的表面126的行进速率来调整一次沉积的额外材料130的量。可以通过将材料应用于钻地工具部件110来将所需的最终几何形状赋予钻地工具部件110,做法是使用直接金属沉积工具114进行一次或多次沉积以建立各种表面和特征。换句话说,直接金属沉积工具114可以被用于通过在钻地工具部件110的表面上沉积一层或多层额外材料130而将一个或多个几何特征131赋予给钻地工具部件110的表面126。当直接金属沉积过程完成时,由直接金属沉积工具114形成的一个或多个几何特征可以完全致密。换句话说,一个或多个几何特征131可以大致上没有孔隙。

[0038] 直接金属沉积工具114可以包括闭合回路控制系统。例如,直接金属沉积工具114可以包括传感器(未示出),所述传感器监测诸如熔融池温度、熔融池大小或其它条件等操作条件。与由传感器测量的操作条件有关的数据可以被发送给直接金属沉积控制处理器(例如,CNC处理器或不同处理器),所述控制器可以评估所述数据并且增加或减少提供给热源116的功率,以修改熔融池124的温度和/或大小。在一些实施方案中,闭合回路控制系统可以包括光学传感器、接近传感器、距离传感器或其它传感器来监测由直接金属沉积工具114所沉积的额外材料130的尺寸和几何形状。来自监测额外材料130的尺寸和几何形状的传感器的数据可以被发送给CNC处理器,并且当额外材料130的尺寸和几何形状与设计规范(例如,由电子表示所指定的尺寸和几何形状)偏离预定的量时,CNC处理器可以基于所述数据来改变直接金属沉积工具的工具路径。

[0039] 在一些实施方案中,直接金属沉积工具114可以包括3D打印机,所述3D打印机具有相关联的材料源,所述材料源被配置来提供呈前体材料形式的金属材料120,所述金属材料120将被熔融以在钻地工具部件110的表面126上顺序地形成3D打印层。包括金属材料120的前体材料可以包括例如:来自容器的粉末,所述粉末在可流动介质(例如,氩气、氮气、空气)中输送;粉末层,所述粉末层具有金属粉末的可移动输送塔和分配器(例如,滚筒或推进器)以分配一定数量的金属粉末;一轴金属粉末,所述金属粉末嵌在固体、可破坏运输介质(例如,蜡、聚合物)中;或一轴金属丝线或金属材料的挤出塔。以下文献中公开了在3D打印机中使用的前体材料的材料源的特定、非限制性实例:于2000年3月14日发布的授权给Sachs的美国专利号6,036,777;于2003年7月22日发布的授权给Sachs等人的美国专利号6,596,224;于2005年10月13日公布的授权给Lai等人的美国专利申请公布号2005/0225007;于2013年10月29日发布的授权给Brunermer的美国专利号8,568,124。3D打印机104可以被配置来通过增材制造技术产生3D打印层。例如,3D打印机104可以采用上面先前所阐述的技术,包括微等离子粉末沉积、选择性激光熔融、直接金属激光烧结、选择性激光烧结、电子束熔融以及电子束无模成型制造。另外,包括但不限于直接激光沉积、低温气体处理、激光熔覆、直接材料沉积、陶瓷增材制造或粘合剂喷射和后续烧结的额外技术可以被用于逐层沉

积金属材料层,以将所需的材料添加至钻地工具部件110的包括至少部分熔融的金属材料的相互粘合层的表面126。

[0040] 3D打印机可以包括具有充足功率的聚焦热源,以至少部分将金属材料120的金属和/或金属合金部件熔融。聚焦热源可以是例如镱光纤光学激光器、二氧化碳激光器或电子束发射器。聚焦热源的额定功率可以是例如约150瓦或更多。更具体地说,聚焦热源的额定功率(例如,操作期间聚焦热源所消耗的最大功率)可以是例如约200瓦或更多。举非限制性实例来说,聚焦热源的额定功率可以是300瓦或更多。以下文献中公开了聚焦热源的特定制、非限制性实施方案:例如于2013年1月1日发布的授权给Watanabe的美国专利号8,344,283;于2007年8月21日发布的授权给Guo的美国专利号7,259,353;于2005年3月17日公布的授权给Hu的美国专利申请公布号2005/0056628。

[0041] 在一些实施方案中,钻地工具部件110可以是使用诸如机械加工、铸造等过程形成的至少部分成型的钻地工具,例如旋转钻头的手柄。在一些实施方案中,钻地工具部件110可以通过直接金属沉积来完全成型,并且钻地工具部件110可以表示在直接金属沉积工具114的先前沉积过程期间成型的钻地工具的一部分。换句话说,钻地工具部件110可以通过直接金属沉积工具114来完全成型。

[0042] 在直接金属沉积过程完成时,钻地工具部件110可以具有近终型。换句话说,通过直接金属沉积形成的钻地工具部件110的几何特征可以展示制造容差,所述制造容差与钻地工具部件110的设计规范不同,所述不同比由一些其它形成过程(例如,铸造)所展示的不同之处小。换句话说,如此形成的几何体可以表征为被成型为近终型。然而,可能必要的是对钻地工具部件110的由直接金属沉积过程所创建的几何特征中的一个或多个执行减材制造过程(例如,机械加工),以实现相关于钻地工具部件110的可接受的容差。例如,钻地工具部件110的几何特征可以通过铣削、钻井、安排路线、车削等来精加工。在一些实施方案中,精加工操作可以被用于形成钻地工具部件110的负特征,诸如切割元件凹穴150(图6)和流体喷嘴插孔152(图6)。另外,根据直接金属沉积过程的分辨率(例如,直接金属沉积工具114的每次沉积所沉积的材料量),不连续性133(例如,沉积的各部分之间的“步数”)可以存在于钻地工具部件110的几何特征表面上。减材制造操作可以被用于平滑几何特征131的表面,并且至少部分移除不连续性133。

[0043] 在一些实施方案中,在精密机械加工操作期间,钻地工具部件110可以维持固定至多轴定位器112。例如,桶架122(图2)可以从钻地工具部件110移动(例如,平移、枢转)离开,并且机器工具132(图3)可以移动到适当位置,以对钻地工具部件110进行机械加工。在图3的实例中,所示出的机器工具132是端铣刀;然而,诸如铣刀、钻具等其它机器工具和其它切割工具可以用于对钻地工具部件110进行机械加工。

[0044] 直接金属沉积工具114、机器工具132、多轴定位器112和其它工具可以与单个生产台相关联。例如,直接金属沉积工具114、机器工具132和其它机器工具可以固定和操作性地(机械地、电子地)连接至诸如多轴铣刀136等工具,如图4中所示。因此,可以对钻地工具部件110执行增材制造(例如,使用直接金属沉积工具114的材料沉积)过程和减材制造(例如,使用机器工具132的机械加工)过程二者,同时钻地工具维持定位在多轴铣刀136的工作包络面134内。可以从以下公司购得例如包括至少直接金属沉积工具和机器工具的多轴机器工具的合适工具:例如位于美国密歇根州,奥本山,Pontiac Rd.,2350号的DM3D

Technology LLC公司;位于美国新墨西哥州,阿尔伯克基,Singer N.E.,3911号的Optomec公司;位于美国伊利诺州,霍夫曼庄园,Huntington Blvd,2400号的DMG Mori USA公司;和位于美国肯塔基州,佛罗伦萨,Production Drive,8025号的Mazak Corp.公司。所述工具可以包括:CNC处理器,所述CNC处理器被配置来基于钻地工具部件110的所需的最终几何形状的电子表示(例如,3维计算机模型)生成用于多轴定位器112、直接金属沉积工具114、机器工具132或其它工具中的一个或多个的工具路径。

[0045] 直接金属沉积工具114(图2)可以被用于将一个或多个不同金属材料应用于钻地工具部件110。例如,直接金属沉积工具114可以被用于应用具有与钻地工具部件110的材料类似或相同的成分的材料。在一些实施方案中,应用于钻地工具部件110的金属材料和钻地工具部件110的材料可以是诸如钢、不锈钢、铜、镍基合金等金属合金或其它金属合金。

[0046] 在一些实施方案中,金属材料120可以包括一个或多个金属材料,可以呈各种形式输送所述一个或多个金属材料以便由直接金属沉积工具114进行沉积。例如,金属材料120可以呈各种形式供应,诸如呈金属和/或金属合金材料的精细颗粒的形式或包括金属和/或金属合金材料的丝线的形式,并且可以任选地进一步包括一个或多个塑料、陶瓷和/或有机材料。更具体地说,金属材料120可以包括例如钴、镍、铜、铬、铝、铁、钢、不锈钢、钛、钨或其合金和混合物、磁响应材料、聚醚醚酮(PEEKTM)、碳基材料(例如石墨,石墨烯、金刚石等)和/或玻璃。金属材料的特定、非限制性实例可以包括PA12-MD(A1)、PA12-CF,PA11、18Mar 300/1.2709、15-5/1.4540、1.4404(316L)、合金718、合金625、CoCrMo、UNS R31538、Ti6Al4V和AlSi10Mg、合金945x、17-4/1.4542、合金925、CrMnMoN钢、CoCr合金(STELLITE®)、CoNi合金、MP35或等效形式、4140、4145、WC-Ni、WC-Co和/或W。举另一实例来说,金属材料可以包括与陶瓷材料的精细颗粒混合的金属或金属合金材料的精细颗粒,所述材料的组合被调配以形成金属陶瓷复合材料(例如,金属陶瓷),其中当熔融和合并金属和/或金属合金材料的颗粒时,陶瓷颗粒嵌在金属或金属合金基质内。更具体地说,金属材料120可以是与碳化钨、碳化钛、碳化钼、碳化钼和其它金属碳化物陶瓷材料的精细颗粒混合的钴、镍、铁、钢、不锈钢或其合金和混合物的精细颗粒。因此,如本文所使用,术语“金属材料”包括但不限于金属或金属合金与一个或多个额外材料的组合。

[0047] 在金属材料120包括金属粉末的实施方案中,粉末化材料的颗粒的平均颗粒大小可以是例如约500 μm 或更小。更具体地说,金属材料中的粉末化材料的颗粒的平均颗粒大小可以是例如约200 μm 或更小。举特定、非限制性实例来说,金属材料120中的粉末化材料的颗粒的平均颗粒大小诸如当使用了纳米颗粒或主要使用了纳米颗粒时,可以在约10nm与约500nm之间(例如,在约20nm与约100nm之间,或在约200nm与约350nm之间);诸如当使用了纳米颗粒和微粒的至少大致上同等的混合物时,可以在约500nm与约1 μm 之间(例如,在约750nm与约900nm之间);或者当使用了微粒或主要使用了微粒时,可以在约1 μm 与约500 μm 之间(例如,在约15 μm 与约45 μm 之间,或在约50 μm 与约110 μm 之间)。在一些实施方案中,粉末化材料的颗粒可以展示多峰(例如,双模、三模等)颗粒大小分布。在其它实施方案中,粉末化材料的颗粒可以展示单峰颗粒大小分布。当金属材料中的材料进一步包括陶瓷材料的颗粒时,金属材料120中的金属和/或金属合金颗粒的颗粒的体积百分比可以是例如约40%或更少。更具体地说,当金属材料120中的材料进一步包括陶瓷材料的颗粒时,金属材料120中的金属和/或金属合金颗粒的颗粒的体积百分比可以是例如约30%或更少。举一个特定、非限

制性实例来说,当金属材料中的材料进一步包括陶瓷材料的颗粒时,金属材料中的金属和/或金属合金颗粒的颗粒的体积百分比可以在约5%与约20%之间。

[0048] 直接金属沉积工具114(图2)还可以被用于应用与钻地工具部件110的基底材料不同的材料。例如,直接金属沉积工具114可以被用于应用具有与钻地工具部件110的材料不同的成分的金属或金属合金。换句话说,钻地工具部件110可以包括例如钢的金属合金,并且由直接金属沉积工具114沉积的额外材料130可以包括与钻地工具部件110的成分不同的金属合金。

[0049] 在一些实施方案中,钻地工具部件110可以包括用于为高磨损区域赋予耐磨性的耐磨堆焊材料。耐磨堆焊材料可以包括颗粒基质复合材料,诸如分布在金属合金基质相内的烧结碳化钨颗粒。另外或可选地,耐磨堆焊材料可以包括诸如耐磨钴铬合金(例如,可以从位于美国宾夕法尼亚州拉特罗布的Kennametal, Inc.公司购得的STELLITE®)等金属合金材料。

[0050] 耐磨堆焊材料可以以与上面结合图2中将金属合金材料应用于钻地工具部件110的方式类似的方式应用于钻地工具部件110。例如,热源116可以被用于在钻地工具部件110的表面126中形成熔融池124,并且耐磨堆焊材料可以经由直接金属沉积工具114的一个或多个沉积喷嘴118呈粉末化形式输送。或者,在一些实施方案中,热源116可以被配置来对钻地工具部件110的表面126进行加热,而不一定熔融。来自热源116的热量可以将粉末化耐磨堆焊材料直接熔融,所述粉末化耐磨堆焊材料可以合并到钻地工具部件110的表面126上。CNC处理器可以确定用于直接金属沉积工具114的工具路径,以基于有关包括在钻地工具的电子表示中的耐磨堆焊材料位置的信息而应用耐磨堆焊材料。

[0051] 在耐磨堆焊材料包括颗粒基质复合材料的实施方案中,硬质材料相的颗粒可以具有比金属合金基质相更高的熔融点。因此,当直接金属沉积工具114被用于应用颗粒基质复合耐磨堆焊材料时,在应用了来自热源116的热量的情况下金属合金基质材料的颗粒可以软化和/或熔融,并且合并到钻地工具部件110(图2)的表面126上的大致上连续的金属合金相中。在耐磨堆焊材料的沉积期间,具有比金属合金基质材料的颗粒高的熔融点的硬质材料颗粒可以维持固态,并且所沉积的耐磨堆焊材料可以包括硬质材料相的贯穿连续金属相散布的离散颗粒。

[0052] 在一些实施方案中,耐磨堆焊材料的机械加工可以是必要的,以获得可接受的尺寸容差。因为耐磨堆焊材料可能难以使用常见方法进行机械加工,所以超声机器工具(例如,超声机器工具137(图9))可以被用于对耐磨堆焊材料进行机械加工。超声机械加工可以包括使用在超声频率下振动的振荡工具来移除钻地工具部件110的耐磨堆焊材料和/或其它材料的各部分。可以将磨粉浆应用于待机械加工程序的区域,以帮助由振荡工具来移除材料。

[0053] 在一些实施方案中,在超声机械加工期间,钻地工具部件110(图2)可以维持固定至多轴定位器112(图2)。例如,超声机器工具(未示出)可以与多轴铣刀136(图4)操作性地(例如,机械地和/或电气地)耦接。在一些实施方案中,直接金属沉积工具114(图2)和机器工具132(图4)可以从钻地工具部件110移动(例如,平移、枢转)离开,并且超声机器工具可以变成与钻地工具部件110接触,并且被操作来为钻地工具部件110赋予所需的形状和配置。超声机器工具可以由CNC处理器控制,并且可以基于钻地工具的电子表示而沿由CNC处理器生成的工具路径来操作。

[0054] 现在参看图5至图8,示出根据本公开的实施方案的过程阶段期间钻地工具的实施方案。具体地说,图5至图8示出根据本公开的各种过程阶段期间的旋转切削型钻头。图5示出钻地工具的手柄138。可以例如通过在诸如多轴铣刀136中对诸如钢条原料等原材料的区段进行机械加工来形成手柄138。手柄138可以包括螺纹连接部分140,所述螺纹连接部分140可以符合行业标准,诸如由美国石油学会(API)所颁布的那些标准,以便将手柄138附接至钻柱(未示出)。手柄138中的中心开口142可以与钻柱的一个或多个流体通道流体连通。

[0055] 图6示出部分成型的旋转切削型钻头144,其中额外材料由直接金属沉积工具(例如,直接金属沉积工具114(图2))沉积在手柄138(图5)上,以形成诸如刀片146和刀片146之间的流体流道148等几何特征。可以通过以下方式中的一者或两者形成切割元件凹穴150和流体喷嘴插孔152:使用直接金属沉积工具114对材料进行选择性的沉积,使用机器工具132(图3)将材料移除。诸如与流体喷嘴插孔152连通的流体通道(未示出)等内部特征也可以通过选择性的沉积和/或机械加工来形成。

[0056] 现在参看图7,耐磨堆焊材料154被应用于部分成型的旋转切削型钻头144的易于磨损的区域。例如,耐磨堆焊材料154被应用于刀片146的前缘部分和邻近切割元件凹穴150的区域。虽然图7中未示出,但是也可以将耐磨堆焊材料应用于流体流道148、保径表面156、刀片146的额外表面等。可以沿着由如上所述的CNC处理器生成的工具路径由直接金属沉积工具114(图2)来应用耐磨堆焊材料154。可以如上所述对耐磨堆焊材料154进行超声机械加工,以基于设计规范和可允许的容差来将切割元件凹穴150设定大小在所需的范围内。

[0057] 图8示出大致完成的旋转切削型钻头158。可以使用由直接金属沉积工具114(图2)的热源116(图2)所应用的热量将切割元件160钎焊到切割元件凹穴150(图6和图7)中。例如,切割元件160可以定位在切割元件凹穴150内,并且热源116可以被用于对金属钎焊材料进行加热和熔融。毛细管作用然后将熔融的钎焊材料吸引到切割元件凹穴150中的每一个与相应切割元件160之间的空间中,并且钎焊材料可以固化并且将切割元件160保持在切割元件凹穴150内。钎焊材料可以经由一个或多个沉积喷嘴118(图2)呈粉末化形式输送,或者可以呈杆材或丝线的形式自动或手动地应用。

[0058] 虽然图5至图8示出形成旋转切削型钻头的方法的过程阶段,但是也可以按照所描述的顺序或者按照不同的顺序或上面所描述的动作中的一个或多个的组合来使用类似的过程动作,以形成诸如牙轮钻头、混合式钻头、铰刀刀片等其它钻地工具。

[0059] 图9和图10更加详细地示出结合图7和图8所讨论的某些过程动作。在图9中,超声机器工具137被操作(例如,以超声频率振荡)来对沉积在围绕切割元件凹穴150的部分成型的旋转切削型钻头144的主体上的耐磨堆焊材料154进行机械加工。如上所述,超声机器工具137可以操作性地连接至多轴CNC铣刀136,并且超声机器工具137的工具路径可以由CNC处理器生成,并且至少部分基于部分成型的旋转切削型钻头144的电子表示。

[0060] 在图10中,切割元件160放置在切割元件凹穴150内,并且使用热源161来对钎焊材料159进行加热和熔融,并且允许所述钎焊材料在切割元件凹穴150的表面与切割元件160的表面之间流动。在一些实施方案中,热源161可以是直接金属沉积工具(例如,直接金属沉积工具114(图2)的热源116)的热源。如上所述,钎焊材料159可以经由例如直接金属沉积工具114的喷嘴118(图2)来输送。当移除热源161时,可以允许钎焊材料159来冷却和固化,从而将切割元件160保持在切割元件凹穴150内,如图10中所示。

[0061] 在一些实施方案中,根据本公开的方法包括修复磨损钻地工具。例如,现在参看图11,诸如旋转切削型钻头162等钻地工具在使用期间可以变得磨损(例如,刮擦、侵蚀)。虚线164之间的区域可以表示旋转切削型钻头162的磨损部分,并且可以包括但不限于刀片146的前缘部分和邻近切割元件凹穴150的区域。虽然虚线164未指示,但是易于磨损的其它区域可以包括流体流道148(图7)、保径表面156(图7)等。

[0062] 为了修复磨损的旋转切削型钻头162,可以通过对钎焊材料进行加热来从每一相应切割元件凹穴150释放每一切割元件160来从切割元件凹穴150移除切割元件160。虚线164之间的磨损区域可以使用直接金属沉积工具114(图2)来建立,并且如果必要,可以被机械加工成最终轮廓。在一些实施方案中,诸如多轴铣刀136(图4)等生产工具可以配备光学扫描系统(未示出),所述光学扫描系统可以被配置来生成磨损的旋转切削型钻头162的实际形状的电子表示。可以根据设计规范来将磨损的旋转切削型钻头162的实际形状的电子表示与旋转切削型钻头162的的形状的电子表示进行比较。例如,可以将磨损的旋转切削型钻头162的实际形状的电子表示和相关联的未磨损旋转切削型钻头的设计规范电子表示输入到多轴铣刀136的处理器中。所述处理器可以将磨损的旋转切削型钻头162的实际形状与设计规范进行比较,并且可以开发用于直接金属沉积工具114的工具路径,以将材料沉积在适当区域中,从而使磨损的旋转切削型钻头162返回设计规范。直接金属沉积工具114可以视需要将金属、金属合金、耐磨堆焊材料等应用于磨损的旋转切削型钻头162,以实现接近设计规范的尺寸,所述尺寸可以表征为旋转切削型钻头162的磨损部分或各部分的近终型尺寸。可以视需要对由直接金属沉积工具114所应用的材料执行如上所述的机械加工(例如,铣削、超声机械加工),以满足设计规范。切割元件160可以在切割元件凹穴150中替换,并且可以如上所述钎焊在切割元件凹穴150内。在一些实施方案中,可以对磨损的区域执行机械加工,以在直接金属沉积工具114应用材料之前对磨损区域进行清洁/给出轮廓(将指定的几何形状赋予给磨损区域)。

[0063] 图12示出根据本公开的制造系统166的示意性图解。制造系统166可以是或者包括例如多轴CNC铣刀136(图4)。制造系统166可以包括具有存储器170和处理器172的计算机系统168。可以将含有钻地工具部件(例如,钻地工具部件110(图2))的几何形状表示的数据输入到计算机系统168的存储器170中。计算机系统168可以操作性地连接至CNC多轴机器工具174,所述CNC多轴机器工具174可以包括但不限于多轴定位器176、直接金属沉积工具178中的至少一个,在一些实施方案中,所述直接金属沉积工具178可以包括3D打印机、机器工具180和超声机器工具182。基于存储器170中的数据,处理器172可以应用一个或多个软件例程来生成用于多轴定位器176、直接金属沉积工具178、旋转机器工具180和超声机器工具182中的一个或多个的工具路径,以形成如上所述的钻地工具部件110。

[0064] 与形成钻地工具部件的其它方法相比,直接金属沉积过程可以产生明显较小的材料浪费和较小的制造容差,以及定制部件形状和尺寸和产生有限数量的多种不同钻地工具或甚至是具有特定设计的单个工具的能力。因此,所公开的过程可以支持由相对高成本的材料以节省成本的方式生产钻地工具部件。例如,在一些实施方案中,钻地工具部件110(图2)可以包括所谓的“超合金”,诸如镍基(例如,至少约百分之四十(40%)质量的镍)合金。由于金属坯料的过度机械加工而造成的浪费减少可以实现以相对经济的方式使用较昂贵的材料。

[0065] 另外,在单个生产台内提供直接金属沉积工具114(图2)、机器工具132(图2)和超声机器工具137(图9)或其它工具(例如,多轴CNC铣刀136(图4))可以通过消除生产期间在工具之间手动地或自动地传递钻地工具部件的需要来缩短生产时间和相关联的成本。例如,诸如旋转切削型钻头158(图8)等完整的钻地工具可以被从头至尾制造,同时维持在多轴铣刀136的工作包络面134(图4)内,并且固定至多轴定位器112。

[0066] 下面阐述了本公开的额外非限制性示例性实施方案。

[0067] 实施方案1:一种形成钻地工具的至少一部分的方法,所述方法包括:将钻地工具的至少一个部件的至少一个几何特征的电子表示输入到包括存储器和处理器的计算机系统中,所述计算机系统操作地连接至多轴定位系统、直接金属沉积工具和材料移除工具;使用所述处理器生成用于所述直接金属沉积工具的第一工具路径,所述第一工具路径至少部分基于所述钻地工具的所述至少一个部件的所述至少一个几何特征的所述电子表示;沿所述第一工具路径操作所述直接金属沉积工具,以将金属沉积在耦接至所述多轴定位系统的钻地工具部件上,以至少部分形成所述钻地工具的所述至少一个几何特征;使用所述处理器生成用于所述材料移除工具的第二工具路径,所述第二工具路径至少部分基于所述钻地工具的所述至少一个几何特征的所述电子表示;以及沿所述第二工具路径操作所述材料移除工具,以从所述钻地工具的所述至少一个部件的所述至少一个几何特征移除所沉积的金属的至少一部分。

[0068] 实施方案2:如实施方案1所述的方法,其中沿所述第一工具路径操作所述直接金属沉积工具以在所述钻地工具部件的所述至少一个部件上沉积金属包括:将来自热源的热量应用于钻地工具的至少一个部件的一部分,以在所述钻地工具部件的表面上形成熔融池;通过经由所述直接金属沉积工具的沉积喷嘴来引导粉末化金属材料的流来将粉末化金属材料引入到所述熔融池中;使用来自所述热源和所述熔融池中所含有的热量中的一者或两者的热量来至少部分熔融所述粉末化金属材料;以及固化所述熔融池和所述至少部分熔融的粉末化金属材料,以在钻地工具部件的表面上形成一定体积的金属材料。

[0069] 实施方案3:如实施方案2所述的方法,其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括与所述钻地工具的所述至少一个部件的金属材料的成分大致上相同的成分的粉末化金属材料。

[0070] 实施方案4:如实施方案2所述的方法,其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括与所述钻地工具部件的所述至少一个部件的金属材料的成分不同的成分的粉末化金属材料。

[0071] 实施方案5:如实施方案2所述的方法,其中将所述粉末化金属材料引入到所述熔融池中包括引入包括合金成分的粉末化金属材料,所述合金成分包括至少约百分之四十(40%)镍。

[0072] 实施方案6:如实施方案1至5中任一项所述的方法,其中沿所述第一工具路径操作所述直接金属沉积工具以在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属包括:连续地获得关于由直接金属沉积工具的热源形成的熔融池的温度和由直接金属沉积工具的热源形成的熔融池的大小中的至少一者的信息;以及响应于所述与所述熔融池的所述温度和所述熔融池的所述大小中的至少一者有关的信息调整所述热源的功率等级。

[0073] 实施方案7:如实施方案1至6中任一项所述的方法,其中沿所述第一工具路径操作

所述直接金属沉积工具以在耦接至所述多轴定位系统的所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属从而至少部分形成所述钻地工具的所述几何特征包括以下中的至少一者：通过操纵所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具的所述至少一个部件。

[0074] 实施方案8：如实施方案1至7中任一项所述的方法，其中沿所述第二工具路径操作所述材料移除工具以移除所沉积的金属的至少一部分从而形成所述钻地工具的所述几何特征包括以下中的至少一者：通过操纵所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具的所述几何特征。

[0075] 实施方案9：如实施方案1至8中任一项所述的方法，其中沿所述第二工具路径操作所述材料移除工具以移除所沉积的金属的至少一部分从而形成所述钻地工具的所述至少一个部件的所述几何特征包括：沿所述第二工具路径操作旋转铣削工具以移除所沉积的金属的至少一部分，从而形成所述钻地工具的所述至少一个部件的所述几何特征。

[0076] 实施方案10：如实施方案1至9中任一项所述的方法，其中沿所述第一工具路径操作所述直接金属沉积工具以在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积金属从而至少部分形成所述钻地工具的所述至少一个部件的所述几何特征包括：在所述钻地工具的所述至少一个部件上沉积多层金属，以形成完全致密的几何特征。

[0077] 实施方案11：如实施方案1至10中任一项所述的方法，所述方法进一步包括：生成用于所述直接金属沉积工具的第三工具路径；以及沿所述第三工具路径操作所述直接金属沉积工具，以将耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的至少一部分。

[0078] 实施方案12：如实施方案11所述的方法，其中沿所述第三工具路径操作所述直接金属沉积工具以将耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的至少一部分包括：经由所述直接金属沉积工具的喷嘴将粉末化耐磨堆焊材料引入到所述钻地工具的所述至少一个部件的邻近所述直接金属沉积工具的热源的表面上的位置；以及使用所述热源至少部分熔融所述粉末化耐磨堆焊材料来将所述粉末化耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具的所述至少一个部件的所述表面。

[0079] 实施方案13：一种形成旋转切削型钻头的方法，所述方法包括：将旋转切削型钻头的电子表示输入到多轴铣削机器的计算机系统中，所述计算机系统包括存储器和处理器；将金属坯料固定至所述多轴铣削机器的所述多轴定位器；通过以下方式从所述金属坯料移除材料：至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述多轴铣削机器的所述处理器确定的铣削工具路径操作铣削工具，以形成所述旋转切削型钻头的包括用于连接至钻柱的螺纹部分的手柄；通过以下方式将金属材料沉积在所述旋转切削型钻头的所述手柄上：至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述多轴铣削机器的所述处理器确定的第一沉积工具路径操作直接金属沉积工具，以形成所述旋转切削型钻头的包括所述旋转切削型钻头的所述手柄上的刀片的至少一部分的几何特征；以及通过以下方式将耐磨堆焊材料沉积在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分上：至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述多轴铣削机器的所述处理器确定的耐磨堆焊工具路径操作直接金属沉积工具，以在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分上形成至少一个耐磨堆焊区域。

[0080] 实施方案14：如实施方案13所述的方法，所述方法进一步包括：从所述至少一个耐磨堆焊区域移除所述耐磨堆焊材料的至少一部分，以在所述旋转切削型钻头的所述刀片的

所述至少一部分中形成至少一个切割元件凹穴。

[0081] 实施方案15:如实施方案14所述的方法,其中从所述至少一个耐磨堆焊材料移除所述耐磨堆焊材料的至少一部分,以在所述旋转切削型钻头的所述刀片的所述至少一部分中形成至少一个切割元件凹穴包括:至少部分基于所述旋转切削型钻头的所述电子表示而沿由所述多轴铣削机器的所述处理器确定的超声机器工具路径来操作超声机器工具。

[0082] 实施方案16:如实施方案15所述的方法,所述方法进一步包括:将切割元件定位在所述切割元件凹穴中;将钎焊材料引入到所述切割元件与所述切割元件凹穴之间的接口中;通过将来自热源的热量应用于所述钎焊材料和所述接口中的一者或两者来熔融所述钎焊材料;以及固化所述钎焊材料以将所述切割元件保持在所述切割元件凹穴内。

[0083] 实施方案17:如实施方案16所述的方法,其中将所述钎焊材料引入到所述切割元件与所述切割元件凹穴之间的接口包括通过经由所述直接金属沉积工具的沉积喷嘴引导粉末化钎焊材料来将所述钎焊材料引入到所述切割元件与所述切割元件凹穴之间的接口。

[0084] 实施方案18:一种修复钻地工具的方法,所述方法包括:生成磨损的钻地工具的形状的电子表示;使用计算机系统,基于与所述钻地工具相关联的设计规范将所述磨损的钻地工具的形状的电子表示与处于未磨损状态的所述钻地工具的形状的电子表示进行比较,以识别所述钻地工具的磨损区域;使用计算机系统,基于所述钻地工具的所述设计规范而基于所述磨损的钻地工具的比较形状与所述处于未磨损状态的钻地工具的所述形状之间的差异来生成工具路径;以及沿所述工具路径操作直接金属沉积工具,以建立磨损的钻地工具的磨损区域来满足所述设计规范。

[0085] 实施方案19:如实施方案18所述的方法,其中生成所述磨损的钻地工具的所述形状的电子表示包括:将所述磨损的钻地工具定位在多轴铣削机器的工作包络面内;以及使用操作性地连接至所述多轴铣削机器的光学扫描工具扫描所述磨损的钻地工具的所述形状。

[0086] 实施方案20:如实施方案19所述的方法,其中沿所述工具路径操作所述直接金属沉积工具包括当所述磨损的钻地工具定位在所述多轴铣削机器的所述工作包络面内时操作操作性地连接至所述多轴铣削机器的直接金属沉积工具。

[0087] 实施方案21:一种使用多轴定位系统、直接金属沉积设备和材料移除设备来使用钻地工具的部件的至少一部分的至少一个几何特征的电子表示改变所述钻地工具的所述至少一部分的至少一个尺寸的方法,所述方法包括:使用处理器并且至少部分基于所述电子表示生成用于通过所述直接金属沉积设备沉积金属材料的沉积路径;使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径在与所述电子表示有关且耦接至所述多轴定位系统的钻地工具部件上沉积金属材料;使用所述处理器并且至少部分基于所述电子表示生成用于所述材料移除设备的移除路径;以及使用所述材料移除设备根据所生成的移除路径从所述钻地工具部件移除所沉积的金属材料的至少一部分。

[0088] 实施方案22:如实施方案21所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径沉积金属材料进一步包括:将来自热源的热量应用于所述钻地工具部件的表面的一部分;通过使用所述直接金属沉积设备来沉积所述金属材料将金属材料引入到所述部件表面的所述加热部分上;使用来自所述热源和所述加热表面中的一者或两者的热量熔融所述金属材料;以及固化所述至少部分熔融的金属材料,以在所述钻地工具部件的

所述表面上形成一定体积的金属材料。

[0089] 实施方案23:如实施方案22所述的方法,其中将所述金属材料引入到所述部件表面的所述加热部分上包括引入包括与所述钻地工具部件的金属材料的成分大致上相同的成分金属材料。

[0090] 实施方案24:如实施方案22所述的方法,其中将所述金属材料引入到所述部件表面的所述加热部分上包括引入包括与所述钻地工具部件的金属材料的成分不同的成分金属材料。

[0091] 实施方案25:如实施方案22所述的方法,其中将所述金属材料引入到所述部件表面的所述加热部分上包括引入包括以下中的一个或多个的金属材料:钴、镍、铜、铬、铝、铁、钢、不锈钢、钛、钨或其合金和混合物、磁响应材料、聚醚醚酮(PEEKTM)、碳基材料、玻璃和金属碳化物陶瓷材料。

[0092] 实施方案26:如实施方案21所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径沉积金属材料进一步包括:连续地获得关于由热源加热的钻地工具部件的表面的温度和由所述热源加热的加热表面的大小中的至少一者的信息;以及响应于所述与所述加热表面的所述温度和所述加热表面的所述大小中的至少一者有关的信息调整所述热源的功率等级。

[0093] 实施方案27:如实施方案21所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径在所述钻地工具部件上沉积金属材料以改变所述钻地工具部件的至少一个尺寸包括以下中的至少一者:使用所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具部件。

[0094] 实施方案28:如实施方案21所述的方法,其中使用所述材料移除设备根据所述生成的移除路径从所述钻地工具部件移除所述沉积的金属材料的至少一部分以进一步改变所述钻地工具部件的至少一个尺寸包括以下中的至少一者:使用所述多轴定位系统来旋转和平移所述钻地工具的所述至少一个部件。

[0095] 实施方案29:如实施方案21所述的方法,其中使用所述材料移除设备根据所述生成的移除路径从所述钻地工具部件移除所述沉积的金属材料的至少一部分以进一步改变所述钻地工具部件的至少一个尺寸包括沿所述移除路径操作旋转铣削工具。

[0096] 实施方案30:如实施方案21所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径在所述钻地工具部件上沉积金属材料包括:将多层金属材料沉积在所述钻地工具部件上,以形成完全致密的几何特征。

[0097] 实施方案31:如实施方案21所述的方法,所述方法进一步包括:生成用于所述直接金属沉积设备的另一沉积路径;以及使用所述直接金属沉积设备沿所述另一生成的沉积路径将耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具部件。

[0098] 实施方案32:如实施方案31所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备沿所述另一生成的沉积路径将耐磨堆焊材料应用于所述钻地工具部件进一步包括:使用所述直接金属沉积设备将耐磨堆焊材料引入到所述钻地工具部件的表面上的至少一个位置,所述至少一个位置被引导至所述至少一个位置的热源的输出加热;以及使用所述热源至少部分熔融所述粉末化耐磨堆焊材料。

[0099] 实施方案33:如实施方案21所述的方法,其中使用所述直接金属沉积设备根据所

述生成的沉积路径来沉积金属材料包括：微等离子粉末沉积、选择性激光熔融、直接金属激光烧结、选择性激光烧结、电子束熔融、电子束无模成型制造、直接激光沉积、低温气体处理、激光熔覆、直接材料沉积、陶瓷增材制造或粘合剂喷射和后续烧结。

[0100] 实施方案34：如实施方案33所述的方法，其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径沉积金属材料包括使用3D打印机。

[0101] 实施方案35：如实施方案21所述的方法，其中使用所述直接金属沉积设备根据所述生成的沉积路径沉积金属材料包括使用3D打印机。

[0102] 实施方案36：如实施方案21所述的方法，其中沉积金属材料包括：沉积来自容器的金属材料粉末，所述金属材料粉末在可流动介质中输送；使用具有金属材料粉末的可移动输送塔和用于分配一定数量的金属材料粉末的分配器；使用嵌在固体、可破坏运输介质中的一轴金属材料粉末；使用一轴金属材料丝线；或使用金属材料的挤出塔。

[0103] 实施方案37：如实施方案21所述的方法，其中改变钻地工具部件的至少一个尺寸包括以下中的一个：根据所述生成的沉积路径沉积至少一个金属材料，以将所述钻地工具部件的至少一部分形成为近终型状态；或根据所述生成的沉积路径沉积至少一个金属材料，以将所述钻地工具部件的至少一个磨损部分修复成近终型状态。

[0104] 实施方案38：如实施方案21所述的方法，所述方法进一步包括使用所述材料移除设备移除所述钻地工具部件的金属材料。

[0105] 实施方案39：如实施方案38所述的方法，其中使用所述材料移除设备移除所述钻地工具部件的金属材料包括形成穿过所述沉积的金属材料并且进入到所述钻地部件的所述金属材料中的孔；以及将切割元件的一部分插入到所述孔中。

[0106] 实施方案40：如实施方案39所述的方法，所述方法进一步包括将所述切割元件的在所述孔内的部分紧固至所述钻地工具部件。

[0107] 虽然前面的描述和附图包含许多细节，但是这些不应被解释为限制本公开的范围，而仅仅是描述某些实施方案。类似地，在不脱离本公开的精神或范围的情况下，可以设计其它实施方案。例如，本文参考一个实施方案所描述的特征也可以提供在本文所描述的其它实施方案中。因此，本发明的范围仅由所附权利要求以及其法定等效形式来指示和限制。本公开涵盖所公开的实施方案的落入权利要求的含义和范围内的所有添加、删除和修改。

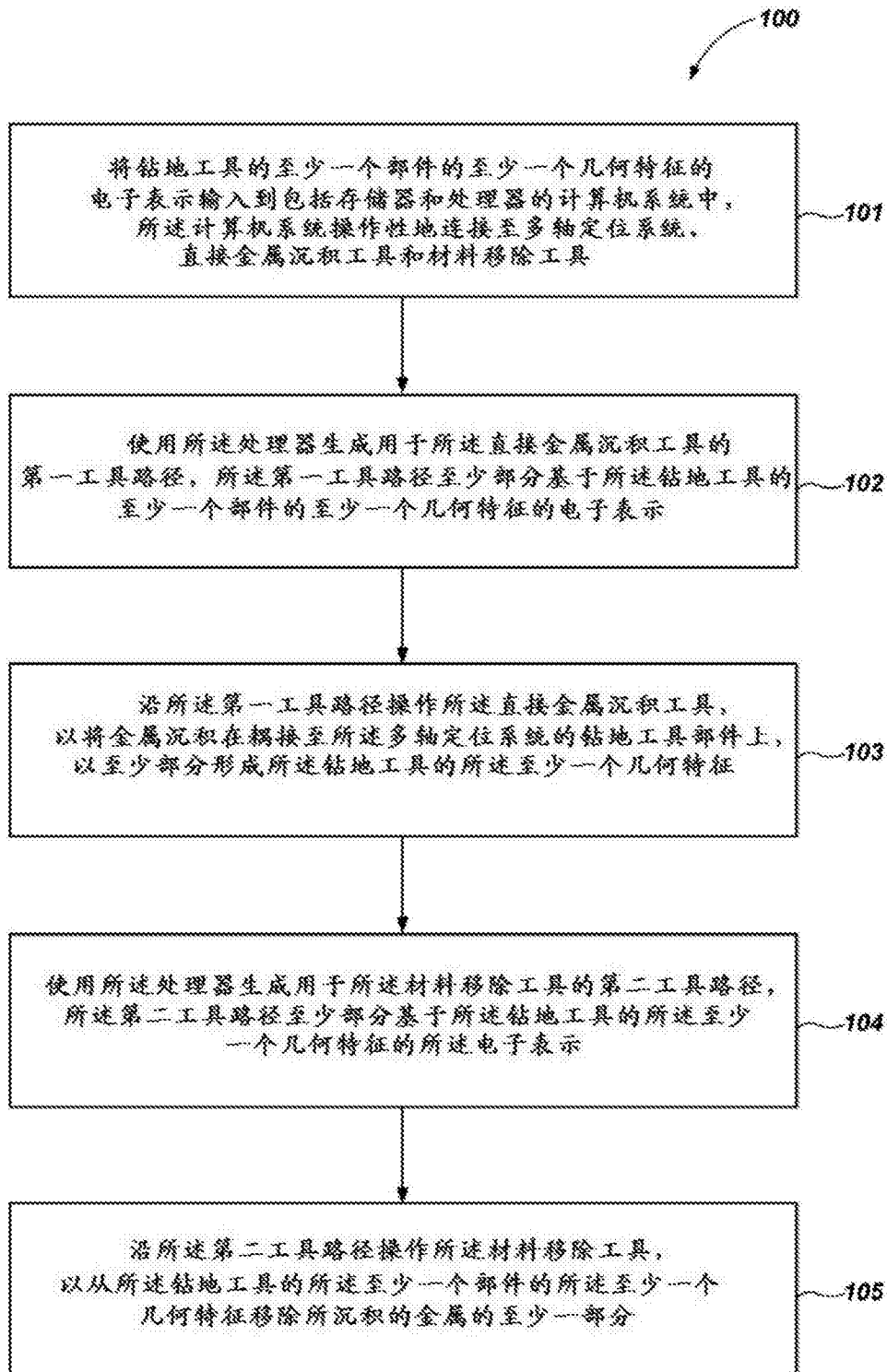


图1

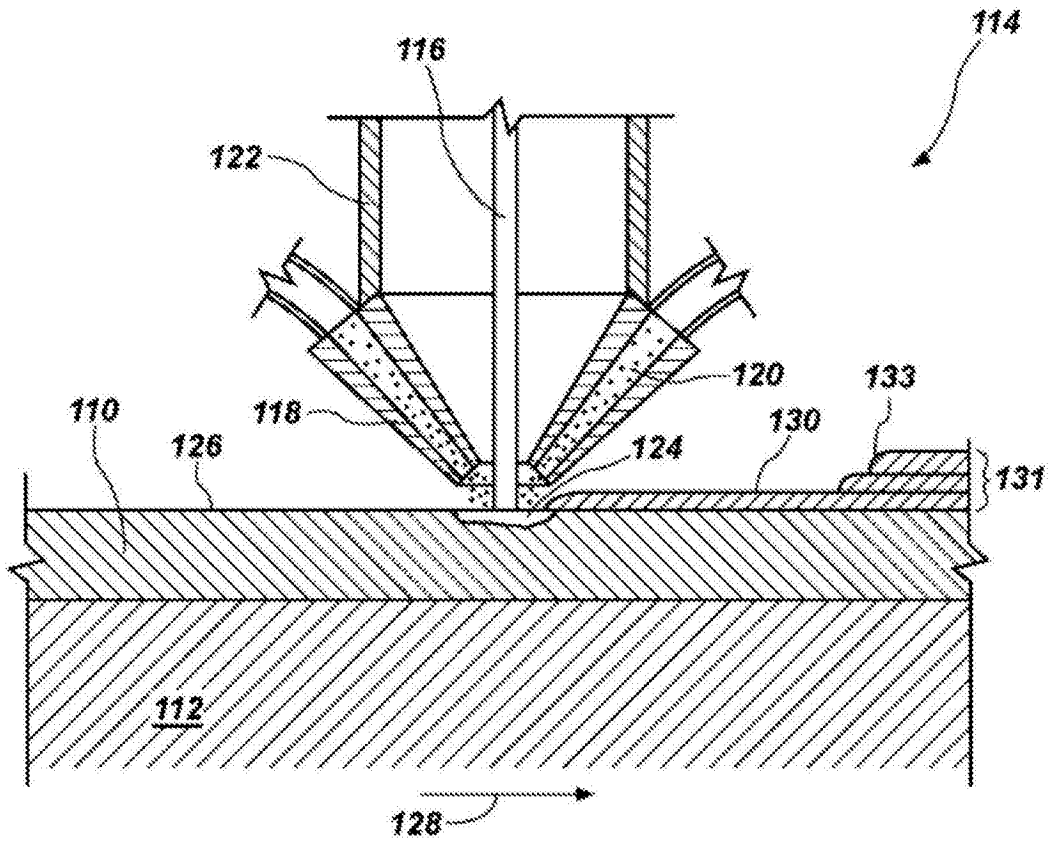


图2

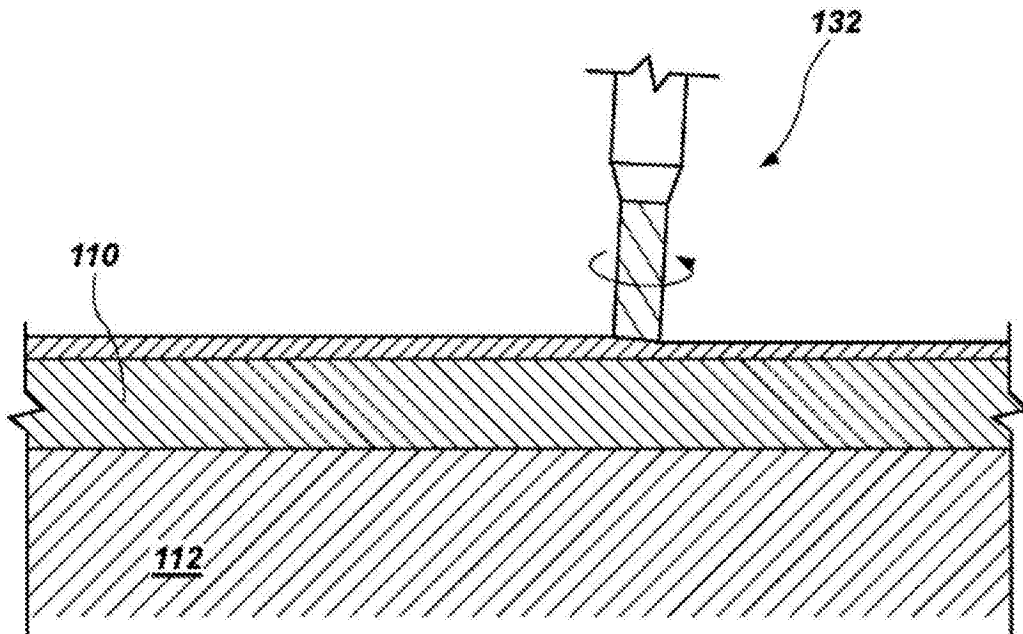


图3

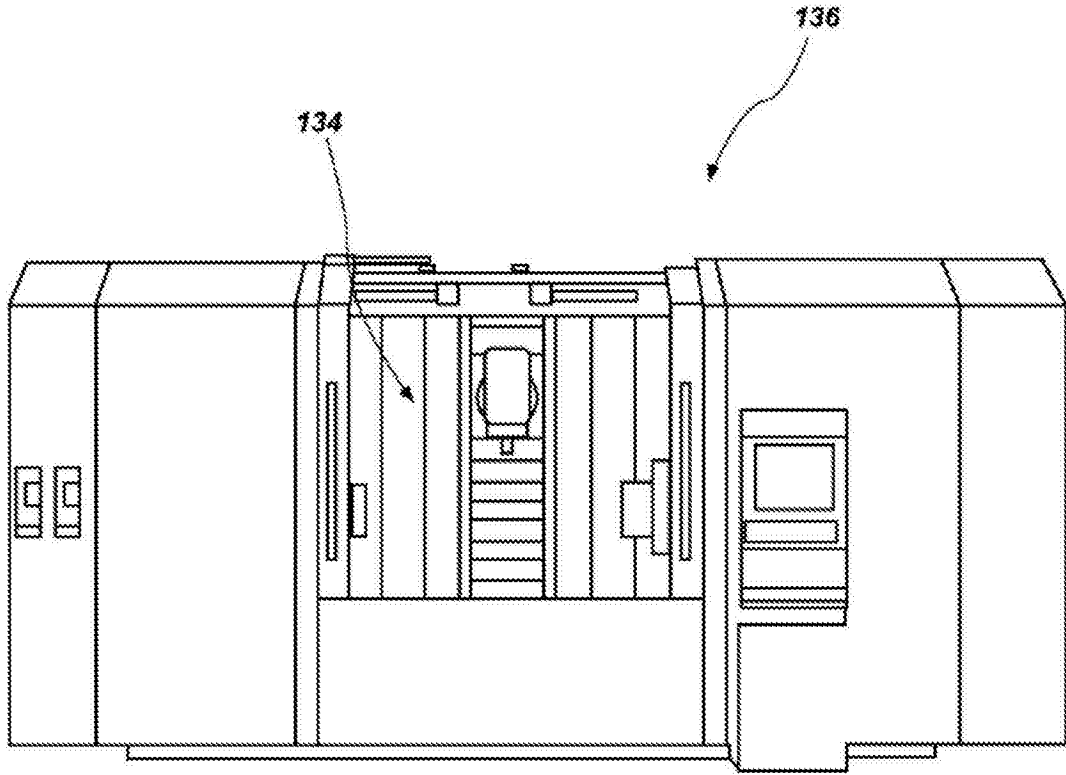


图4

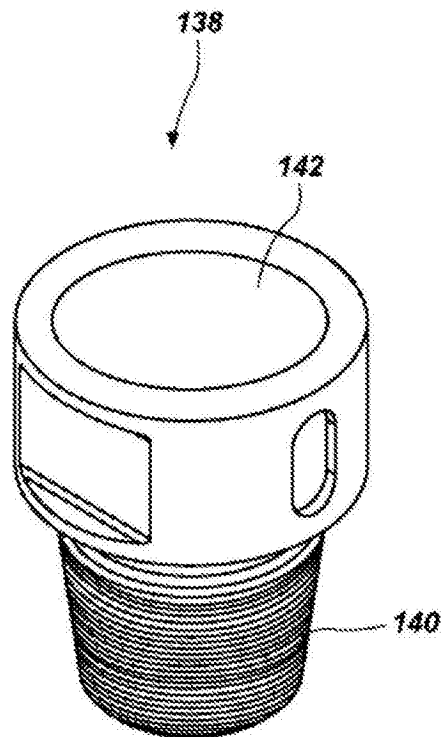


图5

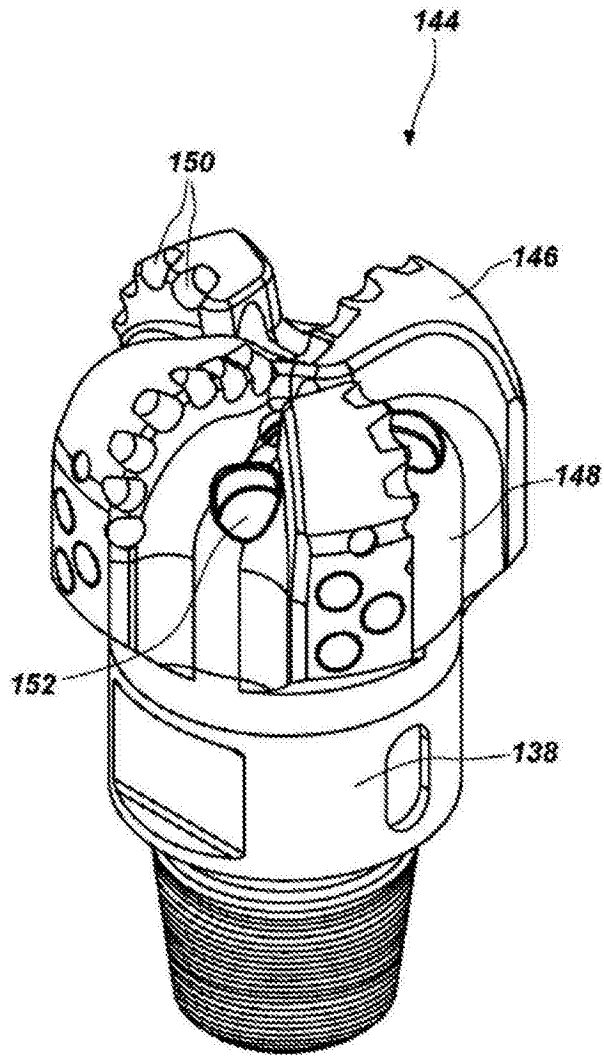


图6

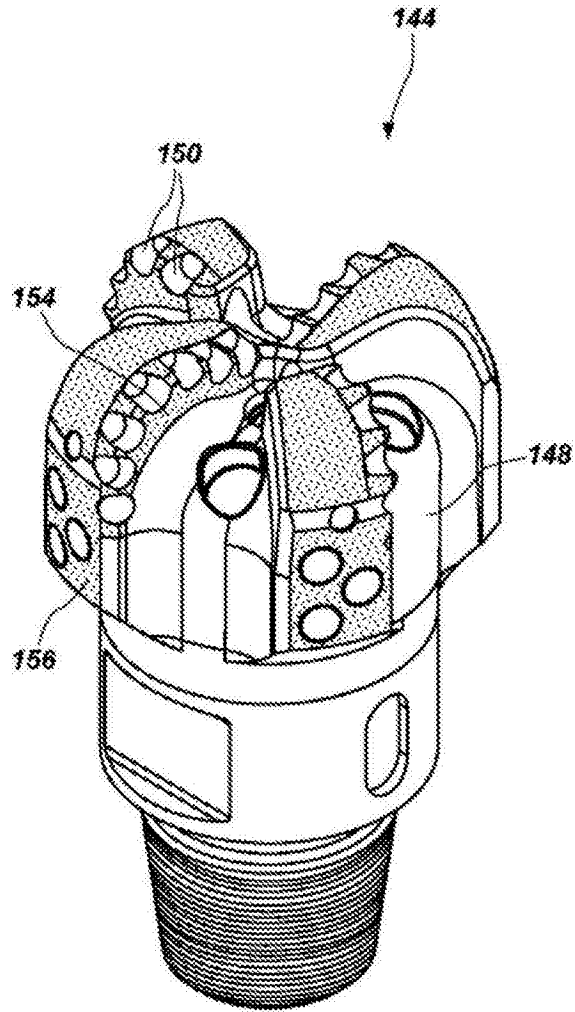


图7

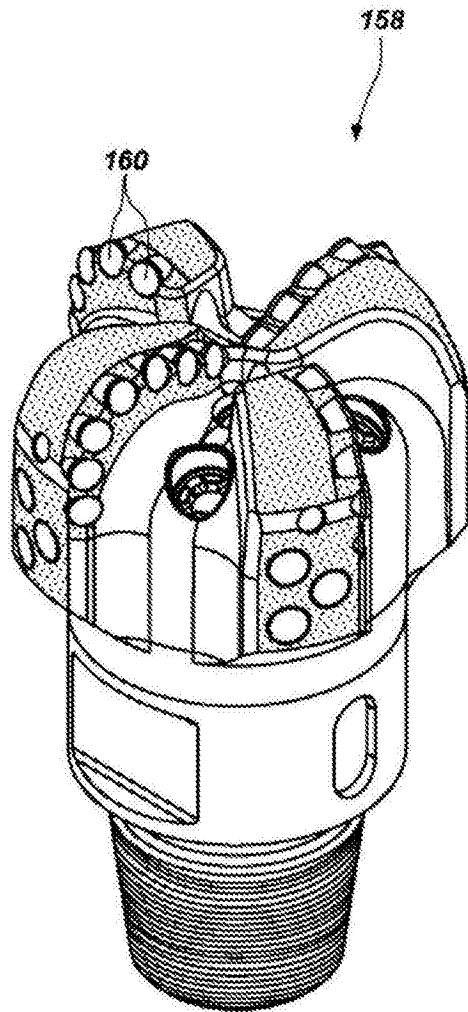


图8

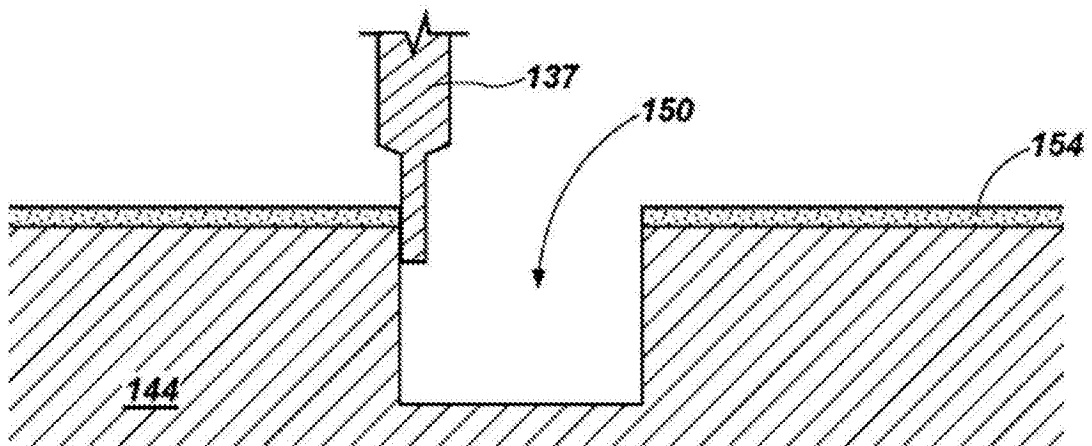


图9

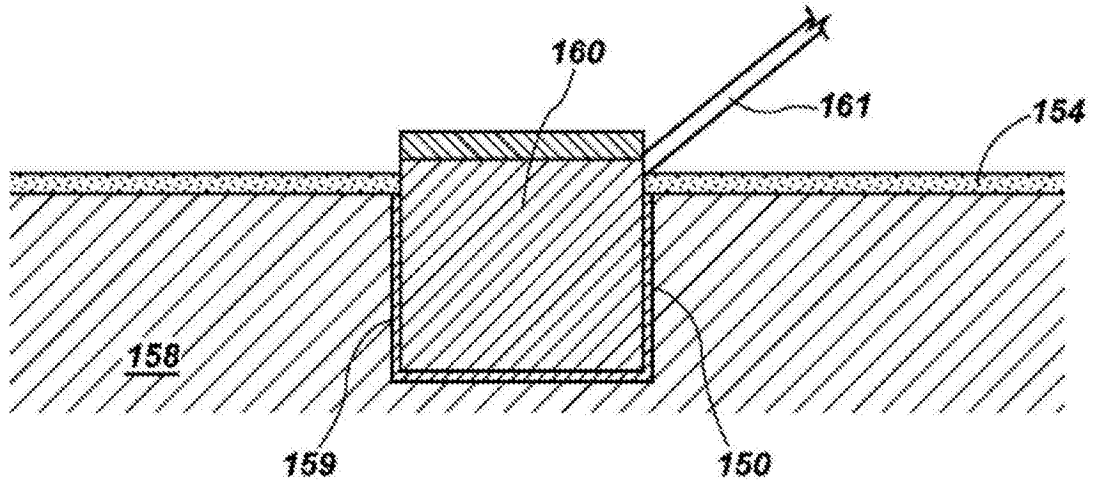


图10

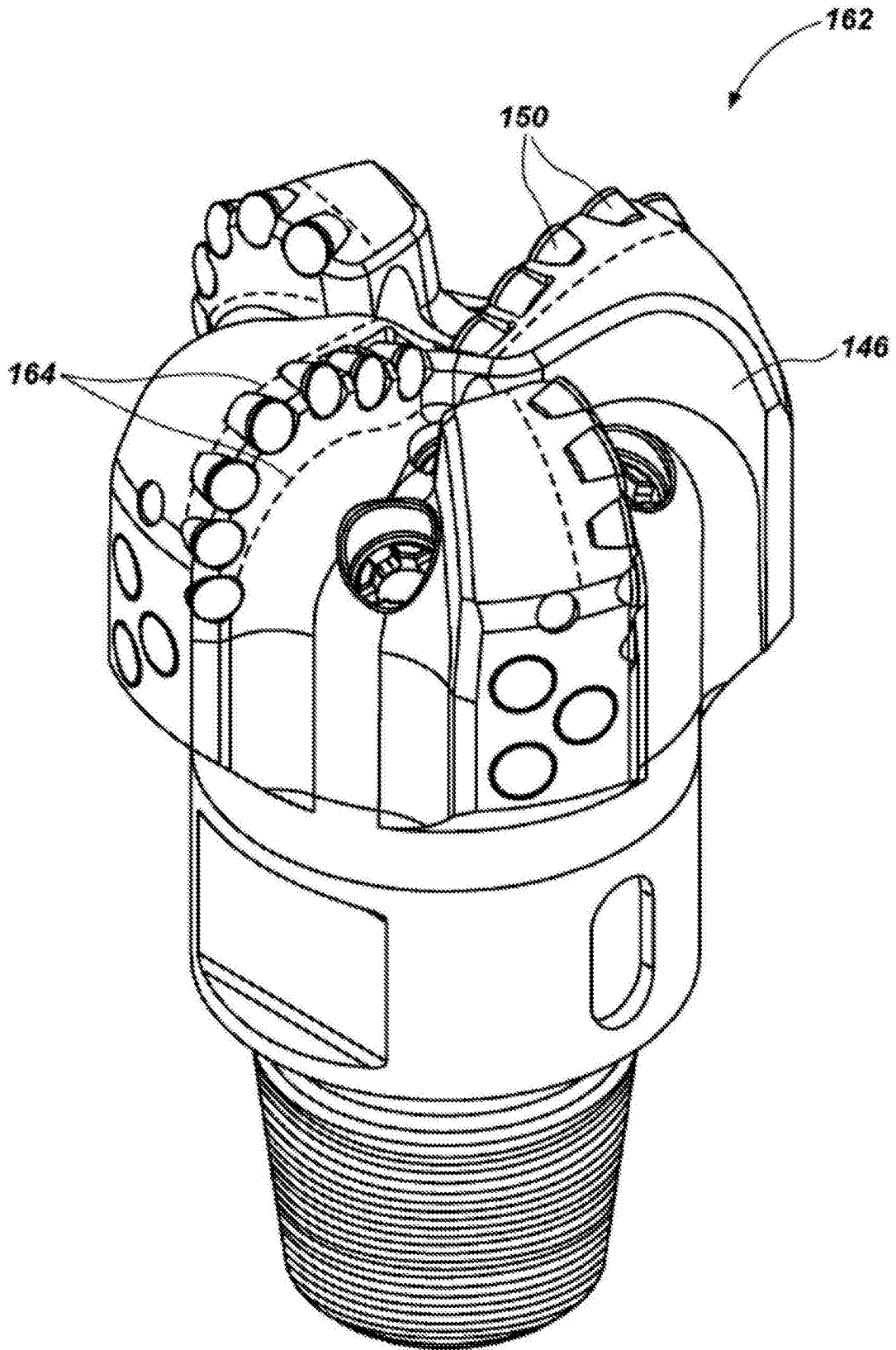


图11

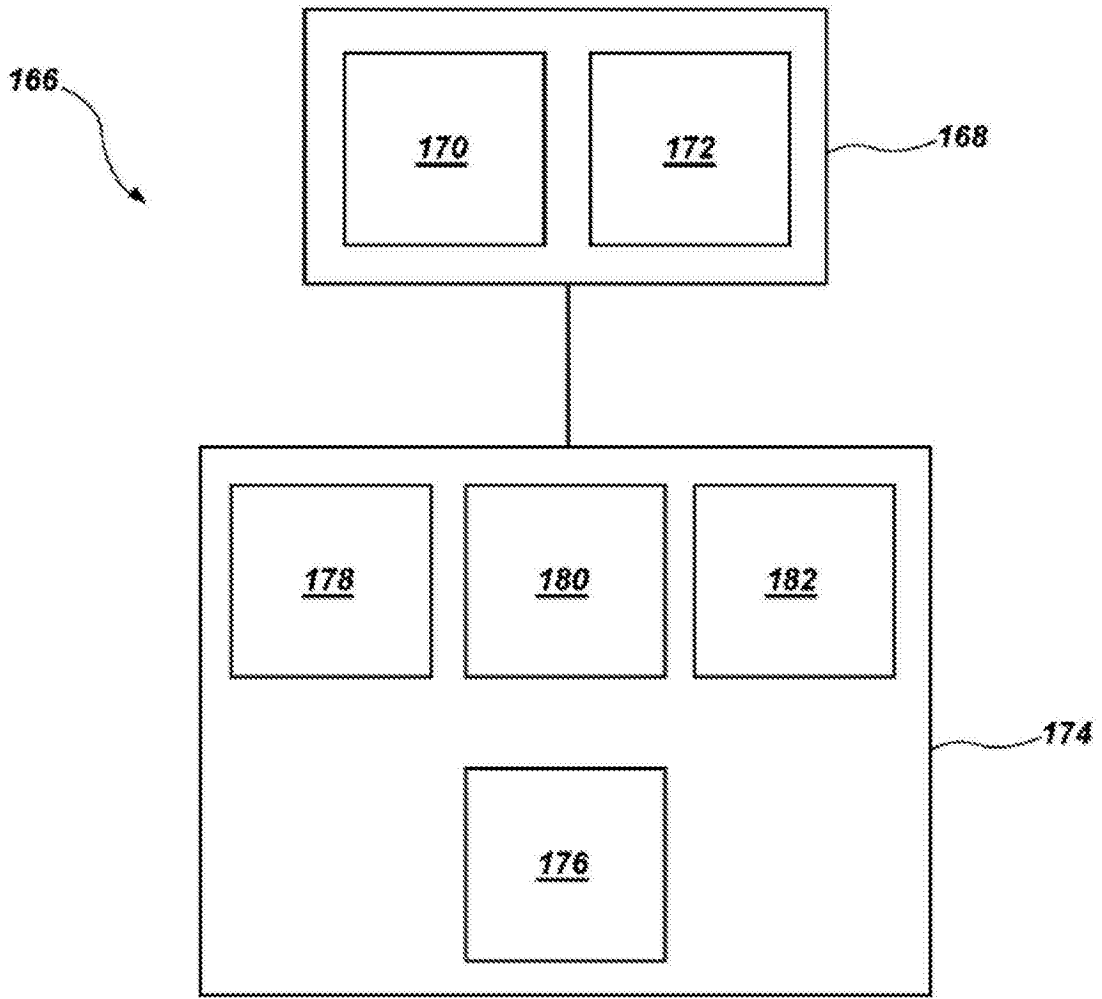


图12