



1. 一种用于在土质地层中钻出井筒的钻头,所述钻头具有中心轴线和围绕所述中心轴线的切削旋转方向,所述钻头包括:

具有钻头面的钻头本体;

布置在所述钻头面上的刀片;

轴向延伸到所述钻头本体中的孔;

从所述孔穿过所述钻头本体延伸到所述钻头面的流动通道,其中所述流动通道被构造成将钻井流体供应到所述钻头面;以及

从所述流动通道延伸到所述刀片的沟道。

2. 根据权利要求1所述的钻头,还包括安装到所述刀片的切削齿支撑表面的多个主切削齿元件,其中,每个主切削齿元件包括面向前的切削面,并且其中,所述沟道被构造成将钻井流体供应到一个主切削齿元件的所述面向前的切削面。

3. 根据权利要求1所述的钻头,其中,所述刀片包括相对于所述切削旋转方向而言的前表面、相对于所述切削旋转方向而言的后表面、以及在所述前表面和所述后表面之间延伸的切削齿支撑表面;

其中,多个切削齿元件邻近所述前表面安装到所述刀片的所述切削齿支撑表面;

其中,所述沟道延伸到所述刀片的所述前表面。

4. 根据权利要求3所述的钻头,其中,沟道引导件从所述刀片的所述前表面延伸,并且所述沟道穿过所述沟道引导件延伸到出口端。

5. 根据权利要求1所述的钻头,其中,所述刀片沿着所述钻头的锥形区域、肩部区域和计量区域延伸,并且其中,所述沟道具有在所述流动通道处的入口端和在所述肩部区域中的出口端。

6. 根据权利要求1所述的钻头,其中,多个流动通道从所述孔穿过所述钻头本体延伸到所述钻头面,其中,每个流动通道被构造成将钻井流体供应到所述钻头面;

多个沟道,其中每个沟道从所述流动通道之一延伸。

7. 根据权利要求6所述的钻头,其中,每个沟道延伸到所述刀片的相对于所述切削旋转方向而言的前表面。

8. 根据权利要求6所述的钻头,其中,每个沟道具有在所述钻头的肩部区域中的出口。

9. 根据权利要求1所述的钻头,其中,所述沟道具有入口端和出口端,其中,筛网横越所述入口端延伸,其中所述筛网被构造成防止固体进入所述沟道中。

10. 根据权利要求1所述的钻头,其中,所述刀片包括相对于所述切削旋转方向而言的前端面、相对于所述切削旋转方向而言的后端面、以及在所述前端面和所述后端面之间延伸的切削齿支撑表面;

其中,所述刀片具有沿周向并且大致平行于所述切削旋转方向从所述前端面到所述后端面测量的宽度 $W_{blade}$ ;

其中,所述刀片具有从所述切削齿支撑表面到所述钻头面垂直地测量的高度 $H_{blade}$ ;

其中,在沿着所述刀片的所述前端面与所述切削齿支撑表面的交叉部的每一个位置上测量的、所述刀片的高度 $H_{blade}$ 与所述刀片的宽度 $W_{blade}$ 的比率的最大值大于1.1。

11. 根据权利要求10所述的钻头,其中,所述比率的最大值大于1.8。

12. 一种用于在土质地层中钻出井筒的钻头,所述钻头具有中心轴线和围绕所述中心

轴线的切削旋转方向,所述钻头包括:

具有钻头面的钻头本体;

轴向延伸到所述钻头本体中的孔;

布置在所述钻头面上的多个周向间隔开的主刀片,其中,每个主刀片基本邻近所述中心轴线开始,并且延伸经过所述钻头的锥形区域和肩部区域;

安装在每个主刀片上的多个主切削齿元件,其中,每个主刀片上的所述主切削齿元件被布置成延伸的一排,并且延伸经过所述钻头的锥形区域和肩部区域;

从所述孔穿过所述钻头本体延伸到所述钻头面的多个钻井流体流动通道,其中,每个流动通道被构造成使钻井流体流动到所述钻头面;

穿过所述钻头本体延伸的多个沟道,其中,每个沟道具有与所述孔流体连通的入口端。

13. 根据权利要求12所述的钻头,其中,每个主刀片包括相对于所述切削旋转方向而言的前端面、相对于所述切削旋转方向而言的后端面、以及在所述前端面和所述后端面之间延伸的切削齿支撑表面,其中,所述主切削齿元件安装到所述主刀片的所述切削齿支撑表面;

其中,每个主切削齿元件包括面向前的切削面,并且其中,每个沟道具有出口端,所述出口端被构造成将钻井流体引导到一个主切削齿元件的所述面向前的切削面。

14. 根据权利要求12所述的钻头,其中,每个沟道具有沿着所述主刀片之一的所述前端面布置的出口。

15. 根据权利要求14所述的钻头,其中,每个主刀片包括从所述主刀片的前表面延伸的沟道引导件,并且其中,每个沟道延伸穿过所述沟道引导件之一。

16. 根据权利要求12所述的钻头,其中,每个主刀片包括相对于所述切削旋转方向而言的前端面、相对于所述切削旋转方向而言的后端面、以及在所述前端面和所述后端面之间延伸的切削齿支撑表面;

其中,每个主刀片具有沿周向并且大致平行于所述切削旋转方向从所述前端面到所述后端面测量的宽度 $W_{blade}$ ;

其中,每个主刀片具有从所述切削齿支撑表面到所述钻头面垂直地测量的高度 $H_{blade}$ ;

其中,在沿着每个主刀片的所述前端面与所述切削齿支撑表面的交叉部的每一个位置上测量的、所述主刀片的高度 $H_{blade}$ 与所述主刀片的宽度 $W_{blade}$ 的比率的最大值大于1.1。

17. 根据权利要求16所述的钻头,其中,所述比率的最大值大于1.8。

18. 根据权利要求12所述的钻头,其中,筛网横越每个沟道的所述入口端延伸。

19. 一种用于在土质地层中钻出井筒的钻头,所述钻头具有中心轴线和围绕所述中心轴线的切削旋转方向,所述钻头包括:

具有钻头面的钻头本体;

轴向延伸到所述钻头本体中的孔;

布置在所述钻头面上的多个周向间隔开的主刀片,其中,每个主刀片基本邻近所述中心轴线开始,并且延伸经过所述钻头的锥形区域和肩部区域;

其中,每个主刀片包括相对于所述切削旋转方向而言的前端面、相对于所述切削旋转方向而言的后端面、以及在所述前端面和所述后端面之间延伸的切削齿支撑表面;

其中,每个主刀片具有沿周向并且大致平行于所述切削旋转方向从所述前端面到所述

后端面测量的宽度 $W_{blade}$ ;

其中,每个主刀片具有从所述切削齿支撑表面到所述钻头面垂直地测量的高度 $H_{blade}$ ;

其中,在沿着每个主刀片的所述前端面与所述切削齿支撑表面的交叉部的每一个位置上测量的、所述主刀片的高度 $H_{blade}$ 与所述主刀片的宽度 $W_{blade}$ 的比率的最大值大于1.1。

20. 根据权利要求19所述的钻头,其中,所述比率的最大值大于1.8。

## 具有贯穿延伸的沟道的钻头及其制造方法

- [0001] 相关申请的交叉引用  
[0002] 不适用  
[0003] 关于联邦赞助研究或开发的声明  
[0004] 不适用

### 技术领域

[0005] 本公开总体上涉及用于在土质地层中钻出井筒以最终取回石油、天然气或矿物的钻头。更具体地,本公开涉及固定切削齿钻头(fixed cutter bits),其包括延伸到选定的切削齿元件的沟道,并且本公开涉及用于制造该钻头的增材制造方法。

### 背景技术

[0006] 钻地钻头布置在钻柱的下端处,并且通过所施加的钻压(WOB)相对地层旋转,以沿着预定路径钻出穿过地层的井筒。井筒的直径等于用于形成该井筒的钻头的直径或“规格”。

[0007] 两种常见类型的用于钻探土质地层的钻头包括固定切削齿或旋转刮刀钻头以及滚锥钻头。固定切削齿钻头包括沿着钻头面布置的多个周向间隔开的刀片。在每个刀片上安装有多个切削齿元件。切削齿元件的数量和布局能够根据各种因素而变化,包括所钻探的地层的类型。

[0008] 安装到刀片的切削齿元件由极硬的材料形成。通常,每个切削齿元件都包括细长且大致柱形的碳化钨支撑构件和安装到该支撑构件的一端上的多晶金刚石或其它超硬磨料的硬质层。该支撑构件被接收并固定在形成于刀片的表面上的凹座或凹部中。

[0009] 在钻井操作期间,钻头由钻柱从地面旋转和/或由井下马达旋转,同时钻井流体被沿着钻柱向下泵送并被引导出钻头面。特别地,刀片之间的沿着钻头面的喷嘴喷射钻井流体,该钻井流体从切削结构(例如,切削齿元件)移除地层切屑,从井筒的底部移除切下的地层材料,并且去除由钻头和地层之间的接触引起的热量。钻井流体经由所述喷嘴离开钻头面并经由钻柱和井筒侧壁之间的环空(annulus)流回地面。钻井流体将地层切屑携带到地面,由此将切屑从井筒中循环出来,以避免切屑的积聚(切屑的积聚可能会降低切削结构到地层中的钻进并增大切削齿元件的磨损)。通过钻井流体去除热量也延长了切削齿元件的寿命。

### 发明内容

[0010] 本文中描述了用于在土质地层中钻出井筒的钻头的实施例。在一个实施例中,钻头具有中心轴线和围绕该中心轴线的切削旋转方向。另外,该钻头包括具有钻头面的钻头本体。此外,该钻头包括布置在钻头面上的刀片。更进一步,该钻头包括轴向延伸到钻头本体中的孔。此外,该钻头包括从所述孔穿过钻头本体延伸到钻头面的流动通道。该流动通道被构造成将钻井流体供应到钻头面。该钻头还包括从该流动通道延伸到刀片的沟道。

[0011] 在另一实施例中,用于在土质地层中钻出井筒的钻头具有中心轴线和围绕该中心轴线的切削旋转方向。另外,该钻头包括具有钻头面的钻头本体。此外,该钻头包括布置在钻头面上的多个周向间隔开的主刀片。每个主刀片都基本邻近所述中心轴线开始,并且延伸经过钻头的锥形区域和肩部区域。更进一步,该钻头包括安装在每个主刀片上的多个主切削齿元件。每个主刀片上的主切削齿元件被布置成延伸的一排,并且延伸经过钻头的锥形区域和肩部区域。此外,该钻头包括多个钻井流体流动通道,所述多个钻井流体流动通道穿过钻头本体延伸到钻头面。该钻头还包括多个沟道。每个沟道从一个流动通道延伸穿过钻头本体和一个主刀片的至少一部分。

[0012] 本文中所述的实施例包括旨在解决与某些现有装置、系统和方法相关的各种缺点的特征和优点的组合。前文已经相当广泛地概述了本发明的特征和技术优点,以便可以更好地理解随后的本发明详细描述。通过阅读以下详细描述并参考附图,本领域技术人员将易于明白上述各种特性以及其它特征。本领域技术人员应当理解,所公开的概念和具体实施例可易于用作修改或设计用于实现本发明相同目的其它结构的基础。本领域技术人员还应意识到,这种等效构造并未脱离在所附权利要求中阐述的本发明的精神和范围。

### 附图说明

[0013] 对于本发明的优选实施例的详细描述,现在将参考附图,其中:

[0014] 图1是根据本文所述的原理制成的固定切削齿钻头的实施例的透视图。

[0015] 图2是图1的钻头的端视图,示出了钻头面;

[0016] 图3是图1的钻头的侧视图;

[0017] 图4是图1的钻头的截面侧视图,示出了一个示例性主刀片;

[0018] 图5是图1的钻头的示意性截面图,其中钻头的刀片和切削齿元件被旋转成单一轮廓;

[0019] 图6是图1的钻头的一个示例性刀片的放大图;

[0020] 图7是图1的钻头的局部虚化透视图,示出了贯穿该钻头延伸的钻井流体分配系统;

[0021] 图8是图1的钻头的局部虚化透视图,示出了钻井流体分配系统的主液压系统;

[0022] 图9是图1的钻头的局部虚化透视图,示出了钻井流体分配系统的副液压系统;

[0023] 图10是图1的钻头的一个沟道的入口端的局部放大示意图;并且

[0024] 图11是包括在示例性刀片的前端面(leading face)上的传感器的钻头的实施例的局部放大视图。

### 具体实施方式

[0025] 下面的讨论涉及各种示例性实施例。然而,本领域技术人员将会理解,本文中公开的示例具有广泛的应用,并且,对任何实施例的讨论都仅意图例证本实施例,并非旨在暗示本公开的范围(包括权利要求)限于本实施例。

[0026] 贯穿以下描述和权利要求书使用某些术语来指代特定特征或部件。本领域技术人员将会明白,不同的人可以通过不同的名称来指代相同的特征或部件。本文并不打算区分名称不同而非功能不同的部件或特征。附图不一定按比例绘制。本文中的某些特征和部

件可能按比例夸大或以略微示意性的形式被示出,并且为了清楚和简明起见,可能未示出常规元件的一些细节。

[0027] 在下文的讨论和权利要求中,术语“包括…”和“包含…”是以开放式的方式使用的,因而应被解释为表示“包括但不限于…”。而且,术语“联接”或“联接到”旨在表示间接或直接连接。因而,如果第一装置联接到第二装置,则该连接可以通过直接连接,或通过经由其它装置、部件和连接件的间接连接。另外,如本文中使用的,术语“轴向”和“轴向地”通常表示沿着或平行于中心轴线(例如,本体或一部分的中心轴线),而术语“径向”和“径向地”通常表示垂直于中心轴线。例如,轴向距离是指沿着或平行于中心轴线测量的距离,并且径向距离是指垂直于中心轴线测量的距离。还进一步地,如本文中使用的,术语“部件”可用于表示连续的单个件或一体结构、部分或装置。应当理解,部件可以被单独使用,或者作为更大的系统或组件的一部分被使用。

[0028] 在钻井操作期间,钻头经受极端磨损、冲击负荷和热应力。在某些情况下,钻头也可能暴露于腐蚀性流体。因此,钻头在钻井时可能经历严重的磨损、腐蚀和物理损坏。例如,由于与硬质地层和岩石的撞击,钻头本体可能会碎裂或破裂。钻头的足够损坏可能不利地降低其切削效率和机械钻速(ROP)。在这种情况下,可能需要通过从井筒中逐段地拉出整个钻柱(它可能数千英尺长)来更换钻头。一旦钻柱被起出并安装了新钻头,就必须将钻头在钻柱上降低到井筒的底部,钻柱又必须被逐段地搭建。这一过程(被称为钻柱的“行程”)需要相当多的时间、精力和费用。无论钻头的类型如何,钻出井筒的成本都与钻到期望的深度和位置所花的时间长度直接相关。因而,希望最大化钻头的耐久性,以使它们能够在更宽的地层硬度范围内钻得更快更长。

[0029] 固定切削齿钻头通常由硬质金属铸造基体(hard metal cast matrix)制成。特别地,通过粉末冶金过程形成基体钻头本体,其中粉末状碳化钨和诸如Cu-Ni-Mn-Zn、Cu-Zn或Cu-Ni-Mn-Sn的粘合剂材料被置于碳/石墨模具中。典型地,置于模具中的粉末材料(即,碳化钨和粘合剂)具有包含50wt%至80wt%碳化钨和20wt%至50wt%粘合剂的组合物。然后将模具在炉中加热到大于2,000°F(大于1,100°C)的温度约1小时,以允许粘合剂材料渗入碳化钨并形成固体金属基体钻头本体。接下来,将其中布置有金属基体钻头本体的模具定向冷却到室温,然后通过破碎、凿刻和研磨该模具而将模具从钻头本体移开。这种制造金属基体钻头本体的过程可能需要超过24小时来进行。

[0030] 由硬质金属铸造基体材料制成的钻头已经是大多数研究和开发的焦点,其旨在提高冲击强度、耐磨性和耐腐蚀性。如上所述,通常用于生产这种金属基体钻头本体的粉末冶金过程采用粘合剂材料和碳化钨的粉末混合物。该粉末混合物被压制或注入模具中,然后烧结成最终产品。由于模具的使用、粉末混合物的有限流动能力和其它限制,难以使用传统的粉末冶金制造过程生产具有复杂形状的部件。另外,使用这种传统的粉末冶金制造过程生产的部件可能包括缺陷,或由于烧结期间的不均匀加热或烧结后的不均匀冷却而产生裂缝。这些缺陷和裂缝可能不利地降低所生产的部件的耐磨性、耐侵蚀性、耐腐蚀性和冲击强度。

[0031] 如下面将更详细描述,通过增材制造过程制成的钻头的实施例提供了更多量身定制的复杂形状和几何形状潜力,包括用于将钻井流体供应到选定的单独切削齿元件以增强钻头耐久性的沟道。另外,由金属基体复合材料组合物(composite compositions)制

成并通过增材制造过程制造的钻头的实施例提供了具有增强的冲击强度、耐磨性、耐侵蚀性、耐腐蚀性和工作寿命的材料和部件的潜力。

[0032] 本文中描述的钻头的实施例可以使用电子束增材制造技术(也称为“电子束熔化”或简称为“EBM”)来制造。通常,EBM增材制造过程是一种3D打印技术,其通过使用电子束作为热源将金属粉末受控地和选择性地熔化而逐层地固结为固体物质,从而产生致密金属(或者金属基体复合材料)部件。EBM增材制造过程在EBM机器中执行并由EBM机器控制,该由EBM机器从3D CAD模型读取数据,铺设连续的粉末金属层,并用电子束熔化每个相继的层(一次一层),以逐层地构建(即,“打印”)金属部件。每一层都被融化为由3D CAD模型定义的精确几何形状,因此,使得能够生产具有非常复杂几何形状的部件,而无需工具、夹具或模具,且不会产生任何废料。EBM增材制造过程在真空下(即,在低于大气压的压力下)执行,以使得能够使用对氧具有高亲和力的金属和材料(例如钛)并且在高温下使用。能够执行EBM制造过程的EBM机器的示例包括(但不限于)Arcam A2X、Arcam Q10、Arcam Q20和Arcam Spectra H,每一个都从瑞典默恩达尔的Arcam AB公司获得。

[0033] 参考图1-3,示出了用于钻穿岩石地层以形成井筒的固定切削齿钻头100的实施例。钻头100具有中心轴线或纵向轴线105、第一端或井口端100a、以及与端部100a相反的第二端或井底端100b。另外,钻头100包括紧邻端部100b的钻头本体110、与本体110轴向相邻的柄部113、以及与柄部113轴向相邻的螺纹连接件或阳螺纹件(pin)14。更具体地,阳螺纹件14从端部100a轴向延伸到柄部113,该柄部113从阳螺纹件14轴向延伸到本体110。阳螺纹件14将钻头100连接到钻柱(未示出),该钻柱用于使钻头100在切削方向118上绕轴线105旋转。另外,钻头本体110限定钻头面120,该钻头面120支撑延伸到端部100b的切削结构130。如下面将更详细描述并且在图4和7中最好地示出的,钻头100包括钻井流体分配系统150(图7),该钻井流体分配系统150从端部100a延伸穿过阳螺纹件114、柄部113和本体110到达钻头面120和切削结构130。流体分配系统150允许钻井流体从钻柱流入钻头100中并从钻头100的近端100b流出,以将钻井流体分布在切削结构130周围,从而在钻井期间冲走地层切屑并从钻头100移除热量。

[0034] 再次参照图1-3,切削结构130包括从钻头面120延伸的多个周向间隔开的刀片。在图1-3所示的实施例中,切削结构130包括三个成角度地间隔开的主刀片131、132、133、以及三个成角度地间隔开的副刀片134、135、136。特别地,在本实施例中,所述多个刀片围绕钻头面120大致均匀地间隔开(例如,隔开约60°)。另外,在每一对周向相邻的主刀片131、132、133之间沿周向定位有一个副刀片134、135、136。在其它实施例中,所述刀片可围绕钻头面非均匀地间隔开,主刀片的数量可以变化,副刀片的数量可以变化,或者可采用这些变型的组合。

[0035] 主刀片131、132、133和副刀片134、135、136在钻头面120上径向延伸并且沿着钻头100的外周的一部分纵向延伸。主刀片131、132、133从大致近端中心轴线105径向延伸到钻头100的外周。因而,如本文中使用的,术语“主刀片”用于描述从大致近端中心轴线105延伸的刀片。副刀片134、135、136不从大致近端中心轴线105延伸。如图2中最佳地可见,副刀片134、135、136从离中心轴线105一定径向距离的位置径向地延伸到钻头100的外周。因此,主刀片131、132、133比副刀片134、135、136更靠近中心轴线105延伸。因而,如本文中使用的,术语“副刀片”用于描述不从大致近端中心轴线105延伸的刀片。主刀片131、132、133和副刀

片134、135、136被垃圾槽或谷137分开,这些垃圾槽或谷137限定沿着钻头面120的钻井流体流动路径。

[0036] 每个刀片131、132、133、134、135、136都包括相对于钻头旋转方向118而言的前端侧或前端面140、相对于钻头旋转方向118而言的后端侧或后端面141、以及在面140、141之间周向地延伸的切削齿支撑表面142。前端面140和后端面141大致从钻头面120轴向地延伸并且从钻头本体110的外周径向地延伸。表面142被大致垂直于相应的面140、141定向。如下面将更详细描述,多个切削齿元件安装到每个刀片131、132、133、134、135、136的表面142上。

[0037] 在本实施例中,主刀片131、132、133和副刀片134、135、136一体地形成钻头本体110和钻头面120的一部分并且从钻头本体110和钻头面120延伸。具体地,钻头本体110和刀片131、132、133、134、135、136是通过EBM增材制造过程由金属基体复合材料组合物制成的。在2016年4月25日提交的申请号为PCT/CN2016/080123的PCT专利申请中公开了能够用于制成本文所述实施例(例如,钻头本体110和刀片131、132、133、134、135、136)的合适的金属基体复合材料组合物和EBM增材制造过程的示例,该PCT专利申请的全部内容通过引用的方式并入本文。

[0038] 如上所述,与传统的硬质金属铸造基体钻头相比,通过增材制造过程(例如,EBM增材制造过程)由金属基体复合材料组合物制成的钻头提供了增强的冲击强度(韧性)的潜力。特别地,传统硬质金属铸造基体钻头相对易碎。

[0039] 因此,采用传统硬质金属铸造基体钻头的高刀片设计具有很高的破裂风险。另外,传统硬质金属铸造基体钻头中的高刀片设计引起高的残余应力,因为组合物的收缩率和膨胀率在模具内的波动可能根据环境条件(例如湿度、石墨和粉末材料中的水分、粉末材料的紧凑性、钢坯内的不同收缩率和膨胀率、以及元素富集区域)而变化。这种应力通常在渗透热循环(例如,焊接、钎焊等)之后在刀片中释放,导致钻头沿着肩部区域(通常在喷嘴开口之间、在切削齿元件凹座和刀片根部之间)开裂,或者可能在操作和维修期间开裂,从而引起钻头寿命缩短。然而,使用在EBM增材制造过程(其消除了石墨模具、钢坯和石墨或砂芯组装部件及粘合剂)中采用的受控真空室环境减少和/或减轻了这种问题。此外,通过增材制造获得的逐层构造提供了更均匀和一致的材料元素分布、以及先进的材料韧性属性。因而,本文中描述的实施例可以包括刀片(例如,刀片131、132、133、134、135、136),与由硬质金属铸造基体以传统方式制成的类似尺寸的钻头上的刀片相比,这些刀片从钻头本体(在径向和纵向上都)延伸得更远。例如,如图2中最佳地示出的,每个刀片131、132、133、134、135、136在端视图都具有在相应的面140、141之间周向地并且大致平行于钻头旋转方向118测量的圆周宽度 $W_{blade}$ ;并且如图4中最佳地示出的,每个刀片131、132、133、134、135、136在侧视图都具有从相应的切削齿支撑表面142到钻头面120垂直地测量的高度 $H_{blade}$ 。如图2中所示,每个刀片131、132、133、134、135、136的宽度 $W_{blade}$ 都随着沿刀片131、132、133、134、135、136径向移动而变化,并且如图4中最佳地示出的,每个刀片131、132、133、134、135、136的高度 $H_{blade}$ 都随着沿刀片131、132、133、134、135、136径向移动而变化。

[0040] 为了比较不同钻头上的刀片(可能具有相似尺寸或不同尺寸)的相对高度,可以对刀片高度 $H_{blade}$ 与刀片宽度 $W_{blade}$ 的比率(这里称为“K”值或刀片的比率)进行比较,这是基于如下理解:K比率越大,刀片高度相对于其宽度越大。为了清楚和一致性,使用从沿着前端表

面(例如,表面140)与切削齿支撑表面(例如,表面142)的交叉部的同一点测量的刀片高度 $H_{blade}$ 和刀片宽度 $W_{blade}$ 来计算沿刀片的任何位置处的K比率。由于沿刀片径向移动的刀片的宽度 $W_{blade}$ 和/或高度 $H_{blade}$ 的可能变化,应当明白,K比率可随着沿刀片径向移动而变化。在本文中所述的实施例中,每个刀片131、132、133、134、135、136的最大K比率大于1.1,并且在一些实施例中大于1.5、1.8或甚至大于2.0。在实施例中,每个刀片131、132、133、134、135、136的最大K比率能够大到1.5、1.8、2.0或甚至2.5。对于传统硬质金属铸造基体钻头,每个刀片的最大K比率通常小于约1.1。因而,与大多数传统硬质金属铸造基体钻头相比,本文中所述的通过增材制造过程由金属基体复合材料组合物制成的实施例通常具有相对更高的刀片。通常,包括具有相对大的K比率(大的高度/宽度比)的刀片(例如,刀片131、132、133、134、135、136)的钻头提供更大的垃圾槽(例如,谷137),这有利地允许穿过这些垃圾槽的更大的体积流量(钻井流体和地层切屑)。

[0041] 再次参考图1-3,如上所述,多个切削齿元件安装到每个刀片131、132、133、134、135、136的表面142上。更具体地,具有切削面146的多个前端切削齿元件或主切削齿元件145安装到每个刀片131、132、133、134、135、136的表面142上,此外,具有切削面148的多个后端切削齿元件或备用切削齿元件147安装到每个刀片131、132、133、134、135、136的表面142上。在其它实施例中,在一个或多个主刀片131、132、133和/或一个或多个副刀片134、135、136上可不设置备用切削齿元件147。

[0042] 主切削齿元件145在相应的前端面140附近大致并排地定位成沿着每个刀片131、132、133、134、135、136径向延伸的一排。此外,备用切削齿元件147大致并排地定位成沿着每个刀片131、132、133、134、135、136径向延伸的一排。在每个刀片131、132、133、134、135上,所述一排备用切削齿元件147相对于钻头旋转方向118位于所述一排主切削齿元件145后方。因而,如图2中最佳地看到的,当钻头100绕中心轴线105在旋转方向118上旋转时,备用切削齿元件147尾随同一刀片131、132、133、134、135、136上的主切削齿元件145。因而,如本文中使用的,术语“备用切削齿元件”用于描述当钻头100沿旋转方向118旋转时尾随同一刀片上的任何其它切削齿元件的切削齿元件。此外,如本文中使用的,术语“主切削齿元件”用于描述位于刀片的前端面(例如,前端面140)处或附近的切削齿元件。因而,当钻头100在方向118上绕中心轴线105旋转时,“主切削齿元件”不会尾随同一刀片上的任何其它切削齿元件。

[0043] 虽然主切削齿元件145和备用切削齿元件147在钻头100上被成排地布置,但应明白,在其它实施例中,切削齿元件(例如,主切削齿元件和/或备用切削齿元件)可以以其它适当的布置被安装。适当的布置的实例可以包括(但不限于)阵列或有组织的图案、随机正弦图案或其组合。此外,在其它实施例中(未具体示出),可以在主刀片、副刀片或其组合上设置另外的成排的切削齿元件。

[0044] 现在参考图1和3,钻头100还包括围绕钻头100的外周布置的基本相等长度的多个沿着周向间隔开的计量垫片(gage pads) 138。每个计量垫片138与一个刀片131、132、133、134、135、136交叉并且从该刀片延伸。计量垫片138被一体地形成成为钻头本体110和刀片131、132、133、134、135、136的一部分。因此,计量垫片138通过EBM增材制造过程由金属基体复合材料组合物制成。每个计量垫片138包括在钻井期间抵靠井筒侧壁的径向面对外部地层的表面139。因此,计量垫片138能够在钻井期间帮助维持井筒的尺寸并帮助稳定钻头100

以免振动。

[0045] 参考图5,钻头100的轮廓被示为在所有刀片(例如,刀片131、132、133、134、135、136)和所有切削面(例如,切削齿元件146、148)被旋转成单个旋转轮廓的情况下它将出现的轮廓。如图5中所示,在旋转轮廓中,刀片131、132、133、134、135、136的切削齿支撑表面142限定刀片轮廓139,该刀片轮廓139可以被划分为三个不同区域——锥形区域139a、肩部区域139b和计量区域139c。锥形区域139a在本实施例中是凹形的并且包括钻头100的从轴线105延伸的径向最内侧区域。肩部区域139b是凸形的并且径向邻近锥形区域139a定位。计量区域139c径向邻近肩部区域139b并限定钻头100的外半径R。外半径R延伸到钻头100的完整计量直径并限定钻头100的完整计量直径。

[0046] 主刀片131、132、133从锥形区域139a经过肩部区域139b延伸到计量区域139c,然而,副刀片134、135、136从肩部区域139b延伸到计量区域139c。换言之,在本实施例中,副刀片134、135、136不延伸到锥形区域139a中。另外,在本实施例,主切削齿元件145和相关联的切削面146布置在锥形区域139a、肩部区域139b和计量区域139c中,然而,副切削齿元件147和相关联的切削面148布置在肩部区域139b和计量区域139c中,但不布置在锥形区域139a中。

[0047] 每个主切削齿元件145和每个备用切削齿元件147均包括细长且大致柱形的支撑构件或基体,该支撑构件或基体被接收并紧固(例如,经由钎焊)在形成于刀片131、132、133、134、135、136的表面142中的凹座中,该支撑构件或基体被固定到此凹座。此外,切削面146、148包括面向前的盘,多晶金刚石或其它超硬磨料的坚硬切削层被结合到该支撑构件的暴露的前端(相对于旋转方向118)。

[0048] 在本文所述的实施例中,切削面146、148是面向前的,这意味着切削面146、148基本垂直于或相对于钻头100的切削方向118成锐角地定向。例如,面向前的切削面146、148可以基本垂直于钻头100的切削方向118定向,可以包括后刀面角和/或可以包括侧刀面角。

[0049] 如上所述,本文中所述的钻头的实施例通过EBM增材制造过程由金属基体复合材料组合物制成,此外,这种材料和制造技术通常使得能够实现更多量身定制的复杂形状和几何形状的设计和制造。因此,与由硬质金属铸造基体制成的最常规的钻头相比,本文中所述的钻头的实施例(例如,钻头100)可以包括更多量身定制的复杂的钻井流体分配系统。

[0050] 现在参考图4和7,在本实施例,钻井流体分配系统150包括从端部110a穿过阳螺纹件114和柄部113轴向延伸到本体110中的中心孔或气室151、从孔151穿过本体110延伸到钻头面120的主液压系统152、以及从孔151穿过本体110延伸到刀片131、132、133、134、135、136的副液压系统155或补充液压系统155。在图7中,示出了包括这两个系统152、155的钻井流体分配系统150;在图8中,示出了孔151和主液压系统152,然而,未示出补充液压系统155;并且在图9中,示出了孔151和补充液压系统155,然而,未示出主液压系统152。

[0051] 如图8中最好地示出的,主液压系统152包括大致线性地从孔151延伸到钻头面120的多个周向间隔开的流动通道153。特别地,每个流动通道153具有在孔151处的第一端或入口端153a以及在钻头面120处的第二端或出口端153b。在本实施例,每个出口端153b周向布置在一对周向相邻的刀片131、132、133、134、135、136之间,此外,在每一对周向相邻的刀片131、132、133、134、135、136之间设置一个出口端153b。端口或喷嘴154布置在每个流动通道153的出口端153b处,以将从孔151流动的钻井流体引导到每个谷137中。在钻井操作期间,

通道153和喷嘴154一起围绕切削结构130分配钻井流体,以冲走地层切屑并从钻头100移除热量。

[0052] 如图9中最好地示出的,补充液压系统155包括从邻近孔151和入口端153a的通道153延伸到刀片131、132、133、134、135、136的多个周向间隔开的弯曲流动沟道156。在本实施例中,每个刀片131、132、133、134、135、136包括多个沟道引导件157,所述多个沟道引导件157从刀片131、132、133、134、135、136的前端面140突出以容纳并收纳相应沟道156的下游部分。因此,每个沟道156从通道153延伸穿过本体110、相应刀片131、132、133、134、135、136的一部分和沿着相应刀片131、132、133、134、135、136的前端面140布置的相应的沟道引导件157。因此,每个沟道156经由通道153与孔151流体连通,并具有在相应通道153处的第一端或入口端156a和在相应的沟道引导件157的端部处的第二端或出口端156b。在本实施例中,从每个通道153延伸两个沟道156,此外,从每个通道153延伸的这两条沟道156的入口156a交叉并且至少部分地交迭。虽然在本实施例中每个沟道156从通道153延伸,但在其它实施例中,一个或多个沟道(例如,沟道156)可以从纵向孔(例如,孔151)延伸。

[0053] 如图2、6和9中所示,在本实施例中,每个沟道引导件157被沿着前端面140布置并且沿轴向邻近相应的切削面146、148定位。另外,沟道156的出口端156b被定向成朝向一个选定的切削面146、148引导钻井流体。因此,在钻井操作期间,沟道156将钻井流体分配到选定的单独切削面146、148,以从该切削面146、148冲走地层切屑并且从该切削面146、148移除热量。通常,沿着肩部区域139b布置的切削面146、148经受最大的负荷和热量。因此,在本实施例中,每个出口端156b被定位和定向成将钻井流体引导到沿着钻头100的肩部区域139b布置的切削面146、148。

[0054] 仍然参考图2、6和9,在本实施例中,沟道156通常比通道153窄。更具体地,每个沟道156具有在垂直于沟道156的中心轴线定向的平面内的横截面积,该横截面积小于在垂直于通道153的中心轴线定向的平面内测量的每个通道153的横截面积。因为沟道156比通道153窄,所以沟道156可能更容易由于沿着钻柱向下、穿过孔151和通道153并且流入沟道156中的钻井流体中的任何碎屑或固体而堵塞。因此,如图10中示意性地示出的,在本实施例中,在每个入口156a处设置有筛网或丝网158。筛网158完全横越相应的入口156a延伸,并且限制能够进入沟道156的任何碎屑或固体的尺寸。因为入口156a被沿着通道153布置,所以由筛网158阻挡的任何碎屑或固体被穿过通道153向下游流动并经由出口156b流出钻头100的钻井流体从筛网158冲走。在这个意义上,筛网158可以被描述为“自清洁的”。

[0055] 在本实施例中,从每个通道153延伸到每个刀片131、132、133、134、135、136的前端面140的两个沟道156、以及延伸到每个刀片131、132、133、134、135、136的沟道156的出口端156b被定位和定向成将钻井流体引导到沿着钻头100的肩部区域139b布置的一对径向相邻的切削面146、148。然而,通常,任何数量的沟道(例如,沟道156)可以延伸到每个刀片(例如,零个、一个、两个、三个或更多个沟道),一个或多个沟道的出口端可以不被定位和定向成将钻井流体引导到一对径向相邻的切削面,一个或多个沟道的出口端可以不被定位成将钻井流体引导到肩部区域(例如,肩部区域139b)中的切削面,或者可采用这些变型的组合。

[0056] 以所描述的方式,通过增材制造过程由金属基体复合材料组合物制成的、本文所述的实施例提供了更多量身定制的复杂形状和几何形状潜力,包括用于将钻井流体供应到选定的单独切削齿元件以增强钻头耐久性的沟道。另外,钻头的实施例提供了增强的冲

击强度,这提供了更高的刀片以及相关益处潜力。

[0057] 虽然沟道156被示出和描述为钻井流体分配系统150的补充液压系统155的一部分,但在其它实施例中,穿过钻头本体延伸的沟道(例如,沟道156)能够用于其它目的。例如,在其它实施例中,沟道提供了用于使线缆(例如,电缆、光缆等)穿过钻头到达联接到该钻头的传感器的导管。通常,该传感器能够安装到沿着钻头的任何期望的位置,包括(但不限于)例如沿着主刀片或副刀片的前端面、后端面或切削齿支撑表面的钻头的内表面(例如,在孔151内)或钻头的外表面。例如,图11示意了钻头200的实施例,除了一对传感器159邻近延伸到刀片131的沟道156的出口端156b布置在刀片131的前端面140上以外,该钻头200的实施例与前文所述的钻头100相同。在本实施例中,线缆(未示出)穿过沟道156延伸到传感器159,用于从能够与井口通信的传感器159接收信号。通常,该传感器(例如,传感器159)能够是本领域中已知的任何传感器,包括(但不限于)应变计、压力传感器、温度传感器、用于材料分析的传感器、用于化学成分分析的传感器、用于辐射分析的传感器、用于地层分析的传感器、能够响应于输入而传送命令的传感器、照相机或它们的组合。

[0058] 虽然已经示出并描述了优选实施例,但本领域技术人员可以在不脱离本文的范围或教导的情况下对其进行修改。本文所述的实施例仅是示例性的,并非限制性的。本文所述的系统、设备和过程的许多变化和修改都是可能的,并且在本公开的范围内。例如,可以改变各种部件的相对尺寸、用于制造各种部件的材料、以及其他参数。因此,保护范围不限于本文所述的实施例,而是仅由所附权利要求限定,其范围应包括权利要求的主题的所有等同物。除非另有明确说明,否则,方法权利要求中的步骤可以以任何顺序执行。在方法权利要求中的步骤之前采用的诸如(a)、(b)、(c)或者(1)、(2)、(3)的标识符并非旨在规定、而且也不规定步骤的特定顺序,而是用于简化后续对这种步骤的引用。

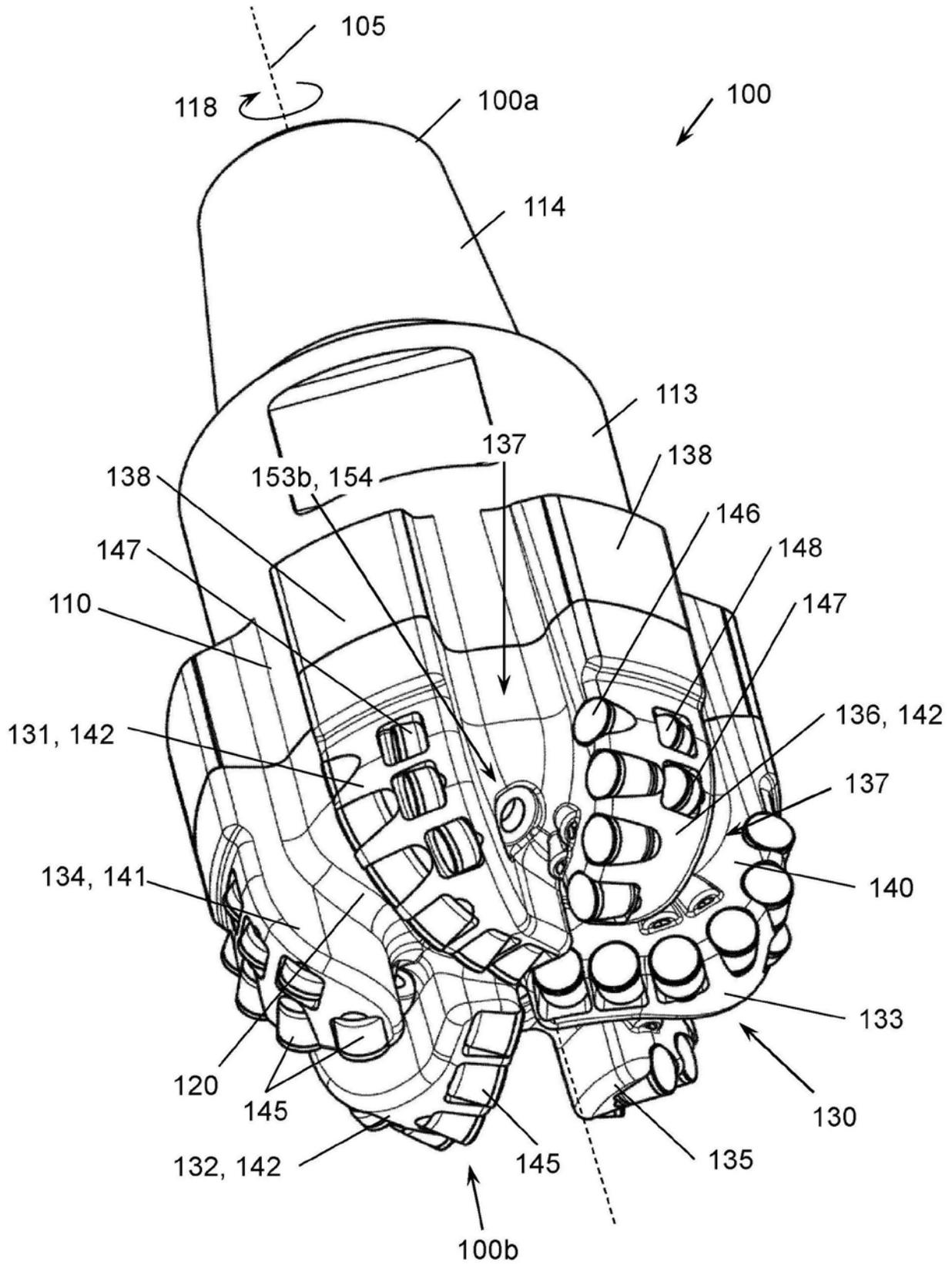


图1

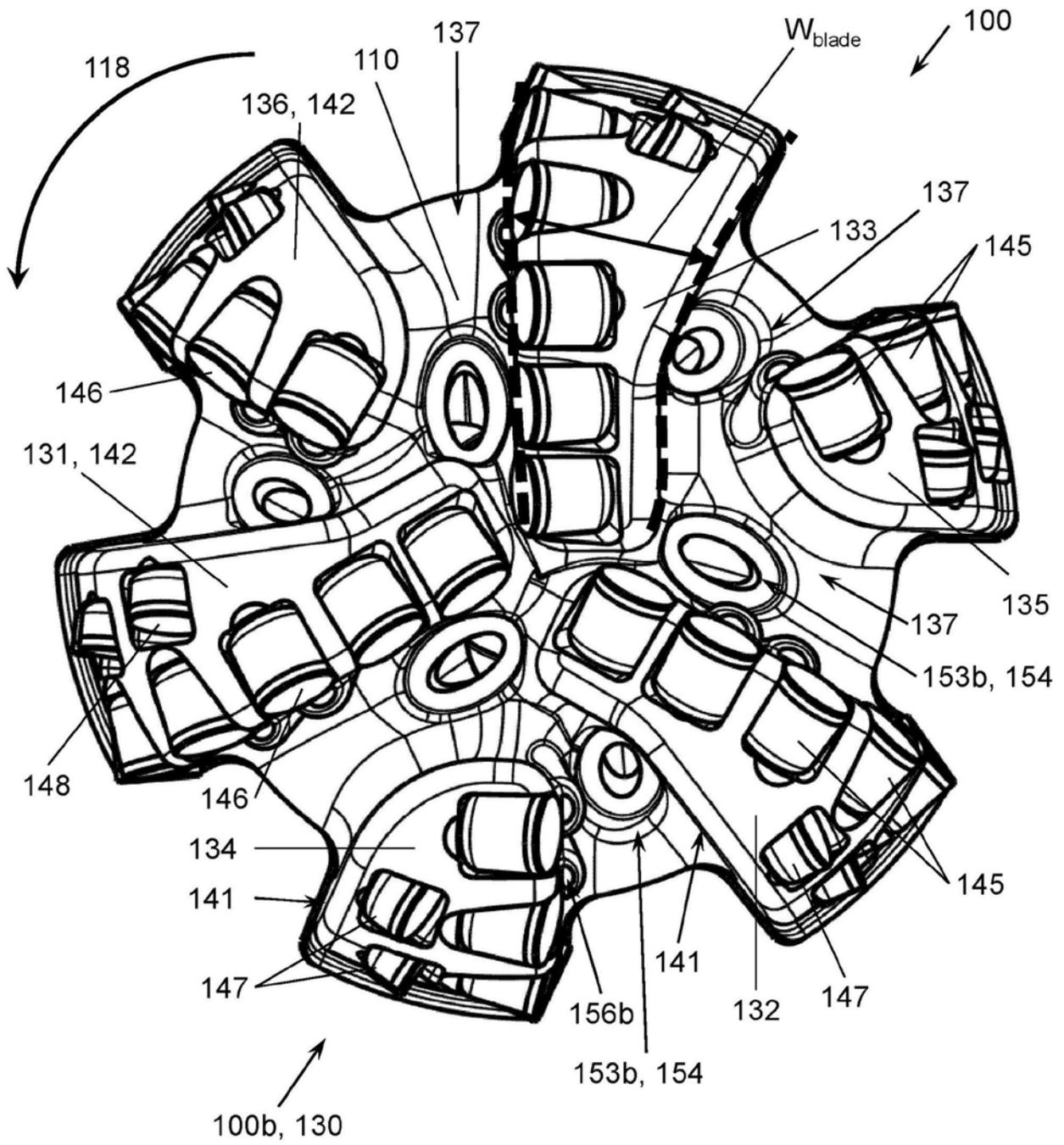


图2

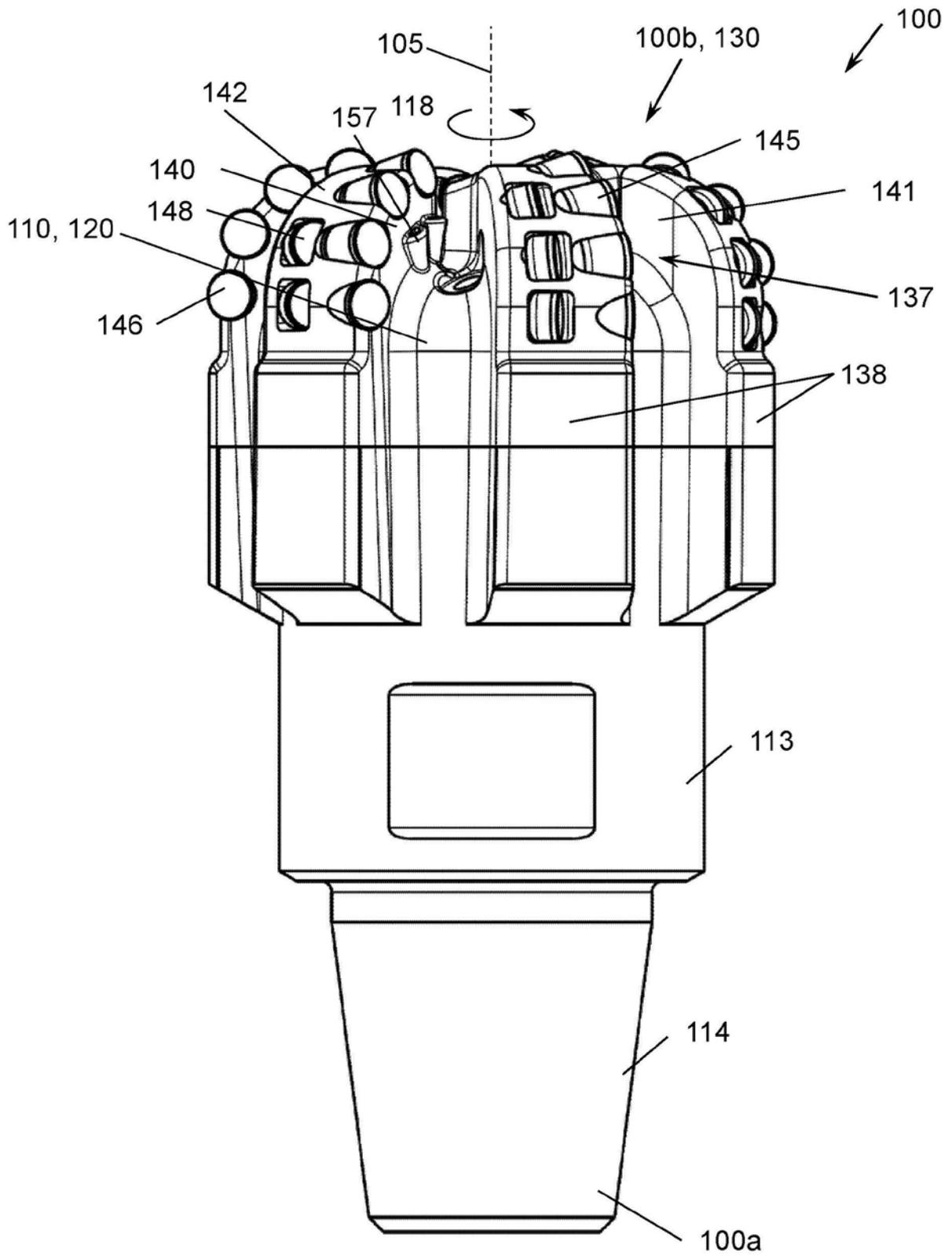


图3

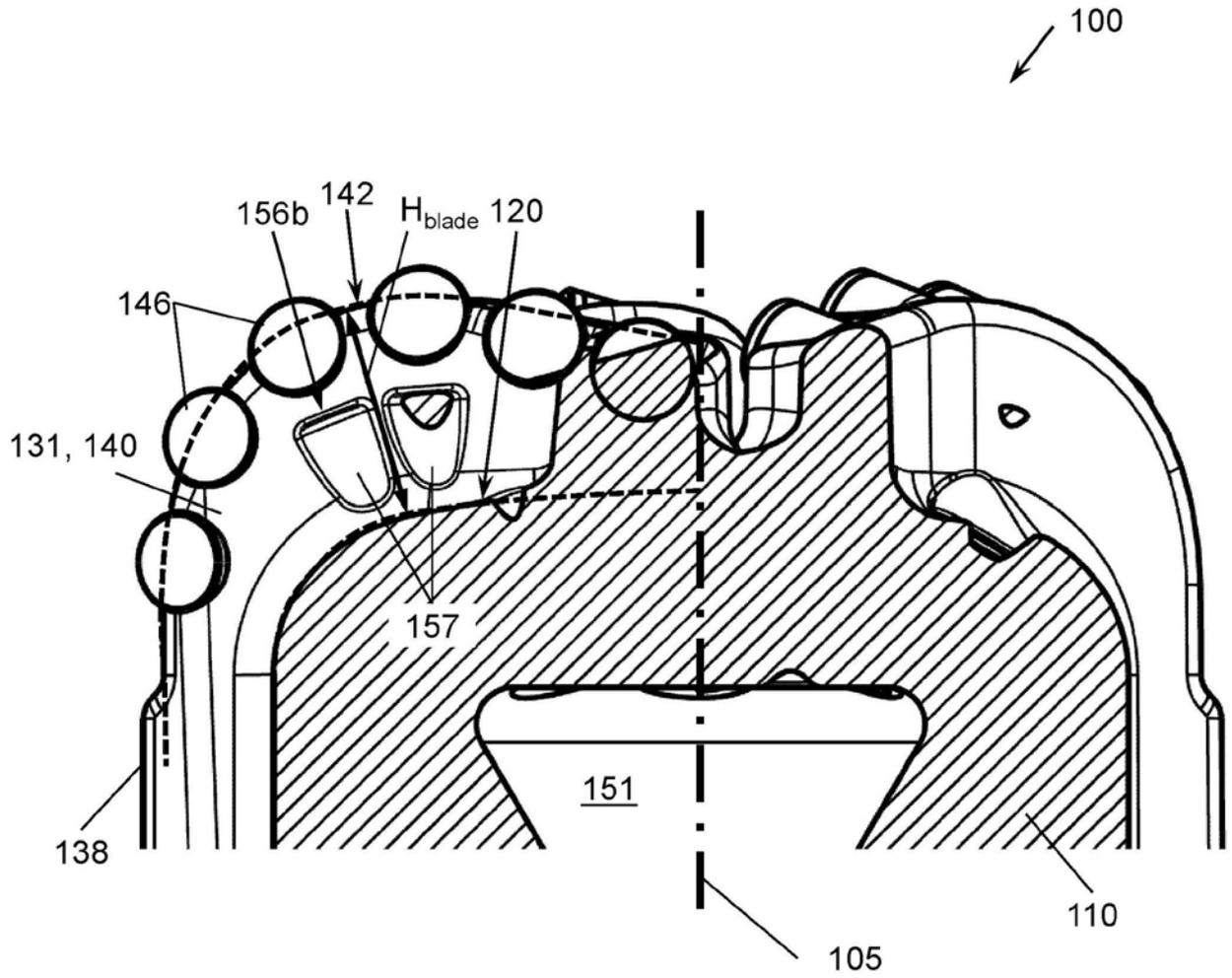


图4

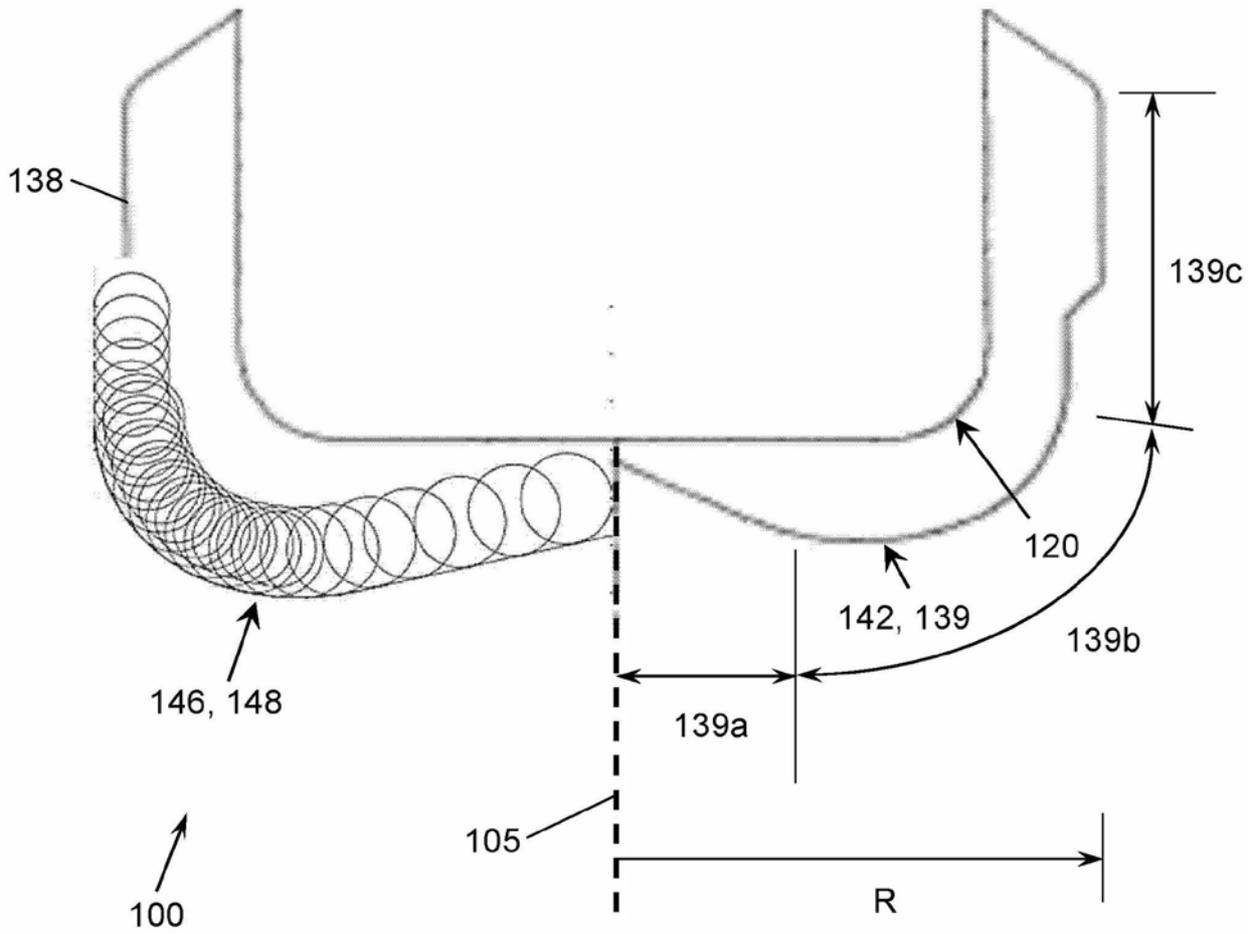


图5

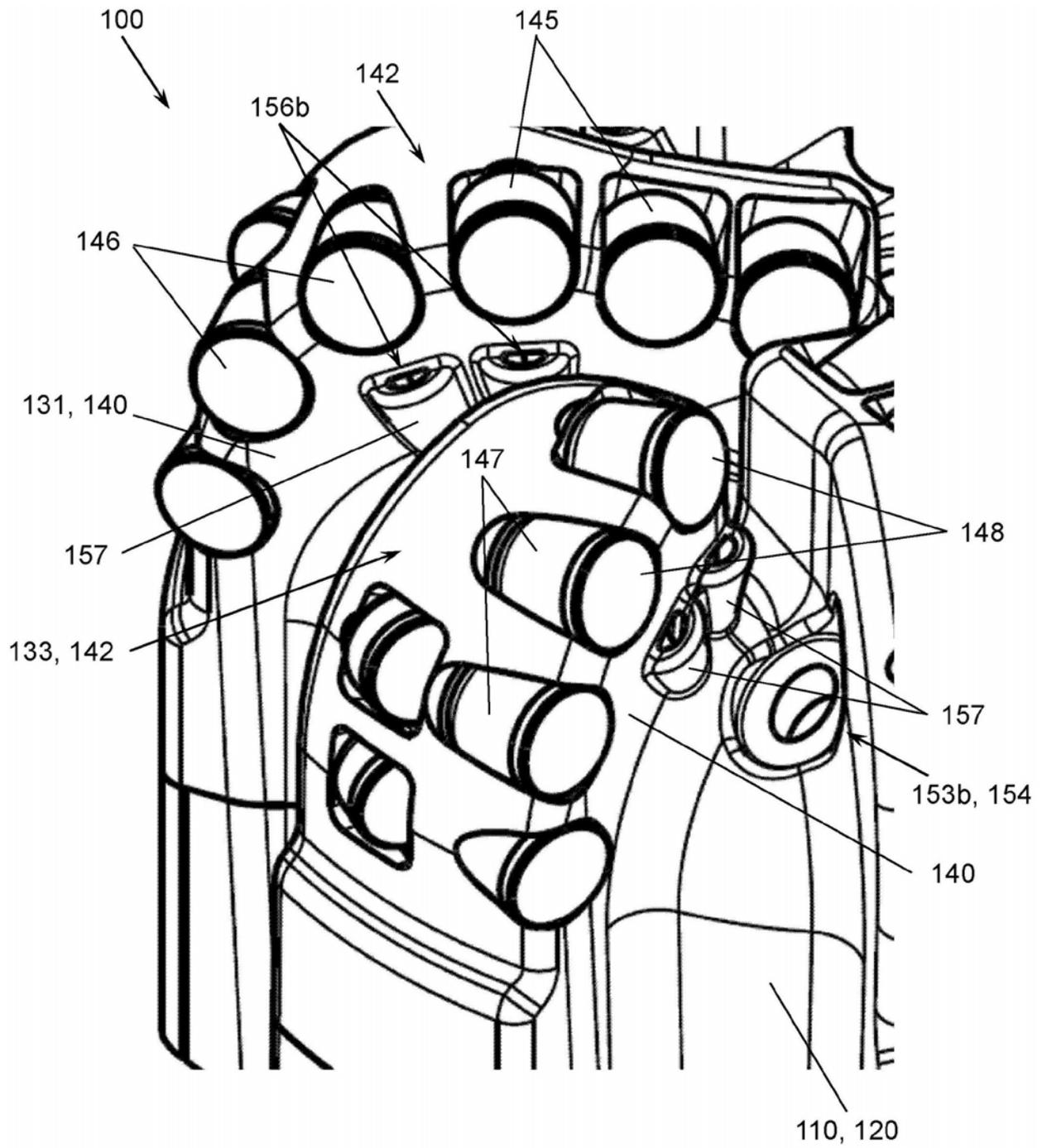


图6

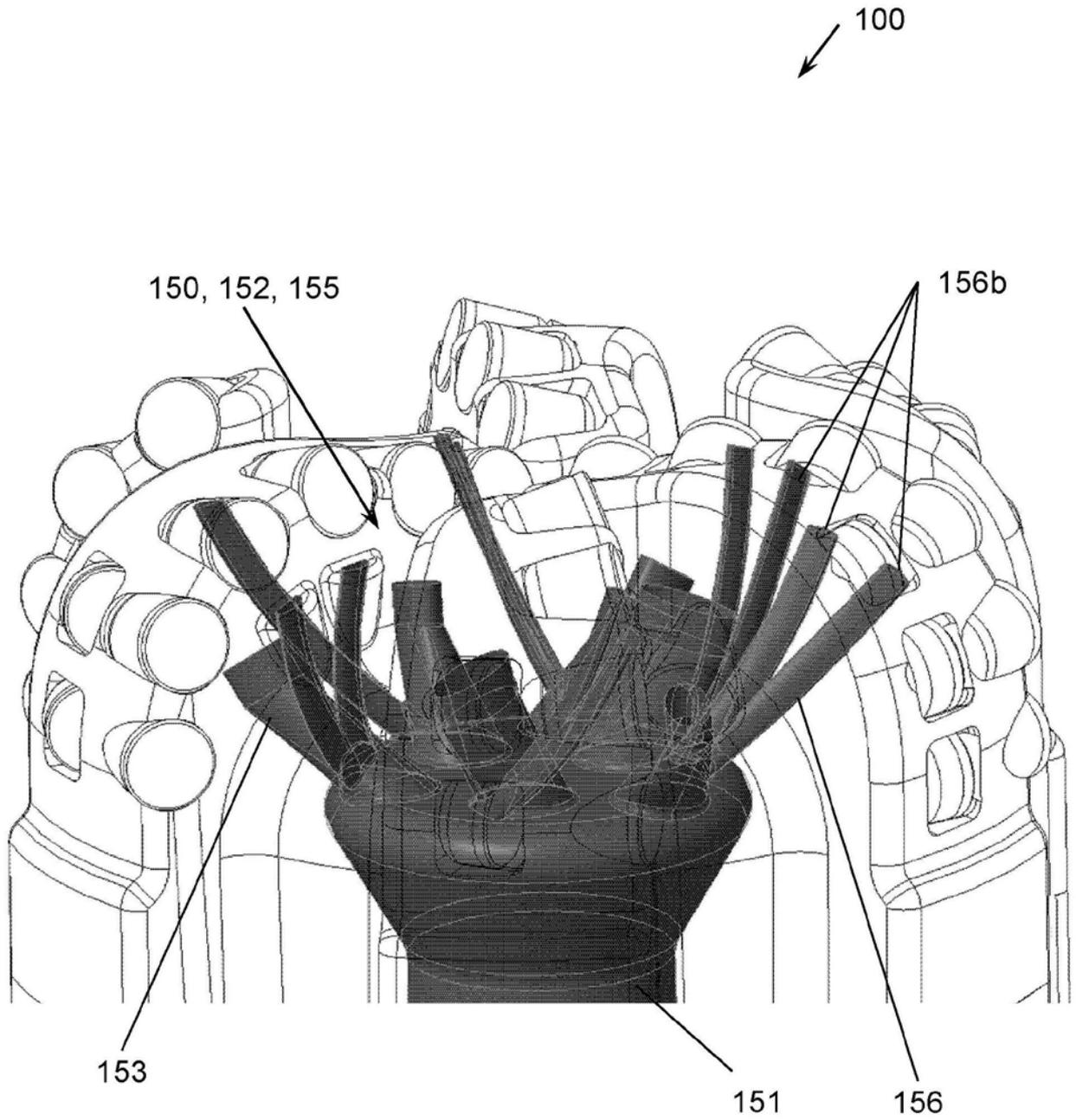


图7

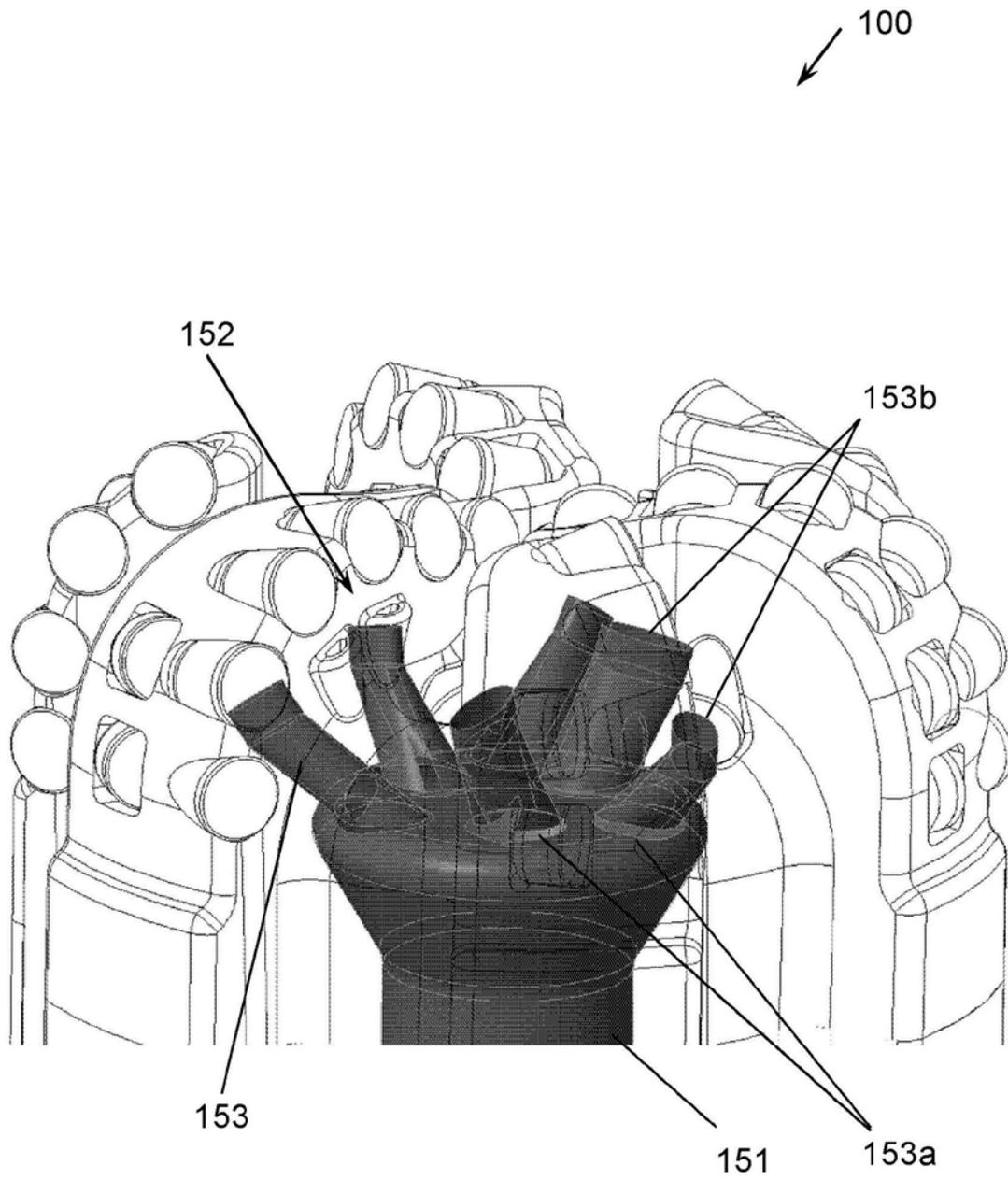


图8

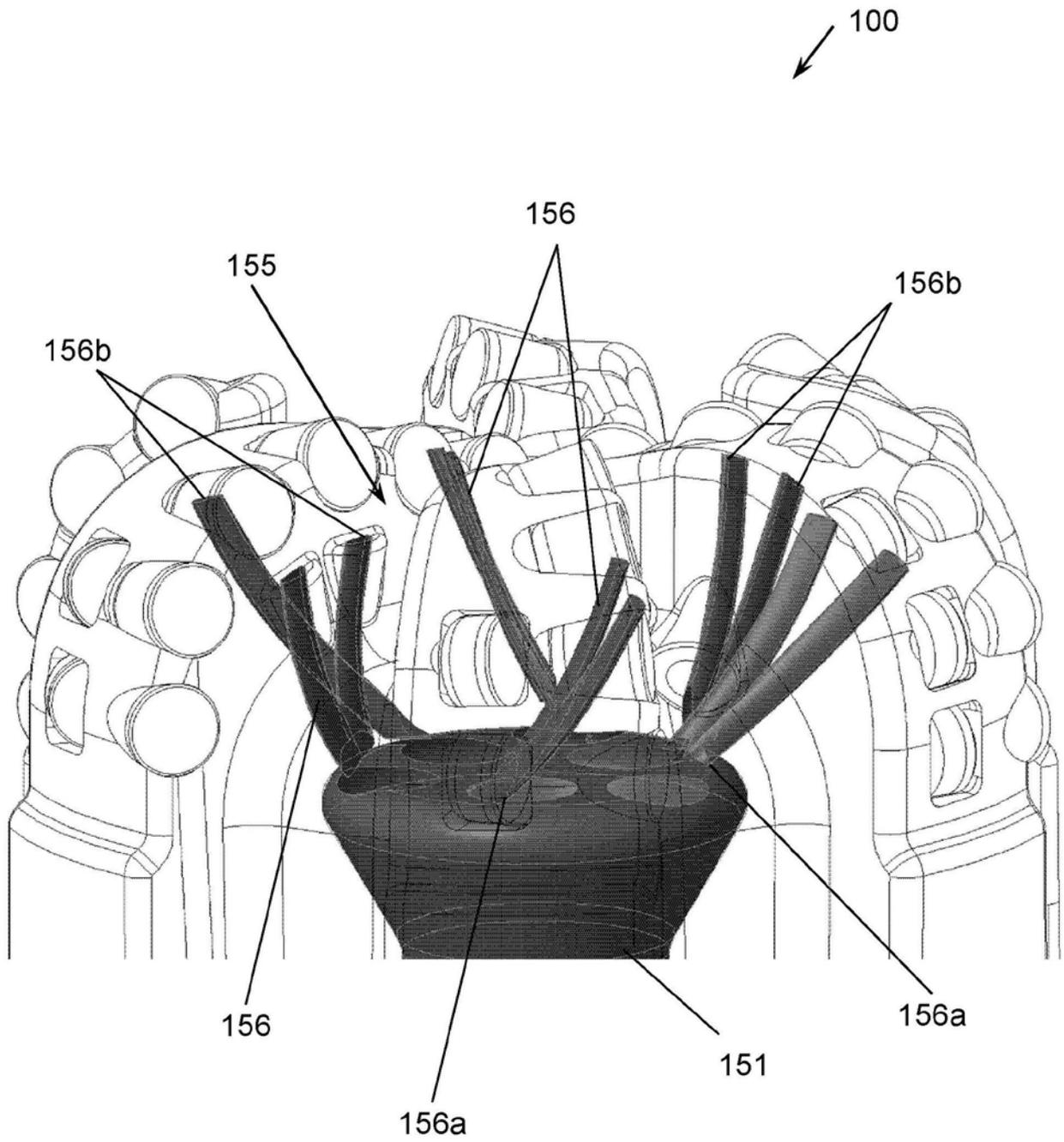


图9

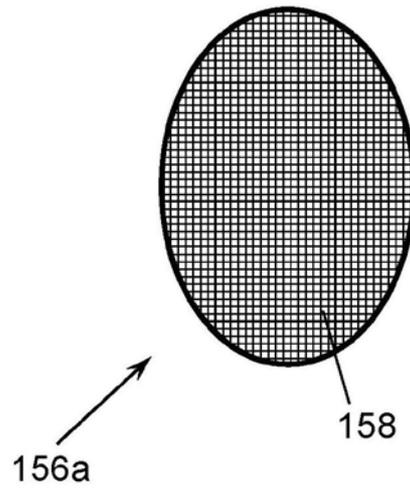


图10

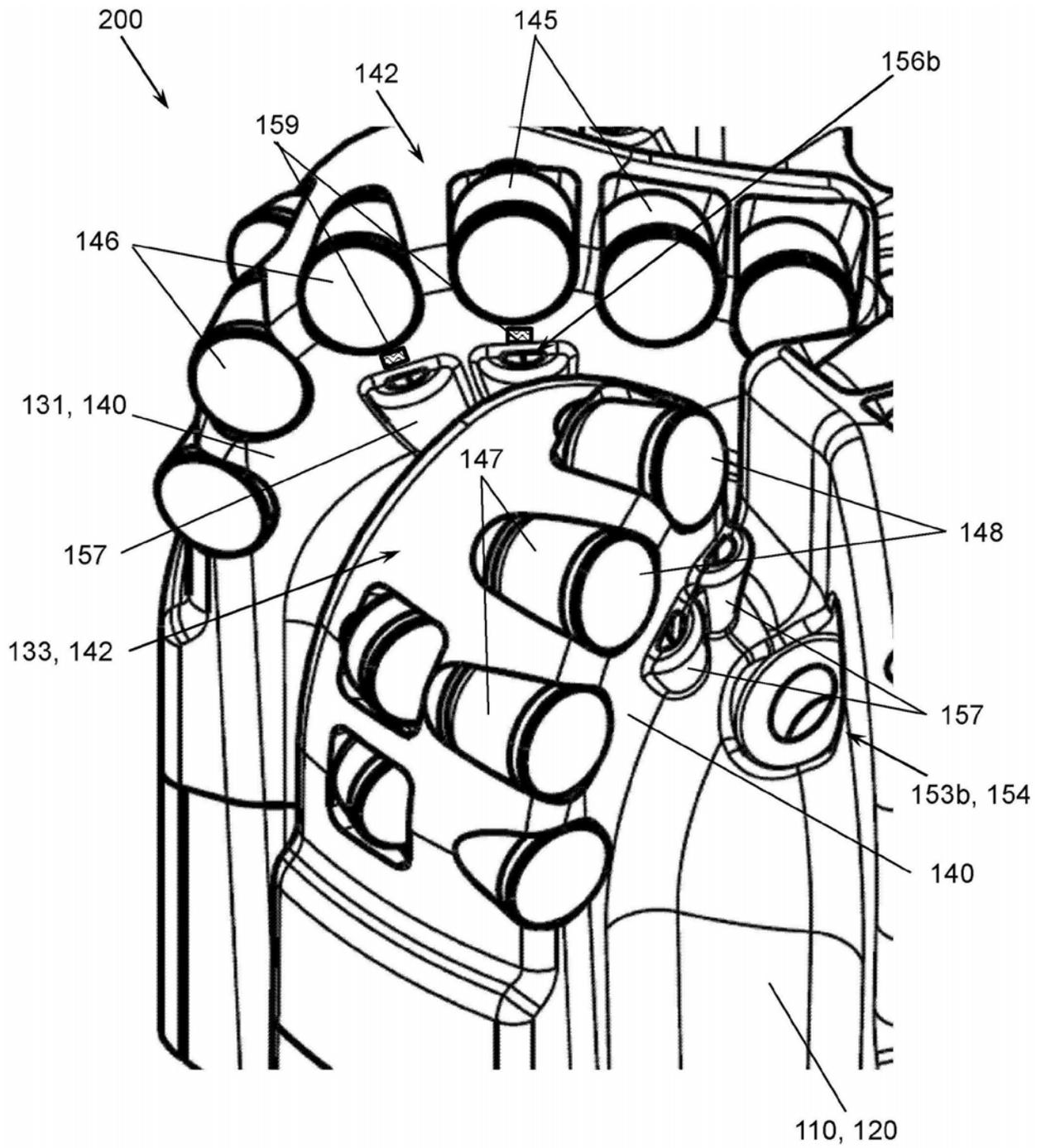


图11