



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103597162 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201280027214. 7

G22C 26/00(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 04. 18

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/476, 696 2011. 04. 18 US

GB 2413575 A, 2005. 11. 02, 全文.

US 4724913 A, 1988. 02. 16, 全文.

US 2010294571 A1, 2010. 11. 25, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 03

审查员 王永超

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/034002 2012. 04. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/145351 EN 2012. 10. 26

(73) 专利权人 史密斯国际有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 F·于 J·D·贝尔纳普

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 于辉

(51) Int. Cl.

E21B 10/46(2006. 01)

C09K 3/14(2006. 01)

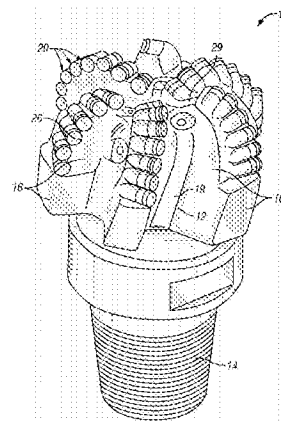
权利要求书3页 说明书17页 附图10页

(54) 发明名称

高金刚石框架强度的 PCD 材料

(57) 摘要

本公开涉及用于地下钻井应用的包含多晶金刚石体的切割元件, 且更特别地, 涉及具有高金刚石框架强度的多晶金刚石体, 以及用于形成和评价上述多晶金刚石体的方法。提供了一种多晶金刚石体, 其具有顶表面、与所述顶表面会合的切割边缘、以及包含所述切割边缘的至少一部分的第一区域。所述第一部分展示出金刚石框架强度为大约 1200MPa 或更大、或者 1300MPa 或更大。



1. 切割元件,包含:  
多晶金刚石体,其包含:  
界面表面;  
与所述界面表面相对的顶表面;  
与所述顶表面会合的切割边缘;以及  
材料微结构,其包含多个粘合在一起的金刚石晶体和所述金刚石晶体之间的间隙区域,所述微结构具有包含所述切割边缘的至少一部分的第一区域,并且  
其中所述第一区域包含 1200Mpa 或更大的金刚石框架强度,其中所述金刚石框架强度为金刚石晶粒的抗挠强度,所述抗挠强度在金刚石晶粒之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量。
2. 根据权利要求 1 所述的切割元件,其中所述第一区域的所述金刚石框架强度为 1300Mpa 或更大。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域包含小于 10 微米的平均烧结晶粒尺寸。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域包含小于 7 微米的平均烧结晶粒尺寸。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域包含在 5-6 微米范围中的平均烧结晶粒尺寸。
6. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域包含大体上不含催化剂材料的多个间隙区域,并且其中所述第一区域从所述切割边缘延伸到至少 300 微米的深度。
7. 根据权利要求 6 所述的切割元件,其中贴近于所述界面表面的所述微结构中的第二区域包含多个间隙区域,所述间隙区域包含布置于其内的催化剂材料。
8. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中在室温下,在浸滤之后,所述微结构展现出不大于 25% 的压缩应力下降。
9. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中在所述第一区域中的金刚石体积分数为大于 91%。
10. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域沿着所述切割元件的整个切割边缘延伸。
11. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域沿着所述多晶金刚石体的至少一个临界区域延伸。
12. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域沿着整个顶表面、切割边缘、以及侧表面的至少一部分延伸。
13. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,其中所述第一区域包含整个多晶金刚石体。
14. 根据权利要求 13 所述的切割元件,进一步包含粘合到所述界面表面的基体。
15. 根据权利要求 1 或 2 所述的切割元件,在所述微结构的至少一部分中包含催化剂材料,并且其中所述多晶金刚石体具有 1500MPa 或更大的强度。
16. 切割元件,包含:  
基体;以及  
在所述基体之上形成的多晶金刚石体,所述多晶金刚石体包含:

与所述基体在界面处会合的界面表面；  
与所述界面表面相对的顶表面；  
与所述顶表面会合的切割边缘；以及

材料微结构，其包含多个粘合在一起的金金刚石晶体和所述金金刚石晶体之间的间隙区域，其中贴近于所述顶表面的所述微结构的第一区域具有 1300Mpa 或更大的金金刚石框架强度和小于 10 微米的平均烧结晶粒尺寸，其中所述金金刚石框架强度为金金刚石晶粒的抗挠强度，所述抗挠强度在金金刚石晶粒之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量。

17. 根据权利要求 16 所述的切割元件，其中所述界面包含具有高度与直径的比率在 0 到 0.1 之间的非攻击性形状。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的切割元件，其中所述基体包含少于或等于 11 重量% 的钴含量。

19. 根据权利要求 16 或 17 所述的切割元件，其中所述微结构的所述第一区域包含大体上不含催化剂材料的多个间隙区域，并且所述切割元件进一步包含贴近于所述界面表面的所述微结构的第二区域，其中所述第二区域含有包含布置于其内的催化剂材料的多个间隙区域。

20. 根据权利要求 16 或 17 所述的切割元件，其中所述第一区域包含小于 7 微米的平均烧结晶粒尺寸。

21. 切割元件，包含：

基体，其具有高度与直径的比率在 0 到 0.1 之间的界面表面和小于 11% 的钴含量；以及

形成于所述基体的所述界面表面之上的多晶金金刚石体，所述多晶金金刚石体包含：  
界面表面；

与所述界面表面相对的顶表面；

与所述顶表面会合的切割边缘；以及

材料微结构，其包含多个粘合在一起的金金刚石晶体和所述金金刚石晶体之间的间隙区域，其中所述微结构的第一区域具有 1300MPa 或更大的金金刚石框架强度、小于 14 微米的平均烧结晶粒尺寸、以及至少 93% 的金金刚石体积分数，其中所述第一区域包含所述切割边缘，

其中所述金金刚石框架强度为金金刚石晶粒的抗挠强度，所述抗挠强度在金金刚石晶粒之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量。

22. 形成耐磨损性多晶金金刚石切割元件的方法，包括：

提供粉末混合物，其包含多个具有 20 微米或更小平均粒度的金金刚石微粒；

压紧所述粉末混合物用以压缩所述金金刚石微粒；以及

使所述粉末混合物和催化剂材料经受足够形成多晶金金刚石体的高温高压烧结工艺，所述多晶金金刚石体的至少一部分包含具有多个粘合在一起的、具有至少 1200MPa 金金刚石框架强度的金金刚石晶体的微结构，

其中所述金金刚石框架强度为金金刚石晶粒的抗挠强度，所述抗挠强度在金金刚石晶粒之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量，

其中所述烧结工艺包括施加 7.0 到 8.2GPa 的范围之内的压力。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，其中所述高温高压烧结工艺包括施加大约 7.0GPa 的

压力。

24. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法,其中所述粉末混合物包含具有 15-20 微米范围平均粒度的金刚石微粒的第一混合物,以及具有 2-4 微米范围平均粒度的金刚石微粒的第二混合物,其中所述第一混合物构成大约 80%的所述粉末混合物,并且所述第二混合物构成大约 20%的所述粉末混合物。

25. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法,其中所述多晶金刚石体的区域包含至少 93%的金刚石体积分数。

26. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法,其中所述压力为 7.0-7.5GPa 范围之内,并且其中所述粘合在一起的金剛石晶体包含 5-7 微米的烧结晶粒尺寸。

27. 根据权利要求 22 或 23 所述的方法,进一步包括将所述金刚石体分成为第一部分和第二部分;从所述金刚石体的所述第一部分中去除催化剂材料;以及确定所述第一部分和第二部分中的压缩应力,其中与所述第二部分相比,所述第一部分包含 15-25%的压缩应力下降。

28. 选择用于耐磨损性应用的多晶金刚石体的方法,包含:

获得多晶金刚石体,其包含材料微结构,所述微结构包含多个粘合在一起的金剛石晶体和所述金剛石晶体之间的间隙区域,所述间隙区域包含催化剂材料;

从所述金剛石体的至少第一区域中大体上去除所述催化剂材料;

确定所述第一区域中的金剛石晶体的抗挠强度,其中所述金剛石晶体的抗挠强度在金剛石晶体之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量;以及

基于所述金剛石体的第一区域的抗挠强度来选择用于耐磨损性应用的金剛石体,其中所选择的金剛石体的第一区域的抗挠强度为至少 1300MPa,并且其中增加的抗挠强度导致在升高的温度下耐磨损性的增加。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,进一步包括将所述多晶金刚石体分成为第一部分和第二部分,以及从所述第一部分中去除所述催化剂材料用以形成所述第一区域。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,进一步包括确定所述第一部分与第二部分中的压缩应力,其中与所述第二部分相比,所述第一部分包含 15-25%的压缩应力下降。

31. 用于增加多晶金刚石体的耐磨损性的方法,包括:

获得金剛石微粒的混合物;

在高温高压且存在催化剂材料的情况下烧结所述混合物用以形成多晶金刚石体;以及增加所述多晶金刚石体的金剛石框架强度到至少 1300MPa,其中增加所述金剛石框架强度的步骤包括增加用于烧结所述多晶金刚石体的压力到至少 7.0GPa、或者减少所述混合物中的所述金剛石微粒的平均粒度到低于 16 微米中的至少一个,

其中所述增加的金剛石框架强度导致在升高的温度下耐磨损性增加,并且

其中所述金剛石框架强度为金剛石晶粒的抗挠强度,所述抗挠强度在金剛石晶粒之间的间隙空间中不存在催化剂材料的情况下进行测量。

## 高金刚石框架强度的 PCD 材料

### 背景技术

[0001] 在本领域中已知的多晶金刚石(polycrystalline diamond, PCD)材料由金刚石晶粒(或晶体)和催化剂材料在经受高压高温条件下(“HPHT”烧结工艺)制成。已知上述的 PCD 材料具有高度的耐磨损性,使得其成为用于像用于机械加工的切割工具以及地下采矿钻井中的磨损元件和切割元件的工业应用中受欢迎的材料选择,其中需要上述的高度耐磨损性。在上述的应用中,常规的 PCD 材料能够以表面层或体(body)的形式提供,用以给予切割工具所需要的耐磨损性水平。

[0002] 传统地,PCD 切割元件包含基体和与其连接的 PCD 体或层。在上述切割元件应用中使用的基体包括碳化物,例如烧结碳化钨(例如,WC-Co)。上述常规的 PCD 体利用催化剂材料用以促进金刚石晶粒之间的晶间粘合,且用以将 PCD 层粘合到位于下面的基体。常规用作催化剂的金属通常选自溶剂金属催化剂,包括钴、铁、镍、以及它们的组合和合金。

[0003] 用以形成 PCD 体的催化剂材料的数量代表了需要的强度/韧度/耐冲击性特性与硬度/耐磨损性/热稳定性之间的折中。尽管较高的金属催化剂含量通常增加得到的 PCD 体的强度、韧度、以及耐冲击性,但是上述较高的金属催化剂含量也降低了 PCD 体的硬度和对应的耐磨损性和热稳定性。因此,这些相反地影响的特性最终限制了提供具有所需水平的硬度、耐磨损性、热稳定性、强度、耐冲击性、以及韧度的 PCD 体用以满足特定应用的服务要求的能力,所述应用例如用于地下钻井装置中的切割且/或磨损元件。

[0004] 用于特定应用的 PCD 体的特别需要的特性是在磨损或切割操作期间的改善的热稳定性。常规的 PCD 体中存在的一个已知的问题是,当暴露于升高的温度切割和/或磨损应用时,它们易于发生热降解。这个易热降解性是由于间隙地布置于 PCD 体之内的溶剂金属催化剂材料的热膨胀特性与晶间粘合的金刚石的热膨胀特性之间存在的差别造成的。上述热膨胀性差别已知开始于低至 400°C 的温度处,且可能引起热应力,所述热应力可能有害于金刚石的晶间粘合且最后导致形成裂缝,所述裂缝可能使得 PCD 结构易于损坏。因此,不希望出现上述的行为。

[0005] 常规的 PCD 材料中存在的另一个已知的热降解形式是还涉及在 PCD 体的间隙区域中溶剂金属催化剂的存在以及溶剂金属催化剂与金刚石晶体的粘着的热降解。特别地,已知溶剂金属催化剂会造成金刚石随着温度的增加而发生不想要的催化相转变(其中将金刚石转变为一氧化碳、二氧化碳、或石墨),从而限制了 PCD 体的实际应用不超过大约 750°C。

[0006] 热降解可能导致 PCD 体的碎裂、剥落、部分破裂、和/或脱落。这些问题可能由 PCD 体之内微裂缝的形成以及随后的跨越 PCD 体的裂缝扩展所引起。微裂缝可能由 PCD 体之内存在的热应力所形成。

### 发明内容

[0007] 本公开涉及用于地下钻井应用的包含多晶金刚石体的切割元件,且更特别地,涉及具有高金刚石框架强度的多晶金刚石体。在本文公开的各种不同实施方案中,已发现包含具有高金刚石框架强度的多晶金刚石体的切割元件与改进的耐磨损性相关。金刚石框架

强度是多晶金刚石结构自身的强度,其中所述多晶金刚石结构不含任何的次级相材料,例如钴或其它催化剂。由于在升高的温度下上述次级相材料的行为,已确定具有次级相材料的多晶金刚石体的强度与现场(field)中改进的耐磨损性并非足够相关。如下文进一步详细地描述,上述切割元件的耐磨损性能够通过增加金刚石框架强度和减少多晶金刚石体中的次级相含量而改进。

[0008] 在一个实施方案中,切割元件包含基体和和在所述基体之上形成的多晶金刚石体。所述多晶金刚石体包含具有切割边缘的顶表面。所述多晶金刚石体具有粘合在一起的金刚石晶体以及所述金刚石晶体之间的间隙区域的材料微结构。包含所述切割边缘的微结构的区域具有大约 1200MPa 或更大、或者大约 1300MPa 或更大的金刚石框架强度,且具有小于 10 微米的平均烧结晶粒尺寸。在一个实施方案中,所述切割元件包含在井下工具中。

[0009] 在一个实施方案中,提供了形成耐磨损性多晶金刚石切割元件的方法。所述方法包括提供粉末混合物,其具有 20 微米或更小的平均粒度的金刚石微粒。所述方法包括压紧所述粉末混合物用以压缩所述金刚石微粒,以及在高温高压下、在 7.0 到 8.2GPa 范围内的压力下烧结所述微粒混合物和催化剂材料。所述烧结工艺形成多晶金刚石体。所述多晶金刚石体的区域包含具有至少 1200MPa 的金刚石框架强度的微结构。

[0010] 提供本发明内容部分用于介绍对概念的选择,所述概念在下文详细的说明书中进一步描述。本发明内容部分不旨在标识所要求保护的的主题的关键或必要特征,也并不旨在用于限制所要求保护的的主题的范围。

## 附图说明

[0011] 参考附图描述高金刚石框架强度 PCD 材料的实施方案。在整个附图中使用相同的数字来指相似的特征和组件。

[0012] 图 1 是包含多个根据本公开的一个实施方案的切割元件的钻头的透视图。

[0013] 图 2 是根据本公开的一个实施方案的包含 PCD 体与基体的切割元件的透视图。

[0014] 图 3A 是包含催化剂材料的 PCD 体的区域的示意图。

[0015] 图 3B 是根据本公开的一个实施方案的大体上不含催化剂材料的 PCD 体的区域的示意图。

[0016] 图 4 是经浸滤的 PCD 体与未经浸滤的 PCD 体的 PCD 强度的图表。

[0017] 图 5 是四个 PCD 体的 PCD 强度相对于钻井温度的图表。

[0018] 图 6 是具有相同平均粒度与烧结压力的各种不同 PCD 体的 PCD 破裂强度的图表。

[0019] 图 7 是两个 PCD 体的 PCD 金刚石框架强度的图表,其中每一个 PCD 体在经浸滤的状态与未经浸滤的状态中测试。

[0020] 图 8 分别是根据一个实施方案的经历立式车床测试的切割元件的正视图和侧视图。

[0021] 图 9 是在根据一个实施方案的各种不同 PCD 体上实施的图 8 的耐磨损性测试的结果的图表。

[0022] 图 10 是在三个 PCD 体上实施的图 9 的耐磨损性测试的结果的图像的合集。

[0023] 图 11 是根据本公开的一个实施方案的包含 PCD 体的切割元件的比较现场测试的结果的图表。

## 具体实施方式

[0024] 本公开涉及用于地下钻井应用的包含多晶金刚石体的切割元件,且更特别地,涉及具有高金刚石框架强度的多晶金刚石体,以及用于形成和评价上述多晶金刚石体的方法。

[0025] 下文的公开涉及各种不同的实施方案。公开的实施方案具有宽的应用,且任何实施方案的论述仅仅意味着对那个实施方案的示例说明,且不旨在暗示本公开(包括权利要求书)的范围限于那个实施方案或限于那个实施方案的特征。

[0026] 在整个下文说明书以及权利要求书中使用某些术语来指特定的特征或组件。本领域技术人员将理解,不同的人可以用不同名称指同一特征或组件。本文不意欲对仅名称不同的组件或特征进行区别。附图并不必定是按比例做出的。本文某些特征和组件可以被放大按比例显示或以有点示意形式显示,并且为了清晰和简洁的目的可以不示出常规元件的一些细节。

[0027] 在下文的说明书和权利要求书中,术语“包括”和“包含”用于开放式中,并且因此,应被理解成意味“包括,但不限于”的含义。

[0028] 如本文使用的,多个项目、结构元素、组成元素、和/或材料为了方便起见可以呈现在共同的列举中。但是,这些列举应解释成仿佛将各列举中的每一个元素逐一识别成一个单独的且独特的元素。因此,如果没有相反的说明,仅基于共同组中它们的呈现,上述列举中应没有个别的元素可解释成同一列举中任何其它元素的事实上的等同物。

[0029] 浓度、量、数量、和其它数值数据在本文中可以用范围形式表示。应理解,使用上述范围形式仅仅是为了方便和简明起见,且其应灵活地理解为不仅仅包括作为该范围的界限而被明确地记载的数值,而且包括所述范围内的所有单个数值或子范围,好像每个数值和子范围均被明确地记载了那样。例如,1到4.5的数值范围应被解释为不仅仅包括1到4.5中所明确列举的界限,而且还包括单独的数字(例如2、3、4)以及子范围(例如1到3、2到4等)。相同的原理适用于仅仅列举一个数值的范围的情况,例如“最多4.5”,其应被解释为包括所有上述列举的值和范围。进一步地,这种解释应适用而不必考虑所描述的范围或者特征的宽度。

[0030] 当在提及所使用的材料中使用术语“不同的”时,应理解这包括通常包含相同的成分、但可以包含不同比例的所述成分的材料和/或可以包含不同尺寸的成分的材料,其中一个特征或两个特征适用以在材料中提供不同的机械特性和/或热特性。术语“不同的”或“不同”的使用通常不意味着包括制造中典型的变形。

[0031] 通过援引加入的方式将任何称将其通过援引加入的方式纳入本文的专利、出版物、或其它公开材料的全部内容或部分内容纳入本文,只要所纳入的材料不与现有的定义、说明、或在本公开中给出的其它公开材料发生冲突即可。同样地,在必要的程度内,本文中所阐述的公开内容替换任何通过援引加入的方式纳入本文中的冲突性材料。对于称将其通过援引加入的方式纳入本文中的、但与现有的定义、说明、或本文中阐述的其它公开材料冲突的任何材料或其部分,将其仅以所纳入的材料与现有的公开材料之间不出现冲突的程度纳入本文。

[0032] 参考图1,示出了钻头10,特别是固定的切割器钻头。钻头10包含钻头体12,其

可以由基质(matrix)材料形成,例如用合金粘合剂材料渗透的碳化钨粉末,或可以是机械加工的钢体。钻头体 12 在一个端部包含螺纹接头 14 用于将所述钻头 10 耦合到钻柱组件(未示出)。钻头体 12 还包含钻头面 29,其具有布置于其上的切割元件支撑结构,在此实例中,所述钻头面 29 包含多个从所述钻头体的表面延伸的刀片 16。每一个刀片 16 包含在其中沿着边缘形成的多个切割器穴(cutter pocket) 26,用以接受且支撑安置在其中的切割元件 20。钻井液流动通道 19 布置于邻近的刀片之间。

[0033] 切割元件 20 可以包含多晶金刚石压紧的切割元件,其也可以被称为“PCD 切割器”、“剪切式切割器”或“切割器”20。例如,在图 2 中示出了切割器元件 20 的透视图。参考图 2,将 PCD 体 22 粘合到基体材料 24 用以形成切割元件 20。PCD 体 22 具有顶表面 22a 和侧表面 22b。顶表面 22a 与侧表面 22b 在切割边缘 22c 处会合。切割边缘是在钻井期间切割元件啮合地层的那个部分。切割边缘在图 2 中以锋利边缘的形式来示例说明;但是,在一个或多个备选的实施方案中,在顶表面 22a 与侧表面 22b 之间的过渡可以包含倾斜的、曲面的、或锥形的表面。

[0034] 或者,可以产生 PCD 体而不具有基体,并且任选地可以将所述 PCT 体在 HPHT 烧结之后粘合到基体,或可以将所述 PCT 体不使用基体而包含于切割工具中。催化剂材料可以在烧结之前添加到金刚石粉末混合物中。

[0035] PCD 体 22 有时被称为金刚石体、金刚石台(diamond table)或者研磨剂层。金刚石体 22 包含具有粘合在一起用以形成金刚石基质相的无规取向的金刚石晶体以及置于所述金刚石晶体之间的多个间隙区域的微结构。PCD 体 22 的底表面 25 和基体 24 的顶表面形成界面 28。切割元件 20 具有中心纵轴 11。将图 2 中所示例说明的切割元件描述为圆柱状的;但是,可以理解,任何其它形状可以是合适的,例如卵圆形的、椭圆形的等,并且这些其它形状被设想为属于本公开的范围之内。在一个或多个其它的实施方案中,切割元件 20 可以不含基体 24 而被使用。在一个或多个实施方案中,PCD 体具有至少 1.0mm、合适地具有至少 1.5mm、更合适地具有至少 2mm、最合适地具有从 1.5mm 到 5mm 的范围中、例如 2.25mm、2.5mm、2.75mm、3mm、3.25mm、3.5mm 或 4mm 的平均厚度(底表面 25 与顶表面 22a 之间的厚度)。

[0036] 图 3A 示意性地示例了包含催化剂材料的 PCD 体的区域 310。尤其,区域 310 包含多个粘合在一起的金刚石晶体 312,从而形成晶间金刚石基质第一相;和催化剂材料 314,其附连到所述金刚石晶体的表面和/或布置于多个间隙区域之内,所述间隙区域存在于所述粘合在一起的金刚石晶体之间(即,间隙区域至少部分用催化剂材料填充)。

[0037] 图 3B 是示意性地示例说明了大体上不含催化剂材料的 PCD 体的区域 322。类似于图 3A 中示例说明的 PCD 区域 310,区域 322 包含材料微结构,其包含多个粘合在一起的金刚石晶体 324,从而形成晶间金刚石基质第一相。不像图 3A 中示例说明的区域 310,已对 PCD 体的此区域 322 进行处理用以从所述多个间隙区域去除催化剂材料,并且因此包含大体上不含催化剂材料的多个间隙区域 326,即,大体上空的孔洞(孔隙)。所述孔隙中的至少一部分可以互相连通。

[0038] 在本文中所使用的术语“填充”是指包含在 PCD 体的间隙区域中的催化剂材料的存在,应理解为意味着间隙区域(孔洞/孔隙)的大体上所有的体积包含催化剂材料(和碳化钨、和/或痕量的其它元素,例如耐火材料,包括可以渗透进入 PCD 中的 Nb、Ta、以及 Mo;这

些材料通常与碳反应形成碳化物)。同样,碳化钨和 / 或痕量的 Fe 或 Cr 可以以金刚石粉末工艺的副产物的形式呈现。但是,可以理解,在不包含催化剂材料的 PCD 体的相同区域之内也可能存在间隙区域体积,并且催化剂材料有效填充孔洞或孔隙的程度将取决于例如下述的因素:PCD 体的具体的微结构、用于引入催化剂材料的工艺的有效性、将吸收的气体从金刚石粉末的表面的去除、以及所得 PCD 体需要的机械特性和 / 或热特性。

[0039] 根据一个实施方案,具有高金刚石框架强度的 PCD 体达到了需要的高水平的耐磨损性。以前已经进行尝试用以实现具有 PCD 体的切割元件,所述 PCD 体既具有高强度又具有高耐磨损性。但是,如上文提到的,这两个特性趋于相反地相关,其中耐磨损性由较高的金刚石含量提供,而强度由较高的催化剂含量提供。此外,室温下 PCD 体(包含金刚石相和催化剂相)的强度不必与在此现场中的良好的耐磨损性和性能相关,其中所述 PCD 体经受高得多的钻井温度。因此,对强度与耐磨损性之间的相关性进行了研究,用以提供完成两个需要的特性的 PCD 体。

[0040] 如图 4 中所示测试了几个 PCD 体用以确定具有催化剂相的 PCD 体的强度和不具有催化剂相的 PCD 体的强度。图 4 示出了四个不同的 PCD 体(以实例 1-4 标识的)的平均抗挠强度的图表。本文中所使用的抗挠强度是指材料针对由弯曲应力引起的破裂的抗性。将每一个 PCD 体分成为两个部分,并且随后将一个部分进行浸滤用以从 PCD 体中去除催化剂材料。每一个 PCD 体的平均抗挠强度通过 3 点弯曲测试来测量。在 3 点弯曲测试中,将直径 16mm 且厚度 1.3mm 的 PCD 圆盘通过激光束或通过 EDM 方法切割成为具有 2mm x1.3mm x8.3mm 尺寸的条状物。每一个条状物的抗挠强度通过 3 点弯曲测试在台式万能测试机上在室温下测量。所述万能测试机由互动工具(Interactive Instrument, 704 Corporate Park, Scotia, NY12302), 型号 K1-16 制成。测力传感器容量(load cell capacity)是 10001b。在弯曲测试中使用的负载速率是 0.005mm/分钟。将所得数据在图 4 中绘制。将经浸滤的 PCD 体在每一对中的左侧绘制,并且将未经浸滤的 PCD 体在每一对中的右侧绘制。对于图 4 中的每一柱形至少测试 21 个样本,并且每一柱形提供所有测试样本的平均值。

[0041] 如图 4 中所示,在每一个实例中经浸滤的 PCD 体与其未经浸滤的对应物相比展现出明显下降的强度。发现作为样品 1 标识的 PCD 体在浸滤之前具有 1398MPa 的强度,且在浸滤之后具有 1045MPa 的强度。实例 2、3 以及 4 在浸滤之前分别具有 1414MPa、1414MPa、以及 1327MPa 的强度,且在浸滤之后分别具有 971MPa、1054MPa、以及 922MPa 的强度。对于实例 1-4 而言,这些数字分别对应于大约 25%、31%、25%、以及 33% 的强度下降。因此,在浸滤之后,在一个实施方案中,PCD 体展现出不大于 25% 的压缩应力下降,且在另一个实施方案中不大于 33% 的压缩应力下降。

[0042] 未经浸滤的 PCD 体的强度包含由金刚石框架与次级催化剂相两者贡献的强度。经浸滤的 PCD 体的强度是金刚石框架强度。这个值量度了形成 PCD 结构的烧结的、粘合在一起的金金刚石颗粒的强度,而没有次级催化剂相的任何贡献。金刚石框架是粘合的金金刚石颗粒它们自身的微结构。在金刚石框架之内的空间可以用催化剂材料渗透,如图 3A 中表示的;或可以是空的,如图 3B 中表示的。

[0043] 图 4 中的值标识了从未经浸滤的 PCD 体(金刚石框架与催化剂材料)到经浸滤的 PCD (金刚石框架)的强度的下降。为了确认这个强度差别是否可归因于次级催化剂相的去除,还在这些相同的四个实例上实施了压缩测试。PCD 体的压缩应力通过拉曼光谱法测量。

关于拉曼光谱法的其它细节可以在美国专利号 7,543,662 中找到。然后确定每一个实例的经浸滤的 PCD 体与未经浸滤的 PCD 体的压缩应力差别。对于实例 1, 经浸滤的 PCD 体展现出小于未经浸滤的 PCD 体 368MPa 的压缩应力。对于实例 2, 所述差别是 430MPa, 对于实例 3 其是 389MPa, 且对于实例 4 其是 441MPa。在每一种情况中, 经浸滤的 PCD 体展现出比未经浸滤的 PCD 体更小的压缩。

[0044] 这些压缩差别在值上对应于图 4 中所标识的强度的下降。在实例 1 中, 从未经浸滤的 PCD 体到经浸滤的 PCD 体的强度的下降是 353MPa, 在实例 2 中其是 443MPa, 在实例 3 中其是 360MPa, 且在实例 4 中其是 450MPa。压缩的下降与强度的下降紧密相关。这表明强度下降可以归因于由催化剂相引起的压缩应力的去除。

[0045] 因此, 在室温下, 催化剂相的存在有助于 PCD 体的测量强度。但是, 如上文所述, 在室温下具有高测量强度的 PCD 体的耐磨损性小于在现场中令人满意的耐磨损性。

[0046] 基于本发明的研究, 发现了催化剂相的存在与在高温下强度的下降之间的相关性。这个关系在图 5 中示出。图 5 示出了四个不同 PCD 体的 PCD 强度相对于钻井温度的曲线。线 1 和 3 是在第一高压下烧结的 PCD 体, 其中线 1 表示未经浸滤的 PCD 体且线 3 表示浸滤之后的相同的 PCD 体。线 2 和 4 是在第二较低高压下烧结的 PCD 体, 其中线 2 表示未经浸滤的 PCD 体且线 4 表示浸滤之后的相同的 PCD 体。为了获得图 5 的数据, 在不同的温度下收集 PCD 抗挠强度数据。首先在附连于测试机的管式炉中加热单个的弯曲棒 (bend bar) 到目标温度。然后在设定的温度下施加机械负载。记录每个棒可以支持的最大负载用以计算它的抗挠强度。

[0047] 在室温下, 未经浸滤的 PCD 体 (线 1 和线 2) 展现出比经浸滤的 PCD 体 (线 3 和线 4) 更高的强度, 从而确认了图 4 中示出的测试。但是, 随着温度增加, 例如在现场中钻井操作期间, 未经浸滤的 PCD 体在强度上比经浸滤的 PCD 体降低地更迅速, 直到所述线实际上相交且经浸滤的 PCD 体展示出较大的强度。这个其中所述线相交的过渡区域由虚线矩形突出显示。取决于具体的 PCD 体, 这个过渡可以在大约 700-800°C 附近发生。经过这个过渡区域之后钻井温度继续增加, 其中在钻井操作期间现场中的一些温度达到大约 1000 到 1200°C。

[0048] 在图 5 中示出的强度曲线表明在高操作温度下, 经浸滤的 PCD 体展现出比未经浸滤的 PCD 体更好的强度。这个结果没有通过在室温下的测试表明, 其中所述在室温下的测试趋于示出包含催化剂相的未经浸滤的 PCD 体具有更好的强度。这个室温测试与以下理解一致: 强度与耐磨损性需要在催化剂材料与金刚石的相对含量之间的平衡。但是, 如图 5 所示, 这些 PCD 体在高温下的行为表明, 采用具有特定特征的经浸滤的 PCD 体, 强度和耐磨损性两者均可在高温下实现。

[0049] 而且, 关于图 4 的上文总结的强度和压缩测试表明所述强度差别可完全归因于催化剂相的去除。因此, 在高温下的耐磨损性可以与金刚石框架强度 (经浸滤的 PCD 体的强度) 相关 (参见图 5)。这个测试表明具有高金刚石框架强度的 PCD 体在高温下比其它 PCD 体表现更好, 由于催化剂相材料随着温度升高而发生转变。在室温下, 占据粘合的金刚石晶粒之间的间隙区域的催化剂材料向所述金刚石晶粒施加压缩力。如上文对于图 4 中的 PCD 体论述的, 测试这个压缩应力。如果将催化剂材料从 PCD 体中去除, 在 PCD 体中测量的压缩也下降。

[0050] 随着操作温度升高 (参见图 5), 催化剂材料和金刚石框架经历不同的热膨胀。结

果,认为由催化剂材料提供的压缩劣化、开始变得中性、且最终回复成为拉伸。这个拉伸可能造成对金刚石框架的损坏,引入热应力,且降低 PCD 体的强度,如图 5 中线 1 和 2 的向下曲线所表明的。这个结果可以是 PCD 体中的裂缝、破裂、材料损失、以及切割元件的损坏。

[0051] 因此,在高操作温度下的 PCD 体的性能可能与金刚石框架强度相关,而非与金刚石和催化剂相的室温强度相关。如本文使用的,“金刚石框架强度”是金刚石颗粒它们自身的抗挠强度,其可以通过测试其中将催化剂材料从金刚石晶粒之间的间隙空间中去除(即,在浸滤之后)的 PCD 体的强度来测量。上述的金刚石框架强度可以通过 3 点弯曲测试来确定。

[0052] 为了研究具有高金刚石框架强度的 PCD,测试几个 PCD 体,结果在图 6 中示出。图 6 示出了 PCD 体的抗挠强度相对于预烧结的金刚石粉末的平均粒度。对于每个平均粒度,在三个不同的烧结压力下形成三个 PCD 体。三个烧结压力由字母 L、M、以及 H 标示,其中 25L 对应于在低压下烧结的 25 微米平均粒度粉末、25M 对应于在中压下烧结的 25 微米平均粒度粉末、以及 25H 对应于在高压下烧结的 25 微米平均粒度粉末(对于这个图表,低、中、以及高仅仅作为相对的术语)。对于每个粒度,低压为大约 5.5-5.6GPa、中压为大约 6.3-6.5GPa、以及高压为大约 6.7GPa。最终,将每个 PCD 体分成两个部分,且将一个部分进行浸滤。因此在图 6 中每个 PCD 体由两个柱形表示,其中左侧的柱形示出未经浸滤的 PCD 体,且右侧的柱形示出经浸滤的 PCD 体。对图 6 中的每一柱形至少测试 21 个样本,并且每一柱形提供在所有测试样本的平均值。

[0053] 尽管未经浸滤的 5 微米 PCD 体在室温下展现最高的强度大小,但是已经观察到具有这些特征的切割元件在现场中表现不佳。经浸滤的样品(每一对中右手边的柱形)在室温下具有比未经浸滤的样品低的强度。应注意的是,与由较大尺寸微粒形成的 PCD 比较,由较小尺寸微粒形成的 PCD 趋于示出从未经浸滤的样品到经浸滤的样品的强度较大的下降。这例如在图 6 中在 9 微米 PCD 体和 5 微米 PCD 体中示出——这些样品的强度差别大于其它样品的强度差别。同样,对于经浸滤的 9 微米 PCD 体和经浸滤的 5 微米 PCD 体,烧结压力并不与金刚石框架强度明显相关。9L 样品、9M 样品、以及 9H 样品和 5L 样品、5M 样品、以及 5H 样品没有示出关于压力的明显趋势。这些结果显示除了烧结压力之外还有其它因素——例如粒度分布以及金刚石填充程度(packing)——有助于金刚石框架强度。

[0054] 在一个实施方案中,制备 PCD 体且使其经受抗挠强度和耐磨损性测试用以比较每个 PCD 体的耐磨损性。使用两个不同尺寸的金刚石微粒,从而形成第一 PCD 体和第二 PCD 体,下文中称为 PCD A 和 PCD B。PCD A 用具有 12  $\mu\text{m}$  的平均粒度的金刚石微粒形成。PCD B 用具有 9  $\mu\text{m}$  的平均粒度的金刚石微粒形成。形成四个 PCD A 体,且将两个 PCD A 体浸滤。形成四个 PCD B 体,且将两个 PCD B 体浸滤。将所有 PCD 体在大约 67kbar 的压力下在 1400 与 1500 $^{\circ}\text{C}$ 之间的温度下进行 HPHT 烧结。

[0055] 将经浸滤的与未经浸滤的 PCD A 体与 PCD B 体的抗挠强度通过 3 点弯曲测试来测量,且结果在图 7 中示出。未经浸滤的 PCD A 展现出的平均抗挠强度为 1537MPa,且经浸滤的 PCD A 展现出的平均抗挠强度为 1065MPa;且未经浸滤的 PCD B 展现出的平均抗挠强度为 1702MPa,且经浸滤的 PCD B 展现出的平均抗挠强度为 1335MPa。对于经浸滤的体,抗挠强度表示金刚石框架强度。

[0056] 图 7 示出了 PCD B 展现出比 PCD A 高的抗挠强度。对于未经浸滤的体,PCD B 体

的平均抗挠强度比 PCD A 体的平均抗挠强度高大约 10% ;且对于经浸滤的体,PCD B 体的平均抗挠强度比 PCD A 体的平均抗挠强度高大约 25%。因此较小的粒度看起来有助于较高的抗挠强度,且对经浸滤的体的效果大于对未经浸滤的体的效果。在一个实施方案中,由具有 9  $\mu\text{m}$  或更小平均粒度的金刚石微粒混合物形成 PCD 体。

[0057] 此外,图 7 示出未经浸滤的体展现出比经浸滤的体高的抗挠强度,如所期望的。PCD A 的从未经浸滤的体到经浸滤的体的强度下降为大约 30%,且 PCD B 的从未经浸滤的体到经浸滤的体的强度下降为大约 21%。因此,与 PCD A 相比,PCD B 展现出相对较小的由于浸滤而造成的强度下降。

[0058] PCD A 样品与 PCD B 样品也经受耐磨损性测试。耐磨损性测试是立式转塔车床 (vertical turret lathe, VTL) 测试,其在图 8 中示意性地示出。图 8 示出 VTL 测试的正视图和侧视图。所述测试通过施加负载到 PCD 体 22 来实施,其中所述 PCD 体 22 安置为在切割边缘 22c 处与岩石台 30 接触。将岩石台 30 围绕着立轴旋转。将 PCD 体以 0.1 英寸每台转的给进速率推进到岩石台中,从而切割进入岩石结构中。在这组具体的测试中,使用的立式转塔车床机是具有 GE/Fanuc18i-TA CNC 控制的 Essex Machine Tool Services S. O. 122456 "Bullard Dynatrol VTL。岩石台 30 由横档花岗岩 (barre granite) 制成且具有 36 英寸的直径。施加到切割器的负载在从 200 到 2000 磅之间变化,用以以规定的给进速率移动所述切割器。随着测试进行,所述 PCD 体切开所述岩石台,从而对 PCD 体造成磨损。对 PCD 体上的磨损平面面积在每组 5 次操作 (pass) 之后测试 (一次操作等于 PCD 体进入岩石台 0.02 英寸的推进)。

[0059] 对 6 个 PCD 体实施 VTL 耐磨损性测试——两个未经浸滤的 PCD A 体、两个经浸滤的 PCD A 体、以及两个经浸滤的 PCD B 体。没有对未经浸滤的 PCD B 体测试,由于所述岩石台的尺寸有限。对测试的 6 个样品全部在同一岩石台 30 上测试。

[0060] 上述测试的结果在图 9 和 10 中示出。图 9 示出 PCD 体的磨损平面面积相对于 VTL 测试的操作次数。较大的磨损平面面积表明较低的耐磨损性。如图 9 中所示,经浸滤的 PCD B 样品展现出最高的耐磨损性,其次是经浸滤的 PCD A 样品的耐磨损性。未经浸滤的 PCD A 样品展现出最低的耐磨损性,以及最大的磨损平面面积。因此,比较图 7 与图 9,尽管未经浸滤的样品在室温下示出较高的强度,但未经浸滤的 PCD A 样品展现出最低的耐磨损性。经浸滤的样品在室温下示出较低的强度,在 VTL 测试期间示出了比未经浸滤的 PCD A 体小的耐磨损性。此外,与 PCD A 相比较,PCD B 中所利用的较小的粒度看来有助于增加耐磨损性 (图 9)。

[0061] 在 VTL 测试期间拍下一个未经浸滤的 PCD A 体、一个经浸滤的 PCD A 体、以及一个经浸滤的 PCD B 体的照片,且上述照片在图 10 中示出。上述照片示出了经浸滤的 PCD B 体示出比其它两者小的磨损,且未经浸滤的 PCD A 体示出了最大的磨损。上述测试示出了未经浸滤的 PCD 具有较差的耐磨损性,尽管具有更高的室温强度。在经浸滤的情况下,金刚石框架强度与增加耐磨损性相关 (参见经浸滤的 PCD B 体)。磨损平面观察结果也暗示出具有较低强度的 PCD 体展现出次级磨损行为 (除了纯磨损之外),其是沿着磨损平面底部线的破裂或剥落。

[0062] 实施附加的测试用以研究抗挠强度与平均起始粒度以及烧结压力之间的相关性。使用两个不同的起始粒度用以产生 PCD 体,下文中称为 PCD C 和 PCD D。PCD C 用具有 9  $\mu\text{m}$

的平均起始粒度的金刚石微粒形成。在两个不同的烧结压力下对上述微粒进行 HPHT 烧结用以形成 PCD 体。PCD D 用具有  $16\ \mu\text{m}$  的平均起始粒度的金刚石微粒形成。也在两个不同的烧结压力下对上述微粒进行 HPHT 烧结。对每个 PCD 体在每个条件下测试至少 21 个样品用以收集下文的抗挠强度数据。

[0063] 对于每个类型的 PCD 体,将样品中的一半浸滤,剩余的保持未浸滤。然后使样品经受 3 点弯曲测试用以确定抗挠强度。每个类型的 PCD 体的平均抗挠强度在下文的表 1 中提供。

[0064] 表 1

[0065]

PCD	平均起始粒度 ( $\mu\text{m}$ )	烧结压力 (kbar)	平均抗挠强度 (MPa)	
			未经浸滤的	经浸滤的
C	9	67	$1563 \pm 122$	$1106 \pm 67$
	9	70-72	$1679 \pm 143$	$1166 \pm 77$
D	16	67	$1389 \pm 65$	$1076 \pm 64$
	16	70-72	$1520 \pm 108$	$1208 \pm 76$

[0066] 表 1 表明较高的抗挠强度与较高的烧结压力相关且与较小的起始粒度相关。

[0067] 实施附加的测试用以研究抗挠强度与粒度分布 (particle size distribution, PSD) 之间的相关性。使用两个不同的 PSD 用以产生 PCD 体,下文中称为 PCD E 和 PCD F。每个 PCD 体的 PSD 在下文的表 2 中示出。在大约 67kbar 的压力下且在 1400 与 1500°C 之间的温度下对金刚石微粒进行 HPHT 烧结用以形成 PCD 体,且所述 PCD 体经受 3 点弯曲测试用以确定抗挠强度 (未经浸滤的)。这些结果在表 2 中示出。

[0068] 表 2

[0069]

PCD	PSD 方法	平均抗挠强度 (MPa) / 未经浸滤的
E	(6-12 $\mu\text{m}$ ) + (10-20 $\mu\text{m}$ ): 88% 2-4 $\mu\text{m}$ : 12%	$1456 \pm 71$
F	(6-12 $\mu\text{m}$ ) + (10-20 $\mu\text{m}$ ): 84% 2-4 $\mu\text{m}$ : 11% 0.5-1 $\mu\text{m}$ : 5%	$1249 \pm 97$

[0070] 表 2 示出了 PSD 影响烧结的 PCD 体的最终抗挠强度。在上述情形中,在 PCD F 中较小微粒的添加看来对抗挠强度具有负面影响。因此可以实现与增加的金剛石框架强度相关的最佳 PSD。平均起始粒度、PSD 与烧结压力全部都有助于最终金剛石框架强度。

[0071] 基于上文的测试,由具有  $9\ \mu\text{m}$  平均起始粒度的金刚石微粒在 70-72kbar 之间的烧

结压力下形成 PCD 体。所得 PCD 体展现出的未经浸滤的抗挠强度是  $1702 \pm 120 \text{MPa}$ ，且其经浸滤的抗挠强度(金刚石框架强度)是  $1335 \pm 110 \text{MPa}$ 。

[0072] 在一个实施方案中，具有  $1300 \text{MPa}$  或更大的金刚石框架强度的 PCD 体提供耐磨损性与强度的想要的结合。在一个实施方案中，具有高金刚石框架强度的 PCD 体通过提供具有大约 7-9 微米的平均粒度以及威布尔(Weibull)分布的金刚石微粒粉末混合物来形成。对金刚石粉末邻近于碳化物基体在大约 7.0-7.2GPa 的压力下的压机中进行 HPHT 烧结。所得 PCD 体具有大约 5-7 微米的烧结的金刚石晶粒尺寸，和大约  $1300 \text{MPa}$  或更大的金刚石框架强度，在一个实施方案中为大约  $1375 \text{MPa}$  的金刚石框架强度。在浸滤之后该 PCD 体展现出大约 18-22% 的压缩的下降。金刚石框架强度可以通过浸滤所述 PCD 体和测量其强度(例如通过 3 点弯曲测试)、或通过所述 PCD 体分成为两个部分、浸滤一个部分并测量所述经浸滤的部分的强度而证实。也可以对未经浸滤的部分的强度进行测试，尽管在室温下其测试强度应较高，由于存在次级催化剂相。在一个实施方案中，经浸滤的部分示出至少  $1300 \text{MPa}$  的金刚石框架强度，且未经浸滤的部分示出至少  $1500 \text{MPa}$  的金刚石和催化剂组合的强度。PCD 体可以最后加工成为需要的几何形状且包含于在现场中使用的切割元件中。

[0073] 在另一个实施方案中，金刚石粉末混合物包含 80% 的具有 15-20 微米范围内平均粒度的金刚石微粒，以及 20% 的具有 2-4 微米范围内平均粒度的金刚石微粒。在另一个实施方案中，金刚石粉末混合物包含 80% 的具有 16-17 微米范围内平均粒度的金刚石微粒，以及 20% 的具有 2-3 微米范围内平均粒度的金刚石微粒。金刚石粉末混合物在大约 7.0GPa 的压力下烧结，从而形成具有  $1200 \text{MPa}$  或更大(或  $1300 \text{MPa}$  或更大)的金刚石框架强度、93% 或更大的金刚石体积分数、以及大约 9-14 微米之间的平均烧结晶粒尺寸的 PCD 体。

[0074] 在一个实施方案中，在大约 7.0GPa 或更大下烧结的 PCD 体包含大约  $1200 \text{MPa}$  或更大、例如大约  $1300 \text{GPa}$  或更大的金刚石框架强度，且 PCD 体在浸滤后在室温下展现出大约 15 到 25% 的压缩应力的下降，例如大约 18-22%。在一个实施方案中，PCD 体展现出不大于 25% 的压缩应力的下降。

[0075] 在一个实施方案中，切割元件例如图 2 中的切割元件 20 包含多晶金刚石体 22，其具有界面表面、与所述界面表面相对的顶表面、与所述顶表面会合的切割边缘、以及材料微结构。所述材料微结构包含粘合在一起的金刚石晶体以及所述金刚石晶体之间的间隙区域。所述微结构具有第一区域，其包含切割边缘的至少一部分。第一区域具有大于  $1300 \text{MPa}$  或更大的金刚石框架强度。第一区域可以延伸贯穿整个 PCD 体、或仅仅通过 PCD 体的一部分。在一个实施方案中，第一区域延伸通过 PCD 体的一部分，所述部分包含切割边缘的至少一部分。

[0076] 根据一个实施方案，具有高金刚石框架强度的烧结的 PCD 体具有小于 14 微米、且在另一个实施方案中小于 10 微米、在另一个实施方案中小于 7 微米、在另一个实施方案中大约 6-7 微米、在另一实施方案中大约 5-6 微米、在另一个实施方案中小于 5 微米、以及在另一个实施方案中大约 2-4 微米的平均烧结金刚石晶粒尺寸。

[0077] 如本文描述的，在 HPHT 烧结工艺期间使用的温度可以是在  $1350^\circ\text{C}$  到  $1500^\circ\text{C}$ 、例如  $1400^\circ\text{C}$  到  $1500^\circ\text{C}$ 、或者例如  $1400^\circ\text{C}$  到  $1450^\circ\text{C}$  的范围内。温度通常保持在大约  $1450^\circ\text{C}$  或更低，且不升高超过  $1500^\circ\text{C}$  很多，由于在围绕的单元材料中发生最终的反应(铌 / 钽反应以及盐 - 氯化钠融化)。用以产生具有高金刚石框架强度的 PCD 的 HPHT 烧结可以在比其它 HPHT

烧结工艺稍微高的温度下实施。

[0078] 金刚石颗粒(天然的或合成的)与催化剂材料的混合物可以经受足够的 HPHT 条件一段时间以烧结金刚石晶体从而形成 PCD 体,如本文描述的,且任选地,以将 PCD 体粘合到基体。为获得想要的金刚石框架强度所需的合适的内部冷单元压力(cold cell pressure)取决于几个因素,例如存在的催化剂数量和类型、以及用于形成 PCD 体的金刚石晶体的粒度和分布、金刚石粉末的填充程度、以及石墨的添加。本文所描述的各自不同的实例中,并未将石墨添加到粉末混合物中。在烧结之前金刚石粉末经受 1280℃真空环境 1-2 小时。通过随后对粉末用拉曼光谱法进行的检查,检测不到石墨,所述拉曼光谱法是本领域中作为标准碳相表征技术公知的。

[0079] 根据一个实施方案,在 HPHT 烧结期间用以实现具有高金刚石框架强度的 PCD 体所施加的压力为大约或高于 7.0GPa、或在大约 7.0 到 8.2GPa、或 7.0 到 7.2GPa、或 7.0 到 7.5GPa、或 7.5 到 8.0GPa 的范围中、或大于 8.0GPa。施加的压力可以随金刚石粒度而改变。例如,在一个实施方案中,将具有在 10-25 微米范围之内的平均粒度的金刚石粉末混合物在大约 7.5GPa 的压力下烧结。在另一个实施方案中,将具有大约 5-10 微米的平均粒度的金刚石粉末混合物在大约 7.5-7.8GPa 的压力下烧结。在另一个实施方案中,将具有大约 2-4 微米的平均粒度的金刚石粉末混合物在 8.0GPa 以上(例如 8.0GPa 到 8.2GPa)的压力下烧结。

[0080] 在一个实施方案中,提供了形成具有高金刚石框架强度的 PCD 体的方法。所述方法包括在至少 7.0GPa 或更高的压力下烧结金刚石粉末混合物。所述金刚石混合物包含精细金刚石微粒的很好填充(well-packed)的混合物。上述精细微粒的紧密填充与高烧结压力产生具有高金刚石含量和金刚石与金刚石的强粘合的经烧结的微结构。上述的步骤减少了烧结的 PCD 体中催化剂材料的含量,并从而在室温下减少由次级相提供的压缩。催化剂相含量的减少以及来自催化剂相的压缩幅度的减小反过来减少了对用以产生高强度的钴压缩应力的依赖性,且因此有利于产生具有高金刚石框架强度的精细晶粒烧结的 PCD。

[0081] 烧结之后,所述方法可以任选地包括浸滤所述 PCD 体的全部或一部分。当需要浸滤时,PCD 样品的完全浸滤可以通过将所述样品放置在 Teflon 容器中的酸溶液中来实现,所述容器容纳于封闭的不锈钢压力器皿之内且被加热到 160-180℃。合适用于上述浸滤程序的容器可从 Bergoff Products&Instruments GmbH, Eningen, Germany 商购获得。100-200psi 之间的压力可能通过上述条件下加热来实现。已发现标准酸溶液可令人满意地在浸滤 PCD 材料中奏效,其中所述标准酸溶液由试剂级酸制成且包含浓度为大约 5.3mol/升的  $\text{HNO}_3$  和大约 9.6mol/升的 HF,所述标准酸溶液由 1:1:1 的体积比率的  $\text{HNO}_3$ -15.9mol/升(试剂级硝酸):HF-28.9mol/升(试剂级氢氟酸):以及水制成。浸滤工艺的确认通过用穿透 X 射线照相法核查经浸滤的 PCD 样品来实施,用以证实所述酸混合物已渗透所述样品且没有保留宏观的催化金属区域。或者,可将包含基体的切割器上的 PCD 使用多种方法来浸滤用以保护基体免于暴露于酸和 / 或酸雾。

[0082] 在一个实施方案中,形成具有高金刚石框架强度的 PCD 体的方法包括紧密地填充预烧结的金刚石粉末。这对于具有精细粒度的金刚石微粒混合物来说尤其有用,其原本可能导致 PCD 结构具有大的孔隙度。对于给定的烧结压力,提高平均粒度导致烧结的 PCD 体中的孔隙度的降低。上述结果可能是由于在 HPHT 烧结期间较大的金刚石晶体的破裂所引

起。粒度较小的金刚石晶体比粒度较大的金刚石晶体的耐破裂性大,从而更有效地压紧且填充进入晶体之间的空间中,其中所述粒度较大的金刚石晶体在压力下它们自身破裂且重新排布。非常小的金刚石微粒在烧结期间趋于更难以压紧和破裂。

[0083] 因此,具有非常精细的金刚石晶粒的 PCD 结构可包含较大的相对孔隙度、具有较弱的金刚石框架、和较低的金剛石框架强度。上述精细等级的、未经浸滤的 PCD 将展现出高强度,这是由于在精细金刚石晶粒之间的孔隙中存在催化剂材料。未经浸滤的精细 PCD 体的室温测试示出有前景的结果,但是在高操作温度下催化剂相降解成为拉伸状态可能引起切割元件的损伤,如上文解释的。

[0084] 因此,在一个实施方案中,为了获得具有高金刚石框架强度和精细金刚石颗粒结构的 PCD 体,将精细的金刚石微粒在烧结之前紧密地填充,且然后在非常高的压力——例如至少 7.0GPa 的压力——下实施 HPHT 烧结。在另一个实施方案中,所述压力在 7.0-8.2GPa 的范围中、且在另一个实施方案中在 7.0-7.2GPa 的范围内、且在另一个实施方案中在 7.0-7.5GPa 的范围内、且在另一个实施方案中在 7.5-8.0GPa 的范围内、且在另一个实施方案中大于 8.0GPa。在烧结之前,可将金刚石微粒预压紧,例如通过施加 100-200MPa 范围内的压力、或甚至不大于 600MPa 的压力,用以紧密地填充金刚石粉末。

[0085] 预烧结的金刚石粉末可以具有单模态或多模态的粒度分布。如果将催化剂材料与金刚石晶体混合,催化剂材料可以以单独的粉末或作为金刚石微粒上的涂层的形式提供。

[0086] 在一个实施方案中,具有高金刚石框架强度的 PCD 体包含在具有切割边缘的剪切式切割器中,例如图 2 中示出的具有切割边缘 22c 的切割元件 20。PCD 体含有包含所述切割边缘的至少一部分的区域。所述 PCD 体的上述区域具有高金刚石框架强度,例如至少 1300MPa。

[0087] 由于在 PCD 体中金刚石相与催化剂相的热膨胀,在室温下 PCD 体的强度不必须与在升高的温度下的耐磨损性相关。根据本公开的实施方案,使用高压烧结和其它技术以提供具有高金刚石框架强度的 PCD 体,其示出了在升高的温度下的改进的耐磨损性。提供了剪切式切割器,其沿着剪切式切割器边缘的至少一部分包含上述的 PCD 材料,用于改进的耐磨损性。

[0088] 在一个实施方案中,具有高金刚石框架强度的 PCD 体也展现出高金刚石含量,或高金刚石体积分数。具有高金刚石含量的 PCD 被更详细地描述在 2010 年 5 月 20 日提交的共同悬而未决的美国专利申请 12/784,460 中,所述美国专利申请的美国公开号为 2010/0294571,其内容由此通过援引加入的方式纳入本文中。在一个实施方案中,具有高金刚石含量的 PCD 可以通过在比常压高的压力下 HPHT 烧结形成,所述压力例如大约 6.2GPa 到 7.1GPa。在一个实施方案中,具有高金刚石框架强度与高金刚石含量两者的 PCD 通过在甚至更高的压力下 HPHT 烧结形成,所述压力在 7.2GPa 到 8.2GPa 的范围内、或高于 8.2GPa。上述的压力是在烧结温度增加时的压力(即,不是冷单元压力)。

[0089] 在不同的实施方案中,PCD 体可以具有贴近于顶表面的第一区域、以及贴近于与基体的界面的第二区域。至少第一区域包含具有高金刚石框架强度的 PCD。在一个实施方案中,第一区域所具有的金剛石体积分数大于 90 体积 % (v%),在其它实施方案中例如至少 91v%、至少 92v%、至少 92.5v%、至少 93v%、或至少 94v%。在一个或多个实施方案中,切割元件具有第一区域,所述第一区域所具有的金剛石体积分数在从大于 90v% 到 99v% 的范围内,

例如 93.5v%、94.5v%、95v%、96v%、97v%、或 98v%。在一个实施方案中,PCD 体的第一区域包括小于 25 微米的平均烧结晶粒尺寸和大于 92% 的金刚石体积分数;且在另一个实施方案中为至多 15 微米的平均烧结晶粒尺寸和大于 92.5% 的金刚石体积分数;且在另一个实施方案中在 2.5 到 12 微米范围内的平均烧结晶粒尺寸和大于 93% 的金刚石体积分数。

[0090] 在一个或多个实施方案中,PCD 体的第二区域的主要部分(即,大于 50 体积%)可以具有比第一区域低的金刚石含量(例如,较低的金刚石体积分数)。在一个或多个实施方案中,PCD 体的第二区域的主要部分可以具有比第一区域(例如,贴近于 PCD 体的外部表面)的金刚石体积分数低 2% 以上的金刚石体积分数,例如比第一区域低至少 3v%、或至少 4v%。在此实施方案中,第二区域的金刚石体积分数可以为至少 85%,例如在 85% 到 95% 的范围内、例如 87.5%、90%、或 92%。金刚石含量可以以梯度或步进的方式在 PCD 体之内改变。

[0091] 在一个实施方案中,具有高金刚石框架强度的 PCD 体可以在 PCD 体之内包含具有不同材料特性的第一区域和第二区域。例如,可以将 PCD 体浸滤到特定的深度用以产生第一经浸滤的区域和第二未经浸滤的区域。可以将 PCD 体浸滤到任何深度。在一个实施方案中,第一经浸滤的区域可以在金刚石体之内从切割边缘延伸至少 300 微米。合适的浸滤深度的实例包括 325 微米、375 微米、425 微米、450 微米、475 微米、500 微米、550 微米、600 微米、650 微米、700 微米、750 微米、800 微米、900 微米、或 1000 微米、或在 300-600 或 300-1000 微米的范围之内。或者,第一经浸滤的区域可以延伸到至多 300 微米的浸滤深度,例如 40 微米、50 微米、100 微米、150 微米、200 微米、250 微米、或在 40-200、或 40-300 微米的范围之内。在包含催化剂材料的 PCD 体之内的第二区域可以具有一个厚度,所述厚度足以维持在 PCD 体与其将附连到的材料(例如,基体)之间所需要的粘合强度。在一个实施方案中,由具有大体上空的间隙区域和高金刚石框架强度的 PCD 形成的具有切割边缘的切割元件提供优越的性能。

[0092] 在一个实施方案中,当在垂直剖视图中看时,具有至少 300 微米深度的 PCD 体的第一区域可以沿着至少“临界区域(critical zone)”延伸。所述临界区域沿着切割边缘的长度延伸,且沿着 PCD 体的顶表面延伸至少 1000 微米,例如从侧表面测量,切割元件直径的至少 12.5%;且沿着侧表面从切割边缘的下端部测量,沿着侧表面延伸至少 300 微米。临界区域还沿着 PCD 体的圆周距离的至少一部分延伸。合适地,临界区域可以沿着 PCD 体的圆周距离的主要部分延伸,例如沿着圆周长度的 25% 延伸。合适地,临界区域可以沿着 PCD 体的全部圆周距离延伸,从而使得切割元件可被再利用率在钻头上,而无需必须经历额外的处理步骤。

[0093] 在另一个实施方案中,第一区域沿着切割元件的整个周长延伸,且在另一个实施方案中,其沿着整个顶表面、切割边缘、以及侧表面的至少一部分延伸。在另一个实施方案中,第一区域贯穿多晶金刚石体延伸。

[0094] 在另一个实施方案中,具有高金刚石框架强度的 PCD 体可以具有双层结构,所述结构包含贴近于切割边缘的第一层和贴近于与基体的界面的第二层。贴近于界面的 PCD 材料的第二层(PCD “双层”或“间层”)具有比 PCD 层的剩余部分更多的催化剂材料和更低的金刚石含量。上述双层结构可以通过使用两个或多个金刚石混合物形成,用以形成不同的 PCD 体层。其它选择包括具有相同平均晶粒尺寸但具有不同粒度分布的粉末混合物、以及/或者包含不同含量的预混合溶剂催化剂或其它颗粒添加剂(例如钨或碳化钨)的粉末混合

物。例如,可以在与基体的界面附近处的混合物中调整金刚石微粒分布,用以在第二层中提供所想要的孔隙度。在另一个示例实施方案中,添加到用于形成金刚石体的剩余部分(例如,第一层)的一个或多个金刚石混合物中的催化剂材料的量相比,可将更大量的催化剂材料添加到第二层中基体界面附近处的金刚石混合物中。在一个示例实施方案中,金刚石体的第一层可以由具有与用于形成金刚石体的第二层的一个或多个金刚石混合物不同的粒度分布的一个或多个金刚石混合物形成。在附加的实施方案中,可以使用采用不同金刚石混合物的三个或更多个层。

[0095] 可以处理双层结构用以从PCD体的第一层去除催化剂材料,从而使得第一区域具有多个大体上空的间隙区域。第二区域可以在间隙区域中包含催化剂材料。第一区域可以部分地延伸通过双层结构的第一层,全部通过第一层,或者全部通过第一层且部分地通过第二层。

[0096] 任选地,可以将PCD金刚石体粘合到基体。在一个或多个实施方案中,基体可以包含已经被烧结的金属碳化物和金属粘合剂(本文中也称为烧结的金属碳化物)。合适地,金属碳化物的金属可以选自铬、钼、铌、钽、钛、钨以及钒以及它们的合金和混合物。例如,烧结的碳化钨可以通过烧结化学计量的碳化钨和金属粘合剂来形成。基于基体的总重量,基体中可以包含的金属碳化物(例如,碳化钨)的量在75到98重量%的范围内,合适地在80到95重量%、更合适地在85到90重量%的范围内。基于基体的总重量,粘合剂的含量可以在5到25重量%(w%)的范围内,尤其是在5到15w%的范围内,例如为6w%、8w%、9w%、10w%、11w%、12w%、13w%、或14w%。在一个或多个实施方案中,基于基体的总重量,基体中存在的金属粘合剂的含量可以在6w%到9w%的范围内、或在9w%到11w%的范围内。基体中金属粘合剂的含量较大可以改善基体的断裂韧性,而金属粘合剂的含量较小可以改善基体的耐磨损性,尤其是硬度、耐磨蚀性、耐腐蚀性以及耐侵蚀性。

[0097] 在一个或多个实施方案中,可将包含金刚石晶体或晶粒(天然的或合成的)的金刚石粉末放置在具有催化剂材料源的、用于HPHT烧结工艺的组件中。催化剂材料源可以是与金刚石粉末混合的粉末的形式或是在金刚石晶体上的涂层的形式。与金刚石晶体结合(无论是以粉末、带状(tape)、或其它适合材料的形式)提供的催化剂材料的含量可以为至少3w%,合适地至少2w%。代替上述催化剂材料源形式,或除了上述催化剂材料源形式之外,催化剂材料源可以是与组件中的金刚石混合物邻近安置的基体的形式。

[0098] 在另一个实施方案中,具有高金刚石框架强度的PCD切割元件具有热膨胀系数减小的基体。这可以通过降低基体中钴的含量来实现。在一个实施方案中,基体(在烧结之前)的钴含量是在大约6重量%到13重量%的范围之内。在另一个实施方案中,基体的钴含量是小于或等于大约11重量%,且在另一个实施方案中在大约9重量%到11重量%的范围之内。上述的修改使得基体与PCD层的热膨胀系数更接近于彼此,这减小了界面处的热应力。

[0099] 在一个实施方案中,PCD层与基体之间的界面具有非侵入性(non-aggressive)的凸起。所述界面可以是平坦的,或者包含轻微的圆顶(所具有的高度与直径的比率为至多0.2、或至多0.1、例如0到0.2或0到0.1),和/或一个或多个非攻击性的凸起。在一个或多个实施方案中,所述一个或多个非攻击性的凸起具有连续的围道曲面。在一个或多个实施方案中,基体的界面表面仅仅在其上具有非攻击性凸起,例如具有凸起比率(凸起的高度与宽度的比率)小于0.7的凸起。所述非攻击性凸起旨在减小可能导致PCD层中沿着界面

的裂缝的应力集中。在另一个实施方案中,界面具有不含凸起和凹陷的平滑表面。在一个实施方案中,界面是没有圆顶、凸起或凹陷的平坦表面(高度与直径的比率为 0)。

[0100] 上文公开的高金刚石含量 PCD 体可以切割元件(例如剪切式切割器)的形式形成,用于结合入井下工具(例如钻头)中。如本文所描述的上述的切割工具可以用在许多应用中,例如井下工具,如扩眼钻头(reamer)、双中心钻头、混合式钻头、潜铸式钻头、牙轮钻头、铣磨钻头、以及其它井下切割工具。

[0101] 如本文使用的,术语“催化剂材料”应理解为是指用于最初形成金刚石层(即,将金刚石微粒粘合在一起)的材料,并且可以包含在周期表的 VIII 族中标识的材料(例如,钴)。催化剂材料可以选自周期表的 VIII 族元素(CRC Handbook of Chemistry and Physics 中的 CAS 版本),尤其可以选自钴、镍、铁、它们的混合物以及它们的合金,例如钴。

[0102] 如本文使用的,术语“去除”用于指金刚石层的间隙区域中特定材料存在量的减小,例如用于在烧结或 HPHT 工艺期间最初形成金刚石体的催化剂材料存在量的减小、或者在 PCD 体中存在的金属碳化物存在量的减小(金属碳化物,例如碳化钨,可以通过将其添加到用于形成 PCD 体的金刚石混合物中而存在(例如通过球磨金刚石粉末),或者通过从用于形成 PCD 体的基体的渗透而存在)。这应理解为意味着,特定材料(例如,催化剂材料)的很大一部分不再存在于 PCD 体的间隙区域之内,例如去除所述材料从而使得 PCD 体之内的孔洞或孔隙可能大体上是空的。但是,应理解的是,一些小数量的材料可以仍然存在于 PCD 体的微结构中间隙区域之内,和 / 或仍然粘附到金刚石晶体的表面。

[0103] “大体上不含添加的催化剂材料”应理解为意味着,除了作为杂质从金刚石晶体制造过程中留下的催化剂材料之外,并未将催化剂材料添加到金刚石混合物中。也就是说,术语“大体上不含”,如本文所使用的,理解为意味着,去除了特定材料,但是可能仍然存在一些小数量的特定材料存留在 PCD 体的间隙区域之内。在示例的实施方案中,可以处理 PCD 体从而使得已经将多于 98 重量 % (经处理区域的 w%)、尤其为至少 99w% 的催化剂材料从经处理区域之内的间隙区域中移除,更尤其为可以已经将至少 99.5w% 的催化剂材料从经处理区域之内的间隙区域中去除。1-2w% 金属可能存留,其大部分截留在金刚石再生长(金刚石与金刚石的粘合)的区域中,且并非必须地通过化学浸滤可去除。

[0104] 术语“大体上空”,如本文所使用的,应理解为意味着,孔洞或孔隙体积的至少 75% 不含例如催化剂材料或金属碳化物的材料,合适地至少 85v%、更合适地至少 90v% 不含上述的材料。存留在间隙区域中的特定材料的量在 PCD 体已经经受处理以去除所述特定材料之后可以且将随例如以下因素而变化:去除工艺的效率、以及金刚石基质材料的尺寸和密度等。将被从 PCD 体中去除的特定材料可以通过任何合适的工艺去除。处理方法包括化学处理,例如通过酸浸滤或王水浴和 / 或电化学处理如通过电解工艺。上述的处理方法在 US2008/0230280A1 和 US4224380 中描述,其中将该方法通过援引加入的方式纳入本文。通过浸滤进行的处理也在下文更详细地论述。

[0105] PCD 样品的平均晶粒尺寸可以通过电子背散射衍射(electron back scatter diffraction,EBSD)技术如下确定。合适表面的准备通过以下步骤来实现:使用标准金相程序进行固定和表面修整(surfacing)PCD 样品,然后随后通过与可商购得的高速抛光器械(可通过 Coborn Engineering Company Limited, Romford, Essex, UK 获得)接触来生产镜面表面。在合适地装备以通过定向电子束的局部衍射来确定晶粒取向的扫描电子显微镜中收

集 EBSD 数据(可通过 EDAX TSL, Draper, Utah, USA 获得)。对放大率进行选择从而使得多于 1000 的晶粒包含在单个图像分析中,对于检查的晶粒尺寸而言放大率通常在 5000X-1000X 之间。其它条件可以如下:电压 =20kV、斑点尺寸 =5、工作距离 =10-15mm、倾斜角 =70°、扫描步进 =0.5-0.8 微米。晶粒尺寸分析通过对收集的数据进行具有错误取向公差角度 (misorientation tolerance angle) =2° 的分析来实施。根据上述条件确定的限定的晶粒面积的尺寸根据等效直径方法来确定,其在数学上被定义为  $GS=(4A/\pi)^{1/2}$  (也就是,  $4A/\pi$  的平方根),其中 GS 是晶粒尺寸且 A 是晶粒面积。

[0106] 合适地,浸滤剂包括选自无机酸、有机酸、它们的混合物以及衍生物的材料。所使用的具体浸滤剂可以取决于下述的因素:所使用催化剂材料的类型、以及可以存在于 PCD 体中的其它非金刚石金属材料的类型。在一个示例的实施方案中,合适的浸滤剂可以包括氢氟酸(HF)、盐酸(HCl)、硝酸(HNO<sub>3</sub>)以及它们的混合物。在一个或多个实施方案中,PCD 体具有微结构以致于其在标准的条件下需要至少 3 天,如下文描述的,以在深度为 300 微米的第一区域中从 PCD 体中的间隙区域到浸滤出大体上所有的催化剂材料。

[0107] 在一个或多个实施方案中,本公开的一个或多个切割元件(第一切割元件)可以独自或者与一个或多个不同的第二切割元件(即,不是根据本公开的切割元件)组合安置在钻头上。本公开的切割元件可以被安置在钻头的一个或多个区域中,这将最为获益于上述切割元件的改进的性质/性能。钻头的上述区域可以包括钻头的鼻部区域、肩部区域和/或保径区域。在一个或多个实施方案中,本公开的切割元件可以安置在钻头上作为鼻部、肩部和/或保径部区域中的主要切割元件,而第二切割元件可以安置在钻头上作为上述区域中的备用切割元件以及圆锥区域中的主要切割元件。在一个或多个实施方案中,本公开的切割元件可以安置在钻头上作为钻头的鼻部、肩部和/或保径部区域中的主要切割元件以及作为其中的备用切割元件,而第二切割元件可以安置在圆锥区域中作为主要切割元件。

[0108] 根据本公开的一个实施方案,将具有高金刚石框架强度的 PCD 体的切割元件包含进钻头中并对其进行现场测试以用于性能评级。现场测试的结果在图 11 中示出。用于此图表的数据汇编自 31 个钻头行程,其中通过将所述钻头以 30-70 英尺/小时的速率钻到 14,000 英尺对其进行测试。对钻头和钻头上切割元件的状态进行评估且将其与具有标准的 PCD 切割器的现有钻头进行比较。该现有的 PCD 钻头包括具有近似金刚石晶粒尺寸、在比测试的切割器的压力低的压力下 HPHT 烧结、并浸滤的 PCD 体。所述 31 个测试的钻头包括具有展示出经浸滤的平均抗挠强度为  $1335 \pm 110$ MPa 的 PCD 体的切割元件。上述的 PCD 体包括 9 μm 的平均起始粒度、以及近似于 PCD E (上文的表 2 中示出的)的 PSD。PCD 体在 70-72kbar 的烧结压力下进行 HPHT 烧结。

[0109] 图 11 示出了现场测试的结果。对于具体参数,如果钻头的性能与现有的、比较的切割器的性能相当,则钻头被确定为是“平均的”。对于每一个性能参数,记录达到平均的、平均之上的、平均之下的钻头的数量。图 11 中的性能参数包括如下:运行等级(整体组合的性能);进尺等级(行进距离,即,钻井深度)、钻进速度(ROP)等级(推进钻头进入井眼中的速率);C/S 等级(钻井之后钻头切割结构的品质);以及磨钝等级(钻头上单独切割元件的磨损)。图 11 示出了在每一个种类中,大多数的测试钻头达到或超过比较的平均。只有小百分比的测试钻头结果处于平均之下的等级。

[0110] 因此,在一个实施方案中,与迄今为止已知的切割元件相比,具有高金刚石框架强

度的本公开的切割元件可以以较长期的时间和 / 或以较高的速度、较大的钻压 (weight on bit, WOB)、和 / 或较高的钻进速率 (ROP) 钻透土质的地层。根据不同的实施方案, 本公开的切割元件可以钻透具有高磨蚀性的土质地层 (例如, 砂岩和地热应用), 所述地层不适用于用迄今为止的固定的切割器钻头进行钻井。

[0111] 在一个实施方案中, 提供了一种用于确定多晶金刚石切割元件的耐磨损性的方法。多晶金刚石体含有包含多个粘合在一起的金刚石晶体和占据金刚石晶体之间的间隙区域的催化剂材料。所述方法包括将金刚石体分成为第一部分和第二部分, 且从金刚石体的第一区域中大体上去除催化剂材料, 例如通过浸滤。然后对金刚石体的第一部分进行强度测试, 例如 3 点弯曲测试, 用以确定第一部分的抗挠强度。所述方法包括对用于基于增加的抗挠强度的耐磨损性应用 (例如剪切式切割应用) 的金刚石体进行选择。在一个实施方案中, 金刚石体的第一部分的增加的抗挠强度为至少 1300MPa。增加的抗挠强度标识着在升高的温度下增加的耐磨损性。

[0112] 在一个实施方案中, 提供了一种用于增加多晶金刚石体的耐磨损性的方法。获得金刚石微粒的混合物且将其在存在催化剂材料的情况下 HPHT 烧结用以形成 PCD。为了增加 PCD 的耐磨损性, 所述方法包括将 PCD 的金刚石框架强度增加到至少 1300MPa。金刚石框架强度可以通过将烧结压力增加到至少 7.0GPa、和 / 或通过将混合物中金刚石微粒的平均粒度减小到低于 16 微米来增加。增加的金刚石框架强度标识着在升高的温度下 PCD 的增加的耐磨损性。

[0113] 虽然已描述了本公开的有限数量的实施方案, 但受益于本公开, 本领域技术人员将理解, 能够设计出其它的实施方案和修改而不实质上脱离如本文公开的本发明的范围。所有这样的实施方案和修改旨在包括在随附的权利要求书所限定的本公开的范围。

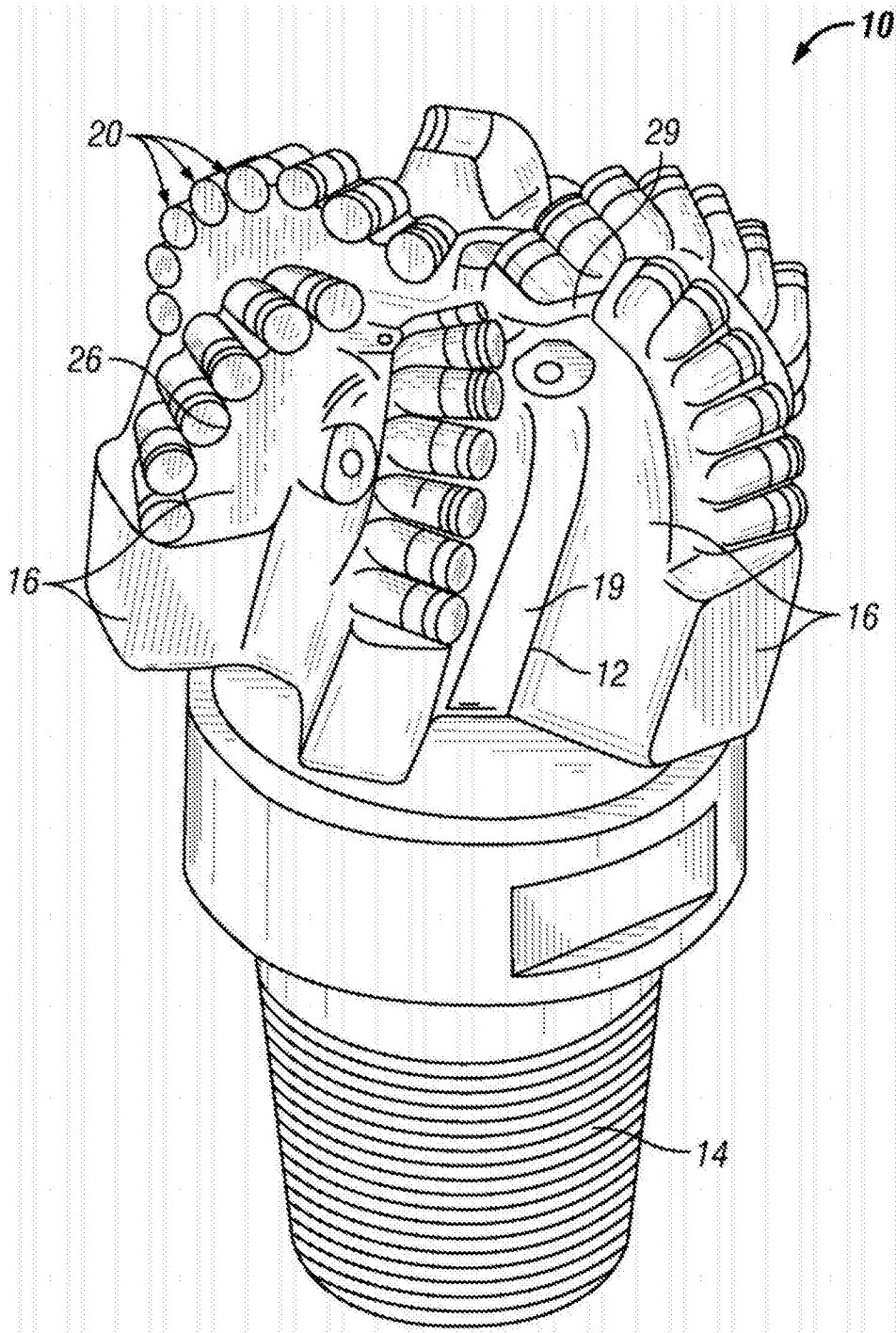


图 1

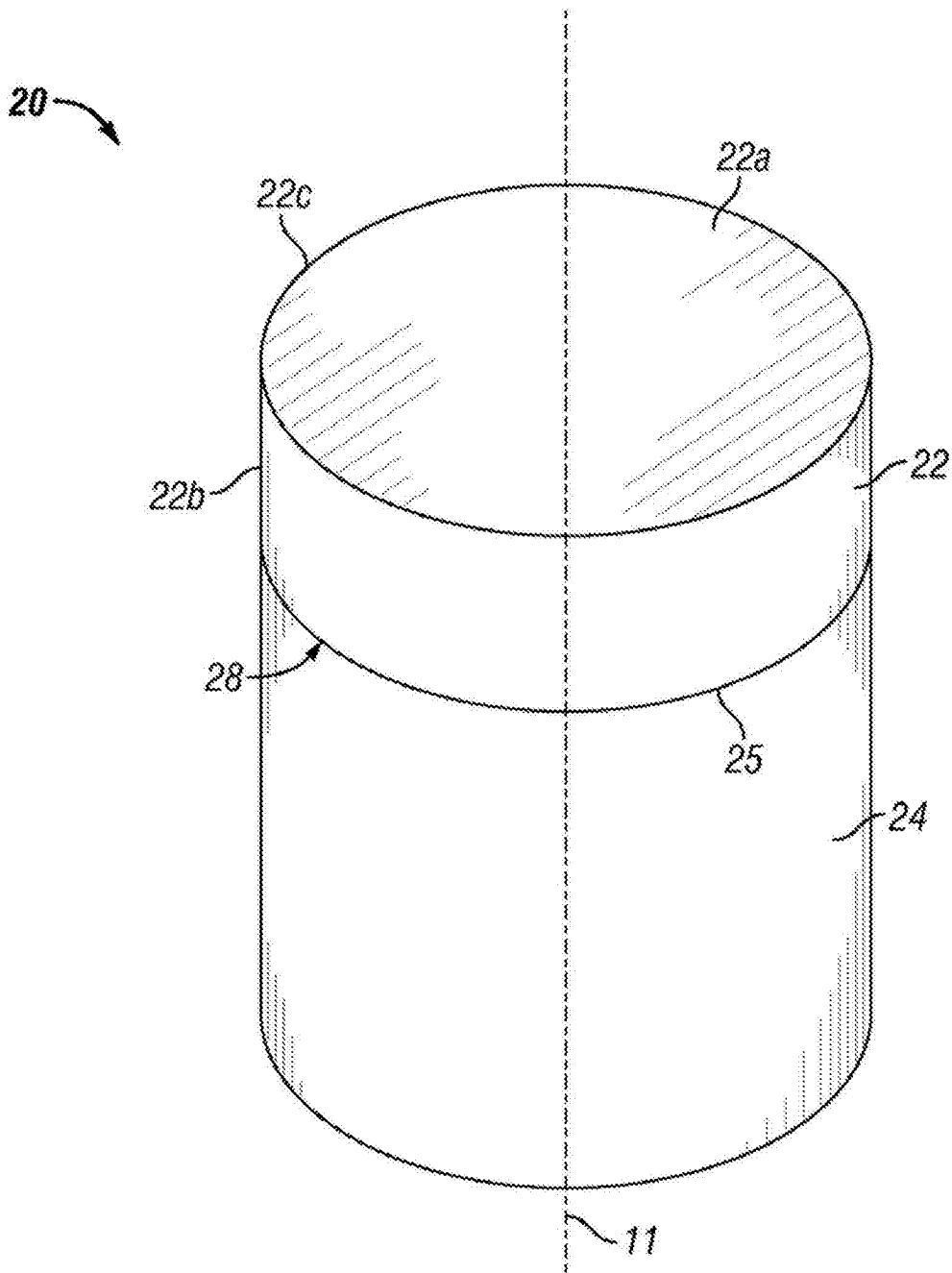


图 2

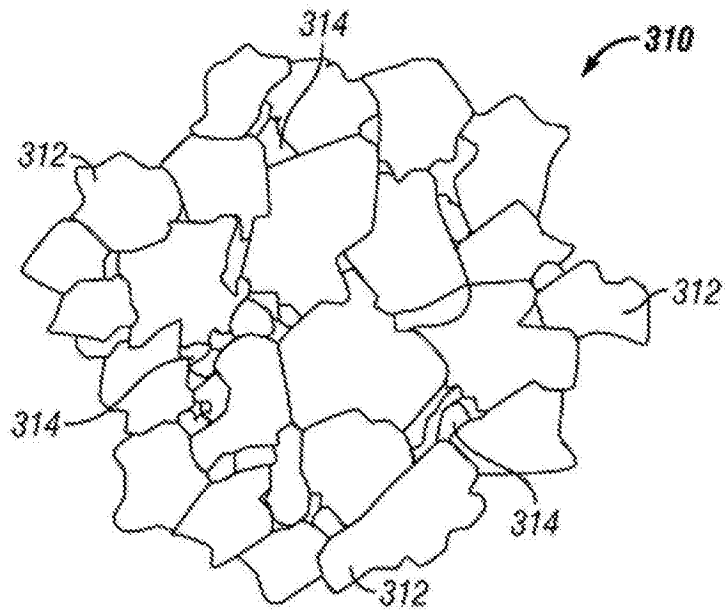


图 3A

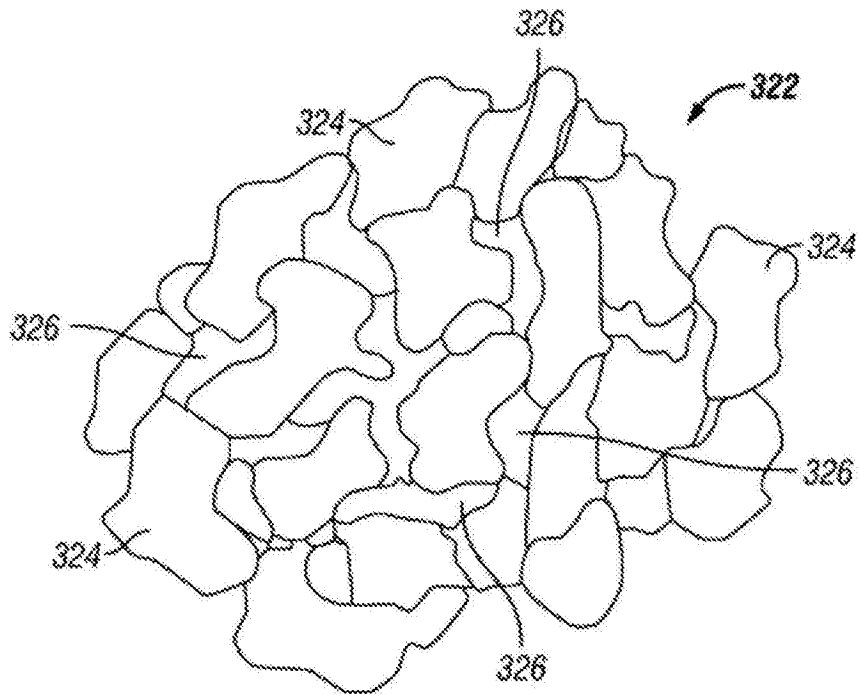


图 3B

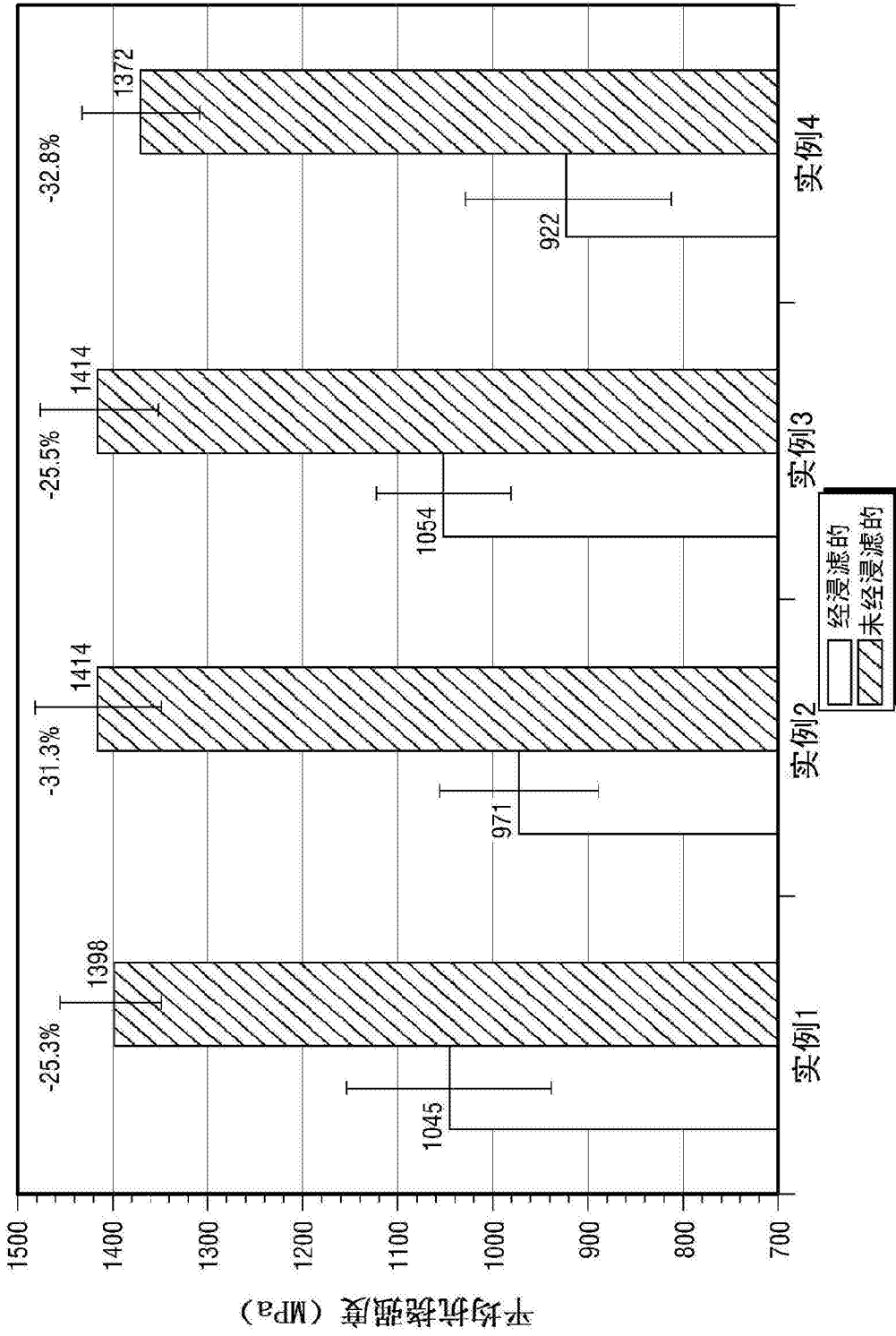


图 4

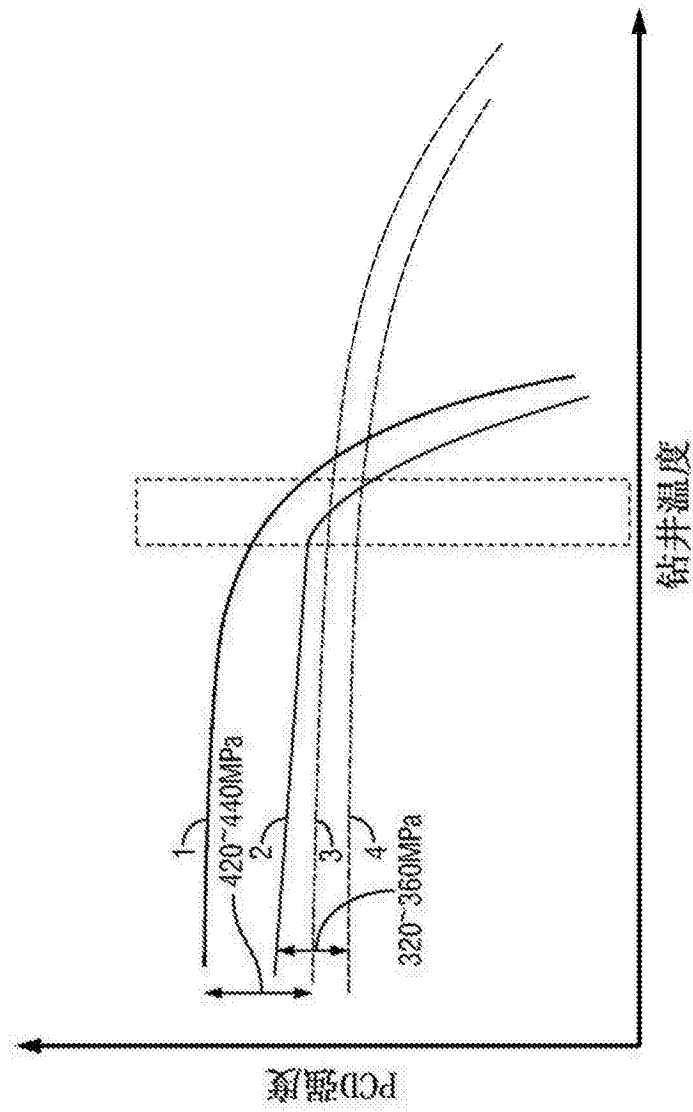


图 5

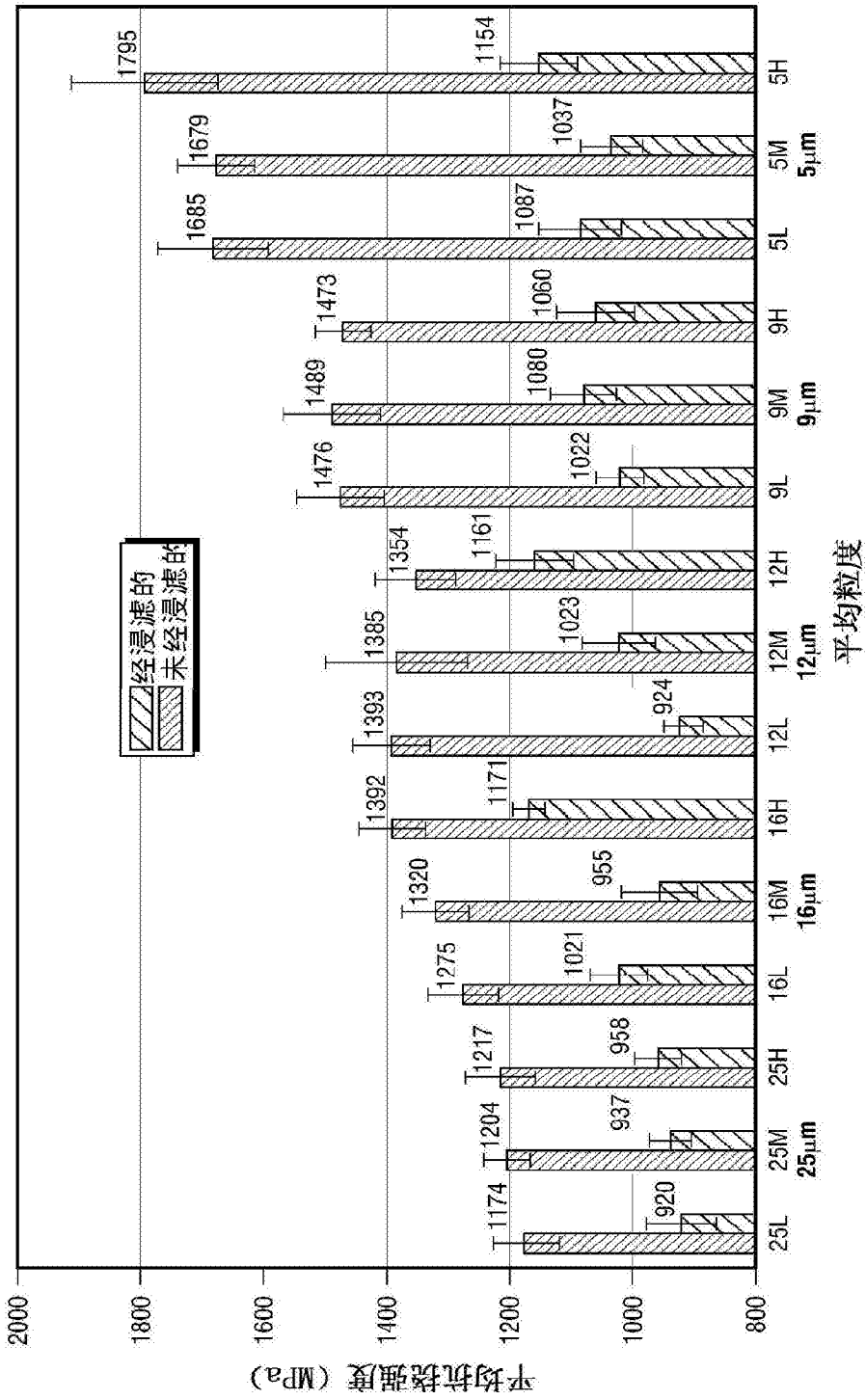


图 6

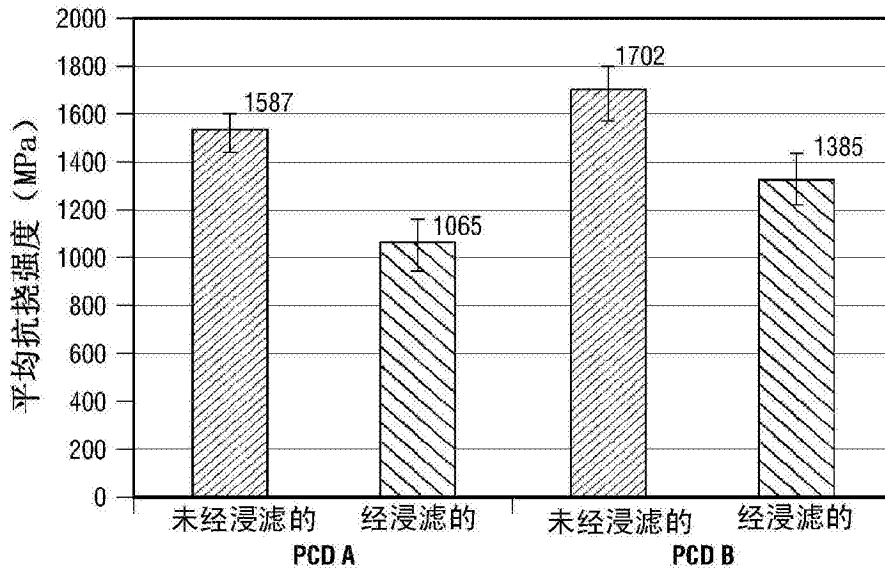


图 7

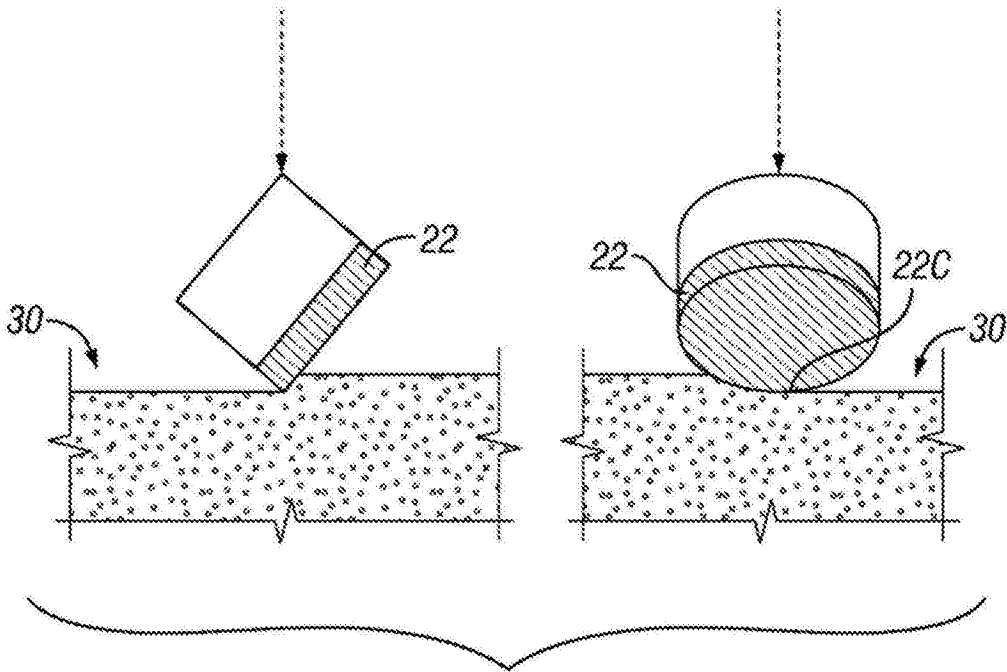


图 8

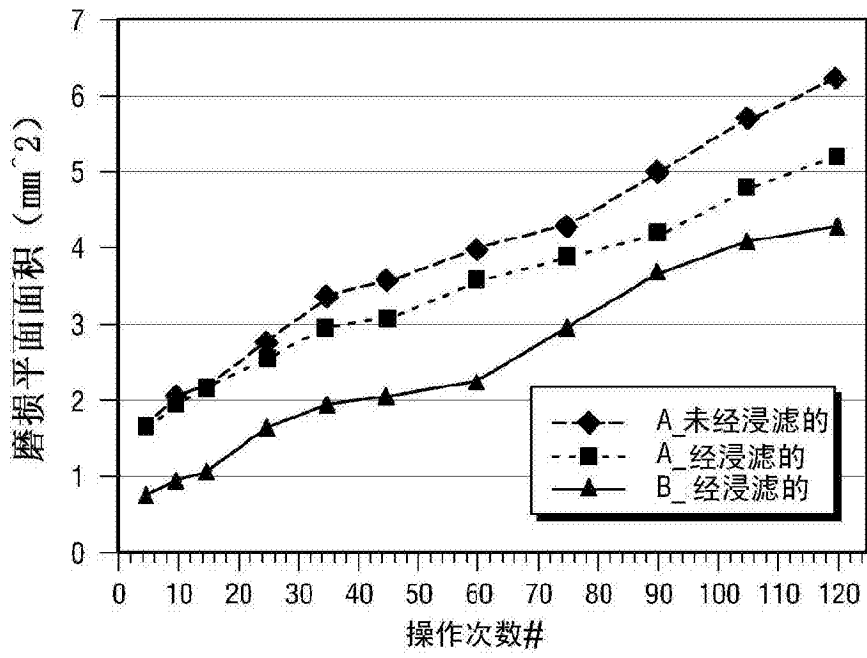


图 9

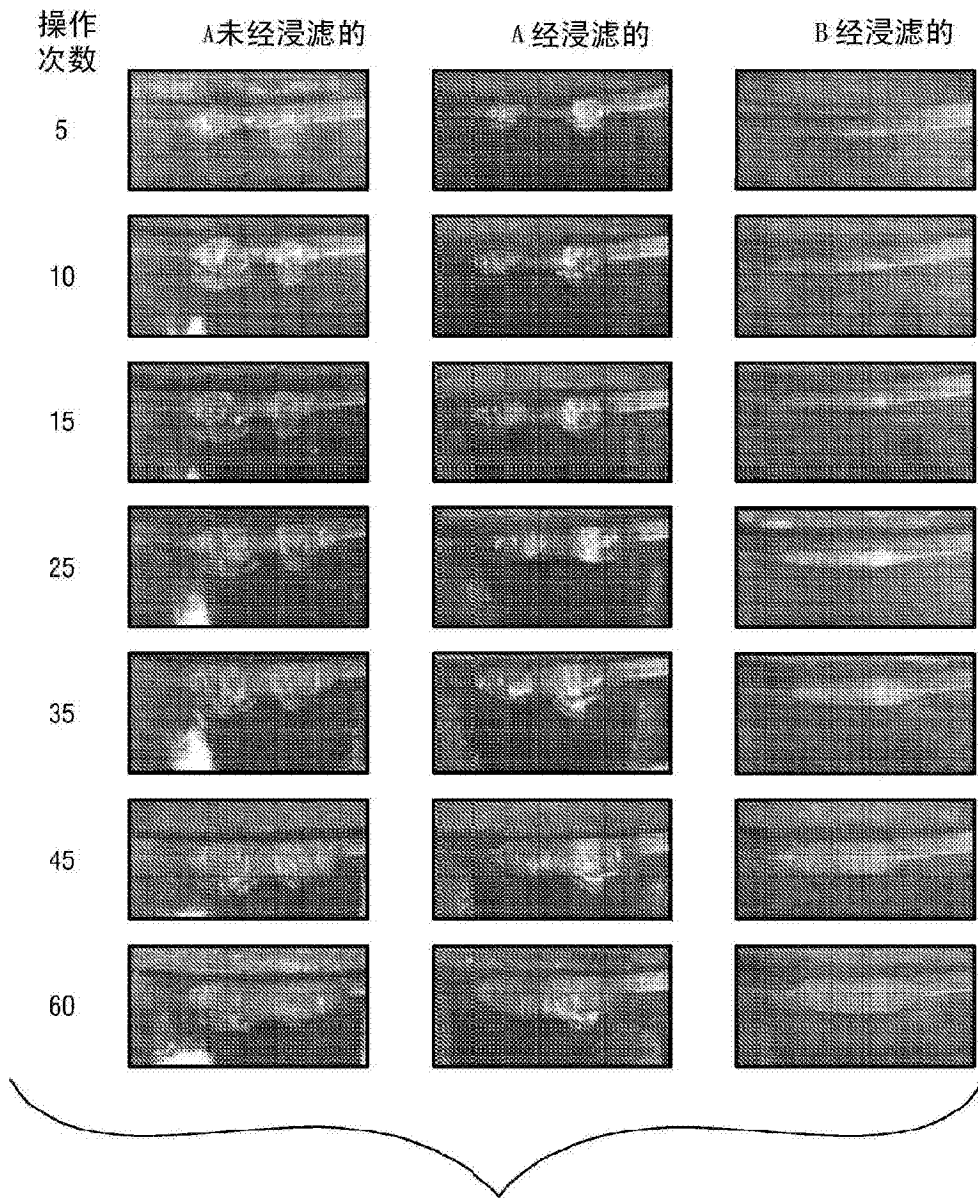


图 10

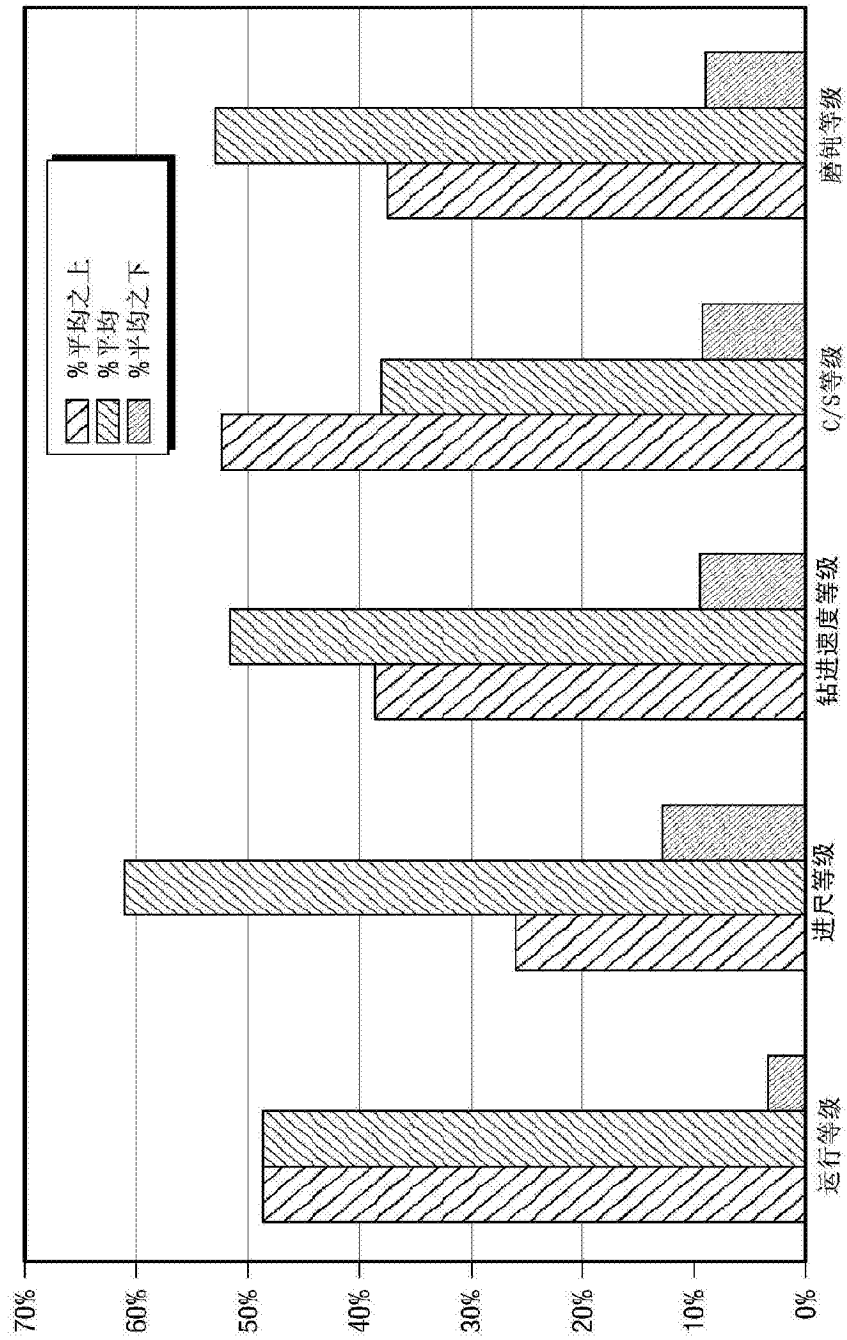


图 11