(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105839181 B
(45)授权公告日 2019.04.19

(21)申请号 201610145112.5

(22)申请日 2011.11.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105839181 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(30)优先权数据
12/954,403 2010.11.24 US

(62)分案原申请数据
201180056837.2 2011.11.23

(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 J·丹尼尔·贝尔纳普
格奥尔基·沃罗宁 余峰
彼得·卡里维奥

(74)专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有限公司 11270
代理人 康艳青 姚开丽

(51)Int.Cl.
C30B 29/04(2006.01)
C30B 28/02(2006.01)

(56)对比文件
CN 101646527 A,2010.02.10,
CN 86103664 A,1987.02.04,
US 2005146086 A1,2005.07.07,
EP 1760165 A2,2007.03.07,
US 2009152017 A1,2009.06.18,

审查员 游巧

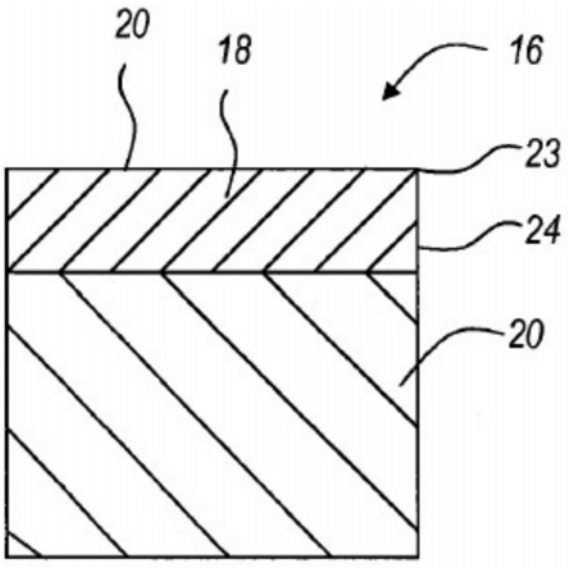
权利要求书3页 说明书13页 附图6页

(54)发明名称

具有优化的材料组成的多晶金刚石结构

(57)摘要

包括金刚石主体的金刚石结合结构，该金刚石主体包括晶粒间结合的金刚石和间隙区。所述主体具有工作面和分界面，并可以结合至金属基底。所述主体具有约大于1.5%的梯度金刚石体积，其中在该分界面处的金刚石含量小于94%，并朝向工作面增加。所述主体可以包括基本不含有催化剂材料的区域，否则该催化剂材料分布在所述主体内，并存在梯度含量。所述主体内可包括附加材料，该附加材料存在变化的量。所述主体可通过例如6200MPa至10000MPa的高压HPHT工艺来形成，以产生烧结主体，该主体具有特有的金刚石体积分数与平均晶粒尺寸之间的关系，区别于传统压力HPHT工艺形成的金刚石结合结构中金刚石体积分数与平均晶粒尺寸之间的关系。



CN 105839181 B

1.用于制备金刚石结构的方法,该方法包括步骤:

在催化剂材料存在时,使一定体积的金刚石晶粒经受高压高温条件,以形成烧结的金刚石主体,该烧结的金刚石主体包括晶粒间结合的金刚石的基质相,和分布在所述基质相之间的多个间隙区,其中所述催化剂材料分布在所述间隙区内,所述催化剂材料的体积含量在所述烧结的金刚石主体内从工作面至分界面成梯度变化,其中所述烧结的金刚石主体的金刚石体积从所述工作面至所述分界面呈梯度变化,并且梯度变化大于1.5%;

其中,所述高压高温过程大于6200MPa;

其中,在所述工作面的金刚石体积含量大于94%。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之前,所述金刚石体积与附加材料结合,所述附加材料选自碳化物、氮化物、硼化物、氧化物及它们的组合。

3.根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述附加材料的体积含量从所述分界面至所述工作面梯度增加。

4.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之前,所述金刚石体积与与催化剂粉末体积混合,其中催化剂粉末的量从所述工作面至分界面变化。

5.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述烧结的金刚石主体的金刚石体积含量差异的范围为2-6%。

6.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之前,将所述金刚石体积置于包括作为成分的催化剂材料的基底附近,当所述经受步骤时,所述基底结合至所述金刚石主体。

7.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之后,在所述工作面处,所述金刚石晶粒尺寸和金刚石体积含量满足以下标准的其中之一:

烧结平均金刚石晶粒尺寸为2-4微米,金刚石体积分数大于93%;或者

烧结平均晶粒尺寸为4-6微米,且金刚石体积分数大于94%;或者

烧结平均晶粒尺寸为6-8微米,且金刚石体积分数大于95%;或者

烧结平均晶粒尺寸为8-10微米,且金刚石体积分数大于95.5%;或者

烧结平均晶粒尺寸为10-12微米,且金刚石体积分数大于96%。

8.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之后,在所述工作面处,所述烧结的金刚石主体具有根据以下标准之一的金刚石体积含量:

所述金刚石体积分数大于$(0.9077)\cdot(\text{平均金刚石晶粒尺寸}^{0.0221})$;或者

所述金刚石体积分数大于$(0.9187)\cdot(\text{平均金刚石晶粒尺寸}^{0.0183})$;或者

所述金刚石体积分数大于$(0.9291)\cdot(\text{平均金刚石晶粒尺寸}^{0.0148})$,其中所述平均金刚石晶粒尺寸的单位为微米。

9.用于制备多晶金刚石结构的方法,包括以下步骤:

将一定体积的金刚石晶粒与碳化物材料结合,以形成混合物,其中在所述混合物中,碳化物材料的体积从将要成为所述结构的工作面处开始变化;

将基底材料在表面处放置在所述混合物附近,该表面不是所述混合物的工作面,所述混合物和基底形成一组件;

使所述组件经受高压高温条件,其中在该经受步骤中,在催化剂材料的存在下,使金刚石晶粒彼此经受晶粒间的结合,以形成多晶金刚石主体,所述多晶金刚石主体在工作面具

有小于6%的催化剂含量,其中在经受步骤中,所述基底结合至所述多晶金刚石主体,

其中所述多晶金刚石主体的金刚石体积从所述工作面至分界面呈梯度变化,并且梯度变化大于1.5%。

10.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述多晶金刚石主体具有梯度体积含量的催化剂材料。

11.根据权利要求10所述的方法,其特征在于,催化剂材料的体积含量从所述工作面至所述基底增加。

12.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述结合步骤中,所述催化剂材料结合至金刚石晶粒体积。

13.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤中,所述催化剂材料从所述基底渗入所述金刚石晶粒体积。

14.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述多晶金刚石主体内,碳化物材料的体积范围为10-70%。

15.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤中,至少部分的所述组件暴露在大于6200MPa的压力下。

16.根据权利要求15所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤中,至少部分的所述组件暴露在小于6200MPa的压力下。

17.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤后,在所述工作面处,所述金刚石晶粒尺寸和金刚石体积含量满足以下标准之一:

烧结平均金刚石晶粒尺寸为2-4微米,金刚石体积分数大于93%;或者

烧结平均晶粒尺寸为4-6微米,且金刚石体积分数大于94%;或者

烧结平均晶粒尺寸为6-8微米,且金刚石体积分数大于95%;或者

烧结平均晶粒尺寸为8-10微米,且金刚石体积分数大于95.5%;或者

烧结平均晶粒尺寸为10-12微米,且金刚石体积分数大于96%。

18.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,在所述经受步骤之后,在所述工作面,所述多晶金刚石主体的金刚石体积含量根据以下标准之一:

所述金刚石体积分数大于(0.9077)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0221}$);或者

所述金刚石体积分数大于(0.9187)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0183}$);或者

所述金刚石体积分数大于(0.9291)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0148}$),其中所述平均金刚石晶粒尺寸的单位为微米。

19.用于制备多晶金刚石结构的方法,该方法包括以下步骤:

在催化剂材料存在时,使一定体积的金刚石晶粒经受高压高温条件,以形成烧结的金刚石主体,该烧结的金刚石主体包括晶粒间结合的金刚石的基质相,和分布在所述基质相之间的多个间隙区,其中所述催化剂材料分布为所述间隙区,其中在所述工作面处,所述金刚石晶粒尺寸和金刚石体积含量满足以下标准的其中之一:

烧结平均金刚石晶粒尺寸为2-4微米,金刚石体积分数大于93%;或者

烧结平均晶粒尺寸为4-6微米,且金刚石体积分数大于94%;或者

烧结平均晶粒尺寸为6-8微米,且金刚石体积分数大于95%;或者

烧结平均晶粒尺寸为8-10微米,且金刚石体积分数大于95.5%;或者

烧结平均晶粒尺寸为10-12微米，且金刚石体积分数大于96％，

其中所述烧结的金刚石主体的金刚石体积从所述工作面至分界面呈梯度变化，并且梯度变化大于1.5％。

20.用于钻探地下岩层的钻头，包括：

钻头主体；和

可操作地连接至所述钻头主体的多个切削元件，至少一个所述切削元件包括多晶金刚石结构，该多晶金刚石结构包括：

金刚石主体，包括结合在一起的金刚石晶体的基质相和分布在所述基质相内的多个分布的间隙区，所述金刚石主体在一个位置具有工作面，在另一个位置具有分界面，其中催化剂材料和碳化物材料位于所述间隙区，催化剂材料的体积含量在所述金刚石主体内从所述分界面至所述工作面梯度减少，其中在工作面处，所述催化剂材料的体积含量小于6％，

其中所述金刚石主体的金刚石体积从所述工作面至所述分界面呈梯度变化，并且梯度变化大于1.5％；以及

在所述分界面结合至所述金刚石主体的基底，其中所述基底选自陶瓷材料、金属材料、金属陶瓷材料、以及它们的组合。

21.根据权利要求20所述的钻头，其特征在于，在所述金刚石主体内，金刚石的体积含量变化为2-6％。

22.根据权利要求20所述的钻头，其特征在于，所述金刚石主体的金刚石体积含量为98％或更少，其中在所述工作面处，所述金刚石主体具有根据以下标准之一的金刚石体积含量：

所述金刚石体积分数大于(0.9077)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0221}$)；或者

所述金刚石体积分数大于(0.9187)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0183}$)；或者

所述金刚石体积分数大于(0.9291)•(平均金刚石晶粒尺寸$^{0.0148}$)，其中所述平均金刚石晶粒尺寸的单位为微米。

23.根据权利要求20所述的钻头，其特征在于，在所述工作面处，所述金刚石晶粒尺寸和金刚石体积含量满足以下标准的其中之一：

烧结平均金刚石晶粒尺寸为2-4微米，金刚石体积分数大于93％；或者

烧结平均晶粒尺寸为4-6微米，且金刚石体积分数大于94％；或者

烧结平均晶粒尺寸为6-8微米，且金刚石体积分数大于95％；或者

烧结平均晶粒尺寸为8-10微米，且金刚石体积分数大于95.5％；或者

烧结平均晶粒尺寸为10-12微米，且金刚石体积分数大于96％。

24.根据权利要求20所述的钻头，其特征在于，所述金刚石主体在临近所述工作面的区域基本不含有所述催化剂材料。

25.根据权利要求20所述的钻头，包括多个从所述钻头主体向外伸出的刀片，其特征在于，所述切削元件连接至所述刀片。

26.根据权利要求20所述的钻头，包括多个从所述钻头主体向外伸出的腿，以及可旋转的设置在所述腿上的锥体，其特征在于，所述切削元件连接至所述锥体。

具有优化的材料组成的多晶金刚石结构

技术领域

[0001] 本发明涉及用于地下钻井应用的多晶金刚石结构，特别涉及设计为具有受控梯度含量的催化剂/结合剂材料的多晶金刚石结构，其中具有受控梯度含量的催化剂/结合剂材料的目的在于与传统的多晶金刚石结构相比，提供耐磨损性和热稳定性的优化性能，同时保持理想程度的断裂韧性、抗冲击性和抗分层性。

背景技术

[0002] 本领域已知，多晶金刚石(PCD)材料是由金刚石晶粒或晶体和催化剂材料形成，并经高压-高温(HP/HT)工艺合成。已知这种PCD材料具有高度的抗磨损性，使得它们成为受欢迎的材料，用于需要这样高水平的耐磨性工业应用，例如加工用切削工具，以及地下采矿和钻井中的耐磨和/或切削元件。在这些应用中，传统的PCD材料可以设置为表面层或整个材料主体的形式，来给予理想水平的耐磨和抗磨性。

[0003] 传统地，此类应用中使用的PCD切削元件是由一层或多层这种PCD材料形成的，或形成用于与合适的基底材料结合的这种PCD材料的主体。本领域已知的PCD切削元件的例子可以包括基底、PCD表面层或主体，和可选择的一个或多个过渡或中间层，以改善它们之间的结合和/或提供PCD表面层或主体与下面基底支撑层之间的过渡性能。在此类切削元件应用中使用的基底包括碳化物如烧结碳化钨(WC-Co)。

[0004] 这种传统的PCD材料包括体积比约为10％的催化剂材料，以促进金刚石晶粒间的晶粒间的结合，并促进PCD材料与下层基底和/或过渡层的结合。传统作为催化剂的金属通常选自包括钴、铁、镍和其混合物的溶剂金属催化剂，可以在元素周期表的第VIII族找到。

[0005] 用于形成PCD材料的催化剂材料的量代表所得烧结金刚石主体的韧性和硬度/耐磨性的理想性能的折中。虽然较高的金属催化剂含量通常增加了所得PCD材料的韧性，但是这种较高的金属催化剂含量同时降低了PCD材料的硬度和相应耐磨和抗磨性能。同时，当随着金刚石体积分数的增加而形成PCD材料时，烧结PCD与碳化钨基底之间的热失配会增加，从而在这些材料之间的分界面附近产生较高的残余应力，由于残余应力可促进PCD结构内的开裂和/或分层，故而不希望存在这些残余应力。

[0006] 所以，这些反向影响理想性能的因素极大地限制了能提供具有理想水平的耐磨性和韧性来满足特殊应用服务要求的PCD材料的灵活性，例如地下钻井设备中使用的切削和/或耐磨元件。此外，当选择变量来增加PCD材料的耐磨性时，通常脆性也会增加，从而减少了PCD材料的韧性和抗冲击性。

[0007] 用于某些应用的PCD结构的另一个理想性能是它们在磨损或切削的操作条件下具有热稳定性。已知传统PCD材料存在的一个问题是当切削和/或磨损应用时暴露于高温时，易受热降解。该弱点是由于PCD材料间隙内分布的金属催化剂的热膨胀特性的差异，以及晶粒间结合的金刚石的热膨胀特性的差异。已知在低至400℃时，开始发生这种不同的热膨胀，可能诱导破坏金刚石的晶粒间的结合的热应力，可能最终形成使PCD结构易受到破坏的裂缝。因此，不希望出现这些行为。

[0008] 已知存在于传统PCD材料的另外一种形式的热降解同样涉及PCD材料间隙区内存在的金属催化剂和溶剂金属催化剂和金刚石晶体的结合。具体地，已知随着温度的升高溶剂金属催化剂使得在金刚石内产生不想要的催化相变(将它转变为一氧化碳、二氧化碳或石墨)，从而将PCD材料的实际使用限制在约750℃。

[0009] 因此，希望开发出一种用于复杂耐磨环境的PCD材料，与传统的PCD材料相比，该PCD材料表现出耐磨和抗磨性、低残余应力和热稳定性的改进并优化的综合性能，而同时未牺牲理想的韧性、抗冲击性以及抗分层性，使得它们非常适合于相同的应用。

发明内容

[0010] 本文中公开的金刚石结合结构包括金刚石主体，该金刚石主体包括晶粒间结合的金刚石的基质相，和分散在所述结合的金刚石之间的多个间隙区。所述金刚石主体具有位于一个位置的工作面和位于另一个位置的分界面。所述主体可结合至金属基底，以形成金刚石结合的复合片结构。该金刚石结合结构的特点在于所述金刚石主体具有大于原本存在于传统金刚石结合结构内的梯度的金刚石体积含量。在一个示例实施例中，所述梯度金刚石体积含量约大于1.5％。在一个示例实施例中，在分界面处的金刚石体积含量小于94％，并在移向工作面处增加。

[0011] 在一个示例实施例中，所述金刚石主体可以包括基本不含有催化剂材料的区域，其中催化剂材料用于通过HPHT工艺形成所述金刚石结合结构。基本不含有催化剂材料的所述区域可以从所述工作面延伸出部分深度，其中该区域的确切深度可以并将根据具体的最终应用而变化。

[0012] 本文中公开的金刚石结合结构的另一个特点在于，所述金刚石主体包括分散于所述间隙区的催化剂材料。在一个示例实施例中，所述催化剂材料的体积含量例如以梯度方式随所述金刚石主体内的位置而改变。在一个示例实施例中，该催化剂材料的体积含量从所述主体工作面向所述分界面增加。所述金刚石主体可以包括附加材料，根据金刚石主体内的位置，该附加材料可以具有改变的体积含量。在一个示例实施例中，所述附加材料的体积含量可以提供金刚石主体内的催化剂和/或金刚石体积含量的理想改变。

[0013] 本文公开的金刚石结合结构可以通过例如从6200MPa至10000MPa的高压HPHT工艺形成。如此形成的金刚石结构表现了金刚石体积分数与平均晶粒尺寸之间的关系，这是使用高压的特征，且这区分并识别如此形成的金刚石结合结构与通过传统压力HPHT工艺烧结的传统金刚石结合结构。在一个典型实施例中，通过高压HPHT工艺形成的金刚石结合结构可以在工作面具有金刚石体积含量可以根据以下标准之一：金刚石体积分数大于(0.9077)•(平均金刚石晶粒尺寸^0.0221)；或者金刚石体积分数大于(0.9187)•(平均金刚石晶粒尺寸^0.0183)；或者金刚石体积分数大于(0.9291)•(平均金刚石晶粒尺寸^0.0148)，其中平均金刚石晶粒尺寸以微米计。

[0014] 在另一个示例实施例中，在所述工作面的金刚石晶粒尺寸和金刚石体积含量可以满足以下标准中之一：烧结平均金刚石晶粒尺寸为2-4微米，金刚石体积分数大于93％；或者烧结平均晶粒尺寸为4-6微米，且金刚石体积分数大于94％；或者烧结平均晶粒尺寸为6-8 微米，金刚石体积分数大于95％；或者烧结平均晶粒尺寸为8-10微米，金刚石体积分数大于95.5％；或者烧结平均晶粒尺寸为10-12微米，金刚石体积分数大于96％。

[0015] 金刚石结合结构和以及包含相同结构的复合片可以用作钻探地下岩石的钻头上的切削元件。所述切削元件可设置为用于固定刀片切削器的一个或多个刀片上的剪切刀的形式，或者可以设置为切削刀片(cutting insert)的形式，用于可旋转的设置在旋转牙轮钻头或岩石钻头的一个或多个锥体上。

[0016] 本文中公开的金刚石结合结构设计为用于复杂耐磨环境的PCD材料，与传统的PCD材料相比，该PCD材料提供耐磨和抗磨性、低残余应力和热稳定性的改进并优化的综合性能，而同时未牺牲理想的韧性、抗冲击性以及抗分层性，使得它们非常适合于所需的最终应用。

附图说明

[0017] 参考说明书、权利要求书以及附图，将理解本发明的这些和其它特点和优点，其中：

[0018] 图1本发明制备的PCD材料的区域的剖视图；

[0019] 图2为展示在不同HPHT工艺条件下，金刚石体积分数与金刚石晶粒尺寸的关系的图表；

[0020] 图3为含有结合至基底的PCD主体的PCD结构的示例实施例的透视侧视图，其中PCD主体包括图1所示的PCD材料；

[0021] 图4为图3所示的PCD结构的侧剖视图；

[0022] 图5为具体体现为切削刀片(cutting insert)形式的PCD结构的透视侧视图；

[0023] 图6为包含多个图5所示的切削刀片的牙轮钻头的透视侧视图；

[0024] 图7为包含多个图5所示的切削刀片的敲击或锤钻头的透视侧视图；

[0025] 图8为具体表现为剪切刀形式的PCD结构的透视图；

[0026] 图9为包含多个如图8所示的剪切刀的切削型钻头的透视侧视图；和

[0027] 图10为展示了在金刚石压力与温度的相图上的传统烧结压力和高烧结压力的图形。

具体实施方式

[0028] 如说明书中使用的，术语多晶金刚石以及其缩写“PCD”在本文中指的是通过将单独的金刚石晶体或晶粒在催化剂材料存在下经受足够的高压高温(HPHT)条件制备所得的材料，高温高压条件使得在相邻金刚石晶体间产生晶粒间结合，以形成金刚石晶体至金刚石晶体结合的网络或基质相。所述PCD还包括分散在所述基质相内的多个区域，在结合在一起的金刚石晶粒之间的间隙内。

[0029] 本文中公开的PCD结构包括多晶金刚石主体，该多晶金刚石主体的溶剂金属催化剂，例如钴的体积含量以在所述主体内，从主体的工作面向结合至该主体的基底以梯度方式增加。所述PCD主体可以进一步包括附加填隙材料(additional interstitial material)，该附加填隙材料可以是碳化物。催化剂材料在所述主体内的理想的梯度分布可通过受控含量的催化剂材料实现，或者通过在主体内使用附加材料以转移并控制催化剂材料的渗入来实现，或者通过改变催化剂材料含量和使用这样的附加材料相结合来实现。与传统PCD结构相比，这种PCD结构表现出抗磨损性、热稳定性、断裂韧性以及抗分层性的优化

的综合性能，例如具有相对稳定的催化剂材料含量。本文公开的PCD结构特征还在于，PCD的全部或部分在比传统PCD使用的压力更高的压力下形成，从而生产的PCD材料或区域具有理想高体积分数的金刚石。

[0030] 图1展示了用于形成本文中所公开的PCD结构的PCD10的区域，该区域通过HPHT 工艺烧结而成。所述PCD材料具有材料微观结构，该微观结构包括由多个结合在一起的相邻金刚石晶粒12制成的基质相，和分布在所述结合在一起的相邻的金刚石晶粒之间的多个间隙区14。催化剂材料分布在所述间隙区，并用于促进在HPHT工艺时产生金刚石-金刚石的结合。如下更好的描述，根据PCD主体内的位置，所述间隙区可以包括理想含量的附加材料，例如碳化物材料，以有助于提供理想的催化剂材料含量。

[0031] 用于促进金刚石至金刚石结合的催化剂材料通常以两种方式提供。它可以是混合入或存在于烧结前的金刚石晶粒体积内的材料粉末形式，或者在HPHT工艺过程中从相邻材料，例如包括催化剂材料的基底材料渗入金刚石晶粒的体积，该基底材料用于结合至PCD主体，以形成理想的PCD结构。

[0032] 用于形成本发明的PCD材料的所述金刚石晶粒可以是合成或天然的。在某些应用中，例如那些需要改善程度的控制PCD材料内的催化剂材料的含量应用中，希望使用天然金刚石晶粒，因为它们没有包埋在金刚石晶体自身内的催化剂材料。用于制备本发明的PCD材料的金刚石晶粒的尺寸可以或将会根据具体最终用途而改变，并且可以包括具有相同一般平均粒径的金刚石晶粒的单峰分布，或者包括具有不同平均粒径的不同体积的金刚石晶粒的多峰分布(双、三、四、五或对数分布)。此外，该HPHT工艺压力可以影响金刚石的晶粒尺寸，该金刚石用于形成具有特定金刚石体积分数的PCD材料。

[0033] 用于形成所述PCD材料或主体的金刚石晶粒可以包括天然和/或合成的金刚石粉末，该金刚石粉末的平均直径晶粒尺寸范围从亚微米至100微米，优选约为1微米至80微米。所述金刚石粉末可以包含具有单或多模态尺寸分布的晶粒。在一个示例实施例中，所述金刚石粉末的平均晶粒尺寸约为20微米。在使用的金刚石粉末具有不同尺寸的晶粒的情况下，通过传统方式例如通过球磨机或磨碎机使金刚石晶粒混合在一起足够时间，以保证良好的均匀分布。

[0034] 所述金刚石晶粒粉末优选为清洁的，以提高通过高温、真空或减压处理的粉末的烧结性。将所述金刚石粉末混合物加载至理想容器内，该容器用于放置于合适的HPHT固结和烧结装置中。

[0035] 所述金刚石粉末可以与粉末形式的理想的催化剂材料，例如如下所述的溶剂金属催化剂混合，以便于在HPHT工艺中金刚石的结合和/或所述催化剂材料可通过从位于金刚石粉末附近的基底材料渗入而提供，该基底材料包括催化剂材料。可以用作渗入催化剂材料的来源的合适的基底可包括那些用于形成传统PCD材料的基底，且可以是粉末、生坯状态和 /或已烧结形式。这种基底的特征在于它包括金属溶剂催化剂，其能够融化并渗入金刚石粉末的相邻体积，以便于在HPHT工艺中金刚石晶粒的结合。在示例实施例中，催化剂材料为钴(Co)，用于提供催化剂材料的基底为含钴基底，例如WC-Co。

[0036] 如果需要，金刚石混合物可以以生坯件的形式提供，该生坯件包括一定体积的金刚石粉末，其与结合剂结合以提供合适的材料产品，例如金刚石磁带形式或其他可成形的/合适的金刚石混合物产品，以便于制造工艺。如果金刚石粉末为该生坯件的形式，那么希望

在 HPHT固结和烧结之前进行预热步骤，以去除结合剂材料。所述生坯件可以或可以不包含催化剂材料。

[0037] 除了金刚石晶粒之外，还希望加入附加材料，在HPHT工艺中该材料能够补偿和控制催化剂材料在金刚石体积内的存在、渗入和/或移动，以提供理想的催化剂材料在主体内的分散。例如附加材料选自碳化物，氮化物，硼化物，氧化物及它们的组合。这种附加材料还可以与周期表中的IVA族金属，例如Ti、Zr和Hf，VA族金属，例如V、Nb和Ta， VIA族金属，例如Cr、Mo和W结合。在一个示例实施例中，理想的附加材料为碳化物。

[0038] 在示例实施例中，该附加材料与金刚石体积结合，使得该附加材料的体积从将形成所述烧结的金刚石主体的工作面开始变化。在示例实施例中，该附加材料在金刚石体积混合物中的体积在工作面处最大，并由此逐渐降低。该附加材料的体积优选在金刚石主体内呈梯度形式变化，以在金刚石材料体积含量中提供相反的呈梯度变化。

[0039] 可以理解的是，少量的金刚石体积梯度在用WC-Co基底烧结的PCD结构中是固有的。观察到这样固有的金刚石体积梯度大约为1.5体积百分比或更少，在工作面具有较高的体积分数，在分界面处具有较低的体积分数，彼此间具有连续梯度。这样的金刚石体积分数的变化是固有的，因为所述基底导致烧结限制，不能使材料自由收缩，而相比较，所述工作面没有这样的限制。这种收缩的差异导致在填充有渗入的钴和一定程度的碳化钨的分界面区附近，空隙相对增加。本文公开的PCD材料和结构被特别地设计，具有增强或增高的金刚石体积梯度，远高于以上所述的PCD合成中固有的量。

[0040] 传统PCD产品(称为D21和D31)中金刚石、钴和碳化钨的内在的或固有的梯度展示于表1。这些PCD产品都是利用平均晶粒尺寸约为12微米的粉末制成的。该组成梯度通过能谱仪(EDS)测定，相对于大块PCD密度测量值进行校准。利用标准冶金程序，利用金刚石、钴和碳化钨相的已知密度(分别为3.51、8.85和15.7gm/cc)将组成梯度转化为体积分数。用于表征该体积分数梯度的可替换的方法为利用扫描电子显微镜(SEM)的图像分析，然而需要十分注意采集和分析，以准确的俘获理想相的图像，同时最大程度的减少例如电子束充电等对比偏置和影响。

[0041] 表1固有PCD的组成梯度

[0042]

	Dia wt%	Co wt%	WC wt%	Dia vol%	Co vol%	WC vol%
现有技术（D21）表面	0.845	0.121	0.034	0.938	0.053	0.008
现有技术（D21）分界面	0.82	0.129	0.051	0.929	0.058	0.013
现有技术（D31）表面	0.834	0.111	0.055	0.937	0.049	0.014
现有技术（D31）分界面	0.802	0.133	0.065	0.923	0.061	0.017

[0043] 返回制备PCD材料的方法，结合的金刚石体积和附加材料可以粉末形式作为粉末组件提供，或者可以生坯状态体积或厚度，例如磁带形式，包括将粉末剂保持在理想位置的结合剂。如上所述，所述结合的金刚石体积可以包括催化剂材料或者该催化剂材料可通过

在 HPHT工艺中从基底渗入而被提供。

[0044] 将该金刚石粉末混合物或生坯件加载至在合适的HPHT固结和烧结装置内放置的理想容器。激活该HPHT装置，使得所述容器达到理想的HPHT条件以固结和烧结金刚石粉末。在示例实施例中，控制所述装置使其经受预定时间段的压力为5000MPa或更高，温度约为1350-1500℃的HPHT工艺。在该压力和温度下，催化剂材料融化并渗入金刚石粉末混合物中，从而金刚石晶粒形成PCD。

[0045] 通常用于形成PCD的标准HPHT压力条件为内部冷腔压力(internal cold cell pressures) 约为5000-6200MPa(通过锰铜电阻法测定，用铋和镱转化校准，在本领域已知的技术)。在一个实施例中，提供具有高金刚石含量的PCD主体。具有高金刚石含量的PCD的特点为具有高金刚石体积分数的PCD。所述金刚石体积分数指的是金刚石的体积与感兴趣的 PCD区域的总体积(即PCD主体的部分(例如，第一或第二区域)或PCD主体的全部) 的比率。高金刚石含量的特点也在于PCD样品的表观孔隙率，以及浸出质量损失(leaching weight loss)。

[0046] 在一个实施例中，具有高金刚石含量的PCD通过比正常压力更高的HPHT烧结而形成，如图10所示的例子。图10展示了用于产生PCD(本领域已知的，如线“A”所示)和具有高金刚石含量的PCD(根据本发明的实施例的，如线“B所示”)的压力和温度的图表。该图表包括将其分为四个象限的两条线。比较水平的线为金刚石/石墨平衡线，这是本领域技术人员所熟知的伯曼-西蒙线。金刚石在该线以上是热力学稳定的。比较竖直的线为Co-C 共晶线，引自本领域所熟知的参考书《金刚石的性质》的图16.7中(Properties of Diamond, Academic Press,1979)。当在这条线右侧的温度时，钴是液体形式，当在这条线左侧的温度时，钴是固体形式。在工业实践中，金刚石在右上象限形成，高于该金刚石/石墨线，并在钴线右侧。

[0047] 如线“A”所示的，用于制备PCD的标准HPHT压力为约4600-5500MPa(magapascals)(由锰铜电阻法测定，铋和镱转换矫正，本领域已知的技术)的内部冷(室温)腔压力。由于腔材料(cell materials)的热膨胀，当温度增高至超过钴线时，该压力范围大约为 5500-6200MPa。温度对腔压的影响可利用本行业内已知的技术评估，例如金的熔点。通过金刚石相的金刚石/石墨线测定压力下限。

[0048] 对于具有高金刚石体积含量的PCD材料，为了优化耐磨性，可能希望使用压力为6200 MPa或更高，例如温度增加至超过钴/碳共晶线时，线“B”所示的约6200-10000MPa的范围。在示例实施例中，该压力(在高温时)在约6200-7200MPa范围。在各种实施例中，该腔压力(在高温时)可以大于6200MPa，例如从大于6200MPa至8000MPa，或者从8000MPa 至10000MPa，例如6250MPa，7000MPa，7500MPa，8000MPa，8500MPa，9000MPa或 9500MPa。如上所述，用于标准HPHT烧结和较高压力的HPHT烧结的温度是类似的，尽管使用更高的压力使得，如果需要和如果容器材料和设计允许，可以适用额外的温度。

[0049] 在以下三种不同压力下(液压流体压力为10.2ksi，11ksi，和12ksi)(与5.4GPa，5.8GPa和6.2GPa的内部冷腔压力，以及6.2GPa，6.7GPa和7.1GPa的内部热腔压力相关)，对包括四种金刚石粉末混合物的PCD样品进行烧结。根据“密度”法测定这些样品，以确定并比较所述样品的金刚石体积分数。

[0050] 该“密度”第三方法计算该PCD样品的金刚石体积分数。该方法不需要分离PCD样

品。而是，测量该样品的堆积密度，并测定金属成分与金刚石的比率，以确定这些成分的体积分数。该方法包括通过分析法确定成分的质量分数。可以通过包括能谱仪(EDS)、波长色散光谱(WDS)、X-射线荧光法(XRF)、电感耦合等离子体(ICP)、或者湿化学技术中的一种技术测定结合组成。由于在扫描电子显微镜中的频繁使用，EDS通常用于定量分析PCD样品。但是，EDS不可以精确测定低原子序数元素，例如碳，这在如PCD的材料中将产生问题。尽管存在这种已知的限制，如果已知结合相的钴/钨率具有合理的精度，那么如果知道样品的堆积密度，可以合理的确定该组成。

[0051] 为了确定分析方法是否被充分地校准，应该进行已知的烧结碳化物样品的分析。如果钴元素组成在0.5％以内，钨元素组成在1.5％以内(即WC-13wt％Co应该给定12.5-13.5wt％的钴和80.1-83.1wt％的钨)，那么可以获得充分的精度。当样品被抛光至镜面表面光洁度，可获得更可靠的PCD样品的EDS结果，该抛光通过利用含金刚石的研磨表面(例如砂轮) 来进行，与下面描述的用于EBSD样品的制备方法类似。通常使用低的放大倍数10-100X 来放大采样区。可使用不同的工作距离和加速电压，然而10-11mm的工作距离和20千伏特的加速电压得到可接受的结果。当分析样品时，总时间应该包括30-60秒的现场采集时间，其中具有25-35％的空载时间。测量质量分数的EDS可用于确定常数k(见下面等式 1)的值。该常数k以及PCD主体的测量密度(ρS以上)可用于获得金刚石、催化剂和金属碳化物的计算的质量分数(见如下等式2-4)。然后通过计算的质量分数确定金刚石、催化剂和金属碳化物的计算的体积分数(见如下等式5-7)。

[0052] $k = m_{催化剂}/m_{金属碳化物}$ (等式1)

[0053] 其中，$m_{催化剂}$为通过EDX光谱测定的质量分数

[0054] $m_{金属碳化物}$为通过EDX光谱测定的金属碳化物中金属成分的质量分数

[0055] 例如，如果催化剂材料是钴，金属碳化物是碳化钨，那么以下等式可用于计算PCD主体内金刚石(m_{dia})、钴(m_{co})和碳化钨(m_{wc})的质量分数；

[0056] $$m_{dia} = 1 - \frac{(\rho_{dia} - \rho)}{\rho}\left[\frac{\rho_{co}\rho_{wc}(k+1)}{\rho_{dia}\rho_{co} + \rho_{wc}\rho_{dia}k - \rho_{wc}\rho_{co}(k+1)}\right]$$ (等式 2)

[0057] $$m_{co} = \frac{(\rho_{dia} - \rho)}{\rho}\left[\frac{\rho_{co}\rho_{wc}k}{\rho_{dia}\rho_{co} + \rho_{wc}\rho_{dia}k - \rho_{wc}\rho_{co}(k+1)}\right]$$ (等式 3)

[0058] $$m_{wc} = \frac{(\rho_{dia} - \rho)}{\rho}\left[\frac{\rho_{co}\rho_{wc}}{\rho_{dia}\rho_{co} + \rho_{wc}\rho_{dia}k - \rho_{wc}\rho_{co}(k+1)}\right]$$ (等式 4)

[0059] 其中：ρ_{dia}＝3.51gm/cc

[0060] ρ_{co}＝8.85gm/cc

[0061] ρ_{wc}＝15.7gm cc

[0062] ρ＝PCD样品的测量密度

[0063] 从所述计算的质量分数，利用以下等式可计算PCD主体内金刚石(v_{dia})、钴(v_{co}) 和碳化钨(v_{wc})的体积分数；

[0064] $$v_{dia} = \left[\frac{m_{dia}/\rho_{dia}}{m_{dia}/\rho_{dia} + m_{co}/\rho_{co} + m_{wc}/\rho_{wc}}\right]$$ (等式 5)

[0065] $$v_{co}=\left[\frac{m_{co}/\rho_{co}}{m_{dia}/\rho_{dia}+m_{co}/\rho_{co}+m_{wc}/\rho_{wc}}\right]$$ （等式 6）

[0066] $$v_{wc}=\left[\frac{m_{wc}/\rho_{wc}}{m_{dia}/\rho_{dia}+m_{co}/\rho_{co}+m_{wc}/\rho_{wc}}\right]$$ （等式 7）

[0067] 当使用钴以外的催化剂材料以及碳化钨以外的金属碳化物时，本领域技术人员将理解可以相似的方式测定质量分数和体积分数，且如果存在显著量的附加材料时，可适当修改上述等式。

[0068] 通过密度法得到的PCD样品的测量结果如表2所示：

[0069]

混合物	压力 (ksi)	Co wt% (EDS)	W wt% (EDS)	Co/W Ratio	样品密度 (gm/cc)	金刚石体积分数	烧结的平均晶粒尺寸（微米）
1	10.2	10.51	2.32	4.53	3.874	0.9615	13.5
2	10.2	11.41	3.12	3.66	3.902	0.9559	9.8
3	10.2	12.15	3.62	3.36	3.955	0.9499	8.2
4	10.2	15.01	5.29	2.84	4.076	0.9295	2.9
1	11	11.43	3.2	3.57	3.844	0.9639	13.5
2	11	11.54	3.01	3.83	3.881	0.9587	9.8
3	11	12.01	3.36	3.57	3.930	0.9532	8.2
4	11	14.83	6.28	2.36	4.046	0.9371	2.9
1	12	10.53	2.89	3.64	3.827	0.9653	13.5
2	12	14.42	5.740	2.51	3.857	0.9619	9.8
3	12	11.97	4.02	2.98	3.907	0.9580	8.2
4	12	16.33	5.24	3.12	4.009	0.9439	2.9

[0070] 该数据也绘制在图2中，展示了金刚石体积分数对测量的平均烧结晶粒尺寸。如图2 所示，对于三种不同的烧结压力，金刚石体积分数与平均晶粒尺寸之间的关系沿着相同的趋势。将曲线拟合应用至该数据，对于每种烧结压力，所得的等式展示于表中。图2展示了金刚石体积分数依赖于PCD样品的平均晶粒尺寸。金刚石体积分数随着平均晶粒尺寸的增加而增加(如向上的斜线所示)。对于给定的烧结压力，增大平均晶粒尺寸导致金刚石体积分数的增加。该结果可能是由于粗的金刚石晶粒的断裂，如上所述。

[0071] 此外，对于给定的晶粒尺寸，增加烧结压力导致金刚石体积分数的增加。这是由于更高的压力使得金刚石晶粒额外的被压实，导致在烧结的金刚石晶体之间更小的空隙，以及金刚石的更高的密度。

[0072] 图2中10.2ksi数据的曲线拟合识别了高的烧结压力和标准烧结压力之间的界限。从而，可通过测定样品的平均晶粒尺寸和金刚石体积分数来识别，在高的烧结压力下烧结的 PCD样品。对于给定的晶粒尺寸，如果金刚石的体积分数高于10.2ksi线，那么该样品是在比标准烧结压力下更高的压力下烧结的。如果金刚石体积分数低于10.2ksi线，那么该样品是在标准压力下烧结的。

[0073] 因此，可按照以下方式来识别在高于标准压力下烧结形成的、具有高金刚石含量的 PCD(平均晶粒尺寸为微米)：

[0074] PCD的金刚石体积分数大于(0.9077)•(平均晶粒尺寸^0.0221)，或者

[0075] PCD的金刚石体积分数大于(0.9187)•(平均晶粒尺寸^0.0183),或者

[0076] PCD的金刚石体积分数大于(0.9291)•(平均晶粒尺寸^0.0148),或者

[0077] PCD的金刚石体积分数大于一个以下值、平均晶粒尺寸在相应范围内:

[0078]

烧结的平均晶粒尺寸(微米)	金刚石体积分数(12 ksi)	金刚石体积分数(11 ksi)	金刚石体积分数(10.2 ksi)
2-4	0.939	0.930	0.922
4-6	0.948	0.942	0.936
6-8	0.954	0.949	0.944
8-10	0.958	0.954	0.950
10-12	0.961	0.958	0.955

[0079] 基于如图2所示的关系,在示例实施例中,具有高金刚石含量的PCD样品包括范围在 2-4微米的烧结的平均晶粒尺寸,和大于93%的金刚石体积分数;或者范围在4-6微米的烧结的平均晶粒尺寸,和大于94%的金刚石体积分数;或者范围在6-8微米的烧结的平均晶粒尺寸,和大于95%的金刚石体积分数;或者范围在8-10微米的烧结的平均晶粒尺寸,和大于95.5%的金刚石体积分数;或者范围在10-12微米的烧结的平均晶粒尺寸,和大于 96%的金刚石体积分数。

[0080] 如图2所示,粗的金刚石粉末混合物与较大的公称晶粒尺寸导致PCD主体具有更低的金属含量。这有可能是由于在HPHT烧结过程中,较大的金刚石晶体的断裂。较细的金刚石晶体比较大的金刚石晶体更能抵抗断裂,较大的金刚石晶体在压力下断裂并重新安排自己,更有效地在晶体之间的空间进行压缩和填塞,从而为来自基底的金属留下更少的空间。因此,将金刚石粉末的平均晶粒尺寸转化为更粗的晶粒尺寸可导致PCD层具有更少的金属含量。

[0081] PCD样品的平均烧结晶粒尺寸可通过电子背散射衍射(EBSD)技术来测定,如下所述。利用金相标准程序安装和表面处理PCD样品,来获得合适的表面处理,然后通过与市售的高速抛光设备(从Coborn Engineering Company Limited,Romford,Essex,UK处获得)接触产生镜面。通过扫描电子显微镜采集EBSD数据,合适地将该扫描电子显微镜配备为通过局部的定向电子束的衍射(从ED AX TSL,Draper,Utah,USA处获得)测定晶粒取向。选择放大倍数,从而使大于1000个晶粒包含在单个图像分析中,通常将检查的晶粒尺寸放大500-1000X。在发明人测试时,其它条件如下:电压=20kV,光斑大小=5,工作距离=10-15mm,倾斜角度=70°,扫描步进(scan step)=0.5-0.8微米。通过2°的取向公差角度,对采集的数据进行分析,从而进行晶粒尺寸的分析。根据等效直径方法确定根据上述条件测定的界定的晶粒面积的尺寸,在数学上定义为GS=(4A/π)1/2,其中GS为晶粒尺寸,A 是晶粒面积。该分析为上面介绍的每种烧结的PCD样品提供平均晶粒尺寸。

[0082] 因此,可以理解,本文公开的PCD材料和结构可通过使金刚石体积经受比如上所述的传统工艺压力更高的压力的HPHT工艺来形成。此外,本文公开的PCD材料可完全利用单独的HPHT工艺来形成,该HPHT工艺在标准压力或高于标准压力下进行,或者该PCD 材料可包括在不同HPHT压力条件下形成的两个或多个区域。例如,PCD材料可包括深度从工作面延伸出一定深度的区域,和从基底分界面延伸出的区域,其中工作面通过在高于标准压力下进行的HPHT工艺形成,分界面通过在标准压力下进行的HPHT工艺形成。对于给定的晶粒尺寸,这些区域的HPHT工艺的不同将为最需要的工作面提供增加的金刚石体积分数,而为基底分

界面附近提供相对低的金刚石体积分数，以使得与基底的热膨胀系数不匹配最小化，较少不想要的残余应力。

[0083] 在示例实施例中，金刚石体积内的附加材料用于控制催化剂材料在PCD材料内的含量和/或分布，从而为工作面提供理想的低的催化剂材料体积含量，以及在PCD材料内提供理想的梯度变化的催化剂材料体积。如果在HPHT工艺中使用基底，例如，作为催化剂材料的来源，那么该基底在HPHT工艺中结合至PCD材料或主体。在HPHT工艺完成后，将容器从HPHT设备移出，并从该容器中移出由此形成的PCD材料。

[0084] 本文中公开的PCD结构具体的设计为具有梯度催化剂材料体积含量。该催化剂材料的体积含量在PCD主体的工作面最低，从而在最需要的工作面提供高的抗磨损性能和热稳定性。通过朝向基底逐渐增加催化剂材料的体积含量，也可以在工作面下面的PCD主体内提供断裂韧性和冲击强度的理想性能。此外，在基底分界面处，催化剂材料的体积含量的增加有助于确保在该基底和PCD主体之间产生强烈的连接键，以提供更好的抵抗不必要的分层。此外，在分界面处金刚石含量的减少，减少了固有的残余应力，进一步降低了PCD分层的风险。

[0085] 可通过从所述工作面至分界面逐渐增加预混合的溶剂催化剂，或者通过如上所述的在金刚石和溶剂催化剂相之间添加附加的固相材料，或者二者的结合来引入金刚石的含量梯度。可通过将具有不同含量的催化剂材料的金刚石的未烧结的粉末分层堆积在碳化钨基底上来进行所述溶剂催化剂方法。或者，金刚石和含有逐渐增加的含量的可替换的固相材料的催化剂粉末可以类似的方式分层堆积。进一步地，金刚石的粉末层，催化剂和附加材料可分层堆积，其中催化剂和附加材料的量都在层内变化，以获得理想的梯度。在优选实施例中，所述附加材料为碳化物，更优选为碳化钨。

[0086] 理想的是，PCD材料内的金刚石体积分数梯度超过前面提到的固有梯度(即大于约1.5 体积百分比)。如上所述，PCD主体内的梯度可通过以下方式来产生：(1)改变催化剂材料，例如钴的含量(如下表3梯度A所示)；(2)通过改变附加或固相材料的量(梯度B)；或者(3)通过二者的结合(梯度C)。表3展示了每种方法中示例材料的体积和重量分数的梯度。本文公开的PCD材料的特征，以及如表3所展示的，在于它们的金刚石体积分数梯度约在5.0-5.5％之间。但是，可以理解，本文公开的PCD材料具有的金刚石体积梯度可以在其他范围，例如体积分数大于1.5％，或体积分数小于5％，例如根据具体的最终使用用途体积分数可以大于5％。此外，为了最小化分界面区的残余应力，通常希望在分界面处，金刚石的体积分数约小于94％。

[0087] 表3-示例实施例:PCD材料的成分梯度

[0088]

	Dia wt％	Co wt％	WC wt％	Dia vol％	Co vol％	WC vol％
梯度A:表面	0.880	0.090	0.030	0.954	0.039	0.007
梯度A:分界面	0.779	0.191	0.030	0.904	0.088	0.008
	Dia wt％	Co wt％	WC wt％	Dia vol％	Co vol％	WC vol％
梯度B:表面	0.880	0.100	0.020	0.952	0.043	0.005
梯度B:分界面	0.720	0.100	0.180	0.900	0.050	0.050
	Dia wt％	Co wt％	WC wt％	Dia vol％	Co vol％	WC vol％

梯度C:表面	0.890	0.090	0.020	0.957	0.038	0.005
梯度B:分界面	0.750	0.140	0.110	0.903	0.067	0.030

[0089] 在示例实施例中,PCD材料中的第二相材料的梯度可通过改变用于形成该PCD材料的催化剂材料的体积含量来获得,而不使用附加材料,用于形成PCD材料的催化剂材料的体积含量的范围可以约为1%-10%。使用的在该范围内的催化剂材料提供了一种PCD材料,该PCD材料具有根据PCD材料的晶粒尺寸,从基底至工作面逐渐增加的、约90-98%的梯度金刚石体积含量。

[0090] 在另一个示例实施例中,PCD材料中的第二相材料的梯度可通过使用附加材料,改变该附加材料的体积含量来获得,用于形成PCD材料的该附加材料的体积含量的范围可以约为1%-10%。使用的在该范围内的附加材料提供了一种PCD材料,该PCD材料具有根据PCD材料的晶粒尺寸,从基底至工作面逐渐增加的、约90-98%的梯度金刚石体积含量。

[0091] 在另一个示例实施例中,PCD材料中的第二相材料的梯度可通过使用附加材料,改变该附加材料和催化剂材料的体积含量来获得,该催化剂材料的体积含量的范围可以约为1-10%,该附加材料的体积含量的变化范围可以约是90-98%。使用的在该范围内的附加材料提供了一种PCD材料,该PCD材料具有根据材料的晶粒尺寸,从基底至工作面逐渐增加的、约90-98%的梯度金刚石体积含量。

[0092] 在一个示例实施例中,提供附加材料,以在PCD主体内获得理想梯度,该附加材料的体积分数范围约为1.5-15%,优选约2-10%,更优选约2.5-8%。

[0093] 在该示例实施例中,使用体积分数少于1.5%的所述附加材料可能不足以在工作面提供理想的低含量的催化剂材料,以及在PCD主体内催化剂材料的理想的梯度变化。在该示例实施例中,使用体积分数大于15%的所述附加材料可能大于在工作面提供理想的低含量的催化剂材料的需要,且可能额外地导致在PCD内提供过多的催化剂材料,该PCD可能不能提供理想水平的金刚石/金刚石结合。

[0094] 此外,对于这些示例实施例,其中使用附加材料以在金刚石主体内获得理想的催化剂梯度,希望催化剂材料和附加材料的比率平衡,以使金刚石主体内的热力学稳定性最佳。在示例实施例中,希望催化剂材料与碳化物在金刚石主体内的比率范围约为6:1至1:10,优选约3:1至1:6,更优选约4:1至1:4。催化剂材料和附加材料在PCD主体工作面处的优选比率范围约为3:1至1:4,催化剂材料与碳化物在PCD主体-基底分界面处的优选比率范围约为1:1至1:10。

[0095] 希望本文公开的PCD主体具有的金刚石的体积含量约大于85%,优选范围约为85-98%。PCD主体的体积含量可以在整个主体内不变,或者可根据在主体内的位置改变。例如,在金刚石含量在主体内变化的实施例中,该PCD主体在工作面具有的金刚石体积含量可以至少约为92%,并在远离该工作面处,金刚石的体积含量降低。金刚石体积含量在主体内的变化可以为梯度或阶梯形式。

[0096] 如果需要,可形成在主体的不同位置,具有不同尺寸的金刚石晶粒的PCD主体。例如,可将PCD主体构造为在沿着工作面的位置具有细尺寸的金刚石晶粒,在基底分界面附近具有粗尺寸的金刚石晶粒。这仅仅是一个PCD主体如何可以包括不同尺寸的金刚石晶粒的例子。此外,在PCD主体内,不同尺寸的金刚石晶粒可能发生阶梯或梯度形式的转换。如图 2所示,利用更高的压力进行HPHT工艺,以促进从细尺寸金刚石来形成PCD主体或其区域,而

同时提供理想的高的金刚石体积分数。

[0097] 用于形成PCD主体的催化剂材料可以包括通常用于形成传统PCD的溶剂金属催化剂，例如周期表VIII族的金属。例如，溶剂金属催化剂包括钴，镍，铁或其混合物。如上所述，PCD材料的磨损和耐磨性能和韧性和耐冲击性彼此相反，并依赖于使用的催化剂材料和金刚石晶粒的相对量。

[0098] 在示例实施例中，PCD主体包括如上所述的梯度体积的催化剂材料。在优选实施例中，在工作面处，催化剂材料的体积含量约小于7％。该催化剂材料的最大的体积含量可以是约10％，并沿着基底的分界面存在。在示例实施例中，所述催化剂材料在金刚石主体内的体积含量可以是2-10％，取决于在主体内的具体位置，以及所述材料的晶粒尺寸。

[0099] 对于需要高水平的抗磨损性能和/或热稳定性以及低水平的断裂韧性的应用，工作面的催化剂含量可以接近零，因为在从工作面延伸的金刚石主体的区域，催化剂材料可以被浸出，或者被处理以从此处去除催化剂材料，且从该被处理区域延伸的金刚石主体内的催化剂材料的体积含量可以是足以提供PCD主体和基底之间的理想程度的结合强度的量。此外，如果需要，可以处理整个PCD材料，以从中去除催化剂材料，剩余基本不含催化剂材料的金刚石结合主体。这样处理的PCD材料可具有任何附加材料的剩余相，和/或可以具有不同的金刚石体积含量。

[0100] 用于形成PCD结构的基底的合适的材料包括用于传统PCD复合片的基底，该PCD复合片用于将复合片结合至理想的切削或磨损工具。合适的基底材料包括这些由金属材料、陶瓷材料、金属陶瓷材料、及它们的混合物形成的材料。在示例实施例中，以预置状态提供所述基底。或者，可以以基底前体粉末的混合物的形式，或者生坯件的形式提供所述基底。

[0101] 在示例实施例中，该基底包括金属溶剂催化剂形式的催化剂材料，该金属溶剂催化剂能够在便于金刚石-金刚石结合以形成主体，或提供整体的结合连接以形成PCD复合片的处理过程中渗入相邻的金刚石粉末。合适的金属溶剂催化剂材料包括以上所述的催化剂材料。具有优选的金属溶剂催化剂为Co。在优选实施例中，所述基底材料包括WC-Co。

[0102] 如果需要，所述基底和PCD材料可构造为具有平面界面，或者构造为具有非平面界面。在某些在PCD主体和基底之间的PCD复合片内需要高水平的结合强度的应用中，希望使用非平面界面，以在相邻表面之间提供增加的表面面积，从而提高彼此的机械连接程度和负载能力。非平面界面可以设置单个或多个互补的表面特征，该表面特征沿着每个相邻PCD主体和基底分界面设置。

[0103] 图3和4展示了示例实施例PCD结构16，包括如上所述的PCD主体18，其具有梯度催化剂体积含量，同时具有或不具有附加材料。该催化剂和任何附加 材料设置在PCD材料微观结构的间隙区。例如，在如上所述的HPHT工艺中， 该PCD主体18与基底20连接成整体。在该示例实施例中，该PCD结构具有大 致平坦的工作面22，该工作面22沿着PCD主体的顶部设置。此外，根据具体 的最终应用，PCD主体的边缘表面23和/或全部或部分的侧面24也都可以作为 工作面。如上所述，催化剂材料在工作面的体积含量约小于7％，并朝向基底增 加。

[0104] 已经描述了PCD结构的具体实施例，即，具有大致平坦的工作面和圆柱形外壁表面，可以理解，PCD结构的具体构造可以并将根据具体的最终应用而改变，这种构造的改变在本发明的范围之内。

[0105] 如上面简单描述的，本发明的PCD主体可以构造为具有单一同种的PCD相或包括单

一或恒定金刚石体积含量的区域，或者构造为包括两个或多个PCD相或具有不同金刚石体积含量的区域。对于包括具有不同金刚石体积含量的区域的PCD主体的实施例，在不同区域，具体的金刚石体积含量可以或将根据具体的PCD结构构造和最终应用而变化。

[0106] 本发明的PCD结构的一个特点在于，在最需要某种性能的PCD主体的位置提供耐磨性、热稳定性、断裂韧性和抵抗不必要的分层的最优的组合，该PCD结构包括沿着工作面的低催化剂含量，在主体内梯度增加的催化剂含量。例如，在PCD主体的工作面提供改善的耐磨性和热稳定性，而在工作面正下方的PCD主体提供PCD强度和断裂韧性的最佳分布，并在与基底的分界面处提供改善的抵抗不必要的分层性。

[0107] 本发明的PCD结构可设置为用于各种不同应用，例如切削和/或磨损元件，用于开采，切削，加工和建筑应用的工具，这些工具高度需要热稳定性、抗磨损和耐磨损性，强度、韧性和抗冲击性、抗分层性的综合性能。本发明的PCD结构特别适用于机床和地下钻头和矿用钻头中使用的元件的成型工作表面、磨损和/或切削表面，例如牙轮钻头、敲击或锤钻头、金刚石钻头、和剪切刀。

[0108] 图5展示了设置为刀片76形式的示例实施例PCD结构，用于牙轮钻头或敲击或锤钻头中的磨损或切削应用。例如，该PCD刀片76构造为具有基底78，该基底78由上述一种或多种基底材料形成，该基底材料结合至PCD主体80，该PCD主体以上述方式构造为具有梯度催化剂材料含量。在该具体实施例中，该PCD刀片76包括圆顶工作面82。该刀片76可以被按压或机加工成理想形状。应该理解的是，本发明的PCD结构也可以用于形成具有不同于图5所示及上述描述的几何形状的刀片。

[0109] 图6展示了牙轮钻头84形式的旋转或牙轮钻头，包括多个以上公开的如图5所示的磨损或切削PCD刀片76。所述牙轮钻头84包括主体86，该主体86具有从其延伸出的3 个腿88，滚轴切削锥体90安装至每个腿的下端。该刀片76与上面所描述的刀片相同，包括本发明的PCD主体和材料，并设置在每个切削锥体90的表面，用于承载待钻探的岩层。

[0110] 图7展示了如上所述如图5所示的PCD刀片用作敲击或锤钻头92。该锤钻头通常包括具有螺纹销96的中空钢主体94，位于主体的末端，用于将钻头安装至钻柱(未示出)，用于钻油井等。多个所述刀片76设置在主体94的头部98，用于承载待钻探的地下岩层。

[0111] 图8展示了用于形成剪切刀100的本发明的示例实施例PCD结构，例如该剪切刀100与用于钻探地下岩层的切削型钻头共同使用。该PCD剪切刀100包括PCD主体102，该 PCD主体102被烧结或结合至如上所述的切削基底104。该PCD主体102包括工作或切削面106，通过如上所述的方式形成。如上所述，用于所述剪切刀的工作或切削面可以从上表面延伸至边缘和/或界定上表面的圆周边缘的斜面表面。可以理解的是，本发明的PCD 结构可以用于形成具有以上所述及图8所示的以外的几何形状的剪切刀。

[0112] 图9展示了一种切削型钻头108，包括多个以上所述及图8所示的PCD剪切刀。该剪切刀都结合至从所述切削型钻头的头部112延伸出的刀片110，用于切削待钻探的地下岩层。因为本发明的PCD剪切刀包括金属基底，它们通过传统方法，例如钎焊或焊接结合至刀片。

[0113] 根据本发明的原理，制备相同材料的PCD结构方法的其它修改和变形对本领域技术人员是明显的。因此，可以理解可以在所附权利要求限定的范围内实施本发明，而不仅仅限于所具体描述的内容。

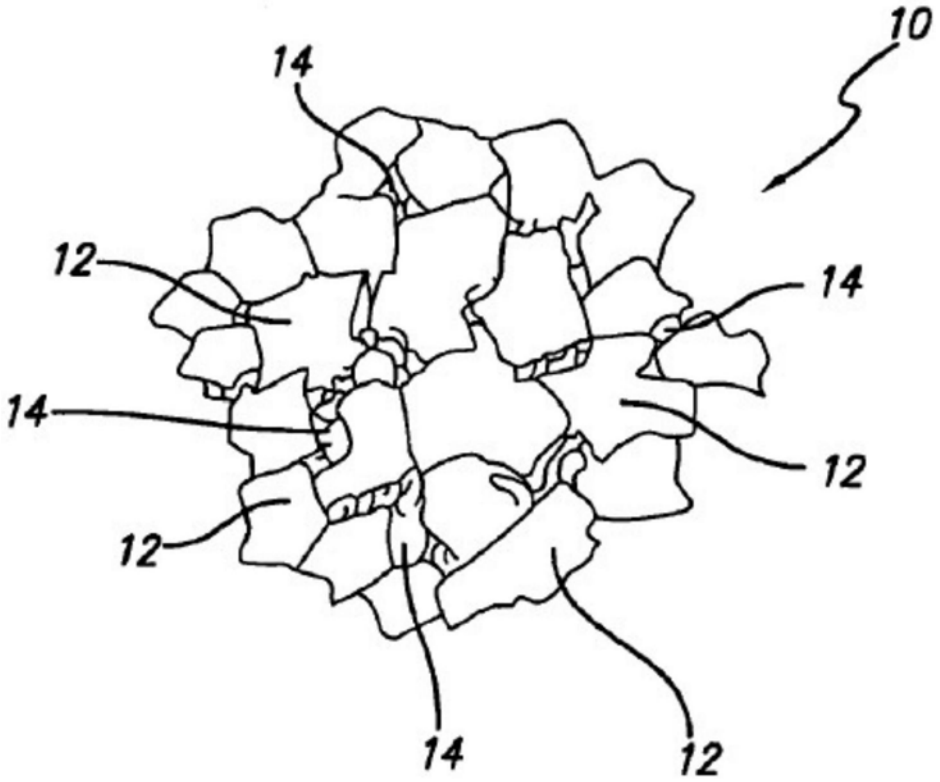

10
14
12
14
14
12
12
14
12

图1

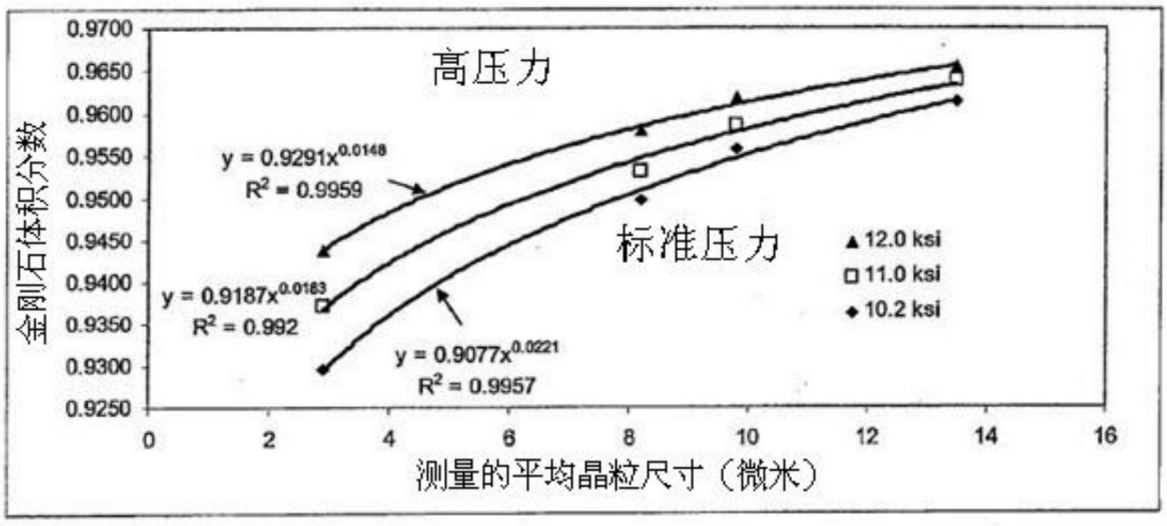

高压力
标准压力
y = 0.9291x^0.0148
R² = 0.9959
y = 0.9187x^0.0183
R² = 0.992
y = 0.9077x^0.0221
R² = 0.9957
▲ 12.0 ksi
□ 11.0 ksi
◆ 10.2 ksi
金刚石体积分数
测量的平均晶粒尺寸（微米）
0.9700
0.9650
0.9600
0.9550
0.9500
0.9450
0.9400
0.9350
0.9300
0.9250
0
2
4
6
8
10
12
14
16

图2

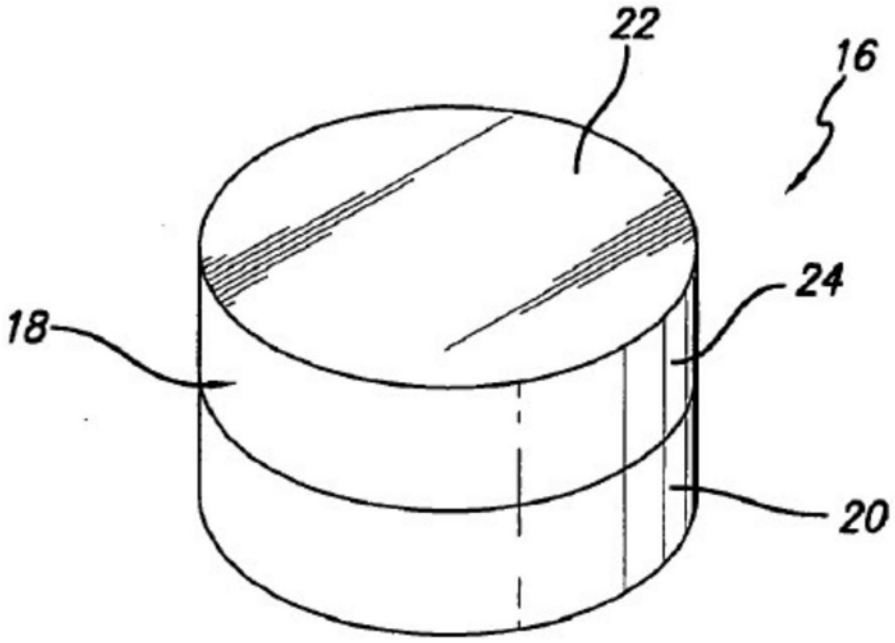


图3

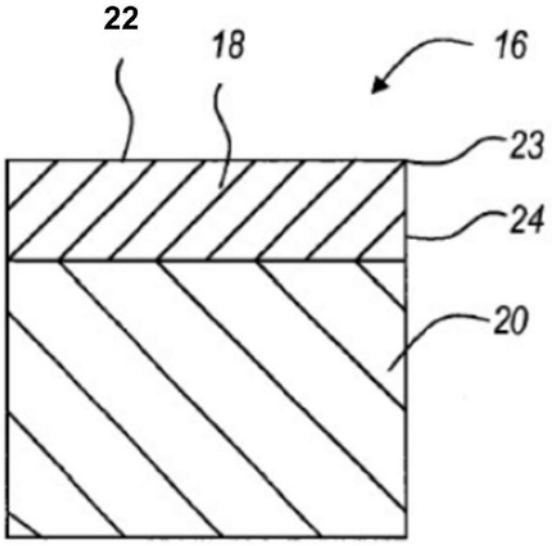


图4

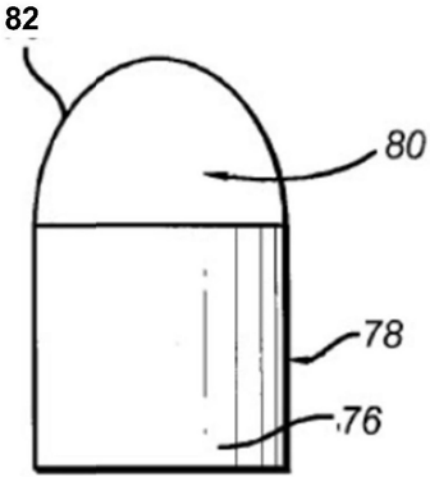


图5

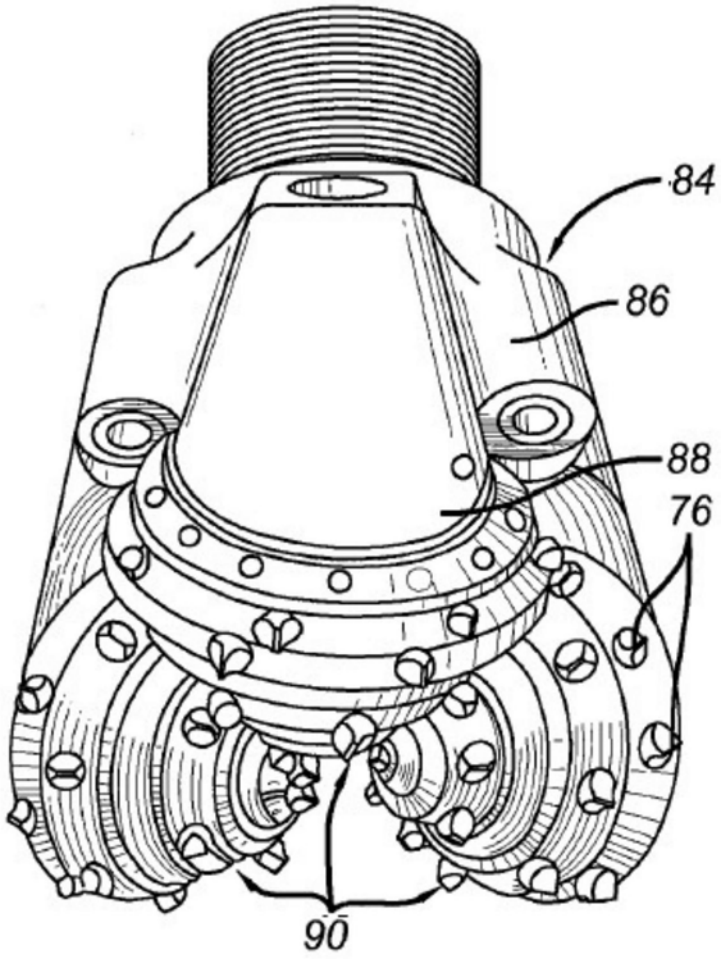


图6

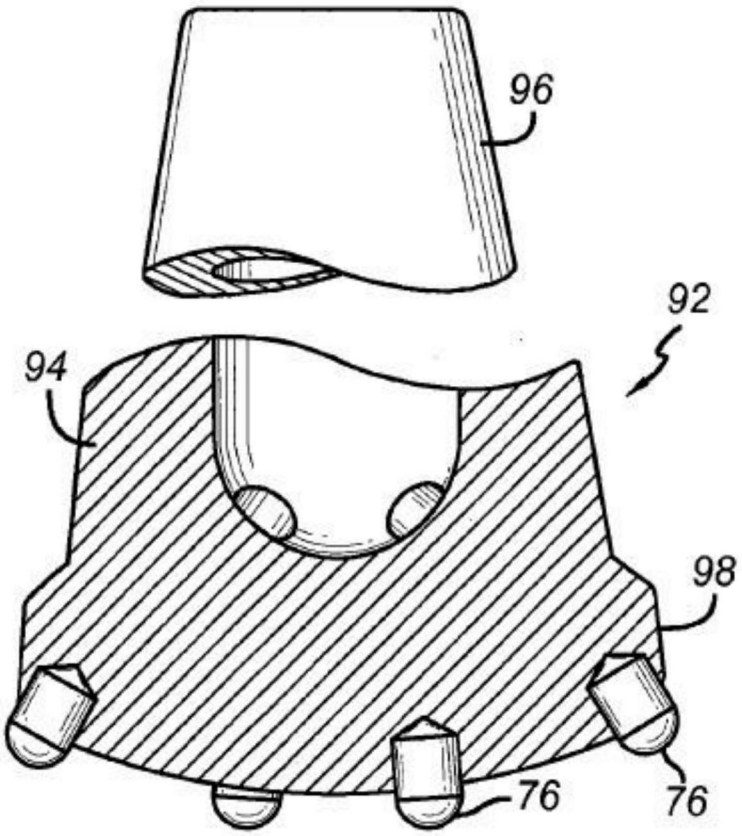


图7

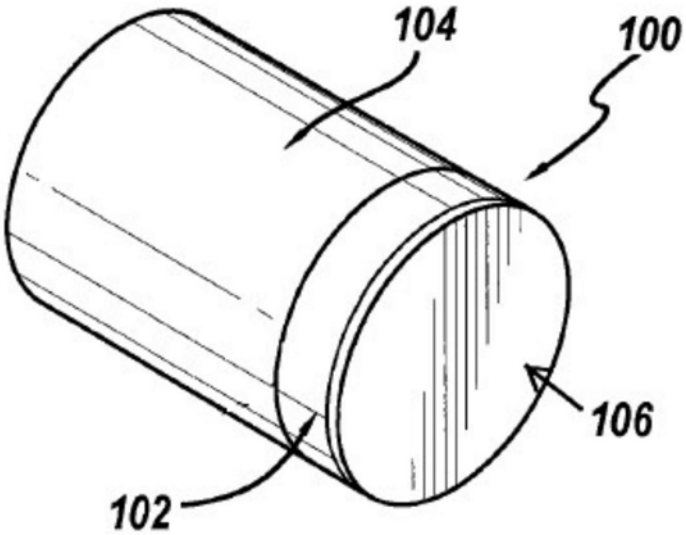


图8

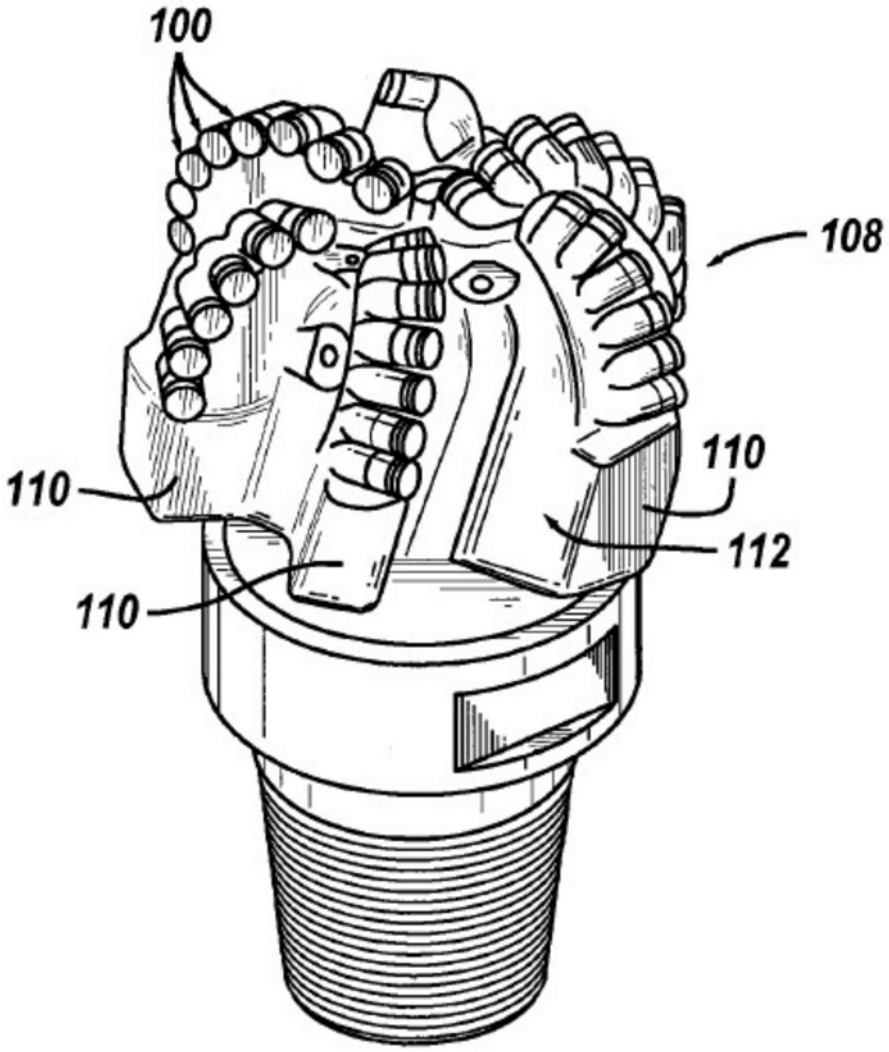


图9

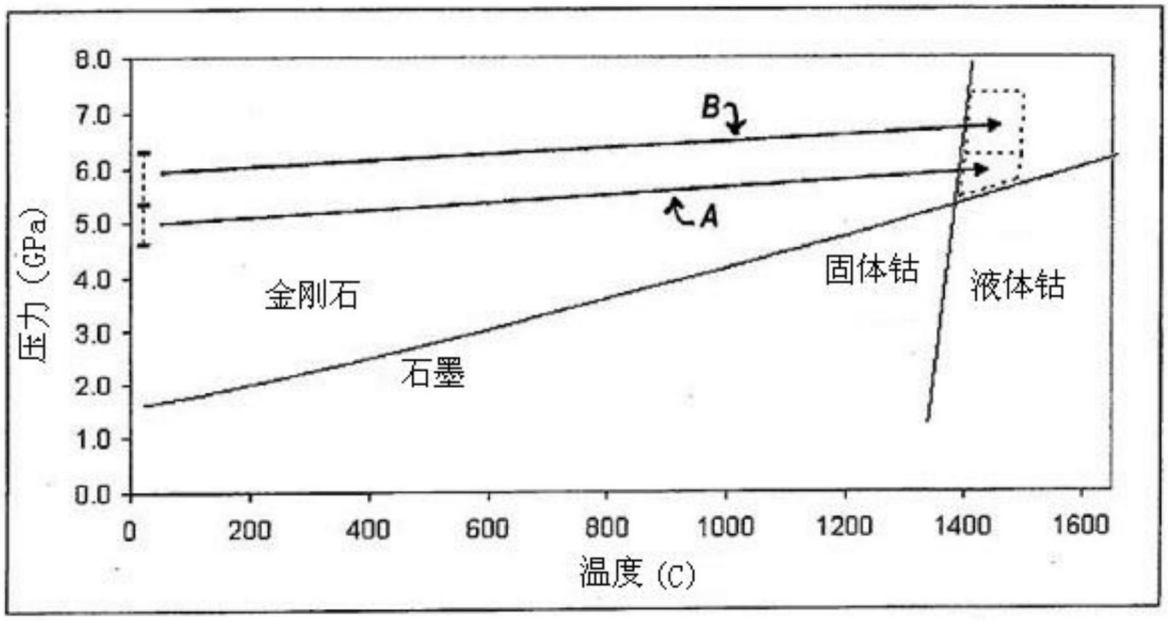

8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
压力（GPa）
B
A
金刚石
石墨
固体钻
液体钻
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
温度（C）

图10