



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118139832 A

(43) 申请公布日 2024.06.04

(21) 申请号 202280070913.3

(22) 申请日 2022.10.24

(30) 优先权数据

PCT/JP2021/039320 2021.10.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.04.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/039524 2022.10.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/074623 JA 2023.05.04

(71) 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 佐野谦太 石井显人 道内真人

冈村克己 平井慧

(74) 专利代理机构 北京聿宏知识产权代理有限公司

公司 11372

专利代理师 吴大建 霍玉娟

(51) Int.Cl.

C04B 35/5835 (2006.01)

权利要求书1页 说明书22页 附图4页

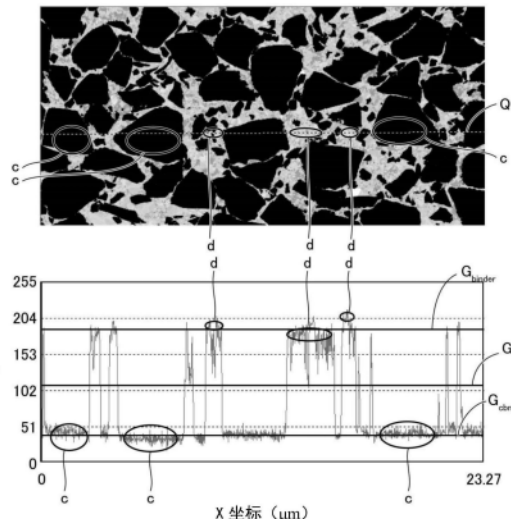
(54) 发明名称

立方晶氮化硼烧结体

(57) 摘要

本公开的立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料,其中,所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为

3.6140 Å以上且3.6161 Å以下,所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下,所述结合材料包含选自由化合物以及所述化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,所述化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。



1. 一种立方晶氮化硼烧结体,所述立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料,其中,  
所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6140 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6161 \text{ \AA}$ 以下,  
所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下,  
所述结合材料包含选自由化合物以及所述化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,所述化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。
2. 根据权利要求1所述的立方晶氮化硼烧结体,其中,所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6142 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6158 \text{ \AA}$ 以下。
3. 根据权利要求1或2所述的立方晶氮化硼烧结体,其中,所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6145 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6155 \text{ \AA}$ 以下。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的立方晶氮化硼烧结体,其中,所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.01质量%以下。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的立方晶氮化硼烧结体,其中,所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.001质量%以下。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的立方晶氮化硼烧结体,其中,所述立方晶氮化硼烧结体中的所述立方晶氮化硼颗粒的含有率为40体积%以上且95体积%以下。

## 立方晶氮化硼烧结体

### 技术领域

[0001] 本公开涉及立方晶氮化硼烧结体。本申请主张基于2021年10月25日申请的国际申请PCT/JP2021/039320的优先权。将该国际申请所记载的全部记载内容通过参照而援引于本说明书中。

### 背景技术

[0002] 立方晶氮化硼(以下,也记为cBN)具有仅次于金刚石的硬度以及导热系数,进一步地与金刚石相比,具有与铁系金属的反应性低的特征。因此,含有立方晶氮化硼颗粒(以下,也记为cBN颗粒)的立方晶氮化硼烧结体(以下,也记为cBN烧结体)尤其是被广泛用于铁系难切削材料的切削(例如,专利文献1以及专利文献2)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:国际公开第2005/066381号

[0006] 专利文献2:日本特表2005-514300号公报

### 发明内容

[0007] 本公开的立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料,其中,

[0008] 所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6140 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6161 \text{ \AA}$ 以下,

[0009] 所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下,

[0010] 所述结合材料包含选自由化合物以及所述化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,所述化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。

### 附图说明

[0011] 图1是表示用SEM观察立方晶氮化硼多晶体而得到的反射电子图像的一个例子的图像。

[0012] 图2是将图1的反射电子图像读入到图像处理软件中而得到的图像。

[0013] 图3的上方的图像是反射电子图像,下方的图像是由该反射电子图像得到的浓度剖面曲线图。

[0014] 图4是用于对黑色区域以及结合材料的规定方法进行说明的图。

[0015] 图5是用于对黑色区域与结合材料的边界进行说明的图。

[0016] 图6是对图1的反射电子图像进行二值化处理而得到的图像。

## 具体实施方式

[0017] [本公开所要解决的问题]

[0018] 近年来,从降低成本的观点出发,高效率加工的要求越来越高。因而,在用作工具材料的情况下,期望即使在高效率加工中工具也能够具有较长的寿命的立方晶氮化硼烧结体。

[0019] [本公开的效果]

[0020] 本公开的立方晶氮化硼烧结体在用作工具材料的情况下,尤其是在高效率加工中,也能够实现工具的长寿命化。

[0021] [本公开的实施方式的说明]

[0022] 首先,列举本公开的实施方式进行说明。

[0023] (1) 本公开的立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料,其中,

[0024] 所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6140 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6161 \text{ \AA}$ 以下,

[0025] 所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下,

[0026] 所述结合材料包含选自由化合物以及所述化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,所述化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。

[0027] 本公开的立方晶氮化硼烧结体在用作工具材料的情况下,尤其是在高效率加工中,也能够实现工具的长寿命化。

[0028] (2) 优选地,在上述(1)中,所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6142 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6158 \text{ \AA}$ 以下。由此,工具寿命进一步提高。

[0029] (3) 优选地,在上述(1)或(2)中,所述立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6145 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6155 \text{ \AA}$ 以下。由此,工具寿命进一步提高。

[0030] (4) 优选地,在上述(1)至(3)的任一项中,所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.01质量%以下。由此,工具寿命进一步提高。

[0031] (5) 优选地,在上述(1)至(4)的任一项中,所述立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.001质量%以下。由此,工具寿命进一步提高。

[0032] (6) 优选地,在上述(1)至(5)的任一项中,所述立方晶氮化硼烧结体中的所述立方晶氮化硼颗粒的含有率为40体积%以上且95体积%以下。由此,工具寿命进一步提高。

[0033] [本公开的实施方式的详细内容]

[0034] 以下,对本公开的立方晶氮化硼烧结体进行说明。

[0035] 在本说明书中,“ $A \sim B$ ”这样的形式的表述是指范围的上限下限(即A以上且B以下),在A中没有单位的记载、仅在B中记载有单位的情况下,A的单位与B的单位相同。

[0036] 在本说明书中,在以化学式表示化合物等的情况下,在不特别限定原子比时,包含以往公知的所有原子比,未必仅限于化学计量范围内的原子比。例如在记载为“TiN”的情况下,构成TiN的原子数之比包括以往公知的所有原子比。

[0037] [实施方式1:立方晶氮化硼烧结体]

[0038] 《立方晶氮化硼烧结体》

[0039] 本公开的一个实施方式(以下,也记为本实施方式)所涉及的立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料,其中,

[0040] 该立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6140 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6161 \text{ \AA}$ 以下,

[0041] 该立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下,

[0042] 该结合材料包含选自由化合物以及该化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,该化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。

[0043] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体在用作工具材料的情况下,尤其是在高效率加工中,也能够实现工具的长寿命化。推测其理由如以下的(i)~(iii)所示。

[0044] (i) 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体包含35体积%以上且100体积%以下的硬度、强度以及韧性高的cBN颗粒。因此,立方晶氮化硼烧结体具有优异的耐磨损性以及耐缺损性,使用了该立方晶氮化硼烧结体的工具的寿命变长。

[0045] (ii) 在本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为 $3.6140 \text{ \AA}$ 以上且 $3.6161 \text{ \AA}$ 以下。一般的立方晶氮化硼的单位晶格的晶格常数(以下,将单位晶格的晶格常数简称为晶格常数)为 $3.6162 \text{ \AA}$ 。本实施方式中使用的cBN颗粒的晶格常数小于一般的cBN颗粒的晶格常数。在使用了该晶格常数小的cBN颗粒的cBN烧结体中,cBN颗粒的导热系数高,可抑制由切削时产生的切削热引起的月牙洼磨损的产生以及由月牙洼的发展引起的缺损的产生,使用了该立方晶氮化硼烧结体的工具的寿命提高。cBN颗粒的导热系数变高的理由尚不明确,但据推测这是因为晶格常数变小,使得共价键变得更牢固,晶格振动容易传递。

[0046] (iii) 在本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下。以往的cBN颗粒作为杂质而包含0.1质量%左右的硅。硅的导热系数低于立方晶氮化硼的导热系数。本实施方式中使用的cBN颗粒由于导热系数低的硅的含有率降低,因此导热系数变高。因此,在具有该cBN颗粒的cBN烧结体中,可抑制由切削时产生的切削热引起的月牙洼磨损的产生以及由月牙洼的发展引起的缺损的产生,使用了该立方晶氮化硼烧结体的工具的寿命提高。

[0047] <立方晶氮化硼烧结体的组成>

[0048] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体具备35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料。此外,cBN烧结体只要发挥本公开的效果,则可以包含由原材料、制造条件等引起的不可避免的杂质。

[0049] 从提高硬度的观点出发,cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率的下限为35体积%以上,优选为40体积%以上,更优选为45体积%以上。cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率的上限为100体积%以下。本实施方式的cBN烧结体可以仅由cBN颗粒构成。cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率的上限根据用途而最佳值不同,但优选为99体积%以下,优选为小于98体积%,优选为95体积%以下,优选为90体积%以下,优选为85体积%以下,更优选为80体积%以下。cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率为35体积%以上且100体积%以下,优选为35体积%以上

且99体积%以下,优选为35体积%以上且小于98体积%,优选为40体积%以上且95体积%以下,优选为40体积%以上且90体积%以下,优选为40体积%以上且85体积%以下,更优选为45体积%以上且80体积%以下。

[0050] cBN烧结体中的结合材料的含有率的下限为0体积%以上。本实施方式的cBN烧结体可以不含结合材料。从确保作为结合材料的功能的观点出发,cBN烧结体中的结合材料的含有率的下限优选为1体积%以上,优选为大于2体积%,优选为5体积%以上,优选为10体积%以上,优选为15体积%以上,更优选为20体积%以上。从提高硬度的观点出发,cBN烧结体中的结合材料的含有率的上限为65体积%以下,优选为60体积%以下,更优选为55体积%以下。cBN烧结体中的结合材料的含有率为0体积%以上且65体积%以下,优选为1体积%以上且65体积%以下,优选为大于2体积%且65体积%以下,优选为5体积%以上且60体积%以下,优选为10体积%以上且60体积%以下,优选为15体积%以上且60体积%以下,更优选为20体积%以上且55体积%以下。

[0051] 本实施方式的cBN烧结体优选包含35体积%以上且小于100体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于0体积%且65体积%以下的结合材料,优选包含35体积%以上且小于98体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于2体积%且65体积%以下的结合材料,优选包含40体积%以上且95体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和5体积%以上且60体积%以下的结合材料,更优选包含45体积%以上且80体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和20体积%以上且55体积%以下的结合材料。

[0052] 本实施方式的cBN烧结体优选由35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料构成,优选由35体积%以上且小于100体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于0体积%且65体积%以下的结合材料构成,优选由35体积%以上且小于98体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于2体积%且65体积%以下的结合材料构成,更优选由40体积%以上且85体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和15体积%以上且60体积%以下的结合材料构成,进一步优选由45体积%以上且80体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和20体积%以上且55体积%以下的结合材料构成。在这些情况下,只要显示出本公开的效果,cBN烧结体也可以包含由原材料、制造条件等引起的不可避免的杂质。

[0053] cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率(体积%)以及结合材料的含有率(体积%)可以通过使用附带扫描电子显微镜(SEM)(日本电子公司制造的“JSM-7800F”(商品名))的能量色散型X射线分析装置(EDX)(Octane Elect(オクタンエレクト)EDS系统)(以下也记为“SEM-EDX”),对cBN烧结体实施组织观察、元素分析等来确认。具体的测定方法如下所述。

[0054] 首先,将cBN烧结体的任意的任意位置切断,制作包含cBN烧结体的剖面的试样。在剖面的制作中,可以使用聚焦离子束装置、横截面抛光机装置等。接着,用SEM以5000倍观察上述剖面,得到反射电子图像。在反射电子图像中,存在cBN颗粒的区域为黑色区域,存在结合材料的区域为灰色区域以及白色区域中的至少任一种。在cBN烧结体仅由cBN颗粒构成的情况下,反射电子图像的整体为黑色或深灰色。

[0055] 接着,对上述反射电子图像使用图像分析软件(三谷商事(株)的“WinROOF”)进行二值化处理。在二值化处理后的图像中,存在cBN颗粒的区域(反射电子图像中的黑色区域)为暗场,存在结合材料的区域(反射电子图像中的灰色区域以及白色区域中的至少任一种)为明场。在二值化处理后的图像中设定测定区域(15 $\mu\text{m}$ ×20 $\mu\text{m}$ )。计算出源自暗场的像素(源

自cBN颗粒的像素、反射电子图像中的源自黑色区域的像素)占该测定视野的总面积的面积比率。通过将计算出的面积比率视为体积%,能够求出cBN颗粒的含有率(体积%)。

[0056] 根据二值化处理后的图像,计算出源自明场的像素(源自结合材料的像素、反射电子图像中的源自灰色区域以及白色区域的像素的合计)占测定视野的总面积的面积比率,由此能够求出结合材料的含有率(体积%)。

[0057] 使用图1~图6对二值化处理的具体方法进行说明。此外,图1~图6是以说明二值化处理的方法为目的而示出的附图,未必表示本实施方式的立方晶氮化硼烧结体。

[0058] 图1是用SEM观察cBN烧结体而得到的反射电子图像的一个例子。将该反射电子图像读入图像处理软件。读入后的图像如图2所示。如图2所示,在读入后的图像中,划出任意的线Q1。

[0059] 沿着线Q1进行浓度剖面图的测量,读取GRAY值。制作将线Q1设为X坐标、将GRAY值设为Y坐标的曲线图(以下,也称为“浓度剖面曲线图”。在图3中示出cBN烧结体的反射电子图像和该反射电子图像的浓度剖面曲线图,在图3中,上方的图像是反射电子图像,下方的曲线图是浓度剖面曲线图。在图3中,反射电子图像的宽度与浓度剖面曲线图的X坐标的宽度(23.27 $\mu\text{m}$ )一致。因而,从反射电子图像中的线Q1的左侧端部到线Q1上的特定位置的距离用浓度剖面曲线图的X坐标的值来表示。

[0060] 在图3的反射电子图像中,任意地选择三个部位的存在cBN颗粒的黑色区域。黑色区域例如是在图4的反射电子图像中由附图标记c的椭圆表示的部分。

[0061] 从浓度剖面曲线图中读取该三个部位的黑色区域各自的GRAY值。该三个部位的黑色区域各自的GRAY值,在图4的浓度剖面曲线图中,设为由附图标记c的椭圆包围的三个部位的各部分的GRAY值的平均值。计算出该三个部位的各个GRAY值的平均值。将该平均值作为cBN的GRAY值(以下,也称为 $G_{\text{cbn}}$ )。

[0062] 在图3的反射电子图像中,任意地选择三个部位的灰色所示的存在结合材料的区域。结合材料例如是在图4的反射电子图像中由附图标记d的椭圆表示的部分。

[0063] 从浓度剖面曲线图中读取该三个部位的结合材料各自的GRAY值。该三个部位的结合材料各自的GRAY值,在图4的浓度剖面曲线图中,设为由附图标记d的椭圆包围的三个部位的各部分的GRAY值的平均值。计算出该三个部位的各个GRAY值的平均值。将该平均值作为结合材料的GRAY值(以下,也称为 $G_{\text{binder}}$ )。

[0064] 将由 $(G_{\text{cbn}}+G_{\text{binder}})/2$ 表示的GRAY值规定为黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面的GRAY值。例如,在图4的浓度剖面曲线图中,黑色区域(cBN颗粒)的GRAY值 $G_{\text{cbn}}$ 由线 $G_{\text{cbn}}$ 表示,结合材料的GRAY值 $G_{\text{binder}}$ 由线 $G_{\text{binder}}$ 表示,由 $(G_{\text{cbn}}+G_{\text{binder}})/2$ 表示的GRAY值由线G1表示。

[0065] 如上所述,在浓度剖面曲线图中,通过对黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面进行规定,能够读取黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面处的X坐标以及Y坐标的值。界面可以任意规定。例如,在图5的上部的反射电子图像中,作为包含黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面的区域的一个例子,可列举为由附图标记e的椭圆包围的区域。在图5的下部的浓度剖面曲线图中,由上述附图标记e的椭圆包围的区域内的黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面由箭头e表示。该箭头e的前端表示GRAY值的浓度剖面曲线图与表示GRAY值 $(G_{\text{cbn}}+G_{\text{binder}})/2$ 的线G1的交点的位置。该箭头e的前端的X坐标以及箭头e的前端的Y坐标的值相当于黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面处的X坐标以及Y坐标的值。

[0066] 将黑色区域(cBN颗粒)与结合材料的界面处的X坐标以及Y坐标的值作为阈值来进行二值化处理。二值化处理后的图像如图6所示。在图6中,由虚线包围的区域是进行了二值化处理的区域。此外,二值化处理后的图像也可以包含与二值化处理前的反射电子图像中为白色的区域对应的白色区域(比明场更白的部位、源自结合材料的像素)。

[0067] 在图6中,计算出源自暗场的像素(源自cBN颗粒的像素、反射电子图像中的源自黑色区域的像素)占测定视野的面积的面积比率。通过将计算出的面积比率视为体积%,能够求出cBN颗粒的含有率(体积%)。

[0068] 在图6中,通过计算出源自明场的像素(源自结合材料的像素、反射电子图像中的源自灰色区域以及白色区域的像素的合计)占测定视野的面积的面积比率,能够求出结合材料的含有率(体积%)。

[0069] 在二值化处理后的图像中,暗场的区域表示cBN颗粒、明场的区域表示结合材料这一情况,通过使用能量色散型X射线光谱法(SEM-EDX)对与二值化处理后的图像中拍摄到的区域相同的区域进行分析来确定暗场以及明场各自所包含的元素而确认。

[0070] 按照上述的测定方法,在不同的五个测定区域进行立方晶氮化硼烧结体的立方晶氮化硼颗粒的含有率(体积%)的测定。将五个测定区域的测定值的平均作为本实施方式的立方晶氮化硼烧结体的立方晶氮化硼颗粒的含有率(体积%)。

[0071] 按照上述的测定方法,在不同的五个测定区域进行立方晶氮化硼烧结体的结合材料的含有率(体积%)的测定。将五个测定区域的测定值的平均作为本实施方式的立方晶氮化硼烧结体的结合材料的含有率(体积%)。

[0072] 确认到以下情况:只要在申请人进行测定的范围内,只要在同一试样中对cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率(体积%)以及结合材料的含有率(体积%)进行测定,则即使变更测定视野的选择部位并多次进行计算,测定结果也几乎没有偏差,即使任意地设定测定视野,结果也不会随意变化。

[0073] <不可避免的杂质>

[0074] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体只要显示出本公开的效果,也可以包含不可避免的杂质。作为不可避免的杂质,例如,可以列举为碱金属元素(锂(Li)、钠(Na)、钾(K)等)以及碱土金属元素(钙(Ca)、镁(Mg)等)等金属元素。在立方晶氮化硼烧结体包含不可避免的杂质的情况下,不可避免的杂质的含量优选为0.1质量%以下。不可避免的杂质的含量可以通过二次离子质谱(SIMS)来测定。

[0075] 《立方晶氮化硼颗粒》

[0076] <晶格常数>

[0077] 在本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的晶格常数为3.6140 Å以上且3.6161 Å以下。由此,cBN颗粒的导热系数变高。因此,在包含该cBN颗粒的cBN烧结体中,可抑制由切削时产生的切削热引起的月牙洼磨损的产生以及由月牙洼的发展引起的缺损的产生,提高工具寿命。

[0078] 从提高导热系数的观点出发,cBN颗粒的晶格常数的上限为3.6161 Å以下,优选为3.6158 Å以下,更优选为3.6155 Å以下。从抑制缺陷的观点出发,cBN颗粒的晶格常数的下限为3.6140 Å以上,优选为3.6142 Å以上,更优选为3.6145 Å以上。cBN颗粒的晶格常数为

3.6140 Å 以上且3.6161 Å 以下,优选为3.6142 Å 以上且3.6158 Å 以下,更优选为3.6145 Å 以上且3.6155 Å 以下。

[0079] cBN颗粒的晶格常数通过以下的步骤来进行测定和计算。

[0080] <测定方法>

[0081] 将立方晶氮化硼烧结体在密闭容器内浸渍于氟硝酸(氢氟酸(浓度:60质量%):硝酸(浓度:70质量%)=5:5(体积比))48小时。由此,使结合材料全部溶解于氟硝酸中,仅残留立方晶氮化硼颗粒。

[0082] 回收上述立方晶氮化硼颗粒。将该立方晶氮化硼颗粒填充于TOHO制造的直径为0.3mm的X射线晶体分析用毛细管(产品名:标记管)中,制成封闭试验体。

[0083] 作为放射光的波长 $\lambda$ 计算用的标准试样,准备由氧化铈(高纯度化学研究所制造)构成的粉末。将标准试样粉末填充到TOHO制造的直径为0.3mm的X射线晶体分析用毛细管中,制成封闭标准试样。

[0084] 对于填充有上述立方晶氮化硼颗粒的封闭试验体,在下述条件下进行X射线衍射测定,得到包含作为立方晶氮化硼的主要方位的(111)、(200)、(220)、(311)、(400)、(331)的各方位面中的至少四条以上的衍射峰、以及(422)、(531)的各方位面的两条衍射峰的六条以上的衍射峰的线轮廓。

[0085] (X射线衍射测定条件)

[0086] X射线源:放射光

[0087] 装置条件:检测器MYTHEN

[0088] 能量:18.000keV(波长:0.68881 Å)

[0089] 相机长度:573mm

[0090] 测定峰:包含立方晶氮化硼的(111)、(200)、(220)、(311)、(400)、(331)的各方位面中的至少四条以上的衍射峰、以及(422)、(531)的各方位面的两条衍射峰的六条以上的峰。但是,在由于织构、取向而难以取得轮廓的情况下,将该面指数的峰值除外。

[0091] 测定条件:在半值宽度中,使测定点为至少五个点以上。本测定的基本构成如上所述,从高精度地计算出晶格常数的需要出发,至少需要使用放射光,但只要是能够得到上述方位面的X射线衍射轮廓的构成就没有问题,本实施方式不受上述的测定条件限定。

[0092] <计算方法>

[0093] 通过上述的X射线衍射测定而得到的线轮廓根据所使用的放射光的波长 $\lambda$ ,所得到的衍射角 $2\theta$ 的值偏移。因此,首先,对放射光的波长 $\lambda$ 计算用的标准试样进行测定,计算出波长 $\lambda$ 。步骤如下。

[0094] 对于填充有上述氧化铈的封闭标准试样,在上述的X射线衍射测定条件下进行X射线衍射测定,得到氧化铈的(111)、(200)、(220)、(311)、(222)、(400)、(331)的各方位面的七条衍射峰的线轮廓。利用伪Voigt函数和由一次函数构成的背景之和,对所得到的线轮廓实施拟合,针对各方位面求取伪Voigt函数的中心值 $2\theta_0$ 。对于各个方位面(hk1),设为x轴: $h^2+k^2+l^2$ 、y轴: $\sin 2\theta$ ,对七个点进行绘制,然后用一次函数进行拟合而得到直线,得出其斜率 $\alpha$ 。设氧化铈的晶格常数 $a_0=0.541128\text{nm}$ ,根据下述式(1)计算出波长 $\lambda$ 。

[0095]  $\lambda=2a_0 \sqrt{\alpha}$  (1)

[0096] 在计算出放射光的波长 $\lambda$ 之后,如下述那样计算出封入于上述封闭试验体中的立

方晶氮化硼颗粒的晶格常数 $a$ 。得到包含立方晶氮化硼的(111)、(200)、(220)、(311)、(400)、(331)的各方位面中的至少四条以上的衍射峰、以及(422)、(531)各方位面的两条衍射峰的六条以上的衍射峰的线轮廓。利用伪Voigt函数和由一次函数构成的背景之和,对该线轮廓实施拟合,针对各方位面求取伪Voigt函数的中心值 $2\theta_0$ 。对于各个方位面(hkl),设为x轴: $h^2+k^2+l^2$ 、y轴: $\sin 2\theta$ ,进行绘制,然后用一次函数进行拟合得到直线,得出其斜率 $\beta$ 。作为该试验体的晶格常数 $a$ ,根据下述式(2)计算出封入于该试验体的立方晶氮化硼颗粒的晶格常数 $a$ 。

$$[0097] \quad a = \lambda / (2 \sqrt{\beta}) \quad (2)$$

[0098] 确认到以下情况:在同一试样中,根据上述的测定方法以及计算方法,即使多次测定和计算cBN烧结体中的cBN颗粒的晶格常数,所得到的晶格常数也相同。

[0099] <组成>

[0100] 在本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒包含立方晶氮化硼作为主成分。在此,立方晶氮化硼颗粒包含立方晶氮化硼作为主成分是指立方晶氮化硼颗粒的立方晶氮化硼的含有率为99质量%以上。本实施方式的立方晶氮化硼烧结体的立方晶氮化硼以外的成分的含有率优选为1质量%以下,更优选为0.5质量%以下,进一步优选为0.2质量%以下。作为立方晶氮化硼以外的成分,可列举为硅、氧、锂、镁、钙等。

[0101] 立方晶氮化硼颗粒的立方晶氮化硼以外的成分(硅、锂、镁、钙等)的含有率可以通过高频电感耦合等离子体发光分析法(ICP法)来测定。具体而言,可以通过与后述的硅含有率的测定方法相同的方法进行测定。

[0102] 立方晶氮化硼颗粒的氧含有率通过气体分析(测定装置:堀场制作所制造的“EMGA-920”)进行测定。

[0103] 《硅含有率》

[0104] 在本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为0.02质量%以下。由此,cBN颗粒的导热系数变高。因此,在包含该cBN颗粒的cBN烧结体中,可抑制由切削时产生的切削热引起的月牙洼磨损的产生以及由月牙洼的发展引起的缺损的产生,提高工具寿命。

[0105] 从提高导热系数的观点出发,cBN颗粒的硅含有率的上限为0.02质量%以下,优选为0.01质量%以下,更优选为0.001质量%以下。cBN颗粒的硅含有率越小则越优选,因此下限没有特别限定。cBN颗粒的硅含有率的下限例如可以设为0质量%以上。cBN颗粒的硅含有率优选为0质量%以上且0.02质量%以下,更优选为0质量%以上且0.01质量%以下,进一步优选为0质量%以上且0.001质量%以下。cBN颗粒可以在六方晶氮化硼粉末中添加催化剂(Li、Ca、Mg以及它们的氮化物、硼化物、硼氮化物)后,进行加热加压来制作。此时,为了促进cBN颗粒的生长,在催化剂的基础上还添加有Si。因此,在cBN颗粒中有可能作为不可避免的杂质而包含硅。如果考虑到这一点,则cBN颗粒的硅含有率的下限例如可以大于0质量%。cBN颗粒的硅含有率优选为大于0质量%且0.02质量%以下,更优选为大于0质量%且0.01质量%以下,进一步优选为大于0质量%且0.001质量%以下。

[0106] 立方晶氮化硼颗粒的硅含有率的测定方法如下所述。

[0107] 将立方晶氮化硼烧结体在压力容器内浸渍于氟硝酸(氢氟酸(浓度:60质量%):硝酸(浓度:70质量%)=5:5(体积比))。由此,使结合材料全部溶解于氟硝酸中,仅残留cBN颗

粒。通过熔融盐法溶解该cBN颗粒后,进行高频电感耦合等离子体发光分析法(ICP法)(测定装置:Thermo Fisher iCAP6500),对cBN颗粒的硅含有率进行定量测定。

[0108] (中值粒径d50)

[0109] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中所含的立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的中值粒径d50(以下,也记为“中值粒径d50”)没有特别限定,例如优选为1nm以上且15000nm以下,更优选为10nm以上且12000nm以下,进一步优选为100nm以上且10000nm以下。由此,使用了立方晶氮化硼烧结体的工具能够具有较长的工具寿命。

[0110] 在本说明书中,立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的中值粒径d50(个数基准的频度的累积为50%的当量圆直径)通过以下的方法进行测定。按照与上述的立方晶氮化硼烧结体中的立方晶氮化硼颗粒的含有率的测定方法同样的步骤,对立方晶氮化硼烧结体的剖面的反射电子图像进行二值化处理,提取出立方晶氮化硼颗粒。观察倍率设为5000倍。在二值化处理后的图像中设定测定区域(15 $\mu\text{m}$ ×20 $\mu\text{m}$ )。在该测定区域中,使用上述图像分析软件,计算出各立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的分布。根据立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的分布,计算出该测定视野中的立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的中值粒径d50。在不同的五个测定区域进行该当量圆直径的中值粒径d50的测定。将五个测定区域的测定值的平均作为本实施方式的立方晶氮化硼烧结体中的立方晶氮化硼颗粒的当量圆直径的中值粒径d50。

[0111] 确认到以下情况:只要在申请人进行测定的范围内,只要在同一试样中对立方晶氮化硼颗粒的中值粒径d50进行测定,则即使变更立方晶氮化硼烧结体中的测定视野的选择部位并多次进行计算,测定结果也几乎没有偏差,即使任意地设定测定视野,结果也不会随意变化。

[0112] 《结合材料》

[0113] 本实施方式的cBN烧结体可以包含结合材料。结合材料起到能够在工业水平的压力温度下对作为难烧结性材料的cBN颗粒进行烧结的作用。另外,由于与铁的反应性比cBN低,因此附加尤其是在高硬度淬火钢的切削中抑制化学磨损以及热磨损的作用。另外,若cBN烧结体含有结合材料,则尤其是高硬度淬火钢的高效率加工中的耐磨损性以及耐缺损性提高。

[0114] 在本实施方式的cBN烧结体中,结合材料包含选自由化合物以及该化合物的固溶体组成的群组中的至少一种,该化合物由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构成。即,结合材料包含选自由上述化合物以及上述化合物的固溶体组成的群组中的至少一种。该结合材料对cBN颗粒的结合力高。因此,立方晶氮化硼烧结体具有优异的耐缺损性,使用了该立方晶氮化硼烧结体的工具的使用寿命变长。

[0115] 在本说明书中,周期表第四族元素包含钛(Ti)、锆(Zr)以及铪(Hf)。周期表第五族元素包含钒(V)、铌(Nb)以及钽(Ta)。周期表第六族元素包含铬(Cr)、钼(Mo)以及钨(W)。以下,将周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍中所含的元素也记为“第一元素”。

[0116] 作为包含上述的第一元素和碳的化合物(碳化物),例如可以列举为碳化钛(TiC)、碳化锆(ZrC)、碳化铪(HfC)、碳化钒(VC)、碳化铌(NbC)、碳化钽(TaC)、碳化铬(Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>)、碳化

钼(MoC)、碳化钨(WC)、碳化硅(SiC)、碳化钨-钴( $W_2Co_3C$ )。

[0117] 作为包含上述的第一元素和氮的化合物(氮化物),例如可以列举为氮化钛(TiN)、氮化锆(ZrN)、氮化铪(HfN)、氮化钒(VN)、氮化铌(NbN)、氮化钽(TaN)、氮化铬( $Cr_2N$ )、氮化钼(MoN)、氮化钨(WN)、氮化铝(AlN)、氮化硅( $Si_3N_4$ )、氮化钴(CoN)、氮化镍(NiN)、氮化钛锆(TiZrN)、氮化钛铪(TiHfN)、氮化钛钒(TiVN)、氮化钛铌(TiNbN)、氮化钛钽(TiTaN)、氮化钛铬(TiCrN)、氮化钛钼(TiMoN)、氮化钛钨(TiWN)、氮化钛铝( $TiAlN$ 、 $Ti_2AlN$ 、 $Ti_3AlN$ )、氮化钛铪(ZrHfN)、氮化钛钒(ZrVN)、氮化钛铌(ZrNbN)、氮化钛钽(ZrTaN)、氮化钛铬(ZrCrN)、氮化钛钼(ZrMoN)、氮化钛钨(ZrWN)、氮化钛铪(HfVN)、氮化钛铌(HfNbN)、氮化钛钽(HfTaN)、氮化钛铬(HfCrN)、氮化钛钼(HfMoN)、氮化钛钨(HfWN)、氮化钒铌(VNbN)、氮化钒钽(VTaN)、氮化钒铬(VCrN)、氮化钒钼(VMoN)、氮化钒钨(VWN)、氮化铌钽(NbTaN)、氮化铌铬(NbCrN)、氮化铌钼(NbMoN)、氮化铌钨(NbWN)、氮化钽铬(TaCrN)、氮化钽钼(TaMoN)、氮化钽钨(TaWN)、氮化铬钼(CrMoN)、氮化铬钨(CrWN)、氮化钼铬(MoCrN)。

[0118] 作为包含上述的第一元素和硼的化合物(硼化物),例如可以列举为硼化钛( $TiB_2$ )、硼化锆( $ZrB_2$ )、硼化铪( $HfB_2$ )、硼化钒( $VB_2$ )、硼化铌( $NbB_2$ )、硼化钽( $TaB_2$ )、硼化铬(CrB)、硼化钼(MoB)、硼化钨(WB)、硼化铝( $AlB_2$ )、硼化钴( $Co_2B$ )、硼化镍( $Ni_2B$ )。

[0119] 作为包含上述的第一元素和氧的化合物(氧化物),例如可以列举为氧化钛( $TiO_2$ )、氧化锆( $ZrO_2$ )、氧化铪( $HfO_2$ )、氧化钒( $V_2O_5$ )、氧化铌( $Nb_2O_5$ )、氧化钽( $Ta_2O_5$ )、氧化铬( $Cr_2O_3$ )、氧化钼( $MoO_3$ )、氧化钨( $WO_3$ )、氧化铝( $Al_2O_3$ )、氧化硅( $SiO_2$ )、氧化钴(CoO)、氧化镍(NiO)。

[0120] 作为包含上述的第一元素、碳和氮的化合物(碳氮化物),例如可以列举为碳氮化钛(TiCN)、碳氮化锆(ZrCN)、碳氮化铪(HfCN)、碳氮化钛铌(TiNbCN)、碳氮化钛锆(TiZrCN)、碳氮化钛铪(TiHfCN)、碳氮化钛钽(TiTaCN)、碳氮化钛铬(TiCrCN)。

[0121] 作为由上述的第一元素、氧和氮构成的化合物(氧氮化物),例如可以列举为氧氮化钛(TiON)、氧氮化锆(ZrON)、氧氮化铪(HfON)、氧氮化钒(VON)、氧氮化铌(NbON)、氧氮化钽(TaON)、氮氧化铬(CrON)、氧氮化钼(MoON)、氧氮化钨(WON)、氧氮化铝(AlON)、氧氮化硅(SiON)。

[0122] 上述化合物的固溶体是指两种以上的这些化合物溶入于彼此的晶体结构内的状态,是指侵入型固溶体、置换型固溶体。

[0123] 上述化合物可以使用一种,也可以组合使用两种以上。

[0124] 结合材料在上述化合物的基础上,还可以包含其他成分。作为构成其他成分的元素,例如可以列举为锰(Mn)、铼(Re)。

[0125] 结合材料中的上述化合物以及上述化合物的固溶体的合计含有率的下限优选为50体积%以上,更优选为60体积%以上,进一步优选为70体积%以上。结合材料中的上述化合物以及上述化合物的固溶体的合计含有率越多则越优选,因此没有特别限定,例如可以设为100体积%以下。结合材料中的上述化合物以及上述化合物的固溶体的合计含有率优选为50体积%以上且100体积%以下,更优选为60体积%以上且100体积%以下,进一步优选为70体积%以上且100体积%以下。

[0126] cBN烧结体中包含的结合材料的组成可以通过XRD(X射线衍射测定,X-ray Diffraction)来确定。

[0127] 结合材料中的上述化合物以及上述化合物的固溶体的合计含有率通过基于XRD的RIR法(Reference Intensity Ratio:参比强度法)来测定。

[0128] <用途>

[0129] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体适合用于切削工具、耐磨工具、磨削工具等。

[0130] 使用了本公开的立方晶氮化硼烧结体的切削工具、耐磨工具以及磨削工具分别可以是其整体由立方晶氮化硼烧结体构成,也可以是仅其一部分(例如在切削工具的情况下,至少为刀尖部分)由立方晶氮化硼烧结体构成。进一步地,也可以在各工具的表面形成涂膜。

[0131] 作为切削工具,可以列举为钻头、立铣刀、钻头用可转位切削刀片、立铣刀用可转位切削刀片、铣削加工用可转位切削刀片、车削加工用可转位切削刀片、金工锯、齿轮切割工具、铰刀、丝锥、切削刀具等。

[0132] 作为耐磨工具,可以列举为模头、划线器、划线轮、修整器等。作为磨削工具,可以列举为磨削磨石等。

[0133] [实施方式2:立方晶氮化硼烧结体的制造方法]

[0134] 本实施方式的立方晶氮化硼烧结体例如可以通过下述方法制作。

[0135] 《立方晶氮化硼粉末的准备》

[0136] 立方晶氮化硼粉末(以下,也记为cBN粉末)是cBN烧结体中包含的cBN颗粒的原料粉末。cBN粉末可以在六方晶氮化硼粉末中添加催化剂(Li、Ca、Mg以及它们的氮化物、硼化物、硼氮化物)后,进行加热加压来制作,也可以准备市售的cBN粉末。cBN粉末的d50(平均粒径)没有特别限定,例如可以设为0.1~12.0 $\mu\text{m}$ 。

[0137] 首先,对上述cBN粉末进行电子束照射。电子束照射的条件例如可以设为照射能量为25~30MeV且照射时间为10~24小时。

[0138] 对电子束照射后的cBN粉末进行加压加热处理。加压加热处理可以使用超高压高温发生装置来进行。超高压高温发生装置可以根据所期望的发生压力区域而使用带型、多砧型、立方体型等。加压加热处理中的压力可以设为5~15GPa,温度可以设为1000~2000 $^{\circ}\text{C}$ ,保持时间可以设为1~60分钟。

[0139] 通过进行上述的电子束照射以及加压加热处理,cBN颗粒的晶格常数降低至3.6161 $\text{\AA}$ 以下。

[0140] 接着,对加热加压处理后的cBN粉末,在氧分压为 $1 \times 10^{-29}$ atm以下且800~1300 $^{\circ}\text{C}$ 下进行10~60分钟加热处理(以下,将该工序也记为“低氧下的加热处理”)。由此,能够降低cBN颗粒中的硅含有率。

[0141] 在上述中,示出了在电子束照射后按照上述顺序进行加热加压处理以及低氧下的加热处理的例子,但加热加压处理以及低氧下的加热处理的顺序并不限定于上述顺序。也可以在电子束照射后,进行低氧下的加热处理,之后进行加热加压处理。

[0142] 《结合材料原料粉末的准备》

[0143] 在立方晶氮化硼烧结体包含结合材料的情况下,准备结合材料原料粉末。结合材料原料粉末是指cBN烧结体中所含的结合材料的原料粉末。该结合材料原料粉末可以包含由选自由周期表第四族元素、周期表第五族元素、周期表第六族元素、铝、硅、铁、钴以及镍组成的群组中的至少一种元素和选自由碳、氮、硼以及氧组成的群组中的至少一种元素构

成的化合物。

[0144] 结合材料原料粉末例如可以如下制备。将TiN和Al混合,在真空中以1200°C进行30分钟热处理,得到化合物。将该化合物粉碎,制作结合材料原料粉末。该结合材料原料粉末在X射线衍射测定(XRD:X-ray diffraction)中确认到TiN、Ti<sub>2</sub>AlN、TiAl<sub>3</sub>等的峰。

[0145] 此外,各粉末的混合、粉碎方法没有特别限制,从高效均质地混合的观点出发,优选为利用球等介质的混合和粉碎、以及喷射磨混合、粉碎等。各混合、粉碎方法可以是湿式也可以是干式。

[0146] 《混合工序》

[0147] 在立方晶氮化硼烧结体包含结合材料的情况下,将上述准备的cBN粉末和结合材料原料粉末利用在溶剂中使用了乙醇、丙酮等的湿式球磨机混合进行混合,制作混合粉末。溶剂在混合后通过自然干燥去除。之后,通过进行热处理,使吸附于混合粉末的表面的水分等杂质挥发,使混合粉末的表面洁净化。

[0148] 《烧结工序》

[0149] 在立方晶氮化硼烧结体包含结合材料的情况下,在将上述的混合粉末与WC-6%Co的硬质合金制圆盘接触的状态下,填充至Ta(钽)制的容器中进行真空密封。在立方晶氮化硼烧结体仅由立方晶氮化硼颗粒构成的情况下,将上述准备的cBN粉末以与WC-6%Co的硬质合金制圆盘接触的状态填充于Ta(钽)制的容器并进行真空密封。将真空密封的混合粉末或cBN粉末使用带型超高压高温发生装置在3~12GPa、1100~2200°C的条件下保持5~30分钟进行烧结。由此,制作本实施方式的立方晶氮化硼烧结体。

[0150] [附记1]

[0151] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料构成。

[0152] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由35体积%以上且小于100体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于0体积%且65体积%以下的结合材料构成。

[0153] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由35体积%以上且小于98体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于2体积%且65体积%以下的结合材料构成。

[0154] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由40体积%以上且85体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和15体积%以上且60体积%以下的结合材料构成。

[0155] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由45体积%以上且80体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和20体积%以上且55体积%以下的结合材料构成。

[0156] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒构成。

[0157] [附记2]

[0158] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒、结合材料和不可避免的杂质构成,包含35体积%以上且100体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和0体积%以上且65体积%以下的结合材料。

[0159] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒、结合材料和不可避免的杂质构成,包含35体积%以上且小于100体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于0体积%且65体积%以下的结合材料。

[0160] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒、结合材料和不可避

免的杂质构成,由35体积%以上且小于98体积%的立方晶氮化硼颗粒和大于2体积%且65体积%以下的结合材料构成。

[0161] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒、结合材料和不可避免的杂质构成,包含40体积%以上且85体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和15体积%以上且60体积%以下的结合材料。

[0162] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒、结合材料和不可避免的杂质构成,包含45体积%以上且80体积%以下的立方晶氮化硼颗粒和20体积%以上且55体积%以下的结合材料。

[0163] 优选地,本公开的立方晶氮化硼烧结体由立方晶氮化硼颗粒和不可避免的杂质构成。

[0164] [附记3]

[0165] 优选地,在本公开的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为大于0质量%且0.02质量%以下。

[0166] 优选地,在本公开的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为大于0质量%且0.01质量%以下。

[0167] 优选地,在本公开的立方晶氮化硼烧结体中,立方晶氮化硼颗粒的硅含有率为大于0质量%且0.001质量%以下。

[0168] 实施例

[0169] 通过实施例对本实施方式进一步具体地进行说明。但是,本实施方式并不限于这些实施例。

[0170] [试验1]

[0171] 《立方晶氮化硼粉末的准备》

[0172] 准备公知的立方晶氮化硼粉末(d50(平均粒径)3.2 $\mu\text{m}$ )。对该cBN粉末进行电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的至少任一者。在进行电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的两个以上的情况下,按照上述顺序进行。

[0173] 电子束照射的条件如表1的“电子束照射”的“能量(MeV)”以及“时间(hr)”一栏所示。例如,在试样1中,对cBN粉末以27MeV的照射能量进行15小时的照射时间的电子束照射。加压加热处理的条件如表1的“加压加热处理”的“压力(GPa)”、“温度( $^{\circ}\text{C}$ )”以及“时间(分钟)”一栏所示。例如,在试样1中,对cBN粉末在6GPa的压力以及1400 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行30分钟的加压加热处理。低氧下的加热处理的条件如表1的“低氧下加热处理”的“氧分压”、“温度( $^{\circ}\text{C}$ )”以及“时间(分钟)”一栏所示。例如,在试样1中,对cBN粉末在 $1 \times 10^{-30}$ atm的氧分压以及1000 $^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行30分钟的加热处理。此外,表1中“-”的记载表示未进行相应的工序。

[0174] 《结合材料原料粉末的准备》

[0175] 按照下述步骤准备结合材料原料粉末。

[0176] <试样1~试样7、试样13~试样19、试样1-1~试样1-5、试样1-7~试样1-9>

[0177] 将TiN粉末和Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200 $^{\circ}\text{C}$ 进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0178] <试样8>

[0179] 将TiCN粉末和Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200 $^{\circ}\text{C}$ 进行30分钟热

处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0180] <试样9、试样1-6>

[0181] 将WC粉末、Co粉末和Al粉末以质量比3:8:1混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0182] <试样10>

[0183] 将TiO<sub>2</sub>粉末、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>粉末和C粉末以质量比57.19:16.79:26.02混合,在氮气气氛下以2100°C进行60分钟热处理,合成TiNbCN组成的单相化合物。将该单相化合物通过湿式粉碎法粉碎至粒径为0.5μm,得到TiNbCN粉末。将TiNbCN粉末以及Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0184] <试样11>

[0185] 将TiO<sub>2</sub>粉末、ZrO<sub>2</sub>粉末和C粉末以质量比58.35:15.88:25.77混合,在氮气气氛下以2100°C进行60分钟热处理,合成TiZrCN组成的单相化合物。将该单相化合物通过湿式粉碎法粉碎至粒径为0.5μm,得到TiZrCN粉末。将TiZrCN粉末以及Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0186] <试样12>

[0187] 将TiO<sub>2</sub>粉末、HfO<sub>2</sub>粉末和C粉末以质量比52.45:24.38:23.17混合,在氮气气氛下以2100°C进行60分钟热处理,合成TiHfCN组成的单相化合物。将该单相化合物通过湿式粉碎法粉碎至粒径为0.5μm,得到TiHfCN粉末。将TiHfCN粉末以及Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0188] <试样20>

[0189] 将TiO<sub>2</sub>粉末、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>粉末和C粉末以质量比51.47:25.12:23.42混合,在氮气气氛下以2100°C进行60分钟热处理,合成TiTaCN组成的单相化合物。将该单相化合物通过湿式粉碎法粉碎至粒径为0.5μm,得到TiTaCN粉末。将TiTaCN粉末以及Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0190] <试样21>

[0191] 将TiO<sub>2</sub>粉末、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末和C粉末以质量比62.64:10.51:26.84混合,在氮气气氛下以2100°C进行60分钟热处理,合成TiCrCN组成的单相化合物。将该单相化合物通过湿式粉碎法粉碎至粒径为0.5μm,得到TiCrCN粉末。将TiCrCN粉末以及Al粉末以质量比85:15混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0192] <试样22>

[0193] 以质量比3:8:1准备WC粉末、Co粉末以及Al粉末。在WC粉末、Co粉末以及Al粉末中,以成为整体的5质量%的方式添加Zr粉末并混合,在真空中以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,制作包含WC、Co、Al以及Zr的结合材料原料粉末。

[0194] <试样23>

[0195] 在制作结合材料原料粉末时,添加Ni粉末以及Nb粉末来代替Zr粉末,除此以外,以与试样22同样的方法制作cBN烧结体。此外,Ni粉末与Nb粉末的质量比为Ni:Nb=1:1。

[0196] <试样24>

[0197] 在制作结合材料原料粉末时不添加Zr粉末,在将cBN粉末与结合材料粉末混合时,添加CrN粉末,除此以外,通过与试样22同样的方法制作cBN烧结体。此外,CrN粉末的添加量相对于结合材料整体的含有比例为5质量%。CrN粉末是将Cr<sub>2</sub>N(日本新金属公司制造)在氮气气氛下、300kPa且900°C下处理3小时而得到的。

[0198] <试样25>

[0199] 不使用结合材料原料粉末,在后述的烧结工序中,将cBN粉末在用Al板夹住的状态下填充在Ta(钽)制的容器中并进行烧结。

[0200] 《混合工序》

[0201] 在使用结合材料原料粉末的试样中,将进行了上述的电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的至少任一种的cBN粉末与结合材料原料粉末混合,通过使用了乙醇的湿式球磨机法均匀地混合,得到混合粉末。之后,为了去除表面的水分等杂质,在真空下、900°C下进行脱气处理。此外,制作混合粉末时的cBN粉末与结合材料原料粉末的混合比率,以在立方晶氮化硼烧结体中cBN颗粒以及结合材料的比率(体积%)成为表2的“cBN烧结体”的“cBN颗粒(体积%)”以及“结合材料(体积%)”一栏中记载的比率的方式进行调整。

[0202] 《烧结工序》

[0203] 接着,在使用结合材料原料粉末的试样中,在将混合粉末与WC-6%Co的硬质合金制圆盘接触的状态下,填充到Ta(钽)制的容器中进行真空密封。将真空密封的混合粉末使用带型超高压高温发生装置,以0.4GPa/min的升压速度升压至7GPa,在7GPa且1700°C的条件下保持20分钟进行烧结,得到各试样的cBN烧结体。在不使用结合材料原料粉末的试样25中,将cBN粉末在用Al板夹住的状态下填充在Ta(钽)制的容器中,进行烧结而得到cBN烧结体。

[0204] 表1

[0205]

试样 No.	电子束照射		加压加热处理			低氧下加热处理		
	能量 (MeV)	时间 (hr)	压力 (GPa)	温度 (°C)	时间 (分)	氧分压	温度 (°C)	时间 (分)
1	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2	27	15	7	1500	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
3	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
4	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30
5	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
6	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
7	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
8	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
9	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
10	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
11	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
12	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
13	30	20	9	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
14	30	20	10	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
15	30	20	12	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
16	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
17	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
18	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
19	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
20	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
21	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
22	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
23	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
24	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
25	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
1-1	—	—	—	—	—	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
1-2	27	15	4	1300	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
1-3	27	15	6	1400	30	—	—	—
1-4	27	15	8	1600	30	—	—	—
1-5	—	—	—	—	—	—	—	—
1-6	27	15	4	1300	30	—	—	—
1-7	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30
1-8	—	—	6	1400	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30
1-9	27	15	—	—	—	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30

[0206] 《评价》

[0207] &lt;cBN烧结体的组成&gt;

[0208] 对cBN烧结体中的cBN颗粒以及结合材料的含有率(体积%)进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。在各试样中,cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率(体积%)示于表2的“cBN烧结体”的“cBN颗粒(体积%)”一栏中,结合材料的含有率(体积%)示于表2的“cBN烧结体”的“结合材料(体积%)”一栏中。

[0209] &lt;结合材料的组成&gt;

[0210] 对cBN烧结体中的结合材料的组成进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表2的“cBN烧结体”的“结合材料”一栏。在全部的试样中,结合材料中的表2的“结合材料”一栏中记载的化合物的含有率的合计为50体积%以上。

[0211] <cBN颗粒的晶格常数>

[0212] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的晶格常数进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表2的“cBN烧结体”的“cBN颗粒的晶格常数 $\Delta$ ”一栏中。

[0213] <cBN颗粒的硅含有率>

[0214] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的硅含有率进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表2的“cBN烧结体”的“cBN颗粒的Si含有率(质量%)”一栏中。在表2中,“<0.001”的表述是指硅含有率为检测极限以下。

[0215] <cBN颗粒的粒径>

[0216] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的当量圆直径的中值粒径d50进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。在全部的试样中,cBN颗粒的当量圆直径的中值粒径d50为1nm以上且15000nm以下的范围。

[0217] <切削试验>

[0218] 使用各试样的cBN烧结体,制作切削工具(基材形状:CNGA120408)。使用该切削工具,在以下的切削条件下实施切削试验。下述的切削条件相当于淬火钢的高速高效率加工。

[0219] 切削速度:200m/min.

[0220] 进给速度:0.2mm/rev.

[0221] 切口:0.2mm

[0222] 冷却剂:干式

[0223] 切削方法:断续切削

[0224] 车床:LB400(OKUMA株式会社制造)

[0225] 被切削件:淬火钢(SCM415 V槽,硬度HRC60)

[0226] 评价方法:每隔0.5km对刀尖进行观察,确认刀尖有无缺损。对产生0.2mm以上的缺损的时间点的切削距离进行测定,将该切削距离作为切削工具的寿命。将其结果示于表1的“工具寿命(km)”一栏。

[0227] 表2

[0228]

试样 No.	cBN 烧结体					工具寿命(km)
	cBN 颗粒 (体积%)	结合材料 (体积%)	结合材料	cBN 颗粒的晶格常数 (Å)	cBN 颗粒的 Si 含有率 (质量%)	
1	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6161	<0.001	4.5
2	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6158	<0.001	4.8
3	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.02	4.3
4	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.01	4.9
5	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	5.7
6	35	65	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	4.2
7	90	10	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	4.0
8	35	65	TiCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	4.4
9	80	20	WC, Co, Al	3.6155	<0.001	4.7
10	70	30	TiNbCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	5.3
11	70	30	TiZrCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	5.2
12	70	30	TiHfCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	<0.001	5.0
13	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6150	0.02	4.4
14	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6145	0.02	4.3
15	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6140	0.02	4.2
16	40	60	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.02	4.1
17	45	55	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.02	4.2
18	85	15	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.02	4.3
19	80	20	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.02	4.5
20	70	30	TiTaCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6161	0.02	4.3
21	70	30	TiCrCN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6161	0.02	4.4
22	85	15	WC, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Zr	3.6161	0.02	4.3
23	85	15	WC, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ni, Nb	3.6161	0.02	4.3
24	85	15	WC, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CrN	3.6161	0.02	4.2
25	85	15	AlN, AlB <sub>2</sub>	3.6155	<0.001	4.2
1-1	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6165	<0.001	3.1
1-2	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6162	<0.001	3.8
1-3	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6161	0.05	2.8
1-4	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.05	3.7
1-5	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6165	0.05	2.5
1-6	80	20	WC, Co, Al	3.6162	0.05	2.5
1-7	30	70	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6155	0.01	2.4
1-8	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6163	0.01	3.5
1-9	70	30	TiN, TiB <sub>2</sub> , AlN, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6164	0.01	3.3

[0229] &lt;考察&gt;

[0230] 试样1~试样25相当于实施例,试样1-1~试样1-9相当于比较例。试样1~试样25(实施例)与试样1-1~试样1-9(比较例)相比,确认到在高效率加工中工具寿命较长。

[0231] [试验2]

[0232] 《立方晶氮化硼粉末的准备》

[0233] 准备公知的立方晶氮化硼粉末(d<sub>50</sub>(平均粒径)为3.2μm)。对该cBN粉末进行电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的至少任一者。在进行电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的两个以上的情况下,按照上述顺序进行。

[0234] 电子束照射的条件如表3的“电子束照射”的“能量(MeV)”以及“时间(hr)”一栏所示。加压加热处理的条件如表3的“加压加热处理”的“压力(GPa)”、“温度(°C)”以及“时间(分钟)”一栏所示。低氧下的加热处理的条件如表3的“低氧下加热处理”的“氧分压”、“温度(°C)”以及“时间(分钟)”一栏所示。此外,表3中“-”的记载表示未进行相应的工序。

[0235] 《结合材料原料粉末的准备》

[0236] 按照下述步骤准备结合材料原料粉末。

[0237] <试样2-1~试样2-7、试样2-9~试样2-18、试样2-29、试样2-30>

[0238] 将WC粉末、Co粉末和Al粉末以质量比3:8:1混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。

[0239] <试样2-19~试样2-27>

[0240] 在试样2-19~试样2-27中,将WC粉末、Co粉末、Al粉末和金属元素粉末以质量比3:5:1:3混合,在真空气氛下以1200°C进行30分钟热处理后,用湿式球磨机进行混合和粉碎,得到结合材料原料粉末。该金属元素粉末在试样2-19中使用Cr粉末,在试样2-20中使用Mo粉末,在试样2-21中使用V粉末,在试样2-22中使用Nb粉末,在试样2-23中使用Ta粉末,在试样2-24中使用Ti粉末,在试样2-25中使用Zr粉末,在试样2-26中使用Hf粉末,在试样2-27中使用Si粉末。

[0241] <试样2-28>

[0242] 试样2-28的结合材料不使用结合材料原料粉末,在烧结工序中在cBN颗粒的上下设置Al金属板,在烧结中使Al浸渗于cBN,由此作为反应产物而得到AlN以及AlB<sub>2</sub>。

[0243] 《混合工序》

[0244] 将进行了上述的电子束照射、加压加热处理以及低氧下的加热处理中的至少任一种的cBN粉末与结合材料原料粉末混合,通过使用了乙醇的湿式球磨机法均匀地混合,得到混合粉末。之后,为了去除表面的水分等杂质,在真空下、900°C下进行脱气处理。此外,制作混合粉末时的cBN粉末与结合材料原料粉末的混合比率,以在立方晶氮化硼烧结体中cBN颗粒以及结合材料的比率(体积%)成为表4的“cBN烧结体”的“cBN颗粒(体积%)”以及“结合材料(体积%)”一栏中记载的比率的方式进行调整。

[0245] 《烧结工序》

[0246] 接着,在使用结合材料原料粉末的试样中,将混合粉末在与WC-6%Co的硬质合金制圆盘接触的状态下,填充到Ta(钽)制的容器中进行真空密封。真空密封的温度为850°C以上。将真空密封的混合粉末使用带型超高压高温发生装置,以0.2GPa/min的升压速度升压至6GPa,在6GPa且1300°C的条件下保持30分钟进行烧结,得到各试样的cBN烧结体。

[0247] 在试样2-28中,在cBN颗粒的上下设置有Al金属板的状态下进行填充,进行烧结而得到cBN烧结体。

[0248] <试样2-8、试样2-31>

[0249] 在试样2-8以及试样2-31中,将cBN粉末在与WC-6%Co的硬质合金制圆盘接触的状态下,填充到Ta(钽)制的容器中进行真空密封。真空密封的温度为850°C以上。将真空密封的混合粉末使用带型超高压高温发生装置,以0.2GPa/min的升压速度升压至12GPa,在12GPa且2000°C的条件下保持30分钟进行烧结,得到各试样的cBN烧结体。

[0250] 表3

试样 No.	电子束照射		加压加热处理			低氧下加热处理		
	能量 (MeV)	时间 (hr)	压力 (GPa)	温度 (°C)	时间 (分)	氧分压	温度 (°C)	时间 (分)
2-1	27	15	6	1400	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-2	27	15	7	1500	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-3	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
2-4	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30
2-5	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-6	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-7	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-8	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-9	30	20	9	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
2-10	30	20	10	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
2-11	30	20	11	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
2-12	30	20	12	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	10
2-13	—	—	—	—	—	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-14	27	15	4	1300	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-15	27	15	6	1400	30	—	—	—
2-16	27	15	8	1600	30	—	—	—
2-17	—	—	—	—	—	—	—	—
2-18	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-29}$ atm	1000	30
2-19	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-20	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-21	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-22	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-23	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-24	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-25	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-26	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-27	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-28	27	15	8	1600	30	$1 \times 10^{-30}$ atm	1000	30
2-29	—	—	—	—	—	—	—	—
2-30	—	—	—	—	—	—	—	—
2-31	—	—	—	—	—	—	—	—

[0251]

[0252] 《评价》

[0253] &lt;cBN烧结体的组成&gt;

[0254] 对cBN烧结体中的cBN颗粒以及结合材料的含有率(体积%)进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。在各试样中,将cBN烧结体中的cBN颗粒的含有率(体积%)示于表4的“cBN烧结体”的“cBN颗粒(体积%)”一栏中,将结合材料的含有率(体积%)示于表4的“cBN烧结体”的“结合材料(体积%)”一栏中。

[0255] &lt;结合材料的组成&gt;

[0256] 对cBN烧结体中的结合材料的组成进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表4的“cBN烧结体”的“结合材料”一栏中。在全部的试样中,结合材料中的表4的“结合材料”一栏中记载的化合物的含有率的合计为50体

积%以上。

[0257] <cBN颗粒的晶格常数>

[0258] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的晶格常数进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表4的“cBN烧结体”的“cBN颗粒的晶格常数A”一栏中。

[0259] <cBN颗粒的硅含有率>

[0260] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的硅含有率进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。将结果示于表4的“cBN烧结体”的“cBN颗粒的Si含有率(质量%)”一栏中。在表4中,“<0.001”的表述是指硅含有率为检测极限以下。

[0261] <cBN颗粒的粒径>

[0262] 对cBN烧结体中的cBN颗粒的当量圆直径的中值粒径d50进行测定。具体的测定方法与实施方式1所记载的方法相同,因此不重复其说明。在全部的试样中,cBN颗粒的当量圆直径的中值粒径d50为1nm以上且15000nm以下的范围。

[0263] <切削试验>

[0264] 使用各试样的cBN烧结体,制作切削工具(基材形状:CNGA120408)。使用该切削工具,在以下的切削条件下实施切削试验。下述的切削条件相当于烧结合金的高速高效率加工。

[0265] 切削速度:180m/min.

[0266] 进给速度:0.14mm/rev.

[0267] 切口:0.18mm

[0268] 冷却剂:干式

[0269] 切削方法:端面断续切削

[0270] 车床:LB4000(OKUMA株式会社制造)

[0271] 被切削件:链轮形状(住友电工烧结合金公司制造的烧结合金DM-50(淬火)的端面切削,HV440)

[0272] 评价方法:每隔0.5km对刀尖进行观察,确认刀尖有无缺损。对产生0.2mm以上的缺损的时间点的切削距离进行测定,将该切削距离作为切削工具的寿命。将其结果示于表4的“工具寿命(km)”一栏。

[0273] 表4

[0274]

试样 No.	cBN 烧结体					工具寿命(km)
	cBN 颗粒 (体积%)	结合材料 (体积%)	结合材料	cBN 颗粒的 晶格常数 (Å)	cBN 颗粒的 Si 含有率 (质量%)	
2-1	90	10	WC, Co, Al	3.6161	<0.001	1.8
2-2	90	10	WC, Co, Al	3.6158	<0.001	2.0
2-3	90	10	WC, Co, Al	3.6155	0.02	2.2
2-4	90	10	WC, Co, Al	3.6155	0.01	2.3
2-5	90	10	WC, Co, Al	3.6155	<0.001	2.5
2-6	95	5	WC, Co, Al	3.6155	<0.001	2.6
2-7	99	1	WC, Co, Al	3.6155	<0.001	2.5
2-8	100	0	-	3.6155	<0.001	2.4
2-9	90	10	WC, Co, Al	3.6150	<0.001	2.6
2-10	90	10	WC, Co, Al	3.6145	<0.001	2.5
2-11	90	10	WC, Co, Al	3.6142	<0.001	2.0
2-12	90	10	WC, Co, Al	3.6140	<0.001	1.8
2-13	90	10	WC, Co, Al	3.6165	<0.001	0.8
2-14	90	10	WC, Co, Al	3.6162	<0.001	0.9
2-15	90	10	WC, Co, Al	3.6161	0.05	1.5
2-16	90	10	WC, Co, Al	3.6155	0.05	1.6
2-17	90	10	WC, Co, Al	3.6165	0.05	0.5
2-18	95	5	WC, Co, Al	3.6155	0.01	2.4
2-19	90	10	WC, Co, Al, Cr	3.6155	<0.001	2.6
2-20	90	10	WC, Co, Al, Mo	3.6155	<0.001	2.5
2-21	90	10	WC, Co, Al, V	3.6155	<0.001	2.5
2-22	90	10	WC, Co, Al, Nb	3.6155	<0.001	2.6
2-23	90	10	WC, Co, Al, Ta	3.6155	<0.001	2.6
2-24	90	10	WC, Co, Al, Ti	3.6155	<0.001	2.6
2-25	90	10	WC, Co, Al, Zr	3.6155	<0.001	2.6
2-26	90	10	WC, Co, Al, Hf	3.6155	<0.001	2.6
2-27	90	10	WC, Co, Al, Si	3.6155	<0.001	2.5
2-28	90	10	AlN, AlB <sub>2</sub>	3.6155	<0.001	2.0
2-29	95	5	WC, Co, Al	3.6165	0.05	0.5
2-30	99	1	WC, Co, Al	3.6165	0.05	0.4
2-31	100	0	-	3.6165	0.05	0.3

[0275] &lt;考察&gt;

[0276] 试样2-1~试样2-12、试样2-18~试样2-28相当于实施例。试样2-13~试样2-17、试样2-29~试样2-31相当于比较例。试样2-1~试样2-12、试样2-18~试样2-28(实施例)与试样2-13~试样2-17、试样2-29~试样2-31(比较例)相比,确认到在高效率加工中工具寿命较长。

[0277] 如以上那样对本公开的实施方式以及实施例进行了说明,但从最初起也预定将上述的各实施方式以及实施例的构成适当组合或进行各种变形。

[0278] 应当认为本次公开的实施方式以及实施例在所有方面都是示例,而不是限制性的。本发明的范围不是由上述的实施方式以及实施例表示,而是由权利要求书表示,意图包含与权利要求书等同的意思以及范围内的全部变更。

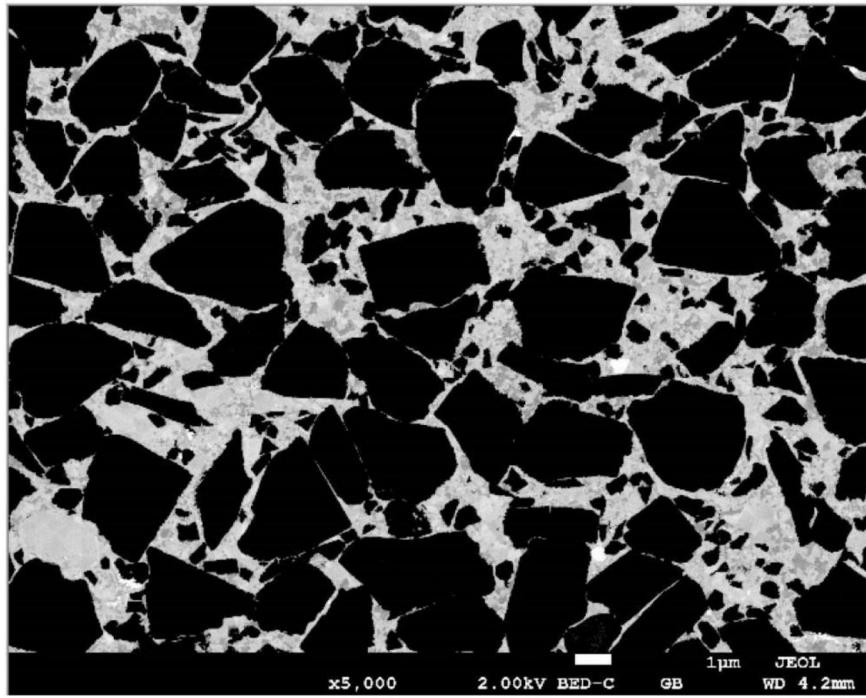


图1

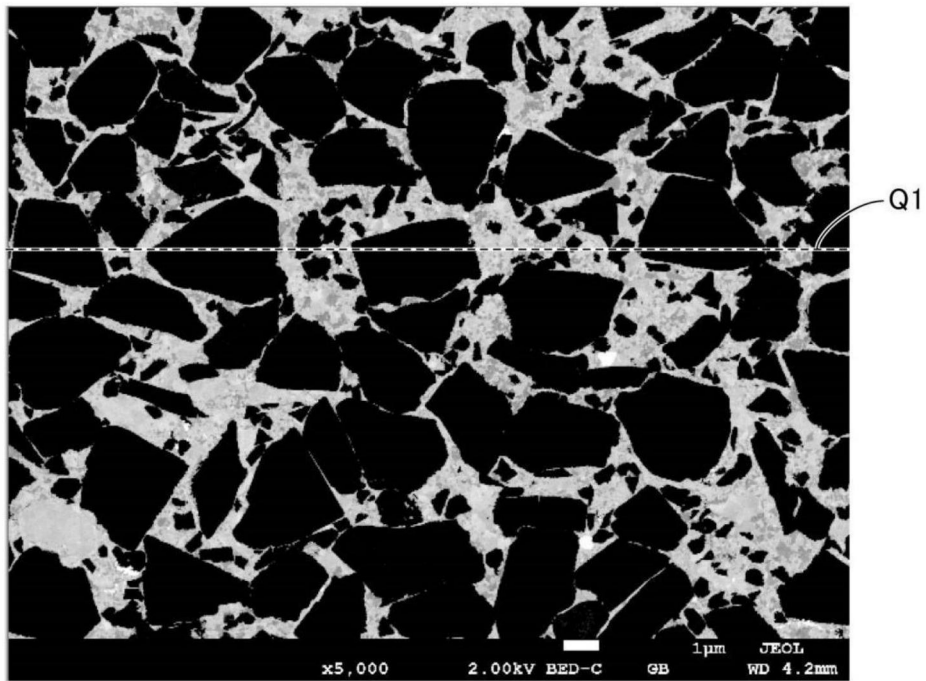


图2

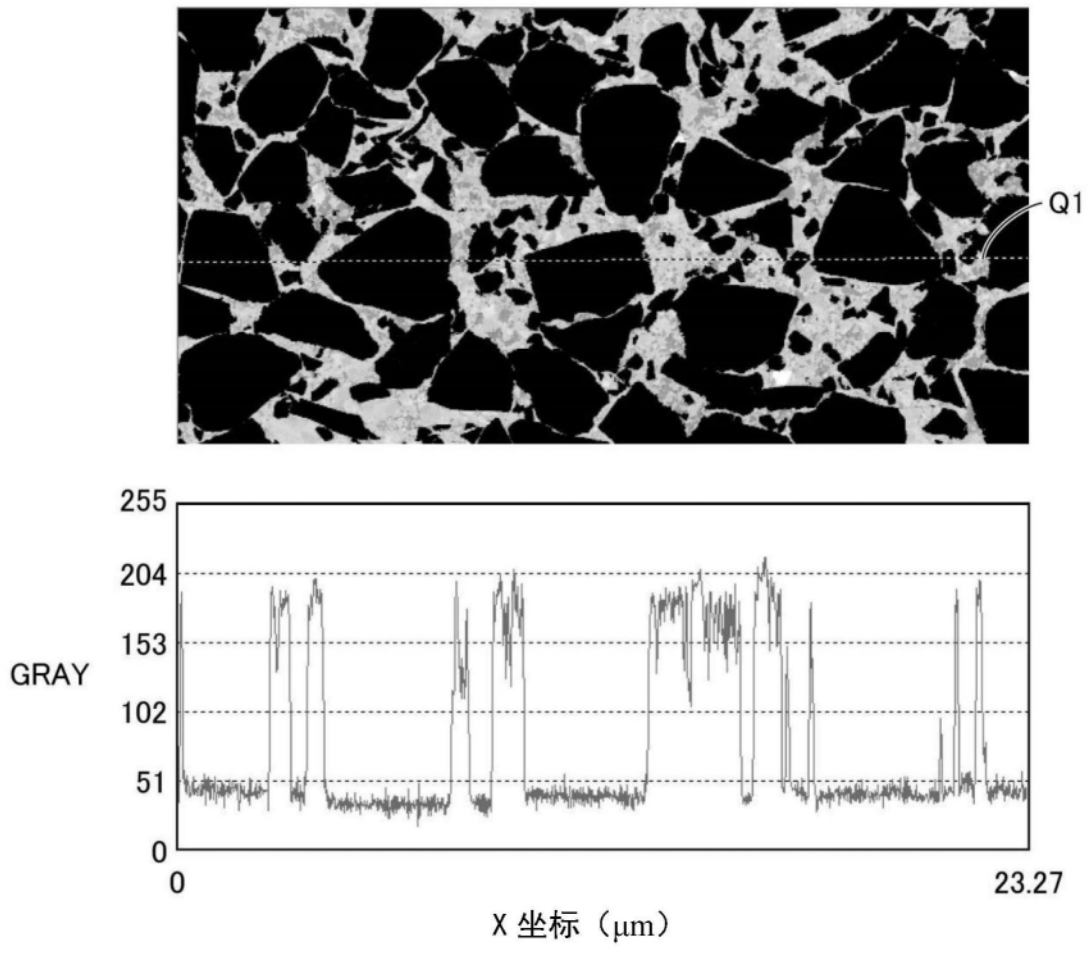


图3

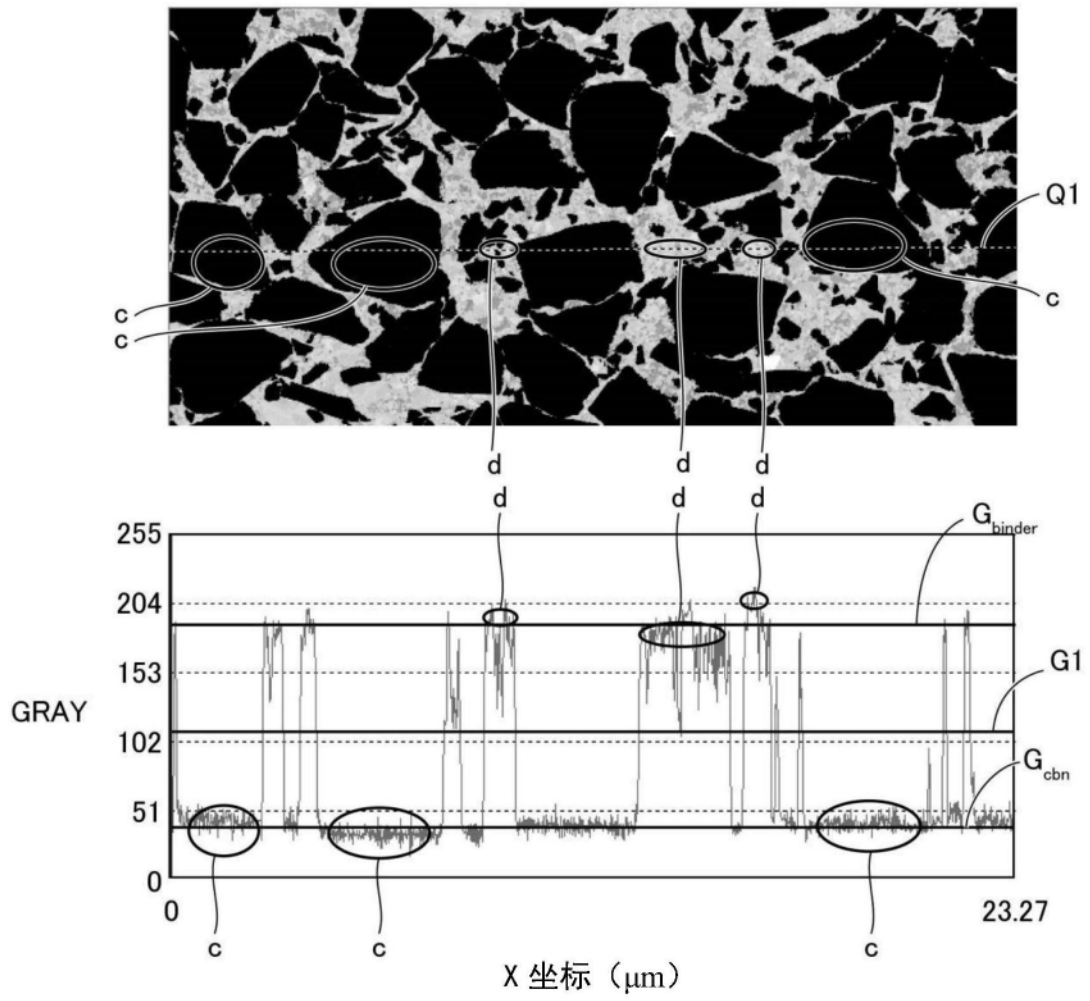


图4

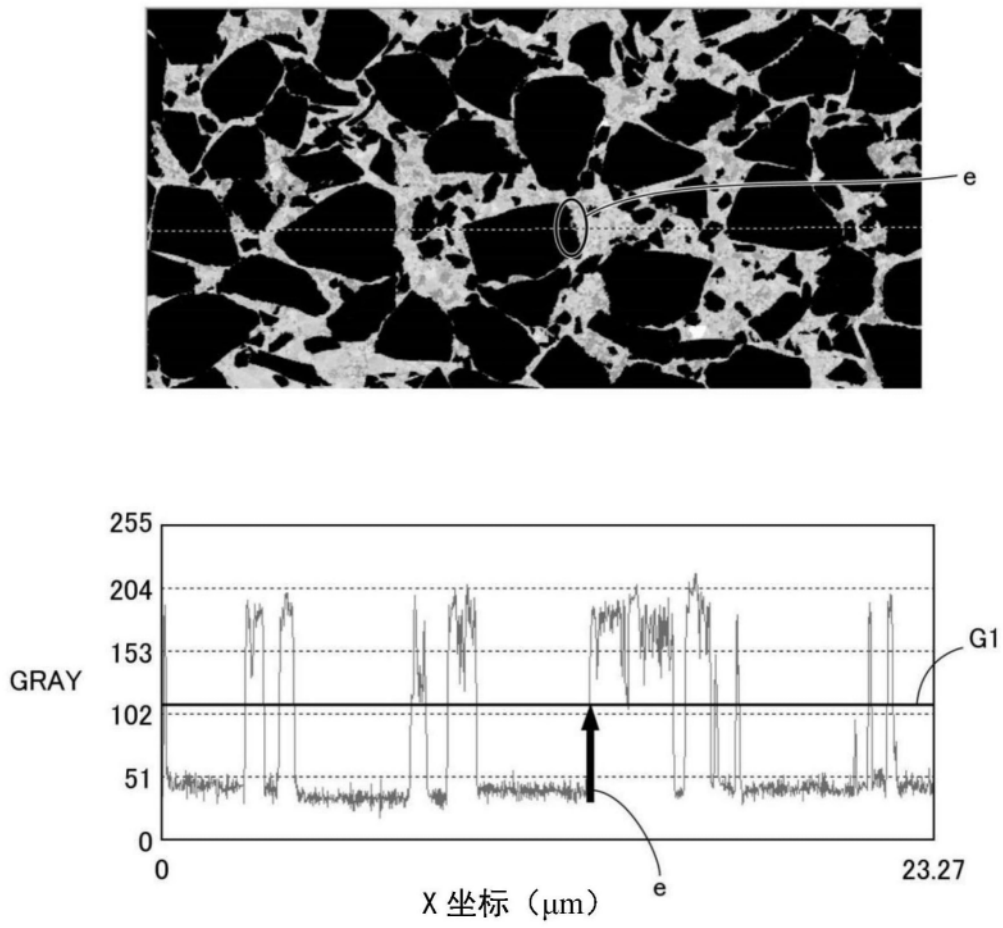


图5

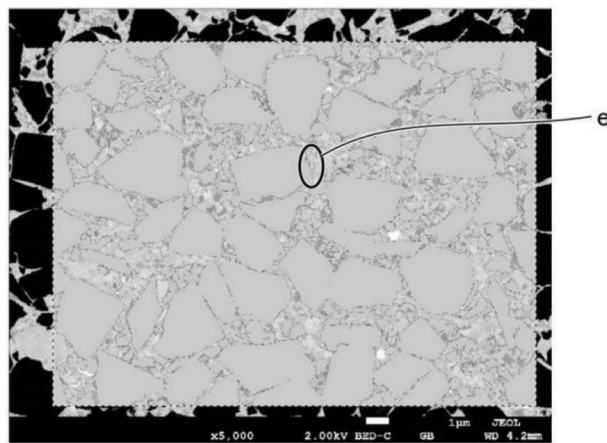


图6