



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115666830 B

(45) 授权公告日 2025.03.11

(21) 申请号 202180038561.9

(22) 申请日 2021.09.08

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115666830 A

(43) 申请公布日 2023.01.31

(30) 优先权数据  
2020-208258 2020.12.16 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2022.11.28

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2021/032975 2021.09.08

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02022/130706 JA 2022.06.23

(73) 专利权人 住友电工硬质合金株式会社  
地址 日本兵库县

(72) 发明人 小池沙知子 福井治世 津田圭一

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112  
专利代理师 常海涛 金小芳

(51) Int.Cl.  
B23B 27/14 (2006.01)  
C23C 14/06 (2006.01)

(56) 对比文件  
JP 2011218513 A, 2011.11.04  
JP 2018094669 A, 2018.06.21

审查员 李婷

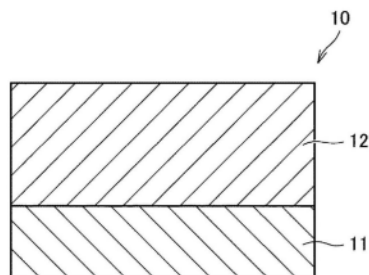
权利要求书2页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

切削工具

(57) 摘要

一种切削工具,具备:基材和配置在所述基材上的覆膜,所述覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层,所述第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下。



1. 一种切削工具,具备:  
基材和配置在所述基材上的覆膜,  
所述覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层,  
在所述第一层中,相对于所述第一层的总质量,不可避免的杂质的含有比例为0质量%以上0.2质量%以下,  
所述第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下,  
所述第一层的厚度为0.3 $\mu\text{m}$ 以上4.0 $\mu\text{m}$ 以下,  
所述弹性变形率是将试验载荷设为20mN、根据ISO14577并通过纳米压痕试验而测定的。
2. 根据权利要求1所述的切削工具,其中,  
所述覆膜进一步包括配置在所述第一层上的第二层,  
所述第二层至少包括与所述第一层的组成不同的第一单元层,  
所述第一单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。
3. 根据权利要求2所述的切削工具,其中,  
所述第二层进一步包括第二单元层,  
所述第二单元层与所述第一层和所述第一单元层的组成不同,  
所述第二单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成,  
所述第一单元层和所述第二单元层形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。
4. 根据权利要求3所述的切削工具,其中,  
所述第一单元层的厚度为1nm以上100nm以下,所述第二单元层的厚度为1nm以上100nm以下。
5. 根据权利要求1所述的切削工具,其中,  
所述覆膜进一步包括配置在所述第一层下方的第三层,  
所述第三层至少包括与所述第一层的组成不同的第1A单元层,  
所述第1A单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。
6. 根据权利要求5所述的切削工具,其中,  
所述第三层进一步包括第2A单元层,  
所述第2A单元层与所述第一层和所述第1A单元层的组成不同,  
所述第2A单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成,  
所述第1A单元层和所述第2A单元层形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。
7. 根据权利要求6所述的切削工具,其中,

所述第1A单元层的厚度为1nm以上100nm以下,所述第2A单元层的厚度为1nm以上100nm以下。

8. 根据权利要求1所述的切削工具,其中,  
所述基材包含选自由硬质合金、金属陶瓷、高速钢、陶瓷、cBN烧结体及金刚石烧结体组成的组中的至少1种。

9. 根据权利要求2所述的切削工具,其中  
所述第二层仅由所述第一单元层构成,  
所述第二层的厚度为0.1 $\mu\text{m}$ 以上10 $\mu\text{m}$ 以下。

10. 根据权利要求3或权利要求4所述的切削工具,其中  
所述第二层的厚度为0.1 $\mu\text{m}$ 以上10 $\mu\text{m}$ 以下。

11. 根据权利要求5所述的切削工具,其中  
所述第三层仅由所述第1A单元层构成,  
所述第三层的厚度为0.1 $\mu\text{m}$ 以上10 $\mu\text{m}$ 以下。

12. 根据权利要求6或权利要求7所述的切削工具,其中  
所述第三层的厚度为0.1 $\mu\text{m}$ 以上10 $\mu\text{m}$ 以下。

13. 根据权利要求2所述的切削工具,其中  
所述化合物为选自由 $\text{TiB}_2$ 、TiN以及TiBN组成的组中的至少1种化合物。

## 切削工具

### 技术领域

[0001] 本公开涉及切削工具。本申请要求基于2020年12月16日提出的日本专利申请特愿2020-208258号的优先权。该日本专利申请中所记载的全部记载内容通过参照援引在本说明书中。

### 背景技术

[0002] 为了延长切削工具的使用寿命,进行了各种研究。日本特开平06-262405号公报(专利文献1)公开了一种切削工具用或研磨工具用被覆部件,其特征在于,在基材的表面存在含有30容量%以上的立方碳化钨的膜厚为0.5 $\mu\text{m}$ 以上且100 $\mu\text{m}$ 以下的覆膜。

[0003] 日本特开昭54-152281号公报(专利文献2)公开了一种表面被覆工具,其以由钨和碳化钨当中的1种或2种构成的被覆层为形态。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开平06-262405号公报

[0007] 专利文献2:日本特开昭54-152281号公报

### 发明内容

[0008] 本公开的切削工具具备:基材和配置在所述基材上的覆膜,

[0009] 所述覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层,

[0010] 所述第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下。

### 附图说明

[0011] [图1]图1为示例切削工具的一个方式的透视图。

[0012] [图2]图2为本实施方式的一个方式的切削工具的示意性剖面图。

[0013] [图3]图3为本实施方式的其他方式的切削工具的示意性剖面图。

[0014] [图4]图4为本实施方式的其他方式的切削工具的示意性剖面图。

[0015] [图5]图5为本实施方式的其他方式的切削工具的示意性剖面图。

[0016] [图6]图6为本实施方式的其他方式的切削工具的示意性剖面图。

[0017] [图7]图7为示出基于纳米压痕试验结果绘制的载荷位移曲线的一个例子的坐标系。

### 具体实施方式

[0018] [本公开所要解决的课题]

[0019] 如钛合金的铣削(milling)加工时那样,需要即使在热负荷高的环境下也具有长的工具寿命的切削工具。

[0020] 因此,本公开的目的在于提供特别是即使在钛合金的铣削加工时那样的热负荷高

的环境下也具有长的工具寿命的切削工具。

[0021] [本公开的效果]

[0022] 本公开的切削工具特别是即使在钛合金的铣削加工时那样的热负荷高的环境下也能够具有长的工具寿命。

[0023] [本公开的实施方式的说明]

[0024] 首先,列举本公开的实施方式并进行说明。

[0025] (1) 本公开的切削工具具备:基材和配置在所述基材上的覆膜,

[0026] 所述覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层,

[0027] 所述第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下。

[0028] 本公开的切削工具特别是即使在钛合金的铣削加工时那样的热负荷高的环境下也能够具有长的工具寿命。

[0029] (2) 所述第一层的厚度优选为0.3 $\mu\text{m}$ 以上4.0 $\mu\text{m}$ 以下。由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0030] (3) 优选的是,所述覆膜进一步包括配置在所述第一层上的第二层,

[0031] 所述第二层至少包括与所述第一层的组成不同的第一单元层,

[0032] 所述第一单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。

[0033] 由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0034] (4) 优选的是,所述第二层进一步包括第二单元层,

[0035] 所述第二单元层与所述第一层和所述第一单元层的组成不同,

[0036] 所述第二单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成,

[0037] 所述第一单元层和所述第二单元层形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。

[0038] 由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0039] (5) 优选的是,所述第一单元层的厚度为1nm以上100nm以下,所述第二单元层的厚度为1nm以上100nm以下。由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0040] (6) 优选的是,所述覆膜进一步包括配置在所述第一层下方的第三层,

[0041] 所述第三层至少包括与所述第一层的组成不同的第1A单元层,

[0042] 所述第1A单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。

[0043] 由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0044] (7) 优选的是,所述第三层进一步包括第2A单元层,

[0045] 所述第2A单元层与所述第一层和所述第1A单元层的组成不同,

[0046] 所述第2A单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝及硅组成的组中的至少1种元素构成;或由所述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成,

[0047] 所述第1A单元层和所述第2A单元层形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。

[0048] 由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0049] (8) 优选的是,所述第1A单元层的厚度为1nm以上100nm以下,所述第2A单元层的厚度为1nm以上100nm以下。由此,工具的耐缺损性和耐磨性提高。

[0050] (9) 所述基材优选包含由硬质合金、金属陶瓷、高速钢、陶瓷、cBN烧结体及金刚石烧结体组成的组中的至少1种。由此,工具在高温下的硬度和强度优异。

[0051] [本公开的実施方式的详细情况]

[0052] 以下,参照附图对本公开的一个实施方式(以下,也记为“本实施方式”)的切削工具的具体例进行说明。在本公开的附图中,相同的参照符号表示相同部分或相当部分。另外,为了使附图清晰和简化,适当改变了长度、宽度、厚度、深度等的尺寸关系,不一定表示实际的尺寸关系。

[0053] 在本说明书中,“A~B”形式的表述是指范围的上限下限(即A以上B以下),在对A没有记载单位而仅对B记载单位的情况下,A的单位与B的单位相同。

[0054] 在本说明书中,在由化学式表示化合物等的情况下,在没有特别限定原子比时,其包括以往公知的所有原子比,而不应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的原子数的比包括以往公知的所有原子比。

[0055] [实施方式1:切削工具]

[0056] 本实施方式的切削工具具备:基材和配置在该基材上的覆膜,

[0057] 该覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层,

[0058] 该第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下。

[0059] 本实施方式的切削工具特别是即使在钛合金的铣削加工时那样的热负荷高的环境下也能够具有长的工具寿命。其原因尚不清楚,但是据推测是因为:第一层含有金属钨和六方碳化二钨,从而抑制了覆膜与被切削材料之间的扩散反应。

[0060] 本实施方式的切削工具例如可以为钻头、端铣刀、钻头用切削刃可转位切削刀片、端铣刀用切削刃可转位切削刀片、铣刀(fraise)加工用切削刃可转位切削刀片、铣削(milling)加工用切削刃可转位切削刀片、金属锯、齿轮切削工具、铰刀、丝锥等。

[0061] 图1为示例切削工具的一个方式的透视图。具有这样形状的切削工具例如可以用作切削刃可转位切削刀片。切削工具10具有:前刀面1、后刀面2、以及前刀面1与后刀面2交叉的切削刃棱线部3。即,前刀面1和后刀面2是夹着切削刃棱线部3而连接起来的面。切削刃棱线部3构成切削工具10的切削刃前端部。这样的切削工具10的形状也可以理解为切削工具的基材的形状。即,上述基材具有:前刀面、后刀面、以及连接前刀面与后刀面的切削刃棱线部。

[0062] <基材>

[0063] 本实施方式的基材可以使用以往公知的基材作为该种基材。例如,上述基材优选包含选自由硬质合金(例如,碳化钨(WC)基硬质合金、除WC以外含有Co的硬质合金、除WC以外添加了Cr、Ti、Ta、Nb等的碳氮化物的硬质合金等)、金属陶瓷(以TiC、TiN、TiCN等为主要成分的材料)、高速钢、陶瓷(碳化钛、碳化硅、氮化硅、氮化铝、氧化铝等)、立方氮化硼烧结体(cBN烧结体)及金刚石烧结体组成的组中的至少1种,更优选包含选自由硬质合金、金属陶瓷及cBN烧结体组成的组中的至少1种。

[0064] 需要说明的是,在使用硬质合金作为基材的情况下,即使这种硬质合金在织构中包含游离碳或被称为 $\eta$ 相的异常相,也能够表现出本实施方式的效果。需要说明的是,即使对本实施方式中所使用的基材的表面进行改性也不会产生影响。例如,在硬质合金的情况下,可以在其表面形成脱 $\beta$ 层;或者在金属陶瓷的情况下,可以形成表面硬化层,即使对表面进行这样的改性,也能够表现出本实施方式的效果。

[0065] 在切削工具为切削刃可转位切削刀片(铣刀(fraise)加工用切削刃可转位切削刀片等)的情况下,基材可以具有断屑器(chip breaker),也可以不具有。切削刃的棱线部分的形状可以包括以下中的任一种形状:锐边(前刀面与后刀面相交形成的棱)、珩磨边(对锐边赋予圆角而得的形状)、负刃带(negative land,倒角的形状)、或珩磨边和负刃带组合而得的形状。

[0066] <覆膜>

[0067] 本实施方式涉及的“覆膜”通过被覆上述基材的至少一部分(例如,切削加工时与被切削材料接触的部分),从而具有提高切削工具的耐缺损性、耐磨性等诸多特性的作用。上述覆膜也可以被覆上述基材的整个表面。需要说明的是,即使上述基材的一部分未被上述覆膜被覆、或者覆膜的构成部分地不同,也不脱离本实施方式的范围。

[0068] 上述覆膜的厚度优选为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、更优选为 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、进一步优选为 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下、更进一步优选为 $1\mu\text{m}$ 以上 $6\mu\text{m}$ 以下、特别优选为 $1.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下。在上述厚度小于 $0.1\mu\text{m}$ 的情况下,耐磨性倾向于降低。当上述厚度超过 $10\mu\text{m}$ 时,例如在断续加工中在覆膜与基材之间施加较大的应力时,倾向于高频率地发生覆膜的剥离或破坏。

[0069] 在本说明书中,覆膜的厚度是指后述的第一层、第二层(第一单元层、第二单元层)及第三层(第1A单元层、第2A单元层)等构成覆膜的层各自的厚度的总和。上述覆膜的厚度例如可以通过以下方法求出:使用透射电子显微镜(TEM),测定与基材的表面的法线方向平行的剖面样品中的任意3点,并求出所测定的3点的厚度的平均值。测定后述的第一层、第二层(第一单元层、第二单元层)及第三层(第1A单元层、第2A单元层)等各自的厚度的情况也是同样的。作为透射电子显微镜,例如可以列举出日本电子株式会社制造的球面像差校正装置“JEM-2100F(商标)”。

[0070] (第一层)

[0071] 上述覆膜包括由金属钨和六方碳化二钨构成的第一层。在不损害本实施方式涉及的切削工具取得的效果的范围内,第一层可以含有不可避免的杂质。作为该不可避免的杂质,例如可以列举出:铁(Fe)、钙(Ca)、锌(Zn)、钠(Na)、氟(F)、镍(Ni)、钼(Mo)、铬(Cr)。相对于第一层的总质量,该不可避免的杂质的含有比例优选为0质量%以上0.2质量%以下。不可避免的杂质的含有比例通过辉光放电质谱法来测定。对于后述的“第二层”、“第一单元层”、“第二单元层”、“第三层”、“第1A单元层”、“第2A单元层”以及“其他层”的表述也是同样地,在不损害本实施方式涉及的切削工具取得的效果的范围内,可以含有不可避免的杂质。

[0072] 第一层由金属钨和六方碳化二钨( $\text{W}_2\text{C}$ )构成的情况可以通过以下方式确认:对与测定试样的基材相反一侧的表面照射X射线,以对上述第一层的任意区域进行X射线衍射测定(XRD测定)并分析。在第一层含有金属钨的情况下,在XRD测定中观察到来自金属钨的(110)面和(220)面等晶面的峰。在第一层具有六方碳化二钨的情况下,在XRD测定中观测到

来自六方碳化二钨(011)面等晶面的峰。具体而言,在X射线衍射图案中,在 $2\theta=39.6\sim 40.1^\circ$ 处观察到来自金属钨的(110)面和六方碳化二钨(011)面的峰,并在 $2\theta=86.0\sim 86.5^\circ$ 处观察到来自金属钨的(220)面的峰。

[0073] 在XRD测定中,除了来自第一层的金属钨和六方碳化二钨的峰以外,有时会检测到来自第二层、第三层以及中间层等其他层或基材的峰(以下,也记为“其他峰”)。在这种情况下,通过以下方法鉴定来自第一层的峰。

[0074] 在比第一层更靠近覆膜的表面侧存在其他层时的测定方法如下所述。首先,对测定试样的与基材相反一侧的表面照射X射线以进行XRD测定,得到衍射图案A。接着,机械地除去比上述测定试样的第一层更靠近表面侧(X射线照射侧)的层(其他层)以使第一层露出。对露出的第一层的表面照射X射线以进行XRD测定,得到衍射图案B。接着,在露出了上述第一层的测定试样中,机械地除去第一层,使基材或比第一层更靠近基材侧存在的层露出。对露出的基材或比第一层更靠近基材侧存在的层的表面照射X射线以进行XRD测定,得到衍射图案C。通过比较衍射图案A、衍射图案B以及衍射图案C来鉴定来自第一层的峰。

[0075] 第一层配置在覆膜的最外侧、并且在比第一层更靠近覆膜的表面侧不存在其他层时的测定方法如下所述。首先,对测定试样的与基材相反一侧的表面、即第一层的表面照射X射线以进行XRD测定,得到衍射图案B。接着,在上述测定试样中,机械地除去第一层,以使基材或比第一层更靠近基材侧存在的层露出。对露出的基材或比第一层更靠近基材侧存在的层的表面照射X射线以进行XRD测定,得到衍射图案C。通过比较衍射图案B和衍射图案C来鉴定来自第一层的峰。

[0076] 需要说明的是,在第一层的厚度为 $1\mu\text{m}$ 以上的情况下,通过在第一层露出后的状态下进行薄膜X射线测定,也可以鉴定来自第一层的峰。

[0077] 作为上述X射线衍射测定所使用的装置,例如可以列举出株式会社Rigaku制造的“SmartLab”(商品名)、PANalytical制造的“X'Pert”(商品名)等。

[0078] 在本说明书中,XRD测定的条件如下所述。

[0079] (XRD测定条件)

[0080] 扫描轴: $2\theta-\theta$

[0081] X射线源:Cu-K $\alpha$ 线( $1.541862\text{\AA}$ )

[0082] 检测器:0维检测器(闪烁计数器)

[0083] 管电压:45kV

[0084] 管电流:40mA

[0085] 入射光学系统:利用反射镜

[0086] 受光光学系统:利用分光晶体(PW3098/27)

[0087] 步长: $0.03^\circ$

[0088] 累积时间:2秒

[0089] 扫描范围( $2\theta$ ): $10^\circ$ 以上且 $120^\circ$ 以下

[0090] 需要说明的是,就申请人所测定的而言,可以确认:只要是在同一试样中进行上述分析,即使改变测定区域并多次进行上述分析,分析结果也几乎没有偏差,即使任意地设定测定区域,分析结果也不是随意的。

[0091] 上述第一层的弹性变形率为43.0以上58.0以下。当第一层的弹性变形率为43.0以

上时,覆膜的硬度高,切削工具可以具有优异的耐磨性。第一层的弹性变形率的下限可以设为43.0以上、44.0以上、45.0以上。当第一层的弹性变形率为58.0以下时,在使用切削工具时,覆膜的内部难以产生裂纹,从而切削工具可以具有优异的耐缺损性。第一层的弹性变形率的上限可以设为58.0以下、53.0以下、48.5以下。第一层的弹性变形率优选为44.0以上53.0以下、进一步优选为45.0以上48.5以下。

[0092] 在本说明书中,第一层的弹性变形率根据ISO14577并通过纳米压痕试验来测定。具体而言,使用纳米压痕仪(Elionix公司制造的“ENT1100a”(商标)),在以下条件下进行测定。

[0093] (纳米压痕仪的测定条件)

[0094] 压头材质:金刚石

[0095] 压头形状:Berkovich压头

[0096] 试验载荷:20mN

[0097] 测定点数:10点

[0098] 在比上述第一层更靠近覆膜的表面侧存在其他层的情况下,利用机械研磨等除去该其他层,使上述第一层露出后进行测定。分别测定上述第一层中的任意10点并求出弹性变形率,将所求出的10点的弹性变形率的平均值作为第一层的弹性变形率。第一层的弹性变形率是基于Oliver和Pharr的理论并根据载荷位移曲线算出的。图7为示出基于纳米压痕试验结果绘制的载荷位移曲线的一个例子的坐标系。在图7的坐标系中,X轴表示位移,Y轴表示载荷。在图7的坐标系中,弹性变形功(图7中由 $W_{\text{elast}}$ 表示的区域)与塑性变形功(图7中由 $W_{\text{plast}}$ 表示的区域)之和是总变形功 $W_{\text{total}}$ 。即, $W_{\text{total}} = W_{\text{elast}} + W_{\text{plast}}$ 。弹性变形率 $\eta_{\text{IT}}$ 由下式(1)表示。

[0099]  $\eta_{\text{IT}} = (W_{\text{elast}} / W_{\text{total}}) \times 100$

[0100] 需要说明的是,就申请人所测定的而言,可以确认:只要是在同一试样中进行上述测定,即使改变测定位置来多次进行上述测定,测定结果也几乎没有偏差,即使任意地设定测定位置,测定结果也不是随意的。

[0101] 图2为本实施方式的一个方式的切削工具的示意性剖面图。如图2所示,上述第一层12可以与上述基材11接触。换言之,上述第一层12可以设置在上述基材11的正上方。

[0102] 上述第一层的厚度的下限优选为0.3 $\mu\text{m}$ 以上。由此,抑制了第一层与被切削材料之间的扩散反应。上述第一层的厚度的下限优选为0.3 $\mu\text{m}$ 以上、0.5 $\mu\text{m}$ 以上、0.7 $\mu\text{m}$ 以上。上述第一层的厚度的上限优选为4.0 $\mu\text{m}$ 以下。由此,覆膜具有高硬度,耐磨性良好。上述第一层的厚度的上限优选为4.0 $\mu\text{m}$ 以下、2.0 $\mu\text{m}$ 以下、1.5 $\mu\text{m}$ 以下。上述第一层的厚度优选为0.3 $\mu\text{m}$ 以上4.0 $\mu\text{m}$ 以下、优选为0.5 $\mu\text{m}$ 以上2.0 $\mu\text{m}$ 以下、优选为0.7 $\mu\text{m}$ 以上1.5 $\mu\text{m}$ 以下。

[0103] (第二层)

[0104] 上述覆膜优选进一步包括配置在上述第一层上的第二层。这里,“配置在上述第一层上的第二层”是指将第二层设置在上述第一层的上侧(与基材相反的一侧)即可,不需要相互接触。换言之,可以在上述第一层与第二层之间设置其他层。另外,如图3所示,上述第二层13也可以设置在上述第一层12的正上方。上述第二层可以是最外层(表面层)。

[0105] 上述第二层优选至少包括与上述第一层的组成不同的第一单元层。

[0106] (第一单元层)

[0107] 优选的是,上述第一单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝(Al)及硅(Si)组成的组中的至少1种元素构成,或由上述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。作为周期表的第4族元素,可以列举出钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)等。作为周期表的第5族元素,可以列举出钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)等。作为周期表的第6族元素,可以列举出铬(Cr)、钼(Mo)、钨(W)等。更优选的是,上述第一单元层由选自由Cr、Al、Ti及Si组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。

[0108] 作为构成上述第一单元层的化合物,例如可以列举出:TiAlN、TiAlSiN、TiCrSiN、TiAlCrSiN、AlCrN、AlCrO、AlCrSiN、TiZrN、TiAlMoN、TiAlNbN、TiSiN、AlCrTaN、AlTiVN、TiB<sub>2</sub>、TiCrHfN、CrSiWN、TiAlCN、TiSiCN、AlZrON、AlCrCN、AlHfN、CrSiBON、TiAlWN、AlCrMoCN、TiAlBN、TiAlCrSiBCNO、ZrN、ZrCN、CrWCN、AlTiCrN、TiN、TiBN等。

[0109] 在上述第二层仅由上述第一单元层构成的情况(例如,图3的情况)下,上述第一单元层(即,上述第二层)的厚度优选为0.1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下、更优选为0.5 $\mu$ m以上7 $\mu$ m以下。

[0110] (第二单元层)

[0111] 优选的是,上述第二层除了上述第一单元层以外还包括第二单元层,该第二单元层与上述第一层和上述第一单元层的组成不同。

[0112] 优选的是,上述第二单元层由选自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝(Al)及硅(Si)组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。更优选的是,上述第二单元层由选自由Cr、Al、Ti及Si组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。作为周期表的第4族元素、第5族元素以及第6族元素各自的具体例,可以列举出上述的各元素。

[0113] 作为构成上述第二单元层的化合物,可以列举出上述第一单元层中所示例出的化合物等。

[0114] 此外,上述第一单元层和第二单元层优选形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。即,如图4所示,第二层13优选包括由第一单元层131和第二单元层132构成的多层结构。这里,上述多层结构可以从上述第一单元层或上述第二单元层中的任一层开始层叠。即,上述多层结构中的上述第一层侧的界面可以由上述第一单元层或上述第二单元层中的任一者构成。另外,上述多层结构中的与上述第一层侧相反一侧的界面也可以由上述第一单元层或上述第二单元层中的任一者构成。

[0115] 在上述第二层包括上述多层结构的情况下,上述第二层的厚度优选为0.1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下、更优选为0.5 $\mu$ m以上7 $\mu$ m以下。

[0116] 在上述第二层包括上述多层结构的情况下,上述第一单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下、更优选为2nm以上25nm以下。此外,上述第二单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下、更优选为2nm以上25nm以下。在本实施方式的一个方式中,在上述第二层包括上述多层结构的情况下,优选的是,上述第一单元层的厚度为1nm以上100nm以下,并且上述第二单元层的厚度为1nm以上100nm以下。这里,“第一单元层的厚度”是指上述第一单元层的每1层的厚度。“第二单元层的厚度”是指上述第二单元层的每1层的厚度。

[0117] 另外,该多层结构的层叠数只要使上述第二层整体的厚度在上述范围内,则可以

包括使上述第一单元层、上述第二单元层各自层叠1层的方式,并且优选将两层各自层叠20层以上且2500层以下。

[0118] (第三层)

[0119] 上述覆膜优选进一步包括配置在上述第一层下方的第三层。这里,“配置在上述第一层下方的第三层”是指:将第三层设置在上述第一层的下侧(基材侧)即可,不需要相互接触。换言之,可以在上述第一层与第三层之间设置其他层。另外,如图5所示,上述第三层14可以设置在上述第一层12的正下方。

[0120] 上述第三层优选至少包括与上述第一层的组成不同的第1A单元层。

[0121] (第1A单元层)

[0122] 优选的是,上述第1A单元层由选自周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝(Al)及硅(Si)组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。作为周期表的第4族元素,可以列举出钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)等。作为周期表的第5族元素,可以列举出钒(V)、铌(Nb)、钽(Ta)等。作为周期表的第6族元素,可以列举出铬(Cr)、钼(Mo)、钨(W)等。更优选的是,上述第一单元层由选自自由Cr、Al、Ti及Si组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。

[0123] 作为构成上述第1A单元层的化合物,例如可以列举出:TiAlN、TiAlSiN、TiCrSiN、TiAlCrSiN、AlCrN、AlCrO、AlCrSiN、TiZrN、TiAlMoN、TiAlNbN、TiSiN、AlCrTaN、AlTiVN、TiB<sub>2</sub>、TiCrHfN、CrSiWN、TiAlCN、TiSiCN、AlZrON、AlCrCN、AlHfN、CrSiBON、TiAlWN、AlCrMoCN、TiAlBN、TiAlCrSiBCNO、ZrN、ZrCN、CrWCN、AlTiCrN、TiN、TiBN等。

[0124] 在上述第三层仅由上述第1A单元层构成的情况下,上述第1A单元层(即,上述第三层)的厚度优选为0.1 $\mu$ m以上10 $\mu$ m以下、更优选为0.5 $\mu$ m以上7 $\mu$ m以下。

[0125] (第2A单元层)

[0126] 优选的是,上述第三层除了上述第1A单元层以外还包括第2A单元层,该第2A单元层与上述第一层和上述第1A单元层的组成不同。

[0127] 优选的是,上述第2A单元层由选自自由周期表的第4族元素、第5族元素、第6族元素、铝(Al)及硅(Si)组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。更优选的是,上述第2A单元层由选自自由Cr、Al、Ti及Si组成的组中的至少1种元素构成;或由上述元素中的至少1种与选自自由碳、氮、氧及硼组成的组中的至少1种元素构成的化合物构成。作为周期表的第4族元素、第5族元素以及第6族元素各自的具体例,可以列举出上述的各元素。

[0128] 作为构成上述第2A单元层的化合物,可以列举出上述第1A单元层中所示例出的化合物等。

[0129] 此外,上述第1A单元层和上述第2A单元层优选形成各自交替层叠1层以上而成的多层结构。即,如图6所示,第三层14优选包括由第1A单元层141和第2A单元层142构成的多层结构。这里,上述多层结构可以从上述第1A单元层或上述第2A单元层中的任一层开始层叠。即,上述多层结构中的与上述第一层相反一侧(即,基材侧)的界面可以由上述第1A单元层或上述第2A单元层中的任一者构成。另外,上述多层结构中的上述第一层侧的界面也可以由上述第1A单元层或上述第2A单元层中的任一者构成。

[0130] 在上述第三层包括上述多层结构的情况下,上述第三层的厚度优选为0.1 $\mu\text{m}$ 以上10 $\mu\text{m}$ 以下、更优选为0.5 $\mu\text{m}$ 以上7 $\mu\text{m}$ 以下。

[0131] 在上述第三层包括上述多层结构的情况下,上述第1A单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下、更优选为2nm以上25nm以下。此外,上述第2A单元层的厚度优选为1nm以上100nm以下、更优选为2nm以上25nm以下。在本实施方式的一个方式中,在上述第三层包括上述多层结构的情况下,优选的是,上述第1A单元层的厚度为1nm以上100nm以下,并且上述第2A单元层的厚度为1nm以上100nm以下。这里,“第1A单元层的厚度”是指上述第1A单元层的每1层的厚度。“第2A单元层的厚度”是指上述第2A单元层的每1层的厚度。

[0132] 另外,该多层结构的层叠数只要使上述第三层整体的厚度在上述范围内,则可以包括使上述第1A单元层、上述第2A单元层各自层叠1层的方式,并且优选将两层各自层叠20层以上且2500层以下。

[0133] (其他层)

[0134] 在不损害本实施方式的效果的范围内,上述覆膜也可以进一步包括其他层。上述其他层与上述第一层和上述第二层的组成可以不同,也可以相同。作为其他层,例如可以列举出TiN层、TiWCN层等。需要说明的是,对该层叠的顺序也没有特别地限定。例如,作为上述其他层,可以列举出:设置在上述第一层与上述第二层之间的中间层、设置在工具的最表面的表面层等。在不损害本实施方式的效果的范围内,对上述其他层的厚度没有特别地限制,例如可以列举为0.1 $\mu\text{m}$ 以上2 $\mu\text{m}$ 以下。

[0135] [实施方式2:切削工具的制造方法]

[0136] 以下,对实施方式1的切削工具的制造方法进行说明。需要说明的是,以下的制造方法是一个例子,实施方式1的切削工具也可以通过其他的方法来制作。本实施方式涉及的切削工具的制造方法包括基材准备工序和第一层被覆工序。以下,对各工序进行说明。

[0137] <基材准备工序>

[0138] 在基材准备工序中,准备上述基材。作为上述基材,如上所述,只要是以往公知的基材,则可以使用任意基材作为该种基材。例如,在上述基材由硬质合金构成的情况下,首先,使用市售的磨碎机(attritor)将由预定的配合组成(质量%)构成的原料粉末均匀地混合。随后,将该混合粉末加压成形为预定的形状(例如,SEET13T3AGSN、CNMG120408等)。然后,通过在预定的烧结炉内,在1300 $^{\circ}\text{C}$ 以上且1500 $^{\circ}\text{C}$ 以下烧结上述加压成形后的混合粉末1小时以上且2小时以下,可以得到由硬质合金构成的上述基材。另外,基材也可以直接使用市售产品。

[0139] <第一层被覆工序>

[0140] 在第一层被覆工序中,用第一层被覆上述基材的表面的至少一部分。这里,“基材的表面的至少一部分”包括切削加工时与被切削材料接触的部分。

[0141] 作为用第一层被覆上述基材的至少一部分的方法,例如可以列举出物理蒸镀法(PVD法)。

[0142] 作为物理蒸镀法,例如可以列举出溅射法、离子镀法、电弧离子镀法、电子离子束蒸镀法等。特别是,当使用原料元素的离子率高的阴极电弧离子镀法或溅射法时,可以在形成覆膜之前对基材表面进行金属或气体离子轰击处理,从而覆膜与基材的密合性显著提高,因此优选。

[0143] 在通过电弧离子镀法形成第一层的情况下,例如可以列举出如下所述的条件。首先,将WC靶材(例如,组成含有93质量%以上的WC的无粘合剂WC,C量为3质量%以上且6.1质量%以下的烧结靶材)设置在装置内相对的2个电弧式蒸发源中。将基板(基材)温度设定为400℃以上且550℃以下,并且将该装置内的气体压力设定为1.0Pa以上且4.0Pa以下。

[0144] 作为上述气体,仅导入氩气,或者导入作为烃系气体的甲烷气体与氩气的混合气体。这里,作为烃系气体,例如可以列举出乙炔气体、甲烷气体等。

[0145] 通过在将基板(负)偏置电压维持为10V以上且150V以下且为DC或脉冲DC(频率20kHz以上且350kHz以下)的情况下,向阴极电极供给80A以上且150A以下的电弧电流,以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而可以形成第一层。在成膜中,钨丝也放电(发射电流为10A以上且小于25A)。由此,可以增加等离子体中的离子。作为电弧离子镀法所使用的装置,例如可以列举出株式会社神户制钢所制造的AIP(商品名)。

[0146] 通过在上述条件下形成第一层,可以使第一层由金属钨和六方碳化二钨构成,并且第一层的弹性变形率成为43.0以上58.0以下。上述条件是本发明人反复试验的结果,是新发现的。

[0147] <第二层被覆工序>

[0148] 本实施方式涉及的切削工具的制造方法优选在上述第一层被覆工序之后进一步包括第二层被覆工序。对第二层的形成方法没有特别地限制,可以使用以往的方法。具体而言,例如可以列举出通过上述的PVD法形成第二层。

[0149] <第三层被覆工序>

[0150] 本实施方式涉及的切削工具的制造方法优选在上述第一层被覆工序之前进一步包括第三层被覆工序。对第三层的形成方法没有特别地限制,可以使用以往的方法。具体而言,例如可以列举出通过上述的PVD法形成第三层。

[0151] <其他工序>

[0152] 在本实施方式涉及的制造方法中,除了上述工序以外,也可以适当地进行:在上述第一层与上述第二层之间形成中间层的中间层被覆工序、在覆膜的最表面形成表面层的表面层被覆工序、以及进行表面处理的工序等。在形成上述中间层和表面层等其他层的情况下,可以通过以往的方法形成其他层。具体而言,例如可以列举出通过上述的PVD法形成上述其他层。作为进行表面处理的工序,例如可以列举出使用弹性材料上负载有金刚石粉末的介质的表面处理等。作为进行上述表面处理的装置,例如可以列举出株式会社不二制作所制造的SIRIUS-Z等。

[0153] 实施例

[0154] 以下,列举实施例并对本发明进行详细地说明,但是本发明不限于这些实施例。

[0155] 《切削工具的制作》

[0156] [试样1~试样27、试样1-3、试样1-4]

[0157] <基材准备工序>

[0158] 首先,作为基材准备工序,准备了JIS标准K10硬质(形状:JIS标准RCMT1204)作为基材。接着,将上述基材设置在电弧离子镀装置(株式会社神户制钢所制、商品名:AIP)的预定位置。

[0159] <第一层被覆工序>

[0160] 作为第一层被覆工序,通过电弧离子镀法在上述基材上形成第一层。具体而言,通过以下方法进行。首先,将WC靶材(组成含有93质量%以上的WC的无粘合剂WC,C量为3质量%以上且6.1质量%以下的烧结靶材)设置在装置内相对的2个电弧式蒸发源中。将基板(基材)温度设定为400℃以上且550℃以下,并且将该装置内的气体压力设定为1.0Pa以上且4.0Pa以下。

[0161] 作为上述气体,仅导入氩气,或者导入作为烃系气体的甲烷气体和氩气的混合气体。

[0162] 在试样1~试样27中,在将基板(负)偏置电压保持为10V以上且150V以下且为DC或脉冲DC(频率20kHz以上且350kHz以下)的情况下,向阴极电极供给80A以上且150A以下的电弧电流,以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了第一层。在成膜中,钨丝也放电(放射电流为10A以上且小于25A)。

[0163] 在试样1-3和试样1-4中,在将基板(负)偏置电压保持为160V且为DC或脉冲DC(频率20kHz以上且350kHz以下)的情况下,向阴极电极供给80A以上且150A以下的电弧电流,以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了第一层。在成膜中,钨丝也放电(放射电流为5A以上且9.5A以下)。

[0164] <第三层被覆工序>

[0165] 对于在基材与第一层之间设置了第三层的试样(试样18~试样23),在进行第一层被覆工序之前,通过以下步骤在基材上形成第三层。首先,将包含表1和表2中所记载的第三层的组成一栏中的金属组成的靶材(烧结靶材或熔炼靶材)设置在电弧离子镀装置的电弧式蒸发源中。接着,将基材温度设定为400℃以上且650℃以下,并将该装置内的气体压力设定为0.8Pa以上且5Pa以下。在第三层为氮化物的情况下,导入氮气和氩气的混合气体作为反应气体。在第三层为碳氮化物的情况下,导入氮气、甲烷气体以及氩气的混合气体作为反应气体。然后,向阴极电极供给80A以上且150A以下的电弧电流。通过供给电弧电流以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了直至表1和表2中所记载的厚度的第三层。需要说明的是,在形成多层结构的第三层的情况下(试样21),从表1的左侧所记载的层开始依次重复层叠第1A单元层、第2A单元层,直至达到目标厚度,从而形成了第三层。

[0166] <第二层被覆工序>

[0167] 另外,对于在第一层上设置了第二层的试样(试样22、试样23),在进行了第一层被覆工序之后,通过以下步骤在第一层上形成第二层,从而制作了本实施方式涉及的切削工具。

[0168] 在试样22中,通过HiPIMS法制作了作为第二层的TiB<sub>2</sub>层。首先,将TiB<sub>2</sub>靶材设置在电弧离子镀装置和HiPIMS装置的复合装置的HiPIMS蒸发源中。接着,将腔室内抽真空,并导入惰性气体(Ar)。接着,经由偏置电源对基材施加偏置电压,同时经由HiPIMS电源对靶材供给脉冲功率,从而相对于HiPIMS装置开始成膜操作。成膜条件如下所述。

[0169] (成膜条件)

[0170] 靶材:TiB<sub>2</sub>

[0171] Ar压力:0.4Pa

[0172] 平均功率:5kW

[0173] 输出频率:800Hz

[0174] Duty比:5%

[0175] 偏置电压:50V

[0176] 基材温度:450℃

[0177] 由此,在腔室内产生等离子体,并且离子与TiB<sub>2</sub>靶材碰撞,从TiB<sub>2</sub>靶材释放出Ti原子、Bi原子、Ti离子、Bi离子,从而在基材上形成了表1所记载的厚度的TiB<sub>2</sub>层。

[0178] 在试样23中,首先,将包含表2中所记载的第二层的组成一栏中的金属组成的靶材(烧结靶材或熔炼靶材)设置在电弧离子镀装置的电弧式蒸发源中。接着,将基材温度设定为500℃以上且650℃以下,并且将该装置内的气体压力设定为0.8Pa以上且5.0Pa以下。在第二层为氮化物的情况下,导入了氮气和氩气的混合气体作为反应气体。然后,向阴极电极供给80A以上且150A以下的电弧电流。通过供给电弧电流以从电弧式蒸发源产生金属离子等,而从表2的左侧所记载的层开始依次重复层叠第一单元层、第二单元层,直至达到目标厚度,从而形成了第二层。

[0179] [试样1-1]

[0180] <基材准备工序>

[0181] 作为基材准备工序,准备了与上述试样1相同的基材,并将该基材设置在电弧离子镀装置(株式会社神户制钢所制、商品名:AIP)的预定位置。

[0182] <第一层被覆工序>

[0183] 作为第一层被覆工序,通过电弧离子镀法在上述基材上形成了第一层。具体而言,通过以下方法进行。首先,将WC靶材(组成含有93质量%以上的WC的无粘合剂WC,C量为3质量%以上且6.1质量%以下的烧结靶材)设置在装置内相对的2个电弧式蒸发源中。将基板(基材)温度设定为400℃以上且550℃以下,并且将该装置内的气体压力设定为0.3Pa以上且1.5Pa以下。作为上述气体,仅导入氩气。

[0184] 在将基板(负)偏置电压保持为40V且为DC的情况下,向阴极电极供给130A的电弧电流,以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了第一层。

[0185] [试样1-2]

[0186] <基材准备工序>

[0187] 作为基材准备工序,准备了与上述试样1相同的基材,并将该基材设置在电弧离子镀装置(株式会社神户制钢所制、商品名:AIP)的预定位置。

[0188] <第一层被覆工序>

[0189] 作为第一层被覆工序,通过电弧离子镀法在上述基材上形成了第一层。具体而言,通过以下方法进行。首先,将WC靶材(例如,组成含有93质量%以上的WC的无粘合剂WC,C量为3质量%以上且6.1质量%以下的烧结靶材)设置在装置内相对的2个电弧式蒸发源中。将基板(基材)温度设定为400℃以上且550℃以下,并且将该装置内的气体压力设定为0.3Pa以上且1.5Pa以下。

[0190] 作为上述气体,导入作为烃系气体的甲烷气体和氩气的混合气体。

[0191] 在将基板(负)偏置电压保持为20V且为DC的情况下,向阴极电极供给120A的脉冲电弧电流(频率0.25Hz),以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了第一层。

[0192] [试样1-5]

[0193] <基材准备工序>

[0194] 作为基材准备工序,准备了与上述试样1相同的基材,并将该基材设置在电弧离子镀装置(株式会社神户制钢所制、商品名:AIP)的预定位置。

[0195] <第一层被覆工序>

[0196] 作为第一层被覆工序,通过电弧离子镀法在上述基材上形成了第一层。具体而言,通过以下方法进行。首先,将WC靶材(例如,组成为WC且C量为3质量%以上且6.1质量%以下的烧结靶材)设置在装置内相对的2个电弧式蒸发源中。将基板(基材)温度设定为450℃,并且将该装置内的气体压力设定为1.0Pa以上且1.5Pa以下。

[0197] 作为上述气体,仅导入了氩气。

[0198] 将基板(负)偏置电压设为30V脉冲DC(交替施加频率30kHz和200kHz),并向阴极电极供给150A的电弧电流,以从电弧式蒸发源产生金属离子等,从而形成了第一层。

[0199] 《切削工具的特性评价》

[0200] 使用如上所述制作的试样(试样1~试样27、试样1-1~试样1-5)的切削工具,如下所述评价了切削工具的各特性。

[0201] (第一层的组成)

[0202] 通过向各试样的与基材相反一侧的表面照射X射线,对第一层进行XRD测定,以确定第一层的组成和晶体结构。需要说明的是,在形成第二层和/或第三层的情况下,机械除去这些层之后进行测定。具体的测定方法记载在实施方式1中,因此不再重复其说明。

[0203] 结果如表1和表2的“第一层”的“组成”一栏所示。在“组成”一栏中,“W+hW<sub>2</sub>C”表示第一层由金属钨和六方碳化二钨构成,“W”表示第一层由金属钨构成,“W+cWC+hW<sub>2</sub>C”表示第一层由金属钨、立方碳化钨以及六方碳化二钨构成,“hW<sub>2</sub>C”表示第一层由六方碳化二钨构成。

[0204] (弹性变形率)

[0205] 用金刚石纸或金剛石膏研磨各试样的表面以使第一层露出,并且测定该第一层的弹性变形率。具体的测定方法记载在实施方式1中,因此不再重复其说明。结果如表1和表2所示。

[0206] (各层的厚度)

[0207] 第一层、第三层、第二层(第一单元层、第二单元层)以及覆膜的厚度通过以下方式求出。首先,使用透射电子显微镜(TEM)(日本电子株式会社制、商品名:JEM-2100F),在与基材的表面的法线方向平行的剖面样品中的任意3点处进行测定。然后,通过获取所测定的3点的厚度的平均值而求出。结果如表1和表2的各层的“厚度”一栏所示。

[0208] 在表1和表2中,“第三层”和“第二层”中的“-”的表述表示覆膜中不存在该层。“第三层”中的“TiAlBN(8nm)/TiAlCrN(14nm)”的表述表示第三层是由厚度8nm的TiAlBN层和厚度14nm的TiAlCrN层上下交替层叠而得的多层结构(总厚度为2.0μm)形成。“第二层”中的“TiN(10nm)/TiBN(2nm)”的表述表示第二层是由厚度10nm的TiN层(第一单元层)和厚度2nm的TiBN层(第二单元层)上下交替层叠而得的多层结构(总厚度为1.5μm)形成。

[0209] [表1]

试样	第一层			第三层		第二层		切削试验
	组成	弹性变形率	厚度(μm)	组成	厚度(μm)	组成	厚度(μm)	工具寿命
1	W+hW <sub>2</sub> C	43.0	2.0	-	-	-	-	45分14秒
2	W+hW <sub>2</sub> C	43.9	2.0	-	-	-	-	44分29秒
3	W+hW <sub>2</sub> C	44.0	2.0	-	-	-	-	47分19秒
4	W+hW <sub>2</sub> C	45.0	2.0	-	-	-	-	48分49秒
5	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	2.0	-	-	-	-	49分46秒
6	W+hW <sub>2</sub> C	47.2	2.0	-	-	-	-	49分12秒
7	W+hW <sub>2</sub> C	48.5	2.0	-	-	-	-	50分8秒
8	W+hW <sub>2</sub> C	49.3	2.0	-	-	-	-	47分7秒
9	W+hW <sub>2</sub> C	52.6	2.0	-	-	-	-	47分41秒
10	W+hW <sub>2</sub> C	56.3	2.0	-	-	-	-	45分50秒
11	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	1.5	-	-	-	-	50分20秒
12	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	-	-	-	-	52分35秒
13	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.7	-	-	-	-	50分54秒
14	W+hW <sub>2</sub> C	47.2	0.3	-	-	-	-	45分14秒
15	W+hW <sub>2</sub> C	47.0	0.5	-	-	-	-	49分23秒
16	W+hW <sub>2</sub> C	47.2	3.0	-	-	-	-	48分4秒
17	W+hW <sub>2</sub> C	47.2	3.8	-	-	-	-	44分52秒
18	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	CrWCN	0.02	-	-	54分17秒
19	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	AlTiBN	2.0	-	-	61分4秒
20	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	TiAlSiN	2.0	-	-	58分37秒
21	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	TiAlBN(8nm)/ TiAlCrN(14nm)	2.0	-	-	71分26秒
22	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	AlTiBN	2.0	TiB <sub>2</sub>	0.5	68分25秒

[0210] [表2]

试样	第一层			第三层		第二层		切削试验
	组成	弹性变形率	厚度(μm)	组成	厚度(μm)	组成	厚度(μm)	工具寿命
23	W+hW <sub>2</sub> C	46.8	0.9	AlTiBN	2.0	TiN(10nm)/ TiBN(2nm)	1.5	72分0秒
24	W+hW <sub>2</sub> C	58.0	2.0	-	-	-	-	45分11秒
25	W+hW <sub>2</sub> C	47.0	4.0	-	-	-	-	44分16秒
26	W+hW <sub>2</sub> C	47.1	0.2	-	-	-	-	39分14秒
27	W+hW <sub>2</sub> C	47.1	4.2	-	-	-	-	43分8秒
1-1	W	48.3	2.0	-	-	-	-	16分59秒
1-2	W+cWC+ hW <sub>2</sub> C	46.9	2.0	-	-	-	-	27分43秒
1-3	W+hW <sub>2</sub> C	41.8	2.0	-	-	-	-	35分4秒
1-4	W+hW <sub>2</sub> C	60.8	2.0	-	-	-	-	39分1秒
1-5	hW <sub>2</sub> C	53.6	2.0	-	-	-	-	20分55秒

[0212] 《切削试验》

[0213] 使用如上所述制作的各切削工具,通过以下切削条件测定了直到切削工具缺损的切削时间(工具寿命)。其结果如表2的“切削试验”的“工具寿命”一栏所示。

[0214] (切削条件)

[0215] 被切削材料(材质):Ti-6Al-4V

[0216] 速度:V50m/分钟

[0217] 进给:0.1mm/刃

[0218] 切入量:ad10mm、ae10mm

[0220] 上述的切削条件相当于钛合金的铣削加工,加工时对切削工具施加高的热负荷。

[0221] 试样1~试样27的切削工具相当于实施例,试样1-1~试样1-5的切削工具相当于比较例。从上述切削试验的结果可知,与试样1-1~试样1-5的切削工具相比,试样1~试样27的切削工具的耐缺损性优异,工具寿命长。由此得到启示,试样1~试样27的切削工具适合于加工时的热负荷高的环境下的用途。

[0222] 如上所述,对本公开的实施方式和实施例进行了说明,但是最初预定的是可以适当地组合上述各实施方式和实施例的构成。

[0223] 应该认为本次公开的实施方式和实施例在所有方面都是示例性的,而不是限制性的。本发明的范围不是由上述实施方式和实施例表示,而是由权利要求书所表示,并且意图包括与权利要求书等同的意义和范围内的所有变化。

[0224] 符号的说明

[0225] 1前刀面、2后刀面、3切削刃棱线部、10切削工具、11基材、12第一层、13第二层、131第一单元层、132第二单元层、14第三层、141第1A单元层、142第2A单元层。

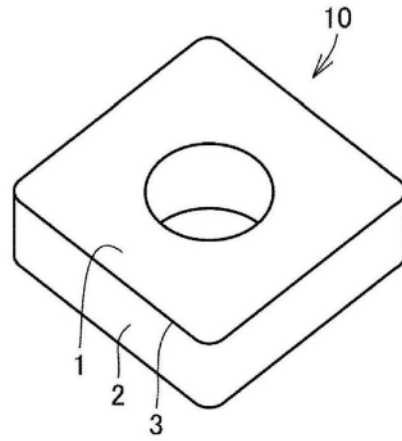


图1

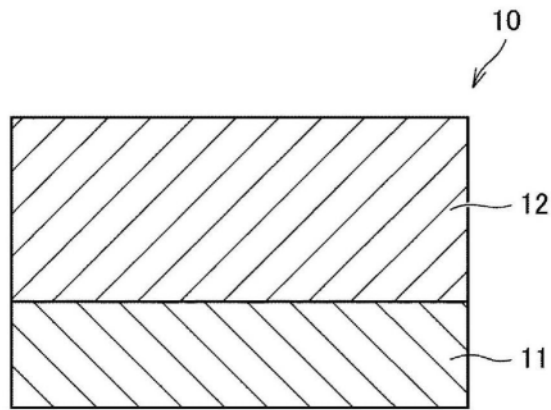


图2

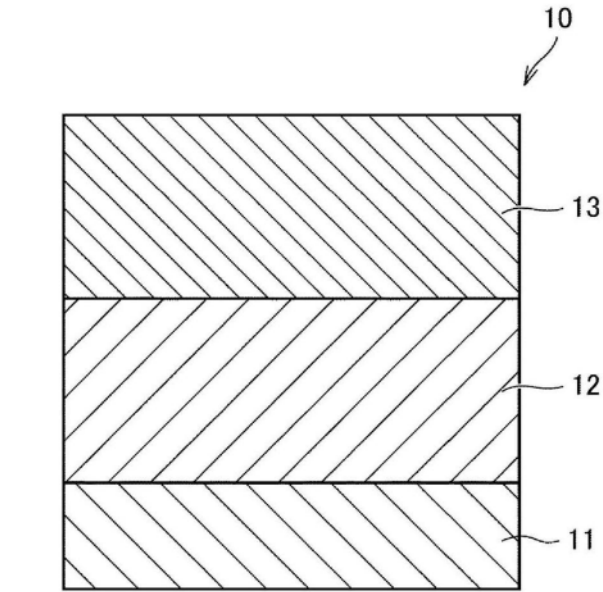


图3

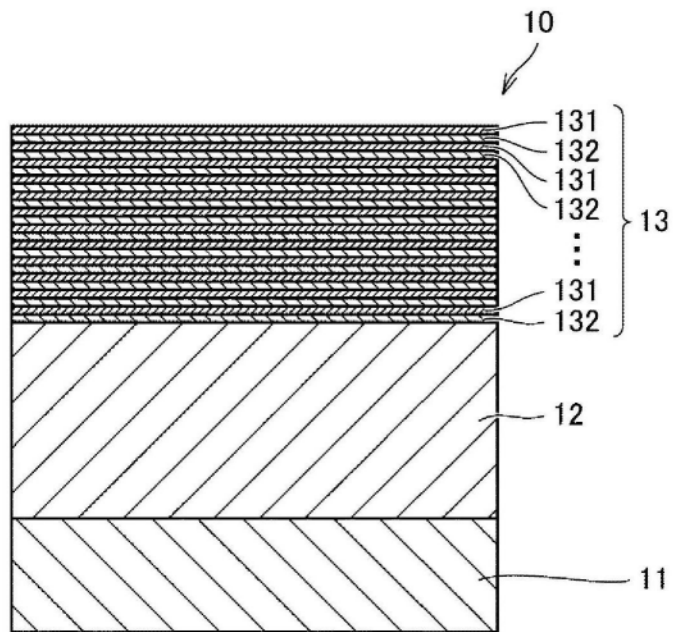


图4

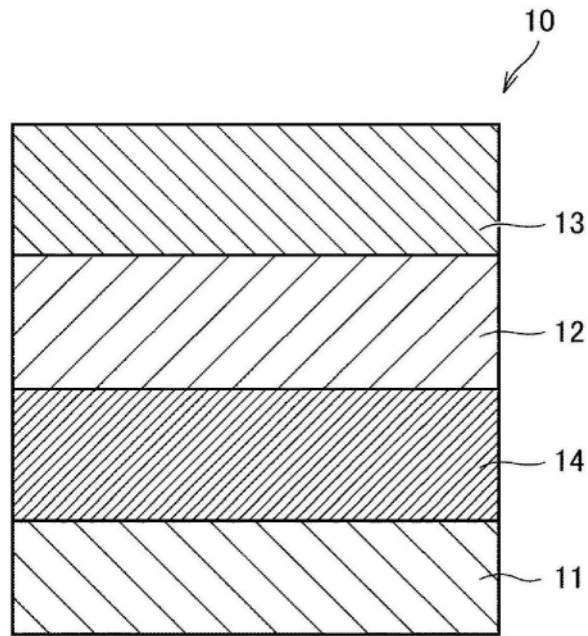


图5

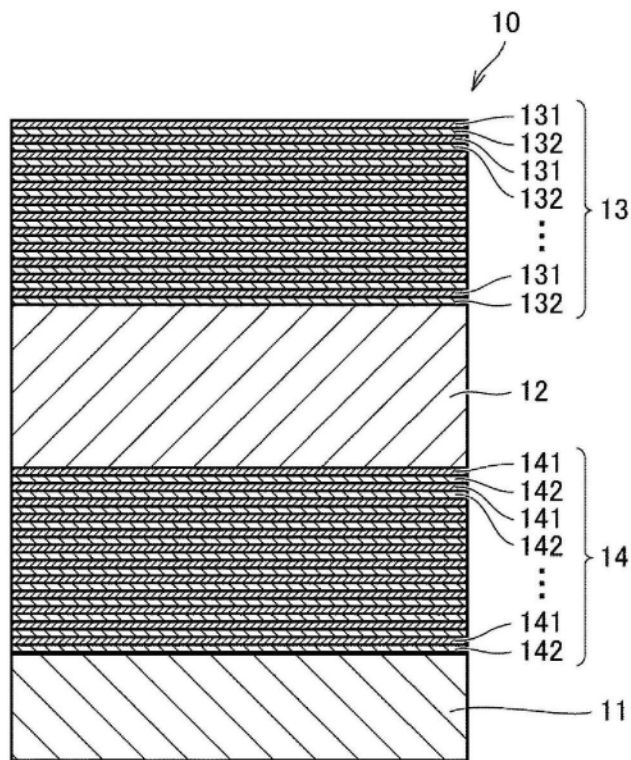


图6

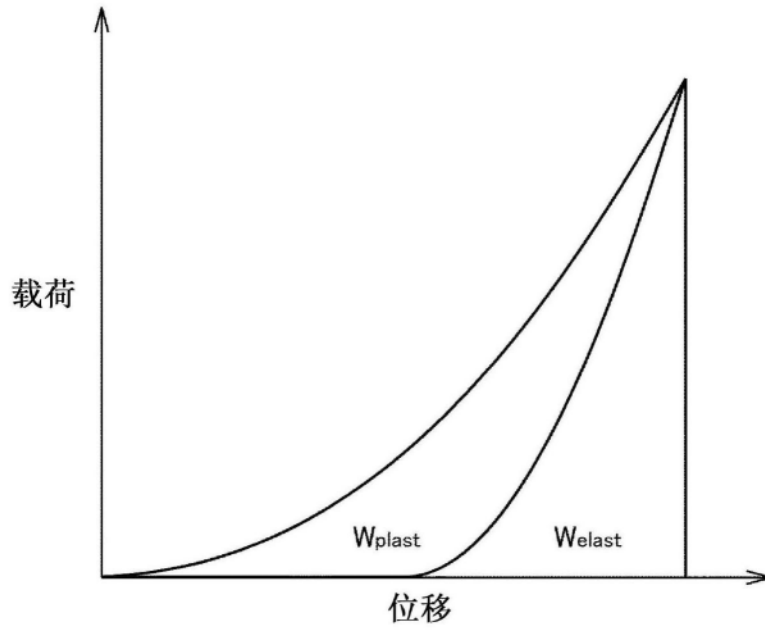


图7