

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02122788.8

[51] Int. Cl.

B23B 27/14 (2006.01)

B23C 5/00 (2006.01)

B23P 15/28 (2006.01)

C23C 14/00 (2006.01)

C23C 16/26 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1291809C

[22] 申请日 2002.6.13 [21] 申请号 02122788.8

[30] 优先权

[32] 2001.6.13 [33] JP [31] 178832/01

[73] 专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

共同专利权人 日新电机株式会社

[72] 发明人 大谷聪 冈崎尚登 绪方洁

福井治世 入江美纪 内海庆春

大原久典 森口秀树 池谷明彦

津田圭一 濑户山诚

审查员 武 兵

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 范明娥 张平元

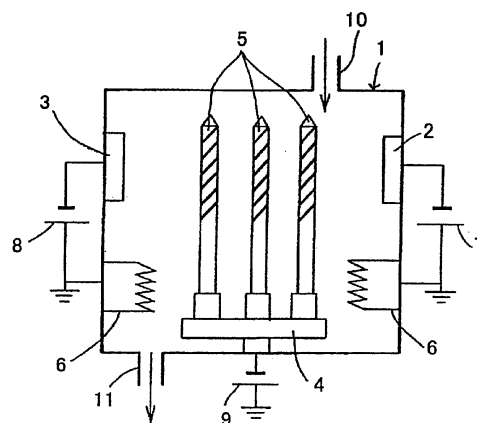
权利要求书 4 页 说明书 19 页 附图 4 页

[54] 发明名称

非晶性碳被覆工具及其制造方法

[57] 摘要

本发明涉及耐磨耗性及耐熔敷性均优良的被覆有非晶性碳膜的工具，其具有由 WC 基超硬质合金构成的基材以及在该基材上形成的非晶性碳膜，其刀尖形成非晶性碳的被覆工具，其基材含钴量为 12% (质量) 以下，非晶性碳膜在刀尖的最大厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下，该非晶性碳膜，是以石墨作原料，实质上在不含氢的气氛下，用物理蒸镀法形成的，提供应用于钻头、立铣刀、铰刀等转削工具、铣刀工具等车削工具中所用的刀尖交换型切削刀头、刀具、手术刀、剪切机等切断工具的非晶性碳被覆工具。



1. 一种非晶性碳被覆工具，它具有由 WC 基超硬质合金构成的基材以及该基材上至少在刀尖上被覆的非晶性碳被膜；

所述基材的钴含量为 12%(质量)以下，

在该非晶性碳膜中含氢量为 5%(原子)以下，

在该非晶性碳膜的刀尖中，最大厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下，

其中，在所述基材和非晶性碳膜之间具有界面层；

该界面层是由选自周期表 IVa、Va、VIa、IIb 族元素及 C 以外的 IVb 族元素中的至少 1 种或以上元素，或者，选自这些元素的至少 1 种或以上的元素的碳化物构成的，

界面层的厚度为 0.5nm 以上 $\sim 10\text{nm}$ 以下。

2. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述非晶性碳膜实质上是只由碳形成的。

3. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，存在于所述非晶性碳膜表面的大颗粒的密度为 3×10^5 个/ mm^2 以下。

4. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，在涉及所述非晶性碳膜切削的刀尖部，最大厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.25\mu\text{m}$ 以下。

5. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述基材的钴含量为 3%(质量)以上 $\sim 7\%$ (质量)以下。

6. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述基材烧结后的碳化钨的平均晶体粒径为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $\sim 3\mu\text{m}$ 以下。

7. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，在所述基材中，含有选自周期表 IVa、Va、VIa 族金属元素中的 1 种或以上元素以及选自碳及氮中的 1 种或以上元素所构成的化合物，其含量为 0.01%(质量)以上 $\sim 3\%$ (质量)以下。

8. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述非晶性碳膜的表面光洁度 Ra 为 $0.002\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.05\mu\text{m}$ 以下。

9. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述非晶性碳膜的表面光洁度 Ry 为 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下。

10. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具，其特征是，所述非晶性碳

膜的努氏硬度为 20GPa 以上 ~ 50GPa 以下。

11. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,通过采用具有 514.5nm 波长的氩离子激光的拉曼光谱分析,在所得到的拉曼光谱中,在波数 400cm^{-1} 以上 ~ 1000cm^{-1} 以下有峰。

12. 权利要求 11 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,存在于波数 400cm^{-1} 以上 ~ 1000cm^{-1} 以下的峰强度(I700)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰强度(I1340)的强度比(I700/I1340)为 0.02 以上 ~ 2.5 以下。

13. 权利要求 11 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,存在于波数 400cm^{-1} 以上 ~ 1000cm^{-1} 以下的峰积分强度(S700)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1340)的强度比(S700/S1340)为 0.01 以上 ~ 2.5 以下。

14. 权利要求 11 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,存在于 1560cm^{-1} 附近的峰强度(I1560)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰强度(I1340)的强度比(I1340/I1560)为 0.1 以上 ~ 1.2 以下。

15. 权利要求 11 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,存在于 1560cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1560)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1340)的强度比(S1340/S1560)为 0.3 以上 ~ 3 以下。

16. 权利要求 11 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,存在于 1560cm^{-1} 附近的峰是存在于 1560cm^{-1} 以上 ~ 1580cm^{-1} 以下的峰。

17. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述非晶性碳膜在可见光区是透明的,显示干扰色。

18. 权利要求 17 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述非晶性碳膜,显示选自紫红、紫、蓝紫、紫、蓝、银、黄、红、绿中的 1 种或以上的干扰色。

19. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述非晶性碳直接被覆在基材上。

20. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述界面层是由选自 Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W 及 Si 中的至少 1 种或以上元素,或者,选自上述元素中的至少 1 种或以上的元素的碳化物构成的。

21. 权利要求 1 中所述的非晶性碳工具,其特征是,在所述界面层和非晶性碳膜之间,插入混合各被膜组成的混合组成层或组成连续变化的倾斜组成层。

22. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述非晶性碳工具是用于软质金属材料、非铁金属材料、有机材料、含硬质粒子的材料、印刷电路基板,以及,选自铁系材料中的 1 种或以上的材料和软质金属材料同时进行切削加工的工具。

23. 权利要求 1 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,所述非晶性碳工具是选自钻头、微型钻头、立铣刀、立铣刀加工用刀尖交换型刀头、铣刀加工用刀尖交换型刀头、车削用刀尖交换型刀头、金属锯、刀齿刀具、铰床以及丝锥中的 1 种。

24. 一种非晶碳被覆工具,它具有由 WC 基超硬质合金构成的基材以及至少在该基材上的刀尖进行被覆的非晶性碳膜;

所述基材含钴量为 12%(质量),

所述非晶性碳膜是以石墨作原料,在实质上通过不含氢的气氛下的物理蒸镀法形成的;

该非晶性碳膜在刀尖的最大厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上~ $0.5\mu\text{m}$ 以下,

其中,在所述基材和非晶性碳膜之间具有界面层;

该界面层是由选自周期表 IVa、Va、VIa、IIIb 族元素及 C 以外的 IVb 族元素中的至少 1 种或以上元素,或者,选自这些元素的至少 1 种或以上的元素的碳化物构成的,

界面层的厚度为 0.5nm 以上~ 10nm 以下。

25. 一种非晶性碳被覆工具的制造方法,其中包括:

使由 WC 基超硬质合金构成的基材保存在真空容器内的工序;

对基材施加零或负的直流偏压电压的同时,使作为原料的石墨蒸发,形成非晶性碳膜的工序;

把刀尖的非晶性碳膜的最大厚度控制在 $0.05\mu\text{m}$ ~ $0.5\mu\text{m}$,

在该非晶性碳被覆工具中,在所述基材和非晶性碳膜之间具有界面层

;

该界面层是由选自周期表 IVa、Va、VIa、IIIb 族元素及 C 以外的 IVb 族元素中的至少 1 种或以上元素,或者,选自这些元素的至少 1 种或以上的元素的碳化物构成的,

界面层的厚度为 0.5nm 以上~ 10nm 以下。

26. 权利要求 25 中所述的非晶性碳被覆工具,其特征是,形成所述非

晶性碳膜的工序是采用阴极电弧离子镀法而进行的。

非晶性碳被覆工具 及其制造方法

技术领域

本发明涉及在转削工具(钻头、立铣刀、铰刀等)、铣刀工具及旋削工具中使用的刀尖交换型切削刀端、切断工具(车刀、手术刀、剪切机等)的表面形成具有耐磨耗性及耐熔敷性的非晶性碳膜的工具。另外还涉及这些工具的制造方法。

背景技术

此前,一直谋求一种工具表面损伤小、可高寿命·高效率加工,以及可高质量地进行被切削材料的加工(保持表面形状、保持母材硬度、保持尺寸精度等)的切削工具。

最近,从环境保护及节能的观点考虑,强烈要求开发一种可以降低切削阻力的工具或即使减少切削油剂而寿命及切削效率仍不下降的工具等。

另外,近年来,被切削材料的种类各种各样,在铝合金等软金属的场合以及在钛、镁、铜等非铁金属的场合,或者在有机材料的场合、含石墨等硬质粒子材料的场合,印刷线路基板加工及铁系材料和铝同时切削加工的场合,被切削材料凝结在切削工具的刀刃部分,出现切削阻力加大,或有时有刀尖损伤等问题。这些特定的被切削材料,与其他的被切削材料相比,更激烈地产生工具的磨耗。

而且,在金属加工现场切实具有既不降低性能又能大幅削减成本的要求。

在把这些铝及其合金或有机材料进行加工的特定用途中,早先使用金刚石工具。在基材上形成金刚石膜的工具,其金刚石膜的生长速度因结晶方位而大幅度变化,所以,表面的凹凸大,为了作为精密加工工具,必须把复杂形状的表面进行研磨。

然而,由于金刚石膜在现有的材料中是最硬的材料,所以,对其进行研磨加工,除了用昂贵的金刚石以外别无他法,成为成本非常高的主要原因。

另外,采用 TiN 等的 PVD(物理蒸气淀积)涂布得到的陶瓷被膜通常为 2~3 μm 。另一方面,在金刚石膜中,由于结晶成长速度因结晶方位的不同而不同,因此可得到平滑的研磨面,必须加工成 20~30 μm 这样的膜厚。因此,一边使金刚石生长时同时要蚀刻除去生长的石墨一边进行成膜,成膜速度非常低,仅为通常涂布时的 1/10 以下,而且,包括涂布的制造成本非常高,这是个问题。

另外,对于在基材上进行低涂布金刚石烧结体的工具,难以制成复杂形状的工具或直径数毫米的小径工具,这是个问题。

特开 2000-176705 号公报中公开了一种在工具上涂布 TiN、TiCN、TiAlN、 Al_2O_3 或含这些物质组合的硬质物质后,再用硬质碳被覆润滑膜的工具部件。在这里,发明者提供一种为了具有稳定的耐久性,并且适于批量生产的廉价硬质碳系润滑被膜,设置含有硅和碳,或含有硅、碳及氮成分构成的中间层,在中间层下,形成与界面接触的厚度 0.02 μm 以上~0.5 μm 以下的硅层。

然而,该发明中最表面层的硬质碳被膜,由于使用烃类气体,通过离子镀和等离子体 CVD(化学蒸气淀积)方法而形成的,在被膜中含有氢原子。通常,硬质碳中的氢原子,已知在大气中于约 350 $^{\circ}\text{C}$ 以上的温度从膜中脱离,在氢脱离后,硬质碳被膜变成石墨,硬度急剧下降。不能不说这样的被膜是难以在苛刻的切削环境下使用。

发明内容

因此,本发明的主要目的是提供一种非晶性碳的被覆工具,其在软金属、非铁金属、有机材料、含硬质粒子的材料、印刷电路基板、铁系材料和软质金属材料同时切削加工等切削时,难以发生被切削材料的凝结或刀尖的缺损,而且,通过被覆导热性高的非晶性碳,可以抑制刀尖温度上升,即使在干的切削或高速加工等苛刻切削环境下仍然耐用的非晶性碳被覆工具。另外,还提供其制造方法。

本发明通过特别限定基材的组成以及非晶性碳膜的厚度而达到上述目的。

即,本发明的非晶性碳被覆工具是由 WC 基超硬质合金构成的基材,并在该基材上至少在刀尖端被覆的非晶体碳被膜的工具,其特征在于,所述基

材的钴含量小于 12%(质量), 在该非晶性碳膜中含氢量小于 5%(原子), 在该非晶性碳膜的刀尖最大厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下。

另外, 本发明的非晶性碳被覆工具的特征是由 WC 基超硬质合金构成的基材并在该基材上至少是刀尖用非晶性碳进行被覆的工具, 所述基材含钴量小于 12%(质量), 所述非晶性碳膜是以石墨作为原料, 在实质上是在不含氢的气氛下用物理蒸镀法形成的, 在非晶性碳膜的刀尖最大厚度达到 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下。

本发明非晶性碳被覆工具的制造方法, 其特征在于, 通过使由 WC 基超硬质合金构成的基材保存在真空容器内的工序、在对基材施加零或负的直流偏压的同时, 使作为原料的石墨蒸发, 形成非晶性碳膜的工序、刀尖的非晶性碳膜的最大厚度控制在 $0.05\sim 0.5\mu\text{m}$ 范围内。

附图说明

图 1 是成型本发明工具的被膜所用的成膜装置概略示图。

图 2 是本发明工具刀尖部分剖面图。

图 3 是本发明的非晶体碳被覆膜的拉曼光谱图。

图 4 是原有的非晶体碳被覆膜拉曼光谱图。

具体实施方式

下面详细说明本发明的主要构成条件。

WC 基超硬质合金基材

WC 基超硬质合金是由碳化钨(WC)作为主要成分的硬质相、和以钴等铁族金属作为主要成分的结合相构成的。在 WC 基超硬质合金中含有规定量的钴, 如果钴量增多, 基材的韧性提高, 超硬质基材刀尖的耐缺损特性提高, 当往刀尖施加强大的外力时, 高硬质的非晶性碳膜不能随着基材的变形而变形, 非晶性碳膜和超硬质基材的界面发生剥离。为了使其不产生剥离而切削性能稳定, 优选是使钴含量在 12%(质量)以下。更好的是, 基材的钴含量在 3%(质量)以上 $\sim 7\%$ (质量)以下。

另外, 所述基材烧结后的碳化钨的平均晶体粒径为 $0.1\mu\text{m}$ 以上 $\sim 3\mu\text{m}$ 以下是优选的。在平均晶体粒径小于 $0.1\mu\text{m}$ 时, 用现有的评价方法判别困难。相反, 当平均晶体粒径大于 $3\mu\text{m}$ 时, 在膜磨耗时, 基材中大的碳化钨粒子脱

落，引起大的缺损，是不理想的。

而且，在所述基材中优选含有选自周期表 IVa、Va、VIa 族金属元素中的 1 种或以上元素以及选自碳及氮中的 1 种或以上元素所构成的化合物其量为 0.01 % (质量) 以上~3 % (质量) 以下。通过含有这种元素，可以抑制烧结中碳化钨的晶粒生长。作为优选的添加化合物的具体实例，可以举出 (Ta, Nb)C、VC、Cr₂C₂、NbC 等。

非晶性碳膜

非晶性碳膜包括：一般称作硬质碳膜、类金刚石的碳膜、DLC 膜、a-C:H、i-碳膜等。然而，本发明的非晶性碳膜具有下述特征。

成膜方法

本发明以石墨作为原料，在不含氢的气氛下用物理蒸镀法形成的非晶性碳膜。该膜具有与金刚石相当的高硬度，并且具有作为切削工具的优良耐磨耗性。另一方面，以烃作原料的非晶性碳膜，由于含有氢，与本发明的非晶性碳膜不同。

该非晶性碳膜，仅由除去成膜中所含的不可避免的杂质的碳原子构成。结果是，由于 SP³ 键的比例比含氢的非晶性碳膜高，所以，硬度增高，同时，耐氧化特性也得到改善，达到与金刚石同等的接近约 600℃。即使实质上在不含氢的气氛下进行成膜，在完成的非晶性碳膜中，含有 5 % (原子) 以下的极少的氢。对此可以认为是由于通过成膜时的真空度的作用，在成膜装置中残留的氢和水分进入非晶性碳膜中。

在以石墨作为起始原料的物理蒸镀法中，如果采用一般工业上所用的阴极电弧离子镀法、激光烧蚀法或溅射法等，成膜速度快，没有金刚石膜制造成本高的问题。特别是，从被膜的粘合力 and 膜硬度考虑，用阴极电弧离子镀法成膜是优选的。该阴极电弧离子镀法，由于原料离子化率高，通过把主要是碳离子照射基材，可以形成非晶性碳膜。因此，可以得到 SP³ 键比率高、致密、硬度高的膜，可以使工具寿命大大提高。

成膜时的基材温度，最好在 50℃ 以上。又，成膜时的基体温度优选为 350℃ 以下，200℃ 以下更优选、150℃ 以下最优选。基材的温度超过 350℃ 时，则有易于析出石墨的倾向。

还有，成膜时，因碳离子照射在基材上，形成非晶体碳，这时基材的温度上升。因而，有时，即使不用加热器加热基材，温度仍上升到不影响实际

使用的程度。另外，通过加热和冷却也可调节基材的温度。

大颗粒密度

在用阴极电弧离子镀膜法形成的非晶性碳膜表面存在一种称作大颗粒的硬质粒子。要求在该膜表面上存在的大颗粒密度愈低则切削阻力愈小。大颗粒密度在 3×10^5 个/mm² 以下，优选的是 1.5×10^5 个/mm²。不用说，0 个/mm² 是最合适的。当大颗粒密度大于 3×10^5 个/mm² 时，由于被切削材料溶敷在该大颗粒中，使切削阻力上升，是不理想的。

大颗粒密度可采用 SEM(扫描型电子显微镜)进行观测而评价。为了易于进行大颗粒的观测，可把 Pt 或 Pd 等贵金属用离子溅射法等蒸镀在试样表面上以后，再进行观测也可以。以至少放大 1000 倍以上的倍率进行试样表面的照相摄影，通过计数照片上的大颗粒数，而测其密度。

图 2 是通过非晶性碳被覆面 20 的剖面图，表示大颗粒 21 的生成过程。在工具的刀尖 23 被覆非晶性碳 20，然而，在该过程中，石墨粒子 22 飞散，附着在被覆面上。用电子显微镜观察时，可以看到各种外径的圆形粒子。然而，这样的粒子在本发明中是不希望存在的。由于石墨粒子 22 在膜的成长过程中飞散，可以推定它存在于非晶性碳 20 各种厚度的地方。

而且，为了改善非晶性碳膜的表面粗糙度，有人建议采用如低能量成膜或碳场过滤器的方法以防止从石墨原料的粒状飞散物。

表面光洁度

非晶性碳膜的表面光洁度，用 JIS 标准 B0601 规定的 Ra 表示，希望在 $0.002\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.05\mu\text{m}$ 以下。在这种作为切削工具的场合，表面光洁度 Ra 要求尽可能小。然而，实际上不可能为 0。通过各种切削试验的结果发现，当 Ra 小于 $0.05\mu\text{m}$ 时，可以改善刀尖的熔敷性，提高切削性能。另外，如用 JIS 标准确定的 Ry 表示， $0.02\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下也是优选的。这里当 Ry 大于 $0.5\mu\text{m}$ 时，非晶体碳膜的突起物成为被切削材料熔敷的起点，成为切削阻力上升的原因，是不理想的。

厚度

把工具刀尖的非晶质碳膜的最大厚度限定在 $0.05\mu\text{m} \sim 0.5\mu\text{m}$ 的理由是，由于小于 $0.05\mu\text{m}$ 时，存在耐磨耗性问题，当大于 $0.5\mu\text{m}$ 时，在被膜内积累的应力加大，易剥离，或被膜产生缺陷的问题。另外，当使膜厚达到 $0.5\mu\text{m}$ 以下时，表面的大颗粒尺寸和密度都变小，把表面光洁度用上述 Ra 表示时

抑制到小于 $0.05\mu\text{m}$ ，用 Ry 表示时抑制到 $0.5\mu\text{m}$ 以下是有效的。非晶性碳膜，如图 2 中的 T 所示，工具的刀尖部变厚。当该厚度变薄时，性能变好。然而，涉及非晶性碳膜切削的刀尖部位的最大厚度 T 达到 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $\sim 0.25\mu\text{m}$ 以下时，熔敷性小，是优选的。

硬度

非晶性碳膜的努氏（ヌープ）硬度达到 20GPa 以上 $\sim 50\text{GPa}$ 以下是优选的。当该硬度小于 20GPa 时，耐磨耗性有问题，当大于 50GPa 时，刀尖的耐缺损性降低。更优选的是非晶性碳膜的努氏硬度为 25GPa 以上 $\sim 40\text{GPa}$ 以下。

拉曼光谱

因为非晶性碳膜是无定形的，所以，非常难以确定膜结构。对各种非晶性膜的评价结果表明，当进行拉曼分光光度测定时，由于伴随着结构的变化，所得到拉曼光谱不同。

图 3 是本发明非晶性碳的拉曼光谱图，图 4 是现有的含氢非晶性碳的拉曼光谱图。这些是采用具有 514.5nm 波长的氦气激光进行拉曼分光光度测定得到的。在图 4 中，实线表示测定结果，发现在 1340cm^{-1} 附近鼓起，而在 700cm^{-1} 附近无峰。

然后，为把所得到的光谱分成两部分，需从光谱波形除去本底。其次，把具有鼓起的光谱的二个高斯函数相加，用非线性最小二乘法近似地分离成两个峰。其结果用点线表示。在 1340cm^{-1} 附近具有中心的峰高以 I1340 表示，而在 1560cm^{-1} 附近的峰高用 I1560 表示。与其相反，本发明的拉曼光谱，如图 3 所示，在 1340cm^{-1} 附近的鼓起，难以用实线识别，而在 700cm^{-1} 附近，有幅宽的峰。采用与上述同样的方法分离峰的结果，用点线示于图 3。I1340 的峰高，与图 3 的峰高相比，显得较弱。 700cm^{-1} 附近的峰高，用 I700 表示。同样地，把各种峰进行积分的值，例如，用 S700 等表示。

本发明工具的非晶性碳膜，于波数 400cm^{-1} 以上 $\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 之间， 1340cm^{-1} 附近及 1560cm^{-1} 附近的总计 3 处观测有峰。另一方面，采用历来含氢的被膜，在低波数一侧的波数 400cm^{-1} 以上 $\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 之间未观测到峰。在波数 400cm^{-1} 以上 $\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 之间具有峰的被膜结构，可以实现因高硬度引起的耐磨耗性的提高。因而，希望在波数 400cm^{-1} 以上 $\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 之间具有峰。

而且, 于波数 400cm^{-1} 以上 1000cm^{-1} 以下存在的峰强度(I700)与在 1340cm^{-1} 附近存在的峰强度(I1340)的强度比(I700/I1340)达到 0.01 以上 2.5 以下时, 耐磨耗性提高。这可以认为是由于细小的 Sp^2 键及具有偏离的 SP^3 键量增加, 从而使膜硬度提高所致。

这里用峰强度(高度)表示, 然而, 也可用峰积分强度比进行处理, 存在于波数 400cm^{-1} 以上 $\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 以下的峰积分强度(S700)与存在于 1340cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1340)的强度比(S700/S1340)在 0.01 以上 2.5 以下是优选的。如峰强度比小于 0.01, 则耐磨耗性与现有被膜同等。如后所述, 进行各种成膜实验, 在这次实验中, 峰强度比未达到 2.5 以上。

另外, 存在于 1560cm^{-1} 附近的峰强度(I1560)与存在于 1340cm^{-1} 附近的峰强度(I1340)的强度比(I1340/I1560), 如果达到 0.1 以上 1.2 以下, 则显示出高耐磨性。存在于 1560cm^{-1} 附近的峰强度(I1560)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰强度之比, 也可以说是表示被膜内部 SP^2/SP^3 碳键状态的存在量。这些峰强度比不能直接认为表示 SP^2 含量, 可以相对地作为被膜结构的等级分类。已知存在于 1560cm^{-1} 附近的峰强度高的情况下, 达到高硬度。即, 由于 SP^3 键性强时, 耐磨耗性提高。不仅峰强度, 而且存在于 1560cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1560)和存在于 1340cm^{-1} 附近的峰积分强度(S1340)的强度比(S1340/S1560)处于 0.3 以上 3 以下为好。

然而, 存在于 1560cm^{-1} 附近的峰如果处于 1560cm^{-1} 以上 1580cm^{-1} 以下, 则可以实现高耐磨耗性。拉曼光谱的峰位置受到被膜内应力的影响。一般情况下, 被膜内的应力在压缩一侧高时, 拉曼光谱的峰移向高波数一侧, 反之, 在拉伸一侧高时, 向低波数一侧移动。可见被膜应力在压缩一侧高时, 耐磨耗性提高。

干扰色

在现有技术中所用的非晶性碳膜, 在可见光区是不透明的, 为从棕色至黑色的色调。本发明工具的非晶性碳膜, 在可见光区呈透明, 显示干扰色的特征。

所谓显示干扰色, 是指非晶性碳膜的 SP^3 键成分非常多, 折射率、光谱带间隙(キセツプ)、弹性率等物理性质, 与原有的非晶性碳膜相比, 显示更接近于金刚石。在采用这样的非晶性碳膜作为工具时, 膜硬度高, 显示优良的耐磨耗性和耐热性。作为本发明工具基材的 WC 基超硬质合金, 是银色的

或接近于银色的灰色，所以，本发明工具的外观特征为显示干扰色。

非晶性碳膜的干扰色，随着膜的厚度增加，变化趋势是：(1)棕色→(2)紫红→(3)紫色→(4)蓝紫色→(5)蓝色→(6)银色→(7)黄色→(8)红色→(9)蓝色→(10)绿色(11)黄色→(12)红色，以后，从(8)红色返回至(12)红色。这些颜色的变化对膜厚的变化是连续的，在各种中间膜厚度，形成其中间色。

本发明人研究的结果发现，在工具刀尖最大膜厚特定在 $0.05\mu\text{m}\sim 0.5\mu\text{m}$ 时，涂布的被膜，由(2)紫红变至(10)的绿色之间的颜色。另外，不仅单色，而且由多种色调构成的彩虹色也行。另外，在呈现这些干扰色的非晶性碳膜上，也可以使用形成从原来的棕色至黑色的非晶性碳膜。

界面层

本发明工具，为使非晶性碳膜的粘合力牢固，优选在基材和非晶性碳膜之间设置界面层。

材质

该界面层，选自周期表 IVa、Va、VIa、IIIb 族元素及 C 以外的 IVb 族元素中至少 1 种或以上的元素，或者，选自这些元素中的至少 1 种或以上元素的碳化物是合适的。

其中，选自 Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Si 元素中的至少 1 种或以上的元素，或者，选自上述元素组中的至少 1 种或以上的元素碳化物是更为优选的。由于这些金属元素与碳易形成强键，所以，通过在这些金属元素或金属碳化物的界面层上形成非晶性碳膜，可以得到更牢固的粘合力。

厚度

界面层的厚度为 0.5nm 以上 10nm 以下。当膜厚低于该范围时，不起界面层的作用，当厚度高于该范围时，仅得到与现有技术同等的粘合力。通过形成这种极薄的界面层，可以得到现有技术无法得到的极牢固的粘合力，能大大改善工具寿命。

混合组成层·倾斜组成层

在界面层和非晶性碳膜之间，如果各被膜组成混合成的混合组成层，或者组成连续变化的倾斜组成层，由于可以得到更牢固的粘合力，是更为优选的。该混合层和倾斜组成层未必能明确地区别。从界面层成膜往非晶性碳膜的成膜的转换制造条件时，通常，界面层和非晶性碳膜的组成引起混合，形成这些混合组成层和倾斜组成层。这些难以直接确认，然而，可从 XPS(X-

射线光电子光谱)和 AES(俄歇电子光谱)等的结果充分断定。

工具的用途

本发明非晶性碳被覆工具，从其耐磨耗性和耐熔敷性考虑，特别适用于加工铝及其合金的工具。另外，在钛、镁、铜等非铁材料上使用是最合适的。而且，对含石墨等硬质粒子的材料、有机材料等的切削，以及印刷电路板加工及铁系材料和铝的共切削加工等也是有效的。此外，本发明工具的非晶性碳膜因有非常高的硬高，所以，不仅可用于非铁材料，而且也可用于不锈钢等钢和铸件等的加工。

工具的具体实例

本发明的非晶性碳被覆工具，可用于钻头、立铣刀、立铣刀加工用刀尖交换型刀头、铣刀加工用刀尖交换型刀头、车削用刀尖交换型刀头、切缝铣刀、切齿刀具、绞刀及丝锥中的任何1种。

本发明的上述及其他目的、特征、优缺点、通过相关附图，对本发明进行详细说明。

下面对本发明非晶体碳被覆工具通过实施例具体地进行说明。但是，不限于所用的方法，如用石墨的 PVD 法进行成膜，任何方法均可。

实施例 1

准备一种 $\phi 8\text{mm}$ 的 WC 基超硬质合金制成的钻头作为基材。该基材含有 (Ta, Nb)C 1% (质量) 和下述表 1 中示出的 Co 量。在该基材表面，采用下列已知的阴极电弧离子镀膜法，以准备表 1~表 4 中示出的本发明的非晶性碳被覆钻头的试样 1~38。

即，如图 1 所示，在成膜装置 1 内，配置多个靶 2、3，以靶的中心点作为中心，在靶间旋转的基材支承部件 4 上装置超硬质合金制的钻头 5。调节电源 7、8，改变真空电弧的放电电流，一边控制靶材料的蒸发量一边涂布非晶性碳。

首先，用基材加热器 6 加热至 100°C 的同时把成膜装置 1 内的真空度调至 $2 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 气氛。然后，导入氩气，保持在 $2 \times 10^{-1}\text{Pa}$ 气氛中，同时用偏压电源 9 往基材支承部件 4 施加 1000V 的电压，进行氩气等离子体洗涤后，排出氩气。从供应口 10 往成膜装置内导入气体，而从排气口 11 进行排气。然后，以 100ml/min 的速度往成膜装置内导入氩气，同时通过真空电弧放电，使石墨靶蒸发·离子化，粘合到超硬质钻头上，形成非晶性碳膜。此时，通

过偏压电源 9 施加电压数百 V。这时的基材温度设定在 100℃。

这里，在非晶性碳成膜前，根据样品在把周期表 IVa、Va、VIa 族金属元素靶蒸发·离子化的同时用偏压电源 9 对基材支承部件 4 施加 1000V 电压，进行金属离子轰击处理而进行用以提高被膜粘合性的表面蚀刻处理。

另外，根据样品，再导入烃气体或不导入烃气体，把选自周期表 IVa、Va、VIa、IIIb 族元素及 C 以外的 IVb 族元素中的靶，进行蒸发·离子化，用偏压电源 9 对基材支承部件 4 施加数百 V 电压，使生成这些金属或金属碳化物的界面层。通过更换靶和气氛气体而进行从界面层形成非晶性碳膜，在进行该更换时，通常仅产生两层组成的混合。由此可以推断，在两层之间存在原料的混合组成层和倾斜组成层。

另外，还要准备用于比较的示于表 5、6 中的比较样品 1~7 的涂布钻头。这里，比较样品 4 是使用通常的等离子体 CVD 成膜装置，在与上述相同的超硬质钻头表面上形成非晶性碳膜。

其次，对用上述方法制成的各钻头，用表 7 的条件，进行冲孔试验(外部给油的湿式条件)，对未涂层的钻头的推力降低率(以比较样品 26 的推力抗阻作为基准进行评价)以及在刃口的凝结情况进行测定。上述各切削试验的结果示于表 2、4、6。还有，在表 1、3、5 中，“WC 晶体粒径”表示基材烧结后的 WC 平均晶体粒径。另外，刀尖端部的膜厚，通过刀尖断面的 SEM 进行评价。

表 1

	刀尖的最大 膜厚(μm)	刀尖膜色	钴含量 (质量%)	WC 的晶体 粒径	表面光洁度 Ra(μm)	表面光洁度 Ry(μm)	大颗粒密度 (个/ mm^2)	努氏硬度 GPa	金属离子 轰击处理	界面层
本发明样品 1	0.05	紫红	5	1.2	0.002	0.02	24000	35	无	无
本发明样品 2	0.15	黄	6	1.1	0.007	0.08	77000	34	无	CrCx
本发明样品 3	0.25	蓝	5	1	0.015	0.12	125000	35	无	Cr
本发明样品 4	0.50	绿	5	1.5	0.030	0.30	260000	34	无	无
本发明样品 5	0.07	紫	3	1.3	0.002	0.03	93000	32	无	TiCx
本发明样品 6	0.20	红	7	1.3	0.010	0.10	98000	29	无	无
本发明样品 7	0.08	蓝紫	12	1.2	0.003	0.04	114000	31	无	Ti
本发明样品 8	0.18	红	6	0.1	0.009	0.09	82000	30	无	无
本发明样品 9	0.10	蓝	5	1	0.005	0.07	73000	35	无	ZrCx
本发明样品 10	0.16	黄	5	2	0.007	0.06	77000	34	无	无
本发明样品 11	0.07	紫	5	3	0.003	0.04	73000	33	无	Zr
本发明样品 12	0.21	红	4	1	0.018	0.11	98000	30	无	无
本发明样品 13	0.08	蓝紫	6	1.2	0.003	0.03	99500	34	无	HfCx
本发明样品 14	0.22	红	6	1.1	0.020	0.18	112000	31	无	无
本发明样品 15	0.10	蓝	5	1	0.005	0.06	84000	20	无	Hf
本发明样品 16	0.16	黄	5	0.9	0.007	0.08	72000	25	无	无
本发明样品 17	0.12	银	7	1.4	0.007	0.09	110000	50	无	VCx
本发明样品 18	0.19	红	5	1.1	0.015	0.12	98000	33	无	无
本发明样品 19	0.10	蓝	5	1.3	0.005	0.07	96000	32	无	V
本发明样品 20	0.20	红	6	1.2	0.018	0.20	110000	30	无	无

表 2

	1000cm ⁻¹ 以下 的峰	I700/II1340	S700/S1340	II1340/II1560	S1340/S1560	1560cm ⁻¹ 附近的 峰位置(cm ⁻¹)	抗推力(%) (未涂层时: 100%)	刃尖的熔敷 状况
本发明样品 1	有	0.21	0.09	0.6	1.5	1571	61	无熔敷
本发明样品 2	有	0.2	0.21	0.8	1.4	1570	54	无熔敷
本发明样品 3	有	0.22	0.22	0.8	1.6	1570	55	无熔敷
本发明样品 4	有	0.23	0.1	0.7	1.5	1569	64	无熔敷
本发明样品 5	有	0.21	0.05	0.9	1.4	1568	62	无熔敷
本发明样品 6	有	0.2	0.03	0.9	1.7	1570	59	无熔敷
本发明样品 7	有	0.2	0.22	0.9	1.6	1571	68	无熔敷
本发明样品 8	有	0.24	0.11	0.8	1.5	1572	63	无熔敷
本发明样品 9	有	0.26	0.03	0.8	1.5	1570	52	无熔敷
本发明样品 10	有	0.21	0.02	1	1.5	1570	56	无熔敷
本发明样品 11	有	0.22	0.18	1	1.5	1570	66	无熔敷
本发明样品 12	有	0.22	0.16	1.1	1.6	1570	57	无熔敷
本发明样品 13	有	0.2	0.07	1	1.6	1569	61	无熔敷
本发明样品 14	有	0.21	0.14	0.4	1.4	1567	60	无熔敷
本发明样品 15	有	0.21	0.12	0.6	1.7	1570	69	无熔敷
本发明样品 16	有	0.22	0.09	0.6	1.7	1571	64	无熔敷
本发明样品 17	有	0.24	0.12	0.8	1.7	1571	61	无熔敷
本发明样品 18	有	0.02	0.11	0.9	1.8	1570	62	无熔敷
本发明样品 19	有	1.5	0.11	0.5	1.6	1571	65	无熔敷
本发明样品 20	有	2.5	0.2	1	1.5	1569	63	无熔敷

表 3

	刀尖的最大膜厚(μm)	刀尖膜色	钴含量(质量%)	WC的晶粒径	表面光洁度Ra(μm)	表面光洁度Ry(μm)	大颗粒密度(个/mm ²)	努氏硬度GPa	金属离子轰击处理	界面层
本发明样品 21	0.12	银色	5	1.2	0.006	0.06	105000	29	有	NbCx
本发明样品 22	0.21	红	5	1.5	0.015	0.12	98000	31	无	无
本发明样品 23	0.20	红	7	1.8	0.018	0.20	103000	33	有	Nb
本发明样品 24	0.19	红	6	1.3	0.016	0.13	93000	32	无	无
本发明样品 25	0.19	红	6	1.7	0.012	0.10	94000	31	有	TaCx
本发明样品 26	0.18	红	5	1.2	0.010	0.08	78000	30	无	无
本发明样品 27	0.16	黄	5	1.5	0.008	0.07	74000	30	有	Ta
本发明样品 28	0.22	红	5	1.4	0.015	0.13	120000	31	无	无
本发明样品 29	0.20	红	5	1.5	0.022	0.23	112000	32	有	MoCx
本发明样品 30	0.23	蓝	5	0.08	0.021	0.20	108000	31	无	无
本发明样品 31	0.22	红	6	4	0.018	0.15	112000	31	有	Mo
本发明样品 32	0.21	红	5	1.5	0.016	0.15	96000	31	无	无
本发明样品 33	0.16	黄	5	1.3	0.008	0.09	73000	33	有	WCx
本发明样品 34	0.22	红	6	1.2	0.021	0.18	112000	32	无	无
本发明样品 35	0.20	红	5	1	0.015	0.16	124000	34	有	W
本发明样品 36	0.23	蓝	5	1.1	0.022	0.19	140000	31	无	无
本发明样品 37	0.22	红	6	1.5	0.018	0.16	96000	30	有	SiCx
本发明样品 38	0.21	红	6	1.2	0.017	0.15	98000	30	无	无

表 4

	1000cm ⁻¹ 以下的峰	I700/I1340	S700/S1340	I1340/I1560	S1340/S1560	1560cm ⁻¹ 附近的峰位置(cm ⁻¹)	抗推力(%) (未涂层时:100%)	刀尖的熔敷状况
本发明样品 21	有	0.24	0.01	0.3	1.5	1569	68	未熔敷
本发明样品 22	有	0.22	1.5	0.7	1.6	1569	68	未熔敷
本发明样品 23	有	0.25	2.5	0.4	1.8	1571	67	未熔敷
本发明样品 24	有	0.22	0.06	0.1	1.3	1568	59	未熔敷
本发明样品 25	有	0.22	0.03	0.5	1.5	1569	62	未熔敷
本发明样品 26	有	0.23	0.02	1.2	1.4	1567	63	未熔敷
本发明样品 27	有	0.22	0.11	1.1	0.3	1569	66	未熔敷
本发明样品 28	有	0.2	0.08	1	1.5	1571	65	未熔敷
本发明样品 29	有	0.21	0.08	0.9	3	1571	68	未熔敷
本发明样品 30	有	0.22	0.09	1	1.4	1560	62	未熔敷
本发明样品 31	有	0.19	0.15	0.9	1.5	1570	61	未熔敷
本发明样品 32	有	0.2	0.14	0.8	1.4	1580	59	未熔敷
本发明样品 33	有	0.59	0.5	0.7	1.3	1569	74	未熔敷
本发明样品 34	有	0.48	1.11	0.8	1.2	1570	68	未熔敷
本发明样品 35	有	0.79	0.69	0.8	1.2	1570	66	未熔敷
本发明样品 36	有	1.11	0.79	0.6	1.2	1571	71	未熔敷
本发明样品 37	有	1.23	1.11	0.7	1.1	1573	69	未熔敷
本发明样品 38	有	1.49	1.08	0.3	1.1	1577	66	未熔敷

表 5

	刀尖的最大 膜厚(μm)	刀尖膜色	钴含量 (质量%)	WC 的晶体 粒径	表面光洁度 Ra(μm)	表面光洁度 Ry(μm)	大颗粒密度 (个/mm ²)	努氏硬度 GPa	金属离子轰 击处理	界面层
比较样品 1	0.03	茶色	5	1.5	0.002	0.03	21000	30	有	Ti
比较样品 2	0.60	红	5	1.4	0.065	0.62	350000	31	无	无
比较样品 3	0.20	红	13	1.5	0.017	0.18	96000	32	有	CrC _x
比较样品 4	0.22	红	5	1.4	0.020	0.21	-	18	无	Si
比较样品 5	TiN3μm	金黄色	6	1.5	0.200	0.80	-	20	有	无
比较样品 6	TiAlN3μm	红铜色	5	1.6	0.180	0.20	-	23	有	无
比较样品 7	未涂布	-	5	1.7	-	-	-	-	-	-

表 6

	1000cm ⁻¹ 以下的峰	I700/I11340	S700/S1340	I11340/I1560	S1340/S1560	1560cm ⁻¹ 附近的峰位置(cm ⁻¹)	抗推力(%) (未涂层: 100%)	刀尖的熔敷状况
比较样品 1	有	0.22	0.11	0.9	1.4	1569	99	在刀尖上熔敷
比较样品 2	有	0.2	0.08	0.3	1.5	1571	101	在刀尖上熔敷
比较样品 3	有	0.21	0.08	0.5	1.4	1571	98	在刀尖上熔敷
比较样品 4	无	0	0	1	1.5	1571	97	在刀尖上熔敷
比较样品 5	无	-	-	-	-	-	135	堵塞而破坏
比较样品 6	无	-	-	-	-	-	140	堵塞而破坏
比较样品 7	-	-	-	-	-	-	100	堵塞而破坏

表 7

被切削加工材料	A5052
切削速度	100m/min
进刀	0.5mm/rev
深度	40mm
加工数	1000 孔

还有, 表 7 的 A 5052 的组成记载在 JIS 标准 H 4000 中。

从表 2、4、6 的结果可知, 此前的 TiN 膜(比较样品 5)、TiAlN 膜(比较样品 6)、用 CVD 法形成的含氢 35%(原子)的氢化非晶性碳膜的比较样品 4 及其他比较样品, 其推力阻抗与未涂布的同等并且耐熔敷性差。反之, 本发明实例的钻头(本发明样品 1~38), 其非晶性碳被膜的氢含量均为 5%(原子)。采用 ERDA(弹性反冲检测法)进行评价。而在铝冲孔加工时, 具有优良的耐磨耗性, 同时, 具有优良的耐熔敷性。因此, 冲孔加工后的孔加工精度也非常高, 可以是长寿命。

实施例 2

采用与实施例 1 完全相同的方法, 在 $\phi 4\text{mm}$ 的超硬质绞刀表面上被覆非晶性碳膜(本发明样品 2 的被膜)。该超硬质基材中也含有(Ta, Nb)C 1%(质量)和 Co 7%(质量), 非晶性碳膜的氢含量为 5%(原子)以下。另外, 作为比较材料, 用 CVD 法制得的氢化非晶性碳膜(比较样品 4)和 TiN 膜(比较样品 5)、TiAlN 膜(比较样品 6)进行被覆。然后, 对用上述方法制成的各表面被覆的绞刀, 用表 8 的条件进行铝铸件(ADC 12)的冲孔加工, 评价冲孔个数和刀尖的状态。

表 8

被切削材料	ADC12
切削速度	230m/min
进刀	0.15mm/rev
深度	15mm

附: 表 8 的 ADC12 的组成(参阅 JIS 标准 H53021 中所述)

从该结果可以认为, 此前的表面被覆切削绞刀(CVD)的氢化非晶性碳膜(比较样品 4)和 PVD 法形成的金属氮化物膜(比较样品 5、6)冲孔 600 个, 由

于被切削材料的孔径产生偏移，调查绞刀的状态结果是，刀尖产生磨耗，其顶端有卷刃。

另一方面，采用本发明样品 2 的非晶性膜的被覆的绞刀，即使冲孔 9000 个时，全部被切削材料的加工状况没有问题，在绞刀刀尖未发现磨耗和卷刃。

实施例 3

采用与实施例 1 完全同样的方法，在 $\phi 7\text{mm}$ 的超硬质制的立铣刀的表面上被覆非晶性碳膜(本发明样品 3 的被膜)。该超硬质基材中也含有(Ta, Nb)C 1%(质量)和 Co 7%(质量)，非晶性碳膜含氢量 5%(原子)以下。另外，作为比较材料，用 CVD 法的氢化非晶性碳膜(比较样品 4)和 TiN 膜(比较样品 5)、TiAlN 膜(比较样品 6)进行被覆。然后，对用上述方法制成的各表面被覆的立铣刀，用表 9 的条件，进行铝铸件(ADC 12)的立铣刀加工，从被切削表面光洁度的标准至不符合该标准的切削长度和刀尖状态进行评价。表 9 中的 Ad(axial depth of cut)是轴向切入深度，Rd(radial depth of cut)是径向切入深度。

表 9

被切削材料	ADC12
切削速度	300m/min
进刀	0.1mm/rev
加工深度	Ad=Rd=5mm

还有，表 9 的 ADC 12 组成，记载在 JIS 标准 H 5302 中。

其结果是，由于现有的表面被覆切削立铣刀中，CVD 的氢化非晶性碳膜(比较样品 4)是 20m，用 PVD 法形成的金属氮化物膜、比较样品 5、6 分别是 5m、6m 就偏离表面光洁度标准，判断为工具的寿命。在达到寿命的表面被覆立铣刀的刀端部，除去熔敷的氧化铝，调查的结果是，不存在早先被覆的膜，露出基材的 WC 基超硬质合金。

另一方面，采用本发明样品 3 的立铣刀，即使在切削 800m 时，被切削材料的表面光洁度仍保持在标准之内，由此可以期待延长寿命。

实施例 4

采用与实施例 1 完全同样的方法，在刀尖交换型超硬质合金制刀头的里面被覆非晶性碳膜(本发明样品 2 的被膜)。该超硬质基材也含有(Ta, Nb)C 1

% (质量) 和 Co 6 % (质量)，非晶性碳膜含氢量 5 % (原子) 以下。另外，作为比较材料，用 CVD 法的氢化非晶性碳膜(比较样品 4) 和 TiN 膜(比较样品 5)、TiAlN 膜(比较样品 6) 进行被覆。其次，用上述方法制成的各表面被覆刀尖交换型刀头之一，安装在工具直径 32mm 的夹具上，用表 10 的条件，进行铝铸件(A 390) 的立铣刀加工，对直至被切削的表面光洁度达不到标准的切削长度和刀尖状态进行评价。表 10 中 Ad 是轴向切入深度，Rd 是径向切入深度。

表 10

被切削材料	ADC12
切削速度	200m/min
进刀	0.1mm/rev
加工深度	Ad=Rd=3mm

还有，表 10 的 A 390 组成是 Al-16~18 % (m/m) 的 Si。

结果是，在此前的表面被覆切削立铣刀中，CVD 的氢化非晶性碳膜(比较样品 4) 为 15m，PVD 法形成的金属氮化物膜、比较样品 5、6 分别是 4m、2m 就偏离表面光洁度的标准，判断为工具的寿命。把在达到寿命的表面被覆刀头的端部熔敷的铝除去，调查的结果是，不存在以往被覆的膜，露出基材的 WC 基超硬质合金。

另一方面，采用本发明样品 3 的立铣刀，在切削 900m 时，被切削材料的表面光洁度偏离标准，判断为工具寿命。

这里公开的实施例，既不认为是列举的全部，也不能认为是一种限定。本发明的范围，不仅包括以上实施例的说明，还包括权利要求范围所指出的，与权利要求范围同等含义，以及在该范围内的全部修正及改变。

上面对本发明的具体例进行了说明，本发明也适于其他形状的切削工具(钻头、立铣刀、绞刀等)、以铣刀工具为代表的刀尖交换型切削刀头、切断工具(车刀、手术刀、剪切机等)。

如上所述，如采用本发明的被覆工具，通过把基材的组成和非晶体碳膜的厚度加以特定，可以得到保持耐磨耗性的优良耐熔敷性，可以明显延长工具的切削·耐磨寿命，特别是采用不含氢的非晶体碳膜，可以得到更优良的耐磨耗性和耐熔敷性。因此，可以期待切削工具(钻头、立铣刀、绞刀等)、以铣刀工具为代表的切削多刃刀片端部、切断工具(车刀、手术刀、剪切机等)的有效利用。

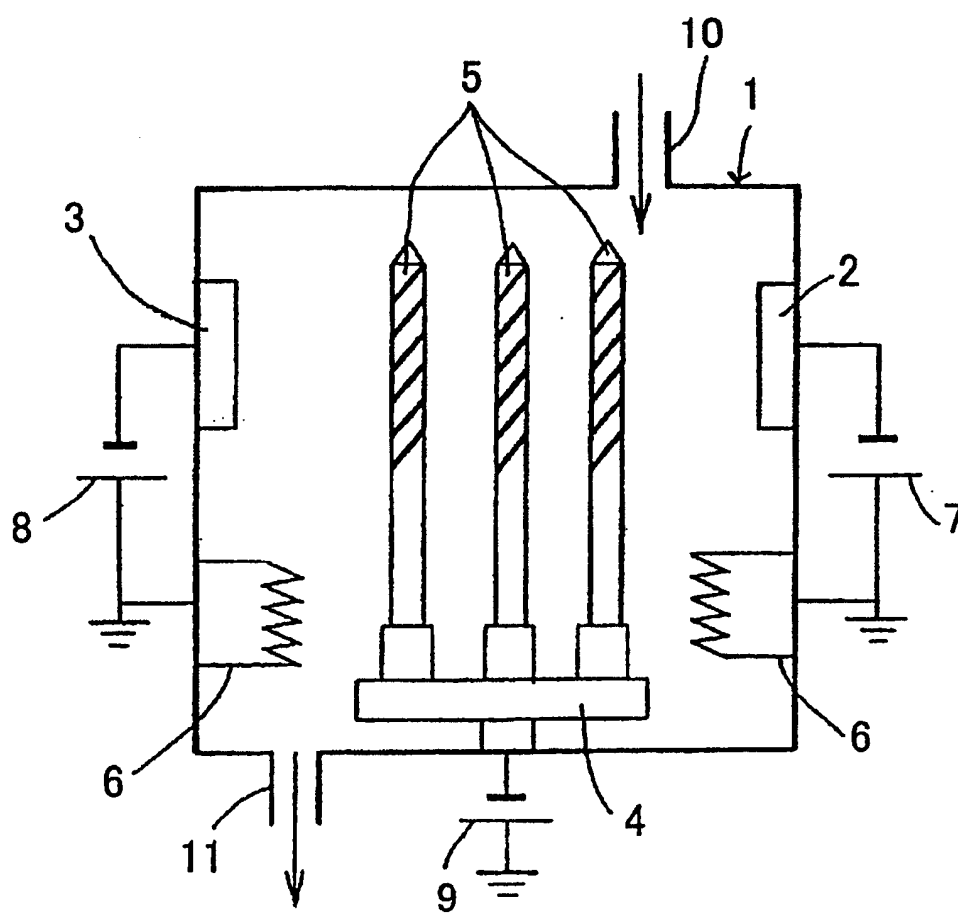


图 1

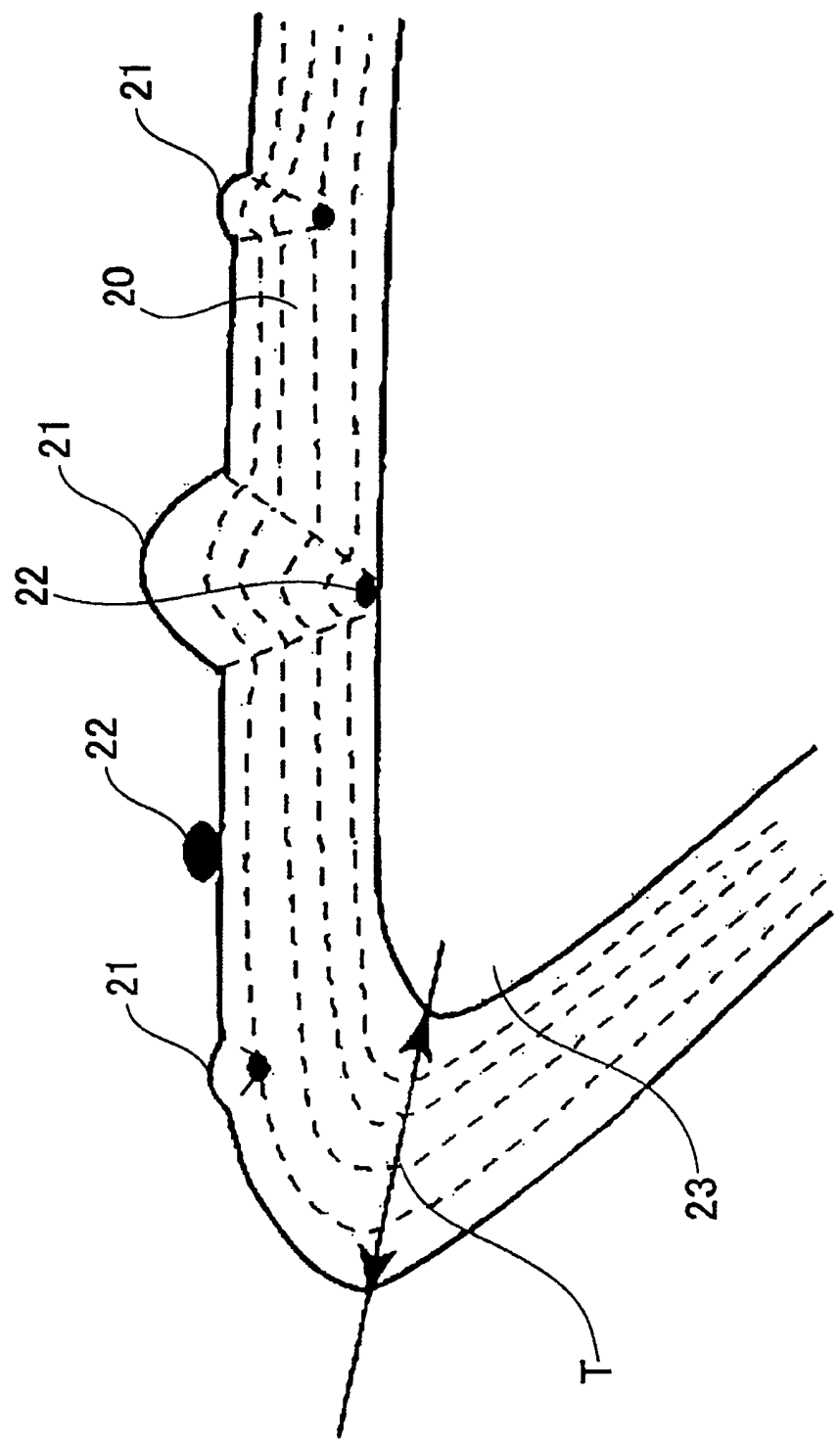


图 2

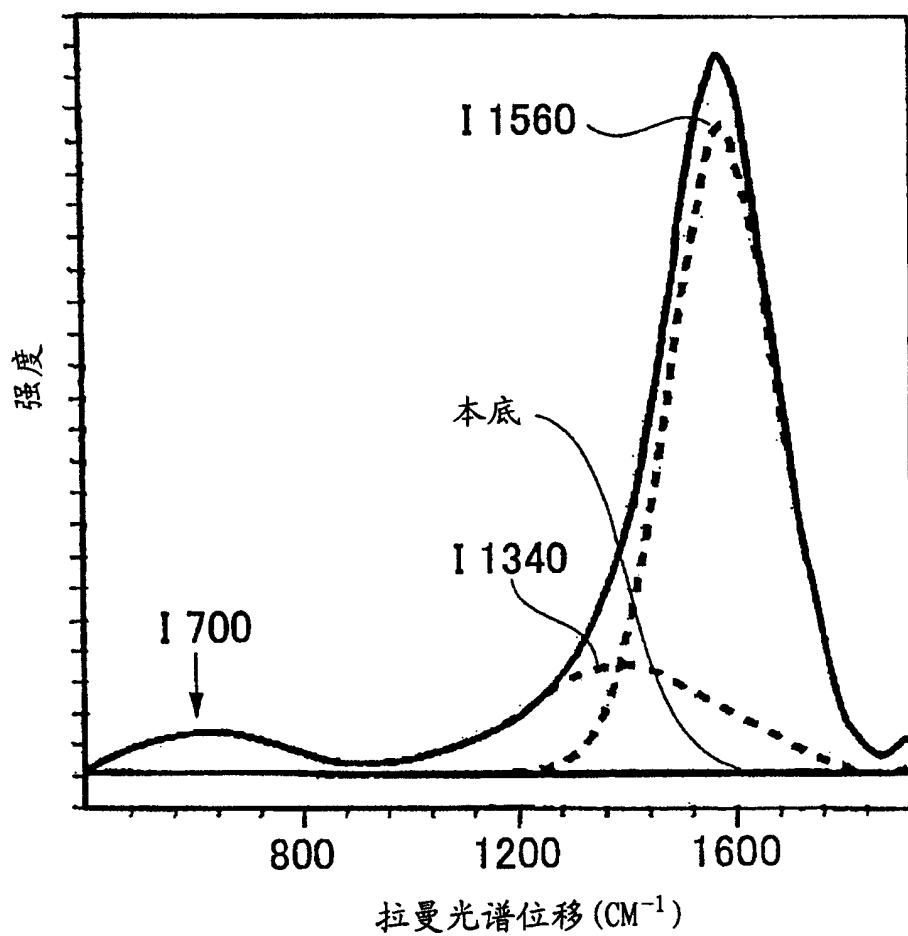


图 3

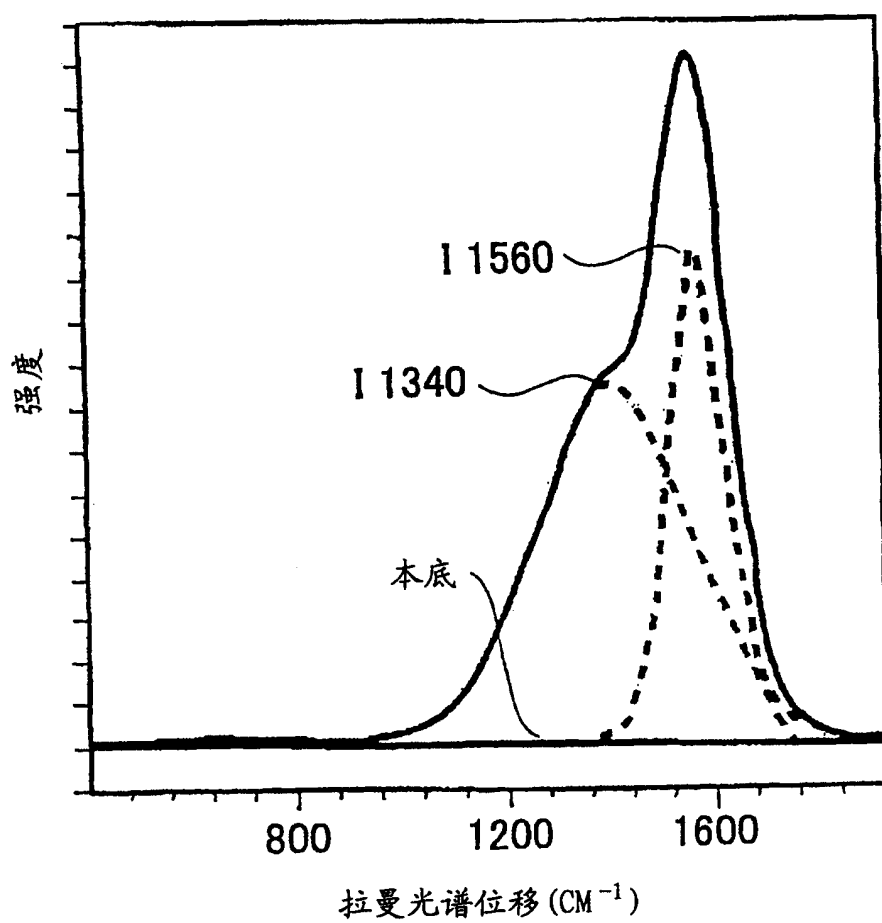


图 4