



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118369459 A

(43) 申请公布日 2024. 07. 19

(21) 申请号 202280084680.2

(22) 申请日 2022.12.21

(30) 优先权数据

21216990.8 2021.12.22 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.06.20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/087307 2022.12.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/118345 EN 2023.06.29

(71) 申请人 山特维克科洛曼特公司

地址 瑞典

(72) 发明人 凯瑟琳·卡拉姆巴

拉尔斯·约翰逊 埃巴·赛科夫

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

专利代理师 杨海荣 曲盛

(51) Int.Cl.

G23C 28/04 (2006.01)

G23C 14/06 (2006.01)

G23C 14/32 (2006.01)

G23C 28/00 (2006.01)

G23C 30/00 (2006.01)

G23C 14/00 (2006.01)

G23C 14/02 (2006.01)

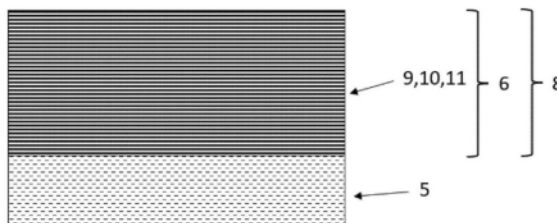
权利要求书2页 说明书15页 附图2页

(54) 发明名称

涂层切削工具

(57) 摘要

本发明涉及一种涂层切削工具(1),包含基体(5)和涂层(6),其中所述涂层(6)包含第一纳米层类型(9) $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型(10) $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型(11) $Ti_{1-z}Si_zN$ 的交替纳米层的约0.5至约10 μm 纳米多层(8),其中 $0.45 \leq x < 0.67, 0.60 \leq y \leq 0.80, 0.14 \leq z \leq 0.25$, 所述纳米多层(8)中的所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10) 和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11) 各自的平均纳米层厚度为 $\geq 1nm$ 但 $< 3nm$ 。



1. 一种涂层切削工具(1),包含基体(5)和涂层(6),其中所述涂层(6)包含第一纳米层类型(9) $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型(10) $Cr_{1-y}Al_yN$ 、和第三纳米层类型(11) $Ti_{1-z}Si_zN$ 的交替纳米层的约0.5至约10 μm 纳米多层(8),其中 $0.45 \leq x < 0.67$, $0.60 \leq y \leq 0.80$, $0.14 \leq z \leq 0.25$,所述纳米多层(8)中的所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10)和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11)各自的平均纳米层厚度为 $\geq 1nm$ 但 $< 3nm$ 。

2. 根据权利要求1所述的涂层切削工具(1),其中在所述纳米多层(8)中,存在各纳米层类型的所有厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9): $Ti_{1-y}Al_yN$ (10): $Ti_{1-z}Al_zN$ (11),即 $a:b:c$,其中 $0.5 < a < 3$, $0.5 < b < 3$, $0.5 < c < 3$,优选 $0.75 < a < 2.5$, $0.75 < b < 2.5$, $0.75 < c < 2.5$ 。

3. 根据权利要求1~2中任一项所述的涂层切削工具(1),其中对于所述第一纳米层类型(9) $Ti_{1-x}Al_xN$,合适地 $0.50 \leq x \leq 0.62$,优选地 $0.55 \leq x \leq 0.62$ 。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的涂层切削工具(1),其中对于所述第二纳米层类型(10) $Cr_{1-y}Al_yN$, $0.65 \leq y \leq 0.75$ 。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的涂层切削工具(1),其中对于所述第三纳米层类型(11) $Ti_{1-z}Si_zN$, $0.15 \leq z \leq 0.23$,优选地 $0.16 \leq z \leq 0.21$ 。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的涂层切削工具(1),其中所述纳米多层中所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、 $Ti_{1-y}Al_yN$ 和 $Ti_{1-z}Al_zN$ 各自在所述纳米多层(8)中的平均纳米层厚度为1至2.5nm。

7. 根据权利要求1~6中任一项所述的涂层切削工具(1),其中关于在所述纳米多层(8)中平均纳米层厚度的比值,在所述纳米多层中在所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10)和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11)中的任一种对所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10)和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11)中的其余两种中的任一种之间的比值合适地为0.1至10,优选0.5至5,最优选0.8至2。

8. 根据权利要求1~7中任一项所述的涂层切削工具(1),其中,在所述纳米多层(8)中,在10个连续纳米层、优选8个、最优选6个连续纳米层的序列内,存在所有所述纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10)和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11)。

9. 根据权利要求2~8中任一项所述的涂层切削工具(1),其中在所述纳米多层(8)中,存在在所述纳米多层(8)中的各纳米层类型(9)、(10)、(11)的纳米层厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN:Cr_{1-y}Al_yN:Ti_{1-z}Si_zN$,即 $a:b:c$, $0.75 < a < 1.25$, $0.75 < b < 1.25$, $1.5 < c < 2.5$ 。

10. 根据权利要求2~8中任一项所述的涂层切削工具(1),其中在所述纳米多层(8)中,存在在所述纳米多层(8)中的各纳米层类型(9)、(10)、(11)的纳米层厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN:Cr_{1-y}Al_yN:Ti_{1-z}Si_zN$,即 $a:b:c$, $1.5 < a < 2.5$, $0.75 < b < 1.25$, $0.75 < c < 1.25$ 。

11. 根据权利要求1~10中任一项所述的涂层切削工具(1),其中所述纳米多层(8)的厚度为约1至约8 μm ,优选约1.5至约5 μm 。

12. 根据权利要求1~11中任一项所述的涂层切削工具(1),其中所述涂层(6)包含在所述纳米多层(8)下方最靠近所述基体(5)的TiN或(Ti,Al)N内层(7),所述内层的厚度为约0.1至约3 μm 。

13. 根据权利要求12所述的涂层切削工具(1),其中所述内层(7)是 $Ti_{1-t}Al_tN$, $0.35 \leq t \leq 0.70$ 。

14. 根据权利要求1~13中任一项所述的涂层切削工具(1),其中所述涂层切削工具(1)

的基体(5)选自硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼和高速钢组成的组。

15. 根据权利要求1~14中任一项所述的涂层切削工具(1),其中所述涂层切削工具(1)是用于金属机加工的切削工具刀片、钻头或整体立铣刀。

涂层切削工具

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包含涂层的涂层切削工具,所述涂层包含 $Ti_{1-x}Al_xN$, $0.45 \leq x < 0.67$; $Cr_{1-y}Al_yN$, $0.60 \leq y \leq 0.80$;和 $Ti_{1-z}Si_zN$, $0.14 \leq z \leq 0.25$ 的交替纳米层的纳米多层。

背景技术

[0002] 金属机加工操作包括例如车削、铣削和钻孔。为了提供长的工具寿命,涂层切削工具如刀片应对于不同类型的磨损具有高耐性。为了增加切削工具的耐磨性,在本领域中已知各种类型的耐磨涂层。

[0003] 切削工具通常具有至少一个前刀面和至少一个后刀面。切削刃存在于前刀面和后刀面相交的地方。

[0004] 后刀面磨损在切削刃的后刀面上明显发生,主要来自于磨粒磨损机制。后刀面受工件移动的影响,并且过多的后刀面磨损将导致工件的表面纹理较差、切削过程中的不准确性以及切削过程中的摩擦增加。

[0005] 如果提供更好的后刀面耐磨性,则为特定金属机加工操作提供更长的工具寿命。

[0006] 不同的金属机加工操作以不同的方式影响涂层切削工具。例如,车削是一种连续性的金属机加工操作,而铣削本质上更多是间歇性的。在铣削中,热负荷和机械负荷会随时间而变化。热负荷引起热张力,这可能导致涂层中出现所谓的热裂纹,本文中称为“梳状裂纹”,而机械负荷可能导致切削刃疲劳,导致崩刃,即切削刃的小碎片从基体的其余部分松脱。因此,在铣削中,涂层切削工具的常见磨损类型是开裂和崩刃。因此,高抗梳状裂纹性对于这类切削操作中的工具寿命非常重要。

[0007] 涂层、特别是在切削刃处的高韧性水平也可以减少崩刃。因此,高刃线韧性也增加了工具寿命。

[0008] 为了提供具有比市场上现有切削工具更优异的特性的切削工具,对于涂层在耐磨性、抗梳状裂纹性等方面具有优异特性的涂层切削工具存在持续的需求。如果上述特性中的一种以上得到改进,则提供更长的工具寿命。

[0009] 纳米多层涂层用于金属机加工的切削工具领域。在这些涂层中,至少两个在某些方面不同的层交替,形成纳米层堆叠的涂层。

[0010] 发明目的

[0011] 本发明的目的是提供一种涂层切削工具,其至少显示高后刀面耐磨性,优选还显示高抗梳状裂纹性,最优选还显示高刃线韧性。

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种包含基体和涂层的涂层切削工具,其中所述涂层包含第一纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型(10) $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型(11) $Ti_{1-z}Si_zN$ 的交替纳米层的约0.5至约10 μm 纳米多层,其中 $0.45 \leq x < 0.67$, $0.60 \leq y \leq 0.80$, $0.14 \leq z \leq 0.25$,纳米多层(8)中的纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ (9)、 $Cr_{1-y}Al_yN$ (10)和 $Ti_{1-z}Si_zN$ (11)各自的

平均纳米层厚度为 $\geq 1\text{nm}$ 但 $< 3\text{nm}$ 。

[0013] “第一纳米层类型、第二纳米层类型和第三纳米层类型的交替纳米层的纳米多层”在本文中意指不同类型的纳米层通常在所述纳米多层中以特定顺序交替。然而,由于在PVD反应器中沉积纳米多层所选择的方式,例如使用被涂覆工具的所谓三重旋转,在纳米多层内的一些位置可能存在三种类型的纳米层的顺序的改变。

[0014] 在一个实施方式中,在所述纳米多层中,存在各纳米层类型的所有纳米层厚度之和之间的比 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}:\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}:\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$,即 $a:b:c$,其中 $0.5 < a < 3, 0.5 < b < 3, 0.5 < c < 3$,优选 $0.75 < a < 2.5, 0.75 < b < 2.5, 0.75 < c < 2.5$,最优选 $0.9 < a < 2.25, 0.9 < b < 2.25, 0.9 < c < 2.25$ 。

[0015] 在所述纳米多层中各纳米层类型的纳米层厚度之和之间的比 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}:\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}:\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$,即 $a:b:c$ 可以通过扫描透射电子显微镜(STEM)分析、优选结合能量色散X射线光谱(EDS)来确定,其中在沿着基体表面法线的距离上,确定各个纳米层的元素组成和厚度。使用平均纳米层厚度的至少25倍的距离。所述第一纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 的纳米层的纳米层厚度之和为“a”,所述第二纳米层类型 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 的纳米层的纳米层厚度之和为“b”,并且所述第三纳米层类型 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 的纳米层的纳米层厚度之和为“c”。

[0016] 在所述纳米多层中的纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 各自的平均纳米层厚度也可以通过上述STEM/EDS分析来确定。

[0017] 对于所述第一纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$,合适地 $0.50 \leq x \leq 0.62$,优选 $0.55 \leq x \leq 0.62$ 。

[0018] 对于所述第二纳米层类型 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$,合适地 $0.65 \leq y \leq 0.75$ 。

[0019] 对于所述第三纳米层类型 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$,合适地 $0.15 \leq z \leq 0.23$,优选 $0.16 \leq z \leq 0.21$ 。

[0020] 在所述纳米多层中的所述纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 各自在所述纳米多层中的平均纳米层厚度合适地为1至2.8nm,优选1至2.5nm,更优选1.5至2.5nm,最优选1.8至2.2nm。

[0021] 在所述纳米多层中平均纳米层厚度的比在所述纳米多层中在所述纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 中的任一种与所述纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 中的其余两种中的任一种之间合适地为0.1至10,优选0.5至5,最优选0.8至2。

[0022] 合适地,在所述纳米多层中,在10个连续纳米层、优选8个、最优选6个连续纳米层的序列内,存在所有纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 。

[0023] 所述纳米多层的厚度合适地为约1至约8 μm ,优选约1.5至约5 μm 。

[0024] 在一个实施方式中,所述涂层包含在所述纳米多层下方、优选最接近所述基体的Ti和Cr中的一种以上、或Ti和Cr中的一种以上以及Al的氮化物的内层。更具体地,在一个实施方式中,所述内层是TiN、CrN、(Ti,Cr)N、(Cr,Al)N或(Ti,Al)N。在一个实施方式中,所述内层是(Cr,Al)N或(Ti,Al)N。在另一个实施方式中,所述内层是TiN或(Ti,Al)N。所述(Ti,Al)N层可以是单层或具有不同Ti/Al比的交替纳米层的纳米多层。所述(Cr,Al)N层可以是单层或具有不同Cr/Al比的交替纳米层的纳米多层。

[0025] 优选地,所述内层是(Ti,Al)N。如果使用(Ti,Al)N作为所述内层,则所述(Ti,Al)N合适地是 $\text{Ti}_{1-t}\text{Al}_t\text{N}$, $0.45 \leq t \leq 0.67$,优选 $0.50 \leq t \leq 0.62$,最优选 $0.55 \leq t \leq 0.62$ 。在一个优选的实施方式中,所述内层的(Ti,Al)N中的Ti-Al关系与所述纳米多层的的第一纳米层类型中的Ti-Al关系相同。这是因为当可以使用与已经用于所述纳米多层的靶相同的靶时,简化了制造。

[0026] 所述内层的厚度合适地为约0.1至约3 μm ,优选约0.2至约2 μm ,最优选约0.5至约2 μm 。

[0027] 在一个实施方式中,出于控制所述涂层切削工具的颜色目的,所述涂层包含以下中的任一种的最外层:第一纳米层类型 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$,其中 $0.45 \leq x < 0.67$ 或 $0.50 \leq x \leq 0.62$ 或 $0.55 \leq x \leq 0.62$,第二纳米层类型 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$,其中 $0.60 \leq y \leq 0.80$ 或 $0.65 \leq y \leq 0.75$,或第三纳米层类型 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$,其中 $0.14 \leq z \leq 0.25$ 或 $0.15 \leq z \leq 0.23$ 或 $0.16 \leq z \leq 0.21$ 。

[0028] 所述最外层中的x、y或z的值优选与所述纳米多层中 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 或 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 中的x、y或z相同。这是因为当可以使用与已经用于所述纳米多层的靶相同的靶时,简化了制造。

[0029] 这种最外层的厚度合适地为约0.1至约0.5 μm ,优选约0.1至约0.3 μm 。

[0030] 所述第一纳米层类型、所述第二纳米层类型和所述第三纳米层类型的纳米层合适地是阴极电弧蒸发沉积层。另外,任选的TiN或(Ti,Al)N的内层以及任选的最外层合适地是阴极电弧蒸发沉积层。

[0031] 所述涂层切削工具的基体可以选自由硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼和高速钢组成的组。在一个实施方式中,所述基体是包含5重量%至18重量% Co的硬质合金。

[0032] 所述涂层切削工具合适地是用于金属机加工的切削工具刀片、钻头或整体立铣刀。所述切削工具刀片例如是车削刀片或铣削刀片。

附图说明

[0033] 图1示出了作为铣削刀片的切削工具的一个实施方式的示意图。

[0034] 图2示出了作为车削刀片的切削工具的一个实施方式的示意图。

[0035] 图3示出了本发明的涂层切削工具的一个实施方式的横截面的示意图,示出了基体和多层涂层。

[0036] 图4示出了本发明的涂层切削工具的一个实施方式的横截面的示意图,示出了基体和包含不同层的涂层。

[0037] 附图中实施方式的详细描述

[0038] 图1示出了具有前刀面2和后刀面3以及切削刃4的切削工具1的一个实施方式的示意图。在这个实施方式中,切削工具1是铣削刀片。图2示出了具有前刀面2和后刀面3以及切削刃4的切削工具1的一个实施方式的示意图。在这个实施方式中,切削工具1是车削刀片。图3示出了本发明的涂层切削工具的一个实施方式的横截面的示意图,所述涂层切削工具具有基体5和涂层6。涂层6由交替纳米层9、10和11,即 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 9、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 10和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 11的纳米多层8组成。图4示出了本发明的涂层切削工具的一个实施方式的横截面的示意图,所述涂层切削工具具有基体5和涂层6。所述涂层6由第一(Ti,Al)N最内层7和随后的交替纳米层9、10和11,即 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 9、 $\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$ 10和 $\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 11的纳米多层8组成。

具体实施方式

[0039] 在一个实施方式中,在所述纳米多层8中,存在在所述纳米多层8中的各纳米层类型9、10、11的纳米层厚度之和之间的比 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}:\text{Cr}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}:\text{Ti}_{1-z}\text{Si}_z\text{N}$ 即a:b:c, $0.75 < a < 1.25$, $0.75 < b < 1.25$, $1.5 < c < 2.5$,优选 $0.9 < a < 1.1$, $0.9 < b < 1.1$, $1.75 < c < 2.25$ 。在这个实施方式

中,所述纳米多层8合适地包含第一纳米层类型9 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型10 $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型11 $Ti_{1-z}Si_zN$ 的顺序为 $Ti_{1-x}Al_xN/Ti_{1-z}Si_zN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN$ 的连续纳米层的重复序列。所述纳米多层8合适地由 $(Ti_{1-x}Al_xN/Ti_{1-z}Si_zN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN)_m$ 构成, $m=15\sim 1500$,合适地 $m=30\sim 800$ 。

[0040] 在另一个实施方式中,在所述纳米多层8中,存在在所述纳米多层8中的各纳米层类型9、10、11的纳米层厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN:Cr_{1-y}Al_yN:Ti_{1-z}Si_zN$ 即 $a:b:c$, $1.5<a<2.5$, $0.75<b<1.25$, $0.75<c<1.25$,优选 $1.75<a<2.25$, $0.9<b<1.1$, $0.9<c<1.1$ 。在这个实施方式中,所述纳米多层8合适地包含第一纳米层类型9 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型10 $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型11 $Ti_{1-z}Si_zN$ 的顺序为 $Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-x}Al_xN/Ti_{1-z}Si_zN$ 的连续纳米层的重复序列。所述纳米多层(8)合适地由 $(Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-x}Al_xN/Ti_{1-z}Si_zN)_n$ 构成, $n=15\sim 1500$,合适地 $n=30\sim 800$ 。

[0041] 在另一个实施方式中,在所述纳米多层8中,存在在所述纳米多层8中的各纳米层类型9、10、11的纳米层厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN:Cr_{1-y}Al_yN:Ti_{1-z}Si_zN$ 即 $a:b:c$, $0.75<a<1.25$, $1.5<b<2.5$, $0.75<c<1.25$,优选 $1.75<a<2.25$, $0.9<b<1.1$, $0.9<c<1.1$ 。在这个实施方式中,所述纳米多层8合适地包含第一纳米层类型9 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型10 $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型11 $Ti_{1-z}Si_zN$ 的顺序为 $Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN/Cr_{1-y}Al_yN$ 的连续纳米层的重复序列。所述纳米多层(8)合适地由 $(Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN/Cr_{1-y}Al_yN)_p$ 构成, $p=15\sim 1500$,合适地 $p=30\sim 800$ 。

[0042] 在另一个实施方式中,在所述纳米多层8中,存在在所述纳米多层8中的各纳米层类型9、10、11的纳米层厚度之和之间的比 $Ti_{1-x}Al_xN:Cr_{1-y}Al_yN:Ti_{1-z}Si_zN$ 即 $a:b:c$, $0.75<a<1.25$, $0.75<b<1.25$, $0.75<c<1.25$,优选 $0.9<a<1.1$, $0.9<b<1.1$, $0.9<c<1.1$ 。在这个实施方式中,所述纳米多层8合适地包含第一纳米层类型9 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、第二纳米层类型10 $Cr_{1-y}Al_yN$ 和第三纳米层类型11 $Ti_{1-z}Si_zN$ 的顺序为 $Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN$ 的连续纳米层的重复序列。所述纳米多层(8)合适地由 $(Ti_{1-x}Al_xN/Cr_{1-y}Al_yN/Ti_{1-z}Si_zN)_q$ 构成, $q=20\sim 2000$,合适地 $q=40\sim 1000$ 。

[0043] 实例

[0044] 应当注意,在PVD沉积工序中使用的靶中的Ti和Al的元素关系、Cr和Al的元素关系以及Ti和Si的元素关系与它们在相应沉积氮化物层中的元素关系之间存在小偏差。例如,其一个原因可能是由于不同元素的再溅射的不同趋势。

[0045] 不同纳米多层类型中的实际元素组成可以例如通过在透射电子显微术(TEM)中使用能量色散X射线光谱(EDS)在涂层的横截面上测定。

[0046] 或者,不同纳米多层类型中的实际元素组成可以通过在与相应纳米层相同的条件下沉积的单层的TEM或扫描电子显微术(SEM)中使用能量色散X射线光谱(EDS)找到。

[0047] 在本发明的纳米层中的元素含量的相关范围内,可以进行以下估计:

[0048] 对于(Ti,Al)N层,Ti+Al中的Al的实际百分比将比(Ti,Al)靶中的Al含量低约1~2原子%单位。

[0049] 对于(Cr,Al)N层,Cr+Al中的Al的实际百分比将比(Cr,Al)靶中的Al含量低约2~3原子%单位。

[0050] 对于(Ti,Si)N层,Ti+Si中的Si的实际百分比将比(Ti,Si)靶中的Si含量低约2~3

原子%单位。

[0051] 因此,仅观察到与理论组成的小偏差。在以下实例中,沉积的氮化物层中的Ti、Al、Cr和Si含量按存在于PVD沉积工序中使用的相应靶组成中的含量写入。

[0052] 纳米层厚度可以通过使用透射电子显微术(TEM)分析来测量。

[0053] 实例1:

[0054] 提供涂层切削工具,包含沉积在具有几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的烧结硬质合金切削工具刀片坯件上的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成)纳米层的纳米多层。所述硬质合金的组成为10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适的靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司(IHI Hauzer Techno Coating B.V.)、神户制钢所公司(Kobelco)(神户制钢公司(Kobe Steel Ltd))和欧瑞康巴尔查斯公司(Oerlikon Balzers)获得。

[0055] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的销上。

[0056] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0057] 首先,通过仅使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶,沉积 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ (基于靶组成)的最内层。

[0058] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-50V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约0.25 μm 的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层。

[0059] 然后,通过使用所有安装的靶来沉积纳米多层。

[0060] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极35分钟(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约2.8 μm 的纳米多层涂层。

[0061] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约1400。

[0062] 所述纳米多层包含顺序为 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 的连续纳米层的重复序列。

[0063] 在所述纳米多层中,各纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的纳米层厚度之和的比,即 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N:Cr_{0.30}Al_{0.70}N:Ti_{0.80}Si_{0.20}N$,为约1:1:2。所述比是由来自假定为相同的各靶的沉积速率、沉积期间的旋转和沉积时间来估计的。

[0064] 使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.42}Al_{0.58}N$ 。

[0065] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的纳米多层的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N$ 。

[0066] 由在与所述纳米多层内的(Ti,Si)N层相同的条件下沉积的(Ti,Si)N单层的TEM中的EDS,使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为

$Ti_{0.83}Si_{0.17}N$ 。

[0067] 所述涂层切削工具被称为“样品1 (发明)”。

[0068] 实例2:

[0069] 提供涂层切削工具,包含沉积在具有几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的烧结硬质合金切削工具刀片坯件上的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ (基于靶组成) 纳米层的纳米多层。所述硬质合金的组成为10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司、神户制钢所公司(神户制钢公司)和欧瑞康巴尔查斯公司获得。

[0070] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的销上。

[0071] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0072] 首先,通过仅使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶,沉积 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ (基于靶组成)的最内层。

[0073] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-50V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约1.4 μ m的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 层。

[0074] 然后,通过交替使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}$ 靶,产生约35nm厚的 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ 纳米多层的第一序列,从而沉积纳米多层。工作台转速为5rpm。然后仅使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶,产生约35nm厚的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 层。重复这个过程,直到完成与 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 的“单层”组合的纳米层 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ 的纳米多层序列的20个序列。沉积的纳米多层的总厚度为约1.4 μ m。

[0075] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且当使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}$ 靶时,将-40V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上,当使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶时,将-80V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(一次2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约1.4 μ m的纳米多层涂层。

[0076] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。

[0077] 最后,为了在所制造的单个涂层切削工具之间获得均匀的颜色,通过仅使用 $Ti_{0.85}Si_{0.15}$ 靶沉积 $Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ (基于靶组成)的最外层。所有沉积参数都与沉积先前层相同,但偏压为-60V且阴极运行10分钟(1个凸缘)。 $Ti_{0.85}Si_{0.15}N$ 层沉积至约0.2 μ m的厚度。

[0078] 使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶沉积的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.52}Al_{0.48}N$ 。

[0079] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N$ 。

[0080] 使用 $Ti_{0.85}Si_{0.15}$ 靶沉积的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.87}Si_{0.13}N$ 。

[0081] 所述涂层切削工具被称为“样品2 (比较)”。

[0082] 实例3:

[0083] 提供涂层切削工具,包含沉积在具有几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的烧结硬质合金切削工具刀片坯件上的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成) 纳米层的纳米多层。所述硬质合金的组成为10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司、神户制钢所公司(神户制钢公司)和欧瑞康巴尔查斯公司获得。

[0084] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的销上。

[0085] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0086] 首先,通过仅使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶,沉积 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ (基于靶组成)的最内层。

[0087] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-50V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约1.4 μ m的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 层。

[0088] 然后,通过交替使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶,产生约35nm厚的 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 纳米多层的第一序列,从而沉积纳米多层。工作台转速为5rpm。然后仅使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶,产生约35nm厚的 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 层。重复这个过程,直到完成与 $Ti_{0.50}Al_{0.50}N$ 的“单层”组合的纳米层 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 的纳米多层序列的20个序列。沉积的纳米多层的总厚度为约1.4 μ m。

[0089] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且当使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶时,将-40V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上,当使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶时,将-80V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(一次2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约1.4 μ m的纳米多层涂层。

[0090] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。

[0091] 最后,为了在所制造的单个涂层切削工具之间获得均匀的颜色,通过仅使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成)的最外层。所有沉积参数都与沉积先前层相同,但偏压为-60V且阴极运行10分钟(1个凸缘)。 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 层沉积至约0.2 μ m的厚度。

[0092] 使用 $Ti_{0.50}Al_{0.50}$ 靶沉积的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.52}Al_{0.48}N$ 。

[0093] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N$ 。

[0094] 使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.83}Si_{0.17}N$ 。

[0095] 所述涂层切削工具被称为“样品3 (比较)”。

[0096] 实例4:

[0097] 提供涂层切削工具,包含沉积在烧结硬质合金切削工具坯件上的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成) 纳米层的纳米多层,所述坯件是整体立铣刀,几何形状为2P342-1200-PA,直径为12mm,具有4个切削刃。所述硬质合金的组成为10重量%

Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司、神户制钢所公司(神户制钢公司)和欧瑞康巴尔查斯公司获得。

[0098] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的支架上。

[0099] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0100] 首先,通过仅使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶,沉积 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ (基于靶组成)的最内层。

[0101] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极70分钟(2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约 $1\mu m$ 的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层。

[0102] 然后,通过使用所有安装的靶来沉积纳米多层。

[0103] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极47分钟(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。厚度为约 $2\mu m$ 的纳米多层涂层沉积在坯件上。

[0104] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约1000。

[0105] 所述纳米多层包含顺序为 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 的连续纳米层的重复序列。

[0106] 在所述纳米多层中,各纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.50}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的纳米层厚度之和的比,即 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N:Cr_{0.30}Al_{0.70}N:Ti_{0.80}Si_{0.20}N$,为约2:1:1。所述比是由来自假定为相同的各靶的沉积速率、沉积期间的旋转和沉积时间来估计的。

[0107] 使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.42}Al_{0.58}N$ 。

[0108] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的纳米多层的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N$ 。

[0109] 由在与所述纳米多层内的(Ti,Si)N层相同的条件下沉积的(Ti,Si)N单层的TEM中的EDS,使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.83}Si_{0.17}N$ 。

[0110] 所述涂层切削工具被称为“样品4(发明)”。

[0111] 制造的样品1~4列于表1中。

表 1.

样品	内层*	纳米多层			外层*
		第一纳米层 类型*	第二纳米层 类型*	第三纳米层 类型*	
1 发明	Ti _{0.40} Al _{0.60} N, 0.25μm	Ti _{0.40} Al _{0.60} N	Cr _{0.30} Al _{0.70} N	Ti _{0.80} Si _{0.20} N	-
		2.8μm			
2 比较	Ti _{0.50} Al _{0.50} N, 1.4μm	Ti _{0.50} Al _{0.50} N**	Cr _{0.30} Al _{0.70} N ***	Ti _{0.85} Si _{0.15} N ***	Ti _{0.85} Si _{0.15} N 0.2μm
		1.4μm			
3 比较	Ti _{0.50} Al _{0.50} N, 1.4μm	Ti _{0.50} Al _{0.50} N**	Cr _{0.30} Al _{0.70} N ***	Ti _{0.80} Si _{0.20} N ***	Ti _{0.80} Si _{0.20} N 0.2μm
		1.4μm			
4 发明	Ti _{0.40} Al _{0.60} N, 1μm	Ti _{0.40} Al _{0.60} N	Cr _{0.30} Al _{0.70} N	Ti _{0.80} Si _{0.20} N	-
		2μm			

[0113] * 所有元素组成都基于靶组成

[0114] ** 约35nm TiAlN

[0115] *** 约35nm的CrAlN/TiSiN纳米多层

[0116] 表2进一步总结了样品1~4。

表 2.

样品	内层*	纳米多层中的纳米层序列*	各纳米层类型的纳米层厚度 之和的厚度比: Ti _{1-x} Al _x N:Cr _{1-y} Al _y N:Ti _{1-z} Si _z N
1 发明	Ti _{0.40} Al _{0.60} N, 0.25μm	(Ti _{0.40} Al _{0.60} N/Ti _{0.80} Si _{0.20} N/ Cr _{0.30} Al _{0.70} N/Ti _{0.80} Si _{0.20} N) ₃₅₀	1:1:2
2 比较	Ti _{0.50} Al _{0.50} N, 1.4μm	(35nm Ti _{0.50} Al _{0.50} N + 35nm (Cr _{0.30} Al _{0.70} N/Ti _{0.85} Si _{0.15} N) ₉) ₂₀	2:1:1
3 比较	Ti _{0.50} Al _{0.50} N, 1.4μm	(35nm Ti _{0.50} Al _{0.50} N + 35nm (Cr _{0.30} Al _{0.70} N/Ti _{0.80} Si _{0.20} N) ₉) ₂₀	2:1:1
4 发明	Ti _{0.40} Al _{0.60} N, 1μm	(Ti _{0.40} Al _{0.60} N/Cr _{0.30} Al _{0.70} N/ Ti _{0.40} Al _{0.60} N/Ti _{0.80} Si _{0.20} N) ₂₅₀	2:1:1

[0118] * 所有元素组成都基于靶组成

[0119] 实例5:

[0120] 进行切削测试以确定所制造的切削工具刀片样品的性能。

[0121] 由于样品1与样品2~3一样在单独的测试运行中运行,因此结果与在所有测试运行中都包括的具有约3μm厚Ti_{0.40}Al_{0.60}N参考涂层的切削刀片进行比较而给出。例如,结果表中的“155%”意指性能(工具寿命)是具有Ti_{0.40}Al_{0.60}N涂层(基于靶组成)的参考结果的155%。通过在与样品1~3相同类型的烧结硬质合金切削工具坯件(即,几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的切削工具刀片坯件)上沉积Ti_{0.40}Al_{0.60}N层来制造参考涂层切削工具。硬质合金也是相同的,即,10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。Ti_{0.40}Al_{0.60}N靶安装在四个凸缘中的蒸发器中。将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的N₂气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150 A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约3μm的Ti_{0.40}Al_{0.60}N层。

- [0122] 对所用术语的解释:
- [0123] 以下表述/术语在金属切削中通用,但尽管如此,在下表中进行了解释:
- [0124] V_c (m/分钟):以米/分钟为单位的切削速度
- [0125] f_z (mm/齿):以mm/齿为单位的进给速率(在铣削中)
- [0126] f_n (mm/转):每转的进给速率(在车削中)
- [0127] z : (数量) 刀具中的齿数
- [0128] a_e (mm):以毫米为单位的径向切削深度
- [0129] a_p (mm):以毫米为单位的轴向切削深度
- [0130] 后刀面磨损测试:
- [0131] 纵向车削
- [0132] 工件材料:Sverker 21 (工具钢),硬度~210HB,D=180,L=700mm,
- [0133] $V_c=125$ m/分钟
- [0134] $f_n=0.072$ mm/转
- [0135] $a_p=2$ mm
- [0136] 无切削液
- [0137] 工具寿命的截止标准是后刀面磨损VB为0.15mm。
- [0138] 抗梳状裂纹性:
- [0139] 操作:肩铣削
- [0140] 工具支架:C5-391.20-25 080
- [0141] 工件材料:Toolox 33 (工具钢),L=600mm,I=200mm,h=100mm,
- [0142] 刀片类型:R390-11T308M-PM
- [0143] 切削速度 $V_c=250$ m/分钟
- [0144] 进给速率 $f_z=0.2$ mm/转
- [0145] 切割深度 $a_p=3$ mm
- [0146] 径向啮合 $a_e=12.5$ mm
- [0147] 有切削液
- [0148] 工具寿命终止的标准是最大崩刃高度VB>0.3mm。
- [0149] 结果呈现在表3中。

表 3.

样品	后刀面耐磨性 (工具寿命, $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 参考物的%)	抗梳状裂纹性 (工具寿命, $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 参考物的%)
[0150] 1 发明	155%	148%
2 比较	91%	89%
3 比较	96%	86%

[0151] 可以得出结论,本发明内的样品1具有高后刀面耐磨性,并且显示出比本发明外的比较样品2~3小得多的后刀面磨损。此外,样品1显示出与比较样品相比高得多的抗梳状裂纹性。

[0152] 实例6:

[0153] 进行切削测试以确定作为立铣刀的样品4的切削工具的性能。

[0154] 此外,作为参考,通过在与上述相同类型的烧结硬质合金切削工具坯件(即,整体立铣刀,几何形状为2P342-1200-PA,直径为12mm,具有4个切削刃)上沉积 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层(基于靶组成)来制造涂层切削工具。硬质合金也是相同的,即,10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶安装在四个凸缘中的蒸发器中。将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-50V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150 A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约 $3\mu m$ 的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层。

[0155] 所述涂层切削工具被称为“样品5(参考)”。

[0156] 后刀面磨损测试:

[0157] 干肩铣削

[0158] 工件材料:C45 (P1钢),硬度200HB,尺寸:600x220x50mm

[0159] 工件材料:42CrMo4 (P2钢),硬度302~305HB,尺寸:600x200x50mm

[0160] $V_c=235m/分钟$

[0161] $fz=0.055$ (mm/齿)

[0162] $a_p=5mm$

[0163] $a_e=1.2mm$

[0164] $z=4$ 个齿

[0165] $L=220mm$ (C45,P1钢), $200mm$ (42CrMo4,P2钢)

[0166] 无切削液

[0167] 预定切削道次数为400,或 $Vb_3 \geq 0.1mm$ 。

[0168] 在工具刀尖(tool corner)和切削刃的切削深度(DOC)上测量工具磨损(Vb_3 -局部后刀面磨损)。值越低越好。

[0169] 在42CrMo4(P2钢)中进行的测试切削的结果见表4。

表 4.

样品	刀尖的后刀面耐磨性 (Vb_3 , mm)	切削深度上的后刀面耐磨性 (Vb_3 , mm)
[0170] 4 发明	0.045	0.058
5 参考	0.072	0.073

[0171] 在C45(P1钢)中进行的测试切削的结果见表5。

表 5.

样品	刀尖的后刀面耐磨性 (Vb_3 , mm)	切削深度上的后刀面耐磨性 (Vb_3 , mm)
[0172] 4 发明	0.053	0.042
5 参考	0.078	0.076

[0173] 从在两种工件材料中进行的切削都得出结论,本发明内的样品4显示出比参考样品小得多的后刀面磨损。认为低水平的Vb3是非常好的结果。

[0174] 实例7:

[0175] 为了评价纳米多层中不同纳米层厚度的影响,制造以下样品:

[0176] 提供涂层切削工具,包含沉积在具有几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的烧结硬质合金切削工具刀片坯件上的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成) 纳米层的纳米多层。所述硬质合金的组成为10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司、神户制钢所公司(神户制钢公司)和欧瑞康巴尔查斯公司获得。

[0177] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的支架上。

[0178] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0179] 首先,通过仅使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶,沉积 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ (基于靶组成)的最内层。

[0180] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极40分钟(2个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约 $0.8\mu m$ 的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层。

[0181] 然后,通过使用所有安装的靶来沉积纳米多层。

[0182] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极55分钟(4个凸缘)。对于第一样品“样品5(发明)”,工作台转速为5rpm。

[0183] 在进一步的运行中,使用与制造上述样品5 (发明)相同的工序条件,但使用2.4rpm的工作台转速,制造第二组涂层切削工具。所制造的涂层切削工具被称为“样品6(比较)”。

[0184] 在进一步的运行中,使用与制造上述样品5 (发明)相同的工序条件,但使用1.5rpm的工作台转速,制造第三组涂层切削工具。所制造的涂层切削工具被称为“样品7(比较)”。

[0185] 在所有情况下,在所述坯件上沉积厚度为约 $2.2\mu m$ 的纳米多层涂层。

[0186] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约1000。

[0187] 对于当前沉积速率和所用设备,2.4rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约4nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约500。

[0188] 对于当前沉积速率和所用设备,1.5rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约6nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约330。

[0189] 样品5至7的纳米多层都包含顺序为 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 的连续纳米层的重复序列。

[0190] 在所述纳米多层中,各纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.50}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的纳米层厚度之和的比,即 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N:Cr_{0.30}Al_{0.70}N:Ti_{0.80}Si_{0.20}N$,为约2:1:1。所述比是由来自假定为相同的各靶的沉积速率、沉积期间的旋转和沉积时间来估计的。

[0191] 使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.42}Al_{0.58}N$ 。

[0192] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的纳米多层的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N$ 。

[0193] 由在与所述纳米多层内的(Ti,Si)N层相同的条件下沉积的(Ti,Si)N单层的TEM中的EDS,使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.83}Si_{0.17}N$ 。

[0194] 实例8:

[0195] 制造没有(Ti,Al)N内层的样品。

[0196] 提供涂层切削工具,包含沉积在具有几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的烧结硬质合金切削工具刀片坯件上的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ (基于靶组成)纳米层的纳米多层。所述硬质合金的组成为10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。在包含四个弧形凸缘的真空室中通过阴极电弧蒸发来涂覆硬质合金坯件,每个凸缘包含多个阴极蒸发器。 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶安装在彼此相对的两个凸缘中的蒸发器中。其余的靶 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 安装在其余两个彼此相对的凸缘中的蒸发器中。所述靶是圆形且平面的,直径为100mm,可在公开市场上获得。用于电弧蒸发的合适靶技术包可在市场上自供应商如IHI豪泽技术涂层公司、神户制钢所公司(神户制钢公司)和欧瑞康巴尔查斯公司获得。

[0197] 将无涂层的坯件安装在PVD腔室中经历三重旋转的支架上。

[0198] 将所述腔室抽至高真空(小于 10^{-2} Pa)并通过位于所述腔室内的加热器加热至约450~550°C。然后在Ar等离子体中蚀刻所述坯件60分钟。

[0199] 通过使用所有安装的靶来沉积纳米多层。

[0200] 将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极75分钟(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。

[0201] 在所述坯件上沉积厚度为约3 μ m的纳米多层涂层。

[0202] 转速与特定的周期厚度相关,并且得出的结论是,对于当前沉积速率和所用设备,5rpm的工作台转速与纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的约2nm的平均单个纳米层厚度相关。所述纳米多层中纳米层的数量为约1000。

[0203] 所述纳米多层包含顺序为 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 的连续纳米层的重复序列。

[0204] 在所述纳米多层中,各纳米层 $Ti_{0.40}Al_{0.50}N$ 、 $Cr_{0.30}Al_{0.70}N$ 和 $Ti_{0.80}Si_{0.20}N$ 各自的纳米层厚度之和的比,即 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N:Cr_{0.30}Al_{0.70}N:Ti_{0.80}Si_{0.20}N$,为约2:1:1。所述比是由来自假定为相同的各靶的沉积速率、沉积期间的旋转和沉积时间来估计的。

[0205] 使用 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Al)N层中的实际元素关系估计为

$Ti_{0.42}Al_{0.58}N_0$

[0206] 使用 $Cr_{0.30}Al_{0.70}$ 靶沉积的纳米多层的(Cr,Al)N层中的实际元素关系估计为 $Cr_{0.32}Al_{0.68}N_0$

[0207] 由在与所述纳米多层内的(Ti,Si)N层相同的条件下沉积的(Ti,Si)N单层的TEM中的EDS,使用 $Ti_{0.80}Si_{0.20}$ 靶沉积的纳米多层的(Ti,Si)N层中的实际元素关系估计为 $Ti_{0.83}Si_{0.17}N_0$

[0208] 所述涂层切削工具被称为“样品8 (发明)”。

[0209] 表6总结了样品5~8。

表 6.

样品	内层*	纳米多层中的纳米层序列*	各纳米层类型 $Ti_{1-x}Al_xN$ 、 $Cr_{1-y}Al_yN$ 和 $Ti_{1-z}Si_zN$ 的 平均纳米层厚度
5 发明	$Ti_{0.40}Al_{0.60}N_0$ 0.8 μm	($Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$) ₂₅₀	2nm
6 比较	$Ti_{0.40}Al_{0.60}N_0$ 0.8 μm	($Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$) ₁₂₅	4nm
7 比较	$Ti_{0.40}Al_{0.60}N_0$ 0.8 μm	($Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$) ₈₃	6nm
8 发明	-	($Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Cr_{0.30}Al_{0.70}N/Ti_{0.40}Al_{0.60}N/Ti_{0.80}Si_{0.20}N$) ₂₅₀	2nm

[0211] * 所有元素组成都基于靶组成

[0212] 实例9:

[0213] 进行切削测试以确定切削工具刀片样品5至8的性能。

[0214] 在所有测试运行中都包括具有约3 μm 厚 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 参考涂层的切削刀片。通过在与待测试的样品5~8相同类型的烧结硬质合金切削工具坯件(即,几何形状CNMG120408MM和R390-11T308M-PM的切削工具刀片坯件)上沉积 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层来制造参考涂层切削工具。硬质合金也是相同的,即,10重量% Co、0.4重量% Cr和余量的WC。 $Ti_{0.40}Al_{0.60}$ 靶安装在四个凸缘中的蒸发器中。将腔室压力(反应压力)设定为4Pa的 N_2 气体,并且将-70V的DC偏置电压(相对于腔室壁)施加到坯件组件上。在150 A(各自)的电流下以电弧放电模式运行阴极(4个凸缘)。工作台转速为5rpm。在所述坯件上沉积厚度为约3 μm 的 $Ti_{0.40}Al_{0.60}N$ 层。

[0215] 后刀面磨损测试:

[0216] 纵向车削

[0217] 工件材料:Sverker 21 (工具钢),硬度~210HB,D=180,L=700mm,

[0218] $V_c=125m/分钟$

[0219] $f_n=0.072mm/转$

[0220] $a_p=2mm$

[0221] 无切削液

[0222] 工具寿命的截止标准是后刀面磨损VB为0.15mm。

[0223] 抗梳状裂纹性:

[0224] 操作:肩铣削

- [0225] 工具支架:C5-391.20-25 080
 [0226] 工件材料:Toolox 33 (工具钢),L=600mm,I=200mm,h=100mm,
 [0227] 刀片类型:R390-11T308M-PM
 [0228] 切削速度 $V_c=250\text{m/分钟}$
 [0229] 进给速率 $f_z=0.2\text{mm/转}$
 [0230] 切割深度 $a_p=3\text{mm}$
 [0231] 径向啮合 $a_e=12.5\text{mm}$
 [0232] 有切削液
 [0233] 工具寿命终止的标准是最大崩刃高度 $VB>0.3\text{mm}$ 。
 [0234] 结果呈现在表7中。

表 7.

样品	后刀面耐磨性 (工具寿命, 分钟)	后刀面耐磨性 (工具寿命, $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}\text{N}$ 参考物的%)	抗梳状裂纹性 (工具寿命, 道次数)	抗梳状裂纹性 (工具寿命, $\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}\text{N}$ 参考 物的%)
5 发明	22	129%	37	95%
[0235] 6 比较	19	119%	40	103%
7 比较	17	106%	46	118%
8 发明	25	156%	44	113%
$\text{Ti}_{0.40}\text{Al}_{0.60}\text{N}$ 参考物	16	100%	39	100%

[0236] 可以得出结论,本发明内的样品5具有高后刀面耐磨性,并且显示出比本发明外的具有较大纳米层厚度(各自为平均4nm和6nm)的比较样品6~7小的后刀面磨损。没有任何内部(Ti,Al)N层的样品8在后刀面磨损测试中也表现得非常好,并且在抗梳状裂纹测试中也显示出良好的结果。所有样品在抗梳状裂纹测试中都表现良好,本发明内的样品5在所述测试中也具有37道次,但是本发明内的样品显示出突出的后刀面耐磨性与高抗梳状裂纹性的组合。

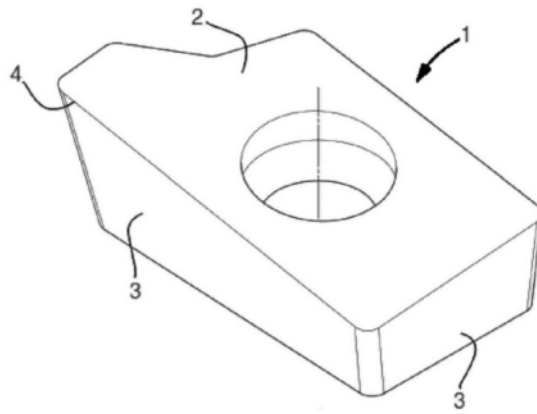


图1

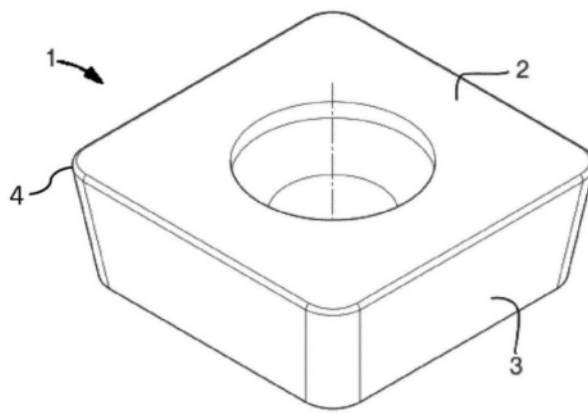


图2

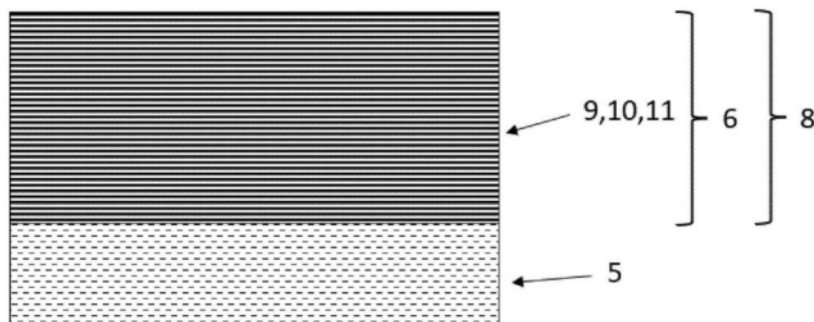


图3

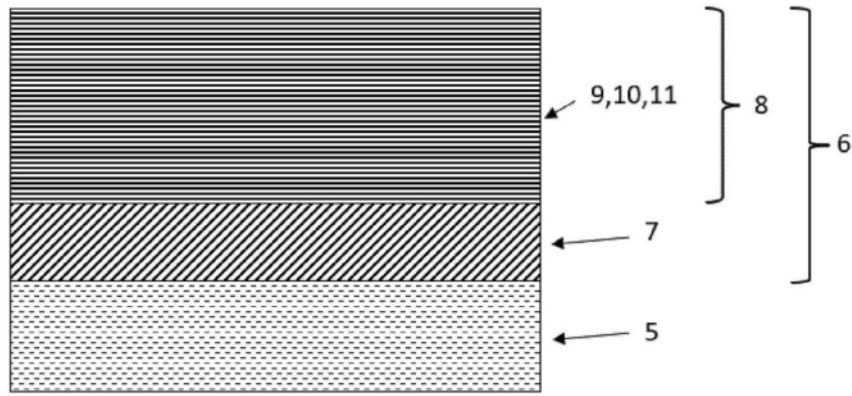


图4