



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102292467 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 21

(21) 申请号 201080005499. 5

(22) 申请日 2010. 03. 22

(30) 优先权数据

102009001765. 8 2009. 03. 23 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 07. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/053714 2010. 03. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02010/108893 DE 2010. 09. 30

(71) 申请人 瓦尔特公开股份有限公司

地址 德国蒂宾根

(72) 发明人 法伊特·席尔

约尔格·德罗布涅夫斯基

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 蔡石蒙 车文

(51) Int. Cl.

G23C 30/00 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 5 页

(54) 发明名称

PVD 涂布的刀具

(57) 摘要

本发明涉及一种包括主体和涂布在主体上的多层涂层的刀具。为提供对于梳状裂纹、摩擦化学磨损和因此产生的坑蚀表现出较高的抵抗能力的改进刀具,所述主体由如下的硬质金属制成,所述硬质金属包括 5-8 重量%的 Co、0-2 重量%的 TaC、0-1 重量%的 NbC、和 89-95 重量%的且平均粒径为 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的 WC,所述涂层包括层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的由 TiAlN 制成的第一层和层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $4\mu\text{m}$ 的由氧化铝制成的第二层,其中在氧化铝制成的第二层上,所述涂层另外包括 n 个交替的 TiAlN 层和氧化铝层,其涂布在彼此之上且均具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.5\mu\text{m}$ 的层厚,其中 n 涉及每个单独的层且为从 0 到 10 的偶数,并且其中所述涂层的总厚度为 $2\mu\text{m}$ 至 $16\mu\text{m}$,且所述涂层通过 PVD 方法制备。

1. 一种切削刀具,包括主体和涂布在所述主体上的多层涂层,其特征在于,所述主体包括硬质金属,所述硬质金属包括:
 - 5-8wt%的 Co、0-2wt%的 TaC、0-1wt%的 NbC 和具有 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的平均粒径的 89-95wt%的 WC,
 - 并且所述涂层具有
 - 层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的第一 TiAlN 层,和
 - 层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $4\mu\text{m}$ 的第二氧化铝层,并且在所述第二氧化铝层上,所述涂层进一步另外包括:
 - n 个交替地相互叠加地涂布的 TiAlN 层和氧化铝层,其分别具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.5\mu\text{m}$ 的层厚,其中 n 涉及每个单独的层且为 0-10 的偶数,并且所述涂层进一步可选地具有
 - 外层的 ZrN 层,具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $1\mu\text{m}$ 的层厚,其中所述涂层的总厚度为 $2\mu\text{m}$ 至 $16\mu\text{m}$,并且所述涂层通过 PVD 工艺生产。
2. 根据权利要求 1 所述的切削刀具,其特征在于,所述主体包括如下的硬质金属,所述硬质金属具有 6-8wt%的 Co、1-2wt%的 TaC、0.2-0.3wt%的 NbC 和余量的 WC。
3. 根据权利要求 1 和 2 中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述主体包括具有平均粒径为 $2\mu\text{m}$ 至 $3\mu\text{m}$ 的 WC。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述第一 TiAlN 层具有 $2\mu\text{m}$ 至 $4\mu\text{m}$ 的层厚和 / 或所述第二氧化铝层具有 $1\mu\text{m}$ 至 $2\mu\text{m}$ 的层厚。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述另外的交替地相互叠加地涂布的所述 TiAlN 层和所述氧化铝层具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.3\mu\text{m}$ 的层厚和 / 或所述可选的外层的 ZrN 层具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.6\mu\text{m}$ 的层厚。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于 $n \leq 6$,优选地 $n = 2$ 或 $n = 4$ 。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述涂层的总厚度为 $2\mu\text{m}$ 至 $8\mu\text{m}$,优选地为 $3\mu\text{m}$ 至 $6\mu\text{m}$ 。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述涂层在所述外层 ZrN 层之下包括亚化学计量的 ZrN_{1-x} 层,其中 x 为 0.01 至 0.1,并且其中该层的层厚为 $0.001\mu\text{m}$ 至 $0.1\mu\text{m}$ 。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,所述刀具具有前刀面、切削刃和排屑面,并且只有所述排屑面处的涂层具有外层 ZrN 层和可选地位于所述外层 ZrN 层之下的亚化学计量 ZrN_{1-x} 层。
10. 根据前述权利要求中任一项所述的切削刀具,其特征在于,包括 TiAlN 的层中的 Al 与 Ti 的比率为从 60 : 40 到 70 : 30,优选地为 67 : 33。
11. 根据权利要求 1 至 10 中任一项所述的切削刀具用于曲轴铣刀或凸轮轴铣刀中的切削刀片或特殊的可转位的切削刀片的用途。

PVD 涂布的刀具

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括主体和涂布在主体上的多层涂层的切削刀具。

背景技术

[0002] 用于加工硬质材料例如钢的切削刀具通常包括主体和涂布在主体上的用以提高使用寿命或同时改善切削特性的单层涂层或多层涂层。用于主体的材料例如是金属碳化物、金属陶瓷、钢或高速钢。涂层通常包括氮化物,而且还包括硬质金属材料层、氧化物层等。各种工艺被用于涂布涂层。这些工艺包括 CVD 工艺(化学气相沉积)和 PVD 工艺(物理气相沉积)。

[0003] 由于工件的材料特性,对于特定应用诸如例如铣削曲轴或凸轮轴,对于刀具有特别高的要求。在曲轴或凸轮轴的生产中,铸造或锻造的轴通常还要进一步进行铣削加工。在这种情况下,曲轴铣刀或凸轮轴铣刀要经受高的热的和机械的周期性负载。这样,刀具的寿命主要受梳状裂纹与随后开始于梳状裂纹的坑蚀磨损(crater erosion wear)的综合限制。

[0004] 在现有技术中,CVD 涂布的工具钢已知被用于经受上述高的热的和机械的周期性负载的刀具,但因为高的涂布温度,这种刀具的抗梳状裂纹性能不佳。结果,由于开始于梳状裂纹的坑蚀磨损,CVD 涂层工具钢的本身对于坑蚀磨损的高抵抗性是相对的。

[0005] 当使用氮化物用于已知工具钢的 PVD 涂层,由于摩擦化学磨损,会出现坑蚀形成。摩擦化学磨损是指在加工过程中,刀具与加工材料之间接触部分处发生摩擦,导致发生化学反应,结果使加工材料和工具钢发生化学变化和结构变化,由此发生刀具磨损。

发明内容

[0006] 目的

[0007] 本发明的目的是提供一种比现有技术更优良的切削刀具,该刀具对于梳状裂纹、摩擦化学磨损和随之产生的坑蚀具有增强的抵抗性。

[0008] 根据本发明,所述目的通过一种包括主体和涂布在主体上的多层涂层的刀具来实现,其中所述主体包括硬质金属,该硬质金属包括

[0009] -5-8wt% 的 Co、0-2wt% 的 TaC、0-1wt% 的 NbC 和平均粒径为 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$ 的 89-95wt% 的 WC,

[0010] 以及所述涂层具有

[0011] -第一 TiAlN 层,层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $5\mu\text{m}$,以及

[0012] -第二氧化铝层,层厚为 $1\mu\text{m}$ 至 $4\mu\text{m}$,

[0013] 并且所述涂层在第二氧化铝层上另外包括

[0014] -n 个交替地相互叠加地涂布的 TiAlN 层和氧化铝层,它们各自具有 $0.1\mu\text{m}$ 至 $0.5\mu\text{m}$ 的层厚,其中 n 涉及每个单独的层,并且是 0-10 的偶数,

[0015] 并且所述涂层进一步可选地具有

[0016] - 外层的 ZrN 层, 层厚为 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $1\ \mu\text{m}$,

[0017] 其中所述涂层的总厚度为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $16\ \mu\text{m}$, 并且所述涂层通过 PVD 工艺生产。

[0018] 规定的平均粒径涉及的碳化钨 (WC)。

[0019] 令人惊奇地发现, 将具有根据本发明的 Co、TaC 和 NbC 的含量的硬质金属与包括至少 TiAlN 层和氧化铝 (Al_2O_3) 层的相应层组合, 其中可选地涂布也由 TiAlN 层和氧化铝层交替地组成的另外的层, 对于因为高的热的和机械的周期性负载产生的梳状裂纹和坑蚀磨损具有特别的抵抗性。

[0020] 在根据本发明的根据权利要求 1 的主体和涂层的组合中, 发现主体中较大比例的钴会导致切削刀具过软。而钴的含量小于 5wt% 会导致切削刀具仅能承受较小的机械载荷。

[0021] NbC 和 TaC 的比例用以调节结构及所期望的硬度与韧性的比率。

[0022] 关于所述另外的层, 可以理解为是涂布到第二氧化铝层上的该层包括 TiAlN 层。这样, 交替地涂布偶数个另外的层意味着最后涂布的另外的层由氧化铝构成。

[0023] 外层的 ZrN 层的优点在于该层与主体和由 TiAlN 和氧化铝构成的涂层相比具有不同的色调。当使用切削表面时, 由于外层的 ZrN 层的部分磨损, 从排屑面可以发现磨损痕迹。这样, 可以通过肉眼判断切削刃是否用过。

[0024] 在一个特别优选的实施方式中, 主体包括硬质金属, 该硬质金属具有 6-8wt% 的 Co、1-2wt% 的 TaC、0.2-0.3wt% 的 NbC 和余量的 WC。该组分与本发明的涂层相结合特别适于高的热的和机械的周期性负载。它不含任何其它的硬质物质。

[0025] 进一步优选地, 根据本发明的切削刀具中的碳化钨 (WC) 的平均粒径为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $3\ \mu\text{m}$ 。WC 的平均粒径影响硬度与韧性的比率。众所周知, 较大的平均粒径产生较高的硬度, 但同时会导致韧性严重下降。另外, 众所周知, 较小的粒径使得韧性提高, 但同时也会导致硬度出现轻微程度的损失。

[0026] 在另一个优选实施例中, 第一 TiAlN 层的层厚为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $4\ \mu\text{m}$, 和 / 或第二氧化铝层的层厚为 $1\ \mu\text{m}$ 至 $2\ \mu\text{m}$ 。通过具有特定层厚的 TiAlN 层, 设定所期望的硬度与韧性的比率。具有特定层厚的氧化铝层带来抗高温和抗氧化能力, 并且由此形成抗摩擦化学磨损的能力。

[0027] 在另一个优选方案中, 切削刀具包括涂层, 其中交替地包括 TiAlN 层和氧化铝层的可选的所述另外的层具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $0.3\ \mu\text{m}$ 的层厚, 和 / 或可选的所述外层的 ZrN 层具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $0.6\ \mu\text{m}$ 的层厚。由于所述另外的层的存在, 使得涂层存在更多的边界面, 从而导致韧性的提高, 但未导致硬度的提高。

[0028] 对于所述另外的交替的 TiAlN 层和氧化铝层, 进一步优选地, $n \leq 6$ 。特别优选地, $n = 2$ 或 $n = 4$ 。众所周知, 层数越多, 则韧性越高。另一方面, 这些层通常具有压应力。因此, 较多的层数可能会导致不稳定的、剥离的涂层。另外, 在工艺工程方面, 在 PVD 工艺中分别涂布较大数量的 TiAlN 层或氧化铝层的交替层是十分复杂和昂贵的, 这也给大规模技术应用带来了限制。

[0029] 特别优选的, 总的涂层厚度为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $8\ \mu\text{m}$, 并且特别优选地为 $3\ \mu\text{m}$ 至 $6\ \mu\text{m}$ 。较薄的涂层不具有足够数量的原子层用以表现出良好的磨损保护性。由于每一层的压应力, 较厚的涂层会较不稳定, 并可能特别地在边缘处出现剥离。

[0030] 优选的, 涂层在外层的 ZrN 层之下具有亚化学计量的 ZrN_{1-x} 层, 其中 x 为 0.01 到

0.1, 该层的层厚在 $0.001\ \mu\text{m}$ 至 $0.1\ \mu\text{m}$ 之间。亚化学计量的 ZrN_{1-x} 层与顶层的氧化铝层的结合不如 ZrN 层, 使得将 ZrN 层和位于其下的 ZrN_{1-x} 一起移除十分简单。结果, 切削刀具在第一次使用后就出现磨损痕迹, 表明该刀具不是未使用刀具。

[0031] 切削刀具具有前刀面 (rake surfaces)、切削刃和排屑面 (relief surfaces)。根据本发明, 优选地仅在排屑面处涂层具有外层的 ZrN 层和位于外层 ZrN 层之下的可选的亚化学计量 ZrN_{1-x} 层。

[0032] 不同的涂层可通过下面工艺生产, 首先用 ZrN 涂布切削刀具整体, 然后通过刷洗和 / 或 (清洁) 喷射将 ZrN 层从前刀面且通常也从切削刃处完全除去。如果 ZrN 层仍然存在于切削刀具的前刀面和切削刃, 则将不利地影响被带走的切屑。通过在外层 ZrN 层之下涂布亚化学计量的 ZrN_{1-x} 层也可以简化去除过程, 这是因为亚化学计量的 ZrN_{1-x} 与氧化铝层的结合弱于外层 ZrN 层。

[0033] 切削刀具进一步优选的是, 其中, 包括 TiAlN 的层中的 Al 与 Ti 的比率为 $60 : 40$ 到 $70 : 30$ 之间, 优选地为 $67 : 33$ 。该比率涉及原子比率 (原子百分比%)。该比率使得氧化铝层特别好地结合到 TiAlN 层, 并由此延长刀具使用寿命。

[0034] 进一步的, 本发明的目的通过具有上述特性的切削刀具用于曲轴铣刀或凸轮轴铣刀中的刀片或特殊的可转位刀片的使用来实现。

[0035] 当铣削曲轴时, 由于机械载荷非常高, 所以切削刀具经受高温和高速。这就要求切削刀具对于刀具的温度的突然的周期性变化具有特别高的耐受性, 从而对于梳状裂纹具有良好的抵抗性。

[0036] 令人惊奇地发现, 如下的主体与如下的涂层的根据本发明的组合对于铣削曲轴和凸轮轴时产生的热的和机械的周期性负载具有良好的抵抗性, 所述主体包括硬质金属, 该硬质金属具有 $5\text{--}8\text{wt}\%$ 的 Co 、 $0\text{--}2\text{wt}\%$ 的 TaC 、 $0\text{--}1\text{wt}\%$ 的 NbC 和 $89\text{--}95\text{wt}\%$ 的 WC , 其中 WC 的平均粒径为 $1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$, 所述涂层至少具有层厚 $1\ \mu\text{m}$ 至 $5\ \mu\text{m}$ 的第一 TiAlN 层和层厚 $1\ \mu\text{m}$ 至 $4\ \mu\text{m}$ 的第二氧化铝层, 其中所述涂层另外还包括在第二氧化铝层上的、各自具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 至 $0.5\ \mu\text{m}$ 的层厚的、 n 层交替地相互叠加地涂布的 TiAlN 层和氧化铝层, 其中 n 涉及每个单独的层, 并且是 0 到 10 的偶数, 其中所述涂层的总厚度为 $2\ \mu\text{m}$ 至 $16\ \mu\text{m}$ 并且所述涂层通过 PVD 工艺制备。

[0037] 本发明的进一步的优点、特征和实施例在下面的示例中描述。

具体实施方式

[0038] 示例 1 :

[0039] 在 PVD 涂覆装置 Hauzer HTC 1000 中, 包括 $8\text{wt}\%$ 的 Co 、 $1.15\text{wt}\%$ 的 TaC 、 $0.27\text{wt}\%$ 的 NbC 和 $90.58\text{wt}\%$ 的 WC 的切削刀具被设置 7 层涂层 :

[0040] 1. 通过电弧沉积的具有 $3\ \mu\text{m}$ 的层厚的 TiAlN 层 ($\text{Ti} : \text{Al}$ 的原子百分比比率为 $33 : 67$)

[0041] 2. 在反应性磁控管中沉积的具有 $0.6\ \mu\text{m}$ 的层厚的氧化铝层

[0042] 3. 通过电弧沉积的具有 $0.3\ \mu\text{m}$ 的层厚的 TiAlN 层 ($\text{Ti} : \text{Al}$ 的原子百分比比率为 $33 : 67$)

[0043] 4. 在反应性磁控管中沉积的具有 $0.1\ \mu\text{m}$ 的层厚的氧化铝层

[0044] 5. 通过电弧沉积的具有 $0.3\mu\text{m}$ 的层厚的 TiAlN 层 (Ti : Al 的原子百分比比率 33 : 67)

[0045] 6. 在反应性磁控管中沉积的具有 $0.1\mu\text{m}$ 的层厚的氧化铝层

[0046] 7. 通过电弧沉积的具有 $0.2\mu\text{m}$ 的层厚的 ZrN 层。

[0047] 在涂覆操作之前,在真空室中在沉积涂层之前,用酒精清洁基底,并且另外通过氩离子轰击对基底进行清洁 [11][12]。

[0048] 层的沉积:

[0049] 第一层,第三层和第五层:

[0050] 通过电弧沉积实现 TiAlN 层的沉积,其中采用每个源 65A 的蒸发器电流,在 3Pa 的氮气压力下,并采用 40V 的 DC 模式下的偏压和约 550°C 的温度。

[0051] 第二层、第四层和第六层

[0052] 在反应性磁控管中实现氧化铝层的沉积,其中采用 150V 的双极脉冲偏压 (70kHz) 和约 550°C 的温度,在 0.5Pa 的氩气压力下,具有约 $7\text{W}/\text{cm}^2$ 的特定阴极功率,并以氧气作为反应气体 (约 80sccm 流量)。

[0053] 第七层

[0054] 通过电弧沉积实现 ZrN 层的沉积,其中采用每个源 65A 的蒸发器电流,在 3Pa 的氮气压力下,并采用 40V 的 DC 模式下的偏压和约 550°C 的温度。

[0055] 示例 2- 比较例

[0056] 传统的 CVD 涂层被涂布于根据示例 1 的基底,用于对比的目的。涂层由以下的层构成:

[0057] 1. 具有 $5\mu\text{m}$ 的层厚的 TiCN 层,该层通过 mtCVD 工艺涂布

[0058] 2. 具有 $4\mu\text{m}$ 的层厚的 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层,该层在高于 1000°C 的温度下通过高温 CVD 工艺涂布。

[0059] 根据热 CVD 工艺的标准流程实现上述涂布。这涉及用于曲轴和凸轮轴铣削的切削刀具,如目前市场上可买到的。

[0060] 测试设备:

[0061] 在制造曲轴时用的包括 25MnCrSi VB6 钢的工件上进行铣削实验,对示例 1 中的切削刀具和示例 2 中的切削刀具进行比较。

[0062] 在 146 米 / 分钟的切削速度 V_c 下进行铣削,其中具有在 0.12mm 到 0.18mm 之间的齿进给量 (tooth advance) f_z 。所述铣削加工为干铣。

[0063] 使用寿命:

[0064] 当达到使用寿命时,根据本发明示例 1 的切削刀具能够比对照切削刀具铣削更多的曲轴。这里基于保持部件的尺寸精度和切屑形成来定义使用寿命的终止。在相对于组件的要求尺寸出现预定偏差时达到使用寿命的终止。

[0065]

	曲轴
示例 1	704
示例 2	581