

[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 200610094011.6

[51] Int. Cl.

*B23B 27/14 (2006.01)*  
*B23C 5/02 (2006.01)*  
*B23B 51/00 (2006.01)*  
*B32B 33/00 (2006.01)*  
*B32B 18/00 (2006.01)*  
*C23C 14/24 (2006.01)*

[45] 授权公告日 2008年9月17日

[11] 授权公告号 CN 100418679C

[51] Int. Cl. (续)

*C23C 14/06 (2006.01)*

[22] 申请日 2006.6.21

[21] 申请号 200610094011.6

[30] 优先权

[32] 2005.6.22 [33] SE [31] 0501487-3

[73] 专利权人 山高刀具公司

地址 瑞典法格什塔

[72] 发明人 雅各布·舍伦 汤米·拉松

伦纳特·卡尔松

[56] 参考文献

CN1611313A 2005.5.4

EP1382709A1 2004.1.21

WO2005/053887A1 2005.6.16

CN1572415A 2005.2.2

CN1470350A 2004.1.28

EP1422311A2 2004.5.26

审查员 陆 帅

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责  
任公司

代理人 刘莉婕 杨本良

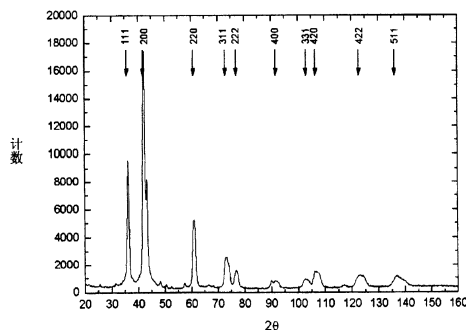
权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 2 页

[54] 发明名称

用于修整硬质钢的复合涂层

[57] 摘要

本发明提供一种切削刀具刀片、立式端铣刀或者钻头，包括基底和涂层。涂层由一层或多层耐高温化合物构成，其中，至少一层涂层包括立方 (Me, Si) X 相，其中 Me 是 Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta 和 Al 中的一种或多种，X 是 N、C、O 或 B 中的一种或多种。c - MeSiX 相的比例  $R = (\text{at} - \%X) / (\text{at} - \%Me)$  在 0.5 和 1.0 之间，并且 X 含有小于 30at - % 的 O + B。本发明对于切屑厚度小并且工件材料硬的金属加工应用特别有用，例如使用立式端铣刀、刀片铣削刀具进行的仿型铣削或者对硬质钢进行钻孔。



1. 一种制造涂层切削刀具刀片、立式端铣刀或钻头的方法，所述涂层切削刀具刀片、立式端铣刀或钻头包括多晶立方氮化硼(PcBN)基材料的基底和涂层，所述涂层由一层或多层耐高温化合物层构成，其中至少一层包括成分被描述为  $Me_{1-a}Si_aX_b$  的  $Me_{1-a}Si_aX_b$  相，其中，Me 为元素 Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta 和 Al 中的一种或几种，a 在 0.05 和 0.4 之间，X 为元素 N、C、O 和 B 中的一种或几种，b 在 0.5 和 1.1 之间，并且 X 含有小于 30 at-% 的 O+B，使用电弧蒸发技术进行涂覆，蒸发电流为 50-200 A，基底偏压为 -10—-150 V，温度为 400-700 °C，总压力为 0.5-9 Pa，其特征在于，由此利用 Ar 离子蚀刻按照起始偏压  $V_s < -500V$  到结束偏压  $V_s > -150$  的两个或多个步骤的顺序，对要被涂覆的表面进行预处理，而获得 cBN 相的较小分数投影表面面积，与 cBN 的分数体积相比，比例  $L < 1.15$ ，所述比例 L 定义为在进行涂层沉积之前，cBN 的分数投影表面面积  $A_{cBN}$  除以 cBN 的分数体积  $V_{cBN}$ ， $L = A_{cBN}/V_{cBN}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于 a 在 0.1 和 0.3 之间。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于 b 在 0.8 和 1.05 之间。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于  $L < 1.0$ 。

## 用于修整硬质钢的复合涂层

### 技术领域

本发明涉及一种用于通过除去切屑进行机加工的切削刀具，它包括立方氮化硼基材料的基底和硬的耐磨耐高温涂层，该涂层的至少一层包括在沉积过程中形成的 Me-Si-X 相，沉积过程中该相或者作为单相沉积而成或者与其它相同时沉积而成，或者与具有不同化学成分的同相同时沉积而成。根据本发明的刀具特别适用于金属切削应用，其中，切屑厚度小并且工件材料硬，例如硬质钢的修整。

### 背景技术

立方氮化硼（cBN）具有仅次于金刚石的硬度和导热性以及优良特性，例如比金刚石弱的与铁金属反应的性质。加工硬质钢、铸铁和镍基合金时，使用多晶立方氮化硼（PcBN）、例如含有 cBN 的烧结体的切削刀具替代了硬质合金或者金属陶瓷的刀具，以便提高加工效率。

用于切削刀具的 PcBN 烧结体包括 cBN 颗粒和粘结剂。它们通常分为下列两组：

- 主要用于硬质钢且耐磨性和强度良好平衡的烧结体，包括通过粘结剂结合的 30 到 80 volume %（体积百分比）的 cBN 颗粒，粘结剂主要由 Ti 型陶瓷构成，例如 TiN，TiC，Ti(C, N)等；

- 主要用于铸铁且导热性和强度良好平衡的烧结体，包括直接结合的 80 到 90 volume % 的 cBN 颗粒和余量的粘结剂，粘结剂主要由 Al 化合物或者 Co 化合物构成。

但是，cBN 颗粒的缺点是它们与铁金属的亲合力比 TiN, TiC, Ti(C, N)粘结剂的大。因此，采用 cBN 的切削刀具由于热磨损其服务寿命较短，因为热磨损最后引起刀具刀刃折断。为了进一步提高 PcBN 刀具的

耐磨性和断裂强度，已经提出利用 TiN、Ti(C, N)、(Ti, Al)N 等的涂层涂覆 PcBN 刀具，例如 US5853873 和 US6737178 所述。

然而，涂层 PcBN 刀具面临的问题是经常发生不希望的涂层脱层。

JP-A-1-96083 或 JP-A-1-96084 公开了对涂覆有这种涂层的 PcBN 刀具的粘结强度的改进，该涂层由钛的氮化物、碳化物或碳氮化物构成，通过金属 Ti 层形成，平均厚度为 0.05-0.3  $\mu\text{m}$ 。

US-A-5,583,873 公开了具有高粘结强度并且作为 cBN 基底与(Ti, Al)N 涂覆薄膜之间的中间层的 TiN 层，用于将(Ti, Al)N 涂覆薄膜粘结到基底上。

US6,737,178 公开了 TiN、Ti(C, N)、(Ti, Al)N、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、ZrN、ZrC、CrN、VN、HfN、HfC 和 Hf(C, N)的涂层。

US6,620,491 公开了一种表面涂覆氮化硼的刀具，其具有硬质涂层和从元素周期表的 4a、5a 和 6a 族选择的至少一种元素构成的中间层，中间层厚度最大为 1  $\mu\text{m}$ 。硬质涂层中含有的至少一层包括从 4a、5a 和 6a 族选择的至少一种元素，Al、B、Si 和 Y，以及从 C、N 和 O 构成的组中选择的至少一种元素，其厚度为 0.5-10  $\mu\text{m}$ 。中间层含有 Cr、Zr 和 V 中的至少一种。

US-B-6,811,580、US-B-6,382,951 和 US-B-6,382,951 公开了涂覆有  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的立方氮化硼刀片。

## 发明内容

本发明的目的是提供一种改进的切削刀具，其以包括高压相类型的氮化硼、例如 cBN 的烧结体为基，并且具有粘结强度优异的涂层，目的在于对硬质钢或铸铁进行除屑加工。

本发明的另一个目的是提供一种基于粘结强度优异的 PcBN 在切削刀具上沉积涂层的方法，目的在于对硬质钢或铸铁进行除屑加工。

本发明提供了一种制造涂层切削刀具刀片、立式端铣刀或钻头的方法，所述涂层切削刀具刀片、立式端铣刀或钻头包括多晶立方氮化硼(PcBN)基材料的基底和涂层，所述涂层由一层或多层耐高温化合物层构成，其中至少一层包括成分被描述为  $Me_{1-a}Si_aX_b$  的  $Me_{1-a}Si_aX_b$  相，其中，Me 为元素 Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta 和 Al 中的一种或几种，a 在 0.05 和 0.4 之间，X 为元素 N、C、O 和 B 中的一种或几种，b 在 0.5 和 1.1 之间，并且 X 含有小于 30 at-% 的 O+B，使用电弧蒸发技术进行涂覆，蒸发电流为 50-200 A，基底偏压为 -10—-150 V，温度为 400-700 °C，总压力为 0.5-9 Pa，由此利用 Ar 离子蚀刻按照起始偏压  $V_s < -500V$  到结束偏压  $V_s > -150$  的两个或多个步骤的顺序，对要被涂覆的表面进行预处理，而获得 cBN 相的较小分数投影表面面积，与 cBN 的分数体积相比，比例  $L < 1.15$ ，所述比例 L 定义为在进行涂层沉积之前，cBN 的分数投影表面面积  $A_{cBN}$  除以 cBN 的分数体积  $V_{cBN}$ ， $L = A_{cBN}/V_{cBN}$ 。

已经发现，通过在 PcBN 基的切削刀具上施加性能和工艺优化的涂层可以显著地改进涂层刀具的摩擦性能。通过平衡生长期间的化学成分、热能的量和感应表面的激活程度，可以获得含有 (Me, Si)X 相的涂层，与现有技术相比，该涂层表现出对硬质钢进行金属切削的改进性能。由于优化的预处理和沉积条件，涂层的附着力非常好。涂层包括与其它相的晶粒同时存在的 (Me, Si)X 晶粒或者仅是 (Me, Si)X 晶粒。使用 PVD 技术、优选为电弧蒸发技术，沉积一层或多层涂层。

#### 附图说明

图 1 为从根据本发明在 PcBN 基底上沉积  $Ti_{0.77}Si_{0.23}N$  涂层获得的  $\theta$ -2 $\theta$  几何内的  $CuK\alpha$  X 射线衍射图案，图中的指数表示涂层的 NaCl 型

结构，即，(Ti, Si)N。

图 2 为根据本发明在 PcBN 基底上沉积的  $Ti_{0.77}Si_{0.23}N$  涂层的样品表面与主要光束之间，采用  $1^\circ$  的恒定入射掠角所获得的  $CuK\alpha$  X 射线衍射图案，图中的指数表示涂层的 NaCl 型结构，即，(Ti, Si)N。

图 3 为示出涂覆之前常规离子蚀刻之后的 PcBN 材料结构的 SEM 显微图。

图 4 为示出涂覆之前根据本发明的离子蚀刻之后的 PcBN 材料结构的 SEM 显微图。

### 具体实施方式

本发明提供一种切削刀具，用于通过切屑去除进行机加工，所述刀具包括多晶立方氮化硼(PcBN)基材料的基体，在基体上沉积耐磨涂层。该涂层由一层或多层耐高温化合物构成，包括由(Me, Si)X 相的晶粒构成的至少一层，优选利用物理气相沉积(PVD)方法进行涂覆。其它层由元素周期表中的 4-6 族元素的氮化物和/或碳化物和/或氧化物构成。根据本发明的刀具对于修整硬质钢或者灰口铸铁的金属切削应用特别有效，硬质钢或者灰口铸铁的加工部件的表面粗糙度通常会限制刀具寿命。

一层或多层(Me, Si)X 涂层包括  $Me_{1-a}Si_aX_b$  相的晶粒，其中，Me 为 Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr 和 Al 中的一种或多种，优选为 Ti、Cr、Zr 和 Al 中的一种或多种，并且 a 在 0.05 和 0.4 之间，优选在 0.1 和 0.3 之间，X 为 N、C、O 和 B 之间的一种或多种，并且 b 在 0.5 和 1.1 之间，优选在 0.8 和 1.05 之间。

通过 X 射线衍射(XRD)检测  $Me_{1-a}Si_aX_b$  相晶体的存在，使用  $CuK\alpha$  放射在  $\theta$ - $2\theta$  和/或入射掠角几何内示出如下一个或多个特征：

- 对于  $Ti_{1-x}Si_xN$  在大约  $36^\circ 2\theta$ ，具有(Me, Si)X (111)波峰；
- 对于  $Ti_{1-x}Si_xN$  在大约  $42^\circ 2\theta$ ，具有(Me, Si)X (200)波峰；
- 对于  $Ti_{1-x}Si_xN$  在大约  $61^\circ 2\theta$ ，具有(Me, Si)X (220)波峰；

- 当 Me 不是 Ti 或者 Me 和 Si 的相对含量不同时，波峰的位置会改变；

- (Me, Si)X 的结构优选为 NaCl 型；

- 将织构定义为，比例 K 为  $\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b$  (111) 的波峰面积  $(A(\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b)_{111})$  与  $\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b$  (200) 的波峰面积  $(A(\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b)_{200})$  之间的比例，即， $K=A(\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b)_{111}/A(\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b)_{200}$ ，在 X 射线衍射图案中，在  $\theta$ - $2\theta$  几何内，K 值在 0.0 和 1.0 之间，优选在 0.0 和 0.3 之间，和/或对于  $\text{Me}_{1-a}\text{Si}_a\text{X}_b$  (200)，波峰与背景的比例（波峰最大处的指数除以波峰附近的平均背景指数）大于 2，优选大于 4；

- 该涂层的波峰宽度 FWHM（半幅全宽）值主要是其小晶粒尺寸的影响（该设备的作用是大约  $2\theta=0.05^\circ$ ，并且因此在这些计算中不予考虑）：

- (Me, Si)X (111) 波峰的 FWHM 在  $0.4$  和  $1.5^\circ 2\theta$  之间，和/或

- (Me, Si)X (200) 波峰的 FWHM 在  $0.4$  和  $1.5^\circ 2\theta$  之间；

- X 含有小于 30 at-%（原子百分比）的 O 和/或 B，余量为 N 和/或 C。碳氮化物和碳化物比氮化物更为优选。(Me, Si)X 中的 X 应当小于 15 at% 的 C。添加 1-10 at-% 的 O 会促进细小晶粒结构的生长并且提高抗氧化性，但是，这会提高出现非传导涂层空腔的危险并且因而导致产品问题；

- 非结晶相被识别为宽波峰 ( $\text{FWHM}=4^\circ-6^\circ$ ) 并且定位在  $2\theta=36^\circ-38^\circ$ 。非结晶相和结晶相的比例一般是  $0 \leq A_a/A_c < 0.20$ ， $A_a$  是测量的非结晶相波峰的折射强度， $A_c$  是结晶相在 (200) 处波峰的强度。

与 NaCl 型  $\text{Ti}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$  结构的立方单相涂层相比，包括 (Me, Si)X 的涂层具有显著提高的硬度，请见实施例 1，这已经为系统  $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{N}$  和  $\text{Ti}_{1-y}\text{Al}_y\text{N}$  所证实。

如果根据本发明的含有 (Me, Si)X 的涂层与其它涂层结合，则总的涂层厚度为 0.1 到 5  $\mu\text{m}$ ，优选为 0.1 到 3  $\mu\text{m}$ ，不含有 (Me, Si)X 的涂层的厚度在 0.1 和 3  $\mu\text{m}$  之间变化。对于修整的应用，涂层厚度小于

2 $\mu\text{m}$ , 优选小于 1.2  $\mu\text{m}$ 。

在一个实施例中, 厚度为 0.1 到 2  $\mu\text{m}$  的含有(Me, Si)X 的涂层为 0.5 到 5  $\mu\text{m}$  厚的多层涂层中的高达五种不同材料中的一种, 该多层涂层由 2-200 个、优选 5-50 个单层构成。

在一个优选实施例中, Me= Ti, 其成分为 $(\text{Ti}_{0.9-0.7}\text{Si}_{0.10-0.30})\text{N}$ , 优选为 $(\text{Ti}_{0.85-0.75}\text{Si}_{0.15-0.25})\text{N}$ 。

在另一个优选实施例中, Me= Ti 和 Al, 其成分为 $(\text{Ti}_{0.6-0.35}\text{Al}_{0.20-0.40}\text{Si}_{0.15-0.30})\text{N}$ , 优选为 $(\text{Ti}_{0.6-0.35}\text{Al}_{0.25-0.35}\text{Si}_{0.15-0.30})\text{N}$ 。

在另一个优选实施例中, 在最外面涂覆 TiN 和/或 CrN 和/或 ZrN 的顶层。

PcBN 具有的立方氮化硼(cBN)其含量在 30 和 80 vol-%之间, 用于加工硬质钢, 具有 80 和 90 vol-%之间含量的立方氮化硼用于加工铸铁, 在用于加工硬质钢的 NaCl 型粘结相 Ti(C, N)中, 优选含量在 35 和 60 vol-% 之间并且具有 0.5-2  $\mu\text{m}$  的晶粒尺寸的 cBN。

优选地, 根据本发明的涂层成分是这样, 其晶胞参数在 NaCl 型结构粘结相的晶胞参数的 $\pm 2\%$ 内, 最优选为在其 $\pm 1\%$ 内, 以便获得增加的外延生长量和最大的粘结强度。采用 X 射线衍射在抛光的样品截面上测量 NaCl 型结构粘结相的晶胞参数。采用 X 射线衍射在涂层样品上测量涂层的晶胞参数。优选该涂层与基底直接接触。这种晶胞匹配成分的例子是 $(\text{Ti}_{0.85-0.75}\text{Si}_{0.15-0.25})\text{N}$  和 $(\text{Ti}_{0.37}\text{Al}_{0.25}\text{Zr}_{0.18}\text{Si}_{0.20})\text{N}$ 。或者, 可以具有位于基底与该涂层之间且厚度 $<0.3 \mu\text{m}$  的中间层(一层或多层), 而不是匹配的晶胞。

本发明也涉及一种在 PcBN 基底上生长包括(Me, Si)X 相的涂层的



方法。

首先, 优选通过施加温和的 Ar 离子蚀刻获得优化的表面状态, 该蚀刻能够获得 cBN 晶粒以及粘结相的良好刻蚀和清洁, 而不会利用优选的溅射降低粘结相的表面成分。在 Ar 气氛或者 Ar 和 H<sub>2</sub> 的混和气氛下进行 Ar 离子蚀刻, 在后一情形下可以实现物理溅射和化学蚀刻的综合效果, 按照两个或多个步骤的顺序进行, 其中碰撞离子的平均能量从基底偏压  $V_s < -500V$  开始到最后  $V_s > -150V$  逐渐减小。如果需要, 中间步骤采用  $-500V < V_s < -150V$ 。最优选地, 向采用的基底偏压利用双极电压施加频率  $> 5kHz$  的脉冲并被施加。负脉冲优选大于随后的正放电脉冲的 80%。

图 3 为示出具有 NaCl 型结构粘结相的 PcBN 材料在涂覆之前进行传统的离子蚀刻后结构的 SEM 显微图, 图 4 是在涂覆之前进行根据本发明的蚀刻之后结构的 SEM 显微图。如图所示, 比较图 3 和图 4, 传统蚀刻除去太多的粘结相因此露出 cBN 晶粒。比例 L 被定义为, 进行涂层沉积之前, 露出的 cBN 分数投影表面面积  $A_{cBN}$  除以 cBN 的分数体积  $V_{cBN}$  ( $L = A_{cBN}/V_{cBN}$ ),  $L < 1.15$ , 优选  $< 1.0$ 。与 50% 的大块的体积分数相比, cBN 的表面含量在图 3 中为 59% ( $L = 1.18$ ), 在图 4 中为 49% ( $L = 0.98$ )。

通过化学处理和/或机械处理, 例如在沉积之前进行轻微的喷丸处理, 和/或与沉积系统中的原地处理相结合, 也可以获得适宜的表面。

为了获得根据本发明的涂层的优选结构, 需要精密调节数个沉积参数。影响沉积的因素为与碰撞离子的能量有关的温度、阴极与基底的距离和 N<sub>2</sub> 的分压,  $P_{N_2}$ , 碰撞离子的能量可被基底偏压改变。

用于生长包括本发明的 (Me, Si)X 相的涂层的方法, 在这里该涂层可被示例为 Ti<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>N 系统, 其建立在合金或复合阴极在下述条件下

的电弧蒸发的基础上：

Ti+Si 阴极的成分是 60 到 90 at-%的 Ti，优选为 70 到 90 at-%的 Ti 和余量的 Si；

根据阴极大小和阴极材料，蒸发电流在 50A 和 200A 之间。当使用直径为 63 mm 的阴极时，蒸发电流优选在 60A 和 120A 之间；

基底偏压优选在-10V 和-150V 之间，优选在-40V 和-70V 之间；

沉积温度在 400°C 和 700°C 之间，优选在 500°C 和 700°C 之间。

当生长含有(Me, Si)X 的一层或多层涂层时，其中，X 为 N，采用 Ar+N<sub>2</sub> 气氛，其中含有 0-50 vol-%、优选为 0-20 vol-%的 Ar，总压力为 0.5 Pa 到 9.0 Pa，优选为 1.5 Pa 到 5.0 Pa。

为了生长(Me, Si)X，其中 X 包括 C 和 O，需要向 N<sub>2</sub> 和/或 Ar+N<sub>2</sub> 气氛（例如 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>，CO，CO<sub>2</sub>，O<sub>2</sub>）中加入含有 C 和/或 O 的气体。如果 X 也包括 B，可以或者通过利用 B 对标靶进行合金化或者通过向气氛中添加含有 B 的气体来实现。

准确的工艺参数取决于采用的涂覆设备的设计和条件。本领域技术人员应当能够确定是否已经获得必需的结构和根据说明书内容对沉积条件进行修改。

当生长含有(Me, Si)X 相的涂层时，存在着压缩残余应力变得很大的危险，在使用尖锐的切削刃时和/或对良好附着力的需求是非常重要的情形下时，这会负面影响加工应用中的性能。通过在 Ar 和/或 N<sub>2</sub> 气氛下，在 600°C 和 1100°C 温度之间回火 20 到 600 分钟，而能够减小残余应力。

另外，通过增加改进切削刃表面粗糙度的后处理可以获得改善。这可以通过湿喷实现。并且，可以使用嵌有研磨颗粒的尼龙刷。另一方法是通过研磨方式，例如抛光或拖压精加工（dragfinishing），移动

涂覆的 PcBN 刀具。

已经参照使用电弧蒸发沉积的含有(Me, Si)X 相的涂层描述了本发明。很明显,也可以采用其它 PVD 技术,例如磁控管溅射,来制造含有(Me, Si)X 相的涂层。

#### 实施例 1

在超声波浴中使用苛性碱溶液和酒精清洗 RCGN0803M0S 类型的多晶立方氮化硼(PcBN)刀片,其具有 50%的体积分数、平均晶粒尺寸为  $1\ \mu\text{m}$  的 cBN 并含有 Ti(C, N)的粘结相,然后使用三折旋转(three fold rotation)的固定件将刀片定位在 PVD 系统中。阴极到基底的最短距离是 160 mm。将系统排气到小于  $2.0 \times 10^{-3}$  Pa 的压力,然后利用 Ar 离子对刀片进行溅射清洁。使用双极脉冲工艺,其中,基底偏压在  $-V_s$  (80%) 和 +50V (20%)之间变化一个周期,该周期的频率为 20kHz。 $V_s$  是工艺的起始偏压-550V,然后递进变化到最后的-120V。图 4 示出 PcBN 表面在采用这种工艺蚀刻后的表面。

使用  $\text{Ti}_{0.75}\text{Si}_{0.25}$  阴极、其直径为 63mm 的电弧蒸发对样品 A 进行涂层生长,而样品 B 使用  $\text{Ti}_{0.80}\text{Si}_{0.20}$  阴极。在纯度为 99.995%的  $\text{N}_2$  气氛下进行沉积,总压力为 4.0Pa,使用基底偏压-110 V,进行 60 分钟。沉积温度大约  $530^\circ\text{C}$ 。沉积后,立即用干燥的  $\text{N}_2$  排空沉积室。参考现有技术涂覆工艺,使用  $\text{Ti}_{0.34}\text{Al}_{0.66}\text{N}$  和没有涂层的样品

图 1 和图 2 中示出沉积  $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{N}$  涂层和 TiN 涂层的 X 射线衍射图案。除了与 PcBN 基底相应的波峰外,显示出来的唯一波峰是那些与立方 NaCl 型  $\text{Ti}_{1-x}\text{Si}_x\text{N}$  相和立方 NaCl 型 TiN 相对应的波峰,从(111)、(200)、(220)、(311)、(222)、(400)、(331)、(420)、(422), 和(511)波峰的标记可以看出。由(Me, Si)X (111)波峰和(Me, Si)X (200)波峰的面积之间的比例(K)所定义的织构,对于本样品是 0.28。(Me, Si)X (111)波峰的 FWHM 是  $1.30^\circ 2\theta$ , 而(Me, Si)X (200)波峰的 FWHM 是  $1.44^\circ 2\theta$ 。

利用 X 射线衍射使用主要光束和样品表面之间恒定的  $1^\circ$  入射掠角，制造在沉积状态下的  $Ti_{1-x}Si_xN$  的相标记，并且扫描检测器，以便放大来自涂层的波峰，参见图 2。通过 NaCl 型结构内的衍射图案的指数来确定  $Ti_{1-x}Si_xN$  的存在。

对于  $Ti_{1-x}Si_xN$  (200) 波峰，波峰与背景的比例是 24。

在横截面上使用扫描电子显微镜 (SEM)，确定切削刃上  $Ti_{1-x}Si_xN$  涂层的厚度是  $1.0 \mu m$ 。

$(Ti_{0.77}Si_{0.23})N$  的晶胞参数是  $4.29 \text{ \AA}$ ，含有 Ti(C, N) 相的 PcBN 粘结相的晶胞参数是  $4.30 \text{ \AA}$ ， $Ti_{0.34}Al_{0.66}N$  的晶胞参数是  $4.14 \text{ \AA}$ 。

采用 Nano Indenter<sup>TM</sup> II 设备，在抛光的锥形横截面上使用导致大约  $200 \text{ nm}$  的最大穿透深度的  $25 \text{ mN}$  的最大载荷，利用纳米压痕方法，测量涂层的维氏硬度。表 1 中给出硬度。从表 1 中可以看出，与  $Ti_{1-y}Al_yN$  样品相比，当涂层中出现 Si 时，硬度急剧增加。

表 1

样品	硬度 (GPa)	检出的相	FWHM (111) $^\circ 2\theta$	FWHM (200) $^\circ 2\theta$	织构系数 K
A	48	$Ti_{0.77}Si_{0.23}N$ , TiN	1.30	1.44	0.28
B	45	$Ti_{0.82}Si_{0.18}N$ , TiN	1.18	1.20	0.34
C	32	$Ti_{0.34}Al_{0.66}N$ , TiN	-	-	-
D	-	无涂层	-	-	-

## 实施例 2

实施例 1 的涂层切削刀具刀片包括 RCGN0803M0S 型号的多晶立方氮化硼(PcBN)，在硬质齿轮的修整操作中对其进行测试。使用的切削数据如下：

- 材料: SAE 5120 (20MnCr5), 59-61 HRC
- $v_f = 190$  m/min
- $a_p = 0.10$  mm
- $f_n = 0.07$  mm/rev.

工具寿命标准是对于加工部件的给定 75% 最小浮力水平 (buoyancy level) 加工出的齿轮数目。表 2 中给出结果。

表 2

样品	加工的部件数目
A	525
B	500
C	200
D	80

测试表明，样品 A 和 B（本发明）能够加工最大数目的部件，样品 C 加工的部件数目在它们之后。

## 实施例 3

刮擦器类型的切削刀具刀片以类似实施例 1 的方式进行涂覆，由 CNGA120408S-L1-WZ 型号的多晶立方氮化硼(PcBN)刀片构成，在硬质齿轮轴的情况下进行修整操作。使用下列切削数据：

- 材料: SAE 5115 (16MnCrS5), 58 HRC
- $v_f = 190$  m/min

- $a_p = 0.15/0.35$  mm
- $f_n = 0.3$  mm/rev.

工具寿命标准是加工出给定最大表面粗糙度的齿轮轴的数目。结果示于表 3 中。

表 3

样品	加工的部件数目
A	236
C	170

测试表明，样品 A（本发明）能够加工出最大数目的部件。

#### 实施例 4

以类似实施例 1 的方式涂覆切削刀具刀片，其由 CNGA120408S-L0-B 型号的多晶立方氮化硼(PcBN)刀片构成，刀片插在硬质插座内。使用的切削数据如下：

- 材料: SAE 52100 (100Cr6), 63 HRC
- $v_f = 220$  m/min
- $a_p = 0.11/0.15$  mm
- $f_n = 0.3$  mm/rev.

工具寿命标准是加工出给定最大表面粗糙度的插座的数目。结果示于表 4 中。

表 4

样品	加工的部件数目
B	175
C	124

该测试表明，样品 B（本发明）能够加工出最大数目的部件。

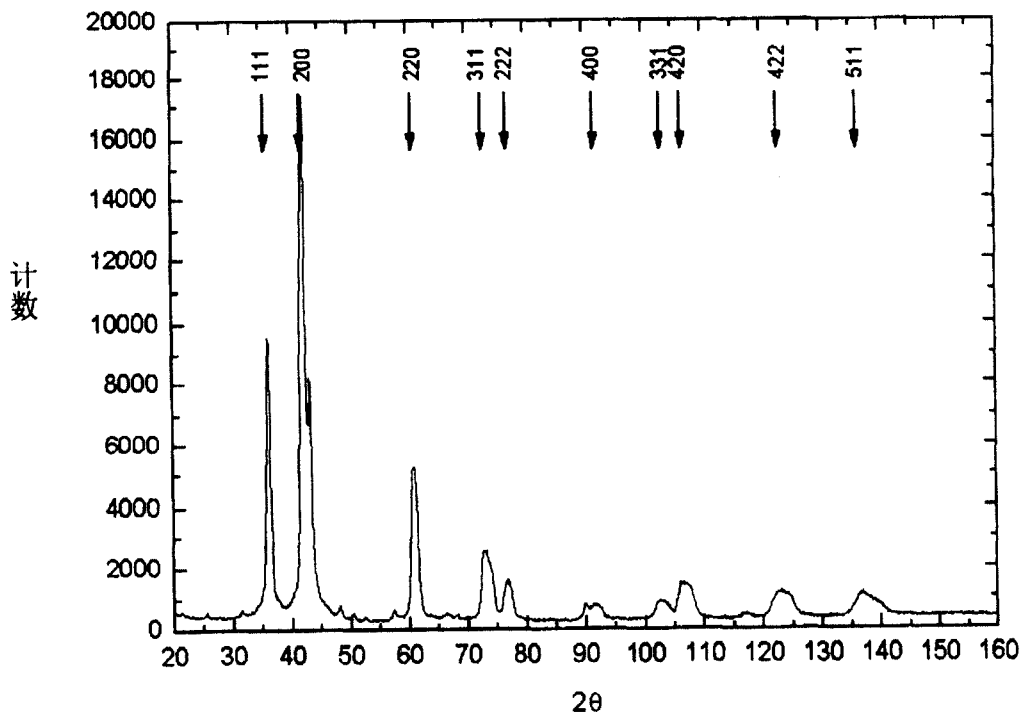


图 1

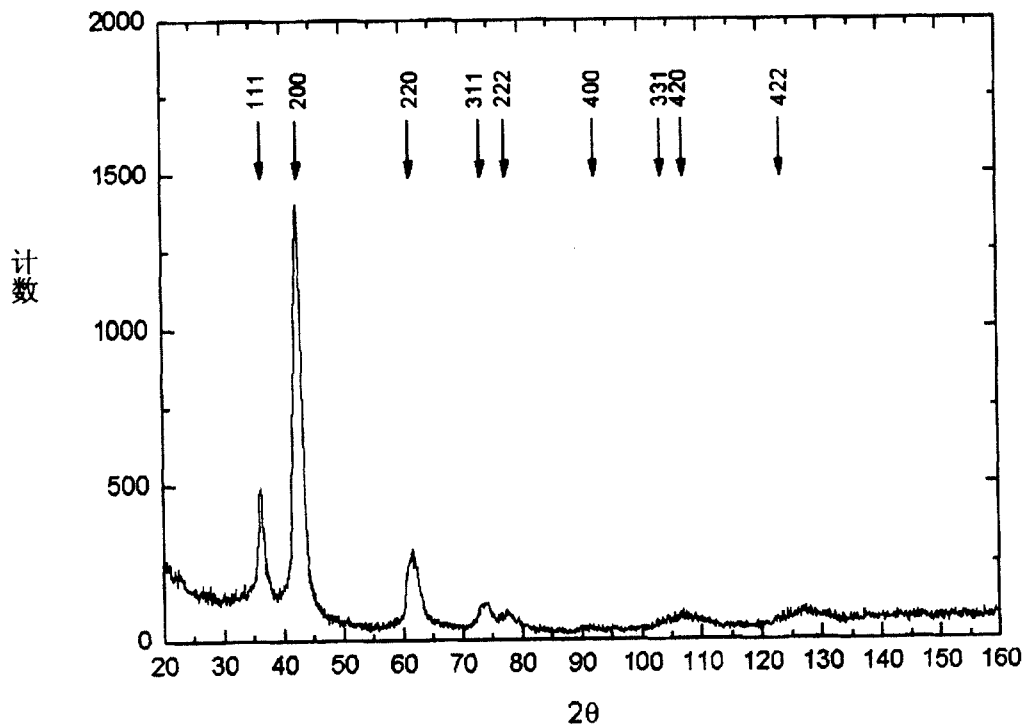


图 2



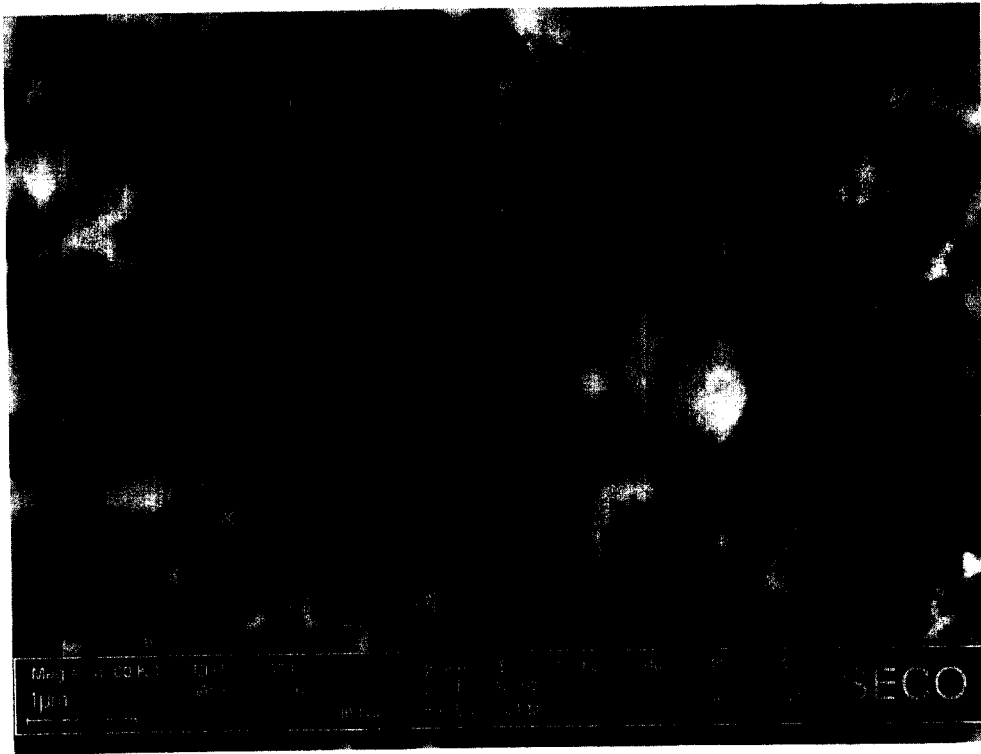


图 3

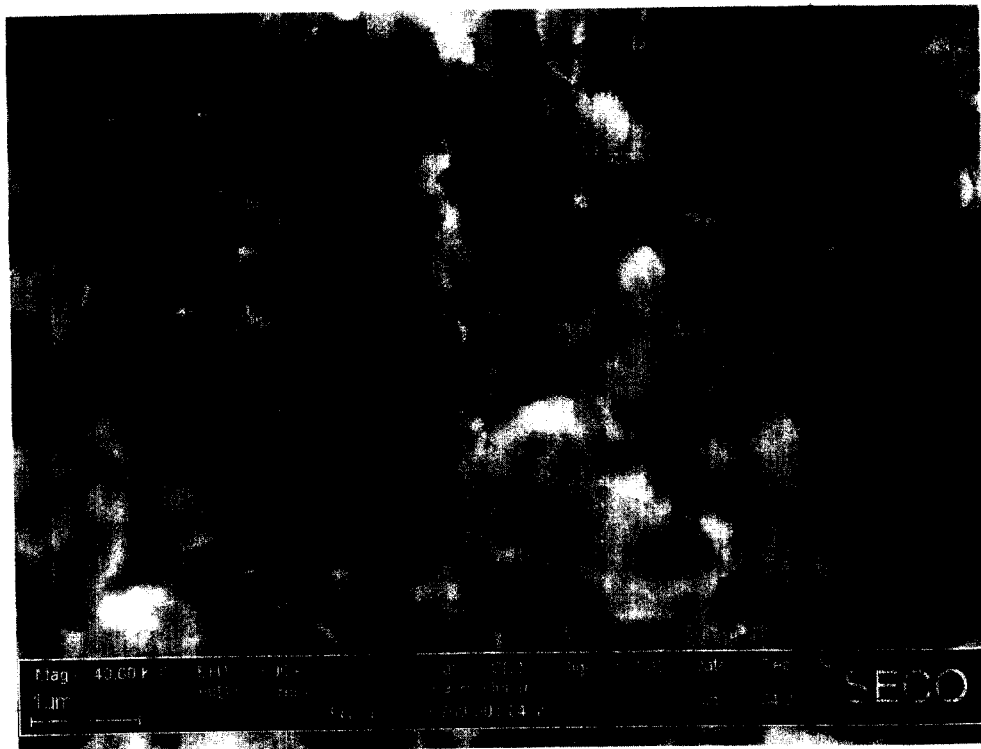


图 4