

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610093800.8

[51] Int. Cl.

*B23B 27/14 (2006.01)*

*B32B 33/00 (2006.01)*

*B32B 18/00 (2006.01)*

*C22C 29/08 (2006.01)*

[43] 公开日 2006年12月20日

[11] 公开号 CN 1879991A

[22] 申请日 2006.6.19

[21] 申请号 200610093800.8

[30] 优先权

[32] 2005.6.17 [33] SE [31] 0501410-5

[71] 申请人 山特维克知识产权股份有限公司

地址 瑞典桑德维肯

[72] 发明人 彼得·利特克 比约恩·永贝里

[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

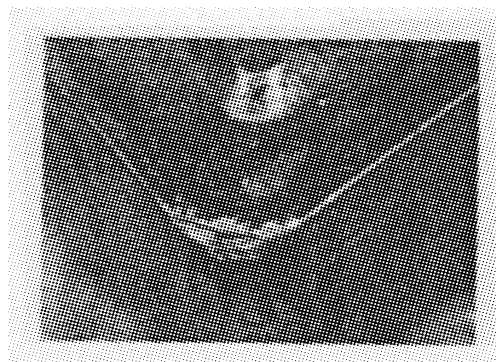
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 1 页

[54] 发明名称

涂层切削刀片

[57] 摘要

本发明涉及一种 CVD 涂层切削刀片，其具有 50-390MPa 的低拉应力水平的  $TiC_xN_y$  层和用 AFM 技术测量的平均  $Ra \leq 0.12 \mu m$  的高表面光洁度的  $\alpha - Al_2O_3$  层。这是通过对涂层进行强湿喷操作得到的。



1. 一种由硬质合金制成的涂层切削刀片，其包括基本为多边形或圆形的主体，该主体具有至少一个前刀面和至少一个间隙面，其特征在于，该刀片具有如下成分：6.4-8.6、优选为7.0-8.0、最优选为7.0-7.8wt-%的Co，4-8.5wt-%的立方碳化物，余量的WC，CW比率在0.78-0.92的范围内，并且具有贫立方碳化物TiC、TaC和/或NbC的厚度在10-35  $\mu\text{m}$ 、优选为15-25  $\mu\text{m}$ 的表面区域，所述刀片至少部分地利用厚10-25  $\mu\text{m}$ 的涂层涂覆，该涂层包括至少一个 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层，其中 $x \geq 0$ ， $y \geq 0$ ， $x + y = 1$ ，优选该 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层用MTCVD沉积；和 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层，该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层至少在前刀面上是外层，并且在所述至少一个前刀面上：

该 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层的厚度为5-15  $\mu\text{m}$ ，优选为6.5-13  $\mu\text{m}$ ，最优选为7-13  $\mu\text{m}$ ，并且拉应力水平为50-390MPa，优选为50-300MPa，并且，

该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层是最外层，其厚度为3-12  $\mu\text{m}$ ，优选为3.5-8  $\mu\text{m}$ ，最优选为4-8  $\mu\text{m}$ ，XRD衍射强度比 $I(012)/I(024) \geq 1.3$ ，优选为 $\geq 1.5$ ，并且在10个任意选择的 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 的面积上用AFM技术测量其至少在前刀面上的切屑接触区域中平均Ra值 $\text{MRa} \leq 0.12 \mu\text{m}$ ，优选为 $\leq 0.10 \mu\text{m}$ ，并且在所述间隙面上，

该 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层的拉应力在500-700MPa范围内，并且，

该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层的XRD衍射强度比 $I(012)/I(024) < 1.5$ ，优选采用在该间隙面上给出刀片不同颜色的0.1-2  $\mu\text{m}$ 厚的TiN、 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 、 $\text{ZrC}_x\text{N}_y$ 或TiC层覆盖该间隙面，

或者在所述至少一个前刀面和所述至少一个间隙面上：

该 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层的厚度为5-15  $\mu\text{m}$ ，优选为6-13  $\mu\text{m}$ ，最优选为7-13  $\mu\text{m}$ ，并且拉应力水平为50-390MPa，优选为50-300MPa，并且，

该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层的厚度为3-12  $\mu\text{m}$ ，优选为3.5-8  $\mu\text{m}$ ，最优选为4-8  $\mu\text{m}$ ，其XRD衍射强度比 $I(012)/I(024) \geq 1.3$ ，优选为 $\geq 1.5$ ，并且在前刀面上是最外层，在10个任意选择的 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 的面积上用AFM技术测量其至少在前刀面上的切屑接触区域中平均Ra值 $\text{MRa} \leq 0.12 \mu\text{m}$ ，优选为 $\leq 0.10 \mu\text{m}$ ，并且在所述间隙面上该顶层包括有色耐热涂料

或者有色PVD层。

2. 如权利要求1所述的切削刀片，其特征在于，在 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层之间具有 $0.2\text{-}2\ \mu\text{m}$ 厚的薄的 $\text{TiC}_x\text{N}_y\text{O}_z$ 结合层，其中 $x \geq 0$ ， $z > 0$ ，并且 $y \geq 0$ 。

3. 如前述权利要求中任何一项所述的切削刀片，其特征在于，该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层在012方向具有织构系数 $\text{TC}(012) > 1.3$ ，优选为 $\text{TC}(012) > 1.5$ 的织构。

4. 如前述权利要求中任何一项所述的切削刀片，其特征在于，该 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 层在110方向具有织构系数 $\text{TC}(110) > 1.5$ 的织构。

5. 如前述权利要求中任何一项所述的切削刀片，其特征在于，该涂层包括附加层，该附加层由金属氮化物和/或碳化物和/或氧化物构成，其中金属元素选自如下的金属：Ti、Nb、Hf、V、Ta、Mo、Zr、Cr、W和Al，总的层厚 $< 5\ \mu\text{m}$ 。

## 涂层切削刀片

### 技术领域

本发明涉及一种高性能涂层切削刀片，其特别适用于在较高切削速度下对钢材例如低合金钢、碳钢和韧化钢进行车削。该刀片基于WC、立方碳化物和Co粘结相制成，并且具有富钴表面区域，以赋予该切削刀片良好的抗塑性变形性质和较高的韧性。而且，涂层包括多个耐磨层，这些耐磨层经历过表面后处理，从而赋予刀片显著改进的切削性能。

### 背景技术

现有刀具中的大多数均采用涂覆有多个硬质层例如TiC、TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>、TiN、TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>O<sub>z</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的硬质合金刀片。各个层的顺序和厚度仔细地选择成适合不同的切削应用范围和待切削的工件材料。化学气相沉积（CVD）和物理气相沉积（PVD）是最为经常采用的涂覆技术。与未进行涂覆的刀片相比，CVD涂覆的刀片尤其在抗侧面磨损和抗月牙洼磨损性方面具有显著的优点。

CVD方法在950—1050℃的相当高的温度范围进行。由于这种高沉积温度和被沉积的涂覆材料与硬质合金刀片之间的热膨胀系数的失配，CVD方法可产生具有冷却裂纹和较高拉应力（有时高达1000MPa）的涂层。高的拉应力在一些切削条件下可能是不利的，因为其能够有助于冷却裂纹进一步扩展到硬质合金本体中并且造成切削刃的断裂。

在金属切削工业中，一直在努力试图扩大切削条件的范围，即承受较高切削速度的能力，同时不会牺牲在低速断续切削中抵抗断裂或者破碎的能力。

通过使刀片结合有富粘结相表面区域以及优化的、更厚的涂层，已经实现了对应用范围的重大改进。

然而，随着涂层厚度的增加，则在耐磨性方面的有利效果将被这样一种增加的不利效果所超越，该不利效果的表现形式为，涂层发生脱层的危险性提高并且韧性降低，从而使得刀具的可靠性降低。对于较软的工件材料例如低碳钢和不锈钢并且当涂层厚度超过 $5-10\mu\text{m}$ 时，这种情形尤为显著。而且，厚的涂层通常具有更加不平坦的表面，当切削涂抹材料例如低碳钢和不锈钢时，这是一种不利的性质。一种补偿方案是，如在多个专利例如EP 0 298 729、EP 1 306 150以及EP 0 736 615中所公开的，通过刷擦、湿喷对涂层施加后续的平滑处理操作。在US 5,861,210中，其目的例如在于获得光滑的切削刃，在前刀面将 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 作为顶层暴露出来，并且在间隙面保留TiN的层以用作磨损检测层。由此获得具有较高的抗剥落性的涂层。

将表面例如涂覆表面暴露于机械冲击如湿喷或干喷的各种后处理技术对于表面修整以及涂层的应力状态（ $\sigma$ ）有一定影响。

强烈的喷丸冲击可降低CVD涂层中的拉应力，但是通常其代价在于，由于沿着冷却裂纹形成小沟而丧失表面光洁度，或者甚至会导致涂层的脱层。

非常强烈的处理甚至可能导致太大的应力状态变化，例如，从高拉伸状态到高压缩状态，如在EP-A-1 311 712中所公开的，其中利用了干喷技术。

## 发明内容

已经发现，可以如此获得尤其对于钢材具有显著改进的切削性能的切削刀片，即，将具有特定成分的硬质合金与具有特定结构和厚度的涂层相结合，并且然后在受控的苛刻条件下通过湿喷对涂层刀片进

行后处理。

钴粘结相与W高度熔合。W在粘结相中的含量可被表示成CW比率： $CW \text{ 比率} = M_s / (Wt\text{-}\%Co * 0.0161)$ 。其中 $M_s$  = 以 $hAm^2/kg$ 为单位测得的饱和磁化值，并且Wt-%Co是硬质合金中的钴含量。低CW比率对应于在Co粘结相中的高W含量。所采用的后处理将赋予涂层有利的拉应力水平，赋予 $Al_2O_3$ 层一定的重要结晶特性，并且赋予顶表面优良的表面光洁度。

所述与喷丸技术的结合有效放宽了对能够应用的涂覆厚度的限制，同时不会牺牲切削性能。本发明申请所产生的结果在于，扩大了涂覆应用的范围。在韧性和涂层粘附性方面所实现的显著改进令人意外。

为了通过喷丸显著改变涂层的应力状态，喷丸媒质例如 $Al_2O_3$ 磨料需要以高冲击力撞击涂覆表面。冲击力能够通过例如喷丸浆料压力（湿喷）、喷丸喷嘴和涂覆表面之间的距离、喷丸媒质的颗粒尺寸、喷丸媒质的浓度以及喷丸射流的冲击角度来控制。

本发明的目的是提供具有改进韧性性质的CVD涂层切削刀片。

#### 附图说明

图1示出通过X射线测量用于评估残余应力的量角仪装置，其中：

E—欧拉<sup>1/4</sup>托架

S—样品

I—入射的X射线束

D—衍射的X射线束

$\theta$  — 衍射角

$\omega$  —  $\theta$

$\psi$  — 沿着欧拉<sup>1/4</sup>托架的倾角

$\Phi$  — 绕样品轴线的旋转角；

图2示出当进行特定切削性能测试时根据现有技术的刀片的磨损图纹，并且图3为根据本发明的刀片的磨损图纹；

图4示出根据现有技术的刀片的剥落测试结果，并且图5为根据本发明的刀片的剥落测试结果。

### 具体实施方式

本发明涉及涂层切削刀片，其包括基本为多边形或圆形的主体，该主体具有包括涂层和碳化物基体的至少一个前刀面和至少一个间隙面。该主体的成分如下：6.4-8.6、优选为7.0-8.0、最优选为7.0-7.8wt-%的Co，4-8.5wt-%的立方碳化物，余量的WC，CW比率在0.78-0.92的范围内，以及厚度在10-35  $\mu\text{m}$ 、优选为15-25  $\mu\text{m}$ 的表面区域，该表面区域为贫立方碳化物TiC、TaC和/或NbC的区域。该涂层包括至少一个TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>层和一个由100%  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>构成的良好的结晶层。一个这种 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>层在前刀面上和沿着切削刃线是顶部可见层，并且能够以足够高的能量进行对该层进行强烈湿喷以在Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>层和TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>层形成拉应力松弛。该Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>顶层至少在前刀面上的切屑接触区域中具有非常光滑的表面。

令人惊奇的发现：对于具有至少一个前刀面和至少一个间隙面的基本为多边形或圆形形状的涂层切削刀片，如果所述切削刀片被至少部分地涂覆生产以具有下述的特征，则能够实现相当大的韧性性质的改进，所述特征为具有：

作为倒数第二层的TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>层，其厚度在5-15  $\mu\text{m}$ ，优选为6-13  $\mu\text{m}$ ，最优选为7-13  $\mu\text{m}$ ，其中 $x \geq 0$ ， $y \geq 0$ ， $x + y = 1$ ，该层优选为用MTCVD产生，其拉应力为50-390MPa，优选为50-300MPa，最优选为50-220 MPa；以及

作为外层的 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>层，其厚度在3-12  $\mu\text{m}$ ，优选为3.5-8  $\mu\text{m}$ ，最优选为4-8  $\mu\text{m}$ ，该层作为前刀面和沿着刃线的顶层，在10  $\mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ 的面积上用原子力显微镜（AFM）测量，其至少在前刀面上的切屑

接触区域中平均粗糙度 $Ra \leq 0.12 \mu m$ ，优选为 $\leq 0.10 \mu m$ ，并且 $I(012)/I(024)$ 的XRD衍射强度（峰值高度减背景值）比 $\geq 1.3$ ，优选为 $\geq 1.5$ 。

优选的，在 $TiC_xN_y$ 层和 $\alpha-Al_2O_3$ 层之间具有厚度为 $0.2-2 \mu m$ 的薄的 $TiC_xN_yO_z$ 结合层，其中 $x \geq 0$ ， $z > 0$ ，并且 $y \geq 0$ 。这两层的总厚度 $\leq 25 \mu m$ 。

在涂覆结构中在基体和根据本发明的涂层之间可以包括附加层，该附加层由金属氮化物和/或碳化物和/或氧化物构成，其中金属元素选自如下的金属：Ti、Nb、Hf、V、Ta、Mo、Zr、Cr、W和Al，总的附加层厚度 $< 5 \mu m$ 。

优选，在 $TiC_xN_y$ 层中保留一些拉应力，因为发现，如果通过喷丸引起压应力则需要非常高的喷丸冲击力，而在这种条件下会经常沿着切削刃产生涂层剥落。还发现，与涂层如果具有仍然存在的一些拉应力的情形相比，这样引起的压应力随着切削操作中产生的温度增加并不那么稳定。

内层 $TiC_xN_y$ 层的残余应力 $\sigma$ 通过XRD测量用熟知的 $\sin^2 \psi$ 法评估，这种方法由I.C.Noyan、J.B.Cohen在Residual Stress Measurement by Diffraction and Interpretation, Springer-Verlag, New York, 1987(pp 117-130)一文中所描述。利用如图1所示的量角仪装置，使用CuK $\alpha$ 辐射测量 $TiC_xN_y(422)$ 的反射。测量应当在尽可能平坦的表面上进行。建议用侧倾技术（ $\psi$ 几何），其具有6—11个 $\psi$ 角，在 $0-0.5$ （ $\psi=45^\circ$ ）的 $\sin^2 \psi$ 范围内等距离。在 $90^\circ$ 的 $\Phi$ 扇形内的 $\Phi$ 角的等距离分布也是优选为的。为了确认双轴应力状态，样品倾斜 $\psi$ 角的同时应当旋转 $\Phi=0^\circ$ 和 $90^\circ$ 。建议测试可能存在的剪切应力，因此正负 $\psi$ 角均应当测量。在欧拉<sup>1/4</sup>托架的情况下，对于不同的 $\psi$ 角，这是通过还在 $\Phi=180^\circ$ 和 $270^\circ$ 测量样品完成的。 $\sin^2 \psi$ 法用于评估残余应力，优选为用市场上能买到的软件，例如Bruker AXS公司的DIFFRAC<sup>Plus</sup> Stress32



V.1.04进行评估, 在MTCVD涂覆的 Ti(C,N)层的情况下其具有常数杨氏模量,  $E=480\text{GPa}$ , 和泊松比,  $\nu=0.20$ , 并且用伪Voigt-Fit函数定位反射。在下面的参数中, 使用:  $E$ 模量= $480\text{GPa}$ , 和泊松比 $\nu=0.20$ 。在双轴应力状态, 拉应力计算为所得到的双轴应力的平均值。

对于 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 通常不能用 $\sin^2\psi$ 法, 因为需要的大 $2\theta$ 角XRD反射通常太弱。但是, 本发明人已经找到一种使得 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的状态与切削性能相关的有用的可选测量。

对于 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 粉末, 衍射强度比 $I(012)/I(024)$ 接近于1.5, Powder Diffraction File (粉末衍射资料) JCPDS No43-1484号表明强度 $I_0(012)=72$ , 而 $I_0(024)=48$ 。对于具有拉应力( $\sigma$ 约 $>350\text{MPa}$ )的硬质合金上的CVD涂覆的 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层, 强度比 $I(012)/I(024)$ 令人吃惊地大大小于期望的1.5的值, 最通常 $<1$ 。这可能是由于拉应力而导致在晶格中存在一些无序的缘故。业已发现, 当对这样的层通过例如强烈的喷丸操作而进行应力释放时, 或者它已经完全从基体上去掉并且成为粉末, 根据所用的喷丸力, 比值 $I(012)/I(024)$ 根据不同情况变得比较接近、等于或者甚至大于1.5。所施加的喷丸作用力越高, 则该比值将越高。因此这种强度比可以用作 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层的重要状态特征。

根据本发明, 切削刀片具有CVD涂层, 其包括倒数第二层的 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ 层和外层的 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层。该 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层可根据专利EP 0603144生产, 以在012方向赋予该 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 层晶体结构, 其织构系数 $\text{TC}(012) > 1.3$ , 优选为 $>1.5$ , 或者根据专利US 5, 851, 687和US 5, 702, 808生产, 以在110方向赋予织构系数 $\text{TC}(110) > 1.5$ 的织构。为了得到高表面光滑度和低拉应力水平, 对该涂层进行湿喷操作, 其中, 使用F150粒度的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 磨料(FEPA标准)及水构成的浆料, 在空气压力为2.2—2.6巴进行, 并且每个刀片约湿喷10-20秒。喷枪以 $90^\circ$ 的喷射角设置在距离刀片大约100mm的位置处。刀片在间隙面具有与黑色前刀面不同的颜色。优选为在最外层沉积 $0.1-2\mu\text{m}$ 厚的 $\text{TiN}$ (黄色)、 $\text{TiC}_x\text{N}_y$ (灰色或青铜色)、

$ZrC_xN_y$  (微红色或青铜色), 其中 $x \geq 0$ ,  $y \geq 0$ ,  $x + y = 1$ , 或TiC (灰色)的薄的色层。然后对该刀片进行喷丸处理, 以去除顶层并露出黑色的 $Al_2O_3$ 层。根据所选的涂层和所用硬质合金刀片的热膨胀系数 (CTE), 前刀面上的涂层将具有所希望的在50-390MPa的低拉应力, 而间隙面将具有在500-700MPa范围内的高拉应力。在本发明的另一实施例中, 对涂层刀片在前刀面和间隙面均进行喷丸, 并且在间隙面上喷涂有色的耐热涂料或者在此处沉积有色PVD层, 以便使得能够对已用切削刃进行辨识。

### 例子1

A) 一种硬质合金切削刀片, 其成分为: 7.5wt-%的Co、2.9wt-%的TaC、0.5wt-%的NbC、1.9wt-%的TiC、0.4wt-%的TiN, 其余为WC, 并且具有贫立方碳化物的表面区域 ( $22 \mu m$ )。所测得的饱和磁化值 $M_s$ 为 $0.99hAm^2/kg$ , 从而CW比率为0.82。该刀片用常规的CVD技术在 $930^\circ C$ 的温度下涂覆 $0.5 \mu m$ 厚的TiN层, 然后用MTCVD技术, 用 $TiCl_4$ 、 $H_2$ 、 $N_2$ 和 $CH_3CN$ 作为工艺气体, 在 $885^\circ C$ 的温度下涂覆 $9 \mu m$ 厚的 $TiC_xN_y$ 层。在同样涂覆循环期间, 在随后的处理步骤中, 在 $1000^\circ C$ 的温度下, 用 $TiCl_4$ 、CO和 $H_2$ 作为工艺气体, 沉积约 $0.5 \mu m$ 厚的 $TiC_xO_z$ 层。然后在沉积 $7 \mu m$ 厚的 $\alpha - Al_2O_3$ 层之前, 通过用2%的 $CO_2$ 、3.2%的HCl和94.8%的 $H_2$ 冲洗反应器两分钟而开始 $Al_2O_3$ 过程。在顶部沉积大约 $0.5 \mu m$ 厚的TiN薄层。沉积步骤期间的工艺条件如下:

	TiN	$TiC_xN_y$	$TiC_xO_z$	$Al_2O_3$ -开始	$Al_2O_3$
步骤	1和6	2	3	4	5
$TiCl_4$	1.5%	1.4%	2%		
$N_2$	38%	38%			
$CO_2$				2%	4%
CO			6%		
$AlCl_3$					3.2%
$H_2S$	—				0.3%
HCl				3.2%	3.2%

H <sub>2</sub>	余量	余量	余量	余量	余量
CH <sub>3</sub> CN	—	0.6%			
压力	160毫巴	60毫巴	60毫巴	60毫巴	70毫巴
温度	930℃	885℃	1000℃	1000℃	1000℃
时间	30分钟	6小时	20分钟	2分钟	7小时

对所沉积的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>层进行的XRD分析表明，该层仅由α相构成，并且织构系数TC(012)=1.4，其定义如下：

$$TC(102) = \frac{I(012)}{I_o(012)} \left\{ \frac{1}{n} \sum \frac{I(hkl)}{I_o(hkl)} \right\}^{-1}$$

其中：

I(hkl)=(hkl)反射的测得强度；

I<sub>o</sub> (hkl) = Powder Diffraction File (粉末衍射资料) JCPDS No 43-1484中的标准强度；

n=在计算中所采用的反射数目；

所采用的(hkl)反射为：(012)、(104)、(110)、(113)、(024)、(116)。

## 例子2

来自例1的涂层刀片在不同的条件下用前述喷丸方法进行后处理。对刀片的前刀面进行喷丸处理。使用四种不同的喷射压力：2.0、2.2、2.4和2.6巴以及不同的暴露时间。一些刀片还用含有SiC颗粒的尼龙刷子刷擦，以便使沿着切削刃及其附近的涂覆表面变光滑，并且一些刀片根据US 5, 861, 210进行喷丸。不同后处理过的刀片的涂层在高倍扫描显微镜(SEM)下检查。从检查中发现，一些以2.6巴压力喷射过的刀片在切削刃出现零星的涂层剥落。

用熟知的粗糙度值Ra表示的涂覆表面的光洁度在Surface Imaging

System AG公司（SIS）的设备上利用AFM测量，除了刷擦过的和未喷丸的刀片，所有的刀片都进行测量。在前刀面上的切屑接触区域中的10个随机选取的平面表面区域（ $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ ）上进行粗糙度测量。将这10个Ra值的平均值用作粗糙度值，在下面的表1中称为平均Ra（MRa）。

使用Bragg-Brentano衍射仪Siemens D5000进行X射线衍射分析，以利用CuK $\alpha$ 辐射确定I（012）/I（024）比值。

对于所有样品，在间隙面上获得的I（012）/I（024）比值均 $<1.5$ 。对于前刀面的相应测量示于表1。

在X射线衍射仪Bruker D8, Discover-GADDS上用 $\psi$ 几何法评估残余应力，该衍射仪具有激光视频定位的欧拉1/4托架，作为X射线源（CuK $\alpha$ 辐射）的旋转阳极和面积检测器（Hi-Star）。尺寸为0.5mm的准直仪用来聚焦射线束。使用以下量角仪设置对TiC $_x$ N $_y$ （422）反射进行分析： $2\theta = 126^\circ$ ， $\omega = 63^\circ$ 和 $\Phi = 0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ ，对于每个 $\Phi$ 角，使用 $0^\circ$ 和 $70^\circ$ 之间的8个 $\psi$ 倾角。 $\sin^2\psi$ 法用来利用Bruker AXS公司的软件DIFFRAC<sup>Plus</sup> Stress32 V. 1.04评估残余应力，其中的常数杨氏模量 $E=480\text{Gpa}$ ，泊松比 $\nu=0.20$ ，并且用伪Voigt-Fit函数定位反射。确定双轴应力状态，并且用平均值作为残余应力值。在前刀面和间隙面上均进行测量。对于所有的样品，在间隙面上获得的拉应力均位于500-700MPa的范围内，对于前刀面的相应测量示于表1。

表1

样品	压力, 巴/喷丸 时间, 秒	平均Ra值 MRa	发生断裂的时 间中值(分钟)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 层的 I(012)/ I(024)	TiC <sub>x</sub> N <sub>y</sub> 层中的 应力
A	刷擦	----	0.84	0.8	565
B	2.0/5	0.13	1.27	1.1	440
C	2.0/10	0.11	1.49	1.3	383
D	2.0/20	0.11	1.67	1.4	330
E	2.2/10	0.10	1.92	1.6	274
F	2.4/10	0.09	2.05	1.9	213
G	2.4/20	0.08	2.73	2.2	185
H	2.6/10	0.09	2.61	2.3	55

B=利用150粒度的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>磨料根据US 5,861,210进行喷丸;

C-H=根据例2进行喷丸。

### 例子3

进行过不同后处理的刀片在对韧性有很高要求的切削操作中进行测试。使用如下的条件:

干燥状态

切削速度  $V=120\text{m/min}$

进给速率  $f(t, \text{min}) = 0.15 \cdot (1+t/1.5)\text{mm/rev}$

切削深度  $a=1.5\text{mm}$

重复次数  $=10$

切削测试的结果清楚表明, 样品E、F、G和H具有最好的韧性性质, 其在TiC<sub>x</sub>N<sub>y</sub>层具有最低的拉应力、最高的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>层I(012)/I(024)比以及低的平均Ra值。样品C和D也具有显著低于现有技术情形的应力值。这些事实表明, 存在一定的性质参数空间, 其与切削刀片的寿命直接相关。因此必须同时存在多个条件和特征, 以便实现高性能的切削刀片。

#### 例子4

在生产曲轴的终端用户操作中，与高性能GC4025型切削刀片（世界销量最大的钢切削刀片）相对照，测试根据E生产的刀片。该操作包括断续切削并且由此测试刀片的韧性。

GC4025型切削刀片在加工31个构件之后便呈现出显著断裂的切削刃，而根据E生产的刀片则在加工41个构件后切削刃仅发生微小破裂，见图2。

#### 例子5

在另一个在终端用户处对表面硬化钢的加工测试中对比E和GC4025，在图3和4中示意出在抗剥落性方面的差异。同样在此情形，根据本发明生产的刀片被证实为优于根据现有技术生产的刀片。

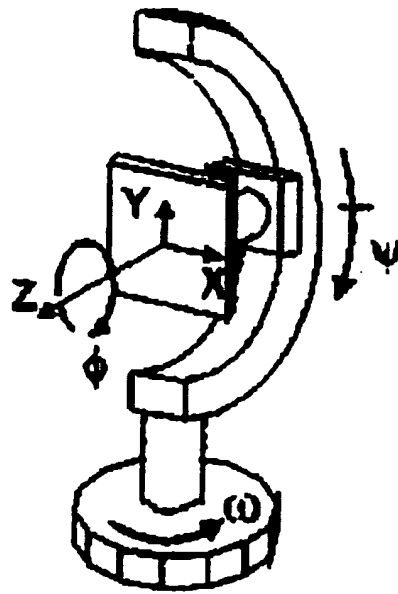


图1

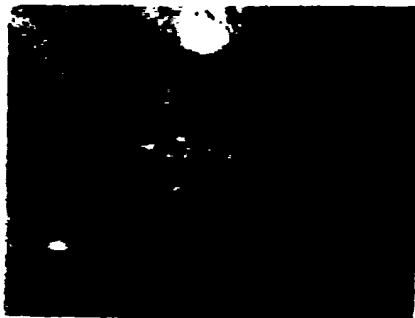


图2

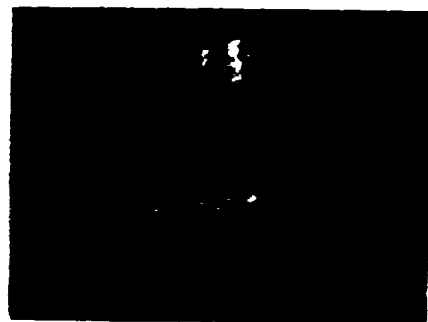


图3



图4



图5