



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104011256 B

(45)授权公告日 2016.10.26

(21)申请号 201280050674.1

(22)申请日 2012.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104011256 A

(43)申请公布日 2014.08.27

(30)优先权数据
1150851-2 2011.09.19 SE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.04.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2012/068455 2012.09.19

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/041576 EN 2013.03.28

(73)专利权人 拉米娜科技

地址 瑞士伊韦尔东

(72)发明人 J·布尔马克 H·库廷斯
A·根瓦德

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 庞东成 李栋修

(51)Int.Cl.
G23C 14/32(2006.01)
G23C 14/06(2006.01)
G23C 14/58(2006.01)

审查员 王滨

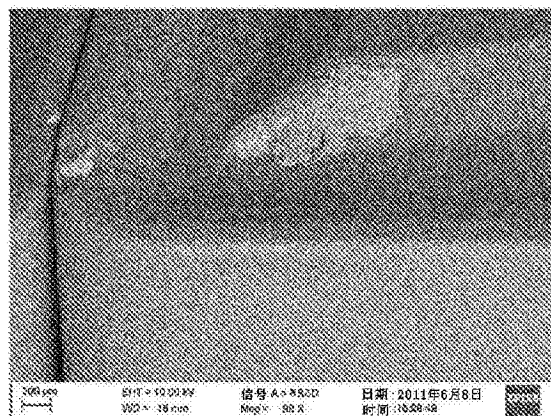
权利要求书1页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

具有涂层的切削工具

(57)摘要

本发明提供了一种具有涂层的切削工具,所述切削工具包括基体和涂层,其中,所述涂层包含至少一个通过阴极电弧沉积而沉积的化合物层,所述化合物层的厚度为 $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$,其特征在于,所述涂层的内部应力范围为从低于 0.2GPa 的低拉伸应力至低于 3GPa 的压缩应力。



1. 一种具有涂层的切削工具,所述切削工具包括基体和涂层,其中,所述涂层包含至少一个 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 的化合物层,其中 $0.5 < x < 0.7$ 或者 $0.3 < x < 0.5$,所述涂层通过阴极电弧沉积而沉积,厚度为大于 $15\mu\text{m}$ ~至多 $30\mu\text{m}$,其特征在于,所述涂层的内部压缩应力为大于 1.3GPa ~至多 2GPa ,所述内部压缩应力使用 $\sin^2\psi$ 法通过X射线衍射分析来确定。

2. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述化合物层的厚度为 $20\mu\text{m}$ ~ $30\mu\text{m}$ 。

3. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,就定义展开面积比的表面构造参数 S_{dr} 而言,所述涂层的表面区域粗糙度小于 10% 。

4. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,就定义峰密度的表面构造参数 S_{pd} 而言,所述涂层的表面区域粗糙度小于 $10 \times 10^3/\text{mm}^2$ 。

5. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,就定义表面的算数平均高度的表面构造参数 S_{a} 而言,所述涂层的表面区域粗糙度小于 $0.4\mu\text{m}$ 。

6. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述化合物层是单层。

7. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述化合物层是多层结构。

8. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述切削工具通过喷射进行过后处理。

9. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述切削工具在所述涂层内包含内部应力的梯度,所述内部应力向着所述化合物层外表面具有更高的压缩应力。

10. 如权利要求1所述的具有涂层的切削工具,其中,所述基体是烧结碳化钨(WC)基体,所述碳化钨(WC)基体具有亚微米晶粒尺寸、 $5\text{重量}\% \sim 13.5\text{重量}\%$ 的Co和使得Cr/Co重量比为 $0.04 \sim 0.15$ 的Cr、余量的WC以及ppm水平的Ti、Ta或V元素。

11. 如权利要求10所述的具有涂层的切削工具,其中,所述基体的矫顽性 H_c 为 $18\text{kA/m} \sim 30\text{kA/m}$ 。

12. 如权利要求10或11所述的具有涂层的切削工具,其中,所述基体的硬度 HV_3 为 $1500\text{kgf/mm}^2 \sim 2200\text{kgf/mm}^2$ 。

具有涂层的切削工具

技术领域

[0001] 本发明涉及一种包括基体和较厚的PVD涂层的具有涂层的切削工具。

背景技术

[0002] 大多数用于车削、铣削、钻削或形成切屑的其他机械加工的切削工具如今都涂覆有使用化学气相沉积(CVD)或物理气相沉积(PVD)技术沉积的耐磨涂层,由此能够延长该工具的使用寿命和/或提高生产率。通常,为了提高耐磨性而使用较厚的涂层。对于CVD涂层而言,这容易实现。然而,与CVD涂层相比,PVD涂层具有若干个引人注目的性质,特别是在涂层中提供压缩应力的能力,这与CVD涂层相比会带来提高的韧度。该压缩应力基本上源于基体和涂层之间的热膨胀差异以及沉积过程中的高能离子轰击所带来的致密化效应。这种有利的离子轰击效应几乎不存在于所有的PVD技术(例如热蒸发)中,但却广泛存在于溅射沉积中;在进行阴极电弧沉积时,由于碰撞离子的高动能,压缩应力可以变得过高,常常大于5GPa。对基体施加偏压是提高动能的标准方法,并用于硬涂层,认为硬涂层对于获得所需的机械性质而言是必要的。致密化通常导致涂覆材料的硬度增加和耐磨性增加。结合潜在较高的沉积速率,这使得阴极电弧沉积技术成为用于切削工具涂层沉积的令人关注的替代性技术。

[0003] 然而,由于过重的离子轰击,可能产生缺陷,而且过高的压缩应力最终会使涂层(特别是厚涂层)自发脱层或因机械加工过程中作用于涂层上的力而脱层。因此,通常控制涂层中的应力水平,从而在不过多地破坏涂层的粘着的情况下获得最高可能的压缩应力。特别而言,沿着具有涂层的切削工具刀片的刃部的剥落(flaking)是已为人熟知的问题。例如,US 7,838,132公开了在烧结碳化物基体上阴极电弧沉积约3 μ m厚的(Ti,Al)N涂层,其中在从-40V至-200V的不同的基体偏压下使用了200A的电弧电流,并且推断出在约-70V时最佳,在此处可以获得较高的压缩应力(即,大于4GPa)且仍具有良好的粘着。其他成熟的偏压施加技术能够在沉积过程中实现应力解除和键重排,由此在不严重遭受脱层问题的情况下获得较高的动能。

[0004] 因此,现有技术的阴极电弧沉积方法面临如何权衡涂层厚度(对于耐磨性而言至关重要)与涂层的机械性质品质(特别是韧度)的问题。

发明内容

[0005] 本发明的一个目的是提高具有涂层的切削工具的耐磨性且不使其他性质(例如抗剥落性)劣化。另一个目的是提供带PVD涂层的工具,所述工具适合用于在钢中进行车削以及常使用CVD涂层的其他应用。这通过下述具有涂层的切削工具来实现,所述切削工具包括基体和涂层,其中,所述涂层包含至少一个Ti_{1-x}Al_xN的化合物层,其中0.5<x<0.7或者0.3<x<0.5,所述涂层通过阴极电弧沉积而沉积,厚度为大于15 μ m~至多30 μ m,其特征在于,所述涂层的内部压缩应力为大于1.3GPa~至多2GPa,所述内部压缩应力使用sin² ψ 法通过X射线衍射分析来确定。

[0006] 本发明的一个实施方式的具有涂层的切削工具包括基体和涂层,其中,所述涂层包括通过阴极电弧沉积而沉积的至少一个化合物层,所述涂层的厚度大于 $5\mu\text{m}$ 、优选大于 $15\mu\text{m}$ 、更优选大于 $20\mu\text{m}$ 、进一步优选为 $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ 。就此目的而言,厚度是指具有涂层的切削工具的具有最厚涂层的侧面(即,后刀面(flank side)或前刀面(rake side))上的厚度。该厚度优选通过在抛光的截面上的距离刀刃线约 0.2mm 处通过光学显微镜来测量。对于不规则的表面,例如钻头和端铣刀的表面,本文给出的厚度是指对任何适度平坦的表面或具有相对大的曲率且离任何边缘或角都有一定距离的表面进行测量而得到的厚度。例如,对于钻头,所述测量应当在外周上进行。所述厚度超过了当前现有技术的利用PVD制造的具有涂层的切削工具的涂层厚度,因此具有优异的耐月牙洼(crater)磨损性,同时在后刀面磨损和剥落方面仍具有一样好或更佳的性能。所述化合物层包含选自第4族、第5族、第6族(IUPAC)、Si、Al和Y中的至少一种第一元素和选自N、B、O和C中的至少一种第二元素。

[0007] 在一个实施方式中,所述化合物层包含选自由Ti、Al、Si、Zr、Ta、Nb、W、V、Hf、Y、Cr组成的组的至少一种第一元素,更优选所述至少一种第一元素的氮化物或其组合,优选具有选自由 $(\text{Ti}, \text{Al})\text{N}$ 、 $(\text{Ti}, \text{Al}, \text{Si})\text{N}$ 、 $(\text{Ti}, \text{Si})\text{N}$ 、 $(\text{Al}, \text{Cr})\text{N}$ 、 $(\text{Ti}, \text{Al}, \text{Cr})\text{N}$ 和 $(\text{Ti}, \text{Al}, \text{Cr}, \text{Si})\text{N}$ 组成的组的组成,这会得到耐磨性硬涂层,特别是具有良好的耐研磨性。

[0008] 所述化合物层可以以单层或多层结构的形式提供。此处的多层结构是指至少5个至数千个单独的层的堆叠体,优选包含至少两种重复交替的性质不同(例如,组成不同)的单独的层。所述重复可以是周期性的或非周期性的。与多层结构相反,单层在所述单层的整个厚度上都具有基本相同的性质。然而,在单层、多层结构的单独的层或多层结构的部分厚度或整个厚度上,一种或多种性质也可以连续变化。例如,可以形成组成梯度。

[0009] 在一个实施方式中,所述化合物层的平均组成为 $(\text{Ti}_{1-a-b-c}\text{Al}_a\text{Cr}_b\text{Si}_c)\text{N}$,其中 $0 < a \leq 0.7$, $0 \leq b < 0.5$, $0 \leq c < 0.17$, 且 $a+b+c < 1$ 。此处,平均组成是指在涂层的横截面的截面上测得的组成。当利用例如能量弥散性X射线光谱法(EDS)对涂层的截面进行测量时,由于层厚度较小,在没有相邻的层的帮助下,该测量的空间分辨率可能不足以解析多层结构的单独的层的组成。可以容易测得的是包含多于一个单独的层的多层结构的一部分的平均组成。

[0010] 在本发明的另一个实施方式中,所述化合物层是具有 $0.5 < x < 0.7$ 的平均组成的 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 单层。

[0011] 在本发明的又一个实施方式中,所述化合物层是具有 $0.3 < x < 0.5$ 的平均组成的 $\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x\text{N}$ 单层。

[0012] 优选的是,本发明的实施方式的基体是具有或不具有涂层的切削工具,例如切削工具刀片、圆工具(钻头、端铣刀、丝锥(tap)等),并且由已知用于这些应用的任何材料制成,例如烧结碳化物、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼、多晶金刚石或高速钢。更优选的是,所述基体由烧结碳化物、金属陶瓷或立方氮化硼制成,因为这些材料具有对于完全获益于沉积在基体上的涂层的有利性质而言必需的热性质和机械性质,以使得具有涂层的切削工具可以获得优异的耐磨性和韧度。

[0013] 本发明的一个实施方式的烧结碳化物基体优选包含5重量%~13.5重量%的Co和余量的碳化钨(WC)。此外,可以存在Ti、Ta、V、Cr、Nb元素。

[0014] 本发明的一个实施方式的烧结碳化物基体优选包含亚微米晶粒尺寸的碳化钨(WC)、5重量%~13.5重量%的Co(优选6重量%~10重量%的Co)和使得Cr/Co重量比为

0.04~0.15的Cr以及余量的WC。此外,还有ppm水平的Ti、Ta或V元素。优选的是,该细晶粒化的基体的矫顽性Hc为18kA/m~30kA/m。优选的是,所述基体的硬度HV3为1500kgf/mm²~2200kgf/mm²,更优选为1800kgf/mm²~2200kgf/mm²。

[0015] 本发明的具有涂层的切削工具的化合物层以及涂层的应力状态优选利用下文说明的沉积参数和喷射(blasting)来控制。喷射具有使沉积得到的涂层变光滑的效果。所述涂层的内部应力范围优选为从小于3GPa的压缩应力至小于0.2GPa的拉伸应力,通过X射线衍射分析确定。可以用标准化表面构造(surface texture)参数(ISO 25178)来定义用白光光学干涉法测得的涂层表面区域粗糙度(surface areal roughness)。优选的是,表面构造参数Sa(其定义了表面的算数平均高度)小于0.4μm,优选小于0.3μm。在本发明的一个实施方式中,表面构造的特征还在于,表面构造参数Spd(其定义峰密度)小于10×10³/mm²。在本发明的另一个实施方式中,表面构造的特征还在于,表面构造参数Sdr(其定义展开面积比)小于10%,优选小于6%。

[0016] 本发明的实施方式的涂层的内部应力σ使用公知的sin²ψ法(如I.C.Noyan, J.B.Cohen, Residual Stress Measurement by Diffraction and Interpretation, Springer-Verlag, New York, 1987(117-130页)所描述)通过X射线衍射测量来评估。这些测量可以使用(Ti, Al)N上的(200)反射(或除(Ti, Al)N的其他组成上的类似反射)的CuKα放射来进行。推荐的是,使用在选定的sin²ψ范围内具有等距的6~11个、优选8个ψ角的侧倾技术(ψ几何)。Φ角优选在90°的Φ扇区内等距分布。为了确认双轴应力状态,应当将样品在以ψ倾斜的同时转动Φ=0°和90°。推荐的是,调查剪切应力的可能存在,因此应当测量负ψ角和正ψ角。对于欧拉1/4支架,这通过还针对不同的ψ角在Φ=180°和270°测量样品来实现。所述测量应当在尽可能平坦的表面上进行,优选在刀片的后刀面上进行。对于残余应力值的计算,使用泊松比ν=0.20和杨氏模量E=450GPa。作为另一选择,可以通过例如纳米压痕技术来确定杨氏模量E。优选的是,使用可商购的软件来评估数据,例如来自Bruker AXS的DIFFRAC^{plus} Stress32v.1.04,其优选通过Pseudo-Voigt拟合函数来定位(200)反射。在双轴应力状态的情况下,计算所获得的双轴应力的平均值作为总应力。

[0017] 在本发明的一个实施方式中,涂层的压缩应力高于0.8GPa、优选高于1.3GPa。通过增加压缩应力,可以提高韧度。

[0018] 在本发明的一个实施方式中,涂层的压缩应力低于2.5GPa、更优选低于2GPa。由于对涂层中的压缩应力的这种限定和阴极电弧沉积方法的有利性质,可以同时获得高耐磨性和高的抗剥落性。

[0019] 在本发明的一个实施方式中,将涂层的内部应力控制得能够受益于压缩应力的效果且不会遭受涂层厚度引起的脱层问题。优选的是,涂层的厚度大于5μm、优选大于15μm、更优选大于20μm、进一步优选为10μm~30μm,且涂层的内部应力为1GPa~2GPa的压缩应力、优选1.3GPa~2GPa的压缩应力。

[0020] 在本发明的一个实施方式中,涂层的化合物层是具有0.5<x<0.7的平均组成的Ti_{1-x}Al_xN单层。该涂层的厚度至少为6μm、优选大于15μm,该涂层的压缩应力为1GPa~2GPa、优选1.3GPa~2GPa。涂层优选具有占支配地位的(200)构造,即,经X射线衍射测量,(200)的强度显著高于(111)的强度。优选的是,表面区域粗糙度是光滑的,即,Sa小于0.4μm、优选小于0.3μm,Spd小于10×10³/mm²,且Sdr小于10%、优选小于6%。优选的是,基体由烧结碳化物

制成,更优选由细晶粒化的烧结碳化物制成。在月牙洼磨损、后刀面磨损和剥落方面,该实施方式产生了预料不到的良好效果。在另一个实施方式中,所述化合物层是 $Ti_{1-x}Al_xN$ 单层,平均组成为 $0.3 < x < 0.5$,其余性质与之前的实施方式相同。

[0021] 在本发明的又一个实施方式中,涂层的化合物层是平均组成为 $(Ti_{1-a-b}Al_aCr_b)N$ 且 $0 < a < 0.6$ 、 $0 < b < 0.15$ 的多层。该涂层的厚度至少为 $6\mu m$ 、优选至少 $10\mu m$,该涂层的压缩应力为 $1GPa \sim 2GPa$ 。优选的是,表面区域粗糙度是光滑的,即, Sa 小于 $0.4\mu m$ 、优选小于 $0.3\mu m$, Spd 小于 $10 \times 10^3/mm^2$,且 Sdr 小于 10% 、优选小于 6% 。优选的是,基体由烧结碳化物制成,更优选由细晶粒化的烧结碳化物制成。

[0022] 在本发明的一个实施方式中,将涂层的内部应力控制到适中,从而得能够得到具有高耐磨性且不会遭受脱层问题的非常厚的涂层。优选的是,该涂层的厚度大于 $15\mu m$ 、更优选大于 $20\mu m$ 、进一步优选为 $10\mu m \sim 30\mu m$ 、最优选为 $20\mu m \sim 30\mu m$,且该涂层的内部应力的范围为从低于 $0.2GPa$ 的低拉伸应力至低于 $0.2GPa$ 的低压缩应力。

[0023] 在一个实施方式中,涂层的化合物层为具有 $0.5 < x < 0.7$ 的平均组成的 $Ti_{1-x}Al_xN$ 单层,厚度大于 $15\mu m$ 、优选为 $15\mu m \sim 30\mu m$ 、进一步优选为 $10\mu m \sim 30\mu m$ 、最优选为 $20\mu m \sim 30\mu m$,该涂层的内部应力范围为从低于 $0.2GPa$ 的低拉伸应力至低于 $0.2GPa$ 的低压缩应力。该涂层优选具有占支配地位的(200)构造。优选的是,表面区域粗糙度是光滑的,即, Sa 小于 $0.4\mu m$ 、优选小于 $0.3\mu m$, Spd 小于 $10 \times 10^3/mm^2$,且 Sdr 小于 10% 、优选小于 6% 。优选的是,基体由烧结碳化物制成,更优选由细晶粒化的烧结碳化物制成。在月牙洼磨损、后刀面磨损和剥落方面,该实施方式产生了预料不到的良好效果。

[0024] 在一个实施方式中,所述化合物层在涂层内具有内部应力梯度。该梯度可以通过控制沉积条件和/或处理后喷射来决定。例如,可以在沉积过程中改变偏压来实现内部应力梯度,例如,线性地增加偏压会使内部应力向着化合物层外表面的朝着更高的压缩应力发生基本线性的变化,或者可以以指数方式增加偏压,从而使内部应力向着化合物层最外部朝着更高压缩应力发生激增,而化合物层内部的压缩应力则较低或甚至为拉伸应力。

[0025] 所述化合物层可以是与基体最接近的最内层。其还可以是所述涂层的最外层。除了所述至少一个化合物层外,涂层还可以由更多的层组成,例如,位于基体和化合物层之间的一个或多个中间层,或沉积在化合物层上的最外层。

[0026] 借助于本发明,可以提供一种具有PVD涂层的切削工具刀片,其在月牙洼磨损、后刀面磨损方面的性能优于常规的具有PVD涂层的切削工具且不会遭受剥落,并且其耐月牙洼磨损性与现有技术的具有CVD涂层的切削工具相当。

[0027] 本发明的在真空室内在基体上阴极电弧沉积包含至少一个化合物层的涂层的方法包括:在平板状靶(充当阴极)和阳极装置之间施加至少 $200A$ 的电弧电流,从而由呈现为所述平板状靶表面上的一个或多个电弧点的电弧放电产生等离子体,由此使得电弧放电的离子从所述平板状靶中发射出以帮助形成基体涂层。

[0028] 已发现,待涂覆的基体表面处的离子电流密度对于涂层的性质而言非常重要。离子电流密度的一种量度是一个或多个平板状靶所产生的总离子电流。总离子电流可以通过以下方法来估算:使用相对于阳极装置的电势呈负偏压且在距离靶表面约 $15cm$ 处面向平板状靶的探针表面来测量离子电流密度,并将测得的离子电流密度乘以所述平板状靶的总表面积。优选的是,总离子电流为至少 $5A$ 。

[0029] 已发现,使用小靶不易获得足够高的总离子电流,这是因为电弧的功率密度通常变得过高以至于不能有效地控制靶材料的蒸发,由此会从靶表面发射出不可接受的数量的小滴,这对涂层品质有害。通过使用相对大的靶面积,可以将靶上的电流密度和局部热负荷保持在中等水平,并同时提供高的总离子电流。

[0030] 平板状靶的表面积优选大于 500cm^2 ,更优选大于 1000cm^2 。因此,可以使电弧放电分支化成分布在基本上整个靶表面积上的多个电弧点。这种分支化受到高的电弧电流的促进。这种分支化的一个优势在于其在整个靶表面积上的等离子体中产生相对均匀的离子电流密度。这可以作为在沉积过程中靶表面的基本均匀的发光而被观察到。分支化的另一优势是其能够提高靶的利用度。又一优势是其可以获得在整个真空室内均匀的沉积条件,由此在一批待涂覆的基体内获得均匀的涂层厚度和性质。

[0031] 优选的是,为了获得高的总离子电流和在基体处获得高的离子通量,在电流的饱和条件下测得的离子电流密度大于 $6\text{mA}/\text{cm}^2$ 、更优选大于 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ 、进一步优选为 $6\text{mA}/\text{cm}^2\sim 16\text{mA}/\text{cm}^2$ 。可以提供额外的平板状靶,例如,以进一步提高供应至所形成的等离子体的离子电流,或提供具有不同组成的平板状靶。

[0032] 电弧放电为等离子体供应离子。供应至等离子体的离子量的一种量度是来自上文定义的平板状靶的总离子电流。使用多个平板状靶时,离子的供给可以通过将来自每个平板状靶的总离子电流相加来确定。优选的是,来自各平板状靶的总离子电流之和除以真空室的容积至少为 $3\text{A}/\text{m}^3$ 。

[0033] 所述方法包括:在基体和平板状靶之间施加电势差,即,相对于阳极装置的电势 V_A 为负的向基体施加的偏压 V_S 和相对于阳极装置的电势 V_A 为负的阴极电压 V_C 之间的电势差。如上所述,已知这具有会影响涂层的应力状态的效果,并且通常使用较高的偏压水平来获得高的压缩应力。但是已发现,如果以相对低的偏压水平向基体施加偏压,可以实现本发明的目标。优选的是,电压差为 $V_S-V_A>-30\text{V}$, $-20\text{V}<V_C-V_A<0\text{V}$,且 $-10\text{V}\leq V_S-V_C\leq 10\text{V}$ 。在所述方法的一个实例中, $V_S-V_C\leq 0\text{V}$ 。在另一实例中, $-19\text{V}\leq V_C-V_A\leq -15\text{V}$,优选 $-18\text{V}\leq V_C-V_A\leq -16\text{V}$ 。在又一实例中, $-30\text{V}\leq V_S-V_A\leq -15\text{V}$,优选 $-25\text{V}\leq V_S-V_A\leq -15\text{V}$ 。为实现本申请的目的,试图使偏压 V_S 为峰值电压。

[0034] 由于对基体施加了相对低的偏压,对基体的离子碰撞将具有中等的动能,这与上述的为了提高离子迁移率并由此提高机械性质而提高离子动能的普遍措施相反。然而,由于高离子电流密度,在基体表面提供了高离子通量,因此从离子转移到达基体表面的总能量仍然较高,从而增强了表面的离子迁移率,这改进了机械性质且不会在涂层中产生有害的高应力水平和/或缺陷。因此,可以有效地控制涂层中的应力状态。

[0035] 通过增加电弧电流,总离子电流增加,并且沉积速率也提高。电流的增加还促进了电弧放电的分支化。优选的是,产生电弧等离子体的电弧电流为至少 $400\text{A}/\text{平板状靶}$,优选为至少 800A ,更优选为 $400\text{A}\sim 1200\text{A}$ 。

[0036] 通常,在现有技术的阴极电弧沉积系统中,真空室的室壁充当所有靶的阳极。本发明的用于沉积涂层的沉积系统优选包括阳极装置,所述阳极装置包括阳极部件,所述阳极部件的阳极表面朝向平板状靶且与每个平板状靶同心设置并且沿着其外缘横向延伸。该大阳极表面设置在接近靶的位置,且该阳极表面的面积在平板状靶的整个长度方向上相当恒定,由此提供了在整个长度上均匀的等离子体条件,而不管真空室中其他地方的条件如何。

在平板状靶末端部分的每一侧上,在至少部分地沿着靶的宽度方向延伸的外缘部分中,阳极部件优选基本中断,从而能够定制阳极表面的形状和尺寸以使得等离子体条件在末端部分也均匀。阳极部件还可以包含随着阳极部件在靶的法线方向上延伸远离平板状靶而向外逐渐变窄的阳极表面。

[0037] 本发明的阳极部件还可以有助于在整个平板状靶上形成平衡的电磁场。该总电磁场还受到源于电弧电流的磁自场、源于磁场发生器件的磁场和源于平板状靶的电流配对(current mating)的磁场的影响。平衡电磁场的一个优势在于使对平板状靶的腐蚀变得均匀,并且与常规的沉积系统相比靶的利用度得到改进,特别是对于超过200A的高电弧电流而言。

[0038] 所述沉积系统还可以包括在靶表面上产生横向磁场的器件。横向磁场可以用来引导电弧等离子体的电弧点的位移。优选的是,源自磁场发生器件的磁场是适中的,优选低于100高斯,更优选为5高斯~40高斯。这在平板状靶周围形成了对电弧放电(即,电弧放电的分支)的较弱引导。

[0039] 在沉积过程中,优选将阻抗(通过测量阳极装置和平板状靶上的平均电压和电弧电流来确定阻抗)控制在预定范围内,优选小于0.1欧姆,更优选小于0.05欧姆。这至少部分地通过使用相对弱的横向磁场来引导电弧放电来实现,这与使用强磁场的受引导电弧技术相反。这些受引导电弧技术是常规方法,其略微增加电弧电流,但不易超过200A,且不会因小滴形成增多而破坏涂层性质。同样,使用上述的阳极-阴极构造和低阻抗方法,可以增加电弧电流来实现电弧放电的有效多分支化和致密的等离子体,从而得到高沉积速率且不会破坏涂层性质。然而,应理解的是,该阻抗不仅由所施加的磁场决定,还由其他参数决定,例如阳极布局、阳极设计、气压、阴极设计等。因此,在限制阻抗时,所有参数都应考虑。

[0040] 阳极与阴极之间的弱磁引导和明确界定的电场提高了靶的利用度,因为这防止了与随机电弧和常规的受引导电弧技术相关的问题。例如,与后者相比,靶中常见的跑道现象因靶表面上电弧点的均匀分布和电弧的有效分支化而得到防止。

[0041] 通过将弱磁引导与具有与靶接近的大阳极表面的阳极部件组合并提供就阴极表面和靶周围的阳极表面的磁场和几何布局而言(特别是在平板状靶的末端部分)均匀的等离子体条件,靶周围的阳极电流密度可以保持恒定,这使得在靶周围能够实现更高的电流和均匀的腐蚀。

[0042] 通过使源于电弧电流的磁自场、源于磁场发生器件的磁场和源于靶的电流配对的磁场的磁场在平板状靶的整个表面上平衡,相对于平板状靶周围的磁道线为横向的对平板状靶的腐蚀会变得更均匀。因此,可以提高靶的利用度。

[0043] 所述方法还可以包括在沉积过程中逐渐改变偏压来控制化合物层的内部应力。优选的是,在沉积过程中增加偏压。可以以线性或渐进(例如,指数)方式来增加偏压。

[0044] 优选的是,使沉积进行至形成了厚涂层,优选的是厚度为至少5 μm 、更优选至少15 μm 、进一步优选至少20 μm 。本领域技术人员将理解,可以改变沉积方法来获得单层或多层涂层。多层结构可以用本领域已知的方法来获得,例如,使用具有不同组成的多个靶,并在这些靶的前方转动要涂覆的基体。

[0045] 所述方法还可以包括不同的预处理或后处理步骤。

[0046] 一个实例是包括对基体进行喷射处理的预处理,所述喷射处理优选为两步式喷射

操作,包括使基体刀刃钝化(edge rounding)的第一干喷射步骤和随后的除去干喷射步骤中的残余物的第二湿喷射步骤。然而,喷射也可以只进行干喷射和湿喷射之一。预处理喷射的参数可以变化,而且是本领域技术人员公知的。

[0047] 在另一实例中,对由一个或多个上述步骤形成的涂层进行后处理,后处理包括喷射或替代性的喷丸硬化(shot peening)等。在一方面,喷射可以提供更光滑的表面。在另一方面,喷射可以改变涂层中的应力状态,例如,提高涂层中的压缩应力。这两方面都有助于改进根据本发明实施方式的沉积方法形成的具有涂层的切削工具的性能,特别是对于厚涂层而言。由于使用沉积参数(例如压力、离子电流密度和偏压)对应力状态的组合控制,对涂层的应力状态的后处理喷射控制可以得到改进,这使具有涂层的切削工具产生预料不到的良好性能。

[0048] 优选的是,使用喷嘴和颗粒以约0.1MPa~0.6MPa的压力对涂层进行湿喷射,所述喷嘴以相对于基体的前刀面为约20mm~300mm、优选40mm~200mm的距离和约0~90°、优选35°~65°的角度设置,所述颗粒为100目~800目、优选300目~500目。对涂层的湿喷射持续时间优选为约0.5分钟~1分钟。适合使用的颗粒包括但不限于氧化铝、碳化硅和氧化锆。

[0049] 在喷射中,喷射介质(例如颗粒)通常以磨蚀方式高速碰撞到基体上。如上所述,喷射可以在干喷射条件(即,作为粉末使用颗粒等)或湿喷射条件(即,使用悬浮在流体中的颗粒等)下进行。根据喷射条件,对于喷射介质、压力、角度和持续时间,喷射效果会有所不同。可以例如调整喷射过程来使基体表面变得平滑或粗糙。如上所述,喷射还可以改变所沉积的涂层的应力状态。本领域技术人员知晓,这种改变可以通过例如选择特定的喷射介质、持续时间、角度和压力等来定制。

[0050] 本领域技术人员知晓,在沉积化合物层或其单独的层之前、过程中或之后,沉积方法可以包括不同的等离子体蚀刻步骤。

[0051] 参考附图和权利要求,本发明的其他目标、优势和新特征将从下文对本发明的详细描述中变得显而易见。

附图说明

[0052] 现将参照附图来描述本发明的实施方式,在附图中:

[0053] 图1a是用于制造本发明的涂层的沉积系统的示意图,

[0054] 图1b显示了图1a中所示的沉积系统的平板状靶和阳极部件的前视图和俯视图,

[0055] 图2是本发明的一个实施方式的具有(Ti,Al)N涂层的切削工具(实施例1)在钢中进行车削后的扫描电子显微镜图像,

[0056] 图3是本发明的一个实施方式的具有(Ti,Al)N涂层的切削工具(实施例3)在钢中进行车削后的扫描电子显微镜图像,

[0057] 图4是本发明的一个实施方式的具有(Ti,Al)N涂层的切削工具(实施例7)在钢中进行车削后的扫描电子显微镜图像,

[0058] 图5是现有技术的具有(Ti,Al)N涂层的切削工具(实施例9)在钢中进行车削后的扫描电子显微镜图像,

[0059] 图6a图示了通过将测得的离子电流密度乘以靶尺寸而确定的总离子电流,其中图6a是用来测量离子电流密度的等离子体探针的照片,

[0060] 图6b图示了由等离子体探针测量确定的本发明实施方式和现有技术的平板状靶前方的总离子电流。

具体实施方式

[0061] 图1a示意性地图示了本发明的用于阴极电弧沉积涂层的沉积系统的一个实例。图1b显示了平板状靶1和阳极部件的前视图和俯视图。本文中对涂层的制造的描述是参照非限制性实例来进行的,但本领域技术人员知晓,沉积系统可以以不同方式来改造。如在其他PVD沉积系统中一样,涂层的沉积在真空室3中进行,真空室3与真空泵(未示出)连接以控制真空室3内的压力。充当沉积过程中的涂层材料源的一个或多个平板状靶1设置在真空室3的壁内或壁上,且其靶表面朝向真空室3的内部。平板状靶1和阳极装置(优选包括阳极部件2)连接至电弧电源(未示出),并且分别形成沉积系统的阴极和阳极。使用电弧放电来使靶材料蒸发。用触发器(未示出)来触发电弧放电。待涂覆的基体5优选由固定器6承载在真空室3中,并位于平板状靶1的视距内。为了均匀地涂覆基体5的所有面,固定器可以是可旋转的。基体5可以通过固定器6与偏压电源连接。沉积可以在反应性氛围中进行,从而使蒸发的靶材料与通过气体入口供给至真空室3中的反应性气体反应形成化合物涂层。

[0062] 偏压可以由偏压电源来提供。偏压可以是DC电压或脉冲电压。在适用于脉冲偏压的沉积系统中,偏压电源包括脉冲发生单元。偏压电源优选与控制单元连接,所述控制单元在沉积过程中监视来自偏压电源的偏压输出并调节该电源以获得所需的偏压水平。

[0063] 优选的是,电弧电流是由与沉积系统连接的电源供应的直流。该直流不必随时间恒定。虽然在沉积过程中电弧电流可能因来自短暂电弧放电的单个贡献而显示出显著的变化,但不应当将该直流与脉冲沉积技术混淆。脉冲沉积可以以与现有技术的沉积方法中相同的原因来使用。

[0064] 为了实现阻抗控制,沉积系统可以包括控制单元和阻抗监视单元,并将其布置成使得所述控制单元根据阻抗控制单元对阳极和平板状靶之间的阻抗的测量结果来调节横向磁场发生器件所产生的横向磁场的幅度,由此将阻抗保持在预定范围内。所述控制单元可以是自动控制型或手动控制型。

[0065] 源于电弧电流的磁自场、源于磁场发生器件的磁场和源于靶的电流配对的磁场的平衡优选用重复性经验方法来进行,从而在平板状靶的整个表面上实现电弧点的均匀分布。

[0066] 源于电流配对的非均匀磁场的平衡可以通过在平板状靶下方设置不对称分布的永磁体来实现。例如,沉积系统的阴极装置可以包括安置在导电性背板上的平板状靶。所述背板可以包括沿着其长度方向延伸的至少两个电流杆。这些电流杆在平板状靶和电流的相对的末端与电弧电源连接。因此,电弧电流从平板状靶的相对的末端进入电流杆,并通过电流杆和导电性背板传播至平板状靶。以此构造,每个电流杆中的电流密度在接近输入电流杆的电流的地方更高,并且向着对面的末端逐渐减少。因此,源自通过电流杆进行的电流配对的磁场也沿着电流杆减弱。这种效应可以用不对称分布的永磁体来平衡,将永磁体排布成使平板状靶周围的磁场变得均匀。

[0067] 图1a示意性地图示了以下实施例中所使用的阳极部件的侧视图。图1b示意性地图示了阳极部件和平板状靶的前视图和俯视图。在平板状靶的相对的末端部分,阳极部件在

至少部分地沿着平板状靶的宽度方向延伸的部分中基本中断。阳极部件还包含随着阳极部件在靶的法线方向上延伸远离平板状靶而向外逐渐变窄的阳极表面。

[0068] 下文中,实施例1~7公开了本发明的实施方式,而实施例8~10则公开了代表在先技术的参照样品,在实施例11~13中就月牙洼磨损、后刀面磨损和剥落比较了这些样品。对于实施例1~7的所有样品都使用了基本相同的沉积方法,并如下所述。

[0069] 使用包括一个或多个较大的上述平板状靶的阴极电弧沉积系统将实施例1~7的涂层沉积在基体上。待涂覆的基体5由固定器6承载在平板状靶1的视距内。为了均匀地涂覆基体5的所有面,固定器是可旋转的。基体5通过固定器6与偏压电源连接。沉积在反应性氛围中进行,从而使蒸发的靶材料与通过气体入口供给至真空室3中的反应性气体反应形成化合物涂层。

[0070] 实施例中所用的基体都是CNMG120408刀片,其具有三种不同的组成,下文中分别称为基体S1、S2和S3。这些基体在表1中详细说明。

[0071] 表1

[0072]

	S1	S2	S3
Co(重量%)	6.0	7	10
Cr(重量%)	0.4	0.7	0.4
Ti(重量%)	0.06	0.01	
Ta(重量%)		0.01	
V(重量%)	0.1		
W(重量%)	余量	余量	余量
Hc(kA/m)	27.6	27.8	20.5
HV3(kgf/mm ²)	1970	1890	1600

[0073] 矫顽性值Hc使用Foerster Koerzimat CS1.096根据DIN IEC 60404-7来测量。

[0074] 实施例1

[0075] 使用五个平板状靶(每个平板状靶包含40原子%的Ti和60原子%的Al),在氮气气氛中在S1基体上沉积(Ti,Al)N涂层。

[0076] 在将基体加载到沉积系统之前,对基体进行干喷射以珩磨获得30 μ m~60 μ m的刃口半径,随后进行湿喷射以除去干喷射步骤中的残余物从而清洁基体。干喷射使用直径为10mm的喷嘴和100目的氧化铝颗粒以约0.4MPa~0.6MPa的压力来进行,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约150mm的距离和约45°的角度设置,即,颗粒以45°角碰撞在基体的前刀面上。湿喷射使用直径为9.5mm的喷嘴和360目的氧化铝颗粒以约0.4MPa的压力来进行,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约150mm的距离和约45°的角度设置。对基体的湿喷射持续时间为约0.5分钟~1分钟。

[0077] 将基体水平放置(即,使其后刀面面向平板状靶)在沉积系统中的能够进行三段旋转(threefold rotation)的固定器上。在沉积之前,在沉积系统中用Cr离子轰击基体,从而对基体进行等离子体蚀刻。

[0078] 使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力5Pa,电弧电流400A,偏压35.5V(DC),阴极电压17.5V。

[0079] 在沉积之后,使用直径为9.5mm的喷嘴和360目的氧化铝颗粒以约0.4MPa的压力对涂层进行湿喷射,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约150mm的距离和约45°的角度设置。对涂层的湿喷射持续时间为约0.5分钟~1分钟。

[0080] 涂层的厚度在后刀面上为22 μm 、在前刀面上为16 μm 。硬度为31GPa。湿喷射涂层后的内部应力为-1430MPa。

[0081] 实施例2

[0082] 使用五个平板状靶(每个平板状靶包含40原子%的Ti和60原子%的Al),在氮气气氛中在S2基体上沉积(Ti,Al)N涂层。

[0083] 在沉积之前,按照实施例1的方式对基体进行预处理、水平放置并进行等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力5Pa,电弧电流400A,偏压35.5V(DC),阴极电压17.5V。在沉积之后,按照实施例1的方式对涂层进行后处理。

[0084] 涂层的厚度在后刀面上为14 μm 、在前刀面上为8 μm 。硬度为31GPa。湿喷射涂层后的内部应力为-1950MPa。使用白光干涉仪(Wyko NT9100, Veeco Instruments Ltd)在前刀面上测量具有涂层的切削工具的区域表面粗糙度。使用拒绝大于0.08mm波长的高斯带通滤波器来进行分析。该表面的算数平均高度Sa为0.27 μm ,展开面积比Sdr为5.2%,峰密度Spd为 $6.1 \times 10^3 \text{ 1/mm}^2$ 。

[0085] 为了进行比较,使用与实施例2的具有涂层的切削工具相同的方法和相同的基体(除了喷射后处理)制造具有涂层的切削工具,并评价其表面区域粗糙度。该表面的算数平均高度Sa为0.36 μm ,展开面积比Sdr为24.6%,峰密度Spd为 $20.9 \times 10^3 \text{ 1/mm}^2$ 。

[0086] 实施例3

[0087] 使用一个平板状靶(其包含40原子%的Ti和60原子%的Al),在氮气气氛中在S1基体上沉积(Ti,Al)N涂层。

[0088] 在沉积之前,竖直安置基体,即,使前刀面面向平板状靶,之后按照实施例1的方式对其进行预处理和等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力2.5Pa,电弧电流400A,偏压19V(DC),阴极电压17.5V。在沉积之后,使用直径为12.5mm的喷嘴和500目的氧化铝颗粒以约0.4MPa的压力对涂层进行约0.5分钟的湿喷射,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约50mm的距离和约45°的角度设置。

[0089] 涂层的厚度在后刀面上为21 μm 、在前刀面上为24 μm 。硬度为27GPa。对涂层湿喷射后的内部应力为+90MPa。

[0090] 实施例4

[0091] 使用五个平板状靶(每个平板状靶包含40原子%的Ti和60原子%的Al),并使其与包含100原子%的Cr的平板状靶同时运行,从而在氮气气氛中在S1基体上沉积多层(Ti,Al,Cr)N涂层。

[0092] 在沉积之前,按照实施例1的方式对基体进行预处理、水平放置并进行等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力2.5Pa,针对(Ti,Al)靶的电弧电流400A,针对Cr靶的电弧电流100A,偏压19V(DC),阴极电压17.5V。在沉积之后,按照实施例1的方式对涂层进行后处理。

[0093] 涂层的厚度在后刀面上为16 μm 、在前刀面上为11 μm 。硬度为31GPa。对涂层湿喷射后的内部应力为-1340MPa。

[0094] 实施例5

[0095] 使用三个平板状靶(每个平板状靶包含60原子%的Ti和40原子%的Al),在氮气气氛中在S3基体上沉积TiAlN涂层。

[0096] 在将基体加载到沉积系统之前,对基体进行干喷射以珩磨获得30 μ m~60 μ m的刃口半径,随后进行湿喷射以除去干喷射步骤中的残余物从而清洁基体。干喷射使用直径为10mm的喷嘴和100目的氧化铝颗粒以约0.4MPa~0.6MPa的压力来进行,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约150mm的距离和约45°的角度设置。湿喷射使用直径为12.5mm的喷嘴和500目的氧化铝颗粒以约0.4MPa的压力进行约0.5分钟,所述喷嘴以相对于基体前刀面为约50mm的距离和约45°的角度设置。

[0097] 在沉积之前,按照实施例1的方式水平放置基体并对其进行等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力3.5Pa,电弧电流400A,偏压20.5V(脉冲偏压,80%占空度),阴极电压17.5V。在沉积之后,按照实施例3的方式对涂层进行后处理。

[0098] 涂层的厚度在后刀面上为23 μ m、在前刀面上为15 μ m。在沉积后、喷射之前的内部应力为+900MPa。喷射涂层后的内部应力为-1585MPa。涂层的硬度为26GPa。

[0099] 实施例6

[0100] 使用三个平板状靶(每个平板状靶包含40原子%的Ti和60原子%的Al),在氮气气氛中在S1基体上沉积(Ti,Al)N涂层。

[0101] 在沉积之前,按照实施例1的方式对基体进行预处理、水平放置并进行等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力5.0Pa,电弧电流400A,阴极电压17.5V。在沉积过程中,偏压从沉积开始时的20.5V线性增大至沉积结束时的36.5V。在沉积之后,按照实施例1的方式对涂层进行后处理。

[0102] 涂层的厚度在后刀面上为19 μ m、在前刀面上为13 μ m。在沉积后、喷射之前的内部应力为-1700MPa。对涂层湿喷射后的内部应力为-2580MPa。由于这种高应力水平,由上述方法参数形成的涂层可能沿着切削刀刃自发剥落。这在本发明的实施方式的其他实施例中并未观察到,这是因为这些实施例的涂层的总体应力水平更低。不过,如果涂层内部的应力水平较低,则可以提供涂层最外部的高应力水平,见实施例7。最大应力水平还取决于涂层厚度。

[0103] 实施例7

[0104] 使用一个平板状靶(所述平板状靶包含40原子%的Ti和60原子%的Al),在氮气气氛中在S1基体上沉积(Ti,Al)N涂层。

[0105] 在沉积之前,按照实施例1的方式对基体进行预处理、水平放置并进行等离子体蚀刻。使用以下沉积条件来沉积涂层:温度450℃,氮气压力5.0Pa,电弧电流400A,阴极电压17.5V。在沉积过程中,偏压从沉积开始时的20.5V以指数方式增大至沉积结束时的36.5V。在沉积之后,按照实施例1的方式对涂层进行后处理。

[0106] 涂层的厚度在后刀面上为18 μ m、在前刀面上为12 μ m。在沉积后、对涂层进行喷射之前的内部应力为-965MPa。湿喷射涂层后的内部应力为-1800MPa。

[0107] 实施例8

[0108] 使用组成为Ti_{0.33}Al_{0.67}的靶,在Balzers Rapid Coating系统中在氮气气氛下通过阴极电弧沉积在S2基体上沉积(Ti,Al)N单层。涂层的厚度为3 μ m。

[0109] 实施例9

[0110] 在Balzers Rapid Coating系统中在氮气气氛下使用阴极电弧沉积在S2基体上沉积TiAlN多层涂层,其具有与(Ti,Al)N单层反复交替的TiN/(Ti,Al)N多层结构。所述TiN/(Ti,Al)N多层结构用Ti和Ti_{0.5}Al_{0.5}靶来沉积,所述(Ti,Al)N单层用Ti_{0.5}Al_{0.5}靶来沉积。涂层的厚度为4μm。

[0111] 实施例10

[0112] 为了进行比较,使用了市售的在先技术的用于车削应用的具有CVD涂层的切削工具,其具有烧结碳化物基体和MT-TiCN+α-Al₂O₃+TiN涂层。

[0113] 实施例11

[0114] 通过在轴承钢(Ovako 825B,Tibnor)中进行车削,测试了实施例1~10的刀片的月牙洼磨损。其结果示于表2中。工具寿命标准是超过0.5mm²的月牙洼磨损。

[0115] 表2

[0116]

实施例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
工具寿命(分钟)	20	14	n.a.	10	22	n.a.	n.a.	2	10	>30

[0117] 实施例12

[0118] 通过在工具钢(Sverker21,Uddeholm)中进行纵向车削,测试了实施例1、2、4、5和8~10的刀片的后刀面磨损。其结果示于表3中。工具寿命标准是超过0.2mm的后刀面磨损。

[0119] 表3

[0120]

实施例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
工具寿命(分钟)	26	28	n.a.	18	12	n.a.	n.a.	16	8	12

[0121] 实施例13

[0122] 通过在奥氏体不锈钢(304L,Sandvik)中进行车削,测试了实施例1、3、4和9的刀片的剥落。

[0123] 使用扫描电子显微镜(SEM)来定性确定剥落程度。图2、图3、图4和图5分别是实施例1、3、7和9的刀片的SEM图像。本发明实施方式的实施例1、3和7的刀片未显示出任何沿着基体的剥落。现有技术的实施例9的刀片显示出沿着切削刀刃的严重剥落,尽管其涂层比实施例1中的涂层薄得多。

[0124] 如以上实施例11~13所示,本发明的具有涂层的切削工具在月牙洼磨损、后刀面磨损和剥落方面的性能清楚表明本发明的涂层和具有涂层的切削工具具有优异的韧度和耐磨性。特别是,这种厚涂层的抗剥落性出乎意料地好。

[0125] 实施例14

[0126] 为了评估由本发明的平板状靶产生的总离子电流,使用了等离子体探针来测量平板状靶前方的离子电流密度。如图5的照片所示,等离子体探针7包括不锈钢柱体,其一端连接电线,另一端由内部传感器元件形成平面(truncated),内部传感器元件具有直径为1cm的由不锈钢制成的圆形传感器表面8。传感器表面8与柱体隔离,因此仅从一个方向收集离子。柱体对面末端的电线与示波器和电源连接。为了进行测量,将等离子体探针7置于平板状靶的前方,并使传感器表面8面向平板状靶1且距离靶表面的中心约15cm,通过电线对传感器表面8施加-70V的偏压。在-70V下,认为离子电流饱和且不会随着偏压的改变而改变太

多。触发电弧放电,并对不同的电弧电流测量离子电流密度。该测量在常规的沉积系统(Balzers Rapid Coating System)中进行,使用 $\varnothing 16\text{cm}$ $\text{Ti}_{40}\text{Al}_{60}$ 平板状靶,电弧电流为80、100、120、140、160、180和200A,下文称此为实施例14a;该测量还在本发明的沉积系统中进行,使用 $74\times 19\text{cm}^2$ $\text{Ti}_{40}\text{Al}_{60}$ 平板状靶,电弧电流为100、200、300、400、500、600、700和800A,下文称此为实施例14b。这些测量分别在 250°C 和 400°C 下在 3.5Pa 的压力下在氮气气氛中进行。图6图示了通过将测得的离子电流密度乘以靶尺寸而确定的总离子电流。使用更大的平板状靶的沉积系统的离子电流明显大于常规沉积系统中的离子电流。对于180A的电弧电流,现有技术的沉积系统中的总离子电流为 3.3kA ,而对于本发明的沉积系统的电弧电流,为 8.7kA 。

[0127] 所沉积的涂层的厚度通过对抛光的截面进行光学显微镜检来测量。通常,具有涂层的切削工具的后刀面上的涂层厚度大于前刀面上的涂层厚度,因为刀片被安装得使后刀面朝向平板状靶。因此,为了反映出这种差距,分别在后刀面和前刀面上在距离刀刃线 0.2mm 的位置处测量厚度。对于不规则的表面,例如钻头和端铣刀的表面,本文给出的厚度是指对任何适度平坦的表面或具有相对大的曲率且离任何边缘或角都有一定距离的表面进行测量而得到的厚度。例如,对于钻头,所述测量应当在外周上进行。

[0128] 除了使用EDS等手段测量组成以外,还可以由靶的组成来估算每个单独的层的组成。在沉积了更厚的层(厚度足以进行分析)后,已显示,所沉积的层的组成与靶材料的组成可以相差几个百分点。因此,并未在上述所有实施例中都给出涂层的组成。

[0129] 涂层的内部应力在具有涂层的切削工具的后刀面的中部上测量,更具体而言,在配备有激光影像定位、欧拉 $1/4$ 支架、作为X射线源的转动阳极($\text{CuK}\alpha$ 辐射)和平面检测器(Hi-star)的X射线衍射仪Bruker D8 Discover-GADDS上,通过使用 ψ 几何的X射线衍射来进行测量。使用尺寸为 0.5mm 的准直器来聚焦光束。使用 $2\theta=50^\circ$ 、 $\omega=25^\circ$ 且 $\Phi=0^\circ$ 、 90° 、 180° 、 270° 的测角仪设置,对 TiAlN 的(200)反射进行分析。对每个 Φ 角进行从 0° 到 70° 的八个 ψ 倾斜。使用 $\sin^2\psi$ 法来评估内部应力,其中使用来自Bruker AXS的软件DIFFRAC^{plus} Stress32 v.1.04,常数杨氏模量 $E=450\text{ GPa}$ 、泊松比 $\nu=0.20$,并用Pseudo-Voigt拟合函数来定位反射。

[0130] 涂层的硬度使用纳米压痕来测量。

[0131] 例如横向、前、上、位于……前方、长度、宽度、水平等术语仅用于说明性目的,而不意在将本发明限制在特定层面。

[0132] 虽然对本发明的描述是通过目前认为的最实际和优选的实施方式来进行的,但应了解的是,本发明并不限于所公开的实施方式,相反,本发明意在涵盖所附权利要求范围内的各种修改和等效方案。

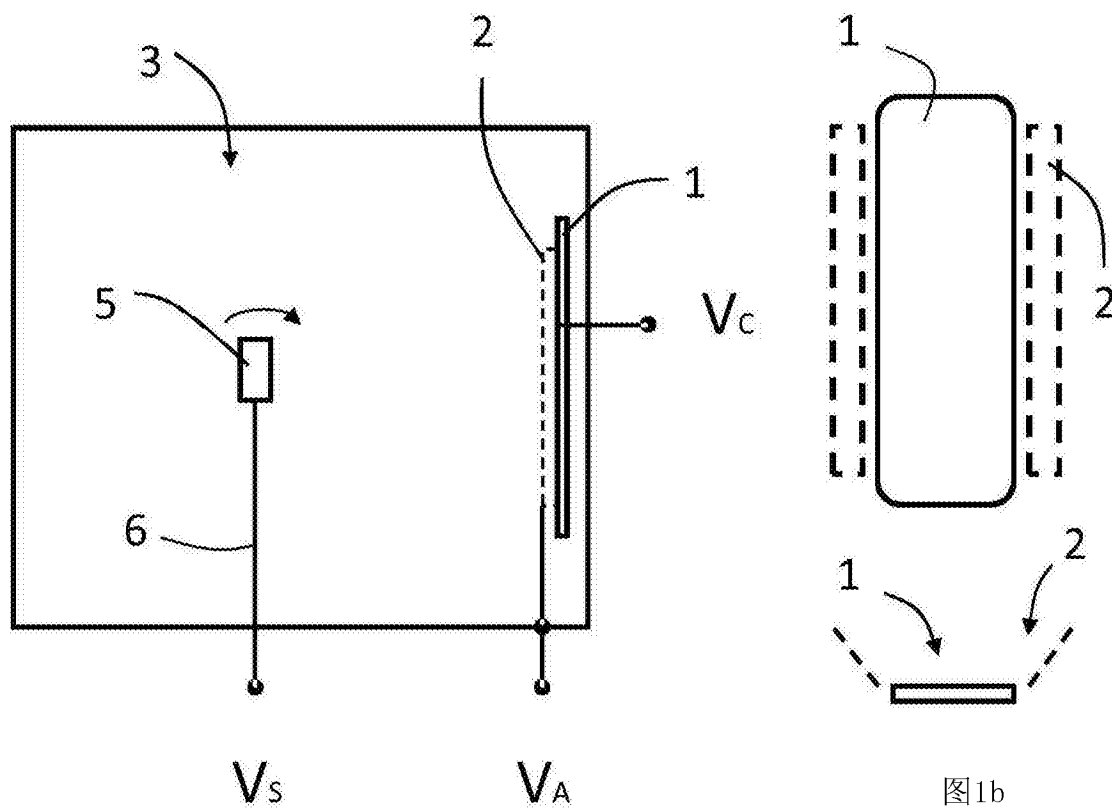


图1a

图1b



图2

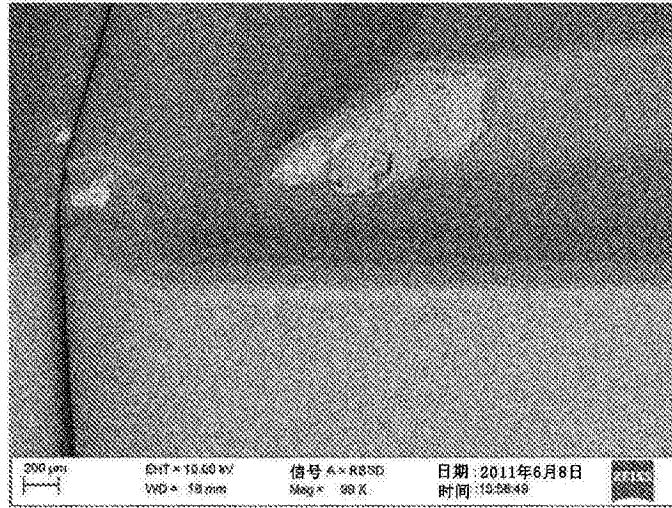


图3



图4

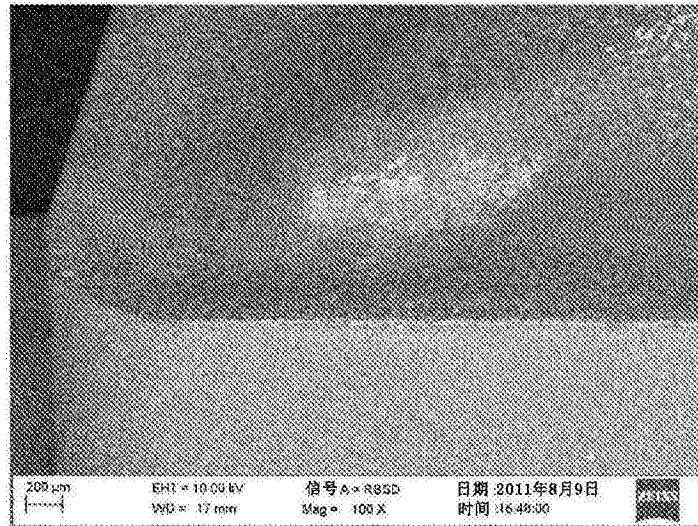


图5
(现有技术)

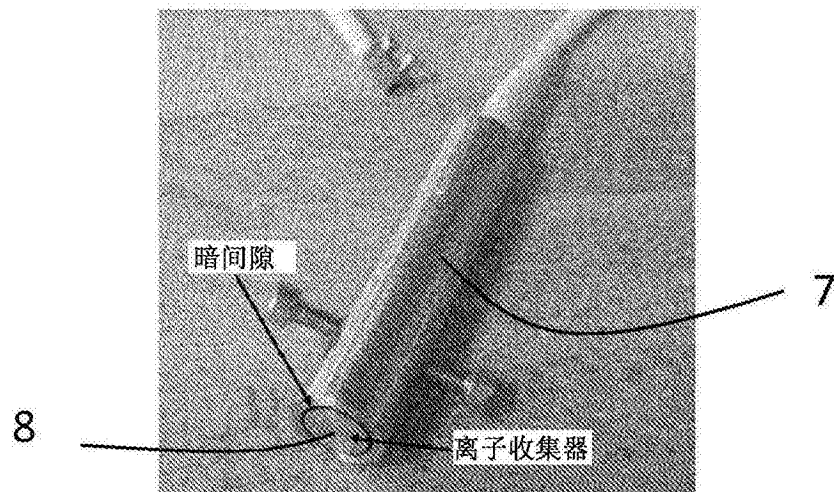


图6a

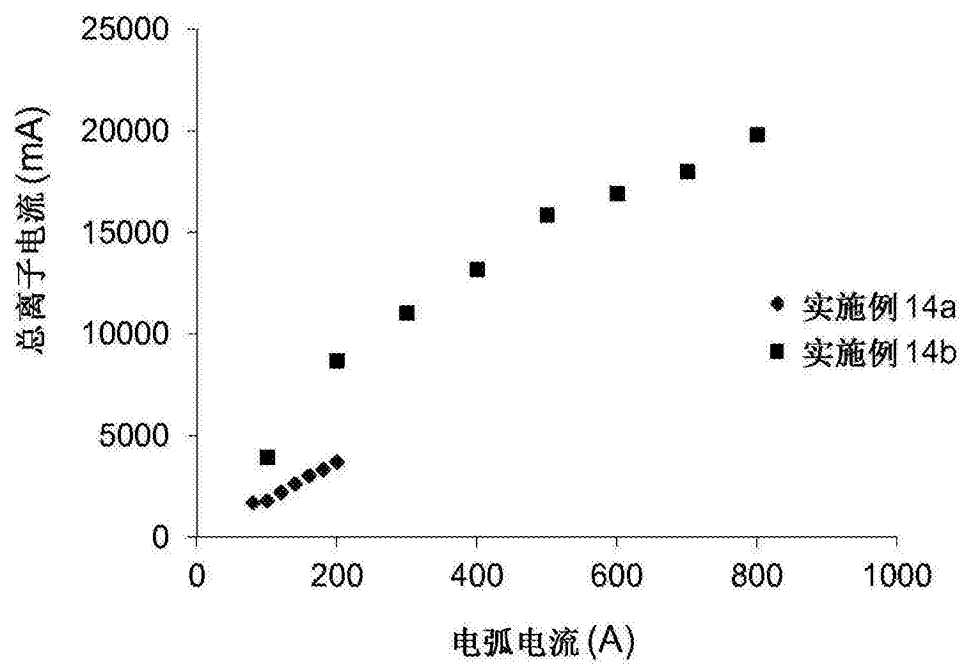


图6b