

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910134696.6

[51] Int. Cl.

B32B 9/04 (2006.01)
B32B 33/00 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01)

[43] 公开日 2009年9月9日

[11] 公开号 CN 101524904A

[51] Int. Cl. (续)

B23C 5/00 (2006.01)

[22] 申请日 2009.3.9

[21] 申请号 200910134696.6

[30] 优先权

[32] 2008.3.7 [33] SE [31] 0800537-3

[71] 申请人 山高刀具公司

地址 瑞典法格什塔

[72] 发明人 马茨·约翰松 乔恩·安德森

雅各布·舍伦

[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 王海川 穆德骏

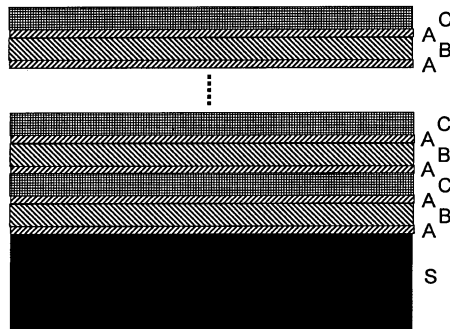
权利要求书2页 说明书13页 附图2页

[54] 发明名称

分层涂覆的切削工具

[57] 摘要

本发明涉及分层涂覆的切削工具，其包括硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼基材料或高速钢的主体，在该主体上至少在主体表面的功能部通过阴极弧蒸发涂覆有硬质耐磨涂层。所述涂层包括叠层的二元和三元多晶金属氮化物层，其具有重复形式 A/B/A/C/A/B/A/C...，总叠层涂层厚度是 0.5 至 10 μm 。层 A 是 MeN 且其中 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr 或 Al 的一种或多种。层 B 是 $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$ 其中 $0.3 < x < 0.95$ ，以及层 C 是 $(\text{Ti}_{1-y}\text{Si}_y)\text{N}$ 其中 $0.04 < y < 0.20$ 。层 A 的平均厚度 (d_A) 是 $2 < d_A < 100\text{nm}$ ，层 B 的平均厚度 (d_B) 是 $4 < d_B < 150$ ，以及层 C 的平均厚度 (d_C) 是 $4 < d_C < 150$ ，在整个涂层中各层的平均厚度基本上是恒定的，涂层具有显著地全部立方涂层结构。



1. 切削工具刀片，其包括硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼基材料或高速钢的主体，及多晶金属氮化物层的硬质耐磨叠层涂层，其特征在于，所述层具有总厚度为 0.5 至 10 μm 、优选 0.5 至 5 μm 的重复形式...A/B/A/C/A/B/A/C...，其中层 A 是立方结构的 MeN 且 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr 或 Al 的一种或多种，层 B 是立方结构的(Ti,Al)N，层 C 是立方结构的(Ti,Si)N，且所述叠层的平均组成是 46 原子% $Zr+Hf+V+Cr+Nb+Ta+Ti+Al+Si$ 54 原子%、优选 48 原子% $Zr+Hf+V+Cr+Nb+Ta+Ti+Al+Si$ 52 原子%及余量的 N，其中单独层 A 的平均厚度(d_A)是 $2 < d_A < 100\text{nm}$ ，单独层 B 的平均厚度(d_B)是 $4 < d_B < 150$ ，单独层 C 的平均厚度(d_C)是 $4 < d_C < 150$ ，在整个叠层中各层的平均厚度基本上是恒定的。

2. 根据权利要求 1 的切削工具刀片，其特征在于，所述层具有 $2 < d_A < 25\text{nm}$ 、 $4 < d_B < 50$ 和 $4 < d_C < 50$ 的厚度。

3. 根据权利要求 1 的切削工具刀片，其特征在于，Me 是金属元素 Ti、Ta、Nb 或 Al 中的一种或多种。

4. 根据权利要求 1 的切削工具刀片，其特征在于，层 B 是 $(\text{Ti}_{1-x}\text{Al}_x)\text{N}$ 其中 $0.3 < x < 0.95$ 、优选 $0.45 < x < 0.75$ ，以及层 C 是 $(\text{Ti}_{1-y}\text{Si}_y)\text{N}$ 其中 $0.04 < y < 0.20$ 、优选 $0.06 < y < 0.12$ 。

5. 根据前述权利要求中任一项的切削工具刀片，其特征在于，所述涂层是用 PVD、优选用阴极弧蒸发来进行淀积的。

6. 根据前述权利要求中任一项的切削工具刀片，其特征在于，所述主体根据现有技术涂覆有例如 TiN、TiC、Ti(C,N)或(Ti,Al)N，优选(Ti,Al)N 的单层和/或多层内涂层，和/或涂覆有例如 TiN、TiC、Ti(C,N)

或(Ti,Al)N, 优选(Ti,Al)N的单层和/或多层外涂层, 总涂层厚度达到 0.5 至 20 μm 、优选 1 至 10 μm 。

7. 制造根据权利要求 1 的切削工具刀片的方法, 其特征在于, 所述层具有重复形式 A/B/A/C/A/B/A/C..., 其中层 A 是 MeN 且 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr 或 Al 中的一种或多种, 层 B 是(Ti,Al)N, 层 C 是(Ti,Si)N, 所述层是通过阴极弧蒸发生长至总涂层厚度 0.5 至 5 μm 的 MeN、(Ti,Al)N 和(Ti,Si)N 立方相, 所述阴极弧蒸发分别使用纯的或合金化的 Me 阴极, 具有在(70 原子%Ti+30 原子%Al)和(5 原子%Ti+95 原子%Al)之间、优选(40 原子%Ti+60 原子%Al)和(30 原子%Ti+70 原子%Al)之间组成的 Ti+Al 阴极, 及具有在(95 原子%Ti+5 原子%Si)和(75 原子%Ti+25 原子%Si)之间、优选(95 原子%Ti+5 原子%Si)和(85 原子%Ti+15 原子%Si)之间组成的 Ti+Si 阴极, 并根据阴极尺寸设定蒸发电流在 50A 和 200A 之间, 在总压力 0.5Pa 和 7.0Pa 之间、优选 1.5Pa 和 5.0Pa 之间的 Ar+N₂气氛、优选纯 N₂中, 偏压在-10V 和-80V 之间、优选在-30V 和-60V 之间, 温度在 350°C 和 700°C 之间、优选在 400°C 和 650°C 之间。

8. 根据权利要求 1 至 6 的切削工具刀片以 50-400m/分钟、优选 75-300m/分钟的切削速度对不锈钢和超耐热合金进行机械加工的用途, 其中根据切削速度和刀片几何形状, 在铣削的情况下每齿的平均走刀量是 0.08-0.5mm、优选 0.1-0.4mm。

分层涂覆的切削工具

技术领域

本发明涉及用于通过排屑来进行机械加工的工具，其包括硬质合金(hard alloy of cemented carbide)、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼基材料或高速钢的主体，及包括涂层，所述涂层包括叠层的立方结构的 MeN 以及(Ti,Al)N 和(Ti,Si)N 的稳定化立方相，其中 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr、Al 的一种或多种。所述涂层在产生高温的金属切削应用，例如超耐热合金(super alloy)和不锈钢的机械加工中特别有用。涂层通过物理气相淀积(PVD)、并优选通过阴极弧蒸发来生长。

背景技术

TiN 已被广泛用作切削工具上的硬质层，但其在 500°C 以上温度下的耐氧化性差已经引起了对三元或四元化合物例如 Ti-Al-N 和 Ti-Cr-Al-N 的关注。更复杂的四元物例如 Ti-Si-Al-N 已被报道并被描述为由于其由 NaCl 型的晶体相与非晶 Si₃N₄ 或 SiN_x 组合构成的双相结构而超硬 H>45GP。这些涂层材料显示出了改进的耐氧化性，及在机械加工硬化钢方面改进的性能。

EP1736565、WO2006/118513 和 EP0588350 公开了包括(Ti,Si)N 层的硬质涂层。

US7083868 和 US7056602 公开了包括(Ti,Al)N 层的硬质涂层。

涂层优化也已经通过涂覆不同概念的多层来实现，如交替的含 Ti 和 Al 的层(US6309738)、含氧和不含氧的层(US6254984)、堆叠在多层中的一个层自身由多层组成(US6077596)、交替的氮含量(US5330853)或者使用一种亚稳化合物(US5503912)，或者如非周期性的多层。

为了环境保护而朝干作业过程发展的趋势，因为工具切削刀刃温度增加，对工具材料的特性带来了更高的要求，所述干作业过程即为不使用切削液(润滑剂)的金属切削操作和通过改进工艺加快机械加工速度。特别地，在高温下的涂层稳定性例如抗氧化性和耐磨性，已经变得更加关键。

发明内容

本发明的一个目的是提供涂覆的切削工具，其在通过排屑而进行的金属切削过程中具有改进的高温性能。

令人惊讶的是，已经发现包括交替的立方结构的 MeN、(Ti,Al)N 和(Ti,Si)N 层的涂层产生了改进的耐磨性和耐温性。

附图说明

图 1 示意性的涂层结构包括(S)主体、(A)层 A、(B)层 B 和(C)层 C。

图 2a 淀积室的示意性侧视图，(1)真空室、(2)阴极、(3)工件夹具、(4)用于加偏压的电源、(5)阴极弧电源、(6)工艺气体的入口和(7)用于真空泵的出口。

图 2b 淀积室的示意性俯视图，(1)真空室、(2a)阴极位置 1、(2b)阴极位置 2、(2c)阴极位置 3、(2d)阴极位置 4 和(3)工件夹具。

具体实施方式

根据本发明，提供了用于通过排屑进行机械加工的切削工具，其包括硬质合金、金属陶瓷、陶瓷、立方氮化硼基材料或高速钢的主体，在其上淀积有耐磨涂层，所述耐磨涂层包括立方结构的 MeN、立方结构的(Ti,Al)N 层和立方结构的均质(Ti,Si)N 层的交替层，其中 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr、Al 的一种或多种，优选是 Ti、Nb、Ta 或 Al 中的一种或多种。涂层的平均组成是 $46\text{at}(\text{原子})\% < \text{Zr} + \text{Hf} + \text{V} + \text{Cr} + \text{Nb} + \text{Ta} + \text{Ti} + \text{Al} + \text{Si} < 54$ 原子%、优选 48 原子% $< \text{Zr} + \text{Hf} + \text{V}$

+Cr+Nb+Ta+Ti+Al+Si<52 原子%，及余量的 N，其由例如 EDS 或 WDS 技术测定。

所述涂层(见图 1)，包括总厚度是 0.5 至 10 μm 、优选 0.5 至 5 μm 的叠层的多晶金属氮化物层的层状...A/B/A/C/A/B/A/C/A...结构，其中层 A=MeN，层 B=(Ti_{1-x}Al_x)N 其中 0.3<x<0.95、优选 0.45<x<0.75，以及层 C=(Ti_{1-y}Si_y)N 其中 0.04<y<0.20、优选 0.06<y<0.12。层 A 的平均厚度(d_A)是 2<d_A<100nm、优选 2<d_A<25nm，层 B 的平均厚度(d_B)是 4<d_B<150、优选 4<d_B<50，以及层 C 的平均厚度(d_C)是 4<d_C<150、优选 4<d_C<50，并且在整个涂层中各层的平均厚度基本上是恒定的(由于工件夹具的三重旋转(three-fold rotation)，可能会发生一些变化)

所述主体可以根据现有技术涂覆有例如 TiN、TiC、Ti(C,N)或 (Ti,Al)N，优选(Ti,Al)N 的单层和/或多层内涂层，和/或例如 TiN、TiC、Ti(C,N)或(Ti,Al)N，优选(Ti,Al)N 的单层和/或多层外涂层，总涂层厚度达到 0.5 至 20 μm 、优选 1 至 10 μm 且最优选 2 至 7 μm 。

用于本发明的涂层的淀积方法是基于纯的或合金化的阴极在下列条件下的阴极弧蒸发:(Ti,Si)N 层是使用具有在(95 原子%Ti+5 原子%Si)和(75 原子%Ti+25 原子%Si)之间、优选(95 原子%Ti+5 原子%Si)和(85 原子%Ti+15 原子%Si)之间组成的 Ti+Si 阴极来生长的；(Ti,Al)N 层是使用具有在(70 原子%Ti+30 原子%Al)和(5 原子%Ti+95 原子%Al)之间、优选(40 原子%Ti+60 原子%Al)和(30 原子%Ti+70 原子%Al)之间组成的 Ti+Al 阴极来生长的；以及 MeN 层是使用纯的或合金化的 Me 阴极来生长的，其中 Me 是金属元素 Ti、Nb、Hf、V、Ta、Zr、Cr、Al 的一种或多种，优选 Ti、Nb、Ta 或 Al 的一种或多种。蒸发电流依赖于阴极尺寸是在 50A 和 200A 之间，使用 63mm 直径的阴极时优选在 50A 和 80A 之间。所述层是在总压力为 0.5Pa 至 7.0Pa、优选 1.5Pa 至 5.0Pa 的 Ar+N₂气氛、优选纯 N₂气氛中生长的。偏压是-10V 至-80V、优选-30V

至-60V。淀积温度是在 350°C 和 700°C 之间、优选在 400°C 和 650°C 之间。

本发明也涉及根据上述的切削工具刀片在以 50-400m/分钟、优选 75-300m/分钟的切削速度在产生高温的切削应用中的用途,例如在不锈钢和超耐热合金的机械加工中的用途,其中根据切削速度和刀片几何形状,在铣削的情况下,每齿的平均走刀量是 0.08-0.5mm、优选 0.1-0.4mm。

实施例 1

使用组成为 94 wt% WC - 6 wt% Co (WC 颗粒尺寸为 0.8 μ m)的硬质合金刀片。

在淀积前,将该刀片在碱溶液和乙醇的超声浴中清洗。淀积系统被抽真空至低于 2.0×10^{-3} Pa 的压力,之后用 Ar 离子对该刀片溅射清洗。通过在总压力是 4Pa 的纯 N₂ 气氛中的阴极弧蒸发而生长交替的 TiN/(Ti_{0.34}Al_{0.66})N/TiN/(Ti_{0.91}Si_{0.09})N/TiN...层,对于 TiN、(Ti_{0.34}Al_{0.66})N 和 (Ti_{0.91}Si_{0.09})N 分别使用直径为 63mm 的纯 Ti 阴极(图 2b 中的位置 2a 和 2c)、33 原子%Ti+67 原子%Al 阴极(图 2b 中的位置 2b)和 90 原子%Ti+10 原子%Si 阴极(图 2b 中的位置 2d)。所述层在 500°C 下使用-40V 的偏压淀积至 3 μ m 的涂层厚度。对于不同的涂层(见表 1),各单个层的厚度是通过在 1 和 10rpm 之间改变工件夹具的旋转速度以及在 50 和 100A 之间改变供应到阴极的蒸发电流来控制的。

涂层的平均组成是使用在 10kV 下工作的带有 Thermo Noran EDS 探测仪的 LEO Ultra 55 扫描电子显微镜,通过能量色散谱(EDS)分析面积来测定的。数据是使用 Noran System Six (NSS ver 2)软件评价(见表 1)。

表 1

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
60	120	58	298	1.8	35.8	13.1	49.4
59	121	96	336	2.6	36.2	11.8	49.5
60	118	120	358	3.0	36.8	10.8	49.4
18	40	20	98	1.8	34.5	13.3	50.4
20	41	32	113	2.5	36.2	11.9	49.4
19	41	40	120	3.0	36.1	11.2	49.8
12	24	12	60	1.8	35.8	13.1	49.4
12	24	19	67	2.6	36.4	11.7	49.4
11	23	24	70	3.1	36.1	10.8	50.1
2	4	2	10	1.8	35.8	13.1	49.4
2	5	3	12	2.3	34.8	13.6	49.4
2	4	5	13	3.5	37.1	10.1	49.4

实施例 2

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用纯 Ta 阴极替换, 重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成, 并总结在表 2 中。

表 2

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Ta(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
58	119	60	297	1.6	15.7	19.8	12.9	49.9
59	120	97	336	2.3	18.6	17.9	11.5	49.7
59	119	119	357	2.7	20.0	16.8	10.8	49.7
19	40	20	99	1.6	15.8	19.5	13.0	50.1
21	40	32	113	2.3	18.3	18.9	11.4	49.2
19	41	41	121	2.7	20.3	16.0	10.9	50.0
12	25	12	61	1.6	15.6	20.0	13.2	49.6
11	23	18	64	2.3	18.3	17.5	11.6	50.4
11	24	24	71	2.7	20.3	15.8	10.9	50.3
2	5	2	11	1.5	15.8	18.5	14.6	49.6
2	5	3	13	2.0	18.0	17.0	13.4	49.6
2	4	5	13	3.1	21.7	15.7	9.9	49.6

实施例 3

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用纯 Zr 阴极替换, 重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成, 并总结在表 3 中。

表 3

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Zr(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
59	118	59	297	1.6	15.5	20.2	12.9	49.8
61	118	100	340	2.4	18.7	18.3	11.2	49.5
60	120	120	350	2.7	20.0	17.0	10.8	49.6
20	39	19	99	1.6	15.3	20.7	12.8	49.6
21	39	31	111	2.2	18.1	19.2	11.3	49.1
19	40	40	121	2.7	20.2	16.3	10.9	50.0
11	25	14	60	1.8	16.7	18.0	13.0	50.4
12	24	29	64	3.0	21.4	15.9	10.1	49.6
11	24	25	71	2.8	20.6	15.6	10.8	50.3
2	4	2	12	1.6	15.6	20.3	12.9	49.6
2	5	3	13	2.0	18.0	17.0	13.4	49.6
2	5	6	13	3.2	22.8	13.6	10.8	49.6

实施例 4

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用纯 Nb 阴极替换，重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成，并总结在表 4 中。

表 4

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Nb(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
59	120	58	297	1.6	16.3	21.0	12.2	49.0
59	119	97	334	2.3	19.3	18.6	10.8	49.0
57	118	119	357	2.7	20.8	17.0	10.1	49.4
19	40	19	100	1.6	16.3	20.5	12.3	49.3
21	42	31	113	2.2	18.8	19.5	11.2	48.4
20	41	40	122	2.6	20.7	17.5	10.3	48.9
12	25	12	61	1.6	16.5	20.8	12.4	48.8
13	23	17	63	2.1	18.1	21.1	10.7	48.0
12	24	24	71	2.7	20.7	17.6	10.1	48.9
2	4	2	11	1.6	16.4	21.1	12.1	48.8
2	5	4	12	2.5	20.6	16.3	11.6	49.0
2	4	5	13	3.1	22.3	16.3	9.3	49.0

实施例 5

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用纯 Nb 阴极替换，重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成，并总结在表 5 中。

表 5

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
58	120	60	300	1.6	15.7	32.7	49.9
60	118	95	335	2.3	18.4	29.8	49.6
59	119	120	357	2.7	20.1	27.5	49.7
20	42	20	100	1.6	15.6	33.2	49.6
21	40	32	113	2.3	18.3	30.3	49.2
19	42	42	121	2.7	20.5	26.8	50.0
11	23	10	62	1.4	14.9	33.2	50.5
10	25	18	64	2.2	18.6	28.1	51.1
11	24	24	72	2.7	20.3	26.7	50.3
2	4	2	9	1.6	15.6	33.2	49.6
2	5	4	12	2.5	19.8	28.1	49.6
2	4	5	13	3.1	21.7	25.6	49.6

实施例 6

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用 Ti+Nb(95 原子%Ti+5 原子%Nb)阴极替换，重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成，并总结在表 6 中。

表 6

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Nb(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
60	119	60	299	2.0	34.3	1.2	12.8	49.7
60	120	97	337	2.9	34.9	1.1	11.5	49.7
58	119	119	356	3.3	34.9	1.0	10.8	50.0
20	40	20	100	2.0	34.2	1.2	12.9	49.7
21	40	32	113	2.8	35.4	1.1	11.4	49.3
20	41	41	122	3.4	35.1	1.0	10.9	49.7
12	25	12	61	2.0	33.9	1.2	13.2	49.7
12	23	18	65	2.8	35.0	1.1	11.4	49.7
12	24	24	72	3.3	35.2	1.0	10.8	49.7
2	5	2	11	1.8	32.7	1.1	14.6	49.7
2	5	3	12	2.5	33.4	1.0	13.4	49.7
2	4	5	13	3.8	35.6	0.9	9.9	49.7

实施例 7

将用于层 A(图 1)的 Ti 阴极用 Ti+Zr(70 原子%Ti+30 原子%Zr)阴极替换，重复实验 1。

通过能量色散谱(EDS)分析(见实施例 1)来测定涂层的平均组成，并总结在表 7 中。

表 7

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	Si(原子%)	Ti(原子%)	Zr(原子%)	Al(原子%)	N(原子%)
58	119	59	300	2.0	29.9	5.1	13.0	50.0
58	121	100	339	2.9	31.1	4.4	11.5	50.0
59	120	120	350	3.3	31.7	4.3	10.8	49.8
22	39	19	98	1.9	31.1	5.7	12.6	48.7
20	38	34	111	3.0	31.7	4.6	11.0	49.7
21	41	42	126	3.4	32.2	4.4	10.7	49.3
11	26	12	61	2.0	29.1	4.7	13.7	50.5
12	24	19	65	2.8	31.2	4.7	11.6	49.7
13	25	25	75	3.3	32.4	4.5	10.8	49.0
2	4	2	11	2.0	30.2	5.2	12.9	49.7
2	4	4	12	3.3	31.9	4.3	10.8	49.7
2	4	5	11	3.8	32.5	4.0	9.9	49.7

实施例 8

参考例：根据现有技术，将 $3.0\mu\text{m}$ 的 $\text{Ti}_{0.34}\text{Al}_{0.66}\text{N}$ 层淀积在组成为 94wt%WC-6wt%Co(WC 颗粒尺寸为 $0.8\mu\text{m}$) 的硬质合金刀片上。

实施例 9

在不锈钢上试验实施例 1 中的刀片，条件如下：

几何形状：CNMG120408-MF1
 操作：连续车削
 工件材料：AISI 316L
 切削速度：230m/分钟
 走刀量：0.15mm/转
 切削深度：1mm
 刀具寿命标准，侧面(flank)磨损(vb) $>0.3\text{mm}$

试验结果

表 8

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	刀具寿命(分钟)
60	120	58	298	18.7
59	121	96	336	18.3
60	118	120	358	18.6
18	40	20	98	19.5
20	41	32	113	19.9
19	41	40	120	20.2
12	24	12	60	21.8
12	24	19	67	21.9
11	23	24	70	22.4
2	4	2	10	17.3
2	5	3	12	17.5
2	4	5	13	17.8
参考例				16.8

实施例 10

在超耐热合金上试验实施例 1 中的刀片，条件如下：

几何形状：	CNMG120412-MR3
操作：	连续车削
工件材料：	Inconel 718
切削速度：	90m/分钟
走刀量：	0.2mm/转
切削深度：	0.5mm
刀具寿命标准，侧面磨损(vb)	>0.2mm

试验结果

表 9

A(nm)	B(nm)	C(nm)	D(nm)	刀具寿命(分钟)
60	120	58	298	11.1
59	121	96	336	11
60	118	120	358	11.3
18	40	20	98	11.7
20	41	32	113	11.7
19	41	40	120	11.8
12	24	12	60	12.1
12	24	19	67	12.5
11	23	24	70	12.6
2	4	2	10	10.1
2	5	3	12	10.4
2	4	5	13	10.6
参考例				9.8

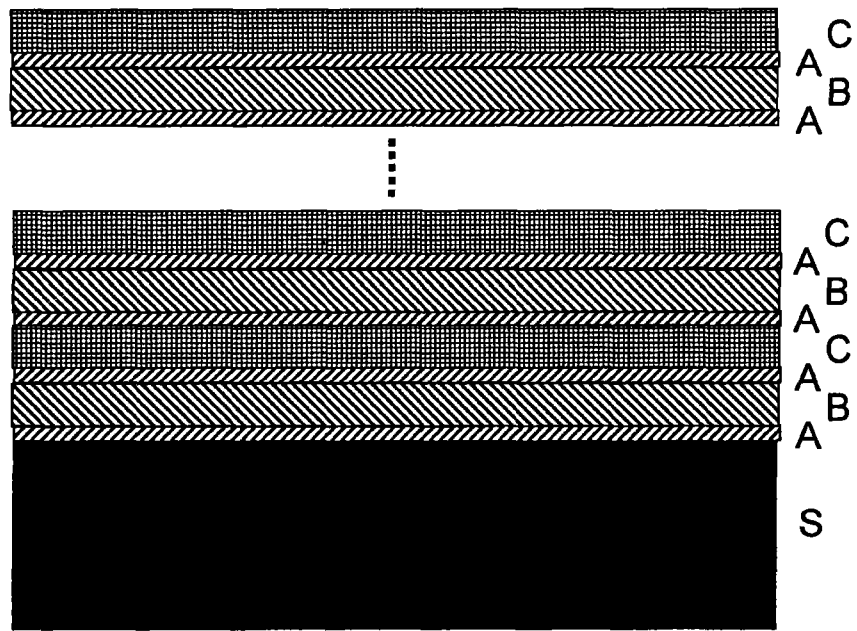


图1

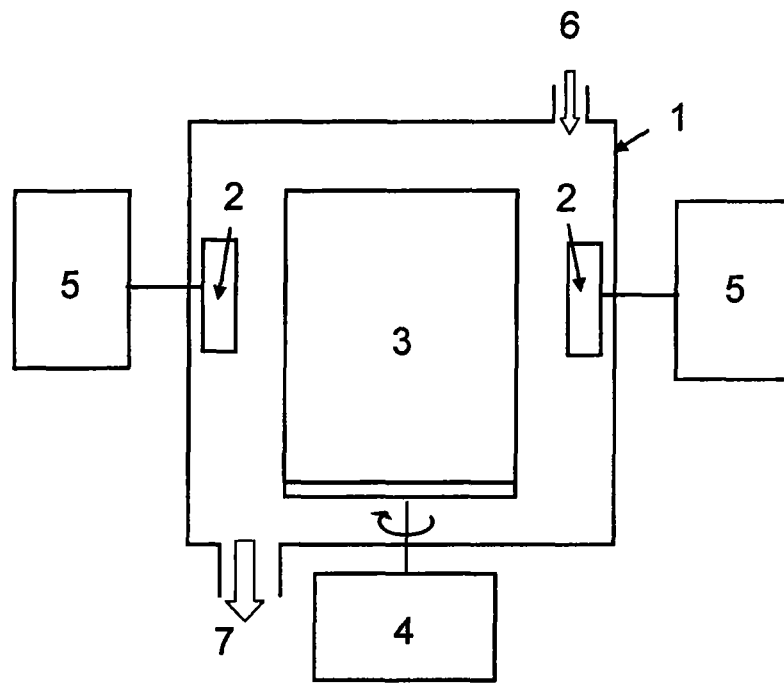


图2a

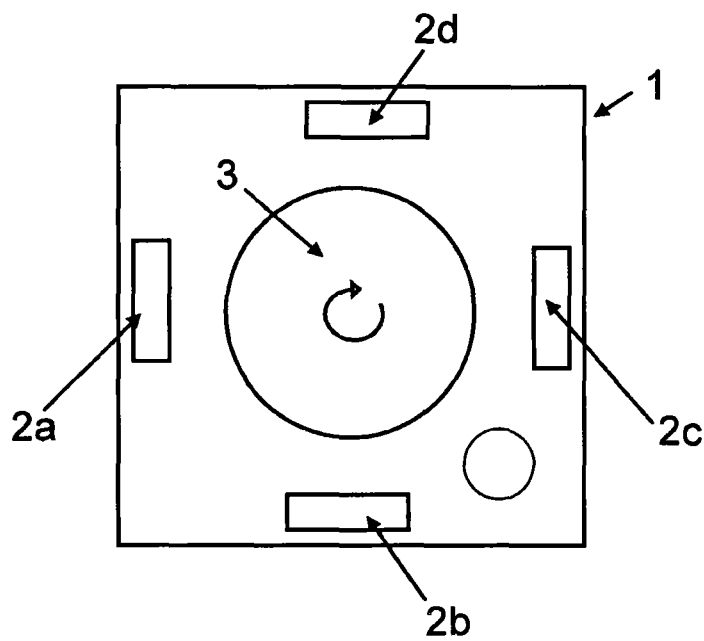


图2b