

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

B23B 27/14

C23C 16/40

C23C 16/30



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410095404. X

[43] 公开日 2005 年 7 月 13 日

[11] 公开号 CN 1636657A

[22] 申请日 2004. 12. 21

[21] 申请号 200410095404. X

[30] 优先权

[32] 2003. 12. 22 [33] JP [31] 424401/2003

[32] 2003. 12. 22 [33] JP [31] 424402/2003

[32] 2004. 2. 18 [33] JP [31] 40764/2004

[32] 2004. 3. 3 [33] JP [31] 58682/2004

[32] 2004. 3. 3 [33] JP [31] 58683/2004

[32] 2004. 3. 3 [33] JP [31] 58686/2004

[71] 申请人 三菱综合材料株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 早樋拓也 对马文雄 大鹿高岁

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 范 赤 庞立志

权利要求书 2 页 说明书 30 页

[54] 发明名称 具有抗破碎性优异的硬涂层的表面涂覆金属陶瓷切削工具

[57] 摘要

本发明提供了一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具,其具有抗破碎性优异的硬涂层。该表面涂覆的金属陶瓷切削工具通过在由 WC 基硬质合金或 TiCN 基金属陶瓷制成的工具基底的表面上涂覆一层包括下述上层(b)和下层(a)的硬涂层而形成:(a)为下层,为钛化合物层,其具有 TiC 层、TiN 层、TiCN 层、TiCO 层以及 TiCNO 层中的至少一个或两个,所有这些层都通过化学气相沉积形成,该钛化合物层的总平均厚度为 3-20 微米,以及(b)为上层,是热转化的 α 型 Al 氧化物层,是通过进行下述情况下的热转化处理形成的:满足下述组成式 TiO<sub>y</sub> (其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9)并作为转化起始材料化学沉积的钛氧化物颗粒分散地分布在通过化学气相沉积法沉积的具有 κ 型或 θ 型晶体结构并满足下述组成式

(Al<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (其中采用电子探针显微分析仪(EP-MA)时所测的原子比率 X 值为 0.003 到 0.05)的 Al 氧化物层的表面上,从而将具有 κ 型或 θ 型晶体结构的 Al 氧化物层的晶体结构转化为 α 型晶体结构,该热转化的 α 型 Al 氧化物层的平均厚度为 1-15 微米。

知识产权出版社出版

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具，其具有抗破碎性优异的硬涂层，  
其中该表面涂覆的金属陶瓷切削工具通过在由碳化钨基硬质合金或氮碳化  
5 钛基金属陶瓷制成的工具基底的表面上涂覆一层包括下述上层 (b) 和下层 (a)  
的硬涂层而制成：

(a) 钛化合物层作为下层，其具有碳化钛层、氮化钛层、氮碳化钛层、  
氧碳化钛层和氧碳氮化钛层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相  
沉积形成，该钛化合物层的总平均厚度为 3-20 微米，以及

10 (b) 热转化的  $\alpha$  型 Al 氧化物层作为上层，其通过在下述情况下进行的热  
转化处理形成：将满足下述组成式  $TiO_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于  
Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）并作为转化起始材料化学沉积的钛氧化物颗粒  
分散地分布在通过化学气相沉积法沉积的具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述  
15 组成式  $(Al_{1-x}Zr_x)_2O_3$ （其中采用电子探针显微分析仪 (EPMA) 所测得的原子比  
率 X 值为 0.003 到 0.05）的 Al 氧化物层的表面上，从而将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶  
体结构的 Al 氧化物层的晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构，该热转化的  $\alpha$  型 Al 氧  
化物层的平均厚度为 1-15 微米。

2. 一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具，其具有抗破碎性优异的硬涂层，  
其中表面涂覆的金属陶瓷切削工具通过在由碳化钨基硬质合金或氮碳化钛  
20 基金属陶瓷制成的工具基底的表面上涂覆一层包括下述上层 (b) 和下层 (a)  
的硬涂层而形成：

(a) 钛化合物层作为下层，其具有碳化钛层、氮化钛层、氮碳化钛层、  
氧碳化钛层和氧碳氮化钛层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相  
沉积形成，该钛化合物层的总平均厚度为 3-20 微米，以及

25 (b) 热转化的  $\alpha$  型 Al 氧化物层作为上层，其通过在下述情况下进行的热  
转化处理形成：将满足下述组成式  $TiO_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于  
Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）并作为转化起始材料化学沉积的钛氧化物颗粒  
分散地分布在通过化学气相沉积法沉积的具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述  
组成式  $(Al_{1-x}Ti_x)_2O_3$ （其中采用电子探针显微分析仪 (EPMA) 所测得的原子比  
30 率 X 值为 0.01 到 0.05）的 Al 氧化物层的表面上，从而将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体

结构的 Al 氧化物层的晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构，该热转化的  $\alpha$  型 Al 氧化物层的平均厚度为 1-15 微米。

3. 一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具，其具有抗破碎性优异的硬涂层，其中表面涂覆的金属陶瓷切削工具通过在由碳化钨基硬质合金或氮碳化钛基金属陶瓷制成的工具基底的表面上涂覆一层包括下述上层 (b) 和下层 (a) 的硬涂层而形成：

(a) 钛化合物层作为下层，其具有碳化钛层、氮化钛层、氮碳化钛层、氧碳化钛层和氧碳氮化钛层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相沉积形成，该钛化合物层的总平均厚度为 3-20 微米，以及

- 10 (b) 热转化的  $\alpha$  型 Al 氧化物层作为上层，其通过在下述情况下进行的热转化处理形成：将满足下述组成式  $TiO_Y$  (其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9) 并作为转化起始材料化学沉积的钛氧化物颗粒分散地分布在通过化学气相沉积法沉积的具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式  $(Al_{1-x}Cr_x)_2O_3$  (其中采用电子探针显微分析仪 (EPMA) 所测得的原子比
- 15 率 X 值为 0.005 到 0.04) 的 Al 氧化物层的表面上，从而将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的 Al 氧化物层的晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构，该热转化的  $\alpha$  型 Al 氧化物层的平均厚度为 1-15 微米。

具有抗破碎性优异的硬涂  
层的表面涂覆金属陶瓷切削工具

5

技术领域

本发明涉及一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具（下文中将称之为涂覆的金属陶瓷工具），其硬涂层具有优良的抗破碎性（chipping resistance），特别是，在高速间歇切削钢材、铸铁等过程中。

10

背景技术

通常所知的涂覆的金属陶瓷工具，是通过在由碳化钨（下文中表示为 WC）基硬质合金或氮碳化钛（下文中表示为 TiCN）基金属陶瓷制成的基底（下文中一般称之为工具基底）表面上，涂覆包括下文所述的上层（b）和下层（a）的硬涂层制成的：

15

（a）为下层，为钛化合物层，其具有碳化钛（下文中表示为 TiC）层、氮化钛（下文中表示为 TiN）层、碳氮化钛（下文中表示为 TiCN）层、碳氧化钛（下文中表示为 TiCO）层以及氧碳氮化钛（titanium oxycarbonitride）（下文中表示为 TiCNO）层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相沉积形成，该钛化合物层的厚度为 3-20 微米；以及

20

（b）为上层，是  $\alpha$  型氧化铝（下文中表示为  $Al_2O_3$ ）沉积层，其具有由化学气相沉积形成的  $\alpha$  型晶体结构和 1-15 微米的平均厚度。而且，公知的是这种涂覆的金属陶瓷工具广泛地应用于例如连续或间歇地切削钢材或铸铁。

25

一般地同样为公知的是，构成涂覆的金属陶瓷工具的硬涂层的钛化合物层或  $Al_2O_3$  层具有粒状晶体结构，而且构成钛化合物层的 TiCN 层具有纵向成长的晶体结构，以达到增加该层的强度的目的，这种纵向成长的晶体结构是通过进行化学气相沉积而形成的，该化学气相沉积在适合的温度区间 700-950℃ 进行，并且在传统的化学气相沉积反应器中使用包括碳氮有机物如  $CH_3CN$  的混合气体作为反应气体。

30

[专利文献 1] 日本未审专利申请公开号 No.6-31503。

[专利文献 2] 日本未审专利申请公开号 No.6-8010。

近年来，切削工具的性能被大幅度增强，切削工作中节约劳动力和能量及降低成本的需求也随之增加。因此，切削工作比以往更多地在更高的速度范围内进行。传统的涂覆的金属陶瓷工具在通常的条件下，对钢材、铸铁或相似材料进行连续或间歇的切削时一般不会出现问題。然而，当传统的切削工具在最严酷的工作条件下被用于高速间歇切削时，例如，在高速间歇切削时，机械与热冲击在非常短的周期内重复施加于切削刃，通常为硬涂层的下层的钛化合物层具有高的强度并显示出优良的抗冲击性能。然而，构成硬涂层上层的沉积  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层，虽然具有较高的高温硬度以及优良的抗高温能力，但是在承受机械和热冲击时却非常脆。因此，硬涂层上容易发生碎裂（细裂纹），因而缩短了金属陶瓷切削工具的使用寿命。

### 发明内容

考虑到上述问题，发明人为改进构成涂覆的金属陶瓷工具硬涂层上层的沉积  $\alpha$  型  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层的抗破碎性进行了研究，并取得了下述结果。

在工具基底的表面上，作为下层的 Ti 化合物层在正常条件下通过传统的化学气相沉积反应器形成。具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式：

$(\text{Al}_{1-x}\text{Zr}_x)_2\text{O}_3$ （其中采用电子探针显微分析仪（EPMA）所测的原子比率 X 为 0.003 到 0.05）的 Al 氧化层（下文中表示为  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层）也在相同的正常条件下沉积。之后，使用化学气相沉积反应器对  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层的表面在如下条件下进行处理：

反应气体组成：以体积%计， $\text{TiCl}_4$ ：0.2-3%， $\text{CO}_2$ ：0.2-10%，Ar：5-50%，以及余量的  $\text{H}_2$ ；

反应气氛的温度：900 到 1020℃；

反应气氛的压力：7-30kPa；以及

时间：1-10 分钟。

此时，满足组成式  $\text{TiO}_Y$ （其中使用俄歇电子能谱法测得相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）的钛氧化物颗粒被分散地分布在  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层的表面上。这样，通过在 Ar 气氛下进行热转化处理，优选在下述条件下进行：压力 7-50kPa、温度 1000-1200℃、保持时间 10-120 分钟，使得具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层转化为具有  $\alpha$  型晶体结构的  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层。此时，由于在转换前均匀分布在  $(\text{Al}, \text{Zr})_2\text{O}_3$  层表面上的钛氧化物颗粒作为在热转

化后的  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  层中、在  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构之时裂纹产生的起始点，所以在转化时产生的裂纹极端微小，且钛氧化物颗粒均匀分散地分布。而且， $(Al, Zr)_2O_3$  层本身的强度由于有作为组元的 Zr 的作用而显著的增加，除了高强度外，热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  层具有均匀的结构，其中在转化过程中产生的裂纹在整个层中变得细小，因此该层除具有高强度下，还因而具有非常强的抵抗机械和热冲击的能力和优异的抗破碎性。

因此，所述涂覆的金属陶瓷工具具有包括热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  层作为上层和钛化合物层（该钛化合物层在上述条件下热转化处理过程中没有发生任何改变）做为下层的硬涂层，热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  层即使在伴随着剧烈的机械和热冲击的高速间歇切削时也展现了优良的抗破碎性，另外其高的高温硬度和抗高温性能也与  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层固有的优良的高温硬度和抗高温性能相同。因此，由于具有高强度的钛化合物层的存在，在硬涂层中发生的碎裂被显著地抑制，而且在更长的时间范围显示出优良的抗磨性能。

本发明基于上述研究结果设计，提供了一种表面涂覆的金属陶瓷切削工具，该工具通过在一个由 WC 基硬质合金或 TiCN 基金属陶瓷制成的工具基底上涂覆包括下述的上层 (b) 和下层 (a) 的硬涂层而制成：

(a) 为下层，为钛化合物层，其具有 TiC 层、TiN 层、TiCN 层、TiCO 层和 TiCNO 层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相沉积法沉积，该钛化合物层的总平均厚度为 3-20 微米，以及

(b) 为上层，是热转化  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  沉积层，是通过进行下述情况下的热转化处理形成的：满足下述组成式  $TiO_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）的并作为转化起始材料被化学沉积的钛氧化物颗粒分散地分布在  $(Al, Zr)_2O_3$  层的表面上，该  $(Al, Zr)_2O_3$  层通过化学气相沉积法沉积，具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式： $(Al_{1-x}Zr_x)_2O_3$ （采用电子探针显微分析仪（EPMA）时所测原子比率值 X 为 0.003 到 0.05），从而将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al, Zr)_2O_3$  层的晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构，该热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Zr)_2O_3$  层的平均厚度为 1-15 微米。

下面将介绍对构成按照本发明的上述金属陶瓷涂覆层的硬涂层的层中的数值进行限制的原因。

(a) 下层 (Ti 化合物层) 的平均厚度

钛化合物层具有固有的高强度，硬涂层也受到钛化合物层存在的影响而具有高温强度。另外，钛化合物层同时紧密地附着在工具基底以及作为上层的热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层上。从而，该层有助于改善硬涂层对工具基底的附着力。然而，当总平均厚度小于3微米时，上述的效果就不能充分的实现。另一方面，

5 当整个平均厚度超过20微米时易于发生热塑性变形，尤其是在伴有大量热量产生的高速间歇切削时，会导致局部的磨损。因此，平均的厚度优选置于3-20微米。

#### (b) 钛氧化物颗粒的 Y 值

如上文所述，由于钛化合物颗粒是在沉积的 $\kappa$ 型或 $\theta$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层转化为

10  $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层时产生裂纹的起点，所以在热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层的转化时产生的裂纹是细微并且均匀分散地分布的。因而，热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层具有优良的抗破碎性。然而，当相对于Ti的原子比率Y值小于1.2或者大于1.9时，在转变过程中使得所产生裂纹变得细微的作用就不能充分发挥。因此，相对于Ti的原子比率Y值设定为1.2-1.9。

#### 15 (c) 上层[热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层]中Zr的含量比及其平均厚度

由于热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层通过组元Al的作用而具有优良的高温硬度和耐热性能，而且通过组元Zr的作用具有高强度，热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层体现了优良的抗磨性能和抗破碎性能。但是，当在原子比率中（该值是下述比值的准确值）相对于所有Al含量的比率中Zr的含量比率（X值）小于0.003

20 时，就不能够保证充分的高温强度。另一方面，当Zr的含量比率大于0.05时，就会导致转化的不稳定，从而使得热转化处理过程中 $\kappa$ 型或 $\theta$ 型晶体结构难于充分地转化为 $\alpha$ 型晶体结构。因此，Zr的含量比率（X值）范围优选设置为0.003-0.05。

而且，当热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层的平均厚度小于1微米时，硬涂层不能

25 具有足够的高温硬度和耐热性。另一方面，当热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层的平均厚度大于15微米时，就易于发生破碎，因此，热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层的平均厚度优选设置为1-15微米。

还有，为了鉴别使用前后的切削工具的目的，在需要时可能沉积具有金色色调的TiN层。在此情况下，TiN层的平均厚度优选为0.1-1微米。这是因为，

30 当平均厚度小于0.1微米时，不能实现充分的鉴别，而且，只有厚达1微米的

平均厚度才能实现由于 TiN 层的充分鉴别。

进而，发明人还对改进沉积的  $\alpha$  型  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层的抗破碎性进行了研究，并取得如下结果，该沉积  $\alpha$  型  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层构成传统的涂覆的金属陶瓷工具的硬涂层的上层。

5 在工具基底表面上，通过使用通常的化学气相沉积反应器在正常条件下形成作为下层的 Ti 化合物层。具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式：

$(\text{Al}_{1-x}\text{Ti}_x)_2\text{O}_3$ （其中采用电子探针显微分析仪（EPMA）测量的原子比率 X 值是 0.01 到 0.05）的 Al 氧化物层（后文表示为  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层）也在同样的正常条件下沉积。随后，按照下述条件应用化学气相沉积反应器处理  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$

10 层：

反应气体组成：体积%计， $\text{TiCl}_4$ : 0.2-3%， $\text{CO}_2$ : 0.2-10%，Ar: 5-50%， $\text{H}_2$ : 余量，

反应气氛温度：900-1020℃，

反应气氛压力：7-30kPa，以及

15 时间：1-10 分钟。

之后，满足下述组成式： $\text{TiO}_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）的钛氧化物颗粒被分散地分布在  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层的表面上。在此状态下，在 Ar 气氛下进行热转化处理，优选在下述条件下：压力 7-50kPa、温度 1000-1200℃、持续时间 10-120 分钟，具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层被转化为具有  $\alpha$  型晶体结构的  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层。这样，由于在转化前均匀分布在  $(\text{Al, Zr})_2\text{O}_3$  层表面上的钛氧化物颗粒作为在热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al, Zr})_2\text{O}_3$  层中、在  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构时产生裂纹的起始点，所以在转化时产生的裂纹变得极端微小，而且钛氧化物颗粒均匀且分散地分布。而且，由于在热转化时晶体的成长受到组分 Ti 的作用的抑制，因而完成了晶粒的细化，因此能够获得优良的抗破碎性能。因此，在具有以热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层作为上层并以钛化合物层（该钛化合物层在上述条件下进行的热转化处理中没有发生任何变化）作为下层的硬涂层的涂覆的金属陶瓷工具中，即使是在伴有剧烈的机械和热冲击的高速间歇切削中，热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$  层也体现出优良的抗破碎性，具有与  $\alpha$  型的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层所固有的同样优良的高温硬度和抗热性能。结果，由于具有高强度的钛化合物

20

25

30



层具有优良的抗破碎性。然而，当相对于 Ti 的原子比率 Y 值小于 1.2 以及大于 1.9 时，使得在转变过程中所产生裂纹变得细微的作用就不能充分地发挥。因此，相对于 Ti 的原子比率 Y 值设定为 1.2-1.9。

(c)上层[热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层]中 Ti 的含量比及其平均厚度

- 5 由于热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层中通过组元 Al 的作用具有优良的高温硬度和抗热性能，而且也由于通过组元 Ti 的作用使得在热转化时晶粒生长受到抑制从而更加细化晶粒，因而能够获得优良的抗磨性能和抗破碎性能，同时一起获得热转化时产生的裂纹的均匀、细小分布。但是，当在原子比率中（该值是下述比值的准确值）相对于所有 Al 含量比率的 Ti 的含量比率（X 值）小于 0.01
- 10 时，就不能够保证充分的细小晶粒结构。另一方面，当 Ti 的含量比大于 0.05 时，就会导致转化的不稳定，从而使得热转化处理过程中  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构难于充分地转化为  $\alpha$  型晶体结构。因此，Ti 的含量比率（X 值）优选设置为 0.01 到 0.05，更优选为 0.015-0.035。

- 而且，当热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层的平均厚度小于 1 微米时，硬涂层不能
- 15 具有充分的高温硬度和抗热性能。另一方面，当热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层的平均厚度大于 15 微米时，就易于发生破碎，因此，热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层的平均厚度优选设置为 1-15 微米。

- 还有，为了鉴别使用前后的切削工具，在需要时可能沉积具有金色色调的 TiN 层。在此情况下，TiN 层的平均厚度优选为 0.1-1 微米。这是因为，当平均
- 20 厚度小于 0.1 微米时，不能实现充分的鉴别，而且，只有厚达 1 微米的平均厚度才能实现由于 TiN 层的充分鉴别。

进而，发明人还对改进沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  的抗破碎性进行了研究，并取得如下成果，该沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层构成传统的金属陶瓷覆层工具的硬涂层的上层。

- 25 在工具基底表面上，通过使用通常的化学气相沉积反应器在正常条件下形成作为下层的 Ti 化合物层。具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式：

$(Al_{1-x}Cr_x)_2O_3$ （其中采用电子探针显微分析仪（EPMA）测得的原子比率 X 值是 0.005-0.04）的 Al 氧化物层（下文表示为  $(Al,Cr)_2O_3$  层）也在同样的正常条件下沉积。随后，按照下述条件应用化学气相沉积反应器处理  $(Al,Cr)_2O_3$

- 30 层表面：

反应气体组成：体积%计， $\text{TiCl}_4$ : 0.2-3%， $\text{CO}_2$ : 0.2-10%，Ar: 5-50%， $\text{H}_2$ ：  
余量，

反应气氛温度：900-1020℃，

反应气氛压力：7-30kPa，

5 时间：1 到 10 分钟。

之后，满足下述组成式： $\text{TiO}_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）的钛氧化物颗粒分散地分布在  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层的表面上。在此状态下，在 Ar 气氛下进行热转化处理，优选是在下述条件下：压力 7-50kPa、温度 1000-1200℃、持续时间 10-120 分钟，具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  被转化为具有  $\alpha$  型晶体结构的  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层。这样，由于在转化前均匀分布在  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层的表面上的钛氧化物颗粒在热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层内、在  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构的转化时作为所产生裂纹的起点，使得在转化时产生的裂纹极度细微，并且钛氧化物颗粒均匀且分散地分布。而且，由于在转化时产生的裂纹的细化作用受到组分 Cr 10 的作用的进一步促进，因此能够获得优良的抗破碎性能。因此，在具有由热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层作为上层并且由钛化合物层（该钛化合物层在上述条件下进行的热转化处理中没有发生任何变化）作为下层的硬涂层金属陶瓷涂层工具中，即使是在伴有剧烈的机械和热冲击的高速间歇切削中，热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  层也体现出优异的抗破碎性，具有与  $\alpha$  型的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  层同样优异的高温硬度和抗热性能。结果，由于具有高强度的钛化合物层的存在，硬涂层上发生的碎裂被大幅度抑制，并且在更长的时间内表现出优良的抗磨性能。

本发明是基于上述研究的成果设计的，因此，本发明提供了一种金属陶瓷涂覆的切削工具，在由 WC 基硬质合金或 TiCN 基金属陶瓷制成的工具基底的表面上，涂覆由包括下述的上层 (b) 和下层(a)的硬涂层而制成：

25 (a) 为下层，为钛化合物层，其具有 TiC 层、TiN 层、TiCN 层、TiCO 层和 TiCNO 层中的至少一个或两个，所有这些层都通过化学气相沉积形成，该钛化合物层的平均厚度为 3-20 微米，以及

(b) 为上层，是热转化的  $\alpha$  型  $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$  沉积层，是通过下述情况下的热转化处理形成的：满足下述组成式  $\text{TiO}_Y$ （其中由俄歇电子能谱法测到的相对于 Ti 的原子比率 Y 值为 1.2-1.9）并作为转化起始材料化学沉积的钛氧化物颗  
30

粒分散地分布在用化学气相沉积法沉积的具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构并满足下述组成式  $(Al_{1-x}Ti_x)_2O_3$  (采用电子探针显微分析仪 (EPMA) 时测得的原子比率 X 值为 0.005 到 0.04) 的  $(Al,Cr)_2O_3$  层的表面上, 从而将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al,Cr)_2O_3$  层的晶体结构转化为  $\alpha$  型晶体结构, 该热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层的平均厚度为 1-15 微米。

下面, 介绍对构成按照本发明的上述金属陶瓷涂覆层的硬涂层的层中的数值进行限制的原因。

#### (a) 下层 (Ti 化合物层) 的平均厚度

钛化合物层具有固有的高强度, 硬涂层也受到存在钛化合物层的影响而具有高温强度。另外, 钛化合物层同时紧密地附着在工具基底以及作为上层的热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层上。从而, 该层有助于改善硬涂层对工具基底的附着力。然而, 当总平均厚度小于 3 微米时, 上述的效果就不能充分实现。另一方面, 当总平均厚度超过 20 微米时易于发生热塑性变形, 尤其是在伴有大量热量产生的高速间歇切削时, 会导致局部的磨损。因此, 平均的厚度优选设置为 3-20 微米。

#### (b) 钛氧化物颗粒的 Y 值

如上文所述, 由于钛混合颗粒是在沉积的  $\kappa$  型或  $\theta$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层转化为  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层时所产生裂纹的起点, 所以在热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层的转化中产生的裂纹是细微并且均匀且分散地分布的。因而, 热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层具有优异的抗破碎性。然而, 当相对于 Ti 的原子比率 Y 值小于 1.2 以及大于 1.9 时, 在转变过程中使得所产生裂纹变得细微的作用就不能充分地发挥。因此, 相对于 Ti 的原子比率 Y 值设定为 1.2-1.9。

#### (c) 上层 [热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Cr)_2O_3$ 层] 中 Cr 的含量比及其平均厚度

由于热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层通过组元 Al 的作用具有优异的高温硬度和抗热性能; 还由于在使用 Ti 氧化物颗粒分散地分布在沉积的  $\alpha$  型  $(Al,Cr)_2O_3$  层表面上发生转化时所产生裂纹的细化由组分 Cr 的作用进一步得到促进而使晶体更加细化, 因而在获得优良的抗磨性能和抗破碎性能的同时, 在热转化时产生的裂纹均匀且细小地分布。但是, 当在原子比率中 (该值是下述比值的准确值) 相对于所有 Al 含量比率的 Cr 的含量比率 (X 值) 小于 0.005 时, 就不能够保证在转化时产生的裂纹充分细化。另一方面, 当 Cr 的含量比率大于 0.04

时,就会导致转化的不稳定,从而使得热转化处理过程中 $\kappa$ 型或 $\theta$ 型晶体结构难于充分地转化为 $\alpha$ 型晶体结构。因此,Cr的含量比率(X值)优选设定为0.005-0.04,更优选为0.012-0.035。

而且,当热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Cr)_2O_3$ 层的平均厚度小于1微米时,硬涂层不能具有充分的高温硬度和抗热性能。另一方面,当热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Cr)_2O_3$ 层的平均厚度大于15微米时,就易于发生破碎,因此,热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Cr)_2O_3$ 层的平均厚度优选设定为1-15微米。

还有,为了鉴别使用前后的切削工具的目的,在需要时可以沉积具有金色色调的TiN层。在此情况下,TiN层的平均厚度优选为0.1-1微米。这是因为,当平均厚度小于0.1微米时,不能实现充分的鉴别,而且,只有厚达1微米的平均厚度才能实现由于TiN层的充分鉴别。

在按照本发明的涂覆的金属陶瓷工具中,由于构成了硬涂层的上层的热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Zr)_2O_3$ 层或者热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Ti)_2O_3$ 层或者热转化的 $\alpha$ 型 $(Al,Cr)_2O_3$ 层即使是在高速间歇切削钢材、铸铁等材料,具有高机械和热冲击时,也体现出了优异的高温硬度和抗热性能以及更优异的抗破碎性能,所以在硬涂层没有碎裂的情况下,可以获得优良的耐磨性能。

#### 具体实施方式

下面将结合实施例详细介绍根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具。

#### [第一实施例]

下述粉末具有1-3微米的平均粒径,准备用作基底的原料:WC粉末、TiC粉末、ZrC粉末、VC粉末、TaC粉末、NbC粉末、 $Cr_3C_2$ 粉末、TiN粉末、TaN粉末以及Co粉末。这些原料粉末按照表1中所示的组合成份彼此混合,在加有蜡的丙酮溶液中使用球磨机相互混合24小时,之后在减压下烘干。然后,得到的粉末混合物在98MPa下被压制成型为具有预定形状的压坯。压坯然后在下述条件下真空烧结:压力5Pa、预定温度范围1370°C-1470°C、持续时间1小时。烧结后,为切削刃开角(horning)(R:0.07毫米),以制造工具基底A-F,该工具基底A-F由WC基硬质合金制成并且具有符合ISO标准CNMG120408的不磨刃(throwaway)尖端形状。

而且,每种所具有的平均粒径范围为0.5-2微米的下述粉末被作为基底的原材料:TiCN(重量比TiC/TiN=50/50)、 $Mo_2C$ 粉末、ZrC粉末、NbC粉末、

TaC 粉末、WC 粉末、Co 粉末和 Ni 粉末。这些原料粉末基于表 2 中所示的组  
成份相互混合，使用球磨机互相湿混合 24 小时，之后烘干。然后，所得到的  
粉末混合物在 98Mpa 压力下被压制成形为压坯。该压坯在氮气氛中的下述  
条件下烧结：压力 1.3kPa、温度 1540°C、持续时间 1 小时。烧结后，为切削刃  
5 开角 (R: 0.07 毫米)，以制造工具基底 a-f，该工具基底 a-f 由 TiCN 基金属  
陶瓷制成并且具有符合 ISO 标准 CNMG120412 的基片形状。

之后，使用通常的化学气相沉积反应器，在工具基底 A-F 和工具基底 a-f  
表面上，将作为硬涂层下层的多层钛化合物层在如表 3 所示的条件下（表 3 中，  
1-TiCN 表示如日本未审专利申请公开 No.6-8010 所述具有纵向成长晶体结构的  
10 TiN 层的形成条件，而其它的则表示通常的粒状晶体结构的形成条件）按表 5  
所示的组合和目标厚度沉积。之后，类似地，具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的多层  
(Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层在如表 3 所示的条件下按表 5 所示的组合和目标厚度沉积。随  
后，在每个具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的 (Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层表面上，在如表 4 所示  
的条件下将钛氧化物颗粒与如表 5 所示组合沉积。在该状态下，在 Ar 气氛下  
15 的下述条件下进行热转化处理：压力 30kPa、温度 1100°C、预定持续时间 20-100  
分钟，以将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的 (Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层转化为具有  $\alpha$  型晶体结  
构的 (Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层。结果，根据本发明的具有热转化的  $\alpha$  型 (Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层作  
为硬涂层的上层的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 就分别被制造出来了。

而且，在制造根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 时，准备了单独的试  
20 样，并将试样放入相同的化学气相沉积反应器中。在钛氧化物颗粒在试样表面  
上形成的时间点，试样被拿出化学气相沉积反应器，并使用俄歇电子能谱法测  
定钛氧化物颗粒的组成 (Y 值)。

为了比较，如表 6 所示，沉积的  $\alpha$  型 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层作为硬涂层的上层，并且具  
有如表 6 所示的目标厚度，在如表 3 所示的相同条件下形成。这样，除了未在  
25 上述条件下形成钛氧化物颗粒和进行热转化处理之外，传统的金属陶瓷工具 1-  
13 也在相同的条件下被制造出来。

通过使用电子探针显微分析仪 (EMPA) 和俄歇电子能谱法观察构成根据  
本发明的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 以及传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 的硬  
涂层的层（这些层的纵向剖面被观察）。结果是，前者全部都包括 Ti 化合物  
30 层和具有与目标组成大致相同组成的热转化的  $\alpha$  型 (Al,Zr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 层，而且在热

转化处理之前沉积在表面上的钛氧化颗粒具有与前文提到的观察中的目标组成大致相同的组成。另一方面，确定后者全部都具有 Ti 化合物层和具有与目标组成大致相同的组成的沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层。另外，使用扫描电子显微镜测量构成涂覆的金属陶瓷工具硬涂层的层厚度（测量其纵向剖面）。这里，厚度全部5 都显示出大致上与目标厚度相同的平均厚度（5 点测量的平均值）。

之后，在每个上述的涂覆的金属陶瓷工具都通过固定夹具被螺钉固定在由工具钢制成的咬合件的尖端的状态下，根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 和传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 接受下述测试：

10 轴承钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度是 200 米/分钟），在下述条件（称作切削条件 A）下进行：

工件：具有 4 个在纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS-SUJ2 圆钢，

切削速度：350 米/分钟，

切削深度：1.5 毫米，

进给率：0.20 毫米/转

15 切削时间：5 分钟；

合金钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 200 米/分钟），在下述条件（称作切削条件 B）下进行：

工件：具有 4 个在纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS-SCM440 圆钢，

切削速度：400 米/分钟，

20 切削深度：1.5 毫米，

进给率：0.22 毫米/转

切削时间：5 分钟；以及

可锻（dark-tiled）铸铁的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 200 米/分钟），在下述条件（称作切削条件 C）下进行：

25 工件：具有 4 个在纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS-FCD400 圆棒，

切削速度：400 米/分钟，

切削深度：2.0 毫米，

进给率：0.30 毫米/转

切削时间：5 分钟，

30 然后在每个测试中测出切削刀的侧面磨损宽度。测量结果如表 7 所示。

[表 1]

类型		化合物组成 (质量%)									
		Co	TiC	ZrC	VC	TaC	NbC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	TiN	TaN	WC
工具基底	A	7	-	-	-	-	-	-	-	-	余量
	B	5.7	-	-	-	1.5	0.5	-	-	-	余量
	C	5.7	-	-	-	-	-	1	-	-	余量
	D	8.5	-	0.5	-	-	-	0.5	-	-	余量
	E	12.5	2	-	-	-	-	-	1	2	余量
	F	14	-	-	0.2	-	-	0.8	-	-	余量

[表 2]

类型		化合物组成 (质量%)							
		Co	Ni	ZrC	TaC	NbC	Mo <sub>2</sub> C	WC	TiCN
工具基底	a	13	5	-	10	-	10	16	余量
	b	8	7	-	5	-	7.5	-	余量
	c	5	-	-	-	-	6	10	余量
	d	10	5	-	11	2	-	-	余量
	e	9	4	1	8	-	10	10	余量
	f	12	5.5	-	10	-	9.5	14.5	余量

[表 3]

构成硬涂层的层		形成条件 (kPa 表示反应气氛压力; °C 表示其温度)		
类型	目标组成 (原子比率)	反应气体组成 (体积%)	反应气氛	
			压力	温度
TiC	TiC	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CH <sub>4</sub> :8.5%,H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiN (第一层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :30%,H <sub>2</sub> :余量	30	900
TiN (其它层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :35%,H <sub>2</sub> :余量	50	1040
1-TiCN	1-TiC <sub>0.5</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :20%,CH <sub>3</sub> CN:0.6%,H <sub>2</sub> :余量	7	900
TiCN	TiC <sub>0.5</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :20%,CH <sub>4</sub> :4%,H <sub>2</sub> :余量	12	1020
TiCO	TiC <sub>0.5</sub> O <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CO:4%,H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiCNO	TiC <sub>0.3</sub> N <sub>0.3</sub> O <sub>0.4</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CO:3%,CH <sub>4</sub> :3%,N <sub>2</sub> :20%,H <sub>2</sub> :余量	20	1020
α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlCl <sub>3</sub> :2.2%,CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	1000
κ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -A	Zr(X 值): 0.003	AlCl <sub>3</sub> :3.7%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.03%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B	Zr(X 值): 0.01	AlCl <sub>3</sub> :3.6%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.1%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C	Zr(X 值): 0.017	AlCl <sub>3</sub> :3.53%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.17%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D	Zr(X 值):0.024	AlCl <sub>3</sub> :3.46%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.24%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -E	Zr(X 值): 0.03	AlCl <sub>3</sub> :3.4%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.3%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F	Zr(X 值): 0.037	AlCl <sub>3</sub> :3.33%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.37%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -G	Zr(X 值): 0.043	AlCl <sub>3</sub> :3.27%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.43%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -H	Zr(X 值): 0.05	AlCl <sub>3</sub> :3.2%,ZrCl <sub>4</sub> : 0.5%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800

[表 4]

钛氧化物颗粒种类	钛氧化物颗粒的目标组成 (原子比率)	形成条件			
		反应气体组成 (体积%)	反应气氛		时间 (分钟)
			压力 (kPa)	温度 (°C)	
TiO <sub>γ</sub> -a	TiO <sub>1.20</sub>	TiCl <sub>4</sub> :0.5%,CO <sub>2</sub> :0.2%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	30	1020	5
TiO <sub>γ</sub> -b	TiO <sub>1.35</sub>	TiCl <sub>4</sub> :3%,CO <sub>2</sub> :5%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	7	1000	3
TiO <sub>γ</sub> -c	TiO <sub>1.50</sub>	TiCl <sub>4</sub> :3%,CO <sub>2</sub> :10%,Ar:50%,H <sub>2</sub> 余量	14	1000	10
TiO <sub>γ</sub> -d	TiO <sub>1.60</sub>	TiCl <sub>4</sub> :1%,CO <sub>2</sub> :4.5%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	7	1000	7
TiO <sub>γ</sub> -e	TiO <sub>1.75</sub>	TiCl <sub>4</sub> :1%,CO <sub>2</sub> :8%,Ar:10%,H <sub>2</sub> 余量	7	950	1
TiO <sub>γ</sub> -f	TiO <sub>1.90</sub>	TiCl <sub>4</sub> :0.2%,CO <sub>2</sub> :5%,Ar:5%,H <sub>2</sub> 余量	7	900	8

[表5]

类型	工具 基底 代码	硬涂层 (括号内的数值为目标厚度: 微米)					钛氧化物颗粒代码	热处理处理后
		第一层	第二层	第三层	第四层	第五层		
1	A	TiN(1)	I-TiCN(17.5)	TiN(1)	TiCN(0.5)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B(15)	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
2	B	TiCN(1)	I-TiCN(8.5)	TiCO(0.5)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -A(9)	-	TiO <sub>2</sub> -e	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3	C	TiN(1)	I-TiCN(4)	TiC(4)	TiCN(1)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C(15)	TiO <sub>2</sub> -d	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
4	D	TiC(1)	I-TiCN(9)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D(3)	-	-	TiO <sub>2</sub> -f	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
5	E	TiN(1)	I-TiCN(4.5)	TiCO(0.5)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B(5)	-	TiO <sub>2</sub> -a	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6	F	TiN(0.5)	I-TiCN(1.5)	TiC(0.5)	TiCN(0.5)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -G(3)	TiO <sub>2</sub> -b	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
7	A	TiN(1)	I-TiCN(8)	TiCN(0.5)	TiCN(0.5)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -E(1)	TiO <sub>2</sub> -e	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
8	a	TiN(1)	TiCN(19)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D(15)	-	-	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
9	b	TiC(0.5)	I-TiCN(9)	TiCO(0.5)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D(10)	-	TiO <sub>2</sub> -b	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
10	c	TiN(1)	TiC(1)	TiCN(7)	TiCO(1)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -E(15)	TiO <sub>2</sub> -f	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
11	d	TiN(1)	TiC(1)	I-TiCN(8)	$\kappa$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C(3)	-	TiO <sub>2</sub> -d	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
12	e	TiC(1)	I-TiCN(4)	TiCN(1)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F(5)	-	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
13	f	TiCN(0.5)	TiC(2)	TiCN(0.5)	$\theta$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -H(1)	-	TiO <sub>2</sub> -a	转化为 $\alpha$ -(AlZr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

本说明书中所有数值均为近似值

[表6]

类型	工具基底代码	硬涂层 (括号内数字表示目标厚度)				
		第一层	第二层	第三层	第四层	第五层
1	A	TiN(1)	1-TiCN(17.5)	TiN(1)	TiCNO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15)
2	B	TiCN(1)	1-TiCN(8.5)	TiCO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (9)	-
3	C	TiN(1)	1-TiCN(4)	TiC(4)	TiCNO(1)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15)
4	D	TiC(1)	1-TiCN(9)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (3)	-	-
5	E	TiN(1)	1-TiCN(4.5)	TiCO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5)	-
6	F	TiN(0.5)	1-TiCN(1.5)	TiC(0.5)	TiCNO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (3)
7	A	TiN(1)	1-TiCN(8)	TiCNO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (1)	-
8	a	TiN(1)	TiCN(19)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15)	-	-
9	b	TiC(0.5)	1-TiCN(9)	TiCO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (10)	-
10	c	TiN(1)	TiC(1)	TiCN(7)	TiCO(1)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15)
11	d	TiN(1)	TiC(1)	1-TiCN(8)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (3)	-
12	e	TiC(1)	1-TiCN(4)	TiCNO(1)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5)	-
13	f	TiCN(0.5)	TiC(2)	TiCNO(0.5)	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (3)	-

传统的涂覆的金属陶瓷工具

[表 7]

类型	侧面磨损宽度 (毫米)			类型	切削测试结果			
	切削条件 A	切削条 件 B	切削条 件 C		切削条件 A	切削条件 B	切削条件 C	
本发明的涂覆的金属陶瓷工具	1	0.18	0.19	0.22	1	使用寿命 3.1 分钟	使用寿命 2.9 分钟	使用寿命 1.7 分钟
	2	0.16	0.15	0.20	2	使用寿命 2.8 分钟	使用寿命 2.4 分钟	使用寿命 1.3 分钟
	3	0.14	0.13	0.16	3	使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 1.5 分钟	使用寿命 1.1 分钟
	4	0.19	0.25	0.27	4	使用寿命 2.7 分钟	使用寿命 3.0 分钟	使用寿命 2.0 分钟
	5	0.23	0.29	0.30	5	使用寿命 3.3 分钟	使用寿命 3.3 分钟	使用寿命 2.9 分钟
	6	0.25	0.34	0.41	6	使用寿命 3.9 分钟	使用寿命 3.7 分钟	使用寿命 3.2 分钟
	7	0.20	0.23	0.25	7	使用寿命 3.8 分钟	使用寿命 3.2 分钟	使用寿命 2.4 分钟
	8	0.17	0.27	0.30	8	使用寿命 2.7 分钟	使用寿命 2.5 分钟	使用寿命 2.8 分钟
	9	0.13	0.16	0.16	9	使用寿命 2.1 分钟	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.5 分钟
	10	0.11	0.14	0.14	10	使用寿命 1.9 分钟	使用寿命 1.1 分钟	使用寿命 1.2 分钟
	11	0.13	0.18	0.19	11	使用寿命 2.3 分钟	使用寿命 1.9 分钟	使用寿命 2.0 分钟
	12	0.15	0.21	0.23	12	使用寿命 2.5 分钟	使用寿命 2.2 分钟	使用寿命 2.5 分钟
	13	0.21	0.33	0.38	13	使用寿命 3.1 分钟	使用寿命 2.9 分钟	使用寿命 3.0 分钟

(在表 7 中, 使用寿命由在硬涂层上产生的碎裂引起。)

如可以清楚地从表 5 到表 7 中的结果看出的: 在所有根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 中, 构成每个硬涂层的上层的热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Zr)_2O_3$  层具有优异的高温硬度和抗热性和高强度, 并且由于热转化的  $\alpha$  型结构体现出优异的抗破碎性, 从而显示出优异的耐磨性, 即使是在承受很高的机械和热冲击的高速间歇切削钢材和铸铁时也是如此。然而, 在所有的传统涂覆的金属陶瓷工具 1-13 中, 其沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层都不能抵抗高速间歇切削的剧烈的机械和热冲击, 并因此在硬涂层产生碎裂, 从而缩短了传统金属陶瓷切削工具的使用寿命。

### [第二实施例]

其次，使用通常的化学气相沉积反应器，在工具基底 A-F 和工具基底 a-f 的表面上，其中工具基底 a-f 等同于第一实施例所使用的工具基底，在如表 8 所示的条件下（表 8 中，1-TiCN 表示如日本未审专利申请公开 No.6-8010 所述具有纵向成长晶体结构的 TiCN 层的形成条件，而其它的则表示通常的粒状晶体结构的形成条件），将作为硬涂层的下层的多层钛化合物层按表 9 所示的组合和目标厚度进行沉积。之后，类似地，具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al,Ti)_2O_3$  层在如表 8 所示条件下按表 9 中所示组合和目标厚度进行沉积。随后，在每个具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al,Ti)_2O_3$  层表面上，钛氧化物颗粒在如表 4 所示的条件下按表 9 所示的组合进行沉积。在该状态中，热转化处理在 Ar 气氛下的下述条件下进行：压力 30kPa、温度 1100°C、预定持续时间 20-100 分钟，以将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al,Ti)_2O_3$  层转化为具有  $\alpha$  型晶体结构的  $(Al,Ti)_2O_3$  层。结果，根据本发明的具有热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层作为硬涂层的上层的涂覆的金属陶瓷工具 14-26 分别被制造出来。

而且，在根据本发明制造涂覆的金属陶瓷工具 14-26 时，准备了单独的试样，且将试样放入相同的化学气相沉积反应器中。在钛氧化物颗粒在试样表面形成时，试样被拿出化学气相沉积反应器，使用俄歇电子能谱法测定钛氧化物颗粒的组成（Y 值）。

为了比较，如表 6 所示，作为硬涂层的上层的沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层在如表 8 所示条件下形成，并且具有如表 6 所示的目标厚度。这样，除了未在上述条件下形成钛氧化物颗粒和进行热转化处理之外，传统的金属陶瓷工具 1-13 也在与上述相同的条件下被制造出来。

通过电子探针显微分析仪（EMPA）和俄歇电子能谱法观察构成根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 14-26 以及传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 的硬涂层的层（观察这些层的纵向剖面）。结果是，前者全部都包括 Ti 化合物层和具有与目标组成大致相同组成的热转化的  $\alpha$  型  $(Al,Ti)_2O_3$  层，而且在热转化处理之前在表面上沉积的钛氧化物颗粒具有与前文提到的观察中的目标组成大致相同的组成。另一方面，确定后者全部都具有 Ti 化合物层以及具有与目标组成基本相同组成的沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层。另外，构成涂覆的金属陶瓷工具硬涂层的层厚度用扫描电子显微镜测量（测量其纵向剖面）。这里，所有的厚度体

现出与目标厚度大致上相同的平均厚度（取 5 点测量的平均值）。

之后，在每个上述的涂覆的金属陶瓷工具都用固定夹具被螺钉固定在由工具钢制成的咬合件的尖端的状态下，根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 14-26 和传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 接受下述测试：

- 5 合金钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 250 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个在纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS·SCr420 圆钢，

切削速度：450 米/分钟，

切削深度：1.5 毫米，

- 10 进给率：0.3 毫米/转，

切削时间：5 分钟，

碳钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 200 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS·S20C 圆钢，

- 15 切削速度：400 米/分钟，

切削深度：1.5 毫米，

进给率：0.3 毫米/转

切削时间：5 分钟；以及

- 20 铸铁的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 250 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS·FC300 圆棒，

切削速度：500 米/分钟，

切削深度：1.5 毫米，

进给率：0.3 毫米/转，

- 25 切削时间：5 分钟，

然后，测量每个测试中的切削刃的侧面磨损宽度。测量结果如表 10 所示。

[表8]

构成硬涂层的层		形成条件 (kPa 表示反应气氛压力; °C 表示其温度)		
类型	组成 (原子比率)	反应气体组成 (体积%)	反应气氛	
			压力	温度
TiC	TiC	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CH <sub>4</sub> :8.5%,H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiN (第一层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :30%,H <sub>2</sub> :余量	30	900
TiN (其它层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :35%,H <sub>2</sub> :余量	50	1040
1-TiCN	1-TiC <sub>0.5</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :20%,CH <sub>3</sub> CN:0.6%,H <sub>2</sub> :余量	7	900
TiCN	TiC <sub>0.5</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,N <sub>2</sub> :20%,CH <sub>4</sub> :4%,H <sub>2</sub> :余量	12	1020
TiCO	TiC <sub>0.5</sub> O <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CO:4%,H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiCNO	TiC <sub>0.3</sub> N <sub>0.3</sub> O <sub>0.4</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%,CO:3%,CH <sub>4</sub> :3%,N <sub>2</sub> :20%,H <sub>2</sub> :余量	20	1020
α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlCl <sub>3</sub> :2.2%,CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	1000
κ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -A	Ti(X 值): 0.01	AlCl <sub>3</sub> :3.27%,TiCl <sub>4</sub> : 0.03%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B	Ti(X 值): 0.015	AlCl <sub>3</sub> :4.24%,TiCl <sub>4</sub> : 0.07%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C	Ti(X 值): 0.02	AlCl <sub>3</sub> :3.23%,TiCl <sub>4</sub> : 0.07%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D	Ti(X 值): 0.025	AlCl <sub>3</sub> :4.19%,TiCl <sub>4</sub> : 0.11%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -E	Ti(X 值): 0.03	AlCl <sub>3</sub> :3.20%,TiCl <sub>4</sub> : 0.10%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F	Ti(X 值): 0.035	AlCl <sub>3</sub> :4.15%,TiCl <sub>4</sub> : 0.15%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -G	Ti(X 值): 0.04	AlCl <sub>3</sub> :3.17%,TiCl <sub>4</sub> : 0.13%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -H	Ti(X 值): 0.05	AlCl <sub>3</sub> :4.09%,TiCl <sub>4</sub> : 0.22%, CO <sub>2</sub> :5.5%,HCl:2.2%,H <sub>2</sub> S:0.2%,H <sub>2</sub> :余量	7	800

[表9]

类型	工具基 底代码	硬涂层 (括号内的数值为目标厚度: 微米)					钛氧化物颗粒代码	热处理处理后
		第一层	第二层	第三层	第四层	第五层		
14	A	TiN(1)	1-TiCN(17.5)	TiN(1)	TiCN(0.5)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-B}(15)$	TiO <sub>γ</sub> -c	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
15	B	TiCN(1)	1-TiCN(8.5)	TiCO(0.5)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-A}(9)$	-	TiO <sub>γ</sub> -a	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
16	C	TiN(1)	1-TiCN(4)	TiC(4)	TiCN(1)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-C}(15)$	TiO <sub>γ</sub> -d	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
17	D	TiC(1)	1-TiCN(9)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-D}(3)$	-	-	TiO <sub>γ</sub> -f	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
18	E	TiN(1)	1-TiCN(4.5)	TiCO(0.5)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-B}(5)$	-	TiO <sub>γ</sub> -a	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
19	F	TiN(0.5)	1-TiCN(1.5)	TiC(0.5)	TiCN(0.5)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-G}(3)$	TiO <sub>γ</sub> -b	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
20	A	TiN(1)	1-TiCN(8)	TiCN(0.5)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-E}(1)$	-	TiO <sub>γ</sub> -c	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
21	a	TiN(1)	1-TiCN(19)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-E}(15)$	-	-	TiO <sub>γ</sub> -e	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
22	b	TiC(0.5)	1-TiCN(9)	TiCO(0.5)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-D}(10)$	-	TiO <sub>γ</sub> -a	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
23	c	TiN(1)	TiC(1)	TiCN(7)	TiCO(1)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-E}(15)$	TiO <sub>γ</sub> -d	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
24	d	TiN(1)	TiC(1)	1-TiCN(8)	$\kappa$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-C}(3)$	-	TiO <sub>γ</sub> -f	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
25	e	TiC(1)	1-TiCN(4)	TiCN(1)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-F}(5)$	-	TiO <sub>γ</sub> -b	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$
26	f	TiCN(0.5)	TiC(2)	TiCN(0.5)	$\theta$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3\text{-H}(1)$	-	TiO <sub>γ</sub> -e	转化为 $\alpha$ - $(\text{Al,Ti})_2\text{O}_3$

本发明实施例的涂层

[表 10]

类型	侧面磨损宽度 (毫米)			类型	切削测试结果				
	合金钢	碳钢	铸铁		合金钢	碳钢	铸铁		
本发明的涂覆的金属陶瓷工具	14	0.12	0.10	0.11	传统的涂覆的金属陶瓷工具	1	使用寿命 1.2 分钟	使用寿命 1.1 分钟	使用寿命 1.4 分钟
	15	0.16	0.14	0.15		2	使用寿命 1.5 分钟	使用寿命 1.4 分钟	使用寿命 1.7 分钟
	16	0.15	0.14	0.15		3	使用寿命 1.5 分钟	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.6 分钟
	17	0.18	0.16	0.17		4	使用寿命 1.7 分钟	使用寿命 1.7 分钟	使用寿命 1.9 分钟
	18	0.20	0.18	0.19		5	使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 1.9 分钟	使用寿命 2.2 分钟
	19	0.22	0.19	0.20		6	使用寿命 2.8 分钟	使用寿命 2.6 分钟	使用寿命 2.9 分钟
	20	0.21	0.18	0.19		7	使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 1.8 分钟	使用寿命 2.2 分钟
	21	0.13	0.12	0.13		8	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.2 分钟	使用寿命 1.5 分钟
	22	0.15	0.13	0.14		9	使用寿命 1.5 分钟	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.7 分钟
	23	0.14	0.12	0.14		10	使用寿命 1.4 分钟	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.5 分钟
	24	0.19	0.17	0.18		11	使用寿命 1.6 分钟	使用寿命 1.4 分钟	使用寿命 1.8 分钟
25	0.18	0.16	0.17	12		使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 1.8 分钟	使用寿命 2.1 分钟	
26	0.21	0.20	0.20	13		使用寿命 2.5 分钟	使用寿命 2.3 分钟	使用寿命 2.7 分钟	

(在表 10 中, 使用寿命由在硬涂层上产生的碎裂引起。)

- 如可以清楚地从表 6、9 和表 10 中的结果看出的: 在所有根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 14-26 中, 构成每个硬涂层上层的热转化的  $(Al,Ti)_2O_3$  层具有优异高温硬度和抗热性, 并显示出优异的抗破碎性, 因此体现出优异的耐磨性, 即使是在承受很高的机械和热冲击的高速间歇切削钢或铸铁时也是如此。然而, 所有的传统涂覆的金属陶瓷工具 1-13, 其沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层都不能抵抗高速间歇切削的剧烈的机械和热冲击, 并因此在硬涂层中产生碎裂, 从而缩短了传统合金涂覆工具的使用寿命。

### [第三实施例]

其次，使用通常的化学气相沉积反应器，在工具基底 A-F 和工具基底 a-f 的表面上，其中工具基底 a-f 与第一实施例所用的等同，在如表 11 所示的条件下（表 11 中，1-TiCN 表示如日本未审专利申请公开 No.6-8010 所述具有纵向  
5 成长晶体结构的 TiCN 层的形成条件，而其它的则表示通常的粒状晶体结构的形成条件），将作为硬涂层下层的钛化合物层按表 13 所示的组合和目标厚度进行沉积。之后，类似地，在如表 11 所示的条件下，对具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al, Cr)_2O_3$  层按表 13 所示的组合和目标厚度进行沉积。随后，在每个具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al, Cr)_2O_3$  层表面上，在如表 12 所示条件下，将  
10 钛氧化物颗粒如表 13 所示的组合进行沉积。在该状态下，热转化处理在 Ar 气氛下的下述条件下进行：压力 30kPa、温度 1100°C、预定持续时间 20-100 分钟，以将具有  $\kappa$  型或  $\theta$  型晶体结构的  $(Al, Cr)_2O_3$  层转化为具有  $\alpha$  型晶体结构的  $(Al, Cr)_2O_3$  层。结果，根据本发明的以具有热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Cr)_2O_3$  层作为硬涂层的上层的涂覆的金属陶瓷工具 27-39 分别被制造出来。

15 而且，在根据本发明制造涂覆的金属陶瓷工具 27-39 时，准备了单独的试样，并将试样放入相同的化学气相沉积反应器中。在钛氧化物颗粒开始在试样表面形成时，试样被拿出化学气相沉积反应器，使用俄歇电子能谱法测定钛氧化物颗粒的组分（Y 值）。

为了比较，如表 6 所示，作为硬涂层的上层的沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层在如表  
20 11 所示条件下形成，并且具有如表 6 所示的目标厚度。这样，除了在上述条件下没有形成钛氧化物颗粒和未进行热转化处理之外，传统的金属陶瓷工具 1-13 也在与上述相同的条件下被制造出来。

通过电子探针显微分析仪（EMPA）和俄歇电子能谱法观察构成根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 27-39 以及传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 的硬涂层的层（观察这些层的纵剖面）。结果是，前者全部都包括 Ti 化合物层和具有  
25 与目标组成大致相同组成的热转化的  $\alpha$  型  $(Al, Cr)_2O_3$  层，而且在热转化处理之前表面上沉积的钛氧化物颗粒具有与前文提到的观察中的目标组成大致相同的组成。另一方面，确定后者全部都具有 Ti 化合物层以及具有与目标组成基本相同组成的沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层。另外，构成涂覆的金属陶瓷工具硬涂层的  
30 层厚度用扫描电子显微镜测量（测量其纵向剖面）。这里，所有的厚度体现出

与目标厚度大致上相同的平均厚度（取 5 点测量的平均值）。

之后，在每个上述涂覆的金属陶瓷工具都用固定夹具被螺钉固定在由工具钢制成的咬合件的尖端的状态下，根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具 27-39 和传统的涂覆的金属陶瓷工具 1-13 接受下述测试：

- 5 碳钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 250 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS:S45C 圆钢，

切削速度：400 米/分钟，

切削深度：1.0 毫米，

- 10 进给率：0.2 毫米/转

切削时间：5 分钟；

合金钢的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 200 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS:SCM440 圆钢，

- 15 切削速度：350 米/分钟，

切削深度：1.5 毫米，

进给率：0.3 毫米/转

切削时间：5 分钟；以及

- 20 铸铁的干燥高速间歇切削测试（正常切削速度为 300 米/分钟），在下述条件下进行：

工件：具有 4 个纵向上等距离分布的纵向槽的 JIS:FC300 圆棒，

切削速度：450 米/分钟，

切削深度：2.0 毫米，

进给率：0.25 毫米/转，

- 25 切削时间：5 分钟，

然后，将每个测试中的切削刃的侧面磨损宽度测出。测量结果如表 14 所示。

[表 11]

构成硬涂层的层		形成条件 (kPa 表示反应气氛压力; °C 表示其温度)		
类型	目标组成 (原子比率)	反应气体组成 (体积%)	反应气氛	
			压力	温度
TiC	TiC	TiCl <sub>4</sub> :4.2%CH <sub>4</sub> :8.5%H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiN (第一层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%N <sub>2</sub> :30%H <sub>2</sub> :余量	30	900
TiN (其它层)	TiN	TiCl <sub>4</sub> :4.2%N <sub>2</sub> :35%H <sub>2</sub> :余量	50	1040
1-TiCN	1-TiC <sub>0.9</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%N <sub>2</sub> :20%CH <sub>3</sub> CN:0.6%H <sub>2</sub> :余量	7	1000
TiCN	TiC <sub>0.9</sub> N <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%N <sub>2</sub> :20%CH <sub>4</sub> :4%H <sub>2</sub> :余量	12	1020
TiCO	TiC <sub>0.5</sub> O <sub>0.5</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%CO:4%H <sub>2</sub> :余量	7	1020
TiCNO	TiC <sub>0.3</sub> N <sub>0.3</sub> O <sub>0.4</sub>	TiCl <sub>4</sub> :4.2%CO:3%CH <sub>4</sub> :3%N <sub>2</sub> :20%H <sub>2</sub> :余量	20	1020
α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	α-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AlCl <sub>3</sub> :2.2%CO <sub>2</sub> :5.5%HCl:2.2%H <sub>2</sub> S:0.2%H <sub>2</sub> :余量	7	1000
κ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - A	Cr(X 值): 0.005	AlCl <sub>3</sub> :2.5%CrCl <sub>3</sub> : 0.05%, CO <sub>2</sub> :2.2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.1%H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -B	Cr(X 值): 0.012	AlCl <sub>3</sub> :2.5%CrCl <sub>3</sub> : 0.08%, CO <sub>2</sub> :2.2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.3%H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C	Cr(X 值): 0.02	AlCl <sub>3</sub> :2.3%CrCl <sub>3</sub> : 0.08%, CO <sub>2</sub> :2.2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.1%H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -D	Cr(X 值): 0.025	AlCl <sub>3</sub> :2.3%CrCl <sub>3</sub> : 0.1%, CO <sub>2</sub> :2.2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.3%H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -E	Cr(X 值): 0.03	AlCl <sub>3</sub> :2.2%CrCl <sub>3</sub> : 0.1%, CO <sub>2</sub> :2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.1%H <sub>2</sub> :余量	7	950
θ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -F	Cr(X 值): 0.035	AlCl <sub>3</sub> :2.2%CrCl <sub>3</sub> : 0.12%, CO <sub>2</sub> :2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.3%H <sub>2</sub> :余量	7	800
κ-(Al,Cr) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - G	Cr(X 值): 0.04	AlCl <sub>3</sub> :2.2%CrCl <sub>3</sub> : 0.15%, CO <sub>2</sub> :2%HCl:3%H <sub>2</sub> S:0.1%H <sub>2</sub> :余量	7	950

[表 12]

钛氧化物颗粒种类	钛氧化物颗粒的目标组成 (原子比率)	形成条件			
		反应气体组成 (体积%)	反应气氛		时间 (分钟)
			压力 (kPa)	温度 (°C)	
TiO <sub>γ</sub> a	TiO <sub>1.20</sub>	TiCl <sub>4</sub> :0.5%,CO <sub>2</sub> :0.2%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	30	1020	10
TiO <sub>γ</sub> b	TiO <sub>1.35</sub>	TiCl <sub>4</sub> :3%,CO <sub>2</sub> :5%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	7	1000	10
TiO <sub>γ</sub> c	TiO <sub>1.50</sub>	TiCl <sub>4</sub> :3%,CO <sub>2</sub> :10%,Ar:50%,H <sub>2</sub> 余量	14	1000	7
TiO <sub>γ</sub> d	TiO <sub>1.60</sub>	TiCl <sub>4</sub> :1%,CO <sub>2</sub> :4.5%,Ar:40%,H <sub>2</sub> 余量	7	1000	15
TiO <sub>γ</sub> e	TiO <sub>1.75</sub>	TiCl <sub>4</sub> :1%,CO <sub>2</sub> :8%,Ar:10%,H <sub>2</sub> 余量	7	950	15
TiO <sub>γ</sub> f	TiO <sub>1.90</sub>	TiCl <sub>4</sub> :0.2%,CO <sub>2</sub> :5%,Ar:5%,H <sub>2</sub> 余量	7	900	20

[表13]

类型	工具基底 代码	硬涂层 (括号内的数值为目标厚度: 微米)					钛氧化物颗粒代码	热处理处理后
		第一层	第二层	第三层	第四层	第五层		
本发明的涂覆的金属加工工具	27	TiN(1)	1-TiCN(17.5)	TiN(1)	TiCN(0.5)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (15)	TiO <sub>2</sub> -d	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	28	TiCN(1)	1-TiCN(8.5)	TiO(0.5)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (9)	-	TiO <sub>2</sub> -b	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	29	TiN(1)	1-TiCN(4)	TiQ(4)	TiCN(1)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (15)	TiO <sub>2</sub> -a	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	30	TiQ(1)	1-TiCN(9)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (3)	-	-	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	31	TiN(1)	1-TiCN(4.5)	TiO(0.5)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (5)	-	TiO <sub>2</sub> -e	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	32	TiN(0.5)	1-TiCN(1.5)	TiC(0.5)	TiCN(0.5)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (3)	TiO <sub>2</sub> -f	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	33	TiN(1)	1-TiCN(8)	TiCN(0.5)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (1)	-	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	34	TiN(1)	TiCN(19)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (1.5)	-	-	TiO <sub>2</sub> -b	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	35	TiC(0.5)	1-TiCN(9)	TiO(0.5)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (10)	-	TiO <sub>2</sub> -f	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	36	TiN(1)	TiC(1)	TiCN(7)	TiO(1)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (15)	TiO <sub>2</sub> -a	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	37	TiN(1)	TiC(1)	1-TiCN(8)	$\kappa$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (3)	-	TiO <sub>2</sub> -e	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	38	TiO(1)	1-TiCN(4)	TiCN(1)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (5)	-	TiO <sub>2</sub> -c	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$
	39	TiCN(0.5)	TiC(2)	TiCN(0.5)	$\theta$ - $(Al_2O_3)_2F_3$ (1)	-	TiO <sub>2</sub> -d	转化为 $\alpha$ - $(Al_2O_3)_2F_3$

[表 14]

类型	侧面磨损宽度 (毫米)			类型	切削测试结果				
	合金钢	碳钢	铸铁		合金钢	碳钢	铸铁		
本发明的涂覆的金属陶瓷工具	27	0.22	0.25	0.24	传统的涂覆金属陶瓷工具	1	使用寿命 2.5 分钟	使用寿命 2.2 分钟	使用寿命 2.4 分钟
	28	0.18	0.21	0.23		2	使用寿命 2.3 分钟	使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 2.3 分钟
	29	0.15	0.17	0.20		3	使用寿命 2.1 分钟	使用寿命 1.7 分钟	使用寿命 2.0 分钟
	30	0.25	0.26	0.26		4	使用寿命 2.8 分钟	使用寿命 2.6 分钟	使用寿命 3.0 分钟
	31	0.30	0.33	0.35		5	使用寿命 3.2 分钟	使用寿命 3.0 分钟	使用寿命 3.3 分钟
	32	0.34	0.36	0.40		6	使用寿命 3.5 分钟	使用寿命 3.3 分钟	使用寿命 3.6 分钟
	33	0.26	0.29	0.30		7	使用寿命 3.1 分钟	使用寿命 3.9 分钟	使用寿命 3.2 分钟
	34	0.28	0.31	0.34		8	使用寿命 2.8 分钟	使用寿命 3.5 分钟	使用寿命 2.7 分钟
	35	0.15	0.17	0.20		9	使用寿命 1.5 分钟	使用寿命 2.2 分钟	使用寿命 1.6 分钟
	36	0.13	0.15	0.18		10	使用寿命 1.3 分钟	使用寿命 1.0 分钟	使用寿命 1.5 分钟
	37	0.20	0.23	0.24		11	使用寿命 2.3 分钟	使用寿命 2.0 分钟	使用寿命 2.7 分钟
	38	0.25	0.28	0.30		12	使用寿命 2.5 分钟	使用寿命 2.3 分钟	使用寿命 2.9 分钟
	39	0.34	0.36	0.41		13	使用寿命 3.0 分钟	使用寿命 2.8 分钟	使用寿命 3.1 分钟

(在表 14 中, 使用寿命由在硬涂层上产生的碎裂引起。)

如可以清楚地从表 6、13 和表 14 中的结果看出的: 在所有根据本发明的金属陶瓷工具 27-39 中, 构成每个硬涂层上层的热转化的  $(Al,Ti)_2O_3$  层都具有优异的高温硬度和抗热性, 并显示出优异的抗破碎性, 因此显示出优异的耐  
5 磨性, 即使是在承受很高的机械和热冲击的高速间歇切削钢材和铸铁时也是如此。然而, 所有的传统涂覆的金属陶瓷工具 1-13, 其沉积的  $\alpha$  型  $Al_2O_3$  层都不能抵抗高速间歇切削中的剧烈的机械和热冲击, 因此在硬涂层中产生碎裂, 从而缩短了传统合金涂覆工具的使用寿命。

10 如上所述, 根据本发明的涂覆的金属陶瓷工具在特别苛刻的切削条件下高速间歇切削时以及在正常条件下连续切削或间歇切削不同的钢材、铸铁等时体现出了优异的抗破碎性, 并且具有长时间的优异切削性能, 因而可能满足地应

---

付如下需求：切削设备的高性能、节省切削工作中的劳动力和能耗、以及降低成本。