

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7298091号
(P7298091)

(45)発行日 令和5年6月27日(2023.6.27)

(24)登録日 令和5年6月19日(2023.6.19)

(51)国際特許分類	F I
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14 A
C 2 3 C 16/40 (2006.01)	C 2 3 C 16/40
C 2 3 C 16/36 (2006.01)	C 2 3 C 16/36
C 2 3 C 16/30 (2006.01)	C 2 3 C 16/30

請求項の数 6 (全40頁)

(21)出願番号	特願2022-530779(P2022-530779)	(73)特許権者	503212652 住友電工ハードメタル株式会社 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和4年2月7日(2022.2.7)	(74)代理人	110001195 弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/004701	(72)発明者	引地 将仁 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
審査請求日	令和5年2月10日(2023.2.10)	(72)発明者	奥野 晋 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
早期審査対象出願		(72)発明者	山西 貴翔 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
		審査官	山本 忠博

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 切削工具

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材と、前記基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、
 前記被膜は、前記基材の上に配置されたチタン化合物層と、前記チタン化合物層の直上に配置された - Al₂O₃層とを含み、
 前記 - Al₂O₃層は、複数の - Al₂O₃粒子からなり、
 前記 - Al₂O₃層は、領域A1及び領域A2を含み、
 前記領域A1は、前記チタン化合物層と前記 - Al₂O₃層との界面P1から前記被膜の表面側への距離が0.5μmである仮想面SA2と、前記界面P1から前記被膜の表面側への距離が1.0μmである仮想面SA3とに挟まれる領域であり、
 前記領域A2は、前記界面P1と、前記界面P1から前記被膜の表面側への距離が0.3μmである仮想面SA1とに挟まれる領域であり、
 前記チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、
 前記チタン化合物粒子は、TiCN粒子、TiCNO粒子、TiAlCN粒子及びTiAlCNO粒子からなる群より選ばれる1種であり、
 前記チタン化合物層は、領域B1及び領域B2を含み、
 前記領域B1は、前記界面P1から前記基材側への距離が0.5μmである仮想面SB2と、前記界面P1から前記基材側への距離が1.0μmである仮想面SB3とに挟まれる領域であり、
 前記領域B2は、前記界面P1と、前記界面P1から前記基材側への距離が0.3μm

10

20

である仮想面 S B 1 とに挟まれる領域であり、

前記領域 A 1 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_1 、前記領域 A 2 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_2 、前記領域 B 1 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_1 、及び、前記領域 B 2 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、下記式 1 から式 3 の関係を示し、

$$0.80 \leq a_2 / b_2 \leq 1.27 \quad \text{式 1}$$

$$1.50 \leq a_1 / a_2 \leq 10 \quad \text{式 2}$$

$$1.45 \leq b_1 / b_2 \leq 5 \quad \text{式 3}$$

前記平均粒径 a_1 は、 $0.30 \mu m$ 以上 $1.20 \mu m$ 以下であり、

前記平均粒径 b_1 は、 $0.10 \mu m$ 以上 $0.50 \mu m$ 以下である、切削工具。 10

【請求項 2】

前記領域 B 1 における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素の原子数の割合 R_1 と、前記領域 B 2 における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素の原子数の割合 R_2 との比 R_1 / R_2 は 0.9 以上 1.1 以下であり、

前記領域 B 1 における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素及び前記窒素の原子数の合計の割合 R_3 は、 0.8 以上 1.0 以下であり、

前記領域 B 2 における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素及び前記窒素の原子数の合計の割合 R_4 は、 0.8 以上 1.0 以下である、請求項 1 に記載の切削工具。

【請求項 3】 20

前記平均粒径 b_1 に対する前記平均粒径 a_1 の比 a_1 / b_1 は、 1.50 以上 5 以下であり、

前記平均粒径 a_1 は、 $0.40 \mu m$ 以上 $1.00 \mu m$ 以下である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の切削工具。

【請求項 4】

前記チタン化合物層の平均厚さは、 $1.0 \mu m$ 以上 $15 \mu m$ 以下であり、

前記 $-Al_2O_3$ 層の平均厚さは、 $1.0 \mu m$ 以上 $15 \mu m$ 以下である、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

【請求項 5】

前記 $-Al_2O_3$ 層は、配向性指数 $TC(hkl)$ において、 $TC(0012)$ が 3 以上である、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の切削工具。 30

【請求項 6】

前記被膜は、前記基材と前記チタン化合物層との間に配置される TiN 層を含む、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の切削工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、切削工具に関する。

【背景技術】

【0002】 40

従来から、基材上に被膜を形成した切削工具が用いられている。型結晶構造を有する酸化アルミニウム（以下「 $-Al_2O_3$ 」とも記す。）は、機械的特性に優れるため、被膜材料として用いられている（特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2012-96303 号公報

【発明の概要】

【0004】

本開示の切削工具は、 50

基材と、前記基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、
前記被膜は、前記基材の上に配置されたチタン化合物層と、前記チタン化合物層の直上に配置された $-Al_2O_3$ 層とを含み、

前記 $-Al_2O_3$ 層は、複数の $-Al_2O_3$ 粒子からなり、

前記 $-Al_2O_3$ 層は、領域 A 1 及び領域 A 2 を含み、

前記領域 A 1 は、前記チタン化合物層と前記 $-Al_2O_3$ 層との界面 P 1 から前記被膜の表面側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SA 2 と、前記界面 P 1 から前記被膜の表面側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SA 3 とに挟まれる領域であり、

前記領域 A 2 は、前記界面 P 1 と、前記界面 P 1 から前記被膜の表面側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SA 1 とに挟まれる領域であり、

前記チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、

前記チタン化合物粒子は、TiCN 粒子、TiCNO 粒子、TiAlCN 粒子及び TiAlCNO 粒子からなる群より選ばれる 1 種であり、

前記チタン化合物層は、領域 B 1 及び領域 B 2 を含み、

前記領域 B 1 は、前記界面 P 1 から前記基材側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SB 2 と、前記界面 P 1 から前記基材側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SB 3 とに挟まれる領域であり、

前記領域 B 2 は、前記界面 P 1 と、前記界面 P 1 から前記基材側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SB 1 とに挟まれる領域であり、

前記領域 A 1 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_1 、前記領域 A 2 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_2 、前記領域 B 1 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_1 、及び、前記領域 B 2 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、下記式 1 から式 3 の関係を示し、

$$0.80 < a_2 / b_2 < 1.27 \quad \text{式 1}$$

$$1.50 < a_1 / a_2 < 10 \quad \text{式 2}$$

$$1.45 < b_1 / b_2 < 5 \quad \text{式 3}$$

前記平均粒径 b_1 は、 $0.10 \mu m$ 以上 $0.50 \mu m$ 以下である、切削工具である。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図 1】図 1 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の一例を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、実施形態 1 に係る切削工具の断面の他の一例を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、 $-Al_2O_3$ 粒子の粒径及びチタン化合物粒子の粒径の測定方法を説明する図である。

【図 4】図 4 は、 $-Al_2O_3$ 粒子の粒径及びチタン化合物粒子の粒径の測定方法を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

[本開示が解決しようとする課題]

$-Al_2O_3$ 層は、機械的特性に優れるが、他の層との密着性や耐欠損性の更なる向上が求められている。特許文献 1 では、切削工具の耐チップング性及び耐剥離性を向上するために、下部層（チタン化合物層）と上部層（ $-Al_2O_3$ 層）との界面において、チタン化合物層側の結晶粒の数 a_1 と $-Al_2O_3$ 層側の結晶粒の数 b_1 との比率 b_1 / a_1 を $0.8 < b_1 / a_1 < 1.2$ に調整していた。特許文献 1 では、該調整のためにチタン化合物層に対して前処理を行った後に、 $-Al_2O_3$ 層を形成していた。このため、チタン化合物層の上記界面近傍には、チタン化合物層のバルク部分とは組成の異なる層が形成され、該組成の異なる層において密着力が低下し、剥離が生じやすく、十分な工具寿命を得られない。よって、 $-Al_2O_3$ 層を被膜として含む切削工具において、更なる工具寿命の向上が求められている。

【0007】

そこで、本開示は、 $-Al_2O_3$ 層を被膜として含む切削工具であって、長い工具寿

10

20

30

40

50

命を有する切削工具を提供することを目的とする。

【0008】

[本開示の効果]

本開示の切削工具は、 $-Al_2O_3$ 層を被膜として含む切削工具であって、長い工具寿命を有することができる。

【0009】

[本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

(1)本開示の切削工具は、

基材と、前記基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、

前記被膜は、前記基材の上に配置されたチタン化合物層と、前記チタン化合物層の直上に配置された $-Al_2O_3$ 層とを含み、

前記 $-Al_2O_3$ 層は、複数の $-Al_2O_3$ 粒子からなり、

前記 $-Al_2O_3$ 層は、領域A1及び領域A2を含み、

前記領域A1は、前記チタン化合物層と前記 $-Al_2O_3$ 層との界面P1から前記被膜の表面側への距離が $0.5\mu m$ である仮想面SA2と、前記界面P1から前記被膜の表面側への距離が $1.0\mu m$ である仮想面SA3とに挟まれる領域であり、

前記領域A2は、前記界面P1と、前記界面P1から前記被膜の表面側への距離が $0.3\mu m$ である仮想面SA1とに挟まれる領域であり、

前記チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、

前記チタン化合物粒子は、TiCN粒子、TiCNO粒子、TiAlCN粒子及びTiAlCNO粒子からなる群より選ばれる1種であり、

前記チタン化合物層は、領域B1及び領域B2を含み、

前記領域B1は、前記界面P1から前記基材側への距離が $0.5\mu m$ である仮想面SB2と、前記界面P1から前記基材側への距離が $1.0\mu m$ である仮想面SB3とに挟まれる領域であり、

前記領域B2は、前記界面P1と、前記界面P1から前記基材側への距離が $0.3\mu m$ である仮想面SB1とに挟まれる領域であり、

前記領域A1における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_1 、前記領域A2における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_2 、前記領域B1における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_1 、及び、前記領域B2における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、下記式1から式3の関係を示し、

$$0.80 \leq a_2 / b_2 \leq 1.27 \quad \text{式1}$$

$$1.50 \leq a_1 / a_2 \leq 10 \quad \text{式2}$$

$$1.45 \leq b_1 / b_2 \leq 5 \quad \text{式3}$$

前記平均粒径 b_1 は、 $0.10\mu m$ 以上 $0.50\mu m$ 以下である、切削工具である。

【0010】

本開示の切削工具は、 $-Al_2O_3$ 層を被膜として含む切削工具であって、長い工具寿命を有することができる。

【0011】

(2)前記領域B1における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素の原子数の割合R1と、前記領域B2における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素の原子数の割合R2との比 $R1/R2$ は 0.9 以上 1.1 以下であり、

前記領域B1における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素及び前記窒素の原子数の合計の割合R3は、 0.8 以上 1.0 以下であり、

前記領域B2における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する前記炭素及び前記窒素の原子数の合計の割合R4は、 0.8 以上 1.0 以下であることが好ましい。

【0012】

これによると、チタン化合物層の組成が全体にわたって略均一であり、チタン化合物層の内部において、組成の変化に起因する界面の発生が抑制される。よって、被膜において

10

20

30

40

50

界面を起点とする亀裂の発生が抑制されるため、切削工具の耐剥離性が向上する。

【0013】

(3) 前記平均粒径 b_1 に対する前記平均粒径 a_1 の比 a_1 / b_1 は、1.50 以上 5 以下であり、

前記平均粒径 a_1 は、 $0.40 \mu\text{m}$ 以上 $1.00 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0014】

これによると、切削工具の耐欠損性が向上する。

【0015】

(4) 前記チタン化合物層の平均厚さは、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下であり、

前記 Al_2O_3 層の平均厚さは、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上 $15 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

10

【0016】

これによると、切削工具の耐摩耗性、耐欠損性及び耐剥離性が向上する。

【0017】

(5) 前記 Al_2O_3 層は、配向性指数 $TC(hkl)$ において、 $TC(0012)$ が 3 以上であることが好ましい。

【0018】

これによると Al_2O_3 層は、優れた耐摩耗性を有することができる。よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【0019】

(6) 前記被膜は、前記基材と前記チタン化合物層との間に配置される TiN 層を含むことが好ましい。

20

【0020】

これによると、被膜は優れた耐摩耗性及び耐欠損性を有することができる。

【0021】

[本開示の実施形態の詳細]

本開示の切削工具の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。本開示の図面において、同一の参照符号は、同一部分または相当部分を表すものである。また、長さ、幅、厚さ、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、必ずしも実際の寸法関係を表すものではない。

30

【0022】

本明細書において「 $A \sim B$ 」という形式の表記は、範囲の上限下限（すなわち A 以上 B 以下）を意味し、 A において単位の記載がなく、 B においてのみ単位が記載されている場合、 A の単位と B の単位とは同じである。

【0023】

本明細書において化合物などを化学式で表す場合、原子比を特に限定しないときは従来公知のあらゆる原子比を含むものとし、必ずしも化学量論的範囲のもののみ限定されるべきではない。たとえば「 TiCN 」と記載されている場合、 TiCN を構成する原子数の比は、従来公知のあらゆる原子比が含まれる。

【0024】

本開示において、数値範囲下限及び上限として、それぞれ 1 つ以上の数値が記載されている場合は、下限に記載されている任意の 1 つの数値と、上限に記載されている任意の 1 つの数値との組み合わせも開示されているものとする。例えば、下限として、 a_1 以上、 b_1 以上、 c_1 以上が記載され、上限として a_2 以下、 b_2 以下、 c_2 以下が記載されている場合は、 a_1 以上 a_2 以下、 a_1 以上 b_2 以下、 a_1 以上 c_2 以下、 b_1 以上 a_2 以下、 b_1 以上 b_2 以下、 b_1 以上 c_2 以下、 c_1 以上 a_2 以下、 c_1 以上 b_2 以下、 c_1 以上 c_2 以下が開示されているものとする。

40

【0025】

[実施形態 1：切削工具]

本開示の一実施形態（以下、「本実施形態」とも記す。）の切削工具は、

50

基材と、該基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、
該被膜は、該基材の上に配置されたチタン化合物層と、該チタン化合物層の直上に配置された $-Al_2O_3$ 層とを含み、

該 $-Al_2O_3$ 層は、複数の $-Al_2O_3$ 粒子からなり、

該 $-Al_2O_3$ 層は、領域 A 1 及び領域 A 2 を含み、

該領域 A 1 は、該チタン化合物層と該 $-Al_2O_3$ 層との界面 P 1 から該被膜の表面側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SA 2 と、該界面 P 1 から該被膜の表面側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SA 3 とに挟まれる領域であり、

該領域 A 2 は、該界面 P 1 と、該界面 P 1 から該被膜の表面側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SA 1 とに挟まれる領域であり、

該チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、

該チタン化合物粒子は、TiCN 粒子、TiCNO 粒子、TiAlCN 粒子及び TiAlCNO 粒子からなる群より選ばれる 1 種であり、

該チタン化合物層は、領域 B 1 及び領域 B 2 を含み、

該領域 B 1 は、該界面 P 1 から該基材側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SB 2 と、該界面 P 1 から該基材側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SB 3 とに挟まれる領域であり、

該領域 B 2 は、該界面 P 1 と、該界面 P 1 から該基材側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SB 1 とに挟まれる領域であり、

該領域 A 1 における該 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_1 、該領域 A 2 における該 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_2 、該領域 B 1 における該チタン化合物粒子の平均粒径 b_1 、及び、該領域 B 2 における該チタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、下記式 1 から式 3 の関係を示し、

$$0.80 \leq a_2 / b_2 \leq 1.27 \quad \text{式 1}$$

$$1.50 \leq a_1 / a_2 \leq 10 \quad \text{式 2}$$

$$1.45 \leq b_1 / b_2 \leq 5 \quad \text{式 3}$$

該平均粒径 b_1 は、 $0.1 \mu m$ 以上 $0.5 \mu m$ 以下である、切削工具である。

【0026】

本実施形態の切削工具は、 $-Al_2O_3$ 層を被膜として含む切削工具であって、長い工具寿命を有することができる。その理由は明らかではないが、以下 (i) ~ (iv) の通りと推察される。

【0027】

(i) 本実施形態の切削工具では、チタン化合物層の領域 B 2 の平均粒径 b_2 に対する $-Al_2O_3$ 層の領域 A 2 の平均粒径 a_2 の比 a_2 / b_2 が、 0.80 以上 1.27 以下である。すなわち、 $-Al_2O_3$ 層とチタン化合物層との界面近傍において、平均粒径 a_2 と平均粒径 b_2 との差が小さい。このため、領域 A 2 と領域 B 2 との間の粒径差に起因する界面の発生が抑制される。該切削工具の被膜では、亀裂の起点となる界面の発生が抑制されているため、領域 A 2 と領域 B 2 との間の密着力が大きく、切削工具は優れた耐剥離性及び耐欠損性を有する。

【0028】

(ii) 本実施形態の切削工具では、 $-Al_2O_3$ 層の領域 A 2 の平均粒径 a_2 に対する領域 A 1 の平均粒径 a_1 の比 a_1 / a_2 が 1.50 以上であり、平均粒径 a_2 に対して平均粒径 a_1 が大きいと、領域 A 1 及び領域 A 2 において、被膜の厚み方向に対して亀裂が進展しにくく、切削工具は優れた耐欠損性を有する。

【0029】

(iii) 本実施形態の切削工具では、チタン化合物層の領域 B 2 の平均粒径 b_2 に対する領域 B 1 の平均粒径 b_1 の比 b_1 / b_2 が 1.45 以上であり、平均粒径 b_2 に対して平均粒径 b_1 が大きいと、領域 B 1 及び領域 B 2 において、被膜の厚み方向に対して亀裂が進展しにくく、切削工具は優れた耐欠損性を有する。また、 b_1 / b_2 が 5 以下であり、平均粒径 b_1 と平均粒径 b_2 との差が小さいと、粒径差に起因する界面の発生が

10

20

30

40

50

抑制される。

【0030】

(iv) 本実施形態の切削工具では、チタン化合物層の領域 B 1 の平均粒径 b_1 が $0.10 \mu\text{m}$ 以上であるため、工具表面からの亀裂進展が抑制され、切削工具が優れた耐欠損性を有する。平均粒径 b_1 が $0.50 \mu\text{m}$ 以下であるため、チタン化合物層の硬度が向上し、切削工具は優れた耐摩耗性を有する。

【0031】

< 切削工具の構成 >

図 1 に示されるように、本実施形態の切削工具 1 は、基材 10 と、該基材 10 上に配置された被膜 15 とを備え、該被膜 15 は、 $\text{-Al}_2\text{O}_3$ 層 11 及びチタン化合物層 14 を含む。被膜 15 は、基材のすくい面の切削に關与する部分の少なくとも一部を被覆することが好ましく、基材の切削に關与する部分の少なくとも一部を被覆することが好ましく、基材の全面を被覆することが更に好ましい。基材の切削に關与する部分とは、基材表面において、刃先稜線からの距離が 1.5mm 以内の領域を意味する。基材の一部がこの被膜で被覆されていなかったり被膜の構成が部分的に異なっていたりしていても、本開示の範囲を逸脱するものではない。

10

【0032】

< 切削工具の用途 >

本開示の切削工具は、例えば、ドリル、エンドミル（例えば、ボールエンドミル）、ドリル用刃先交換型切削チップ、エンドミル用刃先交換型切削チップ、フライス加工用刃先交換型切削チップ、旋削加工用刃先交換型切削チップ、メタルソー、歯切工具、リーマ、タップ等であり得る。

20

【0033】

< 基材 >

基材 10 は、すくい面と逃げ面とを含み、この種の基材として従来公知のものであればいずれも使用することができる。例えば、超硬合金（例えば、WC-CO 系超硬合金等の WC 基超硬合金、該超硬合金は Ti、Ta、Nb などの炭窒化物を含むことができる）、サーメット（TiC、TiN、TiCNなどを主成分とするもの）、高速度鋼、セラミックス（炭化チタン、炭化ケイ素、窒化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなど）、立方晶型窒化ホウ素焼結体またはダイヤモンド焼結体のいずれかであることが好ましい。

30

【0034】

これらの各種基材の中でも超硬合金（特に WC 基超硬合金）またはサーメット（特に TiCN 基サーメット）を選択することが好ましい。これらの基材は、高温における硬度と強度のバランスに優れ、上記用途の切削工具の基材として優れた特性を有している。基材として WC 基超硬合金を用いる場合、その組織中に遊離炭素、ならびに 相または 相と呼ばれる異常層などを含んでいてもよい。

【0035】

さらに基材は、その表面が改質されていてもよい。例えば超硬合金の場合、その表面に脱層が形成されていたり、サーメットの場合に表面硬化層が形成されていてもよい。基材は、その表面が改質されていても所望の効果が示される。

40

【0036】

切削工具が刃先交換型切削チップなどである場合、基材は、チップブレイカーを有しても、有さなくてもよい。刃先稜線部の形状は、シャープエッジ（すくい面と逃げ面とが交差する稜）、ホーニング（シャープエッジに対してアールを付与したもの）、ネガランド（面取りをしたもの）、又は、ホーニングとネガランドを組み合わせたもの等、いずれも採用できる。

【0037】

< 被膜 >

被膜の構成

50

図 1 に示されるように、被膜 15 は、チタン化合物層 14 と、該チタン化合物層 14 の直上に配置された Al_2O_3 層 11 を含む。被膜は、 Al_2O_3 層及びチタン化合物層に加えて、他の層を含むことができる。

【0038】

図 2 に示されるように、切削工具 1 の被膜 15 は、基材 10 とチタン化合物層 14 との間に配置される TiN 層 12 を更に含むことができる。また、 Al_2O_3 層 11 上に配置される表面層 13 を含むことができる。TiN 層及び表面層の詳細は後述する。

【0039】

基材上に配置される被膜全体の平均厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、 $2\ \mu\text{m}$ 以上、 $3\ \mu\text{m}$ 以上、 $5\ \mu\text{m}$ 以上、 $8\ \mu\text{m}$ 以上、 $10\ \mu\text{m}$ 以上、 $11\ \mu\text{m}$ 以上、 $16\ \mu\text{m}$ 以上、 $20\ \mu\text{m}$ 以上、 $23\ \mu\text{m}$ 以上が好ましい。被膜全体の平均厚さの下限は、特に、 $11\ \mu\text{m}$ 以上、 $16\ \mu\text{m}$ 以上、 $20\ \mu\text{m}$ 以上が好ましい。被膜全体の平均厚さの上限は、耐剥離性向上の観点から、 $23\ \mu\text{m}$ 以下、 $20\ \mu\text{m}$ 以下、 $16\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。被膜全体の平均厚さは、 $11\ \mu\text{m}$ 以上 $23\ \mu\text{m}$ 以下、 $16\ \mu\text{m}$ 以上 $23\ \mu\text{m}$ 以下、 $20\ \mu\text{m}$ 以上 $23\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0040】

上記被膜の厚さは、例えば基材の表面の法線方向に平行な断面サンプルを得て、このサンプルを走査透過型電子顕微鏡 (STEM: Scanning Transmission Electron Microscopy) で観察することにより測定される。走査透過型電子顕微鏡としては、例えば、日本電子株式会社製の JEM-2100F (商品名) が挙げられる。

【0041】

本明細書において「厚さ」といった場合、その厚さは平均厚さを意味する。具体的には、断面サンプルの観察倍率を 5000 倍とし、電子顕微鏡像中に (基材表面に平行な方向 $30\ \mu\text{m}$) \times (被膜の厚さ全体を含む距離) の矩形の測定視野を設定し、該視野において 10 箇所の厚み幅を測定し、その平均値を「厚さ」とする。下記に記載される Al_2O_3 層、チタン化合物層、TiN 層及び表面層の平均厚さについても、同様に測定し、算出される。

【0042】

なお、同一の試料において、すくい面上の被膜又は逃げ面上の被膜を含む複数の測定視野を任意に選択し、該測定視野において上記の測定を行い、上記の平均厚さを算出しても、同様の結果が得られることが確認された。

【0043】

< Al_2O_3 層 >
 Al_2O_3 層の構成

本実施形態において、 Al_2O_3 層は、複数の Al_2O_3 (結晶構造が型である酸化アルミニウム) 粒子からなる。すなわち、 Al_2O_3 層は、多結晶の Al_2O_3 から構成される。 Al_2O_3 層は、本実施形態の効果を奏する限り、不可避不純物等を含むことができる。該不可避不純物としては、塩素 (Cl) が挙げられる。 Al_2O_3 層の不可避不純物の含有率は、3 質量% 以下が好ましい。 Al_2O_3 層の不可避不純物の含有率は、二次イオン質量分析法 (SIMS) により測定される。

【0044】

図 1 に示されるように、 Al_2O_3 層 11 は、領域 A1 及び領域 A2 を含む。本明細書において、領域 A1 及び領域 A2 は、以下の領域と定義される。

【0045】

領域 A1 は、チタン化合物層 14 と Al_2O_3 層 11 との界面 P1 から被膜 15 の表面 P2 側への距離が $0.5\ \mu\text{m}$ である仮想面 SA2 と、界面 P1 から被膜 15 の表面 P2 側への距離が $1.0\ \mu\text{m}$ である仮想面 SA3 とに挟まれる領域である。仮想面 SA2 及び仮想面 SA3 は領域 A1 に含まれる。

【0046】

10

20

30

40

50

領域 A 2 は、界面 P 1 と、界面 P 1 から被膜 1 5 の表面 P 2 側への距離が $0.3 \mu\text{m}$ である仮想面 S A 1 とに挟まれる領域である。仮想面 S A 1 は、領域 A 2 に含まれ、界面 P 1 は、領域 A 2 に含まれない。

【0047】

- Al_2O_3 粒子の平均粒径

本実施形態において、領域 A 1 における Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_1 の下限は、工具表面からの亀裂進展を抑制し、耐欠損性を向上させる観点から、 $0.40 \mu\text{m}$ 以上、 $0.42 \mu\text{m}$ 以上、 $0.45 \mu\text{m}$ 以上、 $0.50 \mu\text{m}$ 以上が好ましい。平均粒径 a_1 の上限は、領域 A 2 の Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_2 との粒径差に起因する界面の発生を抑制し、該界面を起点とする亀裂進展を抑制し、耐欠損性を向上させる観点から、 $1.00 \mu\text{m}$ 以下、 $0.95 \mu\text{m}$ 以下、 $0.90 \mu\text{m}$ 以下、 $0.85 \mu\text{m}$ 以下、 $0.80 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。平均粒径 a_1 は、 $0.40 \mu\text{m}$ 以上 $1.00 \mu\text{m}$ 以下、 $0.45 \mu\text{m}$ 以上 $0.90 \mu\text{m}$ 以下、 $0.50 \mu\text{m}$ 以上 $0.80 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

10

【0048】

本実施形態において、領域 A 2 における Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_2 の下限は、チタン化合物層との密着性向上の観点から、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上、 $0.06 \mu\text{m}$ 以上、 $0.09 \mu\text{m}$ 以上、 $0.10 \mu\text{m}$ 以上、 $0.15 \mu\text{m}$ 以上が好ましい。平均粒径 a_2 の上限は、硬度向上の観点から、 $0.30 \mu\text{m}$ 以下、 $0.28 \mu\text{m}$ 以下、 $0.25 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。平均粒径 a_2 は、 $0.05 \mu\text{m}$ 以上 $0.30 \mu\text{m}$ 以下、 $0.10 \mu\text{m}$ 以上 $0.28 \mu\text{m}$ 以下、 $0.15 \mu\text{m}$ 以上 $0.25 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

20

【0049】

本実施形態において、平均粒径 a_2 に対する平均粒径 a_1 の比 a_1/a_2 は、 1.50 以上 10 以下である。これによると、切削工具は優れた耐欠損性を有することができる。比 a_1/a_2 の下限は、 1.50 以上であり、 2.00 以上、 2.50 以上、 2.67 以上、 3.00 以上、 3.33 以上、 3.50 以上が好ましい。比 a_1/a_2 の上限は、 10 以下であり、 9.00 以下、 8.89 以下、 8.00 以下、 7.00 以下、 6.67 以下、 6.00 以下が好ましい。比 a_1/a_2 は、 2.00 以上 10 以下、 2.50 以上 8.00 以下、 3.50 以上 6.00 以下が好ましい。

【0050】

本明細書において、平均粒径 a_1 及び平均粒径 a_2 は以下 (A 1) ~ (A 6) の手順で測定される。

30

【0051】

(A 1) 基材のすくい面の法線に沿って切削工具をダイヤモンドワイヤーで切り出し、 Al_2O_3 層の断面を露出させる。露出された断面に対して A r イオンによるイオンミーリングを行い、断面を鏡面状態とする。該イオンミーリングの条件は以下の通りである。

加速電圧： 6 kV

照射角度： Al_2O_3 層の断面における Al_2O_3 層の厚み方向に平行となる直線方向から 0°

照射時間： 6 時間

40

【0052】

(A 2) 鏡面状態の断面を、電解放出型走査電子顕微鏡 (EF-SEM) で 5000 倍で観察し、後方散乱電子像 (EBSD) を得る。図 3 は、 Al_2O_3 粒子の粒径の測定方法を説明する図であり、該断面の一例を模式的に示す。

【0053】

(A 3) 上記 EBSD 中で、 Al_2O_3 層の基材側の界面 P 1 の凹凸の谷底 B 1 と山頂 T 1 とのすくい面の法線方向に沿う距離の差 D_1 が $0.5 \mu\text{m}$ 以下の領域を特定し、該領域を含むように測定範囲を設定する。該測定範囲は、(横方向 (すくい面と平行な方向) : $30 \mu\text{m}$) \times (縦方向 (すくい面の法線方向) : 被膜全体を含む長さ) の矩形とする。

50

【 0 0 5 4 】

(A 4) 上記測定範囲内で、界面 P 1 の谷底 B 1 と山頂 T 1 との中間の位置に基準線 L S 1 を設定する。

【 0 0 5 5 】

(A 5) 上記基準線 L S 1 から切削工具の表面方向に $0.2 \mu\text{m}$ 離れた線 L 1 上で、
- Al_2O_3 粒子の横方向の粒径を測定する。測定範囲中の全ての Al_2O_3 粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域 A 2 における Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_2 とする。

【 0 0 5 6 】

(A 6) 上記基準線 L S 1 から切削工具の表面方向に $0.8 \mu\text{m}$ 離れた線 L 2 上で、
- Al_2O_3 粒子の横方向の粒径を測定する。測定範囲中の全ての Al_2O_3 粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域 A 1 における Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_1 とする。

【 0 0 5 7 】

上記 (A 5) において、界面の谷底 B 1 と山頂 T 1 との差が大きく (例えば $0.5 \mu\text{m}$ 超)、図 4 に示されるように、線 L 1 がチタン化合物層 1 4 内部にも存在する場合、チタン化合物層 1 4 内部 (例えば図 4 の x で示される領域) の線 L 1 上では Al_2O_3 粒子の粒径の測定を行わず、 Al_2O_3 層内についてのみ Al_2O_3 粒子の粒径の測定を行い、平均粒径 a_2 を算出する。

【 0 0 5 8 】

上記の線 L 1 を設定するに当たり、本発明者らは、領域 A 2 において、基準線 L S 1 からのすくい面の法線方向に沿った距離が $0 \mu\text{m}$ 以上 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の範囲で、 $0.05 \mu\text{m}$ 間隔の位置を通る複数の測定線 (例えば、基準線 L S 1 からの距離が $0.05 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.10 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.15 \mu\text{m}$ の線) を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全ての Al_2O_3 粒子の粒径を測定し、これらの平均値を算出した。この結果、線 L 1 に相当する基準線 L S 1 からの距離が $0.2 \mu\text{m}$ の線上の Al_2O_3 粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上の Al_2O_3 粒子の平均粒径とほぼ同一であることが確認された。この理由は、核生成の初期の段階では下地の配向や凹凸の影響を大きく受けるため、 Al_2O_3 結晶は柱状(もしくは表面に向かって断面粒径が大きくなる状態)ではなく、粒状(界面に対し垂直・平行にある程度均等)に成長するためと推察される。上記より、線 L 1 上の Al_2O_3 粒子の平均粒径は、領域 A 2 における Al_2O_3 粒子の平均粒径 a_2 と見做すことができる。

【 0 0 5 9 】

同一の切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。更に、異なる切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。

【 0 0 6 0 】

上記の線 L 2 を設定するに当たり、本発明者らは、領域 A 1 において、基準線 L S 1 からのすくい面の法線方向に沿った距離が $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下の範囲で、 $0.05 \mu\text{m}$ 間隔の位置を通る複数の測定線 (例えば、基準線 L S 1 からの距離が $0.50 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.55 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.60 \mu\text{m}$ の線) を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全ての Al_2O_3 粒子の粒径を測定し、これらの平均値を算出した。この結果、線 L 2 に相当する基準線 L S 1 からの距離が $0.8 \mu\text{m}$ の線上の Al_2O_3 粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上の Al_2O_3 粒子の平均粒径とほぼ同一であることが確認された。この理由は、以下の通りと推察される。

【 0 0 6 1 】

領域 A 1 は核生成から結晶成長への遷移領域である。領域 A 2 ではガス条件に加え、下地の配向、凹凸等の影響を受けて核生成が起きていたが、領域 A 1 ではガス条件の影響が

10

20

30

40

50

優位になり、領域 A 2 とは異なった核(配向、形状等)が優位となる。核生成で生まれた結晶が淘汰される一方で、新たなガス条件で安定な核が生成されるため、全体の粒子数に大きな変化は起こらず粒径の変化は大きくないと推察される。また、本実施形態では、領域 A 2 及び領域 A 1 形成時のガス条件を調整して、結晶の淘汰と核生成を穏やかに遷移させることにより、領域 A 1 を厚み方向に広げ、粒径を維持している。上記より、線 L 2 上の - A l ₂ O ₃ 粒子の平均粒径は、領域 A 1 における - A l ₂ O ₃ 粒子の平均粒径 a 1 と見做すことができる。

【 0 0 6 2 】

同一の切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。更に、異なる切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。

10

【 0 0 6 3 】

- A l ₂ O ₃ 層の平均厚さ

本実施形態において、 - A l ₂ O ₃ 層の平均厚さは 1 . 0 μ m 以上 1 5 μ m 以下が好ましい。これによると、切削工具は、優れた耐摩耗性と耐欠損性とを両立させることができる。 - A l ₂ O ₃ 層の平均厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、 1 . 0 μ m 以上、 2 . 0 μ m 以上、 3 . 0 μ m 以上、 5 . 0 μ m 以上が好ましい。 - A l ₂ O ₃ 層の平均厚さの上限は、耐欠損性向上の観点から、 1 5 μ m 以下、 1 0 μ m 以下、 9 μ m 以下、 8 μ m 以下が好ましい。 - A l ₂ O ₃ 層の平均厚さは、 1 . 0 μ m 以上 1 5 μ m 以下、 2 . 0 μ m 以上 1 0 μ m 以下、 3 . 0 μ m 以上 9 μ m 以下、 5 . 0 μ m 以上 8 μ m 以下が好ましい。

20

【 0 0 6 4 】

- A l ₂ O ₃ 層の厚さは、上記の通り走査透過型電子顕微鏡 (S T E M) 等を用いて、切削工具の断面サンプルを観察することにより確認することができる。ここで、観察視野は、上記の - A l ₂ O ₃ 粒子の粒径を測定する際に設定した測定範囲とする。

【 0 0 6 5 】

なお、同一の試料において、すくい面上の被膜又は逃げ面上の被膜を含む複数の測定範囲を任意に選択し、各測定範囲について上記の測定を行っても、同様の結果が得られることが確認された。

30

【 0 0 6 6 】

- A l ₂ O ₃ 粒子の配向性指数

本実施形態において、 - A l ₂ O ₃ 層は、下記式 (1) で示される配向性指数 T C (h k l) において T C (0 0 1 2) が 3 以上であることが好ましい。これによると - A l ₂ O ₃ 層は、優れた耐摩耗性を有することができる。よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【 0 0 6 7 】

【数 1】

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right\}^{-1} \quad \dots(1)$$

40

【 0 0 6 8 】

式 (1) 中、 I (h k l) は、 (h k l) 反射面の X 線回折強度を示し、 I ₀ (h k l) は、 I C D D の P D F カード番号 0 0 - 0 1 0 - 0 1 7 3 による標準強度を示す。また式 (1) 中の n は、計算に用いた反射数を示し、本実施形態では 8 である。反射に用いた (h k l) 面は、 (0 1 2) 、 (1 0 4) 、 (1 1 0) 、 (0 0 1 2) 、 (1 1 3) 、 (0 2 4) 、 (1 1 6) および (3 0 0) である。

【 0 0 6 9 】

I C D D (登録商標) とは、 I n t e r n a t i o n a l C e n t r e f o r D i

50

fraction Data (国際回折データセンター)の略称である。また、PDF (登録商標)とは、Powder Diffraction Fileの略称である。

【0070】

なお、本実施形態の α -Al₂O₃層のTC(0012)は、下記式(2)で示すことができる。

【0071】

【数2】

$$TC(0012) = \frac{I(0012)}{I_0(0012)} \left\{ \frac{1}{8} \sum_{hkl} \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right\}^{-1} \quad \dots(2)$$

10

【0072】

したがって、「配向性指数TC(hkl)においてTC(0012)が3以上」とは、上記式(1)にTC(0012)を代入してなる上記式(2)により求まる数値が3以上であることを意味する。

【0073】

上記TC(0012)の値は、4以上がより好ましく、5以上が更に好ましい。TC(0012)の値が大きいほど、耐摩耗性を効果的に向上させることができる。TC(0012)の値の上限は制限されないが、計算に用いた反射面が8つであるから、8以下とすればよい。TC(0012)の値は、3以上8以下、4以上8以下、5以上8以下とすることができる。

20

【0074】

本開示において、 α -Al₂O₃層は、上記式(1)で示される配向性指数TC(hkl)においてTC(110)が2以上であることが好ましい。これによると、 α -Al₂O₃層は、優れた耐欠損性を有することができる。よって、切削工具は長い工具寿命を有することができる。

【0075】

なお、本実施形態の α -Al₂O₃層のTC(110)は、下記式(3)で示すことができる。

【0076】

【数3】

$$TC(110) = \frac{I(110)}{I_0(110)} \left\{ \frac{1}{8} \sum_{hkl} \frac{I(hkl)}{I_0(hkl)} \right\}^{-1} \quad \dots(3)$$

30

【0077】

したがって、「配向性指数TC(hkl)においてTC(110)が2以上」とは、上記式(1)にTC(110)を代入してなる上記式(3)により求まる数値が2以上であることを意味する。

【0078】

上記TC(110)の値は、2.5以上がより好ましく、3以上が更に好ましい。TC(110)の値が大きいほど、耐欠損性を効果的に向上させることができる。TC(110)の値の上限は制限されないが、計算に用いた反射面が8つであるから、8以下とすればよい。TC(110)の値は、2以上8以下、2.5以上8以下、3以上8以下とすることができる。

40

【0079】

以上のようなTC(hkl)の測定は、X線回折装置を用いた分析により可能となる。TC(hkl)は、たとえば、リガク株式会社製SmartLab/a(登録商標)(スキャンスピード:21.7°/分、ステップ:0.01°、スキャン範囲:15~140°)を用いて以下のような条件で測定することができる。なお、本実施形態において、X線

50

回折装置を用いたTC(hkl)の測定の結果を「XRD結果」と称する。

【0080】

特性X線：Cu-K

管電圧：45kV

管電流：200mA

フィルター：多層ミラー

光学系：集中法

X線回折法：-2法

X線回折装置を用いるに際して、切削工具の逃げ面にX線を照射する。通常、すくい面には凹凸が形成され、これに対して逃げ面は平坦になっていることから、外乱因子を排除するため、X線を逃げ面に照射することが好ましい。特に、刃先稜線部から2~4mm程度の範囲に広がる逃げ面上の箇所(X線を照射する。これによると、結果の再現性が高くなる。なお、本実施形態では、基材の逃げ面上のAl₂O₃層のTC(hkl)の値は、基材のすくい面上のAl₂O₃層のTC(hkl)の値と同一である。

10

【0081】

なお、同一の試料において、複数の測定箇所を任意に選択し、各測定箇所について上記の測定を行っても、同様の結果が得られることが確認された。

【0082】

<チタン化合物層>

チタン化合物層の構成

本実施形態において、チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、該チタン化合物粒子は、TiCN粒子、TiCNO粒子、TiAlCN粒子及びTiAlCNO粒子からなる群より選ばれる1種である。すなわち、チタン化合物層は、多結晶のチタン化合物から構成される。チタン化合物層は、本実施形態の効果奏する限り、不可避不純物等を含むことができる。該不可避不純物としては、塩素(Cl)が挙げられる。チタン化合物層の不可避不純物の含有率は、3質量%以下が好ましい。チタン化合物層の不可避不純物の含有率は、二次イオン質量分析法(SIMS)により測定される。

20

【0083】

図1に示されるように、チタン化合物層14は、領域B1及び領域B2を含む。本明細書において、領域B1及び領域B2は、以下の領域と定義される。

30

【0084】

領域B1は、界面P1から基材10側への距離が0.5μmである仮想面SB2と、界面P1から基材10側への距離が1.0μmである仮想面SB3とに挟まれる領域である。仮想面SB2及び仮想面SB3は領域B1に含まれる。

【0085】

領域B2は、界面P1と、界面P1から基材10側への距離が0.3μmである仮想面SB1とに挟まれる領域である。仮想面SB1は、領域B2に含まれ、界面P1は、領域B2に含まれない。

【0086】

チタン化合物粒子の平均粒径

本実施形態において、領域B1におけるチタン化合物粒子の平均粒径b1は、0.10μm以上0.50μm以下である。これによると、切削工具は優れた耐欠損性及び耐摩耗性を有することができる。平均粒径b1の下限は、耐欠損性向上の観点から、0.10μm以上であり、0.15μm以上、0.17μm以上、0.20μm以上が好ましい。平均粒径b1の上限は、耐摩耗性向上の観点から、0.50μm以下であり、0.45μm以下、0.40μm以下、0.35μm以下、0.32μm以下が好ましい。平均粒径b1は、0.15μm以上0.50μm以下、0.20μm以上0.40μm以下、0.20μm以上0.32μm以下が好ましい。

40

【0087】

本実施形態において、領域B2におけるチタン化合物粒子の平均粒径b2の下限は、

50

- Al_2O_3 層との密着性向上の観点から、 $0.05\mu m$ 以上、 $0.06\mu m$ 以上、 $0.08\mu m$ 以上、 $0.10\mu m$ 以上が好ましい。平均粒径 b_2 の上限は、硬度向上の観点から、 $0.22\mu m$ 以下、 $0.20\mu m$ 以下が好ましい。平均粒径 b_2 は、 $0.05\mu m$ 以上 $0.22\mu m$ 以下、 $0.06\mu m$ 以上 $0.20\mu m$ 以下、 $0.10\mu m$ 以上 $0.20\mu m$ 以下が好ましい。

【0088】

本実施形態において、平均粒径 b_2 に対する平均粒径 b_1 の比 b_1/b_2 は、 1.45 以上 5 以下である。これによると、切削工具は優れた耐欠損性を有することができる。比 b_1/b_2 の下限は、 1.45 以上であり、 1.50 以上、 1.60 以上、 1.67 以上、 1.70 以上、 2.00 以上が好ましい。比 b_1/b_2 の上限は、 5 以下であり、 4.50 以下、 4.00 以下、 3.50 以下、 3.33 以下が好ましい。比 b_1/b_2 は、 1.50 以上 5 以下、 2.00 以上 4.00 以下が好ましい。

10

【0089】

本明細書において、平均粒径 b_1 及び平均粒径 b_2 は以下 (B1) ~ (B3) の手順で測定される。

【0090】

(B1) 平均粒径 a_1 及び平均粒径 a_2 の測定方法に記載の手順 (A1) ~ (A4) と同様の手順を行い、EBSD像の測定範囲内に基準線 LS_1 を設定する。

【0091】

(B2) 上記基準線 LS_1 から切削工具の基材方向に $0.2\mu m$ 離れた線 L_3 上で、チタン化合物粒子の横方向の粒径を測定する。測定範囲中の全てのチタン化合物粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域 B2 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_2 とする。

20

【0092】

(B3) 上記基準線 LS_1 から切削工具の基材方向に $0.8\mu m$ 離れた線 L_4 上で、チタン化合物粒子の横方向の粒径を測定する。測定範囲中の全てのチタン化合物粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域 B1 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_1 とする。

【0093】

上記 (B3) において、界面の谷底 B_1 と山頂 T_1 との差が大きく (例えば $0.5\mu m$ 超)、図4に示されるように、線 L_3 が $-Al_2O_3$ 層11内部にも存在する場合、 $-Al_2O_3$ 層11内部 (例えば図4の y で示される領域) の線 L_3 上ではチタン化合物粒子の粒径の測定を行わず、チタン化合物層内についてのみチタン化合物粒子の粒径の測定を行い、平均粒径 b_2 を算出する。

30

【0094】

上記の線 L_3 を設定するに当たり、本発明者らは、領域 B2 において、基準線 LS_1 からのすくい面の法線方向に沿った距離が $0\mu m$ 以上 $0.3\mu m$ 以下の範囲で、 $0.05\mu m$ 間隔の位置を通る複数の測定線 (例えば、基準線 LS_1 からの距離が $0.05\mu m$ の線、基準線 LS_1 からの距離が $0.10\mu m$ の線、基準線 LS_1 からの距離が $0.15\mu m$ の線) を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全てのチタン化合物粒子の粒径を測定し、これらの平均値を算出した。この結果、線 L_3 に相当する基準線 LS_1 からの距離が $0.2\mu m$ の線上のチタン化合物粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上のチタン化合物粒子の平均粒径とほぼ同一であることが確認された。この理由は、以下の通りと推察される。

40

【0095】

領域 B2 は核生成から結晶成長への遷移領域である。領域 B1 ではガス条件に加え、下地の配向、凹凸等の影響を受けて核生成が起きるが、領域 B2 ではガス条件の影響が優位になり、領域 B1 とは異なった核 (配向、形状等) が優位となる。核生成で生まれた結晶が淘汰される一方で、新たなガス条件で安定な核が生成されるため、全体の粒子数に大きな変化は起こらず粒径の変化は大きくないと推察される。また、本実施形態では、領域 B1 及び領域 B2 形成時のガス条件を調整して、結晶の淘汰と核生成を穏やかに遷移させることにより、領域 B2 を厚み方向に広げ、粒径を維持している。上記より、線 L_3 上のチタ

50

ン化合物粒子の平均粒径は、領域 B 2 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_2 と見做すことができる。

【0096】

同一の切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。更に、異なる切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。

【0097】

上記の線 L 4 を設定するに当たり、本発明者らは、領域 B 1 において、基準線 L S 1 からのすくい面の法線方向に沿った距離が $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下の範囲で、 $0.05 \mu\text{m}$ 間隔の位置を通る複数の測定線（例えば、基準線 L S 1 からの距離が $0.50 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.55 \mu\text{m}$ の線、基準線 L S 1 からの距離が $0.60 \mu\text{m}$ の線）を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全てのチタン化合物粒子の粒径を測定し、これらの平均値を算出した。この結果、線 L 4 に相当する基準線 L S 1 からの距離が $0.8 \mu\text{m}$ の線上のチタン化合物粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上のチタン化合物粒子の平均粒径とほぼ同一であることが確認された。この理由は、核生成の初期の段階では下地の配向や凹凸の影響を大きく受けるため、チタン化合物結晶は柱状（もしくは表面に向かって断面粒径が大きくなる状態）ではなく、粒状（界面に対し垂直・平行にある程度均等）に成長するためと推察される。上記より、線 L 4 上のチタン化合物粒子の平均粒径は、領域 B 1 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_1 と見做すことができる。

【0098】

同一の切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。更に、異なる切削工具において、異なる測定範囲を任意に選択し、該測定範囲において上記の測定を行っても同様の結果が得られることが確認された。

【0099】

チタン化合物層の組成

本実施形態において、領域 B 1 における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合 R_1 と、領域 B 2 における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合 R_2 との比 R_1 / R_2 は 0.9 以上 1.1 以下であり、領域 B 1 における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合 R_3 は、 0.8 以上 1.0 以下であり、領域 B 2 における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合 R_4 は、 0.8 以上 1.0 以下であることが好ましい。これによると、チタン化合物層の組成が全体にわたって略均一であり、チタン化合物層の内部において、組成の変化に起因する界面の発生が抑制される。よって、被膜において界面を起点とする亀裂の発生が抑制されるため、切削工具の耐欠損性が向上する。

【0100】

上記 R_1 の下限は、 0.4 以上、 0.45 以上、 0.5 以上が好ましい。上記 R_1 の上限は、 0.7 以下、 0.65 以下、 0.6 以下が好ましい。上記 R_1 は、 0.4 以上 0.7 以下、 0.45 以上 0.65 以下、 0.5 以上 0.6 以下が好ましい。

【0101】

上記 R_2 の下限は、 0.3 以上、 0.35 以上、 0.4 以上が好ましい。上記 R_1 の上限は、 0.6 以下、 0.55 以下、 0.5 以下が好ましい。上記 R_1 は、 0.3 以上 0.6 以下、 0.35 以上 0.55 以下、 0.4 以上 0.5 以下が好ましい。

【0102】

上記比 R_1 / R_2 の下限は、 0.9 以上、 0.95 以上が好ましい。上記比 R_1 / R_2 の上限は、 1.1 以下、 1.05 以下が好ましい。上記比 R_1 / R_2 は、 0.9 以上 1.1 以下、 0.95 以上 1.05 以下が好ましい。

【0103】

10

20

30

40

50

上記 R 3 の下限は、0.8 以上、0.85 以上、0.87 以上が好ましい。上記 R 3 の上限は、1.0 以下、0.95 以下、0.92 以下が好ましい。上記 R 3 は、0.8 以上 1.0 以下、0.85 以上 0.95 以下、0.87 以上 0.92 以下が好ましい。

【0104】

上記 R 4 の下限は、0.8 以上、0.85 以上、0.87 以上が好ましい。上記 R 4 の上限は、1.0 以下、0.95 以下、0.92 以下が好ましい。上記 R 4 は、0.8 以上 1.0 以下、0.85 以上 0.95 以下、0.87 以上 0.92 以下が好ましい。

【0105】

本明細書において、R 1、R 2、R 3、R 4 は以下 (C 1) ~ (C 4) の手順で測定される。

【0106】

(C 1) 基材のすくい面の法線に沿って切削工具をダイヤモンドワイヤーで切り出し、チタン化合物層の断面が露出した薄片サンプル (厚み約 100 nm 程度) を準備する。露出された断面に対して収束イオンビーム加工 (以下、「FIB 加工」とも記す。) を行い、断面を鏡面状態とする。

【0107】

(C 2) FIB 加工された断面を、走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を用いて観察し、チタン化合物層を特定する。観察倍率は、500, 000 倍とする。チタン化合物層の BF-STEM 像を得る。該 BF-STEM 像中で、領域 B 1 及び領域 B 2 を特定する。該 BF-STEM 像中での領域 B 1 及び領域 B 2 の特定は、EBSD を用いた粒界の分析により行われる。

【0108】

領域 B 1 及び領域 B 2 のそれぞれにおいて、100 nm x 100 nm の矩形の測定領域を設定する。出願人が測定する限り、該測定領域が、領域 B 1 又は領域 B 2 内に位置する限り、異なる測定領域で矩形分析を行っても、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定箇所を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

【0109】

(C 3) 上記の測定領域に対して、TEM 付帯の EDX により矩形分析を行い、組成を測定する。矩形分析のビーム径は 0.5 nm 以下とし、スキャン間隔は 0.5 nm とする。

【0110】

矩形分析の結果から、領域 B 1 に設定された測定領域における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合 (以下、R 1' と記す。)、領域 B 2 に設定された測定領域における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合 (以下、R 2' と記す。)、領域 B 1 に設定された測定領域における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合 (以下、R 3' と記す。)、領域 B 2 に設定された測定領域における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合 (以下、R 4' と記す。) を算出する。

【0111】

(C 4) 上記の R 1'、R 2'、R 3'、R 4' の測定を 5 つの異なる測定領域で行う。該 5 つの測定領域の R 1' の平均値を、領域 B 1 における R 1 とする。該 5 つの測定領域の R 2' の平均値を、領域 B 2 における R 2 とする。該 5 つの測定領域の R 3' の平均値を、領域 B 1 における R 3 とする。該 5 つの測定領域の R 4' の平均値を、領域 B 2 における R 4 とする。

【0112】

出願人の測定する限り、測定領域を任意に選択しても、測定結果のばらつきはほとんどなく、任意に測定箇所を設定しても恣意的にはならないことが確認されている。

【0113】

チタン化合物層の平均厚さ

本実施形態において、チタン化合物層の平均厚さは、1.0 μm 以上 15 μm 以下が好ましい。これによると、切削工具は、優れた耐摩耗性と耐欠損性とを両立させることがで

10

20

30

40

50

きる。チタン化合物層の平均厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以上、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以上、 $3.0\ \mu\text{m}$ 以上、 $5.0\ \mu\text{m}$ 以上が好ましい。チタン化合物層の平均厚さの上限は、耐欠損性向上の観点から、 $15\ \mu\text{m}$ 以下、 $10\ \mu\text{m}$ 以下、 $9\ \mu\text{m}$ 以下、 $8\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。チタン化合物層の平均厚さは、 $1.0\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下、 $2.0\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下、 $3.0\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下、 $5.0\ \mu\text{m}$ 以上 $8\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0114】

チタン化合物層の厚さは、上記の通り走査透過型電子顕微鏡 (STEM) 等を用いて、切削工具の断面サンプルを観察することにより確認することができる。ここで、観察視野は、上記のチタン化合物粒子の粒径を測定する際に設定した測定範囲とする。

10

【0115】

なお、同一の試料において、すくい面上の被膜又は逃げ面上の被膜を含む複数の測定範囲を任意に選択し、各測定範囲について上記の測定を行っても、同様の結果が得られることが確認された。

【0116】

< a 2 / b 2 >

本実施形態において、平均粒径 b_2 に対する平均粒径 a_2 の比 a_2 / b_2 は、 0.80 以上 1.27 以下である。これによると、切削工具は優れた耐剥離性及び耐欠損性を有することができる。比 a_2 / b_2 の下限は 0.80 以上であり、 0.90 以上、 1.00 以上が好ましい。比 a_2 / b_2 の上限は 1.27 以下であり、 1.20 以下、 1.15 以下、 1.13 以下、 1.10 以下が好ましい。比 a_2 / b_2 は、 0.90 以上 1.15 以下、 1.00 以上 1.10 以下が好ましい。

20

【0117】

< a 1 / b 1 >

本実施形態において、平均粒径 b_1 に対する平均粒径 a_1 の比 a_1 / b_1 は、 1.50 以上 5 以下が好ましい。これによると、耐欠損性が向上する。比 a_1 / b_1 の下限は、 1.50 以上であり、 2.00 以上、 2.27 以上、 2.33 以上、 2.50 以上が好ましい。比 a_1 / b_1 の上限は、 5 以下であり、 4.50 以下、 4.00 以下、 3.50 以下、 3.00 以下が好ましい。比 a_1 / b_1 は、 2.00 以上 4.50 以下、 2.50 以上 4.00 以下が好ましい。

30

【0118】

< 他の層 >

被膜は、 $-Al_2O_3$ 層及びチタン化合物層以外に他の層を含むことができる。図 2 に示されるように、他の層としては、TiN 層 12、表面層 13、中間層 (図示せず) 等が挙げられる。

【0119】

TiN 層

TiN 層は、基材とチタン化合物層との間に配置され、下地層に相当する。TiN 層は、平均厚さが $0.1\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これによると、被膜は優れた耐摩耗性及び耐欠損性を有することができる。TiN 層は、基材の直上に配置されることができる。TiN 層は、チタン化合物層に接して配置されることができる。TiN 層は、基材の直上かつチタン化合物層に接して配置されることができる。

40

【0120】

表面層

表面層としては、例えば、Ti (チタン) の炭化物、窒化物または硼化物のいずれかを主成分とすることが好ましい。表面層は、被膜において最も表面側に配置される層である。ただし、刃先稜線部においては形成されない場合もある。表面層は、例えば、 $-Al_2O_3$ 層の直上に配置される。

【0121】

「Ti の炭化物、窒化物または硼化物のいずれかを主成分とする」とは、Ti の炭化物

50

、窒化物および硼化物のいずれかを90質量%以上含むことを意味する。また、好ましくは不可避不純物を除きTiの炭化物、窒化物および硼化物のいずれかからなることを意味する。

【0122】

Tiの炭化物、窒化物および炭窒化物のいずれかのうち、特に好ましいのはTiの窒化物(すなわちTiNで表される化合物)を主成分として表面層を構成することである。TiNはこれらの化合物のうち色彩が最も明瞭(金色を呈する)であるため、切削使用後の切削チップのコーナー識別(使用済み部位の識別)が容易であるという利点がある。表面層はTiN層からなることが好ましい。

【0123】

表面層は、平均厚さが0.05μm以上1μm以下であることが好ましい。これによると、表面層と、隣接する層との密着性が向上する。表面層の平均厚さの上限は0.8μm以下、0.6μm以下とすることができる。平均厚さの下限は0.1μm以上、0.2μm以上とすることができる。

【0124】

中間層

中間層は、上記TiN層とチタン化合物層との間に配置される。中間層としては、例えば、チタン化合物層と組成の異なるTiCN層及びTiCNO層を挙げることができる。TiCN層及びTiCNO層は耐摩耗性に優れるため、被膜により好適な耐摩耗性を付与することができる。中間層は、平均厚さが1μm以上20μm以下であることが好ましい。ここで、中間層の平均厚さとは、中間層が2層以上から形成される場合は、該2層以上の合計厚さの平均を意味する。中間層は、上記TiN層に接して配置されることができる。中間層はチタン化合物層に接して配置されることができる。中間層は上記TiN層と前記チタン化合物層のそれぞれに接して配置されることができる。

【0125】

[実施形態2：切削工具の製造方法]

本実施形態の切削工具は、基材上に被膜を化学気相蒸着(CVD:Chemical Vapor Deposition)法により形成することによって製造することができる。被膜のうち、 $-Al_2O_3$ 層及びチタン化合物層は、例えば、以下の方法で形成することができる。なお、被膜のチタン化合物層及び $-Al_2O_3$ 層以外の他の層は、従来公知の条件で形成することができる。

【0126】

<チタン化合物層の形成方法>

チタン化合物層の成膜条件は、例えば、温度950~1050、圧力90~130hPa、ガス流量(全ガス流量)50~100L/minとすることができる。本明細書において、「全ガス流量」とは、標準状態(0、1気圧)における気体を理想気体とし、単位時間あたりにCVD炉に導入された全容積流量を示す。

【0127】

原料ガスとして、 CH_3CN 、 CH_4 、 $TiCl_4$ 、 CO 、 N_2 、 $AlCl_3$ 及び H_2 を用いる。成膜開始から、形成されたチタン化合物層の厚さの変化に応じて、原料ガス中の CH_3CN 、 CH_4 、 N_2 及び H_2 の配合量を変化させる。具体的には、以下の通りとする。

【0128】

チタン化合物層とその直上に形成される $-Al_2O_3$ 層との界面P1からの距離が0.5μm以上1.0μm以下の距離の領域(領域B1)の形成時は、原料ガスの配合を、 CH_3CN :0.2体積%以上1.0体積%以下、 CH_4 :1.0体積%以上2.5体積%以下、 $TiCl_4$:8.0体積%以上9.0体積%以下、 CO :0体積%以上1.5体積%以下、 N_2 :10.0体積%以上15体積%以下、 $AlCl_3$:0体積%以上1.5体積%以下及び H_2 :原料ガス全体を100体積%としたときの残りの体積%とする。

【0129】

10

20

30

40

50

次に、界面 P 1 からの距離が $0.3 \mu\text{m}$ 超 $0.5 \mu\text{m}$ 未満の領域（領域 B 1 と領域 B 2 とに挟まれる領域）の形成時は、原料ガスの配合を、領域 B 1 での配合量から、後述の領域 B 2 での配合量となるように変化させる。この際、各原料ガスで時間当たりの変化量が一定になるように調整する。

【0130】

次に、界面 P 1 からの距離が $0 \mu\text{m}$ 以上 $0.3 \mu\text{m}$ 以下の領域（領域 B 2）の形成時は、原料ガスの配合を、 CH_3CN ：0.4 体積%以上 2.0 体積%以下、 CH_4 ：0.8 体積%以上 2.0 体積%以下、 N_2 ：8.0 体積%以上 12.0 体積%以下とし、領域 B 1 形成時に比べて、原料ガス中の CH_3CN 、 CH_4 及び N_2 の合計含有量の増減に応じて、全ガス流量が領域 B 1 形成時と同一となるように H_2 を増減させ、他のガスの配合は領域 B 1 形成時と同一とする。

10

【0131】

領域 B 2 の形成時の原料ガス中の CH_3CN の配合量は、領域 B 1 の形成時の原料ガス中の CH_3CN の配合量よりも多くする。また、領域 B 2 形成時の原料ガス中の CH_4 の配合量は、領域 B 1 形成時の原料ガス中の CH_4 の配合量はよりも少なくする。これにより、領域 B 2 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、領域 B 1 におけるチタン化合物粒子の平均粒径 b_1 よりも小さくなる。

【0132】

従来、チタン化合物層を形成する際には、原料ガスとして、 CO 及び CH_4 の組み合わせ、又は、 CH_3CN を用いていた。 CH_4 と CH_3CN とは反応性が異なるため、従来のチタン化合物層の形成では、 CH_4 と CH_3CN とを同時に用いることはなかった。

20

【0133】

従来の技術常識に対して、本実施形態では上述の通り、原料ガスとして CH_4 と CH_3CN とを同時に用い、かつ、 N_2 とともに CH_4 及び CH_3CN の配合量を変化させることにより、チタン化合物層の厚み方向において、組成な大きな変動を伴わずに、チタン化合物粒子の粒径のみを調整できる。これは、本発明者らが新たに見出した知見である。

【0134】

< - Al_2O_3 層の形成方法 >

- Al_2O_3 層の成膜条件は、例えば、温度 $950 \sim 1050$ 、圧力 $60 \sim 90 \text{ Pa}$ 、ガス流量（全ガス流量） $50 \sim 100 \text{ L/min}$ とすることができる。

30

【0135】

原料ガスとして、 AlCl_3 、 HCl 、 CO_2 、 H_2S 及び H_2 を用いる。成膜開始から、形成された - Al_2O_3 層の厚さの変化に応じて、原料ガス中の HCl 及び H_2 の配合量を変化させる。具体的には、以下の通りとする。

【0136】

成膜開始から、- Al_2O_3 層の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ までの領域（領域 A 2）の形成時は、原料ガスの配合を、 HCl ：7.5 体積%以上 11 体積%以下、 AlCl_3 ：2 体積%以上 5 体積%以下、 CO_2 ：0.1 体積%以上 6 体積%以下、 H_2S ：0.1 体積%以上 1 体積%以下及び H_2 ：原料ガス全体を 100 体積%としたときの残りの体積%とする。

【0137】

次に、- Al_2O_3 層の厚さが $0.3 \mu\text{m}$ 超 $0.5 \mu\text{m}$ 未満の領域（領域 A 2 と領域 A 1 とに挟まれる領域）の形成時は、原料ガスの配合を、領域 A 2 での配合量から、後述の領域 A 1 での配合量となるように変化させる。この際、各原料ガスで時間当たりの変化量が一定になるように調整する。

40

【0138】

次に、- Al_2O_3 層の厚さが $0.5 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下の領域（領域 A 1）の形成時は、原料ガスの配合を、 HCl ：3.2 体積%以上 7.0 体積%以下とし、領域 A 2 形成時に比べて、原料ガス中の HCl の減少分だけ H_2 を増加させ、他のガスの配合は領域 A 2 形成時と同一とする。

【0139】

50

従来、HClは、成膜中に $-Al_2O_3$ が過剰に生成し、気相中で $-Al_2O_3$ 粒子が形成されることを抑制するために用いられていた。気相中で $-Al_2O_3$ 粒子が形成されると、基材上に $-Al_2O_3$ 層が形成されにくくなる。一方、原料ガス中のHClの配合量が多いと、成膜速度が落ちると考えられていた。従って、原料ガス中のHClの配合量を必要最小限とすることは技術常識であり、当業者は原料ガス中のHClの配合量を増加させるという技術的思想を有しなかった。

【0140】

従来の技術常識に対して、本実施形態では上述の通り、 $-Al_2O_3$ 粒子の粒径の制御のためにHCl量を変化させている。更に、領域A2形成時の原料ガス中のHClの配合量は、従来の $-Al_2O_3$ 層の形成時に用いられていた原料ガス中のHClの配合量（例えば、2.8体積%以上6体積%未満）よりも多い。これにより、領域A1及び領域A2の $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径が小さくなる。これは、本発明者らが新たに見出した知見である。

10

【0141】

[付記12]

本開示の切削工具において、領域B1における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合R3は、0.9以上1.0以下とすることができる。

【実施例】

【0142】

本実施の形態を実施例によりさらに具体的に説明する。ただし、これらの実施例により本実施の形態が限定されるものではない。

20

【0143】

[試料1～試料51、試料1-1～試料1-10]

表1に記載の配合組成からなる原料粉末を均一に混合し、所定の形状に加圧成形した後、1300～1500 で1～2時間焼結することにより、超合金製（形状：型番C N M G 1 2 0 4 0 8 N - U X（住友電気ハードメタル製））の基材を得た。表1中の「残り」とは、WCが配合組成（質量%）の残部を占めることを示している。

【0144】

【表1】

30

Table 1

配合組成（質量%）			
TaC	NbC	Co	WC
2.0	1.0	10.0	残り

【0145】

<被膜の形成>

上記で得られた基材の表面に被膜を形成して切削工具を作製した。具体的には、基材をCVD装置内にセットし、基材上にCVDにより被膜を形成した。各試料の被膜の構成は表2～表3の通りである。表2～表3において「無し」とは、該試料においては、該層が形成されないことを示す。

40

【0146】

【表 2】

Table 2

試料 No.	TiN 層(下地層)	チタン化合物層		α -Al ₂ O ₃ 層	TiN 層(表面層)
	有/無	有/無	組成	有/無	有/無
1	有	有	TiCNO	有	有
2	無	有	TiCNO	有	有
3	有	有	TiCNO	有	有
4	有	有	TiCNO	有	有
5	有	有	TiCNO	有	無
6	有	有	TiCNO	有	有
7	有	有	TiCNO	有	有
8	有	有	TiCNO	有	有
9	有	有	TiCNO	有	有
10	有	有	TiCNO	有	有
11	有	有	TiCNO	有	有
12	有	有	TiCNO	有	有
13	有	有	TiCNO	有	有
14	有	有	TiCNO	有	有
15	有	有	TiCNO	有	有
16	有	有	TiCNO	有	有
17	有	有	TiCNO	有	有
18	有	有	TiCN	有	有
19	有	有	TiCN	有	有
20	有	有	TiCN	有	有
21	有	有	TiAlCNO	有	有
22	有	有	TiAlCNO	有	有
23	有	有	TiAlCNO	有	有
24	有	有	TiAlCN	有	有
25	有	有	TiAlCN	有	有
26	有	有	TiAlCN	有	有
27	有	有	TiCNO	有	有
28	有	有	TiCNO	有	有
29	有	有	TiCNO	有	有
30	有	有	TiCNO	有	有

10

20

30

40

【 0 1 4 7 】

50

【表 3】

Table 3

試料 No.	TiN 層(下地層)	チタン化合物層		α -Al ₂ O ₃ 層	TiN 層(表面層)
	有/無	有/無	組成	有/無	有/無
31	有	有	TiCNO	有	有
32	有	有	TiCNO	有	有
33	有	有	TiCNO	有	有
34	有	有	TiCNO	有	有
35	有	有	TiCNO	有	有
36	有	有	TiCNO	有	有
37	有	有	TiCNO	有	有
38	有	有	TiCN	有	有
39	有	有	TiCN	有	有
40	有	有	TiAlCNO	有	有
41	有	有	TiAlCNO	有	有
42	有	有	TiAlCN	有	有
43	有	有	TiAlCN	有	有
44	有	有	TiCNO	有	有
45	有	有	TiCNO	有	有
46	有	有	TiCNO	有	有
47	有	有	TiCNO	有	有
48	有	有	TiCNO	有	有
49	無	有	TiCNO	有	無
1-1	有	有	TiCNO	有	有
1-2	有	有	TiCNO	有	有
1-3	有	有	TiCNO	有	有
1-4	有	有	TiCNO	有	有
1-5	有	有	TiCNO	有	有
1-6	有	有	TiCNO	有	有
1-7	有	有	TiCNO	有	有
1-8	有	有	TiCNO	有	有
1-9	有	有	TiCNO	有	有
1-10	有	有	TiCNO	有	有

【0148】

基材上に、TiN層(下地層)、チタン化合物層、 α -Al₂O₃層、TiN層(表面層)を前記の順で形成する。TiN層(下地層)の厚さは0.4 μ mであり、TiN(表面層)の厚さは0.7 μ mである。

【0149】

TiN層(下地層)及びTiN層(表面層)の成膜条件を表4に示す。

【0150】

10

20

30

40

50

【表 4】

Table 4

	原料ガス流量(L/min)	成膜条件	
		圧力 (hPa)	温度 (°C)
TiN 層(下地層)	TiCl ₄ :5, N ₂ :25, H ₂ :70	150	980
TiN 層(表面層)	TiCl ₄ :5, N ₂ :25, H ₂ :70	150	1050

10

【0151】

各試料のチタン化合物層の成膜条件及び原料ガス組成を表5～表8に示す。表5～表8中の「H₂」欄の「残」とは、H₂ガスが原料ガス組成(体積%)の残部を占めることを示している。成膜時は、基材を固定しつつ、原料ガスを噴出させるためのガス管を2rpmで回転させた。チタン化合物層の全体の厚さは表5～表8の「厚さ」欄に示される通りである。

【0152】

20

30

40

50

【表 5】

試料 No.	チタン化合物層														厚さ (μm)
	原料ガス組成(体積%)										成膜条件				
	CH ₃ CN		CH ₄		TiCl ₄	CO	N ₂		AlCl ₃	H ₂	圧力(hPa)	温度 (°C)	全ガス 流量 (L/min)		
	領域	領域	領域	領域	領域	領域	領域	領域							
B1	B2	B1	B2			B1	B2			B1	B2				
1	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
2	0.45	0.90	2.05	1.60	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
3	0.40	0.50	2.10	2.00	8.5	1.4	12.0	12.0	0	残	120	1000	100	8	
4	0.50	1.50	2.00	1.00	8.5	1.4	12.0	8.0	0	残	120	1000	100	8	
5	0.37	0.48	2.13	2.02	8.5	1.4	12.0	12.0	0	残	120	1000	100	8	
6	0.30	1.20	2.20	1.30	8.5	1.4	12.0	9.0	0	残	120	1000	100	8	
7	0.48	0.80	2.02	1.70	8.5	1.4	12.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
8	0.20	0.80	2.30	1.70	8.5	1.4	13.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
9	1.00	1.70	1.50	0.80	8.5	1.4	10.0	7.0	0	残	120	1000	100	8	
10	0.52	1.00	1.98	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
11	0.40	0.80	2.10	1.70	8.5	1.4	12.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
12	0.45	0.80	2.05	1.70	8.5	1.4	12.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
13	0.80	1.10	1.70	1.40	8.5	1.4	11.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
14	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
15	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
16	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	15	

【 0 1 5 3 】

10

20

30

40

50

【表 6】

試料 No.	チタン化合物層														厚さ (μm)
	原料ガス組成(体積%)										成膜条件				
	CH ₃ CN		CH ₄		TiCl ₄	CO	N ₂		AlCl ₃	H ₂	圧力(hPa)		温度 (°C)	全ガス 流量 (L/min)	
	領域	領域	領域	領域			B1	B2			B1	B2			
17	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	3	
18	1.00	1.50	2.50	2.00	9.0	0	14.0	12.0	0	残	100	1000	100	15	
19	1.00	1.50	2.50	2.00	9.0	0	14.0	12.0	0	残	100	1000	100	8	
20	1.00	1.50	2.50	2.00	9.0	0	14.0	12.0	0	残	100	1000	100	3	
21	0.50	1.00	2.00	1.50	8.0	1.4	12.0	10.0	1.5	残	120	1000	100	15	
22	0.50	1.00	2.00	1.50	8.0	1.4	12.0	10.0	1.5	残	120	1000	100	8	
23	0.50	1.00	2.00	1.50	8.0	1.4	12.0	10.0	1.5	残	120	1000	100	3	
24	1.00	1.50	2.50	2.00	8.0	0	14.0	12.0	1.5	残	100	1000	100	15	
25	1.00	1.50	2.50	2.00	8.0	0	14.0	12.0	1.5	残	100	1000	100	8	
26	1.00	1.50	2.50	2.00	8.0	0	14.0	12.0	1.5	残	100	1000	100	3	
27	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
28	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
29	0.52	1.00	1.98	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
30	0.30	0.80	2.20	1.70	8.5	1.4	13.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
31	0.45	0.80	2.05	1.70	8.5	1.4	12.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
32	0.80	1.10	1.70	1.40	8.5	1.4	11.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	

Table 6

【 0 1 5 4 】

10

20

30

40

50

【表 7】

試料 No.	チタン化合物層														成膜条件		厚さ (μm)
	原料ガス組成(体積%)							H ₂	AlCl ₃	N ₂		H ₂	温度 (°C)	全ガス 流量 (L/min)			
	CH ₃ CN		CH ₄		TiCl ₄	CO	領域										
	B1	B2	B1	B2			B1			B2							
33	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	6			
34	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	9			
35	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	17			
36	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	2			
37	1.00	1.50	2.50	2.00	9.0	0	14.0	12.0	0	残	100	1000	100	17			
38	1.00	1.50	2.50	2.00	9.0	0	14.0	12.0	0	残	100	1000	100	2			
39	0.50	1.00	2.00	1.50	8.0	1.4	12.0	10.0	1.5	残	120	1000	100	17			
40	0.50	1.00	2.00	1.50	8.0	1.4	12.0	10.0	1.5	残	120	1000	100	2			
41	1.00	1.50	2.50	2.00	8.0	0	14.0	12.0	1.5	残	100	1000	100	17			
42	1.00	1.50	2.50	2.00	8.0	0	14.0	12.0	1.5	残	100	1000	100	2			
43	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8			
44	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	14.0	10.0	0	残	120	1000	100	8			
45	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	14.0	8.0	0	残	120	1000	100	8			
46	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.4	10.0	12.0	0	残	120	1000	100	8			

Table 7

【 0 1 5 5 】

10

20

30

40

50

【表 8】

Table 8

試料 No.	チタン化合物層										成膜条件			厚さ (μm)	
	原料ガス組成(体積%)					領域					H ₂	AICl ₃	温度 (°C)		全ガス 流量 (L/min)
	CH ₃ CN	CH ₄		TiCl ₄	CO	N ₂		H ₂	AICl ₃	温度 (°C)					
		領域	B1			B2	B1				B2	領域	B1		B2
47	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.6	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
48	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.8	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
49	0.50	1.00	2.00	1.50	8.5	1.8	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
1-1	0.45	0.90	2.05	1.60	8.5	1.4	12.0	10.0	0	残	120	1000	100	8	
1-2	0.40	0.50	2.10	2.00	8.5	1.4	12.0	12.0	0	残	120	1000	100	8	
1-3	0.50	1.50	2.00	1.00	8.5	1.4	12.0	8.0	0	残	120	1000	100	8	
1-4	0.37	0.48	2.13	2.02	8.5	1.4	12.0	12.0	0	残	120	1000	100	8	
1-5	0.25	1.20	2.25	1.30	8.5	1.4	13.0	9.0	0	残	120	1000	100	8	
1-6	0.50	0.80	2.00	1.70	8.5	1.4	12.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
1-7	0.10	0.80	2.40	1.70	8.5	1.4	14.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
1-8	1.20	0.80	1.30	1.70	8.5	1.4	9.0	11.0	0	残	120	1000	100	8	
1-9	0.50	0.50	2.00	2.00	8.5	1.4	12.0	12.0	0	残	120	1000	100	8	
1-10	0.60	0	0	4.00	8.0	2.0	20.0	10.0	0	残	70	1000	100	8	

10

20

30

40

【0156】

例えば、試料1のチタン化合物層の形成時の原料ガス組成は次の通りである。チタン化合物層とその直上に形成される Al_2O_3 層との界面P1からの距離が $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下の距離の領域（領域B1）の形成時は、原料ガスの配合を、 CH_3CN : 0.50 体積%、 CH_4 : 2.00 体積%、 TiCl_4 : 8.5 体積%、 CO : 1.4 体積%、 N_2 : 12.0 体積%、 AlCl_3 : 0 体積%及び H_2 : 原料ガス全体を 100 体積%としたときの残りの体積%とする。これにより領域B1が形成される。

【0157】

次に、界面P1からの距離が $0.3\ \mu\text{m}$ 超 $0.5\ \mu\text{m}$ 未満の領域（領域B1と領域B2

50

とに挟まれる領域)の形成時は、原料ガスの配合を、領域B1での配合量から、後述の領域B2での配合量となるように変化させる。この際、各原料ガスで時間当たりの変化量が一定になるように調整する。

【0158】

次に、界面P1からの距離が0 μ m以上0.3 μ m以下の領域(領域B2)の形成時は、原料ガスの配合を、CH₃CN:1.00体積%、CH₄:1.50体積%、TiCl₄:8.5体積%、CO:1.4体積%、N₂:10.0体積%とし、領域B1形成時に比べて、原料ガス中のCH₃CN、CH₄及びN₂の合計含有量の減少に応じて、全ガス流量が一定となるようにH₂を増加させる。形成されたチタン化合物層の全体の厚さは8 μ mである。

10

【0159】

試料1-10では、チタン化合物層の形成時の原料ガス組成は次の通りである。領域B1の形成時は、原料ガスの配合をCH₃CN:0.60体積%、TiCl₄:8.0体積%、CO:2.0体積%、N₂:20.0体積%及びH₂:原料ガス全体を100体積%としたときの残りの体積%とする。領域1の形成時の圧力は70hPaとする。これにより領域B1が形成される。領域B2の形成時は、原料ガスの配合をCH₄:4.00体積%、TiCl₄:8.0体積%、CO:2.0体積%、N₂:10.0体積%及びH₂:原料ガス全体を100体積%としたときの残りの体積%とする。領域1の形成時の圧力は200hPaとする。これにより領域B1が形成される。試料1-10では、CH₃CNとCH₄とを同時に用いない。

20

【0160】

各試料の - Al₂O₃層の原料ガス組成及び成膜条件を表9~表10に示す。表9~表10中の「H₂」欄の「残」とは、H₂ガスが原料ガス組成(体積%)の残部を占めることを示している。成膜時は、基材を固定しつつ、原料ガスを噴出させるためのガス管を2rpmで回転させた。 - Al₂O₃層の全体の厚さは表9~表10の「厚さ」欄に示される通りである。

【0161】

30

40

50

【表 9】

Table 9

試料 No.	α -Al ₂ O ₃ 層									
	原料ガス組成(体積%)						成膜条件			厚さ (μ m)
	AlCl ₃	HCl 領域		CO ₂	H ₂ S	H ₂	圧力 (hPa)	温度 (°C)	全ガス 流量 (L/min)	
		A1	A2							
1	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
2	2.2	6.0	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
3	2.2	5.0	8.5	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
4	2.2	5.5	9.9	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
5	2.2	6.5	7.7	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
6	2.2	4.5	9.1	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
7	2.2	6.0	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
8	2.2	3.5	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
9	2.2	6.7	10.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
10	2.2	4.2	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
11	2.2	6.7	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
12	2.2	3.5	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
13	2.2	6.7	9.1	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
14	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	15
15	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	3
16	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
17	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
18	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
19	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
20	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
21	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
22	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
23	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
24	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
25	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
26	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
27	2.2	7.0	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
28	2.2	3.4	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
29	2.2	3.7	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
30	2.2	6.7	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8

10

20

30

【 0 1 6 2 】

40

50

【表 10】

Table 10

試料 No.	α -Al ₂ O ₃ 層									
	原料ガス組成(体積%)						成膜条件			厚さ (μ m)
	AlCl ₃	HCl		CO ₂	H ₂ S	H ₂	圧力 (hPa)	温度 (°C)	全ガス 流量 (L/min)	
		領域								
A1		A2								
31	2.2	3.3	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
32	2.2	7.5	9.1	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
33	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	17
34	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	2
35	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	6
36	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	9
37	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	6
38	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	9
39	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	6
40	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	9
41	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	6
42	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	9
43	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
44	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
45	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
46	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
47	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
48	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
49	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-1	2.2	5.5	8.3	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-2	2.2	5.0	8.7	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-3	2.2	5.0	9.9	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-4	2.2	6.5	7.5	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-5	2.2	4.5	9.1	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-6	2.2	6.0	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-7	2.2	3.5	8.6	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-8	2.2	6.7	10.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-9	2.2	3.3	8.3	3.0	0.6	残	70	1000	60	8
1-10	2.2	5.5	9.0	3.0	0.6	残	70	1000	60	8

10

20

30

【0163】

例えば、試料1の α -Al₂O₃層の成膜条件は次の通りである。 α -Al₂O₃層の厚さが0.3 μ mまでの領域(領域A2)の形成時は、原料ガスの配合を、AlCl₃:2.2体積%、HCl:9.0体積%、CO₂:3.0体積%、H₂S:0.6体積%及びH₂:原料ガス全体を100体積%としたときの残りの体積%とする。

40

【0164】

次に、 α -Al₂O₃層の厚さが0.3 μ m超0.5 μ m未満の領域(領域A2と領域A1とに挟まれる領域)の形成時は、原料ガスの配合を、領域A2での配合量から、後述の領域A1での配合量となるように変化させる。この際、各原料ガスで時間当たりの変化量が一定になるように調整する。

【0165】

次に、 α -Al₂O₃層の厚さが0.5 μ m以上1.0 μ m以下の領域(領域A1)の形成時は、原料ガスの配合を、HCl:5.5体積%とし、領域A2形成時に比べて、原料

50

ガス中のHClの含有量の減少に応じて、全ガス流量が一定となるようにH₂を増加させ、他のガスの配合は領域A2形成時と同一とする。形成された - Al₂O₃層の全体の厚さは8 μmである。

【0166】

<チタン化合物層の評価>

各試料のチタン化合物層について、領域B1の平均粒径b₁、領域B2の平均粒径b₂、領域B1における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合R₁、領域B2における炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素の原子数の割合R₂、比R₁/R₂、領域B1における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合R₃、領域B2における、炭素、窒素及び酸素の原子数の合計に対する炭素及び窒素の原子数の合計の割合R₄、チタン化合物粒子の組成を測定した。これらの測定方法は、実施形態1に記載の通りであるため、その説明は繰り返さない。結果を表11～表14の「粒径b₁」、「粒径b₂」、「R₁」、「R₂」、「R₁/R₂」、「R₃」、「R₄」、「チタン化合物粒子組成」欄に示す。

10

【0167】

<- Al₂O₃層の評価>

各試料の - Al₂O₃層について、領域A1の平均粒径a₁、領域A2の平均粒径a₂、配向性指数TC(0 0 1 2)を測定した。測定方法は、実施形態1に記載の通りであるため、その説明は繰り返さない、結果を表11～表14の「粒径a₁」、「粒径a₂」、「TC(0 0 1 2)」欄に示す。

20

【0168】

<a₂/b₂、a₁/a₂、b₁/b₂>

測定された平均粒径a₁、a₂、b₁、b₂に基づき、a₂/b₂、a₁/a₂、b₁/b₂の値を算出した。結果を表11～表14の「a₂/b₂」、「a₁/a₂」、「b₁/b₂」欄に示す。

【0169】

30

40

50

【表 1 1】

試料 No.	粒径(μm)				a2/b2	a1/a2	b1/b2	a1/b1	R1	R2	R1/R2	R3	R4	Ti化合物 粒子 組成	α-Al ₂ O ₃ 層 TC(0 0 12)	評価1 破損率 (%)	評価2 Vbmax (mm)	評価3 Vb (mm)
	a1	a2	b1	b2														
1	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	6.5	5	0.15	0.15
2	0.50	0.15	0.25	0.12	1.25	3.33	2.08	2.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.35	0.15
3	0.70	0.16	0.30	0.20	0.80	4.38	1.50	2.33	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.35	0.15
4	0.60	0.06	0.20	0.06	1.00	10.00	3.33	3.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	7.0	20	0.35	0.15
5	0.42	0.28	0.32	0.22	1.27	1.50	1.45	1.31	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	7.0	40	0.25	0.15
6	0.80	0.09	0.40	0.08	1.13	8.89	5.00	2.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	7.0	15	0.35	0.20
7	0.50	0.15	0.22	0.15	1.00	3.33	1.47	2.27	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.0	15	0.35	0.15
8	1.00	0.15	0.50	0.15	1.00	6.67	3.33	2.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.0	10	0.30	0.25
9	0.40	0.05	0.10	0.05	1.00	8.00	2.00	4.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.0	25	0.35	0.13
10	0.85	0.10	0.17	0.10	1.00	8.50	1.70	5.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	5.0	10	0.35	0.20
11	0.40	0.15	0.30	0.15	1.00	2.67	2.00	1.33	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	5.0	45	0.15	0.13
12	1.00	0.15	0.25	0.15	1.00	6.67	1.67	4.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	5.0	15	0.30	0.25
13	0.40	0.09	0.15	0.09	1.00	4.44	1.67	2.67	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	4.0	40	0.20	0.15
14	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	4.0	45	0.35	0.10
15	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	4.0	0	0.10	0.25
16	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	3.0	40	0.35	0.12
17	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	3.0	0	0.12	0.25
18	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiCN	3.0	45	0.39	0.12

Table 11

【 0 1 7 0 】

10

20

30

40

50

【表 1 2】

Table 12

試料 No.	粒径 (μm)				a2/b2	a1/a2	b1/b2	a1/b1	R1	R2	R1/R2	R3	R4	Ti 化合物 粒子 組成	$\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 層 TC(0 0 12)	評価 1 破損率 (%)	評価 2 Vbmax (mm)	評価 3 Vb (mm)
	a1	a2	b1	b2														
19	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiCN	6.5	15	0.25	0.15
20	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiCN	7.0	10	0.20	0.28
21	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiAlCNO	7.0	40	0.35	0.12
22	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiAlCNO	6.5	5	0.12	0.15
23	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiAlCNO	3.5	0	0.10	0.28
24	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiAlCN	4.5	40	0.38	0.12
25	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiAlCN	4.5	0	0.15	0.15
26	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiAlCN	4.5	0	0.12	0.28
27	1.10	0.15	0.25	0.15	1.00	7.33	1.67	4.40	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.30	0.28
28	0.35	0.09	0.15	0.09	1.00	3.89	1.67	2.33	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	6.5	45	0.20	0.15
29	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.8	TiCNO	2.5	5	0.15	0.35
30	0.95	0.10	0.17	0.10	1.00	9.50	1.70	5.59	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	10	0.40	0.20
31	0.40	0.15	0.40	0.15	1.00	2.67	2.67	1.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	50	0.15	0.13
32	1.20	0.15	0.25	0.15	1.00	8.00	1.67	4.80	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.30	0.35
33	0.30	0.09	0.15	0.09	1.00	3.33	1.67	2.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	55	0.20	0.15
34	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	60	0.45	0.10
35	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	0	0.10	0.3

【 0 1 7 1 】

10

20

30

40

50

【表 1 3】

Table 13

試料 No.	粒径(μm)				a2/b2	a1/a2	b1/b2	a1/b1	R1	R2	R1/R2	R3	R4	Ti化合物 粒子 組成	α-Al ₂ O ₃ 層 TC(0 0 12)	評価1 破損率 (%)	評価2 Vbmax (mm)	評価3 Vb (mm)
	a1	a2	b1	b2														
36	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	60	0.45	0.12
37	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	0	0.12	0.30
38	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiCN	6.5	60	0.49	0.12
39	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiCN	6.5	10	0.20	0.35
40	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiAlCNO	6.5	50	0.45	0.12
41	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiAlCNO	6.5	0	0.10	0.35
42	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiAlCN	6.5	60	0.48	0.12
43	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.60	1.0	1.0	1.0	TiAlCN	6.5	0	0.12	0.35
44	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.50	0.55	0.9	0.9	0.9	TiCNO	6.5	10	0.20	0.15
45	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.50	0.60	0.8	0.9	0.9	TiCNO	6.5	15	0.35	0.15
46	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.60	0.50	1.2	0.9	0.9	TiCNO	6.5	15	0.35	0.15
47	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.55	1.0	0.8	0.9	TiCNO	6.5	15	0.15	0.20
48	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.55	1.0	0.7	0.9	TiCNO	6.5	20	0.15	0.25
49	0.60	0.10	0.20	0.10	1.00	6.00	2.00	3.00	0.55	0.55	1.0	0.9	0.7	TiCNO	6.5	20	0.15	0.25
1-1	0.60	0.20	0.25	0.12	1.67	3.00	2.08	2.40	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.55	0.15
1-2	0.70	0.14	0.30	0.20	0.70	5.00	1.50	2.33	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	15	0.56	0.15
1-3	0.70	0.06	0.20	0.06	1.00	11.67	3.33	3.50	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	20	0.54	0.15

【 0 1 7 2】

10

20

30

40

50

【表 1 4】

Table 14

試料 No.	粒径(μm)				a2/b2	a1/a2	b1/b2	a1/b1	R1	R2	R1/R2	R3	R4	Ti化合物 粒子 組成	α-Al ₂ O ₃ 層 TC(0 0 12)	評価1		評価2		評価3	
	a1	a2	b1	b2												破損率 (%)	Vbmax (mm)	Vb (mm)			
1-4	0.42	0.30	0.32	0.22	1.36	1.40	1.45	1.31	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	80	0.25	0.15			
1-5	0.80	0.09	0.45	0.08	1.13	8.89	5.63	1.78	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	30	0.57	0.20			
1-6	0.50	0.15	0.20	0.15	1.00	3.33	1.33	2.50	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	35	0.53	0.15			
1-7	1.00	0.15	0.60	0.15	1.00	6.67	4.00	1.67	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	5	0.35	0.40			
1-8	0.40	0.05	0.08	0.05	1.00	8.00	1.60	5.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	30	0.50	0.13			
1-9	1.20	0.20	0.20	0.20	1.00	6.00	1.00	6.00	0.55	0.50	1.1	0.9	0.8	TiCNO	6.5	65	0.50	0.20			
1-10	0.60	0.10	0.70	0.10	1.00	6.00	7.00	0.86	0.60	0.50	1.2	0.8	0.8	TiCNO	6.5	70	0.60	0.15			

10

20

30

40

【0 1 7 3】

< 工具寿命の評価 >

上記で得られた切削工具を用いて、切削試験を行い、耐欠損性、耐剥離性及び耐摩耗性を評価した。具体的には、以下の切削評価1～切削評価3に記載の評価を行った。本明細書において、以下の切削評価1～切削評価3に記載の基準に従い、耐欠損性、耐剥離性及び耐摩耗性の全ての項目の評価が良好である場合、工具寿命が長いと判断される。

< 切削評価1 >

上記で得られた切削工具を用いて、下記の切削条件1で切削試験を行い、耐欠損性を評価した。異なる20の切れ刃を用いて、それぞれの切れ刃で20秒間切削を行い、破損の

50

有無を確認した。ここで「破損」とは、500 μ m以上の欠けを意味する。20の切れ刃のうち、破損の生じた切れ刃の割合を算出して破損率(%)を得た。すなわち、破損率(%) = (破損した切れ刃の数 / 20) \times 100である。本実施例では、破損率が65%未満の場合、切削工具の耐欠損性が良好である。結果を表11～表14の「切削評価1 破損率(%)」欄に示す。

【0174】

切削条件1

被削材：SCM440（溝付き丸棒）

加工：溝付き丸棒外径断続旋削

切削速度：120m/min

送り量：0.15mm/rev

切込み量：2.0mm

切削液：なし

上記の切削条件は、クロムモリブデン鋼の断続旋削を模擬した試験に該当する。

【0175】

<切削評価2>

上記で得られた切削工具を用いて、下記の切削条件2で切削試験を行い、耐溶着性を評価した。15分間切削後の切削工具の逃げ面側の最大摩耗量 V_{bmax} (mm)を測定した。「最大摩耗量」とは、稜線から逃げ面摩耗の端までの距離の最大値を意味する。最大摩耗量が小さいほど、耐剥離性が良好である。本実施例では、最大摩耗量が0.50mm未満の場合、切削工具の耐剥離性が良好である。結果を表11～表14の「切削評価2」の「 V_{bmax} (mm)」欄に示す。

【0176】

切削条件2

被削材：SCM415

加工：丸棒外径旋削

切削速度：180m/min

送り量：0.15mm/rev

切込み量：2.0mm

切削液：水溶性切削油

上記の切削条件は、溶着剥離が発生しやすい加工を模擬した試験に該当する。

【0177】

<切削評価3>

上記で得られた切削工具を用いて、下記の切削条件3で切削試験を行った。15分間切削後の切削工具の逃げ面側の平均摩耗量 V_b (mm)を測定した。「平均摩耗量」とは、稜線から逃げ面摩耗の端までの距離を平均した長さを意味する。本実施例では、平均摩耗量が0.40mm未満の場合、切削工具の耐摩耗性が良好である。結果を表11～表14の「切削評価3」の「 V_b (mm)」欄に示す。

切削条件3

被削材：S45C

加工：丸棒外径旋削

切削速度：250m/min

送り量：0.25mm/rev

切込み量：2.0mm

切削液：水溶性切削油

上記の切削条件は、連続加工を模擬した試験に該当する。

【0178】

<考察>

試料1～試料49の切削工具は実施例に該当する。これらの試料は、優れた耐欠損性、優れた耐剥離性及び優れた耐摩耗性を有し、工具寿命が長いことが確認された。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 9 】

試料 1 - 1 ~ 試料 1 - 1 0 の切削工具は比較例に該当する。試料 1 - 4 及び試料 1 - 9 は、耐欠損性が不十分であった。試料 1 - 1 ~ 試料 1 - 3、試料 1 - 5、試料 1 - 6 及び試料 1 - 8 ~ 試料 1 - 1 0 は、耐剥離性が不十分であった。試料 1 - 7 は、耐摩耗性が不十分であった。

【 0 1 8 0 】

以上のように本開示の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせたり、様々に変形することも当初から予定している。

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【 符号の説明 】

【 0 1 8 1 】

1 切削工具、1 0 基材、1 1 Al_2O_3 層、1 2 TiN 層、1 3 表面層、1 4 チタン化合物層、1 5 被膜、A 1 領域 A 1、A 2 領域 A 2、B 1 領域 B 1、B 2 領域 B 2、P 1 界面、P 2 表面、SA 1, SA 2, SA 3, SB 1, SB 2, SB 3 仮想面、B 1 P 1 の山頂、T 1 P 1 の谷底、LS 1 基準線、L 1, L 2, L 3, L 4 線

10

20

30

40

50

【要約】

基材と、前記基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、前記被膜は、前記基材の上に配置されたチタン化合物層と、前記チタン化合物層の直上に配置された $-Al_2O_3$ 層とを含み、前記 $-Al_2O_3$ 層は、複数の $-Al_2O_3$ 粒子からなり、前記 $-Al_2O_3$ 層は、領域 A1 及び領域 A2 を含み、前記領域 A1 は、前記チタン化合物層と前記 $-Al_2O_3$ 層との界面 P1 から前記被膜の表面側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SA2 と、前記界面 P1 から前記被膜の表面側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SA3 とに挟まれる領域であり、前記領域 A2 は、前記界面 P1 と、前記界面 P1 から前記被膜の表面側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SA1 とに挟まれる領域であり、前記チタン化合物層は、複数のチタン化合物粒子からなり、前記チタン化合物粒子は、TiCN 粒子、TiCNO 粒子、TiAlCN 粒子及び TiAlCNO 粒子からなる群より選ばれる 1 種であり、前記チタン化合物層は、領域 B1 及び領域 B2 を含み、前記領域 B1 は、前記界面 P1 から前記基材側への距離が $0.5 \mu m$ である仮想面 SB2 と、前記界面 P1 から前記基材側への距離が $1.0 \mu m$ である仮想面 SB3 とに挟まれる領域であり、前記領域 B2 は、前記界面 P1 と、前記界面 P1 から前記基材側への距離が $0.3 \mu m$ である仮想面 SB1 とに挟まれる領域であり、前記領域 A1 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_1 、前記領域 A2 における前記 $-Al_2O_3$ 粒子の平均粒径 a_2 、前記領域 B1 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_1 、及び、前記領域 B2 における前記チタン化合物粒子の平均粒径 b_2 は、下記式 1 から式 3 の関係を示し、

$$0.80 \leq a_2 / b_2 \leq 1.27 \quad \text{式 1}$$

$$1.50 \leq a_1 / a_2 \leq 10 \quad \text{式 2}$$

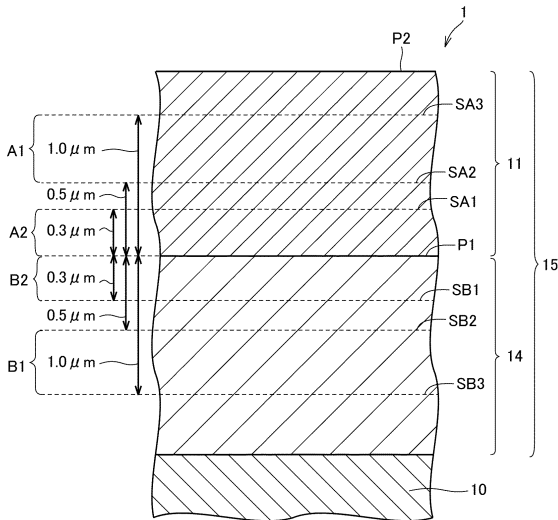
$$1.45 \leq b_1 / b_2 \leq 5 \quad \text{式 3}$$

前記平均粒径 b_1 は、 $0.10 \mu m$ 以上 $0.50 \mu m$ 以下である、切削工具である。

【図面】

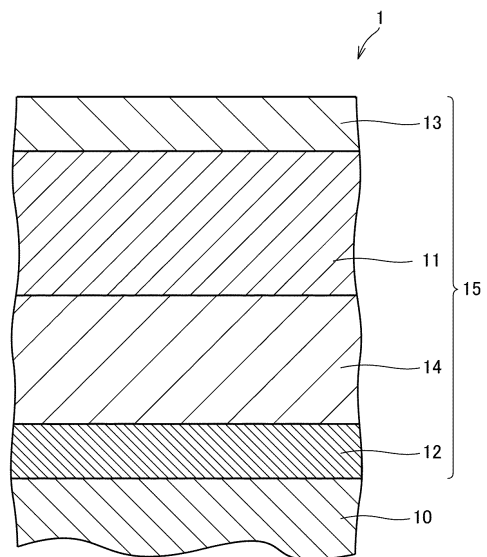
【図 1】

FIG.1



【図 2】

FIG.2



10

20

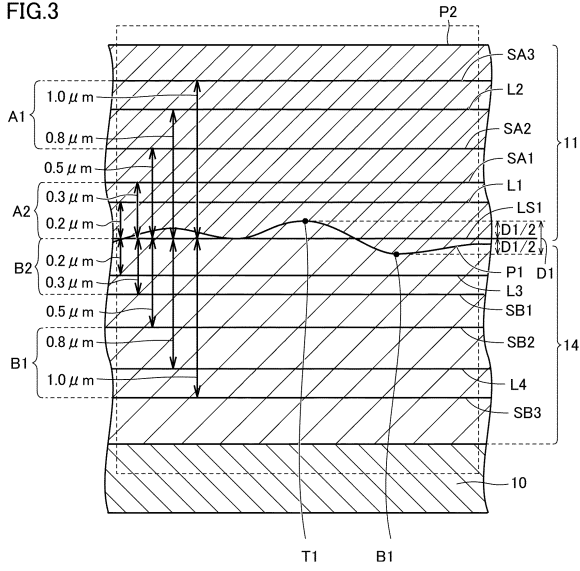
30

40

50

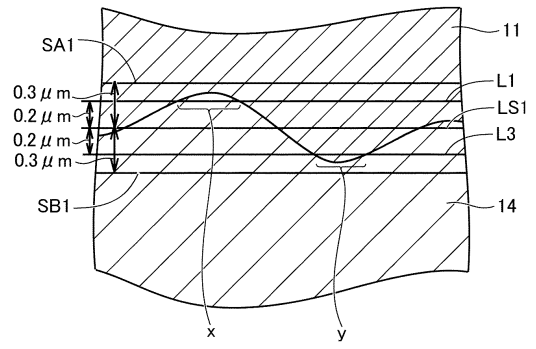
【 図 3 】

FIG.3



【 図 4 】

FIG.4



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 9 - 2 5 6 1 5 (J P , A)
特許第 6 2 1 0 3 4 8 (J P , B 1)
特許第 5 8 7 2 7 4 8 (J P , B 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 2 3 B 2 7 / 1 4 ;
C 2 3 C 1 6 / 3 0 , 1 6 / 3 6 , 1 6 / 4 0