(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年8月10日(10.08.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/148973 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) *C23C 16/36* (2006.01)
C23C 16/30 (2006.01) *C23C 16/40* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/004701

(22) 国際出願日： 2022年2月7日(07.02.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 住友電工ハードメタル株式会社 (**SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.**) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 引地 将仁 (**HIKIJI, Masahito**); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 奥野 晋(**OKUNO, Susumu**); 〒6640016 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 Hyogo (JP). 山西 貴翔(**YAMANISHI, Takato**); 〒6640016 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 Hyogo (JP).

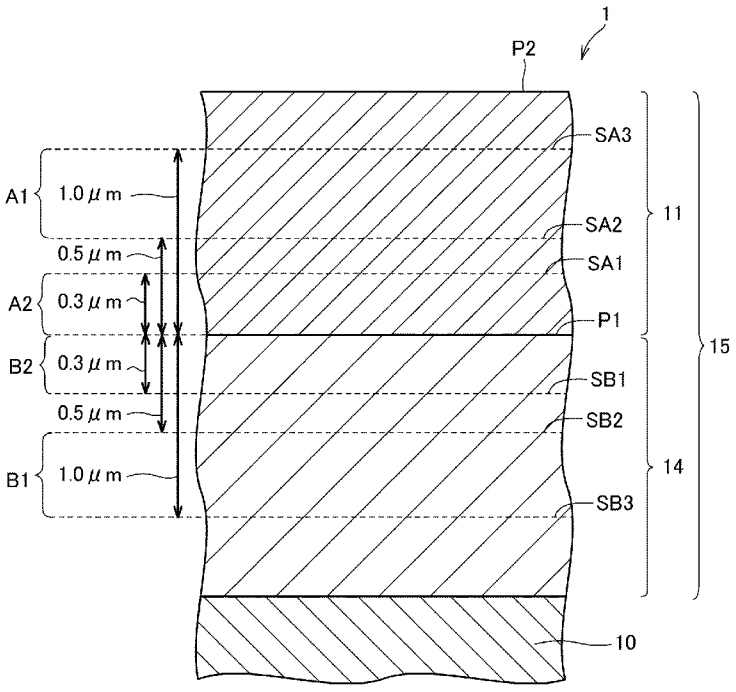
(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所(**FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.**); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) **Title:** CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 切削工具

FIG.1



(57) **Abstract:** A cutting tool comprising a base material and a coating film disposed on the base material, wherein the coating film includes a titanium compound layer disposed on the base material and an α-Al_2O_3 layer disposed directly above the titanium compound layer, the α-Al_2O_3 layer is formed of a plurality of α-Al_2O_3 particles, the α-Al_2O_3 layer includes a region A1 and a region A2, the region A1 is a region interposed between a virtual surface SA2 located 0.5 μm apart, toward the surface side of the coating film, from an interface P1 formed by the

WO 2023/148973 A1

［続葉有］

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

titanium compound layer and the α-Al_2O_3 layer, and a virtual surface SA3 located 1.0 μm apart from the interface P1 toward the surface side of the coating film, the region A2 is a region interposed between the interface P1 and a virtual surface SA1 located 0.3 μm apart from the interface P1 toward the surface side of the coating film, the titanium compound layer is formed of a plurality of titanium compound particles, the titanium compound particles are of at least one type selected from the group consisting of TiCN particles, TiCNO particles, TiAlCN particles, and TiAlCNO particles, the titanium compound layer includes a region B1 and a region B2, the region B1 is a region interposed between a virtual surface SB2 located 0.5 μm apart from the interface P1 toward the base material side and a virtual surface SB3 located 1.0 μm apart from the interface P1 toward the base material side, the region B2 is a region interposed between the interface P1 and a virtual surface SB1 located 0.3 μm apart from the interface P1 toward the base material side, the average particle size a1 of the α-Al_2O_3 particles in the region A1, the average particle size a2 of the α-Al_2O_3 particles in the region A2, the average particle size b1 of the titanium compound particles in the region B1, and the average particle size b2 of the titanium compound particles in the region B2 satisfy the relationships indicated by formula 1: $0.80 \leq a2/b2 \leq 1.27$, formula 2: $1.50 \leq a1/a2 \leq 10$, and formula 3: $1.45 \leq b1/b2 \leq 5$, and the average particle size b1 is 0.10-0.50 μm.

(57) 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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層とを含み、前記α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層は、複数のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子からなり、前記α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ１、前記領域Ａ２における前記α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ２、前記領域Ｂ１における前記チタン化合物粒子の平均粒径ｂ１、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ｂ２は、下記式１から式３の関係を示し、０．８０≦ａ２／ｂ２≦１．２７式１１．５０≦ａ１／ａ２≦１０式２１．４５≦ｂ１／ｂ２≦５式３前記平均粒径ｂ１は、０．１０μｍ以上０．５０μｍ以下である、切削工具である。

明　細　書

発明の名称 ： 切削工具

技術分野

[0001]　本開示は、切削工具に関する。

背景技術

[0002]　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。α型結晶構造を有する酸化アルミニウム（以下「α－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] 特許文献1：特開２０１２－９６３０３号公報

発明の概要

[0004]　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α－Al_2O_3層とを含み、

前記α－Al_2O_3層は、複数のα－Al_2O_3粒子からなり、

前記α－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α－Al_2O_3層との界面Ｐ１から前記被膜の表面側への距離が０．５μｍ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α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ１、前記領域Ａ２における前記α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ２、前記領域Ｂ１における前記チタン化合物粒子の平均粒径ｂ１、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ｂ２は、下記式１から式３の関係を示し、

０．８０≦ａ２／ｂ２≦１．２７　　式１

１．５０≦ａ１／ａ２≦１０　　式２

１．４５≦ｂ１／ｂ２≦５　　式３

前記平均粒径ｂ１は、０．１０μｍ以上０．５０μｍ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、α－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、α－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］

α－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、切削工具の耐チッピ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（α

－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ａ１とα－Al_2O_3層側の結晶粒の数ｂ１との比率ｂ１／ａ１を０．８＜ｂ１／ａ１＜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、α－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、α－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、α－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、α－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α－Al_2O_3層とを含み、

前記α－Al_2O_3層は、複数のα－Al_2O_3粒子からなり、

前記α－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α－Al_2O_3層との界面Ｐ１から前記被膜の表面側への距離が０．５μｍ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$\alpha-Al_2O_3$粒子の平均粒径ａ１、前記領域Ａ２における前記$\alpha-Al_2O_3$粒子の平均粒径ａ２、前記領域Ｂ１における前記チタン化合物粒子の平均粒径ｂ１、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ｂ２は、下記式１から式３の関係を示し、

０．８０≦ａ２／ｂ２≦１．２７　　式１

１．５０≦ａ１／ａ２≦１０　　式２

１．４５≦ｂ１／ｂ２≦５　　式３

前記平均粒径ｂ１は、０．１０μｍ以上０．５０μｍ以下である、切削工具である。

[0010] 本開示の切削工具は、$\alpha-Al_2O_3$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ｂ１に対する前記平均粒径ａ１の比ａ１／ｂ１は、１．５０以上５以下であり、

前記平均粒径ａ１は、０．４０μｍ以上１．００μｍ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、１．０μｍ以上１５μｍ以下であり、

前記α－Al_2O_3層の平均厚さは、１．０μｍ以上１５μｍ以下であることが好ましい。

[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α－Al_2O_3層は、配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）において、ＴＣ（０　０　１２）が３以上であることが好ましい。

[0018] これによるとα－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。

[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

。

[0022] 本明細書において「Ａ～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に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、ａ１以上、ｂ１以上、ｃ１以上が記載され、上限としてａ２以下、ｂ２以下、ｃ２以下が記載されている場合は、ａ１以上ａ２以下、ａ１以上ｂ２以下、ａ１以上ｃ２以下、ｂ１以上ａ２以下、ｂ１以上ｂ２以下、ｂ１以上ｃ２以下、ｃ１以上ａ２以下、ｃ１以上ｂ２以下、ｃ１以上ｃ２以下が開示されているものとする。

[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、

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α－Al_2O_3層とを含み、

該α－Al_2O_3層は、複数のα－Al_2O_3粒子からなり、

該α－Al_2O_3層は、領域Ａ１及び領域Ａ２を含み、

該領域Ａ１は、該チタン化合物層と該α－Al_2O_3層との界面Ｐ１から該被膜の表面側への距離が０．５μｍである仮想面ＳＡ２と、該界面Ｐ１から該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、

該領域Ａ２は、該界面Ｐ１と、該界面Ｐ１から該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、

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Ｂ１及び領域Ｂ２を含み、

該領域Ｂ１は、該界面Ｐ１から該基材側への距離が０．５μｍである仮想面ＳＢ２と、該界面Ｐ１から該基材側への距離が１．０μｍである仮想面ＳＢ３とに挟まれる領域であり、

該領域Ｂ２は、該界面Ｐ１と、該界面Ｐ１から該基材側への距離が０．３μｍである仮想面ＳＢ１とに挟まれる領域であり、

該領域Ａ１における該α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ１、該領域Ａ２における該α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ２、該領域Ｂ１における該チタン化合物粒子の平均粒径ｂ１、及び、該領域Ｂ２における該チタン化合物粒子の平均粒径ｂ２は、下記式１から式３の関係を示し、

０．８０≦ａ２／ｂ２≦１．２７　　式１

１．５０≦ａ１／ａ２≦１０　　式２

１．４５≦ｂ１／ｂ２≦５　　式３

該平均粒径ｂ１は、０．１μｍ以上０．５μｍ以下である、切削工具である。

[0026] 本実施形態の切削工具は、α－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Ｂ２の平均粒径ｂ２に対するα－Al_2O_3層の領域Ａ２の平均粒径ａ２の比ａ２／ｂ２が、０．８０以上１．２７以下である。すなわち、α－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ａ２と平均粒径ｂ２との差が小さい。このため、領域Ａ２と領域Ｂ２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Ａ２と領域Ｂ２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、α－Al_2O_3層の領域Ａ２の平均粒径ａ２に対する領域Ａ１の平均粒径ａ１の比ａ１／ａ２が１．５０以上であり、平均粒径ａ２に対して平均粒径ａ１が大きいため、領域Ａ１及び領域Ａ２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Ｂ２の平均粒径ｂ２に対する領域Ｂ１の平均粒径ｂ１の比ｂ１／ｂ２が１．４５以上であり、平均粒径ｂ２に対して平均粒径ｂ１が大きいため、領域Ｂ１及び領域Ｂ２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、ｂ１／ｂ２が５以下であり、平均粒径ｂ１と平均粒径ｂ２との差が小さいため、粒径差に起因する界面の発生が抑制される。

[0030] （ｉｖ）本実施形態の切削工具では、チタン化合物層の領域Ｂ１の平均粒径ｂ１が０．１０μｍ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ｂ１が０．５０μｍ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、α－Al_2O_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関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、基材の切削に関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。基材の切削に関与する部分とは、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たとしても、本開示の範囲を逸脱するものではない。

[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。

[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。

[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η相またはε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β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。

[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、チップブレーカーを有しても、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≫

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α－Al_2O_3層１１を含む。被膜は、α－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、α－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、２μｍ以上、３μｍ以上、５μｍ以上、８μｍ以上、１０μｍ以上、１１μｍ以上、１６μｍ以上、２０μｍ以上、２３μｍ以上が好ましい。被膜全体の平均厚さの下限は、特に、１１μｍ以上、１６μｍ以上、２０μｍ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、２３μｍ以下、２０μｍ以下、１６μｍ以下が好ましい。被膜全体の平均厚さは、１１μｍ以上２３μｍ以下、１６μｍ以上２３μｍ以下、２０μｍ以上２３μｍ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３０μｍ）×（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α－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] ＜α－Al_2O_3層＞

≪α－Al_2O_3層の構成≫

本実施形態において、α－Al_2O_3層は、複数のα－Al_2O_3（結晶構造がα型である酸化アルミニウム）粒子からなる。すなわち、α－Al_2O_3層は、多結晶のα－Al_2O_3から構成される。α－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。α－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。α－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、α－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α－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０．５μｍ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１．０μｍ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] 領域Ａ２は、界面Ｐ１と、界面Ｐ１から被膜１５の表面Ｐ２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る。仮想面ＳＡ１は、領域Ａ２に含まれ、界面Ｐ１は、領域Ａ２に含まれない。

[0047] ≪α－Al_2O_3粒子の平均粒径≫

本実施形態において、領域Ａ１におけるα－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ１

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、０．４０μｍ以上、０．４２μｍ以上、０．４５μｍ以上、０．５０μｍ以上が好ましい。平均粒径ａ１の上限は、領域Ａ２のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ２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、１．００μｍ以下、０．９５μｍ以下、０．９０μｍ以下、０．８５μｍ以下、０．８０μｍ以下が好ましい。平均粒径ａ１は、０．４０μｍ以上１．００μｍ以下、０．４５μｍ以上０．９０μｍ以下、０．５０μｍ以上０．８０μｍ以下が好ましい。

[0048] 本実施形態において、領域Ａ２におけるα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ２の下限は、チタン化合物層との密着性向上の観点から、０．０５μｍ以上、０．０６μｍ以上、０．０９μｍ以上、０．１０μｍ以上、０．１５μｍ以上が好ましい。平均粒径ａ２の上限は、硬度向上の観点から、０．３０μｍ以下、０．２８μｍ以下、０．２５μｍ以下が好ましい。平均粒径ａ２は、０．０５μｍ以上０．３０μｍ以下、０．１０μｍ以上０．２８μｍ以下、０．１５μｍ以上０．２５μｍ以下が好ましい。

[0049] 本実施形態において、平均粒径ａ２に対する平均粒径ａ１の比ａ１／ａ２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ａ１／ａ２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ａ１／ａ２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ａ１／ａ２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ａ１及び平均粒径ａ２は以下（Ａ１）～（Ａ６）の手順で測定される。

[0051] （Ａ１）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、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の断面を露出させる。露出された断面に対して

Ａｒ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：６ｋＶ

照射角度：α－Al_2O_3層の断面におけるα－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

[0052] （Ａ２）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、α－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] （Ａ３）上記ＥＢＳＤ中で、α－Al_2O_3層の基材側の界面Ｐ１の凹凸の谷底Ｂ１と山頂Ｔ１とのすくい面の法線方向に沿う距離の差Ｄ１が０．５μｍ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）：３０μｍ）×（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。

[0054] （Ａ４）上記測定範囲内で、界面Ｐ１の谷底Ｂ１と山頂Ｔ１との中間の位置に基準線ＬＳ１を設定する。

[0055] （Ａ５）上記基準線ＬＳ１から切削工具の表面方向に０．２μｍ離れた線Ｌ１上で、α－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α－Al_2O_3粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域Ａ２におけるα－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ２とする。

[0056] （Ａ６）上記基準線ＬＳ１から切削工具の表面方向に０．８μｍ離れた線Ｌ２上で、α－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α－Al_2O_3粒子の粒径を測定し、これらの平均値を領域Ａ１におけるα－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ１とする。

[0057] 上記（Ａ５）において、界面の谷底Ｂ１と山頂Ｔ１との差が大きく（例えば０．５μｍ超）、図４に示されるように、線Ｌ１がチタン化合物層１４内部にも存在する場合、チタン化合物層１４内部（例えば図４のｘで示される

領域）の線Ｌ１上ではα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の粒径の測定を行わず、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層内についてのみα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の粒径の測定を行い、平均粒径ａ２を算出する。

[0058] 上記の線Ｌ１を設定するに当たり、本発明者らは、領域Ａ２において、基準線ＬＳ１からのすくい面の法線方向に沿った距離が０μｍ以上０．３μｍ以下の範囲で、０．０５μｍ間隔の位置を通る複数の測定線（例えば、基準線ＬＳ１からの距離が０．０５μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．１０μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．１５μｍの線）を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全てのα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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Ｌ１に相当する基準線ＬＳ１からの距離が０．２μｍの線上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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$_2$Ｏ$_3$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Ｌ１上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径は、領域Ａ２におけるα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ２と見做すことができる。

[0059] 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。

[0060] 上記の線Ｌ２を設定するに当たり、本発明者らは、領域Ａ１において、基準線ＬＳ１からのすくい面の法線方向に沿った距離が０．５μｍ以上１．０μｍ以下の範囲で、０．０５μｍ間隔の位置を通る複数の測定線（例えば、基準線ＬＳ１からの距離が０．５０μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．５５μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．６０μｍの線）を設定し、それぞれの線上で、測定範囲中の全てのα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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Ｌ２に相当する基準線ＬＳ１から

の距離が０．８μｍの線上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径は、上記複数の測定線上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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。

[0061] 領域Ａ１は核生成から結晶成長への遷移領域である。領域Ａ２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Ａ１ではガス条件の影響が優位になり、領域Ａ２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Ａ２及び領域Ａ１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Ａ１を厚み方向に広げ、粒径を維持している。上記より、線Ｌ２上のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径は、領域Ａ１におけるα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子の平均粒径ａ１と見做すことができる。

[0062] 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。

[0063] ≪α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の平均厚さ≫

本実施形態において、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の平均厚さは１．０μｍ以上１５μｍ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。α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の平均厚さの下限は、耐摩耗性向上の観点から、１．０μｍ以上、２．０μｍ以上、３．０μｍ以上、５．０μｍ以上が好ましい。α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の平均厚さの上限は、耐欠損性向上の観点から、１５μｍ以下、１０μｍ以下、９μｍ以下、８μｍ以下が好ましい。α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の平均厚さは、１．０μｍ以上１５μｍ以下、２．０μｍ以上１０μｍ以下、３．０μｍ以上９μｍ以下、５．０μｍ以上８μｍ以下が好ましい。

[0064] α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Al_2O_3粒子の粒径を測定する際に設定した測定範囲とする。

[0065] 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。

[0066] ≪α－Al_2O_3粒子の配向性指数≫

本実施形態において、α－Al_2O_3層は、下記式（１）で示される配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）においてＴＣ（０　０　１２）が３以上であることが好ましい。これによるとα－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。

[0067] [数1]

$$TC(hkl)=\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\left\{\frac{1}{n}\sum_1^n\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right\}^{-1} \quad \cdots(1)$$

[0068] 式（１）中、Ｉ（ｈｋｌ）は、（ｈｋｌ）反射面のＸ線回折強度を示し、I_0（ｈｋｌ）は、ＩＣＤＤのＰＤＦカード番号００－０１０－０１７３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（ｈｋｌ）面は、（０１２）、（１０４）、（１１０）、（０　０　１２）、（１１３）、（０２４）、（１１６）および（３００）である。

[0069] ＩＣＤＤ（登録商標）とは、Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ　Ｃｅｎｔｒｅ　ｆｏｒ　Ｄｉｆｆｒａｃｔｉｏｎ　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－Al_2O_3層のＴＣ（０　０　１２）は、下記式（２）で示すことができる。

[0071] [数2]

$$TC(0\ 0\ 12)=\frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)}\left\{\frac{1}{8}\sum_1^8\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right\}^{-1} \quad \cdots(2)$$

[0072] したがって、「配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）においてＴＣ（０　０　１２）が３以上」とは、上記式（１）にＴＣ（０　０　１２）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（０　０　１２）の値は、４以上がより好ましく、５以上が更に好ましい。ＴＣ（０　０　１２）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（０　０　１２）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（０　０　１２）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。

[0074] 本開示において、α－Al_2O_3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－Al_2O_3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－Al_2O_3層のＴＣ（１１０）は、下記式（３）で示すことができる。

[0076] [数3]

$$TC(110)=\frac{I(110)}{I_0(110)}\left\{\frac{1}{8}\sum_1^8\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right\}^{-1} \quad \cdots(3)$$

[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。

[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ＳｍａｒｔＬ

ｂ／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－Ｋα

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：　θ－２θ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に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α－Al_2O_3層のＴＣ（ｈｋｌ）の値は、基材のすくい面上のα－Al_2O_3層のＴＣ（ｈｋｌ）の値と同一である。

[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。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。

[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。

[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。

[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、α－Al_2O_3層との密着性向上の観点から、０．０５μｍ以上、０．０６μｍ以上、０．０８μｍ以上、０．１０μｍ以上が好ましい。平均粒径ｂ２の上限は、硬度向上の観点から、０．２２μｍ以下、０．２０μｍ以下が好ましい。平均粒径ｂ２は、０．０５μｍ以上０．２２μｍ以下、０．０６μｍ以上０．２０μｍ以下、０．１０μｍ以上０．２０μｍ以下が好

ましい。

[0088] 本実施形態において、平均粒径ｂ２に対する平均粒径ｂ１の比ｂ１／ｂ２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ｂ１／ｂ２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ｂ１／ｂ２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ｂ１／ｂ２は、１．５０以上５以下、２．００以上４．００以下が好ましい。

[0089] 本明細書において、平均粒径ｂ１及び平均粒径ｂ２は以下（Ｂ１）～（Ｂ３）の手順で測定される。

[0090] （Ｂ１）平均粒径ａ１及び平均粒径ａ２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ＬＳ１を設定する。

[0091] （Ｂ２）上記基準線ＬＳ１から切削工具の基材方向に０．２μｍ離れた線Ｌ３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ｂ２とする。

[0092] （Ｂ３）上記基準線ＬＳ１から切削工具の基材方向に０．８μｍ離れた線Ｌ４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ｂ１とする。

[0093] 上記（Ｂ３）において、界面の谷底Ｂ１と山頂Ｔ１との差が大きく（例えば０．５μｍ超）、図４に示されるように、線Ｌ３がα－Al_2O_3層１１内部にも存在する場合、α－Al_2O_3層１１内部（例えば図４のｙで示される領域）の線Ｌ３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ｂ２を算出する。

[0094] 上記の線Ｌ３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ＬＳ１からのすくい面の法線方向に沿った距離が０μｍ以上０．３μｍ以下の範囲で、０．０５μｍ間隔の位置を通る複数の測定線（例えば、基準線ＬＳ１からの距離が０．０５μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．１０μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．１５μｍ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Ｌ３に相当する基準線ＬＳ１からの距離が０．２μｍ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。

[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Ｌ３上のチタン化合物粒子の平均粒径は、領域Ｂ２におけるチタン化合物粒子の平均粒径ｂ２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Ｌ４を設定するに当たり、本発明者らは、領域Ｂ１において、基準線ＬＳ１からのすくい面の法線方向に沿った距離が０．５μｍ以上１．０μｍ以下の範囲で、０．０５μｍ間隔の位置を通る複数の測定線（例えば、基準線ＬＳ１からの距離が０．５０μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．５５μｍの線、基準線ＬＳ１からの距離が０．６０μｍ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Ｌ４に相当する基準線ＬＳ１からの距離が０．８μｍ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Ｌ４上のチタン化合物粒子の平均粒径は、領域Ｂ１におけるチタン化合物粒子の平均粒径ｂ１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と、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との比Ｒ１／Ｒ２は０．９以上１．１以下であり、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、０．８以上１．０以下であり、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Ｒ１の下限は、０．４以上、０．４５以上、０．５以上が好ましい。上記Ｒ１の上限は、０．７以下、０．６５以下、０．６以下が好ましい。上記Ｒ１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Ｒ２の下限は、０．３以上、０．３５以上、０．４以上が好ましい。上記Ｒ１の上限は、０．６以下、０．５５以下、０．５以下が好ましい。上記Ｒ１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Ｒ１／Ｒ２の下限は、０．９以上、０．９５以上が好ましい。上記比Ｒ１／Ｒ２の上限は、１．１以下、１．０５以下が好ましい。上記比Ｒ１／Ｒ２は、０．９以上１．１以下、０.９５以上１．０５以下が好ましい。

[0103] 上記Ｒ３の下限は、０．８以上、０．８５以上、０．８７以上が好ましい。上記Ｒ３の上限は、１．０以下、０．９５以下、０．９２以下が好ましい。上記Ｒ３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Ｒ４の下限は、０．８以上、０．８５以上、０．８７以上が好ましい。上記Ｒ４の上限は、１．０以下、０．９５以下、０．９２以下が好ましい。上記Ｒ４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、Ｒ１、Ｒ２、Ｒ３、Ｒ４は以下（Ｃ１）～（Ｃ４）の手順で測定される。

[0106] （Ｃ１）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１００ｎｍ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] （Ｃ２）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Ｂ１及び領域Ｂ２を特定する。該ＢＦ－ＳＴＥＭ像中での領域Ｂ１及び領域Ｂ２の特定は、ＥＢＳＤを用いた粒界の分析により行われる。

[0108] 領域Ｂ１及び領域Ｂ２のそれぞれにおいて、１００ｎｍ×１００ｎｍ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Ｂ１又は領域Ｂ２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] （Ｃ３）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０．５ｎｍ以下とし、スキャン間隔は０．５ｎｍとする。

[0110] 矩形分析の結果から、領域Ｂ１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、Ｒ１’とも記す。）、領域Ｂ２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、Ｒ２’とも記す。）、領域Ｂ１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、Ｒ３’とも記す。）、領域Ｂ２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、Ｒ４’とも記す。）を算出する。

[0111] （Ｃ４）上記のＲ１’、Ｒ２’、Ｒ３’、Ｒ４’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Ｒ１’の平均値を、領域Ｂ１におけるＲ１とする。該５つの測定領域のＲ２’の平均値を、領域Ｂ２におけるＲ２とする。該５つの測定領域のＲ３’の平均値を、領域Ｂ１におけるＲ３とする。該５つの測定領域のＲ４’の平均値を、領域Ｂ２におけるＲ４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、１．０μｍ以上１５μｍ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。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、１．０μｍ以上、２．０μｍ以上、３．０μｍ以上、５．０μｍ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、１５μｍ以下、１０μｍ以下、９μｍ以下、８μｍ以下が好ましい。チタン化合物層の平均厚さは、１．０μｍ以上１５μｍ以下、２．０μｍ以上１０μｍ以下、３．０μｍ以上９μｍ以下、５．０μｍ以上８μｍ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。

[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] ＜ａ２／ｂ２＞

本実施形態において、平均粒径ｂ２に対する平均粒径ａ２の比ａ２／ｂ２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ａ２／ｂ２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ａ２／ｂ２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ａ２／ｂ２は、０．９０以上１．１５以下、１．００以上１．１０以下が好ましい。

[0117] ＜ａ１／ｂ１＞

本実施形態において、平均粒径ｂ１に対する平均粒径ａ１の比ａ１／ｂ１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ａ１／ｂ１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ａ１／ｂ１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ａ１／ｂ１は、２．００以上４．５０以下、２．５０以上４．００

以下が好ましい。

[0118] ＜他の層＞

被膜は、α－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０．１μｍ以上２０μｍ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。

[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、α－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、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、α－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α－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、単位時間当たりに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α－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] 次に、界面Ｐ１からの距離が０．３μｍ超０．５μｍ未満の領域（領域Ｂ１と領域Ｂ２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。

[0130] 次に、界面Ｐ１からの距離が０μｍ以上０．３μｍ以下の領域（領域Ｂ２）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２．０２体積％以下、N_2：８．０体積％以上１２．０体積％以下とし、領域Ｂ１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Ｂ１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Ｂ１形成時と同一とする。

[0131] 領域Ｂ２の形成時の原料ガス中のCH_3CNの配合量は、領域Ｂ１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Ｂ２形成時の原料ガス中のCH_4の配合量は、領域Ｂ１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Ｂ２におけるチタン化合物粒子の平均粒径ｂ２は、領域Ｂ１におけるチタン化合物粒子の平均粒径ｂ１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。

[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] ＜α－Al_2O_3層の形成方法＞

α－Al_2O_3層の成膜条件は、例えば、温度９５０～１０５０℃、圧力６０～９０ｈＰａ、ガス流量（全ガス流量）５０～１００Ｌ／ｍｉｎとすることができる。

[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α－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、α－Al_2O_3層の厚さが０．３μｍまでの領域（領域Ａ２）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、α－Al_2O_3層の厚さが０．３μｍ超０．５μｍ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。

[0138] 次に、α－Al_2O_3層の厚さが０．５μｍ以上１．０μｍ以下の領域（領域Ａ１）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Ａ２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Ａ２形成時と同一とする。

[0139] 従来、ＨＣｌは、成膜中にα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$が過剰に生成し、気相中でα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$粒子が形成されると、基材上にα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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。

[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。

[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、超硬合金製（形状：型番ＣＮＭＧ１２０４０８Ｎ－ＵＸ（住友電工ハードメタル製））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]

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。

[0146]

[表2]

Table 2

試料 No.	TiN 層(下地層)	チタン化合物層		α-Al_2O_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

[0147]

[表3]

Table 3

試料 No.	TiN 層(下地層)	チタン化合物層		α-Al_2O_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－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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０．４μｍであり、ＴｉＮ（表面層）の厚さは０．７μｍ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] [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

[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「H_2」欄の「残」とは、H_2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]

[表5]

Table 5

試料No.	チタン化合物層																		
	原料ガス組成(体積%)													成膜条件					厚さ(μm)
	CH_3CN		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			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

[0153]

[表6]

Table 6

試料No.	チタン化合物層																
	原料ガス組成(体積%)												成膜条件				厚さ(μm)
	CH_3CN		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			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

[0154]

[表7]

Table 7

試料No.	チタン化合物層																		
	原料ガス組成(体積%)													成膜条件					
	CH_3CN		CH_4		$TiCl_4$	CO	N_2		$AlCl_3$	H_2	圧力(hPa)		温度(°C)	全ガス流量(L/min)	厚さ(μm)
	領域		領域				領域				領域				
	B1	B2	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

[0155]

[表8]

Table 8

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_3CN		CH_4			$TiCl_4$	CO	N_2			$AlCl_3$	H_2	圧力(hPa)			温度（℃）	全ガス流量（L/min）	
	領域		領域					領域					領域					
	B1	B2	B1	B2				B1	B2				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	200		1000	100	8

[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α－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：０．５０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０．３μｍ超０．５μｍ未満の領域（領域Ｂ１と領域Ｂ２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０μｍ以上０．３μｍ以下の領域（領域Ｂ２）の形成時は、原料ガスの配合を、CH_3CN：１．００体積％、CH_4：１．５０体積％、$TiCl_4$：８．５体積％、ＣＯ：１．４体積％、N_2：１０．０体積％とし、領域Ｂ１形成時に比べて、原料ガス中のCH_3CN、CH_4及びN_2の合計含有量の減少に応じて、全ガス流量が一定となるようにH_2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８μｍである。

[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CH_3CN：０．６０体積％、$TiCl_4$：８．０体積％、ＣＯ：２．０体積％、N_2：２０．０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。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CH_4：４．００体積％、$TiCl_4$：８．０体積％、ＣＯ：２．０体積％、N_2：１０．０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。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、CH_3CNとCH_4とを同時に用いない。

[0160] 各試料のα－Al_2O_3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「H_2」欄の「残」とは、H_2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。α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$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] [表9]

Table 9

試料No.	α-Al_2O_3層									
	原料ガス組成(体積%)						成膜条件			厚さ(μm)
	$AlCl_3$	HCl 領域		CO_2	H_2S	H_2	圧力(hPa)	温度(℃)	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

[0162]

[表10]

Table 10

試料No.	α-Al_2O_3層									
	原料ガス組成(体積%)						成膜条件			厚さ(μm)
	$AlCl_3$	HCl 領域		CO_2	H_2S	H_2	圧力(hPa)	温度(℃)	全ガス流量(L/min)	
		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

[0163] 例えば、試料１のα－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の成膜条件は次の通りである。α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の厚さが０．３μｍまでの領域（領域Ａ２）の形成時は、原料ガスの配合を、ＡｌＣｌ$_3$：２．２体積％、ＨＣｌ：９．０体積％、ＣＯ$_2$：３．０体積％、Ｈ$_2$Ｓ：０．６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。

[0164] 次に、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$層の厚さが０．３μｍ超０．５μｍ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Ａ

２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－Al_2O_3層の厚さが０．５μｍ以上１．０μｍ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H_2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α－Al_2O_3層の全体の厚さは８μｍ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。

[0167] ＜α－Al_2O_3層の評価＞

各試料のα－Al_2O_3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　１２）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　１２）」欄に示す。

[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] [表11]

Table 11

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_2O_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

[0170] [表12]

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	α-Al_2O_3層	評価 1	評価 2	評価 3
	a1	a2	b1	b2											TC(0 0 12)	破損率 (%)	Vbmax (mm)	Vb (mm)
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

[0171]

[表13]

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_2O_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

[0172]

[表14]

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_2O_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

[0173] ＜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、破損の有無を確認した。ここで「破損」とは、５００μｍ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）×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Ｖｂｍａｘ（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「Ｖｂｍａｘ（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Ｖｂ（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「Ｖｂ（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。

[0179] 試料１－１～試料１－１０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１－１０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。

[0180] 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

[0181] １　切削工具、１０　基材、１１　α－Al_2O_3層、１２　ＴｉＮ層、１３　表面層、１４　チタン化合物層、１５　被膜、Ａ１　領域Ａ１、Ａ２　領域Ａ２、Ｂ１　領域Ｂ１、Ｂ２　領域Ｂ２、Ｐ１　界面、Ｐ２　表面、ＳＡ１，ＳＡ２，ＳＡ３，ＳＢ１，ＳＢ２，ＳＢ３　仮想面、Ｂ１　Ｐ１の山頂、Ｔ１　Ｐ１の谷底、ＬＳ１　基準線、Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３，Ｌ４　線

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α－Al_2O_3層とを含み、

前記α－Al_2O_3層は、複数のα－Al_2O_3粒子からなり、

前記α－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α－Al_2O_3層との界面Ｐ１から前記被膜の表面側への距離が０．５μｍ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α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ１、前記領域Ａ２における前記α－Al_2O_3粒子の平均粒径ａ２、前記領域Ｂ１における前記チタン化合物粒子の平均粒径ｂ１、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ｂ２は、下記式１か

ら式３の関係を示し、

０．８０≦ａ２／ｂ２≦１．２７　　式１

１．５０≦ａ１／ａ２≦１０　　式２

１．４５≦ｂ１／ｂ２≦５　　式３

前記平均粒径ｂ１は、０．１０μｍ以上０．５０μｍ以下である、切削工具。

[請求項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、請求項１に記載の切削工具。

[請求項3] 前記平均粒径ｂ１に対する前記平均粒径ａ１の比ａ１／ｂ１は、１．５０以上５以下であり、

前記平均粒径ａ１は、０．４０μｍ以上１．００μｍ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、１．０μｍ以上１５μｍ以下であり、

前記α－Al_2O_3層の平均厚さは、１．０μｍ以上１５μｍ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。

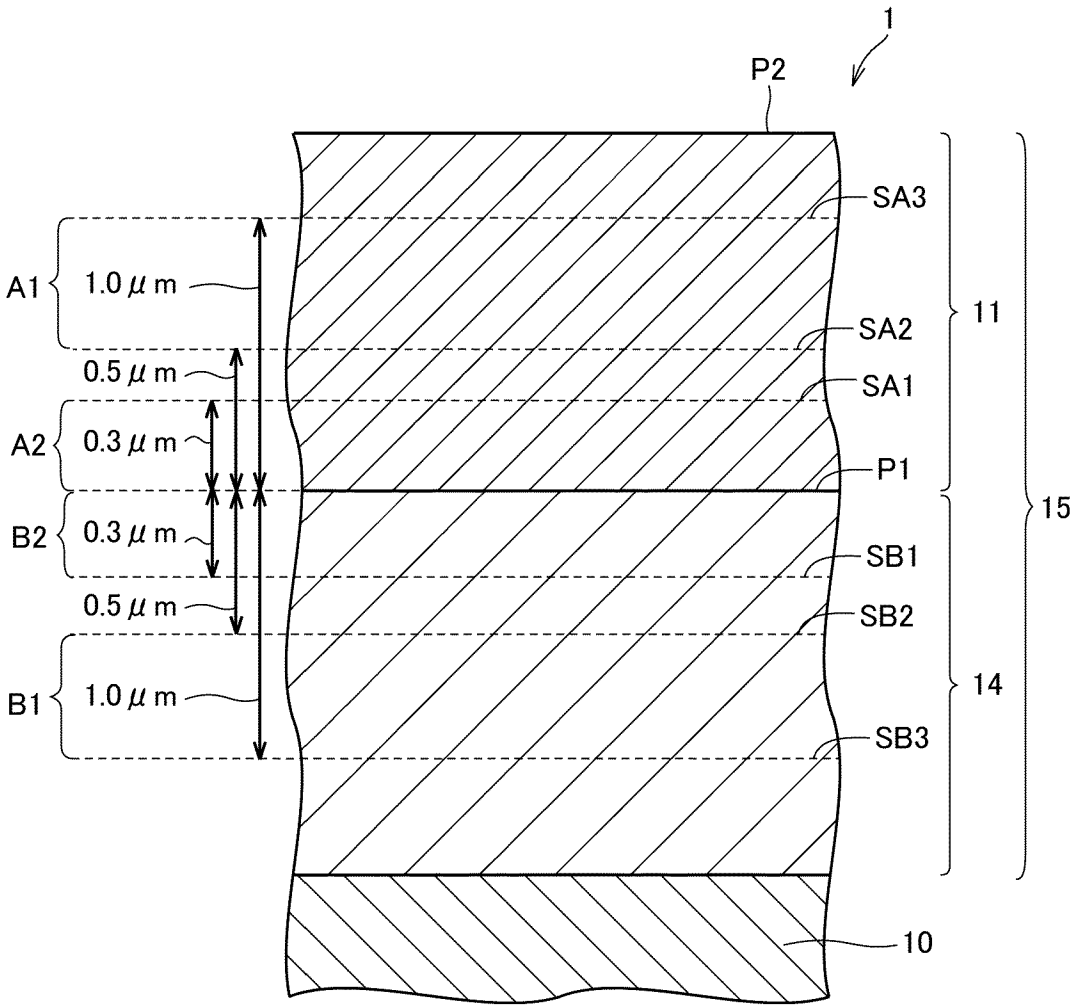
[請求項5] 前記α－Al_2O_3層は、配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）において、ＴＣ（０　０　１２）が３以上である、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の切削工具。

[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Ｔ

ｉＮ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。

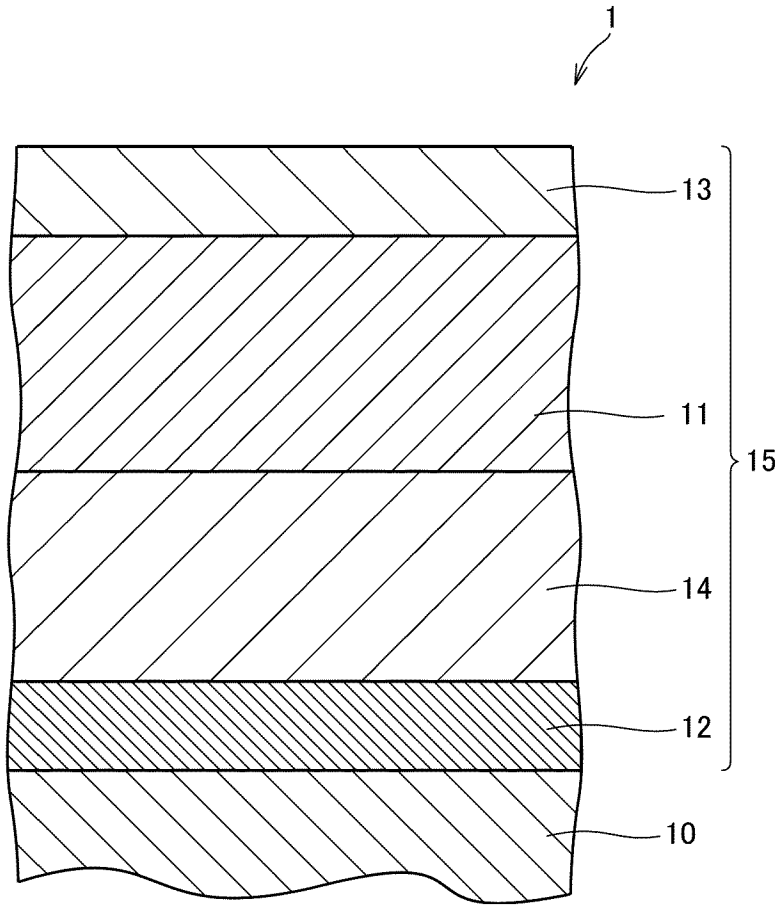
[図1]

FIG.1


1
P2
SA3
SA2
SA1
P1
SB1
SB2
SB3
10
11
14
15
A1
1.0 μm
0.5 μm
A2
0.3 μm
B2
0.3 μm
0.5 μm
B1
1.0 μm

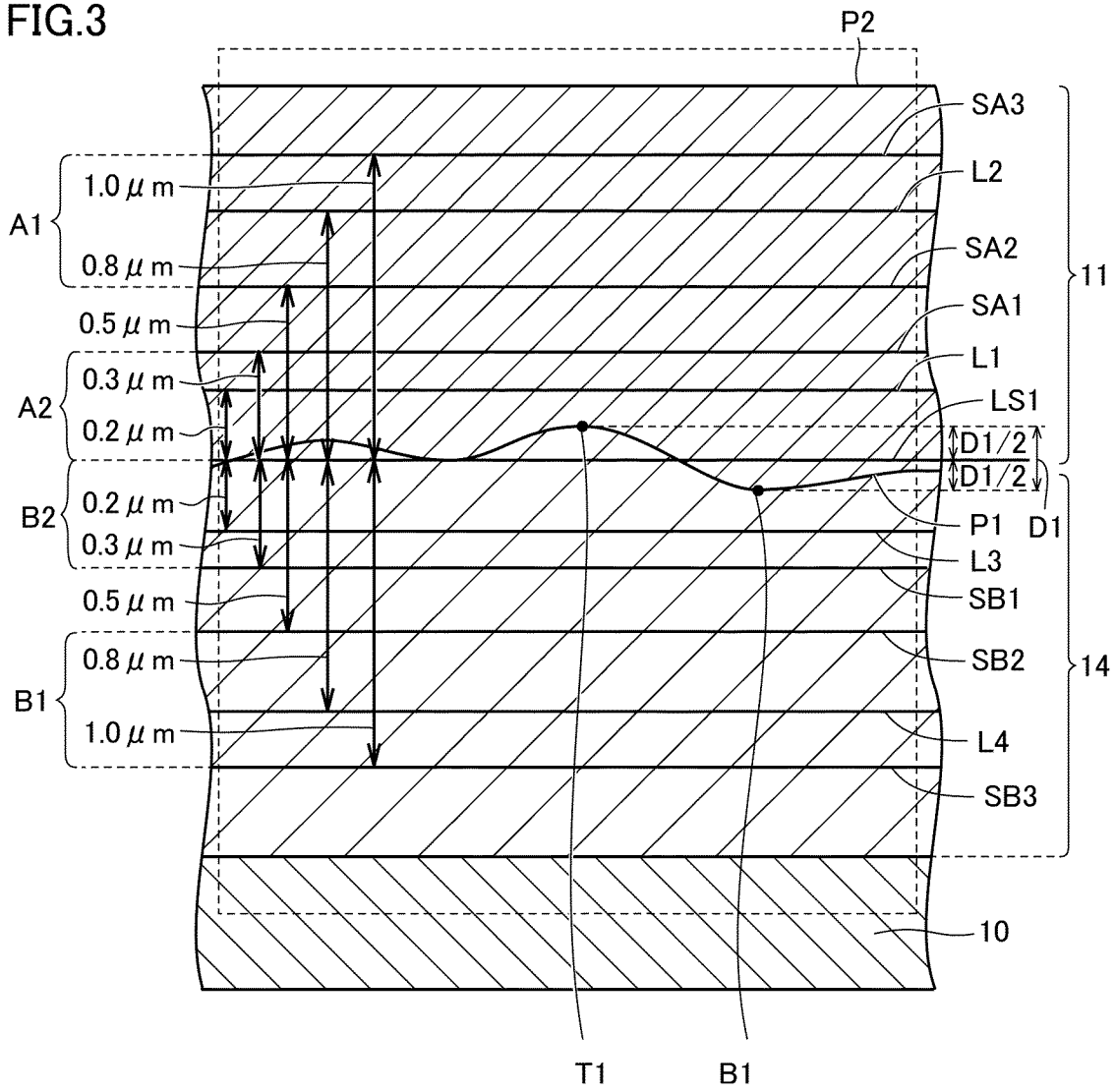
[図2]

FIG.2



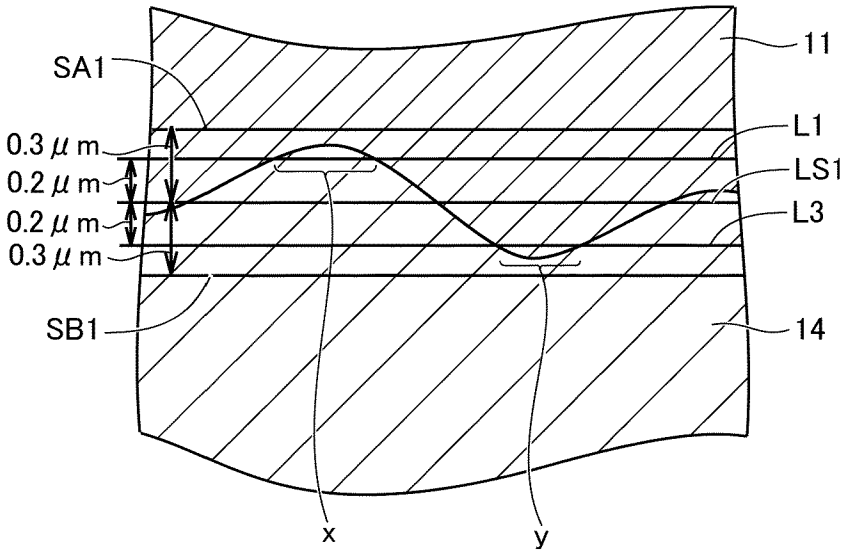
[図3]

FIG.3



[図4]

FIG.4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/004701

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 27/14(2006.01)i; ***C23C 16/30***(2006.01)i; ***C23C 16/36***(2006.01)i; ***C23C 16/40***(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; C23C16/40; C23C16/36; C23C16/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23B27/14; C23C16/30; C23C16/36; C23C16/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-25615 A (KYOCERA CORP.) 21 February 2019 (2019-02-21) paragraph [0023], fig. 4, 8	1-6
A	JP 6210348 B1 (TUNGALOY CORP.) 11 October 2017 (2017-10-11) claims 3-4	1-6
A	JP 5872748 B1 (SUMITOMO ELECTRIC HARDMETAL CORP.) 01 March 2016 (2016-03-01) claims 1, 4-5	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 March 2022	**05 April 2022**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/004701

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-25615 A	21 February 2019	(Family: none)	
JP 6210348 B1	11 October 2017	US 2018/0126465 A1 claims 3, 5 EP 3318657 A1 CN 108057917 A	
JP 5872748 B1	01 March 2016	US 2017/0191169 A1 claims 1, 4-5 EP 3311940 A1 CN 106660137 A KR 10-2018-0020853 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/004701

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B 27/14(2006.01)i; C23C 16/30(2006.01)i; C23C 16/36(2006.01)i; C23C 16/40(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; C23C16/40; C23C16/36; C23C16/30

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B27/14; C23C16/30; C23C16/36; C23C16/40

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2019-25615 A (京セラ株式会社) 21.02.2019 (2019-02-21) 段落[0023],図4,8	1-6
A	JP 6210348 B1 (株式会社タンガロイ) 11.10.2017 (2017-10-11) 請求項3-4	1-6
A	JP 5872748 B1 (住友電工ハードメタル株式会社) 01.03.2016 (2016-03-01) 請求項1,4-5	1-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
22.03.2022	05.04.2022

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
山本　忠博 3C 9531
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/004701

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-25615 A	21.02.2019	（ファミリーなし）	
JP 6210348 B1	11.10.2017	US 2018/0126465 A1 Claim3,5 EP 3318657 A1 CN 108057917 A	
JP 5872748 B1	01.03.2016	US 2017/0191169 A1 Claim1,4-5 EP 3311940 A1 CN 106660137 A KR 10-2018-0020853 A	