(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7666740号
(P7666740)

(45)発行日　令和7年4月22日(2025.4.22)

(24)登録日　令和7年4月14日(2025.4.14)

(51)国際特許分類			FI		
B23B	*27/14*	*(2006.01)*	B23B	27/14	A
B23B	*51/00*	*(2006.01)*	B23B	51/00	J
B23C	*5/16*	*(2006.01)*	B23C	5/16	
C23C	*16/40*	*(2006.01)*	C23C	16/40	

請求項の数　6　（全38頁）

(21)出願番号　特願2024-520699(P2024-520699)
(86)(22)出願日　令和6年1月23日(2024.1.23)
(86)国際出願番号　PCT/JP2024/001831
審査請求日　令和7年1月28日(2025.1.28)
早期審査対象出願

(73)特許権者　000002130
住友電気工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号
(74)代理人　110001195
弁理士法人深見特許事務所
(72)発明者　原田 晴子
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内
(72)発明者　小林 史佳
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内
(72)発明者　パサート アノンサック
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内

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、第１層を含み、

前記第１層は、α－Al_2O_3からなり、

前記第１層の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下であり、

前記基材と前記被膜との界面の法線に沿った断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面と、前記第１層の前記基材側の界面と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、前記第１粒界のうち、前記第１粒界と前記仮想線Ｌ１とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、

前記基材と前記被膜との前記界面の前記法線に沿った前記断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面から前記基材側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、前記第３粒界のうち、前記第３粒界と前記仮想線Ｌ２とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、前記割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす、切削工具。

０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

【請求項２】

前記数Ｎ３と、前記第３粒界のうち、前記第３粒界と前記仮想線Ｌ２とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が４５°以下の粒界である第５粒界の数Ｎ５とは、下記式２の関係を満たす、請求項１に記載の切削工具。

（Ｎ５／Ｎ３）＞０．９６　式２

【請求項３】

前記第１層の厚みは、８μｍ未満であり、

前記第１層の表面、または、前記第１層の前記被膜の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０３μｍ以上０．２μｍ以下である、請求項１または請求項２に記載の切削工具。

【請求項４】

前記第１層の厚みは、８μｍ以上であり、

前記第１層の表面、または、前記第１層の前記被膜の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０５μｍ以上０．２μｍ以下である、請求項１または請求項２に記載の切削工具。

【請求項５】

前記第１層の圧縮残留応力の絶対値は、１．５ＧＰａ以上４．０ＧＰａ以下である、請求項１または請求項２に記載の切削工具。

【請求項６】

前記第１層の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）は、４．５超である、請求項１または請求項２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】

従来から、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、第１層を含み、該第１層は、α－Al_2O_3からなる、切削工具が、切削加工に用いられている（特許文献１、非特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】国際公開第２０１５／１１４０４９号

【非特許文献】

【０００４】

【文献】Ｓ．Ｒｕｐｐｉ　ｅｔ　ａｌ．，“Ｉｎｆｌｕｅｎｃｅ　ｏｆ　Ｐｒｏｃｅｓｓ　Ｃｏｎｄｉｔｉｏｎｓ　ｏｎ　ｔｈｅ　Ｇｒｏｗｔｈ　ａｎｄ　Ｔｅｘｔｕｒｅ　ｏｆ　ＣＶＤ　Ａｌｐｈａ－Ａｌｕｍｉｎａ”　Ｃｏａｔｉｎｇｓ　２０２０，１０，１５８

【発明の概要】

【０００５】

本開示の切削工具は、

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、第１層を含み、

該第１層は、α－Al_2O_3からなり、

該第１層の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下であり、

該基材と該被膜との界面の法線に沿った断面において、該第１層の表面または該第１層の該被膜の表面側の界面と、該第１層の該基材側の界面と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、該第１粒界のうち、該第１粒界と該仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、

該基材と該被膜との該界面の該法線に沿った該断面において、該第１層の表面または該第１層の該被膜の表面側の界面から該基材側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、該第３粒界のうち、該第３粒界と該仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、該割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす。

０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

【図面の簡単な説明】

【０００６】

【図１】図１は、本開示の切削工具の一態様を例示する模式断面図である。

【図２】図２は、本開示の切削工具の製造に用いられるＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）装置の一例の模式的な断面図である。

【図３】図３は、図１および図５の領域ＩＩＩにおける拡大図である。

【図４】図４は、図１および図５の領域ＩＶにおける拡大図である。

【図５】図５は、本開示の切削工具の他の一態様を例示する模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【０００７】

［本開示が解決しようとする課題］

近年、工具寿命の向上への要求が益々高まっている。工具寿命の向上に重要な要素として、「耐チッピング性」が挙げられる。被膜の「耐チッピング性」は、被膜の表面に対しブラスト処理を実行することにより向上することができる。しかしながら、優れた「耐チッピング性」を付与する目的で、ブラスト処理を実行した際に、被膜の剥離が生じる場合がある関係で、被膜に対し優れた「耐チッピング性」を付与することが困難な場合があった。また、優れた「耐チッピング性」を付与する目的で、高い圧力でブラスト処理を実行すると、α－Al_2O_3層を含む被膜において、該α－Al_2O_3層の該被膜の表面側の結晶のエッジ部に破壊が生じ易い場合がある関係で、高い圧力でブラスト処理を実行することが困難となり、被膜に対し優れた「耐チッピング性」を付与することが困難な場合があった。被膜に対し優れた「耐チッピング性」を付与することにより、切削工具に対し優れた工具寿命を付与することが求められている。

【０００８】

そこで、本開示は、優れた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。

【０００９】

［本開示の効果］

本開示によれば、優れた工具寿命を有する切削工具を提供することが可能である。

【００１０】

［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、第１層を含み、

前記第１層は、α－Al_2O_3からなり、

前記第１層の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下であり、

前記基材と前記被膜との界面の法線に沿った断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面と、前記第１層の前記基材側の界面と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、前記第１粒界のうち、前記第１粒界と前記仮想線Ｌ１とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、

前記基材と前記被膜との前記界面の前記法線に沿った前記断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面から前記基材側への距離が０．５μｍで

ある仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、前記第３粒界のうち、前記第３粒界と前記仮想線Ｌ２とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、前記割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす。

０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

【００１１】

本開示によれば、優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１２】

（２）上記（１）において、前記数Ｎ３と、前記第３粒界のうち、前記第３粒界と前記仮想線Ｌ２とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が４５°以下の粒界である第５粒界の数Ｎ５とは、下記式２の関係を満たしてもよい。

（Ｎ５／Ｎ３）＞０．９６　式２

これによって、より優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１３】

（３）上記（１）または（２）において、前記第１層の厚みは、８μｍ未満であり、

前記第１層の表面、または、前記第１層の前記被膜の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０３μｍ以上０．２μｍ以下であってもよい。これによって、より優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１４】

（４）上記（１）または（２）において、前記第１層の厚みは、８μｍ以上であり、

前記第１層の表面、または、前記第１層の前記被膜の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０５μｍ以上０．２μｍ以下であってもよい。これによって、より優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１５】

（５）上記（１）から（４）のいずれかにおいて、前記第１層の圧縮残留応力の絶対値は、１．５ＧＰａ以上４．０ＧＰａ以下であってもよい。これによって、より優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１６】

（６）上記（１）から（５）のいずれかにおいて、前記第１層の配向性指数ＴＣ（００１２）は、４．５超であってもよい。これによって、より優れた工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

【００１７】

［本開示の実施形態の詳細］

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。

【００１８】

本開示において「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。

【００１９】

本開示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。

【００２０】

［実施形態１：切削工具］

本開示の一実施形態に係る切削工具について、図１、図３～図５を用いて説明する。図１は、本開示の切削工具の一態様を例示する模式断面図である。図３は、図１および図５の領域ＩＩＩにおける拡大図である。図４は、図１および図５の領域ＩＶにおける拡大図

である。図５は、本開示の切削工具の他の一態様を例示する模式断面図である。
本開示の一実施形態（以下、「本実施形態」とも記す。）は、
基材１と、該基材１上に配置された被膜２と、を備える切削工具１０であって、
該被膜２は、第１層３を含み、
該第１層３は、α－Al_2O_3からなり、
該第１層３の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下であり、
該基材１と該被膜２との界面の法線に沿った断面において、該第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面と、該第１層３の該基材１側の界面Ｉ１と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、該第１粒界のうち、該第１粒界と該仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、
該基材１と該被膜２との該界面の該法線に沿った該断面において、該第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面から該基材１側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、該第３粒界のうち、該第３粒界と該仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、該割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす。
０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

【００２１】
本開示によれば、優れた工具寿命を有する切削工具１０を提供することができる。その理由は、以下の通りと推察される。

【００２２】
（ａ）本実施形態の切削工具１０において、基材１と被膜２との界面の法線に沿った断面において、第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面と、該第１層３の該基材１側の界面Ｉ１と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、該第１粒界のうち、該第１粒界と該仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上である。これによって、第１層３において、同じ向きに結晶が並んでいることにより、ブラスト処理を均一に付与できる。その結果、切削工具１０の耐チッピング性を向上することができる。

【００２３】
（ｂ）本実施形態の切削工具１０において、基材１と被膜２との界面の法線に沿った断面において、第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面から該基材１側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、該第３粒界のうち、該第３粒界と該仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす。
０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１
これによって、ブラスト処理を実行する際に、第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の被膜２の表面側の界面の結晶のエッジ部の破壊が抑制され易くなる為、高い圧力でブラスト処理を実行することが可能である関係で、切削工具１０に優れた耐チッピング性を付与することができる。

【００２４】
以上により、本開示によれば、優れた工具寿命を有する切削工具１０を提供することができる。

【００２５】
≪切削工具≫
図１、図５に示されるように、本開示の一実施の形態に係る切削工具１０は、基材１と、該基材１上に配置された被膜２と、を備える。被膜２は、基材１の全面を被覆すること

が好ましいが、該基材１の一部が該被膜２で被覆されていなかったり、該被膜２の構成が部分的に異なっていたとしても本実施形態の範囲を逸脱するものではない。基材１の一部が被膜２で被覆されていない場合においては、該被膜２は、該基材１の少なくとも切削に関与する部分の表面を覆う様に配置されていることが好ましい。本明細書において、基材１の切削に関与する部分とは、該基材１の大きさや形状にもよるが、該基材１において、その刃先稜線と、該刃先稜線から該基材１側へ、該刃先稜線の接線の垂線に沿う距離が、例えば、５ｍｍ、３ｍｍ、２ｍｍ、１ｍｍ、０．５ｍｍのいずれかである仮想の面と、に囲まれる領域を意味する。

【００２６】

本実施形態の切削工具１０は、ドリル、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、タップ等の切削工具１０として好適に使用することができる。

【００２７】

≪基材≫

基材１としては、この種の基材１として従来公知のものであればいずれのものも使用することができる。例えば、超硬合金（ＷＣ基超硬合金、ＷＣおよびＣｏを含む超硬合金、更にＴｉ、Ｔａ、Ｎｂ等の炭窒化物を添加した超硬合金など）、サーメット（ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＴｉＣＮ等を主成分とするもの）、高速度鋼、セラミックス（炭化チタン、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウム等）、立方晶型窒化硼素焼結体、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。

【００２８】

これらの各種基材１の中でも、特にＷＣ基超硬合金、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１は、特に高温における硬度と強度とのバランスに優れるため、切削工具１０の基材１として用いた場合に、該切削工具１０の長寿命化に寄与することができる。

【００２９】

≪被膜≫

被膜２は、第１層３を含む。被膜２は、該第１層３のみからなっていてもよく、本開示の効果を損なわない範囲で、該被膜２は、該第１層３以外の層（後述する「他の層」）を含んでもよい。被膜２の厚みは、７μｍ以上２５μｍ以下であってもよく、１０μｍ以上１５μｍ以下であってもよい。被膜２の厚みが７μｍ未満であると、被膜２の厚みが薄すぎることに起因して、切削工具１０の寿命が短くなり易い傾向がある。一方、被膜２の厚みが２５μｍ超であると、切削初期において被膜２のチッピングが生じ易くなり、切削工具１０の寿命が短くなり易い傾向がある。

【００３０】

被膜２の厚みは、被膜２の表面の法線方向に沿った、該被膜２の断面を、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）を用いて観察することにより測定することができる。具体的には、断面サンプルの観察倍率を５，０００～１０，０００倍とし、観察面積を１００～５００μｍ^{2}として、任意の１視野において任意の３箇所の厚み幅を測定し、その平均値を「厚み」とする。後述の各層の厚みについても、特に記載のない限り同様である。

【００３１】

≪第１層≫

＜第１層の組成＞

第１層３は、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$からなる。「α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$からなる」とは、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$のみからなってもよく、本開示の効果を損なわない範囲で、α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$に加えて、不可避不純物を含むことができることを意味する。該不可避不純物としては、例えば、塩素原子（Ｃｌ）、硫黄原子（Ｓ）等が挙げられる。第１層３における不可避不純物の合計の含有率は、例えば、０質量％以上０．１０質量％以下であってもよく、０．０１質量％以上０．０５質量％以下であってもよい。

【００３２】
第１層３がα－Al_2O_3からなることは、Ｘ線回折法（ＸＲＤ）およびエネルギー分散型Ｘ線分析（ＥＤＸ）により特定される。第１層３における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。なお、同一の切削工具１０で測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。
【００３３】
＜第１層の厚み＞
第１層３の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下である。第１層３の厚みは、３μｍ以上１４μｍ以下であってもよく、４μｍ以上１３μｍ以下であってもよく、５μｍ以上１２μｍ以下であってもよい。
【００３４】
＜面粗さＲａ＞
第１層３の厚みは、８μｍ未満であり、該第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０３μｍ以上０．２μｍ以下であってもよい。これによって、ブラスト処理により、切削工具１０に対し均一に圧縮残留応力を付与し易くなる関係で、より優れた耐チッピング性を付与することができる為、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。第１層３の厚みが８μｍ未満である場合において、該面粗さＲａは、０．０３μｍ以上０．１５μｍ以下であってもよく、０．０３μｍ以上０．１μｍ以下であってもよい。
【００３５】
第１層３の厚みは、８μｍ以上であり、該第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａは、０．０５μｍ以上０．２μｍ以下であってもよい。これによって、ブラスト処理により、切削工具１０に対し均一に圧縮残留応力を付与し易くなる関係で、より優れた耐チッピング性を付与することができる為、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。第１層３の厚みが８μｍ以上である場合において、該面粗さＲａは、０．０５μｍ以上０．１８μｍ以下であってもよく、０．０６μｍ以上０．１５μｍ以下であってもよい。
【００３６】
面粗さＲａは、基材１と被膜２との界面の法線方向に沿った刃先Ｒにおける断面において、ＪＩＳＢ０６０１：２００１に準拠して測定される。より具体的には、先ず、基材１と被膜２との界面の法線方向に沿った刃先Ｒにおける断面において、ＳＥＭを用いて１０００倍の倍率で撮像することにより、第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面が含まれる画像を得る。次に、該画像において、１００００倍の倍率で、１０μｍ×１０μｍの矩形の任意の１つの観察視野を特定する。該観察視野において、「第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面」が、何れかの１組の向かい合う２辺を通るものとする。次に、該観察視野に対し、画像解析ソフトウェア（ＩｍａｇｅＪ、ｖｅｒｓｉｏｎ　１．５１ｊ８：ｈｔｔｐｓ：／／ｉｍａｇｅｊ．ｎｉｈ．ｇｏｖ／ｉｊ／）を用いて界面の輪郭情報を抽出することにより、該観察視野における「第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面」の「算術平均粗さ」を特定する。次に、上記画像において、他の任意の４つの観察視野に対し、「第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面」の「算術平均粗さ」を特定する。次に、計５つの観察視野における「第１層３の表面Ｓ１、または、該第１層３の被膜２の表面側の界面に位置する面」の「算術平均粗さ」の平均値を算出することにより、上記面粗さＲａを特定する。なお、同一の第１層３に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。
【００３７】
＜割合Ｎ２／Ｎ１＞
基材１と被膜２との界面の法線に沿った断面において、第１層３の表面Ｓ１または該第

１層３の該被膜２の表面側の界面と、該第１層３の該基材１側の界面Ｉ１と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、該第１粒界のうち、該第１粒界と該仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上である。これによって、切削工具１０に優れた耐チッピング性を付与することができる。該割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上１．０以下であってもよく、０．７以上１．０以下であってもよく、０．８以上１．０以下であってもよい。なお、図１、図５において、「第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面と、仮想線Ｌ１との距離」をＤ１と記す。また、図１、図５において、「仮想線Ｌ１と、第１層３の該基材１側の界面Ｉ１との距離」をＤ２と記す。「第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面と、該第１層３の該基材１側の界面Ｉ１と、からの距離が等しい」とは、Ｄ１とＤ２とが等しいと言い換えることができる。

【００３８】

また、「第１粒界と・・・仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界」とは、該「交差する位置」において、該直線を基準にして右下がりの粒界ＧＢ（図３）と、該直線を基準にして右上がりの粒界ＧＢ（図４）と、を包含する概念である。「第１粒界と・・・仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界」とは、図３の角度αが１５°以下である粒界および図４の角度αが１５°以下である粒界を意味する。後述する「第３粒界と・・・仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界」についても、「第１粒界」が「第３粒界」に読み替えられ、「仮想線Ｌ１」が「仮想線Ｌ２」に読み替えられる点を除いては、同様である。

【００３９】

＜割合Ｎ４／Ｎ３＞

基材１と被膜２との界面の法線に沿った断面において、第１層３の表面Ｓ１または該第１層３の該被膜２の表面側の界面から該基材１側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、該第３粒界のうち、該第３粒界と該仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３は、０．４以上０．９以下であってもよい。これによって、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。該割合Ｎ４／Ｎ３は、０．４５以上０．８０以下であってもよく、０．５０以上０．７５以下であってもよく、０．５５以上０．７０以下であってもよい。なお、「第３粒界と・・・仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界」とは、該「交差する位置」において、該直線を基準にして右下がりの粒界と、該直線を基準にして右上がりの粒界と、を包含する概念である。

【００４０】

割合Ｎ２／Ｎ１および割合Ｎ４／Ｎ３は、以下の方法により特定することができる。

（Ａ１）被膜２と基材１との界面の法線方向に沿った第１層３の断面に対し、電界放射型走査顕微鏡を用いて電子後方散乱回折像解析を実行することによって、結晶粒のそれぞれの結晶方位に基づいて、カラーマップを作成する。

（Ｂ１）（Ａ１）で作成したカラーマップに基づいて、α-Al_2O_3が存在する箇所を白色とし、且つ、それ以外の箇所を黒色として画像出力することによって、第１画像を得る。次に、ノイズを除去する観点で、該第１画像において、第１層３の基材１側の界面Ｉ１と、第１層３の表面Ｓ１または第１層３の被膜２の表面側の界面と、のそれぞれに対し、１５×１５ピクセル（すなわち、０．３μｍ×０．３μｍ）のサイズの移動平均フィルタを施すことにより、平滑化を行った後に大津の二値化を行う。次に、大津の二値化を行った第１画像中のピクセルの各列を基材１側から順に観察し、黒色から白色に変わる箇所を第１層３の基材１側の界面Ｉ１として特定する。次に、該界面を一次式でフィッティングすることにより、直線Ｌ３を得る。次に、大津の二値化を行った第１画像中のピクセル

の各列を被膜２の表面側から順に観察し、黒色から白色に変わる箇所を、第１層３の表面Ｓ１または第１層３の被膜２の表面側の界面として特定する。次に、直線Ｌ３と平行であり、且つ、該「第１層３の表面Ｓ１または第１層３の被膜２の表面側の界面」において誤差の二乗和が最小である、直線Ｌ４を得る。次に、直線Ｌ３および直線Ｌ４からの距離が等しい直線を仮想線Ｌ１として得る。また、直線Ｌ４から基材１側への距離が０．５μｍである直線を仮想線Ｌ２として得る。

（Ｃ１）（Ａ１）で作成したカラーマップに基づいて、粒界を黒色とし、且つ、それ以外の箇所を白色として画像出力することによって、第２画像を得る。

（Ｄ１）第２画像と第１画像とを重ね合わせることによって、第２画像において、（Ｂ１）で得られた仮想線Ｌ１に相当する箇所と、（Ｂ１）で得られた仮想線Ｌ２に相当する箇所と、のそれぞれを特定する。

（Ｅ１）（Ｂ１）で得られた仮想線Ｌ１に相当する箇所と、（Ｂ１）で得られた仮想線Ｌ２に相当する箇所と、のそれぞれを特定した第２画像において、任意の１つの矩形の視野（視野の大きさ：４０μｍ×２５μｍ）に関し、第１層３の基材１側の界面Ｉ１に平行な直線を基準として、粒界の座標を画像処理によって算出する。該座標に基づいて、粒界の傾き（言い換えれば、粒界の角度）を求める。

（Ｆ１）（Ｅ１）の矩形の視野において、仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１と、第１粒界のうち、第１粒界と仮想線Ｌ１とが交差する位置における、仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２と、を特定する。次に、Ｎ２をＮ１で除することにより、割合Ｎ２／Ｎ１を求める。また、（Ｅ１）の矩形の視野において、仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３と、第３粒界のうち、第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４と、を特定する。次に、Ｎ４をＮ３で除することにより、割合Ｎ４／Ｎ３を求める。

【００４１】

なお、同一の第１層３に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。

【００４２】

＜割合Ｎ２／Ｎ１および割合Ｎ４／Ｎ３の関係＞

割合Ｎ４／Ｎ３と、割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たす。

０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

これによって、切削工具１０に優れた耐チッピング性を付与することができる。「（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）」は、０．１以上０．３５以下であってもよく、０．１以上０．３０以下であってもよく、０．１以上０．２０以下であってもよい。

【００４３】

＜割合Ｎ５／Ｎ３＞

数Ｎ３と、第３粒界のうち、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が４５°以下の粒界である第５粒界の数Ｎ５とは、下記式２の関係を満たしてもよい。

（Ｎ５／Ｎ３）＞０．９６　式２

これによって、第１層の被膜の表面側の領域で、第３粒界のうち、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が４５°超の粒界（すなわち、該角度の絶対値が大きい粒界）を少なく抑えることができる関係で、強いブラスト処理を施した際の被膜の破壊の発生および被膜の剥離の発生を抑制できる為、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。「Ｎ５／Ｎ３」は、０．９６超１．００以下であってもよく、０．９７以上１．００以下であってもよく、０．９８以上１．００以下であってもよい。

【００４４】

「Ｎ５／Ｎ３」は、以下の方法により特定することができる。仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が４５°以下の粒界である第５粒界の数Ｎ５を特定する点と、Ｎ５

をＮ３で除することにより、割合Ｎ５／Ｎ３を求める点とを除いては、Ｎ４／Ｎ３と同様の方法で特定することができる。なお、同一の第１層３に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。

【００４５】

第３粒界の全ては、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度が４５°未満であってもよい。これによって、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。第３粒界は、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度が４５°以上である粒界を含まなくてもよい。これによって、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。

【００４６】

＜第１層の圧縮残留応力＞

第１層３の圧縮残留応力の絶対値は、１．５ＧＰａ以上４．０ＧＰａ以下であってもよい。これによって、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。第１層３の圧縮残留応力とは、第１層３全体に存する内部応力（固有ひずみ）の一種であって、「－」（マイナス）の数値（単位：本実施形態では「ＧＰａ」を使う）で表される応力をいう。このため、圧縮残留応力が大きいという概念は、数値の絶対値が大きくなることを示し、また、圧縮残留応力が小さいという概念は、数値の絶対値が小さくなることを示す。すなわち、圧縮残留応力の絶対値が１．５ＧＰａ以上４．０ＧＰａ以下であるとは、第１層３に関する圧縮残留応力が－４．０ＧＰａ以上－１．５ＧＰａ以下であることを意味する。第１層３の圧縮残留応力の絶対値は、１．８ＧＰａ以上３．５ＧＰａ以下であってもよく、２．０ＧＰａ以上３．０ＧＰａ以下であってもよい。

【００４７】

第１層３の圧縮残留応力は、Ｘ線残留応力装置を用いてｓｉｎ２ψ法（「Ｘ線応力測定法」（日本材料学会、１９８１年株式会社養賢堂発行）の５４～６６頁参照）によって測定することができる。

【００４８】

＜第１層の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）＞

第１層３の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）は、４．５超であってもよい。これによって、α－Al_2O_3の結晶粒の強度がより向上することにより、耐摩耗性をより向上することができる為、切削工具１０に対し、より優れた工具寿命を付与することができる。第１層３の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）は、４．５超８．０以下であってもよく、５．０以上７．９以下であってもよく、６．０以上７．９以下であってもよい。

【００４９】

なお、本明細書において「第１層３の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）」は、以下の式３で定義される配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）のうち、第１層３における（０　０　１２）面の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）を意味する。

【００５０】

【数１】

$$TC(hkl)=\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\left\{\frac{1}{n}\sum_1^n\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right\}^{-1}$$ 式３

【００５１】

式３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３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）、（２１４）、（１１６）および（３００）である。

【００５２】

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。

【００５３】

なお、本実施形態の第１層３の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）は、下記式４で示すことができる。

【００５４】

【数２】

$$TC(0\ 0\ 12)=\frac{I(0\ 0\ 12)}{I_0(0\ 0\ 12)}\left\{\frac{1}{8}\sum_1^8\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}\right\}^{-1} \qquad \text{式４}$$

【００５５】

したがって、「第１層３の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）は、４．５超である」とは、上記式３にＴＣ（０　０　１２）を代入してなる上記式４により求まる数値が４．５超であることを意味する。

【００５６】

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（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。

（条件）

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、切削工具のすくい面に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、基材の逃げ面上の第１層３の配向性指数ＴＣ（ｈｋｌ）の値は、基材のすくい面上の第１層３のＴＣ（ｈｋｌ）の値と同一である。

【００５７】

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。

【００５８】

≪他の層≫

他の層としては、例えば、下地層（図５）、中間層（図示なし）、および表面層（図示なし）等を挙げることができる。下地層は、基材１に接している層である。表面層は、被膜２の表面に位置する層である。中間層は、下地層と第１層３との間に配置される層または第１層３と表面層との間に配置される層である。

【００５９】

＜下地層＞

下地層は、ＴｉＮまたはＴｉＣＮからなってもよい。「ＴｉＮまたはＴｉＣＮからなる」とは、ＴｉＮまたはＴｉＣＮのみからなってもよく、ＴｉＮまたはＴｉＣＮに加えて、不可避不純物などを含んでもよいことを意味する。ここで、不可避不純物としては、塩素原子（Ｃｌ）、酸素原子（Ｏ）、コバルト原子（Ｃｏ）、タングステン原子（Ｗ）、ニッ

ケル原子（Ｎｉ）、硼素原子（Ｂ）が挙げられる。下地層における不可避不純物の合計の含有率は、例えば、０質量％以上１．０質量％以下であってもよく、０．３質量％以上０．６質量％以下であってもよい。

【００６０】

下地層がＴｉＮまたはＴｉＣＮからなることは、Ｘ線回折法（ＸＲＤ）およびエネルギー分散型Ｘ線分析（ＥＤＸ）により測定される。下地層における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。なお、同一の下地層に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。

【００６１】

下地層の厚みは、０．１μｍ以上２．０μｍ以下であってもよく、０．５μｍ以上１．５μｍ以下であってもよく、０．８μｍ以上１．３μｍ以下であってもよい。

【００６２】

＜中間層＞

中間層は、ＴｉＣＮからなってもよい。「ＴｉＣＮからなる」とは、ＴｉＣＮのみからなってもよく、ＴｉＣＮに加えて、不可避不純物などを含んでもよいことを意味する。ここで、不可避不純物としては、塩素原子（Ｃｌ）、酸素原子（Ｏ）、コバルト原子（Ｃｏ）、タングステン原子（Ｗ）、ニッケル原子（Ｎｉ）、硼素原子（Ｂ）が挙げられる。中間層における不可避不純物の合計の含有率は、例えば、０質量％以上１．０質量％以下であってもよく、０．３質量％以上０．６質量％以下であってもよい。

【００６３】

中間層がＴｉＣＮからなることは、Ｘ線回折法（ＸＲＤ）およびエネルギー分散型Ｘ線分析（ＥＤＸ）により測定される。中間層における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。なお、同一の中間層に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。

【００６４】

中間層の厚みは、２．０μｍ以上１０μｍ以下であってもよく、４．０μｍ以上８．０μｍ以下であってもよい。

【００６５】

＜表面層＞

表面層は、ＴｉＮからなってもよい。「ＴｉＮからなる」とは、ＴｉＮのみからなってもよく、ＴｉＮに加えて、不可避不純物などを含んでもよいことを意味する。ここで、不可避不純物としては、塩素原子（Ｃｌ）、酸素原子（Ｏ）、コバルト原子（Ｃｏ）、タングステン原子（Ｗ）、ニッケル原子（Ｎｉ）、硼素原子（Ｂ）が挙げられる。表面層における不可避不純物の合計の含有率は、例えば、０質量％以上１．０質量％以下であってもよく、０．１質量％以上０．４質量％以下であってもよい。

【００６６】

表面層がＴｉＮからなることは、Ｘ線回折法（ＸＲＤ）およびエネルギー分散型Ｘ線分析（ＥＤＸ）により測定される。表面層における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。なお、同一の表面層に対し測定する限り、測定箇所を任意に選択しても、測定結果にばらつきがないことが確認されている。

【００６７】

表面層の厚みは、０．５μｍ以上３．０μｍ以下であってもよく、１．０μｍ以上２．５μｍ以下であってもよい。

【００６８】

［実施形態２：切削工具の製造方法］

本実施形態の切削工具の製造方法について図２を用いて説明する。図２は、本開示の切削工具の製造に用いられるＣＶＤ装置の一例の模式的な断面図である。

【００６９】

本実施形態の切削工具の製造方法は、実施形態１に記載の切削工具の製造方法であって

、基材１を準備する第１工程と、該基材１上に被膜を形成する第２工程と、を備え、該第２工程は、ＣＶＤ法により第１層を形成する第２ａ工程を含む。各工程の詳細について、以下に説明する。

【００７０】

≪第１工程≫

第１工程では、基材１を準備する。基材１は、実施形態１に記載の基材１を用いることができる。

【００７１】

例えば、基材１として超硬合金を用いる場合は、市販の基材１を用いてもよく、一般的な粉末冶金法で製造してもよい。一般的な粉末冶金法で製造する場合、例えば、ボールミル等によってＷＣ粉末とＣｏ粉末等とを混合して混合粉末を得る。該混合粉末を乾燥した後、所定の形状に成形して成形体を得る。さらに該成形体を焼結することにより、ＷＣ－Ｃｏ系超硬合金（焼結体）を得る。次に、該焼結体に対して、ホーニングに処理等の所定の刃先加工を施すことにより、ＷＣ－Ｃｏ系超硬合金からなる基材１を製造することができる。上記以外の基材１であっても、この種の基材１として従来公知のものであればいずれも準備可能である。

【００７２】

≪第２工程≫

第２工程では、上記基材１上に被膜を形成して切削工具を得る。被膜の形成は、例えば図２に示されるＣＶＤ装置５０を用いて行う。ＣＶＤ装置５０は、基材１を保持するための基材セット治具５２の複数と、基材セット治具５２を覆う耐熱合金鋼製の反応容器５３とを備えている。また、反応容器５３の周囲には、反応容器５３内の温度を制御するための調温装置５４が設けられている。反応容器５３にはガス導入口を有するガス導入管が設けられている。ガス導入管は、基材セット治具５２が配置される反応容器５３の内部空間において、鉛直方向に延在し該鉛直方向を軸に回転可能に配置されており、またガスを反応容器５３内に噴出するための複数の噴出孔（貫通孔）が設けられている。このＣＶＤ装置５０を用いて、次のようにして上記被膜を構成する、第１層を形成することができる。

【００７３】

第２工程は、ＣＶＤ法により第１層を形成する第２ａ工程を含む。被膜が、実施形態１に記載の「他の層」を含む場合は、該第２工程は、該「他の層」を形成する工程を更に含むことができる。該「他の層」は従来公知の方法で形成することができる。

【００７４】

＜第２ａ工程：ＣＶＤ法により第１層を形成する工程＞

第２ａ工程では、ＣＶＤ法により第１層を形成する。より具体的には、まず、基材１を基材セット治具５２に配置し、反応容器５３内の温度および圧力を所定の範囲に制御しながら、第１層用の原料ガスをガス導入管から反応容器５３内に導入させる。これにより、基材１上に第１層が形成される。

【００７５】

ＣＶＤ装置５０には、２つの導入口５５，５７を有するノズル５６が配置されている。ノズル５６は、基材セット治具５２が配置される領域を貫通するように配置されている。ノズル５６の基材セット治具５２近傍の部分には複数の噴射孔（第１噴射孔６１、第２噴射孔６２、第３噴射孔（図示せず）、および第４噴射孔（図示せず））が形成されている。

【００７６】

導入口５５，５７からノズル５６内に導入された各ガスは、ノズル５６内においても混合されることなく、それぞれ異なる噴射孔を経て、反応容器５３内に導入される。このノズル５６は、その軸を中心軸として回転することができる。また、ＣＶＤ装置５０には排気管５９が配置されており、排気ガスは排気管５９の排気口６０から外部へ排出することができる。なお、反応容器５３内の治具類等は、通常黒鉛により構成される。

【００７７】

原料ガスとして、$AlCl_3$、ＨＣｌ、CO_2、H_2S、およびH_2の混合ガスを用いる

。先ず、第１噴射孔６１および第２噴射孔６２において、混合ガスの組成、混合ガスの流量（すなわち、全ガス流量）、混合ガスの温度、および混合ガスの圧力の条件（条件１）を以下の通りとして、成膜を実行する。
（条件１）
$AlCl_3$：２．０体積％以上４．０体積％以下
ＨＣｌ：２．０体積％以上４．０体積％以下
CO_2：３．０体積％以上５．０体積％以下
H_2S：０．２０体積％以上０．６０体積％以下
H_2：残り
温度：９５０℃以上１０２０℃以下
圧力：５ｋＰａ以上１００ｋＰａ以下
【００７８】
次に、第１噴射孔６１および第２噴射孔６２において、混合ガスの組成、混合ガスの温度、および混合ガスの圧力の条件を以下の「条件２Ａ」の通りとし、且つ、第３噴射孔および第４噴射孔において、混合ガスの組成、混合ガスの温度、および混合ガスの圧力の条件を以下の「条件２Ｂ」の通りとして成膜を実行する。
（条件２Ａ）
$AlCl_3$：１．９体積％以上４．０体積％以下
ＨＣｌ：２．０体積％以上４．０体積％以下
CO_2：４．０体積％以上６．５体積％以下
H_2S：０．０３体積％以上０．１２体積％以下
H_2：残り
温度：９５０℃以上１０２０℃以下
圧力：１０ｋＰａ以上２２０ｋＰａ以下
（条件２Ｂ）
$AlCl_3$：１．５体積％以上４．０体積％以下
ＨＣｌ：２．０体積％以上５．０体積％以下
CO_2：３．０体積％以上５．０体積％以下
H_2S：０．０１体積％以上０．５０体積％以下
H_2：残り
温度：９５０℃以上１０２０℃以下
圧力：１０ｋＰａ以上２２０ｋＰａ以下
【００７９】
噴射孔の孔径Φは、例えば１．５ｍｍ／２．５ｍｍとすることができる。なお、ここで、「噴射孔の孔径Φが１．５ｍｍ／２．５ｍｍである」とは、ノズル５６の長手方向に垂直な断面に位置する噴射孔に関し、該噴射孔の短径が１．５ｍｍであり、且つ、該噴射孔の長径が２．５ｍｍであると言い換えることができる。
【００８０】
ノズル５６の回転速度は、１．０ｒｐｍ以上８．０ｒｐｍ以下とすることができる。第１層の成膜時間は、適宜調整することができる。第１層の成膜時間を適宜調整することによって、第１層の厚みを制御することができる。
【００８１】
＜その他の工程＞
第２工程は、上記の工程に加えて、表面研削、ブラスト処理などの表面処理工程を含むことができる。
【００８２】
≪本実施形態の切削工具の製造方法の特徴≫
本実施形態の切削工具の製造方法では、第２ａ工程において、上記「条件１」の条件で成膜を実行した後、上記「条件２Ａ」および「条件２Ｂ」の条件の組合せで成膜を実行する。これによって、異なる結晶の成長方向の条件を組み合わせることで、結晶の成長する

向きを自在に制御することができる為、基材１と被膜との界面の法線に沿った断面において、第１層の表面または該第１層の該被膜の表面側の界面と、該第１層の該基材１側の界面と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、該第１粒界のうち、該第１粒界と該仮想線Ｌ１とが交差する位置における、該仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、該基材１と該被膜との該界面の該法線に沿った該断面において、該第１層の表面または該第１層の該被膜の表面側の界面から該基材１側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、該第３粒界のうち、該第３粒界と該仮想線Ｌ２とが交差する位置における、該仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、該割合Ｎ２／Ｎ１とは、下記式１の関係を満たすことができる。

０．１≦（Ｎ２／Ｎ１）－（Ｎ４／Ｎ３）≦０．４０　式１

このような製造方法を採用することによって、本開示の切削工具を実現できることは、本発明者らが鋭意検討の結果、見いだしたものである。

【００８３】

［付記１］

本開示の切削工具において、第３粒界の全ては、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度が４５°未満であってもよい。

【００８４】

［付記２］

本開示の切削工具において、第３粒界は、該第３粒界と仮想線Ｌ２とが交差する位置における、仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度が４５°以上である粒界を含まなくてもよい。

【実施例】

【００８５】

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。

【００８６】

≪切削工具の作製≫

以下の様にして、試料１～２０、１０１～１１２に係る切削工具を作製した。

【００８７】

＜第１工程＞

基材として、表１１および表１２に記載の組成の旋削チップ（形状：住友電工ハードメタル株式会社製、ＣＮＭＧ１２０４０８Ｎ－ＧＺ）を準備した。

【００８８】

＜第２工程＞

基材の表面に、表１および表２に記載の条件でＣＶＤ法を実行することにより下地層を形成した。成膜時間は、下地層の厚みが表１１および表１２に記載の通りとなる様に調整した。次に、下地層の表面に、表１および表２に記載の条件でＣＶＤ法を実行することにより中間層を形成した。成膜時間は、中間層の厚みが表１１および表１２に記載の通りとなる様に調整した。

【００８９】

ＣＶＤ法を実行することにより、中間層の表面に対し第１層を形成した（第２ａ工程）。第１層の形成において、先ず、表３および表４に記載の条件でＣＶＤ法を実行した（ステップＩ）。次に、第１噴射孔および第２噴射孔において、表５および表６に記載の条件でＣＶＤ法を実行し、且つ、第３噴射孔および第４噴射孔において、表７および表８に記載の条件でＣＶＤ法を実行することにより、第１層を形成した（ステップＩＩ）。表５～表８の全ての欄に「－」と記載されている場合は、第１層がステップＩのみを実行することにより形成されたことを意味する。表５および表６の全ての欄に「－」と記載されておらず、表７および表８の全ての欄に「－」と記載されている場合は、ステップＩＩにおい

て、第１噴射孔および第２噴射孔を用いる一方で、第３噴射孔および第４噴射孔が用いられなかったことを意味する。なお、ステップＩおよびステップＩＩの合計の時間は、第１層の厚みが表１３および表１４に記載の通りとなる様に調整した。また、ステップＩとステップＩＩとの両方が実行された場合においては、ステップＩの時間と、ステップＩＩの時間との比を、１０：１とした。

【００９０】

次に、第１層の表面に、表９および表１０に記載の条件でＣＶＤ法を実行することにより表面層を形成した。成膜時間は、表面層の厚みが表１５および表１６に記載の通りとなる様に調整した。表９および表１０の「表面層の成膜条件」欄の全ての欄に「－」と記載されている場合は、表面層が形成されなかったことを意味する。

【００９１】

次に、第１層の表面に表面層が形成された場合においては、表面層の表面に対し以下の条件でブラスト処理を実行した。また、第１層の表面に表面層が形成されなかった場合においては、第１層の表面に対し以下の条件でブラスト処理を実行した。

（条件）

メディアの種類：セラミックス

メディアの平均粒径：１５０μｍ

メディアの濃度：３００ｇ／分

投射角度：７５°

投射距離：３５ｍｍ

投射圧：表９および表１０に記載の通り

時間：２５秒

切削工具の回転速度：６０ｒｐｍ

【００９２】

次に、ブラスト処理後の切削工具を目視で観察することにより、被膜の剥離の有無を特定した。得られた結果を、表９および表１０の「ブラスト後の剥離の有無」欄に記す。

【００９３】

以上により、試料１～２０、１０１～１１２に係る切削工具を作製した。

【００９４】

【表１】
Table 1

試料No.	下地層の成膜条件					中間層の成膜条件				
	反応ガス組成			圧力[kPa]	温度[°C]	反応ガス組成			圧力[kPa]	温度[°C]
	$TiCl_4$[体積%]	N_2[体積%]	H_2[体積%]			$TiCl_4$[体積%]	CH_3CN[体積%]	H_2[体積%]		
1	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
2	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
3	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
4	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
5	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
6	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
7	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
8	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
9	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
10	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
11	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
12	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
13	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
14	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
15	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
16	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
17	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
18	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
19	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
20	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860

【００９５】

【表２】

Table 2

試料 No.	下地層の成膜条件					中間層の成膜条件				
	反応ガス組成			圧力 [kPa]	温度 [°C]	反応ガス組成			圧力 [kPa]	温度 [°C]
	$TiCl_4$ [体積%]	N_2 [体積%]	H_2 [体積%]			$TiCl_4$ [体積%]	CH_3CN [体積%]	H_2 [体積%]		
101	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
102	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
103	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
104	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
105	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
106	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
107	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
108	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
109	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
110	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
111	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860
112	2.0	39.7	残り	6.7	915	2.0	0.7	残り	9.0	860

【００９６】

【表３】

Table 3

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件１							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[℃]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
1	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
2	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
3	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
4	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
5	1000	6.6	2.50	2.50	3.00	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
6	1000	6.6	2.50	2.50	5.00	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
7	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
8	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
9	1000	6.6	2.5	2.5	4.1	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
10	1000	6.6	2.5	2.5	4.1	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
11	1000	6.6	2.5	2.5	4.1	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
12	1000	6.6	2.5	2.5	4.1	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
13	1000	6.6	2.50	4.00	4.10	0.25	残り	2	1.5/2.5	2.0
14	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
15	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
16	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
17	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
18	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
19	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0
20	1000	6.6	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2.0

【００９７】

【表４】

Table 4

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件１							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[℃]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
101	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
102	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
103	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
104	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
105	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
106	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
107	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
108	1000	66	2.5	3.1	4.1	0.21	残り	2	1.5/2.5	2
109	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
110	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
111	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2
112	1000	66	2.50	2.50	4.10	0.33	残り	2	1.5/2.5	2

【００９８】

【表５】

Table 5

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件 2A							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[℃]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
1	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
2	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
3	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
4	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
5	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
6	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
7	1000	15	1.9	4.5	4.5	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
8	1000	15	2.5	3.6	5.4	0.06	残り	2	1.5/2.5	7.0
9	1000	15	2.5	4	4.5	0.05	残り	2	1.5/2.5	7
10	1000	15	3.2	3.6	4.5	0.05	残り	2	1.5/2.5	7
11	1000	15	2.5	4	4.5	0.05	残り	2	1.5/2.5	7
12	1000	15	3.2	3.6	4.5	0.05	残り	2	1.5/2.5	7
13	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
14	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
15	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
16	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
17	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
18	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
19	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0
20	1000	15	2.50	4.00	4.50	0.05	残り	2	1.5/2.5	7.0

【００９９】

【表６】

Table 6

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件 2A							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[℃]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
101	1000	150	1.50	4.50	6.10	0.08	残り	2	1.5/2.5	2
102	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
107	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
110	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
111	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
112	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2

【０１００】

【表７】
Table 7

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件 2B							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[°C]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
1	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
2	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
3	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
4	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
5	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
6	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
7	1000	15	1.7	2.5	3.5	0.43	残り	2	1.5/2.5	7.0
8	1000	15	1.5	5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
9	1000	15	1.7	2.5	3.5	0.45	残り	2	1.5/2.5	7
10	1000	15	1.5	3.1	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7
11	1000	15	1.7	2.5	3.5	0.45	残り	2	1.5/2.5	7
12	1000	15	1.5	3.1	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7
13	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
14	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
15	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
16	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
17	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
18	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
19	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0
20	1000	15	1.5	2.5	3.5	0.4	残り	2	1.5/2.5	7.0

【０１０１】

【表８】

Table 8

試料No.	第１層の成膜条件									
	条件 2B							噴射孔の数[個]	噴射孔の孔径Φ[mm]	回転速度[rpm]
	温度[°C]	圧力[kPa]	反応ガス組成							
			$AlCl_3$[体積%]	HCl[体積%]	CO_2[体積%]	H_2S[体積%]	H_2[体積%]			
101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
102	1000	150	1.50	7.50	5.70	0.05	残り	2	1.5/2.5	2
103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

【０１０２】

【表９】
Table 9

試料 No.	表面層の成膜条件					ブラスト条件	ブラスト後の剥離の有無
	反応ガス組成			圧力 [kPa]	温度 [°C]	投射圧 [MPa]	
	$TiCl_4$ [体積%]	N_2 [体積%]	H_2 [体積%]				
1	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
2	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
3	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
4	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
5	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
6	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
7	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
8	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
9	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
10	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
11	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
12	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
13	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
14	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
15	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
16	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
17	-	-	-	-	-	0.15	無
18	-	-	-	-	-	0.3	無
19	-	-	-	-	-	0.15	無
20	-	-	-	-	-	0.3	無

【０１０３】

【表１０】

Table 10

試料 No.	表面層の成膜条件					ブラスト条件	ブラスト後の剥離の有無
	反応ガス組成			圧力 [kPa]	温度 [°C]	投射圧 [MPa]	
	$TiCl_4$ [体積%]	N_2 [体積%]	H_2 [体積%]				
101	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	有
102	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	有
103	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
104	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
105	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	無
106	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	有
107	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.3	有
108	0.5	41.2	残り	79.8	980	0.15	無
109	-	-	-	-	-	0.15	無
110	-	-	-	-	-	0.3	無
111	-	-	-	-	-	0.15	無
112	-	-	-	-	-	0.3	無

【０１０４】

【表１１】

Table 11

試料 No.	基材					被膜			
						下地層		中間層	
	Co 含有率 [質量%]	TiCN 含有率 [質量%]	Cr_3C_2 含有率 [質量%]	TaC 含有率 [質量%]	WC 含有率 [質量%]	組成	厚み [μm]	組成	厚み [μm]
1	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5
2	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5
3	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.0
4	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.0
5	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.5
6	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.2	TiCN	4.5
7	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1	TiCN	4.7
8	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	4.8
9	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.5
10	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	4.4
11	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1	TiCN	6.1
12	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	6.3
13	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.2	TiCN	4.3
14	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	4.2
15	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.2	TiCN	4.5
16	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.3
17	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5
18	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5
19	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5
20	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.5

【０１０５】

【表１２】

Table 12

試料No.	基材					被膜			
						下地層		中間層	
	Co含有率[質量%]	TiCN含有率[質量%]	Cr_3C_2含有率[質量%]	TaC含有率[質量%]	WC含有率[質量%]	組成	厚み[μm]	組成	厚み[μm]
101	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	4.3
102	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.4
103	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.6
104	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.2
105	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.2
106	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.4
107	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	0.9	TiCN	4.1
108	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.1	TiCN	4.2
109	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.4
110	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.4
111	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.4
112	6.0	4.0	0.1	1.0	残り	TiN	1.0	TiCN	4.4

【０１０６】

【表１３】
Table 13

試料No.	被膜							
	第１層							
	組成	厚み [μm]	Ra [μm]	N2/N1	N4/N3	(N2/N1)-(N4/N3)	N5/N3	TC (0012)
1	α-Al_2O_3	6.0	0.07	0.897	0.762	0.135	1	7.6
2	α-Al_2O_3	6.0	0.08	0.897	0.762	0.135	1	7.6
3	α-Al_2O_3	3.2	0.10	0.623	0.472	0.151	1	5.0
4	α-Al_2O_3	3.2	0.10	0.623	0.472	0.151	1	5.0
5	α-Al_2O_3	6.2	0.1	0.60	0.457	0.143	0.99	7.1
6	α-Al_2O_3	6.1	0.05	1.00	0.887	0.113	1	7.8
7	α-Al_2O_3	5.8	0.06	0.898	0.798	0.10	1	7.7
8	α-Al_2O_3	6.1	0.09	0.657	0.257	0.40	0.99	6.9
9	α-Al_2O_3	6.3	0.03	0.894	0.789	0.105	1	7.7
10	α-Al_2O_3	6.4	0.2	0.897	0.796	0.101	1	7.2
11	α-Al_2O_3	8.8	0.05	0.874	0.812	0.062	1	7.6
12	α-Al_2O_3	9	0.2	0.865	0.786	0.079	1	7.3
13	α-Al_2O_3	3.1	0.1	0.728	0.55	0.178	0.99	4.6
14	α-Al_2O_3	2	0.1	0.723	0.572	0.151	0.99	5.9
15	α-Al_2O_3	15	0.07	0.873	0.763	0.11	1	7.7
16	α-Al_2O_3	6.3	0.09	0.881	0.724	0.157	0.97	7.3
17	α-Al_2O_3	6.0	0.07	0.897	0.762	0.135	1	7.6
18	α-Al_2O_3	6.0	0.08	0.897	0.762	0.135	1	7.6
19	α-Al_2O_3	3.1	0.07	0.897	0.762	0.135	1	7.6
20	α-Al_2O_3	3.1	0.08	0.897	0.762	0.135	1	7.6

【０１０７】

【表１４】

Table 14

試料No.	被膜							
	第１層							
	組成	厚み [μm]	Ra [μm]	N2/N1	N4/N3	(N2/N1)-(N4/N3)	N5/N3	TC (0012)
101	α-Al_2O_3	5.9	0.09	0.885	0.421	0.464	0.85	7.7
102	α-Al_2O_3	6.1	0.09	0.854	0.432	0.422	0.85	7.6
103	α-Al_2O_3	6.0	0.12	0.842	0.864	-0.022	1	7.8
104	α-Al_2O_3	3.1	0.12	0.679	0.663	0.016	1	5.3
105	α-Al_2O_3	3.1	0.12	0.679	0.663	0.016	1	5.3
106	α-Al_2O_3	6.1	0.09	0.846	0.400	0.446	0.86	7.7
107	α-Al_2O_3	3.0	0.09	0.683	0.234	0.449	0.86	5.3
108	α-Al_2O_3	6.1	0.12	0.534	0.583	-0.049	1	7.1
109	α-Al_2O_3	6.1	0.12	0.846	0.400	0.446	0.86	7.7
110	α-Al_2O_3	6.1	0.11	0.846	0.400	0.446	0.86	7.7
111	α-Al_2O_3	3	0.12	0.846	0.400	0.446	0.86	7.7
112	α-Al_2O_3	3	0.11	0.846	0.400	0.446	0.86	7.7

【０１０８】

【表１５】

Table 15

試料No.	被膜		
	表面層		
	組成	厚み[μm]	厚み[μm]
1	TiN	1.5	13
2	TiN	1.6	13.1
3	TiN	1.4	9.6
4	TiN	1.5	9.7
5	TiN	1.4	13.2
6	TiN	1.5	13.3
7	TiN	1.5	13
8	TiN	1.4	13.2
9	TiN	1.4	13.3
10	TiN	1.5	13.2
11	TiN	1.2	17.1
12	TiN	1.1	17.3
13	TiN	1.6	10.2
14	TiN	1.3	8.4
15	TiN	1.3	22
16	TiN	1.1	12.8
17	-	-	11.5
18	-	-	11.5
19	-	-	8.6
20	-	-	8.6

【０１０９】

【表１６】
Table 16

試料No.	被膜		
	表面層		厚み[μm]
	組成	厚み[μm]	
101	TiN	1.0	12.1
102	TiN	1.2	12.8
103	TiN	1.0	12.7
104	TiN	0.4	8.7
105	TiN	0.4	8.7
106	TiN	0.9	12.4
107	TiN	0.5	8.5
108	TiN	1	12.4
109	-	-	11.5
110	-	-	11.5
111	-	-	8.4
112	-	-	8.4

【０１１０】
【表１７】
Table 17

試料No.	被膜
	第１層
	圧縮残留応力[GPa]
17	1.4
18	3.5
19	1.8
20	3.8
109	0.9
110	亀裂あり
111	1.3
112	亀裂あり

【０１１１】

【表１８】
Table 18

試料 No.	切削試験１ [秒]	切削試験２ [km]
1	270	4.5
2	340	4.4
3	320	2.9
4	350	2.7
5	260	4.2
6	290	4.6
7	290	4.7
8	250	3.8
9	340	4.4
10	340	4.3
11	300	5.1
12	300	4.8
13	270	2.5
14	270	2.6
15	210	5.3
16	270	4.4
101	30	0.2
102	30	0.2
103	200	3.5
104	250	2.2
105	270	2.1
106	30	0.2
107	30	0.1
108	190	3.3

【０１１２】
≪切削工具の特性評価≫
＜下地層の組成＞
各試料に係る切削工具について、下地層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１１および表１２の「下地層」欄の「組成」欄に記す。なお、表１１および表１２の「下地層」欄の「組成」欄に成分名が記載されている場合においては、下地層は、表１１および表１２の「下地層」欄の「組成」欄に記載された成分からなることを意味する。
【０１１３】

＜中間層の組成＞
各試料に係る切削工具について、中間層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１１および表１２の「中間層」欄の「組成」欄に記す。なお、表１１および表１２の「中間層」欄の「組成」欄に成分名が記載されている場合においては、中間層は、表１１および表１２の「中間層」欄の「組成」欄に記載された成分からなることを意味する。
【０１１４】
＜第１層の組成＞
各試料に係る切削工具について、第１層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「第１層」欄の「組成」欄に記す。なお、表１３および表１４の「第１層」欄の「組成」欄に成分名が記載されている場合においては、第１層は、表１３および表１４の「第１層」欄の「組成」欄に記載された成分からなることを意味する。
【０１１５】
＜第１層の表面または第１層の被膜の表面側の界面に位置する面における面粗さＲａ＞
第１層の表面、または、該第１層の被膜の表面側の界面に位置する面において、面粗さＲａを実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「Ｒａ［μｍ］」欄に記す。
【０１１６】
＜割合Ｎ２／Ｎ１、割合Ｎ４／Ｎ３、および割合Ｎ５／Ｎ３＞
各試料に係る切削工具について、割合Ｎ２／Ｎ１を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「Ｎ２／Ｎ１」欄に記す。各試料に係る切削工具について、割合Ｎ４／Ｎ３を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「Ｎ４／Ｎ３」欄に記す。各試料に係る切削工具について、割合Ｎ５／Ｎ３を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「Ｎ５／Ｎ３」欄に記す。
【０１１７】
＜第１層の圧縮残留応力＞
試料１７～２０、１０９～１１２に係る切削工具について、第１層の圧縮残留応力の絶対値を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１７の「第１層」欄の「圧縮残留応力［ＧＰａ］」欄に記す。なお、表１７の「第１層」欄の「圧縮残留応力［ＧＰａ］」欄に、「亀裂あり」と記載されている場合には、第１層に亀裂が発生していた関係で、圧縮残留応力が測定不可であったことを意味する。
【０１１８】
＜第１層の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）＞
各試料に係る切削工具について、第１層の配向性指数ＴＣ（０　０　１２）を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１３および表１４の「第１層」欄の「ＴＣ（００１２）」欄に記す。
【０１１９】
＜表面層の組成＞
各試料に係る切削工具について、表面層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１５および表１６の「表面層」欄の「組成」欄に記す。なお、表１５および表１６の「表面層」欄の「組成」欄に成分名が記載されている場合においては、表面層は、表１５および表１６の「表面層」欄の「組成」欄に記載された成分からなることを意味する。
【０１２０】
＜被膜の厚み＞
各試料に係る切削工具について、被膜の厚みを実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果を、表１５および表１６の「被膜」欄の「厚み［μｍ］」欄に記す。
【０１２１】

≪切削試験１≫
各試料に係る切削工具を用いて、以下の切削条件により、切削試験を実行した。チッピングが生じるまでの切削時間を測定した。得られた結果を、表１８の「切削試験１［秒］」の欄に記す。
（切削条件）
被削材：ＦＣＤ４５０
加工：断続旋削
切削速度：４５０ｍ／分
送り量：０．３ｍｍ／ｒｅｖ
切り込み量：１．５ｍｍ
切削液：ｗｅｔ
【０１２２】
≪切削試験２≫
各試料に係る切削工具を用いて、以下の切削条件により、切削試験を実行した。逃げ面摩耗が０．２ｍｍとなるまでの切削距離を測定した。得られた結果を、表１８の「切削試験２［ｋｍ］」の欄に記す。
（切削条件）
被削材：ＦＣＤ７００
加工：連続旋削
切削速度：１４０ｍ／分
送り量：０．３ｍｍ／ｒｅｖ
切り込み量：１．５ｍｍ
切削液：ｗｅｔ
【０１２３】
切削試験１において切削時間が２１０秒以上であり、且つ、切削試験２において切削距離が２．５ｋｍ以上である場合において、切削工具は、優れた工具寿命を有することを意味する。
【０１２４】
なお、表１８には示されていないが、試料１７～２０に関し、切削試験１において切削時間が２１０秒以上であり、且つ、切削試験２において切削距離が２．５ｋｍであることが確認された。また、表１８には示されていないが、試料１０９～１１２に関し、切削試験１において切削時間が２１０秒以上であることと、切削試験２において切削距離が２．５ｋｍであることとのうち少なくともいずれか達成されないことが確認された。
【０１２５】
試料１～２０に係る切削工具は実施例に該当する。試料１０１～１１２に係る切削工具は比較例に該当する。表１８における切削試験１の結果および切削試験２の結果から、試料１～２０に係る切削工具は、試料１０１～１１２に係る切削工具に比して、優れた工具寿命を有することが分かった。
【０１２６】
以上により、試料１～２０に係る切削工具は、優れた工具寿命を有することが分かった。
【０１２７】
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。
【０１２８】
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】

【０１２９】

１　基材、２　被膜、３　第１層、４　下地層、１０　切削工具、５０　ＣＶＤ装置、５２　基材セット治具、５３　反応容器、５４　調温装置、５５，５７　導入口、５６　ノズル、５９　排気管、６０　排気口、６１　第１噴射孔、６２　第２噴射孔。

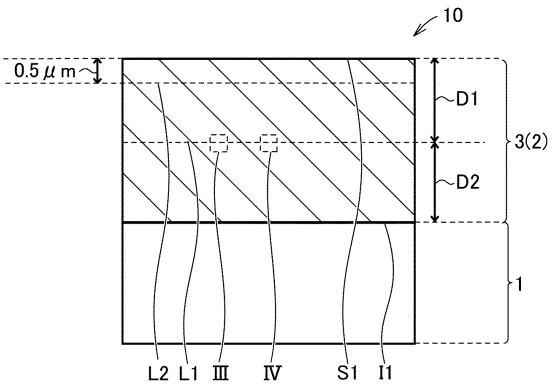
【要約】

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、第１層を含み、前記第１層は、α－Al_2O_3からなり、前記第１層の厚みは、２μｍ以上１５μｍ以下であり、前記基材と前記被膜との界面の法線に沿った断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面と、前記第１層の前記基材側の界面と、からの距離が等しい仮想線Ｌ１が横切る第１粒界の数Ｎ１に対し、前記第１粒界のうち、前記第１粒界と前記仮想線Ｌ１とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ１に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第２粒界の数Ｎ２が占める割合Ｎ２／Ｎ１は、０．６０以上であり、前記基材と前記被膜との前記界面の前記法線に沿った前記断面において、前記第１層の表面または前記第１層の前記被膜の表面側の界面から前記基材側への距離が０．５μｍである仮想線Ｌ２が横切る第３粒界の数Ｎ３に対し、前記第３粒界のうち、前記第３粒界と前記仮想線Ｌ２とが交差する位置における、前記仮想線Ｌ２に垂直な直線に対する角度の絶対値が１５°以下の粒界である第４粒界の数Ｎ４が占める割合Ｎ４／Ｎ３と、前記割合Ｎ２／Ｎ１とは、式１の関係を満たす、切削工具。

【図面】

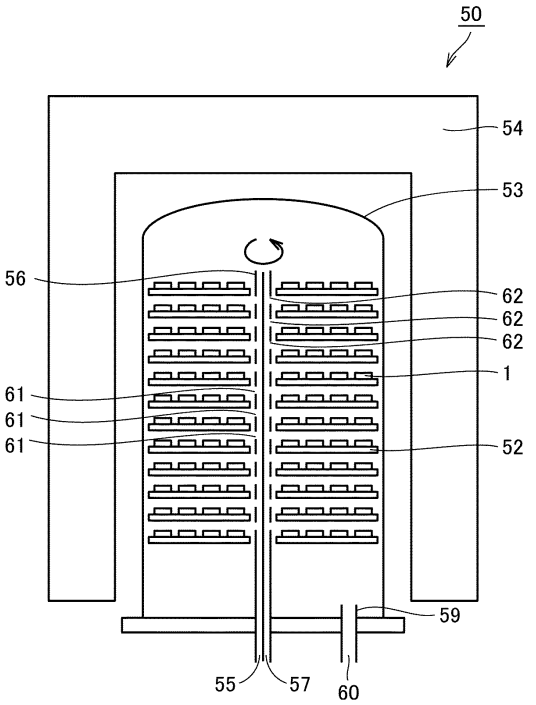
【図１】

FIG.1



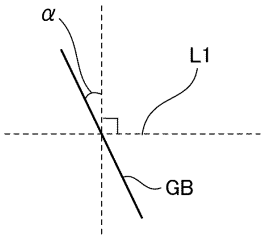
【図２】

FIG.2



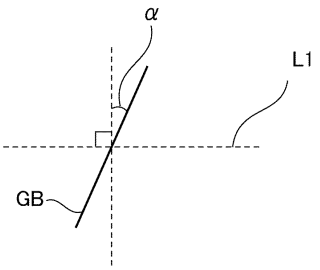
【図３】

FIG.3



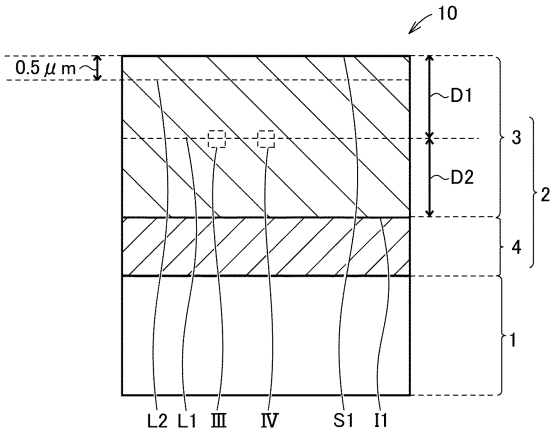
【図４】

FIG.4



【図５】

FIG.5



フロントページの続き

(72)発明者　冨永 皓祐
大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内

審査官　野口 絢子

(56)参考文献　国際公開第２０１７／０３７７９６（WO，Ａ１）
国際公開第２０２０／１７０５７０（WO，Ａ１）
国際公開第２０１６／２０８６６３（WO，Ａ１）
特開２０２２－０１５０７３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｂ２７／００－２９／３４
Ｂ２３Ｂ５１／００－５１／１４
Ｂ２３Ｃ　１／００－　９／００
Ｂ２３Ｐ　５／００－１７／０６
Ｂ２３Ｐ２３／００－２５／００
Ｃ２３Ｃ１４／００－１４／５８
Ｃ２３Ｃ１６／００－１６／５６