

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号  
特許第7124267号  
(P7124267)

(45)発行日 令和4年8月24日(2022.8.24)

(24)登録日 令和4年8月16日(2022.8.16)

(51)国際特許分類	F I
B 2 3 B 27/14 (2006.01)	B 2 3 B 27/14 A
C 2 3 C 14/06 (2006.01)	C 2 3 C 14/06 A

請求項の数 5 (全30頁)

(21)出願番号	特願2022-520287(P2022-520287)	(73)特許権者	503212652 住友電工ハードメタル株式会社 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和3年6月30日(2021.6.30)	(74)代理人	110001195弁理士法人深見特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/024829	(72)発明者	諸口 浩也 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
審査請求日	令和4年3月31日(2022.3.31)	(72)発明者	堤内 勇貴 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
早期審査対象出願		(72)発明者	久木野 暁 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電工ハードメタル株式会社内
		審査官	中川 康文

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層の厚みは、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $9\mu\text{m}$ 以下であり、  
 前記第1層は、 $Ti(1-x-y)AlxMyN$ からなり、  
 前記Mは、ジルコニウム、ハフニウム、周期表5族元素、6族元素、珪素、および硼素  
 からなる群より選択される1種の元素であり、  
 前記第1層において、前記第1層の厚み方向に沿って、前記x及び前記yは変化し、  
 前記xの最大値 $x_{max}$ は、 $0.20$ 以上 $0.70$ 以下であり、  
 前記xの最小値 $x_{min}$ は、 $0$ 以上 $0.60$ 以下であり、  
 前記 $x_{max}$ と前記 $x_{min}$ とは、 $0.01 \leq x_{max} - x_{min} \leq 0.70$ を満たし、  
 前記yの最大値 $y_{max}$ は、 $0.01$ 以上 $0.20$ 以下であり、  
 前記yの最小値 $y_{min}$ は、 $0$ 以上 $0.19$ 以下であり、  
 前記 $y_{max}$ と前記 $y_{min}$ とは、 $0.01 \leq y_{max} - y_{min} \leq 0.20$ を満たし、  
 前記被膜の表面の粗さ $R_{a\_surf}$ は、 $0\mu\text{m}$ 以上 $0.1\mu\text{m}$ 以下であり、  
 前記被膜の表面のスキューネス $R_{sk\_surf}$ は、 $-2$ 以上 $2$ 以下であり、  
 前記基材の前記被膜と接する面のスキューネス $R_{sk\_sub}$ は、 $-2$ 以上 $2$ 以下である、  
 切削工具。

【請求項2】

前記第1層において、結晶子サイズの平均は5 nm以上90 nm以下である、請求項1に記載の切削工具。

【請求項3】

前記被膜は、下地層を更に含み、

前記下地層は、前記基材の直上で、且つ、前記第1層の直下に配置され、

前記下地層の厚みは、0.05 μm以上1.0 μm以下であり、

前記下地層は、TiAlN又はAlCrNからなり、

前記aは、0.2以上1.0以下であり、

前記pは、0以上0.8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】

前記第1層の残留応力は、-3.0 GPa以上-0.1 GPa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】

前記第1層の(200)面のX線回折強度 $I(200)$ と、前記第1層の(111)面のX線回折強度 $I(111)$ と、前記第1層の(220)面のX線回折強度 $I(220)$ との合計に対する、前記 $I(200)$ の比率 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ は、0.50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。

【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】

切削工具の長寿命化を目的として、種々の検討がなされている。特開平8-119774号公報(特許文献1)には、cBN焼結体からなる基材を有する工具用の複合高硬度材料であって、該複合高硬度材料は硬質耐熱被膜を有し、該硬質耐熱被膜はTiAlNで表される組成を有する複合高硬度材料が開示されている。また、国際公開第2021/085253号(特許文献2)には、立方晶窒化硼素焼結体からなる工具基体と、該工具基体の表面に硬質被覆層を有する表面被覆切削工具であって、該硬質被覆層は、該工具基体の直上に下部層(AlTiN層)と、該下部層の上に上部層(AlTiBN層)とを有し、該上部層は層厚方向に沿って硼素の濃度が繰返し変化する組成変調構造を有する、表面被覆切削工具が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平8-119774号公報  
国際公開第2021/085253号

【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、第1層を含み、

前記第1層の厚みは、0.2 μm以上9 μm以下であり、

前記第1層は、 $Ti(1-x-y)Al_xM_yN$ からなり、

前記Mは、ジルコニウム、ハフニウム、周期表5族元素、6族元素、珪素、および硼素からなる群より選択される1種の元素であり、

前記第1層において、前記第1層の厚み方向に沿って、前記x及び前記yは変化し、

前記xの最大値 $x_{max}$ は、0.20以上0.70以下であり、

前記xの最小値 $x_{min}$ は、0以上0.6以下であり、

10

20

30

40

50

前記  $x_{max}$  と前記  $x_{min}$  とは、 $0.01 \leq x_{max} - x_{min} \leq 0.7$  を満たし、  
 前記  $y$  の最大値  $y_{max}$  は、 $0.01$  以上  $0.20$  以下であり、  
 前記  $y$  の最小値  $y_{min}$  は、 $0$  以上  $0.19$  以下であり、  
 前記  $y_{max}$  と前記  $y_{min}$  とは、 $0.01 \leq y_{max} - y_{min} \leq 0.2$  を満たす。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】図1は、本開示の切削工具の一態様を例示する斜視図である。

【図2】図2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】図3は、本開示の切削工具の他の態様を例示する模式断面図である。

【図4】図4は、本開示の切削工具の他の態様を更に例示する模式断面図である。

10

【図5】図5は、本開示の切削工具の別の他の態様を例示する模式断面図である。

【図6】図6は、本開示の切削工具の別の他の態様を更に例示する模式断面図である。

【図7】図7は、本開示の切削工具の一態様において、第1層の深さと  $x$ 、 $y$  との関係を例示するグラフである。

【図8】図8は、本開示の切削工具の他の一態様において、第1層の深さと  $x$ 、 $y$  との関係を例示するグラフである。

【図9】図9は、面の凹凸とスキューネスとの関係を説明する図である。

【図10】図10は、面の凹凸とスキューネスとの関係を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

20

[本開示が解決しようとする課題]

近年、高能率加工のニーズが高まっている。これに伴い、高能率加工においても、長い工具寿命を有する切削工具が求められている。

【0007】

そこで、本開示は、高能率加工においても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]

本開示によれば、高能率加工においても長い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。

30

【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) 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層の厚みは、 $0.2 \mu\text{m}$  以上  $9 \mu\text{m}$  以下であり、

前記第1層は、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$  からなり、

前記  $M$  は、ジルコニウム、ハフニウム、周期表 5 族元素、6 族元素、珪素、および硼素からなる群より選択される 1 種の元素であり、

前記第1層において、前記第1層の厚み方向に沿って、前記  $x$  及び前記  $y$  は変化し、

40

前記  $x$  の最大値  $x_{max}$  は、 $0.20$  以上  $0.70$  以下であり、

前記  $x$  の最小値  $x_{min}$  は、 $0$  以上  $0.6$  以下であり、

前記  $x_{max}$  と前記  $x_{min}$  とは、 $0.01 \leq x_{max} - x_{min} \leq 0.7$  を満たし、

前記  $y$  の最大値  $y_{max}$  は、 $0.01$  以上  $0.20$  以下であり、

前記  $y$  の最小値  $y_{min}$  は、 $0$  以上  $0.19$  以下であり、

前記  $y_{max}$  と前記  $y_{min}$  とは、 $0.01 \leq y_{max} - y_{min} \leq 0.2$  を満たす。

【0010】

本開示の切削工具は、高能率加工においても長い工具寿命を有することができる。

【0011】

(2) 前記第1層において、結晶子サイズの平均は  $5 \text{nm}$  以上  $90 \text{nm}$  以下であること

50

が好ましい。これによって、被膜の膜強度が更に向上する。また、第1層においてクラックの発生が抑制される。

【0012】

(3) 前記被膜は、下地層を更に含み、  
前記下地層は、前記基材の直上で、且つ、前記第1層の直下に配置され、  
前記下地層の厚みは、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上 $1.0\ \mu\text{m}$ 以下であり、  
前記下地層は、TiAlN又はAlpCr<sub>1-p</sub>Nからなり、  
前記aは、 $0.2$ 以上 $1.0$ 以下であり、  
前記pは、 $0$ 以上 $0.8$ 以下であることが好ましい。これによって、切削工具において  
基材と被膜との密着力が向上する。

10

【0013】

(4) 前記第1層の残留応力は、 $-3.0\ \text{GPa}$ 以上 $-0.1\ \text{GPa}$ 以下であることが好ましい。これによって、被膜の膜強度が更に向上する。

【0014】

(5) 前記被膜の表面の粗さ $R_{a\ \text{surf}}$ は、 $0\ \mu\text{m}$ 以上 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。これによって、被膜の耐剥離性が向上する。

【0015】

(6) 前記被膜の表面のスキューネス $R_{sk\ \text{surf}}$ は、 $-2$ 以上 $2$ 以下であることが好ましい。これによって、被膜の耐剥離性が更に向上する。

【0016】

(7) 前記基材の前記被膜と接する面のスキューネス $R_{sk\ \text{sub}}$ は、 $-2$ 以上 $2$ 以下であることが好ましい。これによって、被膜の耐剥離性が更に向上する。

20

【0017】

(8) 前記第1層の(200)面のX線回折強度 $I(200)$ と、前記被膜の(111)面のX線回折強度 $I(111)$ と、前記被膜の(220)面のX線回折強度 $I(220)$ との合計に対する、前記 $I(200)$ の比率 $I(200)/(I(200)+I(111)+I(220))$ は、 $0.50$ 以上であることが好ましい。これによって、被膜の耐剥離性が更に向上する。

【0018】

[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、厚み、深さなどの寸法関係は図面の明瞭化と簡略化のために適宜変更されており、必ずしも実際の寸法関係を表すものではない。

30

【0019】

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。

【0020】

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だけに限定されるべきではない。たとえば「TiAlSiN」と記載されている場合、TiAlSiNを構成する原子数の比には、従来公知のあらゆる原子比が含まれる。

40

【0021】

本明細書中の結晶学的記載においては、個別面を( )で示している。

【0022】

[実施形態1: 切削工具]

図2~図6に示される様に、本実施形態に係る切削工具10は、  
基材11と、前記基材11上に配置された被膜40と、を備える切削工具であって、  
前記被膜40は、第1層12を含み、

50

前記第1層12の厚みは、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下であり、  
 前記第1層12は、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$ からなり、  
 前記Mは、ジルコニウム、ハフニウム、周期表5族元素、6族元素、珪素、および硼素  
 からなる群より選択される1種の元素であり、

前記第1層12において、前記第1層12の厚み方向に沿って、前記x及び前記yは変  
 化し、

前記xの最大値 $x_{\text{max}}$ は、 $0.20$ 以上 $0.70$ 以下であり、

前記xの最小値 $x_{\text{min}}$ は、 $0$ 以上 $0.6$ 以下であり、

前記 $x_{\text{max}}$ と前記 $x_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \leq 0.7$ を満たし、

前記yの最大値 $y_{\text{max}}$ は、 $0.01$ 以上 $0.20$ 以下であり、

前記yの最小値 $y_{\text{min}}$ は、 $0$ 以上 $0.19$ 以下であり、

前記 $y_{\text{max}}$ と前記 $y_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq y_{\text{max}} - y_{\text{min}} \leq 0.2$ を満たす。

【0023】

本開示の切削工具は、高能率加工においても長い工具寿命を有することが可能である。  
 その理由は、以下の通りと推察される。

【0024】

上記第1層12において、該第1層12の厚み方向に沿って、上記x及び上記yは変化  
 し、該xの最大値 $x_{\text{max}}$ は、 $0.20$ 以上 $0.70$ 以下であり、該xの最小値 $x_{\text{min}}$   
 は、 $0$ 以上 $0.6$ 以下であり、該 $x_{\text{max}}$ と該 $x_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \leq 0.7$   
 を満たし、該yの最大値 $y_{\text{max}}$ は、 $0.01$ 以上 $0.20$ 以下であり、該yの最小値 $y_{\text{min}}$   
 は、 $0$ 以上 $0.19$ 以下であり、該 $y_{\text{max}}$ と該 $y_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq y_{\text{max}} - y_{\text{min}} \leq 0.2$   
 を満たす。そのため、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$ の格子定数が揃いにくいことに起因して、上記第1層12において、粒子の成長が抑制  
 される。そのため、該第1層12は微細な組織を形成することができる。その結果、その  
 ような第1層12を含む被膜40を備える切削工具10は、優れた膜強度を有するため、  
 高能率加工においても長い工具寿命を有することができる。

【0025】

本実施形態に係る切削工具10の形状および用途は特に制限されない。例えば、本実施  
 形態に係る切削工具10の形状として、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、クランクシャフ  
 トのピンミーリング加工用チップが挙げられる。

【0026】

図1は、本開示の切削工具10の一態様を例示する斜視図である。このような形状の切  
 削工具10は、旋削加工用刃先交換型切削チップ等の刃先交換型切削チップとして用いら  
 れる。

【0027】

また、本実施形態に係る切削工具10は、図1に示されるような切削工具10の全体が  
 基材11と該基材11上に形成された被膜40とを含む構成を有するもののみならず、  
 切削工具10の一部（特に刃先部分（切れ刃部）等）のみが上記構成からなるものも含む  
 。たとえば、超硬合金等からなる基体（支持体）の刃先部位のみが上記構成で構成される  
 ようなものも本実施形態に係る切削工具に含まれる。この場合は、文言上、その刃先部位  
 を切削工具とみなすものとする。換言すれば、上記構成が切削工具の一部のみを占める場  
 合であっても、上記構成を切削工具と呼ぶものとする。

【0028】

基材

本実施形態の基材は、この種の基材として従来公知のものを特に限定なく用いることが  
 できる。例えば、上記基材は、超硬合金（例えば、炭化タングステン（WC）基超硬合金  
 、WCの他にCoを含む超硬合金、WCの他にTi、Ta、Nb等の炭窒化物等を添加し  
 た超硬合金等）、サーメット（TiC、TiN、TiCN等を主成分とするもの）、高速

10

20

30

40

50

度鋼、工具鋼、セラミックス（炭化チタン（ $TiC$ ）、炭化硅素（ $SiC$ ）、窒化硅素（ $SiN$ ）、窒化アルミニウム（ $AlN$ ）、酸化アルミニウム（ $Al_2O_3$ ）、サイアロン、およびこれらの混合体等）、立方晶型窒化硼素焼結体（ $cBN$ 焼結体）、ダイヤモンド焼結体、および結合相中に立方晶型窒化硼素粒子が分散した硬質材料等を挙げることができる。

【0029】

これらの各種基材の中でも、特に立方晶型窒化硼素焼結体を選択することが好ましい。その理由は、立方晶型窒化硼素焼結体は、鉄系の高硬度材の切削において特に優れた耐摩耗性を発揮し、上記用途の切削工具の基材として適しているためである。

【0030】

基材として超硬合金を使用する場合、そのような超硬合金は、組織中に遊離炭素又は相と呼ばれる異常相を含んでいても本実施形態の効果は示される。なお、本実施形態で用いる基材は、その表面が改質されたものであっても差し支えない。例えば、超硬合金の場合はその表面に脱層が形成されていたり、 $cBN$ 焼結体の場合には表面硬化層が形成されていてもよく、このように表面が改質されていても本実施形態の効果は示される。

【0031】

上記切削工具が、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、フライス加工用刃先交換型切削チップ等）である場合、基材は、チップブレイカーを有するものも、有さないものも含まれる。刃先部の形状は、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形状）、ネガランド（面取りをした形状）、ホーニングとネガランドを組み合わせた形状の中で、いずれの形状も含まれる。

【0032】

（基材の前記被膜と接する面のスキューネス）

上記基材の上記被膜と接する面のスキューネス  $Rsk_{sub}$  は、 $-2$  以上  $2$  以下であることが好ましい。ここで、「スキューネス」とは、 $JIS\ B\ 0601-2001$  に規定される粗さ曲線のスキューネスを意味し、面の山部と谷部との歪度を示すパラメータである。言い換えれば、「スキューネス」とは、図9および図10で示す様に、平均線  $L1$  を中心としたときの山部と谷部との対称性を表す指標である。上記面が平均線  $L1$  に対して上側に偏っている場合、「スキューネス」は正の値となる（図9）。また、上記面が平均線  $L1$  に対して下側に偏っている場合、「スキューネス」は負の値となる（図10）。また、図9および図10で示す確率密度の分布曲線が正規分布となる場合、スキューネスは「0」となる。

【0033】

上記基材の上記被膜と接する面のスキューネス  $Rsk_{sub}$  が、 $-2$  以上  $2$  以下であると、上記基材の上記被膜と接する面において、山部と谷部の分布の偏りが小さくなることに起因して、被膜との密着性を向上することができる。また、上記基材の上記被膜と接する面において、山部と谷部の分布の偏りが小さくなることに起因して、加工時の負荷による応力集中が軽減されるため、被膜の耐剥離性を向上することができる。上記のスキューネス  $Rsk_{sub}$  と、基材と被膜との密着性及び被膜の耐剥離性との関係は、本発明者らが新たに知見したものである。

【0034】

上記  $Rsk_{sub}$  の下限は、 $-1.8$  以上であることがより好ましく、 $-1.6$  以上であることが更に好ましく、 $-1.4$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $Rsk_{sub}$  の上限は、 $1.8$  以下であることがより好ましく、 $1.6$  以下であることが更に好ましく、 $1.4$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $Rsk_{sub}$  は、 $-1.8$  以上  $1.8$  以下であることがより好ましく、 $-1.6$  以上  $1.6$  以下であることが更に好ましく、 $-1.4$  以上  $1.4$  以下であることが更に好ましい。

【0035】

< 基材の被膜と接する面のスキューネス  $Rsk_{sub}$  の測定方法 >

10

20

30

40

50

上記基材の被膜と接する面のスキューネス  $Rsk_{sub}$  は、例えば、以下の方法によって求めることができる。まず、切削工具を、その逃げ面の法線方向に沿い、かつ、刃先を含むように切断して断面を露出させる。切断は、集束イオンビーム装置、又は、クロスセクションポリッシャ装置等を用いることができる。走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) を用いて、該断面を 2000 倍で観察して、反射電子像を得る。次いで、画像処理ソフト (たとえば、商品名「Winroof」三谷商事株式会社製) を用いて、該反射電子像を 2.5 倍に拡大することにより、観察視野を得る。次いで、該観察視野において、「被膜の表面」と、「基材の被膜と接する面 (基材と被膜との界面に相当)」とを含む  $50 \mu m$  四方の矩形の任意の箇所を抜き出し、「基材の被膜と接する面」を線としてトレースして抽出する。これによって抽出された線を、画像処理ソフト (たとえば、商品名「Winroof」三谷商事株式会社製) を用いて数値化することにより、該数値の平均値を算出する。ここで、「線を数値化する」とは、抽出された線を  $x - y$  の座標軸に置いた場合に、当該線の  $y$  軸の値を  $x$  軸方向に  $0.05 \mu m$  間隔で出力することを意味する。次いで、該平均値に基づいて、基材の被膜と接する面と略平行な方向に平均線を描く。次いで、その該平均線を  $X$  軸とし、且つ、該  $X$  軸に対する垂直方向を  $Y$  軸とする座標軸として、上記画像処理ソフトを用いることにより、該座標軸において、被膜の表面における面の粗さ曲線  $Z(x)$  を得る。次いで、該  $Z(x)$  を以下の式 (1) に代入することによって、 $Rq$  を得る。ここで、「 $l$ 」は「 $50 \mu m$ 」である。

【数 1】

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad \dots (1)$$

次いで、該  $Z(x)$  と該  $Rq$  とを以下の式 (2) に代入することによって、スキューネス  $Rsk$  を得る。

【数 2】

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left[ \frac{1}{l} \int_0^l Z^3(x) dx \right] \quad \dots (2)$$

これを、上記断面における任意の 5 視野において実行することによって得られた上記スキューネス  $Rsk$  の平均値を算出することにより、上記スキューネス  $Rsk_{sub}$  を求められる。

【0036】

被膜

被膜 40 は、上記基材 11 上に配置される (図 2 ~ 6)。図 2 ~ 6 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。「被膜」は、上記基材 11 の少なくとも刃先部分を被覆することで、切削工具における耐剥離性、耐欠損性、耐摩耗性等の諸特性を向上させる作用を有するものである。ここで記載の刃先部分とは、刃先稜線から基材表面に沿って  $500 \mu m$  以内の領域を意味する。上記被膜 40 は、上記基材 11 の全面を被覆することが好ましい。しかしながら、上記基材 11 の一部が上記被膜 40 で被覆されていなかったり、被膜 40 の構成が部分的に異なっていたりしていても本実施形態の範囲を逸脱するものではない。

【0037】

上記被膜の厚みは、 $0.4 \mu m$  以上  $8 \mu m$  以下であることが好ましく、 $0.6 \mu m$  以上  $7 \mu m$  以下であることがより好ましく、 $0.8 \mu m$  以上  $6 \mu m$  以下であることが更に好ましく、 $1.0 \mu m$  以上  $5 \mu m$  以下であることが更に好ましく、 $1.2 \mu m$  以上  $4 \mu m$

10

20

30

40

50

以下であることが特に好ましい。ここで、被膜の厚みとは、被膜を構成する層それぞれの厚みの総和を意味する。「被膜を構成する層」としては、例えば、上記第1層と、上記下地層と、上記第1層および上記下地層以外の層として後述する他の層とが挙げられる。

【0038】

上記被膜の厚みは、次のようにして求めることができる。まず、切削工具の任意の位置を切断し、被膜の断面を含む試料を作製する。この試料の作製には、集束イオンビーム装置、クロスセクションポリッシャ装置等を用いることができる。次いで、作製された断面を走査型電子顕微鏡を用いて観察し、観察画像に被膜の厚み方向の全域が含まれるように倍率を調整する。次いで、その厚みを5点測定し、その平均値を被膜の厚みとする。上記第1層、上記下地層、および上記他の層のそれぞれの厚みを測定する場合も同様である。

10

【0039】

上記被膜40は、第1層12を含む。また、本実施形態の一側面において、上記切削工具が奏する効果を維持する限り、上記第1層12は複数設けられていてもよい。これによって、被膜の一部が摩滅した場合においても、当該被膜中に第1層が残存するため、切削工具は、優れた膜強度を保持することができる。また、「第1層を含む」とは、上記被膜が、上記第1層に加えて、上記下地層、および上記第1層と上記下地層と以外の層として後述する他の層を含み得ることを意味する。

【0040】

(被膜の表面のスキューネス)

上記被膜の表面のスキューネス  $R_s k_s u r f$  は、 $-2$  以上  $2$  以下であることが好ましい。これによって、上記被膜の表面において、山部と谷部の分布の偏りが小さくなることに起因して、加工時の負荷による応力集中が軽減されるため、被膜の耐剥離性を向上することができる。また、上記  $R_s k_s u r f$  の下限は、 $-1.8$  以上であることがより好ましく、 $-1.6$  以上であることが更に好ましく、 $-1.4$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $R_s k_s u r f$  の上限は、 $1.8$  以下であることがより好ましく、 $1.6$  以下であることが更に好ましく、 $1.4$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $R_s k_s u r f$  は、 $-1.8$  以上  $1.8$  以下であることがより好ましく、 $-1.6$  以上  $1.6$  以下であることが更に好ましく、 $-1.4$  以上  $1.4$  以下であることが更に好ましい。

20

【0041】

(被膜の表面粗さ)

上記被膜の表面の粗さ  $R_a s u r f$  は、 $0 \mu m$  以上  $0.1 \mu m$  以下であることが好ましい。これによって、上記被膜の表面において、凹凸が軽減されることに起因して、加工時の負荷による応力集中が軽減されるため、被膜の耐剥離性を向上することができる。また、上記  $R_a s u r f$  の下限は、 $0.01 \mu m$  以上であることが好ましく、 $0.02 \mu m$  以上であることがより好ましく、 $0.03 \mu m$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $R_a s u r f$  の上限は、 $0.09 \mu m$  以下であることが好ましく、 $0.08 \mu m$  以下であることがより好ましく、 $0.07 \mu m$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $R_a s u r f$  は、 $0.01 \mu m$  以上  $0.09 \mu m$  以下であることが好ましく、 $0.02 \mu m$  以上  $0.08 \mu m$  以下であることがより好ましく、 $0.03 \mu m$  以上  $0.08 \mu m$  以下であることが更に好ましい。ここで、「表面粗さ  $R_a$ 」とは、JIS B 0601-2001に規定される算術平均粗さを意味する。

30

40

【0042】

なお、上記被膜の表面の粗さ  $R_a s u r f$  は、以下の手順で測定される。切削工具のすくい面上で、かつ、刃先からの距離が  $1000 \mu m$  以内の領域において、 $400 \mu m$  四方の測定領域を設定する。該測定領域について、触針式表面形状測定器により表面粗さを測定する。同様の手順で、任意の5箇所の測定領域で表面粗さを測定する。該5箇所の表面粗さの平均を算出することにより、上記被膜の表面の粗さ  $R_a s u r f$  を求められる。なお、前述の「被膜の表面のスキューネス  $R_s k_s u r f$ 」も同様の方法により求められる。

【0043】

50

## &lt; 第 1 層 &gt;

上記第 1 層の厚みは、 $0.2 \mu\text{m}$ 以上  $9 \mu\text{m}$ 以下である。これによって、被膜の膜強度を向上することができる。また、上記第 1 層の厚みの下限は、 $0.4 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $0.6 \mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $0.8 \mu\text{m}$ 以上であることが更に好ましい。また、上記第 1 層の厚みの上限は、 $8 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $7 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $6 \mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。また、上記第 1 層の厚みは、 $0.4 \mu\text{m}$ 以上  $8 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $0.6 \mu\text{m}$ 以上  $7 \mu\text{m}$ 以下であることがより好ましく、 $0.8 \mu\text{m}$ 以上  $6 \mu\text{m}$ 以下であることが更に好ましい。

## 【 0 0 4 4 】

上記第 1 層は、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$  からなり、該 M は、ジルコニウム、ハフニウム、周期表 5 族元素、6 族元素、珪素、および硼素からなる群より選択される 1 種の元素である。これによって、第 1 層は優れた強度を有することができる。

## 【 0 0 4 5 】

上記第 1 層 1 2 において、上記第 1 層 1 2 の厚み方向に沿って、前記 x 及び前記 y は変化し、該 x の最大値  $x_{\text{max}}$  は、 $0.20$  以上  $0.70$  以下であり、該 x の最小値  $x_{\text{min}}$  は、 $0$  以上  $0.6$  以下であり、該  $x_{\text{max}}$  と該  $x_{\text{min}}$  とは、 $0.01 \leq x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \leq 0.7$  を満たし、該 y の最大値  $y_{\text{max}}$  は、 $0.01$  以上  $0.20$  以下であり、該 y の最小値  $y_{\text{min}}$  は、 $0$  以上  $0.19$  以下であり、該  $y_{\text{max}}$  と該  $y_{\text{min}}$  とは、 $0.01 \leq y_{\text{max}} - y_{\text{min}} \leq 0.2$  を満たす。これによって、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$  の格子定数が揃いにくいことに起因して、上記第 1 層 1 2 において、粒子の成長が抑制される。そのため、該第 1 層 1 2 は微細な組織を形成することができる。その結果、そのような第 1 層 1 2 を含む被膜 4 0 を備える切削工具 1 0 は、更に優れた膜強度を有することができる。

## 【 0 0 4 6 】

また、上記  $x_{\text{max}}$  の下限は、 $0.25$  以上であることが好ましく、 $0.3$  以上であることがより好ましく、 $0.35$  以上であることが更に好ましい。上記  $x_{\text{max}}$  の上限は、 $0.65$  以下であることが好ましく、 $0.6$  以下であることがより好ましく、 $0.55$  以下であることが更に好ましい。上記  $x_{\text{max}}$  は、 $0.25$  以上  $0.65$  以下であることが好ましく、 $0.3$  以上  $0.6$  以下であることがより好ましく、 $0.35$  以上  $0.55$  以下であることが更に好ましい。

## 【 0 0 4 7 】

また、上記  $x_{\text{min}}$  の下限は、 $0.05$  以上であることが好ましく、 $0.1$  以上であることがより好ましく、 $0.15$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $x_{\text{min}}$  の上限は、 $0.57$  以下であることが好ましく、 $0.54$  以下であることがより好ましく、 $0.50$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $x_{\text{min}}$  は、 $0.05$  以上  $0.57$  以下であることが好ましく、 $0.1$  以上  $0.54$  以下であることがより好ましく、 $0.15$  以上  $0.50$  以下であることが更に好ましい。

## 【 0 0 4 8 】

また、上記  $y_{\text{max}}$  の下限は、 $0.015$  以上であることが好ましく、 $0.02$  以上であることがより好ましく、 $0.025$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $y_{\text{max}}$  の上限は、 $0.18$  以下であることが好ましく、 $0.16$  以下であることがより好ましく、 $0.14$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $y_{\text{max}}$  は、 $0.015$  以上  $0.18$  以下であることが好ましく、 $0.02$  以上  $0.16$  以下であることがより好ましく、 $0.025$  以上  $0.14$  以下であることが更に好ましい。

## 【 0 0 4 9 】

また、上記  $y_{\text{min}}$  の下限は、 $0.005$  以上であることが好ましく、 $0.01$  以上であることがより好ましく、 $0.015$  以上であることが更に好ましい。また、上記  $y_{\text{min}}$  の上限は、 $0.17$  以下であることが好ましく、 $0.15$  以下であることがより好ましく、 $0.13$  以下であることが更に好ましい。また、上記  $y_{\text{min}}$  は、 $0.005$  以上  $0.17$  以下であることが好ましく、 $0.01$  以上  $0.15$  以下であることがより好ましく

10

20

30

40

50

、0.015以上0.13以下であることが更に好ましい。

【0050】

また、上記 $x_{max} - x_{min}$ の下限は、0.05以上であることが好ましく、0.1以上であることがより好ましく、0.15以上であることが更に好ましい。上記 $x_{max} - x_{min}$ の上限は、0.6以下であることが好ましく、0.5以下であることがより好ましく、0.4以下であることが更に好ましい。上記 $x_{max} - x_{min}$ は、0.05以上0.6以下であることが好ましく、0.1以上0.5以下であることがより好ましく、0.15以上0.4以下であることが更に好ましい。

【0051】

また、上記 $y_{max} - y_{min}$ の下限は、0.015以上であることが好ましく、0.02以上であることがより好ましく、0.025以上であることが更に好ましい。また、上記 $y_{max} - y_{min}$ の上限は、0.18以下であることが好ましく、0.16以下であることがより好ましく、0.15以下であることが更に好ましい。また、上記 $y_{max} - y_{min}$ は、0.015以上0.18以下であることが好ましく、0.02以上0.16以下であることがより好ましく、0.025以上0.15以下であることが更に好ましい。

10

【0052】

上記 $x_{max}$ 、上記 $x_{min}$ 、上記 $y_{max}$ 、および上記 $y_{min}$ は、次の様にして求めることができる。まず、被膜の逃げ面側から第1層の厚み方向に沿って、オージェ電子分光法を用いて、上記第1層を構成する $Ti(1-x-y)Al_xMyN$ 中のMで示される元素の種類及びその原子濃度比率、並びにAlの原子濃度比率を測定する。分析条件と

20

(分析条件)

一次電子のエネルギー：10keV

電流：約3nA

入射角度：試料逃げ面の法線に対して0度

分析領域：約10 $\mu$ m $\times$ 10 $\mu$ m

(イオンスパッタ(Ar<sup>+</sup>)の条件)

エネルギー：1keV

入射角度：試料逃げ面の法線に対して約0度

30

スパッタ速度：約2nm/min

任意の5点について上記測定を実行する。該5点における上記原子濃度比率の測定値の平均から、 $x_{max}$ 、 $y_{max}$ 、 $x_{min}$ 、 $y_{min}$ を求められる。また、Mで示される元素の種類も特定することができる。

【0053】

本明細書において、「上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、 $x$ 及び $y$ は変化する」とは、「上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、 $x$ および $y$ は同一の周期幅で周期的に変化する」態様と、「上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、 $x$ および $y$ は同一の周期幅で周期的に変化する」態様以外の態様とを包含する概念である。

40

【0054】

上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、 $x$ および $y$ は同一の周期幅で周期的に変化する場合、上記周期幅の平均は、1nm以上500nm以下とすることができる。上記周期幅の平均は、上記 $x_{max}$ 、 $y_{max}$ 、 $x_{min}$ 、 $y_{min}$ を、横軸を第1層の深さ、かつ、縦軸を $x$ 及び $y$ の濃度とするグラフにプロットし、 $x$ 及び $y$ の周期性を特定することにより求められる。

【0055】

上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、 $x$ および $y$ は同一の周期幅で周期的に変化する場合、上記 $x_{max}$ および上記 $y_{max}$ は、上記周期幅のそれぞれにおける $x$ の最大値および $y$ の最大値であることが好ましい。また、上記 $x_{min}$ および上記 $y_{m$

50

$i_n$  は、上記周期幅のそれぞれにおける  $x$  の最小値および  $y$  の最小値であることが好ましい。これによって、該第 1 層 1 2 は更に微細な組織を形成することができる。その結果、そのような第 1 層 1 2 を含む被膜 4 0 を備える切削工具 1 0 は、更に優れた膜強度を有することができる。

【0056】

本実施形態の切削工具において、上記周期幅のそれぞれは、第 1 層の厚み方向に沿って積層される第 1 - 1 領域（図示せず）及び第 1 - 2 領域（図示せず）からなり、該第 1 - 1 領域において、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であり、該第 1 - 2 領域において、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であっても良い。この場合における、第 1 層の深さと  $x$  及び  $y$  との関係について、図 7 を用いて説明する。

10

【0057】

図 7 のグラフにおいて、横軸は第 1 層の深さを示し、縦軸は  $x$  及び  $y$  の濃度を示す。縦軸と横軸との交点は、第 1 層の最も被膜の表面側の地点であり、すなわち、第 1 層の深さが  $0 \mu\text{m}$  の地点を示す。該第 1 層の深さが  $0 \mu\text{m}$  の地点は図 7 において A 1 と示される。第 1 層の深さ  $0 \mu\text{m}$  (A 1) から深さ A 2  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であり、該領域は第 1 - 1 領域に該当する。深さ A 2  $\mu\text{m}$  から深さ A 3  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であり、該領域は第 1 - 2 領域に該当する。更に、深さ A 3  $\mu\text{m}$  から深さ A 4  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であり、該領域は第 1 - 1 領域に該当する。深さ A 4  $\mu\text{m}$  から深さ A 5  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であり、該領域は第 1 - 2 領域に該当する。

20

【0058】

図 7 において、隣り合う一組の第 1 - 1 領域と第 1 - 2 領域との深さの合計、すなわち、深さ  $0 \mu\text{m}$  (A 1) から深さ A 3  $\mu\text{m}$  までの距離 W 1、又は、深さ A 3  $\mu\text{m}$  から深さ A 5  $\mu\text{m}$  までの距離 W 1 が上記周期幅に該当する。

【0059】

本実施形態の切削工具において、上記周期幅のそれぞれは、第 1 層の厚み方向に沿って積層される第 1 - 1 領域（図示せず）及び第 1 - 2 領域（図示せず）からなり、該第 1 - 1 領域において、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であり、該第 1 - 2 領域において、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であっても良い。この場合における、第 1 層の深さと  $x$  及び  $y$  との関係について、図 8 を用いて説明する。

30

【0060】

図 8 のグラフにおいて、横軸は第 1 層の深さを示し、縦軸は  $x$  及び  $y$  の濃度を示す。縦軸と横軸との交点は、第 1 層の最も被膜の表面側の地点であり、すなわち、第 1 層の深さが  $0 \mu\text{m}$  の地点を示す。該第 1 層の深さが  $0 \mu\text{m}$  の地点は図 8 において B 1 と示される。第 1 層の深さ  $0 \mu\text{m}$  (B 1) から深さ B 2  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であり、該領域は第 1 - 1 領域に該当する。深さ B 2  $\mu\text{m}$  から深さ B 3  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であり、該領域は第 1 - 2 領域に該当する。更に、深さ B 3 から深さ B 4  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最大値  $x_{max}$  であり、かつ、上記  $y$  は最小値  $y_{min}$  であり、該領域は第 1 - 1 領域に該当する。深さ B 4  $\mu\text{m}$  から深さ B 5  $\mu\text{m}$  までの領域では、上記  $x$  は最小値  $x_{min}$  であり、かつ、上記  $y$  は最大値  $y_{max}$  であり、該領域は第 1 - 2 領域に該当する。

40

【0061】

図 8 において、隣り合う一組の第 1 - 1 領域と第 1 - 2 領域との深さの合計、すなわち、深さ  $0 \mu\text{m}$  (B 1) から深さ B 3  $\mu\text{m}$  までの距離 W 2、又は、深さ B 3  $\mu\text{m}$  から深さ B 5  $\mu\text{m}$  までの距離 W 2 が上記周期幅に該当する。

50

## 【 0 0 6 2 】

( 結晶子サイズ )

上記第1層において、結晶子サイズの平均は5 nm以上90 nm以下であることが好ましい。これによって、結晶子サイズの微細化に起因して、該第1層を含む被膜の膜強度を更に向上することができる。また、結晶子サイズが小さすぎることに起因する第1層の靱性低下を抑制できるため、第1層においてクラックの発生を抑制することができる。また、上記結晶子サイズの平均の下限は、8 nm以上であることが好ましく、12 nm以上であることがより好ましく、15 nm以上であることが更に好ましい。また、上記結晶子サイズの平均の上限は、80 nm以下であることが好ましく、70 nm以下であることがより好ましく、60 nm以下であることが更に好ましい。また、上記結晶子サイズの平均は、8 nm以上80 nm以下であることがより好ましく、12 nm以上70 nm以下であることが更に好ましく、15 nm以上60 nm以下であることが更に好ましい。

10

## 【 0 0 6 3 】

上記結晶子サイズの平均は、例えば以下の条件で行うX線回折測定(XRD測定)によって求めることが可能である。具体的には、先ず、上記被膜の表面にX線を照射して、X線回折測定(XRD測定)を行い、ピーク半値全幅(Full Width Half Maximum(FWHM))を測定する。該ピーク半値全幅を下記(I)で示されるシェラーの式に代入することにより、結晶子サイズを導出する。

$$= K / \cos^2(\theta) \quad (I)$$

ここで、Kは形状因子を意味する。また、本明細書においてKは「0.9」である。また、ここで、 $\lambda$ はX線波長を意味する。また、ここで、 $\Delta 2\theta$ はピーク半値全幅(Full Width Half Maximum(FWHM))を意味し、ラジアン単位で表される。また、ここで、 $2\theta$ は第1層の(200)ピークのブラッグ角を意味する。なお、該測定を任意に選択された5箇所で行う。次いで、5箇所の測定箇所における結晶子サイズの平均値を算出することにより、上記結晶子サイズの平均が求められる。また、上記被膜が表面層(他の層)を含む場合、第1層を露出させた後、上記XRD測定を実行する。

20

( X線回折測定の条件 )

走査軸 : 2 -  
 X線源 : Cu - K 線 ( 1 . 5 4 1 8 6 2 )  
 検出器 : 0次元検出器 ( シンチレーションカウンタ )  
 管電圧 : 45 kV  
 管電流 : 40 mA  
 入射光学系 : ミラーの利用  
 受光光学系 : アナライザ結晶 ( PW 3 0 9 8 / 2 7 ) の利用  
 ステップ : 0 . 0 3 °  
 積算時間 : 2 秒  
 スキャン範囲 (  $2\theta$  ) : 10 ° ~ 120 °

30

## 【 0 0 6 4 】

同一の切削工具において、異なる測定箇所を任意に選択し、該測定箇所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ている。

40

## 【 0 0 6 5 】

( 第1層の残留応力 )

上記第1層の残留応力は、-3.0 GPa以上 - 0.1 GPa以下であることが好ましい。これによって、切削工具の膜強度を更に向上することができる。また、上記第1層の残留応力の下限は、-2.8 GPa以上であることが好ましく、-2.5 GPa以上であることがより好ましく、-2.2 GPa以上であることが更に好ましい。また、上記第1層の残留応力の上限は、-0.2 GPa以下であることが好ましく、-0.3 GPa以下であることがより好ましく、-0.4 GPa以下であることが更に好ましい。また、上記第1層の残留応力は、-2.8 GPa以上 - 0.2 GPa以下であることが好ましく、-2.5 GPa以上 - 0.3 GPa以下であることがより好ましく、-2.5 GPa以上 -

50

0.4 GPa以下であることが更に好ましい。なお、ここで、残留応力が負の値を示す場合、該残留応力は「圧縮残留応力」を意味する。

【0066】

<第1層の残留応力の測定方法>

上記残留応力は、X線を用いた $2 - \sin^2$ 法（側傾法）によって求めることが可能である。具体的には、測定条件は下記のとおりである。例えば、第1層の逃げ面上における任意の3点について、X線を用いた $2 - \sin^2$ 法（側傾法）によって第1層の解析を行い、これら3点で求められた残留応力の平均値を当該第1層における残留応力とする。また、上記被膜が表面層（他の層）を含む場合、第1層を露出させた後、上記XRD測定を実行する。

10

【0067】

同一の切削工具において、異なる測定箇所を任意に選択し、該測定箇所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ている。

（測定条件）

管電圧 : 45 kV

管電流 : 200 mA

X線源 : Cu - K 線 (1.541862)

入射光学系 : 0.3 コリメーター

使用したピーク : TiN (2, 0, 0)

【0068】

（第1層の(200)面のX線回折強度と、第1層の(111)面のX線回折強度と、第1層の(220)面のX線回折強度との合計に対する、第1層の(200)面のX線回折強度の比率）

20

上記第1層の(200)面のX線回折強度 $I(200)$ と、上記第1層の(111)面のX線回折強度 $I(111)$ と、上記第1層の(220)面のX線回折強度 $I(220)$ との合計に対する、上記 $I(200)$ の比率 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ は、0.50以上であることが好ましい。これによって、被膜の靱性を高めることができ亀裂の伝搬を抑制することができる為、被膜の耐剥離性を更に向上することができる。なお、ここで「(200)面のX線回折強度 $I(200)$ 」とは、(200)面に由来するX線回折ピークのうち、最も高いピークにおける回折強度（ピークの高さ）（以下、「最大回折強度」とも記す。）を意味する。また、被膜に含まれる2種類以上の化合物のそれぞれについて(200)面に由来するX線回折ピークが存在する場合、すなわち、(200)面に由来するX線回折ピークが異なる位置に複数存在する場合は、「(200)面のX線回折強度 $I(200)$ 」とは、それらの最大回折強度（ピークの高さ）の合計を意味する。「(111)面のX線回折強度 $I(111)$ 」及び「(220)面のX線回折強度 $I(220)$ 」についても同様である。

30

【0069】

また、上記 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ の下限は、0.53以上であることが好ましく、0.56以上であることがより好ましく、0.60以上であることが更に好ましい。また、上記 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ の上限は、0.97以下であることが好ましく、0.94以下であることがより好ましく、0.90以下であることが更に好ましい。また、上記 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ は、0.53以上0.97以下であることがより好ましく、0.56以上0.94以下であることが更に好ましく、0.60以上0.90以下であることが更に好ましい。

40

【0070】

上記 $I(200)$ 、上記 $I(111)$ 、および上記 $I(220)$ は、例えば以下の条件で行うX線回折測定（XRD測定）によって求めることが可能である。具体的には、上記 $I(200)$ 、上記 $I(111)$ 、および上記 $I(220)$ は、上記被膜の表面にX線を照射して、X線回折測定（XRD測定）を実行することにより得られる。なお、該測定を

50

逃げ面上の任意に選択された5箇所で行う。次いで、5箇所の測定箇所における上記I(200)、上記I(111)、および上記I(220)の各々の平均値を算出する。次いで、I(200)の平均値、I(111)の平均値、およびI(220)の平均値に基づいて、 $I(200) / (I(200) + I(111) + I(220))$ を算出することができる。

(X線回折測定の場合)

走査軸 : 2 -

X線源 : Cu-K 線 (1.541862 )

検出器 : 0次元検出器(シンチレーションカウンタ)

管電圧 : 45 kV

管電流 : 40 mA

入射光学系 : ミラーの利用

受光光学系 : アナライザ結晶 (PW3098/27) の利用

ステップ : 0.03°

積算時間 : 2秒

スキャン範囲(2θ) : 10° ~ 120°

#### 【0071】

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ている。

#### 【0072】

<下地層>

上記被膜は、下地層を更に含み、該下地層は、TiAlN又はAlpCr1-pNからなることが好ましい。この場合、上記下地層は、上記基材の直上で、且つ、上記第1層の直下に配置されることが好ましい。これによって、基材と被膜との密着力を向上することができる。

#### 【0073】

上記下地層の厚みは、0.05 μm以上1.0 μm以下であることが好ましい。これによって、基材と被膜との密着力を更に向上することができる。下地層の厚みが薄すぎると、基材と被膜との密着力の向上しにくい傾向があり、また、下地層の厚みが厚すぎると、第1層における粒子の微細化に起因する膜強度の向上が妨げられる傾向があるためである。また、上記下地層の厚みの下限は、0.10 μm以上であることが好ましく、0.15 μm以上であることがより好ましく、0.20 μm以上であることが更に好ましい。また、上記下地層の厚みの上限は、0.80 μm以下であることが好ましく、0.60 μm以下であることがより好ましく、0.40 μm以下であることが更に好ましい。また、上記下地層の厚みは、0.10 μm以上0.80 μm以下であることが好ましく、0.15 μm以上0.60 μm以下であることがより好ましく、0.20 μm以上0.40 μm以下であることが更に好ましい。

#### 【0074】

上記aは、0.2以上1.0以下であることが好ましい。これによって、基材との密着性を改善し、被膜の耐剥離性を改善することができる。上記aは、0.3以上0.9以下であることが好ましく、0.4以上0.8以下であることがより好ましく、0.5以上0.7以下であることが更に好ましい。

#### 【0075】

上記pは、0以上0.8以下であることが好ましい。これによって、基材との密着性を改善し、被膜の耐剥離性を改善することができる。上記pは、0.1以上0.77以下であることが好ましく、0.2以上0.74以下であることがより好ましく、0.3以上0.7以下であることが更に好ましい。

#### 【0076】

上記aおよび上記pは、次のようにして求めることができる。まず、切削工具の任意の位置を切断し、被膜の断面を含む試料を作製する。この試料の作製には、集束イオンビー

10

20

30

40

50

ム装置、クロスセクションポリッシャ装置等を用いることができる。次いで、上記試料をSEMに付帯のエネルギー分散型X線分光法(EDX)で、元素分析することによって求めることができる。

【0077】

<他の層>

本実施形態の効果を損なわない限り、上記被膜は、上記他の層を更に含んでいてもよい。図4～図6に示されるように、上記他の層としては、例えば、中間層14、および表面層15等が挙げられる。

【0078】

(中間層)

本実施形態の被膜は、例えば、隣接する第1層12同士の間(図4)、または隣接する第1層12と表面層15との間(図5)において、中間層14を含むことができる。中間層14は、第1層12と、他の第1層12または第1層12以外の層(表面層15など)との間に配置される層である。また、中間層の組成は、例えば、窒化チタン(TiN)、炭窒化チタン(TiCN)、窒化チタンアルミ(TiAlN)、窒化チタンアルミケイ素(TiAlSiN)、窒化チタンアルミホウ素(TiAlBN)、窒化チタンアルミジルコニウム(TiAlZrN)、窒化チタンアルミハフニウム(TiAlHfN)、窒化チタンアルミバナジウム(TiAlVN)、窒化チタンアルミニオブ(TiAlNbN)、窒化チタンアルミタンタル(TiAlTaN)、窒化チタンアルミクロム(TiAlCrN)、窒化チタンアルミモリブデン(TiAlMoN)、窒化チタンアルミタングステン

10

20

【0079】

(表面層)

本実施形態の被膜は、表面層を含むことができる(図6)。表面層15は、被膜40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。

【0080】

表面層15としては、例えば、TiN層が挙げられる。TiN層は色彩が明瞭(金色を呈する)であるため、表面層15として用いると、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。

30

【0081】

表面層15の厚みは、例えば、0.01μm以上0.3μm以下とすることができる。

【0082】

[実施形態2：切削工具の製造方法]

実施形態1の切削工具の製造方法について以下に説明する。なお、以下の製造方法は一例であり、実施形態1の切削工具は、他の方法で作製されたものでもよい。

【0083】

本実施形態に係る切削工具の製造方法は、

上記基材を準備する第1工程(以下、単に「第1工程」という場合がある)と、

上記基材上に上記被膜を形成する第3工程(以下、単に「第3工程」という場合がある)と、を含む。また、該製造方法は、更に、上記第1工程により得られた基材の表面をイオンボンバードメント処理する第2工程(以下、単に「第2工程」という場合がある)、及び/又は、上記第3工程により得られた被膜の表面を乾式ブラスト処理する第4工程(以下、単に「第4工程」という場合がある。)を更に含むことができる。以下、各工程について説明する。

40

【0084】

第1工程：基材を準備する工程

第1工程では、上記基材を準備する。上記基材としては、上述したようにこの種の基材として従来公知のものであればいずれの基材も使用することができる。例えば、形状がI

50

S O規格のD N G A 1 5 0 4 0 8であり、超硬合金材料（K 1 0相当）からなる基体を準備する。該基体の刃先（コーナー）部分のそれぞれに立方晶窒化硼素焼結体からなるの基材（形状：頂角が5 5 °であり当該頂角を挟む両辺がそれぞれ2 m mである二等辺三角形を底面とし、厚みが2 m mの三角柱状のもの）を接合することにより接合体を得る。なお接合には、T i - Z r - C uからなるロウ材を用いる。次いで、当該接合体の外周面、上面および下面を研削し、刃先にネガランド形状（ネガランド幅が1 5 0 μ mであり、ネガランド角が2 5 °）を形成する。このようにして、刃先（切れ刃）部分がそれぞれ立方晶窒化硼素焼結体からなる基体を得ることができる。

#### 【 0 0 8 5 】

上記のように、接合体の外周面、上面およびネガランド部を研削する際、番手が# 7 0 0 以上であるきめの細かい砥石を用いることが好ましい。# 7 0 0 未満である砥石を使用した場合、研削筋による凹凸が発生し易いため、 $R s k s u b$ の絶対値が大きくなる傾向がある。従来は、基材と被膜との密着性を高めるためには、 $R s k s u b$ が一定以上の大きさである方が好ましいと考えられていた。本発明者らは鋭意検討の結果ら、 $R s k s u b$ が- 2 以上2 以下であると、基材の被膜と接する面において、山部と谷部の分布の偏りが小さくなることに起因して、基材と被膜との密着性を向上することができること、及び、加工時の負荷による応力集中が軽減されるため、被膜の耐剥離性を向上することができることを新たに見出した。更に、番手が# 7 0 0 以上であるきめの細かい砥石を用いることにより、 $R s k s u b$ を- 2 以上2 以下とすることができることは、本発明者らが新たに知見したものである。

#### 【 0 0 8 6 】

第2工程：基材の表面をイオンボンバードメント処理する工程

第2工程では、基材の表面をイオンボンバードメント処理する。例えば、先ず、基体を成膜装置の真空チャンパー内にセットする。次いで、チャンパー内の真空引きを行なう。次いで、回転テーブルを3 r p mで回転させながら、基体を5 0 0 に加熱する。次いで、真空チャンパー内にA r ガスを導入し、タングステンフィラメントを放電させてA r イオンを発生させ、基体にバイアス電圧を印加し、A r イオンにより、以下の条件で基体のイオンボンバードメント処理を行なう。

（イオンボンバードメント処理の条件）

A r ガスの圧力 : 1 P a

基板バイアス電圧 : - 6 0 0 V ~ - 1 0 0 0 V

処理時間 : 1 0 分 ~ 4 5 分

これによって、上記 $R s k s u b$ を- 2 以上2 以下とすることができる。

#### 【 0 0 8 7 】

上記のような条件で、基材の表面をイオンボンバードメント処理することによって、 $R s k s u b$ を所望の値とすることができることは、本発明者らが新たに知見したものである。

#### 【 0 0 8 8 】

第3工程：基材上に被膜を形成する工程

第3工程では、基材上に被膜を形成する。また、上記第3工程は、上記イオンボンバードメント処理された基材の表面の少なくとも一部を第1層で被覆する「第1層被覆工程」を含む。

#### 【 0 0 8 9 】

上記基材の少なくとも一部を第1層で被覆する方法としては、例えば、物理蒸着（P V D）法が挙げられる。

#### 【 0 0 9 0 】

P V D法としては、A I P法（真空アーク放電を利用して固体材料を蒸発させるイオンプレーティング法）、スパッタリング法が挙げられる。たとえば、A I P法を用いてT i A l S i N層を製造する場合、金属蒸発源であるT i A l S i ターゲットと、反応ガスであるN<sub>2</sub>とを用いればよい。また、スパッタリング法を用いてT i A l S i N層を製造する場合、金属蒸発源であるT i A l S i ターゲットと、反応ガスであるN<sub>2</sub>と、A r、K

10

20

30

40

50

r、Xe等のスパッタガスとを用いればよい。また、基板（基材）温度は、300 ~ 800 とし、ガス圧を0.1 ~ 10 Paに設定することができる。

【0091】

上記第1層被覆工程は、成膜中にバイアス電圧を変動させる工程（i）と、2種類のターゲット組成を準備し同時蒸着を行う工程（ii）との一方又は両方を含む。本発明者らは、鋭意検討の結果、これによって、上記第1層において、該第1層の厚み方向に沿って、上記xと上記yとを、第1層の厚み方向に沿って変化させることができることを新たに知見した。

【0092】

上記工程（i）は、例えば、ターゲットとしてTiAlSiターゲットを用い、且つ、バイアス電圧を35Vと50Vとの間で不連続に変動させることにより実行することができる。

10

【0093】

上記工程（ii）は、例えば、2種類のターゲットとしてTiAlSiターゲットとTiAlNターゲットとを用い、且つ、バイアス電圧を30Vに固定することにより実行することができる。

【0094】

上記第3工程は、上記第1層被覆工程に加えて、下地層および表面層などの他の層を形成する工程を含むことができる。他の層は、従来の方法によって形成することができる。なお、以下「下地層を形成する工程」を工程（iii）という場合がある。

20

【0095】

第4工程：被膜の表面を乾式ブラスト処理する工程

第4工程では、上記第3工程により得られた被膜の表面を乾式ブラスト処理する。例えば、第4工程は、第3工程により得られた被膜のすくい面、逃げ面及びネガランド面に対し、ダイヤモンド砥粒を用いた弾性研磨メディアを、100mmの投射距離で、約15度から70度の投射角度に調整し、60秒~120秒の間ブラストを投射するという条件で、乾式ブラストにより研磨することにより実行される。これによって、被膜の表面の粗さR<sub>asurf</sub>を0μm以上0.1μm以下とし、且つ、被膜の表面のスキューネスR<sub>sksurf</sub>を-2以上2以下とすることができる。なお、ブラスト処理を行う面に対する投射角度が70度超の場合、被膜の表面の凹凸と面の粗さとが減少するより、被膜の除去が進行し易いため、被膜の効果を得にくい傾向がある。また、投射角度が15度未満の場合、弾性研磨メディアの研磨効果を得にくいいため、被膜の表面の粗さが減少しにくい傾向がある。

30

【0096】

上記のように、被膜の表面を乾式ブラスト処理することにより、R<sub>asurf</sub>を0μm以上0.1μm以下およびR<sub>sksurf</sub>を-2以上2以下とすることができることは、本発明者らが新たに知見したものである。

【0097】

その他の工程

本実施形態に係る製造方法では、上述した工程の他にも、例えば、上記第4工程以外の方法により、被膜の表面を処理する工程等を適宜行ってもよい。

40

【実施例】

【0098】

以下、実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0099】

切削工具の作製

[ 試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 1 - 101 ~ 試料No. 104 ]

下記の製造方法を用いて、試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具を作製した。

50

## 【 0 1 0 0 】

< 第 1 工程：基材を準備する工程 >

まず、形状が ISO 規格の D N G A 1 5 0 4 0 8 であり、超合金材料 ( K 1 0 相当 ) からなる基材を準備した。次いで、該基材の刃先部分 ( コーナー部分 ) に、c B N 含有率が 7 0 % であり、且つ、結合材の組成が T i N、T i B<sub>2</sub>、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、および A l N からなる組成を有する立方晶型窒化硼素焼結体基材 ( 形状：頂角が 5 5 ° であり、当該頂角を挟む両辺がそれぞれ 2 m m である二等辺三角形を底面とし、厚みが 2 m m の三角柱状のもの ) を接合することにより、接合体を得た。なお接合には、T i - Z r - C u からなるろう材を用いた。次いで、該接合体の外周面、上面および下面を研削し、刃先にネガランド形状 ( ネガランド幅が 1 5 0 μ m であり、ネガランド角が 2 5 ° ) を形成した。研削は、表 1 及び表 2 の「第 1 工程」の「研磨砥石」欄に示される番手を有する砥石を用いて、行った。このようにして、刃先 ( 切れ刃 ) 部分がそれぞれに立方晶窒化硼素焼結体からなる基材を得た。

10

## 【 0 1 0 1 】

20

30

40

50

【表 1】

Table 1

試料 No.	第 1 工程		第 2 工程		第 3 工程				第 4 工程
	研磨砥石	ハ イス 電圧[V]	時間 [min]	第 1 層被覆工程				下地層を 形成する工程	有無
				工程(i)		工程(ii)			
	ハ イス 電圧[V]	タ ーゲ ッ ト	ハ イス 電圧[V]	タ ーゲ ッ ト	ハ イス 電圧[V]	タ ーゲ ッ ト	ハ イス 電圧[V]	タ ーゲ ッ ト	
1	#700	-1000	45	TiAlSi	-	-	-	-	有
2	#700	-1000	45	TiAlB	-	-	-	-	有
3	#700	-1000	45	TiAlZr	-	-	-	-	有
4	#700	-1000	45	TiAlHf	-	-	-	-	有
5	#700	-1000	45	TiAlV	-	-	-	-	有
6	#700	-1000	45	TiAlNb	-	-	-	-	有
7	#700	-1000	45	TiAlTa	-	-	-	-	有
8	#700	-1000	45	TiAlCr	-	-	-	-	有
9	#700	-1000	45	TiAlMo	-	-	-	-	有
10	#700	-1000	45	TiAlW	-	-	-	-	有
11	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	-	-	有
12	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	-	-	有
13	#700	-1000	45	-	30	TiAlCr	-	-	有
14	#700	-1000	45	-	30	TiAlNb	-	-	有
15	#700	-1000	45	-	30	TiAlZr	-	-	有
16	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	-	-	有
17	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	Ti	-	有
18	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	TiAl	-	有
19	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	TiAl	-	有
20	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	Ti	-	有
21	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	TiAl	-	有
22	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	Ti	-	有
23	#700	-1000	45	-	30	TiAlB	TiAlB	-	有
24	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	TiAl	-	有
25	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	Ti	-	有
26	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	TiAl	-	有
27	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	TiAl	-	有
28	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	Ti	-	有
29	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	TiAl	-	有
30	#700	-1000	45	-	30	TiAlSi	Ti	-	有

【 0 1 0 2 】

10

20

30

40

50

【表 2】

**Table 2**

試料 No.	第 1 工程		第 2 工程		第 3 工程						第 4 工程
	研磨砥石	時間 [min]	バイアス電圧[V]	時間 [min]	第 1 層被覆工程		下地層を形成する工程		有無		
					工程(i)		工程(ii)				
					バイアス電圧[V]	ターゲット	バイアス電圧[V]	ターゲット		バイアス電圧[V]	ターゲット
31	#700	45	-1000	45	30	TiAlSi	TiAlSi	-	-	有	
32	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	-	-	有	
33	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	-	-	有	
34	#700	45	-1000	45	30	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
35	#700	45	-1000	45	30	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
36	#700	45	-1000	45	50	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
37	#700	45	-1000	45	50	TiAlB	TiAl	-	-	有	
38	#700	10	-1000	10	50	TiAlB	TiAl	-	-	有	
39	#700	45	-1000	45	50	TiAlB	TiAl	-	-	無	
40	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	TiAlN	有	
41	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	TiAlN	有	
42	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	TiAlN	有	
43	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	TiAlN	有	
44	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	TiAlN	有	
45	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	30	AlC:N	有	
46	#700	45	-1000	45	20	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
47	#1000	45	-1000	45	30	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
48	#700	45	-1000	45	200	TiAlSi	TiAl	-	-	有	
101	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	-	-	有	
102	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAlB	-	-	有	
103	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	-	-	有	
104	#700	45	-1000	45	30	TiAlB	TiAl	-	-	有	

10

20

30

40

【 0 1 0 3 】

第 2 工程：基材の表面をイオンボンバードメント処理する工程

上記基材を成膜装置の真空チャンバー内にセットした。次いで、チャンバー内の真空引きを行なった。次いで、回転テーブルを 3 r p m で回転させながら、基材を 5 0 0 に加熱した。次いで、真空チャンバー内に A r ガス（圧力：1 P a）を導入し、タングステンフィラメントを放電させて A r イオンを発生させ、基材にバイアス電圧を印加し、該 A r イオンにより、基材のイオンボンバードメント処理を行なった。なお、イオンボンバードメント処理のバイアス電圧と、イオンボンバードメント処理の時間とは、表 1 及び表 2 の「第 2 工程」の「バイアス電圧」及び「時間」欄に示す通りである。

50

## 【0104】

第3工程：基材上に被膜を形成する工程

<工程(iii)：下地層を形成する工程>

次に、試料No. 40～試料No. 45において、上記基材の表面に下地層を形成するため、アークイオンプレーティング法を用いて、表2の「下地層を形成する工程」の「ターゲット」欄に記載したターゲットと、表2の「下地層を形成する工程」の「バイアス電圧」欄に記載したバイアス電圧との条件で工程(iii)を実行した。

## 【0105】

<第1層被覆工程>

次に、アークイオンプレーティング法を用いて、上記基材または上記下地層の表面に第1層を形成した。試料No. 1～試料No. 10では、上記工程(i)を行い、試料No. 11～No. 48、および試料No. 101～試料No. 104では、上記工程(ii)を行った。

10

## 【0106】

工程(i)では、表1および表2の「第1層被覆工程」の「工程(i)」の「ターゲット」欄に記載したターゲット、反応ガスとして $N_2$ ガスを用い、「バイアス電圧」欄に記載のバイアス電圧で第1層被覆工程を実行した。「バイアス電圧」欄における30/150との記載は、バイアス電圧30Vと150Vとを不連続に切り替えたことを意味する。より具体的には、バイアス電圧30Vを120秒間維持し、その後、バイアス電圧を150Vに切り替えて120秒間維持し、これを1周期として繰り返した。すなわち1周期の時間は240秒であった。

20

## 【0107】

工程(ii)では、表1および表2の「第1層被覆工程」の「工程(ii)」の「ターゲット」欄に記載した2種類のターゲット、反応ガスとして $N_2$ ガスを用い、「バイアス電圧」欄に記載のバイアス電圧で第1層被覆工程を実行した。例えば、試料No. 11では、ターゲットとしてTiAlSi及びTiAlを用い、反応ガスとして $N_2$ ガスを用い、バイアス電圧は30Vとした。

## 【0108】

なお、試料No. 31において、2つのターゲットがいずれも「TiAlSi」ターゲットであるが、2つのターゲットのうち一方のターゲットの組成比(Ti:Al:Si=30:50:20)と、もう一方のターゲットの組成比(Ti:Al:Si=32:49:19)とが相違する。すなわち、試料No. 31において、2種類のターゲットが用いられている。

30

## 【0109】

なお、試料No. 23において、2つのターゲットがいずれも「TiAlB」ターゲットであるが、2つのターゲットのうち一方のターゲットの組成比(Ti:Al:B=30:50:20)と、もう一方のターゲットの組成比(Ti:Al:B=32:49:19)とが相違する。すなわち、試料No. 23において、2種類のターゲットが用いられている。

## 【0110】

また、試料No. 102において、2つのターゲットは、いずれも「TiAlB」ターゲットである。2つのターゲットのうち一方のターゲットの組成比は、Ti:Al:B=40:50:10であり、もう一方のターゲットの組成比は、Ti:Al:B=50:40:10である。

40

## 【0111】

また、試料No. 12、試料No. 101、試料No. 103、および試料No. 104は、2つのターゲットとして「TiAlB」ターゲットと、「TiAl」ターゲットとを用いる点において共通するが、以下のようにターゲットの組成比において相違する。試料No. 12において、「TiAlB」ターゲットの組成比は、Ti:Al:B=50:48:2であり、「TiAl」ターゲットの組成比は、Ti:Al=50:50である。

50

また、試料No. 101において、「TiAlB」ターゲットの組成比は、Ti : Al : B = 48 : 50 : 2であり、「TiAl」ターゲットの組成比は、Ti : Al = 50 : 50である。また、試料No. 103および試料No. 104において、「TiAlB」ターゲットの組成比は、Ti : Al : B = 50 : 48 : 2であり、「TiAl」ターゲットの組成比は、Ti : Al = 50 : 50である。

#### 【0112】

第4工程：被膜の表面を乾式ブラスト処理する工程

次に、試料No. 1～試料No. 38、試料No. 40～試料No. 48、試料No. 101～試料No. 104を作製するため、第3工程により得られた被膜の表面における被加工面（すくい面、逃げ面、ネガランド面）に対し、表1および表2に記載した条件で、ブラスト処理を実行した。ブラスト処理は、被膜のすくい面、逃げ面及びネガランド面に対し、ダイヤモンド砥粒を用いた弾性研磨メディアを、100mmの投射距離で、約15度から70度の投射角度に調整し、60秒間ブラストを投射するという条件で実行された。

10

#### 【0113】

以上の工程を実行することにより、表3および表4に示した構成を有する試料No. 1～試料No. 48および試料No. 101～試料No. 104の切削工具を作製した。

#### 【0114】

切削工具の特性評価

上述のようにして作製した試料No. 1～試料No. 48、および試料No. 101～試料No. 104の切削工具を用いて、以下のように、切削工具の各特性を評価した。なお、試料No. 1～試料No. 48の切削工具は実施例に対応し、試料No. 101～試料No. 104の切削工具は比較例に対応する。

20

#### 【0115】

<  $x_{max}$ 、 $x_{min}$ 、 $y_{max}$ 、 $y_{min}$ 、 $a$ 、および $p$ の測定、およびMの特定 >  
試料No. 1～試料No. 48、および試料No. 101～試料No. 104の切削工具について、第1層におけるTi(1-x-y)Al<sub>x</sub>M<sub>y</sub>Nの「M」の種類、「 $x_{max}$ 」、「 $x_{min}$ 」、「 $y_{max}$ 」、および「 $y_{min}$ 」と、下地層におけるTiAl<sub>1-a</sub>N又はAl<sub>p</sub>Cr<sub>1-p</sub>Nの「 $a$ 」および「 $p$ 」とを、実施形態1に記載の方法により求めた。得られた結果のうち、「M」、「 $x_{max}$ 」、「 $x_{min}$ 」、「 $y_{max}$ 」、「 $y_{min}$ 」を、それぞれ表3および表4の「M」、「 $x_{max}$ 」の項、「 $x_{min}$ 」の項、「 $y_{max}$ 」の項、「 $y_{min}$ 」の項に記す。また、得られた結果のうち、「 $a$ 」、「 $p$ 」を、それぞれ表3および表4の「 $a$ 」の項、「 $p$ 」の項のそれぞれに記す。

30

#### 【0116】

40

50



【表 4】

Table 4

試料 No.	M	第 1 層						第 1 層			下地層			R <sub>(20)</sub>	Rsk <sub>surf</sub>	Ra <sub>surf</sub>	Rsk <sub>sub</sub>	切削試験 最大 磨耗量 [μm]
		第 1 層 の厚み [μm]	x <sub>max</sub>	x <sub>min</sub>	y <sub>max</sub>	y <sub>min</sub>	x <sub>max</sub> -x <sub>min</sub>	y <sub>max</sub> -y <sub>min</sub>	結晶子 サイズ [nm]	残留 応力 [GPa]	下地層 の厚み [μm]	a	p					
31	Si	3.0	0.50	0.49	0.20	0.19	0.01	0.01	0.01	22	-1.0	-	-	0.2	0.07	0.7	0.84	74
32	B	0.2	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	30	-1.4	-	-	0.7	0.07	1.3	0.84	105
33	B	9.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	23	-1.1	-	-	-0.1	0.10	0.6	0.85	95
34	Si	0.2	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	29	-1.1	-	-	-0.9	0.08	-0.5	0.85	105
35	Si	9.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	29	-1.8	-	-	-0.4	0.08	0.5	0.84	94
36	Si	3.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	5	-3.1	-	-	-0.5	0.08	0.1	0.86	94
37	B	3.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	5	-3.1	-	-	0.3	0.10	1.0	0.84	84
38	B	3.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	5	-3.1	-	-	-2.1	0.10	-1.2	0.84	101
39	B	3.0	0.50	0.48	0.02	0	0.02	0.02	0.02	5	-3.1	-	-	-0.5	0.11	2.1	0.84	102
40	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	0.05	0.7	-1.6	0.07	-1.3	0.51	102
41	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	1.0	0.5	-1.5	0.08	-1.2	0.55	103
42	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	0.3	0.2	-1.3	0.06	-1.4	0.56	105
43	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	0.3	1.0	-1.4	0.06	-1.4	0.52	102
44	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	0.3	0.5	-1.3	0.08	-1.3	0.52	104
45	B	3.0	0.53	0.50	0.02	0	0.03	0.05	0.05	31	-1.3	0.3	0.5	-1.4	0.07	-1.1	0.53	105
46	Si	3.0	0.50	0.40	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	31	-0.1	-	-	-1.5	0.05	-1.3	0.54	104
47	Si	3.0	0.50	0.40	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	31	-1.3	-	-	-1.6	0	-1.2	0.55	102
48	Si	3.0	0.50	0.40	0.10	0.05	0.10	0.05	0.10	31	-1.3	-	-	-1.4	0.06	-1.3	0.50	104
101	Si	3.0	0.50	0.50	0.10	0	0	0.10	0	90	-1.0	-	-	1.9	0.09	1.9	0.71	151
102	Si	3.0	0.50	0.40	0.10	0.10	0.10	0.10	0	90	-1.0	-	-	1.8	0.09	1.8	0.74	156
103	Si	0.1	0.50	0.40	0.10	0	0.10	0.10	0	51	-1.0	-	-	-0.5	0.09	-0.5	0.72	157
104	Si	9.1	0.50	0.40	0.10	0	0.10	0.10	0	42	-1.0	-	-	-1.0	0.09	-0.9	0.70	153

10

20

30

40

【 0 1 1 8 】

< 第 1 層の厚みおよび下地層の厚みの測定 >

試料 No. 1 ~ 試料 No. 48、および試料 No. 101 ~ 試料 No. 104 の切削工具について、第 1 層の厚みを、実施形態 1 に記載の方法により求めた。得られた結果を、それぞれ表 3 および表 4 の「第 1 層の厚み [ μ m ] 」の項に記す。また、試料 No. 40 ~ 試料 No. 45 の切削工具について、下地層の厚みを、実施形態 1 に記載の方法により求めた。得られた結果を、それぞれ表 3 および表 4 の「下地層の厚み [ μ m ] 」の項に記す。

【 0 1 1 9 】

50

## &lt; 第1層の結晶子サイズの平均の測定 &gt;

試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、第1層の結晶子サイズの平均を、実施形態1に記載の方法により求めた。得られた結果を、それぞれ表3および表4の「結晶子サイズ [ nm ]」の項に記す。

## 【0120】

## &lt; 第1層の残留応力の測定 &gt;

試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、第1層の残留応力を、実施形態1に記載の方法により求めた。得られた結果を、それぞれ表3および表4の「残留応力 [ GPa ]」の項に記す。

## 【0121】

## &lt; Rsksub、Rasurf、およびRsksurfの測定 &gt;

試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、Rsksub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、それぞれ表3および表4の「Rsksub」の項に記す。また、試料No. 1 ~ 試料No. 39、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、Rasurf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、それぞれ表3および表4の「Rasurf [ μm ]」の項に記す。また、試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、Rsksurf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、それぞれ表3および表4の「Rsksurf」の項に記す。

## 【0122】

## &lt; I(200) / ( I(200) + I(111) + I(220) ) の測定 &gt;

試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、第1層のI(200) / ( I(200) + I(111) + I(220) ) 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、それぞれ表3および表4の「R(200)」の項に記す。

## 【0123】

## 切削試験

上記のようにして作製した試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具を用いて、以下の切削試験を行った。

## 【0124】

試料No. 1 ~ 試料No. 48、および試料No. 101 ~ 試料No. 104の切削工具について、以下の切削条件により被削材の切削加工を実行した。切削距離が50mに達した時点で、相互に接した切削工具と被削材とを一旦分離した。次いで、上記分離後3秒経過後に、以下の切削条件により上記被削材の切削を再度実行した。切削距離が4kmに達するまで、これらを繰り返し実行した。次いで、切削距離が4kmに達した時点における切削工具の逃げ面における最大摩耗量を測定した。被膜の破壊が発生した場合、当該破壊の発生箇所を起点に摩耗が進展し易くなるため、最大摩耗量が大きくなる傾向がある。そのため、該最大摩耗量が小さいほど、高能率加工においても、切削工具が長い工具寿命を有することを意味する。上記最大摩耗量を表3および表4の「最大摩耗量 [ μm ]」の項に記す。

## ( 切削条件 )

被削材 : 高硬度鋼SCM415 ( HRC62 ) ( 直径100mm × 長さ300mm )

切削速度 :  $V = 150 \text{ m/min}$  .

送り :  $f = 0.2 \text{ mm/rev}$  .

切込み :  $a_p = 0.5 \text{ mm}$

湿式 / 乾式 : 湿式

当該切削条件は、高能率加工に該当する。

## 【0125】

## &lt; 結果 &gt;

10

20

30

40

50

試料No. 1～試料No. 48は、実施例に該当する。試料No. 101～試料No. 104は、比較例に該当する。表3および表4の結果から、実施例に該当する試料No. 1～試料No. 48の切削工具は、比較例に該当する試料No. 101～試料No. 104の切削工具よりも、高能率加工においても長い工具寿命を有することが分かった。

【0126】

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】

【0127】

1 すくい面、2 逃げ面、3 刃先稜線部、10 切削工具、11 基材、12 第1層、13 下地層、14 中間層、15 表面層、40 被膜、W1およびW2 周期幅、A1～A5およびB1～B5 第1層の深さ、L1 平均線

10

20

30

40

50

【要約】

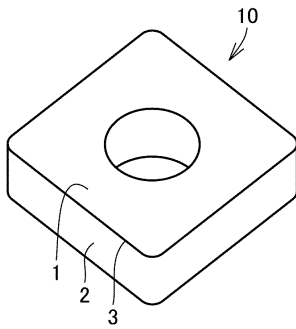
切削工具は、基材と、前記基材上に配置された被膜と、を備える切削工具であって、前記被膜は、第1層を含み、前記第1層の厚みは、 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上 $9\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記第1層は、 $\text{Ti}(1-x-y)\text{Al}_x\text{M}_y\text{N}$ からなり、前記Mは、ジルコニウム、ハフニウム、周期表5族元素、6族元素、珪素、および硼素からなる群より選択される1種の元素であり、前記第1層において、前記第1層の厚み方向に沿って、前記x及び前記yは変化し、前記xの最大値 $x_{\text{max}}$ は、 $0.20$ 以上 $0.70$ 以下であり、前記xの最小値 $x_{\text{min}}$ は、 $0$ 以上 $0.6$ 以下であり、前記 $x_{\text{max}}$ と前記 $x_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \leq 0.7$ を満たし、前記yの最大値 $y_{\text{max}}$ は、 $0.01$ 以上 $0.20$ 以下であり、前記yの最小値 $y_{\text{min}}$ は、 $0$ 以上 $0.19$ 以下であり、前記 $y_{\text{max}}$ と前記 $y_{\text{min}}$ とは、 $0.01 \leq y_{\text{max}} - y_{\text{min}} \leq 0.2$ を満たす。

10

【図面】

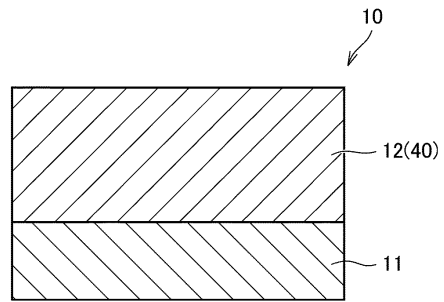
【図1】

FIG.1



【図2】

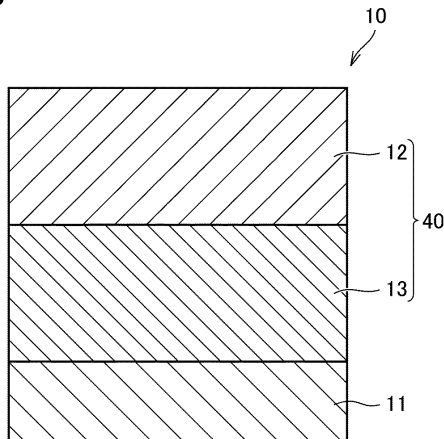
FIG.2



20

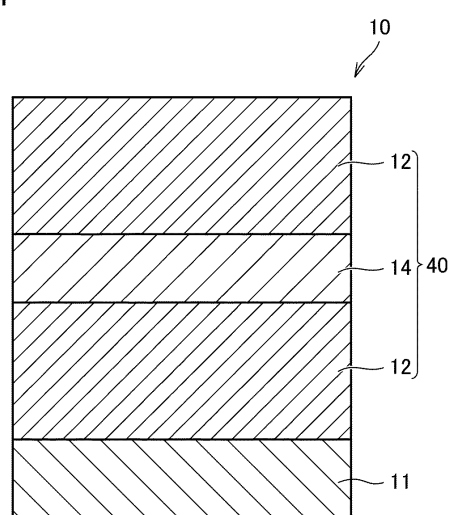
【図3】

FIG.3



【図4】

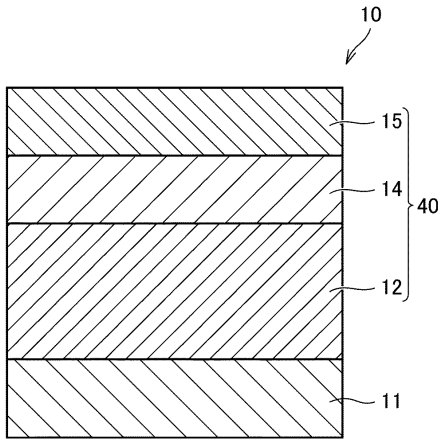
FIG.4



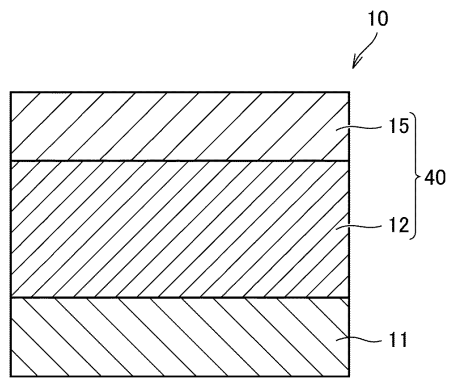
30

40

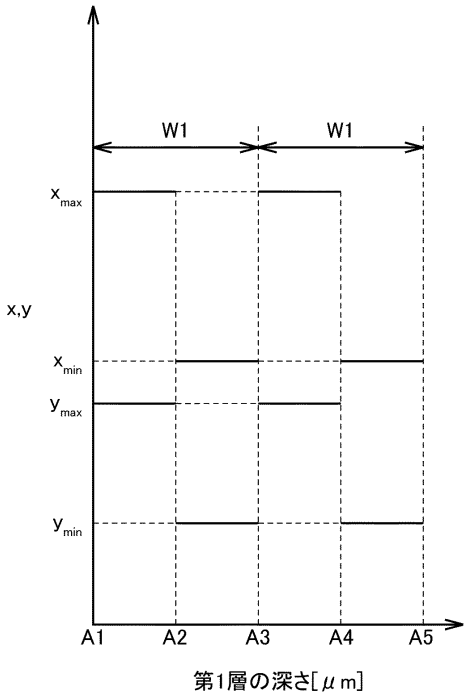
【図5】  
FIG.5



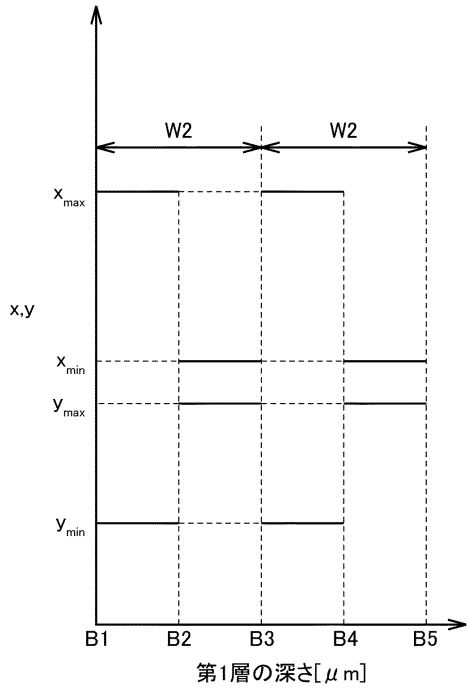
【図6】  
FIG.6



【図7】  
FIG.7



【図8】  
FIG.8



10

20

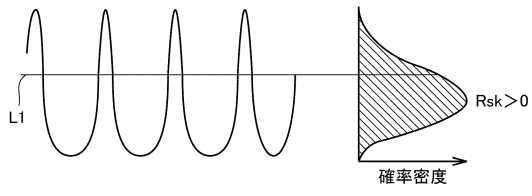
30

40

50

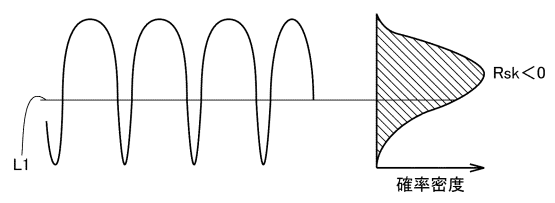
【 図 9 】

FIG.9



【 図 10 】

FIG.10



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2021/085253(WO, A1)  
国際公開第2017/175803(WO, A1)  
特開2007-105841(JP, A)  
特開2011-224688(JP, A)  
特開2020-151774(JP, A)  
特開2004-074378(JP, A)  
特開2006-334739(JP, A)  
特開2004-249397(JP, A)  
特開2007-105839(JP, A)  
特開2019-171495(JP, A)  
特開2007-313636(JP, A)  
特開2009-028861(JP, A)  
国際公開第2016/031921(WO, A1)  
国際公開第2019/065677(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
B23B 27/00 - 29/34  
B23B 51/00 - 51/14  
B23C 1/00 - 9/00  
C23C 14/06