(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
2024年3月28日(28.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/062613 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) *C23C 14/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/035452

(22) 国際出願日： 2022年9月22日(22.09.2022)

(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: 住友電気工業株式会社 (**SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 福井 治世 (**FUKUI, Haruyo**); 〒5410041 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 Osaka (JP). 月原 望 (**TSUKIHARA, Nozomi**); 〒5410041 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 Osaka (JP). パサート アノンサック (**PASEUTH, Anongsack**); 〒5410041 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 Osaka (JP). 田畑 敏広 (**TABATA, Toshihiro**); 〒5410041 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 Osaka (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).

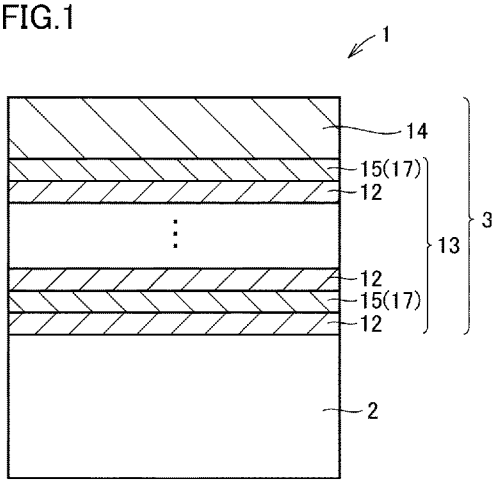
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, 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, SC, 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,

(54) **Title:** CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 切削工具

FIG.1



(57) **Abstract:** A cutting tool comprising a substrate and a coating that is disposed upon the substrate, wherein: the coating includes a first layer; the first layer is formed from alternating layers consisting of first unit layers and second unit layers stacked in an alternating manner; each first unit layer is composed of $Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$; a is 0.350 to 0.650 inclusive; b is 0.001 to 0.100 inclusive; each second unit layer is composed of $Ti_cSi_{1-c}N$; and c is 0.20 to 0.99 inclusive.

(57) 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、第１単位層と第２単位層とが交互に積層された交互層からなり、前記第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、前記ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、前記ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、前記第２単位層は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、前記ｃは、０．２０以上０．９９以下である、切削工具。

［続葉有］

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)）

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、基材と、該基材上に配置された被膜と、を備える切削工具が、切削加工に用いられている（特許文献１および特許文献２）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１７－６４８４５号公報

特許文献2：特開平９－３００１０５号公報

発明の概要

[0004]　本開示の一態様に係る切削工具は、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、第１単位層と第２単位層とが交互に積層された交互層からなり、

該第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

該ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

該第２単位層は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、

該ｃは、０．２０以上０．９９以下である。

[0005]　本開示の他の一態様に係る切削工具は、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１Ａ層を含み、

該第１Ａ層は、第１単位層と第３単位層とが交互に積層された交互層からなり、

該第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

該ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

該第３単位層は、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなり、

該Ｍは、硼素であり、

該ｄは、０．２０以上０．９９以下であり、

該ｅは、０超０．０５以下である。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図１は、本開示の一実施形態に係る切削工具の模式的な拡大断面図である。

[図2]図２は、本開示の他の一実施形態に係る切削工具の模式的な拡大断面図である。

[図3]図３は、本開示の別の他の一実施形態に係る切削工具の模式的な拡大断面図である。

[図4]図４は、本開示の更に別の他の一実施形態に係る切削工具の模式的な拡大断面図である。

[図5]図５は、第１単位層及び第２単位層の厚みの比の一例を説明するための図である。

[図6]図６は、実施例で用いられたカソードアークイオンプレーティング装置の模式的な断面図である。

[図7]図７は、図６に示されるカソードアークイオンプレーティング装置の模式的な上面図である。

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］

切削加工は、ものづくり技術の中でも中心的な役割を担っており、常に技術の進化と、さらなる高度化が求められ続けている。切削加工技術においては、基本的に高速・高能率化および高精度化が求められてきているが、最近の動向として被削材の難削化があり、その対応も求められている。加えて、

切削加工の現場において、２０３０年までに持続可能でより良い世界を実現するため、ＳＤＧｓ（Ｓｕｓｔａｉｎａｂｌｅ　Ｄｅｖｅｌｏｐｍｅｎｔ　Ｇｏａｌｓ：持続可能な開発目標）への注目度が近年ますます高まっている。ここで、持続可能な開発とは、将来の世代が必要とする資源を損なわず、自然の脅威にも耐えられるような社会基盤の構築を意味する。そのため、切削加工技術の高度化により、工程の削減による製品製造時の省電力化及び切削加工に伴う廃棄物の削減等、環境負荷低減が期待される。これを切削工具に当てはめると、工具の長寿命化のために高温硬度が高く、硬度と靭性とを兼ね備えた各種コーティング工具材種の開発が指向されてきた。

[0008] 従来、コーティング工具材種として、Ｔｉ及びＡｌを主成分とした窒化物や炭窒化物被膜が基材表面上に被覆されてきた（特許文献１および特許文献２）。しかしながら、前述のＳＤＧｓおよび地球環境保全の観点から、切削油剤を用いないドライ加工や加工能率の向上のために、切削速度がより高速になってきていること、及び被削材が多様化しており特に航空機や医療の分野では難削材と呼ばれる耐熱合金やチタン合金等の切削が増えていること、等の理由から、切削工程における切削工具の刃先温度が高温になる傾向にある。すなわち、刃先温度が高温になると、切削工具の寿命が極端に短くなってしまう。従って、このような過酷な切削条件下においても、優れた工具寿命を示すことのできる切削工具が求められている。

[0009] ［本開示の効果］

本開示によれば、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[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）本開示の一態様に係る切削工具は、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、第１単位層と第２単位層とが交互に積層された交互層から

なり、

前記第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

前記ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

前記ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

前記第２単位層は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、

前記ｃは、０．２０以上０．９９以下である。

[0011] 本開示によれば、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0012] （２）上記（１）において、前記第１単位層と、前記第１単位層に隣接する前記第２単位層とにおいて、前記第２単位層の厚みλ２に対する、前記第１単位層の厚みλ１の比λ１／λ２は、１以上５以下であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0013] （３）上記（１）または上記（２）において、前記第１単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、

前記第２単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0014] （４）上記（１）から（３）のいずれかにおいて、前記被膜は、前記基材と、前記第１層との間に配置される第２層を更に含み、

前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成または前記第２単位層の組成と同一であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0015] （５）上記（４）において、前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第１単位層の厚みより厚いことが好ましい。こ

れによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0016] （６）上記（４）において、前記第２層の組成は、前記第２単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第２単位層の厚みより厚いことが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0017] （７）上記（１）から（６）のいずれかにおいて、前記被膜は、前記第１層の前記基材と反対側に設けられる第３層を更に含み、

前記第３層は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0018] （８）本開示の他の一態様に係る切削工具は、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１Ａ層を含み、

前記第１Ａ層は、第１単位層と第３単位層とが交互に積層された交互層からなり、

前記第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

前記ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

前記ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

前記第３単位層は、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなり、

前記Ｍは、硼素であり、

前記ｄは、０．２０以上０．９９以下であり、

前記ｅは、０超０．０５以下である。

[0019] 本開示によれば、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0020] （９）上記（８）において、前記第１単位層と、前記第１単位層に隣接する前記第３単位層とにおいて、前記第３単位層の厚みλ３に対する、前記第

１単位層の厚みλ１の比λ１／λ３は、１以上５以下であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0021] （１０）上記（８）または上記（９）のいずれかにおいて、前記第１単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、

前記第３単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0022] （１１）上記（８）から（１０）のいずれかにおいて、前記被膜は、前記基材と、前記第１Ａ層との間に配置される第２層を更に含み、

前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成または前記第３単位層の組成と同一であることが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0023] （１２）上記（１１）において、前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第１単位層の厚みより厚いことが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0024] （１３）上記（１１）において、前記第２層の組成は、前記第３単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第３単位層の厚みより厚いことが好ましい。これによって、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0025] （１４）上記（８）から（１３）のいずれかにおいて、前記被膜は、前記第１Ａ層の前記基材と反対側に設けられる第３層を更に含み、

前記第３層は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなることが好ましい。これによって

、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、より長い工具寿命を有する切削工具を提供することが可能となる。

[0026] ［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。

[0027] 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。

[0028] 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「ＴｉＡｌＣｅＮ」と記載されている場合、ＴｉＡｌＣｅＮ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。

[0029] ［実施形態１：切削工具（１）］

本開示の一実施形態に係る切削工具について、図１～図５を用いて説明する。

本開示の一実施形態（以下、「実施形態１」とも記す。）は、

基材２と、該基材２上に配置された被膜３と、を備える切削工具１であって、

該被膜３は、第１層１３，１３’を含み、

該第１層１３，１３’は、第１単位層１２と第２単位層１５とが交互に積層された交互層からなり、

該第１単位層１２は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

該ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

該第２単位層１５は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、

該ｃは、０．２０以上０．９９以下である。

[0030] 本開示によれば、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、長い工具寿命を有する切削工具１を提供することが可能となる。その理由は、以下の通りと推察される。

[0031] （ａ）上記切削工具１において、被膜３は、第１層１３，１３’を含み、該第１層１３，１３’は、第１単位層１２と第２単位層１５とが交互に積層された交互層からなる。これによって、該第１層において、粒界が少なくなることに起因して、該第１層１３，１３’の「耐亀裂性」と「耐酸化性」とを向上することができ、第１単位層１２と第２単位層１５との界面において「クラックの進展」を抑制できる。

[0032] （ｂ）上述の通り、被膜３は、第１層１３，１３’を含み、該第１層１３，１３’は、第１単位層１２と第２単位層１５とが交互に積層された交互層からなる。また、該第１単位層１２は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、該第２単位層１５は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなる。$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$は、$Ti_cSi_{1-c}N$に比して、高温でスピノーダル分解が生じ難い。その為、該第１単位層１２において、硬度低下が抑制され、圧縮残留応力が大きくなり、耐チッピング性に優れる傾向がある。一方で、$Ti_cSi_{1-c}N$は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$に比して、圧縮残留応力が小さく、優れた「熱遮断性」（言い換えれば、「耐熱性」）を有する傾向がある。また、このような第１層１３，１３’はナノコンポジット構造を有するため、柱状組織に見られるような粒界の発生が抑制され、被膜３表面から基材２に向けて酸素の内向拡散が抑制されることに起因して、被膜の耐酸化性が著しく向上され得る。また、上記第１層１３，１３’は、該第１単位層１２と該第２単位層１５とを交互に積層している為、該第１単位層１２の高い「硬度」と、第２単位層１５の優れた「耐熱性」とを兼備し、且つ第２単位層１５の小さい圧縮残留応力が第１単位層１２の大きい圧縮残留応力によって補完される。従って、第１層１３，１３’全体としては、硬度、耐熱性、及び圧縮残留応力とをバラン

ス良く向上することができる。

[0033] （ｃ）上記切削工具１において、上記第１単位層１２は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、該ｂは、０．００１以上０．１００以下である。これによって、Ａｌは酸化され易い為、該第１単位層１２の表面側にAl_2O_3からなる緻密な酸化物層が形成され易い。更に、Ｃｅは、Ａｌに比して酸化物の標準生成エネルギーが小さい為、Ａｌよりも酸化され易く、該第１単位層１２の最表面にはCeO_2からなる緻密な酸化物層が形成され易い。これらの酸化物層により、被膜３の「耐酸化性」が向上するとともに、被削材との反応性を抑制でき、被削材との摩擦係数を低減できる。また、ＣｅＮの格子定数は５．０１ÅとＴｉＮの格子定数４．２３ÅやＡｌＮの格子定数４．１２Åに比べて大きい為、該第１単位層１２にはひずみが導入され、該第１単位層１２の組織が微細化する。その結果として、該第１単位層１２が高硬度化する為、該第１単位層１２の「耐摩耗性」を向上することができる。

[0034] （ｄ）上記切削工具１において、上記第２単位層１５は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、該ｃは、０．２０以上０．９９以下である。これによって、耐熱遮断性（言い換えれば、「耐熱性」）と耐酸化性と靭性とのバランスに優れ得る。また、該第２単位層１５は、ナノメートルサイズの立方晶のＴｉＮ結晶と、ナノメートルサイズの非晶質のＳｉＮｘとが混在した構造（ナノコンポジット構造）をとることに起因して、高硬度化するため、第２単位層１５の「耐摩耗性」を向上することができる。

[0035] すなわち、本開示によれば、切削工具１が優れた「耐亀裂性」、優れた「耐酸化性」、優れた「クラックの進展抑制効果」、高い「硬度」、優れた「耐摩耗性」、優れた「耐熱性」、および優れた「靭性」を兼備することができる為、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、長い工具寿命を有する切削工具１を提供することが可能となる。

[0036] ≪切削工具≫

図１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１は、基材

２と、該基材２上に配置された被膜３と、を備える。該被膜３は、基材２の全面を被覆することが好ましいが、基材２の一部が該被膜３で被覆されていなかったり、該被膜３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。該基材２の一部が該被膜３で被覆されていない場合においては、該被膜３は、基材２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２の切削に関与する部分とは、基材２の大きさや形状にもよるが、基材２において、その刃先稜線と、該刃先稜線から基材２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。

[0037] 本実施形態の切削工具１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１として好適に使用することができる。

[0038] ＜基材＞

基材２としては、この種の基材２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及び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。

[0039] これらの各種基材２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２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１の基材２として用いた場合に、該切削工具１の長寿命化に寄与することができる。

[0040] ＜被膜＞

実施形態１の被膜３は、第１層１３，１３’を含む。被膜３は、基材２を

被覆することにより、切削工具１の耐摩耗性や耐チッピング性等の諸特性を向上させ、切削工具１の長寿命化をもたらす作用を有する。なお、被膜３は、第１層１３，１３’に加えて、後述する「他の層」を含むことができる。

[0041] 被膜３は、全体の厚みが０．５μｍ以上１５μｍ以下であることが好ましい。該全体の厚みが０．５μｍ未満であると、被膜３の厚みが薄すぎて、切削工具１の寿命が短くなる傾向にある。一方、該全体の厚みが１５μｍ超であると、切削初期において被膜３がチッピングしやすくなり、切削工具１の寿命が短くなる傾向にある。被膜３の全体の厚みは、ＳＥＭ（走査型電子顕微鏡）を用いて被膜３の断面を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５０００～１００００倍とし、観察面積を１００～５００μｍ^{2}として、１視野において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。

[0042] 被膜３の圧縮残留応力は、絶対値が６ＧＰａ以下であることが好ましい。被膜３の圧縮残留応力とは、被膜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６ＧＰａ以下であるとは、被膜３に関する好ましい圧縮残留応力が－６ＧＰａ以上０ＧＰａ以下であることを意味する。

[0043] 被膜３の圧縮残留応力が０ＧＰａを超えると引っ張り応力となるため、被膜３の最表面から発生したクラックの進展を抑制し難い傾向がある。一方、圧縮残留応力の絶対値が６ＧＰａを超えると、応力が大きすぎて、切削開始前に、特に切削工具１のエッジ部から被膜３が剥離して切削工具１の寿命が短くなるおそれがある。

[0044] 被膜３の圧縮残留応力は、Ｘ線残留応力装置を用いてｓｉｎ２φ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。

[0045] 被膜３の結晶構造は、立方晶型であることが好ましい。被膜３の結晶構造が立方晶型であると、被膜３の硬度が向上する。よって、被膜３中の各層のそれぞれの結晶構造が立方晶型であることが好ましい。なお、被膜３および被膜３中の各層の結晶構造は、当該分野で公知のＸ線回折装置により解析することができる。

[0046] 被膜３の硬度は、３０ＧＰａ以上５５ＧＰａ以下が好ましく、３５ＧＰａ以上５０ＧＰａ以下がより好ましい。これによると、被膜３は十分な硬度を有する。なお、被膜３全体の硬度の測定は、ナノインデンター法（ＭＴＳ社製Ｎａｎｏ　Ｉｎｄｅｎｔｅｒ　ＸＰ）により測定することができる。具体的には、ＩＳＯ１４５７７に準拠した方法で行い、測定荷重は１０ｍＮ（１ｇｆ）とし、被膜３の表面において３箇所の硬度を測定し、その平均値を「硬度」とする。

[0047] ＜第１層＞

本実施形態の第１層１３，１３’は、第１単位層１２と第２単位層１５とが交互に積層された交互層からなる。これによって、該第１層１３，１３’の「耐亀裂性」と「耐酸化性」とを向上することができ、第１単位層１２と第２単位層１５との界面において「クラックの進展」を抑制できる為、被膜３の「耐亀裂性」と「耐酸化性」とを向上し、且つ被膜３の「クラックの進展」を抑制できる。なお、「第１層１３，１３’は、第１単位層１２と第２単位層１５とが交互に積層された交互層からなる」ことは、被膜３の断面をＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）で観察し、コントラストの差によって確認することができる。

[0048] 第１層１３，１３’の厚みは、０．５μｍ以上１５μｍ以下であることが好ましい。第１層１３，１３’の厚みが０．５μｍ未満であると、連続加工において十分に耐摩耗性を発揮できない傾向があり、１５μｍ超であると、断続切削において耐チッピング性が安定し難い傾向がある。

[0049] 第１層１３，１３’の厚みは、ＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）を用いて、被

膜３の断面を観察し、測定することにより求めることができる。具体的には、薄片化した試料に電子線を照射し、試料を透過した電子や散乱した電子を結像し、高倍率で観察し、第１層１３，１３’の厚みを測定することができる。

[0050] （第１単位層の組成および第２単位層の組成）

第１単位層１２は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、該ｂは、０．００１以上０．１００以下である。これによって、被膜３の「耐酸化性」および「耐摩耗性」を向上することができる。該ａは、０．４００以上であることが好ましく、０．４５０以上であることがより好ましく、０．５００以上であることが更に好ましい。該ａは、０．６５０以下であることが好ましく、０．６００以下であることがより好ましく、０．５５０以下であることが更に好ましい。該ａは、０．４００以上０．６５０以下であることが好ましく、０．４５０以上０．６００以下であることがより好ましく、０．５００以上０．０５５以下であることが更に好ましい。該ｂ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。該ｂは、０．０７０以下であることが好ましく、０．０５０以下であることがより好ましく、０．０２０以下であることが更に好ましい。該ｂは、０．００５以上０．０５０以下であることが好ましく、０．００７以上０．０３０以下であることがより好ましく、０．０１０以上０．０２０以下であることが更に好ましい。なお、「$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなる」とは、本開示の効果を示す限り、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$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、酸素及び炭素等が挙げられる。第１単位層１２における不可避不純物全体の含有量は、０原子％より大きく、１原子％未満であることが好ましい。ここで、「原子％」とは、層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）のことを意味する。層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）は、後述する「ａおよびｂの測定方法」と同様の方法で求められる。

なお、同一の切削工具１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。

[0051] 上記ａおよび上記ｂは、試料断面の透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）観察による元素分析で求められる。具体的には、ＴＥＭに付属のＥＤＳ（Ｅｎｅｒｇｙ Ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ Ｘ－ｒａｙ Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）を用いて、薄膜断面を薄片化した試料に電子線を照射した際に発生する特性Ｘ線の、エネルギーと発生回数を計測し、元素分析を行うことにより求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0052] 第２単位層１５は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなる。これによって、ＴｉＳｉＮが耐熱遮断性（言い換えれば、「耐熱性」）と「耐酸化性」と「靭性」とのバランスに優れることに起因して、被膜３は優れた「耐熱性」と優れた「耐酸化性」と優れた「靭性」とを兼備することができる。なお、「$Ti_cSi_{1-c}N$からなる」とは、本開示の効果を示す限り、$Ti_cSi_{1-c}N$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、酸素及び炭素等が挙げられる。第２単位層１５における不可避不純物全体の含有量は、０原子％より大きく、１原子％未満であることが好ましい。ここで、「原子％」とは、層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）のことを意味する。層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）は、上記「ａおよびｂの測定方法」と同様の方法で求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0053] 該ｃは、０．２０以上０．９９以下である。これによって、第２単位層１５の結晶構造がナノコンポジット構造となることに起因して、第２単位層１５が高硬度化し、その結果として第２単位層１５の「耐摩耗性」が向上する。該ｃは、０．８０以上であることが好ましく、０．８５以上であることがより好ましく、０．９０以上であることが更に好ましい。該ｃは、０．９８以下であることが好ましく、０．９７以下であることがより好ましく、０．

９５以下であることが更に好ましい。該ｃは、０．８０以上０．９８以下であることが好ましく、０．８５以上０．９７以下であることがより好ましく、０．９０以上０．９５以下であることが更に好ましい。

[0054] 上記ｃは、上記ａおよび上記ｂの測定方法と同様の方法で求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0055] （第１単位層の平均厚みおよび第２単位層の平均厚み）

第１単位層１２の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、且つ第２単位層１５の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であることが好ましい。これによると、被膜３の表面で発生したクラックの進展を更に抑制することができる。第１単位層１２の平均厚みの下限は、０．００２μｍ以上であることが好ましく、０．００５μｍ以上であることがより好ましく、０．０１μｍ以上であることが更に好ましい。第１単位層１２の平均厚みの上限は、０．２μｍ以下であることが好ましく、０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第１単位層１２の平均厚みは、０．００５μｍ以上０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．０１μｍ以上０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第２単位層１５の平均厚みの下限は、０．００２μｍ以上であることが好ましく、０．００５μｍ以上であることがより好ましく、０．０１μｍ以上であることが更に好ましい。第２単位層１５の平均厚みの上限は、０．２μｍ以下であることが好ましく、０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第２単位層１５の平均厚みは、０．００５μｍ以上０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．０１μｍ以上０．１μｍ以下であることが更に好ましい。

[0056] 第１単位層１２の平均厚みおよび第２単位層１５の平均厚みは、上記第１層１３，１３’の厚みの測定方法と同様の方法により求めることができる。

[0057] 第１単位層１２と、該第１単位層１２に隣接する第２単位層１５とにおいて、該第２単位層１５の厚みλ２に対する、該第１単位層１２の厚みλ１の

比λ１／λ２は、１以上５以下であることが好ましい（図５）。該第１単位層１２の「熱伝導率」が低い為、該第１単位層１２は、切削時に発生した熱を基材２に伝え難い性質を有する。その為、第１層１３，１３’中の第１単位層１２の割合が相対的に増えると、被膜３中のＡＩ量が増えることで切削工具１全体としての熱遮断性（言い換えれば、「耐熱性」）が向上する為、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、「耐摩耗性」を向上することができる。λ１／λ２は、１以上であることが好ましく、１．５以上であることがより好ましく、２以上であることが更に好ましい。λ１／λ２は、５以下であることが好ましく、４以下であることがより好ましく、３以下であることが更に好ましい。λ１／λ２は、１以上５以下であることが好ましく、１．５以上４以下であることがより好ましく、２以上３以下であることが更に好ましい。

[0058] 第１層１３，１３’において、第１単位層１２及び第２単位層１５のそれぞれの積層数は、１０以上５００以下であることが好ましい。これによると、「第１単位層１２と第２単位層１５とを積層することにより、硬度と圧縮残留応力とをバランス良く向上させるという効果」を得易い傾向がある。第１層１３，１３’において、第１単位層１２及び第２単位層１５のそれぞれの積層数は、１００以上４００以下であることがより好ましく、２００以上３５０以下であることが更に好ましい。

[0059] 第１層１３，１３’において、第１単位層１２及び第２単位層１５のそれぞれの積層数は、ＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）を用いて、被膜３の断面を観察し、測定することにより求めることができる。具体的には、薄片化した試料に電子線を照射し、試料を透過した電子や散乱した電子を結像し、高倍率で観察し、第１単位層１２及び第２単位層１５のそれぞれの積層数を測定することができる。

[0060] ＜他の層＞

他の層としては、例えば、後述する第２層１６（図３、４）、後述する第３層１４（図１～４）等を挙げることができる。また、被膜３は、更に、第

２層１６と第１層１３，１３’との間、又は第１層１３，１３’と第３層１４との間に、中間層を含んでもよい（図示なし）。

[0061] （第２層）

被膜３は、基材２と、第１層１３，１３’との間に配置される第２層１６を更に含み、該第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成または第２単位層１５の組成と同一であることが好ましい（図３および図４）。これによって、該基材２と該被膜３との密着性を高めることができる。

[0062] また、第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合においては、切削初期に基材２が露出したとしても、基材２と被膜３との界面からの酸化を抑制することができる。

[0063] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合において、該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みより厚いことが好ましい。これによって、該基材２と該被膜３との密着性をより高めることができる。また、切削初期に基材２が露出したとしても、基材２と被膜３との界面からの酸化を更に抑制することができる。なお、「該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みより厚い」とは、「該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの１．０倍超である」と言い換えることができる。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの２．０倍以上であることが好ましく、４．０倍以上であることがより好ましく、１０．０倍以上であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの３００倍以下であることが好ましく、１２０倍以下であることがより好ましく、５０倍以下であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの２．０倍以上３００倍以下であることが好ましく、４．０倍以上１２０倍以下であることがより好ましく、１０．０倍以上５０倍以下であることが更に好ましい。

[0064] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．１μｍ以上であることが好ましい。第２層１６の厚みが０．１μｍ未満であると、第２層１６を第１単位層１２と同一の組成とすること

による基材２と被膜３との界面からの酸化の抑制効果を得難い傾向にある。第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．３μｍ以上であることがより好ましく、０．４μｍ以上であることが更に好ましい。また、第２層１６の厚みの上限値は特に限定されないが、２μｍを超えると、結晶粒が肥大化して粒界が発生することにより、上述の酸化の抑制効果を更に向上し難い傾向にある。よって、コスト面を考慮すると、第２層１６の厚みは２μｍ以下が好ましい。

[0065] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第１単位層１２と同一の組成を有する第２層１６の直上に、第１層１３，１３’の第１単位層１２が積層されてもよく（図４）、又、第２単位層１５が積層されてもよい（図３）。なお、第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合で、且つ該第２層１６の直上に第１層１３，１３’の第１単位層１２が積層された場合、第２層１６と第１層１３，１３’の第１単位層１２とは連続した結晶構造を有する。

[0066] 第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合においては、第２単位層１５は応力が小さい傾向にあることから、特に、負荷が刃先に繰り返しかかるようなフライス加工やエンドミル加工等の断続加工において、被膜３の耐剥離性を向上することができる。

[0067] 第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合において、該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みより厚いことが好ましい。これによって、特に、負荷が刃先に繰り返しかかるようなフライス加工やエンドミル加工等の断続加工において、被膜３の耐剥離性を更に向上することができる。なお、「該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みより厚い」とは、「該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みの１．０倍超である」と言い換えることができる。該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みの２．０倍以上であることが好ましく、４．０倍以上であることがより好ましく、１０．０倍以上であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みの３００倍以下であることが好ましく、

１２０倍以下であることがより好ましく、５０倍以下であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第２単位層１５の厚みの２．０倍以上３００倍以下であることが好ましく、４．０倍以上１２０倍以下であることがより好ましく、１０．０倍以上５０倍以下であることが更に好ましい。

[0068] 第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．１μｍ以上が好ましい。第２層１６の厚みが０．１μｍ未満であると、第２層１６を第２単位層１５と同一の組成とすることによる耐剥離性の向上効果を得難い傾向にある。第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．３μｍ以上であることがより好ましく、０．４μｍ以上であることが更に好ましい。また、第２層１６の厚みの上限値は特に限定されないが、２μｍを超えると、上述の耐剥離性の更なる向上が認められない傾向にある。よって、コスト面を考慮すると、第２層１６の厚みは２μｍ以下が好ましい。

[0069] 第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合、第２単位層１５と同一の組成を有する第２層１６の直上に、第１層１３，１３’の第１単位層１２が積層されてもよく（図４）、又、第２単位層１５が積層されてもよい（図３）。なお、第２層１６の組成は、第２単位層１５の組成と同一である場合で、且つ該第２層１６の直上に第１層１３，１３’の第２単位層１５が積層された場合、第２層１６と第１層１３，１３’の第２単位層１５とは連続した結晶構造を有する。

[0070] （第３層）

被膜３は、第１層１３，１３’の基材２と反対側に設けられる第３層１４を更に含み、該第３層１４は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなることが好ましい（図１～４）。これによって、該被膜３の摩擦係数を低下させ、切削工具１の長寿命化を図ることができる。

[0071] 一般的に、炭窒化物は窒化物よりも被削材に対する摩擦係数が低い傾向にある。このような摩擦係数の低下は、炭素原子の寄与によるものと考えられる。被膜３が第３層１４を含むと、被削材に対する被膜３の摩擦係数が低下

して、切削工具１が長寿命化する。

[0072] 第３層１４において、ＮとＣの組成比を調整することにより、所定の色を付与することが可能である。これにより、切削工具１の外観に意匠性及び識別性を付与でき、商業上有用となる。

[0073] 第３層１４の厚みは、０．１μｍ以上であることが好ましい。第３層１４の厚みが０．１μｍ未満であると、第３層１４による潤滑性の付与効果が得られにくい場合がある。一方、第３層１４の厚みの上限値は特に限定されないが、２μｍを超えると、上述の潤滑性の付与効果を更に向上することができない傾向にある。よって、コスト面を考慮すると、第３層１４の厚みは２μｍ以下が好ましい。

[0074] （中間層）

中間層は、第２層１６と第１層１３，１３’との間、又は第１層１３，１３’と第３層１４との間に配置される層である。中間層としては、例えばＴｉＡｌＣｅＮ、ＴｉＳｉＮ、ＴｉＳｉＢＮ等が挙げられる。中間層の厚みは、０．１μｍ以上２μｍ以下、０．３μｍ以上１．５μｍ以下、０．４μｍ以上１．０μｍ以下とすることができる。

[0075] ［実施形態２：切削工具（２）］

本開示の他の一実施形態に係る切削工具について、図１～図５を用いて説明する。

本開示の他の一実施形態（以下、「実施形態２」とも記す。）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１Ａ層を含み、

該第１Ａ層は、第１単位層と第３単位層とが交互に積層された交互層からなり、

該第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

該ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

該第３単位層は、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなり、

該Ｍは、硼素であり、

該ｄは、０．２０以上０．９９以下であり、

該ｅは、０超０．０５以下である。

[0076] 実施形態２の切削工具１は、「被膜３は、「第１Ａ層１３，１３’」を含む」ことと、「第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成または「第３単位層１７」の組成と同一であることが好ましい」ことと、「被膜３は、「第１Ａ層１３，１３’」の基材２と反対側に設けられる第３層１４を更に含み、該第３層１４は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなることが好ましい」こととを除いては、実施形態１と同一の構成である。以下では、「第１Ａ層１３，１３’」と、「第２層」とについて説明する。

[0077] ＜第１Ａ層＞

本実施形態の第１Ａ層１３，１３’は、第１単位層１２と第３単位層１７とが交互に積層された交互層からなる。これによって、該第１Ａ層１３，１３’の「耐亀裂性」と「耐酸化性」とを向上することができ、第１単位層１２と第３単位層１７との界面において「クラックの進展」を抑制できる為、被膜３の「耐亀裂性」と「耐酸化性」とを向上し、且つ被膜３の「クラックの進展」を抑制できる。なお、「第１Ａ層１３，１３’は、第１単位層１２と第３単位層１７とが交互に積層された交互層からなる」ことは、被膜３の断面をＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）で観察し、コントラストの差によって確認することができる。

[0078] 第１Ａ層１３，１３’の厚みは、０．５μｍ以上１５μｍ以下であることが好ましい。第１Ａ層１３，１３’の厚みが０．５μｍ未満であると、連続加工において十分に耐摩耗性を発揮できない傾向があり、１５μｍ超であると、断続切削において耐チッピング性が安定し難い傾向がある。

[0079] 第１Ａ層１３，１３’の厚みは、ＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）を用いて、被膜３の断面を観察し、測定することにより求めることができる。具体的には、薄片化した試料に電子線を照射し、試料を透過した電子や散乱した電子を結像し、高倍率で観察し、第１Ａ層１３，１３’の厚みを測定することが

できる。

[0080] （第１単位層の組成および第３単位層の組成）

第１単位層１２は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、該ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、該ｂは、０．００１以上０．１００以下である。これによって、被膜３の「耐酸化性」および「耐摩耗性」を向上することができる。該ａは、０．４００以上であることが好ましく、０．４５０以上であることがより好ましく、０．５００以上であることが更に好ましい。該ａは、０．６４０以下であることが好ましく、０．６００以下であることがより好ましく、０．５５０以下であることが更に好ましい。該ａは、０．４００以上０．６５０以下であることが好ましく、０．４５０以上０．６００以下であることがより好ましく、０．５００以上０．５５０以下であることが更に好ましい。該ｂは、０．００５以上であることが好ましく、０．００７以上であることがより好ましく、０．０１０以上であることが更に好ましい。該ｂは、０．０７０以下であることが好ましく、０．０５０以下であることがより好ましく、０．０２０以下であることが更に好ましい。該ｂは、０．００５以上０．０５０以下であることが好ましく、０．００７以上０．０３０以下であることがより好ましく、０．０１０以上０．０２０以下であることが更に好ましい。なお、「$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなる」とは、本開示の効果を示す限り、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$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、酸素及び炭素等が挙げられる。第１単位層１２における不可避不純物全体の含有量は、０原子％より大きく、１原子％未満であることが好ましい。ここで、「原子％」とは、層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）のことを意味する。層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）は、後述する「ａおよびｂの測定方法」と同様の方法で求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0081] 上記ａおよび上記ｂは、試料断面の透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）観察によ

る元素分析で求められる。具体的には、ＴＥＭに付属のＥＤＳ（Ｅｎｅｒｇｙ Ｄｉｓｐｅｒｓｉｖｅ Ｘ－ｒａｙ Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）を用いて、薄膜断面を薄片化した試料に電子線を照射した際に発生する特性Ｘ線の、エネルギーと発生回数とを計測し、元素分析を行うことにより求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0082] 第３単位層１７は、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなり、該Ｍは、硼素である。これによって、第３単位層１７は優れた硬度と、優れた耐酸化性とを兼備することができる。そのメカニズムは詳細には明らかではないが、以下の様なメカニズムが推察される。

[0083] Ｍは、硼素である為、硼素によって第３単位層１７の硬度が高くなり、被膜３全体の硬度が高くなる。さらに、硼素の酸化物は低融点であるため切削時の潤滑剤として作用し、被削材の凝着を抑制できる。

[0084] なお、「$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなる」とは、本開示の効果を示す限り、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$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、酸素及び炭素等が挙げられる。第１単位層１２及び第３単位層１７のそれぞれにおける不可避不純物全体の含有量は、０原子％より大きく、１原子％未満であることが好ましい。ここで、「原子％」とは、層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）のことを意味する。層を構成する原子の総原子数に対する原子数の割合（％）は、上記「ａおよびｂの測定方法」と同様の方法で求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0085] 該ｄは、０．２０以上０．９９以下である。これによって、第３単位層１５の結晶構造が立方晶型となることに起因して、第３単位層１５が高硬度化し、その結果として第３単位層１５の「耐摩耗性」が向上する。

[0086] 該ｄは、０．８０以上であることが好ましく、０．８５以上であることがより好ましく、０．９０以上であることが更に好ましい。該ｄは、０．９８

以下であることが好ましく、０．９７以下であることがより好ましく、０．９５以下であることが更に好ましい。該ｄは、０．８０以上０．９８以下であることが好ましく、０．８５以上０．９７以下であることがより好ましく、０．９０以上０．９５であることが更に好ましい。

[0087] 該ｅは、０超０．０５以下である。これによって、第１Ａ層１３，１３’の硬度と、第１Ａ層１３，１３’の耐酸化性とを向上することができる。該ｅは、０．００２以上であることが好ましく、０．００５以上であることがより好ましく、０．０１以上であることが更に好ましい。該ｅは、０．０４以下であることが好ましく、０．０３以下であることがより好ましく、０．０２以下であることが更に好ましい。該ｅは、０．００２以上０．０５以下であることが好ましく、０．００５以上０．０３以下であることがより好ましく、０．０１以上０．０２以下であることが更に好ましい。

[0088] 上記ｄおよび上記ｅは、上記「ａおよびｂの測定方法」と同様の方法で求められる。なお、同一の切削工具１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。

[0089] （第１単位層の平均厚みおよび第３単位層の平均厚み）

第１単位層１２の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、且つ第３単位層１７の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であることが好ましい。これによると、被膜３の表面で発生したクラックの進展を更に抑制することができる。第１単位層１２の平均厚みの下限は、０．００２μｍ以上であることが好ましく、０．００５μｍ以上であることがより好ましく、０．０１μｍ以上であることが更に好ましい。第１単位層１２の平均厚みの上限は、０．２μｍ以下であることが好ましく、０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第１単位層１２の平均厚みは、０．００５μｍ以上０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．０１μｍ以上０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第３単位層１７の平均厚みの下限は、０．００２μｍ以上であることが好ましく、０．００５μｍ以上であることがより好ましく、０．０１

μｍ以上であることが更に好ましい。第３単位層１７の平均厚みの上限は、０．２μｍ以下であることが好ましく、０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．１μｍ以下であることが更に好ましい。第３単位層１７の平均厚みは、０．００５μｍ以上０．１５μｍ以下であることがより好ましく、０．０１μｍ以上０．１μｍ以下であることが更に好ましい。

[0090] 第１単位層１２の平均厚みおよび第３単位層１７の平均厚みは、上記第１Ａ層１３，１３’の厚みの測定方法と同様の方法により求めることができる。

[0091] 第１単位層１２と、該第１単位層１２に隣接する第３単位層１７とにおいて、該第３単位層１７の厚みλ３に対する、該第１単位層１２の厚みλ１の比λ１／λ３は、１以上５以下であることが好ましい（図５）。該第１単位層１２の「熱伝導率」が低い為、該第１単位層１２は、切削時に発生した熱を基材２に伝え難い性質を有する。その為、第１Ａ層１３，１３’中の第１単位層１２の割合が相対的に増えると、被膜３中のＡｌ量が増えることで切削工具１全体としての熱遮断性（言い換えれば、「耐熱性」）が向上する為、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても、「耐摩耗性」を向上することができる。λ１／λ３は、１以上であることが好ましく、１．５以上であることがより好ましく、２以上であることが更に好ましい。λ１／λ３は、５以下であることが好ましく、４以下であることがより好ましく、３以下であることが更に好ましい。λ１／λ３は、１以上５以下であることが好ましく、１．５以上４以下であることがより好ましく、２以上３以下であることが更に好ましい。

[0092] 第１Ａ層１３，１３’において、第１単位層１２及び第３単位層１７のそれぞれの積層数は、１０以上５００以下であることが好ましい。これによると、「第１単位層１２と第３単位層１７とを積層することにより、硬度と圧縮残留応力とをバランス良く向上させるという効果」を得易い傾向がある。第１Ａ層１３，１３’において、第１単位層１２及び第３単位層１７のそれぞれの積層数は、１００以上４００以下であることがより好ましく、２００

以上３５０以下であることが更に好ましい。

[0093] 第１Ａ層１３，１３’において、第１単位層１２及び第３単位層１７のそれぞれの積層数は、上記「第１単位層１２及び第２単位層１５のそれぞれの積層数」の測定方法と同様の方法により求めることができる。

[0094] ＜第２層＞

被膜３は、基材２と、第１Ａ層１３，１３’との間に配置される第２層１６を更に含み、該第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成または第３単位層１７の組成と同一であることが好ましい（図３および図４）。これによって、該基材２と該被膜３との密着性を高めることができる。

[0095] また、第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合においては、切削初期に基材２が露出したとしても、基材２と被膜３との界面からの酸化を抑制することができる。

[0096] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合において、該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みより厚いことが好ましい。これによって、該基材２と該被膜３との密着性をより高めることができる。また、切削初期に基材２が露出したとしても、基材２と被膜３との界面からの酸化を更に抑制することができる。なお、「該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みより厚い」とは、「該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの１．０倍超である」と言い換えることができる。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの２．０倍以上であることが好ましく、４．０倍以上であることがより好ましく、１０．０倍以上であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの３００倍以下であることが好ましく、１２０倍以下であることがより好ましく、５０倍以下であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第１単位層１２の厚みの２．０倍以上３００倍以下であることが好ましく、４．０倍以上１２０倍以下であることがより好ましく、１０．０倍以上５０倍以下であることが更に好ましい。

[0097] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第２層１

６の厚みは０．１μｍ以上であることが好ましい。第２層１６の厚みが０．１μｍ未満であると、第２層１６を第１単位層１２と同一の組成とすることによる基材２と被膜３との界面からの酸化の抑制効果を得難い傾向にある。第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．３μｍ以上であることがより好ましく、０．４μｍ以上であることが更に好ましい。また、第２層１６の厚みの上限値は特に限定されないが、２μｍを超えると、上述の酸化の抑制効果を更に向上することができない傾向にある。よって、コスト面を考慮すると、第２層１６の厚みは２μｍ以下が好ましい。

[0098] 第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合、第１単位層１２と同一の組成を有する第２層１６の直上に、第１Ａ層１３，１３’の第１単位層１２が積層されてもよく（図４）、又、第２単位層１５が積層されてもよい（図３）。なお、第２層１６の組成は、第１単位層１２の組成と同一である場合で、且つ該第２層１６の直上に第１Ａ層１３，１３’の第１単位層１２が積層された場合、第２層１６と第１Ａ層１３，１３’の第１単位層１２とは連続した結晶構造を有する。

[0099] 第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合においては、第３単位層１７は応力が小さい傾向にあることから、特に、負荷が刃先に繰り返しかかるようなフライス加工やエンドミル加工等の断続加工において、被膜３の耐剥離性を向上することができる。

[0100] 第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合において、該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みより厚いことが好ましい。これによって、特に、負荷が刃先に繰り返しかかるようなフライス加工やエンドミル加工等の断続加工において、被膜３の耐剥離性を更に向上することができる。なお、「該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みより厚い」とは、「該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みの１．０倍超である」と言い換えることができる。該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みの２．０倍以上であることが好ましく、４．０倍以上であること

がより好ましく、１０．０倍以上であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みの３００倍以下であることが好ましく、１２０倍以下であることがより好ましく、５０倍以下であることが更に好ましい。該第２層１６の厚みは、該第３単位層１７の厚みの２．０倍以上３００倍以下であることが好ましく、４．０倍以上１２０倍以下であることがより好ましく、１０．０倍以上５０倍以下であることが更に好ましい。

[0101] 第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．１μｍ以上が好ましい。第２層１６の厚みが０．１μｍ未満であると、第２層１６を第３単位層１７と同一の組成とすることによる耐剥離性の向上効果を得難い傾向にある。第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合、第２層１６の厚みは０．３μｍ以上であることがより好ましく、０．４μｍ以上であることが更に好ましい。また、第２層１６の厚みの上限値は特に限定されないが、２μｍを超えると、上述の耐剥離性の更なる向上が認められない傾向にある。よって、コスト面を考慮すると、第２層１６の厚みは２μｍ以下が好ましい。

[0102] 第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合、第３単位層１７と同一の組成を有する第２層１６の直上に、第１Ａ層１３，１３’の第１単位層１２が積層されてもよく（図４）、又、第３単位層１７が積層されてもよい（図３）。なお、第２層１６の組成は、第３単位層１７の組成と同一である場合で、且つ該第２層１６の直上に第１Ａ層１３，１３’の第３単位層１７が積層された場合、第２層１６と第１Ａ層１３，１３’の第３単位層１７とは連続した結晶構造を有する。

[0103] ［実施形態３：切削工具の製造方法］

実施形態３では、実施形態１または実施形態２の切削工具の製造方法について説明する。該製造方法は、基材を準備する第１工程と、該基材上に被膜を形成する第２工程とを備える。該第２工程は、第１層又は第１Ａ層を形成する工程を含む。各工程の詳細について、以下に説明する。

[0104] ≪第１工程≫

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

[0105] 例えば、基材として超硬合金を用いる場合は、市販の基材を用いてもよく、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。次いで該焼結体に対して、ホーニング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を製造することができる。上記以外の基材であっても、この種の基材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。

[0106] ≪第２工程≫

第２工程では、基材上に被膜を形成する。該第２工程は、第１層又は第１Ａ層を形成する工程を含む。

[0107] 「第１層を形成する工程」では、物理蒸着（Ｐｈｙｓｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ；ＰＶＤ）法を用いて、第１単位層と、第２単位層とを交互に積層することにより第１層を形成する。また、「第１Ａ層を形成する工程」では、ＰＶＤ法を用いて、第１単位層と、第３単位層とを交互に積層することにより第１Ａ層を形成する。第１層又は第１Ａ層を含む被膜の耐摩耗性を向上させるためには、結晶性の高い化合物からなる層を形成することが好ましい。本発明者らは、第１層および第１Ａ層の形成方法として種々の方法を検討した結果、物理的蒸着法を用いることが好ましいことを見出した。

[0108] ＰＶＤ法としては、カソードアークイオンプレーティング法、バランスドマグネトロンスパッタリング法およびアンバランスドマグネトロンスパッタリング法、ＨｉＰＩＭＳ法からなる群より選択される少なくとも１種を用いることができる。特に、原料元素のイオン化率の高いカソードアークイオンプレーティング法を用いることが好ましい。カソードアークイオンプレーテ

ィング法を用いた場合には、第１層を形成する前に、基材の表面に対して金属のイオンボンバードメント処理が可能となるため、基材と、第１層を含む被膜との密着性が格段に向上する。

[0109] カソードアークイオンプレーティング法は、例えば、装置内に基材を設置するとともにカソードとしてターゲットを設置した後に、ターゲットに高電圧を印加してアーク放電を生じさせることによってターゲットを構成する原子をイオン化して蒸発させて、基材上に物質を堆積させることにより行なうことができる。

[0110] バランスドマグネトロンスパッタリング法は、例えば、装置内に基材を設置するとともに平衡な磁場を形成する磁石を備えたマグネトロン電極上にターゲットを設置し、マグネトロン電極と基材との間に高周波電力を印加してガスプラズマを発生させ、このガスプラズマの発生により生じたガスのイオンをターゲットに衝突させてターゲットから放出された原子を基材上に堆積させることにより行うことができる。

[0111] アンバランストマグネトロンスパッタリング法は、例えば、上記のバランスドマグネトロンスパッタリング法におけるマグネトロン電極により発生する磁場を非平衡にして行なうことができる。さらに高電圧を印可でき緻密な膜が得られるＨｉＰＩＭＳ法を用いることもできる。

[0112] ＜その他の工程＞

上記第２工程は、上記の「第１層又は第１Ａ層を形成する工程」に加えて、表面研削、ショットブラストなどの表面処理工程を含むことができる。また、上記第２工程は、上記の「第１層又は第１Ａ層を形成する工程」に加えて、他の層（下地層（第２層）、中間層、表面層（第３層）など）を形成する工程を含むことができる。被膜が他の層（下地層（第２層）、中間層、表面層（第３層）など）を含む場合は、これらの層は従来公知の方法で形成することができる。これらの他の層は従来公知の化学気相蒸着法や物理的蒸着法により形成することができる。一つの物理的蒸着装置内において、他の層を第１単位層と、第２単位層又は第３単位層と連続的に形成できるという観点から、他の層

は物理的蒸着法により形成することが好ましい。

実施例

[0113] 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。

[0114] ［実施例１］

≪切削工具の作製≫

＜試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９に係る切削工具の作製＞

（第１工程：基材を準備する工程）

図６は、本実施例で用いたカソードアークイオンプレーティング装置の模式的な断面図であり、図７は、図６の装置の概略上面図である。

[0115] 図６及び図７の装置において、チャンバ１０１内に、被膜の金属原料となる合金製ターゲットである第１単位層用のカソード１０６、第２単位層用のカソード１０７及び第３層用のカソード１２０と、基材２を設置するための回転式の基材ホルダ１０４とが取り付けられている。カソード１０６にはアーク電源１０８が取り付けられ、カソード１０７にはアーク電源１０９が取り付けられている。また、基材ホルダ１０４には、バイアス電源１１０が取り付けられている。また、チャンバ１０１内には、ガス１０５が導入されるガス導入口が設けられるとともにチャンバ１０１内の圧力を調節するためにガス排出口１０３が設けられており、ガス排出口１０３から真空ポンプによりチャンバ１０１内のガスを吸引できる構造となっている。

[0116] 基材ホルダ１０４に、基材２としてグレードがＪＩＳ規格Ｐ３０の超硬合金であって、形状がＪＩＳ規格のＣＮＭＧ１２０４０８のチップと住友電工ハードメタル株式会社製ＳＥＭＴ１３Ｔ３ＡＧＳＮのチップとを装着した。

[0117] 次に、真空ポンプによりチャンバ１０１内を減圧するとともに、基材２を回転させながら装置内に設置されたヒータにより温度を５００℃に加熱し、チャンバ１０１内の圧力が１．０×10^{-4}Ｐａとなるまで真空引きを行なった。次に、ガス導入口からアルゴンガスを導入してチャンバ１０１内の圧力

を２．０Ｐａに保持し、バイアス電源１１０の電圧を徐々に上げながら－１０００Ｖとし、基材２の表面のクリーニングを１５分間行なった。その後、チャンバ１０１内からアルゴンガスを排気することによって基材を洗浄した（アルゴンボンバード処理）。以上によって、試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９に係る切削工具の基材を準備した。

[0118] （第２工程：基材上に被膜を形成する工程）

次に、基材２を中央で回転させた状態で、反応ガスとして窒素を導入しながら、基材２の温度を５００℃、反応ガス圧を２．０Ｐａ、バイアス電源１１０の電圧を－５０Ｖ～－２００Ｖの範囲のある一定値に維持したまま、カソード１０６、１０７にそれぞれ１２０Ａのアーク電流を供給することによって、カソード１０６、１０７から金属イオンを発生させて、基材上に表１および表２に示される組成を有する第２層および第１層を形成した。なお、カソード１０６の組成はＴｉ、Ａｌ、Ｃｅの比率が、表１および表２の第１単位層の組成の比率と同一になるように調整してある。また、カソード１０７の組成は、Ｔｉ、Ｓｉの比率が、表１および表２の第２単位層の組成の比率と同一になるように調整してある。

[0119] 第２層が形成されている場合、第１層は、該第２層上に第１単位層と第２単位層とを１層ずつ交互に、表１および表２に示される積層数をそれぞれ積層することにより形成した。第２層が形成されていない場合、第１層は、基材上に第１単位層と第２単位層とを１層ずつ交互に、表１および表２に示される積層数をそれぞれ積層することにより形成した。また、第２層の厚み、第１層中における第１単位層及び第２単位層のそれぞれの厚み及び積層数は、基材の回転速度で調整した。そして、第２層および第１層の厚みがそれぞれ表１および表２に示される厚みとなったところで蒸発源に供給する電流をストップした。

[0120] 次に、チャンバ１０１内に反応ガスとして窒素とメタンガスとを導入しながら、基材２の温度を４００℃、反応ガス圧を２．０Ｐａ、バイアス電源１１０の電圧を－３００Ｖに維持したまま、カソード１２０に１００Ａのアー

ク電流を供給することによって、カソード１２０から金属イオンを発生させて、第１層上に第３層を形成した。第３層の厚みが表１および表２に示される厚みとなったところで蒸発源に供給する電流をストップした。なお、カソード１２０の組成は、Ｔｉ、Ａｌ、Ｃｅの比率が、表１および表２の第３層の組成の比率と同一になるように調整してある。又、第３層の組成の窒素と炭素との比率は、窒素の導入量とメタンガスの導入量との比によって調整した。以上により、試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９に係る切削工具が作製された。

[0121]

[表1]

Table 1

試料No.	第1層								第2層		第3層		被膜の厚み [μm]	切削試験1	切削試験2
	第1単位層			第2単位層			λ1/λ2	積層数	厚み [μm]	組成	厚み [μm]	組成	厚み [μm]	切削時間 [分]	切削長 [km]
	a	b	平均厚み [μm]	c	平均厚み [μm]										
1-1	0.350	0.010	0.003	0.95	0.003	1.0	600	3.6	-	-	-	-	3.6	87	5.1
1-2	0.650	0.020	0.001	0.93	0.001	1.0	1400	2.8	-	-	-	-	2.8	71	4.1
1-3	0.550	0.001	0.002	0.95	0.002	1.0	800	3.2	-	-	-	-	3.2	91	5.3
1-4	0.600	0.100	0.003	0.94	0.002	1.5	600	3	-	-	-	-	3	89	4.8
1-5	0.600	0.050	0.006	0.20	0.009	0.7	200	3	-	-	-	-	3	65	3.9
1-6	0.500	0.010	0.020	0.99	0.02	1.0	120	4.8	-	-	-	-	4.8	91	5.6
1-7	0.400	0.020	0.100	0.95	0.100	1.0	18	3.6	-	-	-	-	3.6	69	4.2
1-8	0.550	0.010	0.015	0.96	0.003	5.0	400	7.2	-	-	-	-	7.2	108	6.5
1-9	0.500	0.010	0.002	0.95	0.001	2.0	900	2.7	-	-	-	-	2.7	88	5.9
1-10	0.550	0.010	0.200	0.97	0.15	1.3	10	3.5	-	-	-	-	3.5	97	6.1
1-11	0.600	0.005	0.015	0.95	0.002	7.5	200	3.4	-	-	-	-	3.4	68	3.8
1-12	0.500	0.006	0.220	0.95	0.2	1.1	8	3.4	-	-	-	-	3.4	66	4.0
1-13	0.500	0.020	0.010	0.99	0.010	1.0	150	3.0	Ti0.99Si0.01N	0.4	-	-	3.4	70	4.1
1-14	0.500	0.020	0.010	0.90	0.010	1.0	150	3.0	Ti0.9Si0.1N	0.6	-	-	3.6	68	4.2
1-15	0.480	0.040	0.150	0.95	0.150	1.0	10	3.0	Ti0.48Al0.48Ce0.04N	0.6	-	-	3.6	77	5.7
1-16	0.500	0.020	0.010	0.95	0.002	5.0	250	3.0	Ti0.48Al0.5Ce0.02N	0.4	-	-	3.4	82	5.3
1-17	0.500	0.020	0.005	0.95	0.005	1.0	35	0.4	Ti0.48Al0.5Ce0.02N	0.2	-	-	0.6	61	4.5
1-18	0.500	0.020	0.150	0.95	0.150	1.0	10	3.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.6	3.6	79	4.4
1-19	0.500	0.020	0.005	0.95	0.005	1.0	300	3.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.8	3.8	87	4.9
1-20	0.500	0.020	0.005	0.85	0.005	1.0	300	3.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.6	3.6	96	6.3
1-21	0.500	0.020	0.008	0.95	0.003	2.7	273	3.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.5	3.5	89	5.9
1-22	0.500	0.020	0.005	0.95	0.005	1.0	20	12.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.5	12.5	98	6.3
1-23	0.500	0.020	0.050	0.95	0.050	1.0	35	3.5	Ti0.48Al0.5Ce0.02N	0.5	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.3	4.3	84	4.6
1-24	0.580	0.020	0.005	0.95	0.005	1.0	300	3	Ti0.4Al0.58Ce0.02N	0.4	Ti0.58Al0.4Ce0.02CN	0.5	3.9	71	4.4
1-25	0.495	0.005	0.150	0.95	0.150	1.0	10	3	Ti0.48Al0.495Ce0.005N	0.5	Ti0.48Al0.495Ce0.005CN	0.4	3.9	72	6.1
1-26	0.600	0.010	0.25	0.93	0.13	1.9	10	3.8	-	-	-	-	3.8	55	3.8
1-27	0.600	0.020	0.19	0.94	0.25	0.8	9	4.0	-	-	-	-	4.0	54	3.7

[0122]

[表2]

Table 2

試料No.	第1層									第2層		第3層		被膜の厚み [μm]	切削試験1	切削試験2
	第1単位層			第2単位層			λ1/λ2	構層数	厚み [μm]	組成	厚み [μm]	組成	厚み [μm]		切削時間 [分]	切削長 [km]
	a	b	平均厚み [μm]	c	平均厚み [μm]											
1-101	0.300	0.020	0.005	0.95	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	28	2.0
1-102	0.700	0.020	0.005	0.98	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	25	1.7
1-103	0.550	0	0.005	0.93	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	27	1.9
1-104	0.600	0.200	0.005	0.95	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	29	2.1
1-105	0.600	0.020	0.005	0.15	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	22	1.3
1-106	0.550	0.020	0.005	1.00	0.005		1.0	300	3.0	-	-	-	-	3.0	24	1.5
1-107	0.500	0.020	3.5	-	-		-	-	3.5	-	-	-	-	3.5	18	0.8
1-108	-	-	-	0.6	4.0		-	-	4.0	-	-	-	-	4.0	25	1.0
1-109	0.500	0	0.005	0.7	0.005		1.0	350	3.5	Ti0.50Al0.50N	0.5	-	-	4.0	34	1.5

[0123] ≪評価≫

各試料に係る切削工具について、第１単位層の組成（すなわち、ａ及びｂ）、第２単位層の組成（すなわち、ｃ）、第２層の組成、第３層の組成、積層数、第１単位層の平均厚み、第２単位層の平均厚み、第１層の厚み、第２層の厚み、第３層の厚み、及びλ１／λ２を測定した。

[0124] ＜第１単位層の組成（ａ及びｂ）の測定＞

各試料の切削工具について、上記ａ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１および表２の「ａ」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、上記ｂ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１および表２の「ｂ」の欄に記す。

[0125] ＜第２単位層の組成（ｃ）の測定＞

各試料の切削工具について、上記ｃ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１および表２の「ｃ」の欄に記す。

[0126] ＜第２層の組成および第３層の組成の測定＞

各試料の切削工具について、第２層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果をそれぞれ表１および表２の「第２層」の欄における「組成」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第３層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果をそれぞれ表１および表２の「第３層」の欄における「組成」の欄に記す。なお、表１および表２の「第２層」の欄における「組成」の欄に「－」と記載されている場合は、第２層が存在しないことを意味し、表１および表２の「第３層」の欄における「組成」の欄に「－」と記載されている場合は、第３層が存在しないことを意味する。

[0127] ＜積層数の測定＞

各試料の切削工具について、上記積層数を実施形態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１および表２の「積層数」の欄に記す。

[0128] ＜第１単位層の平均厚み、第２単位層の平均厚み、第１層の厚み、第２層の厚み、及び第３層の厚みの測定＞

各試料の切削工具について、第１単位層の平均厚みを実施形態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１および表２の「第１単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第２単位層の平均厚みを実施形態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１および表２の「第２単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料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１および表２の「第１層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第２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１および表２の「第２層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第３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１および表２の「第３層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。なお、表１および表２の「第１単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第１単位層が存在しないことを意味する。表１および表２の「第２単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第２単位層が存在しないことを意味する。表１および表２の「第２層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第２層が存在しないことを意味する。表１および表２の「第３層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第３層が存在しないことを意味する。

[0129] ＜λ１／λ２の測定＞

各試料の切削工具について、上記λ１／λ２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１および表２の「λ１／λ２」の欄に記す。なお、表１および表２の「λ１／λ２」の欄に「－」と記載されている場合は、第１単位層および第２単位層のうち少なくとも何れかが存在しないことを意味する。

[0130] ＜切削工具の寿命評価＞

（切削試験１：連続旋削試験）

試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９のＣＮＭＧ１２０４０８形状の切削工具について、以下の切削条件で乾式の連続旋削試験を実行し、刃先の逃げ面摩耗量が０．２ｍｍになるまでの時間を測定した。結果を表１および表２の「切削時間［分］」の欄に記す。なお、表１および表２において、切削時間が長いことは、工具寿命が長いことを示す。

（切削条件）

・被削材：ＳＣＭ４４０（ＨＢ＝３００）

・切削速度：２５０ｍ／ｍｉｎ

・送り速度：０．３ｍｍ／ｒｅｖ

・切り込み：２．０ｍｍ

・クーラント：ドライ

上記切削条件で実行される切削加工は、難削材の高速高能率加工であり、刃先温度が高い条件下で実行される切削加工に該当する。

[0131] 試料１－１～１－２７に係る切削工具は、試料１－１０１～１－１０９に係る切削工具に比して、連続旋削試験において、刃先の逃げ面摩耗量が大きく低減していることが確認された。すなわち、試料１－１～１－２７に係る切削工具は、試料１－１０１～１０９に係る切削工具に比して、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても長い工具寿命を有することが確認された。

[0132] （切削試験２：フライス試験）

試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９のＳＥＭＴ１３Ｔ３ＡＧＳＮ形状の切削工具について、難削材からなる幅１５０ｍｍの板の中心線と、それより幅の広いφ１６０ｍｍのカッターの中心を合わせて、以下の切削条件で表面フライス削りを実行し（すなわち、乾式のフライス試験を実行し）、刃先の逃げ面摩耗量が０．２ｍｍになるまでの切削長を測定した。結果を表１および表２の「切削長［ｋｍ］」の欄に記す。なお、表１および表２において、切削長が長いことは、工具寿命が長いことを示す。

（切削条件）

・被削材：ＳＫＤ１１（ＨＢ＝２３５）

・切削速度：１８０ｍ／ｍｉｎ

・送り速度：０．１５ｍｍ／ｔ

・軸方向切り込みａｐ：１．５ｍｍ

・径方向切り込みａｅ：１５０ｍｍ

・クーラント：ドライ

上記切削条件で実行される切削加工は、難削材の高速高能率及びドライ条件下のフライス加工であり、刃先温度が高い条件下で実行される切削加工に該当する。

[0133] 試料１－１～１－２７に係る切削工具は、試料１－１０１～１－１０９に係る切削工具に比して、刃先の切削長さが大きく増加していることが確認された。すなわち、試料１－１～１－２７に係る切削工具は、試料１－１０１～１－１０９に係る切削工具に比して、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても長い工具寿命を有することが確認された。

[0134] ［実施例２］

≪切削工具の作製≫

＜試料２－１～２－１８、２－１０１～２－１０８に係る切削工具の作製＞

第２工程において、「基材上に「表３および表４」に示される組成を有する第２層および「第１Ａ層」を形成した。なお、カソード１０６の組成はＴｉ、Ａｌ、Ｃｅの比率が、「表３および表４」の第１単位層の組成の比率と同一になるように調整してある。また、カソード１０７の組成は、Ｔｉ、Ｓｉ、「Ｂ」の比率が、「表３および表４」の「第３単位層」の組成の比率と同一になるように調整してある。」点と、「第２層が形成されている場合、「第１Ａ層」は、該第２層上に第１単位層と「第３単位層」とを１層ずつ交互に、「表３および表４」に示される積層数をそれぞれ積層することにより形成した。第２層が形成されていない場合、「第１Ａ層」は、基材上に第１単位層と「第３単位層」とを１層ずつ交互に、「表３および表４」に示され

る積層数をそれぞれ積層することにより形成した。」点と、「第２層および「第１Ａ層」の厚みがそれぞれ「表３および表４」に示される厚みとなったところで蒸発源に供給する電流をストップした。」点と、「第３層の厚みが「表３および表４」に示される厚みとなったところで蒸発源に供給する電流をストップした。なお、カソード１２０の組成は、Ｔｉ、ＡｌＣｅの比率が、「表３および表４」の第３層の組成の比率と同一になるように調整してある。」点と、を除いては、上記試料１－１～１－２７、１－１０１～１－１０９に係る切削工具と同様の方法により、試料２－１～２－１８、２－１０１～２－１０８に係る切削工具が作製された。

[0135]

[表3]

Table 3

試料No.	第1A層										第2層		第3層		被膜の厚み [μm]	切削試験3	切削試験4
	第1単位層			第3単位層					λ1/λ3	積層数	厚み [μm]	組成	厚み [μm]	組成	厚み [μm]		
	a	b	平均厚み [μm]	d	e	M	平均厚み [μm]									切削時間 [分]	切削長 [km]
2-1	0.350	0.030	0.001	0.85	0.02	B	0.002	0.5	1000	3.0	-	-	-	-	3.0	75	5.0
2-2	0.600	0.001	0.003	0.85	0.03	B	0.003	1.0	500	3.0	-	-	-	-	3.0	88	7.0
2-3	0.600	0.100	0.003	0.93	0.03	B	0.003	1.0	500	3.0	-	-	-	-	3.0	83	6.1
2-4	0.550	0.040	0.02	0.20	0.03	B	0.01	2.0	100	3.0	-	-	-	-	3.0	86	6.8
2-5	0.550	0.050	0.003	0.99	0.03	B	0.001	3.0	800	3.2	-	-	-	-	3.2	72	4.6
2-6	0.550	0.020	0.02	0.92	0.01	B	0.003	6.7	150	3.5	-	-	-	-	3.5	70	4.5
2-7	0.500	0.020	0.004	0.80	0.05	B	0.004	1.0	400	3.2	-	-	-	-	3.2	93	7.1
2-8	0.500	0.010	0.007	0.90	0.02	B	0.007	1.0	200	2.8	-	-	-	-	2.8	89	6.9
2-9	0.550	0.020	0.02	0.90	0.02	B	0.004	5.0	130	3.1	-	-	-	-	3.1	92	7.1
2-10	0.500	0.020	0.002	0.90	0.02	B	0.002	1.0	800	3.2	-	-	-	-	3.2	94	7.6
2-11	0.450	0.020	0.2	0.85	0.02	B	0.2	1.0	27	10.8	-	-	-	-	10.8	125	10.1
2-12	0.400	0.020	0.005	0.85	0.02	B	0.002	2.5	100	0.7	-	-	-	-	0.7	62	3.5
2-13	0.550	0.030	0.002	0.95	0.02	B	0.002	1.0	900	3.6	Ti0.420Al0.550Ce0.030N	0.5	-	-	4.1	115	9.8
2-14	0.600	0.030	0.002	0.95	0.02	B	0.002	1.0	800	3.2	Ti0.95Si0.03B0.02N	0.6	-	-	3.8	104	9.2
2-15	0.500	0.020	0.005	0.92	0.03	B	0.005	1.0	300	3.0	-	-	Ti0.48Al0.5Ce0.02CN	0.8	3.8	95	7.2
2-16	0.550	0.020	0.010	0.95	0.02	B	0.050	0.2	50	3.0	-	-	-	-	3.0	50	3.0
2-17	0.550	0.030	0.25	0.96	0.03	B	0.12	2.1	10	3.7	-	-	-	-	3.7	52	3.2
2-18	0.550	0.030	0.18	0.95	0.02	B	0.25	0.72	10	4.3	-	-	-	-	4.3	56	3.4

[0136]

[表4]

Table 4

試料No.	第1A層										第2層			第3層			被膜の厚み [μm]	切削試験3	切削試験4
	第1単位層			第3単位層					λ1/λ3	積層数	厚み [μm]	組成	厚み [μm]	組成	厚み [μm]			切削時間 [分]	切削長 [km]
	a	b	平均厚み [μm]	d	e	M	平均厚み [μm]												
2-101	0.300	0.020	0.002	0.94	0.02	B	0.002	1.0	800	3.2	-	-	-	-	-	3.2	31	2.1
2-102	0.700	0.020	0.002	0.93	0.02	B	0.002	1.0	800	3.2	-	-	-	-	-	3.2	32	2.3
2-103	0.550	0	0.002	0.95	0.02	B	0.002	1.0	750	3.0	-	-	-	-	-	3.0	27	1.4
2-104	0.550	0.150	0.002	0.95	0.03	B	0.002	1.0	750	3.0	-	-	-	-	-	3.0	28	1.6
2-105	0.550	0.020	0.002	0.15	0.03	B	0.002	1.0	750	3.0	-	-	-	-	-	3.0	29	1.7
2-106	0.550	0.020	0.002	0.93	0	-	0.002	1.0	750	3.0	-	-	-	-	-	3.0	30	2.0
2-107	0.600	0.020	0.002	0.93	0.10	B	0.002	1.0	750	3.0	-	-	-	-	-	3.0	27	2.5
2-108	0.550	0.030	3.5	-	-	-	-	-	-	3.5	-	-	-	-	-	3.5	25	1.2

[0137] ≪評価≫

各試料に係る切削工具について、第１単位層の組成（すなわち、ａ及びｂ

）、第３単位層の組成（すなわち、ｄ及びｅ）、第２層の組成、第３層の組成、積層数、第１単位層の平均厚み、第３単位層の平均厚み、第１Ａ層の厚み、第２層の厚み、第３層の厚み、及びλ１／λ３を測定した。

[0138] ＜第１単位層の組成（ａ及びｂ）の測定＞

各試料の切削工具について、上記ａ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「ａ」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、上記ｂ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「ｂ」の欄に記す。

[0139] ＜第３単位層の組成（ｄ及びｅ）の測定＞

各試料の切削工具について、上記ｄを実施形態２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「ｄ」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、上記ｅを実施形態２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「ｅ」の欄に記す。なお、表３および表４において、「ｄ」の欄および「ｅ」の欄に「－」と記載されている場合は、第３単位層が存在しないことを意味する。

[0140] ＜第２層の組成および第３層の組成の測定＞

各試料の切削工具について、第２層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果をそれぞれ表３および表４の「第２層」の欄における「組成」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第３層の組成を実施形態１に記載の方法により求めた。得られた結果をそれぞれ表３および表４の「第３層」の欄における「組成」の欄に記す。なお、表３および表４の「第２層」の欄における「組成」の欄に「－」と記載されている場合は、第２層が存在しないことを意味し、表３および表４の「第３層」の欄における「組成」の欄に「－」と記載されている場合は、第３層が存在しないことを意味する。

[0141] ＜積層数の測定＞

各試料の切削工具について、上記積層数を実施形態２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「積層数」の欄に記す。

[0142] ＜第１単位層の平均厚み、第３単位層の平均厚み、第１Ａ層の厚み、第２層の厚み、及び第３層の厚みの測定＞

各試料の切削工具について、第１単位層の平均厚みを実施形態２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単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第３単位層の平均厚みを実施形態２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３単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第１Ａ層の厚みを実施形態２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１Ａ層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第２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２層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。また、各試料の切削工具について、第３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３層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に記す。なお、表３および表４の「第１単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第１単位層が存在しないことを意味する。表３および表４の「第３単位層」の欄における「平均厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第３単位層が存在しないことを意味する。表３および表４の「第２層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第２層が存在しないことを意味する。表３および表４の「第３層」の欄における「厚み［μｍ］」の欄に「－」と記載されている場合は、第３層が存在しないことを意味する。

[0143] ＜λ１／λ３の測定＞

各試料の切削工具について、上記λ１／λ３を実施形態２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「λ１／λ３」の欄に記す。なお、表３および表４の「λ１／λ３」の欄に「－」と記載されている場合は、第１単位層および第３単位層のうち少なくとも何れかが存在し

ないことを意味する。

[0144] ＜切削工具の寿命評価＞

（切削試験３：連続旋削試験）

試料２－１～２－１８、２－１０１～２－１０８のＣＮＭＧ１２０４０８形状の切削工具について、以下の切削条件で乾式の連続旋削試験を実行し、刃先の逃げ面摩耗量が０．２ｍｍになるまでの時間を測定した。結果を表３および表４の「切削時間［分］」の欄に記す。なお、表２において、切削時間が長いことは、工具寿命が長いことを示す。

（切削条件）

・被削材：インコネル７１８（時効材：ＨＢ＝４００）

・切削速度：６５ｍ／ｍｉｎ

・送り速度：０．１５ｍｍ／ｒｅｖ

・切り込み：１．０ｍｍ

・クーラント：ドライ

上記切削条件で実行される切削加工は、難削材の高速高能率加工であり、刃先温度が高い条件下で実行される切削加工に該当する。

[0145] 試料２－１～２－１８に係る切削工具は、試料２－１０１～２－１０８に係る切削工具に比して、連続旋削試験において、刃先の逃げ面摩耗量が大きく低減していることが確認された。すなわち、試料２－１～２－１８に係る切削工具は、試料２－１０１～２－１０８に係る切削工具に比して、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても長い工具寿命を有することが確認された。

[0146] （切削試験４：フライス試験）

試料２－１～２－１８、２－１０１～２－１０８のＳＥＭＴ１３Ｔ３ＡＧＳＮ形状の切削工具について、難削材からなる幅１５０ｍｍの板の中心線と、それより幅の広いφ１６０ｍｍのカッターの中心を合わせて、以下の切削条件で表面フライス削りを実行し（すなわち、乾式のフライス試験を実行し）、刃先の逃げ面摩耗量が０．２ｍｍになるまでの切削長を測定した。結果

を表３および表４の「切削長［ｋｍ］」の欄に記す。なお、表２において、切削長が長いことは、工具寿命が長いことを示す。

（切削条件）

・被削材：ＦＣＤ７００（ＨＢ＝２５０）

・切削速度：２５０ｍ／ｍｉｎ

・送り速度：０．２ｍｍ／ｔ

・軸方向切り込みａｐ：２．０ｍｍ

・径方向切り込みａｅ：１５０ｍｍ

・クーラント：ドライ

上記切削条件で実行される切削加工は、難削材の高速高能率及びドライ条件下のフライス加工であり、刃先温度が高い条件下で実行される切削加工に該当する。

[0147] 試料２－１～２－１８に係る切削工具は、試料２－１０１～２－１０８に係る切削工具に比して、刃先の切削長さが大きく増加していることが確認された。すなわち、試料２－１～２－１８に係る切削工具は、試料２－１０１～２－１０８に係る切削工具に比して、特に刃先温度が高い条件下で実行される切削加工においても長い工具寿命を有することが確認された。

[0148] 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。

[0149] 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

[0150] １　切削工具、２　基材、３　被膜、１２　第１単位層、１３，１３’　第１層，第１Ａ層、１４　第３層、１５　第２単位層、１６　第２層、１７　第３単位層、１０１　チャンバ、１０３　ガス排出口、１０４　基材ホル

ダ、１０５　ガス、１０６，１０７，１２０　カソード、１０８，１０９　アーク電源、１１０　バイアス電源。

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、第１単位層と第２単位層とが交互に積層された交互層からなり、

前記第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

前記ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

前記ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

前記第２単位層は、$Ti_cSi_{1-c}N$からなり、

前記ｃは、０．２０以上０．９９以下である、切削工具。

[請求項2] 前記第１単位層と、前記第１単位層に隣接する前記第２単位層とにおいて、前記第２単位層の厚みλ２に対する、前記第１単位層の厚みλ１の比λ１／λ２は、１以上５以下である、請求項１に記載の切削工具。

[請求項3] 前記第１単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、

前記第２単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ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] 前記被膜は、前記基材と、前記第１層との間に配置される第２層を更に含み、

前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成または前記第２単位層の組成と同一である、請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の切削工具。

[請求項5] 前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第１単位層の厚みより厚い、請求項４に記載の切削工具。

[請求項6] 前記第２層の組成は、前記第２単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第２単位層の厚みより厚い、請求項４に記載の切削工具。

[請求項7] 前記被膜は、前記第１層の前記基材と反対側に設けられる第３層を更に含み、

前記第３層は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなる、請求項１から請求項６のいずれか一項に記載の切削工具。

[請求項8] 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１Ａ層を含み、

前記第１Ａ層は、第１単位層と第３単位層とが交互に積層された交互層からなり、

前記第１単位層は、$Ti_{1-a-b}Al_aCe_bN$からなり、

前記ａは、０．３５０以上０．６５０以下であり、

前記ｂは、０．００１以上０．１００以下であり、

前記第３単位層は、$Ti_dSi_{1-d-e}M_eN$からなり、

前記Ｍは、硼素であり、

前記ｄは、０．２０以上０．９９以下であり、

前記ｅは、０超０．０５以下である、切削工具。

[請求項9] 前記第１単位層と、前記第１単位層に隣接する前記第３単位層とにおいて、前記第３単位層の厚みλ３に対する、前記第１単位層の厚みλ１の比λ１／λ３は、１以上５以下である、請求項８に記載の切削工具。

[請求項10] 前記第１単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下であり、

前記第３単位層の平均厚みは、０．００２μｍ以上０．２μｍ以下である、請求項８又は請求項９に記載の切削工具。

[請求項11] 前記被膜は、前記基材と、前記第１Ａ層との間に配置される第２層を更に含み、

前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成または前記第３単位層の組成と同一である、請求項８から請求項１０のいずれか一項に記載の切削工具。

[請求項12] 前記第２層の組成は、前記第１単位層の組成と同一であり、

前記第２層の厚みは、前記第１単位層の厚みより厚い、請求項１１に記載の切削工具。

[請求項13] 前記第２層の組成は、前記第３単位層の組成と同一であり、

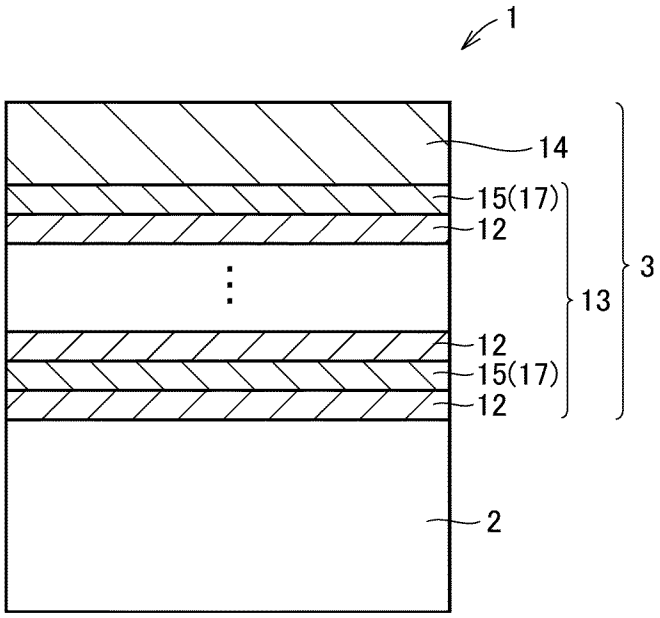
前記第２層の厚みは、前記第３単位層の厚みより厚い、請求項１１に記載の切削工具。

[請求項14] 前記被膜は、前記第１Ａ層の前記基材と反対側に設けられる第３層を更に含み、

前記第３層は、ＴｉＡｌＣｅＣＮからなる、請求項８から請求項１３のいずれか一項に記載の切削工具。

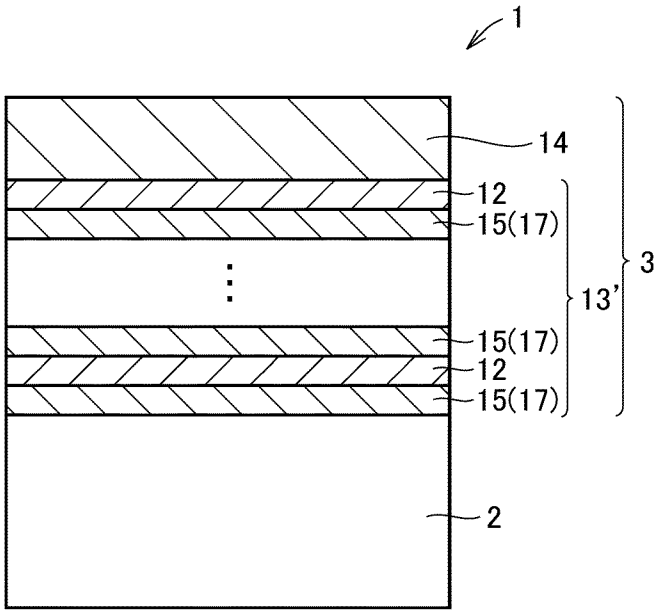
[図1]

FIG.1



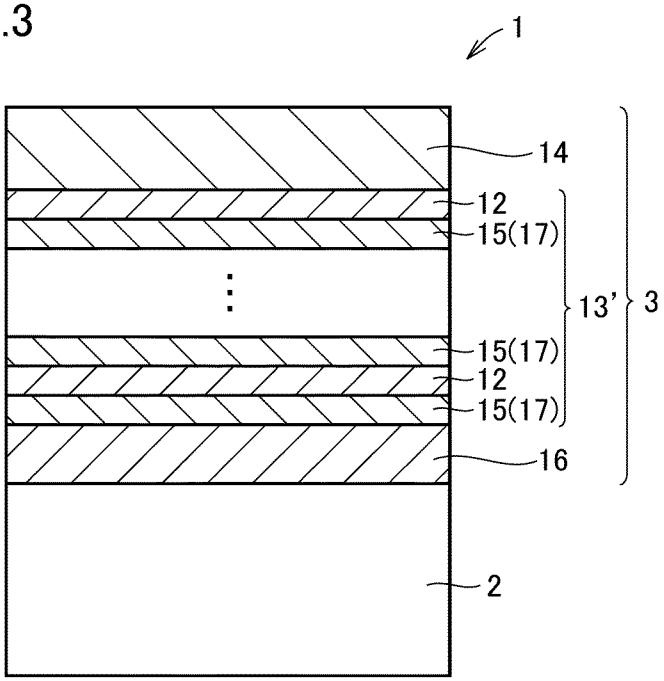
[図2]

FIG.2



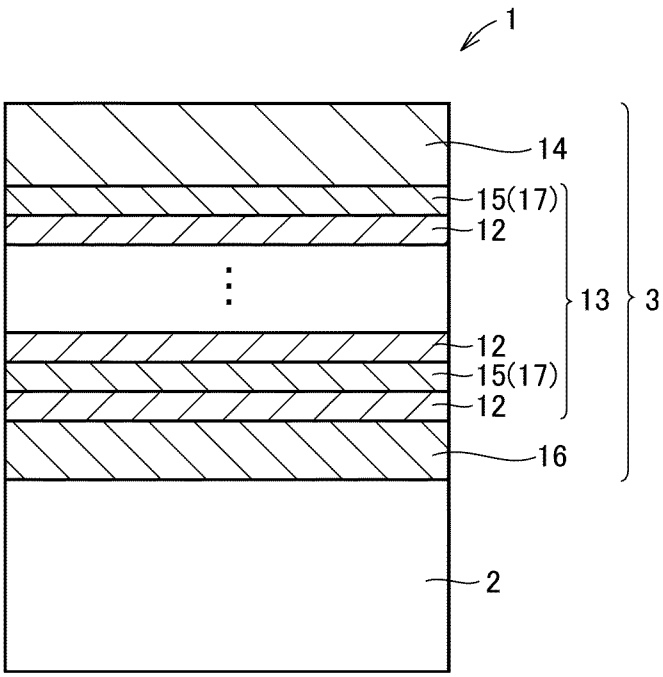
[図3]

FIG.3



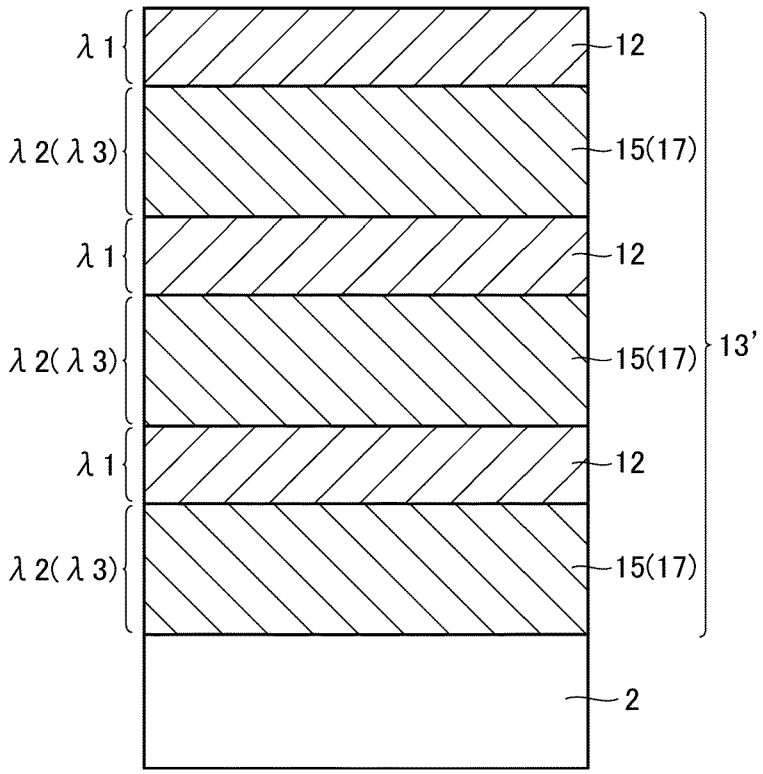
[図4]

FIG.4



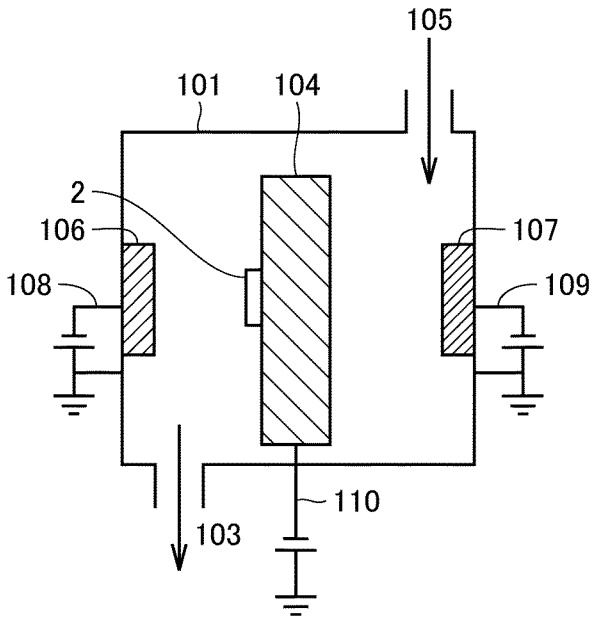
[図5]

FIG.5



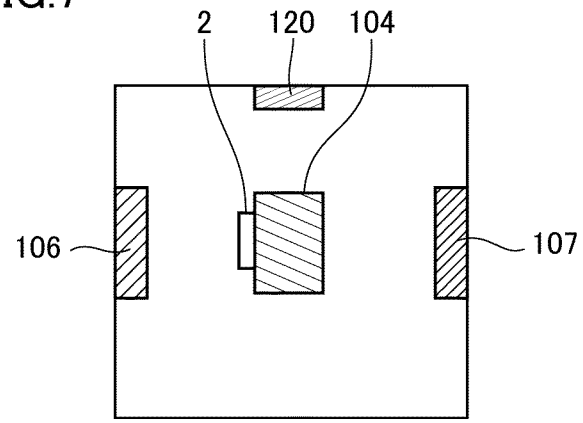
[図6]

FIG.6



[図7]

FIG.7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/035452

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B 27/14(2006.01)i; ***C23C 14/06***(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; C23C14/06 A

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; C23C14/06; B23B51/00; B23C5/00

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 2005-22023 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 27 January 2005 (2005-01-27) paragraphs [0014]-[0015], table 2-3	1-14
A	JP 2021-70075 A (NISSHIN KOGU KK) 06 May 2021 (2021-05-06) paragraph [0035]	1-14
A	JP 9-323205 A (HITACHI TOOL ENG CO LTD) 16 December 1997 (1997-12-16) table 4, sample 31	1-14
A	JP 2014-162977 A (KOBE STEEL LTD) 08 September 2014 (2014-09-08)	1-14

☐ 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
11 November 2022	**22 November 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/JP2022/035452

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2005-22023 A	27 January 2005	(Family: none)	
JP 2021-70075 A	06 May 2021	(Family: none)	
JP 9-323205 A	16 December 1997	(Family: none)	
JP 2014-162977 A	08 September 2014	US 2015/0361269 A1	
		WO 2014/132790 A1	
		EP 2963146 A1	
		KR 10-2015-0110730 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/035452

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 14/06(2006.01)i
FI: B23B27/14 A; C23C14/06 A

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; C23C14/06; B23B51/00; B23C5/00

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 2005-22023 A (三菱マテリアル株式会社) 27.01.2005 (2005-01-27) 段落００１４－００１５、表２－３	1-14
A	JP 2021-70075 A (日進工具株式会社) 06.05.2021 (2021-05-06) 段落００３５	1-14
A	JP 9-323205 A (日立ツール株式会社) 16.12.1997 (1997-12-16) 表４、試料３１	1-14
A	JP 2014-162977 A (株式会社神戸製鋼所) 08.09.2014 (2014-09-08)	1-14

☐ 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
11.11.2022	22.11.2022

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）
亀田　貴志 3C 9719

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/JP2022/035452

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2005-22023 A	27.01.2005	（ファミリーなし）	
JP 2021-70075 A	06.05.2021	（ファミリーなし）	
JP 9-323205 A	16.12.1997	（ファミリーなし）	
JP 2014-162977 A	08.09.2014	US 2015/0361269 A1	
		WO 2014/132790 A1	
		EP 2963146 A1	
		KR 10-2015-0110730 A	