(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
2022年11月17日(17.11.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/239139 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/018015

(22) 国際出願日： 2021年5月12日(12.05.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

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

(72) 発明者: 田中 大勢(**TANAKA, Taisei**); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP). 福井 治世(**FUKUI, Haruyo**); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP). 田林 大二(**TABAYASHI, Daiji**); 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目１番１号 住友電工ハードメタル株式会社内 Hyogo (JP).

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

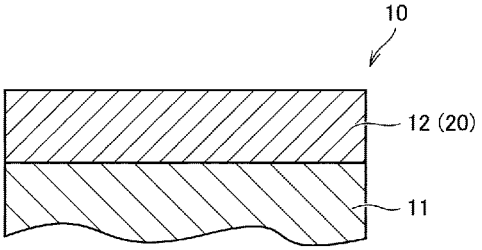
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

(54) **Title:** CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 切削工具

図2



(57) **Abstract:** A cutting tool provided with a substrate and a hard layer provided on the substrate, wherein: the hard layer comprises a compound represented by $Ti_{1-x}Al_xN$; the atomic ratio x of aluminum elements in said $Ti_{1-x}Al_xN$ is 0.6 to 0.73; the compound represented by $Ti_{1-x}Al_xN$ comprises a cubic titanium nitride, a cubic aluminum nitride, and a hexagonal aluminum nitride; the ratio of the area A_h of an X-ray diffraction peak derived from the hexagonal aluminum nitride is 50% to 80% relative to the sum of the area A_c of an X-ray diffraction peak derived from the cubic aluminum nitride and the area A_h of the X-ray diffraction peak derived from the hexagonal aluminum nitride; and the area A_c of the X-ray diffraction peak derived from the cubic aluminum nitride and the area A_h of the X-ray diffraction peak derived from the hexagonal aluminum nitride are determined by performing X-ray diffraction measurement on the hard layer.

WO 2022/239139 A1

[続葉有]

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：基材と、上記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、上記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる。

明　細　書

発明の名称 ： 切削工具

技術分野

[0001] 本開示は、切削工具に関する。

背景技術

[0002] 従来より、超硬合金等からなる切削工具を用いて、鋼及び鋳物等の切削加工が行われている。このような切削工具は、切削加工時において、その刃先が高温及び高応力等の過酷な環境に曝されるため、刃先の摩耗及び欠けが招来される。

したがって、刃先の摩耗及び欠けを抑制することが切削工具の寿命を向上させる上で重要である。

[0003] 切削工具の切削性能の改善を目的として、超硬合金等の基材の表面を被覆する被膜の開発が進められている。例えば、特開平０７－３１０１７４号公報（特許文献１）には、基材表面に形成される皮膜であって、（$Al_xTi_{1-x-y}Si_y$）（N_zC_{1-z}）［但し、０．０５≦ｘ≦０．７５、０．０１≦ｙ≦０．１、０．６≦ｚ≦１］で示される化学組成からなることを特徴とする耐摩耗性に優れた硬質皮膜が開示されている。

[0004] また、特開２００５－３０５５７６号公報（特許文献２）には、基材の表面に、$Ti_{1-x}Al_x$（ただし、０．２≦ｘ≦０．７）の窒化物または炭窒化物のいずれか１種以上の耐摩耗性被膜が被覆され、該耐摩耗性被膜の表面に、$Al_{1-a-b}Cr_aV_b$（ただし、０≦ａ≦０．４、０≦ｂ≦０．４、ａ＋ｂ≦０．４）の窒化物または炭窒化物のいずれか１種以上の耐チッピング性被膜が被覆された、被覆切削工具であって、前記耐摩耗性被膜の膜厚が、前記耐チッピング性被膜の膜厚よりも厚いことを特徴とする、被覆切削工具が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平０７－３１０１７４号公報

特許文献2：特開２００５－３０５５７６号公報

発明の概要

[0006] 本開示に係る切削工具は、

基材と、上記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、

上記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図１は、切削工具の一態様を例示する斜視図である。

[図2]図２は、本実施形態の一態様における切削工具の模式断面図である。

[図3]図３は、本実施形態の他の態様における切削工具の模式断面図である。

[図4]図４は、本実施形態の硬質層におけるＸ線回折測定の結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0008] [本開示が解決しようとする課題]

近年はより高効率な（送り速度が大きい）切削加工が求められており、また、切削加工する被削材の材質（例えば、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金

、Ｆｅ基耐熱合金等）及び加工方法に応じた切削工具の開発が期待されている。

[0009] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に、耐摩耗性及び耐欠損性に優れる切削工具を提供することを目的とする。

[0010] [本開示の効果]

上記によれば、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に、耐摩耗性及び耐欠損性に優れる切削工具を提供することが可能になる。

[0011] [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。

[0012] ［１］本開示に係る切削工具は、

基材と、上記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、

上記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる。

[0013] 上記切削工具は、上述のような構成を備えることによって、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工の行う際に、耐摩耗

性及び耐欠損性に優れる切削工具とすることが可能になる。ここで、「耐摩耗性」とは、切削加工時における切削工具の摩耗に対する耐性を意味する。「耐欠損性」とは、切削加工時における切削工具の欠けに対する耐性を意味する。

[0014] ［２］室温における上記硬質層の硬度H_Hは、２０ＧＰａ以上３５ＧＰａ以下であることが好ましい。このように規定することで、更に耐摩耗性に優れる切削工具とすることが可能になる。

[0015] ［３］室温における上記硬質層のヤング率E_Hは、４５０ＧＰａ以上６００ＧＰａ以下であることが好ましい。このように規定することで、耐欠損性に優れる切削工具とすることが可能になる。

[0016] ［４］室温における上記基材のヤング率E_Sは、５００ＧＰａ以上６５０ＧＰａ以下であることが好ましい。基材が上述の範囲のヤング率を有することにより、切削加工時の衝撃においても基材が被膜に追従し、被膜の剥離及び被膜から基材への亀裂の進展を抑えることができる。

[0017] ［５］上記硬質層の厚さは、０．５μｍ以上２０μｍ以下であることが好ましい。このように規定することで耐摩耗性に優れる切削工具とすることができる。

[0018] ［６］上記基材と上記硬質層との間に設けられている密着層を更に備えることが好ましい。このように規定することで、基材と硬質層との間の密着性に優れる切削工具とすることができる。

[0019] ［７］上記硬質層上に設けられている上部層を更に備え、上記上部層は、ＡｌＣｒＮで表される化合物からなることが好ましい。このように規定することで、耐摩耗性に優れる切削工具とすることが可能になる。

[0020] ［８］上記切削工具は、Ｎｉ基耐熱合金加工用、Ｃｏ基耐熱合金加工用、又はＦｅ基耐熱合金加工用であることが好ましい。上記切削工具は、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に特に適している。

[0021] ［本開示の実施形態の詳細］

以下、本開示の一実施形態（以下「本実施形態」と記す。）について説明する。ただし、本実施形態はこれに限定されるものではない。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。さらに、本明細書において、例えば「ＡｌＣｒＮ」等のように、構成元素の組成比が限定されていない化学式によって化合物が表された場合には、その化学式は従来公知のあらゆる組成比（元素比）を含むものとする。このとき上記化学式は、化学量論組成のみならず、非化学量論組成も含むものとする。例えば「ＡｌＣｒＮ」の化学式には、化学量論組成「$(AlCr)_1N_1$」のみならず、例えば「$(AlCr)_1N_{0.8}$」のような非化学量論組成も含まれる。このことは、「ＡｌＣｒＮ」以外の化合物（例えば、ＴｉＡｌＮ）の記載についても同様である。

[0022] ≪切削工具≫

本開示に係る切削工具は、

基材と、上記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、

上記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬

質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる。

[0023] 本実施形態の切削工具１０は、基材１１と、上記基材１１上に設けられている硬質層１２とを備える（以下、単に「切削工具」という場合がある。）（図１及び図２）。上記切削工具は、上記硬質層の他にも、上記基材と上記硬質層との間に設けられている密着層を更に備えていてもよい（図３）。上記切削工具は、上記硬質層上に設けられている上部層を更に備えていてもよい。密着層及び上部層等の他の層については、後述する。

なお、上記基材上に設けられている上述の各層をまとめて「被膜」と呼ぶ場合がある。すなわち、上記切削工具は上記基材を被覆する被膜を備え、上記被膜は上記硬質層を含む。また、上記被膜は、上記密着層又は上記上部層を更に含んでいてもよい。

[0024] 上記切削工具は、例えば、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、タップ等であり得る。

[0025] 図１は、切削工具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、例えば、旋削加工用刃先交換型切削チップとして用いられる。上記切削工具１０は、すくい面１と、逃げ面２と、上記すくい面１と上記逃げ面２とが交差する刃先稜線部３とを有する。すなわち、すくい面１と逃げ面２とは、刃先稜線部３を挟んで繋がる面である。刃先稜線部３は、切削工具１０の切刃先端部を構成する。

[0026] ＜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であればいずれのものも使用することができる。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Ｃｒ、Ｔｉ、Ｔａ、Ｎｂ等の炭窒化物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（ｃＢＮ焼結体）及びダイヤモンド焼結体からなる群より選ばれる少なくとも１種を含むことが好ましい。上記基材は、超硬合金、サーメット及びｃＢＮ焼結体からなる群より選ばれる少なくとも１種を含むことがより好ましい。

[0027] これらの各種基材の中でも、特にＷＣ基超硬合金又はｃＢＮ焼結体を選択することが好ましい。その理由は、これらの基材が特に高温における硬度と強度とのバランスに優れ、上記用途の切削工具の基材として優れた特性を有するためである。

[0028] 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η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β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。

[0029] 切削工具が、刃先交換型切削チップである場合、基材は、チップブレーカーを有するものも、有さないものも含まれる。刃先の稜線部分の形状は、シャープエッジ（すくい面と逃げ面とが交差する稜）、ホーニング（シャープエッジに対してアールを付与したもの）、ネガランド（面取りをしたもの）、ホーニングとネガランドを組み合わせたものの中で、いずれのものも含まれる。

[0030] 本実施形態の一側面において、室温における上記基材の硬度H_Sは、１０ＧＰａ以上２５ＧＰａ以下であることが好ましく、１４ＧＰａ以上２０ＧＰａ以下であることがより好ましく、１６ＧＰａ以上１８ＧＰａ以下であることが更に好ましい。室温における上記基材のヤング率E_Sは、５００ＧＰａ以上６５０ＧＰａ以下であることが好ましく、５５０ＧＰａ以上６３０ＧＰａ以下であることがより好ましい。上記基材の硬度H_S及びヤング率E_Sは、以下の測定方法で求めることが可能である。

[0031] すなわち、基材の硬度H_Sについては、「ＪＩＳ　Ｚ　２２４４　－　ビッ

カース硬さ試験」において定められている標準手順によるビッカース硬さ試験によって求められる。ビッカース硬さ試験を行う装置としては、例えば、ミツトヨ社製のＤＭＩ－５０００Ｍ（商品名）が挙げられる。基材のヤング率E_Sは「ＪＩＳ　Ｚ２２８０　Ｌ１０×Ｗ１０×Ｄ１０」において定められている標準手順による超音波パルス法によって求められる。超音波パルス法を行う装置としては、例えば、ＲＩＴＥＣ社製のＲＡＭ－５０００型（商品名）が挙げられる。基材を測定する場合、縦波用振動子および横波用振動子を用いて約１～２０ＭＨｚの超音波パルスを試験片に伝播させ、試験片内を伝播する縦波および横波の伝播速度から基材のヤング率を求める。このような測定を少なくとも１０個のサンプルについて行い、それぞれのサンプルで求められた硬度及びヤング率の平均値を、当該基材の硬度H_S及びヤング率E_Sとする。なお、一見して異常値と思われるデータについては、除外する。

[0032] ＜被膜＞

本実施形態に係る被膜２０は、硬質層１２を含む（例えば、図２、図３）。「被膜」は、上記基材の少なくとも一部（例えば、切削加工時に被削材と接する部分）を被覆することで、切削工具における耐欠損性、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。上記被膜は、上記基材の全面を被覆することが好ましい。しかしながら、上記基材の一部が上記被膜で被覆されていなかったり被膜の構成が部分的に異なっていたりしていたとしても本実施形態の範囲を逸脱するものではない。

[0033] 上記被膜の厚さは、０．５μｍ以上３０μｍ以下であることが好ましく、１μｍ以上１０μｍ以下であることがより好ましい。ここで、被膜の厚さとは、被膜を構成する層それぞれの厚さの総和を意味する。「被膜を構成する層」としては、例えば、後述する硬質層、密着層及び上部層等が挙げられる。上記被膜の厚みは、例えば、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）を用いて、基材の表面の法線方向に平行な断面サンプルにおける任意の１０点を測定し、測定された１０点の厚みの平均値をとることで求めることが可能である。このときの測定倍率は、例えば１００００倍である。上記断面サンプルとしては

、例えば、イオンスライサ装置で上記切削工具の断面を薄片化したサンプルが挙げられる。後述する硬質層、密着層及び上部層等のそれぞれの厚さを測定する場合も同様である。透過型電子顕微鏡としては、例えば、日本電子株式会社製のＪＥＭ－２１００Ｆ（商品名）が挙げられる。

[0034] （硬質層）

本実施形態に係る硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなる。ここで、「$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなる」とは、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物のみからなる構成と、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物及び不可避不純物のみからなる構成とを含む概念である。不可避不純物としては、例えば、アルゴン（Ａｒ）、酸素（Ｏ）等が挙げられる。

[0035] 上記硬質層の厚さは、０．５μｍ以上２０μｍ以下であることが好ましく、１μｍ以上１０μｍ以下であることがより好ましく、１．５μｍ以上５μｍ以下であることが更に好ましい。硬質層の厚さは、例えば、上述したような上記切削工具の断面を、透過型電子顕微鏡を用いて倍率１００００倍で観察することで測定可能である。

[0036] 上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、０．６３以上０．７以下であることが好ましく、０．６５以上０．６８以下であることがより好ましい。ここで、上記原子比ｘは、上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるチタン元素及びアルミニウム元素の合計に対する原子比である。上記原子比ｘは、上述の断面サンプルをＴＥＭに付帯のエネルギー分散型Ｘ線分光装置（ＴＥＭ－ＥＤＸ装置）で、硬質層の全体を分析することによって求めることが可能である。このときの観察倍率は、例えば、２００００倍である。具体的には、上記断面サンプルの硬質層における任意の１０点それぞれを測定して上記原子比ｘの値を求め、求められた１０点の値の平均値を上記硬質層における原子比ｘとする。ここで当該「任意の１０点」は、上記硬質層中の互いに異なる結晶粒から選択するものとする。上記ＥＤＸ装置としては、例えば、日本電子株式会社製のＪＥＤ－２３００（商品名）が挙げられる。

[0037] （Ｘ線回折測定）

本実施形態において上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなる。上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合は、５０％以上８０％以下であり、６０％以上７５％以下であることが好ましく、６５％以上７０％以下であることがより好ましい。

[0038] 従来、Ｎｉ基耐熱合金（例えば、インコネル）等の難削材に対する切削加工には、硬度が高い切削工具が用いられていた。例えば、ＴｉＡｌＮで表される化合物を含む被膜では、硬度が高い立方晶組織とするため、チタンとアルミニウムとの合計に対するアルミニウムの原子比を０．６未満にしていた。アルミニウムの割合を０．６以上にすると、硬度が低い六方晶が被膜中に混在するようになり、膜の硬度が低下するためである。このような事情から、被膜中に立方晶と六方晶とを共に含む切削工具は、難削材の加工に用いるという発想がなかった。

しかしながら、アルミニウムの原子比を０．６以上０．７３以下にして立方晶と六方晶とを含む硬質層にすると、硬度の向上は見込めないもののヤング率が低くなる。このような硬質層を備える切削工具を難削材の加工に用いた場合、切削中の衝撃による亀裂の進展が抑制でき、工具の欠損を抑えることができる。また切削中の被膜の大きな剥離が起きにくくなる。切削中の欠損及び被膜の大きな剥離により工具が短寿命となる事が特に課題となる上述のような難削材の加工に適していることを本発明者らが初めて見いだした。

[0039] 上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる。以下、詳細に説明する。

[0040] 具体的には、以下に記載の条件で上記硬質層における任意の３点それぞれ

に対して、θ／２θ法によるＸ線回折測定（ＸＲＤ測定）を行い、所定の結晶に由来するＸ線回折ピークの面積を求める。このとき、上記硬質層の上に上部層などが設けられている場合、研磨等の方法によって上部層を除去して上記硬質層の表面が露出するようにしてからＸ線回折測定を行う。Ｘ線を照射する位置は、切削に関与する部分（例えば、刃先部分）とする。求められた３点のＸ線回折ピークの面積の平均値を当該所定の結晶に由来するＸ線回折ピークの面積とする。このとき、立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークは、２θ＝４３～４４°付近におけるＸ線回折ピークに対応し、六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークは、２θ＝７５～７６°付近におけるＸ線回折ピークに対応する（例えば、図４参照）。また、立方晶の窒化チタンに由来するＸ線回折ピークは、２θ＝４２～４３°付近におけるＸ線回折ピークに対応する。図４において、縦軸はＸ線の回折強度を示し、横軸は２θの値を示している。上記Ｘ線回折測定に用いる装置としては、たとえば、パナリティカル製の「ＥＭＰＥＲＹＡＮ」（商品名）等が挙げられる。

Ｘ線回折測定の条件

走査軸	：２θ／θ
Ｘ線源	：ＣｕＫａ
検出器	：Ｘｅ比例係数管
管電圧	：４５ｋＶ
管電流	：４０ｍＡ
入射光学系	：多層ミラー
受光光学系	：Ｐｉｌａｔｕｓ
ステップ	：０．０３（薄膜測定時α＝１°）
積算時間	：３°／ｍｉｎ
スキャン範囲（２θ）	：２０－１００°

[0041] 得られた測定結果（例えば、図４）を用いて、ＲＩＲ法（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ Ｉｎｔｅｎｓｉｔｙ Ｒａｉｔｏ法）によって上記立方晶の窒化アル

ミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合を求める。上記ＲＩＲ法において用いられるカード名を以下に示す。

六方晶ＡＩＮ：　００－０２５－１１３３

立方晶ＡＩＮ：　０１－０７７－６８０８

立方晶ＴｉＮ：　０１－０７１－９８４５

[0042] 本実施形態の一側面において、室温における上記硬質層の硬度H_Hは、２０ＧＰａ以上３５ＧＰａ以下であることが好ましく、２５ＧＰａ以上３２ＧＰａ以下であることがより好ましい。

[0043] 本実施形態の一側面において、室温における上記硬質層のヤング率E_Hは、４５０ＧＰａ以上６００ＧＰａ以下であることが好ましく、５００ＧＰａ以上５８０ＧＰａ以下であることがより好ましい。

[0044] 上記硬度H_H及び上記ヤング率E_Hは、「ＩＳＯ　１４５７７－１：　２０１５　Ｍｅｔａｌｌｉｃ　ｍａｔｅｒｉａｌｓ－Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｅｄ　ｉｎｄｅｎｔａｔｉｏｎ　ｔｅｓｔ　ｆｏｒ　ｈａｒｄｎｅｓｓ　ａｎｄ　ｍａｔｅｒｉａｌｓ　ｐａｒａｍｅｔｅｒｓ－」において定められている標準手順によるナノインデンテーション法によって、求めることが可能である。本実施形態において「室温」とは、２５℃を意味する。上記硬度H_H及び上記ヤング率E_Hを正確に求める観点から、圧子の押し込み深さは、当該圧子の押し込み方向における上記硬質層の厚さの１／１０を超えないようにする。圧子の押し込み荷重は、２ｇとする。サンプルは、上記硬質層の断面積が上記圧子の面積に対して１０倍の広さを確保できるのであれば、上述の断面サンプルを用いてもよい。また、上記硬質層の断面積が上記圧子に対して十分な広さを確保できるように、基材の表面の法線方向に対して傾斜した断面を有するサンプルを用いてもよい。このような測定を少なくとも１０個の断面サンプルについて行い、それぞれのサンプルで求められた硬度及びヤング率の平均値を、当該硬質層の硬度H_H及びヤング率E_Hとする。なお、一見し

て異常値と思われるデータについては、除外するものとする。上記ナノインデンテーション法を行う装置としては、例えば、エリオニクス社製のＥＮＴ－１１００ａが挙げられる。

[0045] 本実施形態の一側面において、上記硬質層の残留応力は、－５ＧＰａ以上－０．０２ＧＰａ以下であってもよい。ここで、「硬質層の残留応力」とは、硬質層に存在する内部応力（固有ひずみ）を意味する。硬質層の残留応力のうち、負の値（マイナスの値）で表される残留応力を「圧縮残留応力」という。すなわち、本実施形態の一側面において、上記硬質層の圧縮残留応力は、０．０２ＧＰａ以上５ＧＰａ以下であってもよい。後述するように本実施形態における硬質層は、物理的蒸着法によって形成される。そのため、上記硬質層の圧縮残留応力は、上述の範囲をとることが可能になる。上記残留応力は、Ｘ線を用いた$2\theta-\sin^2\psi$法（側傾法）によって求めることが可能である。

[0046] （密着層）

本実施形態の一側面において、上記切削工具は、上記基材と上記硬質層との間に設けられている密着層を更に備えることが好ましい。上記密着層は、金属チタンからなることが好ましい。

[0047] 上記密着層の厚さは、０．５ｎｍ以上１００ｎｍ以下であることが好ましく、１ｎｍ以上２０ｎｍ以下であることがより好ましい。密着層の厚さは、例えば、上述したような上記切削工具の断面を、透過型電子顕微鏡を用いて倍率１０００００倍で観察することで測定可能である。

[0048] （上部層）

本実施形態の一側面において、上記切削工具は、上記硬質層上に設けられている上部層を更に備え、上記上部層は、ＡｌＣｒＮで表される化合物からなることが好ましい。

[0049] 上記上部層の厚さは、０．５μｍ以上１０μｍ以下であることが好ましく、１μｍ以上５μｍ以下であることがより好ましい。上部層の厚さは、例えば、上述したような上記切削工具の断面を、透過型電子顕微鏡を用いて倍率

１００００倍で観察することで測定可能である。

[0050] （他の層）

本実施形態の効果を損なわない範囲において、上記被膜は、他の層を更に含んでいてもよい。上記他の層は、上記硬質層とは組成が異なっていてもよいし、同じであってもよい。他の層としては、例えば、ＴｉＮ層、ＴｉＣＮ層、ＴｉＢＮ層、Al_2O_3層等を挙げることができる。なお、その積層の順も特に限定されない。例えば、上記他の層としては、上記密着層と上記硬質層との間に設けられている下地層、上記硬質層の上に（上部層がある場合は上部層の上に）設けられている最外層等が挙げられる。上記他の層の厚さは、本実施形態の効果を損なわない範囲において、特に制限はないが例えば、０．１μｍ以上２μｍ以下が挙げられる。

[0051] （用途）

本実施形態に係る上記切削工具は、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に特に適している。すなわち、Ｎｉ基耐熱合金加工用、Ｃｏ基耐熱合金加工用、又はＦｅ基耐熱合金加工用であることが好ましい。

[0052] ≪切削工具の製造方法≫

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工程（以下、「第１工程」という場合がある。）と、

物理的蒸着法を用いて上記基材の上に上記硬質層を形成する工程（以下、「第２工程」という場合がある。）と、

を含む。

[0053] 物理的蒸着法とは、物理的な作用を利用して原料（「蒸発源」、「ターゲット」ともいう。）を気化し、気化した原料を基材等の上に付着させる蒸着方法である。特に、本実施形態で用いる物理的蒸着法は、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及びアンバランスドマグネトロンスパッタリング法からなる群より選択される少なくとも１種であることが好ましい。なかでも、原料となる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がより好ましい。カソードアークイオンプレーティング法を用いる場合、被膜を形成する前に、基材の表面に対して金属のイオンボンバード洗浄処理が可能であるので、洗浄時間を短縮することもできる。

[0054] カソードアークイオンプレーティング法は、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、このターゲットに高電流を印加してアーク放電を生じさせる。これにより、ターゲットを構成する原子を蒸発させイオン化させて、負のバイアス電圧を印可した基材上に堆積させて被膜を形成する。

[0055] バランスドマグネトロンスパッタリング法は、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る。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イオン化させ、基材上に堆積させることにより被膜を形成する。

[0056] アンバランスドマグネトロンスパッタリング法は、上記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することにより、被膜を形成する。

[0057] ＜第１工程：基材を準備する工程＞

第１工程では基材を準備する。例えば、基材として超硬合金基材が準備される。超硬合金基材は、市販のものを用いてもよく、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。第１工程では、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。

[0058] ＜第２工程：硬質層を形成する工程＞

第２工程では、硬質層が形成される。その方法としては、形成しようとする硬質層の組成に応じて、各種の方法が用いられる。例えば、チタン（Ｔｉ）、アルミニウム（ＡｌＩ）及びクロム（Ｃｒ）等の粒径をそれぞれ変化させた合金製ターゲットを使用する方法、それぞれ組成の異なる複数のターゲットを使用する方法、成膜時に印可するバイアス電圧をパルス電圧とする方法、成膜時にガス流量を変化させる方法、又は、成膜装置において基材を保持する基材ホルダの回転速度を調整する方法等を挙げることができる。

[0059] 例えば、第２工程は、次のようにして行なうことができる。まず、成膜装置のチャンバ内に、基材として任意の形状のチップを装着する。例えば、基材を、成膜装置のチャンバ内において中央に回転可能に備え付けられた回転テーブル上の基材ホルダの外表面に取り付ける。基材ホルダには、バイアス電源を取り付ける。上記基材をチャンバ内の中央で回転させた状態で、反応ガスとして窒素を導入する。さらに、基材を温度４００～５００℃に、反応ガス圧を１０Ｐａ以下（好ましくは１．０～２．０Ｐａ）に、バイアス電源の電圧を５０～２００Ｖの範囲に維持し、又は徐々に変化させながら硬質層形成用の蒸発源に１２０～２００Ａのアーク電流を供給する。これにより、硬質層形成用の蒸発源から金属イオンを発生させ、所定の時間が経過したところでアーク電流の供給を止めて、基材の表面上に硬質層を形成する。このとき、成膜時間を調節することにより、硬質層の厚さが所定範囲になるように調整する。

[0060] ここで、化学的蒸着法（ＣＶＤ法）でＴｉＡｌＮで表される化合物からなる層を形成する場合、原料として塩化アルミニウム（$AlCl_3$）、塩化チタン（$TiCl_4$）等が用いられる。そのため、ＣＶＤ法で形成されたＴｉＡｌＮで表される化合物からなる層からは塩素が検出される。一方、本実施形態において第２工程は、上述した通り物理的蒸着法を用いて行われ、原料として上述した塩化アルミニウム（$AlCl_3$）、塩化チタン（$TiCl_4$）は用

いられない。そのため、本実施形態に係る硬質層は、塩素が含まれない。

[0061] 上記第２工程において、硬質層の原料は、Ａｌ、Ｔｉを含む。上記Ａｌの含有割合（原子数比）は、硬質層の原料全体を１とした場合、０．６～０．７であることが好ましく、０．６３～０．６７であることがより好ましい。

[0062] 上記Ｔｉの含有割合（原子数比）は、硬質層の原料全体を１とした場合、０．３～０．４であることが好ましく、０．３３～０．３７であることがより好ましい。

[0063] 硬質層を形成した後、被膜に圧縮残留応力を付与してもよい。靭性が向上するからである。圧縮残留応力は、例えばブラスト法、ブラシ法、バレル法、イオン注入法等によって付与することができる。

[0064] 本実施形態の一側面において、上記硬質層を形成する工程を行う前に、物理的蒸着法を用いて上記基材の上に密着層を形成する工程を行ってもよい。上記密着層を形成する方法としては、例えば、以下に示すような上記基材の上に対して金属チタンのイオンボンバード処理を行う方法が挙げられる。まず、成膜装置の内部を１Ｐａ以下まで減圧した後、Ａｒを導入し５００℃付近まで加熱する。その後、金属チタンの蒸発源に１２０～２００Ａ程度のアーク電流を供給し、Ａｒ雰囲気中で５００～７００Ｖのバイアス電圧を印加し、基材表面に極めて薄い金属チタンの密着層を成膜する。

[0065] ＜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、上記硬質層の上に上部層を形成する上部層形成工程及び表面処理する工程等を適宜行ってもよい。上述の上部層等の他の層を形成する場合、従来の方法によって他の層を形成してもよい。具体的には、例えば、上述したＰＶＤ法によって上記他の層を形成することが挙げられる。表面処理をする工程としては、例えば、応力を付与する弾性材にダイヤモンド粉末を担持させたメディアを用いた表面処理等が挙げられる。

[0066] 以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

（付記１）

基材と、上記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、

上記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、

上記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、

上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、上記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる、切削工具。

（付記２）

前記硬質層は、塩素を含まない、付記１に記載の切削工具。

（付記３）

前記硬質層の圧縮残留応力は、０．０２ＧＰａ以上５ＧＰａ以下である、付記１又は付記２に記載の切削工具。

（付記４）

前記基材の硬度H_Sは、１０ＧＰａ以上２５ＧＰａ以下である、付記１から付記３のいずれかに記載の切削工具。

実施例

[0067] 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。

[0068] ≪切削工具の作製≫

＜基材の準備＞

まず、被膜を形成させる対象となる基材として、表１及び表２に示される

硬度及びヤング率を有する転削加工用超硬ボールエンドミル（形状：刃径：φ６　半径Ｒ３）を準備した。上記転削加工用超硬ボールエンドミルは、ＷＣ粒度が１～２μｍであり、含有Ｃｏ量が８～１２ｗｔ％程度であり、また副炭化物を含む超硬合金で構成されていた。

[0069] ＜被膜の作製＞

上記基材の表面上に、表１及び表２に示される密着層、硬質層及び上部層を形成することによって、被膜を作製した。以下、密着層、硬質層及び上部層の作製方法について説明する。

[0070] （密着層の形成）

上記基材の表面上に対して金属チタンのイオンボンバード処理を行うことで密着層を形成した。このときの処理条件を以下に示す。なお、試料１～４については密着層を形成しなかった。まず、成膜装置の内部を１Ｐａ以下まで減圧した後、Ａｒを導入し５００℃付近まで加熱した。その後、金属チタンの蒸発源に１２０～２００Ａ程度のアーク電流を供給し、Ａｒ雰囲気中で６００Ｖのバイアス電圧を印加し、基材表面に金属チタンの密着層を成膜した。

[0071] （硬質層の作製）

基材をチャンバ内の中央で回転させた状態で、反応ガスとして窒素を導入した。さらに、基材を温度５００℃に、反応ガス圧を１０Ｐａ以下に、バイアス電源の電圧を５０Ｖ～１５０Ｖの範囲の一定値に維持し、又は徐々に変化させながら硬質層形成用の蒸発源（チタン、アルミニウム）に１２０Ａ～２００Ａのアーク電流を供給した。これにより、硬質層形成用の蒸発源からそれぞれ金属イオンを発生させ、所定の時間が経過したところでアーク電流の供給を止めて、基材の表面上又は密着層の表面上に硬質層を形成した。ここで、硬質層形成用の蒸発源は、表１及び表２に示される硬質層の組成となるように、原料組成を変化させたものを用いた。

[0072] （上部層の作製）

試料１１については、以下の手順で硬質層の表面上に上部層を形成した。

まず、基材をチャンバ内の中央で回転させた状態で、反応ガスとして窒素を導入した。さらに、基材を温度５００℃に、反応ガス圧を１０Ｐａ以下に、バイアス電源の電圧を３０Ｖ～１００Ｖの範囲の一定値に維持し、又は徐々に変化させながら上部層形成用の蒸発源（クロム、アルミニウム）に１２０Ａ～２００Ａのアーク電流を供給した。これにより、上部層形成用の蒸発源からそれぞれ金属イオンを発生させ、所定の時間が経過したところでアーク電流の供給を止めて、硬質層の表面上に上部層を形成した。

[0073] 以上の工程によって、試料１～１５、及び試料１０１～１０５の切削工具を作製した。ここで、試料１～１１、１０１～１０５が実施例に対応する。試料１２～１５が比較例に対応する。

[0074]

[表1]

試料	基材		密着層		硬質層				上部層		切削試験	
	硬度 (GPa)	ヤング率 (GPa)	組成	厚さ (nm)	$Al_xTi_{1-x}N$ の原子比 x	h-AlN 六方晶に由来するピーク面積割合(%)	硬度 (GPa)	ヤング率 (GPa)	厚さ (μm)	組成	厚さ (μm)	耐欠損性 (min)	耐摩耗性 (min)
1	16.3	602	—	0	0.63	51	31	587	2.0	—	0	42	37
2	16.9	610	—	0	0.65	68	30	562	2.0	—	0	40	37
3	15.8	589	—	0	0.68	70	27	539	2.0	—	0	42	35
4	16.6	607	—	0	0.73	79	25	467	2.0	—	0	38	40
5	17.0	622	Ti	10	0.63	53	31	593	2.0	—	0	50	46
6	15.6	597	Ti	10	0.65	69	30	554	2.0	—	0	58	48
7	16.9	613	Ti	10	0.73	78	27	547	2.0	—	0	52	47
8	17.9	621	Ti	10	0.65	68	25	455	0.5	—	0	56	43
9	16.0	599	Ti	10	0.66	65	31	593	5.0	—	0	51	50
10	15.2	683	Ti	10	0.64	63	31	596	20.0	—	0	42	68
11	16.6	605	Ti	10	0.65	68	30	581	2.0	AlCrN	1.0	60	63
12	17.1	612	Ti	10	0.57	28	40	655	2.0	—	0	16	18
13	15.4	581	Ti	10	0.42	17	36	621	2.0	—	0	12	15
14	17.2	613	Ti	10	0.90	99	19	390	2.0	—	0	14	8
15	16.7	602	Ti	10	0.90	99	18	380	23.0	—	0	4	9

[0075]

[表2]

試料	基材		密着層		硬質層					上部層		切削試験	
	硬度 (GPa)	ヤング率 (GPa)	組成	厚さ (nm)	$Al_xTi_{1-x}N$ の原子比 x	h-AlN 六方晶に由来するピーク面積割合(%)	硬度 (GPa)	ヤング率 (GPa)	厚さ (μm)	組成	厚さ (μm)	耐欠損性 (min)	耐摩耗性 (min)
101	14.2	523	Ti	10	0.64	60	32	592	2.0	—	0	57	42
102	16.3	609	Ti	10	0.67	72	29	572	2.0	—	0	56	46
103	17.2	622	Ti	10	0.65	68	30	581	2.0	—	0	50	45
104	13.4	491	Ti	10	0.67	73	29	567	2.0	—	0	36	38
105	20.5	664	Ti	10	0.64	63	31	586	2.0	—	0	32	41

[0076] ≪切削工具の特性評価≫

上述のようにして作製した試料（試料１～１５、及び試料１０１～１０５）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。

[0077] ＜被膜の厚さ（密着層、硬質層、上部層の厚さ）の測定＞

被膜を構成する各層の厚さ（すなわち、密着層、硬質層、上部層の厚さ）は、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）（日本電子株式会社製、商品名：ＪＥＭ－２１００Ｆ）を用いて、基材の表面の法線方向に平行な断面サンプルにおける任意の１０点を測定し、測定された１０点の厚さの平均値をとることで求めた。結果を表１及び表２に示す。

[0078] ＜硬質層の組成＞

硬質層の組成を以下の方法で算出した。すなわち、上述の断面サンプルをＴＥＭに付帯のエネルギー分散型Ｘ線分光装置（ＴＥＭ－ＥＤＸ装置）（日本電子株式会社製、商品名：ＪＥＤ－２３００）で、硬質層の全体を分析することによって$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘを求めた。このときの観察倍率は、２００００倍であった。より具体的には、上記断面サンプルの硬質層における任意の１０点それぞれを測定して上記原子比ｘの値を求め、求められた１０点の値の平均値を上記硬質層におけるアルミニウム元素の原子比ｘとした。ここで当該「任意の１０点」は、上記硬質層中の互いに異なる結晶粒から選択した。結果を表１及び表２に示す。

[0079] ＜Ｘ線回折測定＞

以下の手順で、硬質層における六方晶の窒化アルミニウム（ｈ－ＡｌＮ）に由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合を求めた。まず、以下に記載の条件で上記硬質層における任意の３点それぞれに対して、$\theta/2\theta$法によるＸ線回折測定（ＸＲＤ測定）を行い、所定の結晶に由来するＸ線回折ピークの面積を求めた。Ｘ線を照射する位置は、切削に関与する部分（例えば、刃先部分）とした。求められた３点のＸ線回折ピークの面積の平均値を当該所定の結晶に由来するＸ線回折ピークの面積とした。このとき、立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークは、2θ＝４３～４４°付近におけるＸ線回折ピークに対応し、六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピ

ークは、２θ＝７５～７６°付近におけるＸ線回折ピークに対応していた（例えば、図４参照）。また、立方晶の窒化チタンに由来するＸ線回折ピークは、２θ＝４２～４３°付近におけるＸ線回折ピークに対応していた。図４において、縦軸はＸ線の回折強度を示し、横軸は２θの値を示している。上記Ｘ線回折測定に用いる装置は、パナリティカル製の「ＥＭＰＥＲＹＡＮ」（商品名）を用いた。

Ｘ線回折測定の条件

走査軸	：２θ／θ
Ｘ線源	：ＣｕＫａ
検出器	：Ｘｅ比例係数管
管電圧	：４５ｋＶ
管電流	：４０ｍＡ
入射光学系	：多層ミラー
受光光学系	：Ｐｉｌａｔｕｓ
ステップ	：０．０３（薄膜測定時α＝１°）
積算時間	：３°／ｍｉｎ
スキャン範囲（２θ）	：２０－１００°

[0080] 得られた測定結果（例えば、図４）を用いて、ＲＩＲ法（Ｒｅｆｅｒｅｎｃｅ Ｉｎｔｅｎｓｉｔｙ Ｒａｉｔｏ法）によって上記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、上記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合を求めた。結果を表１及び表２に示す。上記ＲＩＲ法において用いられたカード名を以下に示す。

六方晶ＡＩＮ： ００－０２５－１１３３

立方晶ＡＩＮ： ０１－０７７－６８０８

立方晶ＴｉＮ： ０１－０７１－９８４５

[0081] ＜基材及び硬質層の硬度及びヤング率の測定＞

硬質層の硬度H_H及びヤング率E_Hは、「ＩＳＯ　１４５７７－１：　２０１５　Ｍｅｔａｌｌｉｃ　ｍａｔｅｒｉａｌｓ－Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｅｄ　ｉｎｄｅｎｔａｔｉｏｎ　ｔｅｓｔ　ｆｏｒ　ｈａｒｄｎｅｓｓ　ａｎｄ　ｍａｔｅｒｉａｌｓ　ｐａｒａｍｅｔｅｒｓ－」において定められている標準手順によるナノインデンテーション法によって、求めた。硬質層を測定する場合、圧子の押し込み深さは当該圧子の押し込み方向における上記硬質層の厚さの１／１０を超えないようにした。サンプルは、上記硬質層の断面積が上記圧子の面積に対して１０倍の広さを確保できる断面サンプルを用いた。硬質層を測定する場合においても圧子の押し込み荷重は、２ｇとした。このような測定を少なくとも１０個のサンプルについて行い、それぞれのサンプルで求められた硬度及びヤング率の平均値を、当該硬質層の硬度H_H及びヤング率E_Hとした。なお、一見して異常値と思われるデータについては、除外した。結果を表１及び表２に示す。上記ナノインデンテーション法を行う装置としては、エリオニクス社製のＥＮＴ－１１００ａを用いた。

[0082] 基材の硬度H_Sについては、「ＪＩＳ　Ｚ　２２４４　－　ビッカース硬さ試験」において定められている標準手順によるビッカース硬さ試験によって求めた。ビッカース硬さ試験を行う装置としては、ミツトヨ社製のＤＭＩ－５０００Ｍ（商品名）を用いた。基材のヤング率E_Sは「ＪＩＳ　Ｚ２２８０　Ｌ１０×Ｗ１０×Ｄ１０」において定められている標準手順による超音波パルス法によって求めた。超音波パルス法を行う装置としては、ＲＩＴＥＣ社製のＲＡＭ－５０００型（商品名）を用いた。基材を測定する場合、縦波用振動子および横波用振動子を用いて約１～２０ＭＨｚの超音波パルスを試験片に伝播させ、試験片内を伝播する縦波および横波の伝播速度から基材のヤング率を求めた。このような測定を少なくとも１０個のサンプルについて行い、それぞれのサンプルで求められた硬度及びヤング率の平均値を、当該基材の硬度H_S及びヤング率E_Sとした。なお、一見して異常値と思われるデータについては、除外した。結果を表１及び表２に示す。

[0083] ≪切削試験≫

＜切削試験１：耐欠損性試験＞

上述のようにして作製した試料（試料１～１５、及び試料１０１～１０５）の切削工具を用いて、以下の切削条件により切削工具に欠損が発生までの切削時間（ｍｉｎ）を測定した。その結果を表１及び表２に示す。切削時間が長いほど耐欠損性に優れる切削工具として評価することができる。

切削条件

被削材　　：インコネル７１８（時効処理材）

切削速度（Ｖｃ）：８０ｍ／ｍｉｎ

送り量（ｆ）　：０．３ｍｍ／ｒｅｖ

切込み量（ａｐ）：０．４ｍｍ

切込み幅（ａｅ）：０．４ｍｍ

工具突き出し　：５０ｍｍ

被削材傾斜　　：０°

[0084] ＜切削試験２：耐摩耗性試験＞

上述のようにして作製した試料（試料１～１５、及び試料１０１～１０５）の切削工具を用いて、以下の切削条件により逃げ面摩耗量（Ｖｂ）が０．０５ｍｍとなるまでの切削時間を測定した。その結果を表１及び表２に示す。切削時間が長いほど耐摩耗性に優れる切削工具として評価することができる。

切削条件

被削材　　：インコネル７１８（時効処理材）

切削速度（Ｖｃ）：１００ｍ／ｍｉｎ

送り量（ｆ）　：０．１５ｍｍ／ｒｅｖ

切込み量（ａｐ）：０．３ｍｍ

切込み幅（ａｅ）：０．３ｍｍ

工具突き出し　：３０ｍｍ

被削材傾斜　　：３０°

[0085] 耐欠損性試験について、表１及び表２の結果から試料１～１１及び試料１

０１～１０５の切削工具（実施例）は、切削時間が３２ｍｉｎ以上の良好な結果が得られた。一方試料１２～１５の切削工具（比較例）は、切削時間が１６ｍｉｎ以下であった。上記耐欠損性試験における被削材は、Ｎｉ基耐熱合金であるインコネル７１８を用いている。すなわち、試料１～１１及び試料１０１～１０５の切削工具（実施例）は、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に、耐欠損性に優れることが分かった。

[0086] 耐摩耗性試験について、表１及び表２の結果から、試料１～１１及び試料１０１～１０５の切削工具（実施例）は、切削時間が３５ｍｉｎ以上の良好な結果が得られた。一方試料１２～１５の切削工具（比較例）は、切削時間が１８ｍｉｎ以下であった。上記耐摩耗性試験における被削材は、Ｎｉ基耐熱合金であるインコネル７１８を用いている。すなわち、試料１～１１及び試料１０１～１０５の切削工具（実施例）は、Ｎｉ基耐熱合金、Ｃｏ基耐熱合金、又はＦｅ基耐熱合金に対する加工を行う際に、耐摩耗性に優れることが分かった。

[0087] 以上のように本発明の実施形態及び実施例について説明を行なったが、上述の各実施形態及び各実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

[0088] 今回開示された実施の形態及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及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

[0089] １ すくい面、 ２ 逃げ面、 ３ 刃先稜線部、 １０ 切削工具、１１ 基材、 １２ 硬質層、 １３ 密着層、 ２０ 被膜

請求の範囲

[請求項1] 基材と、前記基材上に設けられている硬質層と、を備える切削工具であって、

前記硬質層は、$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物からなり、

前記$Ti_{1-x}Al_xN$におけるアルミニウム元素の原子比ｘは、０．６以上０．７３以下であり、

前記$Ti_{1-x}Al_xN$で表される化合物は、立方晶の窒化チタンと立方晶の窒化アルミニウムと六方晶の窒化アルミニウムとからなり、

前記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び前記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの合計に対する、前記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hの割合が５０％以上８０％以下であり、

前記立方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_c及び前記六方晶の窒化アルミニウムに由来するＸ線回折ピークの面積A_hは、前記硬質層についてＸ線回折測定を行うことで求められる、切削工具。

[請求項2] 室温における前記硬質層の硬度H_Hは、２０ＧＰａ以上３５ＧＰａ以下である、請求項１に記載の切削工具。

[請求項3] 室温における前記硬質層のヤング率E_Hは、４５０ＧＰａ以上６００ＧＰａ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] 室温における前記基材のヤング率E_Sは、５００ＧＰａ以上６５０ＧＰａ以下である、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] 前記硬質層の厚さは、０．５μｍ以上２０μｍ以下である、請求項１から請求項４のいずれか一項に記載の切削工具。

[請求項6] 前記基材と前記硬質層との間に設けられている密着層を更に備える、請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の切削工具。

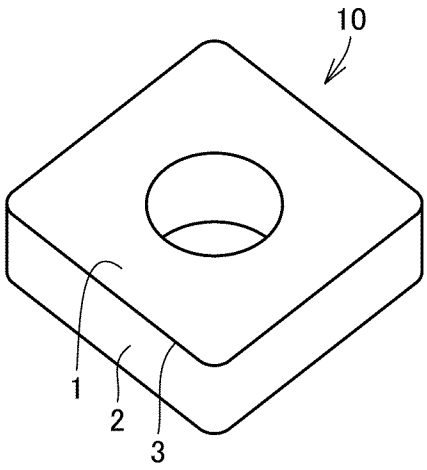
[請求項7] 前記硬質層上に設けられている上部層を更に備え、

前記上部層は、ＡｌＣｒＮで表される化合物からなる、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] Ｎｉ基耐熱合金加工用、Ｃｏ基耐熱合金加工用、又はＦｅ基耐熱合金加工用である、請求項１から請求項７のいずれか一項に記載の切削工具。

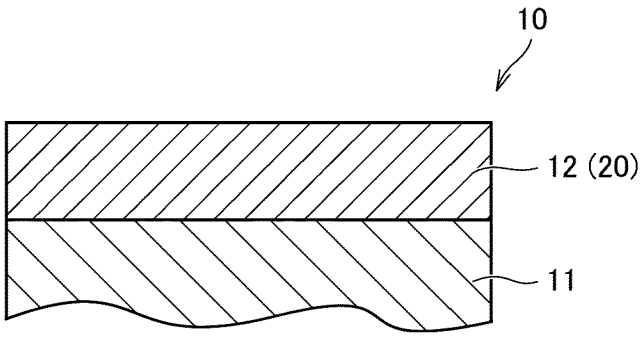
[図1]

図1



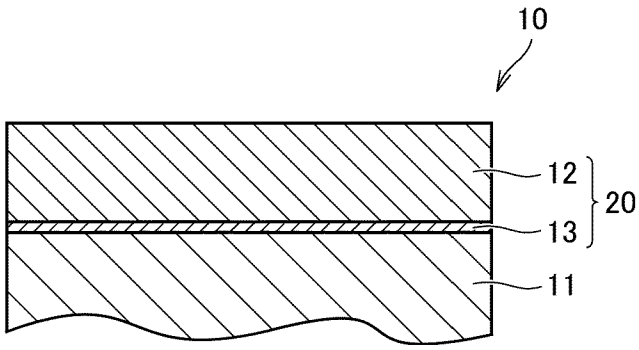
[図2]

図2



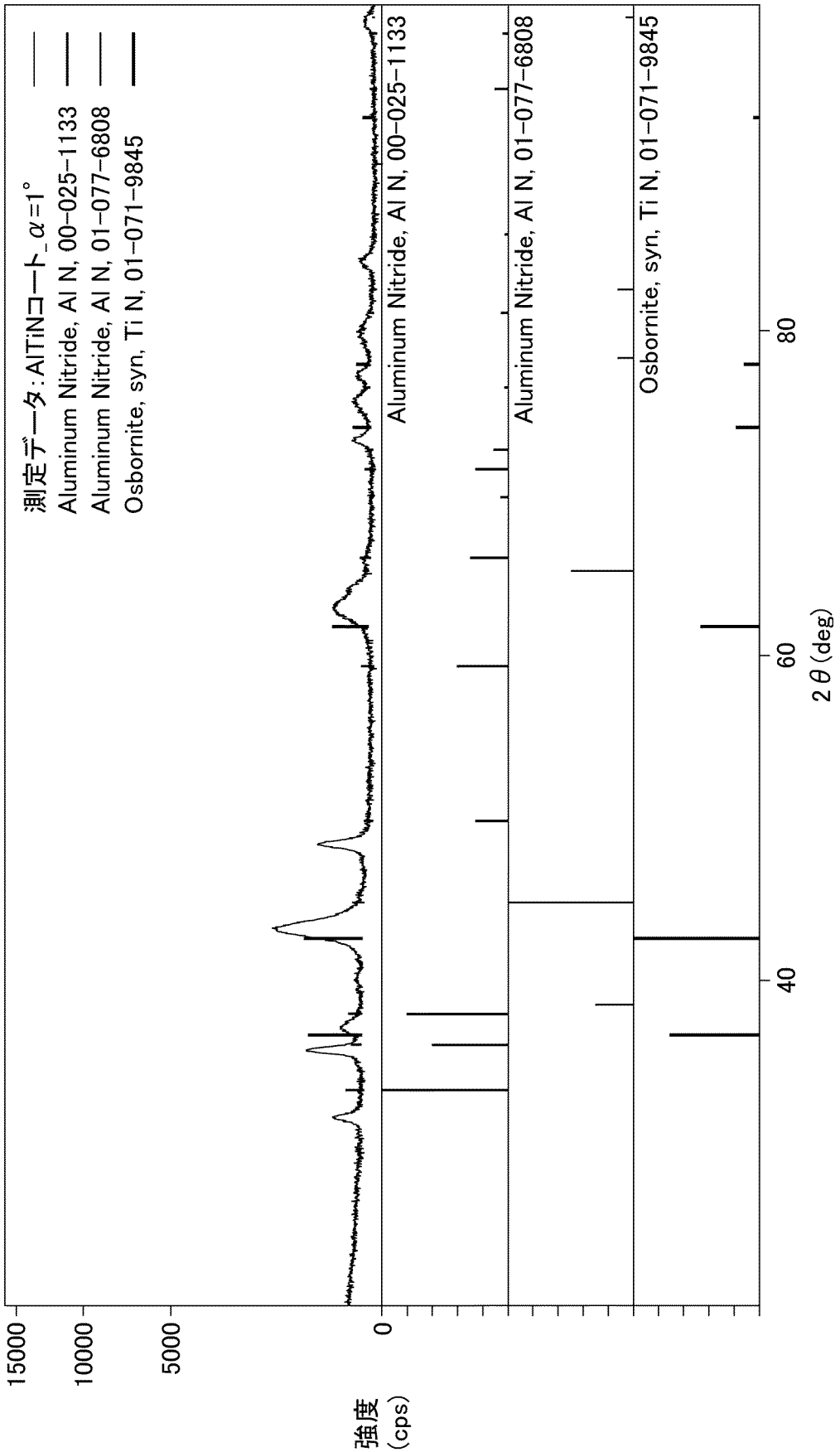
[図3]

図3



[図4]

図4


測定データ:AlTiNコート_α=1°
Aluminum Nitride, Al N, 00-025-1133
Aluminum Nitride, Al N, 01-077-6808
Osbornite, syn, Ti N, 01-071-9845
強度 (cps)
15000
10000
5000
0
40
60
80
2θ (deg)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/018015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B23B27/14(2006.01)i
FI: B23B27/14A

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)
Int.Cl. B23B27/14, B23B51/00, B23C5/16, C23C14/06

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
X Y	JP 2018-144224 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 20 September 2018 (2018-09-20), paragraphs [0025]-[0031], tables 2, 4	1, 5 2-4, 6-8
Y	JP 2013-506567 A (KEN-NAMETAL INC.) 28 February 2013 (2013-02-28), table 1	2-4, 6-8
Y	JP 2014-79835 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 08 May 2014 (2014-05-08), paragraphs [0009], [0023], table 3	3-4, 6-8
Y	JP 2011-56594 A (DIJET IND CO., LTD.) 24 March 2011 (2011-03-24), paragraphs [0019], [0044]	4, 6-8
Y	JP 2014-193521 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 09 October 2014 (2014-10-09), table 5	7-8

☒ 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
13 July 2021	20 July 2021

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/018015

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-161691 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 18 October 2018 (2018-10-18), paragraphs [0014]-[0016]	8
A	JP 2008-545063 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 11 December 2008 (2008-12-11), paragraphs [0026]-[0028], fig. 2	1-8

JP 2018-144224 A	20 September 2018	(Family: none)
JP 2013-506567 A	28 February 2013	US 2011/0081539 A1 table 1 WO 2011/041063 A2 EP 2483437 A2 KR 10-2012-0080587 A CN 102859026 A
JP 2014-79835 A	08 May 2014	(Family: none)
JP 2011-56594 A	24 March 2011	(Family: none)
JP 2014-193521 A	09 October 2014	US 2015/0292078 A1 table 5 WO 2014/084338 A1 EP 2926930 A1 CN 104884199 A
JP 2018-161691 A	18 October 2018	(Family: none)
JP 2008-545063 A	11 December 2008	US 2009/0123779 A1 paragraphs [0024]-[0026], fig. 2 WO 2007/003648 A1 EP 1902155 A1 DE 102005032860 A1 KR 10-2008-0028980 A CN 101218370 A

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/018015

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
FI: B23B27/14 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, B23B51/00,B23C5/16, C23C14/06

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
X Y	JP 2018-144224 A (三菱マテリアル株式会社) 20.09.2018 (2018-09-20) 段落[0025]-[0031],表2,4	1,5 2-4,6-8
Y	JP 2013-506567 A (ケンナメタル インコーポレイテッド) 28.02.2013 (2013-02-28) 表1	2-4,6-8
Y	JP 2014-79835 A (三菱マテリアル株式会社) 08.05.2014 (2014-05-08) 段落[0009],[0023],表3	3-4,6-8
Y	JP 2011-56594 A (ダイジ▲ェ▼ット工業株式会社) 24.03.2011 (2011-03-24) 段落[0019],[0044]	4,6-8
Y	JP 2014-193521 A (三菱マテリアル株式会社) 09.10.2014 (2014-10-09) 表5	7-8
Y	JP 2018-161691 A (三菱マテリアル株式会社) 18.10.2018 (2018-10-18) 段落[0014]-[0016]	8

☑ 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
13.07.2021	20.07.2021

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）
小川　真 3C 3934
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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 2008-545063 A (フラウンホーファーーゲゼルシャフト ツル フェルデルング デル アンゲヴァンテン フォルシュング エー ファウ) 11.12.2008 (2008-12-11) 段落[0026]-[0028],図2	1-8

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/JP2021/018015

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-144224 A	20.09.2018	（ファミリーなし）	
JP 2013-506567 A	28.02.2013	US 2011/0081539 A1 TABLE1 WO 2011/041063 A2 EP 2483437 A2 KR 10-2012-0080587 A CN 102859026 A	
JP 2014-79835 A	08.05.2014	（ファミリーなし）	
JP 2011-56594 A	24.03.2011	（ファミリーなし）	
JP 2014-193521 A	09.10.2014	US 2015/0292078 A1 TABLE5 WO 2014/084338 A1 EP 2926930 A1 CN 104884199 A	
JP 2018-161691 A	18.10.2018	（ファミリーなし）	
JP 2008-545063 A	11.12.2008	US 2009/0123779 A1 段落[0024]-[0026],FIG.2 WO 2007/003648 A1 EP 1902155 A1 DE 102005032860 A1 KR 10-2008-0028980 A CN 101218370 A	