(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
2025年4月3日(03.04.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/069218 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 29/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/035014

(22) 国際出願日： 2023年9月26日(26.09.2023)

(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 (JP).

(72) 発明者: 城戸 保樹(KIDO, Yasuki); 〒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 (JP). 木村 好博(KIMURA, Yoshihiro); 〒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 (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 (JP). 荻原 寛之(OGIWARA, Hiroyuki); 〒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 (JP).

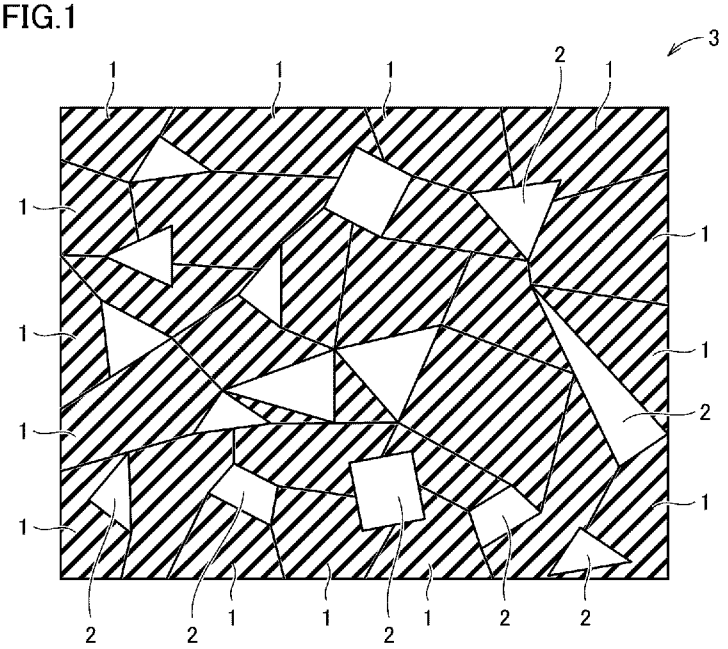
(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目２番４号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト (JP).

(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,

(54) **Title:** CEMENTED CARBIDE AND CUTTING TOOL

(54) 発明の名称： 超硬合金および切削工具

FIG.1



(57) **Abstract:** Provided is a cemented carbide which comprises a plurality of tungsten carbide grains and a binder phase, wherein: the cemented carbide contains the tungsten carbide grains and the binder phase in a combined amount of 89% by volume or more; the cemented carbide contains the binder phase in an amount of 1.8% by volume to 20.0% by volume inclusive; the binder phase contains 80% by mass or more cobalt; the cemented carbide includes a first region that is located at a distance of 15 μm or less from the surface and a second region that is located at a distance of more than 15 μm from the surface; and the ratio R1/R2 of the ratio R1 of an area $S1_{(hcp)}$ of cobalt having an hcp structure to the sum of the area $S1_{(hcp)}$ and an area $S1_{(fcc)}$ of cobalt having an fcc

WO 2025/069218 A1

［続葉有］

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, MG, MK, MN, MU, 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, CV, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

structure in the binder phase in the first region to the ratio R2 of an area $S2_{(hcp)}$ of cobalt having an hcp structure to the sum of the area $S2_{(hcp)}$ and an area $S2_{(fcc)}$ of cobalt having an fcc structure in the binder phase in the second region is 1.8 or less.

(57) 要約：複数の炭化タングステン粒子と、結合相と、を備える超硬合金であって、前記超硬合金は、前記炭化タングステン粒子および前記結合相を合計で８９体積％以上含み、前記超硬合金は、前記結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含み、前記結合相は、コバルトを８０質量％以上含み、前記超硬合金は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域と、を含み、前記第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積Ｓ１$_{（ｈｃｐ）}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ１$_{（ｆｃｃ）}$の合計に対する、前記面積Ｓ１$_{（ｈｃｐ）}$の比Ｒ１と、前記第２領域の前記結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{（ｈｃｐ）}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{（ｆｃｃ）}$の合計に対する、前記面積Ｓ２$_{（ｈｃｐ）}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である、超硬合金である。

明　細　書

発明の名称 ： 超硬合金および切削工具

技術分野

[0001]　本開示は、超硬合金および切削工具に関する。

背景技術

[0002]　従来から、複数の炭化タングステン粒子と、結合相と、を備える超硬合金が、切削工具の素材に利用されている（特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００４－１３１７６９号公報

発明の概要

[0004]　本開示の超硬合金は、

複数の炭化タングステン粒子と、結合相と、を備える超硬合金であって、

前記超硬合金は、前記炭化タングステン粒子および前記結合相を合計で８９体積％以上含み、

前記超硬合金は、前記結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含み、

前記結合相は、コバルトを８０質量％以上含み、

前記超硬合金は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域と、を含み、

前記第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$および$S1_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、前記第２領域の前記結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$および$S2_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である、超硬合金である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図１は、実施形態１に係る超硬合金の模式的断面図である。

[図2]図２は、実施形態２に係る切削工具の模式図である。

発明を実施するための形態

[0006] ［本開示が解決しようとする課題］

近年、切削加工において被削材の難削化が進み、切削工具の使用条件は過酷になっている。このため、切削工具の基材として用いられる超硬合金に対しても種々の特性の向上が求められている。特に高硬度材の断続加工用の切削工具の材料として用いられた場合においても、工具の長寿命化を可能とする超硬合金およびそれを備える切削工具が求められている。

[0007] ［本開示の効果］

本開示によれば、特に高硬度材の断続加工用の切削工具の材料として用いられた場合においても、工具の長寿命化を可能とする超硬合金およびそれを備える切削工具を提供することが可能である。

[0008] ［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）本開示の超硬合金は、

複数の炭化タングステン粒子と、結合相と、を備える超硬合金であって、

前記超硬合金は、前記炭化タングステン粒子および前記結合相を合計で８９体積％以上含み、

前記超硬合金は、前記結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含み、

前記結合相は、コバルトを８０質量％以上含み、

前記超硬合金は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域と、を含み、

前記第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、前記第２領域の前記結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である、超硬合金である。

[0009] 本開示によれば、特に高硬度材の断続加工用の切削工具の材料として用いられた場合においても、工具の長寿命化を可能とする超硬合金を提供することが可能である。

[0010] （２）上記（１）において、前記比Ｒ１／Ｒ２は、１．２以上１．５以下であってもよい。これによると、超硬合金の結合相の耐変形性と、強度とのバランスが向上し、該超硬合金を備える切削工具は、より長い工具寿命を有することができる。

[0011] （３）上記（１）または（２）において、前記結合相は、更に、珪素、リン、ゲルマニウム、スズ、レニウム、ルテニウム、オスミウム、イリジウム、および白金からなる群より選択される少なくとも１種の第１元素を含んでもよい。これによると、超硬合金の結合相の耐変形性と、強度とのバランスが向上し、該超硬合金を備える切削工具は、より長い工具寿命を有することができる。

[0012] （４）上記（３）において、前記第１元素の質量Ｍ１およびコバルトの質量Ｍ２の合計Ｍ１＋Ｍ２に対する、前記第１元素の質量Ｍ１の百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００は、１％以上６％以下であってもよい。これによると、結合相は、より優れた硬度とより優れた靭性とを兼備することができるため、該結合相を含む超硬合金を備える切削工具は、より長い工具寿命を有することができる。

[0013] （５）本開示の切削工具は、上記（１）から（４）のいずれかに記載の超硬合金からなる刃先を備える、切削工具である。

[0014] 本開示によれば、特に高硬度材の断続加工に用いられた場合においても、長い工具寿命を有する切削工具を提供することができる。

[0015] ［本開示の実施形態の詳細］

本開示の超硬合金および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。

[0016] 本開示において「Ａ～Ｂ」という形式の表記は、範囲の上限下限（すなわちＡ以上Ｂ以下）を意味し、Ａにおいて単位の記載がなく、Ｂにおいてのみ単位が記載されている場合、Ａの単位とＢの単位とは同じである。

[0017] 本開示において化合物などを化学式で表す場合、原子比を特に限定しないときは従来公知のあらゆる原子比を含むものとし、必ずしも化学量論的範囲のもののみに限定されるべきではない。

[0018] 本開示において、数値範囲の下限及び上限として、それぞれ１つ以上の数値が記載されている場合は、下限に記載されている任意の１つの数値と、上限に記載されている任意の１つの数値との組み合わせも開示されているものとする。例えば、下限として、ａ１以上、ｂ１以上、ｃ１以上が記載され、上限としてａ２以下、ｂ２以下、ｃ２以下が記載されている場合は、ａ１以上ａ２以下、ａ１以上ｂ２以下、ａ１以上ｃ２以下、ｂ１以上ａ２以下、ｂ１以上ｂ２以下、ｂ１以上ｃ２以下、ｃ１以上ａ２以下、ｃ１以上ｂ２以下、ｃ１以上ｃ２以下が開示されているものとする。

[0019] ［実施形態１：超硬合金］

本開示の一実施形態に係る超硬合金について、図１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。）に係る超硬合金３は、

複数の炭化タングステン粒子１と、結合相２と、を備える超硬合金３であって、

超硬合金３は、炭化タングステン粒子１および結合相２を合計で８９体積％以上含み、

超硬合金３は、結合相２を１．８体積％以上２０体積％以下含み、

結合相２は、コバルトを８０質量％以上含み、

超硬合金３は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域と、を含み、

第１領域の結合相２におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$

およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ１$_{(fcc)}$の合計に対する、面積Ｓ１$_{(hcp)}$の比Ｒ１と、第２領域の結合相２におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{(fcc)}$の合計に対する、面積Ｓ２$_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である、超硬合金３である。

[0020] 実施形態１の超硬合金は、特に高硬度材の断続加工用の切削工具の材料として用いられた場合においても、工具の長寿命化を可能とする超硬合金およびそれを備える切削工具を提供することができる。この理由は明らかではないが、以下の通りと推察される。

[0021] 実施形態１の超硬合金は、複数の炭化タングステン粒子（以下、「ＷＣ粒子」とも記す。）と、結合相と、を備え、超硬合金のＷＣ粒子および結合相の合計含有率は８９体積％以上である。これによると、超硬合金は高い硬度および強度を有し、該超硬合金を備える切削工具は、優れた耐摩耗性および耐欠損性を有することができる。

[0022] 実施形態１の超硬合金は、結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含み、結合相はコバルトを８０質量％以上含む。これによると、超硬合金は高い硬度および強度を有し、該超硬合金を備える切削工具は、優れた耐摩耗性および耐欠損性を有することができる。

[0023] 実施形態１の超硬合金において、第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積Ｓ１$_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ１$_{(fcc)}$の合計に対する、面積Ｓ１$_{(hcp)}$の比Ｒ１と、第２領域の前記結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積Ｓ２$_{(fcc)}$の合計に対する、面積Ｓ２$_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である。超硬合金の表面側の第１領域は、超硬合金の内部側の第２領域よりも、結合相におけるｈｃｐ構造の割合が大きいため、超硬合金の表面側における結合相の耐変形性が向上する。これにより、該超硬合金を備える切削工具は、切削初期の耐塑性変形性が向上する。超硬合金の内部側の第２領域は、第１領域よりも、結合相におけるｆｃｃ構造

の割合が大きいため、超硬合金の内部側の強度を向上させる。これにより、該超硬合金を備える切削工具は、切削に伴い、超硬合金の内部が露出した場合であっても、優れた疲労強度を有することができる。実施形態１の超硬合金は、結合相の耐変形性と、強度とのバランスが向上し、該超硬合金を備える切削工具は、高硬度材の断続加工などの高負荷加工での耐欠損性が向上し、長い工具寿命を有することができる。

[0024] ＜超硬合金の組成＞

実施形態１の超硬合金は、炭化タングステン粒子および結合相を合計で８９体積％以上含む。これにより、超硬合金の硬度を高めることができる。超硬合金は、炭化タングステン粒子および結合相を合計で８９体積％以上１００体積％以下含んでもよく、９０体積％以上１００体積％以下含んでもよく、９１体積％以上１００体積％以下含んでもよく、または、９２体積％以上１００体積％以下含んでもよい。

[0025] 実施形態１の超硬合金は、結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含む。これにより、超硬合金の硬度および靭性を高めることができる。超硬合金の結合相の含有率は２．０体積％以上１９．０体積％以下でもよく、３．０体積％以上１８．０体積％以下でもよく、または、４．０体積％以上１７．０体積％以下でもよい。

[0026] 実施形態１の超硬合金は、複数の炭化タングステン粒子と、結合相とからなることができる。この場合、本開示の効果を損なわない範囲において、超硬合金は不純物を含むことができる。

[0027] 超硬合金は、炭化タングステン粒子および結合相に加えて、他の相（図示なし）を含むことができる。他の相としては、チタン（Ｔｉ）、タンタル（Ｔａ）、ニオブ（Ｎｂ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、ハフニウム（Ｈｆ）およびモリブデン（Ｍｏ）からなる群より選択される少なくとも１種の元素を含む炭化物、窒化物または炭窒化物が挙げられる。他の相の組成は、例えば、ＴｉＣＮ、ＴａＣ、ＮｂＣ、ＺｒＣ、ＨｆＣ、Cr_3C_2および、Mo_2Cからなる群より選ばれる少なくとも１種であってもよい。

[0028] 実施形態１の超硬合金は、炭化タングステン粒子と、結合相と、他の相とからなることができる。この場合、本開示の効果を損なわない範囲において、超硬合金は不純物を含むことができる。

[0029] 超硬合金の他の相の含有率は、本開示の効果を損なわない範囲において許容される。例えば、超硬合金の他の相の含有率は、０体積％以上１１体積％以下でもよく、０体積％超１１体積％以下でもよく、０体積％超７体積％以下でもよく、または、０体積％超４体積％以下でもよい。

[0030] 実施形態１の超硬合金は、不純物を含むことができる。不純物としては、例えば、鉄（Ｆｅ）、カルシウム（Ｃａ）、珪素（Ｓｉ）、硫黄（Ｓ）が挙げられる。超硬合金の不純物の含有率は、本開示の効果を損なわない範囲において許容される。例えば、超硬合金の不純物の含有率は、０質量％以上０．１質量％未満でもよい。超硬合金の不純物の含有率は、ＩＣＰ発光分析（Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ Ｅｍｉｓｓｉｏｎ Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）により測定される。測定装置は島津製作所製の「ＩＣＰＳ－８１００」（商標）を用いることができる。

[0031] 実施形態１の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率は、６７体積％以上９８．２体積％以下でもよく、７０体積％以上９７体積％以下でもよく、または、７５体積％以上９６体積％以下でもよい。

[0032] 超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率（体積％）および超硬合金の結合相の含有率（体積％）の測定方法は以下の通りである。

[0033] （Ａ１）超硬合金の任意の位置を切り出して断面を露出させる。該断面をクロスセクションポリッシャ（日本電子社製）により鏡面加工する。

[0034] （Ｂ１）超硬合金の鏡面加工面に対して、走査電子顕微鏡に付帯のエネルギー分散型Ｘ線分光装置（ＳＥＭ－ＥＤＸ）を用いて分析を行い（装置：Ｃａｒｌ Ｚｅｉｓｓ社製「Ｇｅｍｉｎｉ４５０」（商標））、超硬合金に含まれる元素を特定する。

[0035] （Ｃ１）超硬合金の鏡面加工面を走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）で撮影して反射電子像を得る。撮影領域は、超硬合金の断面の中央部、すなわち、超硬合

金の表面近傍などバルク部分とは明らかに性状が異なる部分を含まない位置（撮像領域がすべて超硬合金のバルク部分となる位置）に設定する。観察倍率は５０００倍である。測定条件は、加速電圧３ｋＶ、電流値２ｎＡ、ワーキングディスタンス（ＷＤ）５ｍｍである。

[0036] （Ｄ１）上記（Ｃ１）の撮影領域に対して、ＳＥＭ－ＥＤＸを用いて分析を行い、該撮影領域における上記（Ｂ１）で特定された元素の分布を特定し、元素マッピング像を得る。

[0037] （Ｅ１）上記（Ｃ１）で得られた反射電子像をコンピュータに取り込み、画像解析ソフトウェア（ＯｐｅｎＣＶ、ＳｃｉＰｙ）を用いて二値化処理を行う。二値化処理後の画像において、炭化タングステン粒子は白色で示され、結合相は灰色～黒色で示される。なお、二値化の閾値はコントラストにより変化するため、画像ごとに設定する。

[0038] （Ｆ１）上記（Ｄ１）で得られた元素マッピング像と上記（Ｅ１）で得られた二値化処理後の画像とを重ねることにより、該二値化処理後の画像上で炭化タングステン粒子および結合相のそれぞれの存在領域を特定する。具体的には、二値化処理後の画像において白色で示され、元素マッピング像においてタングステン（Ｗ）および炭素（Ｃ）の存在する領域が、炭化タングステン粒子の存在領域に該当する。二値化処理後の画像において灰色～黒色で示され、元素マッピング像においてコバルト（Ｃｏ）の存在する領域が、結合相の存在領域に該当する。

[0039] （Ｇ１）上記二値化処理後の画像中に、２４．９μｍ×１８．８μｍの矩形の測定視野を設定する。上記画像解析ソフトウェアを用いて、該測定視野全体の面積を分母として炭化タングステン粒子および結合相のそれぞれの面積百分率を測定する。

[0040] （Ｈ１）上記（Ｇ１）の測定を、５つの互いに重複しない異なる測定視野において行う。本開示において、５つの測定視野における炭化タングステン粒子の面積百分率の平均が、超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率（体積％）に該当し、５つの測定視野における結合相の面積百分率の平均が、超

硬合金の結合相の含有率（体積%）に該当する。

[0041] 超硬合金がＷＣ粒子および結合相に加えて、他の相を含む場合は、超硬合金の他の相の含有率は、超硬合金全体（１００体積%）から、上記の手順で測定された炭化タングステン粒子の含有率（体積%）および結合相の含有率（体積%）を減ずることにより得ることができる。

[0042] 同一の試料において測定する限りにおいては、超硬合金の断面の切り出し箇所、上記（Ｃ１）に記載される撮影領域、上記（Ｇ１）に記載される測定視野を任意に設定し、上記の手順に従い、超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の測定を複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどないことが確認された。

[0043] 実施形態１の超硬合金は、コバルトを１質量%以上含んでもよい。超硬合金のコバルト含有率は、１．０質量%以上２０質量%以下でもよく、２．０質量%以上１５質量%以下でもよく、または、３．０質量%以上１２質量%以下でもよい。

[0044] 超硬合金のコバルトの含有率の測定方法は、以下の通りである。上記の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の測定方法の（Ａ１）～（Ｄ１）と同一の方法で、ＳＥＭ－ＥＤＸを用いて分析を行いて元素マッピング像を得る。元素マッピング像に基づき、超硬合金におけるコバルトの領域を特定し、コバルトの含有率を測定する。該測定を、５つの互いに重複しない異なる撮影領域において行う。本開示において、５つの撮影領域におけるコバルトの含有率の平均が、超硬合金のコバルトの含有率に該当する。

[0045] 同一の試料において測定する限りにおいては、超硬合金の断面の切り出し箇所、上記（Ｃ１）に記載される撮影領域を任意に設定して、上記の手順に従い、超硬合金のコバルトの含有率の測定を複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどないことが確認された。

[0046] ＜炭化タングステン粒子＞

実施形態１の超硬合金において、炭化タングステン粒子は、「純粋なＷＣ

粒子（不純物元素が一切含有されないＷＣ、不純物元素の含有量が検出限界未満であるＷＣも含む。）」および「本開示の効果を損なわない限りにおいて、その内部に不純物元素が意図的あるいは不可避的に含有されるＷＣ粒子」の少なくともいずれかを含む。炭化タングステン粒子の不純物の含有率（不純物を構成する元素が２種類以上の場合は、それらの合計濃度。）は、０．１質量％未満である。炭化タングステン粒子の不純物元素の含有率は、ＩＣＰ発光分析により測定される。

[0047] 実施形態１において、炭化タングステン粒子の平均粒径は特に制限されない。炭化タングステン粒子の平均粒径は、例えば、０．１μｍ以上３．５μｍ以下とすることができる。実施形態１の超硬合金は、炭化タングステン粒子の平均粒径によらず、切削工具の材料として用いられた場合において、工具の長寿命化を可能とすることが確認されている。

[0048] ＜結合相＞

実施形態１の超硬合金において、結合相は、コバルトを８０質量％以上含む。これにより、超硬合金は優れた靭性を有することができる。結合相のコバルト含有率は、８０質量％以上１００質量％以下でもよく、８０質量％以上１００質量％未満でもよく、９０質量％以上１００質量％未満でもよい。

[0049] 結合相のコバルトの含有率の測定方法は、以下の通りである。上記の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の測定方法の（Ａ１）～（Ｅ１）と同一の方法で、元素マッピング像および二値化処理後の画像を得る。元素マッピング像と、二値化処理後の画像とを重ねることにより、元素マッピング像において、結合相の存在領域を特定する。元素マッピング像の画像中に、２４．９μｍ×１８．８μｍの矩形の１つの測定視野を設定する。測定視野中の結合相の存在領域において、コバルト含有率を測定する。上記の測定を、５つの互いに重複しない異なる測定視野において行う。本開示において、５つの測定視野における結合相の存在領域におけるコバルト含有率の平均が、結合相のコバルト含有率に該当する。

[0050] 同一の試料において測定する限りにおいては、超硬合金の断面の切り出し

箇所、上記（Ｃ１）に記載される撮影領域、および上記の測定視野を任意に設定して、上記の手順に従い、結合相のコバルト含有率の測定を複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどないことが確認された。

[0051] 実施形態１の超硬合金において、結合相は、更に、珪素、リン、ゲルマニウム、スズ、レニウム、ルテニウム、オスミウム、イリジウム、および、白金からなる群より選択される少なくとも１種の第１元素を含んでもよい。これによると、結合相の耐変形性が向上する。

[0052] 結合相が第１元素を含むことは、以下の手順で確認される。上記の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の測定方法の（Ａ１）～（Ｅ１）と同一の方法で、元素マッピング像および二値化処理後の画像を得る。元素マッピング像と、二値化処理後の画像とを重ねることにより、元素マッピング像において、結合相の存在領域を特定する。元素マッピングにおいて、結合相の存在領域に第１元素が存在する場合、結合相が第１元素を含むことが確認される。

[0053] 実施形態１の超硬合金の結合相において、第１元素の質量Ｍ１およびコバルトの質量Ｍ２の合計Ｍ１＋Ｍ２に対する、第１元素の質量Ｍ１の百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００は、１％以上６％以下でもよい。ここで、Ｍ１およびＭ２の単位は同一である。これにより、結合相は、より優れた硬度とより優れた靭性とを兼備することができるため、該結合相を含む超硬合金を備える切削工具は、より長い工具寿命を有することができる。ここで、第１元素の質量Ｍ１は、結合相が２種類以上の第１元素を含む場合は、全ての種類の第１元素の合計質量を意味する。百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００は、２％以上５％以下でもよく、３％以上４％以下でもよい。

[0054] 上記百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００の測定方法は、以下の通りである。上記の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の測定方法の（Ａ１）～（Ｅ１）と同一の方法で、元素マッピング像および二値化処理後の画像を得る。元素マッピング像と、二値化処理後の画像とを重ねることにより、元素マッピング像において、結合相の存在領域を特

定する。元素マッピング像の画像中に、２４．９μｍ×１８．８μｍの矩形の１つの測定視野を設定する。測定視野中の結合相の存在領域において、第１元素の質量ｍ１およびコバルトの質量ｍ２の合計ｍ１＋ｍ２に対する第１元素の質量ｍ１の百分率｛ｍ１／（ｍ１＋ｍ２）｝×１００を算出する。上記の測定を、５つの互いに重複しない異なる測定視野において行う。本開示において、５つの測定視野における百分率｛ｍ１／（ｍ１＋ｍ２）｝×１００の平均が、超硬合金の結合相における「百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００」に該当する。

[0055] 同一の試料において測定する限りにおいては、超硬合金の断面の切り出し箇所、上記（Ｃ１）に記載される撮影領域、および上記の測定視野を任意に設定して、上記の手順に従い、百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００の測定を複数回行っても、測定結果のばらつきはほとんどないことが確認された。

[0056] 実施形態１の超硬合金において、結合相は、コバルトおよび第１元素に加えて、鉄、ニッケル、および、クロムからなる群より選ばれる少なくとも１種の第２元素を含むことができる。該結合相は、コバルトと、第１元素と、第２元素と、からなることができる。該結合相は、コバルトと、第１元素と、第２元素と、不可避不純物と、からなることができる。該不可避不純物としては、例えば、鉄、ニッケル、硫黄などが挙げられる。

[0057] ＜比Ｒ１／Ｒ２＞

実施形態１の超硬合金は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域とを含み、第１領域の結合相におけるｈｃｐ（六方最密）構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ（面心立方）構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、第２領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である。比Ｒ１は、$S1_{(hcp)}$／（$S1_{(hcp)}$＋$S1_{(fcc)}$）で示され、比Ｒ２は、Ｓ２

$_{(hcp)}$／（Ｓ２$_{(hcp)}$＋Ｓ２$_{(fcc)}$）で示される。面積Ｓ１$_{(hcp)}$、面積Ｓ１$_{(fcc)}$、面積Ｓ２$_{(hcp)}$および面積Ｓ２$_{(fcc)}$の単位は同一である。

[0058] Ｒ１／Ｒ２は、１．２以上１．８以下でもよく、１．２以上１．７以下でもよく、１．２以上１．６以下でもよく、１．２以上１．５以下でもよく、１．２以上１．４以下でもよく、または、１．２以上１．３以下でもよい。

[0059] Ｒ１は、０．５以上１．０以下でもよく、０．６以上０．９以下でもよく、または、０．７以上０．８以下でもよい。比Ｒ１が０．５以上１．０以下であると、切削工具において、切削初期の耐塑性変形性が向上する。

[0060] Ｒ２は、０．３以上０．６以下でもよく、０．３５以上０．５５以下でもよく、または、０．４以上０．５以下でもよい。比Ｒ２が０．３以上０．６以下であると、切削工具において、疲労強度が向上する。

[0061] 本開示において、Ｒ１／Ｒ２は、以下の手順で測定される。

[0062] （Ａ２）超硬合金をその主面の法線に沿って切り出して、断面を露出させる。超硬合金の表面が平面領域を有しない場合は、表面上の任意の点から、超硬合金の重心に向かう方向に沿って切り出して、断面を露出させる。該断面をクロスセクションポリッシャ（日本電子社製）により鏡面加工する。

[0063] （Ｂ２）超硬合金の鏡面加工面を電子線後方散乱回折装置（ＥＢＳＤ装置：Ｏｘｆｏｒｄ社製「Ｓｙｍｍｅｔｒｙ」（商標））を備えた走査電子顕微鏡（ＳＥＭ装置：Ｃａｒｌ　Ｚｅｉｓｓ社製「Ｇｅｍｉｎｉ４５０」（商標））を用いて観察する。得られた観察像に対してＥＢＳＤ解析を行う。観察像は、超硬合金の表面と、表面から超硬合金の内部側への距離が５０μｍの仮想面とに挟まれる領域を含むように取得される。観察像において、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域中に、１１．５μｍ×８．５μｍの矩形の第１測定視野を設定する。観察像において、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域中に、１１．５μｍ×８．５μｍの矩形の第２測定視野を設定する。観察倍率は１０，０００倍とする。測定条件は、加速電圧１５ｋＶ、電流値２０ｎＡ、０．０２μｍ／ステップ、露光時間１．５～３ｍｓ、測定時間１０～２０分時間とする。

[0064] （Ｃ２）上記ＥＢＳＤ解析結果を、市販のソフトウェア（Ｏｘｆｏｒｄ社製「ＡＺｔｅｃＣｒｙｓｔａｌ」（商標））を用いて分析し、第１測定視野および第２測定視野のそれぞれにおいて、結合相に含まれるコバルトの結晶構造を特定し、カラーマップを得る。ここで特定されるコバルトの結晶構造は、超硬合金の鏡面加工面に現れるコバルトを、該鏡面加工面の法線方向から平面視したときに観察される結晶構造である。

[0065] （Ｄ２）上記のソフトウェアを用いて、第１測定視野および第２測定視野のそれぞれの結合相における、ｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S_{(hcp)}$の比Ｒを測定する。例えば、カラーマップに基づき、炭化タングステン粒子を白色、および、ｈｃｐ構造を有するコバルトを黒色で示す画像Ａ、ならびに、炭化タングステン粒子を白色、および、ｆｃｃ構造を有するコバルトを黒色で示す画像Ｂを出力し、画像Ａおよび画像Ｂに基づき、比Ｒを測定することができる。

[0066] （Ｅ２）上記の比Ｒの測定を、３つの互いに重複しない第１測定視野および３つの互いに重複しない第２測定視野において行う。本開示において、３つの第１測定視野における比Ｒの平均が、超硬合金の第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１に該当する。本開示において、３つの第２測定視野における比Ｒの平均が、超硬合金の第２領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２に該当する。

[0067] （Ｆ２）上記（Ｅ２）で得られた比Ｒ１および比Ｒ２に基づき、Ｒ１／Ｒ２を算出する。

[0068] 同一の試料において測定する限りにおいては、超硬合金の断面の切り出し箇所、上記（Ｂ２）に記載される観察像の取得領域および測定視野を任意に設定し、上記の手順に従い、Ｒ１／Ｒ２の測定を複数回行っても、測定結果

のばらつきはほとんどないことが確認された。

[0069] ＜超硬合金の製造方法＞

実施形態１の超硬合金は、原料粉末の準備工程、混合工程、成型工程、および、焼結工程を前記の順で行うことにより製造することができる。以下、各工程について説明する。

[0070] ＜準備工程＞

準備工程は、超硬合金を構成する材料の原料粉末を準備する工程である。原料粉末としては、例えば、炭化タングステン粉末（以下、「ＷＣ粉末」とも記す）、コバルト（Ｃｏ）粉末、第１元素粉末、第１元素とコバルトとの合金粉末が挙げられる。第１元素粉末としては、珪素（Ｓｉ）粉末、リン（Ｐ）粉末、ゲルマニウム（Ｇｅ）粉末、スズ（Ｓｎ）粉末、レニウム（Ｒｅ）粉末、ルテニウム（Ｒｕ）粉末、オスミウム（Ｏｓ）粉末、イリジウム（Ｉｒ）粉末、および白金（Ｐｔ）粉末が挙げられる。原料粉末として、更に、ニッケル（Ｎｉ）粉末、炭化ニオブ（ＮｂＣ）粉末、炭化タングステン（ＴａＣ）粉末、炭窒化チタン（ＴｉＣＮ）粉末、炭化クロム（Cr_3C_2）粉末などを準備することができる。これらの原料粉末は、市販のものを用いることができる。これらの原料粉末の平均粒径は特に制限されず、例えば、０．５～２μｍとすることができる。原料粉末の平均粒径とは、ＦＳＳＳ（Ｆｉｓｈｅｒ　Ｓｕｂ－Ｓｉｅｖｅ　Ｓｉｚｅｒ）法により測定される平均粒径を意味する。該平均粒径は、Ｆｉｓｈｅｒ　Ｓｃｉｅｎｔｉｆｉｃ社製の「Ｓｕｂ－Ｓｉｅｖｅ　Ｓｉｚｅｒ　モデル９５」（商標）を用いて測定される。

[0071] ＜混合工程＞

混合工程は、準備工程で準備した各原料粉末を所定の割合で混合する工程である。混合工程により、各原料粉末が混合された混合粉末が得られる。各原料粉末の混合割合は、狙いとする超硬合金の組成に応じて適宜調整する。

[0072] 各原料粉末の混合には、アトライター、ボールミル、およびビーズミル等の従来公知の混合方法を用いることができる。混合条件も従来公知の条件を

用いることができる。混合時間は、例えば、２時間以上２０時間以下とすることができる。

[0073] 混合工程の後、必要に応じて混合粉末を造粒してもよい。混合粉末を造粒することで、後述する成形工程の際にダイまたは金型へ混合粉末を充填し易い。造粒には、公知の造粒方法が適用でき、例えば、スプレードライヤー等の市販の造粒機を用いることができる。

[0074] ＜成形工程＞

成形工程は、混合工程で得られた混合粉末を切削工具用の形状に成形して、成形体を得る工程である。成形工程における成形方法および成形条件は、一般的な方法および条件を採用すればよく、特に制限されない。

[0075] ＜焼結工程＞

焼結工程は、成形工程で得られた成形体を焼結して、超硬合金中間体を得る工程である。焼結条件は、以下の通りである。成形体を焼結炉内に配置し、７ＭＰａおよび１３６０℃の条件で２時間保持する。

[0076] ＜冷却工程＞

冷却工程は、焼結工程後の超硬合金中間体を冷却する工程である。具体的には、超硬合金中間体を、焼結炉から大気中に開放して、降温速度－１００℃／分で室温まで急冷して、実施形態１の超硬合金を得ることができる。

[0077] ＜実施形態１の超硬合金の製造方法の特徴＞

実施形態１の超硬合金の製造方法において、焼結工程は、超硬合金中間体を、７ＭＰａおよび１３６０℃の条件で２時間保持して行われる。また、冷却工程では、降温速度－１００℃／分での急冷が行われる。この冷却速度は、従来の冷却速度よりも大きい。これらの条件によって、超硬合金の第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、第２領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２が１．８以下である実施形態１の

超硬合金を製造することができる。このような焼結工程、および、冷却工程を採用することによって、本開示の超硬合金を実現できることは、本発明者らが鋭意検討の結果、見いだしたものである。

[0078] ［実施形態２：切削工具］

本開示の一実施形態（以下「実施形態２」とも記す。）の切削工具は、実施形態１の超硬合金からなる刃先を含む。本開示において、刃先とは、切削に関与する部分を意味する。より具体的には、刃先とは、刃先稜線と、該刃先稜線から超硬合金側への距離が０．５ｍｍ、または、２ｍｍである仮想の面と、に囲まれる領域を意味する。

[0079] 切削工具としては、例えば、切削バイト、ドリル、エンドミル、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、歯切り工具、リーマまたはタップ等を例示できる。図２に示されるように、実施形態２の切削工具１０は、特に、エンドミルの場合に、優れた効果を発揮することができる。図２に示される切削工具１０の刃先１１は、実施形態１の超硬合金からなる。

[0080] 実施形態２の切削工具において、実施形態１の超硬合金は、これらの工具の全体を構成していてもよいし、一部を構成するものであってもよい。ここで「一部を構成する」とは、任意の基材の所定位置に実施形態１の超硬合金をロウ付けして刃先部とする態様等を示している。

[0081] 実施形態２の切削工具は、超硬合金からなる基材の表面の少なくとも一部を被覆する硬質膜を更に備えてもよい。硬質膜としては、例えば、ダイヤモンドライクカーボンやダイヤモンドを用いることができる。

[0082] 実施形態２の切削工具は、実施形態１の超硬合金を所望の形状に成形して得ることができる。

実施例

[0083] 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。

[0084] ［超硬合金の作製］

以下の手順で、各試料の超硬合金を作製した。

＜準備工程＞

原料粉末として、ＷＣ粉末（平均粒径：１μｍ）、Ｃｏ粉末（平均粒径：１μｍ）、第１元素粉末、ＴｉＣＮ粉末（平均粒径：１μｍ）、Ｎｉ粉末（平均粒径：１μｍ）を準備した。第１元素粉末としては、珪素（Ｓｉ）粉末（平均粒径：１μｍ）、リン（Ｐ）粉末（平均粒径：１μｍ）、ゲルマニウム（Ｇｅ）粉末（平均粒径：１μｍ）、スズ（Ｓｎ）粉末（平均粒径：１μｍ）、レニウム（Ｒｅ）粉末（平均粒径：１μｍ）、ルテニウム（Ｒｕ）粉末（平均粒径：１μｍ）、オスミウム（Ｏｓ）粉末（平均粒径：１μｍ）、イリジウム（Ｉｒ）粉末（平均粒径：１μｍ）、および白金（Ｐｔ）粉末（平均粒径：１μｍ）を準備した。

[0085] ＜混合工程＞

各原料粉末を表１に記載の割合で、アトライターを用いて１０時間混合することにより、混合粉末を得た。表１に記載の各原料粉末の割合（質量％）は、混合粉末全体を１００質量％とした場合の割合である。

[0086]

[表1]

Table 1

試料 No.	混合工程					
	WC 粉末	Co 粉末	第 1 元素粉末		他粉末	
	質量%	質量%	種類	質量%	種類	質量%
1	92.95	7	Si	0.05	—	—
2	92.99	7	P	0.01	—	—
3	92.85	7	Ge	0.15	—	—
4	92.8	7	Sn	0.2	—	—
5	92.7	7	Re	0.3	—	—
6	92.7	7	Ru	0.3	—	—
7	98.97	1	Ru	0.03	—	—
8	87.5	12	Ru	0.5	—	—
9	88.7	7	Ru	0.3	TiCN	4
10	92.7	5.8	Ru	0.3	Ni	1.2
11	92.6	7	Ru,Re	Ru:0.2 Re:0.2	—	—
12	92.91	7	Ru	0.09	—	—
13	92.35	7	Ru	0.65	—	—
14	92.6	7	Ru	0.4	—	—
15	92.4	7	Ru	0.6	—	—
16	92.6	7	Os	0.4	—	—
17	92.6	7	Ir	0.4	—	—
18	92.6	7	Pt	0.4	—	—
19	93.0	7	—	—	—	—
101	99.08	0.9	Ru	0.02	—	—
102	87.0	12.5	Ru	0.5	—	—
103	87.7	7	Ru	0.3	TiCN	5
104	92.7	5.5	Ru	0.3	Ni	1.5
105	92.7	7	Ru	0.3	—	—
106	93.0	7	—	—	—	—

[0087] ＜成形工程＞

混合粉末をプレスすることにより、丸棒形状の成形体を得た。

[0088] ＜焼結工程＞

成形体を焼結炉内に配置し、表２の「焼結工程」の「保持圧力」欄に記載の圧力および「保持温度」欄に記載の温度で、「保持時間」欄に記載の時間保持した。これにより、超硬合金中間体を得た。「保持圧力」欄の「ｖａｃ」との記載は、真空中を意味する。

[0089] ＜冷却工程＞

焼結工程後の超硬合金中間体を、焼結炉から大気中に開放して、表２の「冷却工程」の「降温速度」欄に記載の降温速度で冷却して、各試料の超硬合金を得た。

[0090]

[表2]

Table 2

試料 No.	焼結工程			冷却工程
	保持温度	保持圧力	保持時間	降温速度
	℃	MPa	時間	℃/分
1	1360	7	2	-100
2	1360	7	2	-100
3	1360	7	2	-100
4	1360	7	2	-100
5	1360	7	2	-100
6	1360	7	2	-100
7	1360	7	2	-100
8	1360	7	2	-100
9	1360	7	2	-100
10	1360	7	2	-100
11	1360	7	2	-100
12	1360	7	2	-100
13	1360	7	2	-100
14	1360	7	2	-100
15	1360	7	2	-100
16	1360	7	2	-100
17	1360	7	2	-100
18	1360	7	2	-100
19	1360	7	2	-100
101	1360	7	2	-100
102	1360	7	2	-100
103	1360	7	2	-100
104	1360	7	2	-100
105	1360	vac	2	-10
106	1360	vac	2	-10

[0091] ［超硬合金の評価］

＜超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率（体積%）および結合相の含有率（体積%）＞

各試料の超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率（体積%）および結合相の含有率（体積%）を測定した。具体的な測定方法は実施形態１に記載の通りである。結果を表３の「超硬合金」の「ＷＣ粒子含有率」および「結合相含有率」欄に示す。更に、超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率および結合相の含有率の合計を表３の「超硬合金」の「ＷＣ粒子＋結合相含有率」欄に示す。表３において、「ＷＣ粒子＋結合相含有率」欄が１００体積%未満の超硬合金は、ＴｉＣＮをさらに含むことが確認された。

[0092]

[表3]

Table 3

試料 No.	超硬合金		
	WC 粒子含有率	結合相含有率	WC 粒子+結合相含有率
	体積%	体積%	体積%
1	88.1	11.9	100
2	88.2	11.8	100
3	88.0	12.0	100
4	88.0	12.0	100
5	88.1	11.9	100
6	88.0	12.0	100
7	98.2	1.8	100
8	80.0	20.0	100
9	77.8	11.2	89
10	88.0	12.0	100
11	88.0	12.0	100
12	88.2	11.8	100
13	87.5	12.5	100
14	87.9	12.1	100
15	87.6	12.4	100
16	88.1	11.9	100
17	88.1	11.9	100
18	88.0	12.0	100
19	89.4	10.6	100
101	98.4	1.6	100
102	79.4	20.6	100
103	76.0	11.0	87
104	90.0	10.0	100
105	88.0	12.0	100
106	89.3	10.7	100

[0093] ＜結合相のコバルト含有率＞

各試料の超硬合金において、結合相のコバルト含有率を測定した。具体的な測定方法は実施形態１に記載の通りである。結果を表４の「結合相」の「

Ｃｏ含有率」欄に示す。

[0094] ＜｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００＞

各試料の超硬合金の結合相において、第１元素の種類、および、第１元素の質量Ｍ１およびコバルトの質量Ｍ２の合計Ｍ１＋Ｍ２に対する、第１元素の質量Ｍ１の百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００を測定した。具体的な測定方法は実施形態１に記載の通りである。結果を表４の「結合相」の「第１元素」欄および「｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００」欄に示す。「第１元素」欄に「－」と記載されている試料は、第１元素を含まないことを示す。

[0095] ＜比Ｒ１／Ｒ２＞

各試料の超硬合金において、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域の結合相におけるｈｃｐ（六方最密）構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ（面心立方）構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２を測定した。具体的な測定方法は実施形態１に記載の通りである。Ｒ１、Ｒ２および比Ｒ１／Ｒ２を表４の「結合相」の「Ｒ１」、「Ｒ２」および「Ｒ１／Ｒ２」欄に示す。

[0096] ［切削試験］

各試料の超硬合金からなる丸棒を加工し、刃径φ３ｍｍのボールエンドミルを作製した。ボールエンドミルを用いて、ＳＤＫ６１からなる被削材（φ２ｍｍの穴が等間隔で開いている）の側面断続加工を行った。加工条件は、切削速度Ｖｃ１００ｍ／ｍｉｎ、一刃送りｆｚ０．０５ｍｍ／刃、切込み量（軸方向）ａｐ０．０５ｍｍ、切込み量（半径方向）ａｅ０．０５ｍｍ、乾式とした。切削工具にチッピングが発生するまでの切削長を測定した。切削長が長いほど、工具寿命が長いことを示す。結果を表４の「切削試験」の「切削長」欄に示す。なお、上記の加工条件は、高硬度材の断続加工に該当す

る。

[0097] [表4]

Table 4

試料 No.	結合相						切削試験
	Co 含有率	第 1 元素	{M1/(M1+M2)}x100	R1	R2	R1/R2	切削長
	質量%	種類	%				m
1	100	Si	2.7	0.82	0.53	1.5	96
2	100	P	1.0	0.60	0.34	1.8	84
3	100	Ge	3.4	0.72	0.40	1.8	84
4	100	Sn	3.4	0.73	0.42	1.7	84
5	100	Re	1.9	0.81	0.51	1.6	96
6	100	Ru	3.0	0.83	0.54	1.5	96
7	100	Ru	2.1	0.75	0.42	1.8	96
8	100	Ru	2.9	0.86	0.50	1.7	78
9	100	Ru	3.0	0.81	0.46	1.8	84
10	80	Ru	3.5	0.53	0.32	1.7	90
11	100	Ru, Re	3.1	0.83	0.50	1.7	90
12	100	Ru	0.09	0.60	0.33	1.8	78
13	100	Ru	6.2	0.88	0.49	1.8	78
14	100	Ru	3.9	0.82	0.55	1.5	102
15	100	Ru	5.8	0.89	0.74	1.2	120
16	100	Os	2.2	0.58	0.35	1.7	90
17	100	Ir	2.2	0.61	0.40	1.5	96
18	100	Pt	2.3	0.71	0.44	1.6	90
19	100	—	0	0.87	0.50	1.7	60
101	100	Ru	1.6	0.73	0.40	1.8	24
102	100	Ru	2.8	0.88	0.45	2.0	30
103	100	Ru	3.0	0.80	0.40	2.0	54
104	78	Ru	3.8	0.51	0.18	2.8	30
105	100	Ru	3.0	0.83	0.40	2.1	48
106	100	—	0	0.92	0.37	2.5	42

[0098] [考察]

試料１～試料１９の超硬合金および切削工具は、実施例に該当する。試料

１０１～試料１０６の超硬合金および切削工具は、比較例に該当する。試料１～試料１９の切削工具は、試料１０１～試料１０６の切削工具よりも、工具寿命が長いことが確認された。

[0099] 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、様々に変形したり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

[0100] １　炭化タングステン粒子、２　結合相、３　超硬合金、１０　切削工具、１１　刃先。

請求の範囲

[請求項1] 複数の炭化タングステン粒子と、結合相と、を備える超硬合金であって、

前記超硬合金は、前記炭化タングステン粒子および前記結合相を合計で８９体積％以上含み、

前記超硬合金は、前記結合相を１．８体積％以上２０体積％以下含み、

前記結合相は、コバルトを８０質量％以上含み、

前記超硬合金は、表面からの距離が１５μｍ以内の第１領域と、表面からの距離が１５μｍ超の第２領域と、を含み、

前記第１領域の結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S1_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S1_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S1_{(hcp)}$の比Ｒ１と、前記第２領域の前記結合相におけるｈｃｐ構造を有するコバルトの面積$S2_{(hcp)}$およびｆｃｃ構造を有するコバルトの面積$S2_{(fcc)}$の合計に対する、前記面積$S2_{(hcp)}$の比Ｒ２との比Ｒ１／Ｒ２は、１．８以下である、超硬合金。

[請求項2] 前記比Ｒ１／Ｒ２は、１．２以上１．５以下である、請求項１に記載の超硬合金。

[請求項3] 前記結合相は、更に、珪素、リン、ゲルマニウム、スズ、レニウム、ルテニウム、オスミウム、イリジウム、および、白金からなる群より選択される少なくとも１種の第１元素を含む、請求項１または請求項２に記載の超硬合金。

[請求項4] 前記結合相において、前記第１元素の質量Ｍ１およびコバルトの質量Ｍ２の合計Ｍ１＋Ｍ２に対する、前記第１元素の質量Ｍ１の百分率｛Ｍ１／（Ｍ１＋Ｍ２）｝×１００は、１％以上６％以下である、請求項３に記載の超硬合金。

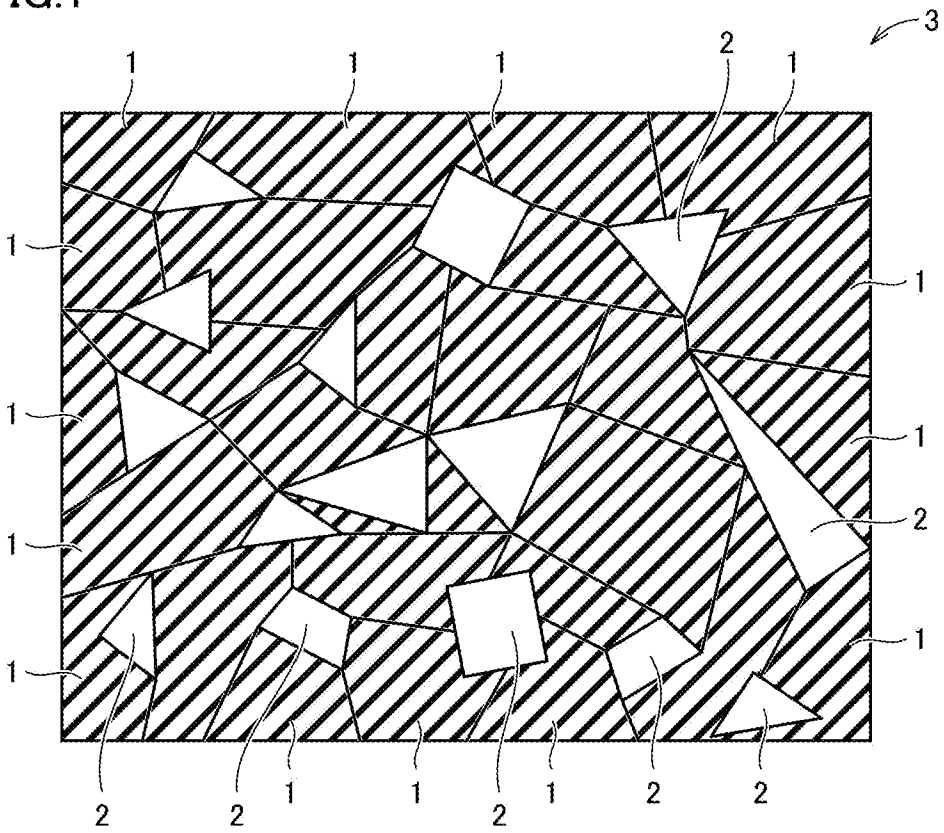
[請求項5] 請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の超硬合金からなる刃

先を備える、切削工具。

WO 2025/069218 PCT/JP2023/035014

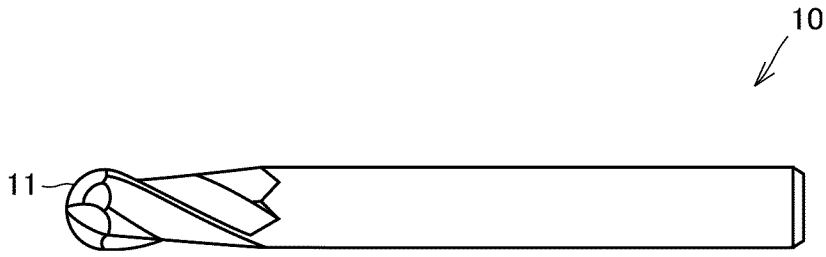
[図1]

FIG.1



[図2]

FIG.2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/035014

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 29/08(2006.01)i
FI: C22C29/08

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)

C22C29/08

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2019-63937 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 25 April 2019 (2019-04-25) claim 3, paragraphs [0012], [0023]-[0029]	1-5
X	JP 2019-63932 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 25 April 2019 (2019-04-25) claim 3, paragraphs [0012], [0022]-[0027]	1-5
A	JP 2022-79855 A (MMC RYOTEC CORP.) 27 May 2022 (2022-05-27) claims	1-5
A	JP 2013-111711 A (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) 10 June 2013 (2013-06-10) claims	1-5
A	KR 10-2022-0023554 A (KORLOY INC.) 02 March 2022 (2022-03-02) claims	1-5

☐ 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
28 November 2023	**12 December 2023**
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/JP2023/035014

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-63937 A	25 April 2019	WO 2019/065678 A1 claim 3, paragraphs [0012], [0023]-[0029]	
JP 2019-63932 A	25 April 2019	(Family: none)	
JP 2022-79855 A	27 May 2022	(Family: none)	
JP 2013-111711 A	10 June 2013	(Family: none)	
KR 10-2022-0023554 A	02 March 2022	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/035014

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C22C 29/08(2006.01)i
FI: C22C29/08

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））

C22C29/08

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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	JP 2019-63937 A (三菱マテリアル株式会社) 25.04.2019 (2019-04-25) 請求項3,段落[0012],[0023]-[0029]	1-5
X	JP 2019-63932 A (三菱マテリアル株式会社) 25.04.2019 (2019-04-25) 請求項3,段落[0012],[0022]-[0027]	1-5
A	JP 2022-79855 A (ＭＭＣリョウテック株式会社) 27.05.2022 (2022-05-27) 特許請求の範囲	1-5
A	JP 2013-111711 A (三菱マテリアル株式会社) 10.06.2013 (2013-06-10) 特許請求の範囲	1-5
A	KR 10-2022-0023554 A (KORLOY INC.) 02.03.2022 (2022-03-02) 特許請求の範囲	1-5

☐ 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
28.11.2023	12.12.2023

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）

藤長　千香子 4E 5796

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

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/JP2023/035014

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-63937 A	25.04.2019	WO 2019/065678 A1 請求項3,段落[0012], [0023]-[0029]	
JP 2019-63932 A	25.04.2019	（ファミリーなし）	
JP 2022-79855 A	27.05.2022	（ファミリーなし）	
JP 2013-111711 A	10.06.2013	（ファミリーなし）	
KR 10-2022-0023554 A	02.03.2022	（ファミリーなし）	