

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7501800号
(P7501800)

(45)発行日 令和6年6月18日(2024.6.18)

(24)登録日 令和6年6月10日(2024.6.10)

(51)国際特許分類

F I

C 2 2 C 29/08 (2006.01)

C 2 2 C 29/08

B 2 3 B 51/00 (2006.01)

B 2 3 B 51/00

A

C 2 2 C 1/051(2023.01)

B 2 3 B 51/00

V

B 2 3 B 51/00

M

C 2 2 C 1/051

G

請求項の数 4 (全17頁)

(21)出願番号 特願2023-546138(P2023-546138)
(86)(22)出願日 令和5年2月7日(2023.2.7)
(86)国際出願番号 PCT/JP2023/003932
審査請求日 令和6年2月9日(2024.2.9)
早期審査対象出願

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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超硬合金およびそれを用いた切削工具

(57)【特許請求の範囲】

【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80体積%以上
含み、

前記超硬合金は、前記結合相を0.1体積%以上20体積%以下含み、

前記超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブ
デンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、

前記超硬合金は、前記第1元素を合計で0.01原子%以上10.0原子%以下含み、

前記結合相は、コバルトを50質量%以上含み、

互いに隣接する前記炭化タングステン粒子同士の前記第1界面領域において、前記第1元素
が偏析しておらず、

前記互いに隣接する前記炭化タングステン粒子を、第1炭化タングステン粒子および第2
炭化タングステン粒子とした場合、前記第1炭化タングステン粒子と、前記第2炭化タン
グステン粒子とは、第1界面を形成し、

前記第1界面領域は、前記第1界面から前記第1炭化タングステン粒子側への距離が1.
2nm以内の第1A領域と、前記第1界面から前記第2炭化タングステン粒子側への距離
が1.2nm以内の第1B領域と、からなる、超硬合金。

【請求項2】

前記超硬合金の前記第1元素の合計含有率は、0.1原子%以上5原子%以下である、

請求項 1 に記載の超硬合金。

【請求項 3】

前記超硬合金は、前記結合相を 18 体積%以下含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の超硬合金。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載の超硬合金からなる刃先を備える、切削工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、超硬合金およびそれを用いた切削工具に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から、炭化タングステン(WC)粒子と、コバルト等を主成分とする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、2)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-098393号公報

【文献】特開2021-110010号公報

【発明の概要】

20

【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80体積%以上含み、

前記超硬合金は、前記結合相を0.1体積%以上20体積%以下含み、

前記超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、

前記超硬合金は、前記第1元素を合計で0.01原子%以上10.0原子%以下含み、

前記結合相は、コバルトを50質量%以上含み、

30

互いに隣接する前記炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、前記第1元素が偏析していない、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、第1界面領域において、第1元素が偏析していないことの確認方法を説明するための図であり、第1グラフを示す。

【図3】図3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】

40

[本開示が解決しようとする課題]

近年、5G(第5世代移動通信システム)の拡大に伴い、情報の高容量化が進み、プリント回路基板には更なる耐熱性が求められている。プリント回路基板の耐熱性の向上のため、プリント回路基板を構成する樹脂やガラスフィラーの耐熱性を向上させる技術が開発されている。一方、これによりプリント回路基板の難削化が進んでいる。このようなプリント回路基板の穴開け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が求められている。

【0007】

そこで、本開示は、特にプリント回路基板の穴開け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

50

具を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

[本開示の効果]

本開示によれば、特にプリント回路基板の穴開け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。

【 0 0 0 9 】

[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、

10

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 8 0 体積 % 以上含み、

前記超硬合金は、前記結合相を 0 . 1 体積 % 以上 2 0 体積 % 以下含み、

前記超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも 1 つの第 1 元素を含み、

前記超硬合金は、前記第 1 元素を合計で 0 . 0 1 原子 % 以上 1 0 . 0 原子 % 以下含み、

前記結合相は、コバルトを 5 0 質量 % 以上含み、

互いに隣接する前記炭化タングステン粒子同士の第 1 界面領域において、前記第 1 元素が偏析していない、超硬合金である。

20

【 0 0 1 0 】

本開示によれば、特にプリント回路基板の穴開け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。

【 0 0 1 1 】

(2) 上記 (1) において、前記超硬合金の前記第 1 元素の合計含有率は、 0 . 1 原子 % 以上 5 原子 % 以下であってもよい。これによると、工具寿命がさらに向上する。

【 0 0 1 2 】

(3) 上記 (1) または (2) において、前記超硬合金は、前記結合相を 1 8 体積 % 以下含んでもよい。これによると、工具寿命がさらに向上する。

30

【 0 0 1 3 】

(4) 上記 (1) から (3) のいずれかにおいて、前記互いに隣接する前記炭化タングステン粒子を、第 1 炭化タングステン粒子および第 2 炭化タングステン粒子とした場合、前記第 1 炭化タングステン粒子と、前記第 2 炭化タングステン粒子とは、第 1 界面を形成し、

前記第 1 界面領域は、前記第 1 界面から前記第 1 炭化タングステン粒子側への距離が 1 . 2 n m 以内の第 1 A 領域と、前記第 1 界面から前記第 2 炭化タングステン粒子側への距離が 1 . 2 n m 以内の第 1 B 領域と、からなる。

【 0 0 1 4 】

(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。

40

【 0 0 1 5 】

本開示の切削工具は、特にプリント回路基板の穴開け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ことができる。

【 0 0 1 6 】

[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。

50

【 0 0 1 7 】

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。

【 0 0 1 8 】

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限定されるべきではない。

【 0 0 1 9 】

本開示において、数値範囲下限および上限として、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、a 1以上、b 1以上、c 1以上が記載され、上限としてa 2以下、b 2以下、c 2以下が記載されている場合は、a 1以上a 2以下、a 1以上b 2以下、a 1以上c 2以下、b 1以上a 2以下、b 1以上b 2以下、b 1以上c 2以下、c 1以上a 2以下、c 1以上b 2以下、c 1以上c 2以下が開示されているものとする。

10

【 0 0 2 0 】

[実施形態1：超硬合金]

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、
該超硬合金は、該炭化タングステン粒子および該結合相を合計で80体積%以上含み、
該超硬合金は、該結合相を0.1体積%以上20体積%以下含み、
該超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、
該超硬合金は、該第1元素を合計で0.01原子%以上10.0原子%以下含み、
該結合相は、コバルトを50質量%以上含み、
互いに隣接する該炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、該第1元素が偏析していない、超硬合金である。

20

【 0 0 2 1 】

実施形態1の超硬合金は、特にプリント回路基板の穴開け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。

30

【 0 0 2 2 】

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80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、該超硬合金を用いた切削工具は、優れた耐摩耗性および耐折損性を有することができる。

【 0 0 2 3 】

実施形態1の超硬合金は、結合相を0.1体積%以上20体積%以下含み、結合相はコバルトを50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、該超硬合金を用いた切削工具は、優れた耐摩耗性および耐折損性を有することができる。

40

【 0 0 2 4 】

実施形態1の超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、該超硬合金は、該第1元素を合計で0.01原子%以上10.0原子%以下含む。これによると、超硬合金の耐熱性および耐反応性などが向上する。

【 0 0 2 5 】

実施形態1の超硬合金では、互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していない。これによると、超硬合金において、炭化タングス

50

テン粒子同士の界面強度が向上し、切削加工時に炭化タングステン粒子の脱落が抑制される。よって、該超硬合金を材料として用いた切削工具は、長い工具寿命を有することができる。更に、切削工具の穴位置精度も向上する。

【 0 0 2 6 】

< 超硬合金の組成 >

図 1 に示されるように、実施形態 1 の超硬合金 3 は、複数の炭化タングステン粒子 1 (以下、「WC 粒子」とも記す。)と、結合相 2 と、を備え、超硬合金 3 の WC 粒子および結合相の合計含有率は 8 0 体積%以上である。該超硬合金の WC 粒子および結合相の合計含有率の下限は、8 2 体積%以上でもよく、8 4 体積%以上でもよく、8 5 体積%以上でもよく、8 6 体積%以上でもよい。該超硬合金の WC 粒子および結合相の合計含有率の上限は、1 0 0 体積%以下でもよい。該超硬合金の WC 粒子および結合相の合計含有率の上限は、製造上の観点から、9 9 体積%以下でもよく、9 8 体積%以下でもよい。該超硬合金は、超硬合金の WC 粒子および結合相の合計含有率は 8 0 体積%以上 1 0 0 体積%以下でもよく、8 2 体積%以上 1 0 0 体積%以下でもよく、8 4 体積%以上 1 0 0 体積%以下でもよい。

10

【 0 0 2 7 】

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。本実施形態の超硬合金は、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 つの第 1 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、Mo₂C である。

20

【 0 0 2 8 】

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。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%超 2 0 体積%以下でもよく、0 体積%超 1 8 体積%以下でもよく、0 体積%超 1 6 体積%以下でもよい。この場合、超硬合金の WC 粒子および結合相の合計含有率は、8 0 体積%以上 1 0 0 体積%未満でもよく、8 2 体積%以上 1 0 0 体積%未満でもよく、8 4 体積%以上 1 0 0 体積%未満でもよい。

30

【 0 0 2 9 】

実施形態 1 の超硬合金は、不純物を含むことができる。該不純物としては、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%未満が好ましい。超硬合金の不純物の含有率は、ICP 発光分析 (Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy (測定装置: 島津製作所「ICPS - 8100」(商標))) により測定される。

【 0 0 3 0 】

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の下限は、6 0 体積%以上でもよく、6 2 体積%以上でもよく、6 4 体積%以上でもよく、6 8 体積%以上でもよい。超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率の上限は、9 9 . 9 体積%以下でもよく、9 9 . 2 体積%以下でもよく、9 9 体積%以下でもよく、9 8 体積%以下でもよく、9 7 体積%以下でもよく、9 0 体積%以下でもよい。超硬合金の炭化タングステン粒子の含有率は、6 0 体積%以上 9 9 . 9 体積%以下でもよく、6 0 体積%以上 9 9 . 2 体積%以下でもよく、6 4 体積%以上 9 7 体積%以下でもよく、6 8 体積%以上 9 0 体積%以下でもよい。

40

【 0 0 3 1 】

実施形態 1 の超硬合金は、結合相を 0 . 1 体積%以上 2 0 体積%以下含む。超硬合金の結合相の含有率の下限は、靱性向上の観点から、0 . 1 体積%以上であり、0 . 4 体積%以上でもよく、1 体積%以上でもよく、1 . 5 体積%以上でもよく、2 体積%以上でもよ

50

く、3体積%以上でもよく、8体積%以上でもよい。超硬合金の結合相の含有率の上限は、硬度向上の観点から、20体積%以下であり、18体積%以下でもよく、16体積%以下でもよく、15体積%以下でもよい。超硬合金の結合相の含有率は、0.1体積%以上18体積%以下でもよく、0.4体積%以上18体積%以下でもよく、1.5体積%以上16体積%以下でもよく、8体積%以上14体積%以下でもよい。超硬合金の結合相の含有率が18体積%以下であると、超硬合金の硬度が更に向上し、耐摩耗性が更に向上するため、超硬合金を材料として用いた切削工具の工具寿命が更に向上する。本実施形態の超硬合金のロックウェル硬さ(HRC)は、たとえば、90以上95以下でもよく、91以上95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-エネルギー分散型X線分光法(SEM-EDX)を用いて分析を行い(装置: Carl Zeiss社製 Gemini 450(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型電子顕微鏡(SEM)で撮影して反射電子像を得る。撮影画像の撮影領域は、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付帯のエネルギー分散型X線分析装置(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、 $24.9\mu\text{m} \times 18.8\mu\text{m}$ の矩形の1つ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。本明細書において、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%)に相当し、5つの測定視野にお

10

20

30

40

50

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％）に相当する。

【 0 0 4 1 】

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。

【 0 0 4 2 】

出願人が測定した限りでは、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、測定結果のばらつきは少なく、超硬合金の断面の切り出し箇所、撮影領域、測定視野を任意に設定しても恣意的にはならないことが確認された。

10

【 0 0 4 3 】

<炭化タングステン粒子>

実施形態1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免的に含有される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種類以上の場合には、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。

20

【 0 0 4 4 】

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、長い工具寿命を有することができることが確認されている。

【 0 0 4 5 】

<結合相>

実施形態1において、結合相は、コバルトを50質量％以上含む。これによって、超硬合金に優れた靱性を付与することができる。結合相のコバルト含有率の下限は、52質量％以上でもよく、60質量％以上でもよく、66質量％以上でもよく、70質量％以上でもよい。結合相のコバルト含有率の上限は、100質量％以下でもよく、100質量％未満でもよく、95質量％以下でもよく、93質量％以下でもよく、90質量％以下でもよい。結合相のコバルト含有率は、50質量％以上100質量％未満でもよく、60質量％以上95質量％以下でもよく、70質量％以上90質量％以下でもよい。

30

【 0 0 4 6 】

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、結合相の含有率および硬質相粒子の含有率の測定方法の（A1）～（F1）と同様の方法で、二値化処理後の画像上で結合相の存在領域を特定する。結合相の存在領域に対して、SEM-EDXを用いて分析を行い、結合相のコバルト含有率を測定する。

40

【 0 0 4 7 】

出願人が測定した限りでは、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、結合相のコバルトの含有率の測定を複数回行って、測定結果のばらつきは少なく、超硬合金の断面の切り出し箇所および撮影領域を任意に設定しても恣意的にはならないことが確認された。

【 0 0 4 8 】

実施形態1において、結合相は、コバルトに加えて、チタン、タンタル、ニオブ、ジル

50

コニウム、ハフニウム、およびモリブデンからなる群より選ばれる少なくとも1種の第1元素を含むことができる。該結合相は、コバルトおよび第1元素に加えて、さらに、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、鉄(Fe)、アルミニウム(Al)、ルテニウム(Ru)およびレニウム(Re)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、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、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、マンガン(Mn)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、硫黄(S)などが挙げられる。

【0049】

<第1元素>

実施形態1の超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、該超硬合金は、第1元素を合計で0.01原子%以上10原子%以下含む。超硬合金の第1元素の含有率の下限は、工具寿命向上の観点から、0.01原子%以上であり、0.03原子%以上でもよく、0.1原子%以上でもよく、0.8原子%以上でもよく、1原子%以上でもよく、2原子%以上でもよく、2.3原子%以上でもよい。超硬合金の第1元素の含有率の上限は、強度維持の観点から、10.0原子%以下であり、9原子%以下でもよく、8.2原子%以下でもよく、8原子%以下でもよく、7.7原子%以下でもよく、5原子%以下でもよい。超硬合金の第1元素の含有率は、0.1原子%以上5原子%以下でもよい。

【0050】

超硬合金の第1元素の原子数基準の含有率は、ICP(Inductively Coupled Plasma)発光分析(測定装置:島津製作所製「ICPS-8100」(商標))により測定される。

【0051】

実施形態1の超硬合金では、互いに隣接する該炭化タングステン粒子同士の間第1界面領域において、第1元素が偏析していない。これによると、炭化タングステン粒子同士の界面強度が向上し、超硬合金は優れた耐摩耗性および耐折損性を有することができる。

【0052】

本開示において、超硬合金の互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していないことの確認方法を図2を用いて説明する。

【0053】

超硬合金をアルゴンイオンスライサー(日本電子社製の「クライオイオンスライサーIB-09060BCIS」(商標))を用いて、加速電圧6kV、仕上げ2kVの条件で、30~100nmの厚みに薄片化して測定用試料を作製する。次いで、該測定用試料をTEM(Transmission Electron Microscopy)(日本電子社製の「JEM-ARM300F2」(商標))を用いて、加速電圧200Vの条件で、20万倍で観察することにより、第1画像を得る(図示なし)。

【0054】

第1画像において、炭化タングステン粒子は白色領域として観察され、結合相は黒色領域として観察され、界面は黒色領域として観察される。第1画像において、炭化タングステン粒子同士の界面を任意に選択する。本開示において、界面を形成する互いに隣接する炭化タングステン粒子を、第1炭化タングステン粒子および第2炭化タングステン粒子とも記す。

【0055】

次に、選択された界面が、画像の中央付近を通るように位置決めを行い、視野サイズが5nm×5nmとなるように観察倍率を調整して観察することにより、第2画像を得る(図示なし)。第2画像において、界面の伸長する伸長方向を確認する。該伸長方向に垂直、かつ、第1炭化タングステン粒子から第2炭化タングステン粒子に向かう方向にライン分析を実施し、コバルト、タングステンおよび第1元素の分布を測定したグラフ(以下、

10

20

30

40

50

第1グラフとも記す。)を得る。超硬合金が2種類以上の第1元素を含む場合は、各元素の分布を測定する。ここで、界面の伸長方向に対して垂直な方向とは、伸長方向の接線に対して $90^\circ \pm 5^\circ$ の角度で交差する直線に沿う方向を意味する。第2画像取得時の測定条件は、加速電圧200kV、カメラ長10cm、画素数 $128 \times 128 \text{ pixel}$ 、デュエルタイム $0.02 \sim 3 \text{ s/pixel}$ である。

【0056】

図2は、第1グラフの一例である。図2において、横軸(X軸)は、測定開始点からの距離(nm)を示し、縦軸(Y軸)はNET強度(単位なし)を示す。図2に示される超硬合金では、第1元素はタンタル(Ta)である。

【0057】

第1グラフにおいて、コバルトのピーク位置を特定する。本開示において、コバルトのピーク位置を第1界面と記す。第1界面は、互いに隣接する第1炭化タングステン粒子と、第2炭化タングステン粒子とにより形成される。図2の第1グラフにおいて、第1界面の位置は、X軸 4.15 nm である。

【0058】

第1グラフにおいて、第1界面から第1炭化タングステン粒子側への距離が 1.20 nm 以内の第1A領域と、第1界面から第2炭化タングステン粒子側への距離が 1.20 nm 以内の第1B領域とを特定する。本開示において、第1A領域と第1B領域とからなる領域が第1界面領域である。図2の第1グラフにおいて、第1界面領域の位置は、X軸 $2.95 \sim 5.35 \text{ nm}$ である。

【0059】

第1グラフにおいて、第1界面から第1炭化タングステン粒子側への距離が 1.50 nm 以上 3.50 nm 以下の第2A領域と、第1界面から第2炭化タングステン粒子側への距離が 1.50 nm 以上 3.50 nm 以下の第2B領域とを特定する。図2の第1グラフにおいて、第2A領域の位置は、X軸 $0.65 \sim 2.65 \text{ nm}$ であり、第2B領域の位置は、X軸 $5.65 \sim 7.65 \text{ nm}$ である。

【0060】

第1グラフに基づき、第1元素の第2A領域と第2B領域とからなるベースライン領域でのNET強度の平均Bを算出する。第1グラフにおいて、第1元素の第1界面領域におけるNET強度の最大値Aを測定する。平均Bに対する最大値Aの割合 A/B が3未満の場合、超硬合金の互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していないことが確認される。図2の第1グラフでは、タンタル(第1元素)の第2A領域と第2B領域とからなるベースライン領域でのNET強度の平均Bは 78.7 (第2A領域のNET強度の平均は 97.6 、第2B領域のNET強度の平均は 59.7)であり、タンタル(第1元素)の第1界面領域におけるNET強度の最大値Aは 112.6 である。図2に示される超硬合金では、 A/B が 1.43 であるため、超硬合金の互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していないことが確認される。

【0061】

超硬合金において、互いに重複しない5視野の第1画像を任意に取得し、それぞれの第1画像に基づき上述の分析を繰り返し実施し、4視野以上において、第1界面領域に第1元素の偏析が確認されない場合、該超硬合金の互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していないと判断される。

【0062】

出願人が測定した限りでは、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を任意に設定して、該断面上で第1画像を任意に取得し、上記の手順に従い、第1界面領域における第1元素の偏析の有無の確認を、ライン分析の領域を変更して複数回行って、第1界面領域における第1元素の偏析の有無の結果のばらつきはほとんどないことが確認されている。よって、超硬合金に対して、上記の第1元素の偏析の確認方法を行い、第1界面領域において、第1元素が偏析していないことが確認される限

10

20

30

40

50

り、該超硬合金の炭化タングステン粒子同士の界面強度が向上していると推察される。

【0063】

本開示の超硬合金において、第1元素は、上記の他の相やコバルト中に存在することができる。

【0064】

<超硬合金の製造方法>

本実施形態の超硬合金は、原料粉末の準備工程、混合工程、成型工程、焼結工程、および冷却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。

【0065】

<準備工程>

準備工程は、超硬合金素材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、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、および第1金属元素含有粉末とが挙げられる。第1金属元素含有粉末としては、炭窒化チタン（TiCN）粉末、炭化タンタル（TaC）粉末、炭化ニオブ（NbC）粉末、炭化ジルコニウム（ZrC）粉末、炭化ハフニウム（HfC）粉末、炭化モリブデン（Mo₂C）粉末等が挙げられる。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、0.1~3.0μm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。上記WC粉末の粒径の分布は、マイクロトラック社製の粒度分布測定装置（商品名：MT3300EX）を用いて測定される。

【0066】

<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。

【0067】

各原料粉末の混合は、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。例えば、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。

【0068】

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、後述する成型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。

【0069】

<成型工程>

成型工程は、混合工程で得られた混合粉末を切削工具用の形状（例えば、丸棒形状）に成形して、成形体を得る工程である。成型工程における成型方法および成型条件は、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。

【0070】

<焼結工程>

焼結工程は、成型工程を経て得られた成形体に対して、焼結と加圧を同時に行うことのできる焼結HIP（Hot Isostatic Pressing）（シンターヒップ）処理により焼結して、超硬合金中間体を得る工程である。

【0071】

焼結工程は、第1焼結工程および第2焼結工程を含むことができる。まず、第1焼結工程では、焼結温度1300、および、焼結圧力7MPaで240分保持する。次に、第2焼結工程では、焼結圧力7MPaを維持したまま、1360まで昇温し、1360

10

20

30

40

50

で15分保持して超硬合金中間体を得ることができる。

【0072】

焼結時の雰囲気は特に限定されないが、例えば、N₂ガス雰囲気またはAr等の不活性ガス雰囲気を用いることができる。

【0073】

<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。例えばArガス中で上記超硬合金中間体を圧力100～400MPaGの条件下で急冷して、超硬合金を得ることができる。

【0074】

<本実施形態の超硬合金の製造方法の特徴>

第1焼結工程における焼結温度1300は、一般的な超硬合金の焼結温度よりも低い。さらに、第1焼結工程における焼結時間240分は、一般的な超硬合金の焼結時間30～60分よりも長い。これにより、焼結時に原子の拡散および再配列が進み、互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域において、第1元素が偏析していない、本開示の超硬合金を得ることができる。このような焼結条件により、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、新たに見いだしたものである。なお、第1焼結工程の焼結温度および焼結時間は、生産効率が低下するため、当業者が採用するものではなかった。

【0075】

[実施形態2：切削工具]

本実施形態の切削工具は、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2mmである仮想の面と、に囲まれる領域を意味する。

【0076】

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。特に、図3に示されるように、本実施形態の切削工具10は、プリント回路基板加工用の小径ドリルの場合に、優れた効果を発揮することができる。図3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。

【0077】

本実施形態の超硬合金は、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本実施形態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。

【0078】

本実施形態の切削工具は、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。

【0079】

本実施形態の切削工具は、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】

【0080】

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。

【0081】

[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。

【0082】

10

20

30

40

50

WC粉末（平均粒径0.3 μm）、Co粉末（平均粒径1.0 μm）、TiCN粉末（平均粒径1.0 μm）、TaC粉末（平均粒径1.0 μm）、NbC粉末（平均粒径1.0 μm）、ZrC粉末（平均粒径1.0 μm）、HfC粉末（平均粒径1.0 μm）、Mo₂C粉末（平均粒径1.0 μm）を、表1の「原料粉末」欄に記載の割合で準備し、混合して混合粉末を得た。例えば、試料1では、WC粉末とCo粉末とTiCN粉末とを質量比で81.8：11.7：6.5の割合で準備し、混合して混合粉末を得た。すべての試料において、混合は、アトライターを用いて、10時間行った。

【0083】

【表1】

Table 1

| 試料 No. | 原料粉末 | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------|
| | WC 質量% | Co 質量% | TiCN 質量% | TaC 質量% | NbC 質量% | ZrC 質量% | HfC 質量% | Mo ₂ C 質量% |
| 1 | 81.8 | 11.7 | 6.5 | - | - | - | - | - |
| 2 | 94.0 | 3.3 | 2.8 | - | - | - | - | - |
| 3 | 91.4 | 5.2 | - | 3.4 | - | - | - | - |
| 4 | 99.1 | 0.3 | - | - | 0.7 | - | - | - |
| 5 | 88.5 | 8.5 | - | - | - | 3.1 | - | - |
| 6 | 89.6 | 10.4 | - | - | - | - | 0.01 | - |
| 7 | 87.3 | 9.8 | - | - | - | - | - | 3.0 |
| 8 | 84.5 | 6.5 | 7.9 | - | 1.1 | - | - | - |
| 9 | 91.3 | 3.9 | - | 3.3 | 1.5 | - | - | - |
| 10 | 92.6 | 1.0 | 5.9 | - | - | - | 0.6 | - |
| 11 | 83.7 | 10.4 | - | - | 5.2 | - | - | 0.7 |
| 12 | 99.92 | 0.07 | 0.01 | - | - | - | - | - |
| 13 | 75.0 | 13.0 | 12.0 | - | - | - | - | - |
| 1-1 | 79.0 | 13.7 | 7.3 | - | - | - | - | - |
| 1-2 | 91.4 | 0.0 | 8.6 | - | - | - | - | - |
| 1-3 | 89.60 | 10.40 | 0.00 | - | - | - | - | - |
| 1-4 | 80.4 | 7.2 | 12.5 | - | - | - | - | - |
| 1-5 | 88.4 | 5.2 | 6.4 | - | - | - | - | - |
| 1-6 | 89.0 | 3.3 | 7.8 | - | - | - | - | - |
| 1-7 | 81.8 | 11.7 | 6.5 | - | - | - | - | - |
| 1-8 | 81.8 | 11.7 | 6.5 | - | - | - | - | - |

【0084】

次に、混合粉末をプレス成形することにより、丸棒形状の成形体を作製した。次に、成形体に対して、Arガス中で第1焼結工程を行った。第1焼結工程での温度、圧力および時間は表2の「第1焼結工程」欄に示す通りである。次に、圧力を維持したまま、温度を1360に変更し、第2焼結工程を行い、超硬合金中間体を得た。第2焼結工程での保持時間は表2の「第2焼結工程」欄に示す通りである。次に、超硬合金中間体をArガス中で圧力200 MPa Gの条件下で急冷して、各試料の超硬合金を得た。

【0085】

10

20

30

40

50

【表 2】

Table 2

| 試料 No. | 第 1 焼結工程 | | | 第 2 焼結工程 |
|-----------|----------|-----|-----|----------|
| | 温度 | 時間 | 圧力 | 保持時間 |
| | °C | 分 | MPa | 分 |
| 1 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 2 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 3 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 4 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 5 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 6 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 7 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 8 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 9 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 10 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 11 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 12 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 13 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-1 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-2 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-3 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-4 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-5 | 1300 | 240 | 7 | 15 |
| 1-6 | 1380 | 240 | 7 | 15 |
| 1-7 | 1380 | 240 | 7 | 15 |
| 1-8 | 1300 | 60 | 7 | 20 |

10

20

【 0 0 8 6 】

[切削工具の作製]

得られた超硬合金からなる丸棒を加工し、刃径 0.3 mm のプリント回路基板加工用ドリル (PCB (Printed Circuit Board) ドリル) を作製した。

【 0 0 8 7 】

[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、第 1 元素を含む炭化物、窒化物および炭窒化物からなる群から選ばれる少なくとも 1 種をさらに含むことが確認された。

30

40

【 0 0 8 8 】

< 結合相中のコバルト含有率 >

各試料の超硬合金において、結合相中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 3 の「超硬合金」の「結合相中の Co 含有率」欄に示す。すべての試料において、結合相はコバルトに加えて、表 3 の「超硬合金」の「第 1 元素種類」欄に記載の第 1 元素と同一の第 1 元素を含むことも確認された。

【 0 0 8 9 】

< 超硬合金の第 1 元素の含有率 >

各試料の超硬合金において、超硬合金に含まれる第 1 元素の種類および超硬合金の第 1 元素の合計含有率 (原子 %) 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

50

ある。結果を表3の「超硬合金」の「第1元素種類」および「第1元素含有率」欄に示す。第1元素の種類が1種類の場合は、「第1元素含有率」は、1種類の第1元素の含有率を意味する。第1元素の種類が2種類の場合は、「第1元素含有率」は、2種類の第1元素の合計含有率を意味する。

【0090】

<第1界面領域における第1元素の偏析の有無>

各試料の超硬合金において、互いに隣接する炭化タングステン粒子同士の第1界面領域における第1元素の偏析の有無を確認した。具体的な確認方法は実施形態1に記載の通りである。結果を表3の「超硬合金」の「第1元素の偏析」欄に示す。

【0091】

<ロックウェル硬さ>

各試料の超硬合金のロックウェル硬さ(HRC)を「JIS Z 2245:2016 ロックウェル硬さ試験 - 試験方法」に準拠して測定した。測定条件は、室温(23 ± 5)にて、試験力60N、保持時間4秒である。結果を表3の「ロックウェル硬さ」欄に示す。

【0092】

[切削工具の評価]

<切削試験>

各試料のPCBドリルを用いて、市販の車載用プリント回路基板の穴開け加工を行い、穴位置精度を評価した。穴開け加工の条件は、回転数120krpm、送り速度2m/min、引抜速度25m/minとした。穴位置精度(ave+3(μm))が70μmを超えた時点での穴開け回数(hit数)を測定した。結果を表3の「切削試験」欄に示す。表3の値は、実際の穴開け回数を十の位で切り捨てた値である。例えば、実際の穴開け回数が6250回の場合は、「切削試験」欄には6200回と記す。穴開け回数が多いほど、切削工具の穴位置精度が優れ、工具寿命が長いことを示す。

【0093】

10

20

30

40

50

【表 3】

Table 3

| 試料 No. | 超硬合金 | | | | | | | | 切削試験 |
|-----------|-----------------|------------|----------------------|----------------------|--------------|---------------|---------------|-------------|-----------|
| | WC 粒子 含有率 | 結合相 含有率 | WC 粒子+ 結合相 含有率 | 結合相中 の Co 含 有率 | 第 1 元素 種類 | 第 1 元素 含有率 | 第 1 元素の 偏析 | ロッキエル 硬さ | 穴開け 回数 |
| | 体積% | 体積% | 体積% | 質量% | | 原子% | 有/無 | HRC | hit |
| 1 | 64.0 | 18.0 | 82.0 | 85.0 | Ti | 5.40 | 無 | 91 | 6500 |
| 2 | 90.0 | 5.0 | 95.0 | 93.0 | Ti | 2.30 | 無 | 93 | 7400 |
| 3 | 84.0 | 8.0 | 92.0 | 70.0 | Ta | 7.30 | 無 | 92 | 6400 |
| 4 | 99.2 | 0.4 | 99.6 | 66.0 | Nb | 0.80 | 無 | 94 | 6600 |
| 5 | 74.0 | 13.0 | 87.0 | 52.0 | Zr | 3.60 | 無 | 93 | 7200 |
| 6 | 68.0 | 16.0 | 84.0 | 75.0 | Hf | 0.03 | 無 | 92 | 6200 |
| 7 | 70.0 | 15.0 | 85.0 | 79.0 | Mo | 6.80 | 無 | 92 | 6200 |
| 8 | 80.0 | 10.0 | 90.0 | 91.0 | Ti, Nb | 8.20 | 無 | 93 | 6500 |
| 9 | 88.0 | 6.0 | 94.0 | 88.0 | Ta, Zr | 9.00 | 無 | 93 | 6600 |
| 10 | 97.0 | 1.5 | 98.5 | 79.0 | Ti, Hf | 6.10 | 無 | 94 | 6400 |
| 11 | 68.0 | 16.0 | 84.0 | 83.0 | Nb, Mo | 7.70 | 無 | 92 | 6300 |
| 12 | 93.9 | 0.1 | 94.0 | 94.0 | Ti | 0.01 | 無 | 94 | 7900 |
| 13 | 77.0 | 20.0 | 97.0 | 50.0 | Ti | 10.00 | 無 | 90 | 6000 |
| 1-1 | 58.0 | 21.0 | 79.0 | 67.0 | Ti | 6.10 | 無 | 90 | 2900 |
| 1-2 | 100.0 | 0.0 | 100.0 | 79.0 | Ti | 7.20 | 無 | 94 | 4900 |
| 1-3 | 68.0 | 16.0 | 84.0 | 94.0 | Ti | 0.00 | 無 | 92 | 3600 |
| 1-4 | 78.0 | 11.0 | 89.0 | 52.0 | Ti | 10.40 | 無 | 93 | 4000 |
| 1-5 | 84.0 | 8.0 | 92.0 | 48.0 | Ti | 5.30 | 無 | 93 | 4200 |
| 1-6 | 90.0 | 5.0 | 95.0 | 66.0 | Ti | 6.50 | 有 | 93 | 3500 |
| 1-7 | 64.0 | 18.0 | 82.0 | 85.0 | Ti | 12.40 | 有 | 91 | 1600 |
| 1-8 | 64.0 | 18.0 | 82.0 | 85.0 | Ti | 11.00 | 有 | 91 | 1700 |

10

20

【0094】

< 考察 >

試料 1 ~ 試料 13 の超硬合金および切削工具は実施例に該当する。試料 1 - 1 ~ 試料 1 - 8 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 13 (実施例) の切削工具は、試料 1 - 1 ~ 試料 1 - 8 (比較例) の切削工具よりも穴位置精度が優れ、工具寿命が長いことが確認された。これは、試料 1 ~ 試料 13 の超硬合金が、優れた耐摩耗性および耐折損性を有するためと推察される。

30

【0095】

以上のように本開示の実施の形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施の形態および実施例の構成を適宜組み合わせたり、様々に変形することも当初から予定している。

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施の形態および実施例ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

40

【符号の説明】

【0096】

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。

50

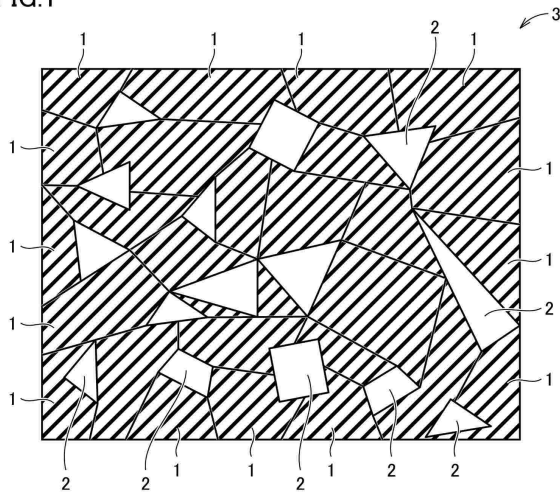
【要約】

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80体積%以上含み、前記超硬合金は、前記結合相を0.1体積%以上20体積%以下含み、前記超硬合金は、チタン、タンタル、ニオブ、ジルコニウム、ハフニウムおよびモリブデンからなる群より選択される少なくとも1つの第1元素を含み、前記超硬合金は、前記第1元素を合計で0.01原子%以上10.0原子%以下含み、前記結合相は、コバルトを50質量%以上含み、互いに隣接する前記炭化タングステン粒子同士の間第1界面領域において、前記第1元素が偏析していない、超硬合金である。

【図面】

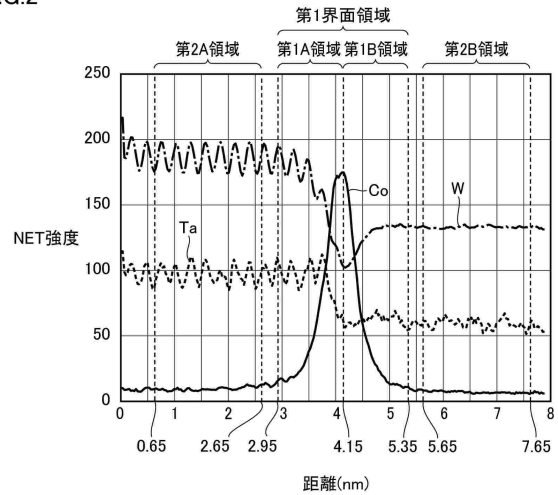
【図1】

FIG.1



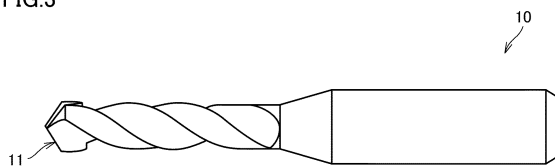
【図2】

FIG.2



【図3】

FIG.3



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 吉森 晃

- (56)参考文献 国際公開第2019/123764(WO,A1)
特開2004-230481(JP,A)
特開2012-162753(JP,A)
国際公開第2021/106276(WO,A1)
特開2021-85052(JP,A)
特開平07-100701(JP,A)
国際公開第2023/228328(WO,A1)
特許第7401048(JP,B1)
国際公開第2018/105403(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C22C 29/08
B23B 51/00
C22C 1/051