

(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
2018年9月27日(27.09.2018)



(10) 国際公開番号
WO 2018/174139 A1

- (51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) *B23C 5/16* (2006.01)
B23B 27/20 (2006.01) *C01B 32/26* (2017.01)
B23B 51/00 (2006.01) *C23C 16/27* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/011328
- (22) 国際出願日: 2018年3月22日(22.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
 特願 2017-056084 2017年3月22日(22.03.2017) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPO-

RATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区
大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 鹿田 信一 (SHIKADA Shinichi);
 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番
 2号 三菱マテリアル株式会社 加工事業カン
 パニー内 Tokyo (JP), 富永 哲光(TOMINAGA
 Akimitsu); 〒1008117 東京都千代田区大手町
 一丁目3番2号 三菱マテリアル株式会社 加
 工事業カンパニー内 Tokyo (JP), 高島 英彰
 (TAKASHIMA Hideaki); 〒3110102 茨城県那珂
 市向山1002番地14 三菱マテリアル株
 式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP).

(54) Title: DIAMOND COATED CEMENTED CARBIDE CUTTING TOOL

(54) 発明の名称: ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具

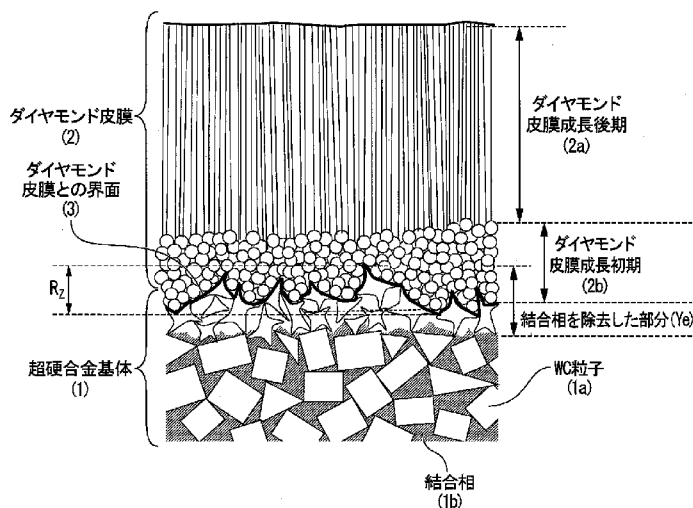


FIG. 2:
 1 Cemented carbide substrate
 1a WC particle
 1b Binder phase
 2 Diamond coating
 2a Late diamond coating growth
 2b Early diamond coating growth
 3 Boundary face with the diamond coating
 Ye Portion with binder phase removed

(57) **Abstract:** Provided is a diamond coated cemented carbide cutting tool, wherein (1) the average particle diameter of WC particles is 0.5 to 0.9 μm , (2) the maximum height difference (R_z) of the peaks and valleys of the boundary face of a substrate is 0.5 to 1.0 μm , the maximum distance (Δ) between peaks and valleys is 0.5 to 1.5 μm , and the length (Y_e) of the diamond coating in a region in which the binder phase is removed is 0.5 to 2.0 μm , (3) WC particles for which L_1 is 0.4 to 0.8 μm , L_2 is 0.2 to 0.4 μm , and $(L_1)/(L_2)$ is 1.5 to 2.5, are 70% or more of the area in the substrate boundary face, (4) the average particle diameter of diamond crystals in a region 0.5 to 1.5 μm from the substrate boundary face is 0.1 to 0.3 μm , and (5) there are columnar crystals for which

(74) 代理人: 松沼 泰史, 外(MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the ratio of the angular deviation in the growth direction to the thickness direction within 10 degrees is 90% or more and/or the <110> orientation ratio is from 30 to 70%.

(57) 要約: このダイヤモンド被覆超硬合金切削工具では、(1) WC粒子の平均粒径が0.5~0.9μmであり、(2) 基体の界面の凹凸の最大高低差(R_z)が0.5~1.0μmであり、凹凸間の最大距離(Δ)が0.5~1.5μmであり、結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜の長さ(Y_e)が0.5~2.0μmであり、(3) 基体界面においてL₁が0.4~0.8μm、L₂が0.2~0.4μm、(L₁)/(L₂)が1.5~2.5であるWC粒子が70面積%以上であり、(4) 基体界面から0.5~1.5μmの領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径が0.1~0.3μmであって、(5) 厚さ方向に対する成長方向の角度のずれが10度以内である割合が90%以上または<110>配向率が30~70%の少なくとも一方である柱状晶を有する。

明 細 書

発明の名称：ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具

技術分野

[0001] 本発明は、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）などの難削材の高速切削加工において、優れた耐衝撃性および密着性を備えることによって、優れた耐チッピング性および耐剥離性を発揮し、工具寿命を改善したダイヤモンド被覆炭化タングステン（WC）基超硬合金製切削工具に関する。

本願は、2017年3月22日に、日本に出願された特願2017-056084号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 従来、WC基超硬合金（以下、「超硬合金」という）からなる工具基体に、ダイヤモンド膜を被覆したダイヤモンド被覆超硬合金製切削工具（以下、「ダイヤモンド被覆工具」という）が知られており、工具基体とダイヤモンド膜の密着性を改善するために、工具基体上にダイヤモンド膜を成膜するなどの種々の提案がなされている。

[0003] 例えば、特許文献1には、凹凸を有する超硬基材の表面に、超硬基材の構成成分の拡散を防止する中間層を介してダイヤモンド皮膜を被覆して得られた切削工具が開示されている。

[0004] さらに、特許文献2には、高い面加工精度で加工を行うために、ダイヤモンド皮膜を積層させて表面の結晶粒径を2 μ m以下とすることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平11-193479号公報

特許文献2：特開2002-79406号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 近年の切削加工の技術分野における省力化および省エネ化、さらに低コスト化に対する要求は強く、これに伴い、切削加工は益々高速化の傾向にある。一方、従来ダイヤモンド被覆工具を、例えば、CFRPなどの難削材に対する高い加工精度での高速切削に用いる場合には、ドリルに鋭利な刃先が要求されるため、特に高い刃先強度が要求されるが、従来ダイヤモンド被覆工具は刃先強度が十分でなく、また、ダイヤモンド膜の剥離が生じやすい。そのため、長期の使用にわたって、満足できる耐チップング性および耐摩耗性を発揮することはできず、高い加工精度を維持することは困難であって、その結果、比較的短時間で使用寿命に至ることが多かった。
- [0007] 特許文献1に開示されている基体表面に凹凸を設けてダイヤモンドを被覆した工具は、アルミニウム板の切削加工への適用についての説明があるものの、CFRP等の難切削材の切削加工への適用の説明はない。基体表面の凹凸が大きいと、チップングが発生する虞やダイヤモンド皮膜の成長にしたがいダイヤモンド皮膜の面粗度は粗くなることから、この文献に記載されている技術をCFRP等の難切削材の切削加工へ直ちに適用することは困難である。
- [0008] また、特許文献2は、アルミニウム合金などの非鉄金属の切削加工の加工面の粗さについて説明があるものの、CFRP等の難切削材へ適用の説明はない。工具表面ダイヤモンドの微結晶粒の割合が高くなると耐摩耗性が低下する虞があり、CFRP等の難切削材へ直ちに適用することはできない。
- [0009] すなわち、CFRPなどの難削材の高速切削加工において、優れた耐衝撃性および密着性を備えることによって、優れた耐チップング性および耐剥離性を発揮し、高い寿命のダイヤモンド被覆WC基超硬合金製切削工具を得ることは十分とは言えない状況にあった。
- [0010] そこで、本発明が解決しようとする技術的課題、すなわち本発明の目的は、ダイヤモンド被覆工具において、ダイヤモンド皮膜と工具基体との密着性を向上させるとともにダイヤモンド被覆工具の刃先強度（耐衝撃性）を向上させ、CFRP等の難切削材の高速切削加工において、耐チップング性およ

び耐剥離性が向上した、切削寿命が長いダイヤモンド被覆工具を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上述の従来のダイヤモンド被覆工具が有する課題すべく本発明者は鋭意、研究と実験を繰り返した。すなわち、CFRPのエンドミル加工において、突発的なチッピングが発生し、早期に工具の寿命に至る現象を詳細に解析した結果、ダイヤモンド皮膜の平滑性と密着力とを両立させることにより、ダイヤモンド皮膜工具のチッピングを抑制し耐剥離性を向上させ、工具寿命を延ばすという知見を得た。

さらに、熱フィラメントCVD法によって超合金基体上に気相成長させたダイヤモンド皮膜は、柱状に成長することが知られているが、ダイヤモンド皮膜に接する基体界面の凹凸の性状がダイヤモンド皮膜の平滑性に与える影響を精査したところ、図1に示すように、ダイヤモンド皮膜に接する基体界面の凹凸が大きいと、基体界面から柱状に成長するダイヤモンド粒子の結晶は、その成長過程で隣接するダイヤモンド粒子の結晶と衝突し合い、歪みを内包しながら成長し、また、ダイヤモンド皮膜の外表面には大きな凹凸が生じて平滑性を大きく損ねられ、チッピングが発生しやすくなってしまふ。

そこで、本発明者は、さらなる検討を行った結果、ダイヤモンド皮膜の外表面性状が平滑となるためには、基体界面の凹凸の性状の他に、ダイヤモンド皮膜の成長初期における結晶粒の大きさ、その後の成長方向および／または配向率が影響していることを発見した。

本発明は、超合金基体の界面の凹凸の性状を所定のものとし、さらに、ダイヤモンド皮膜の成長初期における結晶粒径を所定の範囲ものとし、加えて、その後成長するダイヤモンドの成長方向または配向率の少なくとも一方を所定の範囲ものとすることによって、ダイヤモンド皮膜に内包される歪みを低減させ、ダイヤモンド皮膜の基体への密着性と平滑性の両立性を確保したものであって、ダイヤモンド被覆工具のチッピングを抑制しダイヤモンド皮膜の耐剥離性を向上させ、工具寿命を延ばすことができるものである。

[0012] すなわち、本発明は、

「(1) Coを3~15質量%含むWC基超硬合金基体にダイヤモンド皮膜を被覆形成したダイヤモンド被覆超硬合金切削工具であって、

当該ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具のダイヤモンド皮膜厚さ方向の切断面において、

(a) 前記基体を構成するWC粒子の平均粒径が0.5~0.9 μ mであり、

(b) 前記ダイヤモンド皮膜に接する前記基体の界面の凹凸の最大高低差(R_z)が0.5~1.0 μ mであり、該界面における隣り合う前記基体の凹凸間の距離の最大値(Δ)が0.5~1.5 μ mであり、かつ基体の結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜の厚さ方向の長さ(Y_0)が0.5~2.0 μ mであり、

(c) 前記界面における前記ダイヤモンド皮膜に接する個々のWC粒子の占める面積の和を100面積%とするとき、界面におけるダイヤモンド皮膜に接するWC粒子の頂点間距離の最大値(L_1)が0.4~0.8 μ mであって、当該WC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値(L_2)が0.2~0.4 μ m、(L_1)/(L_2)が1.5~2.5であるWC粒子の面積和が70面積%以上であり、

(d) 前記基体界面からダイヤモンド皮膜に向かって0.5~1.5 μ mの領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径が0.1~0.3 μ mであって、

(e) 前記ダイヤモンド結晶の上に接して、その成長方向がダイヤモンド皮膜の厚さ方向に対し10度以内の角度のずれである割合が90%以上または $\langle 110 \rangle$ 配向率が30~70%の少なくとも一方であるダイヤモンド皮膜を構成する柱状晶を有することを特徴とする、ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具。

(2) 前記ダイヤモンド皮膜の平均膜厚は、3~30 μ mであることを特徴とする(1)に記載のダイヤモンド被覆超硬合金切削工具。」

である。

発明の効果

[0013] 本発明は、ダイヤモンド皮膜の工具基体への密着力の向上とダイヤモンド皮膜に内包される歪みの低減、さらには、その外表面の高い平滑性を達成することができるため、ダイヤモンド被覆切削工具のチッピングを抑えることができ、切削工具寿命を延ばすことができるという顕著な効果を奏するものである。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]超合金の基体の凹凸の性状がダイヤモンド皮膜の凹凸の性状に影響を与えていることを示すダイヤモンド皮膜の厚さ方向断面（縦断面）の模式図である。

[図2]本発明の一実施形態に係るダイヤモンド被覆工具の縦断面を拡大した模式図である（模式図であるためスケールは正確ではなく、結合相の存在を強調するためにその面積は実際よりも大きく表示してある）。

[図3]ダイヤモンド皮膜と基体の界面におけるWC粒子の凹凸間の距離を説明する図である。

[図4]図2の結合相を除去した領域のWC粒子の形状の模式図であって、WC粒径の頂点間距離の最大値（ L_1 ）およびWC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の最小距離（ L_2 ）を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0015] 上述のとおり、本発明は、ダイヤモンド皮膜の工具基体への密着性の向上と内包される歪みの低減と、その外表面の高い平滑性とを達成することにより、ダイヤモンド皮膜工具のチッピングを抑制しダイヤモンド皮膜の耐剥離性を向上させ、工具寿命を延ばすという新たな知見に基づくものである。

ここで、ダイヤモンド皮膜の密着性は、基体であるWC基超合金基体における、（1）Co含有量、（2）WC粒子の平均粒径、（3）基体界面の凹凸の最大高低差（ R_z ）、（4）該界面における隣り合う基体の最大凹凸間の距離（ Δ ）、（5）基体の結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜の厚さ方向の長さ（ Y_0 ）、（6）界面におけるダイヤモンド皮膜に接するWC

粒子の頂点間距離の最大値 (L_1)、同WC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の最小距離 (L_2)、(7) (L_1) / (L_2)、(8) 前記(6) および(7) に該当するWC粒子の面積割合、の各因子を所定値にすることにより達成される。一方、ダイヤモンド皮膜表面の平滑性は、前記密着性に影響を与える因子を所定値にすることに加え、(9) 前記基体界面からダイヤモンド皮膜に向かって0.5~1.5 μm の領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径が0.1~0.3 μm であって、(10) 前記ダイヤモンド結晶上に接して(上記(9)に記載のダイヤモンド結晶に接して)、その成長方向がダイヤモンド皮膜の厚さ方向に対し10度以内の角度のずれである割合(成長方向とダイヤモンド皮膜の厚さ方向とのなす角度が10度以内の柱状晶の割合)が90%以上または $\langle 110 \rangle$ 配向率が30~70%の少なくとも一方であるダイヤモンド皮膜を構成する柱状晶を有することにより達成される。

このため、本発明においては、ダイヤモンド皮膜が所定の密着力を得るために密着力に影響を与える因子を制御する一方で、これら密着力に影響を与える因子が平滑性に与える影響も考慮して、密着性の向上と内包される歪みの低減、平滑性の向上を図るべく、前記各因子の最適な範囲を見出し、チップングの発生を抑制して耐剥離性を向上させ、工具寿命の長いダイヤモンド被覆超合金製切削工具を得ることに発明の特徴を有する。

[0016] 以下、前記各因子の最適な範囲の説明を含め、本発明の一実施形態を詳細に説明する。

[0017] 1. WC基超合金基体(工具基体)

まず、WC基超合金基体1について説明する。

[0018] (1) Coの含有量

本実施形態のWC基超合金基体1は、WCとCoを含み、Coの含有量は3~15質量%である。Coの含有量の数値範囲を決めた理由は次のとおりである。基体1を構成する超合金のCoの含有量が3質量%未満の場合、工具基体1の靱性が低くなり切削時に欠損が生じやすくなるため好ましく

ない。一方、15質量%を超えると、エッチング処理後、Coが除去された領域において空隙が占める体積割合が多くなりCoが除去された領域が脆弱になるためダイヤモンド膜と工具表面との密着力が低下し好ましくない。したがって、超硬合金中のCoの含有量は、3~15質量%と定める。Coの含有量は5~7質量%であることが好ましい。

[0019] (2) WCの平均粒径

本実施形態のWC基超硬合金基体1のWCの平均粒径は0.5~0.9 μ mである。平均粒径をこの範囲とした理由は、0.5 μ m未満では基体1の靱性が低下し、一方、0.9 μ mを超えると前処理工程におけるエッチング後の基体の凹凸が大きくなりダイヤモンド皮膜2の平滑性に悪影響を及ぼし、チッピングを生じやすくなるからである。WCの平均粒径は0.6~0.8 μ mであることが好ましい。

ここで、WCの粒径は、エッチング処理を受けていない基体1の任意の箇所で同じであって、以下のようにして求める。すなわち、基体1の表面(ダイヤモンド皮膜2との界面3)から10 μ m離れた基体側の50 μ m四方の領域の断面(ダイヤモンド皮膜2の厚さ方向(ダイヤモンド皮膜2の表面に垂直な方向)に沿った切断面)において、エッチング処理を受けていない個々のWC粒子1aの粒径を電子線後方散乱回折法(Electron Back Scatter Diffraction Patterns:EBSD)にてステップサイズ0.1 μ mの条件にて結晶方位を測定し、隣り合う測定点の結晶方位が5度ずれた箇所を粒界とみなし、粒界によって囲まれた領域を一粒子とする。そして、上記基体断面の任意の3箇所それぞれにおいて、10 μ mの線分に含まれる(10 μ mの線分に重なる)WC粒子1aの数を数えて、得られたWC粒子1aの数で10 μ mを除し、得られた3つの数値の平均値をWCの平均粒径とする。

[0020] (3) 基体界面の最大高低差

刃先を切断加工し、刃先の断面(ダイヤモンド皮膜2の厚さ方向に沿った切断面)をCross-sectional polisher(以下、C

Pという)にて刃先の断面を研磨加工し、走査型電子顕微鏡により基体1と皮膜2との界面3を含む50 μ m四方の領域を3箇所観察して得られるJIS B 0601-1994にしたがった基体表面の凹凸の最大高低差(R_z) (基体表面の凹凸の最大値)は、0.5~1.0 μ mである。 R_z をこの範囲とした理由は、0.5 μ m未満であると、ダイヤモンド皮膜2に対する基体界面のアンカー効果が十分ではないためダイヤモンド皮膜2の基体1への十分な密着力が得られない虞があり、一方、1.0 μ mを超えると、ダイヤモンド被覆の平滑性に悪影響を与えてチッピングが発生しやすくなることがあるためである。最大高低差(R_z)は0.6~0.8 μ mが好ましい。

[0021] (4) 基体界面の隣り合う凹凸間の距離の最大値 (凹凸間の最大距離)

刃先を切断加工し、刃先の断面(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面)をCPにて刃先の断面を研磨加工し、走査型電子顕微鏡により基体1と皮膜2との界面3を含む50 μ m四方の領域を3箇所観察して得られる基体界面(基体表面)の隣り合う凹凸間の距離の最大値(Δ)は、0.5~1.5 μ mである。 Δ をこの範囲とした理由は、0.5 μ m未満であると、ダイヤモンド皮膜2の平滑性が確保できない虞があり、一方、1.5 μ mを超えると、ダイヤモンド皮膜2の基体1への密着力が不十分となることがあるためである。 Δ は、0.7~1.2 μ mであることが好ましい。 Δ は高低差が0.5~1.5 μ m範囲を満たす凹凸間の距離として規定される。凹凸間の距離については、図3を参照されたい。

[0022] (5) 基体の結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜2の厚さ方向の長さ(Y_0)

超合金基体1にダイヤモンド皮膜2を成膜するためには、超合金基体1の結合相成分であるCoを超合金基体1とダイヤモンド皮膜2の界面3より除去する必要がある。ダイヤモンドコーティング工具(ダイヤモンド被覆工具)の刃先を切断加工し、刃先の断面(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面)をCPにて研磨加工し、走査型電子顕微鏡により基体1と皮膜2との界面3を含む50 μ m四方の領域を3箇所観察して得られる断面観

察像において、図2に示すように、酸等によるエッチング処理により、基体1の結合相1bが除去された領域のWC基体1の最上端のWC粒子1aからWC基体1の最も深い底部に至るダイヤモンド皮膜2の膜厚方向の長さを Y_e とする。 Y_e が $0.5\mu\text{m}$ 未満の場合は、超硬合金基体表面からCo層が十分除去されていないため、ダイヤモンド成膜時にCoが、超硬合金基体1と皮膜2との界面3に拡散し、ダイヤモンド皮膜2の密着力が低下する。また Y_e が $2.0\mu\text{m}$ を超える場合、超硬合金基体1と皮膜2との界面3が脆弱となり、基体側にクラックを生じやすく、剥離の原因となる。したがって、 Y_e の値を $0.5\sim 2.0\mu\text{m}$ とする。 Y_e の値は $0.7\sim 1.5\mu\text{m}$ であることが好ましい。

[0023] (6) 基体界面のWC粒子の頂点間距離の最大値 (L_1) と当該粒子のWC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値 (L_2)

L_1 は当該WC粒子1aの頂点上を結ぶ最大距離(最大長)の値を示し、 $0.4\sim 0.8\mu\text{m}$ である。WC粒子1aの最大長(L_1)はWC粒子1aの粒径に依存し、エッチングによりWCが浸食されるため、その範囲はWCの粒径を超えない範囲で規定され、この範囲になければダイヤモンド皮膜2の良好な密着性を得ることができない。 L_1 は $0.5\sim 0.7\mu\text{m}$ であることが好ましい。

一方、 L_2 は、当該WC粒子1aに内接する内接円の直径、あるいは対向面の接線間の距離の最小値である。 L_2 は当該粒子のWC粒子1aの断面形状を構成する頂点が3点のときは、当該WC粒子内に内接する内接円の直径の最大値であり、当該粒子のWC粒子1aの断面形状を構成する頂点が4点のときは、対向面(断面において互いに対向する辺)の接線間の距離の最小値である。 L_2 の範囲は $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ である。 L_2 が $0.2\mu\text{m}$ 未満であると、基体1の結合相1bが除去された領域の基体強度が得られず、基体1の結合相1bが除去された領域にクラックを生じやすい。また、 L_2 が $0.4\mu\text{m}$ を超えると、ダイヤモンド皮膜2に対する基体界面のアンカー効果が十分に得られないため、基体1への十分な密着力が得られない虞がある。 L_2 は0

、25～0.35 μmであることが好ましい。

WC粒子1aの頂点間距離の最大値(L₁)と当該C粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値(L₂)の定義については、図4を参照されたい。

[0024] (7) 基体界面のWC粒子の頂点間距離の最大値(L₁)と当該粒子のWC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値(L₂)との比

ダイヤモンド皮膜2に接する基体1のWC粒子1aの頂点間距離の最大値(L₁)と当該粒子のWC粒子1aに内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値(L₂)との比、(L₁)/(L₂)は1.5～2.5である。比をこの範囲とした理由は、1.5未満では、ダイヤモンド皮膜2に対するアンカー効果が十分ではないためダイヤモンド皮膜2の十分な密着性が得られないことがあり、一方、2.5を超えると、ダイヤモンド皮膜2の平滑性が損なわれる虞があり、チッピングが発生しやすくなるためである。

(L₁)/(L₂)は1.7～2.2であることが好ましい。

なお、基体界面のWC粒子1aの頂点間距離の最大値(L₁)と、当該粒子のWC粒子1aに内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値(L₂)とは、基体1の界面から10 μm、基体表面と水平方向において50 μmの基体1の縦断面(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面)において、電子線後方散乱回折法(EBSD)にてステップサイズ0.1 μmの条件で結晶方位を測定し、隣り合う測定点の結晶方位が5度ずれた箇所を粒界とみなし、粒界によって囲まれた領域をWC粒子1aの一粒子として、同縦断面内の全てのWC粒子1aに対して、同縦断面内におけるその粒の(L₁)および(L₂)を求めた。

[0025] (8) 前記(6)および(7)を満足するWC粒子の面積割合

前記(6)および(7)を満足するWC粒子1aの面積割合は、ダイヤモンド皮膜2と基体1との界面3を含む50 μm四方の領域を3箇所観察して得られる縦断面(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面)観察像にお

いて、前記界面3においてダイヤモンド皮膜2に接する個々のWC粒子1aの占める面積の和を100面積%とするとき、これらのWC粒子1aのうち前記(6)および(7)を満足するWC粒子1aの占める面積が70面積%以上でないと、前記(6)および(7)の規定を満足してもダイヤモンド皮膜2の密着性や平滑性を得ることができない。上記面積割合は85面積%以上が好ましく、90~100面積%がより好ましい。

[0026] 2. ダイヤモンド皮膜

次に、ダイヤモンド皮膜2について説明する。

[0027] (1) ダイヤモンド皮膜の平均膜厚

ダイヤモンド皮膜2の平均膜厚は基体表面と水平方向（基体表面に平行な方向）における50 μ mの領域において測定された皮膜の厚さの5点の平均値であり、その値は3~30 μ mが望ましい。この範囲とすることによって、長期の使用にわたって十分な耐摩耗性と耐剥離性をより発揮することができ、刃が丸みを帯びることが一層確実になくなって、所定の加工精度が得られる。ダイヤモンド皮膜2の平均膜厚は8~18 μ mがより好ましい。

[0028] (2) 基体界面からダイヤモンド皮膜に向かって0.5~1.5 μ mの領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径

ダイヤモンドコーティング工具の刃先を切断加工し、刃先の断面（ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面）をCPにて刃先の断面を研磨加工し、走査型電子顕微鏡により基体1と皮膜2との界面3を含む50 μ m四方の領域を3箇所観察して得られる断面観察像において、ダイヤモンド皮膜2の厚さ方向に沿って基体界面からダイヤモンド皮膜2に向かって0.5~1.5 μ mの領域、すなわち、ダイヤモンド皮膜2の成長初期領域（図2のダイヤモンド皮膜成長初期2b）におけるダイヤモンド結晶の平均粒径を0.1~0.3 μ mとする。このダイヤモンド結晶の平均粒径は、角度選択反射電子（Angle Selective Backscattered Electron：以下、ASBという）にて観察された成長初期領域において、任意の3箇所それぞれにおいて3 μ mの線分に含まれる（3 μ mの線分に重な

る) ダイヤモンド結晶粒子の数を数えて、得られたダイヤモンド結晶粒子の数で $3\mu\text{m}$ を除し、得られた数値の平均値である。この数値範囲とした理由は、 $0.1\mu\text{m}$ 未満になると、満足する密着力を得ることができず、 $0.3\mu\text{m}$ を超えると、この粒の外表面側のダイヤモンド粒子が柱状に、すなわち、ダイヤモンド皮膜2の厚さ方向に成長しないためである。ダイヤモンド皮膜2の成長初期領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径は $0.15\sim 0.25\mu\text{m}$ であることが好ましい。

[0029] (3) ダイヤモンド皮膜を構成する柱状晶において、成長方向のダイヤモンド皮膜の厚さ方向に対する角度のずれが 10 度以内のダイヤモンド結晶の割合と $\langle 110 \rangle$ 配向率

図2に示すような皮膜2の結晶組織は、ASBによる組織観察より確認できる。ダイヤモンド皮膜成長後期2aにダイヤモンド皮膜2は柱状に成長し、結晶の粒径が横方向に対する膜厚方向の成長割合(以下アスペクト比)が3を超え、膜厚とともにアスペクト比が高くなる。

皮膜2の結晶粒の成長方向のずれおよび $\langle 110 \rangle$ 配向率は以下のようにして測定される。ダイヤモンド皮膜2の成長方向はダイヤモンドコーティング工具の刃先を切断加工し、刃先の断面(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向に沿った切断面)をCPにて研磨加工し、ASBにより $30\mu\text{m}$ 四方の皮膜断面の領域の3箇所を観察して得られる皮膜2の組織観察像において、膜厚方向に対する皮膜2の成長方向(柱状晶の長軸方向)のずれが 10 度以内である結晶が占める面積を、測定領域内の皮膜2の総面積で除した値を 10 度以内の角度のずれの割合とする。またEBSDにより $30\mu\text{m}$ 四方の皮膜断面の領域を3箇所の皮膜表面に対し垂直な皮膜断面研磨面の測定範囲内に存在する結晶粒個々に電子線を照射して、皮膜2の結晶粒個々の (110) 面の法線がなす角度と膜厚方向との傾斜角度を測定し、傾斜角度が $0\sim 20^\circ$ 範囲内に存在する度数の合計を $\langle 110 \rangle$ 配向率とする。ダイヤモンド皮膜2を構成する柱状晶において、上記方法にて測定される成長方向が基体1の法線方向(ダイヤモンド皮膜の厚さ方向)に対する角度のずれが 10 度以内であ

るダイヤモンド結晶の割合は90%以上、または、 $\langle 110 \rangle$ 配向率が30%~70%の少なくとも一方である。この数値範囲とした理由は、成長方向がダイヤモンド皮膜2の厚さ方向にある柱状晶の割合が90%未満であるとダイヤモンド皮膜2に内包される歪みのために切削加工時のダイヤモンド結晶の脱粒が顕著となってチップングが生じやすくなるためである。また、 $\langle 110 \rangle$ 配向率が30%未満ではダイヤモンド皮膜2の耐摩耗性が不十分であり、70%を超えるとダイヤモンド結晶粒が粗大化して耐衝撃性が低下して、チップングが生じやすくなるためである。ただし、皮膜2の配向率が $\langle 110 \rangle$ 配向率が30%未満、あるいは70%を超えた状態において、皮膜2の成長方向のずれが10度以内である結晶が占める面積が90%を超えれば、所定の切削性能が得られる。また、皮膜2の成長方向のずれが10度以内である結晶が占める面積が90%を超えない状態においても、 $\langle 110 \rangle$ 配向率が30%以上70%以下であれば、所定の切削性能が得られる。そのため、両者のうち少なくとも一方を満足すればよい。ダイヤモンド皮膜2の厚さ方向に対する成長方向の角度のずれが10度以内の柱状晶の割合は93%以上が好ましく、95%以上100%以下がより好ましい。 $\langle 110 \rangle$ 配向率は40%以上60%以下が好ましい。

実施例

[0030] 次に、実施例について説明する。

ここでは、本発明に係るダイヤモンド被覆工具の具体例としてダイヤモンド被覆エンドミルについて述べるが、本発明はこれに限られるものではなく、ダイヤモンド被覆合金インサート、ダイヤモンド被覆ドリルなどの各種のダイヤモンド被覆工具に適用できることは言うまでもない。

[0031] (a) 基体の製造工程

原料粉末として、 $0.5 \sim 0.9 \mu\text{m}$ の範囲内の所定の平均粒径を有するWC粉末、Co粉末、TaC粉末、NbC粉末または Cr_3C_2 粉末を、表1に示される割合に配合し、さらにバインダーとしてパラフィンと溶剤としてトルエン、またはキシレン、またはメシチレン、またはテトラリン、または

デカリンを加えてアセトン中で24時間ボールミル混合し、減圧乾燥した。その後、いずれも押出プレス成形し、直径が10mm、長さが150mmの丸棒圧粉体とし、これらの丸棒圧粉体を、1Paの真空雰囲気中、1380～1500℃の温度で1～2時間保持するという焼結条件で焼結することで焼結体を得た。その後、前記焼結体を研磨加工することにより、WC基超硬合金焼結体を製造した。

次いで、前記WC基超硬合金焼結体を、溝形成部の外径寸法が ϕ 10mm、長さ100mmとなるように研削加工することにより、WC超硬合金製エンドミル基体（以下、単に「エンドミル基体」という）を製造した。

[0032] (b) エッチング処理工程

次に、前記エンドミル基体の表面に、前記 R_z 、 Δ 、 L_1 、 L_2 、 $(L_1) / (L_2)$ 、および、面積%のそれぞれの数値範囲を満足する微細な凹凸を形成すべく、エッチング処理を行った。

エッチング処理は、アルカリエッチング処理、酸エッチング処理の2段階であり、アルカリエッチング処理は電解エッチングによって行い、酸エッチング処理は希硝酸中に基体を浸漬することによって行った。

具体的には、以下の通りである。

(第1前処理工程)

エンドミル基体を、NaOH(4～8g)を含むエッチング溶液1Lに、単位面積当たりの電流量が1.5～2.5A/dm²になるように電流を通電した状態で10～20分、電解エッチングを行い基体表面のWCを除去した。

(第2前処理工程)

前記エンドミル基体を、希硝酸(0.5体積%)の溶液1Lに8～12秒間、室温(23℃)で浸漬し、ドリル基体の表面近傍のCoを主成分とする金属結合相の一部を酸エッチングで除去した。

[0033] (c) ダイヤモンド皮膜の成膜ための前処理工程

ダイヤモンド皮膜の成膜ための前処理として、ダイヤモンド成膜初期にダ

イヤモンドの核生成を促すため、前記エッチング処理を施したエンドミル基体を粒径 $1 \mu\text{m}$ のダイヤモンド粉末を含むエチルアルコール溶液中で 10 分間超音波処理を行った。

[0034] (d) 成膜工程

前記前処理を施したエンドミル基体を熱フィラメント CVD 装置に装入した。そして、フィラメント温度を $2050 \sim 2100^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $1 \sim 3 \text{ Torr}$ ($133.3 \sim 399.9 \text{ Pa}$) の下で、水素ガスとメタンガスとの流量比を調整し、基体温度を $750 \sim 800^\circ\text{C}$ に所定の時間維持 (表 2 を参照) して、基体界面からダイヤモンド皮膜に向かって $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ の領域にあるダイヤモンド粒子の粒径を $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ とする初期成膜条件 (例えば成膜開始から 300 分まで) で成膜し、その後、フィラメント温度を $2100 \sim 2150^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $5 \sim 8 \text{ Torr}$ ($666.6 \sim 1066.4 \text{ Pa}$) の下で、水素ガスとメタンガスとの流量比を調整し、基体温度を $850 \sim 900^\circ\text{C}$ に所定の時間維持 (表 2 を参照) してダイヤモンドを柱状に成膜する成膜条件 (後期成膜条件) で成膜し、本発明のダイヤモンド皮膜エンドミル (以下、「本発明エンドミル」という) を作成した。

[0035] 比較のために、 $0.4 \sim 1.2 \mu\text{m}$ の範囲内の所定の平均粒径を有する WC 粉末を含む原料粉を表 1 に示される割合に配合し、前記 (a) に記載した工程で、ドリル基体を製造した。その後、前記 (b) ~ (d) に相当する工程の処理 (詳細は表 2 に記載) を行い、比較例のダイヤモンド皮膜エンドミル (以下、「比較エンドミル」という) を作成した。

表 2 の「先行前処理工程」とは、希硝酸 (0.5 体積%) の溶液 1 L に $8 \sim 15$ 秒間、室温 (23°C)、基体表面近傍の結合相の一部を除去するものであり、前述の第 1 前処理工程に先行するものである。表 2 の斜線は対応する工程が実施されなかったことを示す。比較エンドミル 15 および比較エンドミル 18 はダイヤモンド皮膜が得られなかった。

表 3 に、表 2 にしたがって得られた本発明エンドミルと比較エンドミルにおける、基体の WC 粒径、 R_z 、 Δ 、 Y_e 、 L_1 、 L_2 、 $(L_1) / (L_2)$ 、お

よび、WC粒子の面積%、並びに、ダイヤモンド皮膜の平均膜厚、0.5～1.5 μm領域の粒径、10度以内の柱状晶の割合、および、 $\langle 110 \rangle$ 配向率を示す。表3において、斜線は対応する項目の測定ができなかったことを示す。

[0036] [表1]

種別	工具基体の組成(質量%)				
	Co	TaC	NbC	Cr ₃ C ₂	WC
基体組成A	3.0	0.3	0.2		残部
基体組成B	7.0			0.4	残部
基体組成C	5.5	0.3	0.2		残部
基体組成D	12.0	0.4	0.4		残部
基体組成E	10.0	0.4	0.2		残部
基体組成F	15.0	0.5	0.5		残部
基体組成G	10.0	0.6	0.2		残部
基体組成H	5.0			0.3	残部
基体組成I	9.0	0.3	0.5		残部
基体組成J	8.0	0.4	0.2		残部
基体組成K	17.0*	0.5	0.8	0.9	残部
基体組成L	2.0*	0.6	0.4	0.5	残部

(注) 欄中の「*」は、請求項1および2の規定を満足しないことを示す。

[0037]

[表2]

種別	基体	前処理条件					成膜条件			
		先行前処理工程	第1前処理工程			第2前処理工程	初期		後期	
			処理時間(秒)	アルカリ溶液の濃度(M)	電流量(A/dm ²)		処理時間(分)	処理時間(秒)	水素ガスに対するメタンガスの濃度(体積比率%)	成膜時間(時間)
本発明エンドミル1	G	/	0.2	1.5	15	8	3.0	1.5	2.0	32
本発明エンドミル2	F	/	0.1	1.5	10	8	3.5	1.0	2.5	30
本発明エンドミル3	C	/	0.2	1.5	10	10	3.5	1.5	2.0	37
本発明エンドミル4	B	/	0.1	1.5	15	10	3.5	1.0	2.0	40
本発明エンドミル5	A	/	0.2	1.5	15	8	3.0	4.0	1.5	38
本発明エンドミル6	H	/	0.2	2.0	20	8	3.0	3.0	1.5	36
本発明エンドミル7	I	/	0.2	2.0	20	8	3.5	3.5	1.5	23
本発明エンドミル8	J	/	0.2	2.0	20	10	3.0	3.0	1.5	19
本発明エンドミル9	C	/	0.2	1.5	10	8	3.5	3.5	1.5	25
本発明エンドミル10	F	/	0.2	2.0	10	10	3.5	3.5	2.0	30
本発明エンドミル11	E	/	0.1	1.5	15	10	3.5	3.0	2.0	25
本発明エンドミル12	J	/	0.2	1.5	15	10	3.0	3.5	1.5	60
本発明エンドミル13	D	/	0.1	2.0	20	8	2.5	3.0	2.0	30
本発明エンドミル14	G	/	0.2	1.5	10	10	3.0	3.5	1.5	25
本発明エンドミル15	A	/	0.1	2.0	15	10	3.5	3.5	2.0	30
本発明エンドミル16	I	/	0.2	1.5	15	8	3.0	2.0	1.5	6
本発明エンドミル17	H	/	0.2	2.0	15	8	3.0	2.0	2.0	25
本発明エンドミル18	B	/	0.2	2.0	20	10	3.5	2.0	1.5	15
本発明エンドミル19	F	/	0.2	1.5	15	8	2.5	2.0	2.0	4
本発明エンドミル20	H	/	0.2	2.0	20	10	2.5	3.0	1.5	70
比較エンドミル1	D	/	0.2	2.0	20	3	2.0	3.0	2.0	30
比較エンドミル2	G	/	0.2	2.0	15	20	2.0	4.0	1.5	50
比較エンドミル3	A	/	0.1	1.5	5	5	3.5	4.0	2.0	30
比較エンドミル4	E	/	0.2	1.5	30	8	2.0	3.0	1.5	25
比較エンドミル5	B	/	0.2	1.0	30	8	2.5	4.0	2.0	20
比較エンドミル6	F	/	0.2	3.0	10	10	2.5	4.0	1.5	15
比較エンドミル7	H	/	0.05	1.5	15	8	2.0	3.0	2.0	10
比較エンドミル8	C	/	0.3	1.5	20	10	3.5	3.0	2.0	20
比較エンドミル9	J	/	0.2	2.0	15	8	3.0	4.0	1.5	30
比較エンドミル10	I	/	0.2	1.5	20	10	2.5	4.0	2.0	20
比較エンドミル11	K*	/	0.2	2.0	15	8	2.0	4.0	1.5	20
比較エンドミル12	L*	/	0.2	1.5	20	10	2.0	3.0	2.0	30
比較エンドミル13	B	/	0.2	1.0	20	10	3.0	3.0	2.0	30
比較エンドミル14	C	/	0.2	1.0	3	10	2.5	3.0	1.5	25
比較エンドミル15	A	/	0.2	1.5	20	/	2.5	4.0	2.0	20
比較エンドミル16	G	8	/	/	/	/	2.0	4.0	2.0	40
比較エンドミル17	E	/	/	/	/	10	3.0	4.0	1.5	20
比較エンドミル18	C	/	/	/	/	/	2.0	4.0	1.5	20
比較エンドミル19	J	10	0.2	2.0	15	10	2.5	3.0	2.0	20
比較エンドミル20	E	15	0.2	1.5	15	10	2.0	3.0	1.5	30
比較エンドミル21	C	6	0.2	2.0	20	10	2.5	3.0	2.0	20
比較エンドミル22	I	5	0.2	1.5	20	10	2.5	3.5	1.5	30
比較エンドミル23	C	/	0.2	1.5	15	10	4.0	3.0	2.0	20
比較エンドミル24	A	/	0.2	2.0	20	10	1.0	3.0	1.5	20
比較エンドミル25	C	/	0.2	2.0	20	10	0	0	1.0	50

(注)欄中の「*」は、請求項1および2の規定を満足しないことを示す。

[0038]

[表3]

種別	基体							ダイヤモンド皮膜				
	WC平均粒径 (μm)	R _z (μm)	Δ (μm)	Ye (μm)	L ₁ (μm)	L ₂ (μm)	(L ₁)/L ₂	左の3欄を同時に満足するWC粒子の面積割合 (%)	平均膜厚 (μm)	0.5~1.5 μmの領域の平均粒径 (μm)	成長方向がダイヤモンド皮膜の厚さ方向に対して10度以内の柱状晶割合 (%)	<110>配向率 (%)
本発明エンドミル1	0.6	0.5	0.6	0.8	0.5	0.3	1.7	80	15	0.2	90	20*
本発明エンドミル2	0.5	0.6	0.5	1.5	0.4	0.2	2.0	90	12	0.2	90	20*
本発明エンドミル3	0.5	0.6	0.6	1.2	0.4	0.2	2.0	90	15	0.2	90	15*
本発明エンドミル4	0.6	0.5	0.8	0.9	0.5	0.2	2.5	90	16	0.2	90	20*
本発明エンドミル5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	2.0	90	18	0.1	80*	50
本発明エンドミル6	0.9	1.0	0.9	0.9	0.7	0.4	1.8	80	15	0.1	80*	60
本発明エンドミル7	0.8	0.9	1.1	0.8	0.7	0.3	2.3	80	10	0.1	70*	70
本発明エンドミル8	0.9	0.9	1.2	1.2	0.8	0.4	2.0	80	8	0.1	80*	70
本発明エンドミル9	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.2	2.5	90	12	0.1	90	50
本発明エンドミル10	0.7	0.8	0.8	1.0	0.6	0.3	2.0	80	14	0.2	90	40
本発明エンドミル11	0.9	1.0	1.0	1.0	0.8	0.4	2.0	80	12	0.2	100	70
本発明エンドミル12	0.6	0.7	0.7	0.8	0.5	0.2	2.5	80	28	0.1	100	40
本発明エンドミル13	0.7	0.8	0.9	1.0	0.6	0.3	2.0	80	12	0.2	100	70
本発明エンドミル14	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.2	2.5	80	13	0.1	95	50
本発明エンドミル15	0.7	0.7	0.8	0.9	0.6	0.3	2.0	70	14	0.3	100	30
本発明エンドミル16	0.5	0.6	0.7	0.8	0.4	0.2	2.0	80	3	0.1	90	50
本発明エンドミル17	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.2	2.5	90	11	0.2	90	30
本発明エンドミル18	0.7	0.8	0.9	1.0	0.6	0.3	2.0	90	7	0.3	90	50
本発明エンドミル19	0.6	0.7	0.7	0.8	0.5	0.2	2.5	90	2**	0.2	90	30
本発明エンドミル20	0.6	0.7	0.7	1.5	0.5	0.2	2.5	80	32**	0.2	90	50
比較エンドミル1	0.6	1.5*	0.6	0.3*	0.5	0.2	2.5	80	14	0.3	90	50
比較エンドミル2	0.5	1.3*	0.4	2.5*	0.4	0.2	2.0	80	24	0.1	90	30
比較エンドミル3	0.5	0.2*	0.5	0.5	0.4	0.2	2.0	70	14	0.1	90	50
比較エンドミル4	0.6	2.0*	0.6	0.8	0.5	0.2	2.5	50*	13	0.2	80*	30
比較エンドミル5	0.6	0.3*	0.7	0.8	0.5	0.2	2.5	80	10	0.2	100	30
比較エンドミル6	0.5	1.8*	0.5	1.2	0.4	0.2	2.0	30*	8	0.2	70*	40
比較エンドミル7	0.6	0.3*	0.7	0.8	0.5	0.2	2.5	80	6	0.2	90	40
比較エンドミル8	0.6	1.6*	0.6	1.5	0.5	0.2	2.5	90	10	0.1	90	30
比較エンドミル9	1.3*	2.0*	1.6*	0.8	1.2*	0.3	4.0*	80	14	0.1	30*	10*
比較エンドミル10	0.4*	0.3*	0.3*	1.5	0.3*	0.3	1.0*	90	10	0.2	90	80*
比較エンドミル11	0.7	0.6	0.5	0.8	0.6	0.3	2.0	80	10	0.2	90	30
比較エンドミル12	0.6	0.7	0.7	1.5	0.5	0.2	2.5	90	14	0.2	100	40
比較エンドミル13	0.6	0.5	0.6	1.2	0.5	0.1*	5.0*	80	14	0.2	80*	40
比較エンドミル14	0.7	0.4*	0.5	1.0	0.6	0.5*	1.2*	90	10	0.2	90	50
比較エンドミル15	0.6	0.7	0.8	/	0.5	0.2	2.5	0*	/	/	/	/
比較エンドミル16	0.5	/	/	0.8	0.4	0.3	1.3*	0*	18	0.2	80*	30
比較エンドミル17	0.6	/	/	1.5	0.5	0.2	2.5	0*	10	0.1	90	40
比較エンドミル18	0.5	/	/	/	0.4	0.4	1.0*	0*	/	/	/	/
比較エンドミル19	0.5	1.6*	1.3	1.5	0.4	0.2	2.0	80	10	0.2	90	40
比較エンドミル20	0.7	1.7*	1.6*	1.5	0.6	0.2	3.0	80	14	0.2	80*	30
比較エンドミル21	0.5	1.6*	0.9	1.5	0.4	0.2	2.0	70	10	0.2	80*	40
比較エンドミル22	0.6	1.8*	0.7	1.5	0.5	0.2	2.5	70	14	0.2	90	40
比較エンドミル23	0.5	0.6	0.5	1.5	0.4	0.2	2.0	80	10	0.05*	90	50
比較エンドミル24	0.6	0.7	0.7	1.5	0.5	0.2	2.5	90	10	0.4*	30*	50
比較エンドミル25	0.6	0.8	0.8	1.5	0.5	0.2	2.5	90	22	1.0<*	30*	50

(注) 欄中の「*」は、請求項1および2の規定を満足しないことを示す。
欄中の「**」は、請求項2の規定を満足しないことを示す。

[0039] 次に、前記本発明エンドミル1~20、比較エンドミル1~25（いずれも、外径はφ10.0mm）を用いて、以下の条件で、CFRP高速溝加工試験を行った。なお、以下の条件に記載されている通常の切削速度とは、従来被覆工具を用いた場合の効率（一般には、工具寿命までに加工できる部品の数など）が最適となる切削速度である。

切削速度： 300m/min

切削条件： エアブロー

突出し長さ： 25mm

1刃当り送り： 0.03mm/tooth

前記切削試験において、切削の異常音および切削時の荷重が異常を示した際に、試験を中断し、剥離・欠損の有無を確認した。剥離・欠損等が確認された場合、それまでの加工長を加工寿命とした。

また、加工長25mまで欠損せず、切れ刃の中央の逃げ面の摩耗形態が正常である（欠損、チッピングがない）、かつバリの長さまたは加工穴周りのデラミネーションの幅が1mmを超えないことを、本発明エンドミルの合格条件とした。

表4にこれらの評価結果を示す。

[0040]

[表4]

種 別	試験結果	
	切削長 (m)	摩耗状況
本発明エンドミル1	30	正常摩耗
本発明エンドミル2	30	正常摩耗
本発明エンドミル3	30	正常摩耗
本発明エンドミル4	30	正常摩耗
本発明エンドミル5	30	正常摩耗
本発明エンドミル6	30	正常摩耗
本発明エンドミル7	30	正常摩耗
本発明エンドミル8	30	正常摩耗
本発明エンドミル9	30	正常摩耗
本発明エンドミル10	30	正常摩耗
本発明エンドミル11	30	正常摩耗
本発明エンドミル12	30	正常摩耗
本発明エンドミル13	30	正常摩耗
本発明エンドミル14	30	正常摩耗
本発明エンドミル15	30	正常摩耗
本発明エンドミル16	30	正常摩耗
本発明エンドミル17	30	正常摩耗
本発明エンドミル18	30	正常摩耗
本発明エンドミル19	25	正常摩耗
本発明エンドミル20	25	正常摩耗
比較エンドミル1	<1	チップング
比較エンドミル2	20	チップング
比較エンドミル3	<1	チップング
比較エンドミル4	15	チップング
比較エンドミル5	15	チップング
比較エンドミル6	15	チップング
比較エンドミル7	10	チップング
比較エンドミル8	15	チップング
比較エンドミル9	10	チップング
比較エンドミル10	15	チップング
比較エンドミル11	<1	チップング
比較エンドミル12	15	チップング
比較エンドミル13	15	チップング
比較エンドミル14	15	チップング
比較エンドミル15	<1	欠損
比較エンドミル16	<1	チップング
比較エンドミル17	<1	チップング
比較エンドミル18	<1	欠損
比較エンドミル19	20	チップング
比較エンドミル20	15	チップング
比較エンドミル21	15	チップング
比較エンドミル22	20	チップング
比較エンドミル23	15	チップング
比較エンドミル24	15	チップング
比較エンドミル25	5	チップング

[0041] 表4に示される結果から、本発明エンドミルは、基体を構成するC_oの含有量、WC粒子の平均粒径がともに所定範囲にあり、また、ダイヤモンド皮

膜に接する基体界面の凹凸の最大高低差や凹凸間の最大距離、基体の結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜の厚さ方向の長さが、それぞれ、所定範囲にあって、さらには、前記界面の70面積%以上のWC粒子が、所定範囲にある頂点間距離の最大値、内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値、(基体界面のWC粒子の頂点間距離の最大値) / (WC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値)、を満足し、加えて、ダイヤモンド皮膜の平均膜厚と凹凸の最大高低差、基体界面から0.5~1.5 μ mの範囲のダイヤモンド結晶の平均粒径、が所定値を満足し、ダイヤモンド柱状晶について膜厚方向と所定範囲の角度にある結晶割合または<110>配向率少なくとも一方が所定値を満足していることにより、ダイヤモンド皮膜の密着性と平滑性を確保して、優れた耐チップング性および耐摩耗性を発揮していることがわかるから、本発明のダイヤモンド被覆超合金製切削工具はCFRP等の難切削材に対して工具寿命が改善されている。これに対して、本発明のダイヤモンド被覆超合金製切削工具が満足すべき事項が一つ以上欠けている比較エンドミルは、ダイヤモンド皮膜の密着性や平滑性が確保できないため、切削長が短く、チップングが発生しており工具寿命が短いことがわかる。

産業上の利用可能性

[0042] 本発明のダイヤモンド被覆超合金製切削工具は、ダイヤモンド被覆超合金製エンドミルばかりでなく、ダイヤモンド被覆超合金製インサート、ダイヤモンド被覆超合金製ドリル等、各種のダイヤモンド被覆工具に適用できるものである。このため、本発明のダイヤモンド被覆超合金製切削工具は、優れた刃先強度と耐摩耗性を発揮することから、切削加工の省エネ化、低コスト化に十分満足に対応できるものであり、その産業上の利用可能性はきわめて大きい。

符号の説明

[0043] 1 超合金基体
1 a WC粒子

- 1 b 結合相
- 2 ダイヤモンド皮膜
 - 2 a ダイヤモンド皮膜成長後期
 - 2 b ダイヤモンド皮膜成長初期
- 3 超硬合金基体とダイヤモンド皮膜との界面

請求の範囲

[請求項1] Coを3～15質量%含むWC基超硬合金基体にダイヤモンド皮膜

を被覆形成したダイヤモンド被覆超硬合金切削工具であって、

当該ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具のダイヤモンド皮膜厚さ方向の切断面において、

(1) 前記基体を構成するWC粒子の平均粒径が $0.5 \sim 0.9 \mu\text{m}$ であり、

(2) 前記ダイヤモンド皮膜に接する前記基体の界面の凹凸の最大高低差 (R_z) が $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ であり、該界面における隣り合う前記基体の凹凸間の最大距離 (Δ) が $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ であり、かつ基体の結合相が除去された領域のダイヤモンド皮膜の厚さ方向の長さ (Y_e) が $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ であり、

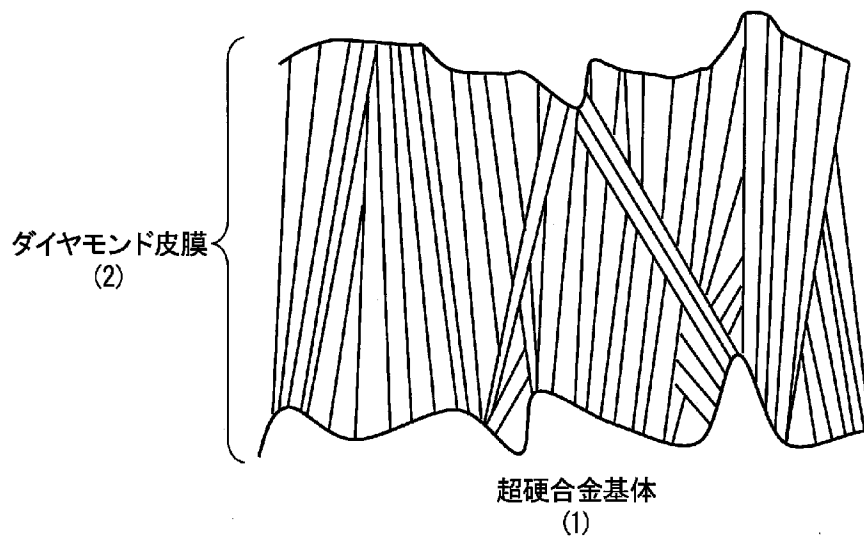
(3) 前記界面における前記ダイヤモンド皮膜に接する個々のWC粒子の占める面積の和を100面積%とするとき、基体界面のWC粒子の頂点間距離の最大値 (L_1) が $0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ であって、WC粒子に内接する内接円の直径あるいは対向面の接線間の距離の最小値 (L_2) が $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 、 $(L_1) / (L_2)$ が $1.5 \sim 2.5$ であるWC粒子の面積和が70面積%以上であり、

(4) 前記基体界面からダイヤモンド皮膜に向かって $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ の領域におけるダイヤモンド結晶の平均粒径が $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ であって、

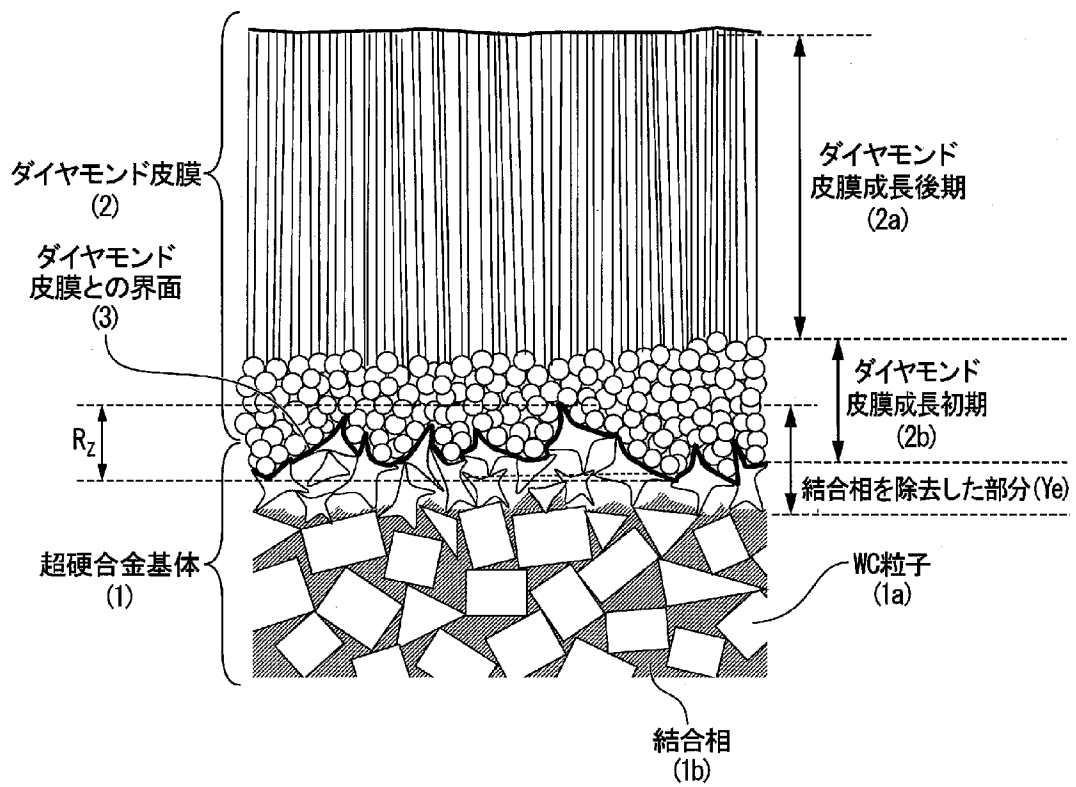
(5) 前記ダイヤモンド結晶の上に接して、その成長方向がダイヤモンド皮膜の厚さ方向に対し10度以内の角度のずれである割合が90%以上または $\langle 110 \rangle$ 配向率が30～70%の少なくとも一方であるダイヤモンド皮膜を構成する柱状晶を有することを特徴とする、ダイヤモンド被覆超硬合金切削工具。

[請求項2] 前記ダイヤモンド皮膜の平均膜厚は、 $3 \sim 30 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1に記載のダイヤモンド被覆超硬合金切削工具。

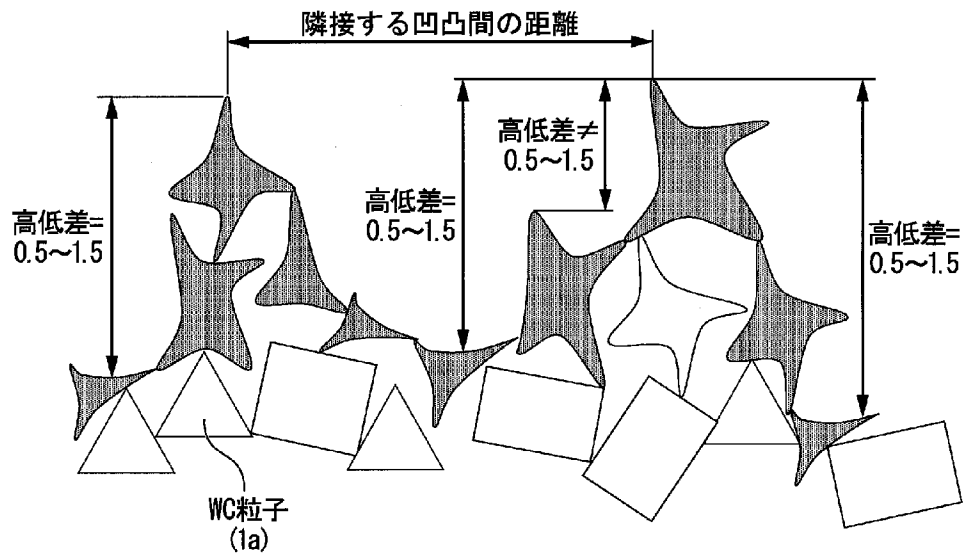
[図1]



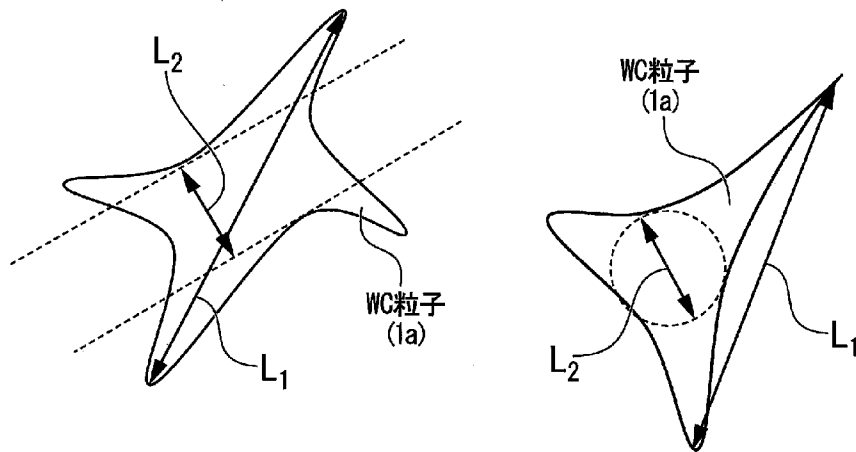
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/011328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int. Cl. B23B27/14 (2006.01) i, B23B27/20 (2006.01) i, B23B51/00 (2006.01) i, B23C5/16 (2006.01) i, C01B32/26 (2017.01) i, C23C16/27 (2006.01) i
 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, B23B27/20, B23B51/00, B23C5/16, C01B32/26, C23C16/27

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 1971-2018
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-30043 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 16 February 2015, claim 1 (Family: none)	1-2
A	JP 2006-500235 A (CEMECON AG) 05 January 2006, entire text, all drawings & US 2006/0099422 A1 & WO 2004/031437 A1	1-2
A	JP 2011-20179 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 03 February 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-2
A	JP 6-190609 A (HITACHI, LTD.) 12 July 1994, paragraph [0011] (Family: none)	1-2

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 02.05.2018	Date of mailing of the international search report 15.05.2018
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2018/011328

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5855974 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC.) 05 January 1999, entire text, all drawings (Family: none)	1-2

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B23B27/14(2006.01)i, B23B27/20(2006.01)i, B23B51/00(2006.01)i, B23C5/16(2006.01)i, C01B32/26(2017.01)i, C23C16/27(2006.01)i

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））

Int.Cl. B23B27/14, B23B27/20, B23B51/00, B23C5/16, C01B32/26, C23C16/27

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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）

WPI

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 2015-30043 A（三菱マテリアル株式会社）2015.02.16, [請求項1]（ファミリーなし）	1-2
A	JP 2006-500235 A（コムコン・アーゲー）2006.01.05, 全文, 全図 & US 2006/0099422 A1 & WO 2004/031437 A1	1-2
A	JP 2011-20179 A（三菱マテリアル株式会社）2011.02.03, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-2

☑ 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	「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

02.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）
 久保田 信也

3C 3628

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

C (続き) . 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 6-190609 A (株式会社日立製作所) 1994.07.12, [0011] (ファミリーなし)	1-2
A	US 5855974 A (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES, INC.,) 1999.01.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-2