

(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
2013年9月12日(12.09.2013)



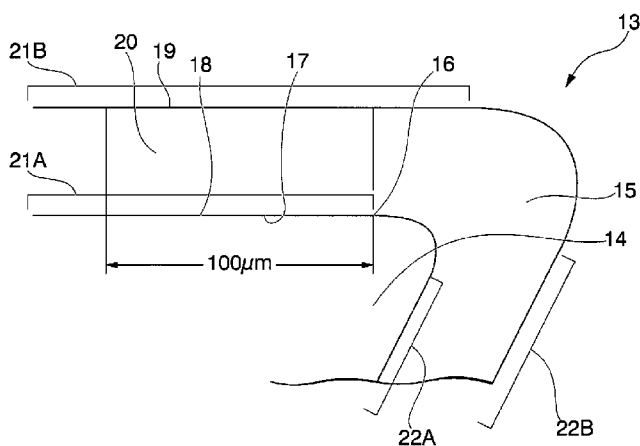
(10) 国際公開番号
WO 2013/133251 A1

- (51) 国際特許分類:
B23B 27/14 (2006.01) B23C 5/16 (2006.01)
B23B 51/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/055924
- (22) 国際出願日: 2013年3月5日(05.03.2013)
- (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 2012-047926 2012年3月5日(05.03.2012) JP
特願 2013-040331 2013年3月1日(01.03.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社(MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [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: 仙北屋 和明(SENBOKUYA Kazuaki); 〒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). 田中 裕介(TANAKA Yusuke); 〒1300015 東京都墨田区横網一丁目6番1号 KFCビル7階 三菱マテリアル株式会社 両国オフィス内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SURFACE COATING CUTTING TOOL

(54) 発明の名称: 表面被覆切削工具



(57) **Abstract:** A surface-coating cutting tool in which a hard covering layer having an average thickness of 2-10 μm is formed by deposition on a surface of a tool substrate comprising a tungsten-carbide-based superhard alloy, wherein the surface-coating cutting tool is characterized in that (a) the hard covering layer comprises a composite Al/Cr nitride layer, the ratio of the Cr content in the total amount being 0.2 to 0.5 (atomic ratio), and (b) the hard covering layer formed by deposition in the region of the surface-coating cutting tool from the blade edge on the relief surface of the tool substrate to a position set apart by 100 μm toward the side opposite the relief-surface blade edge on the relief surface has a particulate crystal structure, the average grain size of the particulate crystal grains on the hard covering layer formed in the above region being 0.2 to 0.5 μm. The average grain size of the particulate crystal grains on the boundary in the above region between the tool substrate and the hard covering layer is 0.02 to 0.1 μm smaller than the average grain size of the particulate crystal grains on the hard covering layer, and the diameter-length proportion of crystal grains having a grain size of 0.15 μm or less is no more than 20%.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/133251 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, 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, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

炭化タングステン基超硬合金で構成された工具基体の表面に、平均層厚が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の硬質被覆層を蒸着形成した表面被覆切削工具において、(a) 上記硬質被覆層は、AlとCrの複合窒化物層からなり、AlとCrの含量に占めるCrの含有割合は、 $0.2 \sim 0.5$ (但し、原子比)であり、(b) 上記表面被覆切削工具の上記工具基体の逃げ面上の刃先から、上記逃げ面上で上記逃げ面刃先から反対側に向けて $100 \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域上に蒸着形成された硬質被覆層は、粒状結晶組織を有し、上記領域上に形成された上記硬質被覆層表面の粒状結晶粒の平均粒径は $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ であり、上記領域における上記工具基体と上記硬質被覆層の界面における粒状結晶粒の平均粒径は、上記硬質被覆層表面の上記粒状結晶粒の平均粒径より $0.02 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 小さく、粒径が $0.15 \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合は 20% 以下であることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：表面被覆切削工具

技術分野

[0001] この発明は、炭素鋼、合金鋼などの切削加工において、硬質被覆層がすぐれた耐チップング性、耐摩耗性を発揮する表面被覆切削工具（以下、被覆工具という）に関するものである。

本願は、2012年3月5日に、日本に出願された特願2012-047926号、および2013年3月1日に日本に出願された特願2013-40331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] 一般に、被覆工具には、各種の鋼や鋳鉄などの被削材の旋削加工や平削り加工にバイトの先端部に着脱自在に取り付けて用いられるスローアウェイチップ、上記被削材の穴あけ切削加工などに用いられるドリル、さらに上記被削材の面削加工や溝加工、肩加工などに用いられるソリッドタイプのエンドミルなどがあり、また上記スローアウェイチップを着脱自在に取り付けて上記ソリッドタイプのエンドミルと同様に切削加工を行うスローアウェイエンドミル工具などが知られている。

[0003] 例えば、特許文献1に示すように、被覆工具として、炭化タングステン（以下、WCで示す）基超硬合金で構成された基体（以下、工具基体という）の表面に、AlとCrの複合窒化物〔以下、(Al, Cr)Nで示す〕層からなる硬質被覆層を蒸着形成してなる被覆工具が知られており、かかる従来の被覆工具においては、硬質被覆層を構成する上記(Al, Cr)N層が、すぐれた高温硬さ、耐熱性、高温強度、高温耐酸化性等を有することから、すぐれた切削性能を発揮することが知られている。

そして、上記従来の被覆工具は、例えば、図1Aおよび図1Bに示すように、物理蒸着装置の1種であるアークイオンプレーティング装置に上記の工具基体を装入し、ヒータで工具基体を500℃の温度に加熱した状態で、ア

ノード電極と所定組成のAl-Cr合金がセットされたカソード電極との間に、電流：90Aの条件でアーク放電を発生させ、同時に装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して、2Paの反応雰囲気とし、一方、上記工具基体には、-100Vのバイアス電圧を印加した条件で、上記工具基体の表面に、上記（Al，Cr）N層を蒸着形成することにより製造し得ることも知られている。

[0004] ところで、被覆工具においては、その切削性能、特に、耐チップング性、耐摩耗性等、の改善を図るべく、硬質被覆層の組織構造について種々の提案がなされている。

例えば、特許文献2には、すくい面での被覆層の欠損を抑制して耐欠損性を向上させ、また、逃げ面における耐摩耗性を向上させた被覆工具として、被覆層を柱状結晶で構成し、すくい面における被覆層厚は逃げ面での被覆層厚よりも薄く、被覆層表面側の上層領域の平均結晶幅が、被覆層基体側の下層領域の平均結晶幅よりも大きい2つの層領域にて構成し、すくい面での被覆層厚に対する上層領域の厚みの比率が、逃げ面での被覆層厚に対する上層領域の厚みの比率よりも小さく、すくい面での柱状結晶の平均結晶幅が逃げ面での柱状結晶の平均結晶幅より小さい被覆工具（エンドミル）が記載されている。

また、例えば、特許文献3には、耐摩耗性と靱性とを両立させたとともに、基材との密着性にも優れた被膜を備えた被覆工具として、基材上に形成された被膜は、第1被膜層を含み、該第1被膜層は、微細組織領域と粗大組織領域とを含み、該微細組織領域は、それを構成する化合物の平均結晶粒径が10～200nmであり、かつ該第1被膜層の表面側から該第1被膜層の全体の厚みに対して50%以上の厚みとなる範囲を占めて存在し、かつ-4GPa以上-2GPa以下の範囲の応力である平均圧縮応力を有し、該第1被膜層は、その厚み方向に応力分布を有しており、その応力分布において2つ以上の極大値または極小値を持ち、それらの極大値または極小値は厚み方向表面側に位置するものほど高い圧縮応力を有する被覆工具が記載されている

。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：日本国特許第3969230号明細書（B）
特許文献2：日本国特開2008-296290号公報（A）
特許文献3：日本国特開2011-67883号公報（A）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 近年の切削加工装置の高性能化はめざましく、一方で切削加工に対する省力化および省エネ化、さらに低コスト化の要求は強く、これに伴い、切削加工は一段と厳しい切削条件下で行われるようになってきている。

上記従来の被覆工具においては、ある程度の耐チップング性、耐欠損性、耐摩耗性の改善は図り得るものの、これを炭素鋼、合金鋼などの一段と厳しい切削加工に用いた場合には、チップングが発生しやすく、あるいは、摩耗損耗が大きくなり、これを原因として、比較的短時間で使用寿命に至るのが現状である。

課題を解決するための手段

- [0007] そこで、本発明者等は、炭素鋼、合金鋼などの切削加工において、耐チップング性ととも耐摩耗性にもすぐれ、長期の使用に亘ってすぐれた切削性能を発揮する被覆工具を提供すべく、硬質被覆層の結晶組織構造について鋭意研究を行った結果、以下の知見を得た。

- [0008] 従来、被覆工具を作製するにあたり、硬質被覆層の形成手段としては、CVD法、PVD法等が一般的に採用されており、そして、例えば、PVD法の一つであるアークイオンプレーティング法（以下、AIP法という）により（Al，Cr）Nからなる硬質被覆層を成膜する際には、特許文献1として示したように、工具基体を装置内に装入し、所定のバイアス電圧を印加するとともに、装置内を所定温度に加熱した状態で、アノード電極と所定組成

のAl-Cr合金ターゲットとの間にアーク放電を発生させ、同時に装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入し、所定圧の反応雰囲気中で蒸着することによって、硬質被覆層を成膜していた（図1Aおよび図1B参照）。

[0009] 本発明者らは、上記従来のAlP法による(AI, Cr)Nからなる硬質被覆層の成膜に際し、工具基体とターゲット間に磁場をかけ、硬質被覆層の組織構造に及ぼす磁場の影響を調査検討した。その結果、以下を見出した。AlP法による硬質被覆層の成膜を所定強度の磁場中で行うことによって、硬質被覆層を構成する粒状結晶粒の結晶粒径を調整することができる。また、硬質被覆層内に形成される残留応力の値を制御することができる。さらに、切れ刃先端のコーナー部に形成される連続クラックのクラック占有率を調整することができる。そして、このようにして硬質被覆層の結晶粒径、残留応力値及びクラック占有率を適正化した(AI, Cr)Nからなる硬質被覆層を備えた被覆工具は、炭素鋼、合金鋼などの切削加工において、すぐれた耐チッピング性、耐摩耗性を発揮する。その結果、この被覆工具は長期の使用に亘ってすぐれた切削性能を発揮する。

[0010] この発明は、上記の知見に基づいてなされたものであって、以下の態様を有する。

(1) 炭化タングステン基超硬合金で構成された工具基体の表面に、平均層厚が2~10 μ mの硬質被覆層を蒸着形成した表面被覆切削工具において、

(a) 上記硬質被覆層は、AlとCrの複合窒化物層からなり、AlとCrの含量に占めるCrの含有割合は、0.2~0.5（但し、原子比）であり、

(b) 上記表面被覆切削工具の上記工具基体の逃げ面上の刃先から、上記逃げ面上で上記逃げ面刃先から反対側に向けて100 μ m離れた位置までの領域上に蒸着形成された硬質被覆層は、粒状結晶組織を有し、上記領域上に形成された上記硬質被覆層表面の粒状結晶粒の平均粒径は0.2~0.5 μ mであり、上記領域における上記工具基体と上記硬質被覆層の界面における粒

状結晶粒の平均粒径は、上記硬質被覆層表面の上記粒状結晶粒の平均粒径より $0.02 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 小さく、粒径が $0.15 \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合は 20% 以下であることを特徴とする表面被覆切削工具。

(2) 上記硬質被覆層中の圧縮残留応力は $2.0 \sim 2.7 \text{GPa}$ であることを特徴とする上記(1)に記載の被覆工具。

(3) 上記被覆工具の刃先角度を α 度とし、該 α 度の角度範囲内の切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に形成されている連続クラックの占有角度を β 度とした場合、クラック占有率 β/α が $0.3 \sim 1.0$ であることを特徴とする上記(1)または(2)に記載の被覆工具。

(4) 上記粒状結晶組織に含まれる結晶粒のアスペクト比は 1 以上 6 以下であることを特徴とする上記(1)から(3)のいずれかひとつに記載の表面被覆切削工具。

(5) 炭化タングステン基超硬合金で構成された工具基体の表面に、平均層厚が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の硬質被覆層を蒸着形成した表面被覆切削工具の製造方法であって、アノード電極と、 $\text{Al}-\text{Cr}$ 合金からなるターゲットと、上記ターゲットの背面側に設けられた磁力発生源を備えるアークイオンプレーティング装置内に、炭化タングステン基超硬合金からなる工具基体を装入する基体装入工程と、上記工具基体上に Al と Cr の複合窒化物層からなる硬質被覆層を蒸着形成する蒸着工程とを備え、上記蒸着工程は、上記アークイオンプレーティング装置内に窒素ガスを導入するガス導入工程と、上記ターゲットと上記工具基体の間に、上記磁力発生源により磁場を印加する印加工程と、上記工具基体にバイアス電圧を印加しつつ、上記ターゲットと上記アノード電極との間にアーク放電を発生させる放電工程と、上記工具基体を上記アークイオンプレーティング装置内で自転および公転させる自公転工程とを有し、上記工具基体が上記ターゲットに最接近した際には、上記工具基体の逃げ面の一部又は全部と上記ターゲットの上記工具基体側の面が水平となるように上記工具基体は支持されることを特徴とする表面被覆切削工具の製造方法。

(6) 上記磁場が、積算磁力として、 $140 \sim 400 \text{ mT} \times \text{mm}$ であることを特徴とする上記(5)記載の表面被覆切削工具の製造方法。

発明の効果

[0011] この発明の一態様である被覆工具（以下、本発明の被覆工具と称する）は、所定組成の(AI, Cr)N層からなる硬質被覆層が、刃先から $100 \mu\text{m}$ 離れた位置までの範囲においては粒状結晶組織で構成され、しかも、表面粒径は $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 、また、界面粒径は、表面粒径より $0.02 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 小さく、また、逃げ面上の刃先から $100 \mu\text{m}$ 離れた位置までの範囲においては、粒径が $0.15 \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合は20%以下であって、硬質被覆層中の圧縮残留応力は $2.0 \sim 2.7 \text{ GPa}$ であり、刃先のクラック占有率 β/α が $0.3 \sim 1.0$ であることから、炭素鋼、合金鋼などの切削加工において、すぐれた耐チップング性、耐摩耗性を発揮し、長期の使用に亘ってすぐれた切削性能を発揮する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1A]従来のAIP装置の概略説明図を示し、その平面図を示す。

[図1B]従来のAIP装置の概略説明図を示し、その側面図を示す。

[図2A]本発明の被覆工具を作製するための、AIP装置の概略説明図を示し、（その平面図を示す。

[図2B]本発明の被覆工具を作製するための、AIP装置の概略説明図を示し、その側面図を示す。

[図3A]本発明の一態様の被覆工具の縦断面概略説明図を示す。

[図3B]本発明の一態様の被覆工具の縦断面概略説明図を示し、逃げ面刃先から $100 \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域上に蒸着形成された硬質被覆層の表面粒径および界面粒径測定位置を示す図である。

[図3C]本発明の一態様の被覆工具の縦断面概略説明図を示し、基体逃げ面及び基体すくい面の仮想延長線の交点と、逃げ面上の刃先との位置関係を示す図である。

[図4A]本発明の被覆工具の刃先角度 α 、連続クラックの占有角度 β 、クラック

ク占有率の関係を説明する図であり、切れ刃先端のコーナ一部を含む硬質被覆層の断面SEM写真（倍率：10000倍）を示す。

[図4B]本発明の被覆工具の刃先角度 α ，連続クラックの占有角度 β ，クラック占有率の関係を説明する図であり、図4Aに示す断面SEM写真の模式図を示す。

発明を実施するための形態

[0013] この発明の被覆工具の実施形態について、図を参照して詳細に説明する。

図3Aは、本発明の一態様の被覆工具の縦断面概略説明図を示す。図3Aに示されるように、本願発明の被覆工具13では基体14上に硬質被覆層15が形成されている。被覆工具13の逃げ面21およびすくい面22の間に、切れ刃部が形成される。

(a) 硬質被覆層の種別、平均層厚：

本願発明の被覆工具13の硬質被覆層15は、AlとCrの複合窒化物層（(Al, Cr)N層）からなる。

上記（Al, Cr）N層は、Al成分が高温硬さと耐熱性を向上させ、Cr成分が高温強度を向上させ、さらにCrとAlの共存含有によって高温耐酸化性が向上することから、高温硬さ、耐熱性、高温強度及び高温耐酸化性にすぐれた硬質被覆層として既によく知られている。

Alとの含量に占めるCrの含有割合（原子比、以下同じ）が0.2未満では、切削加工時の高温強度を確保することが困難となり、一方、Alとの含量に占めるCrの含有割合（原子比）が0.5を越えると、相対的にAlの含有割合が少なくなり、高温硬さの低下、耐熱性の低下を招く。その結果、偏摩耗の発生、熱塑性変形の発生等により耐摩耗性が劣化するようになる。以上から本願発明の被覆工具における硬質被覆層15では、Alとの含量に占めるCrの含有割合（原子比）は、0.2～0.5としている。より好ましいCrの含有割合は0.22～0.45である。さらにより好ましいCrの含有割合は0.25～0.42である。

また、（Al, Cr）N層からなる硬質被覆層の平均層厚は、2 μ m未満

では、すぐれた耐摩耗性を長期に亘って発揮することができず、工具寿命短命の原因となる。一方、その平均層厚が $10\mu\text{m}$ を越えると、刃先部にチップングが発生し易くなる。以上から、本願発明の被覆工具13における硬質被覆層15の平均層厚は $2\sim 10\mu\text{m}$ としている。より好ましい硬質被覆層15の平均層厚は $2.5\sim 9$ である。さらにより好ましい平均層厚は $3\sim 8$ である。

[0014] (b) (Al, Cr)N層からなる硬質被覆層の層構造：

本願発明の被覆工具13では、逃げ面21の特定領域において、さらに特殊な性質を有する硬質被覆層を形成することで、硬質被覆層中の圧縮残留応力を低減させている。

上記の逃げ面特定領域とは、逃げ面上の刃先16から、逃げ面上で、逃げ面刃先16から反対側に向けて $100\mu\text{m}$ 離れた位置までの領域17のことである。この領域17上に形成された硬質被覆層20は、以下に説明する特徴を有する。

上記 (Al, Cr)N層からなる硬質被覆層20は粒状結晶として成膜される。さらに、この硬質被覆層20の表面19における結晶粒の平均結晶粒径（以下、単に「表面粒径」という）は $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ とされる。一方、工具基体14と硬質被覆層20との界面18における硬質被覆層20の結晶粒の平均結晶粒径（以下、単に「界面粒径」という）は、表面粒径より $0.02\sim 0.1\mu\text{m}$ 小さい値として成膜される。すなわち、この領域17上では、表面粒径と界面粒径とがそれぞれ異なる平均結晶粒径範囲となるように、硬質被覆層20の結晶組織構造が形成されている。これにより、硬質被覆層中に形成される圧縮残留応力が所定数値範囲内となるように成膜される。

ここで、「工具基体と硬質被覆層の界面における硬質被覆層の結晶粒」とは、硬質被覆層内における工具基体14と硬質被覆層20の界面から厚さ $0.5\mu\text{m}$ の硬質被覆層内部の領域に形成されている結晶粒を意味する。また、「硬質被覆層表面における結晶粒」とは、硬質被覆層20の表面から深さ

0.5 μm の領域に形成されている結晶粒を意味する。

また、ここで「粒状結晶」とは、「柱状結晶」と区別するために使用している用語であり、具体的には、その結晶粒のアスペクト比が1以上6以下であることを意味する。アスペクト比は、結晶粒断面で最も長い直径（長辺）とそれに垂直な直径（短辺）の長さの比を、長辺を分子、短辺を分母として算出する。

[0015] 平均結晶粒径について、具体的に説明すれば、次のとおりである。

硬質被覆層表面19における結晶粒の平均結晶粒径（表面粒径）が0.2 μm 未満であると、硬質被覆層中の圧縮残留応力が大きくなるため、切削加工時にチッピングを発生しやすくなる。一方、表面粒径が0.5 μm を超えると、圧縮残留応力が小さくなるため、切削加工時の摩耗量が増大し、長期の使用にわたって十分な耐摩耗性を発揮することができなくなる。以上から、本願発明の被覆工具13における硬質被覆層20では、表面粒径は0.2～0.5 μm と定めた。

工具基体14と硬質被覆層20の界面18における硬質被覆層20の結晶粒の平均結晶粒径（界面粒径）については、表面粒径よりも0.02～0.1 μm だけ小さい値とすることが必要である。その技術的な理由は、表面粒径より0.1 μm を超えて界面粒径が小さい場合には、表面粒径と界面粒径の差が大きくなる事により、それぞれの部分での圧縮残留応力の差が大きくなり、膜全体で脆化してしまう。そのため、切削時に摩耗やチッピングがしやすくなり、切削性能が悪化する問題が生じる。

一方、界面粒径と表面粒径との差が0.02 μm 以内である場合には、表面と界面で圧縮残留応力の差が同等となり、切削を行った際に、耐摩耗性の向上の作用を付与できない、ということによる。

なお、本発明では、表面粒径よりも界面粒径を0.02～0.1 μm 小さい値にする事で、膜全体が脆化しない程度に界面側での圧縮残留応力を大きくし、長時間切削を行った際に、膜表面が摩耗した後も界面側の摩耗を抑制させる作用を付与する。

粒径の測定方法を以下に図3Bを参照して記述する。工具基体刃先から逃げ面側の断面を切り出し、その断面をSEMにて観察する。硬質被覆層表面19から深さ0.5 μm の領域に形成されている各結晶粒を用い、工具基体表面と平行に直線を引き、結晶粒界間の距離を粒径と定義する。なお、工具基体表面と平行に直線を引く位置は、各結晶粒において最長の結晶粒径となる位置とする。逃げ面上の刃先16から100 μm 離れた位置までの領域17において結晶粒径を測定し、その平均結晶粒径の平均値を表面粒径とする。より具体的にいえば、逃げ面上の刃先16及び逃げ面上において刃先から50 μm 離れた位置、及び刃先から100 μm 離れた位置の3箇所、幅10 μm の範囲内（図3Bにおいて、硬質被覆層20中に点線で示されている領域）に存在する結晶の平均結晶粒径を測定し、さらに、その3箇所での平均結晶粒径の平均値を表面粒径とする。また、硬質被覆層内における工具基体14と硬質被覆層20の界面18から厚さ0.5 μm の領域に形成されている各結晶粒においても同様の方法にて界面粒径を算出する。

[0016] また、逃げ面上の刃先16から100 μm 離れた位置までの領域17（具体的に測定するのは、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から50 μm 離れた位置、及び刃先から100 μm 離れた位置の3箇所）においては、表面粒径および界面粒径のいずれについても、粒径が0.15 μm 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合は20%以下であることが必要である。これは、粒径が0.15 μm 以下の微細結晶粒が20%を超えて形成されている場合には、硬質被覆層中の圧縮残留応力が大きくなり、チッピングを発生しやすくなるという理由による。

ここで「粒径が0.15 μm 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合」とは、複数の結晶粒の粒径を測定し、その全測定結晶粒径長の和に対する粒径0.15 μm 以下の結晶粒径長の和の割合を示す。

また、「刃先」とは、図3Aから図3Cに示すように、「切れ刃先端のコーナー部の円錐形状となっている部分を除いた、直線状切れ刃の最も先端に近い部分」であると、本発明では定義する。

図3Cは、本発明の一態様の被覆工具の縦断面概略説明図を示し、基体逃げ面及び基体すくい面の仮想延長線の交点と、逃げ面上の刃先との位置関係を示す図である。図3Cでは、基体のみが示され、硬質被覆層は示されていない。

図3Cに示すように、基体逃げ面21および基体すくい面22の仮想延長線の交点23と、逃げ面上の刃先16との距離L (μm) には以下の関係がある。

距離L、コーナー部の円弧の半径r (μm)、および基体逃げ面21と基体すくい面22の仮想延長線がなす角度 θ (度) には、「 $L = r / \tan(0.5 \times \theta)$ 」の関係が成立する。

[0017] 本発明では、上記(b)の層構造からなる(A1, Cr)N層を、領域17上に硬質被覆層20として形成することにより、硬質被覆層中には、2.0~2.7GPaの圧縮残留応力を生成することができる。圧縮残留応力の値が、2.0GPa未満であると、耐摩耗性の向上が期待できず、一方、この値が2.7GPaを超えると、チッピングが発生しやすくなることから、本発明では、硬質被覆層中の圧縮残留応力の値を、2.0~2.7GPaとすることが望ましい。

[0018] 本願発明の被覆工具13では、さらに、図4Aおよび図4Bに示すように、被覆工具の刃先角度を α 度とし、該 α 度の角度範囲内の硬質被覆層中に形成されている連続クラックの占有角度を β 度とした場合に、切れ刃先端のコーナー部のクラック占有率 β / α を0.3~1.0とすることが好ましく、さらに、 β / α が0.3~0.9であることがより好ましい。

その理由は、次のとおりである。

工具基体表面に、アーキオンプレーティング装置(AIP装置)を用いて硬質被覆層を形成する場合、層中には圧縮残留応力が蓄積され、特に、結晶粒径の大きな層にあっては、結晶粒界に圧縮残留応力が集中し、亀裂の起点となりやすい。

しかし、本願発明の被覆工具13によれば、切れ刃先端のコーナー部の硬

質被覆層中に予めクラックCが形成されていることから、残留応力の集中が低減されるため、特に、切削開始初期のチッピング発生等による切削性能の低下を抑制することができる。

ただし、 β/α が0.3未満である場合には、圧縮残留応力の集中抑制効果を期待することはできないので、 β/α は0.3以上と定めた。

圧縮残留応力の集中抑制効果の観点からは、 β/α の値に上限を設ける必要はない（即ち、 β/α は、0.3～1.0）が、 β/α の値が1.0に近づくほど、硬質被覆層と工具基体界面での界面剥離が発生しやすくなるので、 β/α の値は、0.3～0.9であることが好ましい。さらに好ましい β/α の範囲は、0.4～0.85である。

[0019] ここで、先ず本願発明におけるクラックの定義について説明する。

本願発明におけるクラックとは、切れ刃先端のコーナー部を含む硬質被覆層中に形成された亀裂を意味する。このクラックは例えば被覆工具の断面SEM写真を例えば10000倍の倍率で観察することで確認することができる。本願発明におけるクラックは、幅が30nm以上の亀裂を意味している。クラックの幅が端部で先細りしてゆき、クラックの幅が30nm未満となった点をクラックの端部と規定する。

ここで、クラック占有率とは、本発明で、以下のように定義する。

図4Aおよび図4Bに示すように、逃げ面上の刃先Aを通る逃げ面の垂線と、すくい面上の刃先Bを通るすくい面の垂線との交点を中心Oとした時、A-O-Bのなす角度を刃先角度 α （度）という。

また、切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に形成されている連続クラックについては、上記中心Oから、連続する一つのクラックの端部C、Dに接する線を引いた時、C-O-Dのなす角度を連続クラックの占有角度 β （度）とする。切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に複数のクラックが存在する場合、最大の占有角度を示す連続クラックを用いるものとする。

そして、（連続クラックの占有角度 β ）／（刃先角度 α ）の値を、クラック占有率であると定義する。

なお、本発明被覆工具は、(Al, Cr)N層からなる硬質被覆層の平均層厚を2~10 μ m、AlとCrの含量に占めるCrの含有割合は0.2~0.5(但し、原子比)、粒状結晶粒の表面粒径、界面粒径を特定の数值範囲に定め、また、逃げ面上の刃先16から100 μ m離れた位置までの領域17における粒径が0.15 μ m以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合を20%以下と定めることにより、硬質被覆層中の圧縮残留応力の値が2.0~2.7GPaであり、さらに刃先のクラック占有率 β/α が0.3~1である被覆切削工具を効率良く製造することができる。

[0020] (c) 硬質被覆層の蒸着形成

この発明の硬質被覆層は、図2Aおよび図2Bに示すようなアークイオンプレーティング装置(AIP装置)を用い、工具基体の温度を370~450 $^{\circ}$ Cに維持しつつ、工具基体をAIP装置内で自転および公転させ、ターゲット表面中心とターゲットに最近接した工具基体間に所定の磁場(積算磁力が140~400mT \times mm)を印加しながら蒸着することによって、形成することができる。

例えば、AIP装置の一方には基体洗浄用のTi電極からなるカソード電極、他方にはAl-Cr合金からなるターゲット(カソード電極)を設ける。このAl-Cr合金中のAl含量は55at%Al~78at%Alが好ましい。Cr含量は、上記Al含量に対応して、22at%Cr~45at%Crが好ましい。例えば、70at%Al-30at%Cr合金からなるターゲット(カソード電極)を設ける。

まず、炭化タングステン(WC)基超硬合金からなる工具基体を洗浄・乾燥し、AIP装置内の回転テーブル上に装着し、真空中で基体洗浄用のTi電極とアノード電極との間に100Aのアーク放電を発生させて、工具基体に-1000Vのバイアス電圧を印加しつつ工具基体表面をボンバード洗浄する。

ついで、Al-Cr合金ターゲットの表面中心からターゲットに最近接した工具基体までの積算磁力が140~400mT \times mmなる磁場を印加する

。

ついで、装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入する。これにより装置内の雰囲気圧力は、 $9.0\text{ Pa} \sim 9.6\text{ Pa}$ の範囲内に保たれる。例えば、 9.3 Pa の雰囲気圧力とされる。さらに、工具基体の温度を $370 \sim 450$ °Cに維持し、工具基体に -50 V のバイアス電圧を印加しつつ、Al-Cr合金ターゲット（カソード電極）とアノード電極との間に 100 A のアーカ放電を発生させる。工具基体がターゲットに最接近した際には、逃げ面の一部又は全部とターゲット面が水平となるように工具基体を支持して自公転させつつ蒸着することによって、本願発明の被覆工具13の有する硬質被覆層を蒸着形成することができる。

なお、上記のAl-Cr合金ターゲットと工具基体間での磁場の印加は、例えば、カソード周辺に磁場発生源である電磁コイル又は永久磁石を設置する、あるいは、AIP装置の内部、中心部に永久磁石を配置する等、任意の手段で磁場を形成することができる。

[0021] つぎに、この発明の被覆工具を実施例により具体的に説明する。

実施例 1

[0022] 原料粉末として、平均粒径： $5.5\text{ }\mu\text{m}$ を有する中粗粒WC粉末、同 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ の微粒WC粉末、同 $1.3\text{ }\mu\text{m}$ のTaC粉末、同 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ のNbC粉末、同 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ のZrC粉末、同 $2.3\text{ }\mu\text{m}$ の Cr_3C_2 粉末、同 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ のVC粉末、同 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ の(Ti, W)C [質量比で、TiC/WC = $50/50$]粉末、および同 $1.8\text{ }\mu\text{m}$ のCo粉末を用意した。これら原料粉末をそれぞれ表5に示される配合組成に配合し、さらにワックス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、 100 MPa の圧力で所定形状の各種の圧粉体に押出しプレス成形し、得られた圧粉体を、 6 Pa の真空雰囲気中、 $7\text{ }^\circ\text{C}/\text{分}$ の昇温速度で $1370 \sim 1470$ °Cの範囲内の所定の温度に昇温した。さらに、この温度で1時間保持した後、炉冷の条件で焼結して、直径が 10 mm の工具基体形成用丸棒焼結体を形成した。さらに上記丸棒焼結体から、研削加工にて、切刃部の直径×長さが

6 mm×13 mmの寸法で、ねじれ角30度の2枚刃ボール形状をもったWC基超合金製の工具基体（エンドミル）1～3及び、並びに切刃部の直径×長さが10 mm×22 mmの寸法で2枚刃スクエア形状をもったWC基超合金製の工具基体（エンドミル）4、5をそれぞれ製造した。

[0023] (a) 上記の工具基体1～5のそれぞれを、アセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、図2Aおよび図2Bに示すAIP装置の回転テーブル上の中心軸から半径方向に所定距離離れた位置に外周部にそって装着した。そして、AIP装置の一方にボンバード洗浄用のTiカソード電極を、他方側に70 at% Al-30 at% Cr合金からなるターゲット（カソード電極）を配置した。

(b) 次に、装置内を排気して真空中に保持しながら、ヒータで工具基体を400℃に加熱した後、上記回転テーブル上で自転しながら回転する工具基体に-1000Vの直流バイアス電圧を印加し、かつ、Tiカソード電極とアノード電極との間に100Aの電流を流してアーク放電を発生させた。上記の手順により、工具基体表面はボンバード洗浄される。

(c) ついで、上記Al-Cr合金ターゲットの表面中心から工具基体までの積算磁力が140～400 mT×mmの範囲内となるように種々の磁場を印加し。

(d) ついで、装置内に反応ガスとして窒素ガスを導入して9.3 Paの反応雰囲気とした。上記手順と同時に、上記回転テーブル上で自転しながら回転する工具基体の温度を370～450℃の範囲内に維持するとともに-50Vの直流バイアス電圧を印加し、かつ上記Al-Cr合金ターゲットとアノード電極との間に100Aの電流を流してアーク放電を発生させた。上記の手順により、上記工具基体の表面に、表2に示される組成および目標平均層厚の（Al, Cr）N層からなる硬質被覆層を蒸着形成した。

上記の工程（a）から（d）を経て、本発明の被覆工具としての表面被覆エンドミル1～7（以下、本発明1～7という）をそれぞれ製造した。

なお、図2Aおよび図2Bに示すAIP装置では、工具基体がAl-Cr

合金ターゲットに最接近する際に、逃げ面の一部又は全部とAl-Cr合金ターゲット面が水平となるように装着支持した。

[0024] 比較例 1 :

比較の目的で、上記実施例 1 における (c) の条件を変更し (即ち、Al-Cr合金ターゲットの表面中心から工具基体までの積算磁力を $140\text{ mT} \times \text{mm}$ 未満、あるいは $400\text{ mT} \times \text{mm}$ を超える)、また、(d) の条件を変更し (即ち、工具基体が 370°C 未満、あるいは 450°C を超える温度に維持し) て、その他は実施例 1 と同一の条件で、比較例被覆工具としての表面被覆エンドミル 1~5 (以下、比較例 1~5 という) をそれぞれ製造した。さらに、実施例 1 から被覆層中の Al と Cr の含量に占める Cr の含有割合が 0.2~0.5 の範囲外、被覆層の平均層厚が $2\sim 10\ \mu\text{m}$ の範囲外の表面被覆エンドミル 6~10 をそれぞれ製造した。

[0025] 上記で作製した本発明 1~7 および比較例 1~10 について、その縦断面の硬質被覆層の結晶粒形態を観察したところ、いずれもアスペクト比が 1 以上 6 以下の粒状結晶組織から構成されていた。アスペクト比は、結晶粒断面で最も長い直径 (長辺) とそれに垂直な直径 (短辺) の長さの比を、長辺を分子、短辺を分母として算出するものとする。

さらに、該粒状結晶の結晶粒径を走査型電子顕微鏡 (SEM) で測定し、逃げ面上の刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域における表面粒径、界面粒径を求めた。具体的には、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から $50\ \mu\text{m}$ 離れた位置、及び刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置の 3 箇所にて、幅 $10\ \mu\text{m}$ の範囲内に存在する結晶の平均粒径を算出し、3 箇所の位置での平均値を算出することから求めた。

また、同様にして、逃げ面上の刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域において、粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合を、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から $50\ \mu\text{m}$ 離れた位置、及び刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置での界面及び表面の計 6 箇所にて測定することにより求めた。

表2、表3に、上記で測定・算出したそれぞれの値を示す。

[0026] なお、上記結晶粒径の測定法、粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合の測定法をより具体的にいえば、以下のとおりである。

被覆工具の切れ刃先端のコーナ一部を含み、逃げ面の断面を研磨加工した後、その断面をSEM像にて、観察する。測定条件として、観察倍率：10000倍、加速電圧：3kVの条件を使用した。硬質被覆層表面から深さ $0.5\ \mu\text{m}$ の領域に形成されている各結晶粒を用い、工具基体表面と平行に直線を引き、結晶粒界間の距離を粒径と定義する。なお、工具基体表面と平行に直線を引く位置は、各結晶粒において最長の結晶粒径となる位置とする。逃げ面上の刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域、具体的な測定点としては、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から $50\ \mu\text{m}$ 離れた位置、及び刃先から $100\ \mu\text{m}$ 離れた位置の3箇所、幅 $10\ \mu\text{m}$ の範囲内に存在する結晶の結晶粒径を測定し、さらに、その3箇所での平均結晶粒径の平均値を表面粒径とした。幅 $10\ \mu\text{m}$ の粒径を測定するにあたり、各測定箇所を中心に刃先側 $5\ \mu\text{m}$ 、刃先と逆側 $5\ \mu\text{m}$ の測定データを用いた。ただし、逃げ面上の刃先の箇所においては、刃先から $5\ \mu\text{m}$ 離れた位置を中心として、刃先側 $5\ \mu\text{m}$ 、刃先と逆側 $5\ \mu\text{m}$ の幅 $10\ \mu\text{m}$ の範囲内で測定した。また、硬質被覆層内における工具基体と硬質被覆層の界面から厚さ $0.5\ \mu\text{m}$ の領域に形成されている各結晶粒においても同様の方法にて界面粒径を算出した。

また、粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合の測定方法は、上記粒径を測定した界面3箇所、及び表面3箇所にて測定した結晶粒径の全測定データを用いる。測定した全結晶粒径の和に対する、粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の結晶粒径の和を粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合とした。

[0027] さらに、硬質被覆層中の圧縮残留応力の値は、X線回折を利用した $2\theta - \sin^2\phi$ 法により、AlCrN(420)面のピークを利用して算出した。

表2、表3に、上記で測定した圧縮残留応力値を示す。

[0028] さらに、本発明 1～7 および比較例 1～10 の刃先角度 α を測定するとともに、切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層の中の連続クラックの占有角度 β を測定し、クラック占有率 β / α の値を算出した。

表 2、表 3 に、これらの値を示す。

なお、上記刃先角度 α 、連続クラックの占有角度 β の測定法をより具体的にいえば、以下のとおりである。

結晶粒径を測定するために観察した SEM 像のうち、切れ刃先端部の断面 SEM 像を用いる。測定条件は、観察倍率：10000 倍、加速電圧：3 kV の条件を使用した。本発明 3 の切れ刃先端部の断面 SEM 像を図 4 A に、模式図を図 4 B に示す。以下、図 4 B を用いて説明する。ここでは、逃げ面上の刃先を A、すくい面上の刃先を B とする。A を通る逃げ面の垂線、B を通るすくい面の垂線を引き、双方の垂線の交点を中心 O とする。刃先角度 α (度) は A-O-B のなす角度とする。

また、切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に形成されている連続クラックについて、上記中心 O から該クラックを投影させた場合、A を通る逃げ面の垂線に最も近い箇所を C とし、B を通るすくい面の垂線に最も近い箇所を D とする。連続クラックの占有角度 β (度) は C-O-D のなす角度とする。なお、切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に複数のクラックが存在する場合、最大値を示す連続クラックにて算出した値を連続クラックの占有角度 β と定義する。

そして、(連続クラックの占有角度 β) / (刃先角度 α) の値を、クラック占有率であると定義する。

[0029] [表 1]

種 別	配 合 組 成 (質 量 %)									切刃部の 直径×長さ (mm)
	Co	(Ti, W)C	TaC	NbC	ZrC	Cr ₃ C ₂	VC	WC		
工 具 基 体 (ミ レ ン ド エ 工)	1	5	5	—	—	—	—	—	中粗粒:残	6×13
	2	6	—	1	0.5	—	—	—	微粒:残	6×13
	3	6	—	1	—	1	0.5	0.5	微粒:残	6×13
	4	8	—	—	—	—	0.5	0.5	微粒:残	10×22
	5	9	25	10	1	—	—	—	中粗粒:残	10×22

[0030]

[表2]

種別	工具体記号	工具体温度 (°C)	積算磁力 (ミリテスラ × mm)	(Al, Cr)N層								
				組成 (原子比)	平均層厚 (μm)	表面粒径 (μm)	(注1) 粒径差 (μm)	(注2) ≤0.15μm 結晶粒の結晶粒径長割合 (%)	層中圧縮残留応力 (GPa)	刃先角度 α (度)	連続クラックの占有角度 β (度)	クラック占有率 (β/α)
本発明	1	400	141.8	Cr22Al78	2.7	0.21	0.02	19.6	2.65	103.0	35.0	0.34
	2	400	384.0	Cr30Al70	8.5	0.33	0.08	12.0	2.06	101.0	101.0	1(※1)
	3	400	200.3	Cr41Al59	5.8	0.30	0.02	9.8	2.62	105.5	90.7	0.86
	4	430	141.8	Cr50Al50	9.8	0.26	0.02	16.5	2.70	103.5	47.6	0.46
	5	430	384.0	Cr28Al72	2.6	0.37	0.03	3.5	2.05	102.0	102.0	1(※1)
	6	370	384.0	Cr30Al70	7.7	0.40	0.04	3.1	1.92	104.0	104.0	1(※1)
	7	450	141.8	Cr50Al50	8.8	0.26	0.02	15.8	2.71	105.0	84.0	0.8

(注1)「粒径差」は、(表面粒径)の値を示す。
 (注2)「≤0.15μm結晶粒の結晶粒径長割合(%)」は、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から50μm離れた位置、及び刃先から100μm離れた位置の3箇所における0.15μm以下の結晶粒の割合を示す。
 (※1)クラック占有率が1以上であった場合も1と表示している。

[0031]

[表3]

種別	工具 基体 記号	工具 基体 温度 (°C)	積算磁力 (ミリテスラ x mm)	(Al, Cr)N層								
				組成 (原子比)	平均 層厚 (μm)	表面粒径 (μm)	(注1) 粒径差 (μm)	(注2) $\leq 0.15\mu\text{m}$ 結晶粒の 結晶粒径 長割合 (%)	層中圧縮 残留応力 (GPa)	刃先 角度 α (度)	連続 クラックの 占有角度 β (度)	クラック 占有率 (β/α)
比較 例	1	370	0	Cr22Al78	2.6	0.04(※1)	0(※1)	100(※1)	2.91(※2)	102.0	16.3	0.16(※3)
	2	370	122.4	Cr30Al70	8.5	0.17(※1)	-0.06(※1)	26.7(※1)	2.80(※2)	102.5	42.0	0.41
	3	400	422.2	Cr41Al59	5.6	0.71(※1)	0.13(※1)	10.5	2.06	104.5	102.4	0.98
	4	350	141.8	Cr50Al50	9.8	0.02(※1)	0(※1)	100(※1)	3.32(※2)	103.0	4.1	0.04(※3)
	5	500	384.0	Cr28Al72	2.5	0.81(※1)	0.09(※1)	0	1.62(※2)	102.5	100.5	0.98
	6	370	141.8	Cr13Al87(※1)	2.4	0.42(※1)	0.04	6.24	2.15	103.0	103.0	1(※4)
	7	370	384.0	Cr60Al40(※1)	8.5	0.03(※1)	-0.01(※1)	100(※1)	3.05(※2)	100.0	12.0	0.12(※3)
	8	400	200.3	Cr60Al40(※1)	5.9	0.04(※1)	0.01(※1)	100(※1)	2.96(※2)	102.0	8.2	0.08(※3)
	9	450	141.8	Cr50Al50	1.8(※1)	0.22	0.02	18.2	2.52	100.5	6.0	0.06(※3)
	10	450	384.0	Cr28Al72	12.5(※1)	0.44	0.05	2.4	2.04	101.5	101.5	1(※4)

(注1)「粒径差」は、(表面粒径) - (界面粒径)の値を示す。
 (注2)「 $\leq 0.15\mu\text{m}$ 結晶粒の結晶粒径長割合(%)」は、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から $50\mu\text{m}$ 離れた位置、及び刃先から $100\mu\text{m}$ 離れた位置の3箇所における $0.15\mu\text{m}$ 以下の結晶粒の割合を示す。
 (※1)本発明の範囲外であることを意味する。
 (※2)本発明の請求項2の範囲外であることを意味する。
 (※3)本発明の請求項3の範囲外であることを意味する。
 (※4)クラック占有率が1以上であった場合も1と表示している。

[0032] つぎに、上記本発明 1～7 および比較例 1～10 のエンドミルのうち、本発明 1～3、6、7 および比較例 1～3、6～8 については、

被削材—平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・S55Cの板材、

回転速度：16000 min.⁻¹、

縦方向切り込み：2.0 mm、

横方向切り込み：0.3 mm

送り速度（1刃当り）：0.06 mm/tooth、

切削長：340m、

の条件（切削条件Aという）での炭素鋼の溝切削加工試験を実施し、また、本発明 4、5 および比較例 4、5、9、10 については、

被削材—平面寸法：100mm×250mm、厚さ：50mmのJIS・S55Cの板材、

回転速度：3200 min.⁻¹、

縦方向切り込み：10mm、

横方向切り込み：1mm

送り速度（1刃当り）：0.07 mm/tooth、

切削長：90m、

の条件（切削条件Bという）での炭素鋼の溝切削加工試験を実施し、いずれの溝切削加工試験でも切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。

この測定結果を表4に示した。

[0033]

[表4]

種 別		逃げ面 摩耗幅 (mm)		種 別		逃げ面 摩耗幅 (mm)	
		切削 条件 (A)	切削 条件 (B)			切削 条件 (A)	切削 条件 (B)
本 発 明	1	0.15	—	比 較 例	1	10(※)	—
	2	0.06	—		2	30(※)	—
	3	0.09	—		3	90(※)	—
	4	—	0.12		4	—	30(※)
	5	—	0.04		5	—	30(※)
	6	0.19	—		6	300(※)	—
	7	0.18	—		7	180(※)	—
					8	150(※)	—
					9	—	10(※)
					10	—	30(※)

(表中、比較例の欄の(※)は、チッピングや摩耗が原因で
使用寿命(逃げ面摩耗幅0.2mm)に至るまでの切削長(m))

実施例 2

[0034] 原料粉末として、いずれも1~3 μ mの平均粒径を有するWC粉末、TiC粉末、ZrC粉末、VC粉末、TaC粉末、NbC粉末、Cr₃C₂粉末、TiN粉末、TaN粉末、およびCo粉末を用意した。これら原料粉末を、表1に示される配合組成に配合し、ボールミルで72時間湿式混合し、乾燥した後、100MPaの圧力で圧粉体にプレス成形した。得られた圧粉体を6

Paの真空中、温度：1400℃に1時間保持の条件で焼結し、焼結後、刃先部分にR：0.03のホーニング加工を施し、さらに仕上げ研磨を施すことにより、ISO規格・SNGA120408のインサート形状をもったWC基超合金製の工具基体6～10を形成した。

[0035] ついで、これらの工具基体（インサート）6～10の表面をアセトン中で超音波洗浄し、乾燥した状態で、同じく図2Aおよび図2Bに示すAIP装置に装入し、上記実施例1と同一の条件で、表6に示される組成および目標平均層厚の（Al，Cr）N層からなる硬質被覆層を形成することにより、本発明被覆工具としての本発明表面被覆インサート（以下、本発明8～14という）をそれぞれ製造した。

[0036] 比較例2：

比較の目的で、上記の工具基体（インサート）6～10に対して、上記比較例1と同一の条件で、表7に示される組成および目標平均層厚の（Al，Cr）N層からなる硬質被覆層を形成することにより、比較例被覆工具としての比較例表面被覆インサート（以下、比較例11～20という）をそれぞれ製造した。

[0037] 上記で作製した本発明8～14および比較例11～20について、その縦断面の硬質被覆層の結晶粒形態を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察したところ、いずれも、アスペクト比が1以上6以下の粒状結晶組織から構成されていた。

また、上記で作製した本発明8～14および比較例11～20について、本発明1～7、比較例1～10の場合と同様に結晶粒の表面粒径、界面粒径を求めた。

また、逃げ面上の刃先から100μm離れた位置までの領域（即ち、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から50μm離れた位置、及び刃先から100μm離れた位置の3箇所）における、粒径が0.15μm以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合を測定した。

さらに、硬質被覆層中の圧縮残留応力の値を測定した。

また、刃先角度 α 、連続クラックの占有角度 β 、クラック占有率 β/α の値についても測定・算出した。

表6、表7に、上記で測定・算出したそれぞれの値を示す。

[0038] [表5]

種 別		配 合 組 成 (質量%)						
		Co	TiC	ZrC	TaC	NbC	Cr ₃ C ₂	WC
工 具 基 体 (イン サ ー ト)	6	10.5	8	—	8	1.5	—	残
	7	7	—	—	—	—	—	残
	8	5.7	—	—	1.5	0.5	—	残
	9	5.7	—	—	—	—	1	残
	10	8.5	—	0.5	—	—	0.5	残

[0039]

[表6]

種別	工具 基体 記号	工具 基体 温度 (°C)	積算磁力 (ミリテスラ × mm)	(Al, Cr)N層									
				組成 (原子比)	平均 層厚 (μm)	表面粒径 (μm)	(注1) 粒径差 (μm)	(注2) ≤0.15 μm 結晶粒の 結晶粒径 長割合 (%)	層中圧縮 残留応力 (GPa)	刃先 角度 α(度)	連続 クラックの 占有角度 β(度)	クラック 占有率 (β/α)	
本 発 明	8	6	400	141.8	Cr22Al78	2.5	0.22	0.02	19.2	2.59	90.0	51.3	0.57
	9	7	400	384.0	Cr30Al70	8.2	0.35	0.08	10.4	2.05	90.0	66.6	0.74
	10	8	400	200.3	Cr41Al59	5.5	0.29	0.03	8.6	2.65	90.0	51.3	0.57
	11	9	430	141.8	Cr50Al50	9.4	0.28	0.03	17.6	2.62	90.0	45.9	0.51
	12	10	430	384.0	Cr28Al72	2.5	0.40	0.02	2.6	2.10	90.0	88.2	0.98
	13	6	370	384.0	Cr30Al70	7.5	0.42	0.02	3.2	1.90	90.0	76.5	0.85
	14	7	450	141.8	Cr50Al50	8.5	0.28	0.04	16.5	2.76	90.0	72.9	0.81

(注1)「粒径差」は、(表面粒径) - (界面粒径)の値を示す。
 (注2)「≤0.15 μm結晶粒の結晶粒径長割合(%)」は、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から50 μm離れた位置、及び刃先から100 μm離れた位置の3箇所における0.15 μm以下の結晶粒の割合を示す。

[0040]

[表7]

種別	工具 基体 記号	工具 基体 温度 (°C)	積算磁力 (ミリテスラ x mm)	(Al, Cr)N層									
				組成 (原子比)	平均 層厚 (μm)	表面粒径 (μm)	(注1) 粒径差 (μm)	(注2) ≤0.15μm 結晶粒の 結晶粒径 長割合 (%)	層中圧縮 残留応力 (GPa)	刃先 角度 α(度)	連続 クラックの 占有角度 β(度)	クラック 占有率 (β/α)	
比較 例	11	6	370	0	Cr22Al78	2.5	0.04(※1)	0(※1)	100(※1)	2.99(※2)	90.0	17.1	0.19(※3)
	12	7	370	122.4	Cr30Al70	8.2	0.17(※1)	-0.06(※1)	24.5(※1)	2.83(※2)	90.0	37.8	0.42
	13	8	400	422.2	Cr41Al59	5.5	0.71(※1)	0.13(※1)	4.2	2.11	90.0	90.0	1(※4)
	14	9	350	141.8	Cr50Al50	9.4	0.02(※1)	0(※1)	100(※1)	2.84(※2)	90.0	7.2	0.08(※3)
	15	10	500	384.0	Cr28Al72	2.5	0.81(※1)	0.09(※1)	0	1.79(※2)	90.0	90.0	1(※4)
	16	6	370	141.8	Cr13Al87(※1)	2.5	0.42(※1)	0.04	7.62	2.03	90.0	90.0	1(※4)
	17	7	370	384.0	Cr60Al40(※1)	8.2	0.03(※1)	-0.01(※1)	100(※1)	3.21(※2)	90.0	5.4	0.06(※3)
	18	8	400	200.3	Cr60Al40(※1)	5.5	0.04(※1)	0.01(※1)	100(※1)	3.04(※2)	90.0	4.5	0.05(※3)
	19	9	450	141.8	Cr50Al50	1.5(※1)	0.22	0.02	18.2	2.67	90.0	5.4	0.06(※3)
	20	10	450	384.0	Cr28Al72	12(※1)	0.44	0.05	3.2	2.05	90.0	90.0	1(※4)

(注1)「粒径差」は、(表面粒径) - (界面粒径)の値を示す。
 (注2)「≤0.15μm結晶粒の結晶粒径長割合(%)」は、逃げ面上の刃先、及び逃げ面上において刃先から50μm離れた位置、及び刃先から100μm離れた位置の3箇所における0.15μm以下の結晶粒の割合を示す。
 (※1)本発明の範囲外であることを意味する。
 (※2)本発明の請求項2の範囲外であることを意味する。
 (※3)本発明の請求項3の範囲外であることを意味する。
 (※4)クラック占有率が1以上であった場合も1と表示している。

[0041] つぎに、上記本発明 8～14、比較例 11～20の被覆インサートを、いずれも工具鋼製バイトの先端部に固定治具にてネジ止めした状態で、

被削材：JIS・SCM440の丸棒、

切削速度：150m/min、

切り込み：1.5mm、

送り：0.3mm/rev、

切削時間：3分、

の条件（切削条件Cという）での合金鋼（クロムモリブデン鋼）の乾式連続切削加工試験を実施し、切刃の逃げ面摩耗幅を測定した。

この測定結果を表8に示した。

[0042]

[表8]

種 別		逃げ面 摩耗幅 (mm)	種 別		逃げ面 摩耗幅 (mm)
		切削 条件 (C)			切削 条件 (C)
本 発 明	8	0.12	比 較 例	11	0.5(※)
	9	0.07		12	2(※)
	10	0.06		13	2.5(※)
	11	0.09		14	2(※)
	12	0.03		15	2(※)
	13	0.18		16	2.8(※)
	14	0.17		17	2.5(※)
				18	2.5(※)
				19	0.5(※)
				20	2.5(※)

(表中、比較例の欄の(※)は、チッピングや摩耗が原因で使用寿命(逃げ面摩耗幅0.2mm)に至るまでの切削時間(分))

[0043] 表4, 8に示される結果から、本発明被覆工具は、(Al, Cr)N層からなる硬質被覆層の粒状結晶粒の表面粒径、界面粒径を特定の数値範囲に定め、また、逃げ面上の刃先から100 μ m離れた位置までの領域における粒径が0.15 μ m以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合を20%以下と定めることにより、また、硬質被覆層中の圧縮残留応力を2.0~2.7GPaと定めることにより、さらに、クラック占有率を0.3~1.0と定めるこ

とにより、炭素鋼、合金鋼などの切削加工においてすぐれた耐チッピング性とともにごすぐれた耐摩耗性を発揮するものである。

これに対して、硬質被覆層の構造が本発明で規定する範囲を外れる比較例被覆工具では、チッピング発生あるいは耐摩耗性の低下によって、比較的短時間で使用寿命に至ることが明らかである。

産業上の利用可能性

[0044] 上述のように、この発明の被覆工具は、炭素鋼、合金鋼などの切削加工に供した場合に長期に亘ってすぐれた切削性能を示すものであるから、切削加工装置のFA化、並びに切削加工の省力化および省エネ化、さらに低コスト化に十分満足に対応できるものである。

符号の説明

- [0045]
- 1 アークイオンプレーティング装置
 - 2 チャンバー
 - 3 回転テーブル
 - 4 超硬基体
 - 5 ヒーター
 - 6 アノード電極
 - 7 カソード電極
 - 8 磁力発生源
 - 9 反応ガス導入口
 - 10 排ガス口
 - 11 バイアス電源
 - 12 アーク電源
 - 13 被覆切削工具
 - 14 工具基体
 - 15 硬質被覆層
 - 16、A 逃げ面刃先
 - B すくい面刃先

- 1 7 逃げ面刃先 1 5 から 1 0 0 μm 離れた位置までの領域
- 1 8 領域 1 6 における工具基体と硬質被覆層との界面
- 1 9 領域 1 6 上に形成された硬質被覆層表面
- 2 0 領域 1 6 上に形成された硬質被覆層
- 2 1 A 基体逃げ面
- 2 1 B 被覆工具逃げ面
- 2 2 A 基体すくい面
- 2 2 B 被覆工具すくい面
- 2 3 基体逃げ面 2 1 および基体すくい面 2 2 の仮想延長線の交点 2 3
- L 交点 2 3 から逃げ面刃先 1 6 までの距離 (μm)
- r コーナー部の曲率半径 (μm)
- θ 基体逃げ面 2 1 および基体すくい面 2 2 の延長線のなす角度 (度)
- α 被覆工具の刃先角度 (度)
- β α 度の角度範囲内の硬質被覆層中に形成されている連続クラックの占有角度 (度)
- O 中心
- A 逃げ面刃先
- B すくい面刃先
- C、D クラックの端部
- CR 1 刃先角度 α 内における最大角度 β を示すクラック
- CR 2、CR 3 クラック

請求の範囲

- [請求項1] 炭化タングステン基超硬合金で構成された工具基体の表面に、平均層厚が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の硬質被覆層を蒸着形成した表面被覆切削工具において、
- (a) 上記硬質被覆層は、AlとCrの複合窒化物層からなり、AlとCrの含量に占めるCrの含有割合は、 $0.2 \sim 0.5$ （但し、原子比）であり、
- (b) 上記表面被覆切削工具の上記工具基体の逃げ面上の刃先から、上記逃げ面上で上記逃げ面刃先から反対側に向けて $100 \mu\text{m}$ 離れた位置までの領域上に蒸着形成された硬質被覆層は、粒状結晶組織を有し、上記領域上に形成された上記硬質被覆層表面の粒状結晶粒の平均粒径は $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ であり、上記領域における上記工具基体と上記硬質被覆層の界面における粒状結晶粒の平均粒径は、上記硬質被覆層表面の上記粒状結晶粒の平均粒径より $0.02 \sim 0.1 \mu\text{m}$ 小さく、粒径が $0.15 \mu\text{m}$ 以下の結晶粒が占める結晶粒径長割合は 20% 以下であることを特徴とする表面被覆切削工具。
- [請求項2] 上記硬質被覆層中の圧縮残留応力は $2.0 \sim 2.7 \text{GPa}$ であることを特徴とする請求項1に記載の表面被覆切削工具。
- [請求項3] 上記表面被覆切削工具の刃先角度を α 度とし、該 α 度の角度範囲内の切れ刃先端のコーナー部の硬質被覆層中に形成されている連続クラックの占有角度を β 度とした場合、クラック占有率 β/α が $0.3 \sim 1.0$ であることを特徴とする請求項1または2に記載の表面被覆切削工具。
- [請求項4] 上記粒状結晶組織に含まれる結晶粒のアスペクト比は1以上6以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載の表面被覆切削工具。
- [請求項5] 上記粒状結晶組織に含まれる結晶粒のアスペクト比は1以上6以下であることを特徴とする請求項3に記載の表面被覆切削工具。
- [請求項6] 炭化タングステン基超硬合金で構成された工具基体の表面に、平均

層厚が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の硬質被覆層を蒸着形成した表面被覆切削工具の製造方法であって、

アノード電極と、Al-Cr合金からなるターゲットと、上記ターゲットの背面側に設けられた磁力発生源を備えるアークイオンプレーティング装置内に、炭化タングステン基超硬合金からなる工具基体を装入する基体装入工程と、

上記工具基体上にAlとCrの複合窒化物層からなる硬質被覆層を蒸着形成する蒸着工程とを備え、

上記蒸着工程は、

上記アークイオンプレーティング装置内に窒素ガスを導入するガス導入工程と、

上記ターゲットと上記工具基体の間に、上記磁力発生源により磁場を印加する印加工程と、

上記工具基体にバイアス電圧を印加しつつ、上記ターゲットと上記アノード電極との間にアーク放電を発生させる放電工程と、

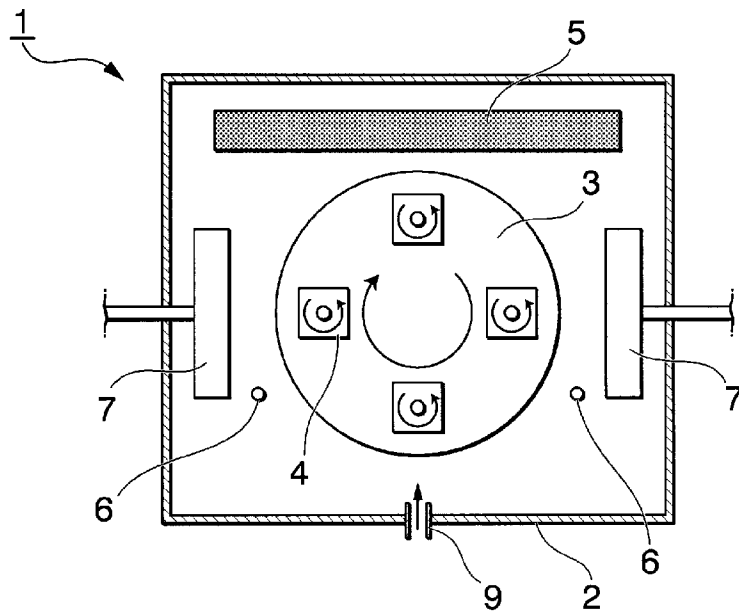
上記工具基体を上記アークイオンプレーティング装置内で自転および公転させる自公転工程とを有し、

上記工具基体が上記ターゲットに最接近した際には、上記工具基体の逃げ面の一部又は全部と上記ターゲットの上記工具基体側の面が水平となるように上記工具基体は支持されることを特徴とする表面被覆切削工具の製造方法。

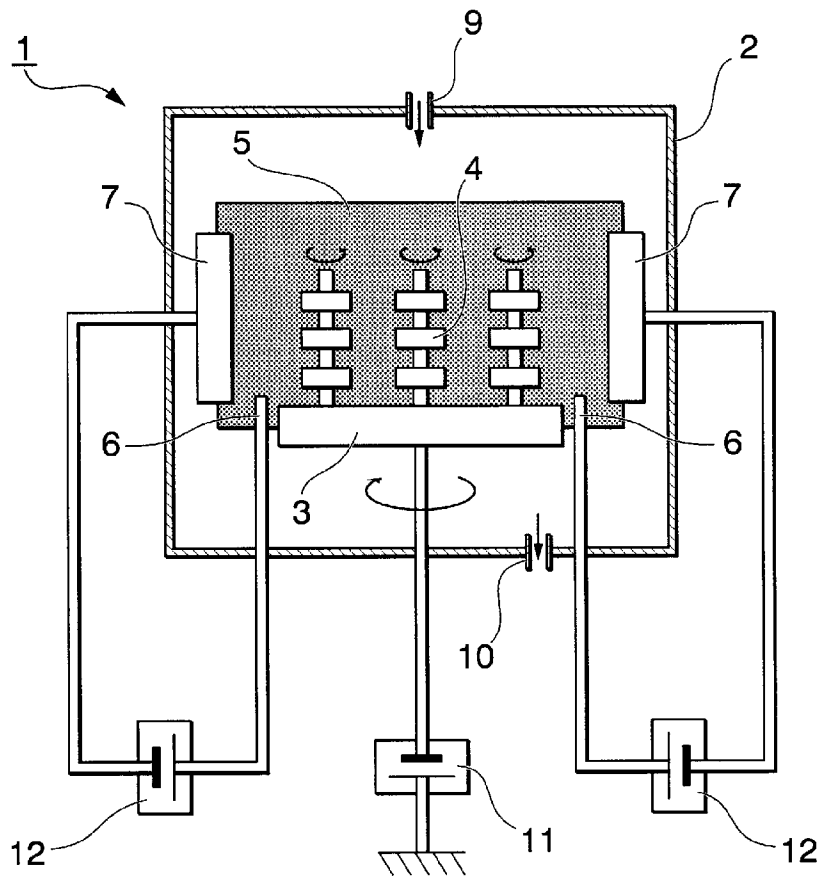
[請求項7]

上記磁場が、積算磁力として、 $140 \sim 400 \text{ mT} \times \text{mm}$ であることを特徴とする請求項6記載の表面被覆切削工具の製造方法。

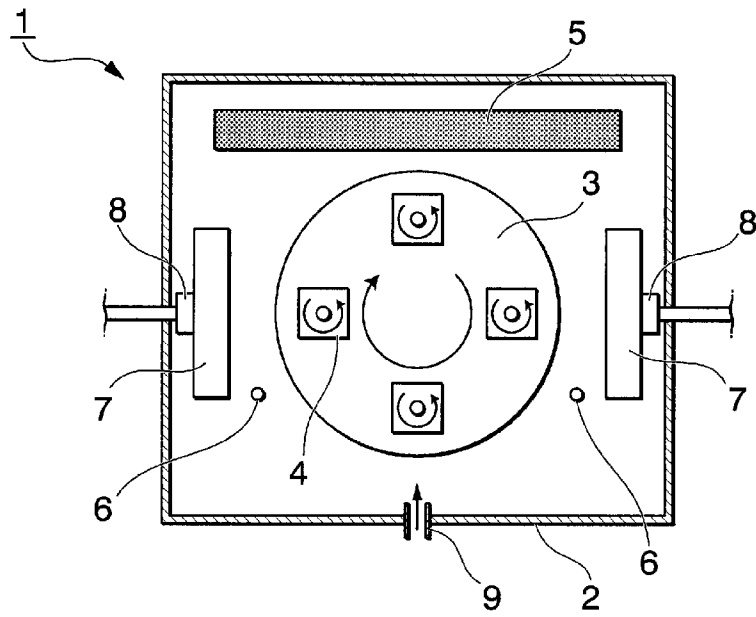
[図1A]



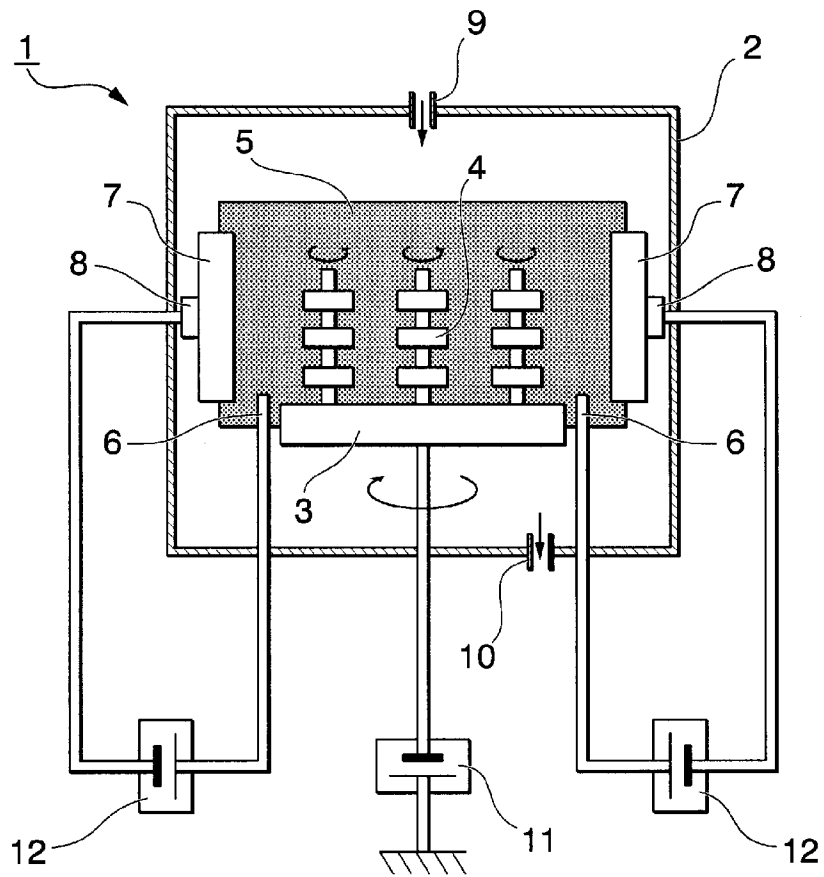
[図1B]



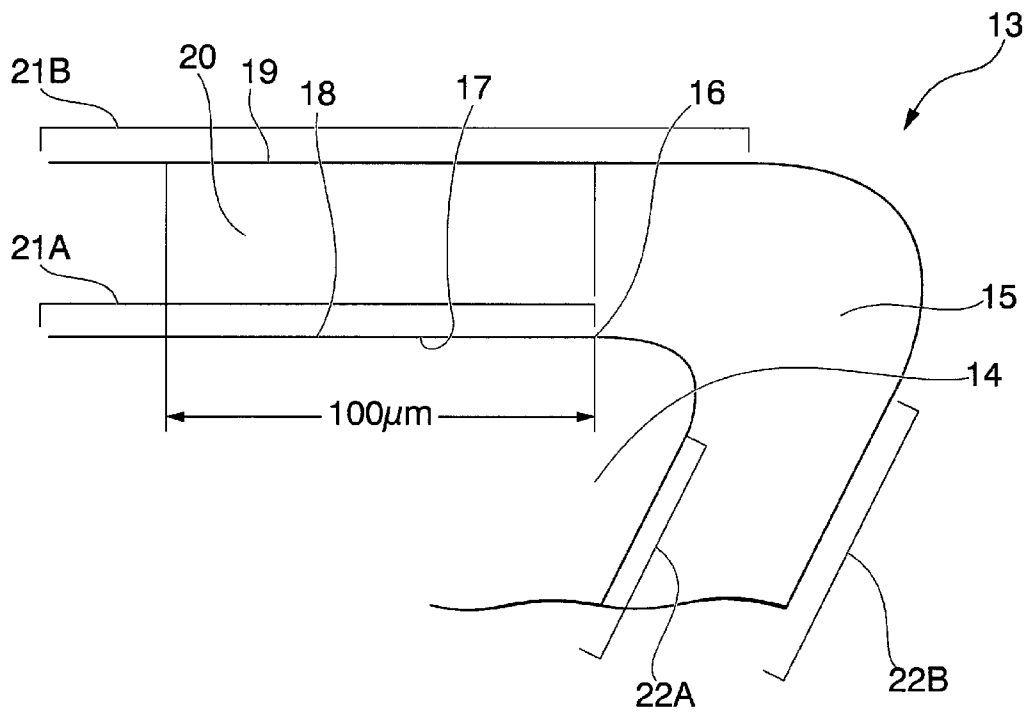
[図2A]



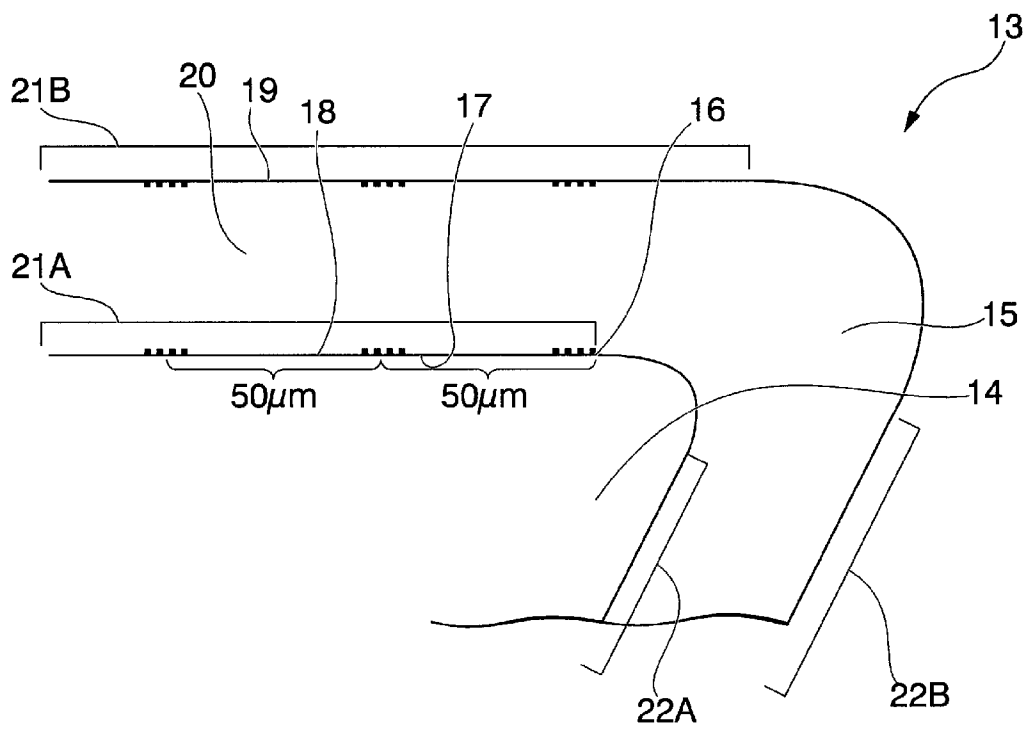
[図2B]



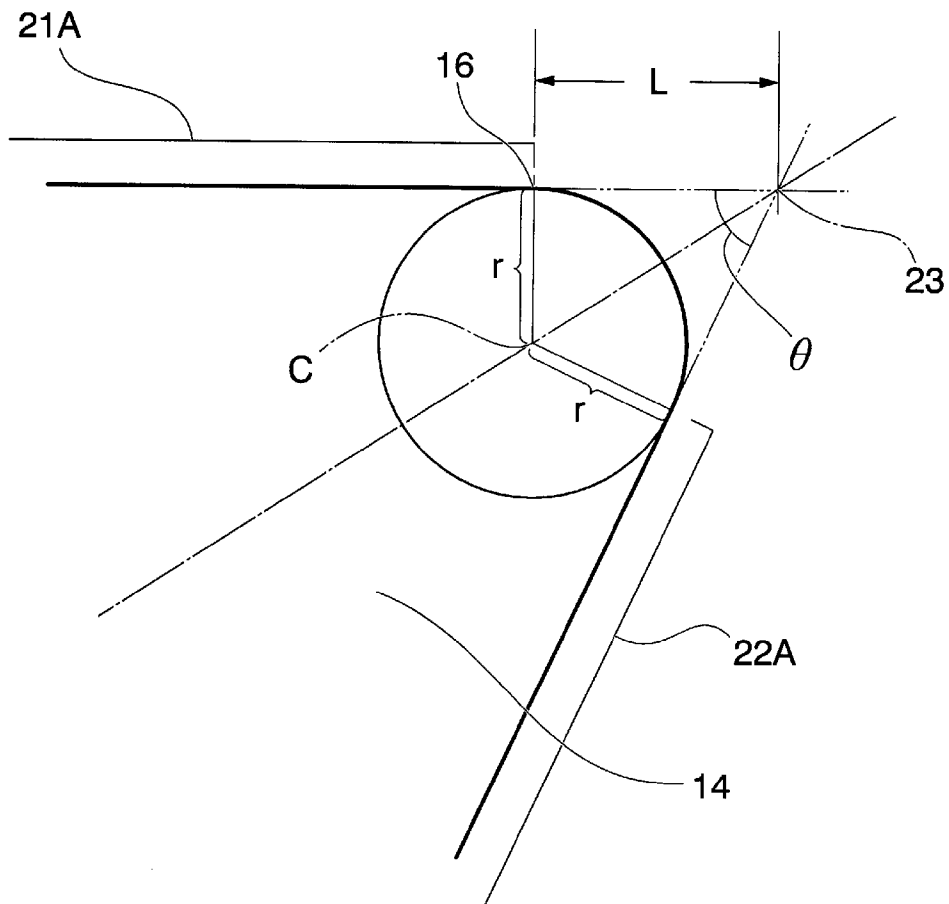
[図3A]



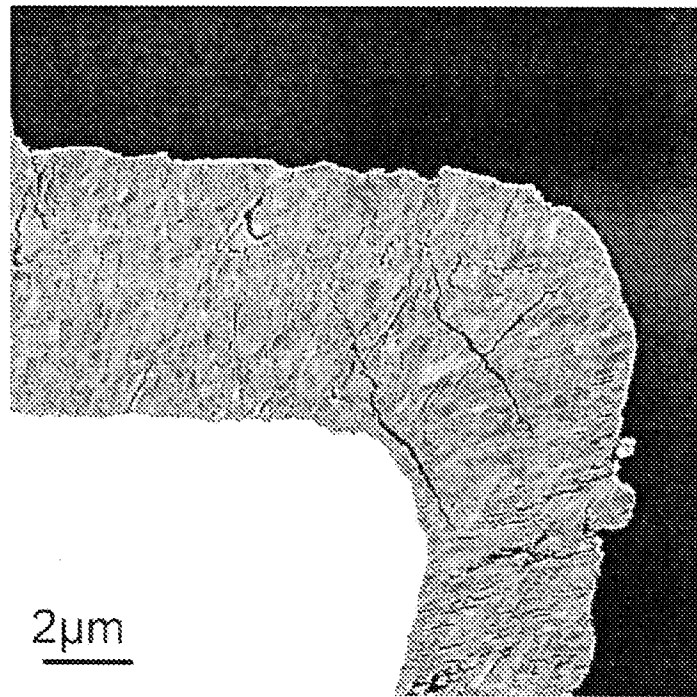
[図3B]



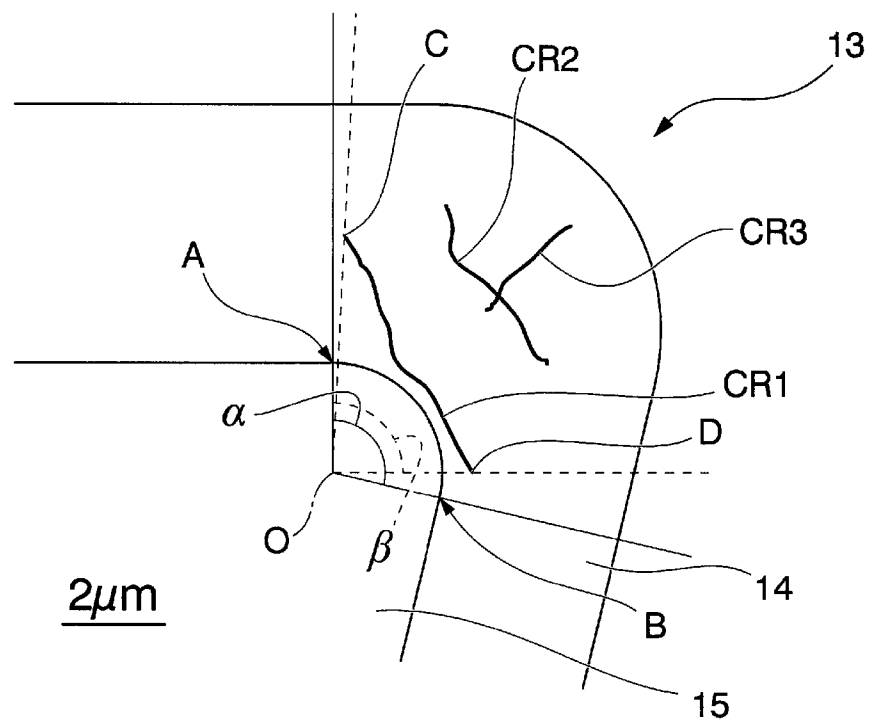
[図3C]



[図4A]



[図4B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23B27/14(2006.01) i, B23B51/00(2006.01) i, B23C5/16(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)

B23B27/14, B23B51/00, B23C5/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y A	JP 2012-24854 A (Mitsubishi Materials Corp.), 09 February 2012 (09.02.2012), paragraph [0029] (Family: none)	6-7 1-5
Y A	JP 2009-220260 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraph [0013] (Family: none)	6-7 1-5
A	JP 2011-218542 A (Mitsubishi Materials Corp.), 04 November 2011 (04.11.2011), paragraphs [0023], [0028] (Family: none)	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
30 April, 2013 (30.04.13)

Date of mailing of the international search report
14 May, 2013 (14.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055924

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-67883 A (Sumitomo Electric Hardmetal Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0022] to [0027], [0077] (Family: none)	1-5
A	JP 2012-30346 A (Mitsubishi Materials Corp.), 16 February 2012 (16.02.2012), paragraph [0016] & CN 102371379 A	1-5
A	JP 2003-165003 A (Hitachi Tool Engineering Ltd.), 10 June 2003 (10.06.2003), paragraph [0011] (Family: none)	1-5

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, B23B51/00(2006.01)i, B23C5/16(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, B23B51/00, B23C5/16

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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
Y A	JP 2012-24854 A (三菱マテリアル株式会社) 2012.02.09, 段落【0029】 (ファミリーなし)	6-7 1-5
Y A	JP 2009-220260 A (日立ツール株式会社) 2009.10.01, 段落【0013】 (ファミリーなし)	6-7 1-5
A	JP 2011-218542 A (三菱マテリアル株式会社)	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。

<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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)</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 30.04.2013	国際調査報告の発送日 14.05.2013
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) 足立 俊彦 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
	2011. 11. 04, 段落 【0023】 , 【0028】 (ファミリーなし)	
A	JP 2011-67883 A (住友電工ハードメタル株式会社) 2011. 04. 07, 段落 【0022】 - 【0027】 , 【0077】 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2012-30346 A (三菱マテリアル株式会社) 2012. 02. 16, 段落 【0016】 & CN 102371379 A	1-5
A	JP 2003-165003 A (日立ツール株式会社) 2003. 06. 10, 段落 【0011】 (ファミリーなし)	1-5