

(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
2019年4月4日(04.04.2019)



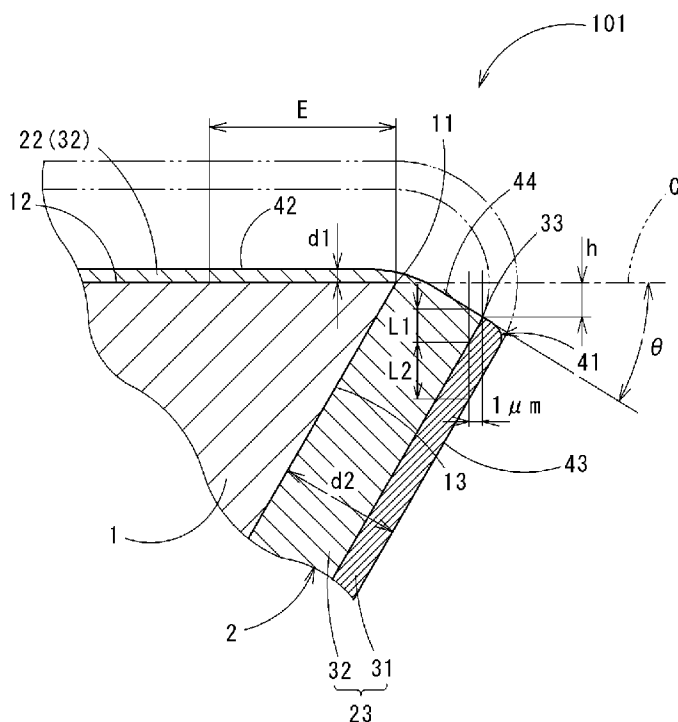
(10) 国際公開番号

WO 2019/065949 A1

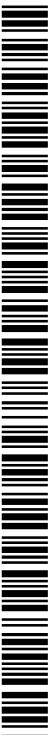
- (51) 国際特許分類:
B23C 5/10 (2006.01) *B23B 51/00* (2006.01)
B23B 27/14 (2006.01) *C23C 16/26* (2006.01)
B23B 27/20 (2006.01) *C30B 29/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/036204
- (22) 国際出願日: 2018年9月28日(28.09.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-189702 2017年9月29日(29.09.2017) 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3-2 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 久保 拓矢(KUBO, Takuya); 〒3110102 茨城県那珂市向山1002-14 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内 Ibaraki (JP). 村田 和久(MURATA, Kazuhisa); 〒6740071 兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179-1 三菱マテリアル株式会社 明石製作所内 Hyogo (JP). 富永 哲光(TOMINAGA, Akimitsu); 〒6740071 兵庫県明石市魚住町金ヶ崎西大池179-1 三菱マテリアル株式会社 明石製作所内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 青山 正和(AOYAMA, Masakazu); 〒1010045 東京都千代田区神田鍛冶町3

(54) Title: DIAMOND-COATED ROTATION CUTTING TOOL

(54) 発明の名称: ダイヤモンド被覆回転切削工具



(57) Abstract: The present invention makes it possible to prevent the occurrence of defects due to peeling or chipping, and obtain a smooth machined surface. A diamond coating includes a first diamond layer comprising fine diamond particles and a second diamond layer comprising large diamond particles. In a flank-side diamond coating, the average film thickness d2 is 3-25 μm inclusive, and has the first diamond layer formed on the obverse surface side and the second diamond layer formed on the tool base side. In a rake face-side diamond coating in the range of 50 μm or 1/10 of the tool diameter,



WO 2019/065949 A1

－ 3 － 9 喜助新千代田ビル 3 階 青
陽特許事務所 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, 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：

- － 国際調査報告 (条約第21条(3))

whichever is smaller, from the tip of a base cutting blade part, the average film thickness d_1 is in the range of 0-5.0 μm inclusive or 0 μm to less than d_2 , whichever is smaller. The boundary between the first diamond layer and the second diamond layer at an edge surface of the flank-side diamond coating is exposed on the base flank side in relation to the extension of a reference line linking the base cutting blade part and the center of rotation of the tool on the perpendicular cross-section of the base cutting blade part.

(57) 要約：剥離やチッピングによる欠陥の発生を防止でき、平滑な加工面を得る。ダイヤモンド被膜は、微細なダイヤモンド粒子からなる第1ダイヤモンド層と、大きいダイヤモンド粒子からなる第2ダイヤモンド層とを含み、逃げ面側ダイヤモンド被膜は、平均膜厚 d_2 が 3 μm 以上 25 μm 以下であり、表面側に第1ダイヤモンド層、工具基体側に第2ダイヤモンド層が形成されており、基体切れ刃部の先端から 50 μm まで又は工具直径の $1/10$ までのいずれか小さい方の範囲のすくい面側ダイヤモンド被膜は平均膜厚 d_1 が、0 μm 以上 5.0 μm 以下又は 0 μm 以上 d_2 未満のいずれか小さい範囲であり、逃げ面側ダイヤモンド被膜の端面における第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層との境界部が、基体切れ刃部の垂直断面において工具回転中心と基体切れ刃部とを結ぶ基準線の延長線よりも基体逃げ面側で露出している。

明 細 書

発明の名称：ダイヤモンド被覆回転切削工具

技術分野

[0001] 本発明は、超硬合金からなる基体の表面にダイヤモンドが被覆されたダイヤモンド被覆回転切削工具に関する。

[0002] 本願は、2017年9月29日に出願された特願2017-189702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

[0003] 超硬合金からなる基体の表面にダイヤモンドが被覆された回転切削工具は、刃先強度が高いという利点があるが、ダイヤモンド被膜の膜厚に応じて刃先が丸みを帯びるため、平滑な加工面を得にくいという問題がある。

[0004] 工具の刃先が丸みを帯びる問題に対しては、例えば特許文献1～4に記載される方法等が提案されている。

[0005] 特許文献1には、刃先のダイヤモンド被膜を研磨加工により平面的に薄くすることで刃先を鋭利にすることが記載されている。特許文献2又は特許文献3には、刃先にチャンファを形成することで切れ刃の切れ味が良くなることが記載されている。特許文献4には、レーザ加工により工具すくい面のダイヤモンド被膜を薄く加工し、刃先の曲率半径を小さくする方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平4 - 210315号公報

特許文献2：特許第3477182号公報

特許文献3：特許第3477183号公報

特許文献4：特許第5764181号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、これら特許文献記載の方法では、刃先のチッピングが生じやすくなることや、未処理時よりも刃先のダイヤモンド被膜が薄くなるために、摩耗による刃先の後退速度が増加するなど、工具寿命が低下する問題がある。

[0008] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、剥離やチッピングによる欠陥の発生を防止でき、平滑な加工面が得られるダイヤモンド被覆回転切削工具を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具は、超硬合金からなる工具基体と、その表面を被覆するダイヤモンド被膜とを備えるダイヤモンド被覆切削工具であって、前記工具基体は、基体すくい面と、基体逃げ面と、前記基体すくい面と前記基体逃げ面との間に設けられた基体切れ刃部とを備え、前記ダイヤモンド被膜は、微細なダイヤモンド粒子からなる第1ダイヤモンド層および前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子よりも大きいダイヤモンド粒子からなる第2ダイヤモンド層を含み、前記基体逃げ面の表面を被覆する平均膜厚 d_2 が $3 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下の逃げ面側ダイヤモンド被膜および平均膜厚 d_1 が $0 \mu\text{m}$ 以上 $5.0 \mu\text{m}$ 以下又は $0 \mu\text{m}$ 以上前記平均膜厚 d_2 未満のいずれか小さい範囲の膜厚で前記基体すくい面の少なくとも所定範囲を被覆するすくい面側ダイヤモンド被覆を構成しており、前記逃げ面側ダイヤモンド被膜は、その表面を形成する前記第1ダイヤモンド層を備えるとともに、前記第1ダイヤモンド層に隣接して前記工具基体側に前記第2ダイヤモンド層を備え、前記すくい面側ダイヤモンド被膜は、前記基体すくい面において前記所定範囲として少なくとも前記基体切れ刃部から $50 \mu\text{m}$ まで又は工具直径の $1/10$ までのいずれか小さい方の範囲に設けられ、前記すくい面側ダイヤモンド被膜の表面または前記基体すくい面の表面と前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の端面とが連なって構成された工具すくい面と、前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の前記表面により構成された工具逃げ面と、前記工具すくい面と前記工具逃げ面とが交差する稜線に構成された工具切れ刃部と

を備え、前記基体切れ刃部の垂直断面において、工具回転中心と前記基体切れ刃部とを結ぶ直線を基準線として、前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の前記端面における前記第1ダイヤモンド層と前記第2ダイヤモンド層との境界部が、前記基準線の延長線よりも前記基体逃げ面側で露出している。

[0010] このダイヤモンド被覆回転切削工具では、工具切れ刃部の先端（刃先）は、最初の段階では、逃げ面側ダイヤモンド被膜の第1ダイヤモンド層の先端により形成されている。切削により第1ダイヤモンド層の一部が摩耗するが、微細なダイヤモンド粒子からなる層であるため、この摩耗はチッピング等を生じることなく進行する。そして、この第1ダイヤモンド層に隣接して第2ダイヤモンド層が基体側に設けられているので、第1ダイヤモンド層が第2ダイヤモンド層との境界部まで摩耗すると、第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層との境界部が工具切れ刃部の刃先となる。その後は、第2ダイヤモンド層はダイヤモンド粒子が大きく耐摩耗性が高いため、摩耗速度が急激に低下する。一方、工具切れ刃部の先端（刃先）よりも逃げ面側は微細なダイヤモンド粒子からなる第1ダイヤモンド層により薄く覆われた状態となり、その第1ダイヤモンド層が被削材に面に対向する。

[0011] この状態で切削を続けると、工具切れ刃部の先端（刃先）では、第2ダイヤモンド層が摩耗しにくいのに対して、その逃げ面側を薄く覆っている第1ダイヤモンド層の摩耗速度が大きいため、鋭利な切れ刃形態を保ちながら摩耗が進行するセルフシャープニング効果が生じ、長期にわたって平滑な加工面が得られる切れ刃を維持できる。また、このように第1ダイヤモンド層が第2ダイヤモンド層との境界部まで摩耗した後においても、切削中に工具切れ刃部に加わる主分力は、工具切れ刃部先端の第2ダイヤモンド層と逃げ面側の第1ダイヤモンド層とに分散されるため、工具切れ刃部先端の第2ダイヤモンド層のチッピングも生じにくくなる。

[0012] この場合、基体切れ刃部の先端から $50\mu\text{m}$ 又は工具直径の $1/10$ までのいずれか小さい方の範囲において、すくい面側ダイヤモンド被膜の平均膜厚 d_1 を $0\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下または逃げ面側ダイヤモンド被膜の 0μ

m以上平均膜厚d 2未満のいずれか小さい範囲としているので、すくい面側ダイヤモンド被膜の剥離を防止でき、良好な加工精度を維持できる。なお、すくい面側ダイヤモンド被膜については、これが形成されずに基体すくい面が露出した状態（すくい面側ダイヤモンド被膜の膜厚が0 μm）も含む。

[0013] 被削材の加工時において、工具逃げ面は、工具すくい面と比べて、工具切れ刃部の先端から離れた位置においても被削材と接触しやすく、被削材との摺動により摩耗しやすい。そこで、逃げ面側ダイヤモンド被膜の平均膜厚d 2を3 μm以上25 μm以下に確保することで、逃げ面側ダイヤモンド被膜の剥離を防止するとともに、工具寿命の低下を防止できる。

[0014] 逃げ面側ダイヤモンド被膜の平均膜厚d 2が3 μm未満では、工具すくい面よりも工具逃げ面が先に摩耗しやすくなり、工具寿命が低下する。一方で、平均膜厚d 2が25 μmを超えると、ダイヤモンド被膜が自壊しやすくなる。

[0015] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具の好ましい実施態様として、前記境界部から前記基準線に平行な方向に1 μm工具基体側の箇所における前記基準線の垂線上において、前記第2ダイヤモンド層の長さL 1と、前記第1ダイヤモンド層の長さL 2との比（L 2 / L 1）が、 $2 \leq (L 2 / L 1) \leq 6$ であるとよい。

[0016] （L 2 / L 1）が2未満では、第2ダイヤモンド層を覆う第1ダイヤモンド層の厚さが小さいので、前述したセルフシャープニング効果に乏しい。（L 2 / L 1）が6を超えると、第1ダイヤモンド層の厚さが相対的に大きくなるため、摩耗が激しくなる。

[0017] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具の好ましい実施態様としては、前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は平均粒径が0.15 μm未満、前記第2ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は平均粒径が0.15 μm以上であるとよい。

[0018] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具の好ましい実施態様としては、前記工具基体の前記表面に垂直な断面上で観察される個々のダイヤモンド粒子

の前記工具基体表面に垂直な方向の長さ（ a ）と前記工具基体表面に平行な方向の長さ（ b ）の長さ比を（ a/b ）として、前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は前記長さ比（ a/b ）が1.5未満、前記第2ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は前記長さ比（ a/b ）が1.5以上であるとよい。

- [0019] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具の好ましい実施態様としては、前記工具基体表面に垂直な断面上のダイヤモンド被膜のラマンスペクトルを波形分離し、 1332 cm^{-1} 付近に存在するダイヤモンドの sp^3 混成軌道に由来する鋭いピーク強度（ d ）を、 1580 cm^{-1} 付近に存在するグラファイトの sp^2 混成軌道に由来する緩やかなピーク（Gバンド）の強度（ G ）で割った強度比を（ d/G ）として、前記第1ダイヤモンド層の前記強度比（ d/G ）が $0.1 \leq (d/G) < 0.8$ であり、前記第2ダイヤモンド層の前記強度比（ d/G ）が $0.8 \leq (d/G)$ であるとよい。

発明の効果

- [0020] 本発明のダイヤモンド被覆回転切削工具によれば、剥離やチッピングによる欠陥の発生を防止でき、平滑な加工面を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]本発明に係る実施形態のボールエンドミルにおける工具先端部を示す斜視図である。

[図2]図1に示すボールエンドミルの工具切れ刃部近傍における基体切れ刃部に対して垂直な断面を示す要部断面図である。

[図3]図2に示す本発明の実施形態のボールエンドミルの工具切れ刃部において、逃げ面側ダイヤモンド被膜の一部が摩耗した状態を示す要部断面図である。

[図4]ダイヤモンド被膜を第2ダイヤモンド層の単層により形成した場合のチッピングを示す要部断面図である。

[図5]ダイヤモンド被膜を第1ダイヤモンド層の単層により形成した場合の切れ刃の摩耗状態を示す要部断面図である。

[図6]本実施形態に係るボールエンドミルの製造方法に使用されるレーザ加工装置を示す全体構成図である。

[図7]すくい面側ダイヤモンド被膜を加工する場合のレーザ加工工程を説明する模式図である。

[図8]刃先すくい角を変える場合のレーザ加工工程を説明する模式図である。

[図9]レーザビームのオーバーラップを説明する模式図である。

[図10]第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層との特定位置の膜厚の比率(L_2/L_1)と被削材の光沢度との関係を示すグラフである。

[図11A]実施例の工具切れ刃部における切削試験前の状態を示すSEM像である。

[図11B]実施例の工具切れ刃部における切削試験後の状態を示すSEM像である。

[図12A]比較例の工具切れ刃部における切削試験前の状態を示すSEM像である。

[図12B]比較例の工具切れ刃部における切削試験後の状態を示すSEM像である。

[図13A]実施例の工具により切削した被削材の全体写真である。

[図13B]実施例の工具により切削した被削材の表面を拡大したSEM像である。

[図14A]比較例の工具により切削した被削材の全体写真である。

[図14B]比較例の工具により切削した被削材の表面を拡大したSEM像である。

発明を実施するための形態

[0022] 本発明は、工具基体の表面にダイヤモンド被膜を有する回転切削工具（ドリル、エンドミル、又はインサート等）に適用される。以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。

[0023] 本実施形態のダイヤモンド被覆回転切削工具101は、図2に示すように工具基体1と、その表面を被覆するダイヤモンド被膜2とを備え、図1に示

すように、軸線O回りに回転される工具先端部3を有し、その工具先端部3に軸線Oを挟んで180°反対側に設けられた一对の工具切れ刃部41を有する2枚刃のボールエンドミル101である。

[0024] ボールエンドミル101は、工具先端部3の工具直径（外径、呼び径）D0が0.1mm以上2.0mm以下である小径の回転切削工具である。図1に示すように、工具切れ刃部41は、工具すくい面42と工具逃げ面43とが交差する稜線に形成されている。工具切れ刃部41、工具すくい面42及び工具逃げ面43は、ボールエンドミル101の軸線Oを対称軸として回転対称に2箇所配置されている。

[0025] 工具基体1は超硬合金で形成されている。ダイヤモンド被膜2は、熱フィラメントCVD法（化学気相成長法）等により成膜されている。

[0026] 図2に示すように、工具基体1は、基体すくい面12と、基体逃げ面13と、これら基体すくい面12と基体逃げ面13とが交差する稜線に形成された基体切れ刃部11とを有している。図2は、基体切れ刃部11のある点における垂直断面図（工具基体1の表面に垂直な断面図）である。工具基体1の表面を被覆するダイヤモンド被膜2は、基体すくい面12の表面の少なくとも所定範囲を被覆するすくい面側ダイヤモンド被膜22と、基体逃げ面13の表面を被覆する逃げ面側ダイヤモンド被膜23とを構成している。

[0027] 逃げ面側ダイヤモンド被膜23の平均膜厚d2は3μm以上25μm以下である。逃げ面側ダイヤモンド被膜23は、その表面を形成する微細なダイヤモンド粒子（微粒ダイヤモンド）からなる第1ダイヤモンド層31と、第1ダイヤモンド層31に隣接して工具基体1側に配置され、第1ダイヤモンド層31のダイヤモンド粒子よりも大きいダイヤモンド粒子（粗粒ダイヤモンド）からなる第2ダイヤモンド層32とで構成されている。

[0028] すくい面側ダイヤモンド被膜22は、第2ダイヤモンド層32の単層により構成され、基体すくい面12において基体切れ刃部11から50μm又は工具直径D0の1/10までのいずれか小さい方の範囲E（図2に符号Eで示す範囲）を所定範囲として被覆している。

- [0029] すくい面側ダイヤモンド被膜22の平均膜厚 d_1 は、 $0\ \mu\text{m}$ 以上 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下又は逃げ面側ダイヤモンド被膜23の平均膜厚 d_2 未満 $0\ \mu\text{m}$ 以上のいずれか小さい範囲である。すくい面側ダイヤモンド被膜22は、膜厚 d_1 がゼロで、基体すくい面12が露出している場合もあり得る。
- [0030] 第1ダイヤモンド層31の微細なダイヤモンド粒子はいわゆる「ナノダイヤモンド」であり、第2ダイヤモンド層32の粗大ダイヤモンド粒子は「柱状晶ダイヤモンド」である。
- [0031] 一般に、CVD熱フィラメント法では、成膜時のガス条件を段階的に変えた際に、ある閾値範囲においてナノダイヤモンドから柱状晶ダイヤモンドへと急速に変化する。その閾値範囲においてガス条件を数時間程度かけて連続的に変化させることで、平均粒径がナノオーダーからマイクロオーダーへと滑らかに移行するグラデーション層を数 μm の厚さで形成出来ることが知られている。本実施形態においても、第1ダイヤモンド層31と第2ダイヤモンド層32の境界部33をグラデーション層としても良い。境界部33をグラデーション層とすることで、第1ダイヤモンド層31と第2ダイヤモンド層32の境界面の凹凸形状が低減し、より平滑な加工面が得られることが期待される。しかしながら、グラデーション層の厚みが過剰に大きいとセルフシャープニング効果が低減するため、グラデーション層の厚さは $0\sim 3\ \mu\text{m}$ 程度以下の範囲であることが望ましい。なお、グラデーション層を設けた場合は、前記グラデーション層の中央を、第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層の境界部と定義する。
- [0032] このボールエンドミル101は、基体切れ刃部11の垂直断面(図2)において、工具回転中心(軸線O)と基体切れ刃部11とを結ぶ直線を基準線Cとして、境界部33から基準線Cに平行な方向に $1\ \mu\text{m}$ 工具基体1に近い箇所における基準線Cの垂線上において、第2ダイヤモンド層の長さ L_1 と、第1ダイヤモンド層の長さ L_2 との比(L_2/L_1)が、 $2 \leq (L_2/L_1) \leq 6$ であることが望ましい。
- [0033] (L_2/L_1)が2以上であることにより、第2ダイヤモンド層32を覆

う第1ダイヤモンド層31の厚さが十分となり、セルフシャープニング効果
が得られる。 $(L2/L1)$ が6以下であることにより、第1ダイヤモンド
層31の相対的な厚さが大きすぎないので、摩耗を抑制できる。

[0034] 各層におけるダイヤモンド粒子の粒径に着目すると、第1ダイヤモンド層
31の微細なダイヤモンド粒子は平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ 未満、第2ダイ
ヤモンド層32の粗大ダイヤモンド粒子は平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ 以上である
とよい。

[0035] 各層におけるダイヤモンド粒子のアスペクト比に着目すると、工具基体1
の表面に垂直な断面上で観察される個々のダイヤモンド粒子の工具基体1の
表面に垂直な方向の長さ(a)と工具基体1表面に平行な方向の長さ(b)
の長さ比を (a/b) として、第1ダイヤモンド層31のダイヤモンド粒子
の長さ比 (a/b) が1.5未満、第2ダイヤモンド層32のダイヤモンド
粒子は長さ比 (a/b) が1.5以上であるとよい。

[0036] 通常は柱状晶ダイヤモンド粒子のアスペクト比の方がナノダイヤモンド粒
子のアスペクト比よりも遥かに高い。上述した長さ(a)および長さ(b)
の設定により、柱状晶ダイヤモンド層の厚さが柱状晶ダイヤモンド粒子の長
軸の長さ(a)の上限となるため、熱フィラメントCVD法で形成される場
合、層の厚さによっては、短軸側の長さ(a)が大きい柱状晶ダイヤモンド
のアスペクト比は1付近まで小さくなる場合がある。本実施形態における第
2ダイヤモンド層32のダイヤモンド粒子の長さ比 (a/b) は好ましくは
1.5以上とする。

[0037] ラマン分光法で得られるラマンスペクトルから、第1ダイヤモンド層31
と第2ダイヤモンド層32との結晶性を比較できる。具体的には、工具基体
1表面に垂直な方向に切り出したダイヤモンド被膜2の断面上のラマンスペ
クトルを波形分離し、 1332cm^{-1} 付近に存在するダイヤモンドの sp^3 混
成軌道に由来する鋭いピーク(dバンド)の強度(d)を、 1580cm^{-1}
付近に存在するグラファイトの sp^2 混成軌道に由来する緩やかなピーク(G
バンド)の強度(G)で割った強度比 (d/G) について、第1ダイヤモンド

ド層31の強度比 (d/G) が $0.1 \leq (d/G) < 0.8$ 、第2ダイヤモンド層32の強度比 (d/G) が $0.8 \leq (d/G)$ であるとよい。

[0038] この強度比 (d/G) は、ダイヤモンド被膜の膜質を評価するためによく用いられる一般的な指標の一つであり、強度比 (d/G) が高いほどダイヤモンドの結晶性が高いことを意味する。多結晶ダイヤモンド被膜では、強度比 (d/G) が高いほど、結晶の粗大化、柱状化、耐摩耗性の向上、耐欠損性の低下、表面粗さの増加などが生じることが知られている。

[0039] すくい面側ダイヤモンド被膜22は、基体切れ刃部11から50 μ mまで又は工具直径D0の1/10までのいずれか小さい方の範囲（図2に符号Eで示す範囲）を所定範囲として基体すくい面12を被覆する第2ダイヤモンド層32の単層により形成されている。逃げ面側ダイヤモンド被膜23は、第1ダイヤモンド層31と第2ダイヤモンド層32との二層構造である。基体切れ刃部11の先端では、すくい面側ダイヤモンド被膜22の表面に逃げ面側ダイヤモンド被膜23の端面が連なっている。このため、これらすくい面側ダイヤモンド被膜22の表面及び逃げ面側ダイヤモンド被膜23（第1ダイヤモンド層31および第2ダイヤモンド層32）の端面により工具すくい面42が形成され、逃げ面側ダイヤモンド被膜23の第1ダイヤモンド層31の表面により工具逃げ面43が形成され、これら工具すくい面42と工具逃げ面43との間に工具切れ刃部41が形成される。したがって、工具すくい面42は、大部分が第2ダイヤモンド層32により形成されている。工具切れ刃部41の付近で、第2ダイヤモンド層32の端面と第1ダイヤモンド層31の端面とが連なり、これらの境界部33が露出している。

[0040] ボールエンドミル101の工具回転中心（軸線O）と基体切れ刃部11とを結ぶ直線を基準線Cとして、逃げ面側ダイヤモンド被膜23は、基準線Cの延長線よりも基体逃げ面13側に第1ダイヤモンド層31と第2ダイヤモンド層32との境界部33が露出している。具体的には、図2に示す断面において、基準線Cから逃げ面側ダイヤモンド被膜23の第2ダイヤモンド層32と第1ダイヤモンド層31との境界部33までの高さをhとし、その高

さ h について基準線Cよりも工具すくい面42側を正(+ : プラス)とし、工具逃げ面43側を負(- : マイナス)として、高さ h が負($h < 0 \mu\text{m}$)となるように設けられている。

[0041] 露出した境界部33の高さ h を負とするのは、高さ h が正の場合、摩耗が境界部33に達した際に、成膜時に発生した刃先の丸みを帯びた箇所が被削材に最も深く接触する箇所となり、切れ味が失われるためである。

[0042] 未使用工具の工具切れ刃部41における第1ダイヤモンド層31と第2ダイヤモンド層32との境界部33におけるすくい角 θ (基準線Cから両ダイヤモンド層31, 32の境界部における接線までの角度)は、基準線Cから工具すくい面42側を(+ : プラス)とし、工具逃げ面43側を負(- : マイナス)として、 $-20^\circ < \theta < -5^\circ$ が好適な範囲である。以下、このすくい角 θ を刃先すくい角とし、工具すくい面42のうち、逃げ面側ダイヤモンド被膜23の端面により形成される面を刃先すくい面44とする。

[0043] 本実施形態のボールエンドミル101において、すくい面側ダイヤモンド被膜22を平坦に薄くしたのは、次の理由による。

[0044] 一般に、ダイヤモンド被覆切削工具を用いて超合金などの硬脆材料を加工する場合、切削中の工具切れ刃部の刃先は大きな背分力を受けるため、刃先にはフレーキングと呼ばれる損傷が生じる場合がある。この場合、すくい面のダイヤモンド被膜が大きく剥離しやすく、その剥離の発生前後で加工面に段差が生じるなどの問題が発生することが知られている。それに対し、本実施形態の工具では、すくい面側ダイヤモンド被膜22の膜厚を薄くすることで、剥離を抑制した。ダイヤモンド被覆工具では、被膜の厚さが薄いほど基体界面との剥離が発生しにくくなる性質があり、また、本実施形態の工具のように刃先をシャープ化したものでは未処理品よりも背分力が低下するため、フレーキング自体も低減する。

[0045] このように構成したボールエンドミル101を用いて切削を行うと、図3に示すように、逃げ面側ダイヤモンド被覆23において耐摩耗性が低い先端の第1ダイヤモンド層31が切削初期の早い段階において摩耗する。その摩

耗が第2ダイヤモンド層32との境界部33に達すると、第2ダイヤモンド層32は耐摩耗性が高いため、工具切れ刃部41の刃先全体の摩耗速度が急激に低下する。

[0046] そして、更に摩耗が進むと、刃先先端の角部にある第2ダイヤモンド層32よりも、逃げ面側にある第1ダイヤモンド層31の摩耗速度の方が早いため、鋭利な形態を保ちながら摩耗が進行するセルフシャープニング効果を生じ、長距離に渡って平滑な加工面を得られる切り刃を維持出来る。

[0047] また、図3に示す工具切れ刃部41の刃先形態では、切削中に刃先に加わる主分力が、刃先角部の刃先すくい面44を形成する第2ダイヤモンド層32と逃げ面側の第1ダイヤモンド層31に分散されるため、刃先角部の第2ダイヤモンド層32のチッピングも生じにくくなる。図3に示す状態まで摩耗した逃げ面側ダイヤモンド被膜23の第1ダイヤモンド層31において、工具切れ刃部41付近に形成される面を刃先逃げ面45とする。

[0048] 比較として、図4に示すように同じ刃先形状で第2ダイヤモンド層32単体の膜を用いた場合は、第2ダイヤモンド層32は耐欠損性が低いため、鋭利な先端部でチッピングによる欠け部51が生じ、これにより発生した新たな突起部52が再びチッピングするという損傷を繰り返す。そのため、刃先の損傷速度は大きく、加工面には細かい擦り傷状のツールパスが発生する。

[0049] 図5に示すように同じ刃先形状で第1ダイヤモンド層31単体の膜とした場合は、第1ダイヤモンド層31は耐欠損性が高いためチッピングは生じにくいものの、正常摩耗の速度が速く、刃先逃げ面45よりも被削材に切り込む工具切れ刃部53の角部の方が早く摩耗するため、摩耗の進行とともに工具切れ刃部53の先端刃先が丸みを帯びてゆく。そのため、切削抵抗が高くなり、被削材表面に生じる引張応力により、被削材表面にはむしろクラックが発生する。

[0050] 次に、本実施形態のボールエンドミル（ダイヤモンド被覆回転切削工具）101を製造する方法について、説明する。

[0051] 本実施形態のボールエンドミル101の製造方法は、超硬合金からなる工具基体1の表面にダイヤモンド被膜2を成膜する成膜工程と、ダイヤモンド被膜2にレーザビームLを照射し、ダイヤモンド被膜2を加工して工具切れ刃部41を形成するレーザ加工工程とを有する。

[0052] (成膜工程)

成膜工程では、基体すくい面12と、基体逃げ面13と、これら基体すくい面12と基体逃げ面13との間に形成された基体切れ刃部11とを有する工具基体1の表面に、図7に示すように、平均粒径の異なる二層構造のダイヤモンド被膜2を例えば8 μ m以上30 μ m以下の略一定の膜厚(平均膜厚d2)で成膜する。

[0053] まず、工具基体1上に結晶粒径の大きいダイヤモンド粒子からなる第2ダイヤモンド層32を形成し、その上に第2ダイヤモンド層32よりも結晶粒径の小さいダイヤモンド粒子からなる第1ダイヤモンド層31を積層して形成する。

[0054] 工具基体1へのダイヤモンド被膜2の成膜は、例えばマイクロ波プラズマCVD法や、熱フィラメントCVD法、高周波プラズマCVD法等の公知の方法を好適に用いることができる。また、イオンビーム法等の他の成膜方法も適用できる。結晶粒径は、熱フィラメントCVD法であれば、成膜時のガス条件を変えることで制御できる。

[0055] (レーザ加工工程)

レーザ加工工程では、例えば、図6に示すようなレーザ加工装置201を使用し、工具基体1の表面を被覆して形成されたダイヤモンド被膜2にレーザビームLを照射して、そのダイヤモンド被膜2を加工する。以下、図6及びレーザ加工工程の説明においては、工具基体1にダイヤモンド被膜2が形成されたワークを符号10で示す。

[0056] 例えば、レーザ加工装置201は、レーザビームLをパルス発振してダイヤモンド被膜2に一定の繰り返し周波数で照射しながら走査するレーザビーム照射機構50と、ダイヤモンド被膜2が被覆されたワーク10を保持した

状態で、回転、旋回、及び x - y - z 軸方向にそれぞれ移動可能な工具保持機構60と、これらを制御する制御機構70とを備える。

[0057] 工具保持機構60は、ワーク10を x - y - z の各方向に並進運動でき、かつ旋回運動、及び自転運動できる機構を有している。具体的には、水平面に平行な x 軸方向に移動可能な x 軸ステージ部61 x と、その x 軸ステージ部61 x 上に設けられ x 軸方向に対して垂直であり水平面に平行な y 軸方向に移動可能な y 軸ステージ部61 y と、 y 軸ステージ部61 y 上に設けられ水平面に対して垂直方向に移動可能な z 軸ステージ部61 z と、 z 軸ステージ部61 z 上に設けられた旋回機構62と、旋回機構62に固定されてワーク10を保持可能なホルダ63を旋回機構62の旋回中心と直交する軸を中心に回転する回転機構64とを備える。これら各ステージ部61 x ~61 z 、旋回機構62、回転機構64の各駆動部は、例えばステッピングモータが用いられ、エンコーダにより各位相を制御機構70にフィードバックできる。

[0058] レーザビーム照射機構50は、QスイッチによりレーザビームLをパルス発振するレーザ発振機51と、レーザビームLをスポット状に集光させる集光レンズ52と、集光レンズ52からのレーザビームLを走査するガルバノスキャナ等のビーム走査系53と、レーザビームLの照射位置を撮影するCCDカメラ等の撮影部54とを備えている。

[0059] レーザ発振機51は、190nm~1100nmの短波長のレーザビームLを照射できる光源を使用でき、例えば本実施形態では、波長355nmのレーザビーム(Nd:YAGレーザ波の第3高調波)を発振して出射できるものを用いている。ビーム走査系53は、工具保持機構60の真上に配置されている。

[0060] 制御機構70は、全体の動作を制御するもので、レーザビームLの旋回軌道の半径、旋回軌道における後述のウェイト時間などを設定するプログラムを有している。

[0061] 次に、このように構成されるレーザ加工装置201を使用して、ワーク1

0の表面に被覆されたダイヤモンド被膜2を加工して、基体すくい面12上の領域の工具すくい面42と、基体逃げ面13上の領域の工具逃げ面43と、工具すくい面42と工具逃げ面43との間に工具切れ刃部41とを形成する方法について説明する。

[0062] レーザ加工工程では、図7に示すように、基体すくい面12上のすくい面側ダイヤモンド被膜22の厚み方向に複数層（図7では9層）の加工レイヤー25を設定する。そして、レーザビームLの照射方向を各加工レイヤー25に対して垂直に（すなわち、すくい面側ダイヤモンド被膜22の表面に対して垂直に）、かつレーザビームLの走査方向を図1に複数の矢印で示したように基体切れ刃部11の延在方向に直交する方向とし、レーザビームLを照射して一定速度で等間隔でハッチング走査することにより、加工レイヤー25毎にダイヤモンド被膜2の所定部分を除去して、工具すくい面42を加工するとともに、工具すくい面42と工具逃げ面43との間に工具切れ刃部41を形成する。

[0063] 図1に示すように、工具切れ刃部41の刃先先端位置におけるレーザビームLの走査線の間隔を一定にして行くと、図1に示すボールエンドミル101のような外方に向けて凸となる刃先形態では、工具すくい面42（基体すくい面12）の内側では外側よりもレーザビームLの走査線の密度が高まるため、刃先先端よりも工具すくい面42の内側部分の加工量が大きくなってしまう。そこで、個々の走査線の長さを調整することにより、工具すくい面42の内側部分から刃先までの間で走査線の密度が一定となるようにしてもよい。

[0064] 各加工レイヤー25において、隣接するレーザビームLのオーバーラップKは50%以上とするのが良い（図9参照）。図9に示すように、レーザビームLの集光直径をBとし、レーザビームLを走査した際に走査線間で隣接するレーザビームLの集光直径Bの中心間距離をAとすると、 $A = B$ のときにオーバーラップKが0%となり、 $A = (B / 2)$ のときにオーバーラップKが50%となる。オーバーラップKを50%以上とすることで、加工面を

凹凸のない滑らかな面に仕上げることができる。

[0065] このようなレーザビームLの走査を、各加工レイヤー25において繰り返し行うことで、すくい面側ダイヤモンド被膜22の所定部分を除去して三次元形状の加工面を形成していき、工具すくい面42を加工して、工具すくい面42とともに、工具逃げ面43と工具切れ刃部41とを形成する。

[0066] 例えば、図2に示すように、刃先の高さhが0未満 ($h < 0 \mu\text{m}$)、刃先すくい角 θ が負 ($\theta < 0^\circ$) の刃先すくい面44及び工具切れ刃部41を形成する場合には、図7に実線矢印S1で走査線を示したように、加工レイヤー25毎のレーザビームLの走査線S1の走査停止位置を加工予定の工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも外側に設定する。

[0067] 図7に示すように、工具基体1の表面を被覆して形成されたダイヤモンド被膜2は、すくい面側ダイヤモンド被膜22と逃げ面側ダイヤモンド被膜23との間の表面が円弧面となる。したがって、各加工レイヤー25に対してレーザビームLを照射すると、各加工レイヤー25の刃先近傍においてはレーザビームLの照射位置が工具中心側と比べて深く照射される。換言すると、走査線S1が直線状であっても、ダイヤモンド被膜2の表面が円弧面である部分では円弧面に沿ってダイヤモンド被膜2が除去される。

[0068] つまり、各加工レイヤー25内においてレーザビームLの照射距離が変化することにより、特に刃先近傍の加工面形状が大きく加工される。これにより、他の部分と比べて刃先近傍を深く加工でき、刃先すくい角 θ が負となる刃先すくい面44と、刃先の高さhが0未満の工具切れ刃部41とを加工できる。

[0069] この刃先すくい角 θ としては、 $-20^\circ < \theta < -5^\circ$ が好適である。

[0070] 刃先すくい角 θ の大きさを制御するには、各々のハッチング走査におけるレーザビームLの停止位置を制御することで調整できる。例えば、図7に示すように全てのレイヤーでレーザビームLを切れ刃の外側まで走査すると、元の刃先のダイヤモンド被膜2の丸みの影響により刃先すくい角 θ は小さくなる（負の側に大きくなる）。

- [0071] これに対して、図8に示すように、加工レイヤー25毎のレーザビームLの走査を、加工予定の工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも外側に走査停止位置を有する走査線S1（実線矢印）と、加工予定の工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも内側に走査停止位置を有する走査線S2（破線矢印）とを組み合わせて行くと、刃先すくい角 θ を大きい方（絶対値としては小さい方）に調整できる。
- [0072] この際、加工予定の工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも内側に走査停止位置を有する走査線S2については、各走査停止位置を例えば図8に二点鎖線で示すような曲線46上に設定して照射することで、段差のない滑らかな加工面形状を高精度に形成できる。
- [0073] このように、レーザビームLの走査線S1、S2の走査停止位置を調整することにより、加工面に照射されるレーザビームLのエネルギー密度を容易に調整できるので、すくい面側ダイヤモンド被膜22の所定部分を除去して、三次元形状の加工面（刃先すくい面44）を容易に形成できるとともに、刃先先端が鋭利な刃先を形成できる。
- [0074] なお、図8では、工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも外側に走査停止位置を有する走査線S1と、工具切れ刃部41の刃先先端位置よりも内側に走査停止位置を有する走査線S2とを、交互に実施しているが、これに限定されるものではない。加工面形状に応じて、外側の走査線S1と内側の走査線S2との走査タイミングや回数を組み合わせることができる。

実施例

- [0075] 本実施形態のボールエンドミル（直径2.0mmの二枚刃ボールエンドミル）を実際に作製した。まず、工具基体の上に、表1に示す条件の熱フィラメントCVD法により、平均粒径の異なる二層構造の多結晶ダイヤモンド被膜を成膜した。
- [0076] フィラメントの材質はタングステン99質量%、フィラメントの径は0.4mmとした。工具基体とフィラメントの距離を10mmに維持し、フィラメントはエンドミルの軸方向に対し垂直方向に張った。成膜前にガス圧 1

kPa、メタン流量30SCCM(1atm, 0°C)、水素流量3000SCCM(1atm, 0°C)に調整し、フィラメントを1500°Cに2時間保持することでフィラメントを炭化させた。なお、ガス流量の単位「SCCM」は、スタンダード条件(1atm, 0°C)換算における体積流量(cc/min)である。

[0077] 成膜に際しては、工具基体の温度が800°C~900°Cになるようにフィラメントの温度を調整した。このときのフィラメント温度は2100±50°Cの範囲で制御した。フィラメント温度は放射温度計で測定し、工具基体の温度は超硬合金基体エンドミルのシャンク側より熱電対を挿入して測定した。膜厚および層厚は、成膜時間を調整することで変えることができる。表1に示す条件番号1~3が第1ダイヤモンド層、条件番号4~10が第2ダイヤモンド層に相当する。

[0078] 結晶粒径の制御は、表1に示すように成膜時のガス条件を変えることで行った。表1における平均粒径とは、被膜の垂直断面において観察される個々のダイヤモンド粒子について工具基体表面に垂直な方向の長さ(a)と工具基体表面に平行な方向の長さ(b)との平均値((a+b)/2)で定義する粒径の算術平均値である。粒子形状は、個々のダイヤモンド粒子の前述の長さ(a)と長さ(b)との比(a/b)の算術平均値が1.5未満の場合を球状、1.5以上の場合を柱状とした。

[0079] <ダイヤモンド粒子の平均粒径、および、粒子形状の定義及び測定方法>

対象の工具の刃先近傍の未処理部におけるダイヤモンド被膜を工具基体の法線に平行な方向で薄片化して薄片試料を作製する。得られた薄片試料について、個々の粒子輪郭が判別出来るよう調整したTEMの暗視野像、またはTEMプローブを用いたEBSD測定で得た結晶方位により粒子を色分けしたカラーマッピング画像のいずれかを取得する。

[0080] その画像上にて、被膜表面に平行な長さ3μmの線分を、被膜表面から被膜と工具基体の界面へ向かって垂直な方向に0.5μm間隔で引き、それらの各線分上に交わる全ての粒子の工具基体表面に垂直な方向の長さ(a)と

工具基体表面に平行な方向の長さ（ b ）の平均値（ $(a + b) / 2$ ）の算術平均値を、被膜のその位置における平均粒径と定義する。

[0081] その工具基体表面に垂直な方向の長さ（ a ）を工具基体表面に平行な方向の長さ（ b ）で割った値（ a / b ）の算術平均値を、その位置における粒子のアスペクト比と定義する。そのアスペクト比が1.5未満の場合を球状粒子、1.5以上の場合を柱状晶粒子と判断する。

[0082] 強度比 d / G の値については、前述の膜の断面（薄片試料）に対し、波長 532 nm 、直径 $0.5 \mu\text{m}$ のレーザを光源としてラマンスペクトルを測定し、波形分離後の 1330 cm^{-1} 付近に見られる鋭いピーク（ sp^3 結合バンド、 d バンド）のピーク強度 d と、 1580 cm^{-1} 付近に見られる比較的ブロードなピーク（ sp^2 結合バンド、 G バンド）のピークの強度 G を読み取り、強度 d を強度 G で割った値を強度比 d / G とする。強度比 d / G の測定についても、上記と同様に、被膜表面から $0.5 \mu\text{m}$ 間隔で行うこととする。

[0083] [表1]

条件番号	平均粒径 (μm)	粒子形状	d / G	成膜条件				成膜速度 ($\mu\text{m/h}$)
				全圧 (kPa)	CH_4 ガス流量 (SCCM)	H_2 ガス流量 (SCCM)	O_2 ガス流量 (SCCM)	
1	0.01	球状	0.1	0.3	90	3000	0	1.5
2	0.05	球状	0.3	0.3	70	3000	0	1.5
3	0.13	球状	0.6	0.3	60	3000	0	1.5
4	0.15	柱状	0.8	0.3	50	3000	0	1.5
5	0.3	柱状	1.0	0.3	45	3000	0	1.3
6	0.7	柱状	1.1	0.5	40	3000	0	1.5
7	1.5	柱状	1.5	0.5	30	3000	0	1.5
8	3.7	柱状	1.8	0.5	30	3000	0	2
9	4.4	柱状	3.5	0.8	30	3000	5	1.3
10	5.2	柱状	8.0	1.0	30	3000	10	1.2

[0084] 次に、図1および図7に示すように、すくい面に垂直に照射したレーザビームを、切れ刃稜線に垂直な方向に一定速度にて等間隔でハッチング走査し、それを複数回繰り返すことで、すくい面のダイヤモンド膜厚を任意の厚さに加工した。使用したレーザ加工条件は、以下の通りである。

[0085] (レーザ加工条件)

レーザ波長：355 nm

パルス幅：30 ns

繰り返し周波数：200 kHz

出力：0.5 W

レーザビームの集光直径：10 μ m

レーザビームの走査速度：200 (mm/s)

レーザビームの走査線の間隔(中心間距離A)：2 μ m

[0086] このレーザ加工条件では、一回のハッチング走査により約1 μ mの深さでダイヤモンド被膜が加工された。また、前述した走査線の制御により、刃先すくい角 θ を $-20^\circ < \theta < -5^\circ$ の範囲で調整した。

[0087] このレーザ加工条件を用いて実際に加工された刃先の断面をFIB (Focused Ion Beam) 加工により露出させ、SEM観察を行ったところ、表2に示すサンプル1~30(実施例)の工具はいずれも、刃先先端(第1ダイヤモンド層により構成された角部)の曲率半径は0.8 μ m以下の非常にシャープなものであった。

[0088] なお、上述した刃先先端の曲率半径は、工具切れ刃部41の丸みを円で近似した半径である。このような非常にシャープな刃先は、上述のレーザ加工条件のように、単位面積あたりのレーザのパルスエネルギー(フルエンス)をダイヤモンド被膜の加工閾値近傍とした場合においてのみ見られる特有のものである。一方、ダイヤモンド被覆の加工閾値よりも十分に高いフルエンスでレーザ加工した場合(例えば上記条件で出力を5 Wとした場合)は、レーザ加工後の刃先の曲率半径は加工前の刃先の曲率半径に依存し、加工前の刃先の曲率半径の半分程度となる。(特開2018-103338号公報参照)

[0089] また、サンプル1~30のいずれの工具においても、刃先から50 μ m、または、刃先から工具直径の1/10までのすくい面のダイヤモンド被膜の膜厚 d_1 を5.0 μ m以下の範囲に調整した。逃げ面のダイヤモンド被膜の膜

厚 d_2 は、表2の第1ダイヤモンド層の膜厚と第2ダイヤモンド層の膜厚を足した値である。

- [0090] 比較例として、表1の条件番号5の場合の第2ダイヤモンド層の単層膜としたサンプル41の工具、露出した境界の高さ h を正の値としたサンプル42の工具も作製した。これらの比較例のサンプル40, 41についても、刃先から工具直径の $1/10$ までのすくい面のダイヤモンド被膜の膜厚 d_1 を $5.0\mu\text{m}$ 以下の範囲に調整した。
- [0091] 表2は、上記の方法で作製した各種サンプルの工具について、逃げ面側ダイヤモンド被膜の第1ダイヤモンド層および第2ダイヤモンド層のそれぞれの膜厚、露出した境界部の高さ h 及び (L_2/L_1) の実測値、及び、切削試験を行った際の被削材の光沢度とその判定結果を示す。表2の条件番号は、サンプル作製時に使用したダイヤモンド被膜の成膜条件等を示す表1の条件番号に対応する。
- [0092] 各サンプルの工具における逃げ面側ダイヤモンド被膜において、前述のようにダイヤモンド粒子の平均粒径を測定しながら、被膜表面から $0.5\mu\text{m}$ 間隔で調べていった際に、第1ダイヤモンド層の条件（ダイヤモンド粒子の平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ 未満）を満たすまでの厚さ範囲を、第1ダイヤモンド層と判断する。第2ダイヤモンド層も同様である（ダイヤモンド粒子の平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ 以上）。
- [0093] 切削試験は、平均粒度 $1.0\mu\text{m}$ 未満の超硬合金（ISO K10相当）からなる直径 20mm の円盤状の被削材に対し、各サンプルの工具を用いて、ドライ加工にて、回転速度 $30,000\text{min}^{-1}$ 、送り速度 $300\text{mm}/\text{min}$ 、切り込み量 $a_e=0.03\text{mm}$ （加工幅、幅方向のステップ量）、 $a_p=0.05\text{mm}$ （加工深さ）という切削条件で平面切削を行った。直径 20mm の円盤状の被削材全面を加工幅 $a_e=0.03\text{mm}$ で平面研削した場合、切削長は約 10m である。
- [0094] 切削試験後、各被削材の光沢度を測定し、加工品質を判定した。表2中に示す光沢度は、光沢度計（日本電色工業株式会社製 PG-1M）を用いて

、入射角 20° にて、被削材の中央部 $10.0\text{mm}\times 10.6\text{mm}$ の領域に対し、被削材を 90° ごとに回転して計4回測定した光沢度（単位：G l o s s U n i t）の平均値である。加工品質の評価は、その光沢度の平均値について、サンプル41による被削材の光沢度を基準として、サンプル41による被削材の光沢度の2倍以上をA、1～2倍をB、下回るものをCとした。

[0095] [表2]

	工具 逃げ角 [$^{\circ}$]	第2 ダイヤモンド層		第1 ダイヤモンド層		露出した 境界部の 高さ h[μm]	L2/L1	光沢度 [GU]	判定
		条件 番号	膜厚 [μm]	条件 番号	膜厚 [μm]				
1	15	5	5	1	3	-0.2	2.5	601	A
2	15	5	5	1	6	-0.5	5.1	623	A
3	15	5	5	1	10	-0.1	8.5	395	B
4	15	5	10	1	3	-0.5	2.2	578	A
5	15	5	10	1	3	-2.5	3	610	A
6	15	5	10	1	6	-0.1	4.4	661	A
7	15	5	10	1	6	-2.7	6	560	A
8	15	5	10	1	10	-0.4	7.4	411	B
9	15	5	15	1	3	-0.2	2	570	A
10	15	5	15	1	6	-0.2	4	652	A
11	15	5	15	1	10	-0.3	6.6	501	B
12	25	5	2	1	1	-0.5	1.5	371	B
13	25	5	5	1	3	-0.1	2.1	612	A
14	25	5	5	1	6	-0.3	4.1	695	A
15	25	5	5	1	10	-0.4	6.9	523	B
16	25	5	10	1	3	-0.2	1.6	494	B
17	25	5	10	1	3	-4.3	3.1	642	A
18	25	5	10	1	6	-4.5	6.1	554	B
19	25	5	15	1	3	-0.2	1.3	412	B
20	25	5	15	1	6	-0.2	2.5	580	A
21	25	5	15	1	10	-0.3	4.2	663	A
22	25	5	15	1	10	-6.5	10.2	335	B
23	35	5	5	1	3	-0.1	16.4	399	B
24	35	5	5	1	3	-2.9	3.3	599	A
25	35	5	5	1	10	-0.4	3.6	632	A
26	35	5	5	1	10	-2.7	7.2	398	B
27	35	5	10	1	6	-0.5	1.6	401	B
28	35	5	10	1	6	-5.8	4.5	604	A
29	35	5	10	1	10	-0.2	2.5	578	A
30	35	5	10	1	10	-6.1	7.2	388	B
41	25	5	15	無し	無し	-0.3	無し	280	基準
42	25	5	15	1	6	1.5	2.1	225	C

- [0096] 表2に示すように、サンプル1～30の工具による被削材のいずれも、サンプル41の工具による被削材より光沢度が上回った。特に、 $2 < (L2 / L1) \leq 6$ の範囲であるサンプルの工具による被削材にて、Aの判定結果となった。サンプル42は露出した境界の高さhを正の値とした場合であるが、被削材の光沢度がサンプル41の工具による被削材の光沢度よりも低く、Cの判定結果となった。
- [0097] 図10は、表2のなかの $(L2 / L1)$ と被削材の光沢度との関係をグラフに示したものである。 $2 < (L2 / L1) \leq 6$ の範囲で、被削材の光沢度が優れているのがわかる。
- [0098] 図11Aおよび11Bは、サンプル17（実施例）の工具の切削前後の刃先のSEM像であり、符号M17は切れ刃、符号N17はすくい面を示す。図12Aおよび12Bは、サンプル41（比較例）の切削前後の刃先のSEM像であり、符号M41は切れ刃、符号N41はすくい面を示す。サンプル17では、刃先の微粒層（幅 $3 \mu\text{m}$ ）が摩耗し、粗粒が刃先となっている様子が外観から分かる。サンプル17では、刃先の一部で小さなチップングが発生しているだけであったが、サンプル41では図12Bに示すように大きなチップングが発生していた。なお、サンプル17はすくい面N17のダイヤモンド膜厚が $2 \mu\text{m}$ であり、サンプル41はすくい面M17のダイヤモンド膜厚が $0 \mu\text{m}$ （超硬合金の基体が露出）のものである。
- [0099] 図13Aはサンプル17の工具による切削試験後の被削材の写真であり、図13Bは、その中央付近（切削長約5m）のSEM像である。図14Aおよび14Bはサンプル41の工具による切削試験後の被削材の写真とその中央付近（切削長約5m）のSEM像である。サンプル17の工具による被削材は加工面の光沢度が高く、SEM像上でも加工した痕跡はほぼ見えなかった。
- [0100] サンプル41の工具による被削材は、写真上で切削初期（切削長2m程度まで）は光沢が見られるが、それ以降では光沢度が劣っていることが分かる。図14A中の矢印Aは工具送り方向を示し、矢印Bはピックフィード方向

を示す。図14Bに示されるように、SEM像では筋状のツールパスが明確に見え、所々にWC粒子のむしれによるものと思われる直径数 μm 程度の凹みが多く見られた。

[0101] 表3は、サンプル17と同様の工具形態および膜厚で、第2ダイヤモンド層と第1ダイヤモンド層の結晶粒径（成膜条件）を変えたものを作製し、上記と同じ条件で切削試験を行った結果である。サンプル32はサンプル17と同じ条件である。

[0102] [表3]

	工具逃げ角 [°]	第2 ダイヤモンド層		第1 ダイヤモンド層		露出した 境界部の 高さ h[μm]	L2/L1	光沢度 [GU]	判定
		条件 番号	膜厚 [μm]	条件 番号	膜厚 [μm]				
31	25	3	10	1	3	-4.2	3.1	283	C
32	25	5	10	1	3	-4.3	3.1	642	A
33	25	10	10	1	3	-4.3	3.1	442	B
34	25	5	10	2	3	-4	3	355	B
35	25	4	10	3	3	-4.3	3.1	332	B
36	25	8	10	3	3	-4.2	3.1	630	A
37	25	10	10	3	3	-4.5	3.3	625	A
38	25	8	10	4	3	-4.4	3.3	221	C

[0103] 表3に示すように、第2ダイヤモンド層の平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ を下回るサンプル31、または、第1ダイヤモンド層の平均粒径が $0.15\mu\text{m}$ 以上であるサンプル38では被削材の光沢度が低く判定がCとなり、それ以外のものはいずれも、被削材の光沢度が良好で、AまたはBの判定となった。

[0104] 以上説明したように、工具すくい面における基体切れ刃部の先端から $50\mu\text{m}$ までの膜厚を $5.0\mu\text{m}$ 以下とすることで剥離が抑制できていた。この場合、工具すくい面のダイヤモンド被膜の厚さをゼロとしても（完全に除去しても）、基体すくい面の露出した基体に、切りくず流れによる損傷は全く見られなかった。

[0105] 以上のように、本実施形態の工具は、剥離やチッピングによる欠陥を生じることなく、平滑な加工面を得ることができた。

- [0106] なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。
- [0107] 例えば、第1ダイヤモンド層および第2ダイヤモンド層は、それぞれの領域内において、その領域として判別される条件範囲内であれば（各層間の判別が可能である範囲で）、ダイヤモンド粒子の粒径等が断続的、または、連続的に変化する積層構造としても良く、その結晶粒も必ずしも被膜表面側が相対的に微粒である必要も無い。例えば、第1ダイヤモンド層が表面側から基体に向けて微粒から超微粒となる積層構造となっても良い。また、第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層の境界についても、必ずしも明確な（不連続な）界面が存在する必要はなく、例えば結晶粒径が連続的に変化していても良い。また、ダイヤモンド被膜として、窒素やホウ素などの元素をドーピングしたものを用いても良い。
- [0108] 本発明の工具は、ダイヤモンド被膜全体が第1ダイヤモンド層と第2ダイヤモンド層との2層を有する構造である必要はない。工具の標準切削条件における1刃あたり送り量（通常、超硬合金を被削材とした場合は5 μ m程度）よりも刃先先端から離れた箇所のスくい面については、被削材との直接的な接触が無く、微細な切りくずが表面を滑るのみで摩耗がほとんど発生しないため、例えば微粒ダイヤモンドで構成した第1ダイヤモンド層のみの単層構造であっても良い。更には、粗粒ダイヤモンドからなる第2ダイヤモンド層と微粒ダイヤモンドからなる第1ダイヤモンド層を複数層ずつ交互に積層した多層構造としても良い。
- [0109] この場合、スくい面のダイヤモンド被膜の膜厚d1の大きさによっては、スくい面表層のダイヤモンド層が第2ダイヤモンド層（粗粒ダイヤモンドからなる層）となるとは限らず、例えば、第1ダイヤモンド層（微粒ダイヤモンドからなる層）となる場合もある。
- [0110] また、前述のスくい面のレーザ加工後に、レーザ加工や研削加工などを用いて、刃先先端のダイヤモンド被膜（第1ダイヤモンド層）を、逃げ角が略ゼロとなる略平面で、面取り加工を行っても良い。予め面取り加工を行うこ

とで、切削初期と切削中期以降における工具径の差が減少し、加工精度を向上させることが出来る。

[0111] また、上記実施形態ではボールエンドミルについて説明したが、工具基体の表面にダイヤモンド被膜を有する回転切削工具、例えば刃先を一体に形成したドリルやその他のエンドミル、インサートなどの切削工具においても、本発明を適用できる。またそのような切削工具において、曲線状の切れ刃部、曲線状の切れ刃部と直線状の切れ刃部との組合せなど、多様な構成を広く適用できる。

[0112] なお、第1ダイヤモンド層および第2ダイヤモンド層については、各層におけるダイヤモンド粒子の平均粒径、アスペクト比、ラマンスペクトルの強度比の全てが上述した範囲を同時に満たす必要はない。各層の比較としては、第2ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子が第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子よりも大きければよく、平均粒径、アスペクト比、分光強度比はそれぞれ必要に応じて好ましい範囲を満たせばよい。

産業上の利用可能性

[0113] 切削加工において、切削工具の切れ刃部の剥離やチップングによる欠陥の発生を防止でき、平滑な加工面を得ることができる。

符号の説明

- [0114] 1 工具基体
2 ダイヤモンド被膜
3 工具先端部
1 1 基体切れ刃部
1 2 基体すくい面
1 3 基体逃げ面
2 2 すくい面側ダイヤモンド被膜
2 3 逃げ面側ダイヤモンド被膜
2 5 加工レイヤー
3 1 第1ダイヤモンド層

- 3 2 第2ダイヤモンド層
- 4 1 工具切れ刃部
- 4 2 工具すくい面
- 4 3 工具逃げ面
- 4 4 刃先すくい面
- 4 5 刃先逃げ面
- 5 0 レーザビーム照射機構
- 5 1 レーザ発振機
- 5 2 集光レンズ
- 5 3 ビーム走査系
- 5 4 撮像部
- 6 0 工具保持機構
- 6 1 x x軸ステージ部
- 6 1 y y軸ステージ部
- 6 1 z z軸ステージ部
- 6 2 旋回機構
- 6 3 ホルダ
- 6 4 回転機構
- 7 0 制御機構
- 1 0 1 ボールエンドミル（ダイヤモンド被覆回転切削工具）
- 2 0 1 レーザ加工装置

請求の範囲

[請求項1] 超硬合金からなる工具基体と、その表面を被覆するダイヤモンド被膜とを備えるダイヤモンド被覆切削工具であって、

前記工具基体は、基体すくい面と、基体逃げ面と、前記基体すくい面と前記基体逃げ面とが交差する稜線に設けられた基体切れ刃部とを備え、

前記ダイヤモンド被膜は、微細なダイヤモンド粒子からなる第1ダイヤモンド層および前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子よりも大きいダイヤモンド粒子からなる第2ダイヤモンド層とを含み、前記基体逃げ面の表面を被覆する平均膜厚 d_2 が $3\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下の逃げ面側ダイヤモンド被膜および平均膜厚 d_1 が $0\mu\text{m}$ 以上 $5.0\mu\text{m}$ 以下又は $0\mu\text{m}$ 以上前記平均膜厚 d_2 未満のいずれか小さい範囲の膜厚で前記基体すくい面の少なくとも所定範囲を被覆するすくい面側ダイヤモンド被膜を構成しており、

前記逃げ面側ダイヤモンド被膜は、その表面を形成する前記第1ダイヤモンド層を備えるとともに、前記第1ダイヤモンド層に隣接して前記工具基体側に前記第2ダイヤモンド層を備え、

前記すくい面側ダイヤモンド被膜は、前記基体すくい面において前記所定範囲として少なくとも前記基体切れ刃部から $50\mu\text{m}$ まで又は工具直径の $1/10$ までのいずれか小さい方の範囲に設けられ、

前記すくい面側ダイヤモンド被膜の表面または前記基体すくい面の表面と前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の端面とが連なって構成された工具すくい面と、前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の前記表面により構成された工具逃げ面と、前記工具すくい面と前記工具逃げ面とが交差する稜線に構成された工具切れ刃部とを備え、

前記基体切れ刃部の垂直断面において、工具回転中心と前記基体切れ刃部とを結ぶ直線を基準線として、前記逃げ面側ダイヤモンド被膜の前記端面における前記第1ダイヤモンド層と前記第2ダイヤモンド

層との境界部が、前記基準線の延長線よりも前記基体逃げ面側で露出している

ことを特徴とするダイヤモンド被覆回転切削工具。

[請求項2]

請求項1に記載のダイヤモンド被覆回転切削工具であって、

前記境界部から前記基準線に平行な方向に $1\ \mu\text{m}$ 工具基体側の箇所における前記基準線の垂線上において、前記第2ダイヤモンド層の長さ L_1 と、前記第1ダイヤモンド層の長さ L_2 との比 (L_2/L_1) が、 $2 \leq (L_2/L_1) \leq 6$ である

ことを特徴とするダイヤモンド被覆回転切削工具。

[請求項3]

請求項1又は2に記載のダイヤモンド被覆回転切削工具であって、

前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は平均粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 未満であり、

前記第2ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子は平均粒径が $0.15\ \mu\text{m}$ 以上である

ことを特徴とするダイヤモンド被覆回転切削工具。

[請求項4]

請求項1又は2に記載のダイヤモンド被覆回転切削工具であって、

前記工具基体の前記表面に垂直な断面上で観察される個々のダイヤモンド粒子の前記工具基体の前記表面に垂直な方向の長さ (a) と前記工具基体表面に平行な方向の長さ (b) の長さ比を (a/b) として、

前記第1ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子の前記長さ比 (a/b) は 1.5 未満であり、

前記第2ダイヤモンド層のダイヤモンド粒子の前記長さ比 (a/b) は 1.5 以上である

ことを特徴とするダイヤモンド被覆回転切削工具。

[請求項5]

請求項1又は2に記載のダイヤモンド被覆回転切削工具であって、

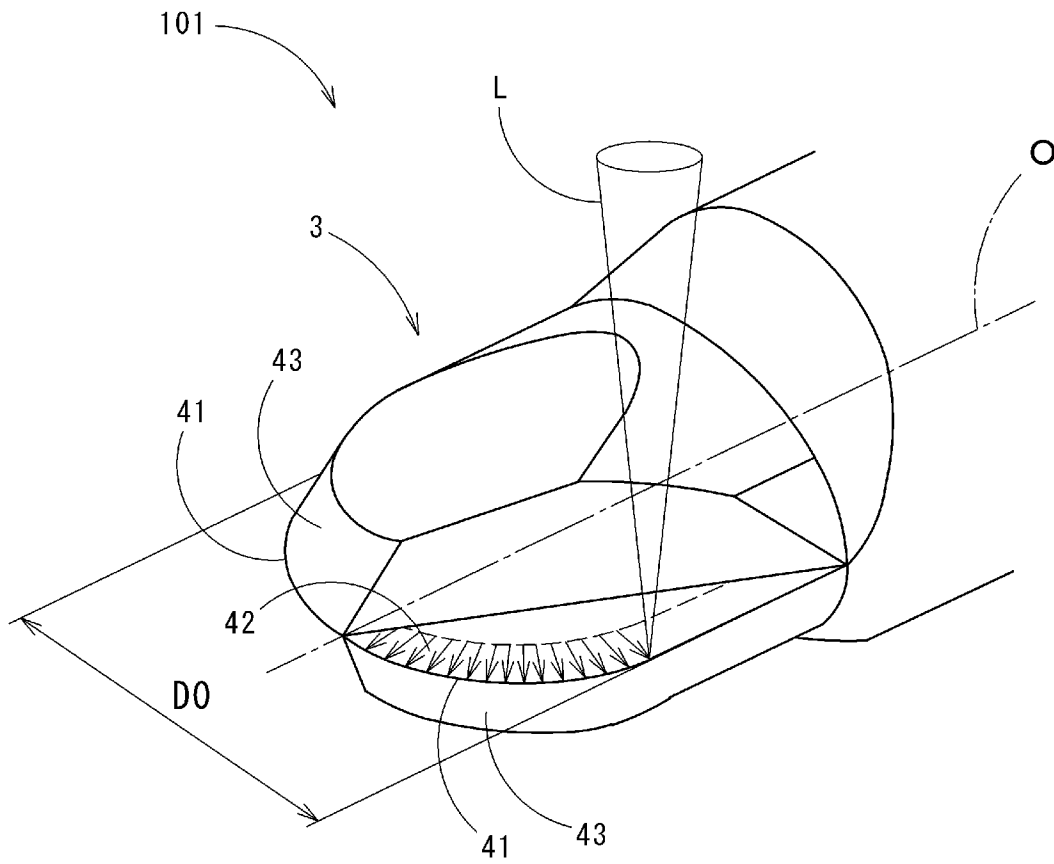
前記工具基体表面に垂直な断面上のダイヤモンド被膜のラマンスペクトルを波形分離し、 $1332\ \text{cm}^{-1}$ 付近に存在するダイヤモンド

の sp^3 混成軌道に由来する鋭いピークの強度 (d) を、 1580 cm^{-1} 付近に存在するグラファイトの sp^2 混成軌道に由来する緩やかなピークの強度 (G) で割った強度比を (d/G) として、

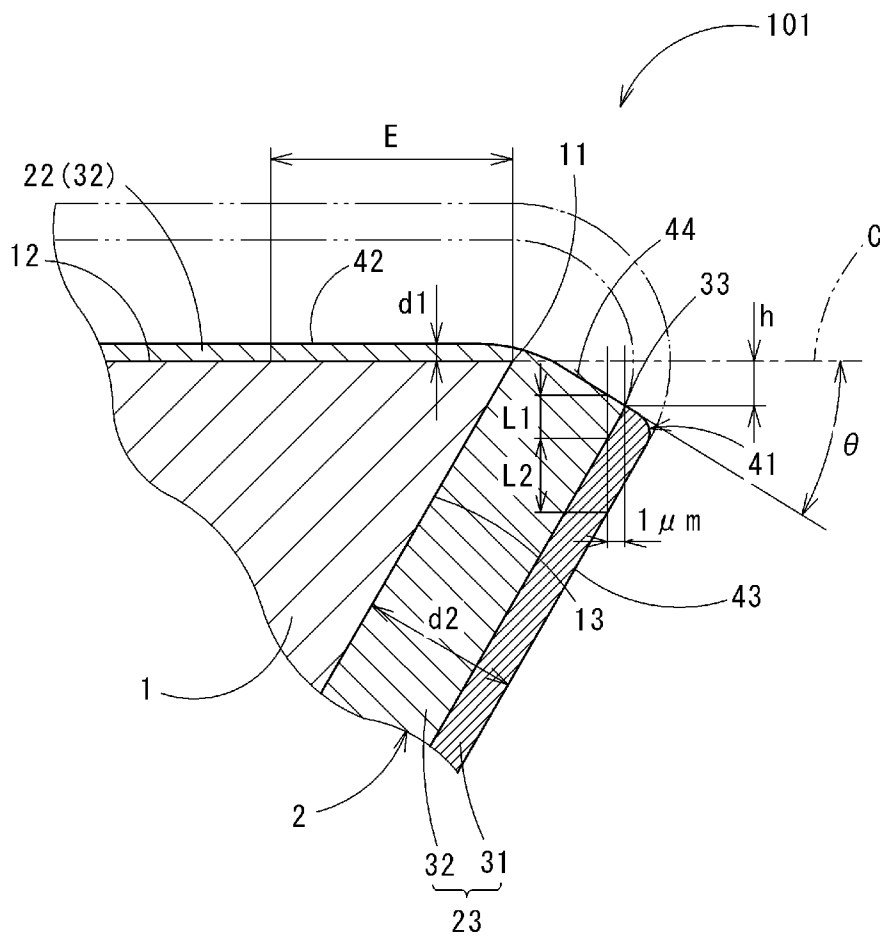
前記第1ダイヤモンド層の前記強度比 (d/G) が $0.1 \leq (d/G) < 0.8$ であり、

前記第2ダイヤモンド層の前記強度比 (d/G) が $0.8 \leq (d/G)$ であることを特徴とするダイヤモンド被覆回転切削工具。

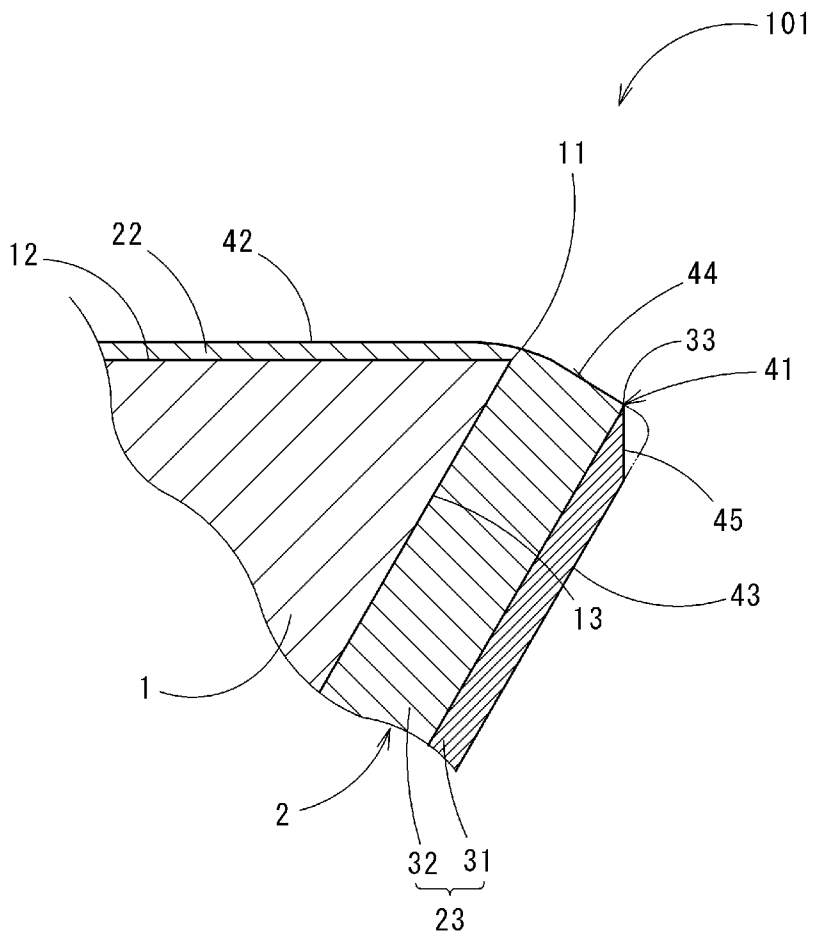
[図1]



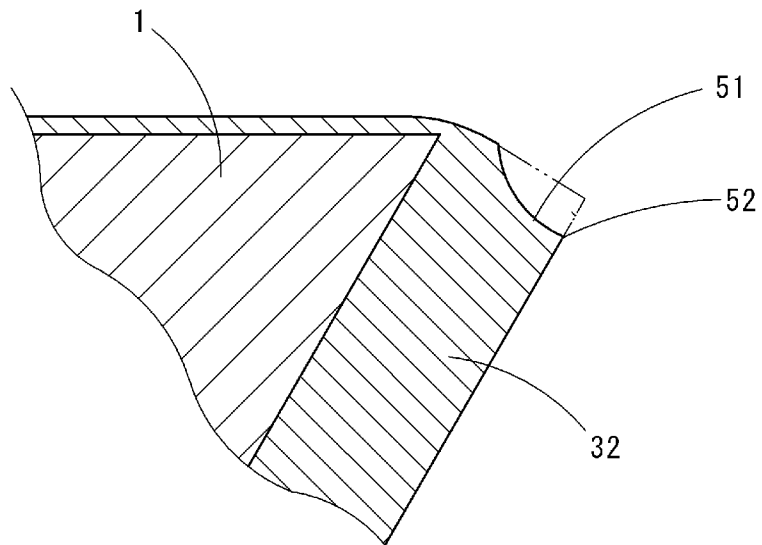
[図2]



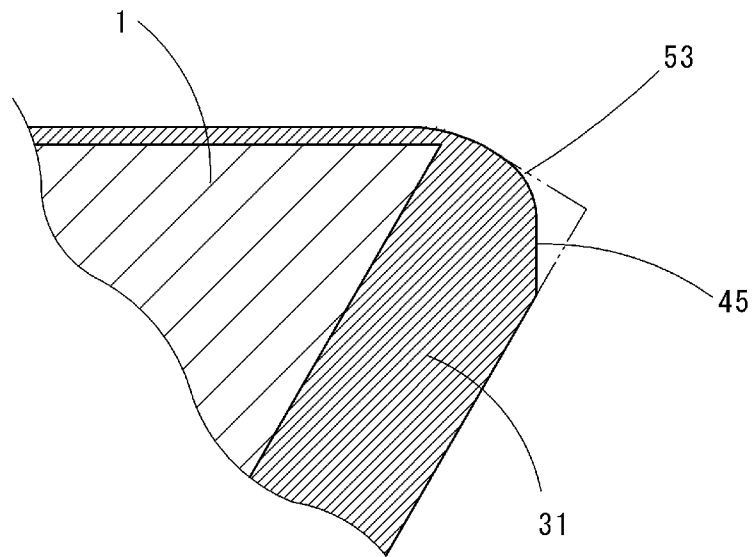
[図3]



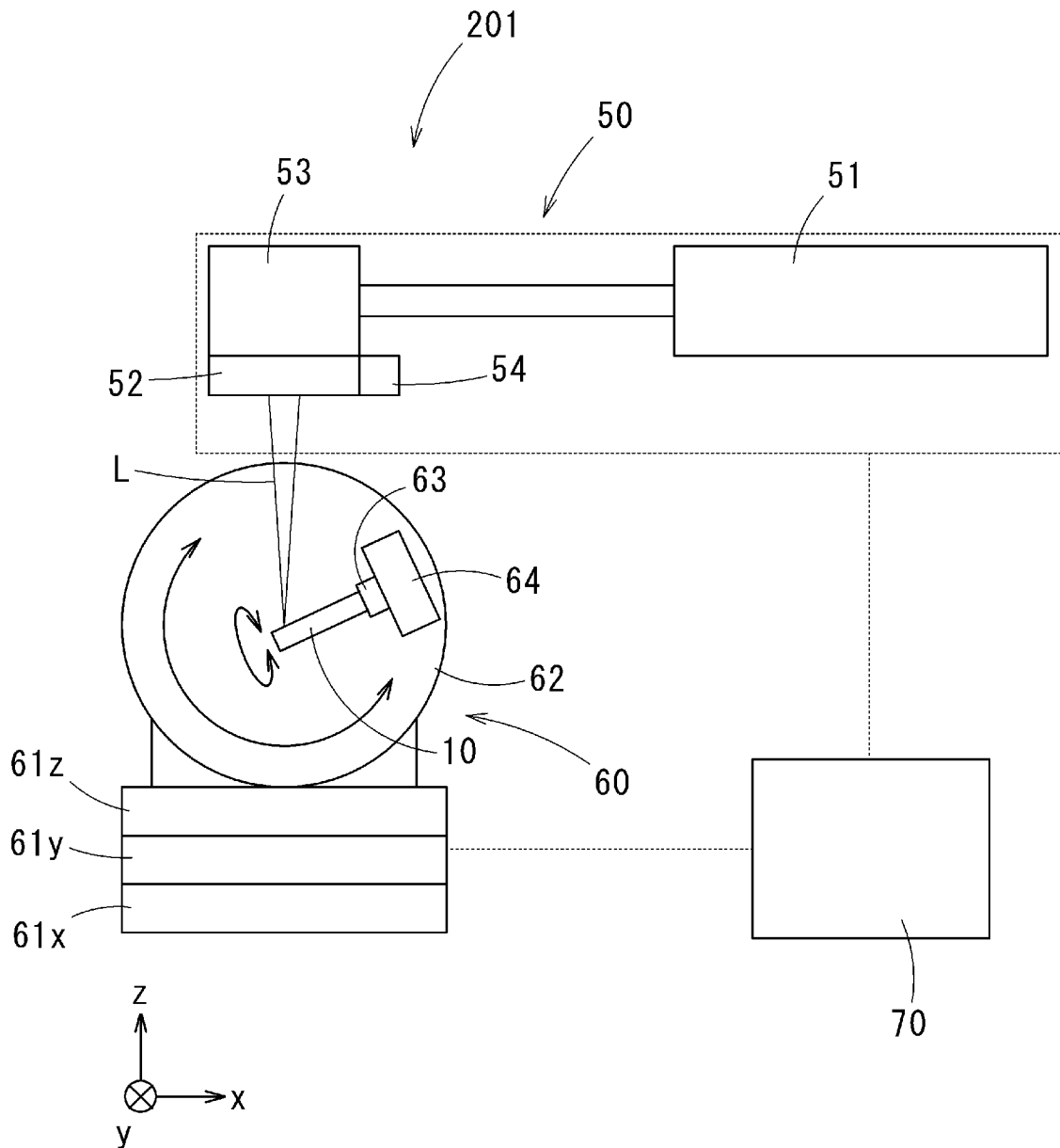
[図4]



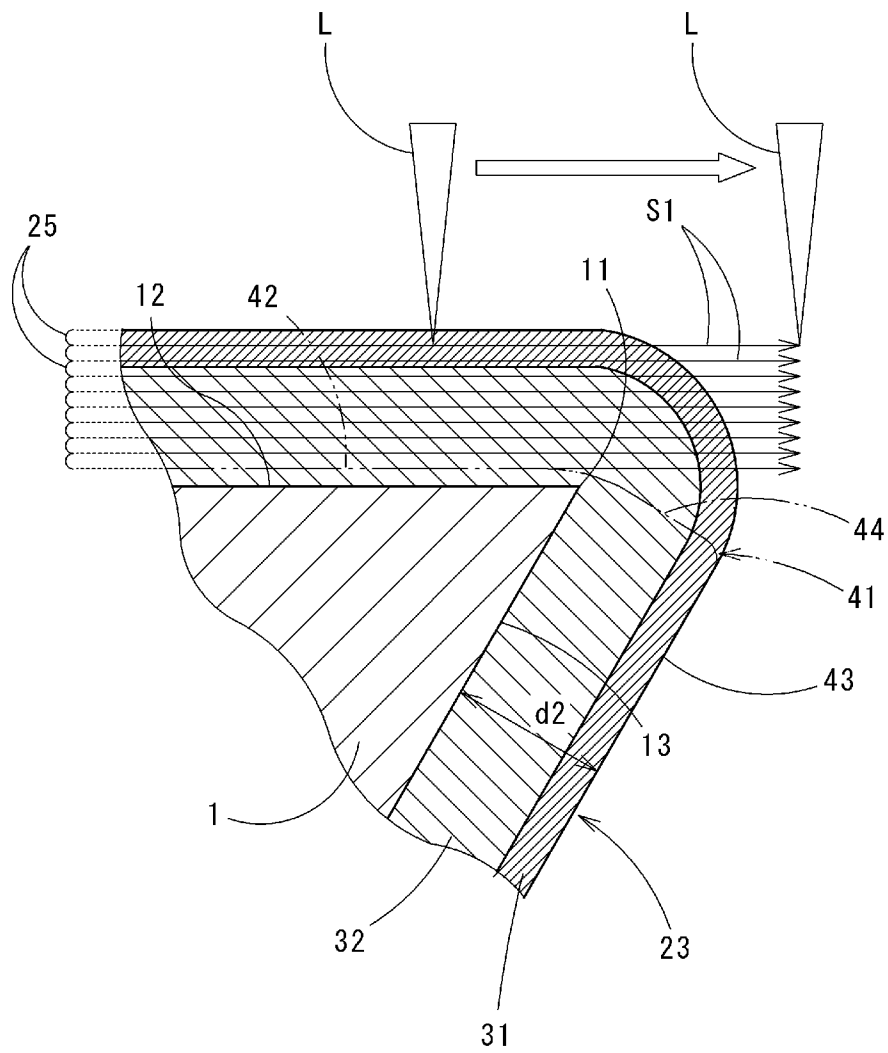
[図5]



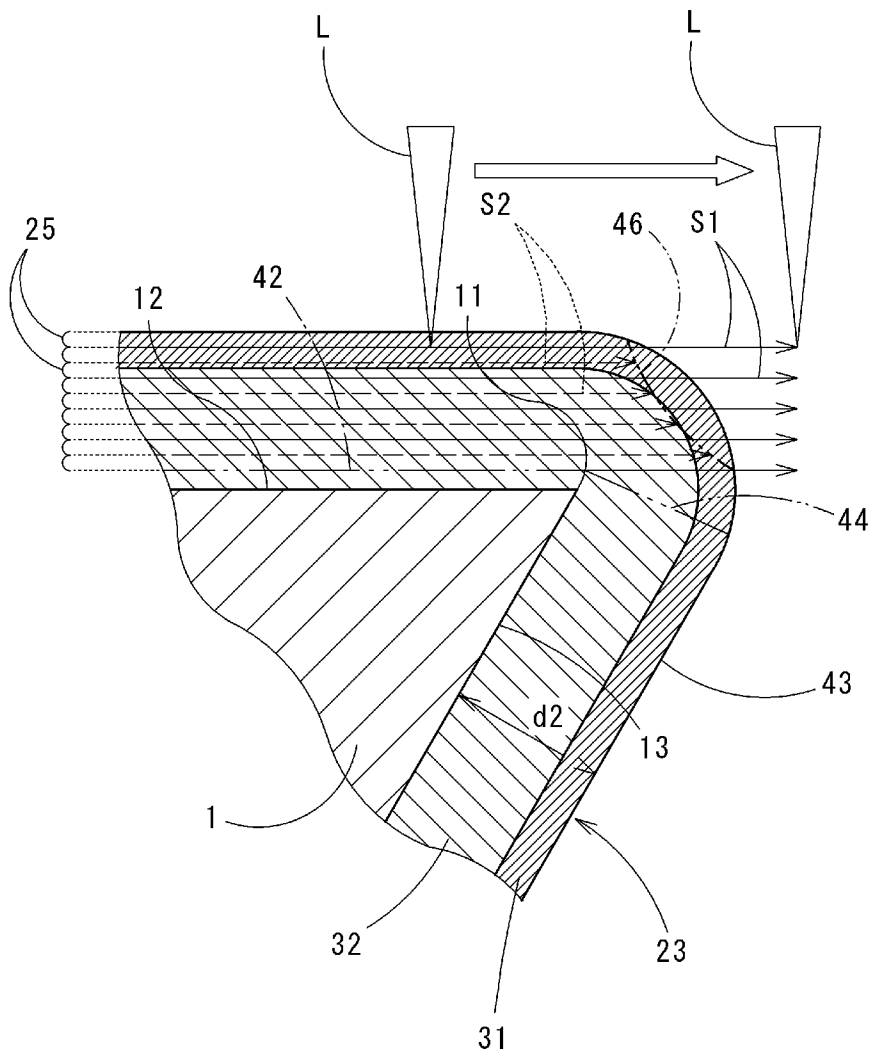
[図6]



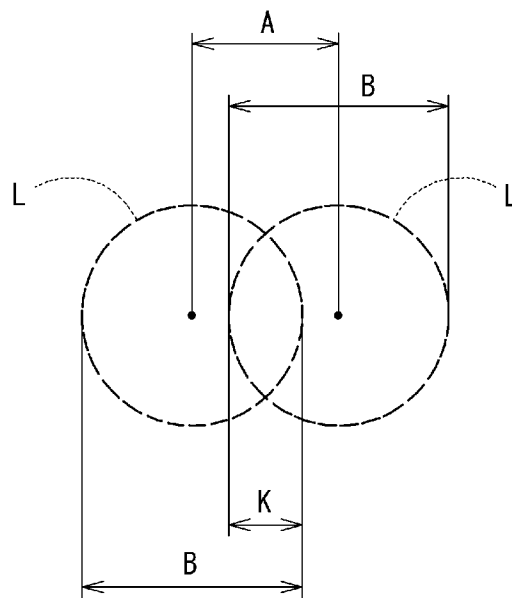
[図7]



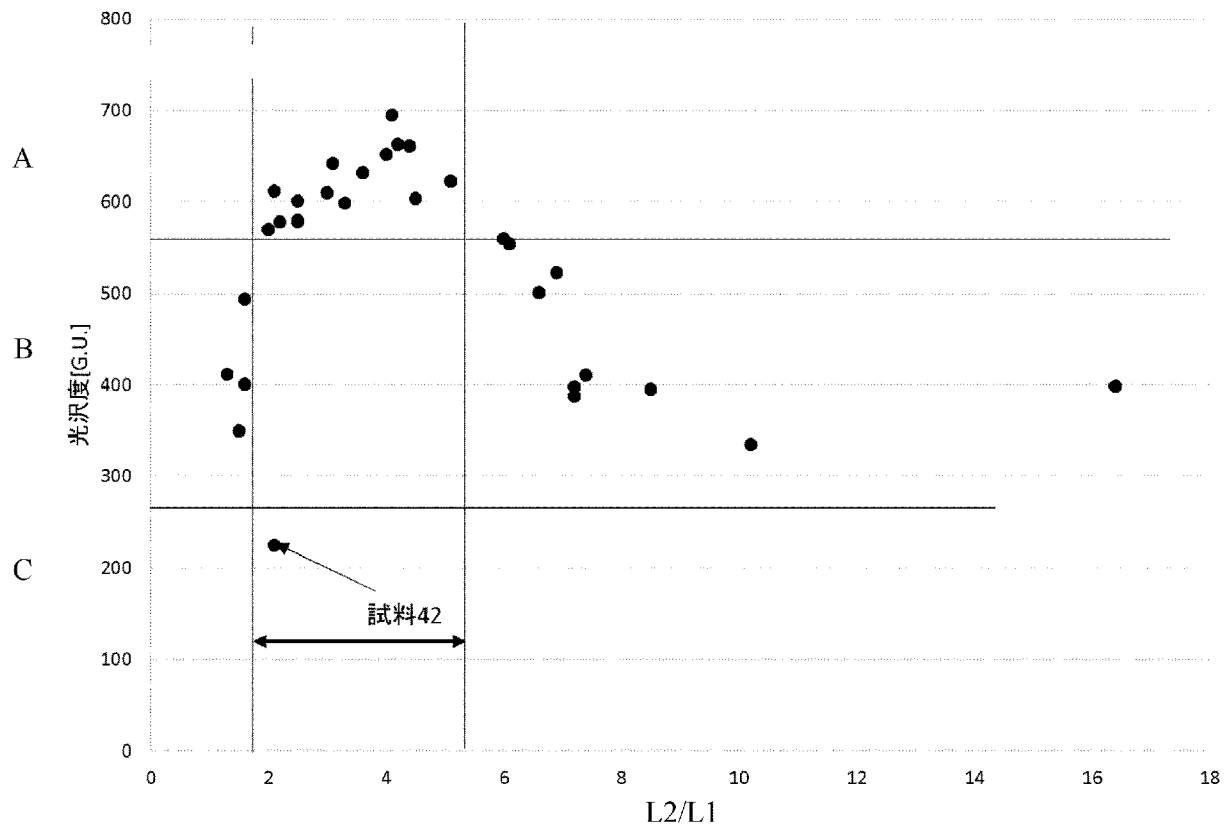
[図8]



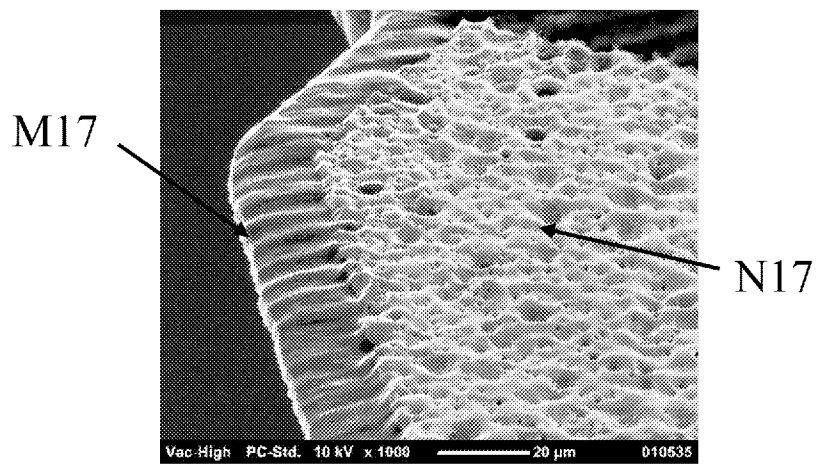
[図9]



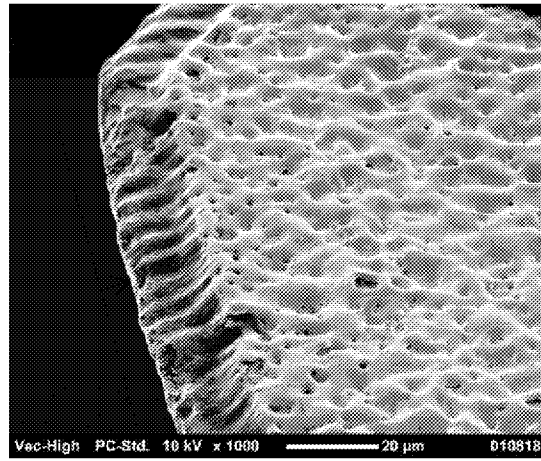
[図10]



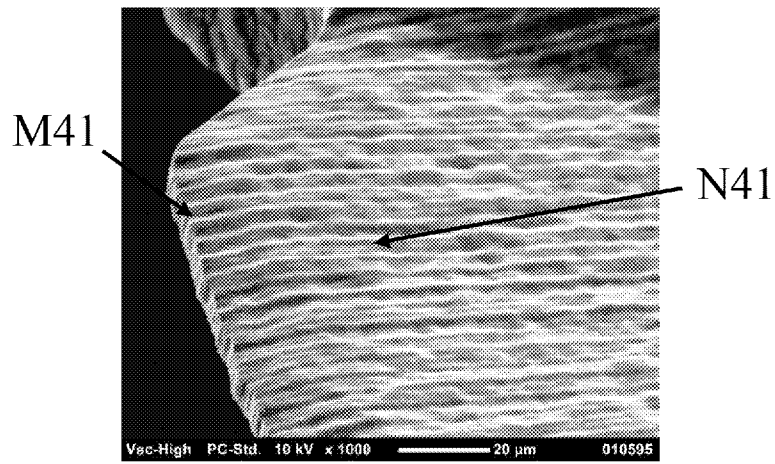
[図11A]




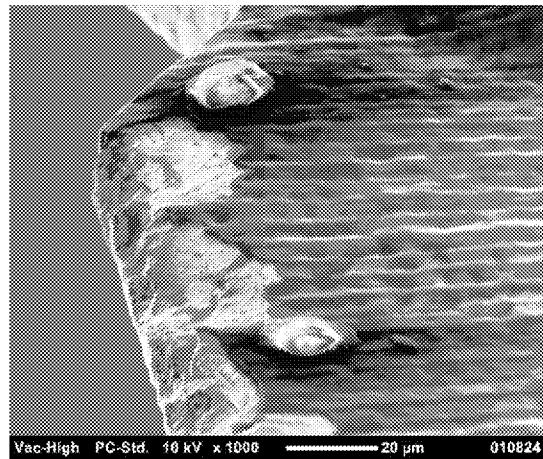
[図11B]




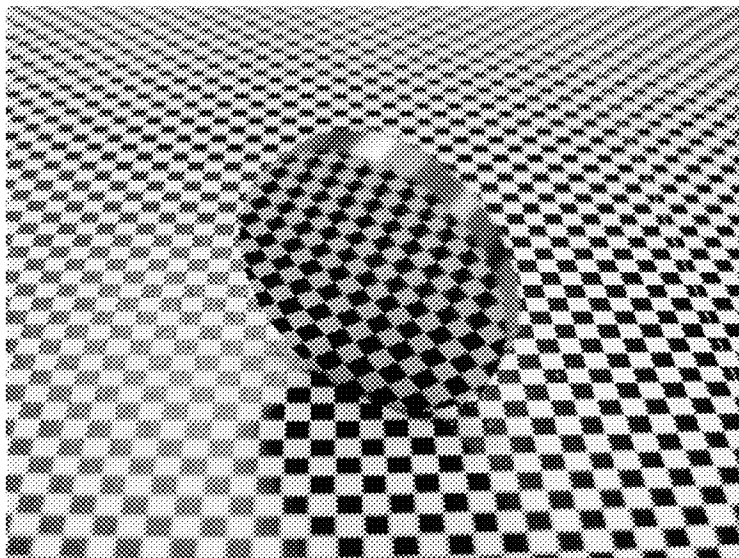
[図12A]



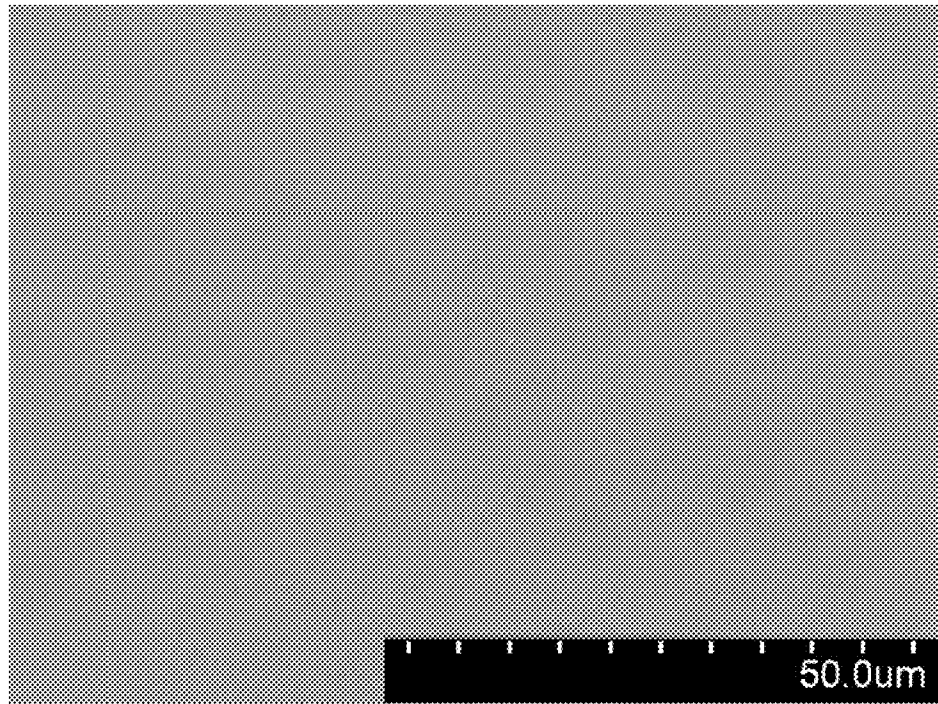
[12B]



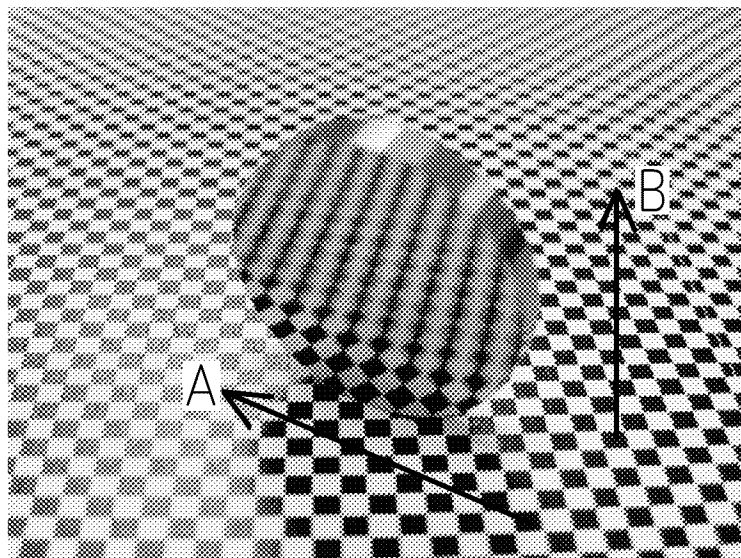
[13A]



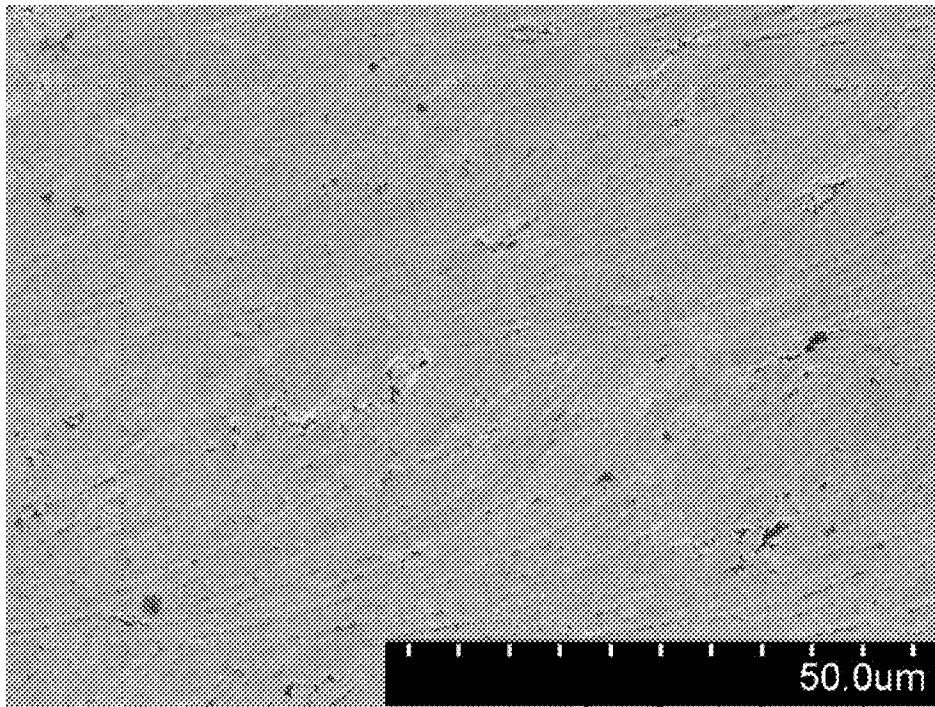
[図13B]



[図14A]



[図14B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/036204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23C5/10(2006.01)i, B23B27/14(2006.01)i, B23B27/20(2006.01)i,
B23B51/00(2006.01)i, C23C16/26(2006.01)i, C30B29/04(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. B23C5/10, B23B27/14, B23B27/20, B23B51/00, C23C16/26, C30B29/04

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-176471 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 13 September 2012, paragraphs [0001], [0010]-[0022], [0030], [0039], fig. 1-2 & CN 102626853 A	1-5
A	JP 08-099201 A (SHOWA DENKO KABUSHIKI KAISHA) 16 April 1996, paragraphs [0012]-[0016], fig. 2(a) (Family: none)	1

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
21 December 2018 (21.12.2018)

Date of mailing of the international search report
08 January 2019 (08.01.2019)

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 REPORT

International application No.

PCT/JP2018/036204

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 2005-279820 A (KYOCERA CORP.) 13 October 2005, paragraphs [0014]-[0017], [0021]-[0022], [0025]-[0031], fig. 1, 2(b) (Family: none)	1
A	JP 2007-307673 A (OSG CORP.) 29 November 2007, paragraphs [0029]-[0030], [0039]-[0040], fig. 1-3 (Family: none)	1
A	JP 2015-085462 A (UNION TOOL CO.) 07 May 2015, paragraphs [0022]-[0035], fig. 1-6, 12 & US 2015/0117972 A1, paragraphs [0042]-[0059], fig. 1-6, 12 & EP 2868413 A1 & CN 104588705 A & KR 10-2015-0050460 A	1

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. B23C5/10(2006.01)i, B23B27/14(2006.01)i, B23B27/20(2006.01)i, B23B51/00(2006.01)i, C23C16/26(2006.01)i, C30B29/04(2006.01)i</p>												
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>Int.Cl. B23C5/10, B23B27/14, B23B27/20, B23B51/00, C23C16/26, C30B29/04</p>												
<p>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</p> <table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:30%;">日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2018年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2018年</td> </tr> </table>				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	
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											
<p>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）</p> <p>WPI</p>												
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">引用文献の カテゴリー*</th> <th style="width:70%;">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</th> <th style="width:20%;">関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align:center;">A</td> <td>JP 2012-176471 A（三菱マテリアル株式会社） 2012.09.13, 段落 0001, 段落 0010-0022, 段落 0030, 段落 0039, 図 1-2 & CN 102626853 A</td> <td style="text-align:center;">1-5</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">A</td> <td>JP 08-099201 A（昭和電工株式会社） 1996.04.16, 段落 0012-0016, 図 2(a) (ファミリーなし)</td> <td style="text-align:center;">1</td> </tr> </tbody> </table>				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 2012-176471 A（三菱マテリアル株式会社） 2012.09.13, 段落 0001, 段落 0010-0022, 段落 0030, 段落 0039, 図 1-2 & CN 102626853 A	1-5	A	JP 08-099201 A（昭和電工株式会社） 1996.04.16, 段落 0012-0016, 図 2(a) (ファミリーなし)	1
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 2012-176471 A（三菱マテリアル株式会社） 2012.09.13, 段落 0001, 段落 0010-0022, 段落 0030, 段落 0039, 図 1-2 & CN 102626853 A	1-5										
A	JP 08-099201 A（昭和電工株式会社） 1996.04.16, 段落 0012-0016, 図 2(a) (ファミリーなし)	1										
<p><input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p>		<p><input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>										
<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>										
<p>国際調査を完了した日</p> <p style="text-align:center;">21.12.2018</p>		<p>国際調査報告の発送日</p> <p style="text-align:center;">08.01.2019</p>										
<p>国際調査機関の名称及びあて先</p> <p style="text-align:center;">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</p>		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:60%;">特許庁審査官（権限のある職員）</td> <td style="width:10%; text-align:center;">3C</td> <td style="width:30%; text-align:center;">4068</td> </tr> <tr> <td style="text-align:center;">中川 康文</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>電話番号 03-3581-1101</td> <td>内線</td> <td style="text-align:center;">3324</td> </tr> </table>		特許庁審査官（権限のある職員）	3C	4068	中川 康文			電話番号 03-3581-1101	内線	3324
特許庁審査官（権限のある職員）	3C	4068										
中川 康文												
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 2005-279820 A (京セラ株式会社) 2005.10.13, 段落 0014-0017, 段落 0021-0022, 段落 0025-0031, 図 1, 図 2(b) (ファミリーなし)	1
A	JP 2007-307673 A (オーエスジー株式会社) 2007.11.29, 段落 0029-0030, 段落 0039-0040, 図 1-3 (ファミリーなし)	1
A	JP 2015-085462 A (ユニオンツール株式会社) 2015.05.07, 段落 0022-0035, 図 1-6, 図 12 & US 2015/0117972 A1, 段落 0042-0059, 第 1-6 図, 第 12 図 & EP 2868413 A1 & CN 104588705 A & KR 10-2015-0050460 A	1