

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-150572

(P2006-150572A)

(43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23B 27/14 (2006.01)	B23B 27/14 A	3C037
B23B 27/20 (2006.01)	B23B 27/20	3C046
B23B 51/00 (2006.01)	B23B 51/00 J	4K030
B23C 5/16 (2006.01)	B23C 5/16	
C23C 16/27 (2006.01)	C23C 16/27	

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-349150 (P2004-349150)  
 (22) 出願日 平成16年12月1日 (2004.12.1)

(71) 出願人 000103367  
 オーエスジー株式会社  
 愛知県豊川市本野ヶ原三丁目22番地  
 (74) 代理人 100085361  
 弁理士 池田 治幸  
 (72) 発明者 羽生 博之  
 愛知県豊川市本野ヶ原1丁目15番地 オ  
 ーエスジー株式会社内  
 Fターム(参考) 3C037 CC00 CC04  
 3C046 FF02 FF12 HH08  
 4K030 AA10 AA14 AA17 AA20 BA27  
 BB04 CA03 FA01 LA22

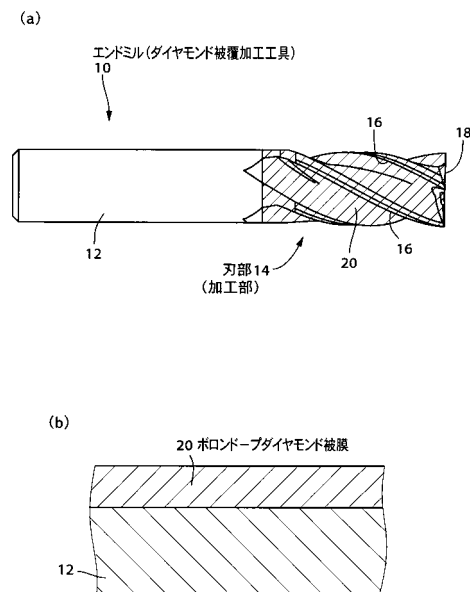
(54) 【発明の名称】 ボロンドープダイヤモンド被膜およびダイヤモンド被覆加工工具

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤモンド被膜の耐酸化性及び潤滑性を向上させる。

【解決手段】 ボロンドープダイヤモンド被膜20にはボロンが0.5~1.0原子%の割合でドーピングされているため、そのダイヤモンド被膜20の表面には、酸化を受けた時にボロンの酸化物(例えばB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)の層が形成され、その酸化物の層により被膜内部への酸化の進行が抑制されて、被膜20の耐酸化性が向上するとともに、摩擦係数が小さくなって潤滑性が向上する。特に、本実施例のダイヤモンド被膜20は結晶粒径が1μm以下の微結晶であるため、通常のダイヤモンド被膜に比較して表面が平滑であり、その表面にボロンの酸化物の層が形成されることにより、摩擦係数が一層小さくなって優れた潤滑性が得られる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

所定の部材の表面にコーティングされるダイヤモンド被膜であって、結晶粒径が 2 μm 以下の微結晶ダイヤモンドにて構成されているとともにボロンがドーピングされている

ことを特徴とするボロンドープダイヤモンド被膜。

## 【請求項 2】

前記ボロンが 0.05 ~ 2.0 原子% の割合でドーピングされていることを特徴とする請求項 1 に記載のボロンドープダイヤモンド被膜。

## 【請求項 3】

所定の加工を行なう加工部の表面に、請求項 1 または 2 に記載の微結晶のボロンドープダイヤモンド被膜がコーティングされていることを特徴とするダイヤモンド被覆加工工具。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、加工工具などの所定の部材にコーティングされるダイヤモンド被膜に係り、特に、耐酸化性および潤滑性を向上させる技術に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

超合金等の母材の表面にダイヤモンド被膜をコーティングしたダイヤモンド被覆加工工具が、例えばエンドミルやバイト、タップ、ドリルなどの切削工具、或いはその他の加工工具として提案されている。特許文献 1 や特許文献 2 に記載されている工具はその一例で、このようなダイヤモンド被覆加工工具は非常に高い硬度を有し、優れた耐摩耗性、耐溶着性が得られる。また、特許文献 3、特許文献 4 には、導電性を持たせたり耐酸化性を向上させたりするために、マイクロ波プラズマ CVD (化学気相成長) 法等によりダイヤモンドを結晶成長させる際に、ボロン (硼素; B) をドーピングする技術が記載されている。

20

## 【特許文献 1】特許第 2519037 号公報

## 【特許文献 2】特開 2002 - 79406 号公報

30

## 【特許文献 3】特開 2004 - 193522 号公報

## 【特許文献 4】特開平 10 - 146703 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

しかしながら、工具母材等の表面にコーティングされるダイヤモンド被膜については、未だボロンのドーピングについて提案されておらず、耐酸化性が低いとともに潤滑性が悪いことから、鉄系の材料を含む複合材料の切削加工や、切削点が高温度になるチタン合金等の耐熱合金に対する切削加工などでは、ダイヤモンド被膜が酸化により早期に摩耗して十分な耐久性が得られないことがあった。また、摩擦による発熱で耐久性が低下したり、被削材の加工面品質が損なわれたりすることがあった。

40

## 【0004】

本発明は以上の事情を背景として為されたもので、その目的とするところは、ダイヤモンド被膜の耐酸化性や潤滑性を向上させることにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

かかる目的を達成するために、第 1 発明は、所定の部材の表面にコーティングされるダイヤモンド被膜であって、結晶粒径が 2 μm 以下の微結晶ダイヤモンドにて構成されているとともにボロンがドーピングされていることを特徴とする。

## 【0006】

50

第2発明は、第1発明のポロンドープダイヤモンド被膜において、前記ボロンが0.05～2.0原子%の割合でドーピングされていることを特徴とする。

【0007】

第3発明は、所定の工具母材の表面にダイヤモンド被膜がコーティングされているダイヤモンド被覆加工工具に関するもので、所定の加工を行なう加工部の表面に、ダイヤモンド被膜として第1発明または第2発明の微結晶のポロンドープダイヤモンド被膜がコーティングされていることを特徴とする。

【0008】

なお、ポロンドープダイヤモンドは、炭素原子の一部がボロン原子によって置き換えられたもので、正の電荷を持つ正孔を有するp型半導体である。また、ボロンの原子%は、ボロン原子に置き換えられた原子数の割合で、例えば二次イオン質量分析法等によって調べられる。

【発明の効果】

【0009】

このようなポロンドープダイヤモンド被膜においては、表面が酸化を受けた際に表面にボロンの酸化物(例えば $B_2O_3$ )の層が形成されるため、その酸化物の層により被膜内部への酸化の進行が抑制されて、被膜の耐酸化性が向上するとともに、摩擦係数が小さくなって潤滑性が向上する。特に、本発明ではダイヤモンドが微結晶であるため、通常のダイヤモンド被膜に比較して表面が平滑であり、その表面にボロンの酸化物の層が形成されることにより、摩擦係数が一層小さくなって優れた潤滑性が得られる。これにより、鉄系の材料を含む複合材料の切削加工や、切削点が高温度になるチタン合金等の耐熱合金に対する切削加工などにおいても、酸化によるダイヤモンド被膜の早期摩耗や剥離が抑制されて優れた耐久性が得られるようになる。また、潤滑性が良くなることから、摩擦による発熱が抑制され、この点でもダイヤモンド被膜の耐久性が向上するとともに、被削材の加工品質が向上する。

【0010】

加工部の表面に上記ポロンドープダイヤモンド被膜がコーティングされている第3発明のダイヤモンド被覆加工工具においても、実質的に上記と同様の効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明のポロンドープダイヤモンド被膜は、耐摩耗性や耐酸化性、潤滑性が要求される切削工具などの加工工具、すなわちダイヤモンド被覆加工工具に好適に適用されるが、例えば半導体装置などの硬質被膜として用いることもできるなど、加工工具以外にも適用され得る。

【0012】

ダイヤモンド被覆加工工具の場合、ポロンドープダイヤモンド被膜をコーティングすべき工具母材としては超硬合金などの超硬質工具材料が好適に用いられるが、高速度工具鋼等の他の工具材料を用いることもできる。密着性を高めるために、その工具母材の表面に粗面化処理を施したり、他の被膜を下地として設けたりするなど、所定の前処理を行うことができる。

【0013】

また、ポロンドープダイヤモンド被膜の膜厚は、5 $\mu m$ より薄いと十分な耐摩耗性が得られない一方、25 $\mu m$ を超えると剥離し易くなるため、5～25 $\mu m$ の範囲内が好ましく、10～20 $\mu m$ 程度が適当である。加工工具以外に適用する場合は、そのコーティング対象の材質や目的等に応じて適宜定められる。なお、このポロンドープダイヤモンド被膜とTiAlN等の金属間化合物から成る硬質被膜、或いはその他の被膜を交互に積層することも可能で、少なくとも最上部にポロンドープダイヤモンド被膜が設けられれば良い。

【0014】

ポロンドープダイヤモンド被膜のコーティングにはCVD法が好適に用いられ、特にマ

10

20

30

40

50

マイクロ波プラズマCVD法が望ましいが、ホットフィラメントCVD法や高周波プラズマCVD法等の他のCVD法を用いることもできる。ボロンのドーピング技術については、前記特許文献3や特許文献4に記載されているものなど、ダイヤモンドに対するボロンのドーピング技術として従来から知られている種々の手法を採用できる。

#### 【0015】

微結晶のボロンドープダイヤモンド被膜は、例えば前記特許文献2に記載のように核生成工程および結晶成長工程を繰り返すことにより形成することが可能である。結晶粒径は2 $\mu$ m以下で、1 $\mu$ m以下が望ましい。この結晶粒径は、結晶成長方向と直角な方向の最大径寸法で、総てのダイヤモンドの結晶粒径が2 $\mu$ m以下であることが望ましいが、表面或いは所定の横断面における結晶粒径の少なくとも80%以上が2 $\mu$ m以下であれば良い。また、結晶成長方向の長さ寸法を2 $\mu$ m以下とすれば、その結晶成長方向と直角な方向の結晶粒径も一般には2 $\mu$ m以下となる。なお、結晶成長方向の寸法が2 $\mu$ mより大きくても、結晶粒径が2 $\mu$ m以下であれば良い。

10

#### 【0016】

ボロンのドーピング量(含有量)は、0.05原子%より少ないと耐酸化性、潤滑性の効果が十分に得られない一方、2.0原子%より多いと元々のダイヤモンド被膜が有する耐摩耗性等の特性が損なわれるため、0.05~2.0原子%の範囲内が適当で、0.5~1.0原子%程度が望ましいが、2.0原子%よりたくさんドーピングすることも可能である。このドーピング量は、必ずしもボロンドープダイヤモンド被膜の全域で一定である必要はなく、例えば表面程ドーピング量が多くなるように連続的或いは段階的にドーピング量を増やしたり、多い層と少ない層とを交互に積層して多層構造としたりするなど、種々の態様が可能である。

20

#### 【実施例】

#### 【0017】

以下、本発明の実施例を図面を参照しつつ詳細に説明する。

図1は、本発明が適用されたダイヤモンド被覆加工工具、具体的にはダイヤモンド被覆切削工具としてのエンドミル10を示す図で、(a)は軸心と直角方向から見た正面図、(b)は刃部14の表面付近の断面図である。このエンドミル10は、4枚刃のスクエアエンドミルであり、工具母材12は超硬合金にて構成されており、その工具母材12にはシャンクおよび刃部14が軸方向に一体に設けられている。刃部14は加工部に相当し、切れ刃として外周刃16および底刃18を備えているとともに、刃部14の表面には、結晶粒径が1 $\mu$ m以下の微結晶で多層構造を成しているとともに0.5~1.0原子%の割合でボロンがドーピングされたボロンドープダイヤモンド被膜20(以下、単にダイヤモンド被膜20という)が20 $\mu$ m程度の膜厚でコーティングされている。図1(a)の斜線部は、工具母材12の表面にコーティングされたダイヤモンド被膜20を表している。

30

#### 【0018】

上記エンドミル10は、超硬合金に研削加工等を施すことにより、切れ刃として外周刃16および底刃18を有する工具母材12を形成した後、ダイヤモンド被膜20の密着性を高めるために、工具母材12の刃部14の表面に粗面化処理を施す。粗面化処理としては、例えば電解研磨などの化学的腐食や、SiC等の砥粒などによるサンドブラストが適当である。その後、図2のマイクロ波プラズマCVD装置30を用いて、粗面化された刃部14の表面に気相合成法、具体的にはマイクロ波プラズマCVD法により、ボロンをドーピングしながらダイヤモンド粒子を生成・成長させてダイヤモンド被膜20をコーティングする。

40

#### 【0019】

図2のマイクロ波プラズマCVD装置30は、反応炉32、マイクロ波発生装置34、原料ガス供給装置36、真空ポンプ38、および電磁コイル40を備えて構成されている。円筒状の反応炉32内にはテーブル42が設けられダイヤモンド被膜20をコーティングすべき複数の工具母材12がワーク支持具44に支持されて、それぞれ刃部14が上向きになる姿勢で配置されるようになっている。マイクロ波発生装置34は、例えば2.4

50

5 GHz 等のマイクロ波を発生する装置で、このマイクロ波が反応炉 32 内へ導入されることにより工具母材 12 が加熱されるとともに、マイクロ波発生装置 34 の電力制御によって加熱温度が調節される。

#### 【0020】

原料ガス供給装置 36 は、メタン ( $\text{CH}_4$ ) や水素 ( $\text{H}_2$ )、一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) などの原料ガスを反応炉 32 内に供給するためのもので、それ等のガスポンプや流量を制御する流量制御弁、流量計などを備えて構成されているが、本実施例ではボロンをドーピングするために、例えば酸化ボロンをメタノールに溶かした液体を原料ガスに混ぜて反応炉 32 内に供給できるようになっている。真空ポンプ 38 は、反応炉 32 内の気体を吸引して減圧するためのもので、圧力計 46 によって検出される反応炉 32 内の圧力値が予め定められた所定の圧力値になるように、真空ポンプ 38 のモータ電流などがフィードバック制御される。電磁コイル 40 は、反応炉 32 内を取り巻くように反応炉 32 の外周側に円環状に配設されている。

10

#### 【0021】

このようなマイクロ波プラズマ CVD 装置 30 を用いたダイヤモンド被膜 20 のコーティング処理は、図 3 に示すように核付着工程のステップ R1 と、結晶成長工程のステップ R2 とを有して行なわれる。ステップ R1 の核付着工程では、メタンの濃度が 10% ~ 30% の範囲内で定められた設定値となるようにメタンおよび水素の流量調節を行うとともに、工具母材 12 の表面温度が 700 ~ 900 の範囲内で定められた設定温度になるようにマイクロ波発生装置 34 を調節し、反応炉 32 内のガス圧が  $2.7 \times 10^2 \text{ Pa}$  ~  $2.7 \times 10^3 \text{ Pa}$  の範囲内で定められた設定圧になるように真空ポンプ 38 を作動させ、その状態を 0.1 時間 ~ 2 時間継続する。これにより、工具母材 12 の表面、或いはステップ R2 の結晶成長処理で結晶成長させられた多数のダイヤモンド結晶の表面に、ダイヤモンドの結晶成長の起点となる核の層が付着される。

20

#### 【0022】

ステップ R2 の結晶成長工程は、メタンの濃度が 1% ~ 4% の範囲内で定められた設定値になるようにメタンおよび水素の流量調節を行うとともに、工具母材 12 の表面温度が 800 ~ 900 の範囲内で定められた設定温度になるようにマイクロ波発生装置 34 を調節し、反応炉 32 内のガス圧が  $1.3 \times 10^3 \text{ Pa}$  ~  $6.7 \times 10^3 \text{ Pa}$  の範囲内で定められた設定圧になるように真空ポンプ 38 を作動させ、その状態を、ダイヤモンドの結晶粒径が  $1 \mu\text{m}$  以下に維持されるように予め定められた所定時間、具体的にはダイヤモンドの結晶長さ (結晶成長方向の長さ寸法) が  $1 \mu\text{m}$  になる予め求められた時間よりも短い所定の処理時間だけ継続する。すなわち、本実施例の結晶成長処理では、結晶成長方向の長さ寸法が  $1 \mu\text{m}$  以下であれば、その結晶成長方向と略直角な平面内の結晶粒径は  $1 \mu\text{m}$  以下に維持されるのである。

30

#### 【0023】

そして、次のステップ R3 では、工具母材 12 の表面上に結晶成長させられたダイヤモンド被膜 20 の膜厚が予め定められた設定膜厚 (本実施例では  $20 \mu\text{m}$ ) に達したか否かを、例えばステップ R2 の実行回数などで判断し、設定膜厚になるまで上記ステップ R1 および R2 を繰り返す。ステップ R1 の実行時には、ダイヤモンドの結晶成長が中止し、その結晶上に新たに核の層が形成されるとともに、以後の結晶成長処理 (ステップ R2) では、核の層の下のダイヤモンドの結晶が再成長させられることはなく、新たな核を起点として新たにダイヤモンドが結晶成長させられることにより、結晶粒径および結晶長さが共に  $1 \mu\text{m}$  以下の微結晶で多層構造のダイヤモンド被膜 20 が工具母材 12 の表面にコーティングされる。

40

#### 【0024】

また、上記ダイヤモンド被膜 20 のコーティング処理に際しては、水素等の原料ガスを供給する際に、前記酸化ボロンをメタノールに溶かした液体をその原料ガスに混ぜて反応炉 32 内に所定流量で供給することにより、そのダイヤモンド被膜 20 に 0.5 ~ 1.0 原子% の割合でボロンをドーピングする。ボロンのドーピング量は、酸化ボロンを溶かし

50

た液体の供給流量を変更することによって調節できる。

【0025】

このような本実施例のエンドミル10においては、ダイヤモンド被膜20にボロンが0.5~1.0原子%の割合でドーピングされているため、そのダイヤモンド被膜20の表面には、酸化を受けた時にボロンの酸化物(例えば $B_2O_3$ )の層が形成され、その酸化物の層により被膜内部への酸化の進行が抑制されて、ダイヤモンド被膜20の耐酸化性が向上するとともに、摩擦係数が小さくなって潤滑性が向上する。特に、本実施例のダイヤモンド被膜20は結晶粒径が1 $\mu m$ 以下の微結晶であるため、通常のダイヤモンド被膜と比較して表面が平滑であり、その表面にボロンの酸化物の層が形成されることにより、摩擦係数が一層小さくなって優れた潤滑性が得られる。これにより、鉄系の材料を含む複合材料の切削加工や、切削点が高温度になるチタン合金等の耐熱合金に対する切削加工などにおいても、酸化によるダイヤモンド被膜20の早期摩耗や剥離が抑制されて優れた耐久性が得られるようになる。また、潤滑性が良くなることから、摩擦による発熱が抑制され、この点でもダイヤモンド被膜20の耐久性が向上するとともに、被削材の加工面品質が向上する。

10

【0026】

因みに、図4の(a)は、通常の結晶粒径(粗結晶)のボロンドープダイヤモンド被膜すなわち1回の結晶成長処理(図3のステップR2)で所定の膜厚となるまでダイヤモンドを結晶成長させた場合の被膜表面の電子顕微鏡写真で、図4の(b)は、本実施例のダイヤモンド被膜20の表面の電子顕微鏡写真であり、ダイヤモンドの結晶粒径の違いが明らかである。

20

【0027】

図5は、図4と同じ通常の結晶粒径(粗結晶)のボロンドープダイヤモンド被膜および本実施例のダイヤモンド被膜20について、その表面粗さ(輪郭曲線)を調べた結果である。図5の(a)は通常の結晶粒径のダイヤモンド被膜の場合で、その最大高さRzは3.0 $\mu m$ であるのに対し、図5の(b)は本発明品で、その最大高さRzは0.7 $\mu m$ であり、極めて平滑な被膜表面が得られることが分かる。このことから、被削材の加工面についても、面粗さが大幅に向上するものと推定される。

【0028】

図6は、前記ダイヤモンド被膜20と同じダイヤモンド被膜をコーティングしたドリル(本発明品)と、ボロンドープ無しの微結晶ダイヤモンド被膜をコーティングした従来品とを用いて、アルミ合金(ADC12)に対する切削加工の耐久性試験を行なった場合で、(a)は加工条件、(b)は試験結果である。この試験結果から明らかのように、ボロンをドーピングした本発明品によれば、ボロンドープ無しの従来品と比較して、約2倍の耐久性が得られる。

30

【0029】

図7は、ボロンドープ無しの通常の結晶粒径(粗結晶)のダイヤモンド被膜と、ボロンドープ無しの微結晶ダイヤモンド被膜と、前記ダイヤモンド被膜20と同じ条件で形成したボロンドープ有りの微結晶ダイヤモンド被膜とを、それぞれコーティングしたピンを用いて、それ等の摩擦係数を調べた場合で、(a)は試験条件、(b)は試験結果である。この試験結果から明らかのように、ボロンドープ有りの微結晶ダイヤモンド被膜によれば、粗結晶のダイヤモンド被膜は勿論、ボロンドープ無しの微結晶ダイヤモンド被膜に比べても、摩擦係数が小さくなる。これは、ダイヤモンド被膜の表面にボロンの酸化物の層が形成されるためと考えられる。

40

【0030】

図8は、通常の結晶粒径(粗結晶)のダイヤモンド被膜について、0.5~1.0原子%の割合でボロンをドーピングしたものとボロンドープ無しのものを用意し、それぞれ被膜だけを母材から剥がして加熱するとともに、加熱前後の質量を測定し、酸化による質量損失(%)を調べた結果である。試験は、15/分の昇温速度で各試験温度(700、725、750、775、800)まで加熱するとともに、その試験温度に

50

30分保持した後、常温まで自然冷却して質量の変化を測定した。図8から明らかなように、ボロンドープ無しでは、700程度から酸化が始まるのに対し、ボロンドープ有りの場合には775程度から酸化が始まり、75程度の差が認められた。なお、この試験結果は、通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜に関するものであるが、耐酸化性の違いはボロンドープの有無によるものと考えられるので、本発明の微結晶ダイヤモンドについても同様の結果が得られるものと推定される。

#### 【0031】

図9は、ボロンを0.5～1.0原子%の割合でドーピングした通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜を20μmの膜厚でコーティングした2枚刃のスクエアエンドミルの外観写真で、このボロンドープ品と、ボロンドープ無しの通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜を20μmの膜厚でコーティングした非ボロンドープ品とを用いて、酸化試験を行なったところ、図10に示す結果が得られた。酸化試験は、15/分の昇温速度で750まで加熱するとともに、その750に30分保持した後、常温まで自然冷却して被膜の状態（消失した面積）を調べた。図10の左側のエンドミルは非ボロンドープ品で、酸化や工具母材との熱膨張差に起因する剥離などでダイヤモンド被膜が略100%消失しているのに対し、右側のボロンドープ品では、10%程度消失しているだけで、大部分が残っている。図10の黒い部分がダイヤモンド被膜で、ボロンドープ品では、先端の底刃部分においても17～18μmの厚さでダイヤモンド被膜が残っていた。この場合も、通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜に関するものであるが、耐酸化性の違いはボロンドープの有無によるものと考えられるので、本発明の微結晶ダイヤモンドについても同様の結果が得られるものと推定される。

10

20

#### 【0032】

なお、前記図8では、750においてボロンドープ品では被膜消失が0%で、非ボロンドープ品でも被膜消失は8～10%程度であり、図10の試験結果に比べて被膜の消失量が少ないが、これは、図10では工具母材との熱膨張差に起因する剥離が影響しているものと考えられる。

#### 【0033】

以上、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明したが、これはあくまでも一実施形態であり、本発明は当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を加えた態様で実施することができる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0034】

【図1】本発明の一実施例であるエンドミルを示す図で、(a)は軸心と直角方向から見た正面図、(b)は刃部の表面付近の断面図である。

【図2】ダイヤモンド被膜をコーティングするマイクロ波プラズマCVD装置の一例を説明する概略構成図である。

【図3】図2の装置を用いて微結晶ダイヤモンド被膜をコーティングする際の手順を説明するフローチャートである。

【図4】通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜の表面の電子顕微鏡写真と、微結晶ダイヤモンド被膜の表面の電子顕微鏡写真とを比較して示す図である。

40

【図5】通常の結晶粒径（粗結晶）のダイヤモンド被膜の面粗さ（輪郭曲線）と、微結晶ダイヤモンド被膜の面粗さ（輪郭曲線）とを比較して示す図である。

【図6】ボロンドープの有無によるダイヤモンド被膜の耐久性の違いを調べた結果を説明する図で、(a)は加工条件、(b)は試験結果である。

【図7】ボロンドープの有無によるダイヤモンド被膜の摩擦係数の違いを調べた結果を説明する図で、(a)は試験方法、(b)は試験結果である。

【図8】ボロンドープの有無によるダイヤモンド被膜の酸化の違い（質量の変化割合）を複数の試験温度で調べた結果を示す図である。

【図9】ボロンドープダイヤモンド被膜がコーティングされた2枚刃のスクエアエンドミルの外観写真を示す図である。

50

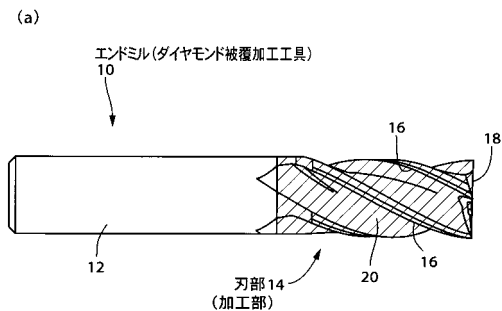
【図10】図9の工具に酸化試験を行なった後の外観写真(右側)を、ポロンドープ無しのダイヤモンド被膜をコーティングした工具(左側)と比較して示す図である。

【符号の説明】

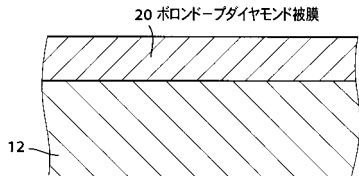
【0035】

10: エンドミル(ダイヤモンド被覆加工工具)      12: 工具母材      14: 刃部(加工部)  
20: ポロンドープダイヤモンド被膜

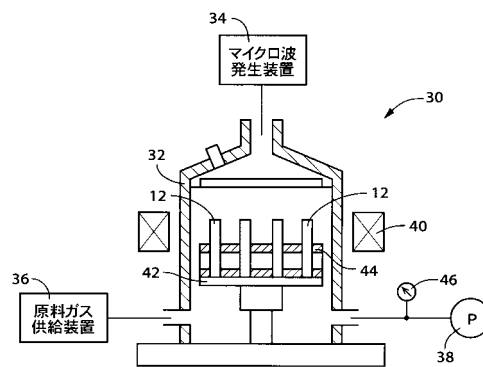
【図1】



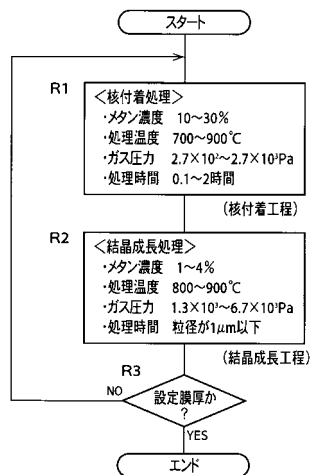
(b)



【図2】

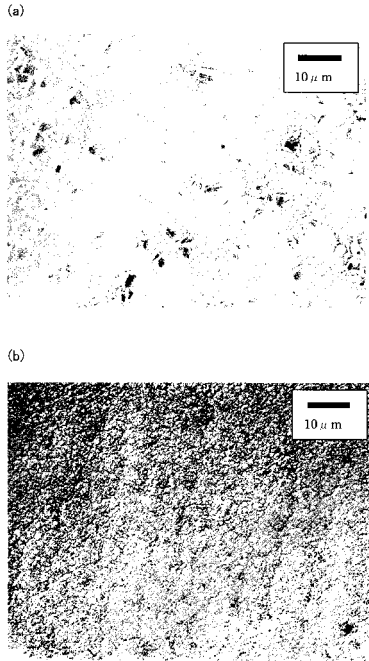


【図3】

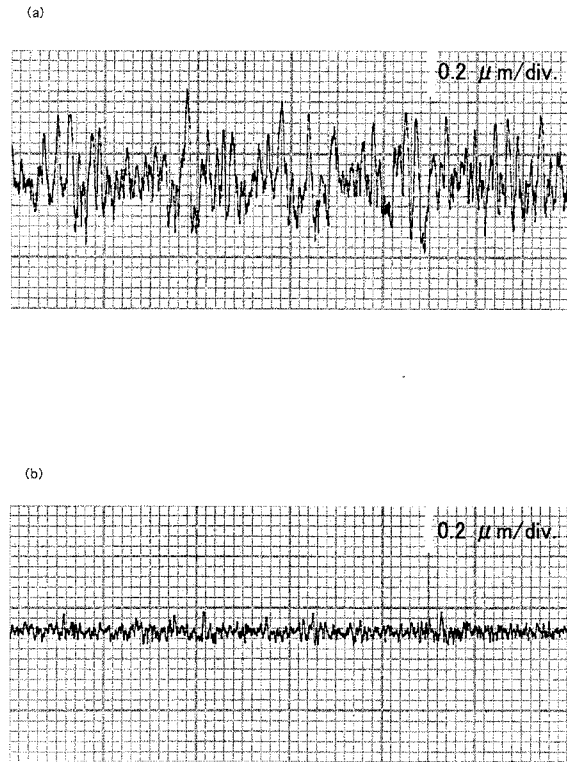




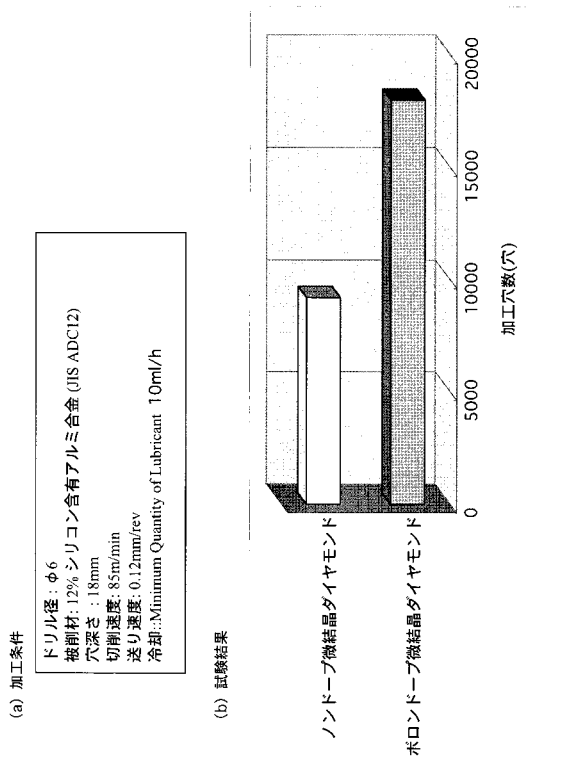
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

(a) 試験方法

pin on disk試験

ピン R5  
 ディスク ADC12  
 線速度 20m/min  
 押し込み荷重 100gf(0.98N)

(b) 試験結果

被膜種類	摩擦係数
粗結晶ダイヤモンド被膜	0.6
微結晶ダイヤモンド被膜	0.4
ポロントープ微結晶ダイヤモンド被膜	0.3

【 図 8 】

温度(°C)	700	725	750	775	800
ポロントープ有り	0%	0%	0%	1~3%	6~10%
ポロントープ無し	0~1%	2~3%	8~10%	12~20%	50~70%

【 図 9 】



【図 10】

