

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-239915
(P2002-239915A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
B 2 4 D 3/00	3 4 0	B 2 4 D 3/00	3 4 0 3 C 0 4 7
B 2 3 H 5/00		B 2 3 H 5/00	J 3 C 0 5 9
B 2 4 B 53/00		B 2 4 B 53/00	D 3 C 0 6 3
			B

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-37286 (P2001-37286)

(22) 出願日 平成13年2月14日 (2001.2.14)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 592032636

学校法人トヨタ学園
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1

(72) 発明者 砂田 洋尚

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

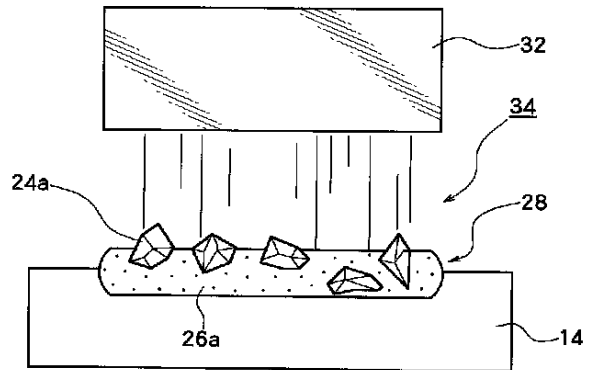
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研削砥石の製造方法、研削砥石の製造装置、及び研削砥石

(57) 【要約】

【課題】 砥粒の粒径の設定を任意に行うことができると共に、再生が容易な研削砥石を提供する。

【解決手段】 融点の異なる第一導電性物質及び第二導電性物質を含む砥石形成用電極を放電加工処理により熔融破壊し砥石台座14に堆積層28を形成した後、銅電極32を用いた放電加工処理により熔融させて第一導電性物質の再結晶化を行い、当該第一導電性物質の結晶成長により所望の粒径の砥粒24aを容易に形成することができる。また、研削砥石34中に多層的に存在する再結晶した砥粒24aをドレッシングにより研削砥石34の表面に露出させることにより容易に再生可能な研削砥石を形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも第一導電性物質と当該第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質とを混合して砥石形成用電極を形成する電極形成ステップと、前記砥石形成用電極を放電加工液中で導電性の砥石台座に対向配置させ、その両者間で放電を発生させ、前記砥石形成用電極を溶融破壊し前記砥石台座に第一導電性物質及び第二導電性物質を溶融堆積させる堆積ステップと、前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質を加熱し溶融させた後、第一導電性物質を再結晶させて砥粒とする再結晶ステップと、前記砥粒の再結晶後、第二導電性物質を凝固させて結合剤として機能させ前記砥粒の保持を行う固定ステップと、を含むことを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の方法において、前記第一導電性物質及び第二導電性物質は粉体であり、前記砥石形成用電極は、粉体の第一導電性物質及び第二導電性物質を圧縮して形成する圧縮形成体電極であることを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 記載の方法において、前記第一導電性物質は、再結晶したときに硬質の鋭角結晶構造を形成することを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の方法において、前記第一導電性物質は、タングステンカーバイトであり、第二導電性物質は、コバルトであることを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 記載の方法において、前記コバルトを電解処理し、研削砥石表面を所定量ドレッシングすることを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の方法において、前記再結晶ステップの加熱は、低消耗性の電極を用いた放電加工処理で行うことを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 7】 請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載の方法において、前記再結晶ステップで再結晶させる砥粒の粒径は、砥石形成用電極を構成する第一導電性物質と第二導電性物質の混合比に基づいて制御することを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 8】 請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の方法において、前記再結晶ステップで再結晶させる砥粒の粒径は、前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質の加熱条件に基づき制御することを特徴とする研削砥石

の製造方法。

【請求項 9】 請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の方法において、前記堆積ステップは、前記研削砥石に第一導電性物質及び第二導電性物質を追加堆積させ、研削砥石の再生用堆積層を形成することを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 10】 請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の方法において、前記再結晶ステップは、前記研削砥石を再加熱し、第一導電性物質の再結晶を行い研削砥石の再生を行うことを特徴とする研削砥石の製造方法。

【請求項 11】 放電加工液を満たした処理槽と、少なくとも第一導電性物質と当該第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質とを混合して形成した砥石形成用電極と当該砥石形成用電極に対向配置した導電性の砥石台座とを前記放電加工液中で相対移動させる移動手段と、

前記砥石形成用電極と砥石台座との間で放電を発生させ、前記砥石形成用電極を溶融破壊し、第一導電性物質及び第二導電性物質を前記砥石台座に溶融堆積させる放電制御手段と、

前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質を加熱し溶融させた後、前記第一導電性物質を再結晶させて砥粒を形成すると共に、溶融した前記第二導電性物質を凝固させて前記砥粒の保持を行う結合剤とする加熱制御手段と、を含むことを特徴とする研削砥石の製造装置。

【請求項 12】 請求項 11 記載の装置において、前記加熱制御手段は、低消耗性の電極を用いた放電加工手段で有ることを特徴とする研削砥石の製造装置。

【請求項 13】 請求項 11 または請求項 12 記載の装置において、少なくとも前記結合剤を所定量ドレッシングするドレッシング手段を含むことを特徴とする研削砥石の製造装置。

【請求項 14】 導電性の砥石台座と、前記砥石台座上に放電処理により溶融堆積させた第一導電性物質を再溶融させた後、再結晶化して形成した砥粒と、前記第一導電性物質と共に前記砥石台座上に放電処理により溶融堆積させた第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質を再溶融させた後、凝固させて前記砥粒を保持させる結合剤と、を含むことを特徴とする研削砥石。

【請求項 15】 請求項 14 記載の研削砥石において、前記第一導電性物質は、再結晶したときに硬質の鋭角結晶構造を形成することを特徴とする研削砥石。

【請求項 16】 請求項 15 記載の研削砥石において、

前記第一導電性物質は、タングステンカーバイトであり、第二導電性物質は、コバルトであることを特徴とする研削砥石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、研削砥石の製造方法、研削砥石の製造装置及び研削砥石、特に、砥粒の粒径の設定を任意に行うことができると共に、再生が容易な研削砥石の製造方法、研削砥石の製造装置及び研削砥石に関する。

【0002】

【従来の技術】研削加工は、焼き入れ鋼や超硬材料のように切削加工が困難な材料の加工に適用される。また、寸法精度、細かい表面粗さが要求される加工にも適用される。この研削加工に使用される研削砥石は、一般に、炭化ケイ素(SiC)、酸化アルミニウム(Al₂O₃:アルミナ)、立方晶窒化ホウ素(cBN)等の超硬質の砥粒を無機質系(ビトリファイト)、有機質系(レジノイド)、金属質系(メタル)等の結合剤(ボンド)で保持する構造になっている。この他にダイヤモンド砥粒をプラスチック、銅、鉄等をボンドとして焼成したダイヤモンド砥石等がある。

【0003】また、特開平11-347931号公報には、放電加工処理を用いた砥石成形方法に関する記載がある。この砥石成形方法によれば、砥粒となる導電性を有さないSiC、Al₂O₃、cBN等を放電加工処理が可能な状態にするために、当該砥粒の周囲に導電性皮膜をコーティングしている。そして、導電性被膜を有する砥粒と、銅、鉄等の導電性を有する結合剤で砥石成形用電極を作り、この砥石成形用電極に放電加工処理を施すことにより当該砥石形成用電極を溶融破壊し、砥石ホイールに砥粒を溶着堆積させて砥石とするものである。

【0004】そして、研削加工では、上述のようにして成形された研削砥石の表面に突出した砥粒が、加工物の送り分だけ、または、研削砥石の切り込み量分だけ切削を行い、加工物の表面を仕上げていく。

【0005】このような研削加工は、例えば、近年の高い生産効率が要求される自動車部品の製造において、後加工の不要な、完成品に近い状態で成形加工が行える超精密金型(ニアネットシェイプ金型やネットシェイプ金型)の製作に大きく貢献しており、また必要不可欠な加工法である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、多くの部品用鍛造金型の加工精度への要求が高まるにつれ、研削砥石への改善要求も高まっている。

【0007】金型に使用するような高硬度材料の研削加工には、ダイヤモンド・メタルボンド砥石やcBN・メタルボンド砥石等の電着砥石が用いられるが、精密型用の研削砥石ほど砥粒粒度は高く(粒径が小さく)なる。

つまり、同様な研削加工においても加工対象が異なったり、要求される研削精度が異なる場合、異なる粒径の砥粒を有する研削砥石が必要になり、多種類の研削砥石を準備しておく必要がある。つまり、様々な粒径の砥粒を準備しておかなければならないという問題がある。

【0008】また、特開平11-347931号公報に開示される技術においても、研削精度に応じた粒径の砥粒を準備し、電極を作成する必要がある。すなわち、導電性被膜をコーティングした砥粒を複数種類準備する必要があり、その管理や製造が煩雑になるという問題がある。

【0009】また、いずれの場合も準備可能な砥粒の粒径の種類には限界があり、研削加工に最適な砥粒を十分に準備できないという問題がある。結果的に、所望の研削精度を得ることが困難になるという問題がある。

【0010】さらに、メタルボンド砥石等の電着砥石は、ダイヤモンド等の砥粒を一層のみしか形成できず、砥粒摩耗後のドレッシングを行うことができないと共に、砥粒の磨耗脱落后は、電着層の剥離作業等を行わなければ砥粒の再固定を行うことができず、研削砥石の再生効率が著しく悪く、研削砥石は、1回のみで使用で廃棄となり経済効率が悪いという問題がある。

【0011】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、砥粒の粒径の設定を任意に行うことができると共に、再生が容易な研削砥石の製造方法、研削砥石の製造装置及び研削砥石を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、少なくとも第一導電性物質と当該第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質とを混合して砥石形成用電極を形成する電極形成ステップと、前記砥石形成用電極を放電加工液中で導電性の砥石台座に対向配置させ、その両者間で放電を発生させ、前記砥石形成用電極を溶融破壊し前記砥石台座に第一導電性物質及び第二導電性物質を溶融堆積させる堆積ステップと、前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質を加熱し溶融させた後、第一導電性物質を再結晶させて砥粒とする再結晶ステップと、前記砥粒の再結晶後、第二導電性物質を凝固させて結合剤として機能させ前記砥粒の保持を行う固定ステップと、を含むことを特徴とする。

【0013】また、上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造装置は、放電加工液を満たした処理槽と、少なくとも第一導電性物質と当該第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質とを混合して形成した砥石形成用電極と当該砥石形成用電極に対面配置した導電性の砥石台座とを前記放電加工液中で相対移動させる移動手段と、前記砥石形成用電極と砥石台座との間で放電を発生させ、前記砥石形成用電極を溶融破壊し、第一導電性物質及び第二導電性物質を前記砥石台座

に熔融堆積させる放電制御手段と、前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質を加熱し溶融させた後、前記第一導電性物質を再結晶させて砥粒を形成すると共に、溶融した前記第二導電性物質を凝固させて前記砥粒の保持を行う結合剤とする加熱制御手段と、を含むことを特徴とする。

【0014】また、上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石は、導電性の砥石台座と、前記砥石台座上に放電処理により溶融堆積させた第一導電性物質を再溶融させた後、再結晶化して形成した砥粒と、前記第一導電性物質と共に前記砥石台座上に放電処理により溶融堆積させた第一導電性物質より融点の低い第二導電性物質を再溶融させた後、凝固させて前記砥粒を保持させる結合剤と、を含むことを特徴とする。

【0015】この構成によれば、融点の異なる少なくとも二種類の第一導電性物質及び第二導電性物質は、放電加工処理により、溶融破壊されながら砥石形成用電極から分離する。そして、溶融した導電性物質は砥石台座の表面に溶融堆積する。続いて、溶融堆積した第一導電性物質、第二導電性物質の堆積物を加熱し、再度溶融させる。この時、融点の異なる導電性物質は融点の低い第二導電性物質から溶融が始まり、ついで、融点の高い第一導電性物質が溶融する。その後、冷却されると、第一導電性物質から再結晶化が始まる。この時、結晶成長した第一導電性物質が砥粒となる。一方、融点の低い第二導電性物質は、砥粒が再結晶した後に凝固し、当該砥粒を保持する結合剤となり、研削砥石を完成させる。

【0016】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記第一導電性物質及び第二導電性物質は粉体であり、前記砥石形成用電極は、粉体の第一導電性物質及び第二導電性物質を圧縮して形成する圧縮形成体電極であることを特徴とする。

【0017】この構成によれば、第一導電性物質及び第二導電性物質の混合比の調整が容易であり、かつ堆積ステップにおける砥石形成用電極の溶融破壊も容易にかつ安定的に行うことが可能で、砥石台座に堆積させる量も容易に調整可能である。

【0018】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石、およびその製造方法の構成において、前記第一導電性物質は、再結晶したときに硬質の鋭角結晶構造を形成することを特徴とする。

【0019】この構成によれば、第一導電性物質を再結晶化させるだけで、良好な切れ刃を有する砥粒とすることができる。

【0020】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石、およびその製造方法の構成において、前記第一導電性物質は、タングステンカーバイトであり、第二導電性物質は、コバルトであることを特徴とする。

【0021】ここで、タングステンカーバイトは、再結晶化の時、鋭角かつ硬質に成長することが知られており、また、コバルトは、タングステンカーバイトの再結晶化後に凝固する。

【0022】この構成によれば、コバルトは、タングステンカーバイトの再結晶化を妨げること無く、また、再結晶化した砥粒の固定保持を良好に行うことができる。

【0023】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記コバルトを電解処理し、研削砥石表面を所定量ドレッシングすることを特徴とする。

【0024】ここで、コバルトは、非常に低電圧（例えば、4～10V）で容易に電解し易いことが知られている。従って、コバルトで構成される結合剤は、電解により所望量だけ除去可能である。また、再結晶して形成される砥粒は、研削砥石の中に多層的に散在しているのので、ドレッシングにより研削砥石の上層部（表面）に位置する磨耗した砥粒を脱落させ、研削砥石の下層部の非摩耗状態の砥粒を容易に露出させて研削砥石の再生を行うことができる。

【0025】また、上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造装置は、上記構成において、少なくとも前記結合剤を所定量ドレッシングするドレッシング手段を含むことを特徴とする。

【0026】この構成によれば、結合剤を所望量だけ除去することにより、研削砥石の上層部（表面）に位置する磨耗した砥粒を脱落させ、研削砥石の下層部の非摩耗状態の砥粒を容易に露出させて研削砥石の再生を行うことができる。

【0027】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記再結晶ステップの加熱は、低消耗性の電極を用いた放電加工処理で行うことを特徴とする。

【0028】また、上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造装置は、上記構成において、前記加熱制御手段は、低消耗性の電極を用いた放電加工手段で有ることを特徴とする。

【0029】ここで、低摩耗性の電極とは、例えば熱伝導率がよく摩耗が少ない銅等で形成されたものである。この構成によれば、砥石基台上に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質を効率的に加熱し、迅速に第一導電性物質を再結晶化に移行させることができる。

【0030】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記再結晶ステップで再結晶させる砥粒の粒径は、砥石形成用電極を構成する第一導電性物質と第二導電性物質の混合比に基づいて制御することを特徴とする。

【0031】この構成によれば、砥石形成用電極を形成する時の第一導電性物質の混合比を増減するのみで、容易に砥粒の粒径調整が可能になる。

【0032】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記再結晶ステップで再結晶させる砥粒の粒径は、前記砥石台座に堆積した第一導電性物質及び第二導電性物質の加熱条件に基づき制御することを特徴とする。

【0033】この構成によれば、加熱条件、例えば、加熱時間の選択や加熱温度曲線の選択を適宜行うことにより、第一導電性物質の再結晶状態を容易に制御可能であり、同一の砥石形成用電極を用いても所望の粒径の砥粒を容易に形成することができる。

【0034】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記堆積ステップは、前記研削砥石に第一導電性物質及び第二導電性物質を追加堆積させ、研削砥石の再生用堆積層を形成することを特徴とする。

【0035】この構成によれば、砥粒を形成する第一導電性物質は、砥石形成用電極に放電加工処理を施すことにより容易に追加堆積することができる。従って、研削砥石の再生を容易に行うことができる。

【0036】上記のような目的を達成するために、本発明の研削砥石の製造方法は、上記構成において、前記再結晶ステップは、前記研削砥石を再加熱し、第一導電性物質の再結晶を行い研削砥石の再生を行うことを特徴とする。

【0037】この構成によれば、摩耗により平らになってしまった砥粒も再溶解、再結晶化することで、研削に適した砥粒形状に再生することができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）を図面にに基づき説明する。

【0039】図1は、本実施形態の研削砥石の製造装置10の概略構成を説明する説明図である。装置の基本構成は、従来の放電（表面）加工装置と略同一の構成を呈している。すなわち、放電加工液12aを満たした処理槽12の内部に、研削砥石の核となる砥石台座14を固定支持する支持台16が配置されている。本実施形態において、研削砥石製造は放電処理を用いるため砥石台座14は、導電性材料であり、例えば銅材が用いられる。また、前記砥石台座14と対向する位置には、砥石形成用電極（後述するが、本実施形態では、粉体物質を圧縮して形成した電極を用いて説明する。この電極を以下、圧縮成形体電極または圧粉体電極という）18が、昇降自在な支持ヘッド（移動手段）20によって支持されている。この支持ヘッド20と砥石台座14の間には、放電制御部22が配置されている。放電制御部22は、圧粉体電極18と砥石台座14の間（後述するが、砥石形成が進行した後は、砥石台座14上に堆積した圧粉体電極18の熔融物と圧粉体電極18の間）の放電状態を常に監視し、両者間に最適な放電を発生させるように、つまり、常に、一定の間隔で放電が発生するよう

に、支持ヘッド20の駆動に関するフィードバック制御を行っている。もちろん、放電制御部22は、圧粉体電極18と砥石台座14との間の電流、電圧制御も行っている。さらに、放電処理が継続して行われると、圧粉体電極18と砥石台座14の間（砥石台座14上に堆積した圧粉体電極18の熔融物と圧粉体電極18の間）の放電加工液12aの絶縁性が低下するため、その絶縁性を回復するために、放電制御部22は、一定時間毎に、支持ヘッド20を昇降させ、フレッシュな放電加工液12aを放電領域に供給している。

【0040】本実施形態において使用する圧粉体電極18は、図2に示すように、融点の異なる少なくとも2種類の粉体物質により形成している。すなわち、砥石形成用電極である圧粉体電極18を粉状態の第一導電性物質24と第二導電性物質26とを圧縮して押し固めることによって形成している。

【0041】本実施形態において、第一導電性物質24は、再結晶完了時に硬質結晶を形成し、かつ結晶形状が鋭角に成長していくものが選択される。好適には、タングステンカーバイド（WC）がよく、本実施形態では、第一導電性物質24としてWCを用いて説明する。なお、WCは、単体では、ピッカース硬さHV1600～1800であり、再結晶化の時には、外力による影響が無い場合には鋭角な形状に成長することが知られている。一方、第二導電性物質26は、前記第一導電性物質24より融点が低いものが選択される。好適には、コバルト（Co）がよく、本実施形態では、第二導電性物質26としてCoを用いて説明する。

【0042】圧粉体電極18を製造する場合、前述した第一導電性物質24及び第二導電性物質26の混合物質を高圧、例えば、787.4～117.6kN（8～12tf）で型圧縮して形成する。

【0043】このように形成された圧粉体電極18を、図2に示すように砥石台座14に対向配置し、所定の放電条件で放電処理を行う。放電を行うことにより、型圧縮されただけの圧粉体電極18は容易に消耗する。つまり、圧粉体電極18が熔融破壊（または半熔融）され熔融塊18aとなり放電加工液12a中を落下（実際は、放電の火花（電子）の流れに沿って移動）する。本実施形態のように、放電加工処理を用いて、堆積層28を形成する場合、放電加工液12a中で圧粉体電極18と砥石台座14と対向配置し、両者間で放電を発生させればよいので、砥石台座14の形状は、任意に選択可能である。例えば、図2に示すように、平面形状の砥石台座14に堆積層28を形成してもよいし、円盤状の砥石台座を用いることもできる。また、被研削物の形状に応じた形状、例えば歯車形状の砥石台座を用いて、歯車形状の研削砥石を作成することができる。なお、堆積層28の形成を行う場合の放電条件は、例えば、50～100V、20～25A、パルス幅5～10 μ s、休止時間1

0000 μ s 等である。

【0044】ところで、圧粉体電極18は、第一導電性物質24及び第二導電性物質26を型圧縮したのみの比較的脆いものなので、放電の衝撃により容易に圧粉体電極18から分離し、順次砥石台座14上に堆積する。この時、放電加工液12a中にとけ込んでいる空気が膨張し、図3に示すように、堆積層28の中に大量の気泡30を形成する。従って、この状態では、まだ、堆積層28は全体として粒子的性質の方が強く、WCの粒径も圧粉体電極18の時とほぼ同じ程度(例えば、1~2 μ m)のままであり、研削砥石としては、最適な状態ではない。

【0045】なお、本実施形態のように、堆積層28を形成する時、粉体物質で構成される圧粉体電極18を用いることにより、放電加工で、容易に圧粉体電極18自体を溶融破壊すると共に、その溶融破壊量、つまり砥石台座14に堆積させる第一導電性物質24と第二導電性物質26との量を容易に調整することが可能になる。また、粉体物質で砥石形成用電極である圧粉体電極18を形成することにより、第一導電性物質24と第二導電性物質26との混合比を正確かつ容易に調整することが可能であり、また、粉体の粒径の調整容易にあり、所望の特性を有する電極を作成することができる。後述するが、圧粉体電極18の混合比の調整や粒径の調整は、再結晶させる砥粒の粒径調整を手段として使用することができる。

【0046】ただし、粉体物質の利用は一例であり、放電加工時に容易に溶融破壊可能であり、また、少なくとも2種類の導電性物質の混合比を任意に調整できるものであれば、導電性物質を粉体とする必要はなく、任意の状態の物質を用い、電極形成に適した方法により加工し砥石形成用電極を作成し使用しても本実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0047】本実施形態の特徴的事項は、堆積層28に熱を加え、WCを一度溶融させた後、再結晶させることにより、再結晶により大きく成長したWCを砥粒として使用できるようにすると共に、研削砥石全体の強度も向上させるところにある。

【0048】本実施形態において、堆積層28を加熱する手段として、放電加工処理を再度利用する。この場合、堆積層28を十分(WCが一度溶融する程度:3000 $^{\circ}$ C近い温度)に加熱する必要があるため、堆積層28を加熱する場合に使用する放電加工用電極は、熱伝達性のよい低摩耗性の電極、例えば銅電極等が使用される。

【0049】銅電極32は、図1に示す製造装置10に圧粉体電極18に代わりセットされ、図4に示すように、堆積層28を担持する砥石台座14に対面する。図1における放電制御部22は、堆積処理の時と同様に、支持ヘッド20の位置を放電状態に基づくフィードバック

クにより制御し、銅電極32と堆積層28との間の距離を最適な放電が発生するようにしていると共に、放電のための電圧値や電流値の制御を行う。もちろん、放電領域にフレッシュな放電加工液18aを供給するために定期的な支持ヘッド20の昇降動作も行う。この時の放電条件は、例えば、電流=8A、パルス幅=1000 μ s、休止時間=4000 μ s、放電電圧=80V等であり、まず、第二導電性物質26が溶融し、それに続いて、第一導電性物質24が溶融する。これらの溶融は、例えば、5~10分の放電で行われる。その後、温度が低下すると、まず、溶融した第一導電性物質24、すなわちWCの再結晶化が始まる。前述したようにWCは鋭角形状を形成しながら再結晶化が進む。図5に示すように、再結晶化の場合、核となる塊に順次WCが結合し、結晶成長する。この溶融、結合、再結晶により、例えば、1~2 μ m程度であった第一導電性物質(WC)24が3~10 μ m程度の塊に成長し砥粒24aを形成する。この時、第二導電性物質(Co)26は、融点が第一導電性物質(WC)24より低いため、第一導電性物質(WC)24の結晶化の時は、溶融状態である。従って、WCの再結晶化を妨げることなく、良好な鋭角成長を任意の位置において行わせ、多層的に砥粒24aを含む研削砥石を形成する。

【0050】そして、第一導電性物質(WC)24の再結晶化が完了した後、第二導電性物質(Co)26の凝固が開始される。この時、第二導電性物質(Co)26は、再結晶した第一導電性物質(WC)26を包み込み固定するように凝固する。つまり、図5に示すように結合剤26aとして機能することになる。さらに、堆積層28が一度溶融することにより、図5に示すように、堆積時に形成された気泡30が排除され、再結晶した第一導電性物質(WC)24、つまり砥粒24aを、凝固した第二導電性物質(Co)26、すなわち結合剤26aで、完全に保持するようになり、砥粒24aの保持力が増強され、研削砥石として使用できる靱性を得ることが可能になる。

【0051】なお、研削砥石の場合、被研削物に応じて、また、要求される研削精度等により、砥粒24aの粒径が選択される。本実施形態の場合、砥粒24aの粒径は、任意に制御可能である。すなわち、堆積層28を溶融する時の条件を適宜選択することにより、結晶成長の程度を制御可能であり、所望の粒径を得ることができる。すなわち、放電時間や放電パワーの制御により、堆積層28のどの程度の深さまで溶融させるかを選択可能である。つまり、再結晶に寄与する溶融したWCの量を制御し、再結晶の粒径を所望の値に変化させることができる。また、圧粉体電極18を形成する第一導電性物質24の元々の粒径を選択したり、圧粉体電極18における第一導電性物質24の混合比を適宜選択することによっても、砥粒24aの粒径を制御することができる。す

なわち、第一導電性物質24の粉径を大きくしたり、混合比を多くすることにより、砥粒24aの材料となるWCの量を増やし、再結晶化を促進することができる。

【0052】なお、砥石台座14上に堆積した堆積層28を熔融させて第一導電性物質(WC)24の再結晶化を行う場合、前述したように気泡30が排除されるため体積の減少が発生する。実験では、1/10程度に縮小する場合もあることが確認されている。従って、要求される研削砥石のサイズと、前記縮小率を考慮し、最初に形成する堆積層28の堆積量を決定する必要がある。

【0053】第二導電性物質(Co)26が凝固し、結合剤26aとして機能するようになると、研削砥石として機能することになるが、第二導電性物質(WC)24が再結晶し、砥粒24aが形成された段階では、その表面は粗い凹凸の状態であり、研削砥石としての形状精度は十分でない。研削精度を要求されない、粗研削等には使用可能であるが、精密研削には適さない。そのため、必要に応じて、数 μm ～数十 μm 単位で、被研削物に応じた平面度や真円度を出すツルーイング加工を施すことが望ましい。

【0054】同様に、第二導電性物質(WC)24が再結晶し、砥粒24aが形成された段階では、凝固した第二導電性物質(Co)26である結合剤26aも研削砥石表面に多く存在し、一部の砥粒24aしか研削砥石表面に露出していない場合がある。そこで、本実施形態で製造した研削砥石に対して、研削性能を向上するためのドレッシング(目立て)を施すことが望ましい。本実施形態で、結合剤26aに使用しているCoは、非常に電解し易い材料である。そのため、電解処理により非常に低電圧でCoのみを溶かすことができる。この時、再結晶により形成される砥粒24aは、研削砥石34において、多層的に散在しているので、例えば、研削砥石表面に存在する結合剤26aであるCoを適量除去することにより、下層に存在する砥粒24aを容易に露出させることが可能になる。つまり、電解加工処理により容易に研削砥石のドレッシングが可能になる。なお、研削砥石の場合、良好な研削を行うためには、隣接する2つの砥粒24aの間に、被研削物から削り取った切り屑を排出し目づまりを防止する空間を形成することが望ましい。本実施形態の場合、ドレッシングを行い、砥粒24aを研削砥石表面に露出させると共に、砥粒24a間の結合剤26aを適量排除することにより切り屑排出用の空間を同時に形成することができる。

【0055】また、図6(a)～(c)に示すように、研削砥石の使用により砥粒24aが摩耗した場合にも同様な方法によってドレッシングを行うことができる。すなわち、図6(a)に示すように、砥粒24aの最良の突出状態が維持されている完成した研削砥石34は、その使用により表面部分、つまり切れ刃となる突出した砥粒24a部分が図6(b)に示すように摩耗する。この

状態では、研削能力は減退し、所望の研削精度を得ることができなくなる。そこで、図6(c)に示すように、上層の砥粒24a1(摩耗した砥粒も含む)を上層の結合剤26a1と共に排除し、下層に位置していた摩耗していない(鋭角形状が維持された)砥粒24a2を露出させて、研削砥石34の再生を行う。この時、電解処理によるドレッシングは、研削砥石34の表面に対して一様に行うことができるので、最初にツルーイング加工により形成した表面形状をほぼ維持した状態で、ドレッシングを行うことができる。なお、必要に応じて再度ツルーイング加工を施すことも好適である。また、図6(c)に示すような再生を行った場合、実質的な研削砥石34の外形寸法は減少するため、研削加工を制御する制御装置側に、ドレッシング情報を提供し、研削砥石34の切り込み量を適宜制御することが必要になる。

【0056】一方、精密研削を行う場合で、研削砥石34の外形寸法の管理を正確に行いたい場合や砥石台座14上に形成された堆積層28(第一導電性物質24や第二導電性物質26が堆積している部分)の摩耗が激しい場合や、損傷がある場合には、再度、圧粉体電極18を用いた堆積層28の堆積処理を行い、再結晶処理、ツルーイング加工、ドレッシングを行い研削砥石34の完全再生を行うことが望ましい。この場合、堆積層28は、摩耗した古い層の上に直接堆積させることが可能であり、従来の非導電性のダイヤモンド等の砥粒を電着固定していたもののように、新たに砥粒を固定する時に古い電着層を剥離するという工程が不要になり、研削砥石の再生工数を著しく減少させることができる。

【0057】さらに、摩耗した砥粒24aを脱落させることなく、再度、銅電極32等を用いて、残存する堆積層28を熔融させ、第一導電性物質(WC)24の再結晶化を行うことによっても砥粒24aの再生を行うことができる。この場合、表面付近のWCの量は摩耗により低下しているが、結合剤(Co)26aの再溶解により、下層部分のWCも再結晶化に寄与することができるので、WCの量を有る程度補うことが可能であり、砥粒24aの再生を行うことができる。

【0058】このように本実施形態においては、圧粉体電極18に含まれる第一導電性物質24を砥石台座14に堆積させた後、熔融させて再結晶化を行うことにより、砥粒24aを形成する。つまり、第一導電性物質24に2度の放電加工処理を施し、各処理条件を適宜選択することにより、所望の粒径の砥粒24aを容易に形成することができると共に、摩耗時や破損時の砥粒24aの再生、つまり研削砥石の再生を容易に行うことができる。その結果、多種類の砥粒(粒径)の保管管理を行う必要がなくなり研削砥石の管理工数を低減することができる。また、要求される研削加工に最適な粒径を有する砥粒を任意に得ることが可能になり、研削加工精度の向上を行うことができる。

【0059】なお、電解により研削砥石34のドレッシングを行う場合、除去したい部分が存在する研削砥石34を陽極に接続し、当該研削砥石34を電解液中で陰極に対向させる。この時、例えば、結合剤26aとなる第二導電性物質26に、4～10V、1平行センチメートルあたり100～1000A程度を印加することにより、当該Coを電解することができる。電解によりドレッシングを行う場合、電解条件によりドレッシング量を容易に制御可能であり、迅速かつ効率的な研削砥石の目立て加工及び再生を行うことができる。また、ドレッシングを行う場合、電解処理の他、放電加工処理により導電性物質で構成される結合剤を除去可能であり、同様にドレッシングを行うことができる。

【0060】図7には、研削砥石製造、研削加工、研削砥石再生の一連の流れを説明するフローチャートが示されている。

【0061】前述したように、融点の異なる導電性物質である第一導電性物質24と第二導電性物質26を少なくとも含む圧粉体電極18を形成する(S100:電極形成ステップ)。ここでは、第一導電性物質24としてWC粉体を用い、第二導電性物質26としてCo粉体を用いる。続いて、作成した圧粉体電極18を図1に示す製造装置(放電加工装置)10にセットし、処理槽12の中に配置された砥石台座14と圧粉体電極18との間に放電を発生させ、熔融破壊されたWCとCoを砥石台座14上に堆積させる(S102:堆積ステップ)。所定量の堆積処理が完了したら、製造装置10の電極を圧粉体電極18から銅電極32に交換し、第一導電性物質24の再結晶化処理のための放電加熱を開始する。この放電により、まず融点の低いCoが熔融し、ついで、WCが熔融する。その後、熔融物は、融点の高いWCから結晶化が始まり、WCはその特性に従って、鋭角の結晶に成長していき、砥粒24aとなる。さらに、熔融物の冷却が進行すると、Coの凝固が始まり、再結晶化して形成された砥粒24aの周囲を固める結合剤26aとなり、研削砥石34の粗形成が完了する(S104:再結晶ステップ、固定ステップ)。

【0062】続いて、精密研削を可能にするために、粗形成された研削砥石34にツルイーニング加工を施し、研削砥石34としての外形形状を整える(S106)。さらに、研削砥石34の研削性能を向上するためにドレッシング加工を行う(S108)。前述したように、研削砥石34の砥粒24aを保持固定している結合剤26aとしてのCoは、電解処理によって容易に溶出させることができるので、表面部分の結合剤26aのみを除去し、必要量の砥粒24aを研削砥石34の表面に露出させることが可能になる。

【0063】このように製造された研削砥石34により、研削加工を実施した結果(S110)、突出した砥粒24aは徐々に摩耗し、研削性が低下する。研削性の

低下は、例えば、被研削物の表面の研削状態や研削所用時間等によって判断することができる。従って、研削盤等の制御装置側で、研削性が所定値より低下したか否かの判断を行い(S112)、研削性の低下が許容値以内の場合は、研削を継続する。一方、許容値を超えて低下した場合には、研削砥石34の堆積層28が破損しているか否かの判断を行う(S114)。堆積層28の損傷がない場合、つまり、砥石台座14上にまだ十分堆積層28が良好な堆積状態で残存している場合、研削性の低下は砥粒24aの表面的な摩耗のみであり、再生が可能であると判断し、例えば(S108)に戻り、ドレッシング加工を行い、堆積層28の下層に存在する再結晶化した砥粒24aを研削砥石34の表面に露出させる再生処理を行う。なお、必要に応じて、(S104)に戻り、堆積層28の再溶解を行い、WCの再結晶をもう一度行うことにより、砥粒24aの再生を行ってもよい。

【0064】一方、(S114)で堆積層28の破損(極端な堆積層28の減少も含む)が確認された場合、(S102)に戻り、堆積層28の再堆積処理を実施し、前述した研削砥石34の製造工程を繰り返し、研削砥石34の完全再生を行う。なお、堆積層28が破損したか否かは、例えば、目視の他、カメラや光学センサ等によっても容易に判断することができる。

【0065】本実施形態においては、第一導電性物質24としてWCを用い、第二導電性物質26としてCoを用いる例を説明したが、第一導電性物質24としては、結晶時に研削砥石の切れ刃となり得る硬さを有し、かつ再結晶した場合に鋭角結晶構造を持ち、第二導電性物質26より高い融点をつものであれば、他の物質でもよい。同様に、第二導電性物質26は、前記第一導電性物質24より融点が低く、凝固時に砥粒24aの保持能力を有するものであれば、他の任意の物質でよい。

【0066】また、本実施形態においては、砥石台座14に堆積した第一導電性物質24及び第二導電性物質26を加熱し熔融させた後、前記第一導電性物質24を再結晶させて砥粒24aを形成すると共に、熔融した前記第二導電性物質26を凝固させて前記砥粒24aの保持を行う結合剤26aとする加熱制御手段として、堆積層28の形成後、電極(銅電極32)に交換するのみで、連続的に処理が行える放電加工を用い、堆積層28を加熱する例を説明しているが、堆積した第一導電性物質24及び第二導電性物質26の熔融が可能な加熱手段であれば、その手段は適宜選択可能であり、例えば、レーザー等を用いて直接熱エネルギー加えてもよいし、堆積層28が堆積した砥石台座14を真空炉に投入し熔融させても本実施形態と同様に砥粒24a及び結合剤26aの形成が可能であり、同様な効果を得ることができる。

【0067】さらに、本実施形態で説明した製造装置10のシステムは、概念的な一例であり、圧粉体電極18や銅電極32を用いた放電加工処理が可能なシステムで

あれば同様に研削砥石 34 の製造が可能であり、本実施形態と同様な効果を得ることができる。

【0068】

【発明の効果】本発明によれば、融点の異なる少なくとも二種類の第一導電性物質及び第二導電性物質を放電加工処理により、熔融破壊し砥石台座の表面に熔融堆積させる。その熔融堆積した第一導電性物質、第二導電性物質を加熱し、再度熔融させることにより、融点の異なる導電性物質は融点の低い第二導電性物質から熔融が始まり、ついで、融点の高い第一導電性物質が熔融する。その後、冷却されると、第一導電性物質から再結晶化が始まり、結晶成長した砥粒となる。この時、再結晶して形成される砥粒の粒径は第一導電物質の熔融程度等により制御される。一方、融点の低い第二導電性物質は、砥粒が再結晶した後に凝固し、当該砥粒を保持する結合剤となり、研削砥石を完成させる。

【0069】従って、第一導電性物質に2度の放電加工処理を施すことにより、所望の粒径の砥粒を容易に形成し研削砥石を製造することができる。また、第一導電性物質を再結晶化することにより研削砥石中に多層的に砥粒を形成できるので、研削砥石の表面の砥粒が磨耗や磨耗後に脱落した場合でも、ドレッシングにより下層の砥粒を表面に容易に露出させて、研削砥石として再生利用することができる。

【図面の簡単な説明】

*

*【図1】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置の概略構成を説明する説明図である。

【図2】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置による堆積層の形成を説明する説明図である。

【図3】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置により堆積した堆積層の堆積状態を説明する拡大模式図である。

【図4】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置による再結晶処理を説明する説明図である。

10 【図5】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置により再結晶処理が施された後の研削砥石の堆積層の状態を説明する拡大模式図である。

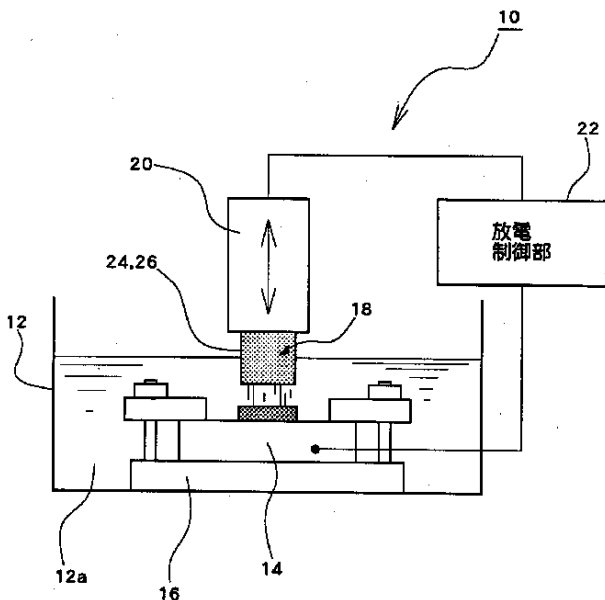
【図6】 本発明の実施形態に係る研削砥石の製造装置により製造された研削砥石に対するドレッシング加工を説明する説明図である。

【図7】 本発明の実施形態に係る研削砥石の再生工程を含む製造手順を説明するフローチャートである。

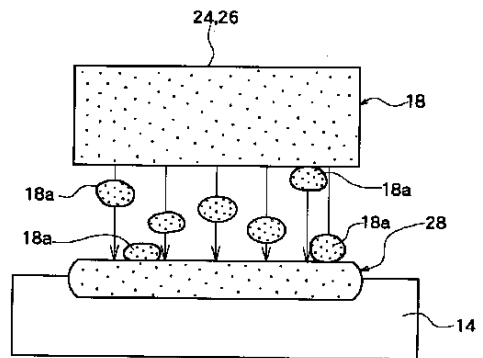
【符号の説明】

- 10 製造装置、12 処理槽、12a 放電加工液、
- 14 砥石台座、16 支持台、18 砥石形成用電極（圧粉体電極）、20 支持ヘッド、22 放電制御部、24 第一導電性物質、24a 砥粒、26 第二導電性物質、26a 結合剤、28 堆積層、30 気泡、32 銅電極、34 研削砥石。

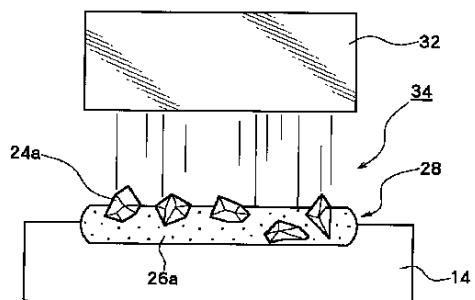
【図1】



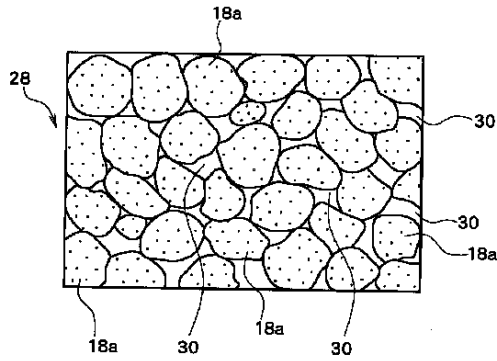
【図2】



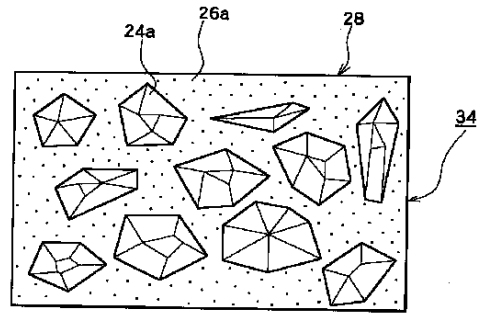
【図4】



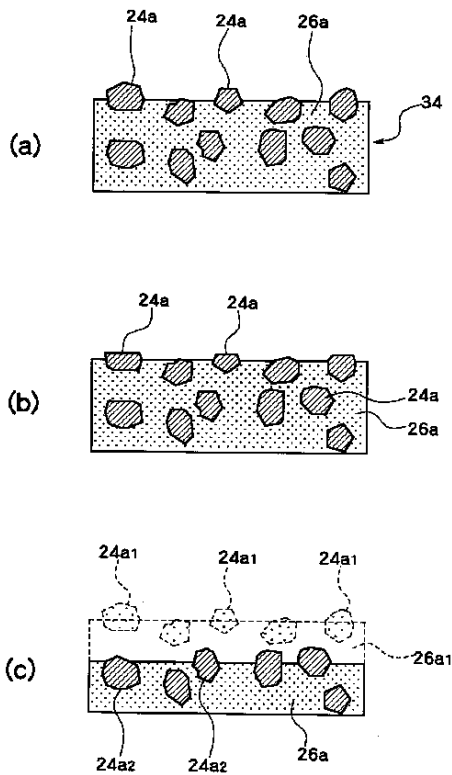
【図3】



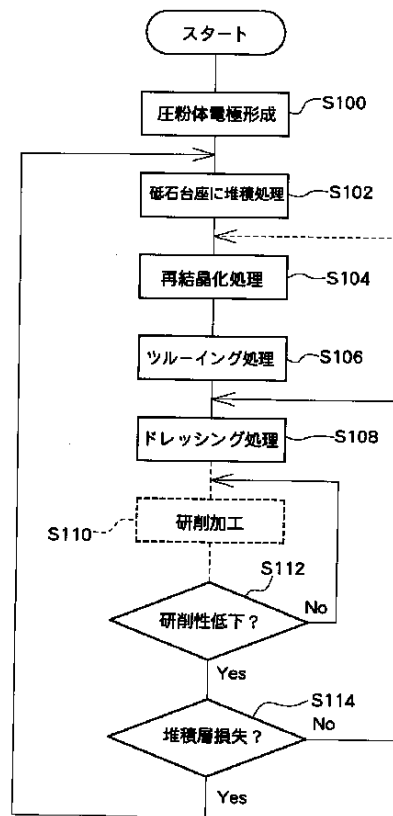
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 古谷 克司
 愛知県名古屋市中白区久方2丁目12番地1
 学校法人トヨタ学園内

Fターム(参考) 3C047 AA25
 3C059 AA02 AB01 HA08
 3C063 AA02 AB01 BB01 BC02