

(43) 国際公開日
2006年3月23日 (23.03.2006)

PCT

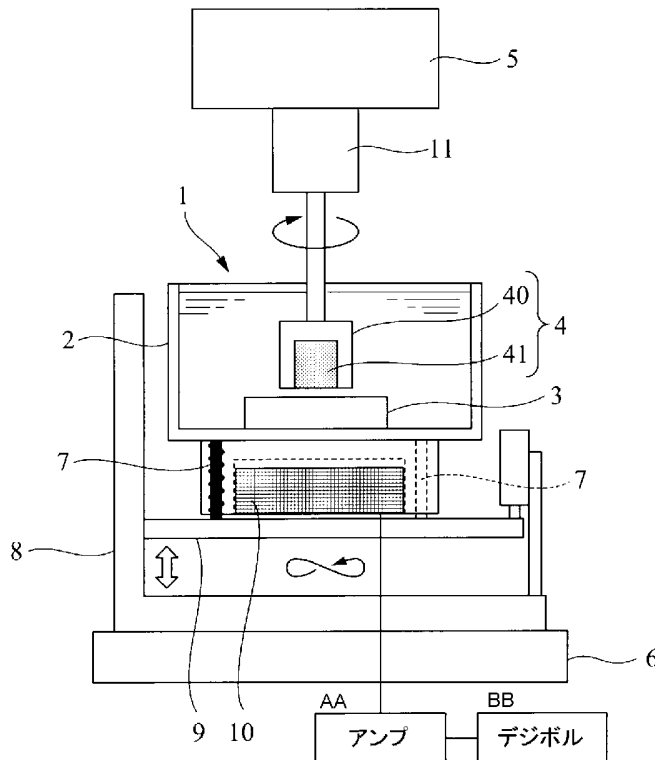
(10) 国際公開番号
WO 2006/030854 A1

- (51) 国際特許分類:
B24B 31/112 (2006.01) B24B 37/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/017030
- (22) 国際出願日: 2005年9月15日 (15.09.2005)
- (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2004-272607 2004年9月17日 (17.09.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): FDK 株式会社 (FDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋5丁目3番11号 Tokyo (JP).
- (71) 出願人 および
- (72) 発明者: 島田 邦雄 (SIMADA, Kunio) [JP/JP]; 〒9608055 福島県福島市野田町2-3-20 ブルージェイズネスト403号 Fukushima (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山本 慶太 (YAMAMOTO, Keita) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋5丁目3番11号 FDK株式会社内 Tokyo (JP). 花村 玲 (HANAMURA, Rei) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋5丁目3番11号 FDK株式会社内 Tokyo (JP). 松尾 良夫 (MATSUO, Yoshio) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋5丁目3番11号 FDK株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松井 伸一 (MATSUI, Shinichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7丁目6番41号 赤坂七番館106 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

/ 続葉有 /

(54) Title: COMPLEX PROFILE BODY POLISHING METHOD AND POLISHING APPARATUS

(54) 発明の名称: 複雑形状体の研磨方法および研磨装置

AA AMPLIFIER
BB DIGITAL VOLTMETER

(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide a complex profile body mirror finish method and apparatus wherein fluid polishing in which the object being polished is not brought into contact is carried out, the entire surface can be mirror finished even if the object is a complex profile body having protrusions and recesses such as grooves, and even a weak strength object can be polished with no stress. [MEANS FOR SOLVING PROBLEMS] The object (3) to be polished is secured to the bottom of a fluid tank (2), a polishing bite (4) is opposed to the object out of contact with the bite (4), and then the tank is filled with a magnetic polishing liquid (1) such that both of them are immersed. The magnetic polishing liquid is mixed with nonmagnetic abrasive grains and α cellulose as thickener. The polishing bite is provided with a permanent magnet (41) and rotated by a rotating means (5). The fluid tank is caused to perform appropriate vibratory operation by a vibration means (6) linked therewith, thus stirring the magnetic polishing liquid in the tank. Magnetic clusters produced in the polishing liquid by the magnetic field of the permanent magnet act to press the abrasive grains in the liquid against the surface of the object. Since the polishing liquid flows, the abrasive grains move even in the recesses of a complex profile.

/ 続葉有 /



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

【課題】 研磨対象に非接触とする流体研磨を行い、研磨対象が溝など凹凸を有する複雑形状体であっても表面の全域を鏡面に仕上げることができ、強度が弱い研磨対象でも応力なく研磨が行える複雑形状体の鏡面研磨方法、鏡面研磨装置を提供すること

【解決手段】 流動槽(2)の底部に研磨対象(3)を固定し、その研磨対象に対して研磨バイト(4)を非接触に対面させ、槽内には磁気研磨液(1)を満たして両者が浸かる状態にする。磁気研磨液には非磁性の砥粒を混合し、増粘剤として α セルロースなどを混合する。研磨バイトは永久磁石(41)を設けて回転手段(5)により回転させる。流動槽にはこれと連係した振動手段(6)により適宜な動作の振動を行わせ、槽内の磁気研磨液をかき混ぜる。永久磁石の磁場により研磨液中に生成した磁気クラスタが、液中の砥粒を研磨対象の表面に押さえつけ作用し、研磨液が流動するので砥粒が複雑形状の凹部でも動き回る。

明 細 書

複雑形状体の研磨方法および研磨装置

技術分野

- [0001] 本発明は、精密機械部品や金型など複雑な凹凸形状を有する複雑形状体の研磨方法および研磨装置に関するもので、より具体的には、研磨対象である複雑形状体に対して研磨バイトを非接触に対面し、これらの周辺に磁気研磨液を存在させて流体研磨を行う技術の改良に関する。

背景技術

- [0002] 研磨対象の表面を鏡面に仕上げる技術としては、一般に、遊離砥粒を分散させた研磨剤を研磨対象とラップ定盤との間に介在させた状態で両者を擦り合わせる動作を行うラッピングや、ラッピングよりも微細な砥粒を用い、ポリッシングパッドと呼ばれる柔らかい工具により研磨対象との擦り合わせ動作を行うポリッシングなどが行われている。
- [0003] また、非接触の研磨技術にはフロートポリッシングがある。このフロートポリッシングは、錫定盤と研磨対象を、微細な研磨剤を混濁したポリッシング液中で同時に回転させることにより両者間に介在するポリッシング液の流動圧で研磨対象をわずかに浮上させ、そのポリッシング液中の研磨剤により加工を進めるような技術である。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] しかしながら、そうした従来の鏡面研磨の技術では以下に示すような問題がある。ラッピングやポリッシングは、研磨対象に対してラップ定盤、ポリッシングパッドなど工具を接触させて力を加える加工方法であるため、研磨対象に大きな応力が生じる。このため、強度が弱い研磨対象の研磨は、困難であり、仮に研磨をした場合には研磨対象に対して加工変質層を生じる問題がある。
- [0005] また、ラッピングやポリッシングは、研磨対象に工具を接触させて研磨するため、研磨対象が溝などの凹凸を有する複雑形状(複雑形状体)であるときは、その溝の底部など複雑な部位を研磨できない。その結果、表面の全域を鏡面に仕上げられず、部分

的にムラができてしまう問題がある。このことは、上記したフロートポリシングでも同様である。フロートポリシングは研磨対象を非接触に浮上させる研磨ではあるが、研磨対象に対して錫定盤の平面度を集積した形状に転写する点は接触研磨と変わりなく、複雑形状体には対応できない。係る複雑形状体等に対する問題は、鏡面研磨に限らず、バリの除去、皮膜の除去その他の研磨にも同様のことが言える。

[0006] この発明は上記した課題を解決するもので、その目的は、研磨対象に非接触とする流体研磨を行い、研磨対象が溝など凹凸を有する複雑形状体であっても表面の全域を研磨することができ、強度が弱い研磨対象でも応力なく研磨が行える複雑形状体の研磨方法および研磨装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記した目的を達成するために、本発明に係る研磨方法は、複雑形状体である研磨対象に対して研磨バイトを非接触に対面させるとともに、これらの周辺に磁気研磨液を存在させて流体研磨を行う複雑形状体の研磨方法であって、前記研磨バイトは磁場を発生する磁場発生源を設けて回転手段により回転動作させ、当該研磨バイトに対面させて前記研磨対象を支持するとともに、これら両者が浸かる状態に周辺に磁気研磨液を満たし、前記磁気研磨液には非磁性の砥粒を混合しておき、前記研磨バイトを回転動作するとともに前記磁場発生源により前記磁気研磨液に時間的に定常的あるいは変動的な磁場を加え、当該磁気研磨液を攪拌手段によりかき混ぜて非接触の状態で行うようにした。

[0008] また、本発明に係る研磨装置は、出力軸が回転する回転手段と、永久磁石や電磁コイルなど磁場を発生する磁場発生源を有しており前記出力軸の先端に着脱可能に取り付ける研磨バイトと、前記研磨バイトと対面させて研磨対象を支持して当該両者が浸かる状態に磁気研磨液を満たす流動槽と、前記流動槽に係して適宜な動作の振動を与える振動手段とを備え、前記磁気研磨液は非磁性の砥粒を混合し、前記研磨バイトは前記研磨対象と接触させずに所定の間隔を隔てて回転動作するとともに前記磁場発生源により前記磁気研磨液に時間的に定常的あるいは変動的な磁場を加え、そして前記流動槽を振動させて当該槽内の磁気研磨液をかき混ぜる構成にする。

- [0009] 前記研磨バイトは、非磁性体からなる円柱体に同心に永久磁石を埋め込み、当該永久磁石により磁場を発生する構成とすることができる。別の構成としては、前記研磨バイトは、非磁性体からなる円柱体に対して環状の永久磁石を同心に複数を埋め込み、磁性部位と非磁性部位とが同心に交互に繰り返す構成とすることができる。もちろん、前記研磨バイトは、他の構成を採ることもできる。
- [0010] 上述した各発明に用いられる磁気研磨液は、動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を好ましくは $10 \sim 95 \text{ wt}\%$ 分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を好ましくは $5 \sim 90 \text{ wt}\%$ 混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混合する構成としたものを用いることができる。
- [0011] したがって本発明では、回転動作する研磨バイトは磁場発生源を有し、このため研磨バイトと研磨対象との間に磁場が作用し、磁気研磨液において磁気クラスタが生成する。具体的には、請求項2と請求項6に示す組成において、強磁性粒子(例えば鉄粒子)、マグネタイト粒子が磁気吸引力により多数が凝集して磁気クラスタとなる。磁気クラスタは、磁束に沿う。従って、磁気クラスタは、研磨対象に対立して針状に多数が立ち並び、これにより磁気研磨液中に存在する砥粒が研磨対象の表面に押えつけられる。また、磁気クラスタに絡み込まれた砥粒もあるので、それらも研磨対象の表面に押えつけられる。
- [0012] こうした状態で研磨バイトが回転動作することから研磨対象との間の相対運動によって砥粒は研磨対象の表面を接触しつつ運動する。このため、研磨対象の表面の凸部を砥粒が研削し、より平滑な表面が得られる。よって、仮に研磨対象にバリが存在していたとしても、係るバリも除去される。
- [0013] また、流動槽を動かすことで磁気研磨液をかき混ぜることから、研磨対象の凹部でも磁気研磨液が入れ替わり、磁気研磨液中で砥粒が動き回るため研削の作用をし、研磨が進むことになる。
- [0014] さらに、磁気クラスタは、磁場発生源(永久磁石)の磁場から飛び外れてしまうものも

ある。これらは磁気研磨液中に分散してやがて消失してしまうが、少しの間は形状を保持する。従って、磁場から飛び外れた磁気クラスタは、磁気研磨液の流動運動のため研磨対象の側部など各部位に回り込む。そして、その回り込んだ磁気クラスタが当該部位に当たって研削したり、当該部位で近辺に存在した砥粒を動かしたりする。その結果、研磨バイトと対面しない側部でも研磨が進む。もちろん、この浮遊した磁気クラスタは、研磨対象の凹部でも動き回り研削の作用をし、研磨が進むことになる。

[0015] すなわち、磁場発生源の磁場により凝集して生じた磁気クラスタの一部は、研磨バイトの回転動作および流動槽の振動動作に伴って磁場から離脱して流動し、研磨対象の凹部に入り込み、そして側部など研磨バイトと対面しない部位に当たり、あるいは近辺の砥粒を動かして当てるなど研削の作用をし、複雑形状の凹部や研磨バイトと対面しない側部でも研磨することになる。

[0016] また、上述した組成では、磁気研磨液には α セルロース等の増粘剤を含むので、添加した増粘剤は磁気クラスタを保持するように作用し、その結果、多数の砥粒が研磨対象の表面に接触する状況を促進でき、研磨を高効率に行えるようになる。

発明の効果

[0017] 本発明に係る複雑形状体の研磨では、磁気研磨液において生成した磁気クラスタにより、研磨対象に対しては非接触の流体研磨を行うことができ、磁気研磨液を攪拌手段によりかき混ぜるので、研磨の作用を促進でき、研磨対象が溝など凹凸を有する複雑形状体であっても表面の全域をムラなく研磨することができる。また、本発明の研磨は、非接触の流体研磨であるため、強度が弱い研磨対象でも応力なく研磨が行える。そして、係る研磨を行なうことにより、バリを除去したり、鏡面に仕上げるができる。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 本発明をより詳細に説明するにあたり、添付の図面に従ってこれを説明する。図1は、本発明の好適な一実施の形態を示している。本実施の形態において、研磨装置（鏡面研磨装置）は、磁気研磨液1を満たした流動槽2を有し、その流動槽2の底部に固定した研磨対象（試料3）に対して研磨バイト4を非接触に対面させる。研磨バイト4は、例えば永久磁石などの磁場を発生する磁場発生源を備えており、駆動モータ

5により回転させる。流動槽2には、振動台6を連係させ、適宜な動作の振動を行わせる。そして、この研磨装置は、磁気研磨液1に生成した磁気クラスタの作用により流体研磨を行う構成になっている。

[0019] 流動槽2は、底面に試料3を固定し、スプリングネジ7によりトラバース装置8の基台9に取り付けるとともに、そのトラバース装置8を振動台6に取り付ける。スプリングネジ7の部位には、接触式のロードセル10を配置している。トラバース装置8の基台9を動かすことで流動槽2の上下位置を初期設定し、振動台6により適宜な振動動作、例えば研磨バイト4の回転軸との対立面において8の字を描くといった回動動作を与えるとともに、その動作状況をロードセル10により検出するようになっている。

[0020] 磁気研磨液1は非磁性の砥粒を混合している。具体的には、動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を $10 \sim 95\text{wt}\%$ 分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50\text{nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を $5 \sim 90\text{wt}\%$ 混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混合している。

[0021] 図2～図4に示すように、研磨バイト4は、非磁性体からなる円柱体40に同心に永久磁石41を埋め込んだ構成を採る。すなわち、図2に示す構造は、円柱形状の永久磁石41を一つだけ円柱体40の中心に埋め込んであり、円柱体40の直径 w_2 、永久磁石41の直径 w_1 に関して、

$$1.0 \leq w_2/w_1 \leq 3.0$$

という設定にしている。

[0022] また図3に示す構造は、円柱形状の永久磁石41を一つだけ円柱体40の中心に埋め込むとともに、バイト面を中心の永久磁石41に向けて窪ませてあり、円柱体40の直径 w_2 、永久磁石41の直径 w_1 、窪み部の深さ h 、窪み部の幅 w_3 に関して、

$$w_2/w_1 = 3$$

$$w_3/h = 4$$

$$w_3 = (w_2 - w_1)/2$$

$$1. 0 \leq w2/w1 \leq 3.0$$

$$0.1 \leq h/w3 \leq 10.0$$

という設定にしている。

- [0023] さらに、研磨バイト4は、図4(a), (b)に示すように、非磁性体からなる円柱体40に、環状の永久磁石41を同心に複数を埋め込み、磁性部位と非磁性部位とが同心に交互に繰り返す構成を採ることもよい。
- [0024] 駆動モータ5には、例えばボール盤、旋盤、NC旋盤、フライス盤などの回転駆動機構を用いることができ、出力軸に連結したチャック部11に研磨バイト4の軸を取り付けし、着脱が行える構成になっている。
- [0025] 振動台6は、図示しない駆動源を有し、研磨バイト4の回転軸と対立する平面について流動槽4を動かす構成を採る。振動動作には複数のモードを設定してあり、適宜に選択あるいは組み合わせるようになっている。つまり、振動台6の振動動作は、研磨バイト4の回転軸との対立面において、定点を中心とする単純な回転動作、あるいは8の字を描く回動動作、または当該平面における定方向で往復する振動動作など、複数の振動モードがあり、研磨作業の際はこれらを適宜に選択あるいは組み合わせることになる。
- [0026] このような構成によれば、研磨バイト4と試料3との間には、図5に示すように、磁束が生じて磁気研磨液1において磁気クラスタ12が生成する。つまり、研磨バイト4には永久磁石41を埋め込んであるので磁場が作用し、永久磁石41と試料3との間で磁束が生じ、強磁性粒子(例えば鉄粒子)、マグネタイト粒子が磁気吸引力により多数が凝集して磁気クラスタ12となる。磁気クラスタ12は、磁束に沿うので試料3に対立して針状に多数が立ち並ぶことになる。
- [0027] このとき、磁気研磨液1においては、増粘剤として加えた α セルロース13が磁気クラスタ12の相互間に織り込み状態に位置を占める。さらに磁気研磨液1には、非磁性の砥粒14を加えてあるので、これは磁気クラスタ12に絡み込まれるものもあるが、多くは試料3の表面に存在することになる。したがって、針状に立ち並ぶ磁気クラスタ12および織り込み状態の α セルロース13とによって、磁気研磨液1の中に存在する砥粒14が試料3の表面に押さえつけられる。また、磁気クラスタ12および α セルロー

ス13に絡み込まれた砥粒14もあるので、それらも試料3の表面に押えつけられる。

[0028] こうした状態で研磨バイト4(永久磁石41)が回転動作することから試料3との間の相対運動によって砥粒14は試料3の表面を接触しつつ運動する。このため、試料3の表面の凸部を砥粒14が研削し、より平滑な表面が得られる。つまり、研磨対象にバリが生じていた場合には、係るバリが除去できるし、鏡面研磨も行なえる。

[0029] 磁場が定常的では、磁気クラスタ12は磁束に沿って整列して立ち並び、磁力により整列状態が保持されるので砥粒14が試料3の表面(研磨面)に適度に当たって研磨が行える。また、磁場が変動的では、磁気クラスタ12は動揺し、このときも砥粒14が研磨面に適度に当たり研磨が行える。このように、試料3に対して研磨バイト4を接触させずに所定に隔てた非接触の状態であっても、磁気クラスタ12および α セルロース13の押さえ作用により研磨することができ、流体研磨が行える。

[0030] また、流動槽2を動かすことで磁気研磨液1をかき混ぜることから、試料3の凹部でも磁気研磨液1が入れ替わり、磁気研磨液1の中で砥粒14が動き回るため研削の作用をし、研磨が進むことになる。

[0031] ところで、磁気クラスタ12は、永久磁石41の磁場から飛び外れてしまうものもある。これらは磁気研磨液1の中に分散してやがて消失してしまうが、少しの間は形状を保持することから、磁気研磨液1の流動運動のため試料3の側部など各部位に回り込むことになる。すると、その回り込んだ磁気クラスタ12が当該部位に当たり研削の作用をし、あるいは当該部位で近辺に存在した砥粒14を動かす作用となる。その結果、研磨バイト4と対面しない側部でも研磨が進むことになる。もちろん、この浮遊した磁気クラスタ12は、試料3の凹部でも動き回り研削の作用をし、研磨が進むことになる。

[0032] すなわち、永久磁石41の磁場により凝集して生じた磁気クラスタ12の一部は、研磨バイト4の回転動作および流動槽2の振動動作に伴って磁束から離脱して流動し、試料3の凹部に入り込み、そして側部など研磨バイト4と対面しない部位に当たり、あるいは近辺の砥粒14を動かして当てるなど研削の作用をし、複雑形状の凹部や研磨バイト4と対面しない側部でも研磨することになる。

[0033] また、磁気研磨液1には増粘剤として α セルロース13を含むので、添加した増粘剤は磁気クラスタ12を保持するように作用する。その結果、多数の砥粒14が試料3の

表面に接触する状況を促進でき、研磨を高効率に行えるようになる。

- [0034] したがって、本発明に係る鏡面研磨によれば、磁気研磨液1において生成した磁気クラスタ12により、試料3(研磨対象)に対しては非接触の流体研磨を行うことができ、磁気研磨液1を攪拌手段によりかき混ぜるので、研磨の作用を促進できる。よって、研磨対象が溝などの凹凸を有する複雑形状体であっても表面の全域をムラなく鏡面に仕上げることができる。そして、非接触の流体研磨であるため、強度が弱い研磨対象でも応力なく研磨が行える。

実施例

- [0035] 図1に示す鏡面研磨装置を用いて試料の研磨を行った。つまり、本発明の効果を実証するため、研磨の条件を替えて複数の試料を研磨し、それら各試料について表面粗さRa(算術平均粗さ)を評価した。
- [0036] 磁気研磨液としては表1に示す組成とし、第1評価試験には図6(a), (b)に示す形状寸法の試料を用いた。

[表1]

	物質名	配合比(g)
分散媒	ケロシンベース磁性流体 (分散粒子:マグネタイト, 分散媒:ケロシン 濃度:50wt%, 動粘度:0.03mm ² /s程度)	38.9
分散微粒子1	鉄粉(Fe, 粒子径 1.2 μm)	30
分散微粒子2	砥粒(アルミナAl ₂ O ₃ , 粒子径 0.05 μm)	19.7
添加剤	ケロシン(動粘度:0.03mm ² /s程度)	4
増粘剤	αセルロース	6.3

- [0037] つまり、磁気研磨液はその組成に、非磁性の砥粒として粒子径0.05 μmのアルミナを含み、さらに増粘剤としてαセルロースを含むものとする。そして、第1評価試験では、試料は図6(a), (b)に示すように、外径12mm, 厚さ5mmの円板形状で同心に環状の溝部を有し、表2に示す諸条件により研磨を行なった。その結果、同表に合

わせて示すような表面粗さRaが得られた。

[表2]

材質	バイト (No.)	回転数 (rpm)	間隔 (mm)	研磨 時間	下の台	流動槽		Ra(nm)	
					(下の台振動の条件)			研磨前	研磨後
真鍮	C	915	1	1時間	8の字振動	使用	凸部	238.6	7.1
					(振幅10mm,回転数20/分)		凹部	300	5.7

[0038] このとき、試料は真鍮からなり、研磨バイトは図4(a), (b)に示したもの、環状の永久磁石を同心に有する構成であって、その回転数は915rpm、試料との間隔は1mm、研磨時間は1時間、振動台は研磨バイトの回転軸との対立面において8の字を描く回動動作を行い、その振幅は10mmで毎分20回の振動とした。

[0039] その結果、表面粗さRaは環状の溝部(凹部)でも5.7nmが得られており、これは上方の表面(凸部)と同等な数nmオーダーであることを確認した。すなわち、本発明に係る研磨によれば、複雑形状体についてその凹部も含む表面の全域を研磨(鏡面研磨)することができ、本発明の有用性が確認できた。

[0040] 次に、試料を平板形状のものとして第2評価試験を行った。つまり、試料は外径20mm、厚さ10mmの円板形状のものとし、表3に示す諸条件により研磨を行なった。その結果、同表に合わせて示すような表面粗さRaが得られた。

[表3]

番号	材質	バイト (No.)	回転数 (rpm)	間隔 (mm)	研磨時間	下の台	Ra(nm)	
						(下の台振動の条件)	研磨前	研磨後
1	真鍮	A	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	240.8	6.8
2	SUS304	A	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	192	3.4
3	アルミ	A	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	192.3	7.6
4	ジュラルミン	A	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	150.3	4.4
5	銅	A	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	486.9	4.8
6	真鍮	B	915	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	238.6	7.1
7	真鍮	B	515	2	30分	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	285.1	7.8
8	真鍮	B	515	2	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	207.8	8.4
9	Ti	B	515	1	1時間	8の字振動 (振幅10mm,回転数20/分)	415.6	7.7

[0041] 第2評価試験では、試料は真鍮、SUS304、アルミニウム、ジュラルミン、銅、Tiであり、研磨バイトは図2に示したものがバイトA、図3に示したものがバイトBであって、その回転数は515rpmあるいは915rpm、試料との間隔は2mmあるいは1mm、研磨時間は1時間あるいは30分、振動台は研磨バイトの回転軸との対立面において8の字を描く回動動作を行い、その振幅は10mmで毎分20回の振動とした。

[0042] その結果、表面粗さRaは番号1～番号9の試料の何れにおいても数nmオーダが得られており、このとき試料は上面だけでなく側面(周面)も鏡面研磨できていることを確認した。すなわち、本発明に係る鏡面研磨によれば、十分な表面粗さに鏡面研磨が行えるものであり、これは流動槽に固定した底面を除く表面の全域つまり磁気研磨液と接した表面の全域を研磨(鏡面研磨)することができ、本発明の有用性が確認できた。

[0043] 上述した実験結果は、いずれも、本発明が鏡面研磨に有効に機能することをことを証明するものである。本発明の効果は、上述した鏡面研磨に限るものではなく、研磨対象の形態にとらわれず、たとえ複雑形状体であっても研磨することができるもので

ある。この研磨の一態様として、バリ取り(バレル研磨)がある。すなわち、たとえば図7に示すように、研磨対象45が、機械加工により表面に円弧状の凹溝45aを形成し、その機械加工の際にその凹溝45aの端部にバリ45bが形成されたものとする。また、図8に示すように、研磨対象46が、平板状の金属プレートに対してプレス加工などを行ない先端に細長な帯状板部46aを有する形状からなるものとする。そして、その帯状板部46aの側縁にバリ46bが残っていたとする。これらバリ45b、46bは、この例では、数 μ mから数10 μ m程度の寸法である。

[0044] 磁気研磨液としては表4に示す組成とし、第3評価試験には図7(No. 10)、図8(No. 11)に示す形状寸法の試料(バリ付き)を用いた。そして、各試料に対し、それぞれ表5に示す研磨実施条件の下で、研磨を行なった。研磨に用いた研磨バイトは、図1、図2に示す構造のものである。また、振動第6は、流動槽は2が円運動するように動作させた。その結果、何れの試料も、バリが綺麗に除去された。これにより、本発明の研磨は、バリの除去にも有効に機能することが確認できた。例えば、図8に示すように、複雑形状であり、しかも、非常に微小で強度の弱い部材の場合、通常の方法でバリを除去しようとする、帯状板部46aが曲がったり、破損したりするおそれがあるが、本発明によれば、帯状板部46aに対する損傷はなく、バリのみを除去することができる。

[表4]

	物質名	配合比(g)
分散媒	ケロシンベース磁性流体 (分散粒子: マグネタイト, 分散媒: ケロシン 濃度: 50wt%, 動粘度: 0.03mm ² /s程度)	38.9
分散微粒子1	鉄粉(Fe, 粒子径 1.2 μ m)	30
分散微粒子2	砥粒(アルミナAl ₂ O ₃ , 粒子径 3.0 μ m)	19.7
添加剤	ケロシン(動粘度: 0.03mm ² /s程度)	4
増粘剤	α セルロース	6.3

[表5]

番号	被研磨物材質	試料-バイト間ギャップ (mm)	上部回転数 (rpm)	研磨時間 (秒)	下部回転数 (rpm)
10	SUS403	1	800	10	40
11	SUS403	1	800	180	40

[0045] なお、鏡面研磨やバリ除去を行なう場合の研磨時間や、上部回転数・下部回転数などの研磨条件は、材質、寸法形状その他の要因に基づき、適宜に設定する。

図面の簡単な説明

[0046] [図1]本発明に係る鏡面研磨装置の好適な一実施の形態を示す構成図である。

[図2]研磨バイトの好適な例1を示す断面図である。

[図3]研磨バイトの好適な例2を示す断面図である。

[図4]研磨バイトの好適な例3を示し、(a)が断面図、(b)がそのバイト面を示す平面図である。

[図5]磁気クラスタによる流体研磨を示す説明図である。

[図6]研磨試験の試料とした複雑形状体の形状寸法を示す斜視図(a)および断面図(b)である。

[図7]研磨対象の試料とした複雑形状体の一例を示す図である。

[図8]研磨対象の試料とした複雑形状体の一例を示す図である。

- [0047] 1 磁気研磨液
 2 流動槽
 3 試料(研磨対象)
 4 研磨バイト
 5 駆動モータ
 6 振動台
 7 スプリングネジ
 8 トラバース装置

- 9 基台
- 10 ロードセル
- 11 チャック部
- 12 磁気クラスタ
- 13 α セルロース
- 14 砥粒
- 40 円柱体
- 41 永久磁石
- 45 研磨対象
- 45a 凹溝
- 45b バリ
- 46 研磨対象
- 46a 带状板部
- 46b バリ

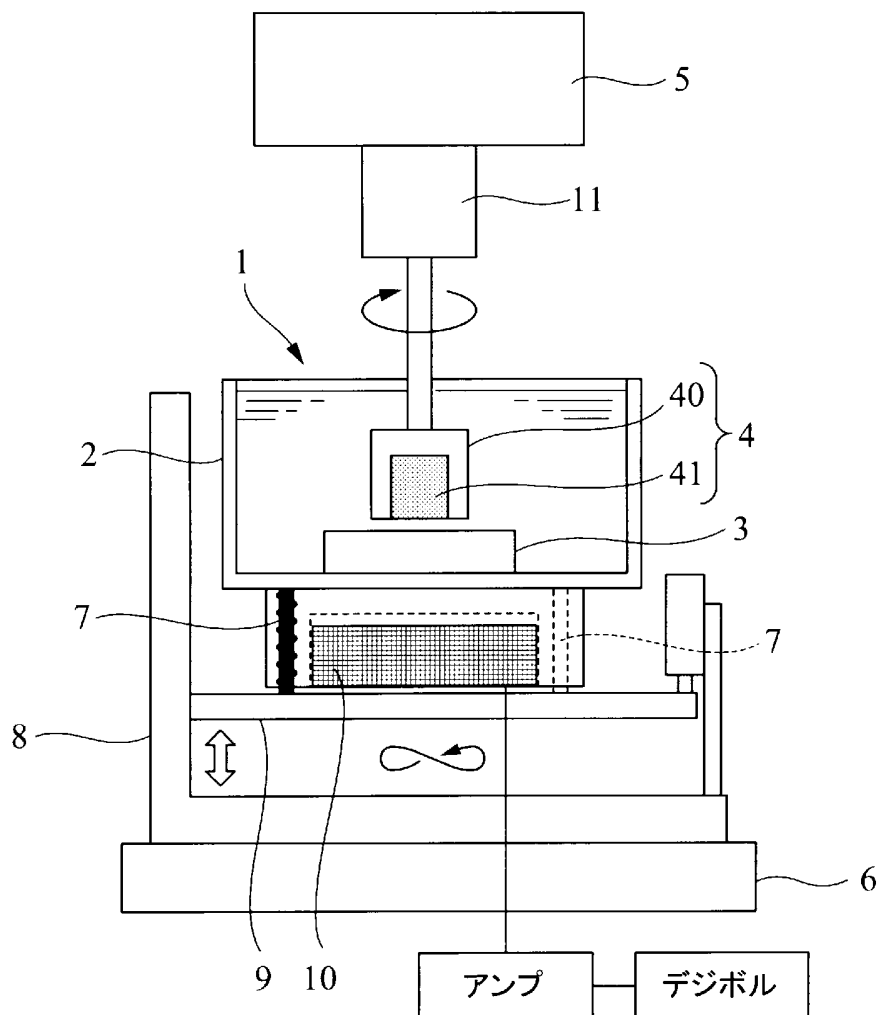
請求の範囲

- [1] 複雑形状体である研磨対象に対して研磨バイトを非接触に対面させるとともに、これらの周辺に磁気研磨液を存在させて流体研磨を行う複雑形状体の鏡面研磨方法であって、
- 前記研磨バイトは、磁場を発生する磁場発生源を設けて回転手段により回転動作させ、当該研磨バイトに対面させて前記研磨対象を支持するとともに、これら両者が浸かる状態に周辺に磁気研磨液を満たし、前記磁気研磨液には非磁性の砥粒を混合しておき、
- その状態で前記研磨バイトを回転動作するとともに前記磁場発生源により前記磁気研磨液に時間的に定常的あるいは変動的な磁場を加え、そして当該磁気研磨液を攪拌手段によりかき混ぜて非接触の状態で行うことを特徴とする複雑形状体の研磨方法。
- [2] 前記磁気研磨液は、
- 動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を $5 \sim 90 \text{ wt}\%$ 混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混合することを特徴とする請求項1に記載の複雑形状体の研磨方法。
- [3] 出力軸が回転する回転手段と、永久磁石や電磁コイルなど磁場を発生する磁場発生源を有しており前記出力軸の先端に着脱可能に取り付ける研磨バイトと、前記研磨バイトと対面させて研磨対象を支持して当該両者が浸かる状態に磁気研磨液を満たす流動槽と、前記流動槽に係して適宜な動作の振動を与える振動手段とを備えて、
- 前記磁気研磨液は非磁性の砥粒を混合し、前記研磨バイトは前記研磨対象と接触させずに所定の間隔を隔てて回転動作するとともに前記磁場発生源により前記磁気研磨液に時間的に定常的あるいは変動的な磁場を加え、そして前記流動槽を振動させて当該槽内の磁気研磨液をかき混ぜることを特徴とする複雑形状体の研磨装置

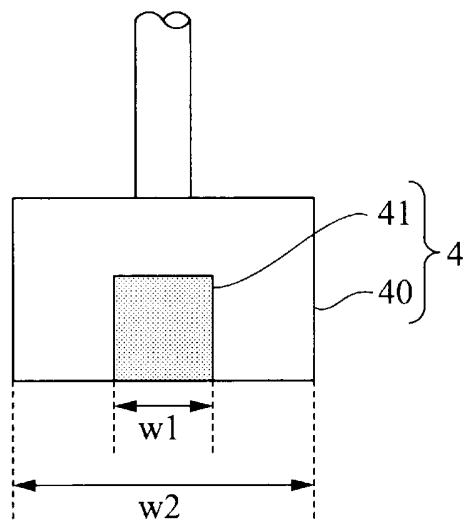
- 。
- [4] 前記研磨バイトは、非磁性体からなる円柱体に同心に永久磁石を埋め込み、当該永久磁石により磁場を発生することを特徴とする請求項3に記載の複雑形状体の研磨装置。
- [5] 前記研磨バイトは、非磁性体からなる円柱体に対して環状の永久磁石を同心に複数を埋め込み、磁性部位と非磁性部位とが同心に交互に繰り返す構成とすることを特徴とする請求項3に記載の複雑形状体の研磨装置。
- [6] 前記磁気研磨液は、
動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混合することを特徴とする請求項3のいずれか1項に記載の複雑形状体の鏡面研磨装置。
- [7] 前記磁気研磨液は、
動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混合することを特徴とする請求項4に記載の複雑形状体の鏡面研磨装置。
- [8] 前記磁気研磨液は、
動粘度 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2/\text{s}$ 程度の水やケロシン等の分散媒中に、粒子径 $1 \sim 80 \mu\text{m}$ の強磁性粒子を分散させた流体に対して、粒子径 $10 \sim 50 \text{ nm}$ の球形マグネタイト粒子が電気絶縁性を有する水やケロシン等の分散媒に一樣に分散した流体を混合した複合流体に、粒子径 $0.01 \sim 100 \mu\text{m}$ の非磁性の砥粒を混合し、さらに増粘剤として α セルロースなどの繊維状物質あるいはポリビニルアルコール等の樹脂を混

合することを特徴とする請求項5に記載の複雑形状体の鏡面研磨装置

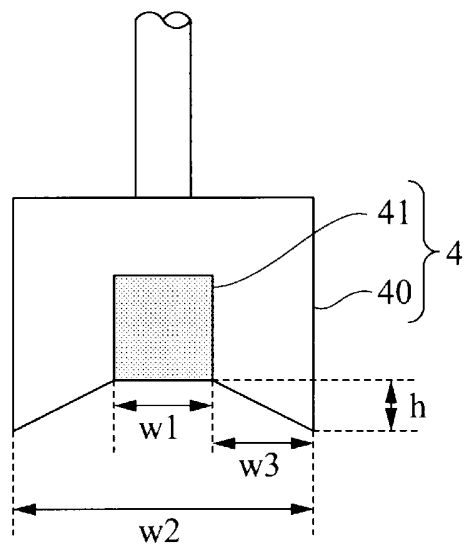
[図1]



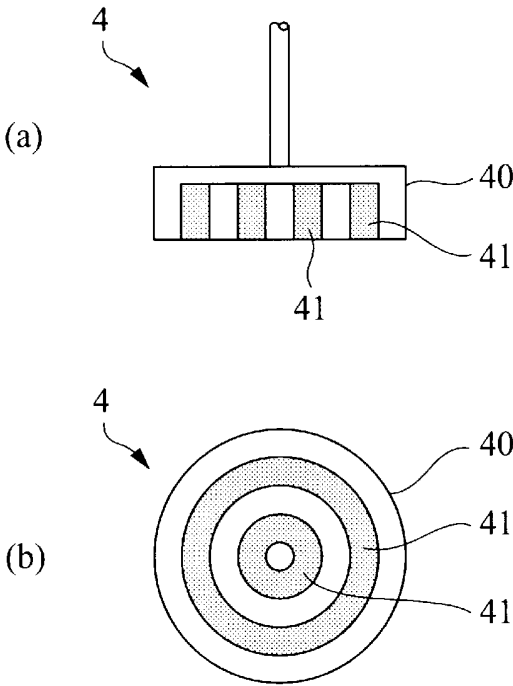
[図2]



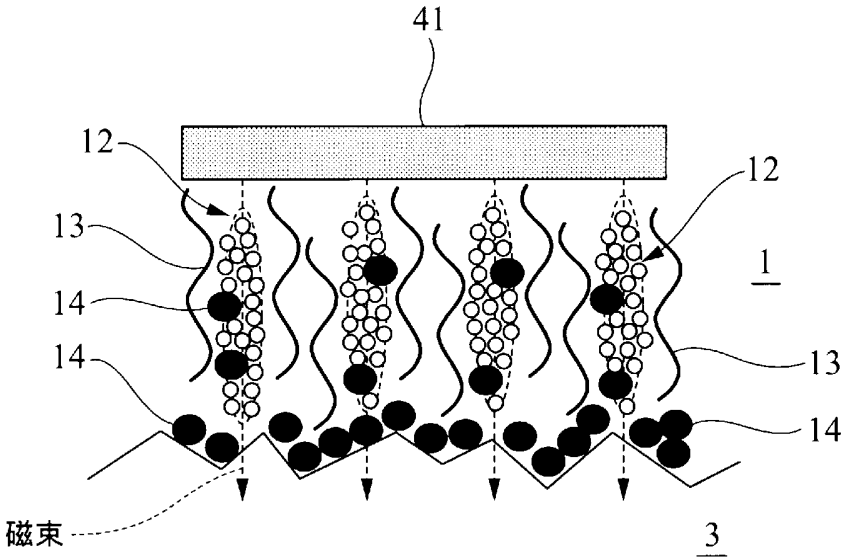
[図3]



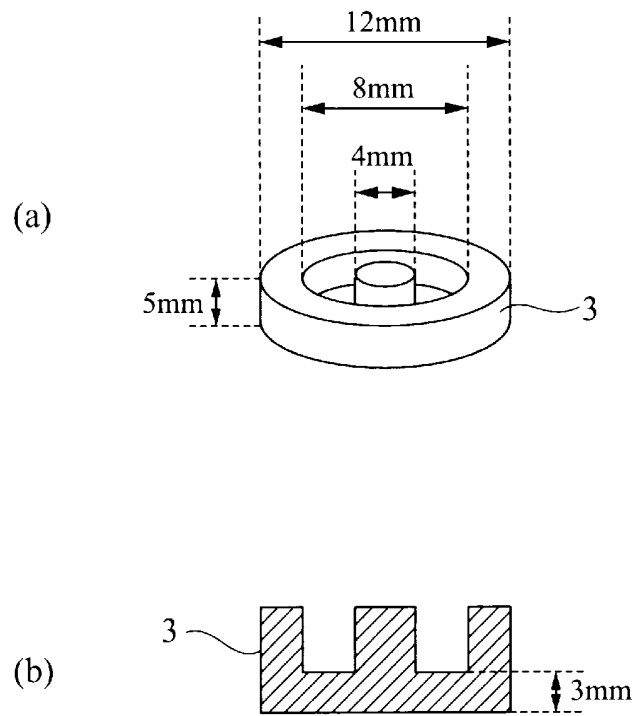
[図4]



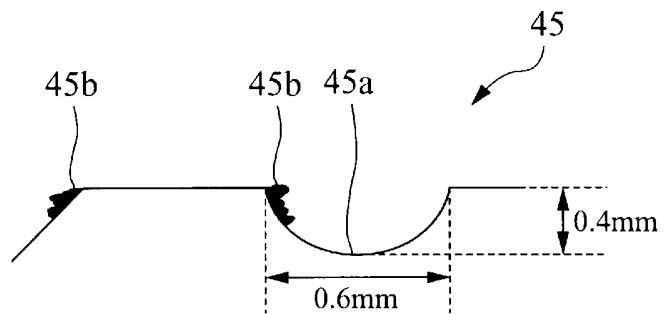
[図5]



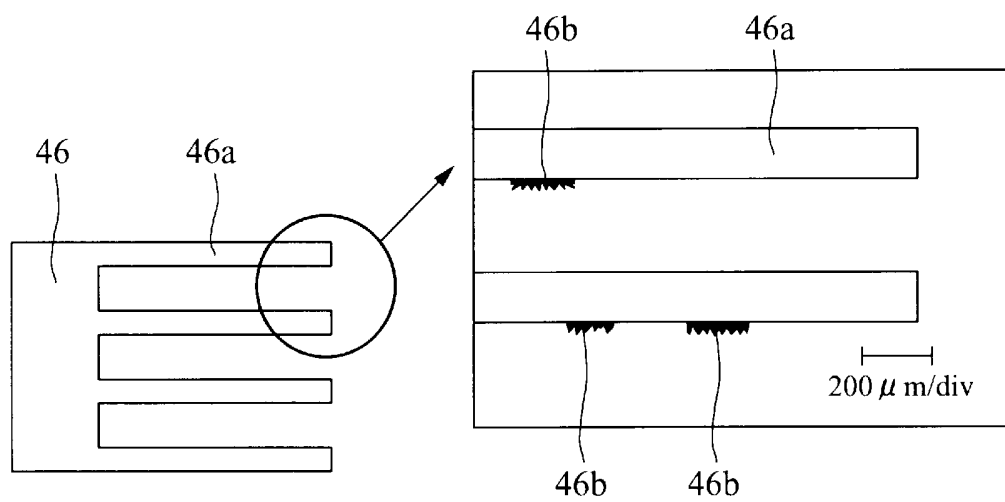
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/017030

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B24B31/112 (2006.01) , B24B37/00 (2006.01)		
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) B24B31/112 (2006.01) , B24B37/00 (2006.01)		
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 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005		
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 5-8169 A (Daido Steel Co., Ltd., Takao NAKAGAWA), 19 January, 1993 (19.01.93), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 3, 4 2, 5-8
Y A	JP 9-11114 A (Fujikura Ltd.), 14 January, 1997 (14.01.97), Full text; Figs. 1 to 10 (Family: none)	1, 3, 4 2, 5-8
Y	JP 8-52650 A (Kabushiki Kaisha Imahashi Seisakusho), 27 February, 1996 (27.02.96), Full text; Figs. 1 to 17 & EP 0696494 A1 & US 5611725 A	4
☒ 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 12 December, 2005 (12.12.05)		Date of mailing of the international search report 20 December, 2005 (20.12.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/017030

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 10-15789 A (Tokyo Seimitsu Co., Ltd.), 20 January, 1998 (20.01.98), Par. Nos. [0022] to [0026]; Fig. 3 (Family: none)	1-8
A	JP 2003-117807 A (Akita-Ken, Kobayashi Kogyo Kabushiki Kaisha, Fuji Daisu Kabushiki Kaisha), 23 April, 2003 (23.04.03), Par. Nos. [0015] to [0016]; Figs. 2 to 3 & US 2003/0068964 A1	2,5-8
A	JP 60-201869 A (Insuchitsuto, Suberufutoberudouifu Materiarofu, Akademi, Nauku, Ukurainsukoi, Esuesueru), 12 October, 1985 (12.10.85), Fig. 9 (Family: none)	5
A	JP 2000-343414 A (Akita-Ken), 12 December, 2000 (12.12.00), Full text; Figs. 1 to 9 (Family: none)	2,6-8
A	JP 2002-170791 A (Akita-Ken), 14 June, 2002 (14.06.02), Full text (Family: none)	2,6-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl. **B24B31/112** (2006.01), **B24B37/00** (2006.01)

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. **B24B31/112** (2006.01), **B24B37/00** (2006.01)

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	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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 請求の範囲の番号
Y A	J P 5-8169 A (大同特殊鋼株式会社、中川威雄) 1993. 01. 19, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1, 3, 4 2, 5-8
Y A	J P 9-11114 A (株式会社フジクラ) 1997. 01. 14, 全文, 第1-10図 (ファミリーなし)	1, 3, 4 2, 5-8
Y	J P 8-52650 A (株式会社イマハシ製作所) 1996. 02. 27 全文, 第1-17図& EP 0696494 A1 & US 5611725 A	4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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
「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)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 12. 2005

国際調査報告の発送日

20. 12. 2005

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)

中島 成

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3C

9243

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 請求の範囲の番号
A	J P 10-15789 A (株式会社東京精密) 1998. 01. 20, 段落【0022】-【0026】, 第3図 (ファミリーなし)	1-8
A	J P 2003-117807 A (秋田県、小林工業株式会社、富士ダイス株式会社) 2003. 04. 23, 段落【0015】-【0016】, 第2-3図 & US 2003/0068964 A1	2,5-8
A	J P 60-201869 A (インスチツート, スベルフトベルドウィフ, マテリアロフ, アカデミー, ナウク, ウクラインスコイ, エスエスエル) 1985. 10. 12, 第9図 (ファミリーなし)	5
A	J P 2000-343414 A (秋田県) 2000. 12. 12, 全文, 第1-9図 (ファミリーなし)	2,6-8
A	J P 2002-170791 A (秋田県) 2002. 06. 14, 全文 (ファミリーなし)	2,6-8