(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
2006 年6 月29 日 (29.06.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/067996 A1

(51) 国際特許分類:
F16C 33/14 (2006.01) *F16C 17/10* (2006.01)
B41J 2/01 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/022804

(22) 国際出願日: 2005 年12 月12 日 (12.12.2005)

(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 2004-369850
2004 年12 月21 日 (21.12.2004) JP
特願2005-024141 2005 年1 月31 日 (31.01.2005) JP
特願2005-030758 2005 年2 月7 日 (07.02.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ＮＴＮ株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中島 達雄 (NAKAJIMA, Tatsuo) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚１５７８番地ＮＴＮ株式会社内 Shizuoka (JP). 松井 有人 (MATSUI, Arito) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚１５７８番地ＮＴＮ株式会社内 Shizuoka (JP). 古森 功 (KOMORI, Isao) [JP/JP]; 〒5110811 三重県桑名市大字東方字尾弓田３０６６ ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP).

(74) 代理人: 江原 省吾 , 外 (EHARA, Syogo et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀１丁目１５番２６号 江原特許事務所 Osaka (JP).

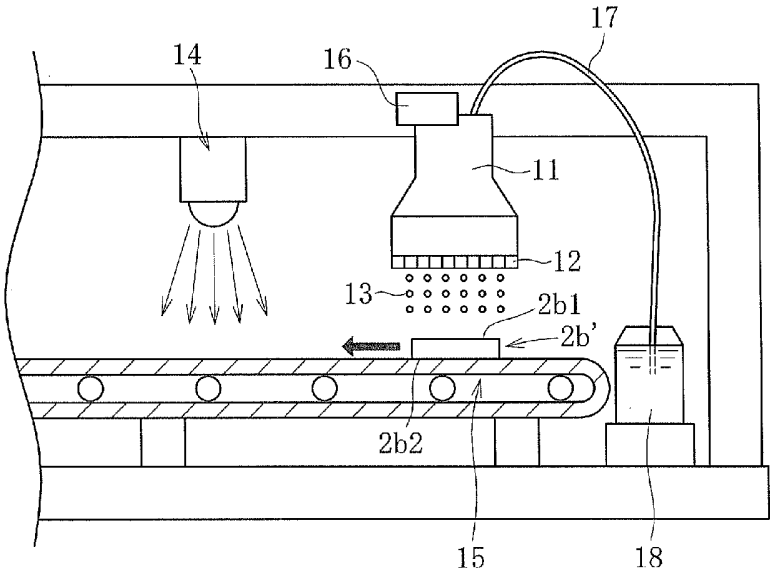
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, 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.

(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,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR FORMING DYNAMIC PRESSURE GENERATING SECTION

(54) 発明の名称: 動圧発生部の成形方法



(57) Abstract: A method for forming a dynamic pressure generating section on the flat surface of a material inexpensively with high precision by a simple process. Micro liquid drops (13) of UV-curing ink are shot or dripped from a nozzle head (11) to the upper end face (2b1) of the material (2b') by an inkjet method. The nozzle head (11) and a light source (14) for irradiating UV-rays are arranged sequentially in the advancing direction of the material (2b') and located oppositely to the material (2b'). A dynamic pressure generating section is formed by moving the shooting or dripping of ink from the nozzle head (11) and the curing of ink by irradiation with UV-rays from the light source (14) gradually in the advancing direction of the material (2b') while sliding the material (2b') relatively.

(57) 要約: シンプルな工程で高精度かつ低コストに素材の平坦面に動圧発生部を成形可能とする。 インクジェット法によりノズルヘッド１１から紫外線硬化タイプのインクの微小液滴１３を素材２ｂ'の上側端面２ｂ１に着弾または滴下させる。ノズルヘッド１１と紫外線を照射する光源１４とは素材２ｂ'の進行方向に従って順次配置され、かつ素材２ｂ'と対向する位置に設ける。素材２ｂ'を相対的にスライドさせながら、ノズルヘッド１１からインクの着弾または滴下、および光源１４からの紫外線の照射によるインクの硬化を素材２ｂ'の進行方向に従って徐々に進行させ、動圧発生部を成形する。

WO 2006/067996 A1

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, 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

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。

明 細 書

動圧発生部の成形方法

技術分野

[0001] 本発明は、動圧発生部の成形方法に関する。

背景技術

[0002] 動圧軸受は、軸部材と、軸部材の外周に位置する軸受部材の相対回転により軸受隙間に生じた潤滑油の動圧作用で圧力を発生させ、この圧力で軸部材を非接触支持する軸受である。この動圧軸受は、高速回転、高回転精度、低騒音等の特徴を備えるものであり、近年ではその特徴を活かして、情報機器、例えばHDD、FDD等の磁気ディスク装置、CD－ROM、CD－R／RW、DVD－ROM／RAM等の光ディスク装置、MD、MO等の光磁気ディスク装置などのスピンドルモータ用の軸受、レーザービームプリンタ(LBP)のポリゴンスキャナモータ用の軸受、あるいは電気機器、例えばプロジェクタのカラーホイール、軸流ファンなどの小型モータ用の軸受として、その用途を拡大しつつある。

[0003] この種の動圧軸受では、軸受隙間に流体の動圧作用で圧力を発生させるための動圧発生部として、スラスト軸受面に、例えばスパイラル状に配列された動圧溝を転写印刷によって形成されたものが知られている(例えば、特許文献1参照)。

[0004] また、この種の動圧軸受では、例えば軸部材の外周面に、動圧作用を発生するための動圧発生部(例えば動圧溝をヘリングボーン形状やスパイラル形状等に配列したもの)が形成される。この特殊かつ複雑な動圧発生部を精度良く形成するための方法として、以下に述べる方法(1)～(3)が知られている。

[0005] (1)動圧発生部を例えば動圧溝で構成する場合、動圧溝以外の部分を、軸部材の外周に電気化学的方法の組合せにより耐食インクで印刷し、非印刷部をエッチングにより腐食させて動圧溝を形成する。

[0006] (2)印刷装置の印刷型に軸部材を接触させながら軸部材を1回転させ、軸部材の外周に動圧溝以外の部分を耐食インクで印刷する。次いで、非印刷部のエッチング処理を行い動圧溝を形成する。

[0007] (3)印刷型を、軸部材の外周面と接触させながら軸部材の回転に応じて移動させることにより、軸部材の外周に動圧溝以外の部分を耐食インクで印刷すると共に、軸部材の印刷型との接触部以外の位置に光線を照射してインクを硬化させる(例えば、特許文献2を参照)。

特許文献1:特開2004－052850号公報

特許文献2:特公昭62－49351号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 特許文献1において、動圧発生部(動圧溝)を成形するための転写印刷は概ね次に示す手順に従って行われる。まず、動圧溝形状に対応した凹部を有する版部材にインクを流し込み、凹部から溢れたインクをスキージにより除去する(版準備工程)。次に、前記版部材にパッド部材を押し当て、凹部内に充填されたインクをパッド部材に転写する(一次転写工程)。そして、インクが転写されたパッド部材を、スラスト軸受面を形成する部材に押し当て、所定の動圧溝形状を印刷成形する(二次転写工程)。最後に、パッド部材に残留するインクを、別途準備するインク除去部材で除去する(インク除去工程)。

[0009] しかしながら、転写印刷による動圧発生部の成形に際しては、動圧発生部の形態や大きさに合わせた版部材(印刷型)を数多く保有する必要があり、印刷はパッド部材と接触状態で行われることから、量産時にはパッド部材の変形・劣化等による印刷精度の低下が懸念される。版準備工程では、版部材にインクを余分に供給し、スキージにより余分なインクを除去する必要があり、さらに、転写印刷後のパッド部材に残留するインクは除去されるため、動圧発生部に直接関係しない多量のインクが必要である。また、数多くの型(工程)を経由して印刷が行われることから、成形工程が複雑で低コスト化が困難である。近年では、情報機器の低価格化に伴い、この種の動圧軸受装置に対するコスト低減の要求も益々厳しくなっており、この要請に応えるためにも、動圧発生部の成形工程を簡略化し、低コストに動圧軸受装置を製造できることが切望されている。

[0010] また、特許文献2に記載の方法のうち、(1)の方法では、工程が複雑となるために

合理化が困難であり、また、(2)の方法では、軸部材が1回転する際に印刷の接合部で硬化不十分なインクの重なりが生じ、溝形状の崩れが生じ易く、印刷後に形状の修正が避けられない可能性がある。

[0011] 一方、(3)の方法では、印刷型が軸部材の外周面と接触して移動するため、接触部で摩耗が生じ易く、量産時には印刷型の摩耗や変形等による印刷精度の低下が懸念される。さらにインク供給装置から供給された耐食インクは、印刷型を経て軸部材の外周面に到達し、さらにスキージ(squeegee)により圧迫されて軸部材外周面に定着するから、溝形状に関与しない余分な耐食インクが必要であり、高価な耐食インクの使用量が増して不経済である。

[0012] また、印刷後はエッチングによる非印刷部の腐食、および耐食インクの除去が不可欠であることから、成形工程が複雑で多工程となり、高コスト化の一因となる。

[0013] 同様に、特許文献2に示す動圧溝の形成方法では、印刷型は軸部材の外周面と接触して移動するため、接触部での摩耗が生じやすく、量産時には印刷型の摩耗や変形等による印刷精度の低下が懸念される。また、インク供給装置から供給された耐食インクは、印刷型を経て軸部材の外周面に到達し、さらにスキージにより圧迫されて軸部材外周面に定着する。よって、溝形成に関与しない余分な耐食インクが必要であり、高価な耐食インクの使用量が増して不経済である。さらに、印刷には、動圧溝および素材形状に対応した印刷型が必要となるため、近年の多種多様な要求に対応するためには投資がかさむ。

[0014] ところで近年、情報機器は著しい高性能化が図られており、動圧軸受装置にも益々の高性能化が求められている反面、情報機器は著しい低価格化の波にも曝されているため、動圧軸受装置にも益々の低コスト化が求められている。しかしながら従来方法では、上記のような課題を有し、この種の要求に十分に応えることが困難である。

[0015] 本発明の第1の課題は、シンプルな工程で高精度にかつ低コストに動圧発生部を成形することである。

[0016] 本発明の第2の課題は、成形工程を簡略化して、低コストかつ高精度に動圧発生部を成形することである。

[0017] 本発明の第3の課題は、高精度な動圧発生部を一層低コストに形成可能とする方

法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0018] 前記第1の課題を解決するため、本発明は、素材の平坦面の多数箇所に微量インクを非接触で供給する印刷工程と、供給したインクを硬化させる硬化工程とを経て、微量インクの集合体で動圧発生部を成形することを特徴とする動圧発生部の成形方法を提供する。

[0019] 本発明中、「動圧発生部」は、軸受隙間に流体の動圧作用で圧力を発生させるものを意味し、例えば複数の溝(軸方向溝や傾斜溝、あるいはこれらをスパイラル状、ヘリングボーン状に配列したもの、半径方向溝など)と、各溝の間にあってこれを区画形成する凸状の区画部とからなるもの、あるいは、軸受隙間を円周方向の一方または双方にくさび状に縮小させる複数の円弧面等が含まれる。動圧発生部を形成する素材の材質は特に問わず、金属材料(ステンレス鋼等の鋼材料、真ちゅう等の軟質金属、焼結金属等)や樹脂組成物等が必要とされる軸受特性に応じて適宜選択して使用される。また、素材の形態も平坦面を有するものであれば、プレート状、スリーブ状、有底円筒状等の種々の形態をとり得る。

[0020] 上記成形方法によれば、ノズル等のインク供給部と素材とを非接触の状態で印刷することが可能となる。従って、高精度の印刷が可能となる一方、従来方法で問題となる接触部での印刷精度の低下を回避することができる。また、印刷型にインクを余分に供給してから、スキージにより余分なインクを除去する必要がなく、必要箇所のみにインクが使用されるので、インクは動圧発生部の形成に関与するだけの使用量で足り、インクの使用量を削減することができる。さらには、従来必要であった動圧発生部形状に対応した多数の印刷型が不要であり、複数の工程は不要となるので成形装置の構造を簡略化することができる。ノズルから微量インクを供給する代表例として、例えばインクジェット法を挙げることができる。

[0021] インクジェット法による動圧発生部の成形方法では、素材の平坦面に着弾または滴下させたインクの微小液滴の集合体により任意の形状や厚みを有するパターンを印刷することができる。また、かかるパターンを予めプログラミングし、そのプログラムに沿ってノズルの位置およびインクの供給・停止を制御することにより高精度のパターン

成形が可能となる。よって、硬化したインク自体で高精度の動圧発生部を成形することができる。

[0022] この場合、素材の平坦面に微量インクを非接触で供給する印刷工程と、供給したインクを硬化させる硬化工程との間で素材を相対的にスライドさせ、インクの供給および硬化を連続して進行させるようにすれば、シンプルな装置および工程で短時間のうちに動圧発生部を形成することが可能となる。また、印刷工程と硬化工程とを経た素材を、再度印刷工程→硬化工程に供給して印刷を行っても良い。このように、素材を再度印刷工程に供給した場合でも、一度硬化工程を経たインクは完全に硬化しているので、硬化不十分なインクの重なりによる印刷精度の低下を回避することができる。

[0023] 上記印刷工程での印刷は、例えば微量インクを吐出するノズルを複数列に配したノズルヘッドを用いて行うことができる。この場合、ノズルヘッドに配されたノズルの配列方向と、素材の相対スライド方向とは傾斜した状態であることが望ましい。ノズルの配列方向が素材の相対スライド方向と直交している場合、1サイクル中にノズルから供給され、素材に着弾するインクの間隔は、当然にノズルの配列間隔と等しくなる。一方、ノズルの配列方向と素材の相対スライド方向とを傾斜させれば、ノズルから供給され素材に着弾するインクの間隔は、ノズルの配列間隔よりも小さくなるため、同一のノズルヘッドを用いて印刷を行った場合、インクの着弾間隔を小さくでき、より高精度な印刷を行うことが可能になる。

[0024] なお、素材の印刷工程から硬化工程への移送は、上記相対スライドの他、素材をその軸心を中心として相対回転させることによって行うこともできる。この場合、印刷工程と硬化工程とは円周方向位置を異ならせて設けられ、これにより、動圧発生部の印刷およびインクの硬化を素材の円周方向に同時進行させることができる。

[0025] 本発明で用いるインクは、電子線や光線などの電磁波の照射で硬化させることができるが、コストや作業環境等を考慮すると、インクとして光硬化性のものを使用し、光線の照射でインクを硬化させるのが望ましい。光硬化性のインクしては、紫外線硬化タイプや赤外線硬化タイプの他、可視光硬化タイプのインクも使用することができるが、低コストでかつ短時間で硬化させることのできる紫外線硬化タイプが特に望ましい。

[0026] 前記第2の課題を解決するため、本発明は、素材表面に微量インクを供給し、この微量インクの集合体で動圧発生部を印刷する工程と、インクを硬化させる工程を含み、動圧発生部の成形工程の前に、素材表面を、酸洗浄、UV洗浄、オゾン洗浄の中から選択される一の手段により洗浄を行うことを特徴とする動圧発生部の成形方法を提供する。

[0027] 微量インクをインク供給部、例えばノズルから吐出し、これを素材表面に例えば着弾又は滴下させる等の形態で供給することにより、インク供給部(ノズル)と素材とを未接触の状態で印刷することが可能になる。従って、高精度の印刷が可能となる一方、従来方法で問題となる接触部での摩耗による印刷精度の低下を回避することができる。また、スキージが不要で必要箇所にのみインクが供給されるので、インクは動圧発生部の形成に関与するだけの量で足り、かかる材料コストを削減することができる。さらには、印刷型や印刷型を保持するための保持部材(例えば網の目状の印刷用スクリーン等)が不要であり、かつ素材の回転に応じて印刷型を移動させる機構も不要となるので、成形装置の構造を簡略化して、より一層の低コスト化を図ることができる。ノズルからインクを供給する代表例として、インクジェットによる供給方法を挙げることができる。

[0028] 例えばインクジェット法では、印刷パターンを予めプログラミングし、そのプログラムに沿ってノズルの位置およびインクの供給・停止を制御することによりパターン印刷を行うが、この際、印刷パターンの成形精度は、インクを定着すべき素材の表面状態によって大きく左右される。すなわち、その表面にインクを定着させて動圧発生部を形成する素材は、例えば動圧軸受においては、軸部材であり、あるいは軸受スリーブなどである。これら動圧軸受の構成部品は、例えば金属の切削加工等で形成され、切削加工後の軸部材外周面には、切粉や機械油、油脂などの不純物が付着した状態となる。このままの状態の素材を使用すれば、素材表面のうち、表面状態が良好でない(不純物が付着した)領域に着弾した微量インクの、着弾後の形状(例えば素材表面との接触角)が、表面状態の良好な他所に着弾したインクの形状と異なる場合がある。そのため、着弾後の微量インクの形状(例えば表面との接触角)にばらつきが生じ、これら微量インクの集合体で形成される動圧発生部の形状が安定しない可能性が

ある。

[0029] インクジェット法では、着弾後の微量インクの形状(接触角)を想定した上でノズル位置を制御しているので、着弾する素材表面の位置によって、微量インクの着弾後の形状が一定しないと、たとえノズル位置やインクの吐出量を高精度に制御したとしても、微量インクの集合体で形成される印刷パターン(動圧発生部)を、高い形状精度をもって形成できない可能性がある。アセトン等の有機溶剤で素材表面を洗浄する方法も考えられるが、これら有機溶剤では、洗浄性に乏しく、素材の表面状態を所要のレベルにまで改善することは難しい。

[0030] そこで、本発明では、動圧発生部の成形工程の前に、素材表面を、酸洗浄、UV洗浄、オゾン洗浄の中から選択される一の手段により洗浄することにした。これによれば、例えば素材本体の成形工程中に素材表面に付着した不純物が取り除かれ、素材表面が一様かつ良好な表面状態となる。従って、この後の印刷工程で、素材表面に供給された微量インクの形状、例えば素材表面との接触角を一定とし、印刷パターンの成形性を向上させることができる。また、素材ごとの表面状態のばらつきを小さく抑えることで、印刷パターンの再現性を改善することができる。

[0031] 素材表面の洗浄手段としては、酸洗浄、UV洗浄、オゾン洗浄などが使用可能であるが、例えば素材表面が金属からなる場合には、金属の溶解性に優れている酸洗浄を用いるのが好ましい。これによれば、素材表面に付着した不純物の除去に加えて、金属素材の表面に形成される酸化被膜の除去が可能となるので、素材の表面状態をより均一かつ良好なものにすることができる。

[0032] 例えば動圧軸受に使用される軸部材には、ステンレス鋼等の高強度材料が用いられるが、このような場合、酸の中でも特にステンレス鋼の溶解性に優れた塩酸を用いるのがより好ましい。

[0033] また、素材表面の酸洗浄を、超音波作用下で行うことによっても、素材表面の洗浄作用を高めることができる。あるいは、洗浄環境下における温度を上げる(例えば50℃程度)ことによっても、洗浄作用を高めることができる。

[0034] 前記第3の課題を解決するため、本発明は、軸部を構成する金属製の素材表面に、軸受隙間に動圧作用を発生させるための動圧発生部を形成するに際し、複数個の

素材を軸方向に連結した状態で微量インクを供給し、各素材に微量インクの集合体で動圧発生部を形成することを特徴とする動圧発生部の形成方法を提供する。

[0035] 本発明において動圧発生部は、複数個の素材を連結した状態で各素材に形成される。従って、1回の印刷工程で複数の素材に同時に動圧発生部を形成することができる。これにより、例えば段取り回数等を低減してサイクルタイムを短縮し、動圧発生部の製造コストを低減することができる。

[0036] 動圧発生部を形成するに際し、微量インクを供給する具体的な方法として、例えば素材表面にインクを細孔ノズルから着弾または滴下する、いわゆるインクジェット法の他、電気泳動を利用してインクを誘導する方法、ノズルではなく、インク液面からインク液滴を飛ばすノズルレスタイプのインクジェット法(ノズルレスインクジェット法)、マイクロピペットを介してインクを液滴の状態ではなく連続的に吐出する方法、あるいは定着面までの距離を短縮し、インクを吐出と同時に定着面に着弾させる方法等が考えられる。なお、これらを総称したものを「インクジェット法等」と称し、以下説明を進めることとする。

[0037] インクジェット法等による動圧発生部の形成方法では、任意の形状や厚みを有するパターンを予めプログラミングし、そのプログラムに沿ってインクの供給部(例えば、ノズル)の位置およびインクの供給・停止を制御することにより、任意かつ高精度の形状パターンを印刷することができる。また、インクの吐出量を精密に制御することにより、形状パターンの各部を任意の厚さに形成することができる。従って、硬化したインク自体で必要な動圧発生部形状を確保することができる。

[0038] また、インクジェット法等による印刷は、素材とノズルとが非接触の状態で行われるため、従来方法で問題となる接触部での摩耗による精度低下を回避することができる。また、印刷型にインクを余分に供給してから、スキージにより余分なインクを除去する必要がなく、必要箇所のみにインクが使用されるので、インクは動圧発生部の形成に関与するだけの使用量で足り、インクの使用量を削減することができる。さらに印刷型は不要で、かつ軸部材の回転に応じて印刷型を移動させる機構も不要となるので、成形装置を簡略化できる。このように印刷方法をインクジェット法等にすることで、動圧軸受装置の製造コストを低減することができる。

[0039] 複数個の素材を軸方向に連結するに際し、動圧発生部を各素材間でのバラツキなく高精度に形成するためには、素材同士を連結させたときの同軸度が非常に重要である。そこで本発明では、素材に軸方向の貫通穴を設け、該貫通穴に冶具を挿入することで同軸度の確保を図った。これによれば、簡易な冶具を用いるだけで同軸度を保つことが可能であるため、連結された全ての素材に対し、高精度な動圧発生部を均質かつ低コストに形成することが可能となる。

[0040] なお、各素材は上記の冶具を用いる他、各素材の一端に凸部を、他端に凹部を設け、かつ隣接する素材の一方に設けた凸部と、他方の凹部とを嵌合させることによって連結することもできる。

[0041] ところで従来方法では、素材(軸部材)と印刷型とを接触させた状態で印刷が行われる。このとき、複数個の素材を軸方向に連結していると、接触部における加圧力によって連結した素材がたわむために連結した素材間で同軸度が悪化し、これにより所望の動圧発生部の精度を確保することが困難となる恐れがある。一方、本発明のようにインクジェット法等を用いれば、素材とノズルとが非接触の状態で印刷が行われるため、上記事態を回避し、複数個の素材全てに高精度の動圧発生部を形成することが可能となる。

[0042] 本発明で用いる動圧発生部を形成するためのインクは、電子線や光線等の照射で硬化させることができるが、硬化工程でのコスト面や作業環境等を考慮すると、インクとして光硬化性のものを使用し、光線の照射でインクを硬化させるのが望ましい。光硬化性のインクとしては、紫外線硬化タイプや赤外線硬化タイプの他、可視光硬化タイプのインクも使用することができるが、低コストでかつ短時間で硬化させることができる紫外線硬化タイプが特に望ましい。

発明の効果

[0043] 以上のように、本発明によれば、シンプルな装置で高精度かつ低コストに動圧発生部を成形することができる。

[0044] また、本発明によれば、成形工程を簡略化して、低コストかつ高精度に動圧発生部を成形することができる。

[0045] また、本発明によれば、高精度な動圧発生部をより低コストに形成することが可能と

なる。

発明を実施するための最良の形態

[0046] 以下、本発明の第1実施形態を図1～図10に基づいて説明する。

[0047] 図1は、本発明にかかる動圧発生部の成形方法の一例として、インクジェット方式の印刷装置を用いた動圧発生部の成形工程の概要を示すものである。本図示例は、図5に示す軸部材2のうち、フランジ部2bを構成する素材2b'の上側端面2b1に動圧発生部を成形する成形装置および工程の概要を示すものである。

[0048] この成形装置において素材2b'は、例えばコンベア等の移送機15によって移送される。この移送機15は、素材2b'を相対的に直線スライドさせて印刷工程から硬化工程に移送する。素材2b'は例えばステンレス鋼等の金属材料からなるプレート状をなす。素材2b'の平坦面、例えば上側端面2b1と対向して、一組又は複数組のノズルヘッド11と光源14とが配置される。本実施形態において、ノズルヘッド11とその対向領域とが、素材2b'の上側端面2b1の多数箇所にインクを供給する印刷工程、光源14とその対向領域とが、多数箇所に供給されたインクを硬化させる硬化工程となる。素材2b'のスライド方向に従ってノズルヘッド11と光源14とが順次配置される。

[0049] ノズルヘッド11の先端には、インクを噴出させるノズル12が、縦横にそれぞれ複数列設けられる。インクタンク18に溜められたインクはインク供給管17を介してノズルヘッド11に供給され、さらにノズルヘッド駆動部16によって駆動されるノズルヘッド11の各ノズル12から微小液滴13となって間欠的に噴出する。ノズル12からのインクの吐出形式は特に問わず、ピエゾ方式、サーマルインクジェット方式、エアジェット方式などの種々の吐出方式が選択され、ノズルヘッド駆動部16には各吐出形式に応じた構成が採用される。また、印刷方式は、連続(コンティニュアス)式、オンデマンド式の何れでもよい。

[0050] ノズルヘッド11は、素材2b'(移送機15)の相対スライド方向と交差するように配置されている。このとき、ノズルヘッド11は、図2Aに示すように各ノズル12の配列方向(同図でいえば、図面上下方向)が素材2b'の相対スライド方向と直交するように配置する他、図2Bに示すように素材2b'の相対スライド方向と所定角度θだけ傾斜させて配置することもできる。図2Aに示す形態の場合、一回の吐出での微小液滴13の

着弾間隔t2はノズル12の配列間隔t1と等しくなる。これに対し、図2Bに示す形態の場合、微小液滴13の着弾間隔t2はノズル12の配列間隔t1と比して狭くなるため、より高精度な印刷が可能となるメリットが得られる。

[0051] 本実施形態では、光源14として紫外線照射ランプが使用される。これに対応して、インクジェット印刷で使用するインクは市販の紫外線硬化タイプのものが使用される。紫外線硬化インクは、紫外線の照射で重合反応を起こして定着するもので、ノズル12から吐出可能であれば、液状の高分子材料および溶媒を含む液状の高分子材料の何れもが使用可能である。溶媒は紫外線硬化インクを溶かす性質を有するものであれば、何れの有機溶剤を用いても構わない。

[0052] 紫外線硬化インクのベース樹脂を構成する紫外線硬化樹脂としては、例えばラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーの他、イミドアクリレート、あるいは環状ポリエン化合物やポリチオール化合物に代表されるエン・チオール化合物が挙げられるが、この中でもラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーを好ましく使用することができる。ラジカル重合性モノマーとしては、例えば単官能、2官能あるいは多官能のアクリレート系モノマーや、メタクリレート系モノマーが使用でき、ラジカル重合性モノマーとしては、例えばウレタンアクリレートや、エポキシアクリレート、ポリエステルアクリレート、あるいは不飽和ポリエステルなどが使用できる。また、カチオン重合系モノマーとしては、例えばビスフェノールA系エポキシ樹脂や、フェノールノボラックエポキシ樹脂、脂環式エポキシ樹脂の他、3－エチル－3－ヒドロキシメチルオキセタン、1，4－ビス{[(3－エチル－3－オキセタニル)メトキシ]メチル}ベンゼン、3－エチル－3－(フェノキシメチル)オキセタン、ジ[1－エチル(3－オキセタニル)]メチルエーテル、3－エチル－3－(2－エチルヘキシロキシメチル)オキセタン、3－エチル－3－{[3－(トリエトキシシリル)プロポキシ]メチル}オキセタン等のオキセタン樹脂が使用できる。これら紫外線硬化樹脂は、単体で使用する他、2種類以上を混合したものをベース樹脂として使用することもできる。

[0053] これらベース樹脂には、紫外線照射により重合反応を起こさせるためのラジカル系光重合開始剤や、カチオン系光重合開始剤等の光重合開始剤を使用することがで

きる。ラジカル系光重合開始剤としては、例えばベンゾフェノンや、オルソベンゾイン安息香酸メチル、4－ベンゾイル－4‘－メチルジフェニルサルファイド、ベンゾフェノンのアンモニウム塩、イソプロピルチオキサントン、ジエチルチオキサントン、チオキサントンのアンモニウム塩に代表される水素引抜型の光重合系開始剤が使用でき、あるいはベンゾイン誘導体や、ベンジルジメチルケタール、α－ヒドロキシアルキルフェノン、α－アミノアルキルフェノン、アシルホスフィンオキサイド、モノアシルホスフィンオキサイド、ビスアシルホスフィンオキサイド、アクリルフェニルグリオキシレート、ジエトキシアセトフェノン、チタノセン化合物に代表される分子内開裂型の光重合開始剤が使用できる。また、カチオン系光重合開始剤としては、例えばトリフェニルスルホニウムヘキサフルオロアンチモネートや、トリフェニルスルホニウムヘキサフルオロフォスフェート、SP－170やSP－150（共に旭電化（株）製）、FC－508やFC－512（共に3Mカンパニー社製）、UVE－1014（ゼネラルエレクトリックカンパニー社製）に例示されるポリアリールスルホニウム塩、Uvacure1590やUvacure1591（共にダイセル・ユーシービー社製）に例示されるトリアリルスルフォニュムヘキサフルオロフォスフェード塩の混合物、Irg－261（チバ・ガイギー社製）に例示されるメタロセン化合物、ジフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネートやP－ノニルフェニルフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネート、4，4‘－ジエトキシフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネート等のポリアリールヨードニウム塩が使用できる。これら光重合開始剤は、1種類であるいは2種類以上を組み合わせて使用することもできる。

[0054] 以上の構成において、移送機15を駆動し、素材2b’を図1に示す矢印方向にスライドさせながら、ノズル12からインクの微小液滴13を噴出させる。これにより、素材2b’の上側端面2b1の多数箇所にインクの微小液滴13の集合体で凸状を成す区画部Baが形成される。一方、区画部Ba以外のインクで被覆されていない領域が動圧溝Bbとなり、これら区画部Baと動圧溝Bbとで、動圧発生部として例えば図3に示すようなスパイラル状に配列された動圧溝パターンが印刷される。この際、各ノズル12では、予め定められたタイミングでインクの供給・停止が適宜切り換えられるため、高精度な印刷が可能となる。印刷終了後、素材2b’が光源14の対向領域に達し、紫外線の照射を受けたインクが重合反応を起こして硬化する。このとき、ノズルヘッド11と光源14

とは移送方向に離れて配置されているので、光源14から照射される紫外線がノズル12に照射されることはなく、従って照射紫外線によるノズル12の目詰まり等を防止することができる。

[0055] このようにしてインクを全て硬化させた後、素材2b'をさらにスライドさせて移送機15から取り出す。このとき、移送機15に複数の素材2b'を連続供給すれば、動圧溝パターンを印刷・硬化した素材2b'を量産することができる。素材2b'の下側端面2b2にも動圧溝パターンを形成する場合には、図1に示す成形装置の下流にノズルヘッド11および光源14を有する下側端面2b2用の成形装置を別途配設し、両成形装置に順次素材2b'を供給すれば良い。この他、図1に示す成形装置を両端面2b1、2b2での動圧溝パターンの印刷・硬化に共用することもできる。この場合、何れか一方の端面への動圧溝パターンの印刷・硬化を行った後、素材2b'を反転させて再度図1に示す成形装置に供給し、他方の端面への動圧溝パターンの印刷・硬化を行う。

[0056] 以上の説明ではノズルヘッド11を固定し、素材2b'をスライドさせて動圧溝パターンの印刷を行う場合を例示しているが、これとは反対に、素材2b'を静止させた状態でノズルヘッド11を往復スライドさせて印刷してもよい。また、上記のように、素材2b'端面への動圧溝パターンの印刷・硬化を1回で行う他、複数段階に分けて行うこともできる。この場合、一度硬化工程を経たインクは完全に硬化しているので、その後再度印刷しても硬化不十分なインクの重なりによる印刷精度の低下は回避できる。

[0057] ノズルヘッド11は、予めプログラミングした形状にならってインクの微小液滴13を精密に吐出する。従って、高精度に動圧発生部としての動圧溝パターンを印刷することができる。加えて、図4Aに示すように硬化したインク自体で必要な動圧溝深さ(数μm～数十μm)を確保することができるので、その後エッチング等の工程を経ることなく、そのまま動圧溝付きの軸部材2として使用することが可能となる。

[0058] また、インクジェット法による印刷は、従来の転写印刷のようなパッド部材による接触部分を持たず非接触の状態で行われるため、接触部分の劣化等による印刷精度の低下を回避することができ、量産時にも安定して動圧溝精度を確保することができる。また、インクを余分に供給した上でスキージにより除去し、パッド部材に残留するインクを除去する必要がないため、インクは動圧溝パターンの形成に関与するだけの

使用量で足りる。よってインクの使用量を削減して低コスト化を図ることもできる。さらに、一工程のみで所定の形状をなす動圧発生部を形成できるため、複数工程を経て動圧発生部を形成する必要がなく、かつ印刷型も不要であることから、サイクルタイムを短縮して成形コストを低減することができるとともに、装置は非常に小型のもので済み、印刷装置の大幅な低価格化を図ることが可能となる。

[0059] 図4Aでは、動圧溝Bbをインクの非被覆部分で形成する場合を例示しているが、図4Bに示すように、インクで被覆された部分(インク層)25で動圧溝Bbを形成することもできる。後者の場合、素材2b'の端面全体がインクで被覆され、さらにその上に凸状の区画部Baが一体形成される。この構成であれば、図4Aに示す場合に比べインクの使用量は増す一方、素材2b'に対するインクの接着面積が増すので、インクの剥離等による耐久寿命の低下を抑えることができる。

[0060] インクの定着方式としては、上述のインクジェット方式のみならず、例えば電気泳動を利用して液滴を吐出する方法、つまりノズルではなく、インク液面からインク液滴を飛ばすノズルレスタイプのインク吐出方式、あるいはマイクロピペットを介してインクを液滴の状態ではなく連続的に素材の表面に吐出する方式、あるいは素材表面までの距離を短縮し、インクを吐出と同時に定着面に接触させる方式などを使用することもできる。ノズルヘッド駆動部16には各吐出形式に応じた構成を採用することができる。

[0061] 図5に、動圧溝パターンの成形装置の他の構成例を示す。この構成例においては、素材2b'を相対回転させて、素材2b'の一方の端面あるいは両端面に動圧溝パターンを成形する。

[0062] 図5における構成において、素材2b'はその上下端面から押し付けられた軸状の保持部21によって支持される。保持部21は、転がり軸受23によって回転自在に支持され、かつ一方の保持部21にはモータ等からなる回転駆動部22が連結される。回転駆動部22を起動することにより、保持部21を介して回転動力を受けた素材2b'が回転駆動される。ノズルヘッド11と光源14は、素材2b'の上側端面2b1と対向し、かつその円周方向位置を異ならせて、好ましくは図示のように保持部21を挟んだ対向位置に配置されている。なお、図1に示す構成と同一の構成部材については同一符号

を付与し、その機能も含め重複説明を省略する。

[0063] 上記構成において、素材2b'を回転させながらノズルヘッド11のノズル12からインクを吐出して、素材2b'の上側端面2b1に区画部Baと動圧溝Bbからなる動圧溝パターンを印刷する。この構成例において、印刷は素材2b'の回転に伴って徐々に円周方向に進行する形で行われ、印刷部分が円周方向にある程度進行(図示例の場合は半周)し、印刷部分が光源14の対向領域に達すると、紫外線の照射を受けたインクが重合反応を起こして硬化する。

[0064] 図示例では、一つのノズルヘッド11を使用する場合を例示しているが、これを半径方向あるいは円周方向の複数箇所に配置することもできる。さらには素材2b'を一回転させる間に全面に動圧溝パターンを印刷する他、素材2b'をこれ以上の回転数、例えば二～数十回転させて、素材2b'の全面に動圧溝パターンを形成することもできる。

[0065] 図6は、動圧軸受装置(流体動圧軸受装置)1を組込んだ情報機器用スピンドルモータの一構成例を概念的に示している。この情報機器用スピンドルモータは、HDD等のディスク駆動装置に用いられるもので、動圧軸受装置1と、動圧軸受装置1の軸部材2に取り付けられたロータ(以下、ディスクハブ3と称す。)と、例えば半径方向のギャップを介して対向させたステータコイル4およびロータマグネット5と、ブラケット6を備えている。ステータコイル4はブラケット6の外周に取り付けられ、ロータマグネット5は、ディスクハブ3の内周に取り付けられている。ディスクハブ3は、その外周に磁気ディスク等のディスクDを一枚または複数枚保持する。ブラケット6の内周にハウジング7が装着されている。ステータコイル4に通電すると、ステータコイル4とロータマグネット5との間に発生する電磁力でロータマグネット5が回転し、それに伴ってディスクハブ3、軸部材2が回転する。

[0066] 図7に、上記スピンドルモータで使用される動圧軸受装置1の一例を示す。この動圧軸受装置1は、スリーブ状の部分を有する軸受部材27と、軸受部材27の内周に挿入された軸部材2と、軸受部材27の一端開口部を封口する蓋部材28と、シール部材9とを主要な構成部材として含む。本形態において、軸受部材27は、軸受スリーブ8と、内周に軸受スリーブ8を固定した円筒状のハウジング7とで構成される。なお、説

明の便宜上、ハウジング7のシール部材9に密封される側を上側、ハウジング7の蓋部材28で密封される側を下側として説明を進める。

[0067] 軸部材2は、例えばステンレス鋼等の金属材料で、軸部2aとその一端に一体又は別体に設けられたフランジ部2bとで構成される。軸部2aの外周面2a1には、動圧発生部として、例えばヘリングボーン形状に配列された動圧溝Abと、動圧溝Abを区画形成する区画部Aaとを含むラジアル軸受面Aが軸方向に2箇所離隔形成される。上側のラジアル軸受面Aでは、動圧溝Abが軸方向中心mに対して軸方向非対称に形成されており、軸方向中心mより上側領域の軸方向寸法X1が下側領域の軸方向寸法X2よりも大きくなっている。そのため、軸部材2の回転時、動圧溝Abによる潤滑油の引き込み力(ポンピング力)は下側の対称形のラジアル軸受面Aに比べ上側のラジアル軸受面Aで相対的に大きくなる。なお、ラジアル軸受面Aは任意の数を形成可能であり、1箇所あるいは軸方向の3箇所以上に形成してもよい。

[0068] 軸部材2のフランジ部2bの上側端面2b1には、上記インクジェット印刷により動圧発生部として、例えば図3に示すようなスパイラル形状に配列された動圧溝Bbと、動圧溝Bbを区画形成する区画部Baとを含む第1のスラスト軸受面Bが形成されている。また、フランジ部2bの下側端面2b2には、上側端面2b1同様に上記インクジェット印刷により、例えばスパイラル形状に配列された動圧溝と、動圧溝を区画形成する区画部とを含む第2のスラスト軸受面C(図示省略)が形成されている。

[0069] なお、軸部2aの外周面2a1に形成されているラジアル軸受面Aについては、フランジ部2bの上側端面2b1および下側端面2b2と同様に、動圧発生部をインクジェット印刷で成形することができる。この他、転造加工、鍛造加工、プレス加工等の塑性加工法や、切削加工等の機械加工法によってラジアル軸受面Aを成形することも可能である。

[0070] 軸受スリーブ8は、例えば焼結金属からなる多孔質体、特に銅を主成分とする焼結金属に潤滑油(または潤滑グリース)を含浸させた含油焼結金属の多孔質体で形成される。軸受スリーブ8の内周面8aには軸部材2が挿入されている。この構成例において、軸受スリーブ8の下側端面8bは平滑な平坦面として形成されて、また、内周面8aは、真円状の円筒面として形成されている。

[0071] ハウジング7は、樹脂材料や金属材料で円筒状に形成される。ハウジング7の下端開口部は、軟質金属等の金属材料や樹脂材料で形成された蓋部材28で封口されている。蓋部材28は、圧入、接着等の固定手段でハウジング7の下端開口部に固定される。この他、ハウジング7と蓋部材28とを金属材料や樹脂材料で一体成形することもできる。

[0072] シール部材9は、金属材料や樹脂材料で環状に形成される。シール部材9は、ハウジング7とは別体に形成され、ハウジング7の上端開口部に圧入、接着等の手段で固定される。シール部材9の内周面9aは上方に向かうにつれてテーパ状に拡径しており、この内周面9aと、内周面9aに対向する軸部2aの外周面2a1との間には、上方を漸次拡大させた環状のシール空間Sが形成される。シール部材9で密封された動圧軸受装置1の内部空間には、潤滑流体としての例えば潤滑油が注油され、動圧軸受装置1内が潤滑油で満たされる。この状態では、潤滑油の油面はシール空間Sの範囲内に維持される。部品点数の削減および組立工数の削減のため、シール部材9をハウジング7と一体形成することもできる。

[0073] 上記構成の動圧軸受装置1において、軸部材2が回転すると、軸部2aの外周面2a1のラジアル軸受面Aは、それぞれ軸受スリーブ8の内周面8aとラジアル軸受隙間を介して対向する。相対回転に伴い、各ラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油が動圧作用を発生し、その圧力によって軸部材2がラジアル方向に回転自在に非接触支持される。これにより、軸部材2をラジアル方向に回転自在に非接触支持する第1のラジアル軸受部R1と第2のラジアル軸受部R2とが形成される。

[0074] また、軸部材2のフランジ部2bの上側端面2b1に形成された第1スラスト軸受面Bは、第1のスラスト軸受隙間を介して軸受スリーブ8の下側端面8bと対向し、フランジ部2bの下側端面2b2に形成された第2スラスト軸受面Cは、第2のスラスト軸受隙間を介して蓋部材28の上側端面28aと対向する。軸部材2と軸受スリーブ8との相対回転に伴い、両スラスト軸受隙間に満たされた潤滑油が動圧作用を発生し、その圧力によって軸部材2がスラスト方向に回転自在に非接触支持される。これにより、軸部材2をスラスト両方向に回転自在に非接触支持する第1のスラスト軸受部T1および第2のスラスト軸受部T2が形成される。

[0075] この動圧軸受装置の運転中に両スラスト軸受部T1、T2のスラスト軸受隙間とシール空間Sとの間で圧力のアンバランスが生じた場合、両空間を連通する循環路10を通って潤滑油が流動するため、圧力差が早期に解消され、圧力差に起因する潤滑油中での気泡の発生や潤滑油の漏れ、あるいは振動の発生が抑制される。図7では、循環路10を、軸受スリーブ8の外周面に形成した軸方向溝10aと、シール部材9の下側端面9bに形成した半径方向溝10bとで構成した場合を例示しているが、軸方向溝10aをハウジング7の内周面に、半径方向溝10bを軸受スリーブ8の上側端面8cに形成することもできる。

[0076] なお、以上の説明では、フランジ部2bの両端面2b1、2b2にスラスト軸受面B、Cをインクジェット印刷する場合を例示したが、インクジェット印刷したスラスト軸受面B、Cは、フランジ部2bの両端面に対向する面、例えば軸受部材27を構成する軸受スリーブ8の下側端面8bや蓋部材28の上側端面28aに形成することもできる。二つのスラスト軸受面B、Cのうち、何れか一方のスラスト軸受面の動圧溝パターンは、プレス加工等の他の加工方向で成形することもできる。

[0077] 本発明は、図7に示す動圧軸受装置1のみならず、以下に例示する他の動圧軸受装置にも同様に適用することができる。なお、以下の説明では、基本的に図7に示す構成例と同一機能を有する部材および要素には共通の参照番号を付して重複説明を省略する。

[0078] 図8に示す動圧軸受装置31は、テーパ状のシール空間Sがディスクハブ33の内周面33b1とハウジング7の外周面7cとの間に形成される点、および第2のスラスト軸受部T2がハウジング7の上側端面7bとディスクハブ33の下側端面33a1との間に形成されている点で、図7に示す動圧軸受装置1と異なる。第1のスラスト軸受部T1では、インクジェット印刷したスラスト軸受面Bが、軸受部材27の一部である軸受スリーブ8の下側端面8bに形成され、第2のスラスト軸受部T2では、インクジェット印刷したスラスト軸受面Cが、ロータとしてのディスクハブ33の下側端面33a1に形成されている。スラスト軸受面Bをフランジ部2bの上側端面2b1に、スラスト軸受面Cを、軸受部材27を構成するハウジング7の上側端面7bに形成することもできる。

[0079] 図9に示す動圧軸受装置41は、軸受スリーブ8とハウジング7とを一体化して軸受

部材27を構成した点、および蓋部材28の外周に上方に突出する円筒部28bを設け、この円筒部28bを、軸受部材27のうち、軸受スリーブ8に相当するスリーブ部227aの端面27a1に当接させた点で図7に示す動圧軸受装置1と異なる。第1のスラスト軸受部T1では、インクジェット印刷したスラスト軸受面Bが、軸受部材27のうち、スリーブ部227aの端面27a1に形成され、第2のスラスト軸受部T2では、インクジェット印刷したスラスト軸受面Cが、蓋部材28の上側端面28aに形成されている。スラスト軸受面Bをフランジ部2bの上側端面2b1に、スラスト軸受面Cをフランジ部2bの下側端面2b2に形成することもできる。

[0080] 以上の実施形態では、ラジアル軸受部R1、R2およびスラスト軸受部T1、T2を構成する動圧軸受として、例えばヘリングボーン形状やスパイラル形状の動圧溝からなる動圧発生部を用いた軸受を例示しているが、動圧発生部の構成はこれに限定されるものではない。例えば、ラジアル軸受部R1、R2として、いわゆるステップ軸受や多円弧軸受を採用することができる。ステップ軸受とはラジアル軸受面となる領域に、複数の軸方向溝形状の動圧溝が円周方向所定間隔に設けられた軸受、多円弧軸受とは軸受隙間を円周方向の一方または双方にくさび状に縮小させる複数の円弧面を軸受スリーブ8の内周面8aや軸部2aの外周面2a1に設けた軸受である。

[0081] また、スラスト軸受部T1、T2の一方又は双方は、例えばステップ軸受で構成することができる他、いわゆる波型軸受（ステップ型が波型になったもの）等で構成することもできる。

[0082] 図10Aは素材2b'の上側端面2b1にステップ型の軸受面を構成したものを例示している。図示例においては、複数の半径方向溝形状の動圧溝Bbが円周方向所定間隔に設けられ、該動圧溝Bbを区画形成する区画部Baが、上記インクジェットによる印刷方法により形成されている。区画部Baの上面Ba1は、図10Bに示すようにテーパ状になっており、この部分ではスラスト軸受隙間がくさび状の隙間になっている。フランジ部2b（軸部材2）の図中矢印方向への回転に伴い、潤滑油がくさび状隙間の縮小側に押し込まれるので、その動圧作用によって、軸部材2がスラスト方向に非接触支持され、第1のスラスト軸受部T1が形成される。

[0083] 以下、本発明の第2実施形態を図11～図18に基づいて説明する。

[0084] 本発明の第2実施形態に係る動圧発生部の成形方法として、図13に示す軸部材102を一例に取り、この軸部102aの外周面102a1に動圧発生部を形成する工程を説明する。

[0085] この実施形態において、軸部102aの外周面102a1に形成される動圧発生部は、軸部外周面の洗浄工程(a)と、軸部外周面にインクを供給する印刷工程(b)、および供給されたインクを硬化させる硬化工程(c)とを経て形成される。

[0086] (a)洗浄工程

まず、動圧発生部を構成するインクを供給すべき素材表面を洗浄する。この実施形態では、軸部102aの素材102a'として、ステンレス鋼などの金属を、研削等の機械加工で軸状に成形したものを使用する。また、洗浄手段として、塩酸を用いた酸洗浄を採用する。

[0087] 所定濃度の塩酸を満たした容器内に素材102a'を投入し、素材102a'の表面(特に外周面102a1)を超音波作用下で塩酸溶液中に浸漬させる。所定時間の浸漬後、素材102a'を塩酸溶液中から取出し、表面に付着した塩酸を、例えば超純水中での超音波洗浄等により取り除く。

[0088] これにより、素材102a'の外周面102a1に付着した切粉や油脂等の不純物が取り除かれる。また、ステンレス製の素材102a'の外周面102a1に形成された酸化被膜が取り除かれる。これにより、外周面102a1の表面状態は良好かつ一様なものとなる。

[0089] (b)印刷工程、および(c)硬化工程

図11は、インクジェット法による動圧発生部の印刷装置の概要を示す。この印刷装置は、微量インクを供給する印刷工程(b)と、供給したインクを硬化させる硬化工程(c)とを連続して行うための形態をなす。図11に示すように、この印刷装置は、回転駆動部113と、回転駆動部113により回転駆動される素材102a'の外周面102a1と対向させた一又は複数のノズルヘッド110と、ノズルヘッド110に対してその円周方向位置を異ならせて配置した、好ましくは図11に示すように、素材102a'を挟んでノズルヘッド110と対向配置した硬化部111とを主に備える。ノズルヘッド110には、液滴状の微量インク112を吐出する複数のノズル114が軸方向に配設されている。このノ

ズル114の列は、一列でもよく、素材102a'と直交する方向に複数列設けてもよい。インク112は、例えば光硬化性樹脂、好ましくは紫外線硬化樹脂をベースとする樹脂組成物であり、必要に応じて有機溶媒、例えば光重合開始剤を適量配合したものが使用される。硬化部111は、インク112を硬化させるための光を照射する光源で、例えば紫外線ランプが使用される。

[0090] インク112を構成する紫外線硬化樹脂としては、ラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーの他、イミドアクリレート、あるいは環状ポリエン化合物やポリチオール化合物に代表されるエン・チオール化合物が挙げられるが、この中でもラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーが好適に使用可能である。これら紫外線硬化樹脂は、単体で使用する他、2種類以上を混合して使用することができる。また、上記1種類の樹脂、あるいは2種以上の樹脂混合物をベース樹脂として使用することもできる。

[0091] これらベース樹脂には、ラジカル系光重合開始剤や、カチオン系光重合開始剤等の光重合開始剤を使用することができる。これら光重合開始剤も、1種類、あるいは2種類以上を組合わせたものを使用することが可能である。

[0092] 以上の構成において、素材102a'を回転駆動させた状態でノズル114からインク112を吐出することにより、液滴状の微量インク112が素材102a'の外周面102a1の所定位置に着弾する。この液滴をなす微量インク112を多数集合させることで、素材102a'の外周面102a1に、動圧発生部としての、例えばヘリングボーン形状に配列された複数の動圧溝Ebと、動圧溝Ebを区画形成する区画部Eaとを有する動圧溝パターン(ラジアル軸受面Eとなる領域)が形成される(図11あるいは図13を参照)。この実施形態では、区画部Eaのみが上記微量インク112の集合体で形成される。

[0093] 動圧溝パターンの印刷は、この実施形態では、素材102a'の回転に伴って徐々に円周方向に進行する形で行われ、印刷部分が硬化部111の対向領域に達すると(図11ではノズルヘッド110対向箇所から半周すると)、紫外線の照射を受けたインク112が重合反応を起こして順次硬化する。各ノズル114からのインク112の供給・停止を適宜切替えながら素材102a'を1回転～数十回転させて、素材102a'の全周に動圧発生部を構成する区画部Eaを形成する。このとき、ノズルヘッド110と硬化部11

1とは素材102a'を挟む対向位置に配置されているので、硬化部111から照射される紫外線は素材102a'に遮蔽され、ノズル114から吐出されるインク112には重合反応による硬化作用は及ばない。従って、硬化したインク112によるノズル114の目詰まり等を防止して、効率よく区画部Ea(および動圧溝Eb)を形成することができる。

[0094] この印刷の際、ノズルヘッド110を固定位置に配置する他、素材102a'の軸方向にスライドさせてもよい。また、図11では、一のノズルヘッド110を使用する場合を例示しているが、これを軸方向あるいは円周方向の複数箇所に配置することもできる。また、例えば図12に示すように、複数の素材102a'を直列に結合し、これらを同時回転させながら一又は複数のノズルヘッド110で軸方向にスライドさせて各素材102a'に動圧溝パターンを形成することもできる。この場合、素材102a'同士の同軸度の確保は、例えば一方の軸端に設けた凸部102a2を他方の軸端に設けた凹部102a3に嵌合させることにより行うことができる。また、この実施形態では、素材102a'を回転駆動した場合を説明したが、素材102a'を固定し、ノズルヘッド110および硬化部111を素材102a'周りで回転駆動させてもよい。

[0095] このように、インクジェット法では、予めプログラミングされた形状パターンに倣って液滴状をなす微量インク112を、その吐出量を正確に調整して吐出する。加えて、先の洗浄工程(a)では、素材102a'の外周面102a1が酸洗浄により洗浄され、その表面状態が全面に亘って一様に改善される。従って、素材102a'の外周面102a1上に着弾・滴下された微量インク112は、着弾後一様な形状、例えば外周面102a1との間に一様な接触角をなし、これら微量インク112の集合体で形成される動圧溝パターンを高精度に形成することができる。加えて、この種の成形方法によれば、硬化したインク112自体で必要な動圧溝深さ(数μm～数十μm)を確保することができるので、印刷後にレース加工やエッチング等を施さずに済み、そのまま動圧発生部付きの軸部材102として使用することができる。

[0096] 上述の洗浄処理を施す素材102a'の外周面102a1は、例えば研削等の機械加工によって形成されるが、加工後の表面粗さの程度によっては、研削時の研削方向の筋目が残ることがある。これらの筋目は、滴下供給したインク112を定着すべき位置から筋目に沿って流動させる可能性があるため、決して好ましくはないが、上述のよう

に、酸、特に塩酸で洗浄することにより、この種の問題を解消することができる。ただし、洗浄時間(酸でいえば、浸漬時間)をあまりに長くとると、サイクルタイムの増加だけでなく、素材102a'表面を必要以上に溶かし、却って表面状態(例えば表面粗さ)を悪化させることになる。そのため、採用する洗浄手段の洗浄力(溶解力)に合わせて洗浄時間を適宜設定する必要がある。目安として、洗浄後の外周面102a1の表面粗さRaは0．05μm以下であればよく、0．03μm以下であればなおよい。

[0097] また、この実施形態では、洗浄工程(a)の後に、印刷工程(b)および硬化工程(c)を行う場合を説明したが、この他に、例えば洗浄工程(a)と印刷工程(b)との間に、カップリング剤による表面処理工程を介入させることも可能である。これは、外周面102a1の洗浄後、インク112の滴下前に、素材102a'の外周面102a1に、カップリング剤からなる被膜(図示は省略)を形成するものである。この種の被膜形成(表面処理)は、カップリング剤を例えばアルコールや、アルコールと水の混合液、あるいはトルエン等の溶剤で所定濃度(0．1～5wt%)に希釈した後、これをスプレー法やディッピング法等の手段で素材外周面102a1に供給することで行われる。上記カップリング剤としては、種々のものが使用可能であるが、工業的な安定性を考慮すると、チタネート系カップリング剤が好ましく使用できる。

[0098] このように、インク112による動圧発生部の印刷前に、素材102a'の外周面102a1にカップリング剤からなる被膜を形成することによって、本来的には接着性に乏しい金属等の無機材料とインク等の有機材料との間の接着性を改善することができる。従って、インク112の硬化後も軸受部材との摺動接触による剥離や脱落が生じ難く、動圧発生部の形状を長期間安定して保持することができる。特に、この実施形態のように、塩酸で洗浄処理された素材102a'表面にカップリング剤による表面処理を施すことにより、カップリング剤からなる被膜が部分的に形成されないといった事態を避けて、この種の被膜を外周面102a1上に均一かつ確実に形成することができる。

[0099] なお、この実施形態では、素材102a'の洗浄手段として、塩酸等の酸による洗浄を採用した場合を説明したが、この他に、UV洗浄、オゾン洗浄、あるいは両者を併用した洗浄を採用することもできる。これらの洗浄方法は、ドライ環境下で実施することができるので、酸洗浄のように、洗浄処理後に素材102a'の表面に付着した酸を除

去し、あるいは除去に伴い素材外周面102a1に付着した水分を乾燥するといった手間を省くことができ、作業工程の簡略化につながる。

[0100] 以上、軸部102a(素材102a')の外周面102a1に動圧発生部を印刷成形した場合を説明したが、上記の方法は、軸部材102との間で動圧軸受を構成する軸受部材(図13でいえば軸受スリーブ108に対応。以下、各構成部材は図13を参照。)の内周面に動圧発生部を印刷成形する場合にも適用可能である。この他、同様の方法で、例えば軸部材102のフランジ部102b、ハウジング107の底部107c等の端面にスラスト方向の動圧を発生させるための動圧発生部(例えば動圧溝)を形成することもできる。

[0101] また、以上の説明では、インク112の定着方式としてインクジェット方式を採用した場合を説明したが、この方式に限らず、例えば電気泳動を利用して液滴を吐出・着弾させる方式や、いわゆるノズルレスタイプの液滴吐出方式、あるいはマイクロピペットを介してインクを液滴の状態ではなく連続的に素材の表面に吐出する方式、あるいは素材表面までの距離を短縮し、インクを吐出と同時に定着面に接触させる方式などを採用することができる。

[0102] 上記工程を経て製造された軸部材102は、例えばこの軸部材102と、軸部材102との間の軸受隙間に流体の動圧作用を生じて軸部材102を非接触支持する軸受部材とで動圧軸受を構成する。以下、軸部材102を組み込んだ動圧軸受装置の構成例を図面を基に説明する。

[0103] 図13は、上記工程を経て製造された軸部材102を組み込んだ動圧軸受装置101の第1構成例を示す。この動圧軸受装置101は、回転中心に軸部102aを有する軸部材102と、軸部材102を内周に挿入可能な軸受スリーブ108と、軸受スリーブ108を内周に固定したハウジング107と、ハウジング107の一端開口側に設けられたシール部材109とを備えている。この実施形態において、軸受部材は、ハウジング107および軸受スリーブ108とで構成される。なお、説明の便宜上、シール部材109の側を上側、シール部材109と軸方向に反対の側を下側として、以下説明を行う。

[0104] 軸部材102は、軸部102aと、軸部102aの一端に一体又は別体に設けられたフランジ部102bとを有する。軸部102aの外周面102a1には、ラジアル動圧発生部とし

て、例えばヘリングボーン形状に配列された複数の動圧溝Ebと、各動圧溝Ebを区画形成する区画部Eaとを含むラジアル軸受面Eが軸方向に離隔して2箇所形成される。上側のラジアル軸受面Eでは、動圧溝Ebが軸方向中心m(上下の傾斜溝間領域の軸方向中央)に対して軸方向非対称に形成されており、軸方向中心mより上側領域の軸方向寸法X1が下側領域の軸方向寸法X2よりも大きくなっている。

[0105] 軸受スリーブ108は、例えばCu(Cu合金を含む)やAl(Al合金を含む)等の軟質金属の非孔質体、あるいは焼結金属の多孔質体で円筒形状に形成される。軸受スリーブ108の内周面108aは、平滑な円筒面となる。軸受スリーブ108の下端面108bの全面あるいは一部環状領域には、スラスト動圧発生部として、図示は省略するが、例えばスパイラル形状に配列された複数の動圧溝と、これら動圧溝を区画形成する区画部とを含む第1スラスト軸受面Fが形成されている。なお、動圧溝の配列パターンとしては、この他に、ヘリングボーン形状を採用することができる。

[0106] ハウジング107は、略円筒状の側部107bと、側部107bの下端に位置し、側部107bと一体又は別体に設けられる底部107cとを備えている。この実施形態では、底部107cは、側部107bとは別部材として共に金属で形成され、側部107bの下端に接着(ルーズ接着、圧入接着を含む)、圧入、溶着(例えば超音波溶着)、溶接(例えばレーザ溶接)などの手段により固定される。もちろん側部107bと底部107cの何れかを樹脂、あるいは両者を樹脂で形成することも可能である。

[0107] 底部107cの上端面107c1の全面または一部環状領域には、スラスト動圧発生部として、図示は省略するが、例えばスパイラル形状に配列された複数の動圧溝と、これら動圧溝を区画形成する区画部とを含む第1スラスト軸受面Gが形成されている。なお、動圧溝の配列パターンとしては、この他に、ヘリングボーン形状を採用することができる。

[0108] ハウジング107の開口部107aの内周には、金属材料あるいは樹脂材料で形成された環状のシール部材109が、圧入、接着、溶接等の手段で固定される。シール部材109の内周面109aは、軸方向上方に向けて漸次拡径するテーパ状をなし、内周面109aとこれに対向する軸部102aの外周面102a1との間に上方に向けて径方向寸法を漸次拡大させたシール空間Sが形成される。

[0109] 上記構成の動圧軸受装置101の内部には潤滑油が充填され(図13中散点領域)、潤滑油の油面は常にシール空間S内に維持される。なお、部品点数および組立工数の削減のため、シール部材109をハウジング107と一体に形成(インサート成形、アウトサート成形を含む。)することもできる。あるいは、シール部材109の代わりに、軸受スリーブ108の内周面108aの上端開口側領域をラジアル軸受面となる領域よりも大径に、あるいは漸次拡径状に形成し、この領域と対向する軸部102aの外周面102a1との間にシール空間を形成することもできる。

[0110] 軸部材102の回転時、軸部材102の外周面102a1のラジアル軸受面E(上下2箇所の動圧溝Eb形成領域)は、軸受スリーブ108の内周面108aとラジアル軸受隙間を介して対向する。そして、軸部102aの回転に伴い、上記ラジアル軸受隙間の潤滑油が各ラジアル軸受面Eにおける動圧溝Ebの軸方向中心側に押し込まれ、その圧力が上昇する。このような動圧溝Ebの動圧作用によって、軸部102aをラジアル方向に非接触支持する第一ラジアル軸受部R11と第二ラジアル軸受部R12がそれぞれ構成される。

[0111] 同時に、軸受スリーブ108のスラスト軸受面F(動圧溝形成領域)とこれに対向するフランジ部102bの上端面102b1との間のスラスト軸受隙間、および底部107cのスラスト軸受面Gとこれに対向するフランジ部102bの下端面2b2との間のスラスト軸受隙間にも、動圧溝の動圧作用により潤滑油の油膜が形成され、この油膜の圧力によって、フランジ部102bをスラスト方向に非接触支持する第1スラスト軸受部T11および第2スラスト軸受部T12が構成される。

[0112] なお、この動圧軸受装置101では、軸部材102の回転中、軸部材102と軸受スリーブ108との径方向隙間に位置する潤滑油がハウジング107の底部107c側に押込まれるため、このままでは、スラスト軸受部T11、T12のスラスト軸受隙間での圧力が過度に高まり、これに起因して潤滑油中での気泡の発生や潤滑油の漏れ、あるいは振動の発生が懸念される。この場合、スラスト軸受隙間(特に第1スラスト軸受部T11のスラスト軸受隙間)とシール空間Sとの間を連通する連通路を設けることで、この種の連通路を通って潤滑油がスラスト軸受隙間とシール空間Sとの間で流通するため、かかる圧力差が早期に解消され、上記の弊害を防止することができる。図13では一例

として、軸受スリーブ108の外周面108dに連通路110aを形成し、かつシール部材109の下端面109bに連通路110bを形成した場合を例示している。

[0113] ところで、本実施形態においては、第1スラスト軸受面Fを軸受スリーブ108の下端面108bに、第2スラスト軸受面Gをハウジング107の底部107cの上端面107c1に形成したが、これらスラスト軸受面F、Gをこれらと対向する面(フランジ部102bの両端面102b1、102b2)の側に形成することもできる。なお、各スラスト軸受面F、Gは、型成形の他、ラジアル軸受面Eと同様に、洗浄工程→動圧発生部の印刷・硬化工程、あるいは洗浄工程→カップリング剤による表面処理工程→動圧発生部の印刷・硬化工程を経て形成することもできる。

[0114] 本発明に係る動圧発生部を備えた軸部材102は、上記の構成に限らず、他の構成の動圧軸受装置にも好ましく使用することができる。以下の図14～図16に記載の動圧軸受装置の、図13に示す第1構成例と構成・作用を同一にする部位および部材については、同一の参照番号を付し、重複説明を省略する。なお、以下説明する何れの形態についても、軸部材102の軸部102aの外周面102a1に上記インクジェット法によって動圧発生部を有するラジアル軸受面Eが形成される。

[0115] 図14は、動圧軸受装置101の他の構成例を示している。同図における動圧軸受装置101は、主にシール空間Sがハウジング107の外径側に形成されている点、および第2スラスト軸受部T12がハウジング107の側部107bの上側端面107b1とディスクハブ103を構成するプレート部103aの下端面103a1との間に形成されている点で第1構成例に係る動圧軸受装置と構成を異にする。

[0116] 図15は、動圧軸受装置101の他の構成例を示している。同図における動圧軸受装置101は、主に軸受部材を、軸受スリーブ108とハウジング107とを一体化したもので構成した(軸受部材127)点、底部としての蓋部材128の外周に上方に突出する円筒部128aを設け、この円筒部128aを、軸受部材127のうち、軸受スリーブ108に相当する小径円筒部127aの下端面127a1に当接させている点で第1構成例に係る動圧軸受装置と構成を異にする。このように、軸受装置の構成部品同士の一体化を進めることで、部品点数の削減や組立工数の削減を図ることができ、より一層の低コスト化が達成可能となる。

[0117] 図16は、動圧軸受装置101の他の構成例を示している。この動圧軸受装置101において、軸部材122は、軸部122aの下端よりも上方にフランジ部122bを設け、軸部材122の回転時、このフランジ部122bの下端面122b2とこれに対向する軸受スリーブ108の上端面108cとの間にスラスト軸受部T13のスラスト軸受隙間を形成する。ハウジング107の上端内周にはシール部材129が固定され、シール部材129の内周面129aと軸部材122の外周面122a1との間にシール空間S'が形成される。シール部材129の下端面129bは、フランジ部122bの上端面122b1と軸方向隙間を介して対向し、軸部材122の上方への変位時、フランジ部122bの上端面122b1と係合することで、軸部材122の抜止め機能を兼ねる。

[0118] ところで、以上の構成例に示したラジアル軸受面Eに含まれる動圧発生部の形状は一例にすぎず、インクジェット法により印刷可能な形状であれば、これ以外の溝配列形状(例えばスパイラル形状)に対応した動圧溝パターンを形成することもできる。ラジアル軸受面Eに含まれる動圧発生部としては、この他に、図示は省略するが、軸方向の溝を円周方向の複数箇所に形成した、いわゆるステップ状の動圧発生部、あるいは、円周方向に複数の円弧面を形成した、いわゆる多円弧状の動圧発生部についても同様の方法で印刷形成することができる。

[0119] また、以上の説明では、ラジアル軸受面Eを軸方向二箇所に離隔して形成する場合を例示したが、ラジアル軸受面Eの数は任意であり、全体で一箇所あるいは三箇所以上にラジアル軸受面Eを形成することもできる。

[0120] また、スラスト軸受面F、Gには、動圧発生部として、上記複数の動圧溝をスパイラル形状に配列したものの他、複数の半径方向溝形状の動圧溝を円周方向所定間隔に設けた、いわゆるステップ状の動圧発生部や、いわゆる波型状(ステップが波型になったもの)をなす動圧発生部を形成することができる。

[0121] また、以上の実施形態では、動圧軸受装置101の内部に充満し、各軸受隙間に潤滑膜を形成する流体として、潤滑油を例示したが、それ以外にも各軸受隙間に潤滑膜を形成可能な流体、例えば空気等の気体や、磁性流体等の流動性を有する潤滑剤あるいは潤滑グリース等を使用することもできる。

[0122] 以上、説明を行った動圧軸受装置101は、例えばHDD等のディスク駆動装置をは

じめとする情報機器用スピンドルモータに組み込んで使用することもできる。図17はその一構成例を示す図で、このスピンドルモータは、動圧軸受装置101と、動圧軸受装置101の軸部材に取り付けられたディスクハブ103と、例えば径方向のギャップを介して対向させたステータコイル104およびロータマグネット105と、モータブラケット106とを備えている。ステータコイル104はモータブラケット106の外周に取り付けられ、ロータマグネット105はディスクハブ103の内周に取り付けられる。ディスクハブ103は、その外周に磁気ディスク等のディスクDを一枚又は複数枚保持する。ステータコイル104に通電すると、ステータコイル104とロータマグネット105との間に発生する電磁力でロータマグネット105が回転し、それに伴ってディスクハブ103およびディスクハブ103に保持されるディスクDが軸部材102と一体に回転する。このモータは、高い耐久性と回転精度とを兼ね備えるものである。

実施例

[0123] 本発明の有用性を立証するため、ステンレス製(SUS420)の軸部材を素材とし、この素材を、濃度の異なる2種類の塩酸(15wt%塩酸、30wt%塩酸)中に浸漬させることで、素材表面を洗浄処理した。この洗浄は、洗浄時間(浸漬時間)を変更して数回行った。洗浄後、素材表面の表面粗さを測定し、浸漬時間との関係を調べた。

[0124] 図18に洗浄試験の結果を示す。横軸は浸漬時間[min]を、縦軸は素材の表面粗さRa[μm]をそれぞれ示す。同図より、何れの塩酸濃度の場合についても、表面粗さRaは、浸漬時間と共に増加し、例えば表面粗さRa=0.05μmとなる浸漬時間は、塩酸濃度15wt%では約9分、塩酸濃度30wt%では約6分であった。

[0125] 以下、本発明の第3実施形態を図19～図24に基づいて説明する。

[0126] 軸部202を構成する素材202'は、例えばステンレス鋼等の金属材料で形成される。素材202'は、その軸心を貫通する軸方向の貫通穴202bを有する略円筒状に形成される。

[0127] 図19は、本発明にかかる動圧発生部の形成方法の一例として、インクジェット法を用いた動圧発生部の印刷装置の概要を示すものである。この印刷装置は、微量インクを供給する印刷工程と、供給したインクを硬化させる硬化工程とが連続した形態を有するものである。

[0128] 図示のように、この印刷装置は、回転駆動される治具216(素材202'の外周面202a)に対向させた一又は複数のノズルヘッド217と、治具216の両端を支持し回転駆動させる支持部213と、ノズルヘッド217に対してその円周方向位置を異ならせて配置した、好ましくは図示のように治具216を挟んでノズルヘッド217と対向させて配置した一又は複数の硬化部215とを主要な構成要素とする。支持部213の少なくとも一方には、モータ等からなる回転駆動部214が設けられている。なお、本実施形態では、ノズルヘッド217と硬化部215とが、それぞれ軸方向に2箇所設けられている。

[0129] 治具216は、例えばステンレス鋼等の高剛性の金属材料で形成される。この治具216の外周面には、複数の素材202'が直列に連結されている。

[0130] ノズルヘッド217には、インク212の微小液滴を吐出する複数のノズル211が軸方向に配設されている。インク212は、例えば光硬化性樹脂、好ましくは紫外線硬化樹脂をベース樹脂とする樹脂組成物であり、光重合開始材、さらには必要に応じて適当な割合の有機溶媒を配合したものが使用される。硬化部215は、インク212を硬化させるための光を照射する光源で、例えば紫外線ランプが使用される。

[0131] 印刷工程で使用されるインク212を構成する紫外線硬化樹脂としては、ラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーの他、イミドアクリレート、あるいは環状ポリエン化合物やポリチオール化合物に代表されるエン・チオール化合物が挙げられるが、この中でもラジカル重合性モノマーやラジカル重合性オリゴマー、カチオン重合系モノマーを好ましく使用することができる。ラジカル重合性モノマーとしては、例えば単官能、2官能あるいは多官能のアクリレート系モノマーや、メタクリレート系モノマーが使用でき、ラジカル重合性オリゴマーとしては、例えばウレタンアクリレートや、エポキシアクリレート、ポリエステルアクリレート、あるいは不飽和ポリエステルなどが使用できる。また、カチオン重合系モノマーとしては、例えば脂環式エポキシ樹脂や、フェノールノボラックエポキシ樹脂、ビスフェノールA系エポキシ樹脂の他、3－エチル－3－(2－エチルヘキシロキシメチル)オキセタン、3－エチル－3－ヒドロキシメチルオキセタン、1，4－ビス{[(3－エチル－3－オキセタニル)メトキシ]メチル}ベンゼン、3－エチル－3－(フェノキシメチル)オキセタン、ジ[1－エチル(3－オキセタニル)]メチルエーテル、3－エチル－3－{[3－(トリエトキシシリル

)プロポキシ]メチル}オキセタン等のオキセタン樹脂が使用できる。これら紫外線硬化樹脂は、単体で使用する他、2種類以上を混合したものをベース樹脂として使用することもできる。

[0132] これらベース樹脂には、ラジカル系光重合開始剤や、カチオン系光重合開始剤等の光重合開始剤を使用することができる。ラジカル系光重合開始剤としては、例えばベンゾフェノンや、オルソベンゾイン安息香酸メチル、4－ベンゾイル－4‘－メチルジフェニルサルファイド、ベンゾフェノンのアンモニウム塩、イソプロピルチオキサントン、ジエチルチオキサントン、チオキサントンのアンモニウム塩に代表される水素引抜型の光重合系開始剤が使用でき、あるいはベンゾイン誘導体や、ベンジルジメチルケタール、α－ヒドロキシアルキルフェノン、α－アミノアルキルフェノン、アシルホスフィンオキサイド、モノアシルホスフィンオキサイド、ビスアシルホスフィンオキサイド、アクリルフェニルグリオキシレート、ジエトキシアセトフェノン、チタノセン化合物に代表される分子内開裂型の光重合開始剤が使用できる。また、カチオン系光重合開始剤としては、例えばトリフェニルスルホニウムヘキサフルオロアンチモネートや、トリフェニルスルホニウムヘキサフルオロフォスフェート、SP－170やSP－150（共に旭電化（株）製）、FC－508やFC－512（共に3Mカンパニー社製）、UVE－1014（ゼネラルエレクトリックカンパニー社製）に例示されるポリアリールスルホニウム塩、Uvacure1590やUvacure1591（共にダイセル・ユーシービー社製）に例示されるトリアリルスルフォニウムヘキサフルオロフォスフェート塩の混合物、Irg－261（チバ・ガイギー社製）に例示されるメタロセン化合物、ジフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネートやP－ノニルフェニルフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネート、4，4‘－ジエトキシフェニルヨードニウムヘキサフルオロアンチモネート等のポリアリールヨードニウム塩が使用できる。これら光重合開始剤は、1種類であるいは2種類以上を組み合わせて使用することもできる。

[0133] 以上の構成において、治具216を支持部213で両端支持しつつ回転させる。このとき、治具216の外周面と素材202’の内周面とは、素材202’が治具216と同期して回転できる程度の嵌め合いに設定される。この他、治具216の外周面と素材202’の内周面との間の嵌め合いを緩くし、素材202’を回転駆動部214で直接回転駆動さ

せてもよい。

[0134] このようにして素材202'を回転させながら、ノズル211からインク212を吐出することにより、インク212の微小液滴が素材202'の外周面202aの所定位置に着弾する。素材202'の外周面202aには、この微小液滴の集合体で、動圧発生部としての、例えば凸状の区画部Haとインクで被覆されていない領域、すなわち動圧溝Hbとがヘリングボーン形状に配列された動圧溝パターンが形成される。この際、各ノズル211では、予め定められたタイミングでインク212の供給・停止が適宜切り換えられる。この動圧溝パターンの形成は、治具216の回転に伴い、素材202'の外周面202aの円周方向に徐々に進行する形で行われる。印刷された部分が円周方向にある程度進行すると(図示例の場合は半周すると)、印刷された部分が硬化部215の対向領域(硬化工程)に達し、紫外線の照射を受けたインク212が重合反応を起こして順次硬化する。このインクの硬化も素材202'の回転に伴い、素材202'の円周方向に徐々に進行する。

[0135] 最初に印刷された部分が1回転してノズルヘッド217の対向領域に達したところで、ノズルヘッド217を隣接する素材202'の外周面202aの対向領域にスライドさせる。治具216は回転させたままで、前記同様にして新たな動圧溝パターンを隣接する素材202'に形成し、これを全ての素材202'に印刷が完了するまで継続する。そして、全てのインク212が硬化部11との対向領域を通過・硬化したことを確認し、回転を停止させて治具216を支持部213から取り外す。

[0136] 本発明の構成を用いない場合、例えば一の素材202'に対してのみ印刷を行うと、インク212が完全に硬化するまでの間引き続き回転駆動(空回転)させる必要がある場合もあり、サイクルタイムが増大する。また、幾度も装置への取り付け、および取り外しを行う必要がある等、直接動圧発生部の印刷に関係しない時間(いわゆる、段取り時間)が長くなり非効率である。

[0137] これに対し、本発明のように複数の素材202'を直列に連結することで連続印刷が可能となり、非常に効率的に動圧溝パターンの形成を行うことができる。一の素材202'に印刷が完了した時点で、ノズルヘッド217をスライドさせ隣接する素材202'に印刷を開始することができ、このとき、先の素材202'におけるインクの硬化は、隣接

する次の素材202'に印刷を行っている際にも行われる。従って、印刷工程と硬化工程を同時進行させることができ、動圧溝パターンの効率的な形成が可能となる。さらに、印刷装置への素材202'の取り付けや取り外し回数を大幅に低減し、段取り時間を低減することができる。従って、サイクルタイムを大幅に低減し、動圧発生部の製造コストを大幅に低減することができる。

[0138] また、複数の素材202'を治具216で直列に連結し同軸度を確保しているため、各素材間での成形精度のバラツキを抑えつつ、全ての素材202'に対し高精度な動圧溝パターンを形成することができる。なお、複数の素材202'の同軸度を確保しつつ連結するためには、上記の治具216を用いる以外にも、例えば図20に示すように、一方の素材202'の軸端に設けた凸部202a1を、隣接する素材202'の凹部202a2に嵌合させることにより行うこともできる。

[0139] 図示例では、2つのノズルヘッド217を使用する場合を例示しているが、これを軸方向1箇所または3箇所以上、あるいは円周方向の複数箇所に配置することもできる。さらには素材を1回転させる間に全周の動圧溝パターンを印刷する他、素材202a'をこれ以上の回転数、例えば2～数十回転させて、素材202a'の全周に動圧溝パターンを形成することもできる。また、硬化部215は、例えば光(紫外線)の拡散性が高いものを用い固定して使用する他、集光性の高いものを用い、ノズルヘッド217と同調して軸方向にスライドさせることもできる。また、以上の説明では、個々の素材202'への動圧溝パターンの印刷が完了した時点で、隣接する素材202'の印刷を開始するようにしているが、ノズルヘッド217のスライドにより、複数の素材202'の印刷を同時進行させることもできる。

[0140] インクジェット法では、予めプログラミングした形状パターンにならってインク212の微小液滴を精密に吐出する。従って、高精度に動圧発生部としての動圧溝パターンを印刷することができる。加えて、硬化したインク212自体で必要な動圧溝深さ(数μm～数十μm)を確保することができるので、そのまま動圧溝付きの軸部202として使用することが可能となる。

[0141] また、インクジェット法による印刷では、従来のスクリーン印刷機のように印刷型と素材202'との接触部分を持たないから、量産時における接触部分での摩耗による印

刷精度の低下を回避することができ、さらに、上記のように軸方向に複数の素材202'を連結した場合にも素材202'にノズルから加圧力が作用することなく、連結した素材202'のたわみによる印刷精度の低下を回避することができる。さらに印刷型や印刷型を保持するための印刷用スクリーン等が不要であり、かつ素材202'の回転に応じて印刷型を移動させる機構も不要となるので、成形装置の構造を簡素化することができる。また、インクは動圧溝パターンの形成に関与するだけの使用量で足りるので、スキージを必要とする従来装置に比べ、インクの使用量を削減して低コスト化を図ることもできる。

[0142] また、印刷工程と硬化工程とは素材202'の円周方向に離隔して設けられているため、最初の印刷部分は硬化部215からの紫外線照射で硬化された上でノズルヘッド217の対向位置に戻るので、硬化不十分なインクが重なって動圧溝パターンをくずすような事態も回避することができる。さらにノズルヘッド217と硬化部215とを素材202'を挟む対向位置に配置しているので、硬化部215から照射される紫外線は素材202'に遮蔽されているため、紫外線の硬化作用がノズル211におよぶことはなく、従って照射紫外線によるノズル211の目詰まり等を防止することができる。

[0143] 以上の説明では素材202'(治具216)を回転駆動しているが、素材202'を固定し、ノズルヘッド217および硬化部215を素材202'周りで回転駆動してもよい。

[0144] 図21は、上記工程を経て製作された軸部202を有する回転部材203を組込んだ動圧軸受装置の一例を示している。この動圧軸受装置201は、側部207aと側部207aの一端開口を封口する側部207aとは別体の底部材207bとからなるハウジング207と、ハウジング207の内周に固定された軸受スリーブ208と、回転中心に軸部202を備えハウジング207および軸受スリーブ208に対して相対回転する回転部材203とを主要な構成部品として備えている。なお、以下説明の便宜上、底部材207bの側を下側、底部材207bの軸方向反対側を上側として説明を行う。

[0145] 回転部材203は、例えばハウジング207の上側を覆うハブ部209と、軸受スリーブ208の内周に挿入される軸部202とで構成される。軸部202は、その軸心を貫通する貫通穴202bを有している。この実施形態では、ハブ部209と軸部202とは別体に形成され、圧入、接着、溶接等の適宜の手段を用いて固定される。

[0146] ハブ部209は、ハウジング207の上方に配置された円盤部209aと、円盤部209aの外周部から軸方向下方に延びた筒状部209bと、筒状部209bの外周に設けられたディスク搭載面209cおよび鍔部209dとを備えている。図示されていないディスク状情報記録媒体は、円盤部209aの外周に外嵌され、ディスク搭載面209cに載置される。そして、図示しない適当な保持手段によってディスク状情報記録媒体がハブ部209に保持される。

[0147] 軸部202は、その下端に抜止めとしてフランジ部210を別体に備えている。フランジ部210は金属製で、例えばねじ結合等の手段により軸部202に固定され、貫通穴202bの下端が封口される。また貫通穴202bの上端には、ディスク状情報記録媒体をハブ部209との間に挟持するクランパ(図示省略)が、例えばねじ結合等の手段により固定され、貫通穴202bの上端が封口される。

[0148] 軸部202の外周面202aには、動圧発生部として、例えば、ヘリングボーン形状に配列された動圧溝Hbと、動圧溝Hbを区画形成する区画部Haとを含むラジアル軸受面Hが軸方向に離隔して形成される。上側のラジアル軸受面Hでは、動圧溝Hbが軸方向中心mに対して軸方向非対称に形成されており、軸方向中心mより上側領域の軸方向寸法X1が下側領域の軸方向寸法X2よりも大きくなっている。そのため、軸部202の回転時、動圧溝Hbによる潤滑油の引き込み力(ポンピング力)は下側の対称形のラジアル軸受面に比べ上側のラジアル軸受面で相対的に大きくなる。

[0149] 軸受スリーブ208は、焼結金属からなる多孔質体、特に銅を主成分とする焼結金属の多孔質体、あるいは黄銅やアルミ(アルミ合金)等の軟質金属材料で円筒状に形成される。軸受スリーブ208の内周面208aは、平滑な円筒面として形成されている。軸受スリーブ208の下側端面208bの一部環状領域には、図示は省略するが、例えばスパイラル形状に配列した複数の動圧溝と、動圧溝を区画形成する区画部とを含むスラスト軸受面Iが形成されている。なお、動圧溝の形状としては、上記の他ヘリングボーン形状等を採用することもできる。

[0150] また、軸受スリーブ208の外周面208dには、軸受スリーブ208の両端を連通させるための、1本または複数本の軸方向溝208d1が軸方向全長に亘って形成されている。この実施形態では、3本の軸方向溝208d1が円周方向等間隔に形成されている。

[0151] ハウジング207は、略円筒状の側部207aと、側部207aの一端開口を封口する側部207aとは別体の底部としての底部材207bとで構成されている。例えば側部207aは樹脂材料で、底部材207bは、ステンレス鋼や黄銅等の金属材料で形成される。底部材207bは側部207aの下端に接着、圧入等の適宜の手段で固定されている。

[0152] 側部207aの上側端面207a1の一部環状領域には、図示は省略するが、例えばスパイラル形状に配列した複数の動圧溝と、動圧溝を区画形成する区画部とを含むスラスト軸受面Tが形成されている。なお、動圧溝の形状としては、上記の他ヘリングボーン形状等を採用することもできる。

[0153] 側部207aの外周には、上方に向かって漸次拡径するテーパ状の外壁207a2が形成されている。このテーパ状の外壁207a2は、筒状部209bの内周面209b1との間に、ハウジング207の下端側から上方に向けて半径方向寸法が漸次縮小した環状のシール空間Sを形成する。このシール空間Sは、軸部202およびハブ部209の回転時、スラスト軸受部T22のスラスト軸受隙間の外径側と連通する。

[0154] 次に、本実施形態に係る動圧軸受装置201の組立工程を説明する。

[0155] まず、ハウジング207を構成する側部207aの内周面207a3に軸受スリーブ208を圧入接着等の手段により固定する。次に、側部207aに固定した軸受スリーブ208に、ハブ部209と一体にした軸部202を挿入する。その後、フランジ部210を軸部202に、例えばねじ結合により取り付け、次いで底部材207bを側部207aの下端側内周に、例えば圧入、接着して固定する。

[0156] 上記のようにして組立が完了すると、回転部材203の軸部202は軸受スリーブ208の内周面208aに挿入され、フランジ部210は軸受スリーブ208の下側端面208bと底部材207bの上側端面207b1との間の空間に収容された状態となる。その後、動圧軸受装置201の内部空間に、軸受スリーブ208の内部気孔を含め、流体(潤滑流体)として、例えば潤滑油を充満させる。このとき潤滑油の油面は、シール空間Sの範囲内に維持される。

[0157] 上記構成の動圧軸受装置201において、回転部材203(軸部202)が回転すると、軸部202の外周面202aに離隔形成されたラジアル軸受面Hは、それぞれ軸受スリーブ208の内周面208aとラジアル軸受隙間を介して対向する。軸部202の回転に

伴い、各ラジアル軸受隙間に満たされた潤滑油が動圧作用を発生し、その圧力によって軸部202がラジアル方向に回転自在に非接触支持される。これにより、軸部202をラジアル方向に回転自在に非接触支持する第1のラジアル軸受部R21と第2のラジアル軸受部R22とが形成される。

[0158] また、軸受スリーブ208の下側端面208bとフランジ部210の上側端面210aとの間にスラスト軸受隙間(図示省略)が形成され、このスラスト軸受隙間に潤滑油による動圧作用が発生し、回転部材203をスラスト方向に回転自在に非接触支持する第1スラスト軸受部T21が形成される。同様に、ハウジング207の側部207aの上側端面207a1と、回転部材203を構成するハブ部209の下側端面209a1との間にはスラスト軸受隙間が形成され、回転部材203の回転に伴い、このスラスト軸受隙間に潤滑油による動圧作用が発生し、その圧力によって回転部材203をスラスト方向に回転自在に非接触支持する第2スラスト軸受部T22が形成される。

[0159] 本発明の方法で形成された動圧発生部を有する動圧軸受装置は上記のものに限らず、他の構成の動圧軸受装置にも好ましく用いることができる。以下図面に基づき説明を行うが、図21に示す構成と同一の構成部材および要素には、同一記号を付与し、重複説明を省略する。

[0160] 図22は、動圧軸受装置201の他の構成例を示すものである。この動圧軸受装置201が図21に示す動圧軸受装置と大きく異なる点は、軸部202とフランジ部210とで形成される軸部材222が金属材料と樹脂材料の複合構造をなす点、第2スラスト軸受部T22が、フランジ部210の下側端面210bと、これに対向する底部材207bの上側端面207b1の間に形成される点、および側部207aの上端内周にハウジング207とは別体の環状のシール部材219が固定され、この内周面219aとこれに対向する軸部202の外周面202aとの間にシール空間Sが形成される点に現れる。

[0161] 軸部202は、図19に用いた素材202'からなり、上記インクジェット法を用いて動圧発生部(ラジアル軸受面H)が外周面202aに形成されている。軸部202に形成された軸方向の貫通穴202bには、軸方向全長に亘って樹脂材料220が充填され、軸部202の下端から外径側に張り出したフランジ部210の全体を一体に形成している。樹脂材料220としては、PA66(66ナイロン)、LCP(液晶ポリマー)、PPS(ポリフェニレ

ンサルファイド）等の熱可塑性樹脂が使用可能であり、これら樹脂材料には必要に応じてガラス繊維等の充填材が配合される。

[0162] 本構成例では、軸部202（金属材料）と樹脂材料220の分離防止のため、フランジ部210に埋め込まれた軸部202の下端202cと、軸部202の上端内周側に設けられたテーパ面202dとで金属材料と樹脂材料220が係合状態にある。

[0163] この軸部材222は、例えば軸部202をインサート部品とする樹脂の射出成形（インサート成形）により製作される。この種の軸部材222には、軸受装置の機能上、軸部202とフランジ部210の直角度や、フランジ部210の両端面の平行度等をはじめ高い寸法精度が求められるが、インサート成形であれば、型精度を高め、かつ型内でインサート部品としての軸部202を精度良く位置決めするだけで、前記要求精度を確保しつつ、低コストに量産可能となる。また、フランジ部210の両端面210a、210bの一部環状領域にはそれぞれ、射出成形と同時に第1スラスト軸受面Iと第2スラスト軸受面Jとが形成される。

[0164] 上記構成の軸部材222は、軸部とフランジ部の双方を金属材料で形成するよりも、大幅に軽量化することができる。従って、軸部材222と軸受スリーブ208や底部材207bとの衝突時における衝撃が減じられ、衝突部での傷の発生を抑制することができる。また、フランジ部210が樹脂製であるので、金属製の軸受スリーブ208の下側端面208bや底部材207bの上側端面207b1に対する摺動特性が向上し、トルクを減じることができる。

[0165] また、以上に示した動圧軸受装置201においては、軸受スリーブ208とハウジング207（側部207a）とは別体に形成されているが、これらを一体に形成することもできる。図23はその一例を示すものであり、図22で別体に形成されていた軸受スリーブ208と、ハウジング207の側部207aとが、一体の軸受部材227で構成される。この構成例では、部品点数や組立工数を削減し、一層低コストな動圧軸受装置201を形成することができる。

[0166] 軸受部材227は、金属材料や樹脂材料で略円筒状に形成され、軸部材222が内周に挿入されるスリーブ部227aと、スリーブ部227aの外周側から上方に延びたシール部材219を固定するシール固定部227bと、スリーブ部227aの外周側から下方に

延びた底部材固定部227cとからなる。また、第1スラスト軸受部T21は、スリーブ部227aの下側端面227a1と、これに対向するフランジ部210の上側端面210aとの間に形成される。

[0167] さらに図22と図23に示す構成では、シール部材219がハウジング207や軸受部材227と別体に形成されているが、これらを一体に形成することもでき、部品点数や組立工数を更に削減し、より一層低コストな動圧軸受装置201を形成することもできる。

[0168] 以上の説明では、図19に示す軸方向の貫通穴202bを有する軸部202を用いた動圧軸受装置についての説明を行ったが、図20に示す一端に凸部202a1、他端に凹部202a2を有する軸部202を用いて、動圧軸受装置201を構成することもできる(図示省略)。

[0169] ところで、以上に示したラジアル軸受面Hに形成される動圧発生部の形状は一例にすぎず、インクジェット法により印刷可能な形状であれば、これ以外の動圧溝形状(例えばスパイラル形)に対応した動圧溝パターンを動圧発生部として形成することもできる。ラジアル軸受面Hにはこの他にも、軸方向の動圧溝を円周方向の複数箇所に形成したいわゆるステップ状の動圧発生部、さらには、円周方向に複数の円弧面を形成したいわゆる多円弧状の動圧発生部についても、同様の方法により形成することができる。

[0170] また、以上の説明では、ラジアル軸受面Hを軸方向二箇所に離隔して形成する場合を例示しているが、ラジアル軸受面Hの数は任意であり、軸方向の一箇所あるいは三箇所以上にラジアル軸受面Hを形成することもできる。

[0171] また、スラスト軸受面I、Jには、動圧発生部として、上記のスパイラル形状等に配列された動圧溝を有する動圧発生部の他、例えばステップ状の動圧発生部、いわゆる波型状(ステップ型が波型になったもの)の動圧発生部を形成することもできる。

[0172] 図24は、図21に示す動圧軸受装置201を組込んだ情報機器用スピンドルモータの一構成例を概念的に示している。この情報機器用スピンドルモータは、HDD等のディスク駆動装置に用いられるもので、軸部202を備えた回転部材203を回転自在に非接触支持する動圧軸受装置201と、例えば半径方向のギャップを介して対向させたステータコイル204およびロータマグネット205と、モータブラケット(保持部材)2

06とを備えている。ステータコイル204はブラケット206の外周に取り付けられ、ロータマグネット205は、回転部材203の外周に取り付けられる。回転部材203は、その外周に磁気ディスク等のディスクDを一枚または複数枚保持する。ハウジング207は、モータブラケット206の内周に例えば圧入接着等の手段により固定される。ステータコイル204に通電すると、ステータコイル204とロータマグネット205との間に発生する電磁力でロータマグネット205が回転し、それに伴って回転部材203および軸部202が一体となって回転する。このモータは、高い耐久性と回転精度を兼ね備えるものである。

図面の簡単な説明

[0173] [図1]本発明の第1実施形態に係るインクジェット方式の印刷装置の概要を示す側面図である。

[図2A]ノズルヘッドを素材の進行方向と直交するように配置した図である。

[図2B]ノズルヘッドを素材の進行方向と所定角度傾けて配置した図である。

[図3]フランジ部の上側端面の平面図である。

[図4A]区画部Baを直接素材端面に形成した拡大断面図である。

[図4B]素材端面にインク層を形成し、該インク層表面に区画部Baを形成した場合の拡大断面図である。

[図5]インクジェット方式の印刷装置の他構成を示す側面図である。

[図6]動圧軸受装置を組み込んだ情報機器用スピンドルモータの断面図である。

[図7]動圧軸受装置の一構成例を示す断面図である。

[図8]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図9]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図10A]フランジ部の上側端面の他形態を示す平面図である。

[図10B]動圧軸受装置に組み込んだ場合における区画部BaのX－X拡大断面図である。

[図11]本発明の第2実施形態に係る動圧発生部の成形装置の一例を示す図である。

[図12]動圧発生部の成形方法の他形態を示す図である。

[図13]動圧軸受装置の断面図である。

[図14]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図15]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図16]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図17]動圧軸受装置を組み込んだスピンドルモータの一例を示す断面図である。

[図18]素材表面の洗浄試験の結果を示す図である。

[図19]本発明の第3実施形態に係るインクジェット方式の印刷装置の一例を示す概要図である。

[図20]インクジェット方式の印刷装置の他形態を示す概要図である。

[図21]本発明の構成を有する動圧軸受装置の一構成例を示す断面図である。

[図22]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図23]動圧軸受装置の他の構成例を示す断面図である。

[図24]動圧軸受装置を組み込んだモータの一例を示す概要図である。

請求の範囲

[1] 素材の平坦面の多数箇所に微量インクを非接触で供給する印刷工程と、供給したインクを硬化させる硬化工程を経て、微量インクの集合体で動圧発生部を成形することを特徴とする動圧発生部の成形方法。

[2] 素材を相対的にスライドさせて印刷工程から硬化工程に移送する請求項1記載の動圧発生部の成形方法。

[3] 印刷工程に、微量インクを吐出するノズルを複数列に配したノズルヘッドを設け、かつノズルの配列方向と素材の相対スライド方向とを傾斜させた請求項2記載の動圧発生部の成形方法。

[4] 素材を、その軸心を中心として相対回転させて、印刷工程から硬化工程に移送する請求項1記載の動圧発生部の成形方法。

[5] インクが光硬化性を有し、インクの硬化を光線の照射で行う請求項1～4何れか記載の動圧発生部の成形方法。

[6] 素材表面に微量インクを供給し、この微量インクの集合体で動圧発生部を印刷する工程と、インクを硬化させる工程とを含み、

動圧発生部の印刷工程の前に、素材表面を、酸洗浄、UV洗浄、オゾン洗浄の中から選択される一の手段により洗浄することを特徴とする動圧発生部の成形方法。

[7] 上記洗浄手段のうち酸洗浄を、塩酸を用いて行う請求項6記載の動圧発生部の成形方法。

[8] 上記洗浄手段のうち酸洗浄を、超音波作用下で行う請求項6記載の動圧発生部の成形方法。

[9] 軸部を構成する素材表面に、軸受隙間に動圧作用を発生させるための動圧発生部を形成するに際し、

複数個の素材を軸方向に連結した状態で微量インクを供給し、各素材に微量インクの集合体で動圧発生部を形成することを特徴とする動圧発生部の形成方法。

[10] 素材に軸方向の貫通穴を設け、かつ複数の素材の各貫通穴に冶具を挿入することで、各素材を連結する請求項9記載の動圧発生部の形成方法。

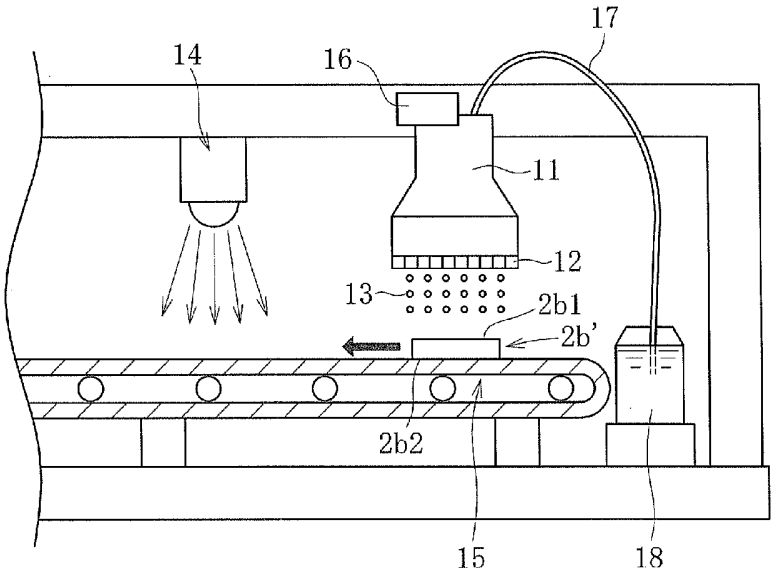
[11] 素材の一端に凸部を、他端に凹部を設け、かつ隣接する素材の一方に設けた凸部

と、他方の凹部との嵌合によって各素材を連結する請求項9記載の動圧発生部の形成方法。

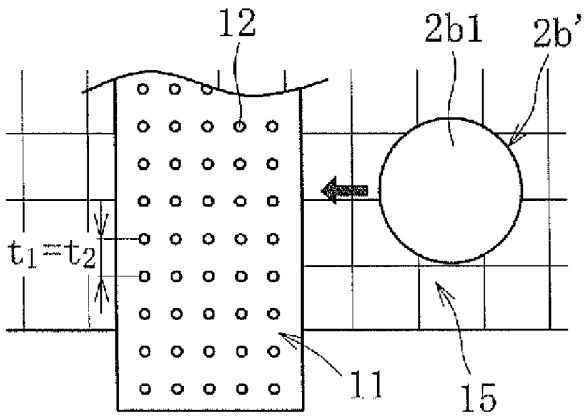
[12] 動圧発生部を、ノズルから着弾あるいは滴下させたインクで形成することを特徴とする請求項9～11何れか記載の動圧発生部の形成方法。

[13] インクは、光硬化性樹脂であることを特徴とする請求項9～12何れか記載の動圧発生部の形成方法。

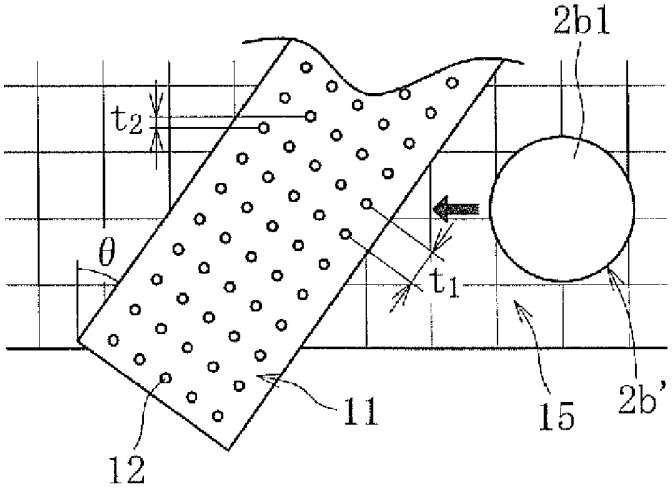
[図1]


17
14
16
11
12
13
2b1
2b'
2b2
15
18

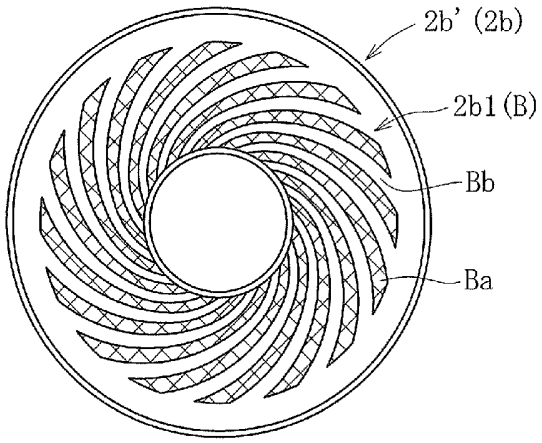
[図2A]


12
2b1
2b'
t1=t2
11
15

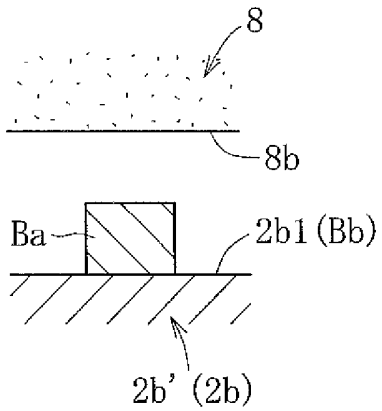
[図2B]


2b1
t2
θ
t1
11
15
2b'
12

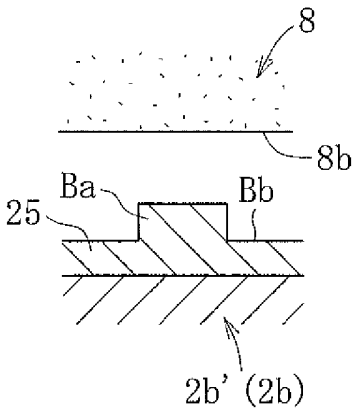
[図3]



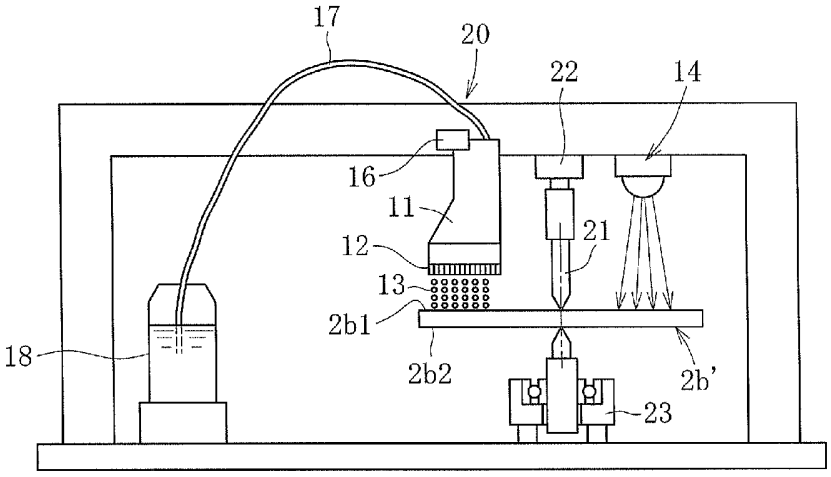
[図4A]



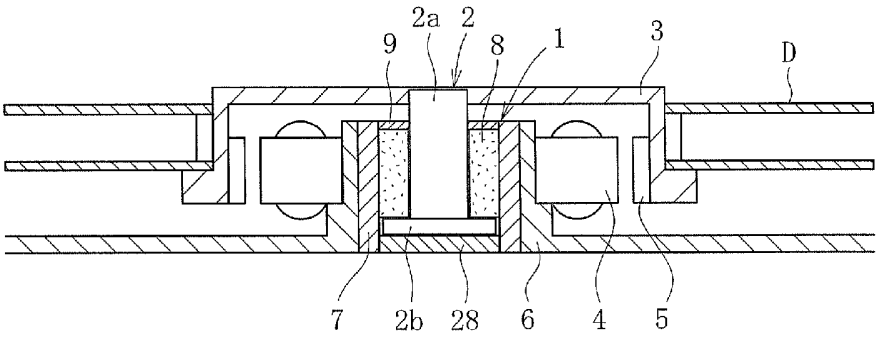
[図4B]



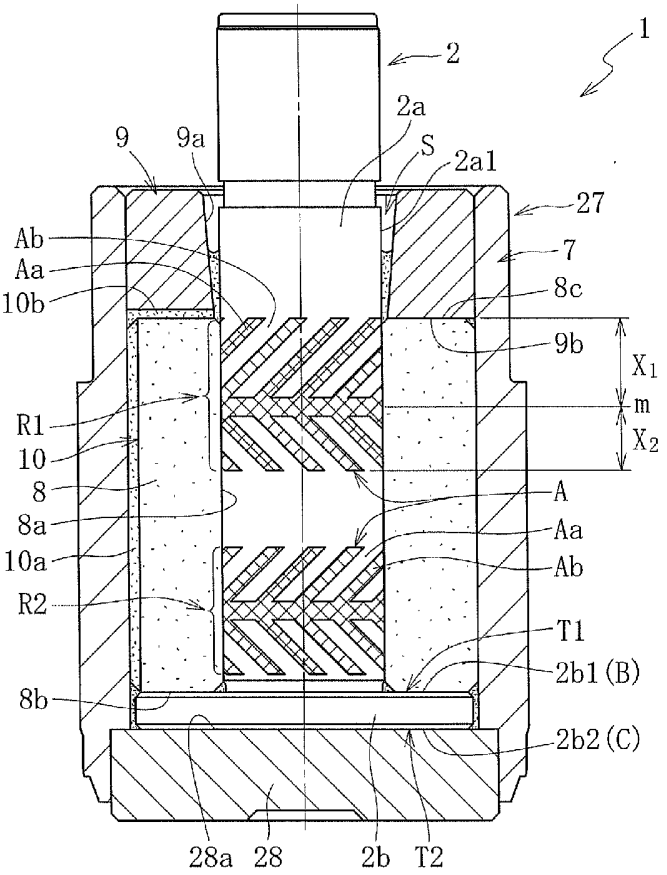
[図5]



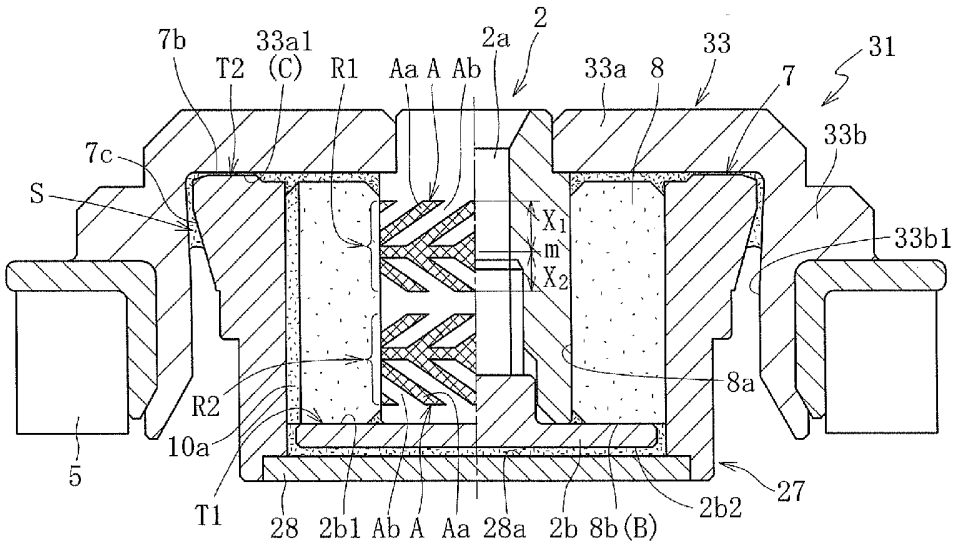
[図6]



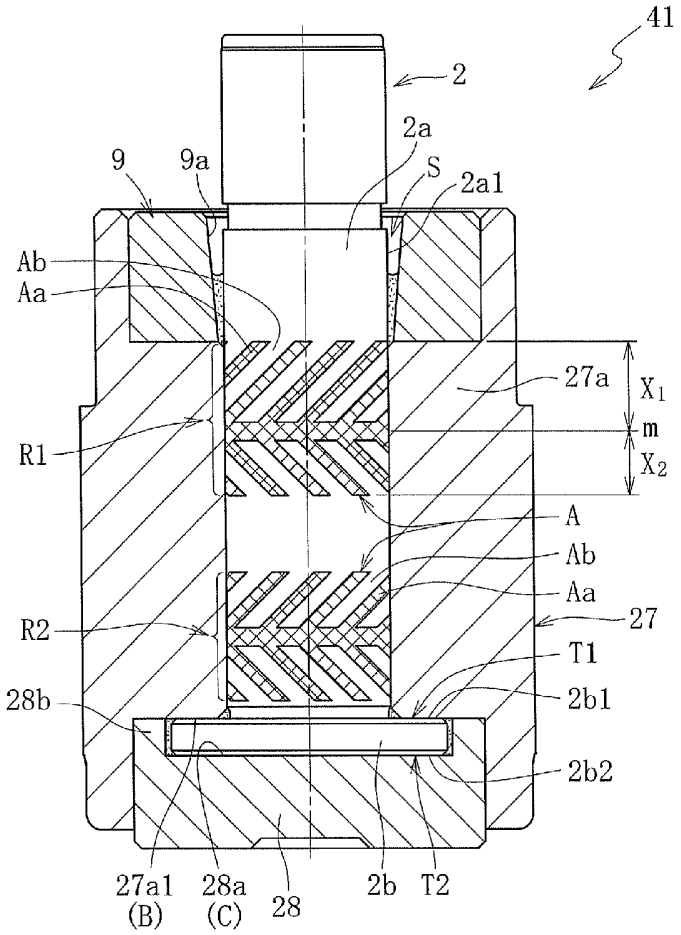
[図7]


1
2
2a
9
9a
S
2a1
27
Ab
Aa
10b
7
8c
9b
X1
m
X2
R1
10
8
8a
10a
R2
A
Aa
Ab
T1
2b1 (B)
8b
2b2 (C)
28a
28
2b
T2

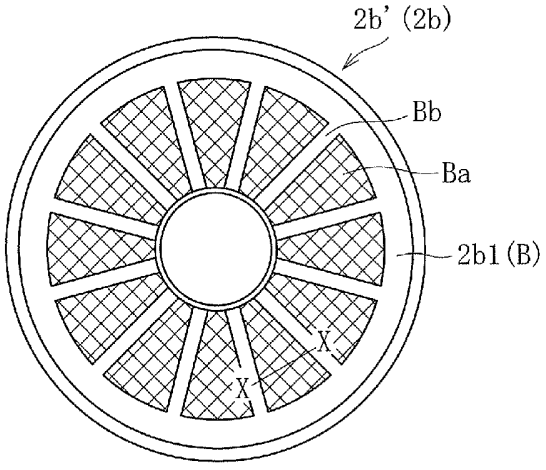
[図8]


7b
33a1
T2
(C)
R1
Aa
A
Ab
2a
2
33a
8
33
7
31
33b
7c
S
X1
m
X2
33b1
8a
R2
10a
5
T1
28
2b1
Ab
A
Aa
28a
2b
8b (B)
2b2
27

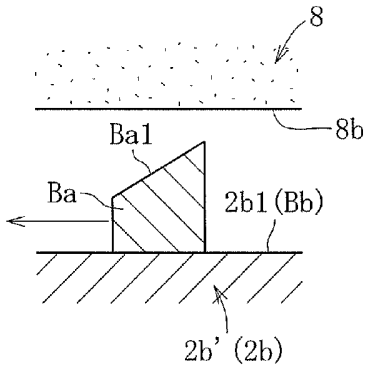
[図9]


41
2
2a
9
9a
S
2a1
Ab
Aa
27a
X1
m
X2
R1
A
Ab
Aa
27
R2
T1
2b1
28b
2b2
27a1
(B)
28a
(C)
28
2b
T2

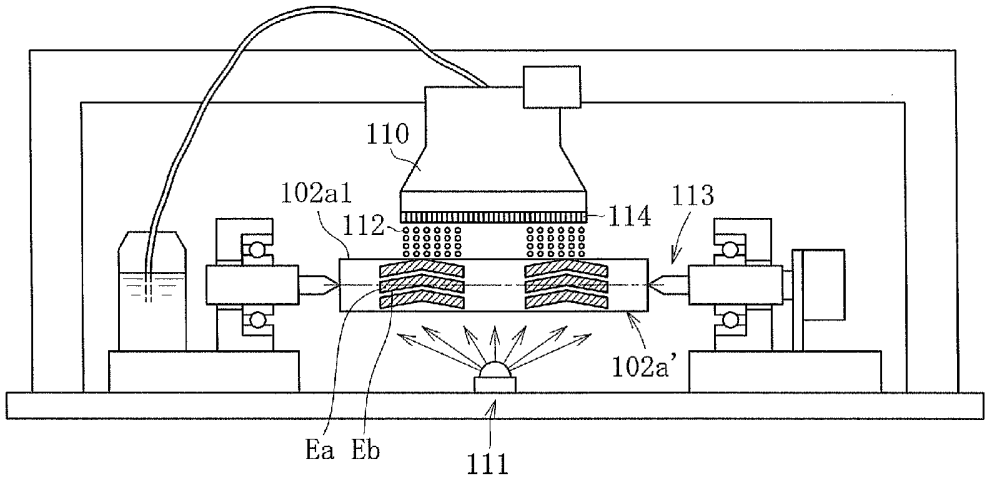
[図10A]


2b' (2b)
Bb
Ba
2b1 (B)
X
X

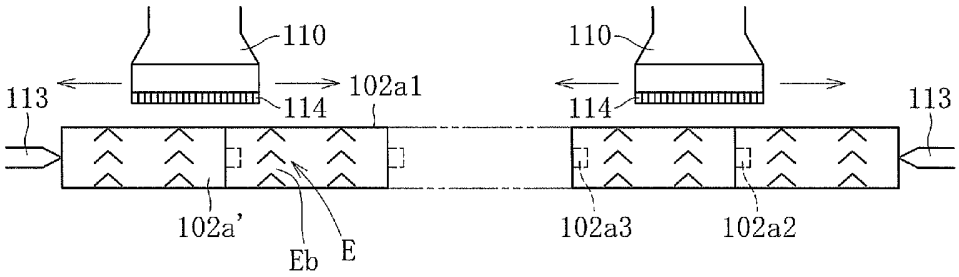
[図10B]


8
8b
Ba1
Ba
2b1 (Bb)
2b' (2b)

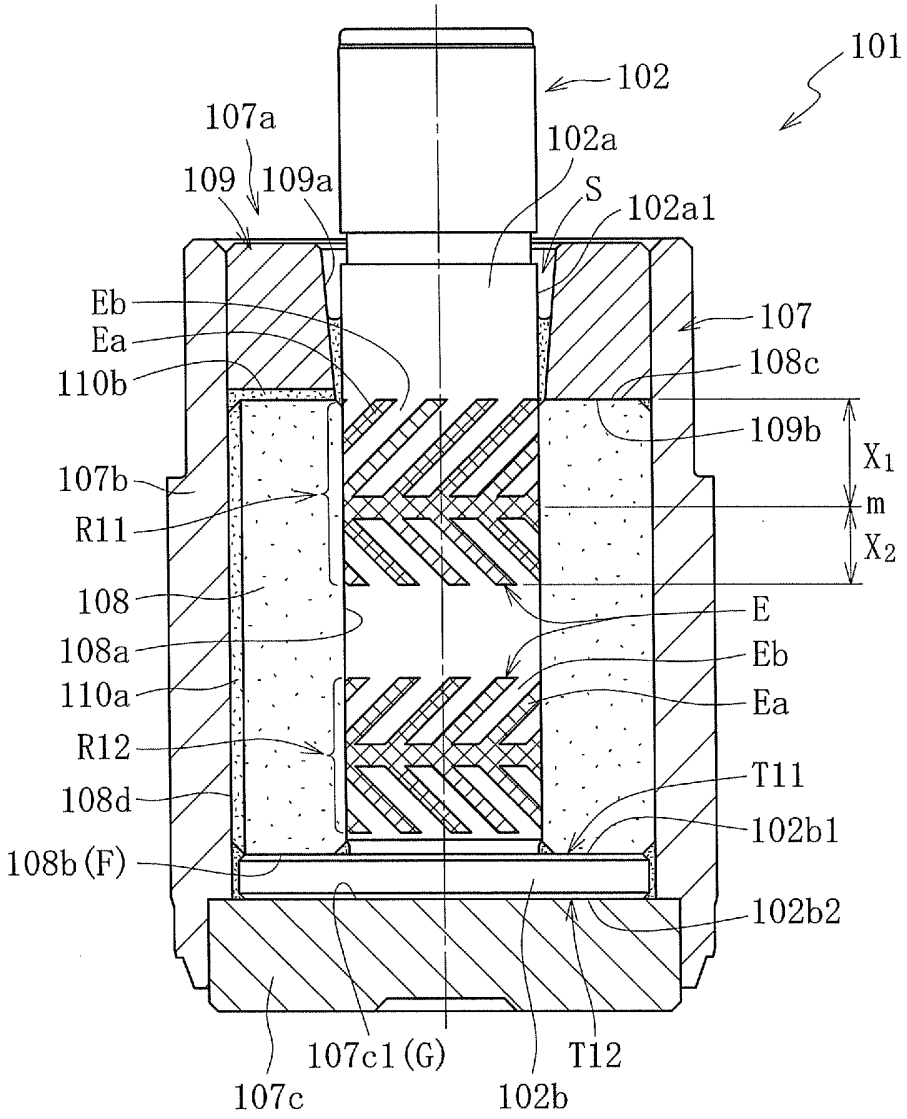
[図11]


110
102a1
112
114
113
102a'
Ea
Eb
111

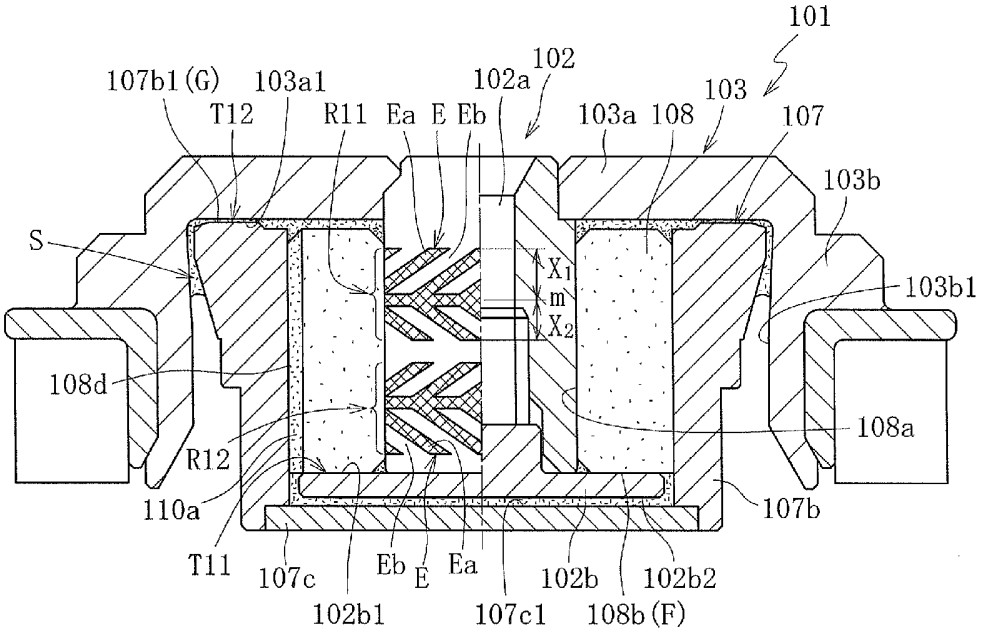
[図12]


110
110
113
102a1
114
114
113
102a'
Eb
E
102a3
102a2

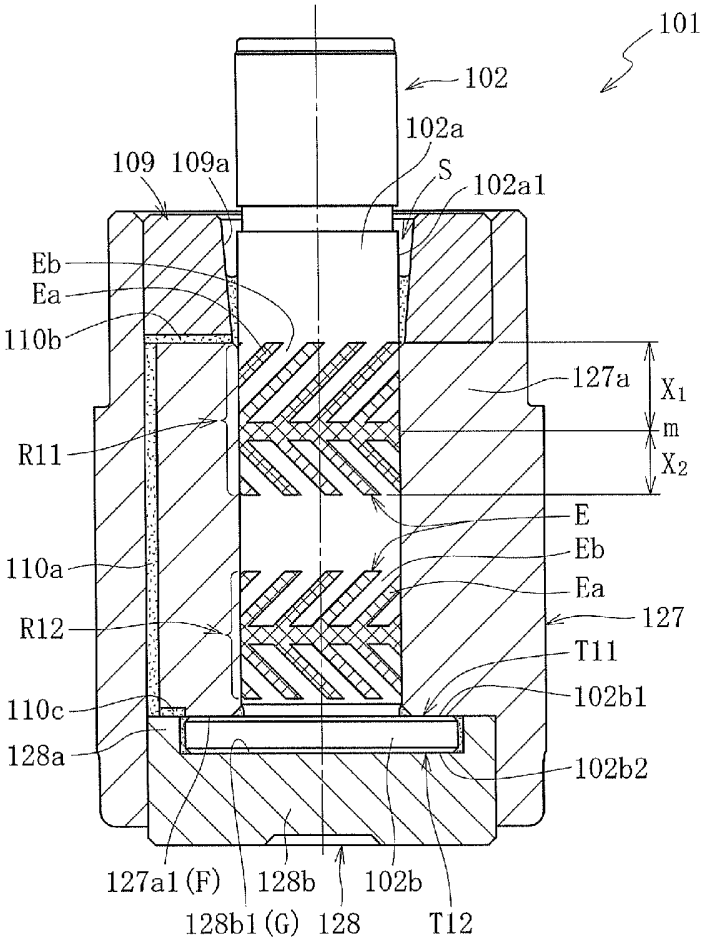
[図13]


101
102
107a
102a
109
109a
S
102a1
Eb
Ea
110b
107
108c
109b
X1
m
X2
107b
R11
108
E
108a
Eb
110a
Ea
R12
T11
108d
102b1
108b(F)
102b2
107c1(G)
T12
107c
102b

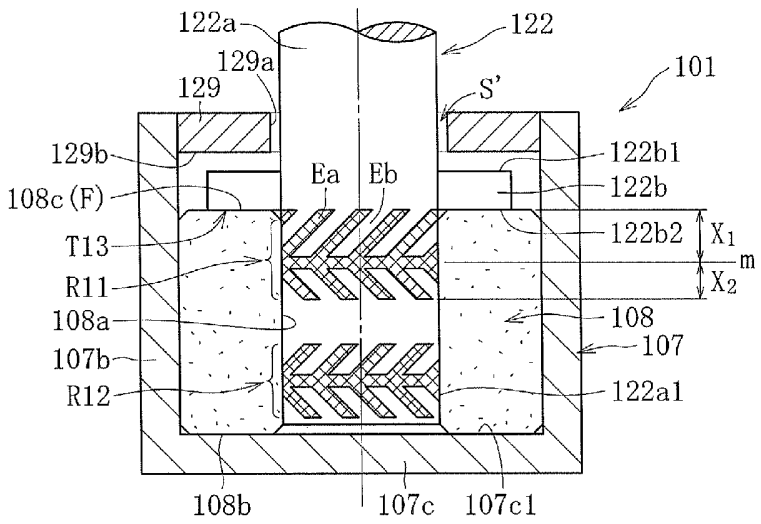
[図14]


101
102
107b1(G)
103a1
T12
R11
Ea
E
Eb
102a
103a
108
103
107
103b
S
X1
m
X2
103b1
108d
108a
R12
110a
107b
T11
107c
Eb
E
Ea
102b
102b2
102b1
107c1
108b(F)

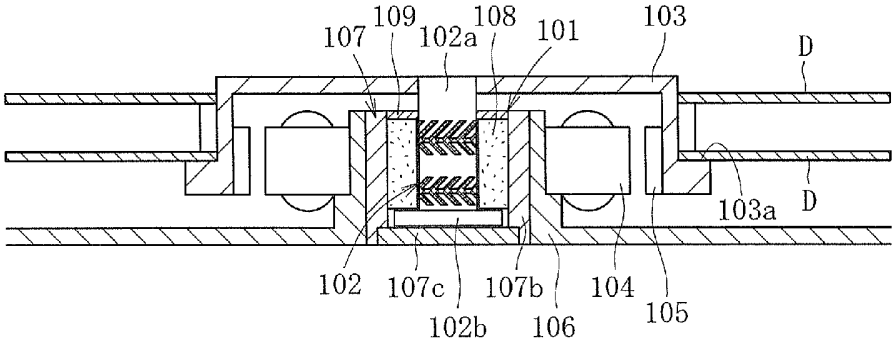
[図15]


101
102
102a
109
109a
S
102a1
Eb
Ea
110b
127a
X1
m
X2
R11
E
Eb
110a
Ea
127
R12
T11
102b1
110c
128a
102b2
127a1(F)
128b
102b
128b1(G)
128
T12

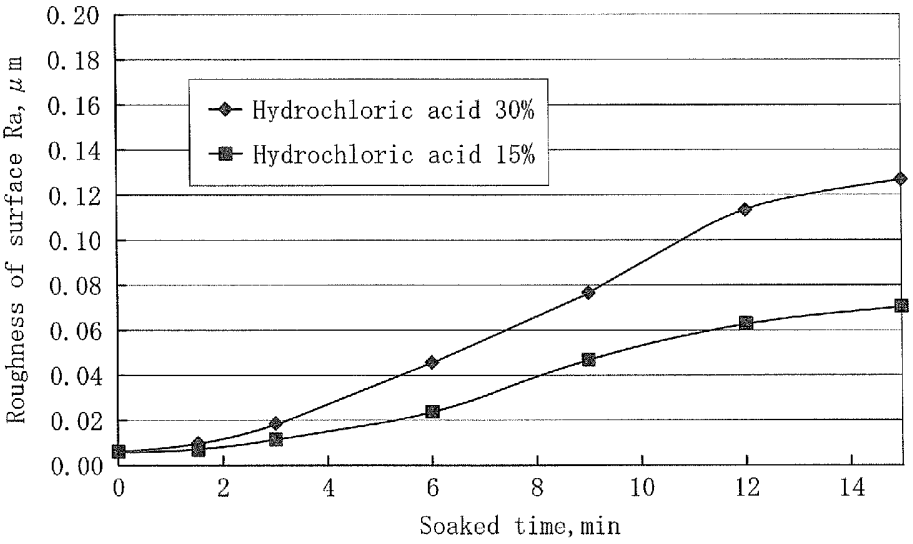
[図16]


122a
122
129a
101
129
S'
129b
122b1
Ea
Eb
108c(F)
122b
T13
122b2
X1
m
X2
R11
108a
108
107b
107
R12
122a1
108b
107c
107c1

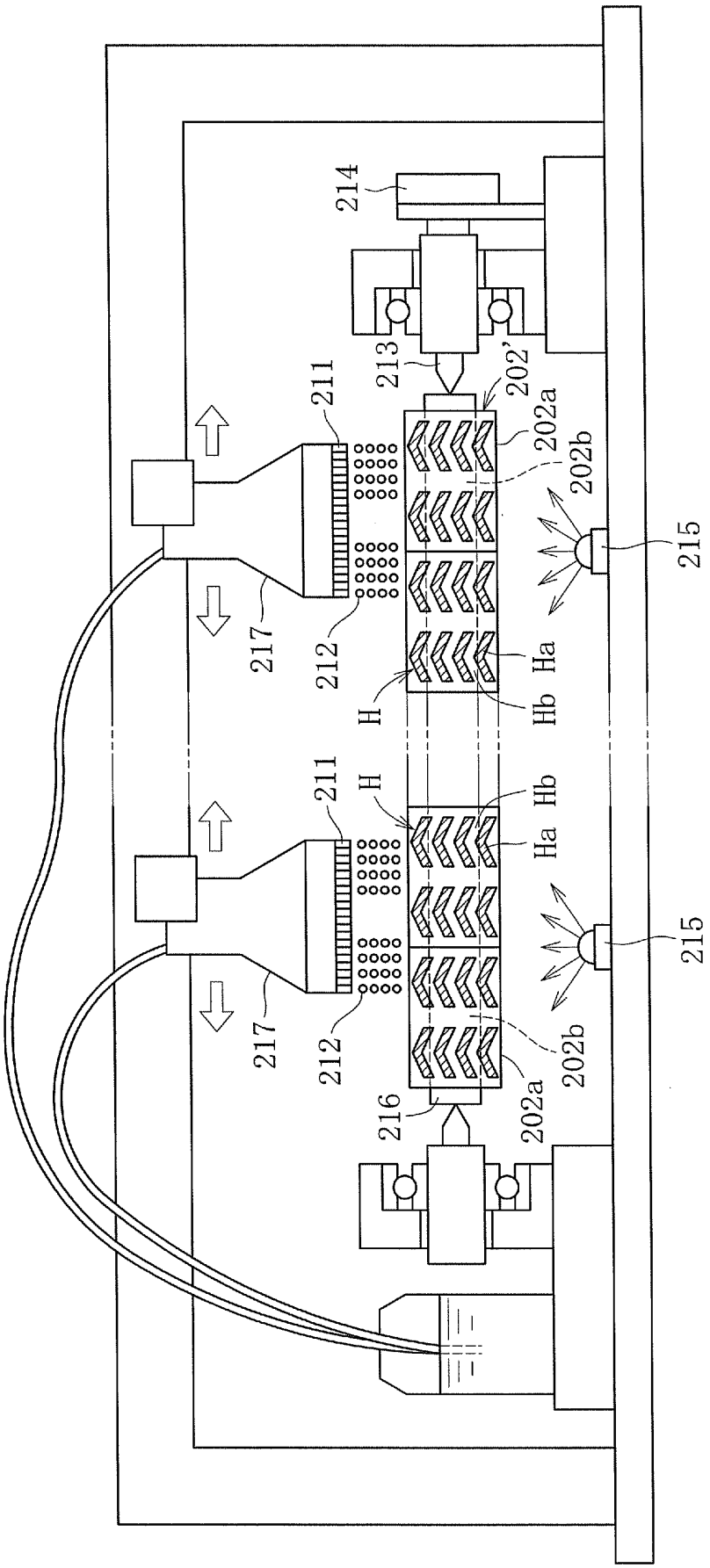
[図17]


107
109
102a
108
101
103
D
103a
D
102
107c
107b
104
105
102b
106

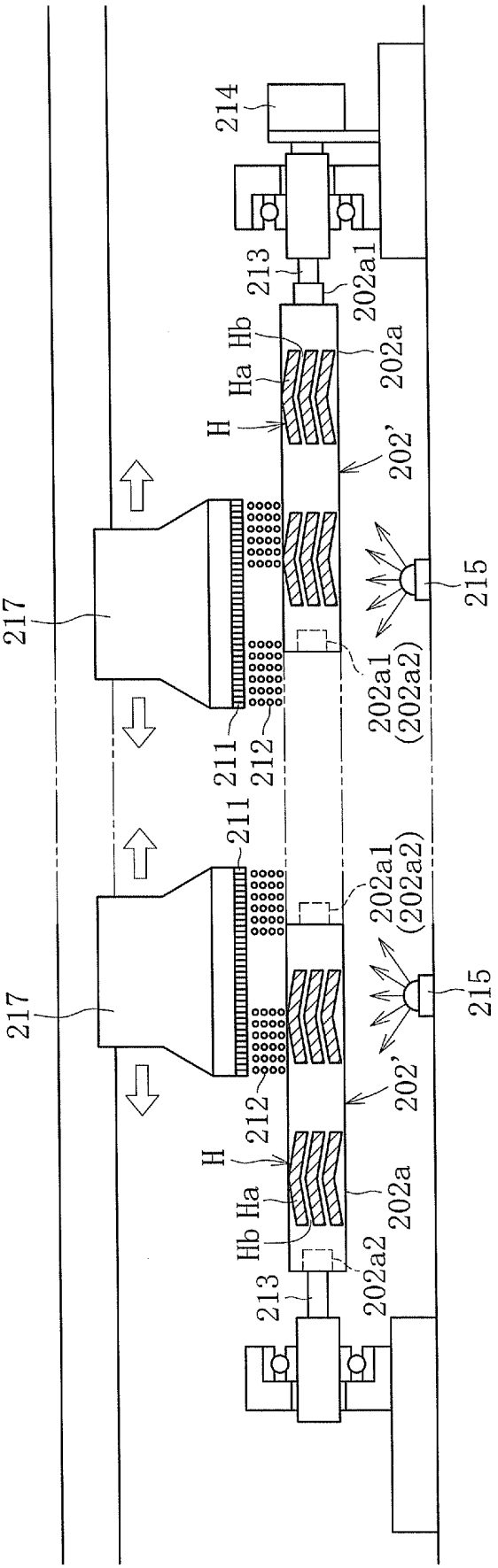
[図18]


Roughness of surface Ra, μm
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
Hydrochloric acid 30%
Hydrochloric acid 15%
0
2
4
6
8
10
12
14
Soaked time, min

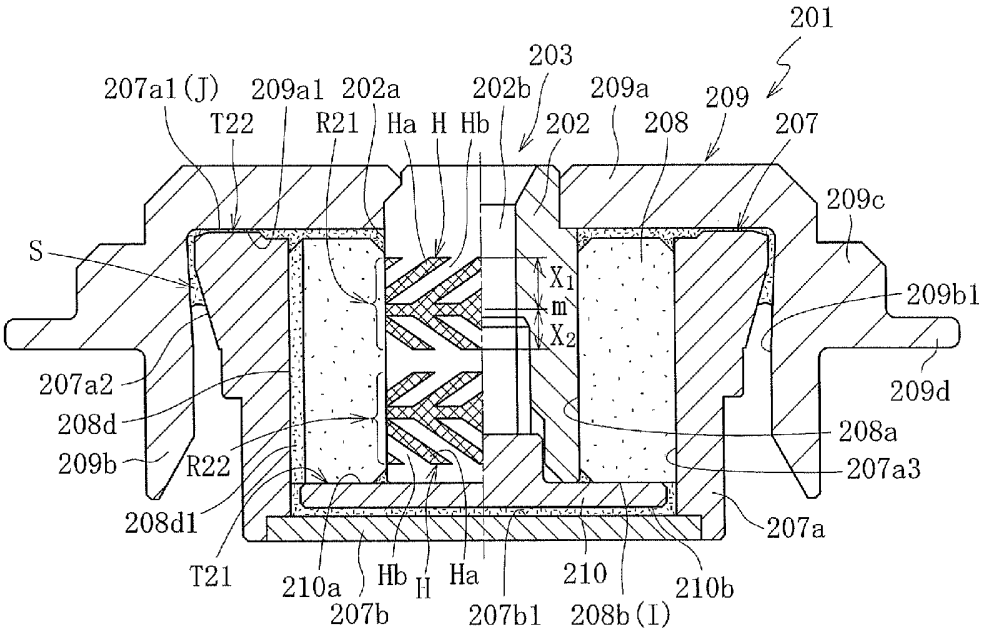
[図19]


214
213
202'
211
202a
202b
215
217
212
H
Ha
Hb
211
H
Hb
Ha
215
217
212
202b
202a
216

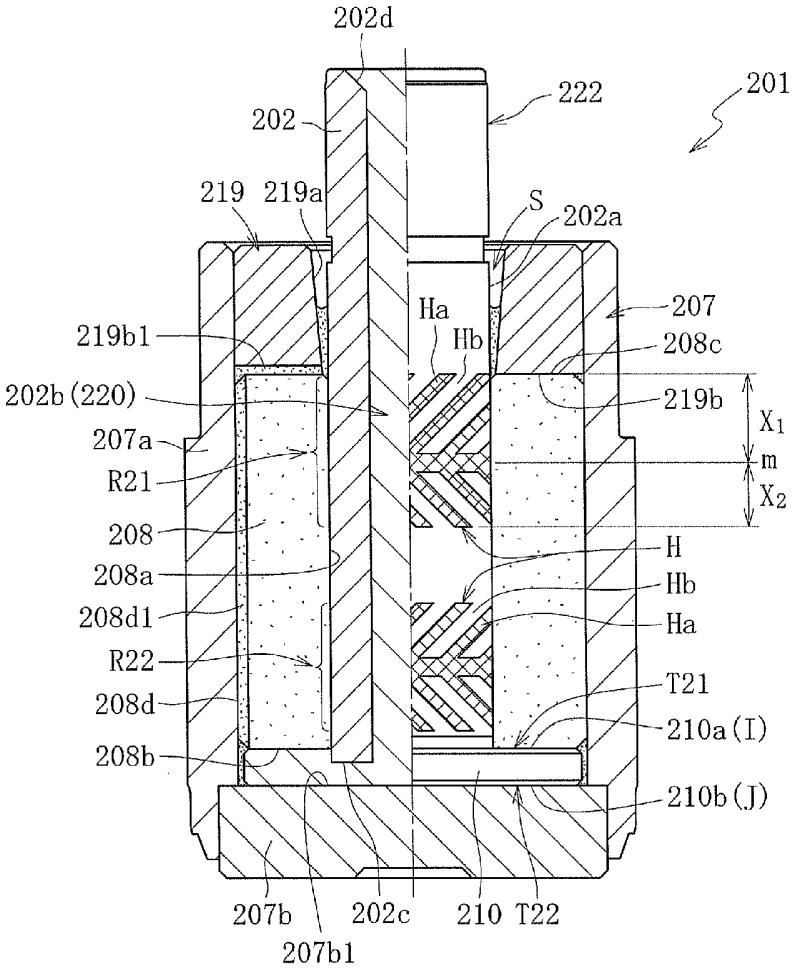
[図20]


214
213
202a1
Hb
Ha
H
202a
202'
215
217
202a1
(202a2)
211
212
211
202a1
(202a2)
215
217
202'
212
H
Hb
Ha
202a
202a2
213

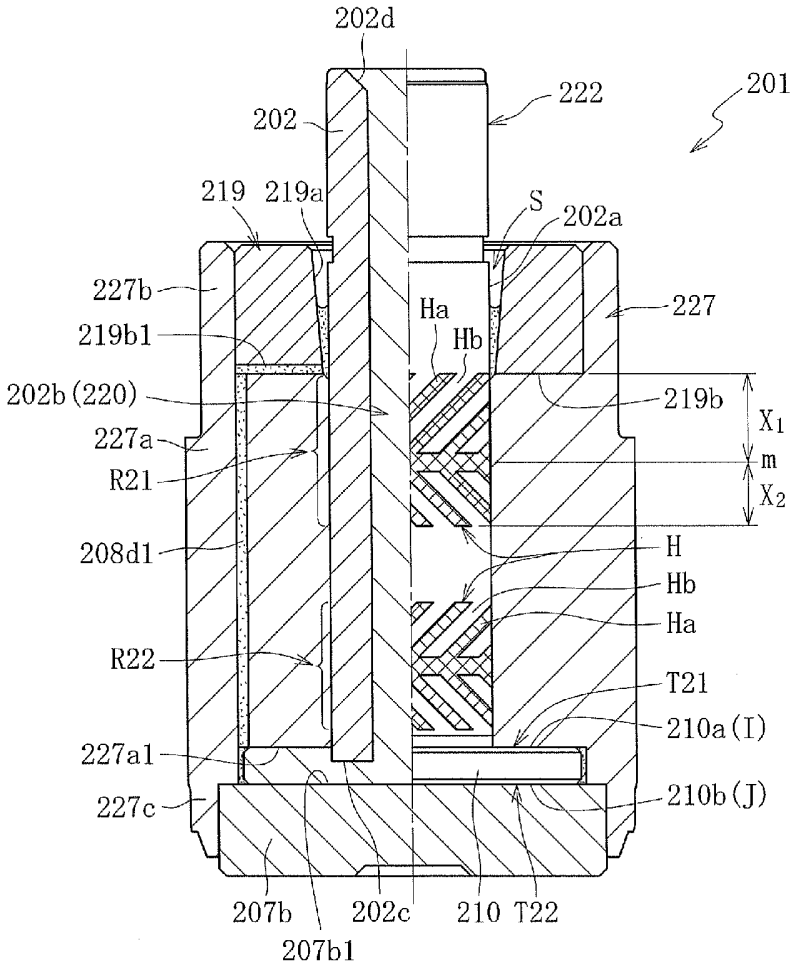
[図21]


201
203
207a1(J)
209a1
202a
202b
209a
209
T22
R21
Ha
H
Hb
202
208
207
209c
S
X1
m
X2
209b1
207a2
209d
208d
208a
209b
R22
207a3
208d1
207a
T21
210a
Hb
H
Ha
210
210b
207b
207b1
208b(I)

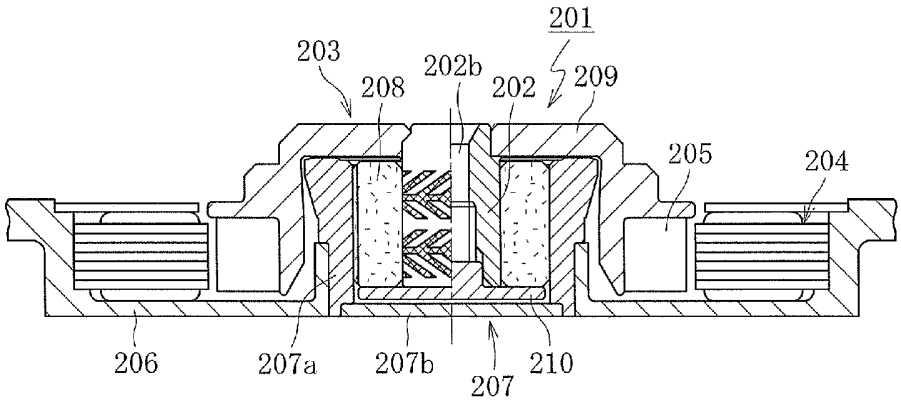
[図22]


202d
222
201
202
219
219a
S
202a
Ha
207
219b1
Hb
208c
202b(220)
219b
X1
207a
m
R21
X2
208
H
208a
Hb
208d1
Ha
R22
T21
208d
210a(I)
208b
210b(J)
207b
202c
210
T22
207b1

[図23]


202d
222
201
202
219
219a
S
202a
227b
227
Ha
219b1
Hb
202b(220)
219b
X1
227a
m
R21
X2
208d1
H
Hb
Ha
R22
T21
210a(I)
227a1
210b(J)
227c
207b
202c
210
T22
207b1

[図24]


201
203
208
202b
202
209
205
204
206
207a
207b
207
210

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/022804

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F16C33/14(2006.01), ***B41J2/01***(2006.01), ***F16C17/00***(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)
F16C33/14(2006.01), ***B41J2/01***(2006.01), ***F16C17/00***(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 1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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 7-310733 A (Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd.), 28 November, 1995 (28.11.95), Par. Nos. [0018], [0019] (Family: none)	1,2,5-10,12, 13 3,4,11
Y	JP 4-301086 A (Kabushiki Kaisha Kenseido), 23 October, 1992 (23.10.92), Column 2, lines 3 to 49; Fig. 1 (Family: none)	1,2,5-10,12, 13
Y	JP 2003-278757 A (Daido Metal Co., Ltd.), 02 October, 2003 (02.10.03), Par. No. [0011] & US 2003/0185474 A1 Par. No. [0017] & GB 2386929 A	6-8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
14 March, 2006 (14.03.06)	20 March, 2006 (20.03.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2005/022804

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-125913 A (Sinto Brator Co., Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Par. No. [0040]; Fig. 5 (Family: none)	9,10,12,13
Y	WO 2003/072967 A1 (Fujitsu Ltd.), 04 September, 2003 (04.09.03), Page 18, line 16 to page 19, line 10; Figs. 30, 31 & US 2005/0025403 A1 Par. Nos. [0148] to [0153]; Figs. 30, 31 & CN 1639476 A & AU 2003211404 A1	9,12,13

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００５／０２２８０４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　*F16C33/14(2006.01), B41J2/01(2006.01), F16C17/10(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.　*F16C33/14(2006.01), B41J2/01(2006.01), F16C17/10(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	１９７１－２００６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００６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	ＪＰ　７－３１０７３３　Ａ（株式会社三協精機製作所） １９９５．１１．２８，段落【００１８】，【００１９】	1, 2, 5-10, 12, 13
Ａ	（ファミリーなし）	3, 4, 11
Ｙ	ＪＰ　４－３０１０８６　Ａ（株式会社健正堂） １９９２．１０．２３，第２欄第３－４９行，第１図 （ファミリーなし）	1, 2, 5-10, 12, 13

☑ 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 １４．０３．２００６	国際調査報告の発送日 ２０．０３．２００６
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　３Ｊ　９８２３ ▲高▼辻　将人 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２８

様式ＰＣＴ／ＩＳＡ／２１０（第２ページ）（２００５年４月）

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
Ｙ	ＪＰ ２００３－２７８７５７ Ａ（大同メタル工業株式会社） ２００３．１０．０２，段落【００１１】 ＆ ＵＳ ２００３／０１８５４７４ Ａ１，段落［００１７］ ＆ ＧＢ ２３８６９２９ Ａ	6-8
Ｙ	ＪＰ ２００４－１２５９１３ Ａ（新東ブレーター株式会社） ２００４．０４．２２，段落【００４０】，第５図 （ファミリーなし）	9, 10, 12, 13
Ｙ	ＷＯ ２００３／０７２９６７ Ａ１（富士通株式会社） ２００３．０９．０４，第１８ページ第１６行－第１９ページ第１０行，第３０図，第３１図 ＆ ＵＳ ２００５／００２５４０３ Ａ１，段落［０１４８］－［０１５３］，第３０図，第３１図 ＆ ＣＮ １６３９４７６ Ａ ＆ ＡＵ ２００３２１１４０４ Ａ１	9, 12, 13