

(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
2013年11月28日(28.11.2013)



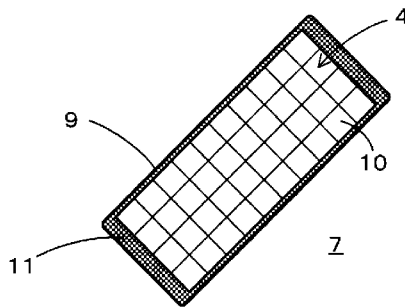
(10) 国際公開番号
WO 2013/176116 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/27 (2006.01) H01F 7/02 (2006.01)
H01F 1/057 (2006.01) H01F 41/02 (2006.01)
H01F 1/08 (2006.01) H02K 15/03 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/064052
- (22) 国際出願日: 2013年5月21日(21.05.2013)
- (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 2012-116710 2012年5月22日(22.05.2012) JP
- (71) 出願人: 日東電機株式会社(NITTO DENKO CORPORATION) [JP/JP]; 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 Osaka (JP). トヨタ自動車株式会社(TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 尾関 出光(OZEKI, Izumi); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 久米 克也(KUME, Katsuya); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 奥野 利昭(OK-UNO, Toshiaki); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 大牟礼 智弘(OMURE, Tomohiro); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 尾崎 孝志(OZAKI, Takashi); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 太白 啓介(TAIHAKU, Keisuke); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 山本 貴士(YAMAMOTO, Takashi); 〒5678680 大阪府茨木市下穂積1丁目1番2号 日東電機株式会社内 Osaka (JP). 金田 敬右(KANADA, Keiu); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ネクスト(NEXT INTERNATIONAL); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番20号 大永ビルディング7階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: PERMANENT MAGNET MOTOR, METHOD OF MANUFACTURING PERMANENT MAGNET MOTOR, AND PERMANENT MAGNET

(54) 発明の名称: 永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石



(57) Abstract: Provided are a permanent magnet motor, a method of manufacturing a permanent magnet motor, and a permanent magnet wherein the efficiency of manufacture is enormously increased by employing a combination of permanent magnets of standard shape. A permanent magnet (4) accommodated in a slot (9) formed in a rotor core (7) of a permanent magnet motor (1) is constituted by combining a plurality of standard permanent magnets (10), which are permanent magnets having a prescribed standard shape. Also, the shape of the slot (9) is designed in a shape corresponding to the shape of the combination of a plurality of standard permanent magnets (10).

(57) 要約: 規格形状の永久磁石を組み合わせて用いることによって製造効率を飛躍的に上昇させた永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石を提供する。永久磁石モータ1のロータコア7に形成されたスロット9に收容する永久磁石4を、所定の規格形状を有する永久磁石である規格磁石10を複数組み合わせることにより構成するとともに、スロット9の形状を、規格磁石10を複数組み合わせさせた形状に対応する形状に設計するように構成する。



WO 2013/176116 A1

(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

明 細 書

発明の名称：

永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石

技術分野

[0001] 本発明は、永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石モータに收容される永久磁石に関する。

背景技術

[0002] 近年、ハイブリッドカーやハードディスクドライブ等に使用される永久磁石モータでは、小型軽量化、高出力化、高効率化が要求されている。このような永久磁石モータとしては、永久磁石をロータ（回転子）に設置する回転界磁型のモータや、永久磁石をステータ（固定子）に設置する回転電機子型のモータ等がある。特に、永久磁石をロータ内部に埋め込んでなる磁石埋め込み型モータ（IPMモータ）は、コイルと永久磁石の吸引力／反発力に起因するマグネットトルクに加えてリラクタンストルクを得ることができるので、高出力性能が要求されるハイブリット車、電気自動車の駆動用モータ等に使用されている。

[0003] また、このようなIPMモータでは、例えば渦電流の発生による磁石性能の低下を防止する為に、ロータに埋め込まれる永久磁石を複数の小型の磁石に分割して構成することが行われている（例えば特開2009-142091号公報、特開2009-44819号公報）。また、特に特開2009-44819号公報には、永久磁石を分割して構成した場合であっても、モータの製造効率を低下させない為に、永久磁石をロータに埋め込んだ後に分割する方法について提案されている。

[0004] 一方、特開2006-261433号公報には、ロータに埋め込まれる永久磁石を単一性能の永久磁石から構成するのではなく、性能の異なる複数種類の磁石を複合した複合磁石により構成することにより、製造コストの低減を図る技術について提案されている。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2009-142091号公報（第9頁～第10頁、図6）
特許文献2：特開2009-44819号公報（第6頁、図1～図3）
特許文献3：特開2006-261433号公報（第7頁～第8頁、図2）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上記特許文献1～3に記載されているIPMモータのように、モータを構成するロータ（回転子）やステータ（固定子）に永久磁石を埋め込む型の永久磁石モータでは、ロータやステータに永久磁石を収容する為のロット（収容部）を形成する一方で、ロットに対応する形状に加工した永久磁石を別途用意し、用意した永久磁石をロットに収容することにより構成している。
- [0007] ここで、永久磁石モータに形成されるロットの形状はモータのサイズ、規格、形式等によって様々である。従って、従来では先ず永久磁石モータに対して規格等に合わせた適当なロットの形状を設計した後に、そのロットの形状に対応する形状の永久磁石を製造していた。即ち、収容する対象となる永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造しなければならず、製造効率が非常に悪かった。また、予め大きいサイズの永久磁石を量産し、その後所望の形状へ修正加工することによって様々な形状の永久磁石を製造することも可能であるが、その場合には永久磁石の製造工程が増加するとともに、歩留まりが低下する要因となる。
- [0008] また、特許文献1に記載されているIPMモータでは、永久磁石を分割して構成することについて記載されているものの、特許文献1に記載された技術では、予めロットの形状に対応する形状の永久磁石を製造した後に、その永久磁石を複数個に分割して、ロットに収納する構成としている。従って、収容する対象となる永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造す

る必要があるという問題点は解決できない。

[0009] また、特許文献2に記載されているIPMモータでは、永久磁石をスロットに収納した後に分割するので、特許文献1と同様に予めスロットの形状に対応する形状の永久磁石を製造する必要がある。従って、収容する対象となる永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造する必要があるという問題点は解決できない。

[0010] また、特許文献3に記載されているIPMモータでは、特許文献3の段落(0045)及び図2に示すように、磁石性能の異なる磁石が内側部と外側部にそれぞれ配置される2層式の永久磁石となるように、磁石粉末を圧粉成形することによって永久磁石を製造している。即ち、特許文献3に記載された技術においても、特許文献1、2と同様に予めスロットの形状に対応する形状の永久磁石を製造する必要がある。従って、収容する対象となる永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造する必要があるという問題点は解決できない。

[0011] 本発明は前記従来における問題点を解消するためになされたものであり、永久磁石モータの収容部に収容する永久磁石を所定の規格形状を有する永久磁石(規格磁石)を複数組み合わせることにより構成するとともに、収容部の形状を、規格磁石を複数組み合わせた形状に対応する形状に設計することで、同一形状を有する規格磁石の組合せによって様々な種類の永久磁石モータに対応した永久磁石を形成することが可能となり、永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造する必要が無くなるので、製造効率を飛躍的に上昇させた永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石モータに収容される永久磁石を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 前記目的を達成するため本発明に係る永久磁石モータは、固定子または可動子に形成された収容部に永久磁石を収容する永久磁石型モータであって、前記収容部を所定の規格形状を有する永久磁石である規格磁石を複数組み合わせた形状と対応する形状に設計し、複数の前記規格磁石を組み合わせる前

記收容部内に收容することを特徴とする。

[0013] また、本発明に係る永久磁石モータは、磁気性能の異なる複数種類の前記規格磁石が存在することを特徴とする。

[0014] また、本発明に係る永久磁石モータは、保磁力と残留磁束密度の組み合わせによって前記磁気性能を規定することを特徴とする。

[0015] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、保磁力の高い前記規格磁石を配置することを特徴とする。

[0016] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する前記規格磁石よりも外側に位置する前記規格磁石の方が、保磁力の高い前記規格磁石となるように組み合わせることを特徴とする。

[0017] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、磁気性能毎に異なる色を有することを特徴とする。

[0018] また、本発明に係る永久磁石モータは、サイズの異なる複数種類の前記規格磁石が存在することを特徴とする。

[0019] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、より小さいサイズの前記規格磁石を配置することを特徴とする。

[0020] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する前記規格磁石よりも外側に位置する前記規格磁石の方が、小さいサイズを有する前記規格磁石となるように組み合わせることを特徴とする。

[0021] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、異方性磁石であって、複数の前記規格磁石を、各規格磁石のC軸方向が同一方向となるように組み合わせて前記收容部に收容することを特徴とする。

[0022] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、異方性磁石であって、組み合わせられて前記收容部に收容された複数の前記規格磁石がハルバッハ配列で着磁されるように、各規格磁石のC軸方向を連続的に変更して組

み合わせることとを特徴とする。

- [0023] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石を複数組み合わせ、前記収容部に収容した後に、各規格磁石のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行うことを特徴とする。
- [0024] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、C軸方向と他の軸方向とで異なる形状を有することを特徴とする。
- [0025] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、C軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くしたことを特徴とする。
- [0026] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、C軸方向を高さ方向とした柱体形状を有することを特徴とする。
- [0027] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、直方体であってC軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも短い又は長いことを特徴とする。
- [0028] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、C軸方向と直交する一方の面に係合部を形成するとともに、他方の面に前記係合部と係合する被係合部を形成することを特徴とする。
- [0029] また、本発明に係る永久磁石モータは、組み合わせられた際に隣り合う前記規格磁石の境界に絶縁層を形成することを特徴とする。
- [0030] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記永久磁石モータ内において生じる磁界の向きに対して平行となる前記境界に対して前記絶縁層を形成することを特徴とする。
- [0031] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記収容部を形成する外縁部の形状を、前記規格磁石の形状と対応する形状とすることを特徴とする。
- [0032] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記収容部は、前記規格磁石の収容方向に対して扇型形状の断面を有し、前記規格磁石を組み合わせる場合に、隣接する前記規格磁石同士的位置関係を前記扇型形状に従って設定することを特徴とする。
- [0033] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石を複数組み合わせ、前記収容部に対応する形状とした状態で、該組み合わせられた複数の前記規格

磁石を互いに固定し、前記固定された複数の前記規格磁石を前記収容部に収容することを特徴とする。

[0034] また、本発明に係る永久磁石モータは、組み合わされた際に隣り合う前記規格磁石の境界に絶縁層が配置され、前記絶縁層を介して該隣り合う前記規格磁石を互いに固定することを特徴とする。

[0035] また、本発明に係る永久磁石モータは、複数の前記規格磁石を前記収容部に順次収容することにより前記収容部に対応する形状に組み合わせることを特徴とする。

[0036] また、本発明に係る永久磁石モータは、組み合わせる前の前記規格磁石に対して1段階目の着磁を行い、前記第1段階の着磁を行った複数の前記規格磁石を組み合わせ前記収容部内に収容し、前記収容部内に収容された前記規格磁石に対して2段階目の着磁を行うことを特徴とする。

[0037] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記収容部に充填剤を充填することにより、前記収容部に収容された複数の前記規格磁石を前記収容部に対して固定することを特徴とする。

[0038] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記収容部は、ロータコアの軸方向に沿って形成されることを特徴とする。

[0039] また、本発明に係る永久磁石モータは、前記規格磁石は、Nd系希土類磁石であることを特徴とする。

[0040] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法は、前記永久磁石モータの製造方法であることを特徴とする。

[0041] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法は、前記規格磁石は、磁石原料を磁石粉末に粉砕する工程と、前記粉砕された磁石粉末とバインダーとが混合された混合物を生成する工程と、前記混合物をシート状に成形したグリーンシートを作製する工程と、前記グリーンシートに対して磁場を印加することにより磁場配向する工程と、前記グリーンシートを前記規格形状に分割する工程と、前記規格形状に分割された前記グリーンシートを焼結する工程と、により製造されることを特徴とする。

[0042] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法は、前記規格磁石は、磁石原料を磁石粉末に粉砕する工程と、前記粉砕された磁石粉末とバインダーとが混合された混合物を生成する工程と、前記混合物をシート状で且つ前記規格形状に分割されたグリーンシートに成形する工程と、前記グリーンシートに対して磁場を印加することにより磁場配向する工程と、前記グリーンシートを焼結する工程と、により製造されることを特徴とする。

[0043] 更に、本発明に係る永久磁石は、前記永久磁石モータに収容される前記規格磁石であることを特徴とする。

発明の効果

[0044] 前記構成を有する本発明に係る永久磁石モータによれば、永久磁石モータの収容部に収容する永久磁石を所定の規格形状を有する永久磁石（規格磁石）を複数組み合わせることにより構成するとともに、収容部の形状を、規格磁石を複数組み合わせた形状に対応する形状に設計することで、同一形状を有する規格磁石の組合せによって様々な種類の永久磁石モータに対応した永久磁石を形成することが可能となる。その結果、永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造する必要が無くなるので、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

また、一体成型の永久磁石を用いる場合と比較して、規格磁石の組み合わせを変更することによって複雑な形状を有する永久磁石を容易に形成することが可能となる。

また、永久磁石の保磁力を向上させる為に粒界拡散法によってDyやTb等を添加する場合には、規格磁石の表面にDyやTb等を付着させることによって、規格磁石全体に対して均一にDyやTb等を拡散することが可能である。即ち、磁石内部の磁気特性の測定を必要とせず、一定の品質保証を得ることが可能となる。一方で、規格磁石の組み合わせによって構成しない従来の大型の永久磁石では、内部の粒界相までDyやTb等の拡散距離を伸ばせない。従って、品質保証を得る為には磁石内部の磁気特性の検査が必要となる。

- [0045] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石が存在するので、用途（例えば、ハイブリッドカー用、空調用、ハードディスク用等）によって組み合わせる規格磁石の種類を変更することによって、用途に沿った磁気性能を有する永久磁石を形成することが可能となる。
- [0046] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、保磁力と残留磁束密度の異なる複数種類の規格磁石が存在するので、用途（例えば、ハイブリッドカー用、空調用、ハードディスク用等）によって組み合わせる規格磁石の種類を変更することによって、用途に沿った磁気性能を有する永久磁石を形成することが可能となる。
- [0047] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、保磁力の高い規格磁石を配置するので、永久磁石が磁石としての機能を保持した状態（即ち渦電流によって温度が上昇したとしても逆磁界以上の保磁力を保つことができる状態）で D_y や T_b の使用量削減、製造コストの削減等が可能となる。
- [0048] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する規格磁石よりも外側に位置する規格磁石の方が、保磁力の高い規格磁石となるように組み合わせるので、永久磁石が磁石としての機能を保持した状態（即ち渦電流によって温度が上昇したとしても逆磁界以上の保磁力を保つことができる状態）で D_y や T_b の使用量削減、製造コストの削減等が可能となる。
- [0049] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石は磁気性能毎に異なる色を有するので、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石が存在したとしても、ユーザは規格磁石の磁気性能を外観から容易に判別することが可能となる。
- [0050] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、サイズの異なる複数種類の規格磁石が存在するので、収容部の形状に合わせて組み合わせる規格磁石のサイズを変更することにより、収容部がどのような形状をしていたとしても

規格磁石の組み合わせによって収容部の形状に沿った永久磁石を形成することが可能となる。

[0051] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、より小さいサイズの規格磁石を配置するので、永久磁石の生産性を特に落とすことなく、永久磁石において発生する渦電流の規模を更に小さくすることができる。

[0052] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する規格磁石よりも外側に位置する規格磁石の方が、小さいサイズを有する規格磁石となるように組み合わせるので、永久磁石の生産性を特に落とすことなく、永久磁石において発生する渦電流の規模を更に小さくすることができる。

[0053] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石は異方性磁石であって、複数の規格磁石を、各規格磁石のC軸方向（磁化容易軸）が同一方向となるように組み合わせて収容部に収容するので、等方性磁石を用いた場合や異方性磁石を用いてもC軸方向を同一方向に組み合わせなかった場合と比較して、着磁を行った際に永久磁石の磁気性能を大きく向上させることが可能となる。

[0054] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石は、異方性磁石であって、組み合わせられて収容部に収容された複数の規格磁石がハルバッハ配列で着磁されるように、各規格磁石のC軸方向（磁化容易軸）を連続的に変更して組み合わせるので、組み合わせた規格磁石をハルバッハ配列で配列することが可能となる。その結果、より強い磁場を発生させることが可能となる。

[0055] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石を複数組み合わせる収容部に収容した後に、各規格磁石のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行うので、収容部に収容する永久磁石を複数に分割して構成した場合であっても、一体成形した異方性磁石を用いる場合と同様に永久磁石の磁気性能を大きく向上させることが可能となる。

- [0056] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石はC軸方向と他の軸方向とで異なる形状を有するので、規格磁石のC軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。
- [0057] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石はC軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くした形状を有するので、規格磁石のC軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。
- [0058] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石はC軸方向を高さ形状とした柱体形状を有するので、規格磁石の組合せ作業を容易に行うことが可能となる。また、C軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くするので、規格磁石のC軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。
- [0059] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石は直方体であってC軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも短い又は長い形状を有するので、規格磁石のC軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。
- [0060] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石のC軸方向と直交する一方の面に係合部を形成するとともに、他方の面に係合部と係合する被係合部を形成するので、係合部及び被係合部を目印にして規格磁石のC軸方向を容易に判別することが可能となる。また、係合部と被係合部を係合させることによって複数の規格磁石間の組み合わせを容易に行うことが可能となる。
- [0061] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、組み合わせられた際に隣り合う規格磁石の境界に絶縁層を形成するので、永久磁石モータを高速回転させ

た場合であっても、永久磁石内に発生する渦電流を小さくすることができる。従って、永久磁石の温度上昇及び保磁力の低下を防止し、高出力の小型モータを提供することが可能となる。

[0062] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、永久磁石モータ内において生じる磁界の向きに対して平行となる境界に対して絶縁層を形成するので、絶縁層を形成する箇所を最小限としつつ渦電流の防止効果を奏することが可能となる。

[0063] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、収容部を形成する外縁部の形状を、永久磁石を構成する規格磁石の形状と対応する形状とするので、収容部や規格磁石の形状を特殊な形状とした場合であっても、規格磁石を収容部に対して適切に収容し、固定することが可能となる。また、規格磁石を特殊な形状に組み合わせた場合においても、規格磁石を収容部に対して適切に収容し、固定することが可能となる。

[0064] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、収容部を規格磁石の収容方向に対して扇型形状の断面を有する形状とし、規格磁石を組み合わせる場合に、隣接する規格磁石同士的位置関係をその扇型形状に従って設定するので、収容部を複雑な形状とした場合であっても一体成型の永久磁石を用いる場合のように永久磁石を収容部に対応する複雑な形状に成型する必要が無い。そして、規格磁石の組み合わせによって永久磁石を収容部に対応する形状とすることが可能となる。

[0065] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石を複数組み合わせて収容部に対応する形状とした状態で、該組み合わされた複数の規格磁石を互いに固定し、その後に固定された複数の規格磁石を収容部に収容するので、永久磁石を複数の規格磁石に分割して構成した場合であっても、規格磁石を収容部に容易に収容することが可能となる。

[0066] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、組み合わされた際に隣り合う規格磁石を、境界に配置された絶縁層を介して互いに固定するので、磁気特性を低下させることなく規格磁石同士の固定を適切に行うことができる。

ともに永久磁石内に発生する渦電流を小さくすることができる。従って、永久磁石の温度上昇及び保磁力の低下を防止し、高出力の小型モータを提供することが可能となる。

[0067] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、複数の規格磁石を収容部に順次収容することにより収容部に対応する形状に組み合わせるので、永久磁石を複数の規格磁石に分割して構成した場合であっても、規格磁石を収容部に適切に収容することが可能となる。また、規格磁石を組み合わせる工程と収容部に収容する工程を同時に行うことができるので、製造工程を簡略化することが可能となる。

[0068] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、規格磁石を組み合わせる前に予め1段階目の着磁をしておくので、規格磁石の組み合わせを容易に行うことが可能となる。

[0069] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、収容部に充填剤を充填することにより、収容部に収容された複数の規格磁石を収容部に対して固定するので、永久磁石を複数の規格磁石により分割して構成する場合であっても、各規格磁石を収容部に対して適切に固定することが可能となる。

[0070] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、永久磁石を収容する為の収容部はロータコアの軸方向に沿って形成されるので、ハイブリッド車両や電気自動車等に使用されるIPMモータ等の永久磁石の埋め込み型のモータについて、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

[0071] また、本発明に係る永久磁石モータによれば、特に高保磁力を確保することができるNd系希土類磁石を収容した永久磁石モータについて、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

[0072] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法によれば、永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石を製造する必要が無くなるので、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

[0073] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法によれば、磁石粉末とバインダーとを混合し、成形したグリーンシートを焼結した磁石により規格磁石

を構成するので、焼結による収縮が均一となることにより焼結後の反りや凹みなどの変形が生じず、また、プレス時の圧力むらが無くなることから、従来行っていた焼結後の修正加工をする必要がなく、製造工程を簡略化することができる。それにより、高い寸法精度で所定の規格形状を有する規格磁石を成形可能となる。また、規格磁石を微小な形状とした場合であっても、材料歩留まりを低下させることなく、加工工数が増加することも防止できる。

[0074] また、本発明に係る永久磁石モータの製造方法によれば、磁石粉末とバインダーとを混合した混合物を、規格形状に分割されたグリーンシートに成形し、成形したグリーンシートを焼結した磁石により規格磁石を構成するので、焼結による収縮が均一となることにより焼結後の反りや凹みなどの変形が生じず、また、プレス時の圧力むらが無くなることから、従来行っていた焼結後の修正加工をする必要がなく、製造工程を簡略化することができる。それにより、高い寸法精度で所定の規格形状を有する規格磁石を成形可能となる。また、規格磁石を微小な形状とした場合であっても、材料歩留まりを低下させることなく、加工工数が増加することも防止できる。更に、予めグリーンシートを規格形状に分割することによって、その後の打ち抜き加工等が不要となり、生産効率を向上させることが可能となる。

[0075] 更に、本発明に係る永久磁石によれば、所定の規格形状を有する永久磁石（規格磁石）であるので、複数組み合わせることによって様々な種類の永久磁石モータに対応させた永久磁石を構成することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0076] [図1]図1は、本発明に係る永久磁石モータの内部構成を示した図である。

[図2]図2は、ロータコアの特にスロット周辺を拡大して示した拡大図である。

[図3]図3は、本発明に係る永久磁石を示した全体図である。

[図4]図4は、規格磁石を磁気性能に基づいて複数種類製造する例について示した図である。

[図5]図5は、規格磁石をサイズに基づいて複数種類製造する例について示し

た図である。

[図6]図6は、永久磁石を構成する複数の規格磁石の一つを示した図である。

[図7]図7は、規格磁石の一例を示した図である。

[図8]図8は、規格磁石の一例を示した図である。

[図9]図9は、規格磁石の一例を示した図である。

[図10]図10は、従来の永久磁石と本願発明に係る永久磁石とに発生する渦電流を比較した図である。

[図11]図11は、規格磁石の境界に絶縁層を配置する例を示した図である。

[図12]図12は、ハルバッハ配列を満たすように着磁された永久磁石を示した図である。

[図13]図13は、本発明に係る永久磁石と永久磁石が収容されるスロットを示した全体図である。

[図14]図14は、ロータコアに形成されるスロットの一例を示した図である。
。

[図15]図15は、扇型の断面形状を有するスロットの一例を示した図である。
。

[図16]図16は、扇型の断面形状を有するスロットの一例を示した図である。
。

[図17]図17は、永久磁石モータにおいて特に磁束密度の変化が大きい箇所を示した図である。

[図18]図18は、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図19]図19は、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図20]図20は、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図21]図21は、サイズの異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図22]図22は、サイズの異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図23]図23は、サイズの異なる複数種類の規格磁石を組み合わせた例を示した図である。

[図24]図24は、本発明に係る永久磁石モータの製造工程の内、特に規格磁石を製造するまでの製造工程について説明した図である。

[図25]図25は、本発明に係る永久磁石の製造工程の内、特にグリーンシートの成形工程を示した説明図である。

[図26]図26は、規格形状に分割したグリーンシートを成形する成形工程を示した説明図である。

[図27]図27は、本発明に係る永久磁石の製造工程の内、特にグリーンシートの加熱工程及び磁場配向工程を示した説明図である。

[図28]図28は、グリーンシートの面内垂直方向に磁場を配向する例について示した図である。

[図29]図29は、熱媒体（シリコンオイル）を用いた加熱装置について説明した図である。

[図30]図30は、本発明に係る永久磁石の製造工程の内、特にグリーンシートの加圧焼結工程を示した説明図である。

[図31]図31は、本発明に係る永久磁石モータの製造工程の内、特に規格磁石を用いて永久磁石モータを製造するまでの製造工程について説明した図である。

発明を実施するための形態

[0077] 以下、本発明に係る永久磁石モータ、永久磁石モータの製造方法及び永久磁石について具体化した一実施形態について以下に図面を参照しつつ詳細に説明する。まず、本発明に係る永久磁石モータ1の構成について図1に基づき説明する。図1は本発明に係る永久磁石モータ1の内部構成を示した図である。

[0078] 図1に示すように、永久磁石モータ1は、ステータ（固定子）2と、ステ

ータ 2 の内部に回転自在に配置されたロータ（回転子） 3 とから基本的に構成され、ロータ 3 の内部に永久磁石 4 を埋め込んでなる所謂磁石埋め込み型の IPM モータである。

[0079] 先ず、ステータ 2 について説明すると、ステータ 2 は、ステータ鉄心 5 と、ステータ鉄心 5 に巻装された複数のステータ巻線 6 とから構成される。また、ステータ巻線 6 はステータ 2 の内周面で等間隔に所定数配置され、ステータ巻線 6 が通电されるとロータ 3 を回転させるための回転磁界を発生させる。

[0080] 一方、ロータ 3 について説明すると、ロータ 3 は、ロータコア 7 と、ロータコア 7 と連結したシャフト 8 と、ロータコア 7 に形成されたスロット（収容部） 9 に收容され、固定された永久磁石 4 とから構成される。

[0081] ここで、ロータコア 7 は、薄板状の電磁鋼板等の積層体からなり、その中心部分に軸穴が形成され、この軸穴にシャフト 8 が嵌合される。一方、ロータコア 7 の外周付近には、ロータコア 7 の軸方向に沿って略ハの字状になるように配置された複数（図 1 では 16 個）のスロット 9 が形成され、永久磁石 4 が收容される。ここで、図 2 はロータコア 7 の特にスロット 9 周辺を拡大して示した拡大図である。

[0082] そして、本発明に係る永久磁石モータ 1 では、永久磁石 4 を後述のように所定の規格形状を有する永久磁石（以下、規格磁石 10 という）を複数組み合わせることにより形成することを特徴とする。また、スロット 9 を、規格磁石 10 を複数組み合わせた永久磁石 4 の形状と対応する形状に設計することを特徴とする。尚、規格磁石 10 とスロット 9 の詳細については後述する。また、複数の規格磁石 10 が組み合わされて形成された永久磁石 4 は、スロット 9 に充填された充填剤 11 を介してスロット 9 に固定される。充填剤 11 は、熱硬化性樹脂を用いることができ、例えば、エポキシ樹脂やシリコン樹脂を用いることができる。尚、スロット 9 に収納された永久磁石 4 がスロット 9 に対して固定された状態となるのであれば、充填剤 11 を用いなくても良い。

[0083] [永久磁石の構成]

次に、図3～図11を用いて永久磁石モータ1に埋設される永久磁石4の構成について説明する。尚、永久磁石モータ1に埋設される複数の永久磁石4は基本的に全て同一構造を有している。従って、以下では埋設される複数の永久磁石4の内、一の永久磁石4のみを例に挙げて説明することとする。

[0084] 図3は本発明に係る永久磁石4を示した全体図である。本発明に係る永久磁石4は前記したように所定の規格形状を有する規格磁石10を複数組み合わせることにより形成される。ここで、永久磁石4を構成する規格磁石10は希土類永久磁石であり、特にNd-Fe-B系の異方性磁石を用いる。尚、各成分の含有量はNd:27～40wt%、B:0.8～2wt%、Fe(電解鉄):60～70wt%とする。また、磁気特性向上の為、Dy、Tb、Co、Cu、Al、Si、Ga、Nb、V、Pr、Mo、Zr、Ta、Ti、W、Ag、Bi、Zn、Mg等の他元素を少量含んでも良い。

[0085] また、規格磁石10は例えば1mm～5mm程度の規格形状を備えた永久磁石である。そして、後述のように圧粉成形により成形された成形体や磁石粉末とバインダーとが混合された混合物(スラリーやコンパウンド)からシート状に成形された成形体(グリーンシート)を焼結することによって作製される。また、複数の規格磁石10が組み合わせることによって形成される永久磁石4は、ロータコア7に形成されたスロット9に対応する形状となり、例えば図3に示す永久磁石4は10×4×25個の1辺2mmの立方体からなる規格磁石10を組み合わせることによって20mm×8mm×50mmの直方体形状を有する。

[0086] また、規格磁石10としては、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石10が存在する。更に、磁気性能毎に複数のサイズの規格磁石10が存在する。即ち、3種類の磁気性能の異なる規格磁石10があって、それぞれに3種類のサイズがあるのであれば、計9種類の規格磁石10が存在することとなる。

[0087] ここで、規格磁石10の磁気性能は、例えば保磁力(Hcj)と残留磁束

密度 (B_r) の組み合わせによって規定される。尚、ここで、一般的に $Nd - Fe - B$ 等の希土類永久磁石は、保磁力を上昇させる為に、 Dy や Tb 等の添加が行われる。その結果、渦電流の発生によって高温状態 (例えば $200^\circ C$) となったとしても、逆磁界以上の保磁力を保つことができる。しかしながら、 Dy や Tb 等が添加されると、図4に示すように保磁力 (H_cj) は上昇するが、一方で残留磁束密度 (B_r) が低下する。従って、永久磁石を用いる用途 (例えば、ハイブリッドカー用、空調用、ハードディスク用等) によって適切な磁気性能の永久磁石を使い分ける必要がある。

[0088] そこで、本発明では例えば、図4に示すA、B、Cの保磁力 (H_cj) と残留磁束密度 (B_r) の組み合わせとなる3種類の規格磁石10をそれぞれ作製する。その結果、用途によって組み合わせる規格磁石10の種類を変更することによって、用途に沿った磁気性能を有する永久磁石4を形成することが可能となる。尚、保磁力を向上させる方法としては、磁気異方性の高い Dy や Tb 等の金属を添加する以外に、磁石の結晶構造を単磁区構造とすることによっても可能となる。また、後述のように、同じ永久磁石4内でも磁気性能の異なる複数の種類の規格磁石10を組み合わせることも可能である。更に、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石10は、ユーザに見分けがつくように種類毎に異なる色とすることが望ましい。尚、規格磁石10に着色する手段としては、焼結後に規格磁石10の表面を塗装しても良いし、予め色素となる材料を包含させた状態で成形及び焼結を行うことにより規格磁石10を製造することとしても良い。

[0089] 尚、 Dy や Tb 等を添加する方法としては、磁石の粒界に Dy や Tb 等を偏在配置させれば、添加量を微量としつつ磁石性能を向上させることが可能となる。そして、磁石の粒界に Dy や Tb 等を偏在配置させる方法としては、例えば、焼結後の磁石の表面に Dy や Tb 等を付着させ、拡散させる粒界拡散法や、主相と粒界相に対応する粉末を別々に製造し、混合 (ドライブレンド) する2合金法や、 Dy や Tb 等を含む有機金属化合物を磁石粒子の表面に付着させて、その後に焼結する方法等がある。ここで、特に粒界拡散法

によってDyやTb等を添加する場合には、規格磁石10の表面にDyやTb等を付着させることによって、規格磁石10全体に対して均一にDyやTb等を拡散することが可能である。即ち、磁石内部の磁気特性の測定を必要とせず、一定の品質保証を得ることが可能となる。一方で、規格磁石10の組み合わせによって構成しない従来の大型の永久磁石では、内部の粒界相までDyやTbの拡散距離を伸ばせない。従って、品質保証を得る為には磁石内部の磁気特性の検査が必要となる。

[0090] また、規格磁石10のサイズは、適宜設定することが可能であるが、例えば図5に示すように1辺4mmの立方体、1辺2mmの立方体、1辺1mmの立方体の3種類とする。尚、規格磁石10のサイズの種類は2種類や4種類以上としても良く、種類毎にサイズ以外に形状も任意に設定することが可能である。例えば、 $1 \times 1 \times 1$ mmの立方体と、 $2 \times 2 \times 4$ mmの直方体の2種類で規定しても良い。その結果、スロット9の形状に合わせて組み合わせる規格磁石10のサイズを変更することにより、スロット9がどのような形状をしていたとしても規格磁石10の組み合わせによってスロット9の形状に沿った永久磁石4を形成することが可能となる。また、後述のように、同じ永久磁石4内でもサイズの異なる複数の種類の規格磁石10を組み合わせることも可能である。

[0091] また、図6に示すように規格磁石10は異方性磁石であり後述のように磁場配向を行うことによって磁石結晶13のC軸（磁化容易軸）が一方向に配向されている。そして、規格磁石10を組み合わせる永久磁石4を形成する場合には、各規格磁石10のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる。そして、規格磁石10を複数組み合わせるスロット9に収容した後に、各規格磁石10のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行う。それによって、永久磁石4の磁気特性を大きく向上させることが可能となる。

[0092] また、複数の規格磁石10のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる際に、組み合わせを容易に行わせる為に、規格磁石10はC軸方向が容易に判別できるような形状とすることが望ましい。具体的には、規格磁石10

をC軸方向と他の軸方向とで異なる形状とする。

[0093] 例えば、図7に示すように、規格磁石10の形状を、C軸方向を高さ方向とした柱体形状（角柱、円柱等）とし、更にC軸方向の長さを他の軸方向の長さより長くした形状（特に直方体であればC軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも長い形状）とすれば、規格磁石10のC軸方向を容易に判別することが可能となる。

[0094] また、図8に示すように、規格磁石10の形状を、C軸方向を高さ方向とした柱体形状（角柱、円柱等）とし、更にC軸方向の長さを他の軸方向の長さより短くした形状（特に直方体であればC軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも短い形状）とすれば、同じく規格磁石10のC軸方向を容易に判別することが可能となる。尚、図7、図8に示す例では規格磁石10を直方体としているが、円柱や六角柱等であっても良い。また、C軸方向が判別できるのであれば柱体形状以外に回転楕円体（扁球、長球）等であっても良い

[0095] 一方、図7、8に示すように規格磁石10自体の形状によりC軸方向を判別させるのではなく、図9に示すように規格磁石10に目印となる部材を付加することによりC軸方向を判別させることとしても良い。例えば、図9に示す例では、規格磁石10のC軸方向と直交する一方の面14に係合部15を形成するとともに、他方の面16に係合部15と係合する被係合部17を形成する。その結果、係合部15及び被係合部17を目印にすることによって規格磁石10のC軸方向を容易に判別することが可能となる。また、係合部15と被係合部17とを係合させることによって、規格磁石10同士の組み合わせを容易に行うことが可能となる。尚、図9に示す例では係合部15を凸形状の部材とし、被係合部17を凹形状の部材としているが、形状は逆であっても良いし、互いに係合する形状であれば他の形状としても良い。また、面14、16に対して係合部15や被係合部17を夫々複数形成する構成としても良い。更に、C軸方向と直交する面14、16以外の面に対しても係合部15や被係合部17を形成する構成としても良い。但し、その場合にはC軸方向が判別できるようにC軸方向と直交する面14、16に形成さ

れた係合部 15 や被係合部 17 について形状や設置数を他の面と異なるようにすることが望ましい。

[0096] また、規格磁石 10 を組み合わせて永久磁石 4 を形成する際には、組み合わされた際に隣り合う規格磁石 10 の境界に絶縁層を配置させる構成としても良い。ここで、近年においては永久磁石モータ 1 を小型軽量化する要請が高まっているが、永久磁石モータ 1 を小型化した場合に、小型化する前と同トルクを維持する為には、シャフト 8 を高速回転させる必要がある。そして、高速回転を行うと永久磁石モータ 1 に埋設された永久磁石 4 において渦電流が発生し、永久磁石 4 の温度が上昇する。永久磁石 4 は温度が上昇すると保磁力が低下するので、渦電流の発生を防止することが望まれていた。ここで、図 10 に示すように一体成形の永久磁石 19 を永久磁石モータ 1 に用いた場合には、永久磁石 19 内部の全体に渡って渦電流が発生することとなる。一方、本発明に係る永久磁石 4 では、上述したように永久磁石 4 を一体成型するのではなく複数の規格磁石 10 に分割するので、永久磁石 4 内部で発生する渦電流の規模を小さくすることができ、永久磁石モータ 1 を高速回転させた場合であっても、永久磁石の温度の上昇を抑えることが可能となる。更に、隣り合う規格磁石 10 の境界に絶縁層を配置することとすれば、絶縁層によって渦電流経路をより確実に遮断し、永久磁石 4 内部で発生する渦電流の規模を小さくすることができる。

[0097] ここで、組み合わされた際に隣り合う規格磁石 10 の境界に絶縁層を配置させる方法としては、例えば規格磁石 10 を組み合わせる前に、各規格磁石 10 の表面を予め絶縁層でコーティングする方法が有る。尚、コーティングする絶縁層としては、例えばセラミックや樹脂等がある。また、規格磁石 10 を組み合わせて永久磁石 4 を形成する際に、隣接する規格磁石 10 を互いに固定する接着剤として絶縁層となる材料（例えば樹脂）を用いる方法もある。また、際に隣り合う規格磁石 10 の境界に絶縁層を形成する場合には、規格磁石 10 の全ての境界部分に絶縁層を配置する必要は無く、図 11 に示すように永久磁石モータ 1 内において生じる磁界の向きに対して平行となる

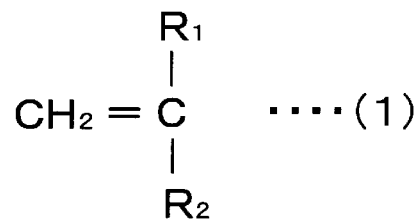
境界に対して絶縁層 20 を形成することとすれば、上記渦電流の防止効果を奏する。

[0098] また、規格磁石 10 を組み合わせて永久磁石 4 を形成する場合には、基本的に各規格磁石 10 の C 軸方向が同一方向となるように組み合わせるが、C 軸方向が同一方向とならない組み合わせとしても良い。例えば、永久磁石 4 がハルバッハ配列を満たすように異方性着磁できる組み合わせで規格磁石 10 を組み合わせても良い。ここで、図 12 はハルバッハ配列を満たすように異方性着磁された永久磁石 4 を示した図である。例えば、図 12 に示す例では、隣接するエリア a～e によって永久磁石 4 を構成し、エリア a～e 毎に C 軸方向が連続的に変更されるように規格磁石 10 を組み合わせて永久磁石 4 を構成し、スロット 9 に収容する。その後、N 極（又は S 極）の方向が連続的に変更するように各エリア a～e の C 軸方向に沿って永久磁石 4 に対する着磁を行うことによって、ハルバッハ配列を満たす永久磁石 4 を構成することが可能となる。

[0099] また、本発明では特にグリーンシート成形により規格磁石 10 を製造する場合において、磁石粉末に混合されるバインダーは、樹脂や長鎖炭化水素や脂肪酸メチルエステルやそれらの混合物等が用いられる。

更に、バインダーに樹脂を用いる場合には、構造中に酸素原子を含まず、且つ解重合性のあるポリマーを用いるのが好ましい。また、後述のようにホットメルト成形によりグリーンシートを成形する場合には、成形されたグリーンシートを加熱して軟化した状態で磁場配向を行う為に、熱可塑性樹脂が用いられる。具体的には以下の一般式（1）に示されるモノマーから選ばれる 1 種又は 2 種以上の重合体又は共重合体からなるポリマーが該当する。

[化1]



(但し、R₁及びR₂は、水素原子、低級アルキル基、フェニル基又はビニル基を表す)

[0100] 上記条件に該当するポリマーとしては、例えばイソブチレンの重合体であるポリイソブチレン (PIB)、イソプレンの重合体であるポリイソプレン (イソプレンゴム、IR)、1,3-ブタジエンの重合体であるポリブタジエン (ブタジエンゴム、BR)、スチレンの重合体であるポリスチレン、スチレンとイソプレンの共重合体であるスチレン-イソプレブロック共重合体 (SIS)、イソブチレンとイソプレンの共重合体であるブチルゴム (IIR)、スチレンとブタジエンの共重合体であるスチレン-ブタジエンブロック共重合体 (SBS)、2-メチル-1-ペンテンの重合体である2-メチル-1-ペンテン重合樹脂、2-メチル-1-ブテンの重合体である2-メチル-1-ブテン重合樹脂、 α -メチルスチレンの重合体である α -メチルスチレン重合樹脂等がある。尚、 α -メチルスチレン重合樹脂は柔軟性を与えるために低分子量のポリイソブチレンを添加することが望ましい。また、バインダーに用いる樹脂としては、酸素原子を含むモノマーの重合体又は共重合体 (例えば、ポリブチルメタクリレートやポリメチルメタクリレート等) を少量含む構成としても良い。更に、上記一般式 (1) に該当しないモノマーが一部共重合していても良い。その場合であっても、本願発明の目的を達成することが可能である。

尚、バインダーに用いる樹脂としては、磁場配向を適切に行う為に250℃以下で軟化する熱可塑性樹脂、より具体的にはガラス転移点又は融点が250℃以下の熱可塑性樹脂を用いることが望ましい。

[0101] 一方、バインダーに長鎖炭化水素を用いる場合には、室温で固体、室温以上で液体である長鎖飽和炭化水素 (長鎖アルカン) を用いるのが好ましい。具体的には炭素数が18以上である長鎖飽和炭化水素を用いるのが好ましい。そして、後述のようにホットメルト成形により成形されたグリーンシートを磁場配向する際には、グリーンシートを長鎖炭化水素の融点以上で加熱して軟化した状態で磁場配向を行う。

[0102] また、バインダーに脂肪酸メチルエステルを用いる場合においても同様に、室温で固体、室温以上で液体であるステアリン酸メチルやドコサン酸メチル等を用いるのが好ましい。そして、後述のようにホットメルト成形により成形されたグリーンシートを磁場配向する際には、グリーンシートを脂肪酸メチルエステルの融点以上で加熱して軟化した状態で磁場配向を行う。

[0103] グリーンシートを作製する際に磁石粉末に混合されるバインダーとして上記条件を満たすバインダーを用いることによって、磁石内に含有する炭素量及び酸素量を低減させることが可能となる。具体的には、焼結後に磁石に残存する炭素量を2000ppm以下、より好ましくは1000ppm以下とする。また、焼結後に磁石に残存する酸素量を5000ppm以下、より好ましくは2000ppm以下とする。

[0104] また、バインダーの添加量は、スラリーや加熱溶融したコンパウンドをシート状に成形する際にシートの厚み精度を向上させる為に、磁石粒子間の空隙を適切に充填する量とする。例えば、磁石粉末とバインダーの合計量に対するバインダーの比率が、1wt%~40wt%、より好ましくは2wt%~30wt%、更に好ましくは3wt%~20wt%とする。

[0105] [スロットの構成]

次に、図13~図16を用いてロータコア7に形成され、永久磁石4が収容されるスロット9の構成について説明する。尚、ロータコア7に形成される複数のスロット9は基本的に全て同一構造を有している。従って、以下では形成される複数のスロット9の内、一のスロット9のみを例に挙げて説明することとする。

[0106] 図13は本発明に係る永久磁石4と永久磁石4が収容されるスロット9を示した全体図である。本発明に係る永久磁石4は前記したように所定の規格形状を有する規格磁石10を複数組み合わせることにより形成される。そして、スロット9は、規格磁石10を複数組み合わせた永久磁石4の形状と対応する形状に設計することを特徴とする。

[0107] 例えば、図13に示すように永久磁石4を、10×4×25個の1辺2m

mの立方体の規格磁石10を組み合わせることによって20mm×8mm×50mmの直方体形状とした場合には、スロット9は、その直方体形状に対応させた形状とする。具体的には、永久磁石4の形状に所定の猶予距離（例えば0.5～3mm）を加算した直方体形状（例えば22mm×8.5mm×51mm）とする。また、図14に示すようにスロット9に永久磁石4が収容された状態において、永久磁石4の両側部とスロット9の壁面との間には一定の空隙21、22を形成することが望ましい。永久磁石4の両側部に磁気抵抗となる空隙21、22を形成することにより、永久磁石4により発生される磁束をロータコア7に対して適切に通過させることが可能となる。また、猶予距離については必ずしも持たせる必要は無く、永久磁石4を収容及び固定できる形状であれば良い。更に、スロット9の形状は直方体形状である必要は無く、円筒形状等であっても良い。

[0108] また、スロット9の形状を図15に示すように、規格磁石の収容方向に対して扇型形状の断面を有する形状としても良い。そして、図15に示すような扇型形状を有するスロット9に対して永久磁石4を収容する場合には、規格磁石10を組み合わせる場合に、隣接する規格磁石10同士的位置関係を扇型形状に従って設定する。それによって、扇型形状のような曲線形状を描くスロット9に対しても、永久磁石4を適切に収容することが可能となる。一方、従来のように一体成型の永久磁石を図15に示すような扇型形状を有するスロット9に対して収容しようとする、永久磁石を扇型形状等の複雑な形状に加工しなければならず、製造工程が非常に煩雑化する問題があった。

[0109] また、スロット9を形成する外縁部の形状については、規格磁石10の形状と対応する形状とすることも可能である。例えば、図16に示すように永久磁石4を直方体以外の扇型形状等の特殊な形状に組み合わせた場合には、スロット9を形成する外縁部の形状を規格磁石10の形状と対応する形状（階段形状）とすることが可能である。その結果、規格磁石10を特殊な形状に組み合わせた場合であっても、規格磁石10をスロット9に対して適切に

收容し、固定することが可能となる。

[0110] [規格磁石の組み合わせ]

永久磁石モータ 1 を稼働させた場合には、スロット 9 に收容された規格磁石 10 に対して一様に磁束密度の変化が生じるのではなく、特定の箇所において大きな磁束密度の変化が生じる。例えば、図 1 に示すようにロータコア 7 の軸方向に沿って略ハの字状になるようにスロット 9 が配置された場合には、図 17 に示すように対となる永久磁石 4 の中央付近の角部において特に大きな磁束密度の変化が生じる。即ち、同箇所において強い渦電流が発生する虞が高く、一方、他の箇所においては強い渦電流が発生する虞が少ない。

[0111] そこで、永久磁石 4 を構成する規格磁石 10 を全て同じ磁気性能の規格磁石 10 を組み合わせるのではなく、永久磁石モータ 1 で磁束密度の変化が大きい箇所のみ特に保磁力の高い規格磁石 10 を配置することとすれば、永久磁石 4 が磁石としての機能を保持した状態（即ち渦電流によって温度が上昇したとしても逆磁界以上の保磁力を保つことができる状態）で D_y や T_b の使用量削減、製造コストの削減等が可能となる。例えば、図 18 に示すように磁束密度の変化が大きい箇所に対して他の箇所よりも保磁力の高い規格磁石 10 が配置されるように組み合わせることで収納することが可能である。また、図 19 に示すように磁束密度の変化が大きい箇所に近づくに従って、段階的に保磁力の高い規格磁石 10 が配置されるように組み合わせることも可能である。更に、図 20 に示すように内側に位置する規格磁石 10 よりも外側に位置する規格磁石 10 の方が、保磁力の高い規格磁石 10 となるように組み合わせることも可能である。また、図 20 では、内側と外側の 2 区分で 2 種類の保磁力の異なる規格磁石 10 をそれぞれ組み合わせているが、3 段階以上に区分しても良い。尚、永久磁石モータ 1 で磁束密度の変化が大きい箇所に保磁力の高い規格磁石 10 が配置されるのであれば、図 18 ~ 図 20 に示す組み合わせ以外でも良い。

[0112] また、永久磁石 4 を構成する規格磁石 10 を全て同じサイズの規格磁石 10 を組み合わせるのではなく、永久磁石モータ 1 で磁束密度の変化が大きい

箇所のみ特にサイズの小さい規格磁石 10 を配置することとすれば、永久磁石 4 の生産性を特に落とすことなく、永久磁石 4 において発生する渦電流の規模を更に小さくすることができる。例えば、図 2 1 に示すように磁束密度の変化が大きい箇所に対して他の箇所よりもサイズの小さい規格磁石 10 が配置されるように組み合わせて収納することが可能である。また、図 2 2 に示すように磁束密度の変化が大きい箇所に近づくに従って、段階的にサイズを小さくした規格磁石 10 が配置されるように組み合わせて収納することも可能である。更に、図 2 3 に示すように内側に位置する規格磁石 10 よりも外側に位置する規格磁石 10 の方が、サイズの小さい規格磁石 10 となるように組み合わせることも可能である。また、図 2 3 では、内側と外側の 2 区分で 2 種類のサイズの規格磁石 10 をそれぞれ組み合わせているが、3 段階以上に区分しても良い。尚、永久磁石モータ 1 で磁束密度の変化が大きい箇所にサイズの小さい規格磁石 10 が配置されるのであれば、図 2 1 ~ 図 2 3 に示す組み合わせ以外でも良い。

[0113] [永久磁石モータの製造方法]

次に、本発明に係る永久磁石モータ 1 の製造方法について図 2 4 乃至図 3 1 を用いて説明する。まず、本発明に係る永久磁石モータ 1 の製造工程の内、特に規格磁石 10 を製造するまでの製造工程について図 2 4 を用いて説明する。図 2 4 は規格磁石 10 を製造するまでの製造工程を示した説明図である。

[0114] まず、所定分率の Nd - Fe - B (例えば Nd : 32.7 wt%、Fe (電解鉄) : 65.96 wt%、B : 1.34 wt%) からなる、インゴットを製造する。その後、インゴットをスタンプミルやクラッシャー等によって 200 μm 程度の大きさに粗粉碎する。若しくは、インゴットを溶解し、ストリップキャスト法でフレークを作製し、水素解砕法で粗粉化する。それによって、粗粉碎磁石粉末 30 を得る。

[0115] 次いで、粗粉碎磁石粉末 30 をビーズミル 31 による湿式法又はジェットミルを用いた乾式法等によって微粉碎する。例えば、ビーズミル 31 による

湿式法を用いた微粉碎では有機溶媒中で粗粉碎磁石粉末30を所定範囲の粒径（例えば0.1 μm ～5.0 μm ）に微粉碎するとともに有機溶媒中に磁石粉末を分散させる。その後、湿式粉碎後の有機溶媒に含まれる磁石粉末を真空乾燥などで乾燥させ、乾燥した磁石粉末を取り出す。また、粉碎に用いる溶媒は有機溶媒であるが、溶媒の種類に特に制限はなく、イソプロピルアルコール、エタノール、メタノールなどのアルコール類、酢酸エチル等のエステル類、ペンタン、ヘキサンなどの低級炭化水素類、ベンゼン、トルエン、キシレンなど芳香族類、ケトン類、それらの混合物等が使用できる。尚、好ましくは、溶媒中に酸素原子を含まない炭化水素系溶媒が用いられる。

[0116] 一方、ジェットミルによる乾式法を用いた微粉碎では、粗粉碎した磁石粉末を、（a）酸素含有量が実質的に0%の窒素ガス、Arガス、Heガスなど不活性ガスからなる雰囲気中、又は（b）酸素含有量が0.0001～0.5%の窒素ガス、Arガス、Heガスなど不活性ガスからなる雰囲気中で、ジェットミルにより微粉碎し、所定範囲の粒径（例えば1.0 μm ～5.0 μm ）の平均粒径を有する微粉末とする。尚、酸素濃度が実質的に0%とは、酸素濃度が完全に0%である場合に限定されず、微粉の表面にごく僅かに酸化被膜を形成する程度の量の酸素を含有しても良いことを意味する。

[0117] 次に、ビーズミル31等で微粉碎された磁石粉末を所望形状に成型する。尚、磁石粉末の成形には、例えば金型を用いて所望の形状へと成形する圧粉成形や、磁石粉末を一旦シート状に成形した後に所望の形状へと打ち抜くグリーンシート成形がある。更に、圧粉成形には、乾燥した微粉末をキャビティに充填する乾式法と、磁石粉末を含むスラリーを乾燥させずにキャビティに充填する湿式法がある。一方、グリーンシート成形は、例えば磁石粉末とバインダーとが混合したコンパウンドをシート状に成形するホットメルト塗工や、磁石粉末とバインダーと有機溶媒とを含むスラリーを基材上に塗工することによりシート状に成形するスラリー塗工等による成形が有る。

[0118] 以下では、特にホットメルト塗工を用いたグリーンシート成形について説明する。

先ず、磁石粉末にバインダーを混合することにより、磁石粉末とバインダーからなる粉末状の混合物（コンパウンド）32を作製する。ここで、バインダーとしては、上述したように樹脂や長鎖炭化水素や脂肪酸メチルエステルやそれらの混合物等が用いられる。例えば、樹脂を用いる場合には構造中に酸素原子を含まず、且つ解重合性のあるポリマーからなる熱可塑性樹脂を用い、一方、長鎖炭化水素を用いる場合には、室温で固体、室温以上で液体である長鎖飽和炭化水素（長鎖アルカン）を用いるのが好ましい。また、脂肪酸メチルエステルを用いる場合には、ステアリン酸メチルやドコサン酸メチル等を用いるのが好ましい。また、バインダーの添加量は、上述したように添加後のコンパウンド12における磁石粉末とバインダーの合計量に対するバインダーの比率が、1wt%~40wt%、より好ましくは2wt%~30wt%、更に好ましくは3wt%~20wt%となる量とする。尚、バインダーの添加は、窒素ガス、Arガス、Heガスなど不活性ガスからなる雰囲気で行う。尚、磁石粉末とバインダーとの混合は、例えば有機溶媒に磁石粉末とバインダーとをそれぞれ投入し、攪拌機で攪拌することにより行う。そして、攪拌後に磁石粉末とバインダーとを含む有機溶媒を加熱して有機溶媒を気化させることにより、コンパウンド12を抽出する。また、磁石粉末とバインダーとの混合は、窒素ガス、Arガス、Heガスなど不活性ガスからなる雰囲気で行うことが望ましい。また、特に磁石粉末を湿式法で粉碎した場合には、粉碎に用いた有機溶媒から磁石粉末を取り出すことなくバインダーを有機溶媒中に添加して混練し、その後有機溶媒を揮発させて後述のコンパウンド12を得る構成としても良い。

[0119] 続いて、コンパウンド32をシート状に成形することによりグリーンシートを作成する。特に、ホットメルト塗工では、コンパウンド32を加熱することによりコンパウンド32を溶融し、流体状にしてからセパレータ等の支持基材33上に塗工する。その後、放熱して凝固させることにより、支持基材33上に長尺シート状のグリーンシート34を形成する。尚、コンパウンド32を加熱溶融する際の温度は、用いるバインダーの種類や量によって異

なるが50～300℃とする。但し、用いるバインダーの融点よりも高い温度とする必要がある。尚、スラリー塗工を用いる場合には、トルエン等の有機溶媒中に磁石粉末とバインダーとを分散させ、スラリーをセパレータ等の支持基材33上に塗工する。その後、乾燥して有機溶媒を揮発させることにより、支持基材33上に長尺シート状のグリーンシート34を形成する。

[0120] ここで、溶融したコンパウンド32の塗工方式は、スロットダイ方式やカレンダーロール方式等の層厚制御性に優れる方式を用いることが好ましい。例えば、スロットダイ方式では、加熱して流体状にしたコンパウンド32をギアポンプにより押し出してダイに挿入することにより塗工を行う。また、カレンダーロール方式では、加熱した2本ロールのギャップにコンパウンド32を一定量仕込み、ロールを回転させつつ支持基材33上にロールの熱で溶融したコンパウンド32を塗工する。また、支持基材33としては、例えばシリコーン処理ポリエステルフィルムを用いる。更に、消泡剤を用いたり、加熱真空脱泡を行うこと等によって展開層中に気泡が残らないよう十分に脱泡処理することが好ましい。また、支持基材33上に塗工するのではなく、押出成型によって溶融したコンパウンド32をシート状に成型するとともに支持基材33上に押し出すことにより、支持基材33上にグリーンシート34を成形する構成としても良い。

[0121] 以下に、図25を用いて特にスロットダイ方式によるグリーンシート34の形成工程についてより詳細に説明する。図25はスロットダイ方式によるグリーンシート34の形成工程を示した模式図である。

図25に示すようにスロットダイ方式に用いられるダイ35は、ブロック36、37を互いに重ね合わせるにより形成されており、ブロック36、37との間の間隙によってスリット38やキャビティ（液溜まり）39を形成する。キャビティ39はブロック37に設けられた供給口40に連通される。そして、供給口40はギアポンプ（図示せず）等によって構成される塗布液の供給系へと接続されており、キャビティ39には供給口40を介して、計量された流体状のコンパウンド32が定量ポンプ等により供給される

。更に、キャビティ 39 に供給された流体状のコンパウンド 32 はスリット 38 へ送液されて単位時間一定量で幅方向に均一な圧力でスリット 38 の吐出口 41 から予め設定された塗布幅により吐出される。一方で、支持基材 33 はコーティングロール 42 の回転に伴って予め設定された速度で連続搬送される。その結果、吐出した流体状のコンパウンド 32 が支持基材 33 に対して所定厚さで塗布され、その後、放熱して凝固することにより支持基材 33 上に長尺シート状のグリーンシート 34 が成形される。

[0122] また、スロットダイ方式によるグリーンシート 34 の形成工程では、塗工後のグリーンシート 34 のシート厚みを実測し、実測値に基づいてダイ 35 と支持基材 33 間のギャップ D をフィードバック制御することが望ましい。また、ダイ 35 に供給する流体状のコンパウンド 32 の量の変動は極力低下させ（例えば ±0.1% 以下の変動に抑える）、更に塗工速度の変動についても極力低下させる（例えば ±0.1% 以下の変動に抑える）ことが望ましい。それによって、グリーンシート 34 の厚み精度を更に向上させることが可能である。尚、形成されるグリーンシート 34 の厚み精度は、設計値（例えば 2 mm）に対して ±10% 以内、より好ましくは ±3% 以内、更に好ましくは ±1% 以内とする。尚、他方のカレンダーロール方式では、カレンダー条件を同様に実測値に基づいて制御することで、支持基材 33 へのコンパウンド 32 の転写膜厚を制御することが可能である。

[0123] 尚、グリーンシート 34 の設定厚みは、0.05 mm ~ 2.0 mm の範囲で設定することが望ましい。厚みを 0.05 mm より薄くすると、多層積層しなければならないので生産性が低下することとなる。

[0124] また、グリーンシート 34 を成形する際には、予め規格磁石 10 の規格形状に分割されたグリーンシートを成形しても良い。例えば、図 26 に示すような規格形状の型 43 が並列して複数形成された成形枠 44 を支持基材 33 上に設置し、磁石粉末とバインダーとが混合されたスラリーや溶融されたコンパウンドを成形枠 44 上から塗工することによりグリーンシートを成形する。その結果、予め規格形状に分割されたグリーンシートを成形することが

可能となる。上記のような構成とすれば、磁場配向後に成形枠44からグリーンシートを取り外すことにより後述のような規格形状への打ち抜き加工を行うことなく、規格磁石10への成形が可能となる。また、支持基材33に対して図26に示すような規格形状の型43を形成する構成としても良い。

[0125] 次に、上述したホットメルト塗工によって支持基材33上に形成されたグリーンシート34の磁場配向を行う。具体的には、先ず支持基材33とともに連続搬送されるグリーンシート34を加熱することによりグリーンシート34を軟化させる。尚、グリーンシート34を加熱する際の温度及び時間は、用いるバインダーの種類や量によって異なるが、例えば100~250℃で0.1~60分とする。但し、グリーンシート34を軟化させる為に、用いるバインダーのガラス転移点又は融点以上の温度とする必要がある。また、グリーンシート34を加熱する加熱方式としては、例えばホットプレートによる加熱方式や熱媒体（シリコンオイル）を熱源に用いた加熱方式がある。次に、加熱により軟化したグリーンシート34の面内方向且つ長さ方向に対して磁場を印加することにより磁場配向を行う。印加する磁場の強さは5000[0e]~15000[0e]、好ましくは、10000[0e]~12000[0e]とする。その結果、グリーンシート34に含まれる磁石結晶のC軸（磁化容易軸）が一方向に配向される。尚、磁場を印加する方向としてはグリーンシート34の面内方向且つ幅方向に対して磁場を印加することとしても良い。また、複数枚のグリーンシート34に対して同時に磁場を配向させる構成としても良い。

[0126] 更に、グリーンシート34に磁場を印加する際には、加熱工程と同時に磁場を印加する工程を行う構成としても良いし、加熱工程を行った後であってグリーンシートが凝固する前に磁場を印加する工程を行うこととしても良い。また、ホットメルト塗工により塗工されたグリーンシート34が凝固する前に磁場配向する構成としても良い。その場合には、加熱工程は不要となる。

[0127] 次に、図27を用いてグリーンシート34の加熱工程及び磁場配向工程に

ついてより詳細に説明する。図 27 はグリーンシート 34 の加熱工程及び磁場配向工程を示した模式図である。尚、図 27 に示す例では、加熱工程と同時に磁場配向工程を行う例について説明する。

[0128] 図 27 に示すように、上述したスロットダイ方式により塗工されたグリーンシート 34 に対する加熱及び磁場配向は、ロールによって連続搬送された状態の長尺シート状のグリーンシート 34 に対して行う。即ち、加熱及び磁場配向を行う為の装置を塗工装置（ダイ等）の下流側に配置し、上述した塗工工程と連続した工程により行う。

[0129] 具体的には、ダイ 35 やコーティングロール 42 の下流側において、搬送される支持基材 33 及びグリーンシート 34 がソレノイド 45 内を通過するようにソレノイド 45 を配置する。更に、ホットプレート 46 をソレノイド 45 内においてグリーンシート 34 に対して上下一対に配置する。そして、上下一対に配置されたホットプレート 46 によりグリーンシート 34 を加熱するとともに、ソレノイド 45 に電流を流すことによって、長尺シート状のグリーンシート 34 の面内方向（即ち、グリーンシート 34 のシート面に平行な方向）で且つ長さ方向に磁場を生じさせる。それによって、連続搬送されるグリーンシート 34 を加熱により軟化させるとともに、軟化したグリーンシート 34 の面内方向且つ長さ方向（図 27 の矢印 47 方向）に対して磁場を印加し、グリーンシート 34 に対して適切に均一な磁場を配向させることが可能となる。特に、磁場を印加する方向を面内方向とすることによって、グリーンシート 34 の表面が逆立つことを防止できる。

また、磁場配向した後に行うグリーンシート 34 の放熱及び凝固は、搬送状態で行うことが好ましい。それによって、製造工程をより効率化することが可能となる。

[0130] 尚、磁場配向をグリーンシート 34 の面内方向且つ幅方向に対して行う場合には、ソレノイド 45 の代わりに搬送されるグリーンシート 34 の左右に一対の磁場コイルを配置するように構成する。そして、各磁場コイルに電流を流すことによって、長尺シート状のグリーンシート 34 の面内方向で且つ

幅方向に磁場を生じさせることが可能となる。

[0131] また、磁場配向をグリーンシート34の面内垂直方向とすることも可能である。磁場配向をグリーンシート34の面内垂直方向に対して行う場合には、例えばポールピース等を用いた磁場印加装置により行う。具体的には、図28に示すようにポールピース等を用いた磁場印加装置50は、中心軸が同一になるように平行配置された2つのリング状のコイル部51、52と、コイル部51、52のリング孔にそれぞれ配置された2つの略円柱状のポールピース53、54とを有し、搬送されるグリーンシート34に対して所定間隔離間されて配置される。そして、コイル部51、52に電流を流すことにより、グリーンシート34の面内垂直方向に磁場を生成し、グリーンシート34の磁場配向を行う。尚、磁場配向方向をグリーンシート34の面内垂直方向とする場合には、図28に示すようにグリーンシート34に対して支持基材33が積層された反対側の面にもフィルム55を積層することが好ましい。それによって、グリーンシート34の表面の逆立ちを防止することが可能となる。

[0132] また、上述したホットプレート46による加熱方式の代わりに熱媒体（シリコンオイル）を熱源とした加熱方式を用いても良い。ここで、図29は熱媒体を用いた加熱装置60の一例を示した図である。

図29に示すように、加熱装置60は発熱体となる平板部材61の内部に略U字型の空洞62を形成し、空洞62内に所定温度（例えば100～300℃）に加熱された熱媒体であるシリコンオイルを循環させる構成とする。そして、図27に示すホットプレート46の代わりに、加熱装置60をソレノイド45内においてグリーンシート34に対して上下一対に配置する。それによって、連続搬送されるグリーンシート34を、熱媒体により発熱された平板部材61を介して加熱し、軟化させる。尚、平板部材61はグリーンシート34に対して当接させても良いし、所定間隔離間させて配置しても良い。そして、軟化したグリーンシート34の周囲に配置されたソレノイド45によって、グリーンシート34の面内方向且つ長さ方向（図27の矢印

47方向) に対して磁場が印加され、グリーンシート34に対して適切に均一な磁場を配向させることが可能となる。尚、図29に示すような熱媒体を用いた加熱装置60では、一般的なホットプレート46のように内部に電熱線を有さないので、磁場中に配置した場合であってもローレンツ力によって電熱線が振動したり切断される虞が無く、適切にグリーンシート34の加熱を行うことが可能となる。また、電流による制御を行う場合には、電源のON又はOFFで電熱線が振動することにより疲労破壊の原因となる問題があるが、熱媒体を熱源とした加熱装置60を用いることによって、そのような問題を解消することが可能となる。

[0133] ここで、ホットメルト成形を用いずに一般的なスロットダイ方式やドクターブレード方式等によりスラリー等の流動性の高い液状物によってグリーンシート34を成形した場合には、磁場の勾配が生じているところにグリーンシート34が搬入されると、磁場が強い方にグリーンシート34に含まれる磁石粉末が引き寄せられることとなり、グリーンシート34を形成するスラリーの液寄り、即ち、グリーンシート34の厚みの偏りが生じる虞がある。それに対して、本発明のようにコンパウンド32をホットメルト成形によりグリーンシート34に成形する場合には、室温付近での粘度は数万Pa・sに達し、磁場勾配通過時の磁性粉末の寄りが生じることが無い。更に、均一磁場中に搬送され、加熱されることでバインダーの粘度低下が生じ、均一磁場中の回転トルクのみで、一様なC軸配向が可能となる。

[0134] また、ホットメルト成形を用いずに一般的なスロットダイ方式やドクターブレード方式等により有機溶媒を含むスラリー等の流動性の高い液状物によってグリーンシート34を成形した場合には、厚さ1mmを越えるシートを作成しようとする乾燥時においてスラリー等に含まれる有機溶媒が気化することによる発泡が課題となる。更に、発泡を抑制する為に乾燥時間を長時間化すれば、磁石粉末の沈降が生じ、それに伴って重力方向に対する磁石粉末の密度分布の偏りが生じ、焼成後の反りの原因となる。従って、スラリーからの成形では、厚みの上限値が実質上規制される為、1mm以下の厚みで

グリーンシートを成形し、その後に積層する必要がある。しかし、その場合にはバインダー同士の絡まり合いが乏しくなり、その後の脱バインダー工程（仮焼処理）で層間剥離を生じ、それがC軸（磁化容易軸）配向性の低下、即ち残留磁束密度（ B_r ）の低下原因となる。それに対して、本発明のようにコンパウンド32をホットメルト成形によりグリーンシート34に成形する場合には、有機溶媒を含まないので、厚さ1mmを越えるシートを作成した場合でも上述したような発泡の懸念が解消する。そして、バインダーが十分に絡まり合った状態にあるので、脱バインダー工程での層間剥離が生じる虞が無い。

[0135] また、複数枚のグリーンシート34に対して同時に磁場を印加させる場合には、例えばグリーンシート34を複数枚（例えば6枚）積層した状態で連続搬送し、積層したグリーンシート34がソレノイド45内を通過するように構成する。それによって生産性を向上させることが可能となる。

[0136] その後、磁場配向を行ったグリーンシート34を所望の規格形状（例えば、図7～図9に示す直方体形状）に打ち抜きし、成形体65を成形する。

[0137] 続いて、成形された成形体65を大気圧、又は大気圧より高い圧力や低い圧力（例えば、1.0Paや1.0MPa）に加圧した非酸化性雰囲気（特に本発明では水素雰囲気又は水素と不活性ガスの混合ガス雰囲気）においてバインダー分解温度で数時間（例えば5時間）保持することにより仮焼処理を行う。水素雰囲気下で行う場合には、例えば仮焼中の水素の供給量は5L/minとする。仮焼処理を行うことによって、バインダーを解重合反応等によりモノマーに分解し飛散させて除去することが可能となる。即ち、成形体65中の炭素量を低減させる所謂脱カーボンが行われることとなる。また、仮焼処理は、成形体65中の炭素量が2000ppm以下、より好ましくは1000ppm以下とする条件で行うこととする。それによって、その後の焼結処理で永久磁石全体を緻密に焼結させることが可能となり、残留磁束密度や保磁力を低下させることが無い。また、上述した仮焼処理を行う際の加圧条件を大気圧より高い圧力で行う場合には、15MPa以下とすること

が望ましい。

[0138] 尚、バインダー分解温度は、バインダー分解生成物および分解残渣の分析結果に基づき決定する。具体的にはバインダーの分解生成物を補集し、モノマー以外の分解生成物が生成せず、かつ残渣の分析においても残留するバインダー成分の副反応による生成物が検出されない温度範囲が選ばれる。バインダーの種類により異なるが200℃～900℃、より好ましくは400℃～600℃（例えば600℃）とする。

また、特に磁石原料を有機溶媒中で湿式粉砕により粉砕した場合には、有機溶媒を構成する有機化合物の熱分解温度且つバインダー分解温度で仮焼処理を行う。それによって、残留した有機溶媒についても除去することが可能となる。有機化合物の熱分解温度については、用いる有機溶媒の種類によって決定されるが、上記バインダー分解温度であれば基本的に有機化合物の熱分解についても行うことが可能となる。

[0139] また、仮焼処理によって仮焼された成形体65を続いて真空雰囲気で保持することにより脱水素処理を行っても良い。脱水素処理では、仮焼処理によって生成された成形体65中のNdH₃（活性度大）を、NdH₃（活性度大）→NdH₂（活性度小）へと段階的に変化させることによって、仮焼処理により活性化された成形体65の活性度を低下させる。それによって、仮焼処理によって仮焼された成形体65をその後に大気中へと移動させた場合であっても、Ndが酸素と結び付くことを防止し、残留磁束密度や保磁力を低下させることが無い。また、磁石結晶の構造をNdH₂等からNd₂Fe₁₄B構造へと戻す効果も期待できる。

[0140] 続いて、仮焼処理によって仮焼された成形体65を焼結する焼結処理を行う。尚、成形体65の焼結方法としては、一般的な真空焼結以外に成形体65を加圧した状態で焼結する加圧焼結等も用いることが可能である。例えば、真空焼結で焼結を行う場合には、所定の昇温速度で800℃～1080℃程度の焼成温度まで昇温し、0.1～2時間程度保持する。この間は真空焼成となるが真空度としては5Pa以下、好ましくは10⁻²Pa以下とするこ

とが好ましい。その後冷却し、再び300℃～1000℃で2時間熱処理を行う。そして、焼結の結果、規格磁石10が製造される。

[0141] 一方、加圧焼結としては、例えば、ホットプレス焼結、熱間静水圧加圧（HIP）焼結、超高压合成焼結、ガス加圧焼結、放電プラズマ（SPS）焼結等がある。但し、焼結時の磁石粒子の粒成長を抑制するとともに焼結後の磁石に生じる反りを抑える為に、一軸方向に加圧する一軸加圧焼結であって且つ通電焼結により焼結するSPS焼結を用いることが好ましい。尚、SPS焼結で焼結を行う場合には、加圧値を例えば0.01MPa～100MPaとし、数Pa以下の真空雰囲気中で940℃まで10℃/分で上昇させ、その後5分保持することが好ましい。その後冷却し、再び300℃～1000℃で2時間熱処理を行う。そして、焼結の結果、規格磁石10が製造される。

[0142] 以下に、図30を用いてSPS焼結による成形体65の加圧焼結工程についてより詳細に説明する。図30はSPS焼結による成形体65の加圧焼結工程を示した説明図である。

図30に示すようにSPS焼結を行う場合には、先ず、グラファイト製の焼結型71に成形体65を設置する。尚、上述した仮焼処理についても成形体65を焼結型71に設置した状態で行っても良い。そして、焼結型71に設置された成形体65を真空チャンパー72内に保持し、同じくグラファイト製の上部パンチ73と下部パンチ74をセットする。そして、上部パンチ73に接続された上部パンチ電極75と下部パンチ74に接続された下部パンチ電極76とを用いて、低電圧且つ高電流の直流パルス電圧・電流を印加する。それと同時に、上部パンチ73及び下部パンチ74に対して加圧機構（図示せず）を用いて夫々上下方向から荷重を付加する。その結果、焼結型71内に設置された成形体65は、加圧されつつ焼結が行われる。また、生産性を向上させる為に、複数（例えば10個）の成形体に対して同時にSPS焼結を行うことが好ましい。尚、複数の成形体65に対して同時にSPS焼結を行う場合には、一の空間に複数の成形体65を配置しても良いし、成

形体65毎に異なる空間に配置するようにしても良い。尚、成形体65毎に異なる空間に配置する場合には、空間毎に成形体65を加圧する上部パンチ73や下部パンチ74は各空間の間で一体とする（即ち同時に加圧ができる）ように構成する。

尚、具体的な焼結条件を以下に示す。

加圧値：1MPa

焼結温度：940℃まで10℃/分で上昇させ、5分保持

雰囲気：数Pa以下の真空雰囲気

[0143] 続いて、本発明に係る永久磁石モータ1の製造工程の内、特に規格磁石10を用いて永久磁石モータ1を製造するまでの製造工程について図31を用いて説明する。図31は規格磁石10を用いて永久磁石モータ1を製造するまでの製造工程を示した説明図である。

[0144] 先ず、図24に示す製造工程により製造された規格磁石10を複数組み合わせさせて永久磁石4を形成するとともに、スロット9に対して収容する。尚、規格磁石10を組み合わせる工程とスロット9へ収容する工程は、同時に行う構成としても良いし、規格磁石10を組み合わせる工程を先に行った後にスロット9へ収容する工程を行っても良い。また、組み合わせる前の規格磁石10に対して軽く着磁（1段階目の着磁）しておいても良い。それによって、規格磁石10の組み合わせを容易に行うことが可能となる。そして、軽く着磁した規格磁石10をスロット9に収容した後に最終的な着磁（2段階目の着磁）を行うように構成しても良い。

[0145] 例えば、規格磁石10を組み合わせる工程を先に行う場合には、規格磁石10を複数組み合わせさせてスロット9に対応する形状とした状態で、該組み合わせられた複数の規格磁石10を固定し、固定された複数の規格磁石10をスロット9に収容することとする。尚、組み合わせられた規格磁石10を固定する方法としては、前記したように絶縁層となる樹脂等を用いて規格磁石10を互いに固定することが望ましい。それによって、永久磁石4内に発生する渦電流を小さくすることが可能となる。

[0146] また、規格磁石10を組み合わせる工程とスロット9へ収容する工程を同時に行う場合には、規格磁石10をスロット9に順次収容することによりスロット9に対応する形状に組み合わせる。その場合には、組み合わされた複数の規格磁石10同士は必ずしも固定する必要は無い。

[0147] また、規格磁石10を組み合わせる場合には、各規格磁石10のC軸方向が同一方向となるように組み合わせる。

また、後述のように本発明では各規格磁石10のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行う。従って、着磁する方向を考慮して規格磁石10を組み合わせ、スロット9に収容する必要がある。具体的には、ロータコア7の径方向と規格磁石10のC軸方向とが一致するように規格磁石10を組み合わせてスロット9に収容する。但し、上述したように永久磁石4をハルバッハ配列で着磁させる場合には、各規格磁石10のC軸方向を連続的に変更して組み合わせ、スロット9に収容する（図12参照）。

[0148] その後、スロット9に充填剤11を充填することにより、スロット9に収容された永久磁石4をスロット9に対して固定する。

[0149] 次に、スロット9に収容された永久磁石4に対して磁場を印加することにより着磁を行う。具体的には、ロータコア7に収容された複数の永久磁石4の内、一对の永久磁石4のロータ外周側の極性が同一となるように着磁し、且つ、隣り合う対同士で極性が異なるように着磁する。即ち、図31に示すように8対で計16個の永久磁石4が収容されたロータコア7では、8組の一对の永久磁石4により、8つの磁極が構成される。そして、ロータコア7の周方向に沿って、N極とS極とが交互に配置される。また、前記したようにロータコア7の径方向と規格磁石10のC軸方向とが一致するように規格磁石10が組み合わせてスロット9に収容されているので、各規格磁石10のC軸方向に平行に磁場が印加される。但し、上述したように永久磁石4をハルバッハ配列で着磁させる場合には、N極（又はS極）の方向が連続的に変更するように永久磁石4に対する着磁を行う（図12参照）。尚、永久磁石4の着磁には、例えば着磁コイル、着磁ヨーク、コンデンサー式着磁電源

装置等が用いられる。

[0150] その後、シャフト8やステータ2等のロータコア7以外の部材を組み付けることにより永久磁石モータ1が製造される。

[0151] 以上説明したように、本実施形態に係る永久磁石モータ1及び永久磁石モータ1の製造方法では、永久磁石モータ1のロータコア7に形成されたスロット9に收容する永久磁石4を、所定の規格形状を有する永久磁石である規格磁石10を複数組み合わせることにより構成するとともに、スロット9の形状を、規格磁石10を複数組み合わせた形状に対応する形状に設計することで、同一形状を有する規格磁石10の組合せによって様々な種類の永久磁石モータ1に対応した永久磁石4を形成することが可能となる。その結果、永久磁石モータ毎に異なる形状の永久磁石4を製造する必要がなくなるので、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

また、一体成型の永久磁石を用いる場合と比較して、規格磁石10の組み合わせを変更することによって複雑な形状を有する永久磁石4を容易に形成することが可能となる。

また、保磁力や残留磁束密度等の磁気性能の異なる複数種類の規格磁石10が存在するので、用途（例えば、ハイブリッドカー用、空調用、ハードディスク用等）によって組み合わせる規格磁石10の種類を変更することによって、用途に沿った磁気性能を有する永久磁石4を形成することが可能となる。

そして、永久磁石モータ1内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、保磁力の高い規格磁石10を配置することとすれば、永久磁石4が磁石としての機能を保持した状態（即ち渦電流によって温度が上昇したとしても逆磁界以上の保磁力を保つことができる状態）でDyやTbの使用量削減、製造コストの削減等が可能となる。

また、規格磁石10を組み合わせる場合に、内側に位置する規格磁石10よりも外側に位置する規格磁石10の方が、保磁力の高い規格磁石10となるように組み合わせることとすれば、永久磁石4が磁石としての機能を保持

した状態（即ち渦電流によって温度が上昇したとしても逆磁界以上の保磁力を保つことができる状態）でDyやTbの使用量削減、製造コストの削減等が可能となる。

また、規格磁石10は磁気性能毎に異なる色を有するので、磁気性能の異なる複数種類の規格磁石10が存在したとしても、ユーザは規格磁石10の磁気性能を外観から容易に判別することが可能となる。

また、サイズの異なる複数種類の規格磁石10が存在するので、スロット9の形状に合わせて組み合わせる規格磁石10のサイズを変更することにより、スロット9がどのような形状をしていたとしても規格磁石10の組み合わせによって収容部の形状に沿った永久磁石4を形成することが可能となる。

また、永久磁石モータ1内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、より小さいサイズの規格磁石10を配置することとすれば、永久磁石4の生産性を特に落とすことなく、永久磁石4において発生する渦電流の規模を更に小さくすることができる。

また、規格磁石10を組み合わせる場合に、内側に位置する規格磁石10よりも外側に位置する規格磁石10の方が、小さいサイズを有する規格磁石10となるように組み合わせることとすれば、永久磁石4の生産性を特に落とすことなく、永久磁石4において発生する渦電流の規模を更に小さくすることができる。

また、規格磁石10は異方性磁石であって、複数の規格磁石10を、各規格磁石10のC軸方向（磁化容易軸）が同一方向となるように組み合わせてスロット9に収容するので、等方性磁石を用いた場合や異方性磁石を用いてもC軸方向を同一方向に組み合わせなかった場合と比較して、着磁を行った際に永久磁石4の磁気性能を大きく向上させることが可能となる。

また、規格磁石10を複数組み合わせてスロット9に収容した後に、各規格磁石10のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行うので、スロット9に収容する永久磁石4を複数に分割して構成した場合であっても、一体成形し

た異方性磁石を用いる場合と同様に永久磁石 4 の磁気性能を大きく向上させることが可能となる。

また、規格磁石 10 は C 軸方向と他の軸方向とで異なる形状を有するので、規格磁石 10 の C 軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石 10 の C 軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。

また、規格磁石 10 は C 軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くした形状を有するので、規格磁石 10 の C 軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石 10 の C 軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。

また、規格磁石 10 は C 軸方向を高さ形状とした柱体形状を有するので、規格磁石 10 の組合せ作業を容易に行うことが可能となる。また、C 軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くするので、規格磁石 10 の C 軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。

また、規格磁石 10 は直方体であって C 軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも短い又は長い形状を有するので、規格磁石 10 の C 軸方向を外観形状から容易に判別することが可能となる。その結果、各規格磁石 10 の C 軸方向が同一方向となるように組み合わせる際にも、組合せ作業を容易に行うことが可能となる。

また、規格磁石 10 の C 軸方向と直交する一方の面に係合部 15 を形成するとともに、他方の面に係合部 15 と係合する被係合部 17 を形成すれば、係合部 15 及び被係合部 17 を目印にして規格磁石 10 の C 軸方向を容易に判別することが可能となる。また、係合部 15 と被係合部 17 を係合させることによって複数の規格磁石 10 間の組み合わせを容易に行うことが可能となる。

また、組み合わせられた際に隣り合う規格磁石 10 の境界に絶縁層 20 を形成すれば、永久磁石モータ 1 を高速回転させた場合であっても、永久磁石 4

内に発生する渦電流を小さくすることができる。従って、永久磁石4の温度上昇及び保磁力の低下を防止し、高出力の小型モータを提供することが可能となる。

また、永久磁石モータ1内において生じる磁界の向きに対して平行となる境界に対して絶縁層20を形成するので、絶縁層20を形成する箇所を最小限としつつ渦電流の防止効果を奏することが可能となる。

また、スロット9を形成する外縁部の形状を、永久磁石4を構成する規格磁石10の形状と対応する形状とすれば、スロット9や規格磁石10の形状を特殊な形状とした場合であっても、規格磁石10をスロット9に対して適切に收容し、固定することが可能となる。また、規格磁石10を特殊な形状に組み合わせた場合においても、規格磁石10をスロット9に対して適切に收容し、固定することが可能となる。

また、スロット9を規格磁石10の收容方向に対して扇型形状の断面を有する形状とし、規格磁石10を組み合わせる場合に、隣接する規格磁石10同士的位置関係はその扇型形状に従って設定するので、スロット9を複雑な形状とした場合であっても一体成型の永久磁石を用いる場合のように永久磁石をスロット9に対応する複雑な形状に成型する必要が無い。そして、規格磁石10の組み合わせによって永久磁石4をスロット9に対応する形状とすることが可能となる。

また、規格磁石10を複数組み合わせてスロット9に対応する形状とした状態で、該組み合わされた複数の規格磁石10を互いに固定し、その後に固定された複数の規格磁石10をスロット9に收容することとすれば、永久磁石4を複数の規格磁石10に分割して構成した場合であっても、規格磁石10をスロット9に容易に收容することが可能となる。

特に、組み合わされた際に隣り合う規格磁石10を、境界に配置された絶縁層を介して互いに固定することとすれば、磁気特性を低下させることなく規格磁石10同士の固定を適切に行うことができるとともに永久磁石4内に発生する渦電流を小さくすることができる。従って、永久磁石4の温度上昇

及び保磁力の低下を防止し、高出力の小型モータを提供することが可能となる。

また、複数の規格磁石 10 をスロット 9 に順次収容することによりスロット 9 に対応する形状に組み合わせるので、永久磁石 4 を複数の規格磁石 10 に分割して構成した場合であっても、規格磁石 10 をスロット 9 に適切に収容することが可能となる。また、規格磁石 10 を組み合わせる工程とスロット 9 に収容する工程を同時に行うことができるので、製造工程を簡略化することが可能となる。

また、規格磁石 10 を組み合わせる前に予め 1 段階目の着磁をしておくので、規格磁石 10 の組み合わせを容易に行うことが可能となる。

また、永久磁石 4 を収容する為のスロット 9 はロータコア 7 の軸方向に沿って形成されるので、ハイブリッド車両や電気自動車等に使用される IPM モータ等の永久磁石の埋め込み型のモータについて、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

また、スロット 9 に充填剤 11 を充填することにより、スロット 9 に収容された複数の規格磁石 10 をスロット 9 に対して固定するので、永久磁石 4 を複数の規格磁石 10 により分割して構成する場合であっても、各規格磁石 10 をスロット 9 に対して適切に固定することが可能となる。

また、磁石粉末とバインダーとを混合し、成形したグリーンシート 34 を焼結した磁石により規格磁石を構成するので、焼結による収縮が均一となることにより焼結後の反りや凹みなどの変形が生じず、また、プレス時の圧力むらが無くなることから、従来行っていた焼結後の修正加工をする必要がなく、製造工程を簡略化することができる。それにより、高い寸法精度で所定の規格形状を有する規格磁石を成形可能となる。また、規格磁石を微小な形状とした場合であっても、材料歩留まりを低下させることなく、加工工数が増加することも防止できる。

また、磁石粉末とバインダーとを混合した混合物を、規格形状に分割されたグリーンシート 34 に成形することとすれば、その後の打ち抜き加工等が

不要となり、生産効率を向上させることが可能となる。

また、規格磁石10は、Nd系希土類磁石であるので、特に高保磁力を確保することができるNd系希土類磁石を収容した永久磁石モータについて、製造効率を飛躍的に上昇させることが可能となる。

また、永久磁石4をハルバッハ配列とすることも可能である。その場合には、組み合わせられてスロット9に収容された複数の規格磁石10がハルバッハ配列で着磁されるように、各規格磁石10のC軸方向（磁化容易軸）を連続的に変更して組み合わせる。それによって、組み合わせた規格磁石10（即ち永久磁石4）をハルバッハ配列で配列することが可能となる。その結果、より強い磁場を発生させることが可能となる。

[0152] 尚、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良、変形が可能であることは勿論である。

例えば、規格磁石10を製造する際の磁石粉末の粉碎条件、混練条件、仮焼条件、焼結条件などは上記実施例に記載した条件に限られるものではない。例えば、上記実施例ではジェットミルを用いた乾式粉碎により磁石原料を粉碎しているが、ビーズミルによる湿式粉碎により粉碎することとしても良い。また、上記実施例では、スロットダイ方式によりグリーンシートを形成しているが、他の方式（例えばカレンダーロール方式、コンマ塗工方式、押出成型、射出成型、金型成型、ドクターブレード方式等）を用いてグリーンシートを形成しても良い。また、有機溶媒に磁石粉末やバインダーを混合したスラリーを生成し、その後生成したスラリーをシート状に成形することによってグリーンシートを作成することとしても良い。その場合にはバインダーとして熱可塑性樹脂以外の樹脂を用いることも可能である。また、仮焼を行う際の雰囲気は非酸化性雰囲気であれば水素雰囲気以外（例えば窒素雰囲気、He雰囲気等、Ar雰囲気等）で行っても良い。

[0153] また、規格磁石はグリーンシート成形以外の成形（例えば圧粉成形）により成形した成形体を仮焼及び焼結することにより製造しても良い。その場合であっても、バインダー以外の成形体中に残存するC含有物（添加した有機

金属化合物や、湿式粉碎を行うことにより残存した有機化合物等）に対して、仮焼による脱炭効果が期待できる。更に、グリーンシート成形以外の成形（例えば圧粉成形）により成形した成形体を仮焼及び焼結することにより製造する場合には、成形前の磁石粉末に対して仮焼処理を行い、仮焼体である磁石粉末を成形体に成形し、その後に焼結を行うことにより規格磁石を製造することとしても良い。このような構成とすれば、粉末状の磁石粒子に対して仮焼を行うので、成形後の磁石粒子に対して仮焼を行う場合と比較して、仮焼対象となる磁石の表面積を大きくすることができる。即ち、仮焼体中の炭素量をより確実に低減させることが可能となる。

[0154] また、仮焼処理は省略しても良い。その場合であっても焼結中にバインダーや有機溶媒等の有機化合物が熱分解し、一定の脱炭効果を期待することができる。

[0155] また、上記実施例では、バインダーとして樹脂や長鎖炭化水素や脂肪酸メチルエステルを用いることとしているが、他の材料を用いても良い。

[0156] また、上記実施例では、磁気性能毎に複数のサイズの規格磁石10が存在することとしているが、サイズは1種類のみとしても良い。また、磁気性能は共通とし、サイズのみ複数種類存在することとしても良い。また、磁気性能は保磁力と残留磁束密度以外で規定しても良い。

[0157] また、上記実施例では、グリーンシート34の加熱工程と磁場配向工程とを同時に行うこととしているが、加熱工程を行った後であってグリーンシート34が凝固する前に磁場配向工程を行っても良い。また、塗工されたグリーンシート34が凝固する前（即ち、加熱工程を行わなくてもグリーンシート34が既に軟化された状態）に磁場配向を行う場合には、加熱工程を省略しても良い。

[0158] また、上記実施例では、スロットダイ方式による塗工工程と加熱工程と磁場配向工程とを連続した一連の工程により行っているが、連続した工程により行わないように構成しても良い。その場合には、塗工されたグリーンシート34を所定長さに切断し、静止した状態のグリーンシート34に対して加

熱及び磁場印加を行うことにより磁場配向を行うように構成することが可能である。

[0159] また、上記実施例ではハイブリッドカーに搭載されるIPMモータを例に挙げて説明しているが、本発明は携帯電話機に搭載される振動モータ、ハードディスクドライブのヘッドを駆動するボイスコイルモータ、ハードディスクドライブのディスクを回転させるスピンドルモータ、その他の空調用モータ、サーボモータ、OA/FAモータ等の永久磁石モータに対して適用することも当然に可能である。更に、上記実施例では、永久磁石4をロータ（回転子）3に設置する回転界磁型のモータを例として説明したが、本発明は永久磁石4をステータ（固定子）2に設置する回転電機子型のモータや、同様に回転電機である発電機、さらにはリニアモータの界磁側にも適用することができる。

[0160] また、上記実施例ではNd-Fe-B系磁石を用いた永久磁石モータを例に挙げて説明したが、他の磁石（例えばコバルト磁石、アルニコ磁石、フェライト磁石等）を用いても良い。また、磁石の合金組成は本発明ではNd成分を量論組成より多くしているが、量論組成としても良い。また、異方性磁石だけでなく等方性磁石に対しても本発明を適用することが可能である。その場合には、グリーンシート34に対する磁場配向工程を省略可能である。

符号の説明

[0161]	1	永久磁石モータ
	2	ステータ
	3	ロータ
	4	永久磁石
	7	ロータコア
	9	スロット
	10	規格磁石
	31	ジェットミル
	32	コンパウンド

3 3	支持基材
3 4	グリーンシート
3 5	ダイ
4 5	ソレノイド

請求の範囲

- [請求項1] 固定子または可動子に形成された収容部に永久磁石を収容する永久磁石型モータであって、
前記収容部を所定の規格形状を有する永久磁石である規格磁石を複数組み合わせた形状と対応する形状に設計し、
複数の前記規格磁石を組み合わせることで前記収容部内に収容することを特徴とする永久磁石モータ。
- [請求項2] 磁気性能の異なる複数種類の前記規格磁石が存在することを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項3] 保磁力と残留磁束密度の組み合わせによって前記磁気性能を規定することを特徴とする請求項2に記載の永久磁石モータ。
- [請求項4] 前記永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、保磁力の高い前記規格磁石を配置することを特徴とする請求項3に記載の永久磁石モータ。
- [請求項5] 前記規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する前記規格磁石よりも外側に位置する前記規格磁石の方が、保磁力の高い前記規格磁石となるように組み合わせることを特徴とする請求項3に記載の永久磁石モータ。
- [請求項6] 前記規格磁石は、磁気性能毎に異なる色を有することを特徴とする請求項2に記載の永久磁石モータ。
- [請求項7] サイズの異なる複数種類の前記規格磁石が存在することを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項8] 前記永久磁石モータ内において磁束密度の変化が大きい場所ほど、より小さいサイズの前記規格磁石を配置することを特徴とする請求項7に記載の永久磁石モータ。
- [請求項9] 前記規格磁石を組み合わせる場合に、内側に位置する前記規格磁石よりも外側に位置する前記規格磁石の方が、小さいサイズを有する前記規格磁石となるように組み合わせることを特徴とする請求項7に記載

載の永久磁石モータ。

- [請求項10] 前記規格磁石は、異方性磁石であって、
複数の前記規格磁石を、各規格磁石のC軸方向が同一方向となるように組み合わせて前記収容部に收容することを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項11] 前記規格磁石は、異方性磁石であって、
組み合わされて前記収容部に收容された複数の前記規格磁石がハルバッハ配列で着磁されるように、各規格磁石のC軸方向を連続的に変更して組み合わせることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項12] 前記規格磁石を複数組み合わせて前記収容部に收容した後に、各規格磁石のC軸方向に平行に磁場を印加し着磁を行うことを特徴とする請求項10に記載の永久磁石モータ。
- [請求項13] 前記規格磁石は、C軸方向と他の軸方向とで異なる形状を有することを特徴とする請求項10に記載の永久磁石モータ。
- [請求項14] 前記規格磁石は、C軸方向の長さを他の軸方向の長さより短く又は長くしたことを特徴とする請求項13に記載の永久磁石モータ。
- [請求項15] 前記規格磁石は、C軸方向を高さ方向とした柱体形状を有することを特徴とする請求項14に記載の永久磁石モータ。
- [請求項16] 前記規格磁石は、直方体であってC軸方向の辺の長さが他の辺の長さよりも短い又は長いことを特徴とする請求項15に記載の永久磁石モータ。
- [請求項17] 前記規格磁石は、C軸方向と直交する一方の面に係合部を形成するとともに、他方の面に前記係合部と係合する被係合部を形成することを特徴とする請求項13に記載の永久磁石モータ。
- [請求項18] 組み合わされた際に隣り合う前記規格磁石の境界に絶縁層を形成することを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項19] 前記永久磁石モータ内において生じる磁界の向きに対して平行とな

る前記境界に対して前記絶縁層を形成することを特徴とする請求項 18 に記載の永久磁石モータ。

[請求項20] 前記收容部を形成する外縁部の形状を、前記規格磁石の形状と対応する形状とすることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

[請求項21] 前記收容部は、前記規格磁石の收容方向に対して扇型形状の断面を有し、

前記規格磁石を組み合わせる場合に、隣接する前記規格磁石同士的位置関係を前記扇型形状に従って設定することを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

[請求項22] 前記規格磁石を複数組み合わせる前記收容部に対応する形状とした状態で、該組み合わせられた複数の前記規格磁石を互いに固定し、

前記固定された複数の前記規格磁石を前記收容部に收容することを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

[請求項23] 組み合わせられた際に隣り合う前記規格磁石の境界に絶縁層が配置され、

前記絶縁層を介して該隣り合う前記規格磁石を互いに固定することを特徴とする請求項 22 に記載の永久磁石モータ。

[請求項24] 複数の前記規格磁石を前記收容部に順次收容することにより前記收容部に対応する形状に組み合わせることを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

[請求項25] 組み合わせる前の前記規格磁石に対して 1 段階目の着磁を行い、

前記第 1 段階の着磁を行った複数の前記規格磁石を組み合わせる前記收容部内に收容し、

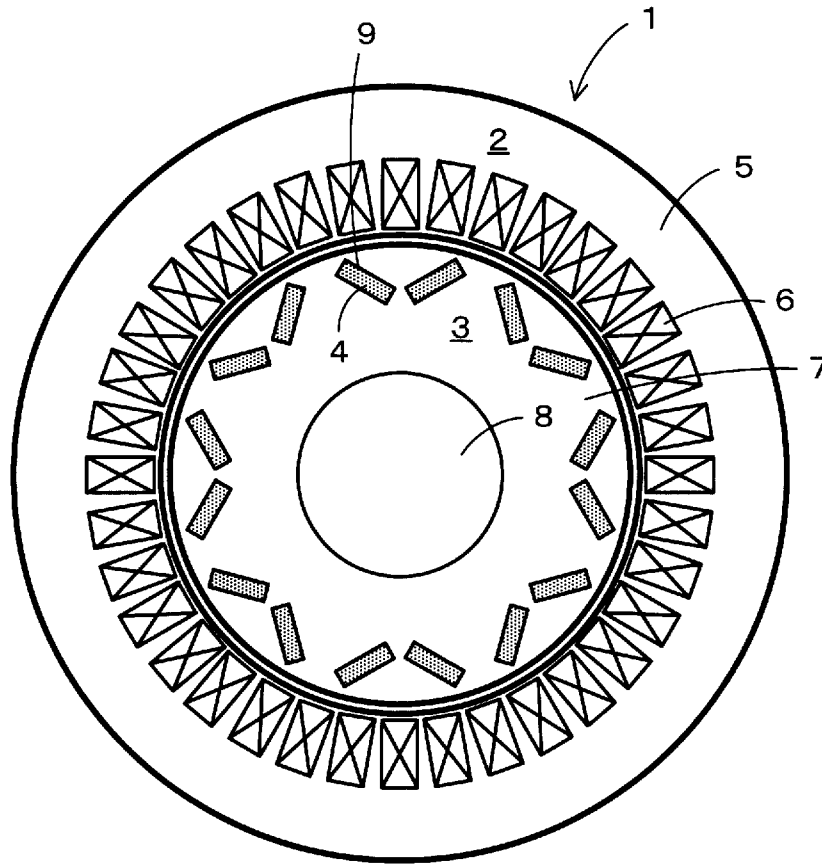
前記收容部内に收容された前記規格磁石に対して 2 段階目の着磁を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

[請求項26] 前記收容部に充填剤を充填することにより、前記收容部に收容された複数の前記規格磁石を前記收容部に対して固定することを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石モータ。

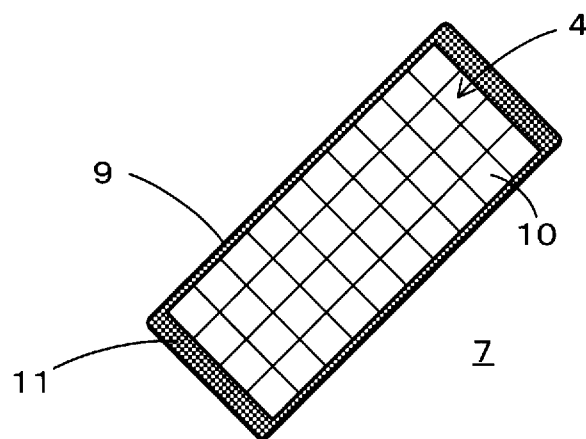
- [請求項27] 前記収容部は、ロータコアの軸方向に沿って形成されることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項28] 前記規格磁石は、Nd系希土類磁石であることを特徴とする請求項1に記載の永久磁石モータ。
- [請求項29] 請求項1乃至請求項28のいずれかの前記永久磁石モータを製造する永久磁石モータの製造方法。
- [請求項30] 前記規格磁石は、
磁石原料を磁石粉末に粉砕する工程と、
前記粉砕された磁石粉末とバインダーとが混合された混合物を生成する工程と、
前記混合物をシート状に成形したグリーンシートを作製する工程と、
前記グリーンシートに対して磁場を印加することにより磁場配向する工程と、
前記グリーンシートを前記規格形状に分割する工程と、
前記規格形状に分割された前記グリーンシートを焼結する工程と、により製造されることを特徴とする請求項29に記載の永久磁石モータの製造方法。
- [請求項31] 前記規格磁石は、
磁石原料を磁石粉末に粉砕する工程と、
前記粉砕された磁石粉末とバインダーとが混合された混合物を生成する工程と、
前記混合物をシート状で且つ前記規格形状に分割されたグリーンシートに成形する工程と、
前記グリーンシートに対して磁場を印加することにより磁場配向する工程と、
前記グリーンシートを焼結する工程と、により製造されることを特徴とする請求項29に記載の永久磁石モータの製造方法。

[請求項32] 請求項1乃至請求項28のいずれかの前記永久磁石モータに收容される前記規格磁石であることを特徴とする永久磁石。

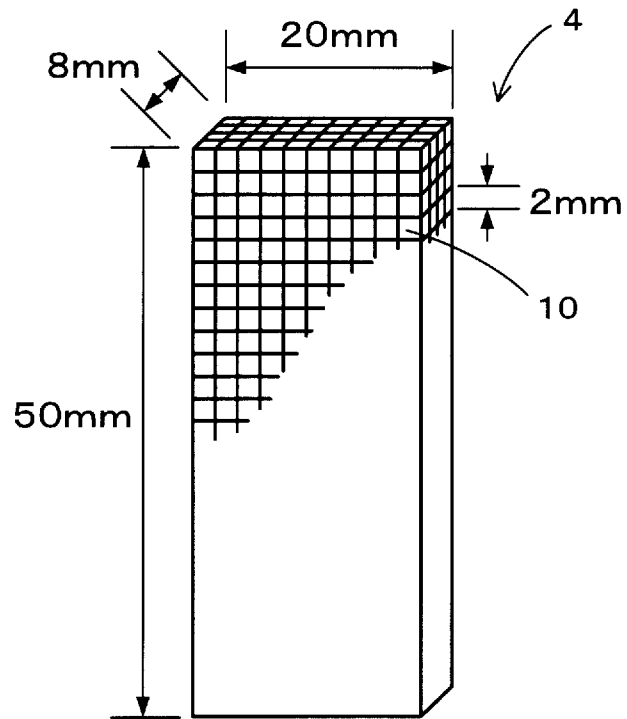
[図1]



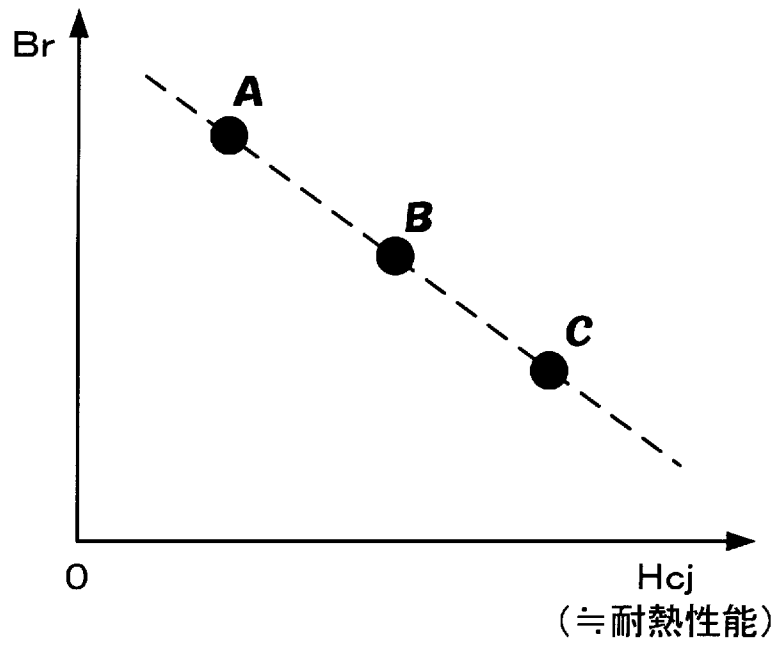
[図2]



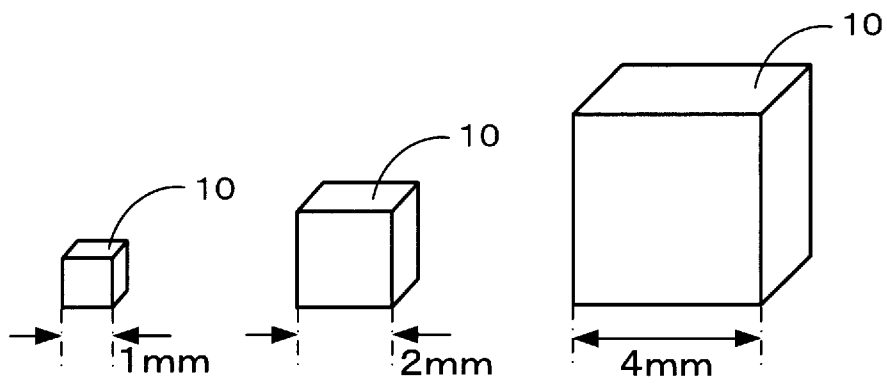
[図3]



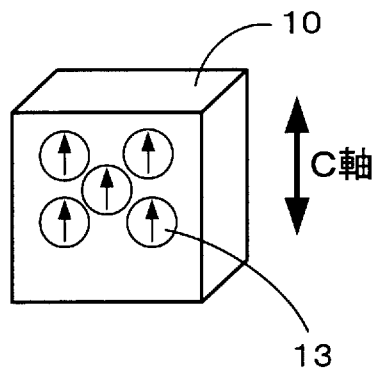
[図4]



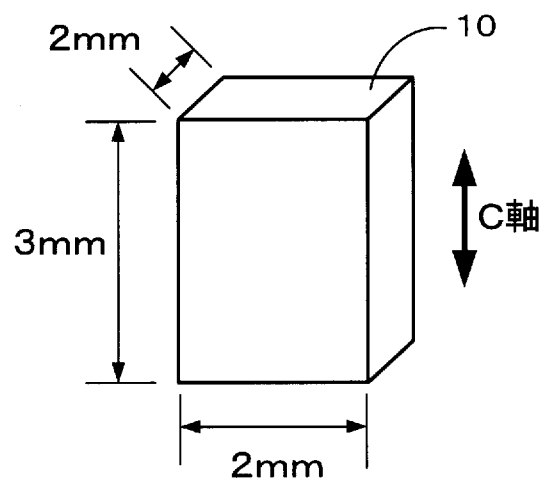
[図5]



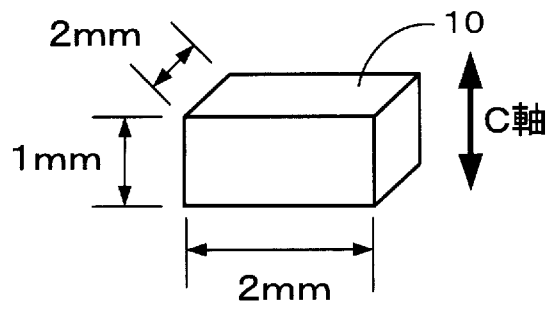
[図6]



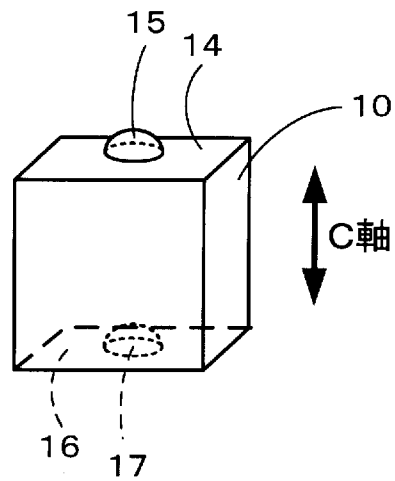
[図7]



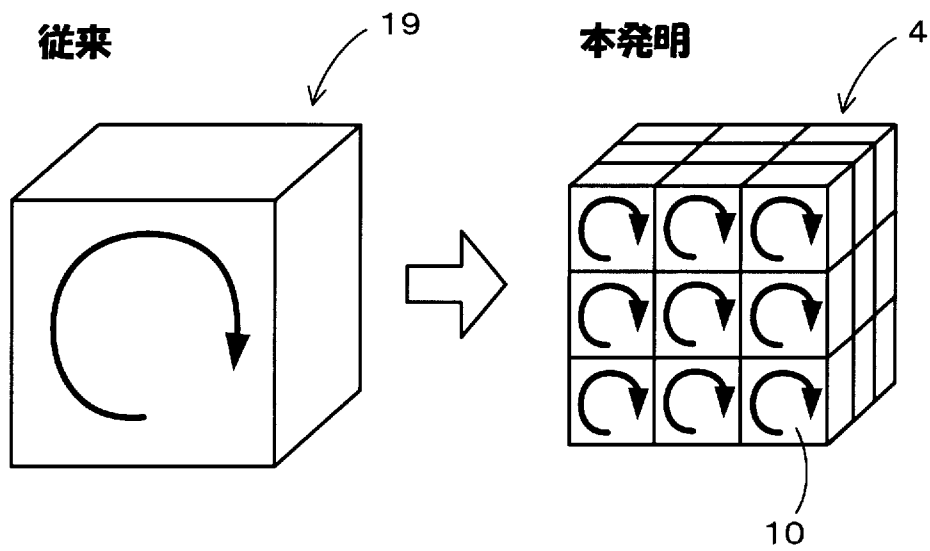
[図8]



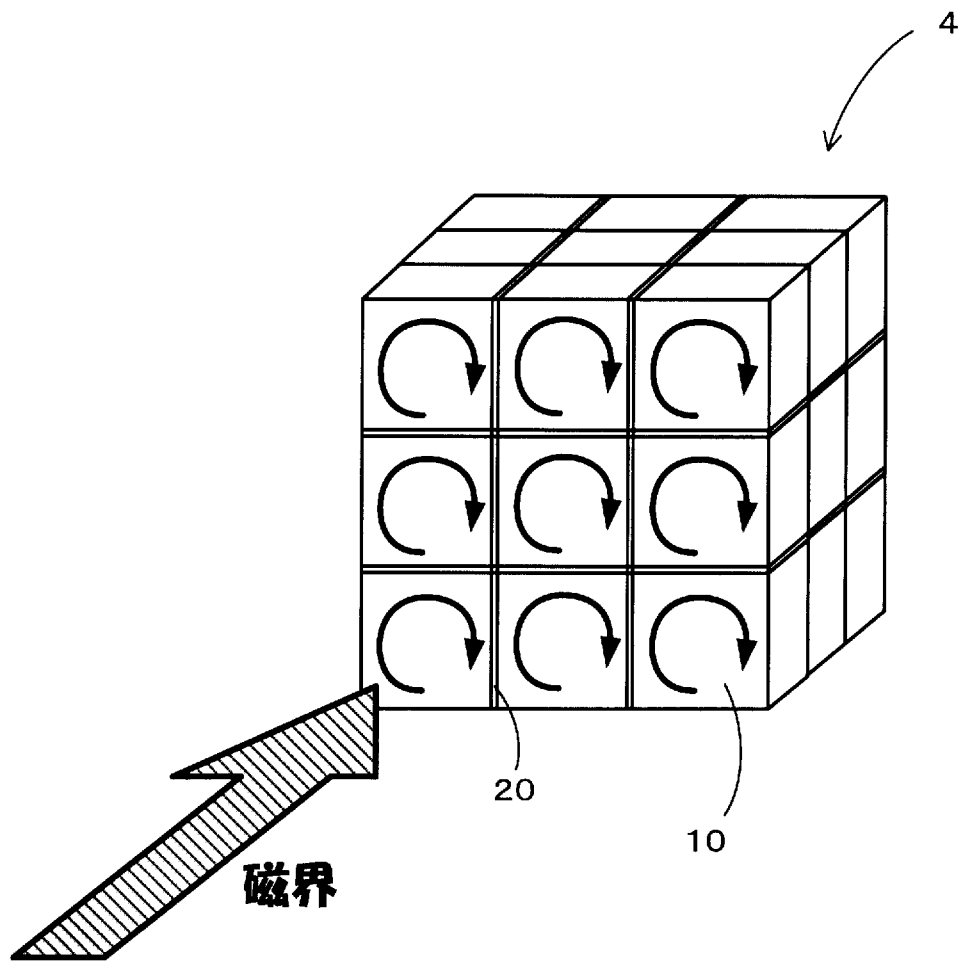
[図9]



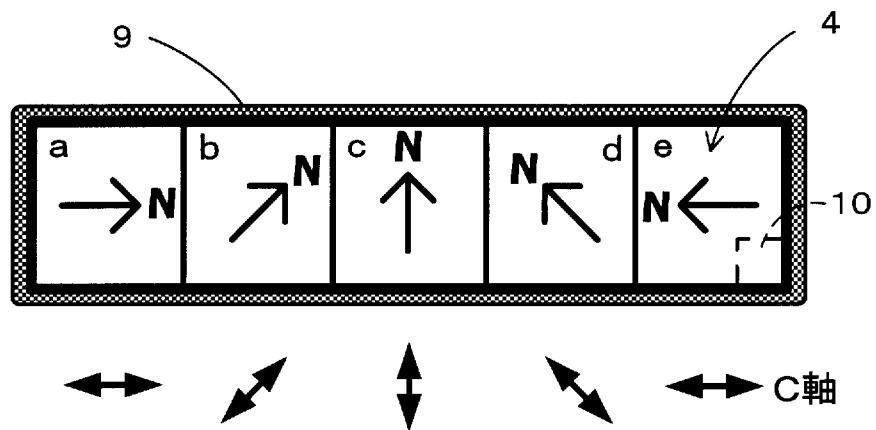
[図10]



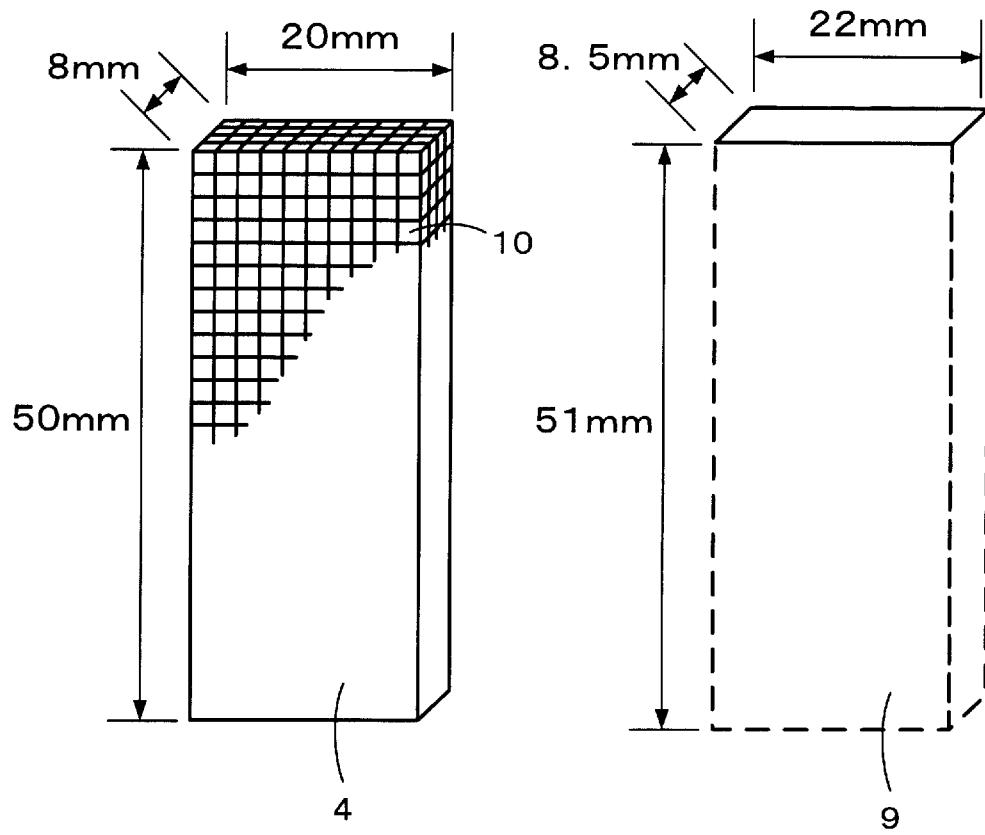
[圖11]



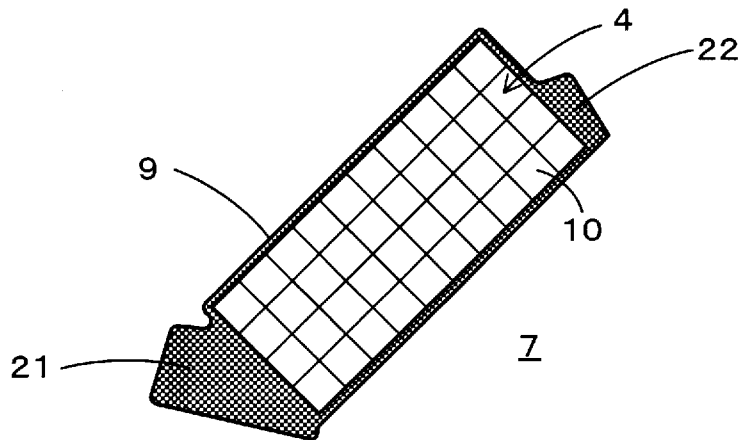
[圖12]



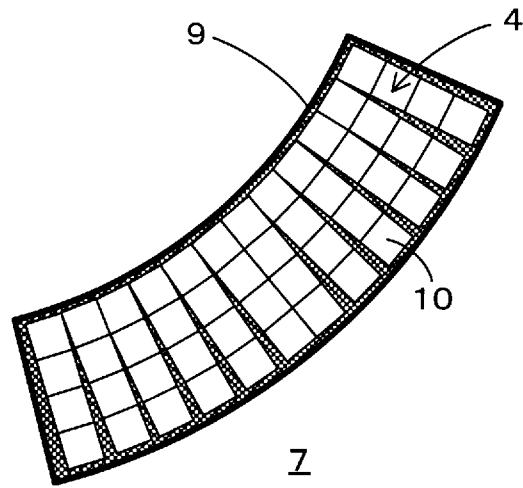
[図13]



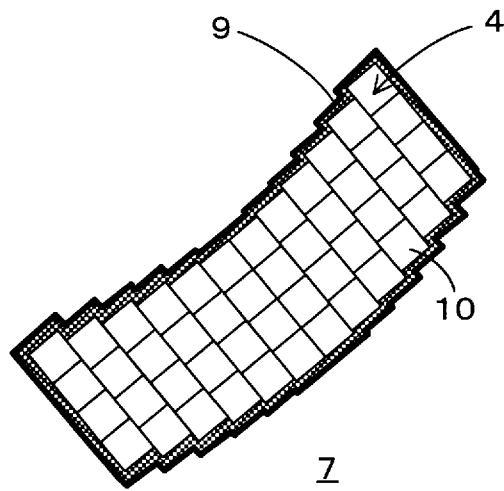
[図14]



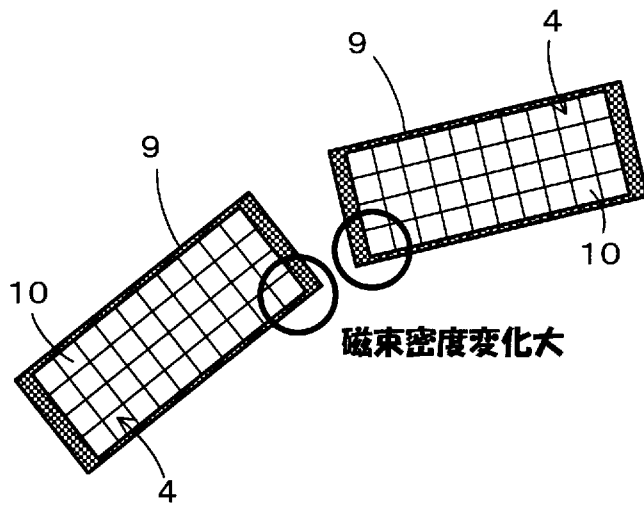
[図15]



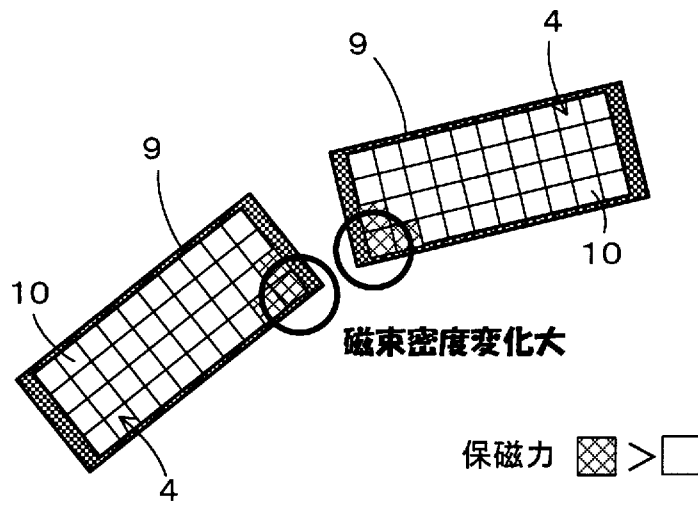
[図16]



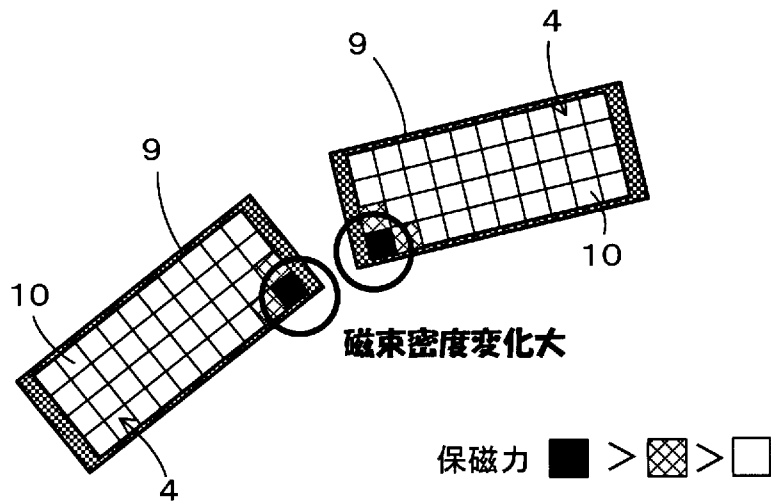
[図17]



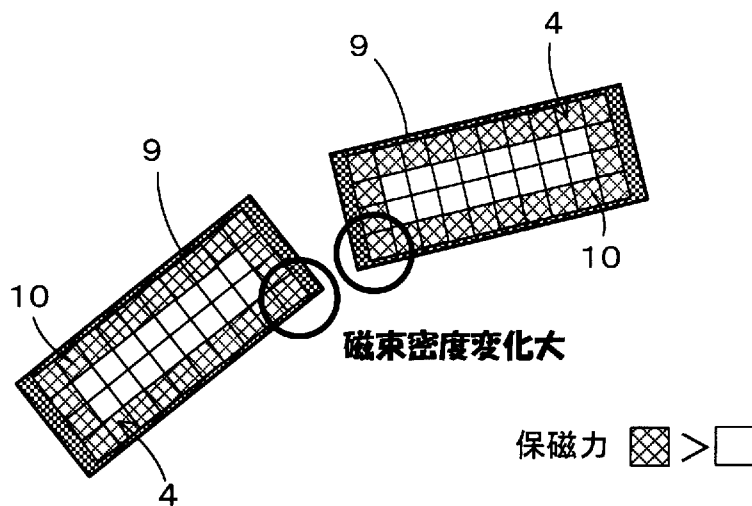
[図18]



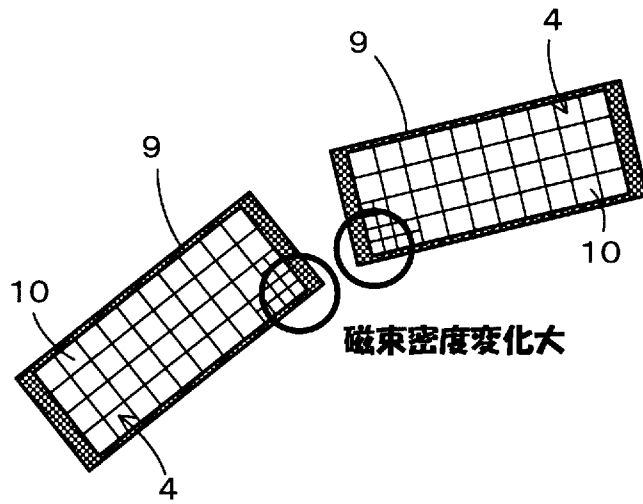
[図19]



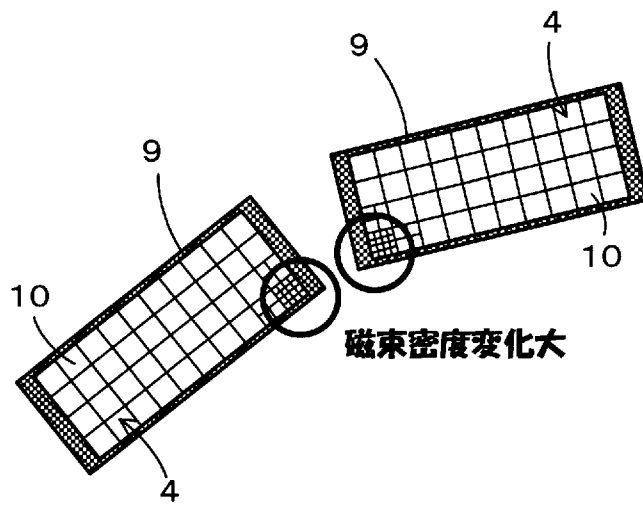
[図20]



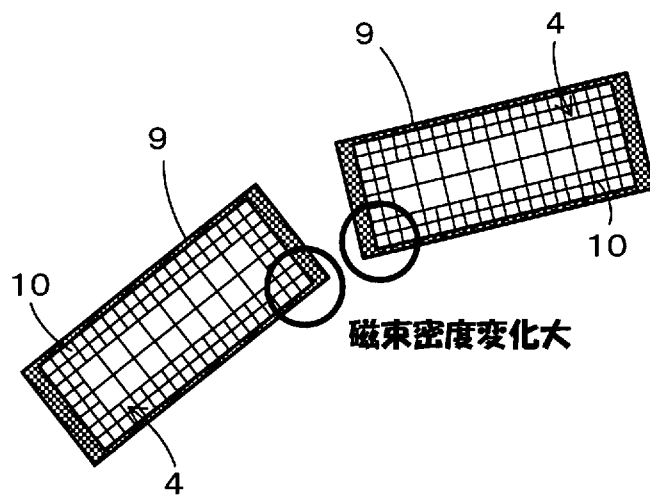
[图21]



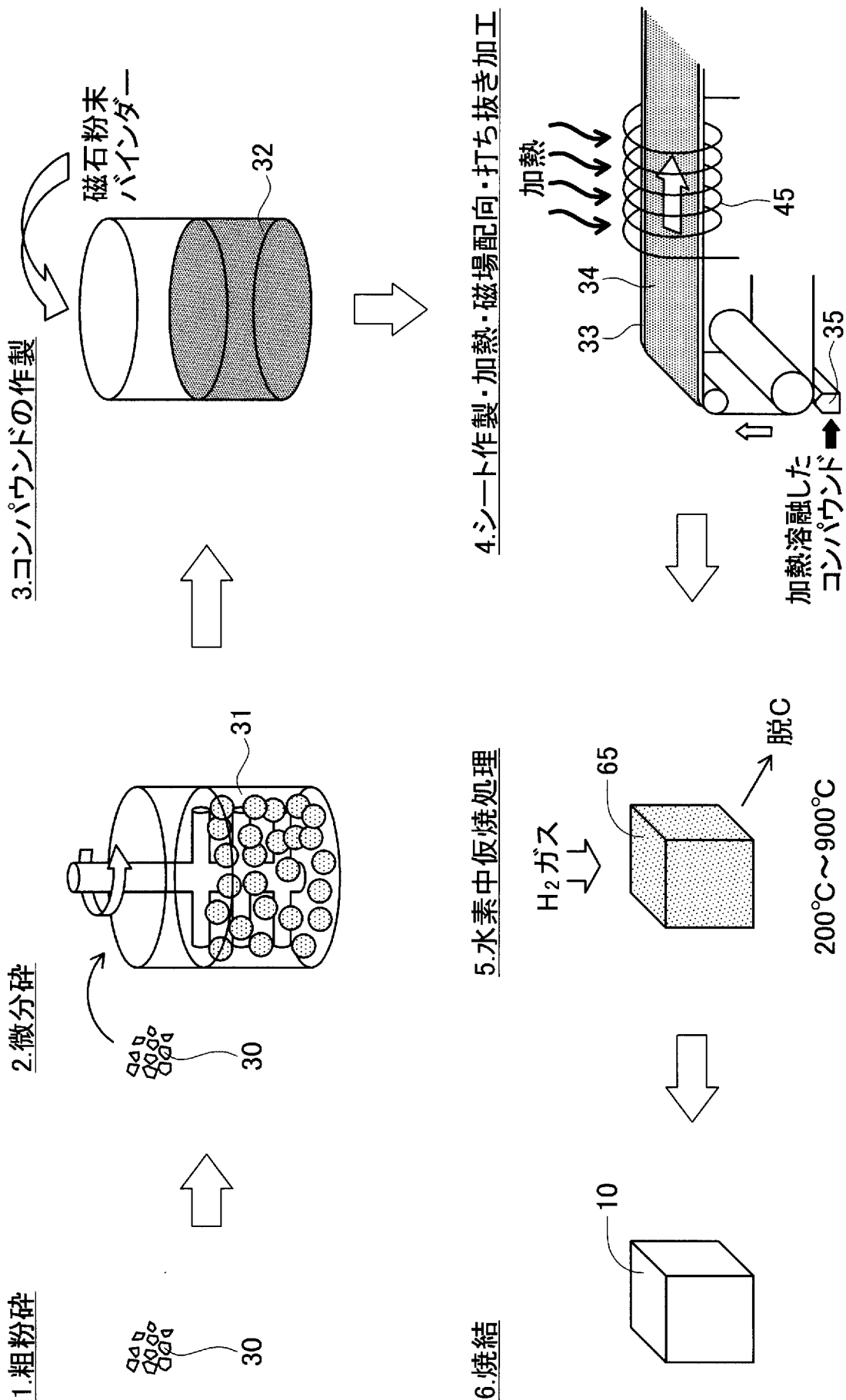
[图22]



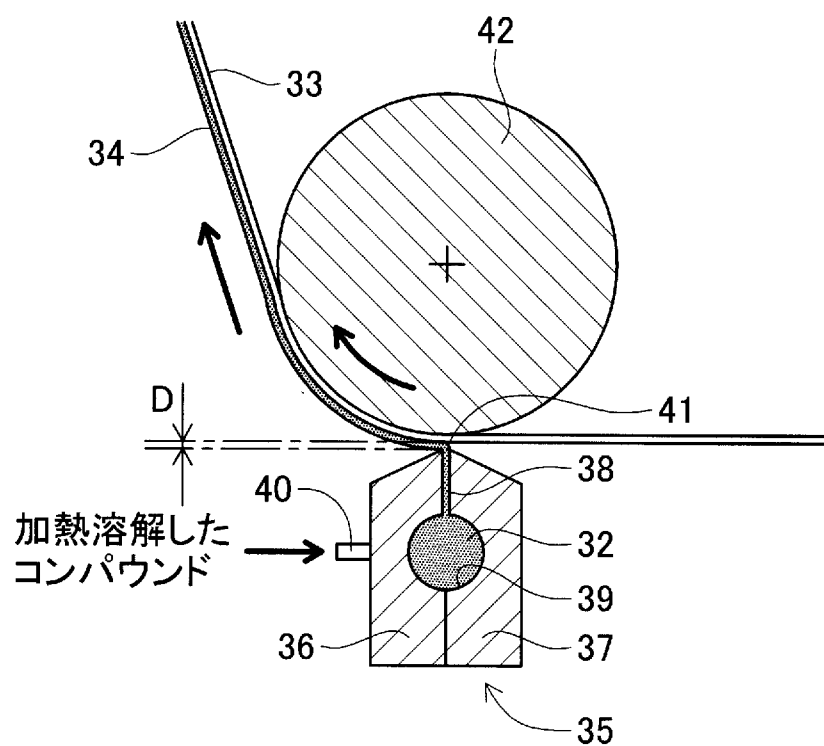
[图23]



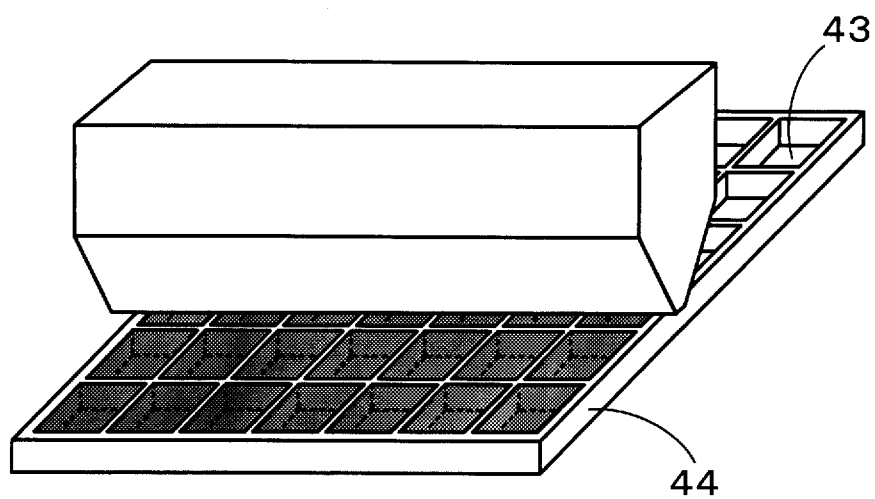
[図24]



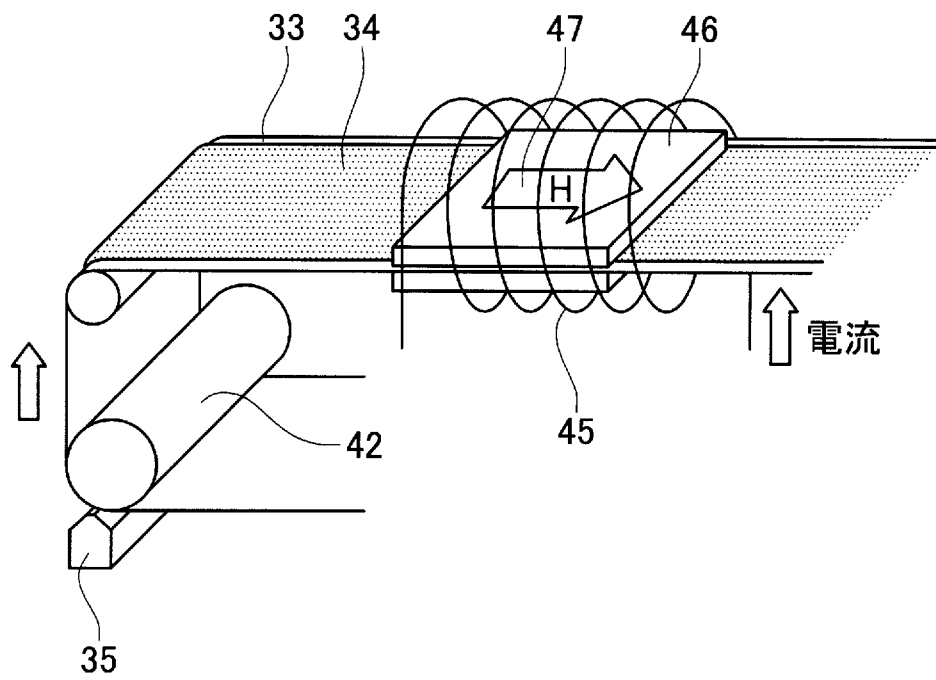
[図25]



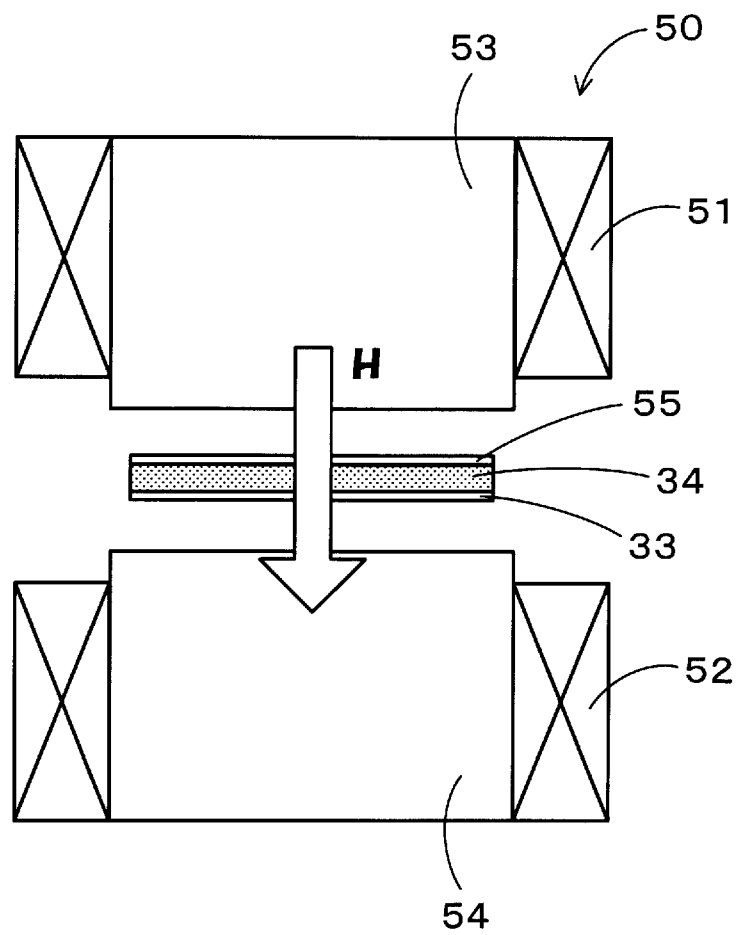
[図26]



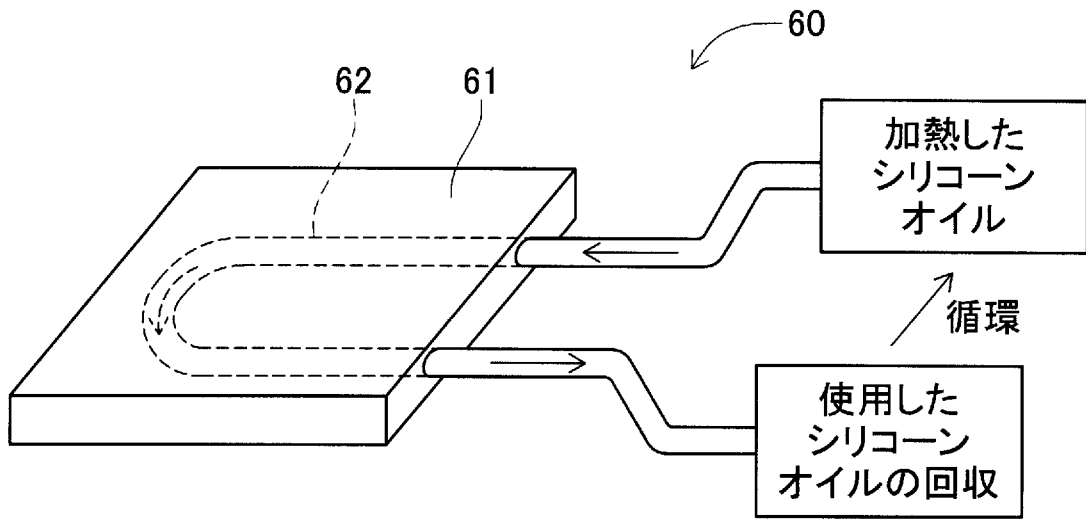
[図27]



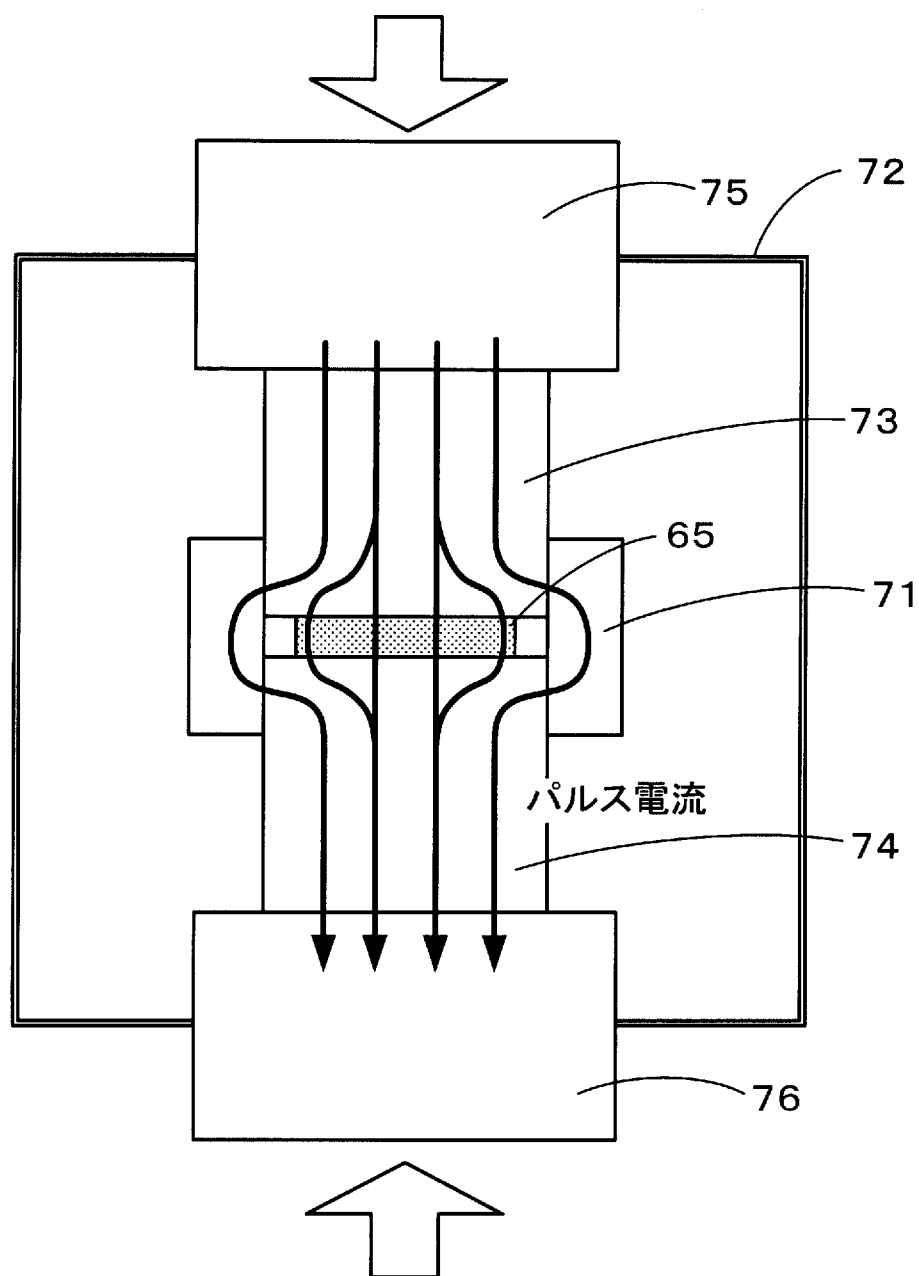
[図28]



[図29]

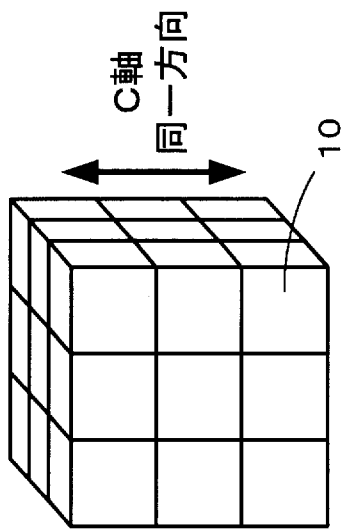


[図30]

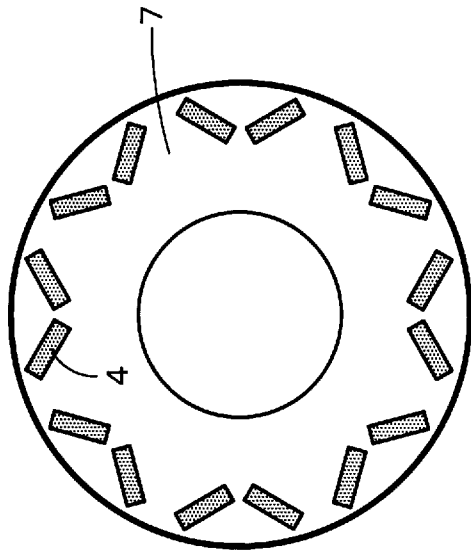


[図31]

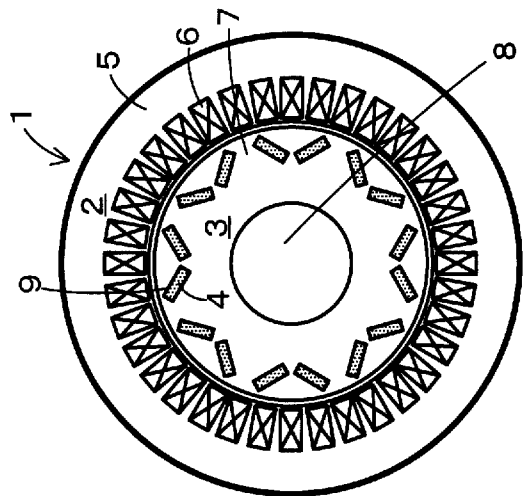
1. 規格磁石を組み合わせ、
スロットに収容



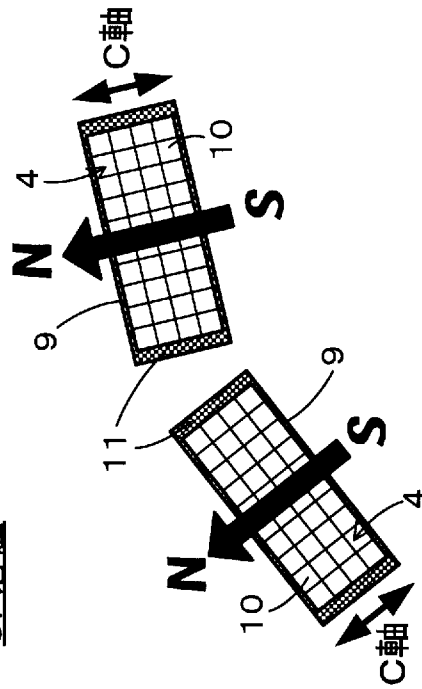
2. 規格磁石をスロットに固定



4. 他の部材の組み付け



3. 着磁



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2013/064052
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02K1/27(2006.01)i, H01F1/057(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i, H01F7/02(2006.01)i, H01F41/02(2006.01)i, H02K15/03(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02K1/27, H01F1/057, H01F1/08, H01F7/02, H01F41/02, H02K15/03

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X	WO 2010/150362 A1 (Toyota Motor Corp.), 29 December 2010 (29.12.2010), entire text; all drawings	1-5, 7-9, 20, 22, 25-29, 32
Y	& US 2012/0080972 A1 & EP 2448093 A1 & CN 102754316 A	6, 10-19, 21, 23-24, 30-31
Y	JP 62-217608 A (Tohoku Kinzoku Kogyo Ltd.), 25 September 1987 (25.09.1987), page 1, lower left column (Family: none)	6
Y	JP 2009-27847 A (Daido Steel Co., Ltd.), 05 February 2009 (05.02.2009), entire text; all drawings (Family: none)	10, 13-17

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 05 August, 2013 (05.08.13)	Date of mailing of the international search report 27 August, 2013 (27.08.13)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/064052

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 2003-164085 A (Sawafuji Electric Co., Ltd.), 06 June 2003 (06.06.2003), fig. 7 (Family: none)	11-12, 21
Y	WO 2009/116540 A1 (Nitto Denko Corp.), 24 September 2009 (24.09.2009), entire text; all drawings & US 2011/0012460 A1 & EP 2256905 A1 & CN 101978577 A & KR 10-2010-0134608 A	18-19, 23, 30-31
Y	JP 2007-166888 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 28 June 2007 (28.06.2007), paragraph [0011] & US 2007/0108861 A1 & EP 1786085 A2	24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02K1/27(2006.01)i, H01F1/057(2006.01)i, H01F1/08(2006.01)i, H01F7/02(2006.01)i, H01F41/02(2006.01)i, H02K15/03(2006.01)i

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. H02K1/27, H01F1/057, H01F1/08, H01F7/02, H01F41/02, H02K15/03

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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 請求項の番号
X	WO 2010/150362 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2010.12.29, 全文、全図 & US 2012/0080972 A1 & EP 2448093 A1 & CN 102754316 A	1-5, 7-9, 20, 22, 25-29, 32
Y		6, 10-19, 21, 23-24, 30-31
Y	JP 62-217608 A (東北金属工業株式会社) 1987.09.25, 第1ページ 左下欄 (ファミリーなし)	6

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

05.08.2013

国際調査報告の発送日

27.08.2013

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)

佐々木 訓

3V

9818

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-27847 A (大同特殊鋼株式会社) 2009. 02. 05, 全文、全図 (ファミリーなし)	10, 13-17
Y	JP 2003-164085 A (澤藤電機株式会社) 2003. 06. 06, 【図7】 (ファミリーなし)	11-12, 21
Y	WO 2009/116540 A1 (日東電工株式会社) 2009. 09. 24, 全文、全図 & US 2011/0012460 A1 & EP 2256905 A1 & CN 101978577 A & KR 10-2010-0134608 A	18-19, 23, 30-31
Y	JP 2007-166888 A (信越化学工業株式会社) 2007. 06. 28, 【0011】 & US 2007/0108861 A1 & EP 1786085 A2	24