

(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
2021年11月18日(18.11.2021)



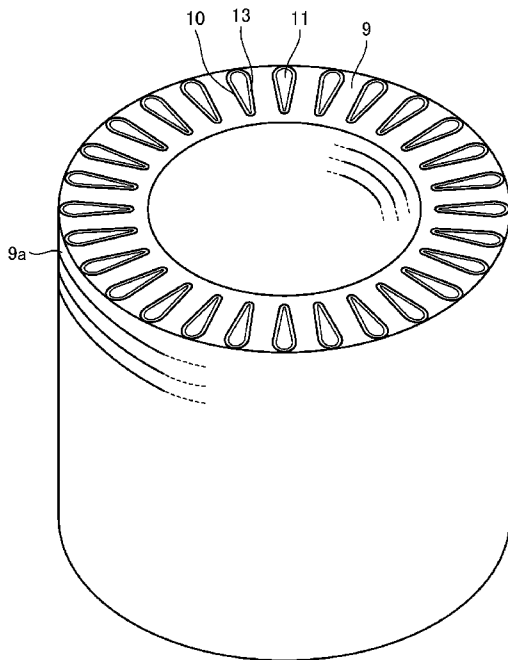
(10) 国際公開番号

WO 2021/229807 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 15/02 (2006.01) *H02K 17/16* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/019496
- (22) 国際出願日: 2020年5月15日(15.05.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:大矢 桂資(OYA, Keisuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 大澤 あずさ(OSAWA, Azusa); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小松 孝教(KOMATSU, Takanori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 細越 文彦(HOSOKOSHI, Fumihiko); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING SQUIRREL-CAGE ROTOR, AND SQUIRREL-CAGE ROTOR

(54) 発明の名称: かご形回転子の製造方法およびかご形回転子



(57) Abstract: A rotor (3) which is formed by this method for producing a squirrel-cage rotor comprises: a rotor core (9) that is a laminate of a plurality of steel sheets (9a); and conductors (11) that are respectively contained in a plurality of slots (10) which are arranged in the circumferential direction of a circle that is centered on the rotary shaft in the rotor core (9). This method for producing a squirrel-cage rotor comprises a step for providing each slot (10) with an insulating layer (13) by applying an insulating coating material to the inner peripheral surface of each slot (10) of the plurality of slots (10). The insulating coating material contains: a silicone resin that is composed of at least one of a silicone resin having a methyl phenyl group and a silicone resin modified with an alkyd resin; inorganic compound particle aggregates wherein primary particles have self-assembling properties; and a diluent solvent.



WO 2021/229807 A1

(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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : かご形回転子の製造方法によって製造される回転子 (3) は、複数の鋼板 (9 a) の積層体である回転子鉄心 (9) と、回転子鉄心 (9) において回転軸を中心とする円の円周方向に配列された複数のスロット (10) の各々に収容されている導体 (11) と、を有する。かご形回転子の製造方法は、複数のスロット (10) に含まれるスロット (10) の内周面に絶縁性塗料を塗布することによってスロット (10) に絶縁層 (13) を形成する工程を含む。絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とアルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、一次粒子が自己凝集する性質を持つ無機化合物粒子の凝集粒子と、希釈溶剤と、を含む。

明 細 書

発明の名称： かご形回転子の製造方法およびかご形回転子

技術分野

[0001] 本開示は、誘導電動機に備えられるかご形回転子の製造方法およびかご形回転子に関する。

背景技術

[0002] 誘導電動機は、堅牢であり、かつ電源に直接つなぐことによって始動が可能であるといった利点から、電動機の中で最も多く使用されている。誘導電動機に用いられるかご形回転子は、回転子鉄心における複数のスロットの各々に収められた導体と、各導体に接続された2つの短絡環とを有する。かご形回転子において、導体と回転子鉄心との絶縁が不十分であると、ある導体から回転子鉄心を通して他の導体へ流れる電流、すなわち横流が発生することがある。横流は誘導電動機の駆動に寄与しない電流成分であることから、誘導電動機は、横流が発生することによって駆動効率が低下する。高い効率での誘導電動機の駆動を可能とするために、導体と回転子鉄心とを電氣的に絶縁することが望まれる。

[0003] 特許文献1には、回転子鉄心に形成された各スロットに水溶性の無機絶縁処理液を塗布してから無機凝集剤を塗布し、回転子鉄心全体を乾燥させることによって無機凝集剤と無機絶縁処理液とを固化させる方法が開示されている。特許文献1に開示される方法によると、無機凝集剤の塗布によって、無機絶縁処理液に含まれる無機粒子が凝集することで、各スロットの内周面には絶縁層が形成される。さらに、絶縁層が形成された各スロットへ導体の材料である金属材料を鋳込むことによって、各スロットに導体が形成される。各スロットに絶縁層が形成されることによって、各導体と回転子鉄心との電氣的な絶縁が確保される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭60-121946号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に開示される従来の技術にかかる方法では、無機絶縁処理液を塗布し、さらに無機凝集剤を塗布するというように、2度の塗布工程が必要となる。従来の方法によると、かご形回転子の製造において2度の塗布工程が必要であることによって、かご形回転子の生産効率の向上が困難であるという問題があった。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、かご形回転子の生産効率の向上を可能とするかご形回転子の製造方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかるかご形回転子の製造方法は、複数の鋼板の積層体である回転子鉄心と、回転子鉄心において回転軸を中心とする円の円周方向に配列された複数のスロットの各々に收容されている導体と、を有するかご形回転子の製造方法である。本開示にかかるかご形回転子の製造方法は、複数のスロットに含まれるスロットの内周面に絶縁性塗料を塗布することによってスロットに絶縁層を形成する工程を含む。絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とアルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、一次粒子が自己凝集する性質を持つ無機化合物粒子の凝集粒子と、希釈溶剤と、を含む。

発明の効果

[0008] 本開示にかかるかご形回転子の製造方法は、かご形回転子の生産効率の向上が可能となるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる誘導電動機を示す図

[図2]実施の形態1にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心を示す斜視図

[図3]図2に示す回転子鉄心の一部を示す上面図

[図4]図2に示す回転子鉄心に設けられている導体を示す図

[図5]図2に示す回転子鉄心の製造において使用される凝集粒子の模式図

[図6]図2に示す回転子鉄心に設けられているスロットの上面図

[図7]図2に示す回転子鉄心のうち1つのスロットが設けられている部分を示す断面図

[図8]実施の形態2にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す斜視図

[図9]実施の形態3にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す上面図

[図10]実施の形態4にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す斜視図

[図11]実施の形態5にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心を示す斜視図

[図12]実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法の手順を示すフローチャート

[図13]実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法による効果について説明するための図

発明を実施するための形態

[0010] 以下に、実施の形態にかかるかご形回転子の製造方法およびかご形回転子を図面に基づいて詳細に説明する。

[0011] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる誘導電動機を示す図である。実施の形態1にかかる誘導電動機1は、円筒状の固定子2と、固定子2に囲われており回転駆動する回転子3と、回転子3の中心に設けられたシャフト4とを有する。回転子3は、かご形回転子である。回転軸AXは、回転子3の回転中心である。図1において、回転軸AXよりも右側には誘導電動機1の縦断面を示している。また、回転軸AXよりも左側には、誘導電動機1の側面を示している。以下の説明では、回転軸AXの方向を、軸方向と称することがある。

- [0012] 誘導電動機 1 の外殻であるハウジング 5 は、円筒状のフレーム 6 と端板 7 とを有する。フレーム 6 は、フレーム 6 のうち軸方向における一方の端における底部 6 a を含む。フレーム 6 のうち軸方向における他方の端は開放されている。端板 7 は、フレーム 6 の開放端に設けられている。固定子 2 は、フレーム 6 の内部に嵌め込まれている。シャフト 4 は、ハウジング 5 を貫いている。シャフト 4 は、回転子 3 の回転力を誘導電動機 1 の外部へ伝える。
- [0013] 誘導電動機 1 は、シャフト 4 を回転可能に支持する 2 つのベアリング 8 を有する。1 つのベアリング 8 は、フレーム 6 の底部 6 a に設けられている。他の 1 つのベアリング 8 は、端板 7 に設けられている。
- [0014] 回転子 3 は、複数の鋼板の積層体である回転子鉄心 9 を有する。回転子鉄心 9 には、回転軸 A X を中心とする円の円周方向において配列された複数のスロット 10 が設けられている。複数のスロット 10 の各々には、導体 11 が収容されている。導体 11 の材料は、導電性を有する金属材料であって、例えばアルミニウムである。回転子 3 は、2 つの短絡環 12 を有する。1 つの短絡環 12 は、回転子鉄心 9 のうち軸方向における一方の端に設けられている。他の 1 つの短絡環 12 は、回転子鉄心 9 のうち軸方向における他方の端に設けられている。各短絡環 12 は、複数の導体 11 の各々に接続されている。各短絡環 12 の材料は、導体 11 の材料と同じであって、例えばアルミニウムである。
- [0015] 図 2 は、実施の形態 1 にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心を示す斜視図である。回転子鉄心 9 を構成する鋼板 9 a は、磁性体である円環状の薄板である。複数の鋼板 9 a は、軸方向へ積層されている。複数の鋼板 9 a の各々は、かしめ、溶接または接着により互いに固定される。複数の鋼板 9 a の各々は、互いに固定されていなくても良い。
- [0016] 複数のスロット 10 の各々は、円周方向において等間隔で配置されている。各スロット 10 の内周面には、絶縁層 13 が設けられている。絶縁層 13 は、回転子鉄心 9 のうち各スロット 10 の内周面のみに設けられている。各導体 11 は、絶縁層 13 が設けられたスロット 10 へアルミニウムを鋳込む

ことによって形成される。

[0017] 図3は、図2に示す回転子鉄心の一部を示す上面図である。図3には、回転子鉄心9のうち1つのスロット10が設けられている部分の上面を示している。図3に示す断面におけるスロット10の形状は、回転軸AXから離れるに従って円周方向における幅が大きくされた形状である。絶縁層13は、スロット10の内周面全体に設けられている。絶縁層13は、導体11の周囲全体を囲う。

[0018] 図4は、図2に示す回転子鉄心に設けられている導体を示す図である。図4には、回転子鉄心9のうちの一部を示している。また、回転子鉄心9の内部に設けられている導体11を破線により示している。

[0019] 回転子鉄心9を構成する複数の鋼板9aの各々には、スロット10を構成する孔が形成されている。複数の鋼板9aの各々は、同一の形状である。複数の鋼板9aの1つごとに当該形状を円周方向へ一定の長さずつ変位させて複数の鋼板9aが積層されることによって、複数のスロット10の各々は、回転軸AXに対して傾けられている。すなわち、複数のスロット10の各々は、回転軸AXに平行な状態から円周方向へ振じられた状態とされている。

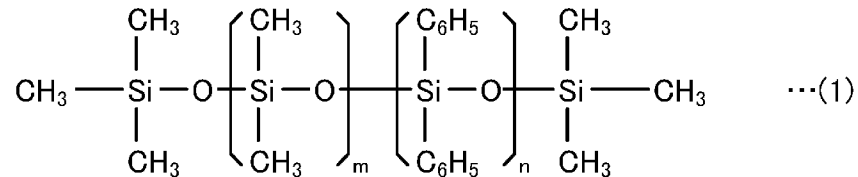
[0020] 次に、絶縁層13の材料について説明する。絶縁層13は、複数のスロット10の各々の内周面に絶縁性塗料を塗布し、塗布された絶縁性塗料を乾燥および加熱することによって形成される。

[0021] 絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂を含む。さらに、絶縁性塗料は、無機化合物粒子の凝集粒子と希釈溶剤とを含む。無機化合物粒子は、一次粒子の比表面積が $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ から $20 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれる無機化合物粒子である。塗布された絶縁性塗料の乾燥は、絶縁性塗料が塗布された回転子鉄心9を大気中にて放置することによって行われる。絶縁性塗料の加熱は、予備乾燥炉によって行われる。

[0022] メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂は、直鎖構造を有するシリコーン樹脂にメチルフェニル基が導入されたものである。具体的には、メチルフ

エニル基を有するシリコーン樹脂は、シリコーン樹脂に含まれるポリシロキサンのうちの一部における側鎖にフェニル基（C₆H₅）が導入されたものである。次に示す化学式（1）は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂の化学構造の例を示す。

[0023] [化1]



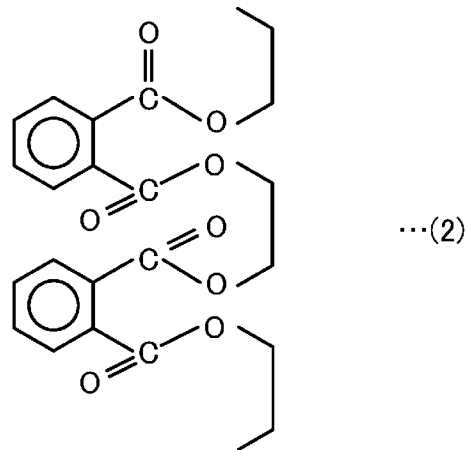
[0024] メチルフェニル基の導入によって、シリコーン樹脂の耐熱性が向上する。メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂が絶縁性塗料に含まれることによって、250度程度の温度下にて絶縁性塗料の分解および炭化は生じず、乾燥および加熱時における絶縁性塗料の機械的強度を向上させることができる。また、絶縁性塗料は、導体11を形成するためのアルミダイカスト処理において、例えば、10秒程度の期間において700度程度の温度下にさらされる。メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂が絶縁性塗料に含まれることによって、絶縁性塗料は、アルミダイカスト処理において必要な短期耐熱性を確保することができる。

[0025] なお、化学式（1）における繰り返し単位の数である「m」および「n」は任意の数とする。絶縁性塗料の粘度、絶縁性塗料の強度および絶縁性塗料の耐熱性の観点から、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂は、三量体以上の重合体であることが好ましい。また、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂の分子量は1000以上であることが好ましい。

[0026] アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂は、シリコーン樹脂であるオリゴマーとアルキッド樹脂との反応、またはシリコーン樹脂であるポリマーとアルキッド樹脂との反応によって得られる。アルキッド樹脂は、多塩基酸と多価アルコールとの縮合反応によって得られる高分子エステルである。次に示す化学式（2）は、アルキッド樹脂の化学構造の例を示す。

[0027]

[化2]



[0028] アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂は、アルキッドの特徴である柔軟性と速乾性とを備える。アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂が絶縁性塗料に含まれることによって、絶縁性塗料は、柔軟性を得ることができ、かつ硬化に要する時間の短縮が可能となる。

[0029] 絶縁性塗料には、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とが混合されることが望ましい。これにより、絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂による高い耐熱性および高い強度と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂による速乾性とを得ることができる。絶縁性塗料において、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂との混合比率は任意とする。高い耐熱性と高い強度とを得るという観点では、絶縁性塗料において、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂の比率は、50%以上であれば良く、好ましくは70%以上、より好ましくは80%程度である。なお、絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂との少なくとも一方を含むものであれば良い。

[0030] 無機化合物粒子の凝集粒子は、絶縁性の無機化合物であれば良い。絶縁性の無機化合物としては、シリカ (SiO_2)、アルミナ (Al_2O_3)、ジルコニア (ZnO)、およびチタニア (TiO_2) などが挙げられる。凝集粒子に

は、1種類の無機化合物が用いられるか、複数種の無機化合物を組み合わせ用いられても良い。無機化合物粒子の製法は、特に限定されない。無機化合物粒子は、粒子表面の活性が高いものが好ましい。粒子表面の活性が高いほど、無機化合物粒子の自己凝集が容易となる。無機化合物粒子の自己凝集が容易であることによって、凝集剤を使用せずに凝集粒子を得ることができる。無機化合物粒子は、Van der Waals力などの分子間相互作用によって凝集する。

[0031] 図5は、図2に示す回転子鉄心の製造において使用される凝集粒子の模式図である。無機化合物粒子である一次粒子は、一次粒子同士の分子間相互作用によって凝集する。分子間相互作用によって一次粒子が凝集することによって、ポリ塩化アルミニウムまたはアルミ酸ナトリウムなどの凝集剤が用いられなくても、無機化合物粒子の凝集粒子14を得ることができる。凝集粒子14は、0.1 μm から5 μm 程度の範囲に含まれる径の一次粒子が凝集した凝集物である。凝集粒子14の径は、0.5 μm から20 μm 程度の範囲に含まれる。

[0032] 一次粒子の比表面積が変わると、同じ質量に対する表面積が変わるため、一次粒子の表面における作用の影響が変わる。このため、一次粒子の比表面積は、一次粒子の自己凝集の態様に影響する。実施の形態1によると、一次粒子の比表面積が0.5 m^2/g から20 m^2/g の範囲に含まれることによって、一次粒子の自己凝集によって適切な径の凝集粒子14を得ることができる。一次粒子の自己凝集が可能であることによって、凝集剤を使用せずに凝集粒子14を得ることができる。凝集剤が使用されないことで、かご形回転子の製造では凝集剤の塗布といった工程が不要となるため、かご形回転子の生産効率の向上が可能となる。

[0033] 絶縁性塗料に含める凝集粒子は、無機化合物粒子のみからなる凝集粒子14に限られない。凝集粒子には、無機化合物粒子と、低融点フリットである多成分ガラスとが含まれても良い。低融点フリットの例としては、ホウ酸塩系、ケイ酸塩系、ゲルマネート系、バナデート系、リン酸塩系、ヒ酸塩系、

またはテルライド系の酸化物が挙げられる。低融点フリットには、1種類の酸化物が用いられるか、複数種の酸化物の組み合わせが用いられても良い。

[0034] 図6は、図2に示す回転子鉄心に設けられているスロットの上面図である。回転子鉄心9を構成する鋼板9aの各々には、複数の孔10aが形成されている。複数の鋼板9aの各々は、回転軸AXに垂直な平面における形状が同一である。複数の鋼板9aの1つごとに当該形状を円周方向へ長さDずつ変位させて複数の鋼板9aが積層される。長さDは、円周方向における孔10aの幅よりも短い。これにより、積層された各鋼板9aにおける孔10aの位置が円周方向において長さDずつずれる。なお、図6には、絶縁層13と導体11とが形成される前におけるスロット10を示している。

[0035] 図7は、図2に示す回転子鉄心のうち1つのスロットが設けられている部分を示す断面図である。回転子鉄心9を構成する鋼板9aの各々は、厚さtの平板である。積層された各鋼板9aにおける孔10aの位置が円周方向において長さDずつずれることによって、各鋼板9aの孔10aは、回転軸AXに対して斜めの方向へ連ねられる。これにより、回転軸AXに対して傾けられたスロット10が形成される。図7には、互いに重ね合わせられた3枚の鋼板9aの断面であって、回転軸AXに平行かつ円周方向に沿う断面を示している。

[0036] スロット10は、孔10aの内壁を構成する面であって回転軸AXに平行な平面と、回転軸AXに垂直な平面とから構成される。スロット10の内周面には、鋼板9aごとの段差が形成される。絶縁層13は、各鋼板9aの段差を覆うように形成される。絶縁層13は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とアルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、一次粒子が自己凝集する性質を持つ無機化合物粒子の凝集粒子14とを含む。絶縁層13は、スロット10の内周面に限定されて設けられている。

[0037] 図7には、絶縁層13に含まれる無機化合物粒子の凝集粒子14を模式的に示している。凝集粒子14の径dは、0.5 μm から20 μm 程度の範囲

に含まれる。凝集粒子14の径dは、長さDよりも短く、かつ軸方向における複数の鋼板9aの各々の厚さtよりも短い。これにより、絶縁性塗料が塗布される際に、スロット10の内周面における段差部分に凝集粒子14が充填される。

[0038] 凝集粒子14は、絶縁層13において絶縁性を発揮するとともに、絶縁層13のスペーサとしても機能する。絶縁層13に凝集粒子14が含まれることによって、誘導電動機1の駆動効率を向上させるのに必要となる厚みを持つ絶縁層13を形成することができる。また、絶縁性塗料が塗布される際に、凝集粒子14は、スロット10の内周面の段差を均す機能も果たす。スロット10の内周面の段差が均されることによって、スロット10へアルミニウムを鋳込む際におけるアルミニウムの流動性を向上させることができる。

[0039] 絶縁性塗料に含まれる希釈溶剤は、沸点が100度以上である有機溶剤を含む。希釈溶剤における当該有機溶剤の濃度は、20wt%以上であれば良く、好ましくは40wt%以上、より好ましくは60wt%以上である。希釈溶剤は、絶縁性塗料に含まれるシリコン樹脂である、メチルフェニル基を有するシリコン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコン樹脂とを溶解可能な溶剤である。希釈溶剤には、沸点が100度以上である単体の有機溶剤が用いられるか、沸点が100度以上である複数種の有機溶剤が用いられる。希釈溶剤には、沸点が100度以上の有機溶剤とその他の溶剤とを混合したものが用いられても良い。ただし、沸点が100度以上の有機溶剤と併用される溶剤は、沸点が30度以上の溶剤であることが好ましく、沸点が30度から50度の溶剤であることがより好ましい。

[0040] 沸点が100度以上である有機溶剤を20wt%以上含む希釈溶剤が絶縁性塗料に使用されることによって、スプレーによって絶縁性塗料を塗布する際に、噴射されたシリコン樹脂組成物の粒子が被着体である回転子鉄心9に到達するまでにおける希釈溶剤の揮発を防ぐことができる。これにより、絶縁性塗料を塗布する際における絶縁性塗料の粘度を確保することができる。また、絶縁層13の表面における凹凸を低減できるとともに、絶縁層13

の割れを防止することができる。

[0041] 沸点が100度以上である有機溶剤としては、トルエン、キシレン、メチルイソブチルケトン、酢酸ブチル、アニソール、N，N-ジメチルアセトアミド（DMAc）、ジメチルスルホキシド（DMSO）、および安息香酸メチルなどが挙げられる。沸点が100度以上の有機溶剤と併用される溶剤としては、アセトン、およびテトラヒドロフラン（THF）などが挙げられる。

[0042] 沸点が100度以上である有機溶剤は、アルミダイカスト処理における加熱によって揮発するため、シリコーン樹脂の加熱工程前には除去される。このため、100度以上である高沸点の有機溶剤が絶縁性塗料に含まれていても、絶縁性塗料を硬化させる際における気泡の発生を抑制することが可能である。

[0043] 希釈溶剤を除いた絶縁性塗料における凝集粒子14の濃度は、30wt%から40wt%である。絶縁性塗料の粘度は、10mPa・sから1000mPa・sの範囲に含まれていれば良く、好ましくは10mPa・sから60mPa・sの範囲、より好ましくは10mPa・sから20mPa・sの範囲に含まれる。このように粒子濃度および粘度が設定された絶縁性塗料が使用されることによって、誘導電動機1の駆動効率を向上させるのに必要な絶縁耐圧を持つ絶縁層13を形成することができる。また、誘導電動機1の駆動効率を向上させるのに必要となる厚みを持つ絶縁層13を形成することができる。

[0044] 上述するように粒子濃度および粘度が設定されることによって、吹き付けによる絶縁性塗料の塗布が可能となる。これにより、絶縁性塗料の塗布を簡便に行うことができるとともに、必要な範囲のみに絶縁性塗料を塗布することができる。また、上述するように粒子濃度および粘度が設定されることによって、スロット10の内周面における段差部分へ絶縁性塗料を充填させることができる。回転子鉄心9のうちアルミニウムが入り込む可能性がある隙間に絶縁性塗料を浸透させることができるため、アルミニウムの鑄込みより

も前に当該隙間に絶縁性塗料を充填させることができる。なお、絶縁性塗料の粘度が $10\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 未満である場合は、絶縁性塗料の希釈が過剰となり、絶縁層13の厚さが不十分となる。また、絶縁性塗料の粘度が $1000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ を超える場合は、吹き付けによる絶縁性塗料の塗布が困難となる。さらに、絶縁性塗料の粘度が $60\text{ mPa}\cdot\text{s}$ を超える場合は、吹き付けによる絶縁性塗料の塗布が可能である一方、均一な厚みの絶縁層13を形成することが困難となる。

[0045] 実施の形態1によると、回転子鉄心9に設けられている複数のスロット10の各々に絶縁層13が形成されることによって、誘導電動機1は、横流の発生を抑制可能とし、駆動効率の向上が可能となる。回転子3の製造では、絶縁性塗料の塗布する工程とは別に凝集剤を塗布する工程が不要である。このため、回転子3の生産効率の向上が可能となる。

[0046] 実施の形態2.

図8は、実施の形態2にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す斜視図である。実施の形態2において、絶縁層13は、スロット10のうち軸方向における中央部に設けられている。実施の形態2では、上記の実施の形態1と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態1とは異なる構成について主に説明する。図8には、1つのスロット10に設けられている絶縁層13を示している。

[0047] 軸方向における絶縁層13の長さ l は、軸方向におけるスロット10の全長 L に対して85%以上の長さである。軸方向におけるスロット10の両端部には、絶縁層13は設けられていない。回転子3を製造する際、絶縁層13を形成する工程において、スロット10のうち軸方向における中央部であってスロット10の全長 L に対して少なくとも85%の範囲に絶縁層13が形成される。

[0048] 軸方向における導体11の両端部において横流は流れないことから、スロット10の両端部では導体11と回転子鉄心9とを絶縁しなくても、横流の発生による駆動効率の損失は少ない。スロット10の中央部に絶縁層13が

形成されることによって、誘導電動機 1 は、横流の発生を抑制可能とし、駆動効率の向上が可能となる。

[0049] 実施の形態 2 によると、スロット 10 の両端部における絶縁性塗料の塗布が不要となることによって、回転子 3 の製造における絶縁性塗料の使用量を削減することができる。スロット 10 の中央部に限定して絶縁性塗料が塗布されることによって、スロット 10 の両端から絶縁性塗料を溢れ出にくくさせることができる。このため、スロット 10 からこぼれた絶縁性塗料を除去するといった作業が不要となり、回転子 3 の製造における作業性を向上できる。これにより、回転子 3 の生産効率の向上が可能となる。

[0050] 実施の形態 3.

図 9 は、実施の形態 3 にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す上面図である。実施の形態 3 において、絶縁層 13 は、スロット 10 のうち回転軸 AX とは逆側の部分である外縁側部分に設けられている。実施の形態 3 では、上記の実施の形態 1 または 2 と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態 1 または 2 とは異なる構成について主に説明する。図 9 には、回転子鉄心 9 のうち 1 つのスロット 10 が設けられている部分の上面を示している。

[0051] 回転軸 AX を中心とする円の径方向における絶縁層 13 の長さ h は、当該径方向におけるスロット 10 の長さ H に対して 60% 以上の長さである。絶縁層 13 は、スロット 10 のうち回転軸 AX 側の部分には設けられていない。回転子 3 を製造する際、絶縁層 13 を形成する工程において、スロット 10 のうち外縁側部分に絶縁層 13 が形成される。絶縁層 13 は、スロット 10 のうち、回転軸 AX を中心とする円の径方向におけるスロット 10 の長さ H に対して少なくとも 60% の範囲に形成される。

[0052] 誘導電動機 1 の駆動効率は、高調波磁束が導体 11 に鎖交することによって低下する。高調波磁束は、回転子 3 の駆動周波数よりも高い周波数の成分である高調波成分の電流が回転子鉄心 9 に流れることによって生じる。高調波磁束は回転子鉄心 9 の外縁部のみを通過するため、スロット 10 のうち外

縁側部分において横流が発生し易くなる。スロット10の外縁側部分に絶縁層13が形成されることによって、誘導電動機1は、横流の発生を抑制可能とし、駆動効率の向上が可能となる。

[0053] 実施の形態3によると、スロット10のうち回転軸AX側の部分における絶縁性塗料の塗布が不要となることによって、回転子3の製造における絶縁性塗料の使用量を削減することができる。

[0054] 実施の形態4.

図10は、実施の形態4にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心の一部を示す斜視図である。実施の形態4において、絶縁層13は、実施の形態2と同様にスロット10のうち軸方向における中央部に設けられており、かつ、実施の形態3と同様にスロット10のうち外縁側部分に設けられている。実施の形態4では、上記の実施の形態1から3と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態1から3とは異なる構成について主に説明する。図10には、1つのスロット10に設けられている絶縁層13を示している。

[0055] 軸方向における絶縁層13の長さ l は、軸方向におけるスロット10の全長 L に対して85%以上の長さである。軸方向におけるスロット10の両端部には、絶縁層13は設けられていない。回転子3を製造する際、絶縁層13を形成する工程において、スロット10のうち軸方向における中央部であってスロット10の全長 L に対して少なくとも85%の範囲に絶縁層13が形成される。

[0056] 回転軸AXを中心とする円の径方向における絶縁層13の長さ h は、当該径方向におけるスロット10の長さ H に対して60%以上の長さである。絶縁層13は、スロット10のうち回転軸AX側の部分には設けられていない。回転子3を製造する際、絶縁層を形成する工程において、スロット10のうち外縁側部分に絶縁層13が形成される。絶縁層13は、スロット10のうち、回転軸AXを中心とする円の径方向におけるスロット10の長さに対して少なくとも60%の範囲に形成される。

[0057] 実施の形態4によると、実施の形態2および3の場合と同様に、回転子3

の製造における絶縁性塗料の使用量を削減することができる。また、実施の形態2の場合と同様に、回転子3の製造における作業性を向上できることにより、回転子3の生産効率の向上が可能となる。

[0058] 実施の形態5.

図11は、実施の形態5にかかる誘導電動機が有する回転子鉄心を示す斜視図である。実施の形態5において、回転子鉄心9に設けられている複数のスロット10のうち、回転軸AXを中心とする円の円周方向において1つおきのスロット10の各々に絶縁層13が設けられている。実施の形態5では、上記の実施の形態1から4と同一の構成要素には同一の符号を付し、実施の形態1から4とは異なる構成について主に説明する。

[0059] 回転子鉄心9には、絶縁層13が設けられているスロット10と絶縁層13が設けられていないスロット10とが円周方向において交互に配置される。絶縁層13は、実施の形態1と同様に、スロット10の内周面全体に設けられている。回転子3を製造する際、絶縁層13を形成する工程において、円周方向において1つおきのスロット10の各々に絶縁層13が形成される。なお、絶縁層13は、実施の形態2, 3または4と同様に設けられても良い。

[0060] 横流は、互いに隣り合うスロット10の導体11間において主に発生する。このため、円周方向において1つおきのスロット10に絶縁層13が設けられても、回転子鉄心9における横流の発生を低減させることができる。誘導電動機1は、横流の発生を抑制可能とし、駆動効率の向上が可能となる。

[0061] 実施の形態5によると、複数のスロット10のうちの一部における絶縁性塗料の塗布が不要となることによって、回転子3の製造における絶縁性塗料の使用量を削減することができる。

[0062] 実施の形態6.

実施の形態6では、かご形回転子の製造方法について説明する。図12は、実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法の手順を示すフローチャートである。実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法は、ステップS1

からステップS 5の各工程を含む。ステップS 1は、回転子鉄心9の組み立て工程である。ステップS 2は、絶縁性塗料の吹き付け工程である。ステップS 3は、絶縁性塗料の乾燥および硬化工程である。ステップS 4は、アルミダイカスト処理工程である。ステップS 5は、後加工工程である。

[0063] 回転子鉄心9の組み立て工程では、型抜きされた複数の鋼板9 aを互いに重ね合わせることによって、回転子鉄心9を組み立てる。回転軸AXを中心とする円の円周方向へ一定の長さずつ鋼板9 aを変位させて、複数の鋼板9 aは積層される。

[0064] 絶縁性塗料の吹き付け工程では、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、無機化合物粒子の凝集粒子と、希釈溶剤との混合および攪拌によって、絶縁性塗料を作製する。絶縁性塗料の材料を混合および攪拌する方法は任意である。本工程では、無機化合物粒子の凝集粒子を分散可能であれば良く、回転子製造の技術分野において通常用いられる手段によって絶縁性塗料の材料を混合および攪拌することができる。混合および攪拌には、例えば、一般的な自転公転式攪拌機、高圧せん断分散装置、ホモジナイザー、または高速攪拌機などを用いることができる。

[0065] 次に、作製された絶縁性塗料を、スプレーを用いて噴射させることによって回転子鉄心9へ吹き付ける。スロット10のうち回転子鉄心9の上面側からスロット10の内部へ向けて絶縁性塗料を噴射させることによって、スロット10の内周面に絶縁性塗料を塗布する。内周面における絶縁性塗料の厚さを調整するために、また、吹き付けられる絶縁性塗料に過不足が生じないように、噴射させる絶縁性塗料の量は調整される。適量の絶縁性塗料を噴射させるために、絶縁性塗料を噴射させる時間は正確に制御される。

[0066] 絶縁性塗料を噴射させる時間が長すぎる場合、吹き付けられる絶縁性塗料の量が過剰となることで、内周面における絶縁性塗料の厚さが過剰になる場合がある。また、吹き付けられた絶縁性塗料の一部がスロット10から垂れ落ちる場合がある。回転子鉄心9の内部に絶縁性塗料が浸透する場合もある

。絶縁性塗料を噴射させる時間が短すぎる場合、吹き付けられる絶縁性塗料の量が不足することで、内周面における絶縁性塗料の厚さが不足する場合がある。また、内周面において絶縁性塗料が行き渡らないことにより、内周面を被覆する絶縁性塗料の厚さが均一な厚さにならない場合がある。

[0067] 絶縁性塗料の吹き付け工程では、スロット10の内周面に限定して絶縁性塗料を塗布する。吹き付けによって、絶縁層13を形成する範囲に限定して絶縁性塗料を塗布することができる。絶縁性塗料への回転子鉄心9の含浸を行う場合と比較すると、吹き付けの場合、絶縁層13が不要な部分にまで絶縁性塗料が塗布されるという問題を回避することが可能となる。また、絶縁性塗料への回転子鉄心9の含浸を行う場合と比較すると、吹き付けの場合、回転子鉄心9に付着している不純物が絶縁性塗料に混入するという問題を回避することが可能となる。

[0068] 絶縁性塗料の乾燥および硬化工程は、室温で絶縁性塗料を乾燥させる第1のステップと、炉内にて絶縁性塗料を加熱する第2のステップとからなる。第1のステップでは、絶縁性塗料が塗布された回転子鉄心9を室温下にて1時間程度放置することによって、希釈溶剤に含まれる揮発成分を気化させる。第1のステップを経ずに加熱による硬化を行うと、揮発成分の気化とシリコーン樹脂の硬化とが同時に進行することによって絶縁性塗料の表面および内部に気泡が発生する場合がある。気泡は絶縁耐性の低下要因となり得ることから、硬化よりも前に揮発成分を気化させる必要がある。

[0069] 第2のステップでは、絶縁性塗料の乾燥を経た回転子鉄心9を炉内にて加熱することによって、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂を硬化させる。加熱温度および加熱時間は、シリコーン樹脂の硬化を完了させることができ、かつシリコーン樹脂の劣化を生じない程度であれば良く、任意とする。実施の形態6では、第2のステップにおいて250度で2時間の加熱によってシリコーン樹脂を硬化させる。加熱温度が低すぎる場合、または加熱時間が短すぎる場合、硬化が不十分となり、絶縁性塗料が固化しない場合がある。加熱時間が高すぎる場合、または加熱時間が長すぎる場合、シリコーン

樹脂が劣化することにより、絶縁層13の絶縁性能が低下する場合がある。

[0070] アルミダイカスト処理工程では、絶縁層13が形成されたスロット10へアルミニウムを鋳込むことによって導体11を形成する。アルミダイカスト処理工程は、回転子製造の技術分野において通常用いられる手段によって実施される。

[0071] 後加工工程では、導体11が形成された回転子鉄心9へのシャフト4の焼き嵌めと、回転子鉄心9の旋削加工とを行う。後加工工程は、回転子製造の技術分野において通常用いられる手段によって実施される。

[0072] 次に、具体的な実施例に基づいて、実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法による効果について説明する。図13は、実施の形態6にかかるかご形回転子の製造方法による効果について説明するための図である。ここでは、実施例1から実施例20と比較例1から比較例8とに示す各条件で作製された絶縁性塗料を用いて回転子3を製造した場合における、漂遊負荷損の低減効果と吹付け性について説明する。漂遊負荷損は、回転子鉄心9における横流の発生による回転子3の漂遊負荷損を表す。吹付け性は、絶縁性塗料の吹き付けによって適度な厚さの絶縁性塗料の膜を形成し得る性質を表す。

[0073] 図13には、実施例1から実施例20と比較例1から比較例8との各々について、絶縁性塗料の材料および粘度についての各条件を示している。実施例1において、シリコーン樹脂として、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂と、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とが用いられる。図13において「メチルフェニル」は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂を表す。図13において「アルキッド」は、アルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂を表す。

[0074] 実施例1において、無機化合物粒子である一次粒子の比表面積は $10\text{ m}^2/\text{g}$ 、凝集粒子14の径である粒径は $10\text{ }\mu\text{m}$ 、かつ、希釈溶剤を除いた絶縁性塗料における凝集粒子14の濃度は $35\text{ wt}\%$ である。実施例1において、希釈溶剤は、キシレンおよびトルエンの混合溶剤である。実施例1におい

て、絶縁性塗料の粘度は $15 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ である。

[0075] 実施例 2 から実施例 20 と比較例 1 から比較例 8 は、無機化合物粒子についての各条件、すなわち比表面積、粒径および濃度と、絶縁性塗料の粘度とのうちの少なくとも 1 つが、実施例 1 の場合とは異なる。

[0076] 図 13 には、実施例 1-20 と比較例 1-8 との各々について、漂遊負荷損の低減効果、および吹付け性の各項目について各評価結果と、各項目の総合評価とを示している。項目ごとの評価と総合評価との各々は、「A」、「B」、「C」および「D」の 4 つにより表している。「A」は、「A」、「B」、「C」および「D」の 4 つのうち最も高い評価を表す。評価は、「A」、「B」、「C」および「D」の順で低くなる。漂遊負荷損の低減効果において、「C」は、絶縁性塗料を塗布しない場合に相当する評価を表す。吹付け性において、「D」は、吹き付けができないことを表す。

[0077] 総合評価は、実施例 1 と比較例 1 とを基準とした相対評価を表す。総合評価の「A」は、実施例 1 と同等の評価、または実施例 1 よりも高い評価であることを表す。総合評価の「B」、「C」は、比較例 1 よりも高く、かつ実施例 1 よりも低い評価であることを表す。総合評価の「D」は、不合格、すなわち、回転子 3 の製造には使用できないことを表す。

[0078] 凝集粒子 14 の径が $0.5 \mu\text{m}$ から $20 \mu\text{m}$ の範囲に含まれることによる作用および効果については、実施例 1-3, 15-20 と、比較例 1, 2, 7, 8 との比較により説明できる。例えば、実施例 1-3 における各粒径は、それぞれ $10 \mu\text{m}$ 、 $15 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$ であり、いずれも $0.5 \mu\text{m}$ から $20 \mu\text{m}$ の範囲に含まれる。これに対し、比較例 1, 2, 7, 8 における各粒径は、それぞれ $0.3 \mu\text{m}$ 、 $27 \mu\text{m}$ 、 $35 \mu\text{m}$ 、 $0.4 \mu\text{m}$ であり、いずれも $0.5 \mu\text{m}$ から $20 \mu\text{m}$ の範囲に含まれていない。

[0079] 凝集粒子 14 が持つ絶縁耐圧の高さから、凝集粒子 14 は、絶縁層 13 全体の絶縁耐圧を向上させる機能を果たす。さらに、凝集粒子 14 は、必要な絶縁耐圧を得るための厚さを絶縁層 13 に持たせるためのスペーサとしての機能を果たす。比較例 1, 8 の場合、粒径が $0.5 \mu\text{m}$ 未満であることから

、必要な絶縁耐圧を得るための厚さを持つ絶縁層13を形成することができない。比較例2の場合、粒径が $20\mu\text{m}$ を超えていることから、液体である絶縁性塗料の中において凝集粒子14は沈降し易い。このため、スロット10の内周面において凝集粒子14を均一に分散させて絶縁性塗料を吹き付けることが困難となる。

[0080] これに対し、実施例1-3, 15-20では、いずれの場合も粒径が $0.5\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ の範囲に含まれることによって、絶縁性塗料の中における凝集粒子14の沈降を低減できるため、凝集粒子14を均一に分散させて絶縁性塗料を吹き付けることができる。また、必要な絶縁耐圧を得るための厚さを持つ絶縁層13を形成することができる。したがって、実施例1-3, 15-20では、漂遊負荷損の低減効果が高くなる。

[0081] 無機化合物粒子である一次粒子の比表面積が $0.5\text{m}^2/\text{g}$ から $20\text{m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれることによる作用および効果については、実施例17-20と比較例1, 2との比較により説明できる。実施例17-20における各比表面積は、それぞれ $0.5\text{m}^2/\text{g}$ 、 $1\text{m}^2/\text{g}$ 、 $5\text{m}^2/\text{g}$ 、 $20\text{m}^2/\text{g}$ であり、いずれも $0.5\text{m}^2/\text{g}$ から $20\text{m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれる。これに対し、比較例1, 2における各比表面積は、それぞれ $100\text{m}^2/\text{g}$ 、 $0.3\text{m}^2/\text{g}$ であり、いずれも $0.5\text{m}^2/\text{g}$ から $20\text{m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれていない。

[0082] 一次粒子の比表面積が変わると、同じ質量に対する表面積が変わるため、一次粒子の表面における作用の影響が変わる。このため、一次粒子の比表面積は、一次粒子の自己凝集の態様に影響する。一次粒子の比表面積が小さいほど、単一の一次粒子のサイズが大きくなるので、一次粒子の自己凝集によって得られる凝集粒子14の径は大きくなる。一次粒子の比表面積が大きいほど、単一の一次粒子のサイズが小さくなるので、一次粒子の自己凝集によって得られる凝集粒子14の径も小さくなる。比較例1の場合、比表面積が $20\text{m}^2/\text{g}$ を超えており、凝集粒子14の径は $0.3\mu\text{m}$ である。この場合、凝集粒子14の径が $0.5\mu\text{m}$ 未満であることから、必要な絶縁耐圧を得

るための厚さを持つ絶縁層13を形成することができない。比較例2の場合、比表面積が $0.5\text{ m}^2/\text{g}$ 未満であって、凝集粒子14の径は $27\text{ }\mu\text{m}$ である。この場合、凝集粒子14の径が $20\text{ }\mu\text{m}$ を超えていることから、液体である絶縁性塗料の中において凝集粒子14が沈降し易い。

[0083] これに対し、実施例17-20では、いずれの場合も比表面積が $0.5\text{ m}^2/\text{g}$ から $20\text{ m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれることによって、一次粒子の自己凝集によって得られる凝集粒子14の径が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ から $20\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に含まれる。このように、適切な径の凝集粒子14が、一次粒子の自己凝集によって得られる。一次粒子が自己凝集する性質を持つことから、凝集剤を使用せずに凝集粒子14を得ることができる。凝集剤を使用しないことから、凝集剤を塗布するといった工程が不要となり、かご形回転子の生産効率の向上が可能となる。したがって、実施例17-20では、かご形回転子の生産効率の向上が可能となる。

[0084] 凝集粒子14の濃度が $30\text{ wt}\%$ から $40\text{ wt}\%$ の範囲に含まれることによる作用および効果については、実施例4, 5と比較例3, 4との比較により説明できる。実施例4, 5における凝集粒子14の各濃度は、それぞれ $30\text{ wt}\%$ 、 $40\text{ wt}\%$ であり、いずれも $30\text{ wt}\%$ から $40\text{ wt}\%$ の範囲に含まれる。これに対し、比較例3, 4における凝集粒子14の各濃度は、それぞれ $20\text{ wt}\%$ 、 $50\text{ wt}\%$ であり、いずれも $30\text{ wt}\%$ から $40\text{ wt}\%$ の範囲に含まれていない。

[0085] 一般的に、無機化合物粒子の絶縁耐圧は、有機化合物の絶縁耐圧よりも高い。ここでは、有機化合物は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とする。絶縁耐圧を高めるために、有機化合物に無機化合物粒子が充填される。有機化合物および無機化合物の複合体において、充填される無機化合物粒子が多いほど、複合体における絶縁耐圧を高くすることができる。比較例3の場合、凝集粒子14の濃度が $30\text{ wt}\%$ 未満であることから、複合体である絶縁層13の絶縁耐圧を高くすることができない。その結果、比較例3では、漂遊負荷損の低減効果が低くなる。また、有機化合物および無機化合物

の複合体において、充填される無機化合物粒子が多いほど、複合体の粘度が高くなる。比較例4の場合、凝集粒子14の濃度が40wt%を超えていることから、複合体である絶縁性塗料の粘度が高くなる。比較例4では、絶縁性塗料の吹き付けが困難となる。

[0086] これに対し、実施例4, 5では、無機化合物粒子の充填量が適切な範囲である30wt%から40wt%の範囲に調整されていることによって、絶縁層13の絶縁耐圧の向上と、絶縁性塗料の粘度の抑制との両立が可能となる。これにより、実施例4, 5では、漂遊負荷損の低減効果が高くなるとともに、吹き付け性の低下を抑制できる。

[0087] 絶縁性塗料の粘度が10mPa・sから1000mPa・sの範囲に含まれることによる作用および効果については、実施例6-14と比較例5, 6との比較により説明できる。本開示では、吹き付けによって絶縁性塗料を塗布することで、絶縁性塗料の塗布を簡便に行うことができるとともに、必要な範囲のみに絶縁性塗料を塗布することができる。吹き付けによる塗布性と絶縁性塗料の粘度とは密接に関係している。絶縁性塗料の粘度が高すぎると、スプレーの空気圧による絶縁性塗料の噴射が困難となる。また、絶縁性塗料の粘度が低すぎると、絶縁性塗料が吹き付けられてから絶縁性塗料が硬化するまでの間に絶縁性塗料がスロット10から流れ落ちることによって、高い絶縁耐圧を得るための厚さを絶縁層13に持たせることが困難となる。

[0088] 実施例6-14における各粘度は、それぞれ10mPa・s、20mPa・s、23mPa・s、37mPa・s、60mPa・s、75mPa・s、100mPa・s、500mPa・s、1000mPa・sであり、いずれも10mPa・sから1000mPa・sの範囲に含まれる。これに対し、比較例5, 6における各粘度は、それぞれ9mPa・s、1100mPa・sであり、いずれも10mPa・sから1000mPa・sの範囲に含まれていない。

[0089] 比較例5の場合、絶縁性塗料の粘度が10mPa・s未満であることから、高い絶縁耐圧を得るための厚さを絶縁層13に持たせることができない。

比較例 6 の場合、絶縁性塗料の粘度が $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ を超えていることから、絶縁性塗料を吹き付けることができない。

[0090] これに対し、実施例 6-14 では、いずれの場合も粘度が $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ から $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲に含まれることによって、高い絶縁耐圧を得るための厚さを絶縁層 13 に持たせることができ、かつ、絶縁性塗料を吹き付けることができる。このように、漂遊負荷損の低減効果は、粘度が $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ から $1000 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲に含まれている場合に得られる。さらに、鋭意検討の結果、漂遊負荷損の低減効果は、粘度が $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ から $60 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲に含まれる場合においてさらに高く、粘度が $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ から $20 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ の範囲に含まれる場合において最も高くなることが確認された。

[0091] 以上の各実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものである。各実施の形態の構成は、別の公知の技術と組み合わせることが可能である。各実施の形態の構成同士が適宜組み合わせられても良い。本開示の要旨を逸脱しない範囲で、各実施の形態の構成の一部を省略または変更することが可能である。

符号の説明

[0092] 1 誘導電動機、2 固定子、3 回転子、4 シャフト、5 ハウジング、6 フレーム、6a 底部、7 端板、8 ベアリング、9 回転子鉄心、9a 鋼板、10 スロット、10a 孔、11 導体、12 短絡環、13 絶縁層、14 凝集粒子、AX 回転軸。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の鋼板の積層体である回転子鉄心と、前記回転子鉄心において回転軸を中心とする円の円周方向に配列された複数のスロットの各々に收容されている導体と、を有するかご形回転子の製造方法であって、
- 前記複数のスロットに含まれるスロットの内周面に絶縁性塗料を塗布することによって前記スロットに絶縁層を形成する工程を含み、
- 前記絶縁性塗料は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とアルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、一次粒子が自己凝集する性質を持つ無機化合物粒子の凝集粒子と、希釈溶剤と、を含むことを特徴とするかご形回転子の製造方法。
- [請求項2] 前記一次粒子の比表面積は、 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ から $20 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれることを特徴とする請求項1に記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項3] 前記絶縁層を形成する工程において、前記内周面に限定して前記絶縁性塗料を塗布することを特徴とする請求項1または2に記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項4] 前記絶縁層を形成する工程において、吹き付けによって前記絶縁性塗料を塗布することを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項5] 前記複数の鋼板の各々が同一の形状であって、前記複数の鋼板の1つごとに前記形状を前記円周方向へ一定の長さずつ変位させて前記複数の鋼板が積層されることによって、前記複数のスロットの各々は前記回転軸に対し傾けられ、
- 前記凝集粒子の径は、前記長さよりも短く、かつ、前記回転軸の方向における前記複数の鋼板の各々の厚さよりも短いことを特徴とする請求項1から4のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。

- [請求項6] 前記凝集粒子は、 $0.1\ \mu\text{m}$ から $5\ \mu\text{m}$ の範囲に含まれる径の前記一次粒子が凝集した凝集物であって、
前記凝集粒子の径は、 $0.5\ \mu\text{m}$ から $20\ \mu\text{m}$ の範囲に含まれることを特徴とする請求項1から5のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項7] 前記希釈溶剤を除いた前記絶縁性塗料における前記凝集粒子の濃度は、 $30\ \text{wt}\%$ から $40\ \text{wt}\%$ の範囲に含まれることを特徴とする請求項1から6のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項8] 前記絶縁性塗料の粘度は、 $10\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ から $1000\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ の範囲に含まれることを特徴とする請求項1から7のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項9] 前記絶縁層を形成する工程において、前記スロットのうち前記回転軸の方向における中央部であって前記回転軸の方向における前記スロットの全長に対して少なくとも 85% の範囲に前記絶縁層を形成することを特徴とする請求項1から8のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項10] 前記絶縁層を形成する工程において、前記スロットのうち前記回転軸とは逆側の外縁部に前記絶縁層を形成することを特徴とする請求項1から9のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項11] 前記スロットのうち、前記回転軸を中心とする円の径方向における前記スロットの長さに対して少なくとも 60% の範囲に前記絶縁層を形成することを特徴とする請求項10に記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項12] 前記絶縁層を形成する工程において、前記複数のスロットのうち前記円周方向において1つおきのスロットの各々に前記絶縁層を形成することを特徴とする請求項1から11のいずれか1つに記載のかご形回転子の製造方法。
- [請求項13] 複数の鋼板の積層体である回転子鉄心と、

前記回転子鉄心において回転軸を中心とする円の円周方向に配列された複数のスロットの各々に収容されている導体と、

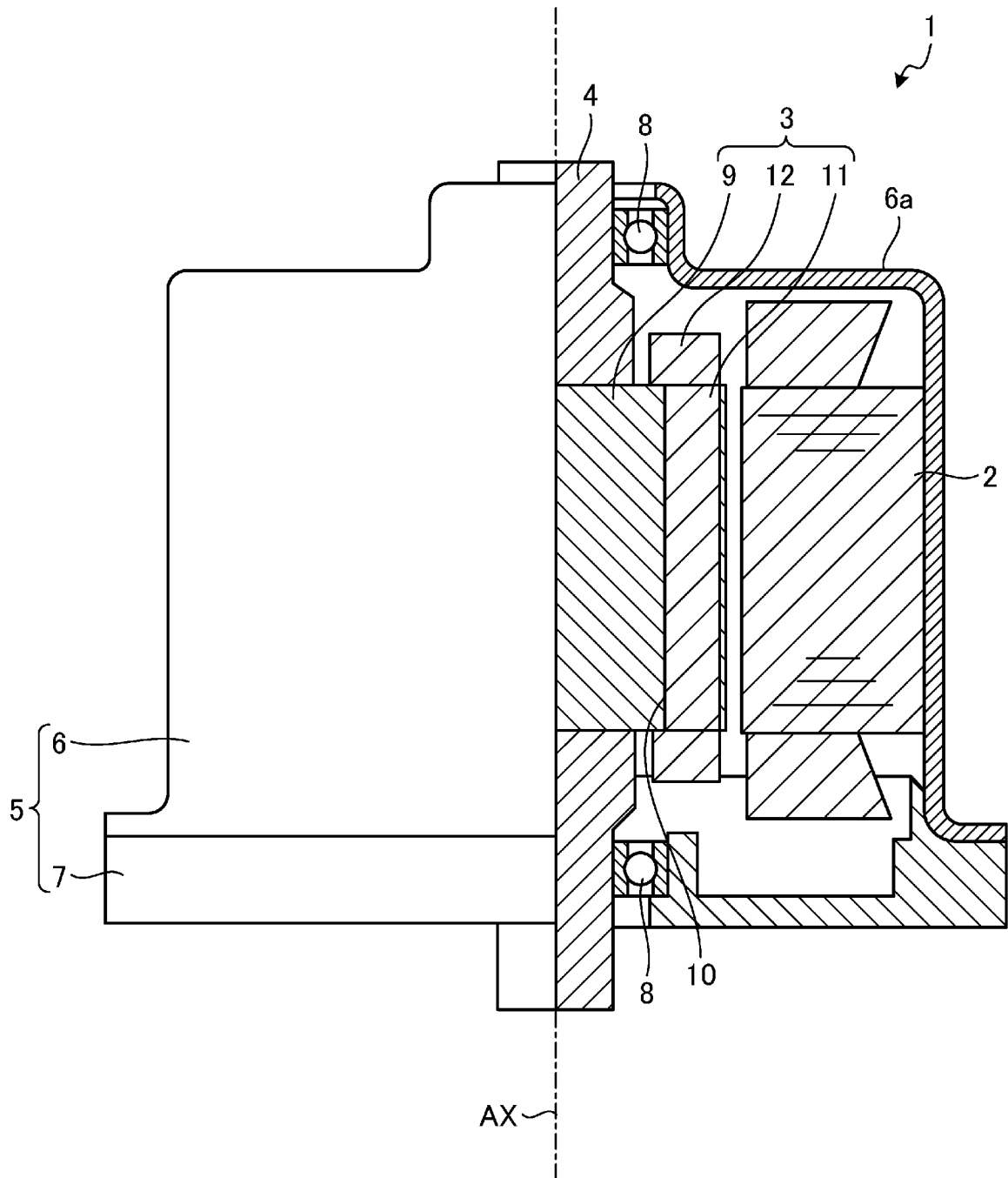
前記複数のスロットに含まれるスロットの内周面に設けられている絶縁層と、を備え、

前記絶縁層は、メチルフェニル基を有するシリコーン樹脂とアルキッド樹脂により変性されたシリコーン樹脂とのうちの少なくとも一方であるシリコーン樹脂と、一次粒子が自己凝集する性質を持つ無機化合物粒子の凝集粒子とを含むことを特徴とするかご形回転子。

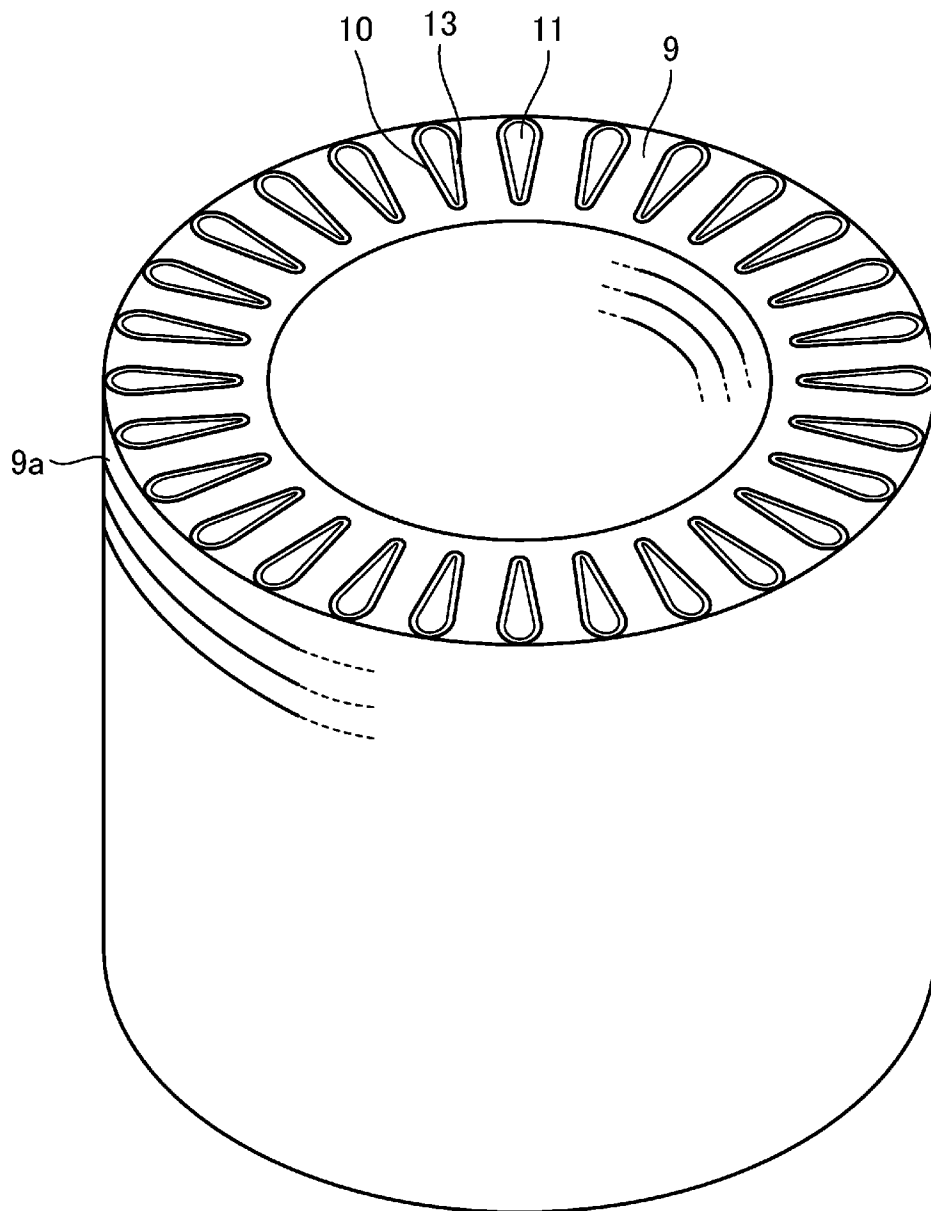
[請求項14] 前記一次粒子の比表面積は、 $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ から $20 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲に含まれることを特徴とする請求項13に記載のかご形回転子。

[請求項15] 前記絶縁層は、前記内周面に限定されて設けられていることを特徴とする請求項13または14に記載のかご形回転子。

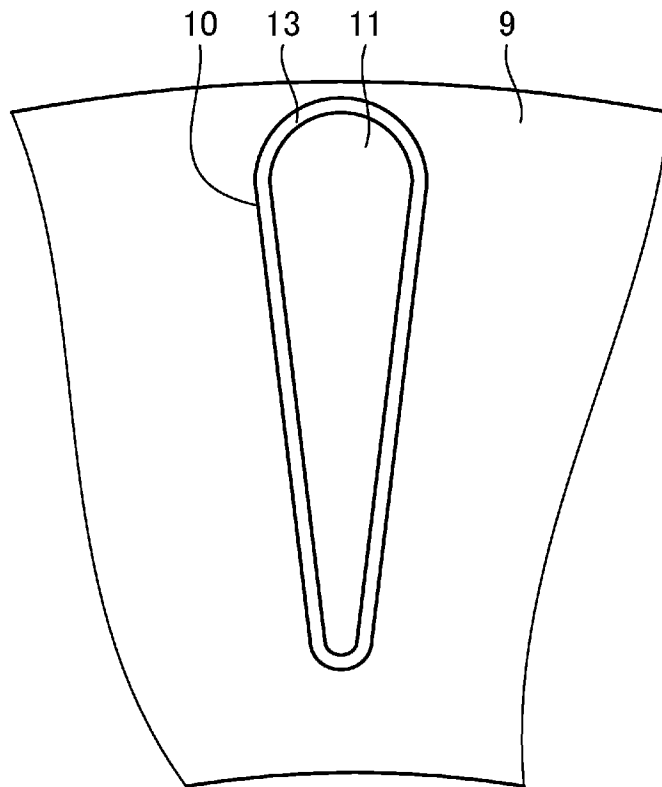
[図1]



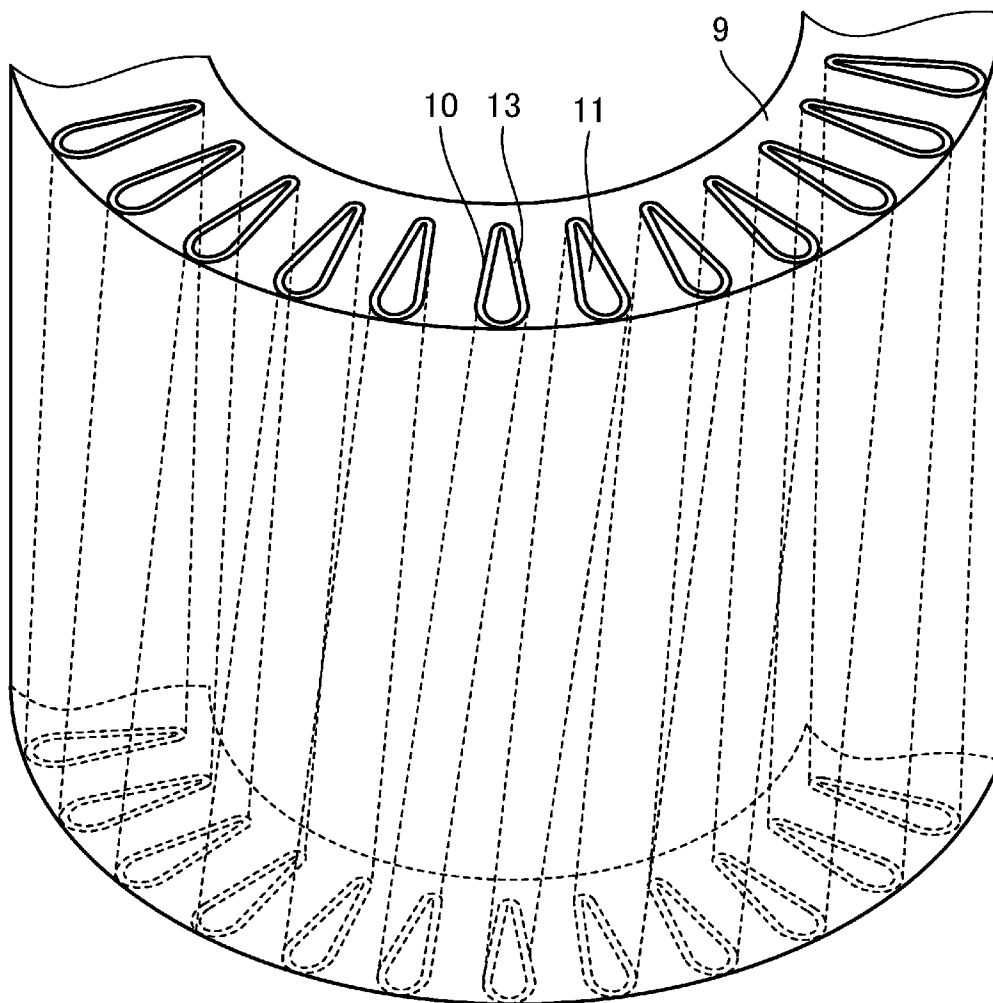
[図2]



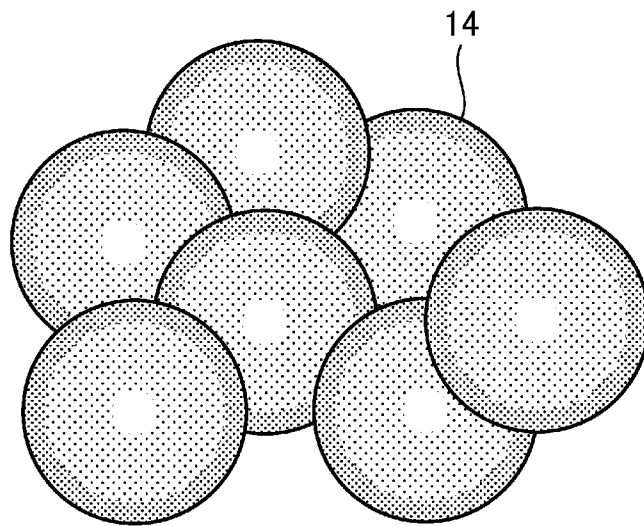
[図3]



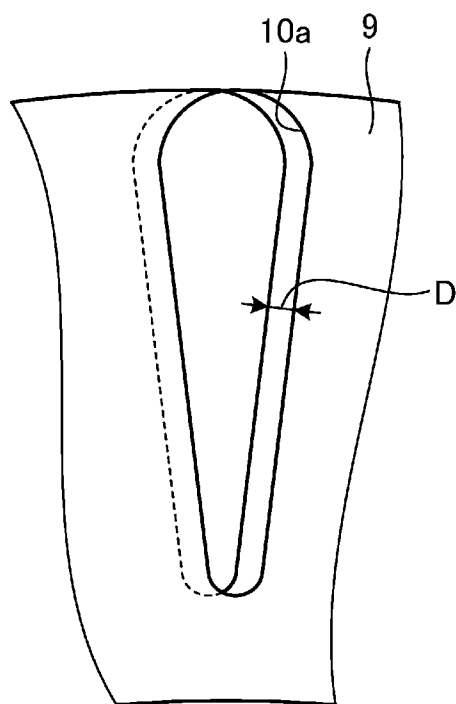
[図4]



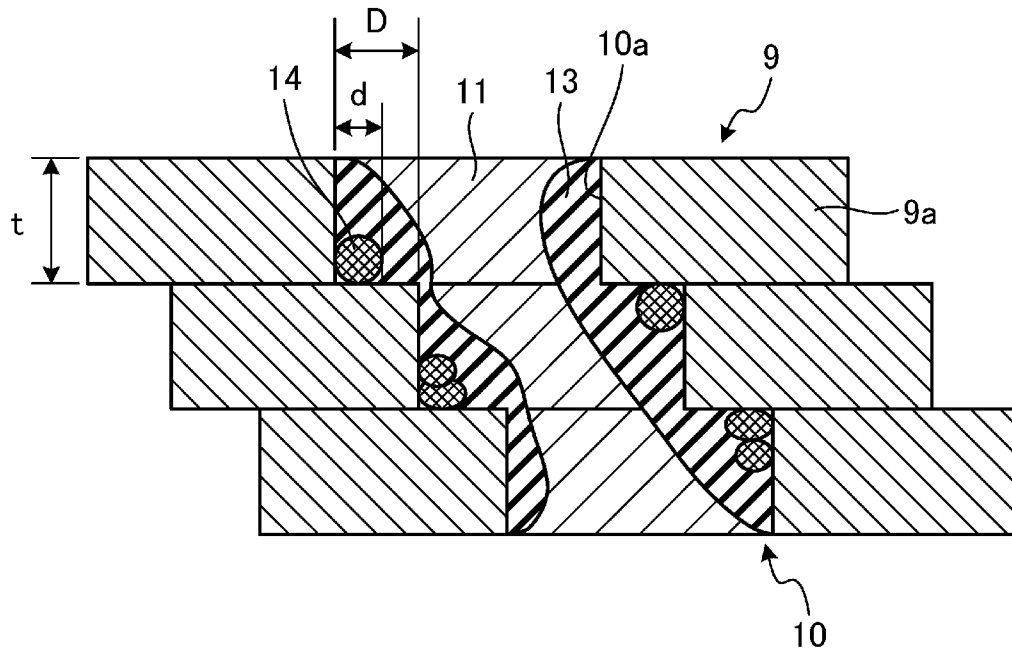
[図5]



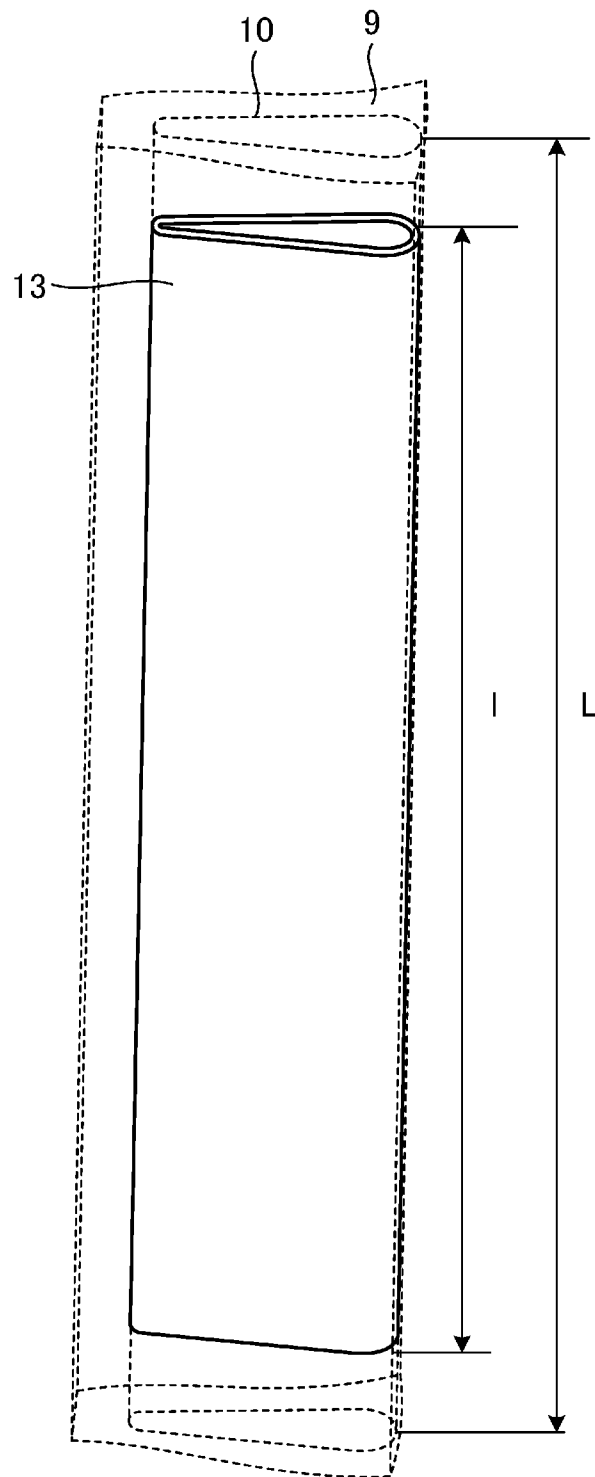
[図6]



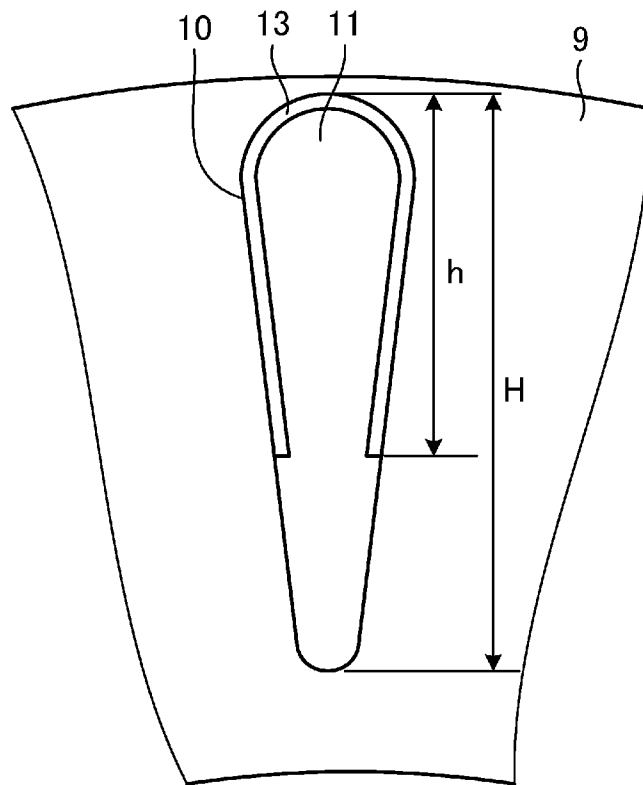
[図7]



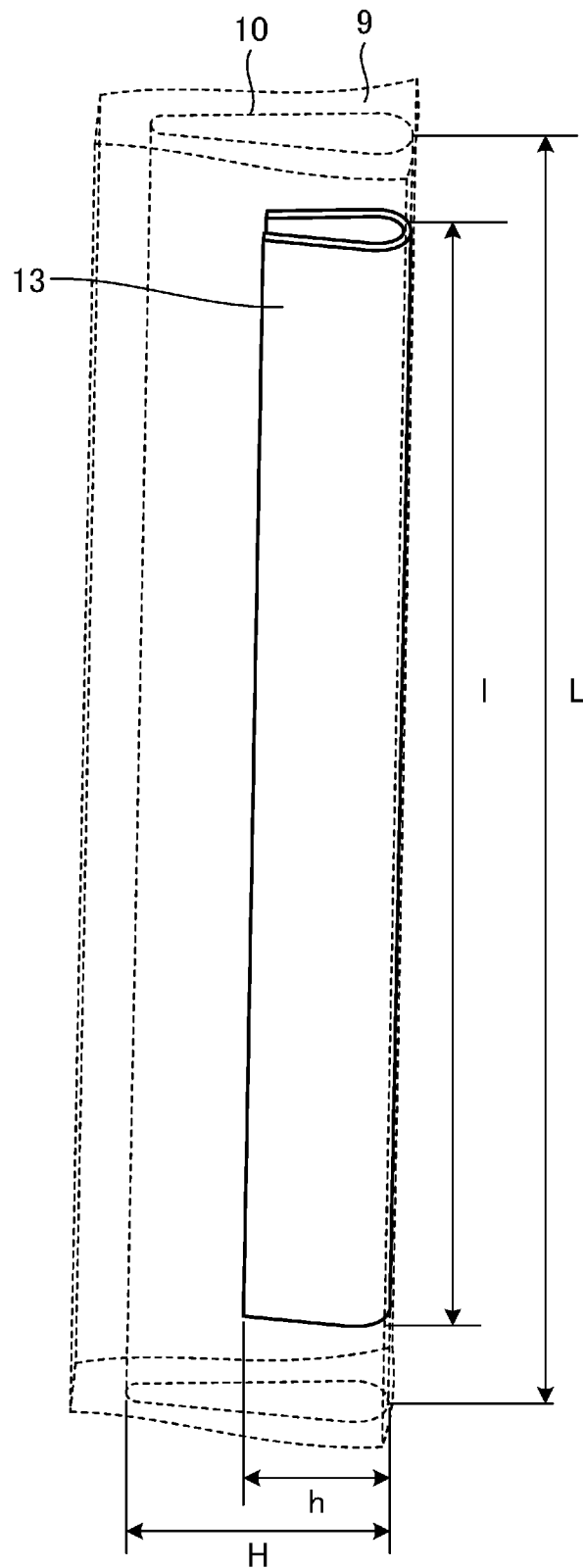
[図8]



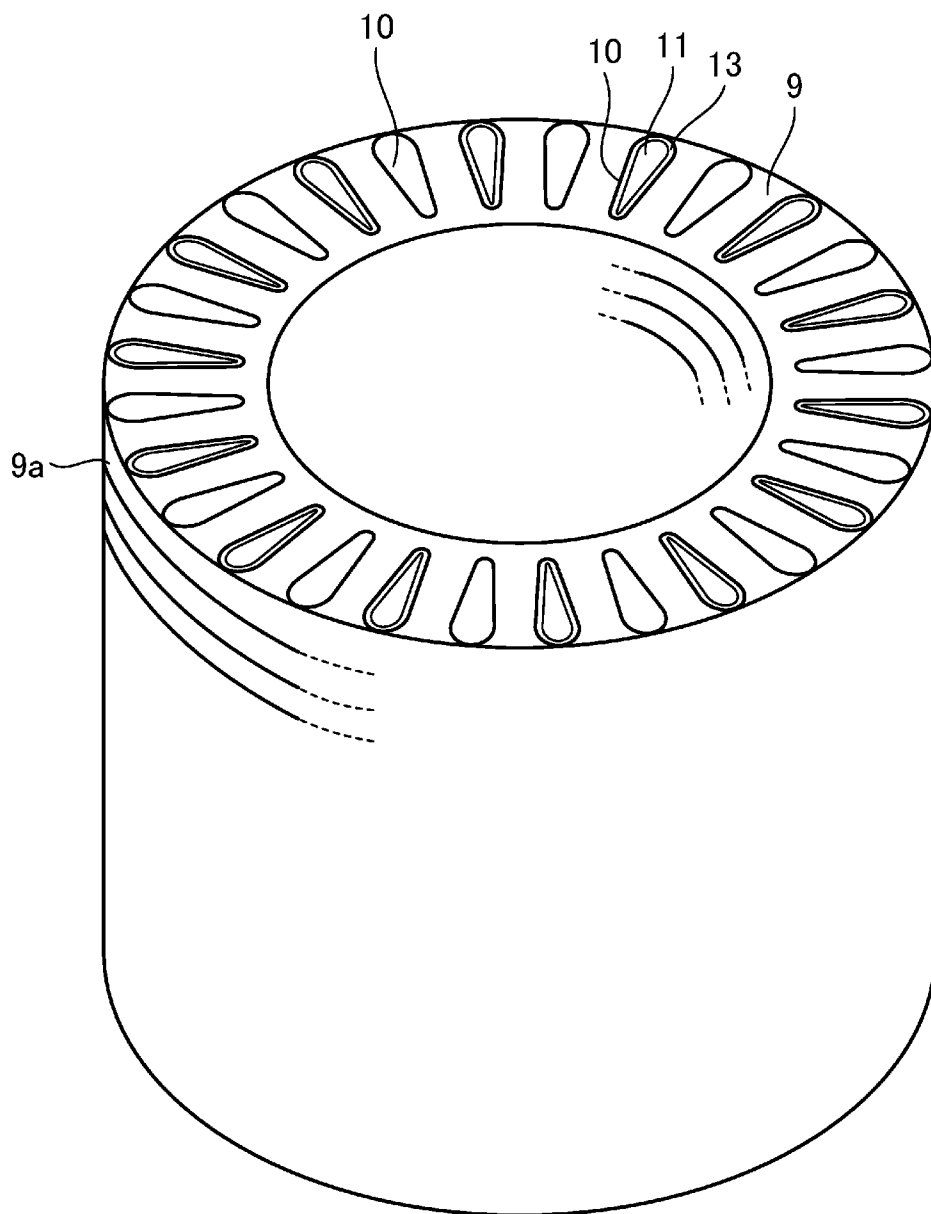
[図9]



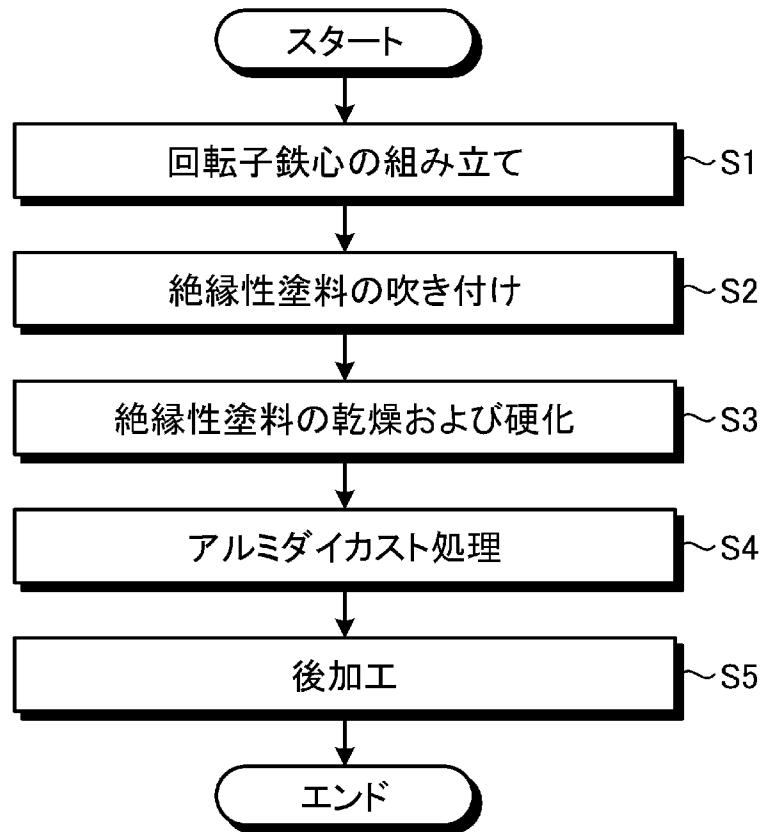
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

No.	シリコーン樹脂		無機化合物粒子			希釈溶剤	粘度 (mPa·s)	漂遊 負荷量の 低減効果	吹付け性	総合評価
	メチルフェニル	アルキッド	比表面積 (m ² /g)	凝集粒子粒径 (μm)	濃度 (wt%)					
実施例1	メチルフェニル	アルキッド	10	10	35	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例2	メチルフェニル	アルキッド	15	15	35	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例3	メチルフェニル	アルキッド	12	20	35	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例4	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例5	メチルフェニル	アルキッド	10	10	40	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例6	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	10	A	A	A
実施例7	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	20	A	A	A
実施例8	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	23	B	B	B
実施例9	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	37	B	B	B
実施例10	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	60	B	B	B
実施例11	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	75	B	C	C
実施例12	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	100	B	C	C
実施例13	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	500	B	C	C
実施例14	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	1000	B	C	C
実施例15	メチルフェニル	アルキッド	15	0.5	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例16	メチルフェニル	アルキッド	15	1	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例17	メチルフェニル	アルキッド	0.5	10	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例18	メチルフェニル	アルキッド	1	12	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例19	メチルフェニル	アルキッド	5	10	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
実施例20	メチルフェニル	アルキッド	20	10	30	キシレン、トルエン	15	A	B	A
比較例1	メチルフェニル	アルキッド	100	0.3	35	キシレン、トルエン	15	C	B	D
比較例2	メチルフェニル	アルキッド	0.3	27	35	キシレン、トルエン	15	D	C	D
比較例3	メチルフェニル	アルキッド	10	10	20	キシレン、トルエン	15	D	C	D
比較例4	メチルフェニル	アルキッド	10	10	50	キシレン、トルエン	15	D	D	D
比較例5	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	9	D	D	D
比較例6	メチルフェニル	アルキッド	10	10	30	キシレン、トルエン	1100	D	D	D
比較例7	メチルフェニル	アルキッド	0.2	35	50	キシレン、トルエン	15	D	D	D
比較例8	メチルフェニル	アルキッド	40	0.4	30	キシレン、トルエン	9	D	D	D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/019496

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K15/02 (2006.01) i, H02K17/16 (2006.01) i
 FI: H02K15/02J, H02K17/16Z, H02K17/16A

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)
 Int.Cl. H02K15/02, H02K17/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 61-112552 A (YASKAWA ELECTRIC MFG CO., LTD.) 30 May 1986 (1986-05-30), page 1, lower left column, lines 3-10, lower right column, lines 15-17, page 2, lower left column, line 4 to page 3, upper left column, line 6, drawings	1-11, 13-15 12
Y A	JP 60-121946 A (TOSHIBA CORPORATION) 29 June 1985 (1985-06-29), page 1, lower right column, lines 1-5, page 2, lower right column, line 15 to page 3, lower left column, line 16, fig. 1-3, 7, 8	1-11, 13-15 12
Y	JP 1-110561 A (CALP CORP.) 27 April 1989 (1989-04-27), page 1, lower left column, line 5 to lower right column, line 4, page 5, lower left column, lines 2, 3	1-11, 13-15

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 17 July 2020	Date of mailing of the international search report 04 August 2020
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/019496

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/014067 A1 (NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) 26 January 2017 (2017-01-26), paragraphs [0022], [0032]	2-11, 14-15
Y	JP 2015-86358 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 07 May 2015 (2015-05-07), paragraphs [0039]-[0042]	2-11, 14-15
Y	JP 2014-222973 A (NIPPON KAYAKU CO., LTD.) 27 November 2014 (2014-11-27), paragraph [0022], fig. 1	6-11
Y	WO 2019/176107 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 19 September 2019 (2019-09-19), paragraphs [0042]-[0046], fig. 10	9-11
Y	JP 2002-315282 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 25 October 2002 (2002-10-25), paragraph [0015], fig. 2	10-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/019496

JP 61-112552 A	30 May 1986	(Family: none)
JP 60-121946 A	29 June 1985	(Family: none)
JP 1-110561 A	27 April 1989	(Family: none)
WO 2017/014067 A1	26 January 2017	(Family: none)
JP 2015-86358 A	07 May 2015	(Family: none)
JP 2014-222973 A	27 November 2014	(Family: none)
WO 2019/176107 A1	19 September 2019	(Family: none)
JP 2002-315282 A	25 October 2002	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 15/02(2006.01)i; H02K 17/16(2006.01)i FI: H02K15/02 J; H02K17/16 Z; H02K17/16 A		
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）） H02K15/02; H02K17/16 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y A	JP 61-112552 A（株式会社安川電機製作所）30.05.1986（1986-05-30） 第1ページ左下欄第3-10行、右下欄第15-17行、第2ページ左下欄第4行-第3ページ左上欄第6行、図面	1-11, 13-15 12
Y A	JP 60-121946 A（株式会社東芝）29.06.1985（1985-06-29） 第1ページ右下欄第1-5行、第2ページ右下欄第15行-第3ページ左下欄第16行、図1-3, 7-8	1-11, 13-15 12
Y	JP 1-110561 A（カルプ工業株式会社）27.04.1989（1989-04-27） 第1ページ左下欄第5行-右下欄第4行、第5ページ左下欄第2-3行	1-11, 13-15
Y	WO 2017/014067 A1（日本電気硝子株式会社）26.01.2017（2017-01-26） 段落0022, 0032	2-11, 14-15
Y	JP 2015-86358 A（パナソニックIPマネジメント株式会社）07.05.2015（2015-05-07） 段落0039-0042	2-11, 14-15
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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 17.07.2020	国際調査報告の発送日 04.08.2020	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 未續 礼子 3V 7866 電話番号 03-3581-1101 内線 3357	

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
Y	JP 2014-222973 A (日本化薬株式会社) 27.11.2014 (2014 - 11 - 27) 段落0022, 図1	6-11
Y	WO 2019/176107 A1 (三菱電機株式会社) 19.09.2019 (2019 - 09 - 19) 段落0042-0046, 図10	9-11
Y	JP 2002-315282 A (三菱電機株式会社) 25.10.2002 (2002 - 10 - 25) 段落0015, 図2	10-11

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/019496

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 61-112552 A	30.05.1986	(ファミリーなし)	
JP 60-121946 A	29.06.1985	(ファミリーなし)	
JP 1-110561 A	27.04.1989	(ファミリーなし)	
WO 2017/014067 A1	26.01.2017	(ファミリーなし)	
JP 2015-86358 A	07.05.2015	(ファミリーなし)	
JP 2014-222973 A	27.11.2014	(ファミリーなし)	
WO 2019/176107 A1	19.09.2019	(ファミリーなし)	
JP 2002-315282 A	25.10.2002	(ファミリーなし)	