

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-33716
(P2012-33716A)

(43) 公開日 平成24年2月16日(2012.2.16)

(51) Int.Cl.

H01F 41/06 (2006.01)

F 1

H01F 41/06

テーマコード(参考)

A 5E002

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2010-172077 (P2010-172077)

(22) 出願日

平成22年7月30日 (2010.7.30)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号

(74) 代理人 100073759

弁理士 大岩 増雄

(74) 代理人 100093562

弁理士 児玉 俊英

(74) 代理人 100088199

弁理士 竹中 岳生

(74) 代理人 100094916

弁理士 村上 啓吾

(72) 発明者 大橋 昌史

東京都千代田区九段北一丁目13番5号

三菱電機エンジニアリング株式会社内

最終頁に続く

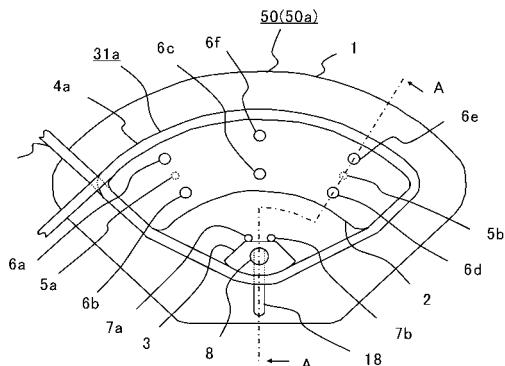
(54) 【発明の名称】 偏向電磁石コイルの巻線装置及び偏向電磁石コイルの巻線方法

(57) 【要約】

【課題】 プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することを目的とする。

【解決手段】 巻線定盤1と、巻線定盤1に設置され、所定の高さを有し巻線定盤1に平行な断面が円孤形状の巻枠2と、巻線定盤1における巻枠2の内径側に着脱可能に設置され、所定の高さを有する張りコマ3と、巻枠2の内径側に導体4を押圧するプレス治具9とを備える。導体4を巻回する際に、張りコマ3は、導体4を巻枠2の外周に沿わせる場合の導体長と、導体4を巻枠2及び当該張りコマ3の外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導体を巻回し、円弧形状に形成する偏向電磁石コイルの巻線装置であって、巻線定盤と、巻線定盤に設置され、所定の高さを有し前記巻線定盤に平行な断面が円弧形状の巻枠と、前記巻線定盤における前記巻枠の内径側に着脱可能に設置され、所定の高さを有する張りコマと、前記巻枠の内径側に前記導体を押圧するプレス治具とを備え、前記導体を巻回する際に、前記張りコマは、前記導体を前記巻枠の外周に沿わせる場合の導体長と、前記導体を前記巻枠及び当該張りコマの外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置されることを特徴とする偏向電磁石コイルの巻線装置。

【請求項 2】

前記巻線定盤は、前記張りコマの位置を設定する位置決めピンを係合する係合穴を有し、前記位置決めピンは前記巻線定盤に着脱可能に設置され、前記導体を巻回する際に、前記張りコマは前記位置決めピンに当接することを特徴とする請求項 1 記載の偏向電磁石コイルの巻線装置。

【請求項 3】

前記張りコマを前記巻枠の内径側に対向する距離を変える方向に移動させるスライド機構を備え、

前記導体を巻回する際に、前記張りコマは、前記巻線定盤及び前記スライド機構に着脱可能に設置されることを特徴とする請求項 1 記載の偏向電磁石コイルの巻線装置。

【請求項 4】

導体を巻回し、円弧形状に形成する偏向電磁石コイルの巻線方法であって、所定の高さを有し高さ方向と垂直な断面が円弧形状の巻枠が設置された巻線定盤に、張りコマを所定の位置に設置する張りコマ設置手順と、前記巻枠及び張りコマの外周側に沿わせて、前記導体を所定の回数だけ巻線し、前記巻枠及び前記張りコマの外周側に前記巻線定盤の垂直方向に層をなした層状枠体を形成する層状枠体形成手順と、

前記張りコマを前記巻線定盤から取り外し、前記層状枠体を前記巻枠の内径側にプレス治具にて押圧するプレス成型手順とを含み、

前記張りコマ設置手順の際に、前記張りコマは、前記導体を前記巻枠の外周に沿わせる場合の導体長と、前記導体を前記巻枠及び前記張りコマの外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置され、

前記偏向電磁石コイルの巻線層数が所定の層数に達していない場合に、前記張りコマ設置手順、前記層状枠体形成手順及び前記プレス成型手順を繰り返すことを特徴とする偏向電磁石コイルの巻線方法。

【請求項 5】

前記層状枠体形成手順において、前記層状枠体は外周側に複数の層を形成することを特徴とする請求項 4 記載の偏向電磁石コイルの巻線方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、サイクロトロン放射光発生装置等の円形加速器における荷電粒子ビームや、円形加速器により加速された荷電粒子ビームを偏向させる偏向電磁石のコイルの巻線方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

円形加速器等においては、荷電粒子ビームが所定の円軌道を描きつつ加速させるために偏向電磁石が用いられている。例えば特許文献 1 には、曲率中心を有した円弧状に荷電粒子ビームの軌道を曲げるコイル（円弧状コイルと呼ぶ）を有する偏向電磁石が記載されている。偏向電磁石は、ヨークに組み込んだ円弧状コイルに電流を流すことで、ヨーク磁極の間に磁場を発生させて、磁力により高エネルギーに加速された荷電粒子のビームを偏向

10

20

30

40

50

させるものである。従来の偏向電磁石は、所定のギャップを介して互いに対向する一対の磁極及びこの一対の磁極を連結するヨークを有するとともに、多数枚の電磁鋼板が積層されて構成された電磁石本体と、この電磁石本体に設けられ磁極間のギャップに一様の磁場を発生させてギャップ内を通る荷電粒子ビームの軌道を、曲率中心を持つ円弧状に曲げる円弧状コイルとを備えていた。

【0003】

円弧状コイルは、荷電粒子ビーム軌道の外周側及び内周側を交互に回転するように導体が巻かれ、円弧状コイルの内周側及び外周側は円弧状になっている。円弧状コイルは、成型後にヨークに組み込みが可能な形状で、かつ導線を密着させるために製作精度が求められる。円弧状コイルの巻線方法は、例えば特許文献2に示されているように、1ターン毎に導体を巻芯に沿わせて巻き付けることで、円弧形状のコイルを成型していた。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2000-252100号公報(0015段、図1)

【特許文献2】特開平9-22799号公報(0044段、図9)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

円弧形状に導線を巻回する巻線方法は、特許文献2に具体的に記載されていない。例えば、円弧形状の巻芯とプレス治具を用いて巻線を行うことが考えられる。まず巻線張力を利用し、円弧形状の巻芯に沿わせて巻線を行う。巻芯の内径側では、巻線張力を緩め、プレス治具を用いて導体を巻芯の内径側にプレスする。続いて、導体を巻芯に固定し、再び巻線張力を掛けて巻芯に沿わせて巻線を行う。上記を繰り返し行うことで、所定の円弧形状を形成することができる。

20

【0006】

しかしながら、巻線が巻芯の内径側にさしかかると導体を巻芯に沿わせるためにプレス成型しなければならず、1ターンの巻線毎にプレス成型することが必要であり、製作するコイルのターン数に比例して、プレス成型工程が増加する問題があった。プレス成型工程が増加することで偏向電磁石コイルの製造に時間がかかる問題があった。

30

【0007】

本発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

巻線定盤と、巻線定盤に設置され、所定の高さを有し巻線定盤に平行な断面が円弧形状の巻枠と、巻線定盤における巻枠の内径側に着脱可能に設置され、所定の高さを有する張りコマと、巻枠の内径側に導体を押圧するプレス治具とを備える。導体を巻回する際に、張りコマは、導体を巻枠の外周に沿わせる場合の導体長と、導体を巻枠及び当該張りコマの外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置される。

40

【発明の効果】

【0009】

本発明に係る偏向電磁石コイルの巻線装置は、巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした層状枠体31を形成することができ、プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態1による巻線装置を説明する図である。

【図2】図1のA-A断面図である。

【図3】実施の形態1による巻線装置にて層状枠体をプレス成型する際の図である。

50

【図4】実施の形態1による巻線装置にて行う2層目の巻線方法を説明する図である。

【図5】実施の形態1による巻線方法を示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施の形態2による巻線方法を説明する図である。

【図7】実施の形態2による巻線方法を示すフローチャートである。

【図8】本発明の実施の形態3による巻線装置を説明する正面図である。

【図9】本発明の実施の形態3による巻線装置を説明する裏面図である。

【図10】図8及び図9のB-B断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1.

10

図1～図3は実施の形態1による巻線装置を説明する図である。図1は巻線装置の正面図であり、1層目の巻線を巻いた状態である。図2は、図1におけるA-A断面図である。図3は、層状枠体を巻線装置にてプレス成型する際の図である。巻線装置50は、巻線定盤1と、巻枠2と、張りコマ3と、プレス治具9を備える。巻線定盤1に円弧形状の巻枠2と巻枠2の内径側に張りコマ3が着脱可能に設置される。巻枠2は、所定の高さを有し巻線定盤1に平行な断面、あるいは高さ方向と垂直な断面が円弧形状である。巻枠2は、巻線定盤1に固定するための6つに貫通穴20と、巻枠2の裏面に巻線定盤1に設けられた巻枠位置決めピン5a、5bに係合する係合穴15を有する。巻枠2は、係合穴15と巻枠位置決めピン5a、5bに係合させ、巻枠取り付けボルト6a、6b、6c、6d、6e、6fで巻線定盤1に固定される。張りコマ3は、所定の高さを有し、巻線定盤1に固定するための貫通穴19を有する。張りコマ3は、巻線定盤1に設けられた長穴18がある部分に配置され、巻線定盤1の係合穴16に着脱可能に設けられた位置決めピン(1層目)7a、7bに当接させて、コマ取り付けボルト8とナット30にて、巻線定盤1に固定される。張りコマ3及び巻枠2の設置位置は、導体4を巻枠2の外周に沿わせる際の導体長と、導体4を巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせる際の導体長が等しくなる位置に設置されている。また、巻枠2及び張りコマ3の位置関係は、巻枠位置決めピン5a、5bと位置決めピン7a、7bによって再現性を確保している。巻枠2及び張りコマ3の所定の高さは、それぞれ偏向電磁石コイルの高さよりも高ければよい。

20

【0012】

図1及び図2に示す巻線装置50の巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせて、張りコマ3の側である内径側が凸状になるように導体4を所定の回数だけ巻線し、巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした層状枠体31を形成する。1層目の層状枠体31aは1層目導体4aで形成される。層状枠体31は、最終的に巻枠2の外周形状になるようにプレス成型されるので、巻枠2の外径側に位置する側を層状枠体31の外径側と呼び、巻枠2の内径側に位置する側を層状枠体31の内径側と呼ぶことにする。図2は、層状枠体31aが巻枠2及び張りコマ3の高さまで形成された例を示している。図3に示すように、プレス治具9は、当て板21と複数の、例えば3つのプレス金具22a、22b、22cを有し、巻線定盤1に着脱可能に設けられる。それぞれのプレス金具22は、プレス金具台23と締め付けボルト24を有する。

30

【0013】

図3及び図4を用いて、巻線装置50にて層状枠体31をプレス成型する方法を説明する。図4は、実施の形態1による巻線装置にて行う2層目の巻線方法を説明する図である。図1のように、1層目の層状枠体31aが、その内径側が凸状に形成された後に、着脱可能に設置された張りコマ3と位置決めピン7a、7bは巻線定盤1から取り外される。図3に示すように、プレス治具9にて層状枠体31の内径側は巻枠2の内径側に押圧され、層状枠体31は巻枠2の形状である円弧形状になるようにプレス成型される。その後、プレス治具9は図示しない固定具で巻線定盤1に固定され、層状枠体31の円弧形状を保持する。

40

【0014】

次に、図4に示すように、1層目の層状枠体31aをプレス治具9で固定した状態で、

50

張りコマ3が再度設置されて、2層目のコイル巻線を巻く構成にする。この際、張りコマ3を2層目の2層目導体4bの周長に合わせた位置に設置できるように、張りコマ3は巻線定盤1に2層目用の位置決めピン17a、17bで位置決めされて、コマ取り付けボルト8とナット30にて、巻線定盤1に固定される。1層目の層状枠体31aが形成された巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせて、張りコマ3の側である内径側が凸状になるように導体4を所定の回数だけ巻線し、1層目の層状枠体31aが形成された巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした2層目の層状枠体31bを形成する。

【0015】

実施の形態1の巻線装置50は、上記のように層状枠体31を外周側に形成することを繰り返し行うことで、複数層を有するコイルを効率良く形成することができる。

10

【0016】

次に巻線装置50を用いた偏向電磁石コイルの巻線方法を説明する。図5は、実施の形態1による巻線方法を示すフローチャートである。まず、図1及び図2に示すように、巻線定盤1に巻枠2を設置する(ステップST1)。巻線定盤1に張りコマ3を設置する(ステップST2、張りコマ設置手順)。図1に示すように、内径側が凸状になるように導体4を巻線し、層状枠体31を形成(ステップST3、層状枠体形成手順)。ステップST3では、上述したように、巻線装置50の巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせて、張りコマ3の側である内径側が凸状になるように導体4を所定の回数だけ巻線し、巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした層状枠体31を形成する。

20

【0017】

次に、張りコマ3を取り外す(ステップST4)。図3に示すように、内径側が円弧形状になるように層状枠体31を、プレス治具9でプレス成型する(ステップST5、プレス成型手順)。プレス治具9で層状枠体31を円弧形状に固定し、層状枠体31の円弧形状を保持する。(ステップST6)。1層目導体4aのスプリングバック及び層状枠体31の巻崩れを防止するために、プレス治具9で層状枠体31を固定する。ステップST6が終了すると1層分のコイル巻線が完成する(ステップST7)。次に所定層分の巻線手順(ステップST2からステップST7)が終了したかを判定する(ステップST8)。所定層分に達していない場合は、ステップST2に戻り、巻線手順を行う。所定層分に達していた場合は、ステップST9に進む。

30

【0018】

ステップST9にて、コイル全周をプレス成型加熱して、接着剤で接着一体化する(ステップST9)。接着剤が硬化すると、所定層を有する偏向電磁石コイルが完成する(ステップST10)。

【0019】

上記のように実施の形態1の巻線装置50では、1層毎の複数ターンを一度に巻線プレスを行うので、従来の巻線方法のように、ターン毎のプレス成型作業を行い、プレス成型工程が増加することで偏向電磁石コイルの製造時間が長くなっていたのとは異なり、プレス成型工程を少なくでき、巻線作業を短縮することが可能である。したがって、プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することができる。

40

【0020】

以上のように実施の形態1の偏向電磁石コイルの巻線装置50によれば、巻線定盤1と、巻線定盤1に設置され、所定の高さを有し巻線定盤1に平行な断面が円弧形状の巻枠2と、巻線定盤1における巻枠2の内径側に着脱可能に設置され、所定の高さを有する張りコマ3と、巻枠2の内径側に導体4を押圧するプレス治具9とを備え、導体4を巻回する際に、張りコマ3は、導体4を巻枠2の外周に沿わせる場合の導体長と、導体4を巻枠2及び当該張りコマ3の外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置されるので、巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした層状枠体31を形成することができ、プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することができる。

50

【0021】

実施の形態1の偏向電磁石コイルの巻線方法によれば、所定の高さを有し高さ方向と垂直な断面が円弧形状の巻枠2が設置された巻線定盤1に、張りコマ3を所定の位置に設置する張りコマ設置手順と、巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせて、導体4を所定の回数だけ巻線し、巻枠2及び張りコマ3の外周側に巻線定盤1の垂直方向に層をなした層状枠体31を形成する層状枠体形成手順と、張りコマ3を巻線定盤1から取り外し、層状枠体31を巻枠2の内径側にプレス治具9にて押圧するプレス成型手順とを含み、張りコマ設置手順の際に、張りコマ3は、導体4を巻枠2の外周に沿わせる場合の導体長と、導体4を巻枠2及び張りコマ3の外周側に沿わせる場合の導体長が等しくなる位置に設置され、偏向電磁石コイルの巻線層数が所定の層数に達していない場合に、張りコマ設置手順、層状枠体形成手順及びプレス成型手順を繰り返すので、プレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することができる。10

【0022】

実施の形態2.

実施の形態1では、コイル1層毎に、巻線及びプレス成型する場合について述べたが、導体4のサイズが小さく、剛性が低いもの、例えば導体厚さが1mm程度のものであれば、複数層または、コイル全層を一度に巻線した後にプレス成型することが可能である。図6は本発明の実施の形態2による巻線方法を説明する図である。実施の形態1とは、複数層または、コイル全層を一度に巻線した後にプレス成型する点で異なる。導体4は、剛性が低く、導体断面積が小さいものである。導体4の断面形状は、円形でも四角型でもよい。断面形状が円形の場合は、例えば断面形状の直径が1mm程度のものであればよい。20

【0023】

図7は、実施の形態2による巻線方法を示すフローチャートである。実施の形態2のフローチャートは、図5のフローチャートからステップST3がステップST11に変更され、ステップST7がステップ12に変更された点で異なる。巻線定盤1に張りコマ3が設置された(ステップST2)後に、ステップST11(層状枠体形成手順)にて、内径側が凸状になるように導体4を、所定の複数層分だけ巻線し、層状枠体31を形成する。また、ステップST6が終了するとプレス成型されたコイル巻線が完成する(ステップST12)。次に所定層分の巻線手順(ステップST2からステップST11)が終了したかを判定する(ステップST8)。所定層分に達していない場合は、ステップST2に戻り、巻線手順を行う。所定層分に達していた場合は、ステップST9に進む。30

【0024】

実施の形態2の巻線方法は、複数層に形成した層状枠体31をプレス成型するので、実施の形態1に比べてさらにプレス成型工程を少なくでき、巻線作業を短縮することが可能である。したがって、実施の形態1に比べてさらにプレス成型回数を減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を短縮することができる。

【0025】

また、全層の巻線を一度に行うこともできる。全層の巻線を一度に行う場合は、プレス固定金具を設置して巻線作業を行うことがなく、張りコマ3、プレス治具9の着脱作業およびプレス成型作業を1回で済ませるので、プレス成型回数を大幅に減少させ、偏向電磁石コイルの製造時間を大幅に短縮することができる。40

【0026】

実施の形態3.

実施の形態1では、張りコマ3を設置するために、各層毎に位置決めピンを設ける構造を示したが、図8～図10に示すように、巻線装置50(50b)は張りコマ3を任意の位置にスライドさせるスライド機構10を備えることで、実施の形態1と同等の効果が得られると共に、1つの巻線装置50にて類似形状の偏向電磁石コイルの巻線を行うことができる。以下に説明する。

【0027】

図8～図10は実施の形態3による巻線装置を説明する図である。図8は巻線装置の正

面図であり、1層目の巻線を巻いた状態である。図9は、図8におけるB-B断面図である。図10は、巻線装置の裏面図である。スライド機構10は、2つのレール支持台13a、13bと、2つのレール12a、12bと、ボルトねじ25と、コマ固定台14を有する。また、コマ固定台14には張りコマ3の位置を確認するための側長ユニット11が設けられる。測長ユニット11は、例えば巻枠2側に位置するレール支持台13bからの距離を測定する。ボルトねじ25における巻線定盤1の外側にはハンドルが設けられ、ハンドルを回すことでコマ固定台14が巻線定盤1の外側から内側まで移動することができる。すなわち、スライド機構10は張りコマ3を巻枠2の内径側に対向する距離を変える方向に移動させることができる。

【0028】

10

巻線装置50bを用いた偏向電磁石コイルの巻線方法を説明する。基本的には実施の形態1と同様であるが、ステップST2でスライド機構10を用いる点で異なる。ステップST2にて、張りコマ3をスライド機構10に取り付け、測長ユニット11により測定した距離を確認しながら、張りコマ3を所定の位置に移動し、設置する。ステップST4にて、張りコマ3をスライド機構10及び巻線定盤1から取り外す。

【0029】

実施の形態3の巻線装置50bは、張りコマ3を所定位置に変更するスライド機構10を設けたので、位置決めピン7a、7b、17a、17b等を係合する係合穴を不要にでき、巻線定盤1を取り変えることなく、類似形状の偏向電磁石コイルの巻線を行うことができる。

20

【0030】

また、実施の形態3の巻線装置50bは、張りコマ3を所定位置に変更するスライド機構10を設けたので、実施の形態1と異なり位置決めピン7a、7b、17a、17bの着脱を行わないので、実施の形態1よりも張りコマ3の位置設定作業を短時間で行うことができる。また、実施の形態3の巻線装置50bは、実施の形態1の巻線装置50aに比べて、位置決めピンを不要にでき、部品点数を少なくすることができる。

【0031】

なお、実施の形態3の巻線装置50bを用いた偏向電磁石コイルの巻線方法として、実施の形態2に示した複数層または、コイル全層を一度に巻線した後にプレス成型する方法にも適用できる。

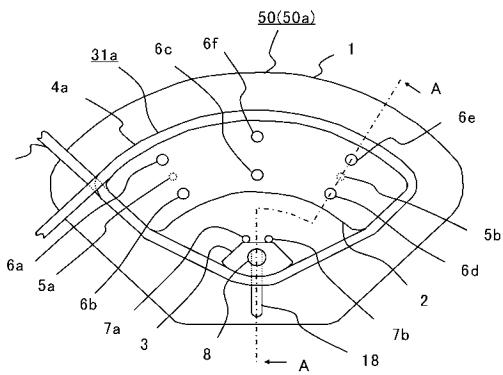
30

【符号の説明】

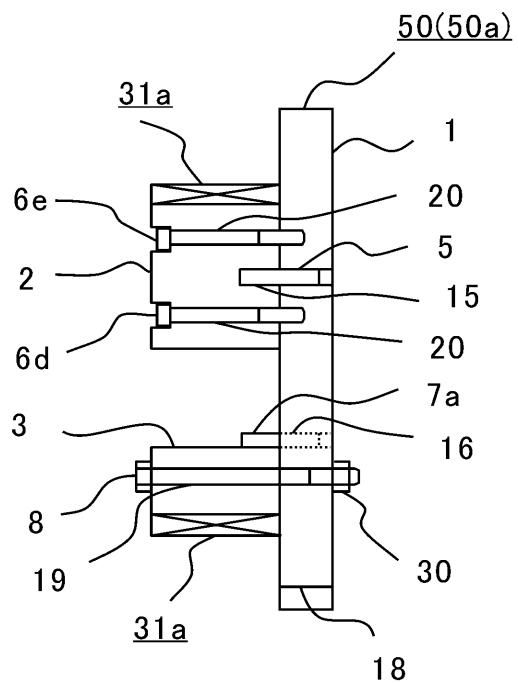
【0032】

1...巻線定盤、2...巻枠、4、4a、4b...導体、7a、7b...位置決めピン、9...プレス治具、10...スライド機構、16...係合穴、17a、17b...位置決めピン、31、31a、31b...層状枠体、50、50a、50b...巻線装置。

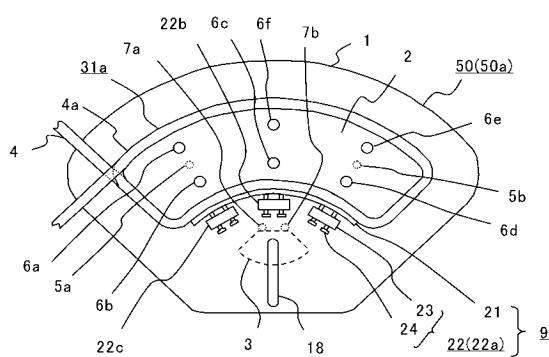
【 図 1 】



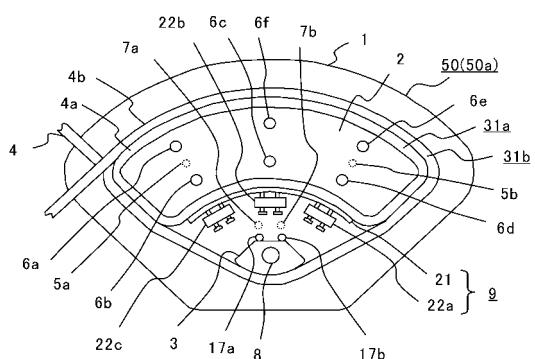
【 図 2 】



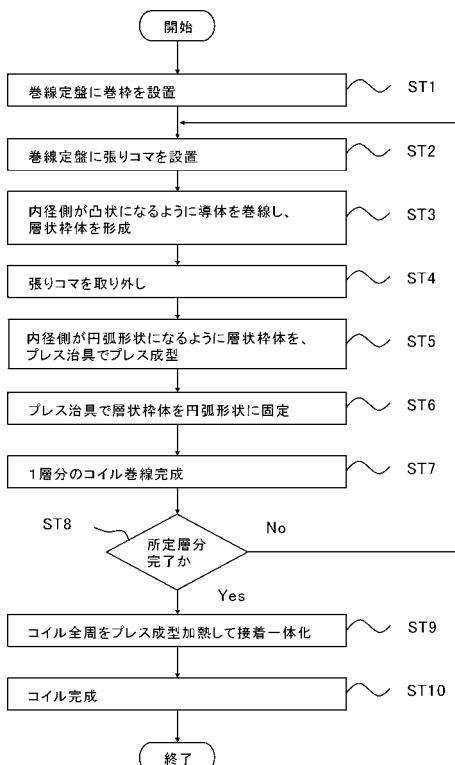
【 3 】



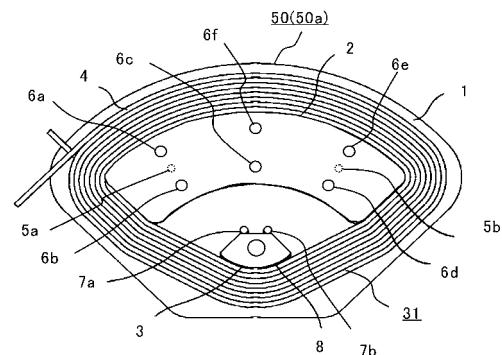
【 4 】



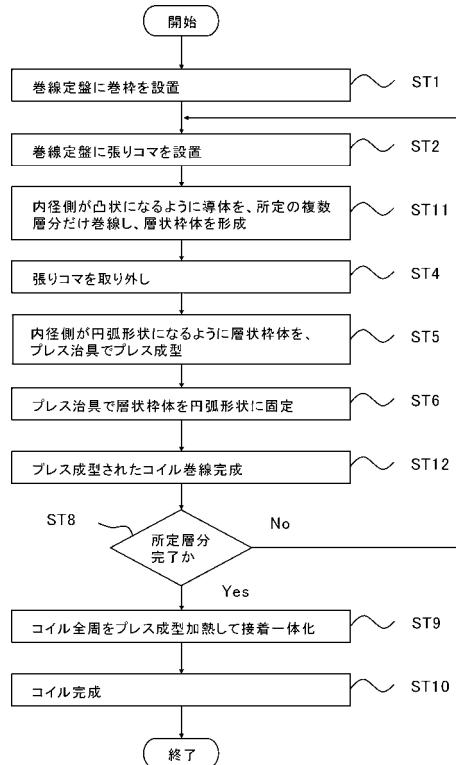
【 図 5 】



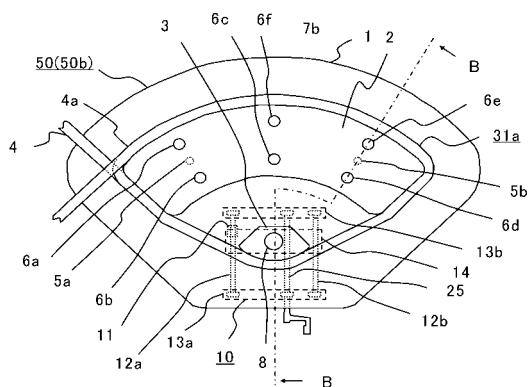
【図 6】



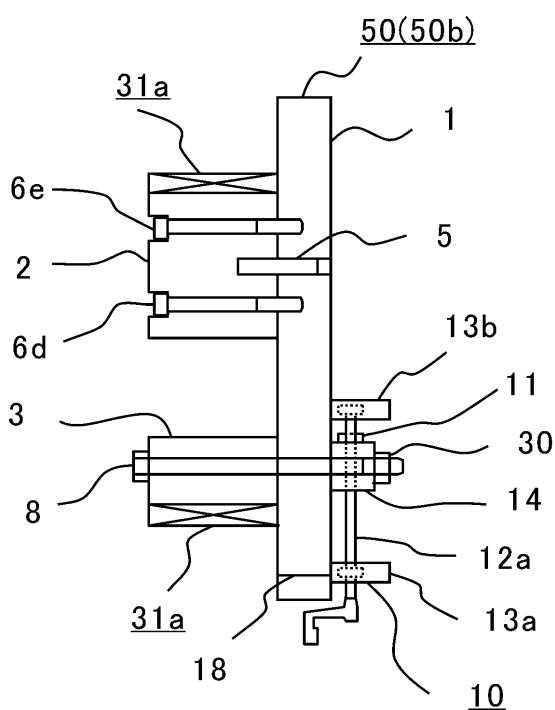
【図 7】



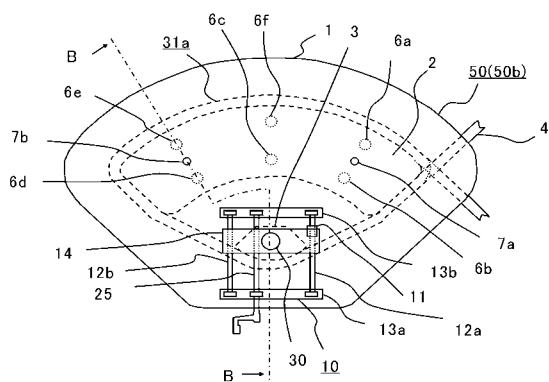
【図 8】



【図 10】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 益野 真一

東京都千代田区九段北一丁目 13番5号 三菱電機エンジニアリング株式会社内

(72)発明者 高木 繁行

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

F ターム(参考) 5E002 AA03 AA05 AB02