

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4626683号
(P4626683)

(45) 発行日 平成23年2月9日(2011.2.9)

(24) 登録日 平成22年11月19日(2010.11.19)

(51) Int. Cl.		F 1			
HO2K	1/02	(2006.01)	HO2K	1/02	Z
HO2K	1/06	(2006.01)	HO2K	1/06	Z
HO2K	15/02	(2006.01)	HO2K	15/02	K

請求項の数 20 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2008-192468 (P2008-192468)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成20年7月25日 (2008. 7. 25)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2009-219341 (P2009-219341A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成21年9月24日 (2009. 9. 24)	(74) 代理人	110000291
審査請求日	平成20年8月22日 (2008. 8. 22)		特許業務法人コスモス特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2007-222778 (P2007-222778)	(72) 発明者	角田 佳介
(32) 優先日	平成19年8月29日 (2007. 8. 29)		愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	相原 秀雄
(31) 優先権主張番号	特願2008-31639 (P2008-31639)		愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(32) 優先日	平成20年2月13日 (2008. 2. 13)	(72) 発明者	三林 雅彦
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非磁性箇所を有する鋼材およびその製造方法および回転電機コア

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

非磁性箇所を有する鋼材において、

電磁鋼板により構成されており、

前記非磁性箇所は、

一方の表面側の表面鋼材層と、

前記表面鋼材層の下の非磁性合金層とを有し、

残部が前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板と同じ材質および組織の電磁鋼板層であり、

前記非磁性箇所における前記電磁鋼板層の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の全厚より薄く、

前記非磁性箇所における前記表面鋼材層の表面と、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の前記一方の表面側の表面とが平坦な面をなしていることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

【請求項2】

請求項1に記載の非磁性箇所を有する鋼材において、

前記表面鋼材層が、オーステナイト系ステンレス鋼の層であることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

【請求項3】

非磁性箇所を有する鋼材において、

第 1 の電磁鋼板と第 2 の電磁鋼板とが重ね合わせられており、
 前記非磁性箇所は、内部に非磁性合金層が形成されており、
 前記非磁性合金層は、前記第 1 の電磁鋼板と前記第 2 の電磁鋼板との双方に食い込んで形成されており、

前記非磁性箇所における前記第 1 の電磁鋼板の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第 1 の電磁鋼板の厚さより薄く、

前記非磁性箇所における前記第 2 の電磁鋼板の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第 2 の電磁鋼板の厚さより薄いことを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の非磁性箇所を有する鋼材において、

10

前記第 1 の電磁鋼板と前記第 2 の電磁鋼板とが、重ね合わせられた面に対して対称な形状をしていることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の非磁性箇所を有する鋼材において、

前記非磁性合金層の体積抵抗率が、

前記第 1 の電磁鋼板の体積抵抗率と前記第 2 の電磁鋼板の体積抵抗率とのいずれよりも大きいことを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 までのいずれかに記載の非磁性箇所を有する鋼材において、

前記非磁性合金層が、その融点を上昇させる元素を含有するオーステナイト相の合金層であることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材。

20

【請求項 7】

非磁性箇所を有する回転電機コアにおいて、

電磁鋼板を積層したものであり、

前記非磁性箇所は、

一方の表面側の表面鋼材層と、

前記表面鋼材層の下の非磁性合金層とを有し、

残部が前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板と同じ材質および組織の電磁鋼板層であり、

前記非磁性箇所における前記電磁鋼板層の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の全厚より薄く、

30

前記非磁性箇所における前記表面鋼材層の表面と、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の前記一方の表面側の表面とが平坦な面をなしていることを特徴とする非磁性箇所を有する回転電機コア。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の回転電機コアにおいて、

複数の磁石取り付け穴が形成されており、

前記非磁性箇所が、隣り合う磁石取り付け穴の間に位置しており、

隣り合う磁石取り付け穴の間の最短距離の箇所が、前記非磁性箇所の中に位置していることを特徴とする回転電機コア。

40

【請求項 9】

請求項 7 に記載の回転電機コアにおいて、

磁石取り付け穴が形成されており、

前記非磁性箇所が、前記磁石取り付け穴と外周縁との間に位置しており、

前記磁石取り付け穴と外周縁との間の最短距離の箇所が、前記非磁性箇所の中に位置していることを特徴とする回転電機コア。

【請求項 10】

非磁性箇所を有する回転電機コアであって、

前記回転電機コアは、第 1 の主鋼材と、第 2 の主鋼材とが重ね合わせられた鋼材を積層したものであり、

50

前記非磁性箇所は、内部に非磁性合金層が形成されており、
前記非磁性合金層は、前記第 1 の主鋼材と前記第 2 の主鋼材との双方に食い込んで形成されており、

前記非磁性箇所における前記第 1 の主鋼材の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第 1 の主鋼材の厚さより薄く、

前記非磁性箇所における前記第 2 の主鋼材の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第 2 の主鋼材の厚さより薄いことを特徴とする非磁性箇所を有する回転電機コア。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の非磁性箇所を有する回転電機コアにおいて、

前記非磁性合金層の体積抵抗率が、

前記第 1 の主鋼材の体積抵抗率と前記第 2 の主鋼材の体積抵抗率とのいずれよりも大きいことを特徴とする非磁性箇所を有する回転電機コア。

【請求項 1 2】

凹部を設けた主鋼材の凹部に、蓋鋼材と、鉄とともに非磁性合金を形成する合金形成材とを、前記蓋鋼材が上層となるように挿入し、

その箇所に通電することにより、前記合金形成材を、前記主鋼材の一部および前記蓋鋼材の一部とともに溶融して、主鋼材の残部と蓋鋼材の残部との間に非磁性合金の層を形成することを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記蓋鋼材として、オーステナイト系ステンレス鋼を用いることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 または請求項 1 3 に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記通電を行う上層側の電極の接触面が、前記蓋鋼材のみに接触した状態で通電を行うことを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 1 5】

一方の面に凹部を設けた第 1 の電磁鋼板及び第 2 の電磁鋼板を含む複数の電磁鋼板を、両端の位置の電磁鋼板が前記第 1 の電磁鋼板と前記第 2 の電磁鋼板となるように、前記第 1 の電磁鋼板の凹部と前記第 2 の電磁鋼板の凹部とが互いに向かい合うように重ね合わせるとともに、前記凹部で区切られた空間に合金形成材を配置した状態とし、

その凹部のある箇所に通電することにより、前記合金形成材を、周囲の電磁鋼板の鋼材の一部とともに溶融して、第 1 の電磁鋼板の残部と第 2 の電磁鋼板の残部との間に非磁性合金の層を形成することを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記第 1 の電磁鋼板と前記第 2 の電磁鋼板との 2 枚を重ね合わせること特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 1 7】

一方の面に凹部を設けた第 1 の主鋼材及び第 2 の主鋼材を含む複数の鋼材を、両端の位置の鋼材が前記第 1 の主鋼材と前記第 2 の主鋼材となるように、前記第 1 の主鋼材の凹部と前記第 2 の主鋼材の凹部とが互いに向かい合うように重ね合わせるとともに、前記凹部で区切られた空間に合金形成材を配置した状態とし、

その凹部のある箇所に通電することにより、前記合金形成材を、周囲の鋼材の一部とともに溶融して、第 1 の主鋼材の残部と第 2 の主鋼材の残部との間に非磁性合金の層を形成する非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記第 1 の主鋼材の凹部に合金形成材を挿入するとともに、前記第 2 の主鋼材の凹部に前記合金形成材とは別の合金形成材を挿入し、

前記第 1 の主鋼材と前記第 2 の主鋼材とを重ね合わせること特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

請求項 17 に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記第 1 の主鋼材と前記第 2 の主鋼材との 2 枚を重ね合わせることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 19】

請求項 17 に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記第 1 の主鋼材及び前記第 2 の主鋼材を凹部が上になるように配置した状態でそれらの凹部に合金形成材を挿入するとともに、少なくとも前記第 2 の主鋼材の凹部に、前記合金形成材とともに強磁性金属を、強磁性金属が上になるように挿入し、

前記第 2 の主鋼材の凹部の下側に磁石を配置して前記磁石と前記強磁性金属とで前記第 2 の主鋼材及び前記合金形成材とを圧着し、その状態で前記第 2 の主鋼材を上下反転させ、

前記第 2 の主鋼材と、前記第 1 の主鋼材とを重ね合わせることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【請求項 20】

請求項 12 から請求項 19 までのいずれかに記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、

前記合金形成材として、その融点を上昇させる元素を含有するものを用いることを特徴とする非磁性箇所を有する鋼材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機などの鉄心に用いて好適な鋼材に関するものである。さらに詳細には、部分的に非磁性の箇所を有する鋼材およびその製造方法および回転電機コアに関するものである。

【背景技術】

【0002】

電動機や発電機などに用いられる鉄心には一般に、高い透磁率が求められる。しかしながら鉄心には部分的に、コイルや磁石の配置により有効磁気経路とならない箇所もある。例えば、図 1 のようなステータ 80 とロータ 90 においては、ロータ 90 に磁石 91 が取り付けられている。このロータ 90 における、ペリブリッジ部 92 およびセンターブリッジ部 93 は、有効磁束 F の経路とはならない。このような箇所にも鉄心が存在していることは、むしろ漏れ磁束により性能を低下させている。そのため、このような箇所の磁気抵抗を高めることが望ましい。とはいえ、全体の強度を維持し磁石 91 を安定して保持する必要もあるので、この箇所を空隙にするのは好ましくない。

【0003】

そこで従来から、鉄心のうちこのような箇所を部分的に非磁性化することが行われている。例えば特許文献 1 には、鉄心の該当箇所を局部的に加熱しそして冷却させることでオーステナイト領域を形成する技術が開示されている。すなわち、基材としては、準安定オーステナイト系ステンレス鋼を冷間圧延により強磁性のマルテンサイト組織としたものを用い、その一部を、この方法で非磁性のオーステナイト組織とするのである。局所的な加熱の手段としてはレーザー照射を挙げている。さらに特許文献 2 には、対象の磁性部材を局部的に溶融しつつ、外部から改質元素を添加して固溶させ、非磁性化することが開示されている。

【0004】

【特許文献 1】特許第 3507395 号公報

【特許文献 2】特開 2001-93717 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

しかしながら前記した従来の技術には、次のような問題点があった。まず、鉄心の主要部分にマルテンサイト化したオーステナイト系ステンレス鋼を用いるものでは、結晶形の歪み等のため、透磁率が一般的な電磁鋼板より劣り、最大磁束密度が不足する。また、溶融させた状態で改質元素を添加するものでは、長い処理時間を要すること、深さ方向の制御が困難で非磁性層を所望どおりに形成できないこと、といった問題がある。また、改質元素を添加した分の体積増加により処理後の平坦性が悪いという問題もある。

【0006】

本発明は、前記した従来の技術が有する問題点を解決するためになされたものである。すなわちその課題とするところは、非磁性箇所以外の部分の鋼材の材質に関わらず適用でき、要処理時間が短く、決まった深さ方向構造の非磁性箇所を持つようにした、非磁性箇所を有する鋼板およびその製造方法および回転電機コアを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題の解決を目的としてなされた本発明の非磁性箇所を有する鋼材は、電磁鋼板により構成されており、前記非磁性箇所が、一方の表面側の表面鋼材層と、前記表面鋼材層の下の非磁性合金層とを有し、残部が前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板と同じ材質および組織の電磁鋼板層であり、前記非磁性箇所における前記電磁鋼板層の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の全厚より薄く、前記非磁性箇所における前記表面鋼材層の表面と、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の前記一方の表面側の表面とが平坦な面をなしていることを特徴とするものである。かかる鋼材は、非磁性箇所以外では強い透磁率を有するため磁束を透過させるが、前記非磁性箇所が磁束の透過を抑えるため局所的な磁束の漏れを防止できる。

20

【0008】

上記において、さらに前記表面鋼材層が、オーステナイト系ステンレス鋼の層であればなおよい。前記表面鋼材層が非磁性であるため、磁束の漏れをより少なくできるからである。

【0010】

また、本発明に係る非磁性箇所を有する鋼材は、第1の電磁鋼板と第2の電磁鋼板とが重ね合わせられており、前記非磁性箇所は、内部に非磁性合金層が形成されており、前記非磁性合金層は、前記第1の電磁鋼板と前記第2の電磁鋼板との双方に食い込んで形成されており、前記非磁性箇所における前記第1の電磁鋼板の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第1の電磁鋼板の厚さより薄く、前記非磁性箇所における前記第2の電磁鋼板の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第2の電磁鋼板の厚さより薄いことを特徴とするものである。かかる鋼材は、非磁性箇所以外では強い透磁率を有するため磁束を透過させるが、前記非磁性箇所が磁束の透過を抑えるため局所的な磁束の漏れを防止できる。また、未接合部も生じないため、十分な強度を有している。

30

【0011】

上記において、前記第1の電磁鋼板と前記第2の電磁鋼板とが、重ね合わせられた面に対して対称な形状をしているとなおよい。局所的な磁束の漏れを防止できることに変わりが無いからである。また、未接合部も生じない。第1の電磁鋼板の凹部と、第2の電磁鋼板の凹部とが、正確に対向するからである。また、当該鋼材を積み重ねる上で支障がない。

40

【0012】

上記において、前記非磁性合金層の体積抵抗率が、前記第1の電磁鋼板の体積抵抗率と前記第2の電磁鋼板の体積抵抗率とのいずれよりも大きいとなおよい。局所的な磁束の漏れを防止できることに変わりが無いからである。また、未接合部も生じない。さらに、かかる鋼材を回転電機コアに用いた場合、非磁性合金層で発生する渦電流によるエネルギー損失が小さいためである。

【0013】

さらに、前記非磁性合金層が、その融点を上昇させる元素を含有するオーステナイト相の合金層であればなおよい。非磁性合金の融点と鋼材の融点が近くなるため、非磁性合金

50

が溶融している時間が短くなり、なおかつ温度の制御性が向上するという、製造時における利点があるからである。

【0014】

また本発明は、電磁鋼板を積層したものであり、非磁性箇所が、一方の表面側の表面鋼材層と、前記表面鋼材層の下の非磁性合金層とを有し、残部が前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板と同じ材質および組織の電磁鋼板層であり、前記非磁性箇所における前記電磁鋼板層の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の全厚より薄く、前記非磁性箇所における前記表面鋼材層の表面と、前記非磁性箇所以外の箇所における電磁鋼板の前記一方の表面側の表面とが平坦な面をなしている非磁性箇所を有する回転電機コアにも及ぶ。

10

【0015】

上記に記載の回転電機コアにおいて、複数の磁石取り付け穴が形成されており、前記非磁性箇所が、隣り合う磁石取り付け穴の間に位置しており、隣り合う磁石取り付け穴の間の最短距離の箇所が、前記非磁性箇所の中に位置しているとよい。非磁性合金層または表面鋼材層の壁面と主鋼材層の壁面との間に未接合部が生じても、応力集中箇所でないため十分な強度が確保できるからである。

【0016】

上記に記載の回転電機コアにおいて、磁石取り付け穴が形成されており、前記非磁性箇所が、前記磁石取り付け穴と外周縁との間に位置しており、前記磁石取り付け穴と外周縁との間の最短距離の箇所が、前記非磁性箇所の中に位置しているとよい。非磁性合金層または表面鋼材層の壁面と主鋼材層の壁面との間に未接合部が生じても十分な強度が確保できることに変わりはないからである。

20

【0017】

また、本発明に係る非磁性箇所を有する回転電機コアは、前記回転電機コアは、第1の主鋼材と、第2の主鋼材とが重ね合わせられた鋼材を積層したものであり、前記非磁性箇所は、内部に非磁性合金層が形成されており、前記非磁性合金層は、前記第1の主鋼材と前記第2の主鋼材との双方に食い込んで形成されており、前記非磁性箇所における前記第1の主鋼材の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第1の主鋼材の厚さより薄く、前記非磁性箇所における前記第2の主鋼材の厚さが、前記非磁性箇所以外の箇所における前記第2の主鋼材の厚さより薄いことを特徴とするものである。かかる非磁性合金層を有する回転電機コアは、非磁性箇所以外では強い透磁率を有するため磁束を透過させる一方、漏れ磁束が少ない。また、未接合部が生じないため、十分な強度を有している。

30

【0018】

上記において、前記非磁性合金層の体積抵抗率が、前記第1の主鋼材の体積抵抗率と前記第2の主鋼材の体積抵抗率とのいずれよりも大きいとなおよい。非磁性箇所以外では強い透磁率を有するため磁束を透過させることに変わりはないからである。また、未接合部が生じないため、十分な強度を有している。さらに、非磁性合金層で発生する渦電流によるエネルギー損失も小さい。

【0019】

本発明の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法では、凹部を設けた主鋼材の凹部に、蓋鋼材と、鉄とともに非磁性合金を形成する合金形成材とを、前記蓋鋼材が上層となるように挿入し、その箇所に通電することにより、前記合金形成材を、前記主鋼材の一部および前記蓋鋼材の一部とともに溶融して、主鋼材の残部と蓋鋼材の残部との間に非磁性合金の層を形成する。合金形成材は融点が高いため加熱途中で液相となるが、蓋鋼材が液相の蓋の役割を果たす。このため、液相となった金属が通電電極に凝着するのを防止できる。

40

【0020】

上記に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、前記蓋鋼材として、オーステナイト系ステンレス鋼を用いるとなおよい。オーステナイト系ステンレス鋼は融点が高いため、かつ非磁性であるため、前記非磁性箇所の非磁性部の厚みを大きくできるからである。

50

【0021】

上記に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、前記通電を行う上層側の電極の接触面が、前記蓋鋼材のみに接触した状態で通電を行うとよい。蓋鋼材及び合金形成材を有効に発熱することができるためである。

【0022】

また、本発明の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法では、一方の面に凹部を設けた第1の電磁鋼板及び第2の電磁鋼板を含む複数の電磁鋼板を、両端の位置の電磁鋼板が前記第1の電磁鋼板と前記第2の電磁鋼板となるように、前記第1の電磁鋼板の凹部と前記第2の電磁鋼板の凹部とが互いに向かい合うように重ね合わせるとともに、前記凹部で区切られた空間に合金形成材を配置した状態とし、その凹部のある箇所に通電することにより、前記合金形成材を、周囲の電磁鋼板の鋼材の一部とともに溶融して、第1の電磁鋼板の残部と第2の電磁鋼板の残部との間に非磁性合金の層を形成する。かかる非磁性箇所を有する鋼材の製造方法においても、第1の電磁鋼板及び第2の電磁鋼板が液相の蓋の役割を果たす。このため、液相となった金属が通電電極に凝着するのを防止できることに変わりはない。これにより、複数の電磁鋼板を重ね合わせた非磁性箇所を有する鋼材が製造される。

10

【0023】

本発明の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法ではあるいは、一方の面に凹部を設けた第1の主鋼材及び第2の主鋼材を含む複数の鋼材を、両端の位置の鋼材が前記第1の主鋼材と前記第2の主鋼材となるように、前記第1の主鋼材の凹部と前記第2の主鋼材の凹部とが互いに向かい合うように重ね合わせるとともに、前記凹部で区切られた空間に合金形成材を配置した状態とし、その凹部のある箇所に通電することにより、前記合金形成材を、周囲の鋼材の一部とともに溶融して、第1の主鋼材の残部と第2の主鋼材の残部との間に非磁性合金の層を形成するに際して、前記第1の主鋼材の凹部に合金形成材を挿入するとともに、前記第2の主鋼材の凹部に前記合金形成材とは別の合金形成材を挿入し、前記第1の主鋼材と前記第2の主鋼材とを重ね合わせるようにしてもよい。第1の主鋼材及び第2の主鋼材が蓋の役割を果たすことに変わりはないからである。また、第1の主鋼材と第2の主鋼材とを重ね合わせる際に、合金形成材が、別の合金形成材または鋼材とかじることがないからである。

20

【0024】

上記の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、前記第1の主鋼材または電磁鋼板と前記第2の主鋼材または電磁鋼板との2枚を重ね合わせるようにしてもよい。第1の主鋼材または電磁鋼板及び第2の主鋼材または電磁鋼板が蓋の役割を果たすことに変わりはないからである。これにより、2枚の鋼材または電磁鋼板を重ね合わせた非磁性箇所を有する鋼材が製造される。

30

【0025】

上記の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、前記第1の主鋼材及び前記第2の主鋼材を凹部が上になるように配置した状態でそれらの凹部に合金形成材を挿入するとともに、少なくとも前記第2の主鋼材の凹部に、前記合金形成材とともに強磁性金属を、強磁性金属が上になるように挿入し、前記第2の主鋼材の凹部の下側に磁石を配置して前記磁石と前記強磁性金属とで前記第2の主鋼材及び前記合金形成材とを圧着し、その状態で前記第2の主鋼材を上下反転させ、前記第2の主鋼材と、前記第1の主鋼材とを重ね合わせるようにするとよい。第1の主鋼材と第2の主鋼材とを重ね合わせる際に、合金形成材が凹部から落下するおそれがないからである。

40

【0026】

上記に記載の非磁性箇所を有する鋼材の製造方法において、前記合金形成材として、その融点を上昇させる元素を含有するものを用いるとよい。非磁性合金の融点と鋼材の融点が近くなるため、非磁性合金が溶融している時間が短くなる。このため、溶融層の外部への漏出といったリスクを抑えることができ、制御性が向上するからである。

50

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、非磁性箇所以外の部分の鋼材の材質に関わらず適用でき、要処理時間が短く、決まった深さ方向構造の非磁性箇所を持つようにした、非磁性箇所を有する鋼材およびその製造方法および回転電機コアが提供されている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

〔第1の形態〕

以下、本発明を具体化した最良の形態について、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。本形態に係る回転電機は、図1に示したロータ90のペリブリッジ部92およびセンターブリッジ部93として、以下に説明する手順で作成した非磁性箇所を備えたものである。センターブリッジ部93は、隣り合う磁石取り付け穴の間の箇所であり、ペリブリッジ部92は、磁石取り付け穴と外周縁との間の箇所である。ロータ90およびステータ80はいずれも、多数枚の電磁鋼板を積層してなるものである。

10

【0029】

まず、本形態のロータ90における非磁性箇所の構造を説明する。ロータ90における非磁性箇所は、図2に示す断面構造を有している。図2は、ロータ90の非磁性箇所の、電磁鋼板50の断面図である。図2に示す非磁性箇所Xは、電磁鋼板層1と、非磁性合金層2と、ステンレス鋼層3との3層構造となっている。電磁鋼板層1は主鋼材層であり、ステンレス鋼層3は表面鋼材層である。電磁鋼板層1が図2中下側の表面をなしており、ステンレス鋼層3が図中上側の表面をなしている。非磁性合金層2はそれらの間にある。

20

【0030】

電磁鋼板層1は、主鋼材である電磁鋼板10そのものの一部分である。非磁性合金層2は、Feを主成分としてそれにMn、Ni等の合金元素を添加してなる、オーステナイト相の非磁性の合金層である。ステンレス鋼層3は、オーステナイト系ステンレス鋼の層である。

【0031】

かかる非磁性箇所Xにおいては、電磁鋼板層1のみが磁性体であり、非磁性合金層2およびステンレス鋼層3はいずれも非磁性体である。よって、非磁性箇所Xにおいて有効な磁気経路となりうるのは、電磁鋼板層1の部分に限られる。すなわち非磁性箇所Xでは、電磁鋼板10の全厚のうちごく限られた部分しか磁気経路となり得ない。このために磁気抵抗が大きく、実質的に非磁性の箇所と見ることができるのである。

30

【0032】

図1に示したロータ90のペリブリッジ部92およびセンターブリッジ部93においては、すべての電磁鋼板が図2に示す非磁性箇所Xとなっている。このため、磁石91の磁束はほとんどペリブリッジ部92やセンターブリッジ部93を通らない。よって、磁石91の磁束のほとんどが有効磁束Fとなる。また、電磁鋼板10のうち非磁性箇所X以外の部分は、一般的なFe-Si系のものであり、透磁率が非常に高い。したがって、本形態の回転電機の磁気効率に優れている。このように本形態では、磁気効率に優れた非磁性箇所を有する鋼材および回転電機コアが実現されている。

40

【0033】

続いて、非磁性箇所Xの作成手順を説明する。まず、図3に示すように、電磁鋼板10のうち非磁性箇所Xとなるべき箇所に溝11を形成する。溝11の形成は、切削など公知の適切な方法で行えばよい。また、溝11の大きさ及び形状は形成したい非磁性箇所Xの領域に応じて選ぶことができる。

【0034】

電磁鋼板10の厚さ t_1 が0.3mmであれば、溝11の部分の電磁鋼板10の厚さ t_2 はその半分の0.15mm程度とする。すなわち、溝11の深さは電磁鋼板10の厚さの半分程度である。これは、図2中における非磁性合金層2とステンレス鋼層3の合計の厚さよりずいぶん少ない。その理由は後述する。なお、このことは、溝11の部分の電磁

50

鋼板 10 の厚さ t_2 がさほど小さくないことを意味する。つまり、溝 11 の部分は極端に弱いわけではない。よって、溝 11 を形成した後の電磁鋼板 10 の取り扱いにそれほど慎重さが要求されるわけではない。また、図 3 中の幅 w は、図 1 中のペリブリッジ部 92 またはセンターブリッジ部 93 の幅に相当する。

【0035】

そして、別途用意した 2 層チップ 12 を、溝 11 に挿入する。2 層チップ 12 は、ステンレス鋼箔 13 と改質金属箔 14 とを重ね合わせて一体化したものである。ステンレス鋼箔 13 の材質は、例えば JIS - SUS 304 のようなオーステナイト系ステンレス鋼である。また、ステンレス鋼箔 13 は、後述するように溶融した改質金属箔 14 の漏れを防ぐ蓋鋼材である。改質金属箔 14 は、Fe とともにオーステナイト相を形成する種類の金属またはその合金からなる合金形成材である。具体的な材質として、Ni, Mn, Ni - Mn 合金等が使用可能である。以下では、特記しない限り Ni - Mn を用いることとする。かかる 2 層チップ 12 を、ステンレス鋼箔 13 が上層となるように溝 11 に挿入する。

10

【0036】

2 層チップ 12 のサイズは、溝 11 をちょうど隙間なく埋める大きさとする。すなわち、2 層チップ 12 の厚さは溝 11 の深さと同じである。さらに、ステンレス鋼箔 13 の厚さと改質金属箔 14 の厚さはほぼ同じである。これは、図 2 中におけるステンレス鋼層 3 や非磁性合金層 2 の厚さと比較して、ステンレス鋼箔 13 は厚く改質金属箔 14 は薄い。その理由も後述する。2 層チップ 12 を挿入することにより、電磁鋼板 10 の図 3 中上側の面は、段差のないフラットな面となる。

20

【0037】

なお、ステンレス鋼箔 13 と改質金属箔 14 とを一体化せずに使用してもよい。すなわち、単独の改質金属箔 14 と単独のステンレス鋼箔 13 とを順次溝 11 に挿入してもかまわない。

【0038】

そして図 4 に示すように、2 層チップ 12 を挿入した溝 11 の箇所を、表裏から電極 15, 15 で挟み付ける。そして、スポット溶接と類似の要領で、加圧しながら電極 15, 15 間に通電する。加圧の圧力は 0.15 MPa 程度とし、電流値は、2 層チップ 12 の面積 (cm^2) 当たり 10 kA 程度とする。この通電の抵抗発熱により、改質金属箔 14 が溶融する。そして通電終了後に再び凝固することにより、図 2 に示した非磁性合金層 2 が形成されるのである。

30

【0039】

ここで、通電時の改質金属箔 14 の溶融の様子をより詳細に説明する。通電開始前における溝 11 の箇所の深さ方向の温度分布は、図 5 中の下方のグラフのカーブ Q に示すように、全厚にわたって室温 (R.T.) となっている。この温度分布は、図 5 中の上方の断面図における矢印 A の位置におけるものである。なお、図 5 中の下方のグラフにおける「M.T.」は、ステンレス鋼箔 13, 改質金属箔 14, 電磁鋼板 10 のそれぞれの融点を示している。図から明らかのように、ステンレス鋼箔 13 と電磁鋼板 10 との融点はほぼ同じであるが、改質金属箔 14 の融点はそれよりやや低い。その融点の差を図 5 中では「T」と記している。

40

【0040】

通電を開始すると、最も速く昇温するのは、ステンレス鋼箔 13 と改質金属箔 14 との境目の箇所と、改質金属箔 14 と電磁鋼板 10 との境目の箇所である。接触抵抗があるからである。このため、図 6 中の下方のグラフに示すカーブ Q のような温度分布となる。なお、このカーブ Q はシミュレーションの結果による。このとき、改質金属箔 14 のうち、ステンレス鋼箔 13 または電磁鋼板 10 との接触箇所付近は、早々にその融点に達して溶融する。これにより液状部 16, 16 が発生する。液状部 16, 16 が発生すると、ステンレス鋼箔 13 や電磁鋼板 10 のうち液状部 16 に接している部分も、液状部 16 に少し溶け込んでいく。このため、ステンレス鋼箔 13 や電磁鋼板 10 の温度がその融点に達する前に、液状部 16, 16 が少しステンレス鋼箔 13, 電磁鋼板 10 に食い込むこととな

50

る。

【 0 0 4 1 】

さらに通電を続けると、図 7 に示すように液状部 1 6 が広がる。この状態では改質金属箔 1 4 の大部分がすでに溶融している。ステンレス鋼箔 1 3 や電磁鋼板 1 0 へ向けての液状部 1 6 の広がりも、図 6 と比べて大きくなっている。

【 0 0 4 2 】

さらに通電を続けると、図 8 に示すように、液状部 1 6 がさらに広がる。この状態では、改質金属箔 1 4 は完全に溶けて電磁鋼板 1 0 やステンレス鋼箔 1 3 と混ざっている。溝 1 1 の箇所のステンレス鋼箔 1 3 や電磁鋼板 1 0 の厚さは、図 5 の通電開始前の厚さに比べればかなり減少している。ただし、ステンレス鋼箔 1 3、電磁鋼板 1 0 とともに、消失することなく、穴が開くこともなく、残っている。

10

【 0 0 4 3 】

図 8 の状態になれば、この上さらに加熱する必要はない。むしろ、このままさらに加熱を続けると、ステンレス鋼箔 1 3 や電磁鋼板 1 0 に穴が開いて液状部 1 6 の溶融金属が電極 1 5、1 5 に融着したり、あるいは外部に流出したりするおそれがある。このためここで通電を終了する。するとその後は、周囲への放熱により次第に温度が低下していく。温度の低下により、液状部 1 6 が凝固する。このとき、空孔ができることはない。

【 0 0 4 4 】

図 8 の状態での液状部 1 6 の組成は、Fe を主成分とし、改質金属箔 1 4 に由来する Ni や Mn 等を相当程度に含んだものとなっている。このため、凝固するとオーステナイト相となり、非磁性である。こうして液状部 1 6 は、図 2 に示した非磁性合金層 2 となる。ステンレス鋼箔 1 3 や電磁鋼板 1 0 のうち、溶融することなく残っている部分が、図 2 中のステンレス鋼箔層 3 や電磁鋼板層 1 である。こうして、図 2 に示した非磁性箇所 X ができあがる。ここで、図 3 における改質金属箔 1 4 は電磁鋼板 1 0 およびステンレス鋼箔 1 3 の一部を取り込み、非磁性合金層 2 を形成する。このため非磁性合金層 2 の厚さは改質金属箔 1 4 の厚さよりも大きくなっている。なお、通電開始から通電終了までの時間は、改質金属箔 1 4 の種類や各部の厚さなどにも左右されるが、おおむね 1.8 秒程度が適切である。条件によっては、更に短時間とすることも可能である。

20

【 0 0 4 5 】

また、2 層チップ 1 2 を挿入した溝 1 1 の箇所を、表裏から電極 1 5、1 5 で挟み付け通電する際には、図 1 0 に示すように電極 1 5、1 5 が 2 層チップ 1 2 及び電磁鋼板層 1 の箇所のみを挟み通電するとよい。そのために、電極 1 5、1 5 の接触面の形状は 2 層チップ 1 2 の表面の形状と同一かまたは電極の接触面の方がやや小さいものにする。これにより、2 層チップ 1 2 の表面側にある電極が 2 層チップ 1 2 にのみ接触する。ここで、2 層チップの裏面側にある電極は 2 層チップに比べて多少大きくても構わない。このため、溝 1 1 の外の電磁鋼板 1 0 に電流がほとんど流れず、ステンレス鋼箔 1 3 及び改質金属箔 1 4 に主に電流が流れる。電極 1 5、1 5 の接触面の形状が大きい場合、図 9 に示すような電流の分流が発生し、分流の分の発熱は有効に使われない。このため、ステンレス鋼箔 1 3 及び改質金属箔 1 4 の温度が十分に上昇せず、適切な非磁性箇所 X の形成をすることが困難である。この状況を回避するため、通電領域を適切に設定するのである。これにより、図 1 0 に示すように溝 1 1 の外の電磁鋼板 1 0 には電流がほとんど流れない。

30

40

【 0 0 4 6 】

以上詳細に説明したように上記の手順を用いることにより、本形態では、次のようなメリットを有する非磁性箇所を有する鋼材の製造方法が実現されている。すなわち、非磁性箇所 X となるべき部分にのみ通電して加熱するので、他の部分の材質を問わない。このため、電磁鋼板 1 0 そのものについては、透磁率重視で種類を選択することができる。したがって、磁気効率のよいロータ 9 0 が得られる。

【 0 0 4 7 】

また、溝 1 1 の初期深さや改質金属箔 1 4 の厚さなどにより、非磁性箇所 X に形成される非磁性合金層 2 の厚さを調整することができる。さらに、非磁性合金層 2 の厚さの再現

50

性も良好である。このため、なるべく厚い非磁性合金層 2 が得られるように種々の条件を定めることにより、非磁性箇所 X に占める電磁鋼板層 1 の厚さをぎりぎりまで小さくすることができる。これにより、無効磁束を極限まで減らすことができる。溝 1 1 及び 2 層チップ 1 2 の形状を自由に選ぶことができるため、形成される非磁性箇所 X の領域も限定されることはない。

【 0 0 4 8 】

また、溝 1 1 の初期サイズと 2 層チップ 1 2 のサイズを一致させておくことにより、加熱の前後での体積変化がほとんどない。このため、空孔もなく、かつ表面が平坦な非磁性箇所 X を得ることができる。よって、非磁性箇所 X を持つことによる強度面での不利がほとんどない。また積み重ねの障害となることもない。

10

【 0 0 4 9 】

また、加熱するのは非磁性箇所 X となるべき部分だけであり、電磁鋼板 1 0 の全体を加熱するのではない。このため、消費電力が少なく済む。また、スポット溶接と類似の要領で短い処理時間で非磁性箇所 X を形成できる。このため量産にも適している。

【 0 0 5 0 】

[第 2 の形態]

以下に、本発明の第 2 の形態を説明する。ロータ 9 0 を構成する電磁鋼板 1 0 に凹部を形成し、ステンレス鋼箔 1 3 と改質金属箔 1 4 とからなる 2 層チップ 1 2 を図 3 のように凹部にセットすることは第 1 の形態と同様である。また、2 層チップ 1 2 をセットした部分を図 4 のように加圧通電し、改質金属箔 1 4 およびステンレス鋼箔 1 3 と電磁鋼板 1 0 の内側を溶融させることも第 1 の形態と同様である。つまり、図 6 上部から図 8 上部のような経過をたどるのである。また、温度が低下した後は、3 層構造が形成されることも第 1 の形態と同様である。つまり、電磁鋼板層 1 とステンレス鋼層 3 および凝固した非磁性合金層 2 が形成されるのである。

20

【 0 0 5 1 】

第 1 の形態と異なる点は、改質金属箔 1 4 として、前述の成分に Co, Rh 等の金属元素を助材として添加したものをを用いることである。例えば、Co を約 2 0 体積%, Rh を約 5 体積% 添加する。この助材は改質金属箔 1 4 の融点を上昇させる効果がある。よって改質金属箔 1 4 の融点を、電磁鋼板 1 0 およびステンレス鋼箔 1 3 の融点よりわずかに下となるように調整可能である。この改質金属箔 1 4 とステンレス鋼箔 1 3 を挿入した場合を図 1 1 に示す。図 1 1 中の下方のグラフに示す改質金属箔 1 4 と電磁鋼板 1 0 およびステンレス鋼箔 1 3 の融点の差 T は、図 5 に比べて小さい。この T が小さな鋼材およびその製造方法および回転電機コアが第 2 の形態である。

30

【 0 0 5 2 】

このように融点の差 T が小さいため、加圧通電して改質金属箔 1 4 が溶融を始める温度は電磁鋼板 1 0 とステンレス鋼箔 1 3 の融点と近い。このため、改質金属箔 1 4 が溶融し始めた後、電磁鋼板 1 0 とステンレス鋼箔 1 3 が溶融し始めるまでの時間は第 1 の形態に比べて短い。つまり、図 6 上部から図 8 上部への移行がより短い時間で達成される。そのため溶融金属がステンレス鋼箔 1 3 と電磁鋼板 1 0 の隙間から外部に漏れ出る可能性が第 1 の形態よりも小さくなっている。これにより加圧通電工程の制御性が向上しており、形成される非磁性合金層 2 の深さの調節、溶融金属の温度管理等が向上し、より高い品質確保が可能である。

40

【 0 0 5 3 】

なお、本実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、そ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。例えば、ステンレス鋼層 3 はオーステナイト系ステンレス鋼に限らない。通電したときに溶けないものであれば普通鋼あるいは電磁鋼板等であっても構わない。ただし、非磁性の方が望ましい。また、チップにおける改質金属箔 1 4 の部分は 2 層以上の複数箔であっても構わない。もちろん、オーステナイト安定化元素を含んでいれば 1 層でも構わない。また、改質金属箔 1 4 に添加する融点上昇金属は融点を上げるものであればどんなものでも

50

構わない。また、非磁性箇所 X をもつ鋼材の用途は回転電機コアに限らない。つまり、ステータ、変圧器のコア等であっても、部分的に非磁性であることが有効であるものであれば適用可能である。

【 0 0 5 4 】

[第 3 の形態]

以下に、本発明の第 3 の形態を説明する。本形態のロータ 9 0 は、使用時に高速で回転するものであり、その際に電磁鋼板 1 0 及び非磁性箇所 X には強い遠心力がかかるものである。このため、それに耐えうる強度を確保する必要がある。ゆえに、ロータ 9 0 は強度の確保と非磁性箇所による磁束の漏れの防止とを同時に満たすことが望ましい。

【 0 0 5 5 】

しかしながら、加圧通電後に形成される非磁性合金層 2 及びステンレス鋼層 3 において、図 1 2 に示すように溝 1 1 の壁面に接合していない箇所ができることがある。つまり、非磁性合金層 2 及びステンレス鋼層 3 の壁面と電磁鋼板 1 0 との間に未接合部 9 4 が生じるのである。この未接合部 9 4 ができると、溝 1 1 と 2 層チップ 1 2 がわずかに接合した箇所に遠心力により生ずる応力が集中するおそれがある。また、接合具合によっては薄い電磁鋼板層 1 のみに力が集中する場合もある。このように未接合部 9 4 が生じたとしても一定の強度を確保できるように、本形態のロータ 9 0 に用いる電磁鋼板 1 0 は 2 層チップ 1 2 の壁面の面積が大きいものを用いるのである。

【 0 0 5 6 】

本形態の非磁性箇所を有する鋼材とその製造方法を図 1 3 により説明する。図 1 3 の電磁鋼板 1 0 はロータ 9 0 の一部に相当するものである。改質金属箔 1 4 の材質は、第 1 の形態または第 2 の形態のどちらのものを用いても構わない。そして、ステンレス鋼箔 1 3 及び改質金属箔 1 4 からなる 2 層チップ 1 2 を、ステンレス鋼箔 1 3 が表面側になるように電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 に挿入する。2 層チップ 1 2 を挿入した後は、ステンレス鋼層 1 3 の上側と電磁鋼板 1 0 の上側はほぼ同じ高さである。

【 0 0 5 7 】

次に、図 4 に示すように、2 層チップ 1 2 を挿入した溝 1 1 の箇所を、表裏から電極 1 5、1 5 で挟み付ける。挟み付けた後、スポット溶接と類似の要領で、加圧しながら電極 1 5、1 5 間に通電する。加圧の圧力及び電流値は、第 1 の形態と同様である。この通電の抵抗発熱により、改質金属箔 1 4 が溶融する。この際、図 6 上部から図 8 上部のような経過をたどる。そして通電終了後に再び凝固することにより、図 2 に示した非磁性合金層 2 が形成されるのである。

【 0 0 5 8 】

この加圧通電工程における電磁鋼板層 1 及びステンレス鋼箔 1 3 及び改質金属箔 1 4 が溶融する過程も第 1 の形態又は第 2 の形態と同様である。加圧通電の終了の後、非磁性箇所 X は、図 2 にあるように非磁性合金層 2 及びステンレス鋼層 3 が形成されている。このとき、図 1 2 に示すような未接合部 9 4 が多少発生していたとしても、2 層チップ 1 2 の壁面の面積を大きくしてあるため、接合強度は充分保たれている。また、2 層チップの大きさが十分なものであるため、依然として磁束の漏れは小さい。つまり、非磁性箇所 X の領域が大きくなっても、有効磁束 F は第 1 の形態及び第 2 の形態と変わらない。

【 0 0 5 9 】

ここで、ロータ 9 0 を構成する鋼板に非磁性箇所 X を形成する箇所について図 1 4 ~ 図 1 7 により説明する。図 1 4 ~ 図 1 7 は、図 1 を真上から見た図に相当する。図 1 4 は、センターブリッジ部 9 3 及びペリブリッジ部 9 2 に非磁性箇所 X を設けている。図 1 5 は、センターブリッジ部 9 3 のみに非磁性箇所 X を設けている。図 1 6 は、ペリブリッジ部 9 2 のみに非磁性箇所 X を設けている。図 1 7 は、センターブリッジ部 9 3 と、2 つのペリブリッジ部 9 2 のうちの片方に非磁性箇所 X を設けている。上記のいずれにおいても、非磁性箇所 X により、ロータ 9 0 における磁束の口スを減らすことができる。

【 0 0 6 0 】

以上詳細に説明したように、本形態における回転電機に用いる鋼板は 2 層チップ 1 2 の

10

20

30

40

50

大きさを充分にとることにより，電磁鋼板 10 と非磁性合金層 2 及びステンレス鋼層 3 との接合面積を確保した。これにより，有効磁束 F のロスが少なく，かつ非磁性箇所 X の強度を確保することができるロータ 90 が実現されている。

【0061】

なお，本実施の形態は単なる例示にすぎず，本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に，そ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。例えば，2層チップ 12 及び溝 11 を図 13 のように円板形状にするとよい。これにより，2層チップ 12 を嵌め込む向きを考える必要がないため，挿入が容易である。また，電極 15 の接触面の形状も円形に限られ，多くの種類を用意する必要がない。このため，量産に適している。

10

【0062】

[第4の形態]

以下に，本発明の第4の形態を説明する。本形態に係るロータ 190（図30参照）に用いる非磁性箇所を有する電磁鋼板 100 は，2枚の電磁鋼板を重ね合わせ，部分的に接合したものである。図18に示すように，本形態の電磁鋼板 100 は，電磁鋼板 10 と，電磁鋼板 20 とを有するものである。ここで，電磁鋼板 10 は第1の主鋼材であり，電磁鋼板 20 は第2の主鋼材である。また，電磁鋼板 10 と電磁鋼板 20 とは，その間に食い込むように形成された非磁性合金層 110 により接合されている。つまり，非磁性合金層 110 と，電磁鋼板 10 とは，その接触面で接合されている。また，非磁性合金層 110 と，電磁鋼板 20 ととも，その接触面で接合されている。しかし，電磁鋼板 10 と，電磁鋼板 20 との接触面は接合されていない。

20

【0063】

本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 100 は，電磁鋼板 10 及び電磁鋼板 20 を有効な磁気経路とするものである。また，非磁性合金層 110 は，有効な磁気経路とはならない。このため，非磁性箇所 X において有効な磁気経路となりうるのは，非磁性合金層 110 を挟み込んでいる電磁鋼板 10 及び電磁鋼板 20 の薄い主鋼材層の部分だけである。このため，磁束の漏れを抑制することができるのである。

【0064】

また，本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 100 において，その非磁性合金層 110 の電気抵抗は高い。つまり，非磁性合金層 110 は，電気抵抗及び磁気抵抗において主鋼材である電磁鋼板 10 及び電磁鋼板 20 より高いものである。

30

【0065】

また，非磁性合金層 110 は，第1の形態～第3の形態の非磁性合金層 2 に比べて電気抵抗率の高いものである。つまり，非磁性合金層 110 は，第1の形態～第3の形態の非磁性合金層 2 と同程度の磁気抵抗を有し，非磁性合金層 2 よりも高い電気抵抗率を有するものである。なお，非磁性合金層 110 は，Fe の他に，例えば Ni，Cr，その他の元素を含有している。

【0066】

本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 100 の製造方法について図19～図26により説明する。本形態の電磁鋼板 100 に用いる電磁鋼板 10 には，図19の下に示すように溝 11 が形成されている。また，図中上の電磁鋼板 20 は，反転させたときにちょうど電磁鋼板 10 と重ね合わさるような形状をしている。つまり，電磁鋼板 20 の溝 21 は，電磁鋼板 20 を反転させた場合に電磁鋼板 10 の溝 11 と対応する位置に形成されている。また，溝 21 は，溝 11 と同一形状若しくは左右対称形状である。

40

【0067】

まず，図19に示すように，図中下の電磁鋼板 10 の溝 11 に高抵抗改質金属箔 32 及び強磁性金属箔 33 を挿入する。このとき，強磁性金属箔 33 を上にして挿入する。このため，高抵抗改質金属箔 32 は，強磁性金属箔 33 と電磁鋼板 10 とで挟まれることとなる。一方，図中上の電磁鋼板 20 の溝 21 にも同様に，高抵抗改質金属箔 32 と強磁性金属箔 33 とを挿入する。なお，高抵抗改質金属箔 32 と，強磁性金属箔 33 とは，予め接

50

合することにより一体としておいてもよい。

【 0 0 6 8 】

ここで、高抵抗改質金属箔 3 2 は、Fe のオーステナイト相を安定化する種類の金属またはその合金からなる合金形成材である。例えば、Ni - Cr 系の合金を用いることができる。また、高抵抗改質金属箔 3 2 は、第 1 の形態 ~ 第 3 の形態で用いた改質金属箔 1 4 に比べて電気抵抗が高いものである。また、強磁性金属箔 3 3 は、強磁性を示す金属である。なお、高抵抗改質金属箔 3 2 及び強磁性金属箔 3 3 の融点は、電磁鋼板 1 0 及び電磁鋼板 2 0 の融点よりもやや低い。

【 0 0 6 9 】

なお、図 2 0 に示すように、図中下の電磁鋼板 1 0 の上側の表面と溝 1 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 の上側の表面とは、段差のないフラットな面である。また、図中上の電磁鋼板 2 0 の上側の表面と溝 2 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 の上側の表面とは、段差のないフラットな面である。

10

【 0 0 7 0 】

次に、電磁鋼板 2 0 の下側から電磁石 4 0 を接触させる。この様子を図 2 0 に示す。つまり、強磁性金属箔 3 3 と、電磁石 4 0 とで、高抵抗改質金属箔 3 2 と、電磁鋼板 2 0 とを挟みつけるような箇所に電磁石 4 0 を配置するのである。そして、電磁石 4 0 をオンにする。このため、強磁性金属箔 3 3 が電磁石 4 0 に引き寄せられる。この状態では、高抵抗改質金属箔 3 2 と、強磁性金属箔 3 3 とが電磁鋼板 2 0 から離れることはない。

【 0 0 7 1 】

20

続いて、電磁石 4 0 により高抵抗改質金属箔 3 2 と強磁性金属箔 3 3 とが圧着された電磁鋼板 2 0 を、これらが圧着された状態のまま上下反転させる。反転させた後の状態を図 2 1 に示す。ここで、電磁石 4 0 により強磁性金属箔 3 3 を上方に引っ張っているため、強磁性金属箔 3 3 及び高抵抗改質金属箔 3 2 は落下しない。

【 0 0 7 2 】

次に、図 2 2 に示すように、上下面を逆にした電磁鋼板 2 0 を電磁鋼板 1 0 に上から接触させる。ここで、図中下の電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 と図中上の電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 とが対向する位置にくるようにするのである。このため、溝 1 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 の表面と、溝 2 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 の表面とがちょうど重なる。

【 0 0 7 3 】

30

なお、図 2 2 に示すように、電磁鋼板 1 0 及び下の強磁性金属箔 3 3 の表面はフラットであり、電磁鋼板 2 0 及び上の強磁性金属箔 3 3 の表面はフラットである。このため、溝 1 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 または溝 2 1 に挿入された強磁性金属箔 3 3 が、電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 とを重ねる際にかじることがない。

【 0 0 7 4 】

次に、電磁石 4 0 をオフにする。そして、図 2 3 に示すように、電磁石 4 0 を電磁鋼板 2 0 から離す。このとき、高抵抗改質金属箔 3 2 と、強磁性金属箔 3 3 とが挿入された箇所は、多層構造となっている。この溝 1 1 及び溝 2 1 の箇所は、下から、電磁鋼板 1 0、高抵抗改質金属箔 3 2、強磁性金属箔 3 3、強磁性金属箔 3 3、高抵抗改質金属箔 3 2、電磁鋼板 2 0 を順に積み重ねた構造となっている。

40

【 0 0 7 5 】

次に、電極 1 5、1 5 で電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 とを挟み込む。電極 1 5、1 5 で挟み込む箇所は、溝 1 1 と、溝 2 1 とに、高抵抗改質金属箔 3 2 と、強磁性金属箔 3 3 とを挿入した箇所である。電極 1 5、1 5 で電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 とを挟み込んだ後、加圧した状態で電極 1 5、1 5 間に通電する。通電する条件は、第 1 の形態とほぼ同様である。

【 0 0 7 6 】

この加圧通電により、高抵抗改質金属箔 3 2、強磁性金属箔 3 3、電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 周辺、電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 周辺が溶融し始める。接触抵抗のため、溝 1 1 及び溝 2 1 の周辺、並びに他の部材との接触面から溶融し始めるのは、図 6 ~ 図 8 の経過と同様であ

50

る。高抵抗改質金属箔 3 2 及び強磁性金属箔 3 3 が電磁鋼板 1 0 及び電磁鋼板 2 0 の一部とともに溶融した状態を図 2 4 に示す。

【 0 0 7 7 】

そして、図 2 5 に示すように、通電により液状部 1 6 が広がる。続いて、通電を終了した後、電極 1 5 , 1 5 を電磁鋼板 1 0 及び電磁鋼板 2 0 から離す。この様子を図 2 6 に示す。そして、液状部 1 6 は凝固する。これにより、非磁性箇所を有する電磁鋼板 1 0 0 が製造された(図 1 8 参照)。

【 0 0 7 8 】

ここで、本形態の電磁鋼板 1 0 0 の変形例について以下に説明する。本形態では、強磁性金属箔 3 3 を電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 及び電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 の双方に挿入した。しかし、図 2 7 に示すように、強磁性金属箔 3 3 を溝 2 1 のみに挿入するようにしても構わない。電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 に挿入された高抵抗改質金属箔 3 2 を、電磁鋼板 2 0 に圧着することに変わりはないからである。

【 0 0 7 9 】

なお、この場合において、電極 1 5 , 1 5 による加圧通電を行う前の状態を図 2 8 に示す。また、図 2 7 において、電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 に高抵抗改質金属箔 3 2 を挿入しないようにしてもよい。その場合には、電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 に挿入した高抵抗改質金属箔 3 2 又は強磁性金属箔 3 3 を大きくすればよい。

【 0 0 8 0 】

ここで、以上に説明した第 1 の形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 5 0 と、本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 1 0 0 とに発生する渦電流の比較について以下に説明する。渦電流は、電磁誘導効果により金属内に発生する渦状の電流である。この渦電流は、モータの使用時にロータの電磁鋼板内にも発生する。これにより、ロータが発熱し、エネルギー損失を招くこととなる。このエネルギー損失を、渦電流損という。このため、モータにおいては、可能な限りこの渦電流損を小さくすることが好ましい。

【 0 0 8 1 】

渦電流損は、次式、

$$P_e = k_e \cdot (t \cdot f \cdot B_m)^2 / \quad (1)$$

P_e : 渦電流損

k_e : 比例定数

t : 電磁鋼板の板厚

f : 周波数

B_m : 最大磁束密度

: 電磁鋼板の電気抵抗率

で表される。つまり、渦電流損 P_e は、電磁鋼板の板厚の 2 乗に比例し、電磁鋼板の電気抵抗率に反比例する。

【 0 0 8 2 】

図 2 9 は、第 1 の形態～第 3 の形態のロータ 9 0 を示す図である。積層されている電磁鋼板 5 0 のうち、4 枚のみを図示した。図 2 9 の矢印に示すように、非磁性箇所に発生する渦電流は、それぞれの電磁鋼板 5 0 のそれぞれに発生する。電磁鋼板 1 枚は薄いため、渦電流は小さい。すなわち、渦電流損も小さい。

【 0 0 8 3 】

図 3 0 は、本形態のロータ 1 9 0 を示す図である。ここで、非磁性箇所 X に発生する渦電流は小さい。式 (1) によれば、非磁性箇所 X の厚さの 2 乗で渦電流は大きくなる。しかし、本形態の電磁鋼板 1 0 0 は、非磁性合金層 1 1 0 の電気抵抗が大きい。このため、渦電流損は第 1 の形態のロータ 9 0 とほぼ同程度である。なお、非磁性箇所 X 以外の箇所に発生する渦電流による渦電流損は、ロータ 9 0 と同様である。

【 0 0 8 4 】

ここで、非磁性合金層 1 1 0 の電気抵抗について具体例に基づき説明する。改質金属箔 1 4 として Ni を、高抵抗改質金属箔 3 2 として Ni と Cr の合金を、強磁性金属箔 3 3

10

20

30

40

50

としてNiを使用した場合の例を表1に示す。NiとCrの合金の電気抵抗は、Niに比べて非常に大きい。このため、非磁性合金層110の電気抵抗は、改質金属として、Niだけのものを用いるより、NiとCrの合金を同時に用いるほうが高い。

【0085】

【表1】

	使用金属	使用金属の抵抗値	非磁性化後の抵抗値
改質金属箔	Ni	6.8 $\mu\Omega\text{cm}$	22 $\mu\Omega\text{cm}$
高抵抗改質金属箔	Ni-Cr	108 $\mu\Omega\text{cm}$	109 $\mu\Omega\text{cm}$
強磁性金属箔	Ni	6.8 $\mu\Omega\text{cm}$	22 $\mu\Omega\text{cm}$

10

【0086】

また、式(1)によれば、板厚が2倍になれば、渦電流損は4倍となる。一方、表1より、非磁性合金層110の電気抵抗は、109 $\mu\Omega\text{cm}$ であり、通常の改質金属箔31により非磁性化した合金の抵抗値22 $\mu\Omega\text{cm}$ の4倍以上である。このため、本形態のロータ190における渦電流損は、ロータ90におけるものと同程度である。

【0087】

図31は、ロータ190とは別のロータ290である。ロータ290は、改質金属箔として、Niのみを用いたものである。また、非磁性合金層210の電気抵抗は、表1より22 $\mu\Omega\text{cm}$ である。このため、渦電流損は、ロータ90及びロータ190に比べて大きい。

20

【0088】

本形態の電磁鋼板100は、非磁性合金層110を介して2枚の電磁鋼板を部分的に接合したものである。このため、電極15、15が挟む箇所は、いずれも主鋼材層である。ゆえに、第3の形態で述べたような未接合部94は発生しない。また、非磁性箇所Xを電磁鋼板100の所望の箇所に形成することにより、磁束経路を確保することができる。つまり、無効となる磁束の発生を抑制することができる。さらに、渦電流損も増大しない。

【0089】

本形態のロータ190は、多数枚の非磁性箇所を有する電磁鋼板100を積層してなるものである。このため、本形態のロータ190は、渦電流によるエネルギー損失を増大させることなく、電磁鋼板の強度を確保し、なおかつ無効となる磁束の発生を抑制するものである。

30

【0090】

以上詳細に説明したように、本形態のロータ190に用いる非磁性箇所を有する電磁鋼板100は、非磁性合金層110を介して2枚の電磁鋼板を部分的に接合したものである。本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板100は、電磁鋼板10及び電磁鋼板20を有効な磁気経路とするものである。一方、非磁性合金層110は、有効な磁気経路とはならない。また、電極15、15により奪熱される箇所がともに主鋼材層であるため、未接合部94も生じない。このため、非磁性合金層110を所望の箇所に形成することにより、強度と、有効な磁束経路とを確保する電磁鋼板が実現されている。

40

【0091】

また、本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板100は、その非磁性合金層110における体積抵抗率が高い。つまり、非磁性合金層110は、電気抵抗及び磁気抵抗において非磁性合金層以外の箇所より高いものである。ゆえに、本形態の電磁鋼板100をロータに用いた場合、渦電流によるエネルギー損失、磁束の漏れによる有効な磁束の損失を抑制することができるのである。

【0092】

なお、本実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、そ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。例えば、高抵抗改質金属箔32及び強磁性金属箔33及び溝の形状を円板形状にしてもよ

50

い。高抵抗改質金属箔 3 2 及び強磁性金属箔 3 3 が回転したとしても、位置決めに変更が生じることがなく、挿入が容易であるためである。

【 0 0 9 3 】

また、第 2 の形態と同様に、高抵抗改質金属箔 3 2 と、強磁性金属箔 3 3 と、電磁鋼板との融点の差 (T) が小さくなるようにするとよりよい。非磁性箇所 X の領域の大きさを制御しやすいからである。また、非磁性箇所を有する電磁鋼板をロータ 1 9 0 に用いる場合、非磁性箇所 X は第 3 の形態と同様にペリブリッジ部 9 2 及びセンタブリッジ部 9 3 に設けるとよい。

【 0 0 9 4 】

また、高抵抗改質金属箔 3 2 の代わりに、図 3 に示す第 1 の形態の改質金属箔 1 4 を用いることもできる。この場合に製造された電磁鋼板 2 0 0 を、図 3 2 に示す。その場合には、電磁鋼板 2 0 0 の非磁性合金層 2 1 0 の電気抵抗は必ずしも高くない。この場合、改質金属箔 1 4 が強磁性のものであれば、強磁性金属箔 3 3 は必要ない。つまり、溝に挿入する金属箔は、改質金属箔 1 4 のみで充分である。また、電磁石の代わりに永久磁石を用いても構わない。

【 0 0 9 5 】

[第 5 の形態]

以下に、本発明の第 5 の形態を説明する。本形態のロータ 1 9 0 及びロータ 2 9 0 は、第 4 の形態のものと同様である。また、ロータに用いる電磁鋼板 1 0 0 及び電磁鋼板 2 0 0 も、第 4 の形態のものと同様、非磁性合金層を介して 2 枚の電磁鋼板を部分的に接合したものである。このため、非磁性合金層は、第 1 の主鋼材である電磁鋼板 1 0 及び第 2 の主鋼材である電磁鋼板 2 0 と接触面で接合している。しかし、電磁鋼板 1 0 と、電磁鋼板 2 0 とは、その接触面で接合していない。このため、未接合部 9 4 が発生しないことも第 4 の形態と同様である。第 4 の形態と異なる点は、電磁鋼板 1 0 0 及び電磁鋼板 2 0 0 の製造方法である。

【 0 0 9 6 】

ここで、本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板 1 0 0 及び電磁鋼板 2 0 0 の製造方法について図 3 3 ~ 図 3 8 により説明する。まず、図 3 3 に示すように、電磁鋼板 1 0 の溝 1 1 に改質金属箔 3 1 を挿入する。改質金属箔 3 1 は、第 1 の形態における改質金属箔 1 4 と同じ材質である。改質金属箔 1 4 と異なる点は、改質金属箔 3 1 が円板形状であること

【 0 0 9 7 】

ただし、この形状は例示であり、深さの均一な形状であれば別の形状でも構わない。また、溝 1 1 の深さは、電磁鋼板 1 0 の厚さの半分程度である。また、改質金属箔 3 1 の厚さは、溝 1 1 の深さの 2 倍である。なお、図 3 3 の B B 断面を図 3 4 に示す。

【 0 0 9 8 】

次に、図 3 5 に示すように、改質金属箔 3 1 を溝 1 1 に挿入した電磁鋼板 1 0 の上方から、電磁鋼板 2 0 を載せる。その際の断面図を図 3 6 に示す。ここで、電磁鋼板 1 0 の上面より突き出た改質金属箔 3 1 の上半分が、図中上の電磁鋼板 2 0 の溝 2 1 に挿入される。

【 0 0 9 9 】

図 3 7 に示すように、改質金属箔 3 1 は、電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 との間にちょうど収まっている。ここで、図 3 7 の B B 断面を図 3 8 に示す。つまり、溝 1 1 と溝 2 1 とが仕切る空間と、改質金属箔 3 1 の外形とはちょうど一致するようになっている。また、電磁鋼板 1 0 の上側の表面は、電磁鋼板 2 0 の下側の表面と、溝 1 1 及び溝 2 1 の外側で接している。

【 0 1 0 0 】

次に、電極 1 5 , 1 5 で電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 とを挟み込む。電極 1 5 , 1 5 で挟み込む箇所は、改質金属箔 3 1 を挿入した箇所である。電極 1 5 , 1 5 で電磁鋼板 1 0 と電磁鋼板 2 0 とを挟み込んだ後、加圧した状態で電極 1 5 , 1 5 間に通電する。通電す

10

20

30

40

50

る条件は、第1の形態とほぼ同様である。ただし、通電時間は、電磁鋼板10、電磁鋼板20、改質金属箔31の厚さ等に応じて変える必要がある。これにより、改質金属箔31、電磁鋼板10の溝11周辺、電磁鋼板20の溝21周辺が溶融し始める。接触抵抗のため、溝11及び溝21の周辺から溶融し始めるのは、図6～図8の経過と同様である。改質金属箔31が電磁鋼板10及び電磁鋼板20の一部とともに溶融金属となった様子を図24に示す。

【0101】

さらに、加圧通電を続けることにより、電磁鋼板10及び電磁鋼板20の、液状部16との接触面付近の金属原子は、溶融金属に溶け出す。このため、液状部16はさらに広がる。この様子を図25に示す。液状部16が十分な大きさに達したところで通電を停止する。そして、図26に示すように電極15、15を電磁鋼板10及び電磁鋼板20から離す。この後、液状部16が凝固する。以上により、非磁性箇所を有する電磁鋼板200が製造された。

10

【0102】

また、第2の形態と同様に、改質金属箔31と、電磁鋼板との融点の差(T)が小さくなるようにするとよりよい。非磁性箇所Xの領域の大きさを制御しやすいからである。また、非磁性箇所を有する電磁鋼板をロータ190及びロータ290に用いる場合、非磁性箇所Xは第3の形態と同様にペリブリッジ部92及びセンタブリッジ部93に設けるとよい。

【0103】

本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板200には、改質金属箔31を用いた。しかし、改質金属箔31の代わりに、高抵抗改質金属箔32を用いても構わない。この場合、電磁鋼板の非磁性合金層の電気抵抗は高い。ゆえに、第4の形態と同様、渦電流によるエネルギー損失をも抑制することができる。

20

【0104】

本形態のロータは、多数枚の非磁性箇所を有する電磁鋼板を積層してなるものである。このため、電磁鋼板の強度を確保し、無効となる磁束の発生を抑制することができるロータが実現されている。

【0105】

以上詳細に説明したように、本形態のロータに用いる非磁性箇所を有する電磁鋼板は、非磁性合金層を介して2枚の電磁鋼板を部分的に接合したものである。本形態の非磁性箇所を有する電磁鋼板は、電磁鋼板10及び電磁鋼板20を有効な磁気経路とするものである。一方、非磁性合金層は、有効な磁気経路とはならない。また、電極15、15により奪熱される箇所がともに主鋼材層であるため、未接合部94も生じない。このため、非磁性合金層を所望の箇所に形成することにより、強度と、有効な磁束経路とを確保する電磁鋼板が実現されている。

30

【0106】

なお、本実施の形態は単なる例示にすぎず、本発明を何ら限定するものではない。したがって本発明は当然に、そ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。例えば、本形態では2枚の電磁鋼板を一体化したが、3枚以上を一度に重ねるようにしても構わない。この場合、3枚以上の一番上と一番下の電磁鋼板には溝を設け、その間の電磁鋼板には貫通穴を設けたものを用いればよい。または、2枚目の電磁鋼板に改質金属箔を埋め込み、1番上を1番下の電磁鋼板でそのままはさみ、加圧通電改質しても良い。

40

【0107】

また、本発明の非磁性箇所を有する電磁鋼板は、電磁鋼板のみに限定するものではなく、非磁性箇所を有する鋼材に適用可能なものである。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図1】回転電機のロータにおける有効磁束の経路とならない部位を説明する斜視図である。

50

- 【図 2】第 1 の形態のロータに用いる電磁鋼板の非磁性箇所を構造を示す断面図である。
- 【図 3】第 1 の形態のロータに用いる電磁鋼板の非磁性箇所の作成手順（その 1）を説明する斜視図である。
- 【図 4】第 1 の形態のロータに用いる電磁鋼板の非磁性箇所の作成手順（その 2）を説明する断面図である。
- 【図 5】図 4 の状態での通電開始前における温度分布のグラフを断面図とともに示す図である。
- 【図 6】図 4 の状態での通電開始後における温度分布のグラフを断面図とともに示す図（その 1）である。
- 【図 7】図 4 の状態での通電開始後における温度分布のグラフを断面図とともに示す図（その 2）である。
- 【図 8】図 4 の状態での通電開始前における温度分布のグラフを断面図とともに示す図（その 3）である。
- 【図 9】通電箇所が 2 層チップより大きい場合に分流の発生を説明する図である。
- 【図 10】通電領域が 2 層チップとほぼ等しいかやや小さい場合を説明する図である。
- 【図 11】第 2 の形態における図 5 に相当する図である。
- 【図 12】ロータの改質箇所に未接合部が発生した場合を説明する断面図である。
- 【図 13】第 3 の形態のロータにおける非磁性箇所の作成手順（その 1）を説明する斜視図である。
- 【図 14】第 3 の形態のロータにおける改質箇所を説明する図（その 1）である。
- 【図 15】第 3 の形態のロータにおける改質箇所を説明する図（その 2）である。
- 【図 16】第 3 の形態のロータにおける改質箇所を説明する図（その 3）である。
- 【図 17】第 3 の形態のロータにおける改質箇所を説明する図（その 4）である。
- 【図 18】第 4 の形態のロータに用いる電磁鋼板の非磁性箇所の構造を示す断面図（その 1）である。
- 【図 19】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 1）である。
- 【図 20】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 2）である。
- 【図 21】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 3）である。
- 【図 22】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 4）である。
- 【図 23】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 5）である。
- 【図 24】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 6）である。
- 【図 25】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 7）である。
- 【図 26】第 4 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 8）である。
- 【図 27】第 4 の形態のロータの別の製造工程を説明する断面図（その 1）である。
- 【図 28】第 4 の形態のロータの別の製造工程を説明する断面図（その 2）である。
- 【図 29】第 1 の形態のロータとその非磁性箇所に発生する渦電流を説明するための断面図である。
- 【図 30】第 4 の形態のロータとその非磁性箇所に発生する渦電流を説明するための断面図（その 1）である。
- 【図 31】第 4 の形態のロータとその非磁性箇所に発生する渦電流を説明するための断面図（その 2）である。
- 【図 32】第 4 の形態のロータに用いる電磁鋼板の非磁性箇所の構造を示す断面図（その 2）である。
- 【図 33】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する斜視図（その 1）である。
- 【図 34】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 1）である。
- 【図 35】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する斜視図（その 2）である。
- 【図 36】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 2）である。
- 【図 37】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する斜視図（その 3）である。
- 【図 38】第 5 の形態のロータの製造工程を説明する断面図（その 3）である。
- 【符号の説明】

10

20

30

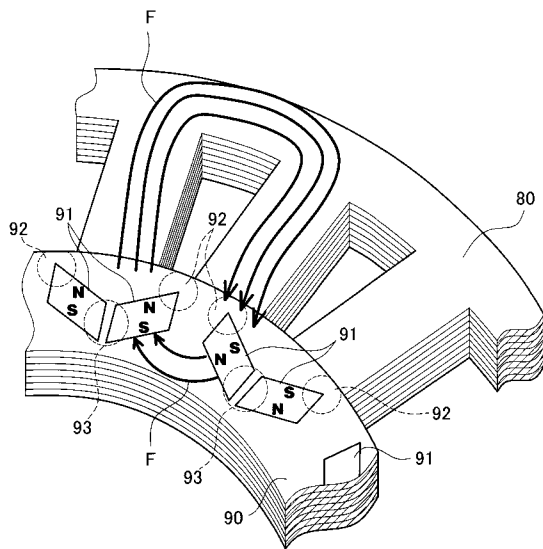
40

50

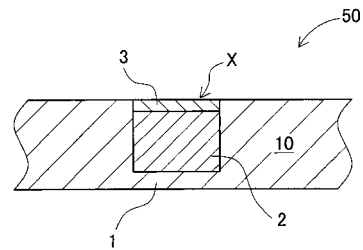
【 0 1 0 9 】

- 1 ... 電磁鋼板層
- 2 , 1 1 0 , 2 1 0 ... 非磁性合金層
- 3 ... ステンレス鋼層
- 1 0 , 2 0 ... 電磁鋼板
- 1 1 ... 溝
- 1 2 ... 2 層チップ
- 1 3 ... ステンレス鋼箔
- 1 4 ... 改質金属箔
- 1 5 ... 電極
- 1 6 ... 液状部
- 3 1 ... 改質金属箔
- 3 2 ... 高抵抗改質金属箔
- 3 3 ... 強磁性金属箔
- 4 0 ... 電磁石
- 5 0 , 1 0 0 , 2 0 0 ... 非磁性箇所を有する電磁鋼板
- 9 0 , 1 9 0 , 2 9 0 ... ロータ
- X ... 非磁性箇所

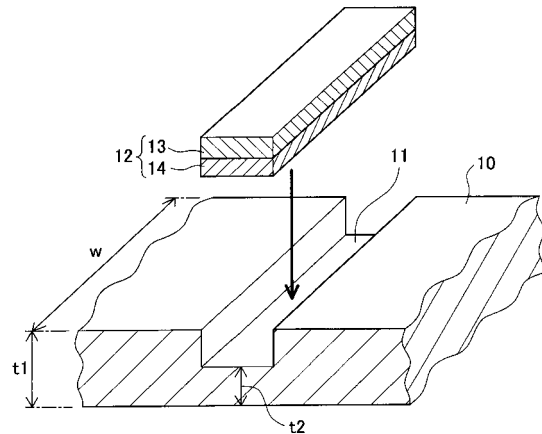
【 図 1 】



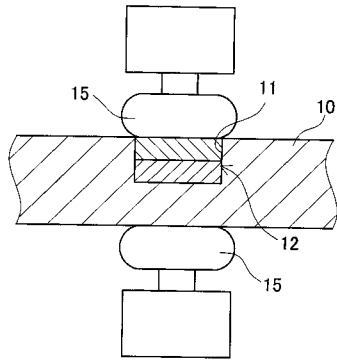
【 図 2 】



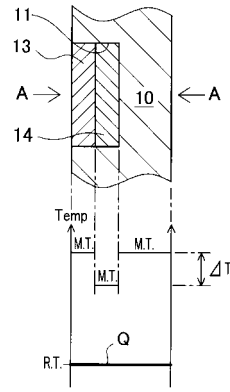
【 図 3 】



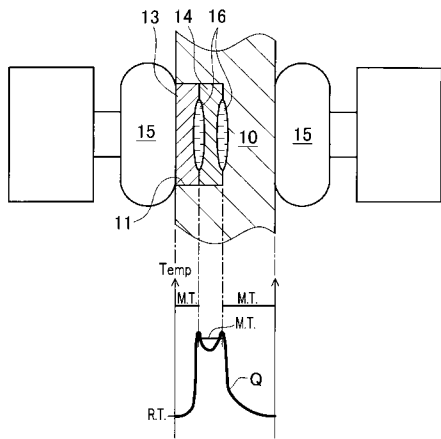
【 図 4 】



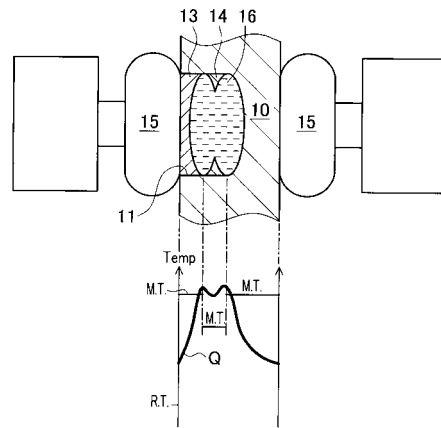
【 図 5 】



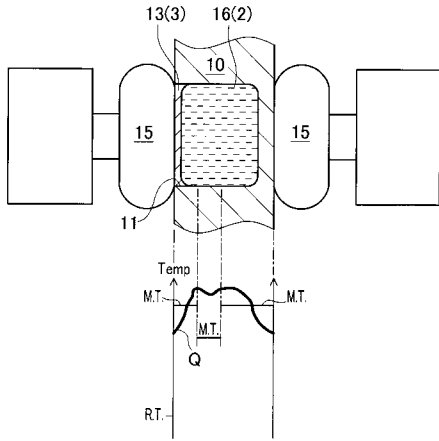
【 図 6 】



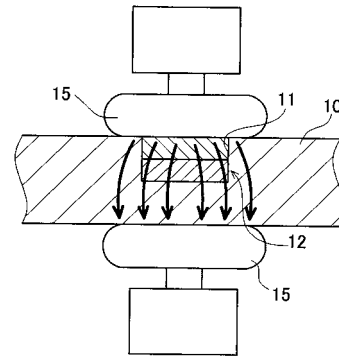
【 図 7 】



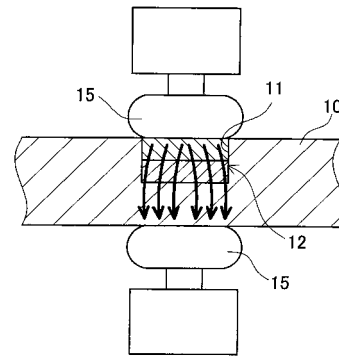
【 図 8 】



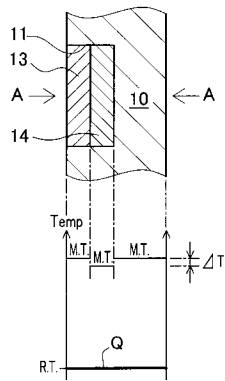
【 図 9 】



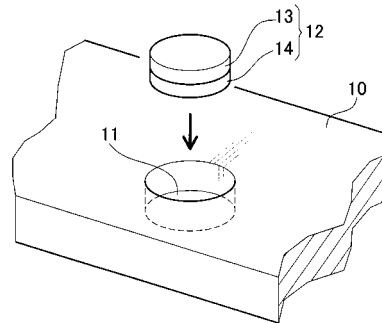
【 図 10 】



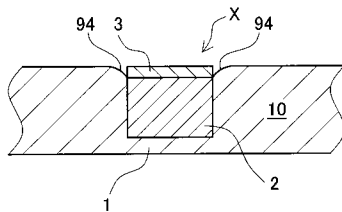
【 図 11 】



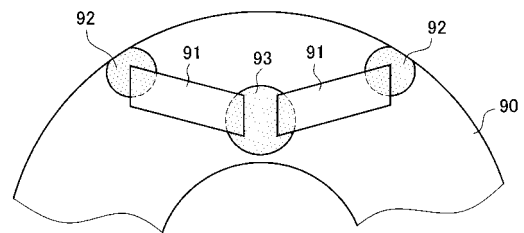
【 図 13 】



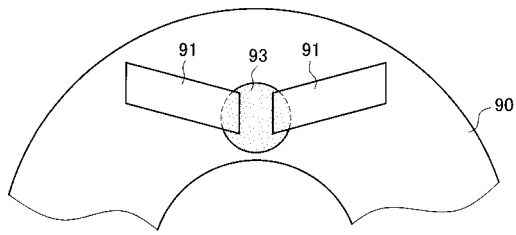
【 図 12 】



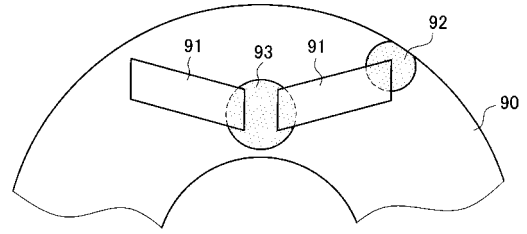
【 図 14 】



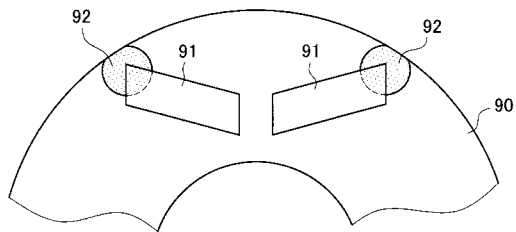
【図15】



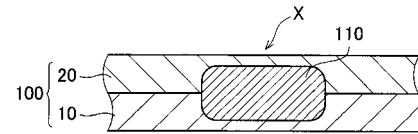
【図17】



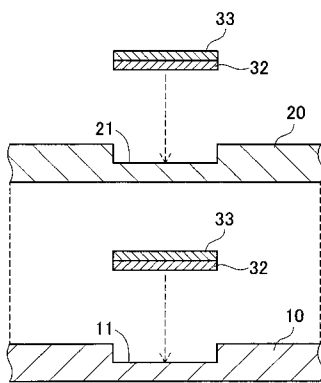
【図16】



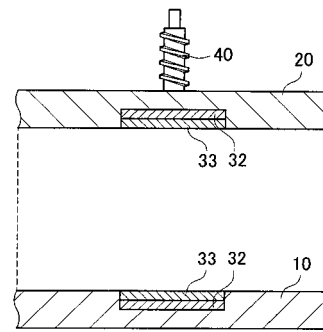
【図18】



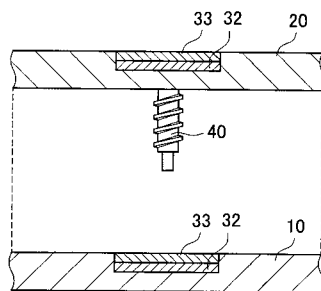
【図19】



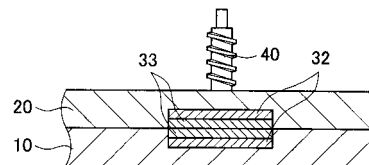
【図21】



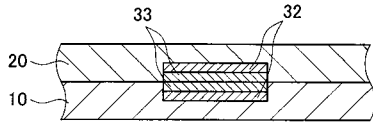
【図20】



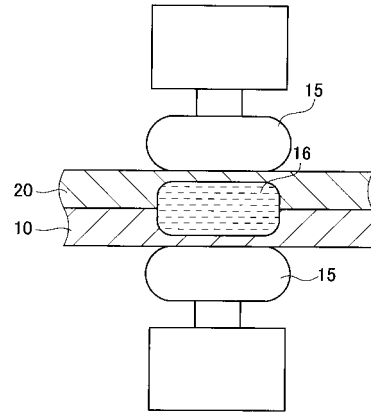
【図22】



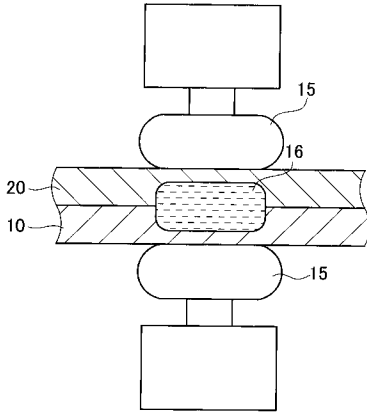
【図 2 3】



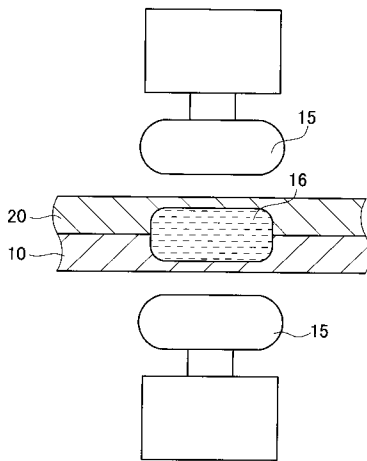
【図 2 5】



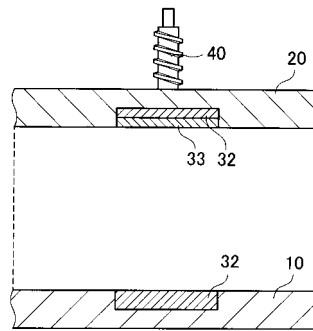
【図 2 4】



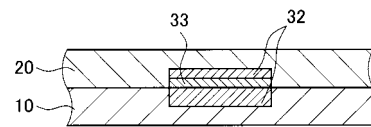
【図 2 6】



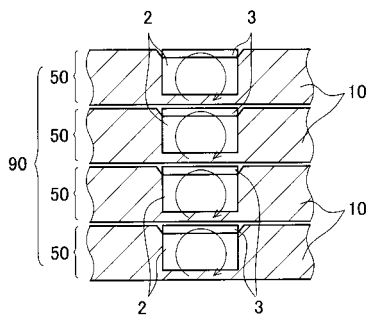
【図 2 7】



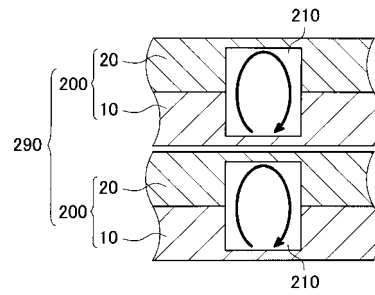
【図 2 8】



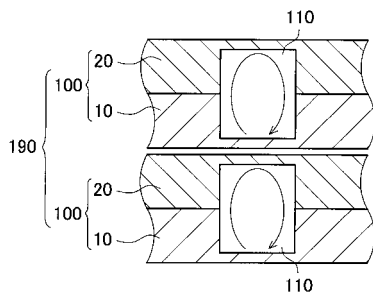
【図 29】



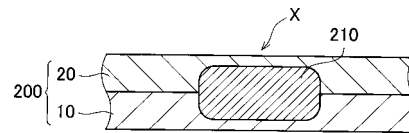
【図 31】



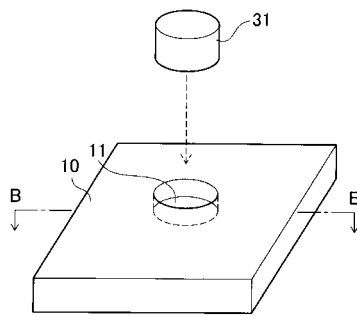
【図 30】



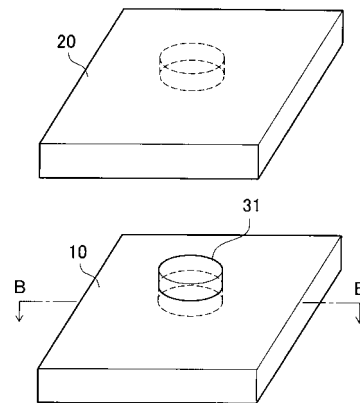
【図 32】



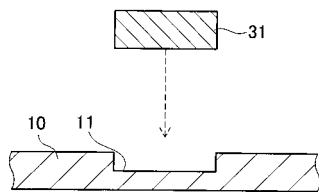
【図 33】



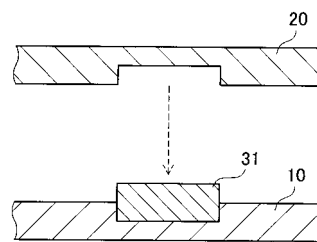
【図 35】



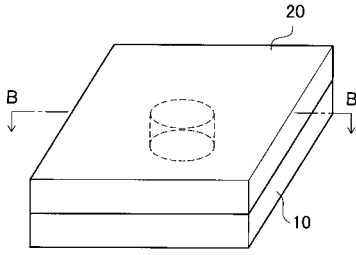
【図 34】



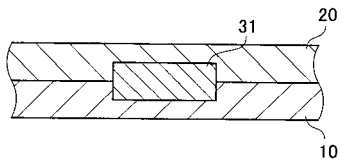
【図 36】



【図 37】



【図 38】



フロントページの続き

審査官 河村 勝也

- (56)参考文献 特開2004-091842(JP,A)
特開平06-277857(JP,A)
特開2006-009044(JP,A)
国際公開第2006/098596(WO,A1)
特許第3507395(JP,B2)
特開2002-171702(JP,A)
特開平04-042513(JP,A)
特開平08-256456(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K	1/02
H02K	1/06
H01F	1/00
C21D	8/12
B22D	11/00
B32B	15/00