

(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
2012 年 11 月 1 日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/147487 A1

- (51) 国際特許分類:
H01F 41/02 (2006.01) H01F 27/24 (2006.01)
B22F 3/00 (2006.01) H01F 27/255 (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01) H01F 37/00 (2006.01)
C25F 3/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059363
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 5 日(05.04.2012)
- (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 2011-097646 2011 年 4 月 25 日(25.04.2011) JP
特願 2012-023277 2012 年 2 月 6 日(06.02.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 佐藤 淳 (SATO, Atsushi) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆

陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 魚住 真人(UOZUMI, Masato) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 山口 浩司(YAMAGUCHI, Koji) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 草別 和嗣(KUSAWAKE, Kazushi) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

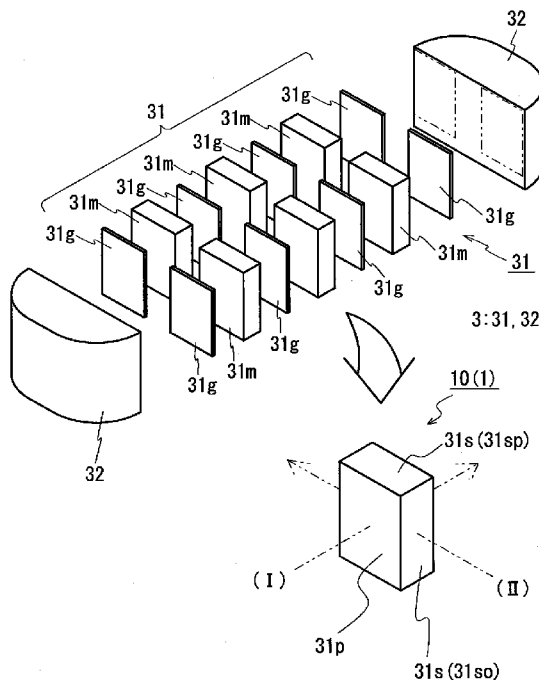
- (74) 代理人: 特許業務法人サンクレスト国際特許事務所(SunCrest Patent and Trademark Attorneys); 〒6500023 兵庫県神戸市中央区栄町通四丁目 1 番 1 1 号 Hyogo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, 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,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING COMPRESSED POWDER COMPACT, COMPRESSED POWDER COMPACT, REACTOR, CONVERTER, AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 圧粉成形体の製造方法、圧粉成形体、リアクトル、コンバータおよび電力変換装置

[図1]



(57) Abstract: The present invention is a method for producing a compressed powder compact, employing a coated soft magnetic powder that comprises a plurality of coated soft magnetic particles of soft magnetic particles coated on the outer perimeter by an insulating film; and comprises a starting material preparation step, and a surface treatment step. In the starting material preparation step, a starting material compact of compression-molded coated soft magnetic powder is prepared. In the surface treatment step, a portion of the surface of the starting material compact undergoes electrolytic treatment. Through electrolytic treatment of a portion of the surface of the starting material compact, a conducting portion in which conduction takes place among constituent materials of the plurality of soft magnetic particles at the surface of the starting material compact can be eliminated, and loss of the compressed powder compact can be reduced.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/147487 A1



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, 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, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、軟磁性粒子の外周に絶縁被膜が被覆された被覆軟磁性粒子を複数具えてなる被覆軟磁性粉末を用いて圧粉成形体を製造する方法であり、素材準備工程と、表面処理工程とを具える。素材準備工程では、被覆軟磁性粉末を加圧成形した素材成形体を用意する。表面処理工程では、素材成形体の表面の一部を電解処理する。素材成形体の表面の一部を電解処理することで、素材成形体の表面で複数の軟磁性粒子の構成材料同士が導通した導通部を除去することができ、圧粉成形体の損失を低減できる。

明 細 書

発明の名称：

圧粉成形体の製造方法、圧粉成形体、リアクトル、コンバータおよび電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、被覆軟磁性粉末を加圧成形してなる圧粉成形体の製造方法、その製造方法により製造される圧粉成形体、その圧粉成形体を具えるリアクトル、そのリアクトルを具えるコンバータ、および、そのコンバータを具える電力変換装置に関するものである。特に、低損失な圧粉成形体を製造する方法に関するものである。

背景技術

[0002] ハイブリッド自動車などは、モータへの電力供給系統に昇圧回路を備えている。この昇圧回路の一部品として、リアクトルが利用されている。リアクトルは、コアにコイルを巻回した構成である。コアを交流磁場で使用した場合、コアに鉄損と呼ばれる損失が生じる。鉄損は、概ね、ヒステリシス損と渦電流損との和で表され、特に、高周波での使用において顕著に増加する。

[0003] リアクトルのコアにおける鉄損を低減するために、圧粉成形体でできたコアを用いることがある。圧粉成形体は、軟磁性粒子の表面に絶縁被膜を形成した被覆軟磁性粒子からなる被覆軟磁性粉末を加圧して形成され、軟磁性粒子同士が絶縁被膜により絶縁されているので、特に、渦電流損を低減する効果が高い。

[0004] しかし、圧粉成形体は、相対的に移動可能な柱状の第一パンチと筒状のダイとでつくられるキャビティに被覆軟磁性粉末を充填し、第一パンチと柱状の第二パンチとによりキャビティ内の被覆軟磁性粉末を加圧成形して作製されるため、この加圧成形時の圧力や、成形体の脱型時における金型との摺接により被覆軟磁性粒子の絶縁被膜が損傷する虞がある。絶縁被膜が損傷すると、軟磁性粒子が露出し展延することがあり、その結果、圧粉成形体におけ

る軟磁性粒子同士が導通して、略膜状の導通部を形成してしまい、渦電流損が増大する虞がある。

[0005] そこで、上記渦電流損を低減するために、例えば、特許文献1には、被覆軟磁性粉末（軟磁性粉末）を加圧して成形して素材成形体の表面を、濃塩酸で表面処理することが記載されている。具体的には、素材成形体を濃塩酸に浸漬して、素材成形体の表面全面における上記導通部を除去して圧粉成形体としている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-229203号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 上述のように素材成形体の表面全体を表面処理することで、一定の低損失化を図ることができる。このように、素材成形体の表面全体を表面処理してしまうと、上記導通部を除去することができるが、一方で、絶縁被膜が損傷していない被覆軟磁性粒子の絶縁被膜をも損傷させる可能性もある。その結果、損失低減効果が小さくなる虞がある。

[0008] 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的の一つは、低損失な圧粉成形体を効率的に製造することができる圧粉成形体の製造方法を提供することにある。

[0009] 本発明の他の目的は、上記本発明の製造方法により製造された圧粉成形体を提供することにある。

[0010] 本発明の別の目的は、上記圧粉成形体を具えるリアクトルを提供することにある。

[0011] 本発明の更に異なる目的は、上記リアクトルを具えるコンバータ、このコンバータを具える電力変換装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0012] 本発明者らは、上記目的を達成するために、圧粉成形体の製造方法について鋭意検討した。具体的には、表面処理を施す領域を種々選択した圧粉成形体を製造して損失低減効果が小さくなる原因を調べた。その結果、次の知見を得た。
- [0013] 素材成形体の表面全面に表面処理すると、素材成形体の脱型時における上記ダイと摺接する箇所（摺接面）に生じた上記導通部は除去される。一方で、素材成形体の上記各パンチと接触する箇所（圧接面）にはそもそも上記導通部が形成され難く、そこに表面処理を行うと、絶縁被膜が破壊されることがある。そのため、圧接面では軟磁性粒子が露出した状態になり、鉄損の低減効果が小さくなることがある。従って、表面処理は、素材成形体の一部、さらには上記摺接面の一部、特に摺接面において磁束方向全長に亘る領域に施すとよいことが判明した。
- [0014] 上記知見から、低損失な圧粉成形体を効率的に製造するには、素材成形体の特定の領域に表面処理を施す以下の方法が挙げられる。
- [0015] その圧粉成形体の製造方法とは、軟磁性粒子の外周に絶縁被膜が被覆された被覆軟磁性粒子を複数具えてなる被覆軟磁性粉末を用いて圧粉成形体を製造する方法で、素材準備工程と、表面処理工程とを具える。素材準備工程では、被覆軟磁性粉末を加圧成形した素材成形体を用意する。表面処理工程では、素材成形体の表面で複数の軟磁性粒子の構成材料同士が導通した導通部を除去する。上記表面処理工程は、上記素材成形体の表面の一部に施される。ここでの表面処理工程には、化学的、機械的、電気的、光学的、熱的、あるいは、これらの複合的な処理により上記導通部の除去が可能なあらゆる表面処理が含まれる。具体的には、電気化学的な処理方法として電解処理が、機械的な処理方法として切削や研削がそれぞれ挙げられる。いずれの処理方法も導通部の除去が可能と考えられる。
- [0016] より具体的な方法として、以下の本発明の圧粉成形体の製造方法が挙げられる。
- [0017] この製造方法は、軟磁性粒子の外周に絶縁被膜が被覆された被覆軟磁性粒

子を複数具えてなる被覆軟磁性粉末を用いて圧粉成形体を製造する方法で、素材準備工程と、表面処理工程とを具える。素材準備工程では、被覆軟磁性粉末を加圧成形した素材成形体を用意する。表面処理工程では、上記素材成形体の表面の一部を電解処理する。

[0018] 本発明の製造方法によれば、素材成形体の表面の一部を電解処理することで、導通部を部分的に除去できる。その結果、渦電流を遮断できるため、圧粉成形体の損失を低減できる。その上、絶縁被膜が損傷していない被覆軟磁性粒子の絶縁被膜を損傷させる可能性が低くなり、損失低減効果が小さくなることがない。その結果、成形体の表面全面を表面処理した場合と同程度の低損失な圧粉成形体を製造することができる。加えて、損失低減効果が小さくなった場合の圧粉成形体よりも、低損失な圧粉成形体とすることができ、効率的に低損失な圧粉成形体を製造することができる。

[0019] 本発明の製造方法の一形態として、上記表面処理工程は、上記素材成形体の金型との摺接面の少なくとも一部に施されることが挙げられる。

[0020] 上記の構成によれば、金型との摺接面に導通部が形成され易いので、摺接面の少なくとも一部に表面処理を施すことで、効果的に導通部を除去でき、渦電流を遮断できる。

[0021] 本発明の製造方法の一形態として、上記表面処理工程は、上記圧粉成形体を磁心として励磁した際、磁束方向との平行面の少なくとも一部となる前記素材成形体の表面に施されることが挙げられる。

[0022] 上記の構成によれば、表面処理を施す箇所が、磁束方向との平行面のうち少なくとも一部であることで、磁束方向を軸とする円周方向に流れる渦電流を、上記表面処理が施された箇所で遮断できると考えられる。そのため、渦電流損を低減でき、低損失な圧粉成形体を製造することができる。

[0023] 本発明の製造方法の一形態として、上記表面処理工程は、上記圧粉成形体を磁心として励磁した際、磁束方向との平行面の少なくとも一部で、上記平行面において、上記圧粉成形体の磁束方向全長に亘る領域となる前記素材成形体の表面に施されることが挙げられる。

- [0024] 上記の構成によれば、表面処理を施す領域を、素材成形体の表面のうち、上記平行面の少なくとも一部で、その平行面において、圧粉成形体の磁束方向全長に亘る領域になる面とすることで、磁束方向を軸とする円周方向に流れる渦電流を上記全長に亘って分断することができると考えられる。従って、渦電流損をより低減することができ、より低損失な圧粉成形体を製造することができる。
- [0025] 本発明の圧粉成形体は、上記本発明の製造方法により製造された圧粉成形体である。
- [0026] 本発明の圧粉成形体によれば、渦電流損の少ない低損失な圧粉成形体とすることができる。そのため、例えば、リアクトル用コアに好適に利用でき、その場合、コイルが高周波の交流で励磁される場合でも鉄損特性を改善できる。
- [0027] 本発明のリアクトルは、巻線を巻回してなるコイルと、このコイルの内外に配置されて閉磁路を形成する磁性コアとを具える。磁性コアのうち少なくとも一部が圧粉成形体からなり、この圧粉成形体が上記本発明圧粉成形体である。
- [0028] 本発明のリアクトルによれば、損失低減効果に優れる圧粉成形体を具えることで、低損失なリアクトルとすることができる。
- [0029] 本発明リアクトルは、コンバータの構成部品に好適に利用することができる。本発明のコンバータは、スイッチング素子と、上記スイッチング素子の動作を制御する駆動回路と、スイッチング動作を平滑にするリアクトルとを具え、上記スイッチング素子の動作により、入力電圧を変換するものであり、上記リアクトルが本発明リアクトルである。この本発明コンバータは、電力変換装置の構成部品に好適に利用することができる。本発明の電力変換装置は、入力電圧を変換するコンバータと、上記コンバータに接続されて、直流と交流とを相互に変換するインバータとを具え、このインバータで変換された電力により負荷を駆動するための電力変換装置であって、上記コンバータが本発明コンバータである。

[0030] 上記の構成によれば、磁性コアが低損失な圧粉成形体からなる本発明リアクトルを具えることで、低損失であり、車載部品などに好適に利用することができる。

発明の効果

[0031] 本発明の圧粉成形体の製造方法は、渦電流損を低減でき、効率的に低損失な圧粉成形体を製造することができる。

[0032] 本発明の圧粉成形体は、渦電流損の少ない低損失な圧粉成形体とすることができる。

[0033] 本発明のリアクトルは、低損失である。

[0034] 本発明のコンバータや電力変換装置は、車載部品などに好適に利用できる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]圧粉成形体を示す図であって、その圧粉成形体を具えるリアクトル用コアを示す分解斜視図である。

[図2]本発明のリアクトルを示す概略斜視図である。

[図3]ハイブリッド自動車の電源系統を模式的に示す概略構成図である。

[図4]本発明コンバータを具える本発明電力変換装置の一例を示す概略回路図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、本発明の実施形態を説明する。まず、圧粉成形体の製造方法を説明し、その製造方法により得られた圧粉成形体を具えるリアクトル、そのリアクトルを具えるコンバータ及び電力変換装置の順に説明する。

[0037] 《圧粉成形体の製造方法》

本発明の圧粉成形体の製造方法は、被覆軟磁性粉末を用意して圧粉成形体を製造する方法で、素材準備工程と、表面処理工程とを具える。上記各工程について順に説明する。

[0038] [素材準備工程]

素材準備工程では、圧粉成形体を構成する被覆軟磁性粉末を用意して、そ

の粉末を加圧成形して素材成形体を作製するか、予め同様に成形された素材成形体を購入するなどして用意する。前者の場合、原料準備工程と、その原料から素材成形体を成形する素材成形工程とを具える。原料準備工程として、圧粉成形体を構成する被覆軟磁性粉末を用意する。被覆軟磁性粉末は、軟磁性粒子の外周に絶縁被膜が被覆された被覆軟磁性粒子を複数具える。

[0039] [原料準備工程]

原料準備工程では、被覆軟磁性粉末を用意する。この工程では、後述する組成からなる軟磁性粒子を製造又は購入するなどして用意し、その軟磁性粒子の外周に後述する組成からなる絶縁被膜を被覆して被覆軟磁性粉末を製造してもよいし、予め製造された被覆軟磁性粉末を購入するなどしてもよい。前者のうち軟磁性粒子を製造する場合、以下に述べる軟磁性粒子の製法、及び絶縁被膜の被覆方法を経て被覆軟磁性粉末を製造することができる。

[0040] (軟磁性粒子)

 <組成>

軟磁性粒子は、鉄を50質量%以上含有するものが好ましく、例えば、純鉄(Fe)が挙げられる。その他、鉄合金、例えば、Fe-Si系合金、Fe-Al系合金、Fe-N系合金、Fe-Ni系合金、Fe-C系合金、Fe-B系合金、Fe-Co系合金、Fe-P系合金、Fe-Ni-Co系合金、及びFe-Al-Si系合金から選択される少なくとも1種からなるものが利用できる。特に、透磁率及び磁束密度の点から、99質量%以上、更には99.5質量%以上がFeである純鉄が好ましい。

[0041] <粒径>

軟磁性粒子の平均粒径は、圧粉成形体として低損失に寄与するサイズであればよい。つまり、特に限定することなく適宜選択することができるが、例えば、1 μ m以上150 μ m以下であれば好ましい。軟磁性粒子の平均粒径を1 μ m以上とすることによって、軟磁性粉末の流動性を落とすことがなく、軟磁性粉末を用いて製作された圧粉成形体の保磁力及びヒステリシス損の増加を抑制できる。逆に、軟磁性粒子の平均粒径を150 μ m以下とするこ

とによって、1 kHz以上の高周波域において発生する渦電流損を効果的に低減できる。より好ましい軟磁性粒子の平均粒径は、 $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。この平均粒径の下限が $40\text{ }\mu\text{m}$ 以上であれば、渦電流損の低減効果が得られると共に、被覆軟磁性粉末の取り扱いが容易になり、より高い密度の成形体とすることができる。なお、この平均粒径とは、粒径のヒストグラム中、粒径の小さい粒子からの質量の和が総質量の50%に達する粒子の粒径、つまり50%粒径をいう。

[0042] 〈形状〉

軟磁性粒子の形状は、アスペクト比が1.2～1.8となるようにすると好ましい。このアスペクト比とは、粒子の最大径と最小径との比とする。上記範囲のアスペクト比を有する軟磁性粒子は、アスペクト比が小さな（1.0に近い）ものに比べて、圧粉成形体にしたときに反磁界係数を大きくでき、磁気特性に優れた圧粉成形体とすることができる。その上、圧粉成形体の強度を向上させることができる。

[0043] 〈製法〉

軟磁性粒子は、水アトマイズ法やガスアトマイズ法などのアトマイズ法で製造されたものが好ましい。水アトマイズ法で製造された軟磁性粒子は、粒子表面に凹凸が多いため、その凹凸の噛合により高強度の成形体を得やすい。一方、ガスアトマイズ法で製造された軟磁性粒子は、その粒子形状がほぼ球形のため、絶縁被膜を突き破るような凹凸が少なくて好ましい。

[0044] （絶縁被膜）

絶縁被膜は、隣接する軟磁性粒子同士を絶縁するために、軟磁性粒子の外周に被覆される。軟磁性粒子を絶縁被膜で覆うことによって、軟磁性粒子同士の接触を抑制し、成形体の比透磁率を低く抑えることができる。その上、絶縁被膜の存在により、軟磁性粒子間に渦電流が流れるのを抑制して、圧粉成形体の渦電流損を低減させることができる。

[0045] 〈組成〉

絶縁被膜は、軟磁性粒子同士の絶縁を確保できる程度の絶縁性に優れるも

のであれば特に限定されない。例えば、絶縁被膜の材料は、リン酸塩、チタン酸塩、シリコン樹脂、リン酸塩とシリコン樹脂の2層からなるものなどが挙げられる。

[0046] 特に、リン酸塩からなる絶縁被膜は変形性に優れるので、軟磁性材料を加圧して圧粉成形体を作製する際に軟磁性粒子が変形しても、この変形に追従して変形することができる。また、リン酸塩被膜は鉄系の軟磁性粒子に対する密着性が高く、軟磁性粒子表面から脱落し難い。リン酸塩としては、リン酸鉄やリン酸マンガン、リン酸亜鉛、リン酸カルシウム、リン酸アルミニウムなどのリン酸金属塩化合物を利用することができる。

[0047] シリコン樹脂からなる絶縁被膜の場合は、耐熱性に優れるので、後述する熱処理工程で分解し難く、圧粉成形体の完成までの間、軟磁性粒子同士の絶縁を良好に維持することができる。

[0048] 絶縁被膜が上記リン酸塩とシリコン樹脂の2層構造からなる場合、リン酸塩を上記軟磁性粒子側に、シリコン樹脂をリン酸塩の直上に被覆することが好ましい。リン酸塩の直上にシリコン樹脂を被膜しているので、上述したリン酸塩およびシリコン樹脂の両方の特性を具えることができる。

[0049] 〈膜厚〉

絶縁被膜の平均厚さは、隣接する軟磁性粒子同士を絶縁することができる程度の厚みであればよい。例えば、10 nm以上1 μ m以下であることが好ましい。絶縁被膜の厚みを10 nm以上とすることによって、軟磁性粒子同士の接触の抑制や渦電流によるエネルギー損失を効果的に抑制することができる。一方、絶縁被膜の厚みを1 μ m以下とすることによって、被覆軟磁性粒子に占める絶縁被膜の割合が大きくなりすぎず、被覆軟磁性粒子の磁束密度が著しく低下することを防止できる。

[0050] 上記絶縁被膜の厚さは、以下のようにして調べることができる。まず、組成分析(TEM-EDX: transmission electron microscope energy dispersive X-ray spectroscopy)によって得られる膜組成と、誘導結合プラズマ質

量分析(ICP-MS: inductively coupled plasma-mass spectrometry)によって得られる元素量とを鑑みて相当厚さを導出する。そして、TEM写真により直接、被膜を観察し、先に導出された相当厚さのオーダーが適正な値であることを確認して決定される平均的な厚さとする。

[0051] 〈被覆方法〉

軟磁性粒子に絶縁被膜を被覆する方法は、適宜選択するとよい。例えば、加水分解・縮重合反応などにより被膜することが挙げられる。軟磁性粒子と絶縁被膜を構成する原料とを配合して、その配合体を、加熱した状態で混合する。そうすることで、軟磁性粒子を被膜原料に十分に分散でき、個々の軟磁性粒子の外側に絶縁被膜を被覆することができる。

[0052] 上記加熱温度及び混合時間は適宜選択するとよい。加熱温度及び混合時間を選択することで、軟磁性粒子をより十分に分散させることができ、個々の粒子に絶縁被膜を被覆することが容易となる。

[0053] [素材成形工程]

素材成形工程では、上記原料準備工程により用意された複数の被覆軟磁性粒子からなる被覆軟磁性粉末を加圧成形して素材成形体を作製する。

[0054] 素材成形工程では、代表的には、所定の形状のパンチとダイからなる成形金型内に被覆軟磁性粉末を注入し、加圧して押し固める。パンチとダイを使用する際、加圧により金型に成形体が焼き付くことや、被覆軟磁性粉末の絶縁被膜が破壊されることがないように被覆軟磁性粉末を加圧成形する。その手段として、パンチとダイの少なくとも一方の被覆軟磁性粉末と接触する箇所(内壁)に潤滑剤を塗布して被覆軟磁性粉末を加圧する外部潤滑成形方法でもよいし、被覆軟磁性粉末に予め潤滑剤を混合させて混合物を作製しておき、その混合物を金型で加圧する内部潤滑成形方法でもよい。前者の場合、潤滑剤を上記内壁に塗布するので、被覆軟磁性粉末との摩擦を低減すると共に、高密度な素材成形体を成形することができる。後者の場合、被覆軟磁性粉末の表面に付着した潤滑剤が被覆軟磁性粉末における粒子同士の摩擦を低

減するため、被覆軟磁性粒子の絶縁被膜が破れることを抑制することができる。

[0055] 潤滑剤は、ステアリン酸、ステアリン酸リチウムなどの金属石鹸、ステアリン酸アミドなどの脂肪酸アミド、エチレンビスステアリン酸アミドなどの高級脂肪酸アミドなどの固体潤滑剤、固体潤滑剤を水などの液媒に分散させた分散液、液状潤滑剤、六方晶系の結晶構造を有する無機潤滑剤などが挙げられる。

[0056] 加圧する際には、上記成形金型を加熱してから加圧成形してもよい。その場合、例えば、成形金型温度を50～200℃にすることが挙げられる。金型を加熱することで高密度な成形体を得ることができる。

[0057] 加圧する圧力は、適宜選択することができる。例えば、リアクトル用コアとなる圧粉成形体を製造するのであれば、490～1470MPa（約5～15ton/cm²）、特に、490～1079MPa（約5～11ton/cm²）程度とすることが好ましい。

[0058] この加圧により、例えば、図1（右下）に示す直方体状の素材成形体10を形成できる。この素材成形体10の形状は、加圧成形する際の金型の形状により適宜変更することができるため、直方体状の他に、台形状面を有する柱状体、またはU字状面を有するU字状体など種々の形状が挙げられる。このように素材成形体10が直方体状の場合、素材成形体10の両端面がパンチでの加圧面31pで、それ以外の4つの側面がダイとの摺接面31sである。

[0059] [表面処理工程]

表面処理工程では、素材成形体の表面の一部を電解処理する。この電解処理により、素材成形体の表面で複数の軟磁性粒子の構成材料同士が導通した導通部を除去する。

[0060] 電解処理する素材成形体の面は、導通部が形成され易いダイとの摺接面の少なくとも一部とすることが挙げられる。製造された素材成形体10を磁心、例えば、図1（上側）に示すようなリアクトル用コア3として励磁する際

、磁束方向との平行面の少なくとも一部とすることが好ましい。特に、パンチの加圧方向全長に亘る領域、更には上記平行面において磁束方向全長に亘る領域となる素材成形体の表面であることが好ましい。図1は、リアクトルに具わるリアクトル用コア3の一例であり、コイル（図示せず）に覆われる内側コア部31と、コイルから露出される露出コア部32とを分解した状態で示している。内側コア部31は、コア片31mとギャップ材31gとを積層して構成される。コア片31mは、素材成形体10に電解処理した圧粉成形体1、または電解処理と後述する熱処理とを施した圧粉成形体1で構成することが挙げられる。このように、圧粉成形体1とコイルとを組み合わせると、そのコイルを励磁すれば、コイルの軸方向に沿った磁束が成形体内に形成される。

[0061] そこで、例えば、図1（右下）に示すように、矢印（I）の方向を磁束方向、即ち、加圧面31pが磁束方向との直交面で、それ以外の4つの摺接面31sが、上記平行面となる場合、電解処理する領域は、上記平行面（摺接面31s）となる素材成形体10の表面の少なくとも一部でよい。電解処理した箇所、磁束方向を軸とする円周方向に流れる渦電流を遮断することができると考えられる。特に、電解処理する領域は、上記平行面において加圧方向（磁束方向）全長に亘る素材成形体10の表面とすることが好ましい。そうすれば、上記渦電流を上記全長に亘って遮断できると考えられ、一層効果的に低損失な圧粉成形体を製造できる。

[0062] 一方、矢印（II）の方向が磁束方向、即ち、加圧面31pが上記平行面である場合、電解処理する領域は、上記直交面である摺接面31soの少なくとも一部でよい。そうすれば、摺接面31soの表面に流れる渦電流を遮断できるので、渦電流損を低減できると考えられる。特に、電解処理する領域は、摺接面31soにおいて、長辺間や短辺間であることが好ましい。そうすれば、上記渦電流をより遮断し易い。加えて、電解処理は、上記平行面である摺接面31spの少なくとも一部、特に摺接面31spの磁束方向全長に亘る領域に施すことが好ましい。前者の場合、摺接面31spの電解

処理を施した箇所で、磁束方向を軸とする円周方向の渦電流をも遮断でき、後者の場合、その渦電流を上記全長に亘って遮断できる。

[0063] 素材成形体が円柱である場合、上記直交面がパンチでの加圧面であれば、上記平行面は円柱の円筒面となるので、電解処理する領域は、円筒面となる素材成形体の表面の少なくとも一部でよく、その表面の磁束方向全長に亘る領域であることが好ましい。

[0064] 上記平行面において一方の端面側から他方の端面側に亘る領域に表面処理を施す場合、上記平行面において磁束方向と平行な方向の長さを縦 t 、磁束方向を軸とした圧粉成形体の周方向の全長を l とするとき、平行面の全面積は $t \times l$ で、当該平行面において実際に表面処理が施された領域の幅（磁束方向と直交する方向）を処理幅 w とするとき、この領域は $t \times w$ と表される。この処理幅 w は、被覆軟磁性粉末の平均粒径を d とするとき、 $d < w \leq l$ を満たすことが好ましい。上記処理幅 w を上記範囲とすることで、渦電流損の低減効果を効果的に得ることができる。より好ましくは、上記全長 l に対する上記処理幅 w の比率 w/l は、30%以下、さらには20%以下、10%以下、特に5%以下とすることが挙げられる。

[0065] 電解処理する際、素材成形体に接触させる電解液の種類としては、素材成形体表面を電解処理して当該表面の導通部を除去するのに利用できる処理液であればよい。例えば、硝酸ナトリウム、硝酸カリウム、塩化ナトリウムなどの溶液が好ましい。そうすることで、上記導通部を除去できる。

[0066] 電解処理する際、印加する電圧と通電する電流はそれぞれ、例えば20～100V、20～100Aであることが好ましい。そうすることで、上記導通部を除去し易い上に、表面処理を促進できる。

[0067] また、素材成形体表面を電解処理する時間（処理時間）は、電解液の種類、濃度、印加電圧、通電電流、あるいは除去する領域などに合わせて適宜選択すればよい。特に、印加電圧と通電電流が上記範囲である場合、上記処理時間は、0.5sec～50secであることが挙げられる。つまり、上記印加電圧と通電電流で、上記範囲の時間成形体を電解処理することで、上記

導通部を除去し易くなるとともに、上記導通部以外の成形体の表面を除去しすぎることがない。

[0068] 素材成形体を電解処理する方法は、例えば、素材成形体を電解液に浸漬させて、電解処理させて導通部を除去する箇所に陽極の電極を2 mm以下の間隔で設置し、陰極の電極を電解液中に浸漬させて、導通部を除去する素材成形体に接触させる。その状態で、上述した電圧を印加して上述した電流を通電させることが挙げられる。この陽極が接触もしくは近接している箇所が電解処理されて導通部が除去される。つまり、電極の形を調整することで、上記表面処理する領域を適宜変更することができる。この電極には、Ptなどを好適に利用することができる。

[0069] [その他の工程]

(熱処理工程)

上記素材成形体には、素材成形工程で軟磁性粒子に導入された歪や転移などを除去するために加熱する熱処理を施してもよい。

[0070] 熱処理の温度が高いほど、歪の除去を十分に行うことができることから、熱処理温度は、300℃以上、特に400℃以上が好ましく、上限は約800℃程度が好ましい。このような熱処理温度であれば、歪の除去と共に、加圧時に軟磁性粒子に導入される転移などの格子欠陥も除去できる。それにより、圧粉成形体のヒステリシス損を効果的に低減することができる。

[0071] 熱処理を施す時間は、素材成形工程で軟磁性粒子に導入された歪や転移などを十分に除去するように、上記熱処理温度および成形体の体積に合わせて適宜選択すればよい。例えば、上記の温度範囲の場合、10分～1時間であることが好ましい。

[0072] この熱処理を施す際の雰囲気は、大気中でも良いが、不活性ガス雰囲気内で施すと特に好ましい。それにより、潤滑剤の燃焼による煤などの素材成形体への付着を抑制することができる。

[0073] この熱処理は、表面処理工程前における素材成形体に施してもよいし、表面処理工程後における素材成形体に施してもよい。

[0074] (洗浄工程)

表面処理工程後、表面処理工程で圧粉成形体表面に付着した電解液を洗い流すために圧粉成形体の表面を洗浄することが好ましい。そうすれば、表面処理工程で圧粉成形体表面に付着した電解液を除去できる。

[0075] 洗浄工程で使用する洗浄液は、上記電解液を洗浄できるものであればよい。例えば、水などを使用することが挙げられる。洗浄液の温度や、洗浄する時間は、圧粉成形体の表面から電解液が十分に除去できるように適宜選択するとよい。

[0076] 《作用効果》

上述した実施形態によれば、以下の効果を奏する。

[0077] (1) 上述した実施形態によれば、圧粉成形体の表面にダイとの摺接により形成された導通部を電解処理することにより除去できる。この導通部の除去により、その除去した箇所で渦電流が流れ難く、あるいは渦電流を遮断できる。従って、渦電流損の少ない低損失な圧粉成形体を製造することができる。

[0078] (2) 上述の製造方法により製造された圧粉成形体はリアクトル用コアに好適に利用することができる。詳しくは後述するが、その場合、例えば、一对のコイル素子を有して各コイル素子の軸が平行するように横並びされたコイルと、各コイル素子がそれぞれ配置される一对の柱状の内側コア部（ミドルコア部）、及びコイル素子が配置されず、内側コア部に連結されて閉磁路を構成する露出コア部（サイドコア部）を有する磁性コアとを具えるリアクトルにおいて、当該内側コア部に好適に利用できる。内側コア部を複数の分割コア片を組み合わせた構成とする場合、分割コア片の少なくとも一つ、好ましくは全てを本発明の圧粉成形体により構成することができる。このとき、内側コア部、或いは分割コア片において、上記表面処理を施す領域は、上記コイルを励磁した際、磁束方向と平行となる面の少なくとも一部である。ここでは、平行となる面はダイとの摺接面である。この分割コア片でリアクトルを組み立てた際、上記分割コア片の表面処理が施された面はコイルの内

周面に対向される。それにより、コイルを励磁したとき、上記表面処理が施された領域で、内側コア部の周方向に生じる渦電流を分断して、渦電流損を低減できる。この表面処理を、例えば、上記平行面において、内側コア部、或いは各分割片の一方の端面側から他方の端面側に亘る領域に施せば、リアクトルを組み立てた際、その領域が内側コア部の磁束方向全長に及ぶ。そのため、内側コアの磁束方向全長に亘って上記渦電流を分断できるため、渦電流損をより一層低減できる。露出コア部は、端面がU字状、あるいは台形状が代表的である。この露出コア部においても本発明の製造方法により得られた圧粉成形体を用いてもよい。

[0079] (3) 電解処理することで導通部を除去するので、表面処理の処理時間を短縮することができるため、圧粉成形体の製造作業を簡略化することができる。

[0080] (4) 電解処理することで圧粉成形体の製造作業を簡略化することができるので、その製造コストを低減することができる。

[0081] 《リアクトル》

上述の圧粉成形体の製造方法により製造された圧粉成形体は、リアクトルの構成部材として好適に利用できる。例えば、リアクトルは、巻線を巻回してなるコイルと、そのコイルの内外に配置されて閉磁路を形成する磁性コアとを具え、磁性コアの少なくとも一部が圧粉成形体で構成される。その圧粉成形体に本発明製造方法により製造された本発明圧粉成形体を利用できる。つまり、本発明のリアクトルの特徴とするところは、リアクトルに具わる磁性コアの少なくとも一部に、本発明圧粉成形体を具える点にある。以下、そのリアクトルの一例を、図1、2を参照して説明する。ここでは、リアクトル100に具わる磁性コア3のうち、コイル2の内側に配置される内側コア部31が本発明圧粉成形体で構成されている場合を例に説明する。内側コア部31を構成するコア片31m以外の構成は、公知のリアクトルの構成を利用することができる。もちろん、磁性コア3のうち、露出コア32を本発明圧粉成形体で構成してもよい。

[0082] (コイル)

コイル 2 は、図 2 に示すように、接合部の無い 1 本の連続する巻線 2 w を螺旋状に巻回してなる一对のコイル素子 2 a, 2 b と、両コイル素子 2 a, 2 b を連結する連結部 2 r とを具える。各コイル素子 2 a, 2 b は、互いに同一の巻数の中空の筒状体であり、各軸方向が平行するように並列（横並び）され、コイル 2 の他端側（図 2 では右側）において巻線 2 w の一部が U 字状に屈曲されて連結部 2 r が形成されている。この構成により、両コイル素子 2 a, 2 b の巻回方向は同一となっている。

[0083] 巻線 2 w は、銅やアルミニウム、その合金といった導電性材料からなる導体の外周に、絶縁材料からなる絶縁層（代表的には、ポリアミドイミドなどからなるエナメル層）を具える被覆線を好適に利用できる。巻線 2 w の導体は、断面円形状の丸線その他、断面矩形状の平角線を好適に利用できる。コイル素子 2 a, 2 b は、絶縁層を有する被覆平角線をエッジワイズ巻きして形成されたエッジワイズコイルである。

[0084] (磁性コア)

磁性コアの説明は、図 1 を参照して行う。磁性コア 3 は、各コイル素子 2 a, 2 b（図 2）に覆われる一对の柱状の内側コア部 3 1 と、コイル 2（図 2）が配置されず、コイル 2 から露出される一对の露出コア部 3 2 とを有する。各内側コア部 3 1 はそれぞれ、各コイル素子 2 a, 2 b の内周形状に沿った外形を有する柱状体（ここでは、実質的に直方体）であり、各露出コア部 3 2 はそれぞれ、一对の台形状面を有する柱状体である。磁性コア 3 は、平行に配置される内側コア部 3 1 を挟むように露出コア部 3 2 が配置され、各内側コア部 3 1 の端面と露出コア部 3 2 の内端面とを接触させて環状に形成される。

[0085] 内側コア部 3 1 は、磁性材料からなるコア片 3 1 m と、インダクタンスの調整のため、コア片よりも透磁率が低い材料（例えばアルミナなどの非磁性材料）から構成されるギャップ材 3 1 g とを交互に積層して構成された積層体である。露出コア部 3 2 も磁性材料からなるコア片である。上記コア片同

士の一体化やコア片 31m とギャップ材 31g との一体化には、例えば、接着剤や粘着テープなどを利用できる。

[0086] 内側コア部 31 の各コア片 31m はいずれも、本発明圧粉成形体により構成されている。コア片 31m (内側コア部 31) において上記電解処理した領域を、コイル 2 を励磁した際、磁束方向と平行となるように配置することが好ましい。即ち、このコア片 31m でリアクトル 100 を組み立てた際、上記コア片 31m の電解処理した面はコイル 2 の内周面に対向される。それにより、コイル 1 を励磁したとき、電解処理した領域で、磁束方向を軸として内側コア部 31 の周方向に生じる渦電流を遮断して、渦電流損を低減できる。本例のように、内側コア部 31 を構成する全てのコア片 31m を電解処理したコア片 31m (本発明の圧粉成形体) で構成する場合、内側コア部 31 の一方の端面側から他方の端面側に亘る領域に、電解処理した領域が連続して並ぶように各コア片 31m を配置することが好ましい。そうすれば、リアクトルを組み立てた際、電解処理した領域が内側コア部 31 の磁束方向全長に及ぶ。そのため、内側コア部 31 の磁束方向全長に亘って上記渦電流を遮断できるため、渦電流損をより一層低減できる。

[0087] (その他の構成部材)

その他、コイル 2 とリアクトル用コア 3 との間の絶縁性を高めるために、絶縁性樹脂から構成されるインシュレータ (図示略) を具えたり、コイル 2 とリアクトル用コア 3 との組合体の外周を絶縁性樹脂で覆った一体化物としたり、組合体を金属材料などからなるケースに収納したり、ケースに収納した組合体を封止樹脂により覆ったりすることができる。

[0088] 上記の構成によれば、内側コア部 31 を上述の圧粉成形体で構成し、コイル 2 を励磁した際、磁束方向と平行となるように配置すると、磁束方向を軸として内側コア部 31 の周方向に生じる渦電流を遮断して、渦電流損を低減できる。そのため、低損失なリアクトル 100 とすることができる。

[0089] 《コンバータと電力変換装置》

上述のリアクトルは、例えば、車両などに載置されるコンバータの構成部

品や、このコンバータを具える電力変換装置の構成部品に利用することができる。

[0090] 例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車といった車両 1200 は、図 3 に示すようにメインバッテリー 1210 と、メインバッテリー 1210 に接続される電力変換装置 1100 と、メインバッテリー 1210 からの供給電力により駆動して走行に利用されるモータ（負荷） 1220 とを具える。モータ 1220 は、代表的には、3 相交流モータであり、走行時、車輪 1250 を駆動し、回生時、発電機として機能する。ハイブリッド自動車の場合、車両 1200 は、モータ 1220 に加えてエンジンを具える。なお、図 3 では、車両 1200 の充電箇所としてインレットを示すが、プラグを具える形態とすることもできる。

[0091] 電力変換装置 1100 は、メインバッテリー 1210 に接続されるコンバータ 1110 と、コンバータ 1110 に接続されて、直流と交流との相互変換を行うインバータ 1120 とを有する。この例に示すコンバータ 1110 は、車両 1200 の走行時、200V～300V 程度のメインバッテリー 1210 の直流電圧（入力電圧）を 400V～700V 程度にまで昇圧して、インバータ 1120 に給電する。また、コンバータ 1110 は、回生時、モータ 1220 からインバータ 1120 を介して出力される直流電圧（入力電圧）をメインバッテリー 1210 に適合した直流電圧に降圧して、メインバッテリー 1210 に充電させている。インバータ 1120 は、車両 1200 の走行時、コンバータ 1110 で昇圧された直流を所定の交流に変換してモータ 1220 に給電し、回生時、モータ 1220 からの交流出力を直流に変換してコンバータ 1110 に出力している。

[0092] コンバータ 1110 は、図 4 に示すように複数のスイッチング素子 1111 と、スイッチング素子 1111 の動作を制御する駆動回路 1112 と、リアクトル L とを具え、ON/OFF の繰り返し（スイッチング動作）により入力電圧の変換（ここでは昇降圧）を行う。スイッチング素子 1111 には、FET、IGBT などのパワーデバイスが利用される。リアクトル L は、

回路に流れようとする電流の変化を妨げようとするコイルの性質を利用し、スイッチング動作によって電流が増減しようとしたとき、その変化を滑らかにする機能を有する。このリアクトルLとして、上述のリアクトルを具える。低損失なリアクトルを具えることで、電力変換装置1100やコンバータ1110も全体として低損失化を図ることができる。

[0093] なお、車両1200は、コンバータ1110の他、メインバッテリー1210に接続された給電装置用コンバータ1150や、補機類1240の電力源となるサブバッテリー1230とメインバッテリー1210とに接続され、メインバッテリー1210の高圧を低圧に変換する補機電源用コンバータ1160を具える。コンバータ1110は、代表的には、DC-DC変換を行うが、給電装置用コンバータ1150や補機電源用コンバータ1160は、AC-DC変換を行う。給電装置用コンバータ1150の中には、DC-DC変換を行うものもある。給電装置用コンバータ1150や補機電源用コンバータ1160のリアクトルに、上述のリアクトルなど同様の構成を具え、適宜、大きさや形状などを変更したリアクトルを利用することができる。また、入力電力の変換を行うコンバータであって、昇圧のみを行うコンバータや降圧のみを行うコンバータに、上述のリアクトルを利用することもできる。

[0094] 《試験例》

試験例として、以下の試料1～8を作製し、各試料の磁気特性について後述する試験を行った。各試料のうち、試料1～7は、以下に示す工程a→工程b→工程c→工程d→工程eの順に各工程を経て作製され、試料8は試料1～7とは工程の順番が異なる。試料1～7において相違する点は、工程dにおいて表1に示す電解処理の処理時間のみであるため、まず先に代表して試料1を作製する手順についてのみ述べ、続けて、試料8を作製する手順を述べる。

[0095] [試料1]

試料1は、以下に示す工程a→工程b→工程c→工程d→工程eの順に各工程を経て作製される。

工程 a : 被覆軟磁性粉末を用意する原料準備工程。

工程 b : 被覆軟磁性粉末を加圧成形して素材成形体を作製する素材成形工程。

工程 c : 素材成形体を加熱して熱処理成形体を作製する熱処理工程。

工程 d : 熱処理成形体表面に電解処理する表面処理工程。

工程 e : 圧粉成形体の表面を洗浄する洗浄工程。

[0096] (工程 a)

圧粉成形体の構成材料として、鉄粉からなる軟磁性粒子の表面にリン酸鉄からなる絶縁被膜を被覆した被覆軟磁性粉末に、ステアリン酸亜鉛からなる潤滑剤を 0.6 質量%含有した混合材料を用意した。上記鉄粉は、水アトマイズ法により作製され、純度が 99.8%以上であった。この軟磁性粒子の平均粒径が $50\ \mu\text{m}$ で、そのアスペクト比は 1.2 であった。この平均粒径は、粒径のヒストグラム中、粒径の小さい粒子からの質量の和が総質量の 50%に達する粒子の粒径、つまり 50%粒径により求めた。絶縁被膜は、軟磁性粒子の表面全体を実質的に覆い、その平均厚さは、 $20\ \text{nm}$ であった。

[0097] (工程 b)

工程 a で準備した混合材料を所定の形状の金型内に注入し、金型を加熱せず $730\ \text{MPa}$ の圧力をかけて加圧成形して素材成形体を作製した。ここでは、直方体状の素材成形体を複数作製した。

[0098] (工程 c)

工程 b で作製した素材成形体を窒素雰囲気下で $400^\circ\text{C} \times 30\ \text{分}$ 、熱処理し、複数の熱処理成形体を得た。

[0099] (工程 d)

工程 d では、工程 c で得られた複数の直方体状の熱処理成形体を環状に組み合わせて、鉄損の評価用の試験片を作製するにあたり、熱処理成形体の少なくとも一部を電解処理する。ここでは、熱処理成形体の表面のうち、後述する磁気特性の測定試験でコイルが配置される熱処理成形体の表面の一部に対して電解処理した。その際、試料に生じる磁束の方向と平行となる面（平

行面)の磁束方向全長に亘る領域に次に示す電解処理を施した。その電解処理は、濃度が20質量%の硝酸ナトリウムが入った液槽に熱処理成形体を浸漬させて、電解処理する箇所に陽極のPt電極を接触させ、陰極のPt電極を電解液中に浸漬させて、熱処理成形体のその他の箇所に接触させる。その状態で、65Vの電圧を印加して40Aの電流を通電する。その処理を表1に示す時間行った。その結果、磁束方向を軸とした熱処理成形体の周方向の全長 l に対する表面処理の処理幅 w の比 w/l が7%であった。また、コイルが配置されない熱処理成形体にも、電解処理してもよい。この表面処理を経た熱処理成形体が、圧粉成形体である。

[0100] (工程e)

工程dを経て得られた圧粉成形体を水で洗浄した。この洗浄を終えた圧粉成形体を試料1とする。

[0101] [試料8]

試料8は、試料1～7とは各工程を施す順番が以下のように異なる。試料8は、上記工程a→工程b→工程d→工程e→工程cの順に各工程を経て作製される。工程dにおいて表面処理される領域は試料1～7と同様とする。各工程を終えた圧粉成形体を試料8とする。

[0102] [評価]

試料1～7においては、上記工程c後工程d前と、上記工程e後とでそれぞれ複数の直方体状の熱処理成形体、圧粉成形体を環状に組み合わせて試験用磁心を作製した。各試験用磁心にそれぞれ巻線で構成したコイルを配して、磁気特性を測定するための測定部材を作製し、以下の磁気特性を測定した。試料8においては、上記工程b後工程d前と、上記工程c後とで、それぞれ上記試料1～7と同様にして測定部材を作製し、以下の磁気特性値を測定した。

[0103] [磁気特性試験]

各測定部材について、AC-BHカーブトレサを用いて、励起磁束密度 B_m : 1 kG (= 0.1 T)、測定周波数: 5 kHzにおける試料のヒステ

リシス損 W_h (W) および渦電流損 W_e (W) を求め、鉄損 W (W) を算出した。

[0104] 以上の試験から得られた特性値は、表 1 にまとめて記載する。試料 1～7 において、表 1 の「前」とは、工程 c 後工程 d 前の熱処理成形体を示し、「後」とは、工程 e を経た圧粉成形体を示す。一方、試料 8 において、表 1 の「前」とは、工程 b 後工程 d 前の素材成形体を示し、「後」とは、工程 c を経た熱処理成形体を示す。

[0105] [表1]

試料No.	処理時間 (sec)	渦電流損 W_e (W)		ヒステリシス損 W_h (W)		鉄損 W (W)	
		前	後	前	後	前	後
1	2	16.5	1.5	19.1	17.6	35.6	19.1
2	5	17.6	1.0	19.1	17.5	36.7	18.5
3	7	16.3	1.1	19.3	17.6	35.6	18.7
4	10	18.4	1.1	19.4	17.6	37.8	18.7
5	15	14.4	1.1	18.7	17.8	33.1	18.9
6	27	17.9	0.9	19.4	17.8	37.3	18.7
7	35	12.6	0.9	18.5	17.6	31.1	18.5
8	5	16.8	9.7	19.0	10.8	35.8	20.5

[0106] [結果]

試料 1～8 のいずれにおいても、表面処理前の成形体よりも表面処理後の成形体の方の渦電流損が大きく低減している。そのため、鉄損を大きく低減することができた。また、処理時間に限らず、渦電流損が低減した。

[0107] 以上の試験結果より、表面処理は、熱処理成形体の表面の一部、特に、リアクトル用コアとして励磁した際、磁束方向との平行面の一部に施すと渦電流損の低減に効果的であることが判明した。

[0108] 本発明は、上述した実施形態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で適宜変更することが可能である。

産業上の利用可能性

[0109] 本発明圧粉成形体の製造方法は、各種磁心の作製に好適に利用することができる。また、本発明圧粉成形体は、ハイブリッド自動車などの昇圧回路や、発電・変電設備に用いられるリアクトルの他、トランスやチョークコイル

のコアの材料に好適に利用することができる。

符号の説明

[0110] 100 : リアクトル

1 : 圧粉成形体 10 : 素材成形体

2 : コイル 2a, 2b : コイル素子 2r : 連結部

3 : 磁性コア (リアクトル用コア)

31 : 内側コア部 31m : コア片 31g : ギャップ材 32 : 露出コア部

31p : 加圧面 31s, 31so, 31sp : 摺接面

1100 : 電力変換装置

1110 : コンバータ 1111 : スイッチング素子

1112 : 駆動回路 L : リアクトル 1120 : インバータ

1150 : 給電装置用コンバータ 1160 : 補機電源用コンバータ

1200 : 車両

1210 : メインバッテリー 1220 : モータ 1230 : サブバッテリー

1240 : 補機類 1250 : 車輪

請求の範囲

- [請求項1] 軟磁性粒子の外周に絶縁被膜が被覆された被覆軟磁性粒子を複数具えてなる被覆軟磁性粉末を用いて圧粉成形体を製造する圧粉成形体の製造方法であって、
- 前記被覆軟磁性粉末を加圧成形した素材成形体を用意する素材準備工程と、
- 前記素材成形体の表面の一部を電解処理する表面処理工程とを具えることを特徴とする圧粉成形体の製造方法。
- [請求項2] 前記表面処理工程は、前記素材成形体における金型との摺接面の少なくとも一部に施されることを特徴とする請求項1に記載の圧粉成形体の製造方法。
- [請求項3] 前記表面処理工程は、前記圧粉成形体を磁心として励磁した際、磁束方向との平行面の少なくとも一部となる前記素材成形体の表面に施されることを特徴とする請求項1または2に記載の圧粉成形体の製造方法。
- [請求項4] 前記表面処理工程は、前記平行面において、前記圧粉成形体の磁束方向全長に亘る領域となる前記素材成形体の表面に施されることを特徴とする請求項3に記載の圧粉成形体の製造方法。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の圧粉成形体の製造方法により製造されたことを特徴とする圧粉成形体。
- [請求項6] 巻線を巻回してなるコイルと、このコイルの内外に配置されて閉磁路を形成する磁性コアとを具えるリアクトルであって、
- 前記磁性コアのうち少なくとも一部が圧粉成形体からなり、
- 前記圧粉成形体は、請求項5に記載の圧粉成形体であることを特徴とするリアクトル。
- [請求項7] スイッチング素子と、前記スイッチング素子の動作を制御する駆動回路と、スイッチング動作を平滑にするリアクトルとを具え、前記スイッチング素子の動作により、入力電圧を変換するコンバータであっ

て、

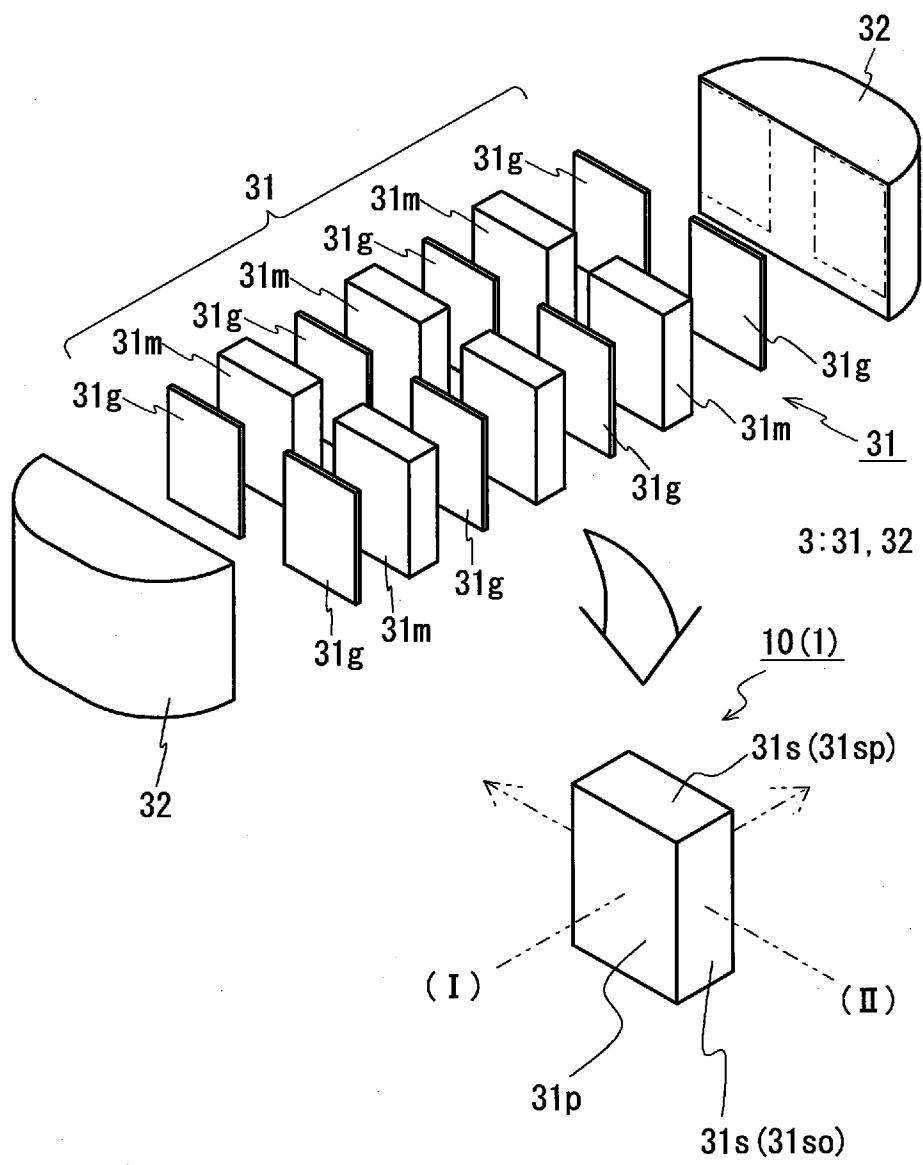
前記リアクトルは、請求項 6 に記載のリアクトルであることを特徴とするコンバータ。

[請求項 8]

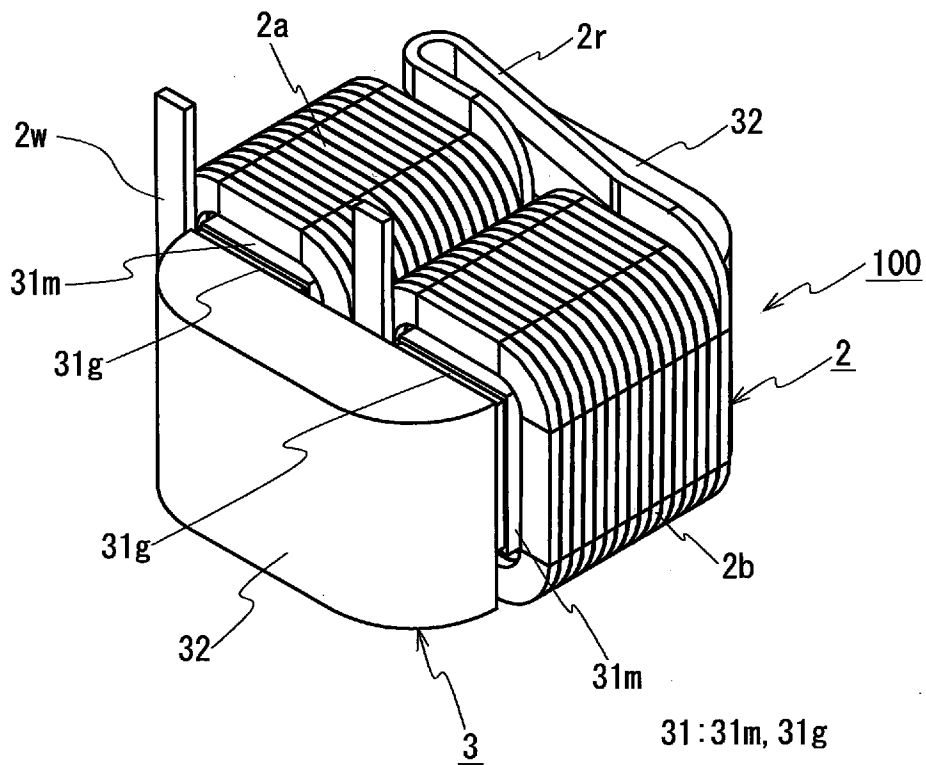
入力電圧を変換するコンバータと、前記コンバータに接続されて、直流と交流とを相互に変換するインバータとを具え、このインバータで変換された電力により負荷を駆動するための電力変換装置であって、

前記コンバータは、請求項 7 に記載のコンバータであることを特徴とする電力変換装置。

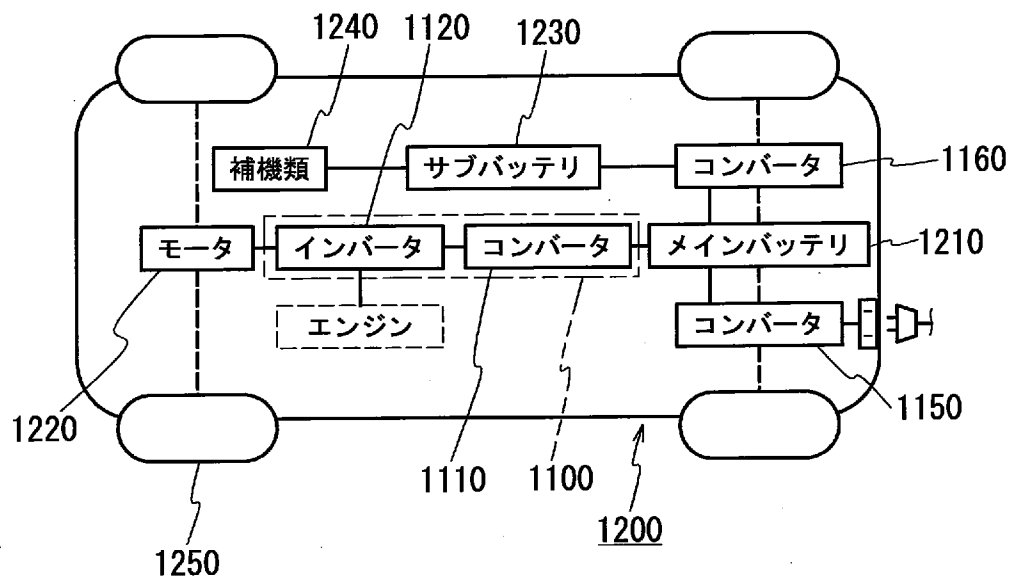
[図1]



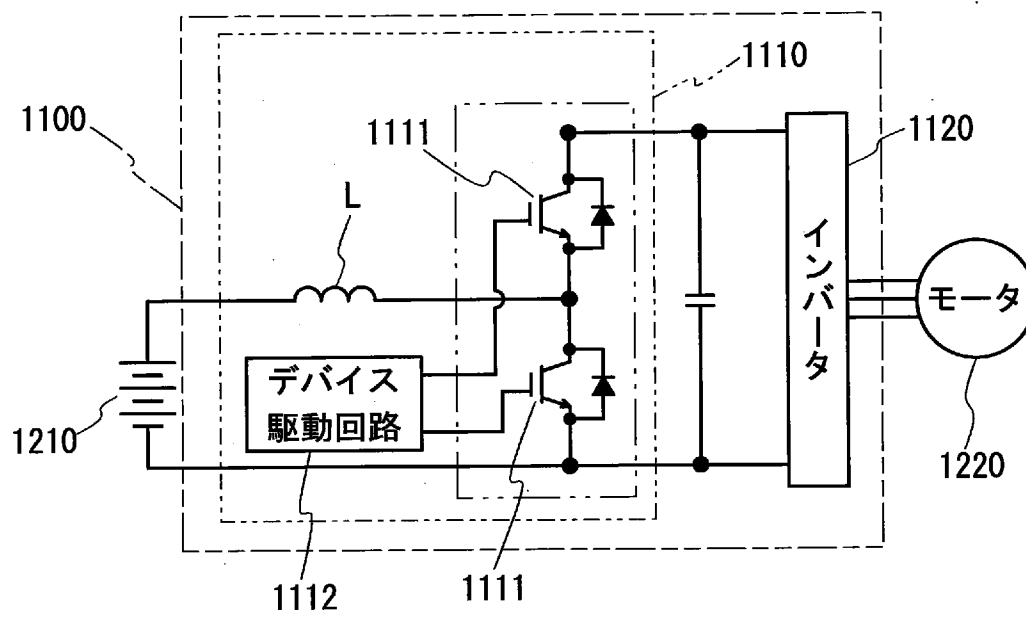
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059363

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F41/02(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, C25F3/06(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i, H01F27/255(2006.01)i, H01F37/00(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)

H01F1/12-1/375, H01F27/24-27/26, H01F30/00-30/04, H01F30/08, H01F30/12-30/14, H01F36/00-37/00, H01F38/08, H01F38/12, H01F38/16, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 2011-71485 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0055] to [0058], [0066] to [0069], [0087]; fig. 1 to 7 & JP 2011-71466 A & JP 2011-71473 A & JP 2011-199238 A & JP 2011-199255 A & JP 4524805 B & EP 2413336 A1 & WO 2011/013607 A1 & WO 2010/110007 A1 & WO 2011/024600 A1 & CN 102365693 A	1-8
Y	JP 2009-296015 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 17 December 2009 (17.12.2009), paragraphs [0015] to [0030], [0036] to [0042]; fig. 1 to 4, 6 (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 June, 2012 (28.06.12)

Date of mailing of the international search report
10 July, 2012 (10.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059363

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 2001-192785 A (Kawasaki Steel Corp.), 17 July 2001 (17.07.2001), paragraph [0062] (Family: none)	1-8
Y	JP 2001-26847 A (Kawasaki Steel Corp.), 30 January 2001 (30.01.2001), paragraphs [0060] to [0061] (Family: none)	1-8
Y	JP 2-38527 A (Kawasaki Steel Corp.), 07 February 1990 (07.02.1990), page 3, upper right column, line 1 to page 4, upper right column, line 20 (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01F41/02(2006.01)i, B22F3/00(2006.01)i, B22F3/24(2006.01)i, C25F3/06(2006.01)i,
H01F27/24(2006.01)i, H01F27/255(2006.01)i, H01F37/00(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 (I P C))

Int.Cl. H01F1/12-1/375, H01F27/24-27/26, H01F30/00-30/04, H01F30/08, H01F30/12-30/14, H01F36/00-37/00,
H01F38/08, H01F38/12, H01F38/16, H01F41/00-41/04, H01F41/08-41/10

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 2011-71485 A (住友電気工業株式会社) 2011.04.07, 段落【0055】 - 【0058】, 段落【0066】 - 【0069】, 段落【0087】, 【図1】 - 【図7】 & JP 2011-71466 A & JP 2011-71473 A & JP 2011-199238 A & JP 2011-199255 A & JP 4524805 B & EP 2413336 A1 & WO 2011/013607 A1 & WO 2010/110007 A1 & WO 2011/024600 A1 & CN 102365693 A	1-8
Y	JP 2009-296015 A (住友電気工業株式会社) 2009.12.17, 段落【0015】 - 【0030】, 段落【0036】 - 【0042】, 【図1】 - 【図4】, 【図6】 (ファミリーなし)	1-8

☒ 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

2 8 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 0 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

田中 純一

5 D

9 0 7 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

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 2001-192785 A (川崎製鉄株式会社) 2001.07.17, 段落【0062】 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2001-26847 A (川崎製鉄株式会社) 2001.01.30, 段落【0060】 －【0061】 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2-38527 A (川崎製鉄株式会社) 1990.02.07, 第3頁右上欄第1 行－第4頁右上欄第20行 (ファミリーなし)	1-8