

(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2010-141183

(P2010-141183A)

(43) 公開日 平成22年6月24日(2010.6.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 F 1/22 (2006.01)	H O 1 F 1/22	5 E 0 4 1
H O 1 F 1/153 (2006.01)	H O 1 F 1/14	C
H O 1 F 27/255 (2006.01)	H O 1 F 27/24	D
H O 1 F 41/02 (2006.01)	H O 1 F 41/02	D

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2008-316941 (P2008-316941)	(71) 出願人	390005223
(22) 出願日	平成20年12月12日 (2008.12.12)		株式会社タムラ製作所
			東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
		(74) 代理人	100081961
			弁理士 木内 光春
		(72) 発明者	大島 泰雄
			東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
			株式会社タムラ製作所内
		(72) 発明者	繁田 進
			東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
			株式会社タムラ製作所内
		(72) 発明者	植松 宏
			東京都練馬区東大泉1丁目19番43号
			株式会社タムラ製作所内
		Fターム(参考)	5E041 BB03 BD03 CA01

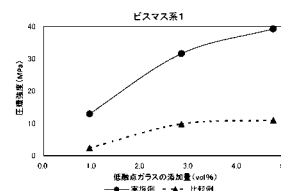
(54) 【発明の名称】 圧粉磁心及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】室温で低圧成形を行っても優れた圧環強度、磁気特性を有する圧粉磁心を提供する。

【解決手段】非晶質である軟磁性合金の粉末のうち85wt%を平均粒径が4.2μmの第1の粉末とし、残りの15wt%を粒度が異なる平均粒径4～6μmの第2の粉末とする。複数の非晶質である軟磁性合金の粉末と、非晶質である軟磁性合金の粉末に対して5wt%分の平均粒径が0.8～10.0μmの低融点ガラスを混合後、結着性絶縁樹脂を混合して乾燥し、300μmの目開きの篩に通すことにより被覆する。結着性絶縁樹脂により被覆した非晶質である軟磁性合金の粉末を含んだ混合物に潤滑性樹脂を混合し、室温にて成形圧力1300MPaで加圧成形することにより、成形体を形成する。形成した成形体に対して、480℃で30分の間、焼鈍処理を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

平均粒径が異なる 2 種類以上の非晶質軟磁性合金粉末を均一に分散させた複合磁性材料粉末と軟化点が非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低いガラス粉末を混合し、

その後結着絶縁樹脂を混合して得られた混合物を被膜し、その混合物を加圧成形して成形体を作製し、その成形体を前記非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低い温度で焼鈍処理してなる圧粉磁心において、

前記ガラス粉末は、ビスマス系ガラスまたはリン酸系ガラスであり、

前記焼鈍処理を大気中で行うことにより作製されたことを特徴とする圧粉磁心。

【請求項 2】

前記ガラス粉末が平均粒径 $0.8 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の圧粉磁心。

【請求項 3】

前記ガラス粉末の前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、 $2 \sim 5 \text{ vol } \%$ であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の圧粉磁心。

【請求項 4】

前記成形体が前記非晶質軟磁性合金粉末にガラス粉末と潤滑性樹脂を混合したものであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心。

【請求項 5】

前記潤滑性樹脂の前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、 $0.1 \sim 2.0 \text{ wt } \%$ であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心。

【請求項 6】

前記潤滑性樹脂は、ステアリン酸、ステアリン酸塩、ステアリン酸石鹸、エチレンビスステアラマイドの中から選択された材料であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心。

【請求項 7】

非晶質軟磁性合金粉末と、軟化点が非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低いガラス粉末を混合する混合工程と、

混合工程で得られた混合物を結着性絶縁樹脂で被覆する被覆工程と、

被覆工程で得られた混合物を、加圧成形処理して成形体を作製する成形工程と、

成形工程を経た成形体を、前記非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低い温度で焼鈍処理する焼鈍工程とを有する圧粉磁心の製造方法において、

前記ガラス粉末は、ビスマス系ガラスまたはリン酸系ガラスであり、

前記焼鈍工程を大気中で行うことを特徴とする圧粉磁心の製造方法。

【請求項 8】

前記ガラス粉末が平均粒径 $0.8 \sim 10 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 7 に記載の圧粉磁心の製造方法。

【請求項 9】

前記ガラス粉末の前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、 $2 \sim 5 \text{ vol } \%$ であることを特徴とする請求項 7 または請求項 8 に記載の圧粉磁心の製造方法。

【請求項 10】

前記成形体が前記非晶質軟磁性合金粉末にガラス粉末と潤滑性樹脂を混合したものであることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心の製造方法。

【請求項 11】

前記潤滑性樹脂の前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、 $0.1 \sim 2.0 \text{ wt } \%$ であることを特徴とする請求項 7 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心の製造方法。

【請求項 12】

前記潤滑性樹脂は、ステアリン酸、ステアリン酸塩、ステアリン酸石鹸、エチレンビスステアラマイドの中から選択された材料であることを特徴とする請求項 7 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の圧粉磁心の製造方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、平滑用チョークコイル等に使用される圧粉磁心とその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

各種電子機器の高性能化及び多機能化に伴い大電流化が進み、それに使用されるチョークコイル等の磁心に用いられる軟磁性材料においては、大電流でも特性変化が小さい特性、すなわち、優れた直流重畳性と低損失が求められている。

【0003】

10

高周波で用いられるチョークコイルとして、フェライト磁心や圧粉磁心が使用されている。これらの中で、フェライト磁心は飽和磁束密度が小さいという欠点を有している。これに対して、金属合金粉末を成形して作製される圧粉磁心は、軟磁性フェライトに比べて高い飽和磁束密度を持つため、直流重畳特性に優れている。

【0004】

この金属合金粉末として、珪素とアルミと鉄の合金であるセンダスト、ニッケルと鉄の合金であるパーマロイ、珪素と鉄の合金である珪素鋼等が用いられている。また、より低損失な合金として、非晶質軟磁性合金であるアモルファス合金を使用することが検討されている。

【0005】

20

この非晶質軟磁性合金粉を用いて圧粉磁心を作製するためには、非晶質軟磁性合金粉末を低融点ガラスと有機バインダーなどと混合して高圧で圧縮成形した後、熱処理を行う方法が知られている。

【0006】

例えば、従来技術として、特許文献1のように、成形時に金型と粉末を高温にして高密度成形を行う方法や、特許文献2のように、金属合金粉末を低融点ガラスと有機バインダーなどと混合して、室温にて高圧で成形を行う方法がある。

【0007】

30

しかしながら、特許文献1や特許文献2の方法は、非晶質軟磁性合金粉末の表面に低融点ガラス粉末を固着させ、ガラスの軟化点より高くしかも非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度よりも低い温度で加圧成形を行うものである。しかし、これらの方法で作製される圧粉磁心は機械的強度が弱く、圧粉磁心に対して巻線を施す工程や実装する工程など圧粉磁心が破損する問題点があった。

【0008】

そこで、特許文献3の実施例3、6、12のように、2種類の粒径の違う非晶質軟磁性合金粉末とガラス粉末と結着性樹脂を成形し、大気中において非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度よりも低い温度で焼成する方法が知られている。この方法は、小さな粒径の粉末が大きな粒径の粉末の隙間を埋めることにより、成形圧力が低くても成形密度を高め圧粉磁心の機械的強度と磁気特性を高める方法である。

【0009】

40

【特許文献1】特開平10-212503

【特許文献2】特開2001-73062

【特許文献3】特開2006-176817

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところが、特許文献3の方法で得られる圧粉磁心の圧環強度は15MPa未満程度しか得られず、強度のある圧粉磁心とは言いがたい。また、この方法は、小さな粒径の非晶質軟磁性合金粉末を得るために、非晶質軟磁性合金に対して水素雰囲気中で脆化処理を行い、その後、脆化処理した非晶質軟磁性合金を粉砕する方法であるため、工程が複雑になっ

50

てしまい量産には向いていない。さらに、粉碎することで、微粉末内部に歪みが発生してヒステリシス損失が増加などの問題点が存在していた。

【0011】

以上のように、非晶質軟磁性合金粉末による圧粉磁心においては、その優れた磁気特性にもかかわらず成形性が他の金属と比較して悪く、機械的強度が弱いなどの問題がある。また、粉末自身が固いため、成形時圧力を高くしても十分な密度が得られず、優れた磁気特性を得ることができないでいた。

【0012】

本発明の目的は、上記問題点を解決し、従来の金属合金と同様、室温で低圧成形を行っても、機械的強度が強く、軟磁気特性を有する圧粉磁心及び圧粉磁心の製造方法を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的をふまえ、本発明の圧粉磁心は、平均粒径が異なる2種類以上の非晶質軟磁性合金粉末を均一に分散させた複合磁性材料粉末と軟化点が非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低いガラス粉末を混合し、その後結着絶縁樹脂を混合して得られた混合物を被膜し、その混合物を加圧成形して成形体を作製し、その成形体を前記非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低い温度で焼鈍処理してなり、前記ガラス粉末は、ビスマス系ガラスまたはリン酸系ガラスであり、前記焼鈍処理を大気中で行うことにより作製されたことを特徴とする。

20

【0014】

本発明の他の態様では、前記ガラス粉末が平均粒径0.8～10 μ mであることを特徴とする。

【0015】

本発明の他の態様では、前記ガラス粉末の前記前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、2～5vol%であることを特徴とする。

【0016】

本発明の他の態様では、前記成形体が前記非晶質軟磁性合金粉末にガラス粉末と潤滑性樹脂を混合したものであることを特徴とする。

【0017】

本発明の他の態様では、前記潤滑性樹脂の前記前記非晶質軟磁性合金粉末に対する添加量が、0.1～2.0wt%であることを特徴とする。

30

【0018】

本発明の他の態様では、前記潤滑性樹脂は、ステアリン酸、ステアリン酸塩、ステアリン酸石鹼、エチレンビスステアラマイドの中から選択された材料であることを特徴とする。

【0019】

なお、前記の様な平均粒径が異なる2種類以上の非晶質軟磁性合金粉末と軟化点が非晶質軟磁性合金粉末の結晶化温度より低いガラス粉末を混合した後、結着絶縁樹脂で被膜し、加圧成形し、熱処理をすることで、機械的強度や磁気特性に優れた圧粉磁心を得る製造方法も、本発明の一態様である。

40

【発明の効果】

【0020】

以上のような本発明によれば、非晶質軟磁性合金粉末と低融点ガラスと混合し、結着性絶縁樹脂で被覆し、潤滑性樹脂を混合した後、加圧成形し、焼鈍処理を大気中で行うことで、非晶質である軟磁性合金の粉末の表面が酸化して、低融点ガラスと軟磁性合金粉末の結着強度が増加するので、常温で低圧成形を行っても機械的強度に優れた圧粉磁心と圧粉磁心の製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

50

本実施形態の圧粉磁心の製造方法は、次のような各工程を有する。

(1) 平均粒径が異なる2種類以上の非晶質軟磁性合金粉末と低融点ガラスを混合する第1混合工程。

(2) 第1混合工程を経た混合物を結着性絶縁樹脂で被覆する被覆工程。

(3) 結着性絶縁樹脂で被覆した複合軟磁性粉末と低融点ガラスに対して、潤滑性樹脂を混合する第2混合工程。

(4) 第2混合工程を経た混合物を、加圧成形処理して成形体を作製する成形工程。

(5) 成形工程を経た成形体を焼鈍処理する焼鈍工程。

以下、各工程を具体的に説明する。

【0022】

10

(1) 第1混合工程

本実施形態の第1混合工程では、非晶質である軟磁性合金の粉末のうち85wt%を平均粒径が42 μ mの第1の粉末とし、残りの15wt%を粒度が異なる平均粒径4~6 μ mの第2の粉末とする。さらに、非晶質である軟磁性合金の粉末の体積に対して添加量2~5vol%の低融点ガラスを混合機(V型混合機)を使用して2時間混合する。

【0023】

(2) 被覆工程

前記混合工程を経た混合物を結着性絶縁樹脂で被覆する被覆工程は、混合工程を経た混合物に結着性絶縁樹脂を混合して乾燥する。その後300 μ mの目開きの篩に通す。被覆工程においても、潤滑性樹脂を混合しても良い。その場合の添加量は、混合工程で非晶質である軟磁性合金の粉末と混合した潤滑性樹脂と合計で非晶質である軟磁性合金の粉末に対して2.0wt%を超えないようにする。

20

【0024】

被覆工程で使用する結着性絶縁樹脂として、アクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンを使用する。混合するアクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンの添加量は非晶質である軟磁性合金の粉末に対して2.0wt%であり、その場合の乾燥温度と乾燥時間は、80℃で2時間である。

【0025】

このアクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンは、種々の架橋剤・諸物性付与剤を配合したソープフリーコロイド状のエマルジョンである。アクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンは、加熱乾燥により水分を蒸発させると、水に再溶解せず、殆ど吸湿性がない架橋構造を持った被膜を形成する。この被膜は粘着性があり、成形時のバインダーとして最適に作用する。また、アクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンの添加量は、0.5~2.0wt%が適量である。これよりも少なければ、成形体の強度が不足して、割れが発生する。また、2.0wt%よりも多いと、密度低下による最大密度低下の低下、ヒステリシス損失の増加による磁気特性が低下する問題が発生する。

30

【0026】

また、アクリル酸共重合樹脂(EAA)エマルジョンの代りに、メチルフェニル系シリコーン樹脂もしくはPVA(ポリビニルアルコール)水溶液(12%水溶液)を使用しても良い。メチルフェニル系シリコーン樹脂の添加量は、0.5~2.0wt%が適量である。また、PVA(ポリビニルアルコール)水溶液(12%水溶液)の添加量は0.5~3.0wt%が適量である。

40

【0027】

メチルフェニル系シリコーン樹脂もしくはPVA(ポリビニルアルコール)水溶液(12%水溶液)を使用した場合、それぞれの適量よりも少なければ、成形体の強度が不足して、割れが発生する。また、それぞれの適量よりも多いと、密度低下による最大磁束密度の低下、ヒステリシス損失の増加による磁気特性が低下する問題が発生する。また、粉末の平均粒径は、第2の粉末軟磁性合金粉末の平均粒径以下が良い。これより大きいと、密度低下の要因となる。

【0028】

50

(3) 第2混合工程

前記被覆工程を経た混合物に潤滑性樹脂を混合する第2混合工程では、潤滑性樹脂を混合した第1混合物に結着性絶縁樹脂を混合する。結着性絶縁樹脂で被覆した複合軟磁性粉末と低融点ガラスの合計量に対して0.5wt%の量の潤滑性樹脂を混合機(V型混合機)を使用して2時間混合する。

【0029】

第2混合工程で使用する潤滑性樹脂としては、ステアリン酸、ステアリン酸塩、ステアリン酸石鹸、エチレンビスステアラמידなどのワックスなどを使用する。具体的には、エチレンビスステアラמיד、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸アルミなどである。この場合の潤滑性樹脂の添加量は、前記非晶質軟磁性合金粉末に対して0.1~2.0wt%である。これよりも少なければ、十分な効果を得ることができず、これより多いと、密度低下による最大磁束密度の低下、ヒステリシス損失の増加による磁気特性が低下する問題が発生する。

【0030】

(4) 成形工程

成形工程では、前記のようにして結着剤により被覆した軟磁性合金を、室温にて成形圧力1300MPaで加圧成形することにより、成形体を形成する。この時、加圧乾燥された結着性絶縁樹脂は、成形時のバインダーとして作用する。

【0031】

(5) 焼鈍工程

焼鈍工程では、前記成形体に対して、480℃で30分の間、焼鈍処理を行うことで圧粉磁心が作製される。ここで、480℃で熱処理を行うのは、非晶質である軟磁性合金の粉末の結晶化温度以下で、ある程度の圧環強度を維持するためである。一方、焼鈍温度を上げ過ぎると絶縁性能の劣化から磁気特性が劣化するため、特に渦電流損失が大きく増加してしまうことにより、鉄損が増加するのを抑制するためである。

【0032】

また、このとき結着性絶縁樹脂は、焼鈍処理中に一定温度に達すると熱分解する。圧粉磁心の熱処理が大気中で行われることで、結着性絶縁樹脂は非晶質である軟磁性合金の粉末の周りを覆う膜となる。そのため高温で熱処理を行っても絶縁性が劣化せず、酸化などによるヒステリシス損失が増加しない。また、機械的強度を改善する役目も果たす。

【0033】

低融点ガラスは、軟化点よりも高い温度まで加熱すると、軟化して流動性を呈する。流動性を呈した低融点ガラスが、非晶質軟磁性合金粉末の粒子間の隙間を埋めるように侵入することにより、圧粉磁心の成形密度を高くする。また、成形した圧粉磁心においては、強固なバインダーとして機能し、圧粉磁心に機械的強度を与える。さらに、非晶質軟磁性合金粉末間の絶縁剤としても機能することにより、渦電流の発生を防止し、抑制する。

【実施例】

【0034】

次に、本発明の実施例1~14を、図1~4及び表1~6を参照して、以下に説明する。

[1. 測定項目]

測定項目として、透磁率と最大磁束密度と直流重畳性を次のような手法により測定する。透磁率は、作製された圧粉磁心に1次巻線(20ターン)を施し、インピーダンスアナライザーを使用することで、100kHz、0.5Vにおけるインダクタンスから算出した。

【0035】

最大磁束密度は、圧粉磁心に1次巻線(170ターン)及び2次巻線(20ターン)を施し、磁気計測機器であるBHアナライザ(岩通計測株式会社:SY-8232)を用いて、印加磁界 $H=20000\text{ A/m}$ での磁束密度を測定した。また、直流重畳性は、各圧粉磁心に1次巻線(170ターン)を施し、インダクタンス、キャパシタンス、抵抗の測

10

20

30

40

50

定が可能なLCRメータを（HP：4284A）使用することで、100kHz、0.5Vでの各直流バイアスにおけるインダクタンスを測定し、透磁率を計算により求めた。

【0036】

〔2. 第1の特性比較（低融点ガラスの添加量の比較）〕

第1の特性比較では、非晶質である軟磁性合金の粉末に添加する低融点ガラスの添加量の比較を行った。第1の特性比較で使用する試料は、下記のように作製した。表1は、本実施形態において、比較例及び実施例として非晶質である軟磁性合金の粉末に添加した低融点ガラスの種類と成分を示した表である。各低融点ガラスの平均粒径は0.9～11.0μmである。

【表1】

種類	成分	平均粒子径	線膨張係数	ガラス転移点	軟化点	比重
		μm	ppm	°C	°C	g/cc
ビスマス系1	Bi ₂ O ₃ -ZnO-B ₂ O ₃	1.1	10.9	366	406	7.4
ビスマス系2	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	0.9	10.7	380	440	6.3
ビスマス系3	Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃	11	7.2	355	403	6.1
リン酸系1	SnO-P ₂ O ₅	2.9	10.1	329	365	2.8

【0037】

まず、非晶質である軟磁性合金の粉末のうち85wt%を平均粒径が42μmの第1の粉末とし、残りの15wt%を粒度が異なる平均粒径4μmの第2の粉末とする。さらに、非晶質である軟磁性合金の粉末の5wt%分の低融点ガラスを混合機（V型混合機）を使用して2時間混合する。

【0038】

次に、結着性絶縁樹脂として、アクリル酸共重合樹脂（EAA）エマルジョンを混合する。アクリル酸共重合樹脂（EAA）エマルジョンの添加量は非晶質である軟磁性合金の粉末に対して2.0wt%であり、その後、80℃で2時間の乾燥を行う。その後300μmの目開きの篩に通す。これを室温にて1300MPaの圧力で加圧成形し、圧粉磁心を作製した。そして、これらの圧粉磁心に対し、480℃で30分の間、焼鈍処理を行った。

【0039】

第1の特性比較における低融点ガラスの添加量の関係は次のとおりである。比較例1～11は、平均粒径が0.9μm～2.9μmの低融点ガラスを非晶質である軟磁性合金の粉末に添加する添加量を変化させ、窒素雰囲気中で焼鈍処理を行った比較例である。比較例1～3は、表1に記載のビスマス系1の平均粒径が1.1μmのビスマス系ガラスであるBi₂O₃-ZnO-B₂O₃を、比較例4～7は、表1に記載のビスマス系2の平均粒径が0.9μmのビスマス系ガラスであるBi₂O₃-B₂O₃を、比較例8～11は、表1に記載のリン酸系1の平均粒径が2.9μmのリン酸系ガラスであるSnO-P₂O₅を、それぞれ低融点ガラスとして添加した。

【0040】

実施例1～11は、平均粒径が0.9μm～2.9μmの低融点ガラスを非晶質である軟磁性合金の粉末に添加する添加量を変化させ、大気中で焼鈍処理を行った実施例である。実施例1～3は表1に記載のビスマス系1を、実施例4～7は表1に記載のビスマス系2を、表1に記載のリン酸系1を、それぞれ低融点ガラスとして添加した。

【0041】

表2～4は、実施例1～11と比較例1～11について、低融点ガラスの粒径及び含有量、圧粉磁心の相対密度及び圧環強度との関係について示した表である。また、図1～3は、低融点ガラスの添加量と圧環強度との関係を示したグラフである。

【表 2】

ビスマス系1

低融点ガラス		特性		
平均粒子径 μm	含有量 Vol%	相対密度 %	圧環強度 Mpa	
1.1	0.9	84.9	13.0	実施例1
1.1	2.8	84.2	31.6	実施例2
1.1	4.7	83.0	39.2	実施例3
1.1	0.9	85.0	2.4	比較例1
1.1	2.8	84.2	9.9	比較例2
1.1	4.7	83.1	11.0	比較例3

10

【0042】

表2から判るとおり、低融点ガラスとして平均粒径が $1.1\mu\text{m}$ のビスマス系ガラスである $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ を使用した場合、焼鈍工程を大気中で行った実施例1～3の方が、焼鈍工程を窒素雰囲気中で行った比較例1～3よりも、低融点ガラスの含有量が0.9～4.7vol%において、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。また、図2より、焼鈍工程を大気中に行い、低融点ガラスの添加量を増やしていくことにより、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。圧粉磁心の圧環強度は、低融点ガラスを添加することで圧粉磁心の圧環強度が上昇し、添加量が0.9vol%以上で圧粉磁心の圧環強度が10MPa以上の圧環強度を得ることができ、特に添加量が2vol%以上で20MPa以上の圧環強度を得ることができる。しかし、添加量が5vol%以上になると相対密度が低下して圧粉磁心の磁気特性が低下する。

20

【表 3】

ビスマス系2

低融点ガラス		特性		
平均粒子径 μm	含有量 Vol%	相対密度 %	圧環強度 Mpa	
0.9	1.1	84.5	9.7	実施例4
0.9	2.2	83.5	20.2	実施例5
0.9	3.3	83.2	25.8	実施例6
0.9	4.4	82.3	25.7	実施例7
0.9	1.1	84.2	2.1	比較例4
0.9	2.2	83.4	4.9	比較例5
0.9	3.3	83.3	8.3	比較例6
0.9	4.4	82.0	8.0	比較例7

30

【0043】

表3から判るとおり、低融点ガラスとして平均粒径が $0.9\mu\text{m}$ のビスマス系ガラスである $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3$ を使用した場合、焼鈍工程を大気中で行った実施例4～7の方が、焼鈍工程を窒素雰囲気中で行った比較例4～7よりも、低融点ガラスの含有量が1.1～4.4vol%において、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。また、図2より、焼鈍工程を大気中に行い、低融点ガラスの添加量を増やしていくことにより、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。圧粉磁心の圧環強度は、低融点ガラスを添加することで圧粉磁心の圧環強度が上昇し、特に添加量が2vol%以上で20MPa以上の圧環強度を得ることができる。しかし、添加量が5vol%以上になると相対密度が低下して圧粉磁心の磁気特性が低下する。

40

【表 4】

リン酸系1

低融点ガラス		特性		
平均粒子径 μm	含有量 Vol%	相対密度 %	圧環強度 Mpa	
2.9	1.3	81.9	8.7	実施例8
2.9	1.9	81.8	18.6	実施例9
2.9	2.5	81.6	21.9	実施例10
2.9	3.8	81.5	24.2	実施例11
2.9	1.3	82.1	1.8	比較例8
2.9	1.9	81.9	3.2	比較例9
2.9	2.5	81.6	4.8	比較例10
2.9	3.8	81.2	8.1	比較例11

【0044】

表4から判るとおり、低融点ガラスとして平均粒径が $2.9\mu\text{m}$ のリン酸系ガラスである $\text{SnO}-\text{P}_2\text{O}_5$ を使用した場合、焼鈍工程を大気中で行った実施例8～11の方が、焼鈍工程を窒素雰囲気中で行った比較例8～11よりも、低融点ガラスの含有量が1.3～3.8vol%において、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。また、図3より、焼鈍工程を大気中で行い、低融点ガラスの添加量を増やしていくことにより、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。圧粉磁心の圧環強度は、低融点ガラスを添加することで圧粉磁心の圧環強度が上昇し、特に添加量が2vol%以上で20MPa以上の圧環強度を得ることができる。しかし、添加量が5vol%以上になると相対密度が低下して圧粉磁心の磁気特性が低下する。

【0045】

以上より、非晶質である軟磁性合金の粉末に低融点ガラスを加え、焼鈍工程を大気中で行うことにより、非晶質である軟磁性合金の粉末の表面が酸化して、低融点ガラスと軟磁性合金粉末の結着強度が増加するので、常温で低压成形を行っても圧環強度の高い圧粉磁心を作製することができる。

【0046】

[3. 第2の特性比較（低融点ガラスの粒度の比較）]

第2の特性比較では、非晶質である軟磁性合金の粉末に添加する低融点ガラスの粒度の比較を行った。第2の特性比較で使用する試料は、下記のように作製した。まず、非晶質である軟磁性合金の粉末のうち85wt%を平均粒径が $42\mu\text{m}$ の第1の粉末とし、残りの15wt%を粒度が異なる平均粒径 $4\mu\text{m}$ の第2の粉末とする。さらに非晶質である軟磁性合金の粉末の5wt%分の平均粒径が $0.8\sim 11\mu\text{m}$ の低融点ガラスである $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3$ を混合機（V型混合機）を使用して2時間混合する。

【0047】

次に、結着性絶縁樹脂として、アクリル酸共重合樹脂（EAA）エマルジョンを混合する。アクリル酸共重合樹脂（EAA）エマルジョンの添加量は非晶質である軟磁性合金の粉末に対して2.0wt%であり、その後、 80°C で2時間の乾燥を行う。その後 $300\mu\text{m}$ の目開きの篩に通す。これを室温にて1300MPaの圧力で加圧成形し、圧粉磁心を作製した。そして、これらの圧粉磁心に対し、 480°C で30分の間、焼鈍処理を行った。

【0048】

第2の特性比較における低融点ガラスの添加量の関係は次のとおりである。比較例12～15は、平均粒径が $0.8\mu\text{m}\sim 11.0\mu\text{m}$ の低融点ガラスを非晶質である軟磁性合金の粉末の3.3vol%添加し、窒素雰囲気中で焼鈍処理を行った比較例である。実施例12～15は、平均粒径が $0.8\mu\text{m}\sim 11.0\mu\text{m}$ の低融点ガラスを非晶質である軟磁性合金の粉末の3.3vol%添加し、大気中で焼鈍処理を行った実施例である。

【表 5】

ビスマス系3

低融点ガラス		特性		
平均粒子径 μm	含有量 Vol%	相対密度 %	圧環強度 Mpa	
0.8	3.3	83.2	27.9	実施例12
2.6	3.3	82.8	25.7	実施例13
4.7	3.3	82.7	21.6	実施例14
11.0	3.3	82.1	9.1	実施例15
0.8	3.3	82.8	8.1	比較例12
2.6	3.3	82.6	6.3	比較例13
4.7	3.3	82.5	4.9	比較例14
11.0	3.3	82.0	2.0	比較例15

10

【0049】

表5から判るとおり、低融点ガラスとして平均粒径が0.8～11.0 μm をビスマス系ガラスである $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3$ を使用した場合、焼鈍工程を大気中で行った実施例12～15の方が、焼鈍工程を窒素雰囲気中で行った比較例12～15よりも、圧粉磁心の圧環強度が高くなることが判る。また、図4より、低融点ガラスの粒度を0.8 μm より大きくしていくことにより、圧粉磁心の圧環強度の強度が低下していくことが判る。特に、低融点ガラスの粒度が10 μm より大きい実施例15と比較例15の比較では、実施例15の圧粉磁心の圧環強度が10MPa以下になり、圧粉磁心の圧環強度において比較例15との差異が小さくなる。また、低融点ガラスの粒度を0.8 μm 以下に加工することは、乾式粉砕法では行うことができない。湿式粉砕法では可能であるが、溶媒が低融点ガラスに残るなどの問題点がある。

20

【0050】

以上より、非晶質である軟磁性合金の粉末に低融点ガラスを加え、焼鈍工程を大気中で行うことにより、非晶質である軟磁性合金の粉末の表面が酸化して、非磁性層が増加するので、常温で低圧成形を行っても圧環強度の高い圧粉磁心を作製することができる。その場合の低融点ガラスの粒度としては、0.8～10.0 μm の間とすることが好ましいことが判る。

30

【0051】

[4. 第3の特性比較（圧粉磁心の磁気特性の比較）]

第3の特性比較では、非晶質である軟磁性合金の粉末に低融点ガラスを加え、大気中または窒素雰囲気中で焼鈍工程を行う場合の圧粉磁心の磁気特性の比較を行った。第3の特性比較で使用する試料は、前記特性比較で使用した低融点ガラスとして平均粒径が1.1 μm のビスマス系ガラスである $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ を非晶質である軟磁性合金の粉末に対して4.7vol%添加し、焼鈍工程を大気中または窒素雰囲気中で行った比較例3と実施例3の圧粉磁心を使用する。

【表 6】

40

	磁気特性	
	透磁率 100KHz	コアロス (kW/m ³) 100kHz 0.1T
実施例3	53	252
比較例3	75	267

【0052】

表6から判るとおり、低融点ガラスとして平均粒径が1.1 μm のビスマス系ガラスで

50

ある $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3$ を使用した場合、焼鈍工程を大気中で行った実施例 3 のほうが、 100kHz における透磁率が低く、コアロスには殆ど差が無いことが判る。

【0053】

以上より、非晶質である軟磁性合金の粉末に低融点ガラスを加え、焼鈍工程を大気中に行うことにより、非晶質である軟磁性合金の粉末の表面が酸化し非磁性層が増加することにより、強度に強い圧粉磁心を作製することができる。

【0054】

〔他の実施形態〕

本発明は、前記の実施形態に限定されるものではない。以下のような他の実施形態も包含する。

【0055】

(a) 前記実施形態において使用した第 1 の粉末は、平均粒径 $45\mu\text{m}$ に限定するものではなく、平均粒径が $30 \sim 100\mu\text{m}$ の範囲のもので構わないが、この範囲より平均粒径が大きいと渦電流損失が増大し、一方、この範囲より平均粒径が小さいと、密度低下によるヒステリシス損失が増加する。

【0056】

(b) 非晶質である軟磁性合金の粉末のうち第 2 の粉末として水アトマイズ法で作製した非晶質軟磁性合金粉末を使用することもできる。水アトマイズ法は、金属粉末の製造方法の一種であり、表面が平坦で比較的球に近い軟磁性粉末を得ることができるので、焼鈍温度の向上を図った低損失なで安価な圧粉磁心を作製することが可能である。

【0057】

(c) 本実施形態において使用した潤滑性樹脂は、エチレンビスステアラマイト、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸アルミまたはステアリン酸亜鉛などのワックスとすることができる。潤滑性樹脂を添加することにより、非晶質軟磁性粉末同士の滑りを良く出来るので、混合時の密度を向上することができ成形密度を高くすることができる。すなわち、潤滑性樹脂の作用により、室温で低圧成形を行なっても優れた直流重畳特性、磁気特性を有する圧粉磁心を提供できる。

【0058】

(d) 本発明は、上記のような実施例において作製された圧粉磁心に限定されるものではなく、この圧粉磁心にコイルを巻回することによりチョークコイルを作製する実施形態も包含する。これにより、上述したような第 1 ～ 11 の実施例において得られた効果を当該チョークコイルにおいても同様に奏することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0059】

【図 1】本発明の実施例の第 1 の特性比較における低融点ガラス（ビスマス系 1）の添加量を変化させた場合の圧粉磁心の圧環強度の変化を示したグラフ。

【図 2】本発明の実施例の第 1 の特性比較における低融点ガラス（ビスマス系 2）の添加量を変化させた場合の圧粉磁心の圧環強度の変化を示したグラフ。

【図 3】本発明の実施例の第 1 の特性比較における低融点ガラス（リン酸系 1）の添加量を変化させた場合の圧粉磁心の圧環強度の変化を示したグラフ。

【図 4】本発明の実施例の第 2 の特性比較における低融点ガラス（ビスマス系 3）の粒度を変化させた場合の圧粉磁心の圧環強度の変化を示したグラフ。

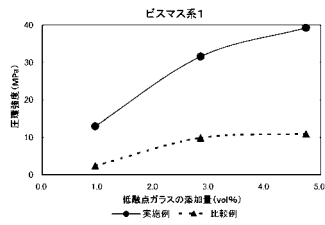
10

20

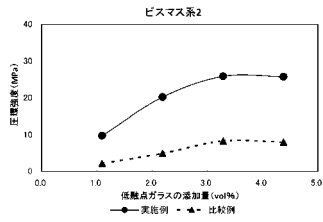
30

40

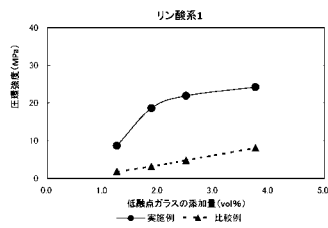
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

