

(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2005-297046

(P2005-297046A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005. 10. 27)

(51) Int.Cl.⁷

B30B 11/00

F I

B30B 11/00

J

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-120380 (P2004-120380)
 (22) 出願日 平成16年4月15日 (2004. 4. 15)

(71) 出願人 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100098316
 弁理士 野田 久登
 (74) 代理人 100109162
 弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

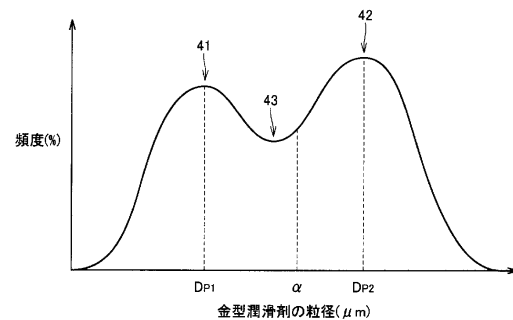
(54) 【発明の名称】 粉末成形方法

(57) 【要約】

【課題】 加圧成形時に良好な潤滑性が得られるとともに、所望の状態に成形体を形成できる粉末成形方法を提供する。

【解決手段】 粉末成形方法は、金型潤滑剤を噴出し、金型潤滑剤を金型装置の内壁に付着させる工程を備える。金型潤滑剤の粒径分布は、2以上のピークを有する。粉末成形方法は、金型潤滑剤が付着された金型装置に成形用粉末を充填し、成形用粉末を加圧成形することによって成形体を形成する工程をさらに備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粉末状潤滑剤を噴出し、前記粉末状潤滑剤を金型の内壁に付着させる工程を備え、
前記粉末状潤滑剤の粒径分布は、2以上のピークを有し、さらに、
前記粉末状潤滑剤が付着された前記金型に粉末を充填し、前記粉末を加圧成形すること
によって成形体を形成する工程を備える、粉末成形方法。

【請求項 2】

前記粉末状潤滑剤の粒径分布は、前記粉末状潤滑剤の平均粒径の両側に、それぞれ1以上のピークを有する、請求項1に記載の粉末成形方法。

【請求項 3】

前記粉末状潤滑剤の平均粒径は、15 μm 以上200 μm 以下である、請求項1または2に記載の粉末成形方法。

【請求項 4】

前記粉末状潤滑剤は、金属石鹸、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、フッ素系樹脂および層状潤滑剤からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む、請求項1から3のいずれか1項に記載の粉末成形方法。

【請求項 5】

前記粉末状潤滑剤を付着させる工程は、前記成形体に対する前記粉末状潤滑剤の割合が0.001質量%以上0.5質量%以下となるように、前記粉末状潤滑剤を金型の内壁に付着させる工程を含む、請求項1から4のいずれか1項に記載の粉末成形方法。

【請求項 6】

前記成形体を形成する工程の前に、前記粉末に潤滑剤を添加する工程をさらに備える、請求項1から5のいずれか1項に記載の粉末成形方法。

【請求項 7】

前記潤滑剤は、金属石鹸、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、フッ素系樹脂および層状潤滑剤からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む、請求項6に記載の粉末成形方法。

【請求項 8】

前記粉末は、金属磁性粒子と、前記金属磁性粒子の表面を取り囲む絶縁被膜とを含む複数の複合磁性粒子である、請求項1から7のいずれか1項に記載の粉末成形方法。

【請求項 9】

前記絶縁被膜の平均厚みが、5 nm以上100 nm以下である、請求項8に記載の粉末成形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、一般的には、粉末成形方法に関し、より特定のには、潤滑剤を金型の内壁に付着させる場合に乾燥噴霧法を利用する粉末成形方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、金型に充填された金属粉末を加圧成形する場合に、潤滑剤を用いることによって金型の内壁と金属粉末との間で発生する摩擦を低減させ、品質の優れた成形体を形成する方法が様々な考えられている。

【0003】

たとえば、特開2001-342478号公報には、所定の加圧成形の温度より高い融点を有する2種以上の潤滑剤の混合粉を金型表面に帯電付着させる高密度鉄基粉末成形体の製造方法が開示されている（特許文献1）。また、特開平11-140505号公報には、押型（金型）の表面に潤滑剤を塗布する押型潤滑法と、粉末状の潤滑剤を所定の添加

10

20

30

40

50

量で原料粉末に添加・混合する混入潤滑法とを併用した粉末成形方法が開示されている（特許文献２）。

【特許文献１】特開２００１－３４２４７８号公報

【特許文献２】特開平１１－１４０５０５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかし、乾燥した状態の潤滑剤を噴出して金型の内壁に付着させる乾燥噴霧法を用いる場合、潤滑剤を均一に金型の内壁に付着させることは難しい。金型の内壁に潤滑剤が十分に付着していない部分があると、その部分で焼き付きが発生するおそれがある。また逆に、金型の内壁の一部で付着した潤滑剤が多すぎると、その部分に接触して形成された成形体の表面が外観不良を引き起こしたり、成形体の密度が低下するおそれがある。

【０００５】

したがって、特許文献１および２に開示されているように潤滑剤の融点や添加量を適当に制御したとしても、潤滑剤が均一に金型の内壁に付着されていない場合は、所望の状態の成形体を得ることはできない。

【０００６】

そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、加圧成形時に良好な潤滑性が得られるとともに、所望の状態に成形体を形成できる粉末成形方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

金型は一定の深さをもって形成されているため、粉末状の潤滑剤が噴出される位置に近い場所と遠い場所との間では、潤滑剤の付着状態に差が生じてしまう。そこで、発明者等が、潤滑剤の粒度に関して検討を繰り返した結果、潤滑剤の調製・混合を、潤滑剤の粒径分布が２以上のピークを持つように実施することにより、このような差が解消されることを知見した。

【０００８】

この発明に従った粉末成形方法は、粉末状潤滑剤を噴出し、粉末状潤滑剤を金型の内壁に付着させる工程を備える。粉末状潤滑剤の粒径分布は、２以上のピークを有する。粉末成形方法は、粉末状潤滑剤が付着された金型に粉末を充填し、粉末を加圧成形することによって成形体を形成する工程をさらに備える。

【０００９】

ここで、粉末状潤滑剤の粒径分布が有するピークとは、粉末状潤滑剤の粒径分布を、横軸に粒径、縦軸に頻度をとったグラフ上に表わした場合に、粒径分布の関数の傾きが、正から負に変化する区間に位置し、その区間で傾きが０になる部分を指す。

【００１０】

このように構成された粉末成形方法によれば、粉末状潤滑剤の粒径分布が２以上のピークを有するため、粉末状潤滑剤は、少なくとも、相対的に小さい粒径を有する一群と、相対的に大きい粒径を有する一群とによって構成されている。相対的に小さい粒径を有する粉末状潤滑剤の一群は、粉末状潤滑剤が噴出される地点から相対的に近い位置に付着し、相対的に大きい粒径を有する粉末状潤滑剤の一群は、粉末状潤滑剤が噴出される地点から相対的に遠い位置に付着する。

【００１１】

このため、本発明によれば、粉末状潤滑剤を金型の内壁の全体に均一に付着させることができる。これにより、粉末を加圧成形する際、金型の内壁のいずれの位置においても良好な潤滑性を得ることができる。また、成形体の一部が粉末状潤滑剤を多く含んで形成されるということもない。このため、所望の外観を有する成形体を、均一かつ大きい密度で形成することができる。

【００１２】

10

20

30

40

50

また好ましくは、粉末状潤滑剤の粒径分布は、粉末状潤滑剤の平均粒径の両側に、それぞれ1以上のピークを有する。このように構成された粉末成形方法によれば、粉末状潤滑剤は、少なくとも、粉末状潤滑剤の平均粒径よりも小さい粒径を有する一群と、粉末状潤滑剤の平均粒径よりも大きい粒径を有する一群とによって構成されている。このため、粉末状潤滑剤を金型の内壁の全体により均一に付着させることができる。

【0013】

また好ましくは、粉末状潤滑剤の平均粒径は、 $15\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下である。このように構成された粉末成形方法によれば、粉末状潤滑剤の平均粒径を $15\mu\text{m}$ 以上にすることによって、粉末状潤滑剤の噴出時に、粉末状潤滑剤の一部が金型の内部に入らず外部に飛散することを防止できる。また、粉末状潤滑剤の平均粒径を $200\mu\text{m}$ 以下にすることによって、粉末状潤滑剤が自重により金型の内壁に定着せず、鉛直下方向に位置する金型の底面に溜まってしまふことを防止できる。これらの理由から、粉末状潤滑剤を金型の内壁の全体により均一に付着させることができる。

10

【0014】

また好ましくは、粉末状潤滑剤は、金属石鹼、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、フッ素系樹脂および層状潤滑剤からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む。このように構成された粉末成形方法によれば、これらの材料から形成された粉末状潤滑剤が金型の内壁に付着することにより、粉末の加圧成形時に優れた潤滑性を得ることができる。たとえば、アミド系ワックスやポリアミドから粉末状潤滑剤を形成した場合、材料中に含まれるアミド基が粉末状潤滑剤の硬度を向上させ、脂肪酸基が滑剤として機能する。なお、金属石鹼としては、たとえば、ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸リチウム、ステアリン酸カルシウム、ステアリン酸アルミニウム、パルミチン酸リチウム、パルミチン酸カルシウム、オレイン酸リチウムまたはオレイン酸カルシウムなどが挙げられる。

20

【0015】

また好ましくは、粉末状潤滑剤を付着させる工程は、成形体に対する粉末状潤滑剤の割合が0.001質量%以上0.5質量%以下となるように、粉末状潤滑剤を金型の内壁に付着させる工程を含む。

【0016】

このように構成された粉末成形方法によれば、粉末状潤滑剤の割合を0.001質量%以上にすることによって、粉末状潤滑剤による所望の潤滑性を得ることができる。これにより、焼き付きや、表面に形成された引っ掻き傷などにより、成形体が外観不良になることを防止できる。また、粉末状潤滑剤の割合を0.5質量%以下にすることによって、成形体が多量の粉末状潤滑剤を巻き込んで形成されることや、金型の底面に粉末状潤滑剤が溜まることを防止できる。これにより、成形体を良好な外観で仕上げるとともに、成形体の密度が低下することを回避できる。

30

【0017】

また好ましくは、粉末成形方法は、成形体を形成する工程の前に、粉末に潤滑剤を添加する工程をさらに備える。このように構成された粉末成形方法によれば、金型に対する潤滑性のほか、加圧成形時に粉末間で優れた潤滑性が得られ、粉末の流れ性を向上させることができる。これにより、得られる成形体の密度を増大させるとともに、密度を均一化することができる。

40

【0018】

また好ましくは、潤滑剤は、金属石鹼、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、フッ素系樹脂および層状潤滑剤からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む。このように構成された粉末成形方法によれば、これらの材料から形成された潤滑剤は特に優れた潤滑性を示すため、上述の効果を効果的に得ることができる。

【0019】

また好ましくは、粉末は、金属磁性粒子と、金属磁性粒子の表面を取り囲む絶縁被膜と

50

を含む複数の複合磁性粒子である。このように構成された粉末成形方法によれば、複数の複合磁性粒子を加圧成形することによって圧粉磁心を作製する。このとき、加圧成形時に金型との間で良好な潤滑性が得られるため、絶縁被膜が破壊されることを抑制できる。また、絶縁被膜は、その自身、大きな滑り性を有する。このため、加圧成形時の潤滑性をさらに向上させるとともに、加圧成形時に金属磁性粒子の内部に大きな歪みが導入されることを防止できる。これにより、渦電流損およびヒステリシス損が低減された、優れた磁気的特性を得ることができる。

【0020】

また好ましくは、絶縁被膜の平均厚みが、5 nm以上100 nm以下である。このように構成された粉末成形方法によれば、絶縁被膜の平均厚みを5 nm以上とすることで、被膜中を流れるトンネル電流を抑制し、このトンネル電流に起因する渦電流損の増大を抑えることができる。また、絶縁被膜の平均厚みを100 nm以下とした場合、金属磁性粒子間の距離が大きくなりすぎることがない。これにより、金属磁性粒子間に反磁界が発生することを防止し、反磁界の発生に起因したヒステリシス損の増大を抑制できる。また、全体に占める非磁性層の体積比率を抑えることによって、圧粉磁心の磁束密度が低下することを抑制できる。

【発明の効果】

【0021】

以上説明したように、この発明に従えば、加圧成形時に良好な潤滑性が得られるとともに、所望の状態に成形体を形成できる粉末成形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】

【0022】

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0023】

図1は、この発明の実施の形態における粉末成形方法を用いて作製された圧粉磁心の断面を示す模式図である。図1を参照して、圧粉磁心は、金属磁性粒子31と、金属磁性粒子31の表面を取り囲む絶縁被膜32とから構成された複数の複合磁性粒子33を備える。複数の複合磁性粒子33の各々は、複合磁性粒子33が有する凹凸の噛み合わせによって接合されている。

【0024】

図2は、本実施の形態における粉末成形方法に用いられる金型装置を示す断面図である。図2を参照して、金型装置1は、円筒状に開口され、内壁3を有するダイ2と、ダイ2の開口部分の下方を塞ぐように配置され、内壁3に連なる底面6を有する下パンチ5と、ダイ2の上方に配置された潤滑剤供給部8、シュー9および上パンチ10とを備える。ダイ2には、ダイ2を所定の温度に加熱するためのバンドヒータ7が内蔵されている。ダイ2の内壁3は、下パンチ5の底面6とともに成形用粉末が充填される空間4を規定している。内壁3は、底面6の周縁から鉛直上方向に円筒状に延在しており、その延在する先端には、ダイ2の開口端が位置している。

【0025】

潤滑剤供給部8およびシュー9は、ダイ2の開口端の上方でスライド移動可能なように設けられており、各装置は、加圧成形の工程にあわせて適当な位置に位置決めされる。なお、空間4内には、底面6の中央から鉛直上方向に延びるコアロッドが設けられていても良い。

【0026】

続いて、本実施の形態における粉末成形方法により、図1中の圧粉磁心を作製する工程について説明を行なう。

【0027】

図2を参照して、バンドヒータ7に通電し、ダイ2を所定の温度まで加熱する。この際、ダイ2の加熱温度は、後の工程で用いられる金型潤滑剤の種類によって適当に設定され、好ましくは、金型潤滑剤の融点よりも少し低い温度に設定される。なお、バンドヒータ

10

20

30

40

50

7による加熱温度は、ダイ2の形状によっても操作可能な温度である。次に、空間4の上方に潤滑剤供給部8を位置決めする。エアを用いて、潤滑剤供給部8の噴射ノズルから内壁3に向けて、帯電させた金型潤滑剤21を吹き付ける。この際、金型潤滑剤21は、帯電付着効果によって内壁3に付着する。なお、図中の金型潤滑剤21は、模式的に表わされている。

【0028】

ダイ2が金型潤滑剤21の融点よりも少し低い温度まで加熱されている場合、金型潤滑剤21は、若干軟化し、内壁3に付着しやすくなる。このため、帯電付着効果との相乗効果によって良好な付着状態が得られる。また、金型潤滑剤21が液状に変化することがないため、金型潤滑剤21が底面6に溜まることを防止できる。

10

【0029】

図3は、本実施の形態における粉末成形方法で用いられる金型潤滑剤の粒径分布を示すグラフである。図中には、レーザー散乱回折法によって測定された金型潤滑剤の粒径分布が、横軸に粒径、縦軸に頻度(%) (その粒径を有する金型潤滑剤が全体に占める存在比率) がとられたグラフ上に表わされている。図3を参照して、金型潤滑剤21の粒径分布は、粒径 D_{P1} で頻度がピーク値となるピーク部41と、粒径 D_{P1} よりも大きい粒径 D_{P2} で頻度がピーク値となるピーク部42とを有する。ピーク部41とピーク部42との間には、底部43が存在する。なお、上述のピーク部に対応する粒径(D_{P1} 、 D_{P2})を、以後、ピーク粒径とも呼ぶ。

【0030】

20

ピーク部41および42ならびに底部43では、粒径分布の関数の傾きが0となる。より詳細には、金型潤滑剤21の粒径が、粒径 D_{P1} に向けて増加するとき、粒径分布の関数の傾きは正であり、ピーク部41で0となる。ピーク部41と底部43の間では、粒径分布を表わす関数の傾きは負であり、底部43で0となった後、底部43とピーク部42の間では正となる。ピーク部42で、粒径分布の関数の傾きは0となり、金型潤滑剤21の粒径が、粒径 D_{P2} からさらに増加する間では、その傾きは負となる。

【0031】

金型潤滑剤21の平均粒径 α は、粒径 D_{P1} よりも大きく、粒径 D_{P2} よりも小さいことが好ましい。言い換えれば、金型潤滑剤21の平均粒径 α の両側に、ピーク部41および42がそれぞれ位置していることが好ましい。なお、ここで言う平均粒径とは、粒径のヒストグラム中、粒径の小さいほう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Dをいう。

30

【0032】

このような粒径分布を有する金型潤滑剤21を用いた場合、ピーク部41を構成する金型潤滑剤21は、相対的に小さい粒径を有するため、潤滑剤供給部8の噴射ノズルからの距離が相対的に小さい位置、つまり、ダイ2の開口端に近い位置を中心にして、内壁3に付着する。一方、ピーク部42を構成する金型潤滑剤21は、相対的に大きい粒径を有するため、潤滑剤供給部8の噴射ノズルからの距離が相対的に大きい位置、つまり、底面6に近い位置を中心にして、内壁3に付着する。このため、金型潤滑剤21を、内壁3の全体に渡って均一に付着させることができる。

40

【0033】

図4は、本実施の形態における粉末成形方法で用いられる金型潤滑剤の別の粒径分布を示すグラフである。図4を参照して、金型潤滑剤21の粒径分布は、ピーク部41および42に加えて、さらに、粒径 D_{P2} よりも大きい粒径 D_{P3} で頻度がピーク値となるピーク部45を有していても良い。この場合、ピーク部42とピーク部45の間には、底部44が存在する。つまり、金型潤滑剤21の粒径分布は、2以上のピークを有していれば良い。

【0034】

金型潤滑剤21としては、たとえば、金属石鹸、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、

50

フッ素系樹脂および層状潤滑剤などを用いることができる。また、これらの材料から2以上の材料を適当に選択し、混合したものを用いても良い。

【0035】

金型潤滑剤21の平均粒径は、 $15\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。平均粒径を $15\mu\text{m}$ 以上にすることによって、金型潤滑剤21が空間4の外部に飛散することを防止できる。平均粒径を $200\mu\text{m}$ 以下にするによって、内壁3に付着した金型潤滑剤21が、その自重により底面6に溜まるということがない。なお、ここで言う平均粒径についても、上述の50%粒径Dをいう。

【0036】

図5および図6は、本実施の形態における粉末成形方法の工程を示す断面図である。図10
1および図5を参照して、まず、金属磁性粒子31を覆うように絶縁被膜32を形成し、複数の複合磁性粒子33からなる成形用粉末22を準備する。

【0037】

この際、金属磁性粒子31としては、たとえば、鉄(Fe)、鉄(Fe)－シリコン(Si)系合金、鉄(Fe)－窒素(N)系合金、鉄(Fe)－ニッケル(Ni)系合金、鉄(Fe)－炭素(C)系合金、鉄(Fe)－ホウ素(B)系合金、鉄(Fe)－コバルト(Co)系合金、鉄(Fe)－リン(P)系合金、鉄(Fe)－ニッケル(Ni)－コバルト(Co)系合金および鉄(Fe)－アルミニウム(Al)－シリコン(Si)系合金などを用いることができる。金属磁性粒子31は、金属単体でも合金でもよい。

【0038】

絶縁被膜32は、金属磁性粒子31をリン酸処理することによって形成される。また好ましくは、絶縁被膜32は、酸化物を含有する。この酸化物を含有する絶縁被膜32としては、リンと鉄とを含むリン酸鉄の他、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、酸化シリコン、酸化チタン、酸化アルミニウムまたは酸化ジルコニウムなどの酸化物絶縁体を使用することができる。絶縁被膜32は、図1中に示すように1層に形成されていても良いし、多層に形成されていても良い。

【0039】

絶縁被膜32は、金属磁性粒子31間の絶縁層として機能する。金属磁性粒子31を絶縁被膜32で覆うことによって、圧粉磁心の電気抵抗率 ρ を大きくすることができる。これにより、金属磁性粒子31間に渦電流が流れるのを抑制して、渦電流に起因する鉄損を低減させることができる。

【0040】

絶縁被膜32の平均厚みは、 5nm 以上 100nm 以下であることが好ましい。ここで言う平均厚みとは、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し、さらに、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ものをいう。

【0041】

成形用粉末22には、金属石鹸、ポリエチレン、アミド系ワックス、ポリアミド、ポリプロピレン、アクリル酸エステル重合体、メタクリル酸エステル重合体、フッ素系樹脂または層状潤滑剤などからなる粉末成形用潤滑剤が混合されていても良い。粉末成形用潤滑剤は、加圧成形時において複合磁性粒子33間の潤滑剤として機能するほか、内壁3に対する潤滑剤としても一定の役割を果たす。このような粉末成形用潤滑剤の働きより、加圧成形時に絶縁被膜32が破壊されることを防止するとともに、金属磁性粒子31の内部に大きな歪みが導入されることを抑制できる。

【0042】

次に、ダイ2の上方に並んで配置された装置を矢印11に示す方向にスライド移動させ、空間4の上方に、成形用粉末22が装填されたシュー9を位置決めする。シュー9から 50

空間 4 に、成形用粉末 2 2 を供給する。この際、成形用粉末 2 2 は、常温のまま金型装置 1 に供給されても良いし、金型装置 1 による処理に応じた加熱が施された後、金型装置 1 に供給されても良い。

【0043】

図 6 を参照して、ダイ 2 の上方に並んで配置された装置を矢印 1 2 に示す方向にスライド移動させ、空間 4 の上方から退避させる。次に、上パンチ 1 0 を下方に移動させることによって、空間 4 に充填された成形用粉末 2 2 を加圧成形する。これにより、成形体 2 3 が形成される。その後、空間 4 から成形体 2 3 を抜き出す。

【0044】

本実施の形態では、金型潤滑剤 2 1 が内壁 3 の全体に均一に付着されているため、上述の成形用粉末 2 2 を加圧成形する工程と成形体 2 3 を抜き出す工程との両方において、焼き付きが発生することがない。 10

【0045】

空間 4 から抜き出された成形体 2 3 に含まれる潤滑剤の割合は、0.001 質量%以上 0.5 質量%以下であることが好ましい。さらに好ましくは、潤滑剤の割合は、0.01 質量%以上 0.4 質量%以下である。ここで言う潤滑剤は、内壁 3 および底面 6 から成形用粉末 2 2 に混入した金型潤滑剤 2 1 を指し、元々、成形用粉末 2 2 に混合されていた粉末成形用潤滑剤は含まれない。

【0046】

その後、得られた成形体 2 3 に、押出し加工や切削加工など適当な加工を施すことによって、図 1 中に示す圧粉磁心が完成させる。 20

【0047】

この発明に従った粉末成形方法は、粉末状潤滑剤としての金型潤滑剤 2 1 を噴出し、金型潤滑剤 2 1 を金型としての金型装置 1 の内壁 3 に付着させる工程を備える。金型潤滑剤 2 1 の粒径分布は、2 以上のピークを有する。粉末成形方法は、金型潤滑剤 2 1 が付着された金型装置 1 に粉末としての成形用粉末 2 2 を充填し、成形用粉末 2 2 を加圧成形することによって成形体 2 3 を形成する工程をさらに備える。

【0048】

このように構成された粉末成形方法によれば、加圧成形の工程を通じて焼き付きが発生しないため、引っ掻き傷などを表面に付けることなく成形体 2 3 を形成することができる。また、金型潤滑剤 2 1 が底面 6 に溜まったり、内壁 3 に付着する金型潤滑剤 2 1 の量が部分的に多くなるといったことがないため、成形体 2 3 の表面に金型潤滑剤 2 1 が多量に取り込まれるということがない。このため、成形体 2 3 の面粗度が低下することを防止できる。また、部分的に成形体 2 3 の密度が低下したり、成形体 2 3 の密度が不均一になることを防止できる。また、このような成形体 2 3 から作製された圧粉磁心は、金属磁性粒子 3 1 を均一かつ密に含むため、磁束密度が大きく、ばらつきのない所望の磁気的特性を得ることができる。 30

【0049】

なお、本実施の形態では、圧粉磁心を製造する場合について説明したが、本発明は、このような磁性部品の製造に限定されるものではない。たとえば、成形用粉末 2 2 として、純鉄粉、鉄粉に適当な金属粉が混合された混合粉またはアルミニウム合金などの合金粉を用い、この成形用粉末 2 2 を加圧成形して機械構造部品を製造する場合に、本発明を適用することも可能である。 40

【実施例】

【0050】

以下に説明する実施例により、本発明の粉末成形方法による効果を確認した。

【0051】

(実施例 1)

まず、実施の形態に記載の粉末成形方法に従って、所定量の金型潤滑剤 2 1 を金型装置 1 内に噴霧導入し、さらに、空間 4 に成形用粉末 2 2 を充填した。 50

【0052】

この際、金型潤滑剤21としては、粒径分布が1つのピークを有する3種類のステアリン酸亜鉛粉末（サンプルA：ピーク粒径25 μm （平均粒径30 μm ）、サンプルB：ピーク粒径138 μm （平均粒径150 μm ）、サンプルC：ピーク粒径415 μm （平均粒径400 μm ））と、これらのステアリン酸亜鉛粉末を適当な割合、組み合わせで混合することによって得られた、粒径分布が2以上のピークを有するステアリン酸亜鉛粉末（サンプル1から9）とを用いた。また、サンプル5の金型潤滑剤を用いた際には、その噴霧する量を変化させて金型装置1の内壁3に付着させた。ダイ2の加熱温度は、135 $^{\circ}\text{C}$ とした。

【0053】

10

成形用粉末22として、ヘガネス社製の鉄粉（商品名「ASC100.30」）に、粉末成形用潤滑剤としてのステアリン酸亜鉛を0.2質量%の割合で添加し、V型ミキサーを用いて2時間混合したものを用いた。

【0054】

次に、加圧圧力を588MPa（6ton/cm²）として、円柱形状（直径40mm×高さ60mm）を有する成形体を作製した。加圧成形後、成形体を金型装置1の空間4から抜き出す際の抜き出し力を測定し、この測定結果から抜き出し圧力を求めた。また、得られた成形体の外観と、金型装置1の底面6とを観察し、さらに、アルキメデス法によって、得られた成形体の密度を求めた。また、空間4に供給した成形用粉末22の質量と得られた成形体の質量とから、成形体に含まれる金型潤滑剤21の割合を求めた。以上の観察、測定の結果を、用いた金型潤滑剤21の種類とともに表1に示した。

20

【0055】

なお、以下に続く表1から表3では、成形体の外観に焼き付き跡がある場合を「×」とし、焼き付き跡が全く観察されない場合を「○」とし、その間の状態を「△」として、表中の「成形体の外観」の欄に示した。また、金型装置1の底面6に金型潤滑剤21が溜まっている場合を「×」とし、金型潤滑剤21が全く認められなかった場合を「○」とし、その間の状態を「△」として、表中の「底面での金型潤滑剤の有無」の欄に示した。

【0056】

【表 1】

金型 潤滑剤の サンプル名	混合比 (%)			金型潤滑剤 の平均粒径 (μm)	金型潤滑剤 の割合 (質量%)	金型温度 ($^{\circ}\text{C}$)	成形体 の密度 (g/cm^3)	抜き出し 圧力 (MPa)	成形体 の外観	底面での 金型潤滑剤 の有無
	ビーク粒径 25 (μm)	ビーク粒径 138 (μm)	ビーク粒径 415 (μm)							
A	100			30	0.05	135	7.35	26	×	○
B		100		150	0.05	135	7.32	24	△	△
C			100	400	0.05	135	7.30	22	○	×
1	50	50		58	0.05	135	7.46	17	○	○
2	50		50	205	0.05	135	7.48	14	○	○
3		50	50	230	0.05	135	7.43	16	○	○
4	34	33	33	159	0.05	135	7.46	15	○	○
5	30	70		95	0.00008	135	7.49	19	△~○	○
5	30	70		95	0.0015	135	7.50	17	○	○
5	30	70		95	0.008	135	7.49	15	○	○
5	30	70		95	0.05	135	7.48	14	○	○
5	30	70		95	0.15	135	7.48	13	○	○
5	30	70		95	0.35	135	7.48	13	○	○
5	30	70		95	0.45	135	7.43	13	○	○
5	30	70		95	0.55	135	7.41	13	○	△~○
5	30	70		95	0.70	135	7.50	12	○	△
6	70	30		40	0.05	135	7.49	14	○	○
7	80	25	5	56	0.05	135	7.50	13	○	○
8	10	45	45	230	0.05	135	7.47	16	○	○
9	45	10	45	203	0.05	135	7.48	14	○	○

表1を参照して分かるように、粒径分布が2以上のピークを有する金型潤滑剤21を用いることにより、抜き出し圧力を小さくして、焼き付き跡のない良好な外観を得ることができた。このような効果は、金型潤滑剤21の割合を0.0001質量%以上とした場合に効果的に得ることができた。また、粒径分布が2以上のピークを有する金型潤滑剤21を用いることにより、サンプルAからCの金型潤滑剤を用いた場合と比較して、大きい密度を得ることができた。また、金型潤滑剤21の割合を0.5質量%以下とした場合、金型装置1の底面6に金型潤滑剤21が認められなかった。

【0058】

(実施例2)

実施例1と同様に、金型潤滑剤21を金型装置1内に噴霧導入し、さらに、空間4に成形用粉末22を充填した。本実施例では、成形用粉末22として、ヘガネス社製のリン酸塩被膜鉄粉(商品名「Somaloy500」)に、粉末成形用潤滑剤としてのステアリン酸亜鉛を0.2質量%の割合で添加し、V型ミキサーを用いて2時間混合したものを用いた。金型潤滑剤21としては、実施例1で使用したサンプルAからCのステアリン酸亜鉛粉末と、サンプル1から9のステアリン酸亜鉛粉末とを用いた。 10

【0059】

次に、加圧圧力を883MPa(9ton/cm²)として、筒形状(外径40mm×内径20mm×高さ60mm)を有する成形体を作製した。加圧成形後、得られた成形体に対して、実施例1と同様の観察、測定を行なった。その結果を、用いた金型潤滑剤21の種類とともに表2に示した。 20

【0060】

【表 2】

金型 潤滑剤の サンプル名	混合比 (%)			金型潤滑剤 の平均粒径 (μm)	金型潤滑剤 の割合 (質量%)	金型温度 ($^{\circ}\text{C}$)	成形体 の密度 (g/cm^3)	抜き出し 圧力 (MPa)	成形体 の外観	底面での 金型潤滑剤 の有無
	ビーク粒径 25 (μm)	ビーク粒径 138 (μm)	ビーク粒径 415 (μm)							
A	100			30	0.05	135	7.44	23	×	○
B		100		150	0.05	135	7.43	20	△	△
C			100	400	0.05	135	7.41	19	○	×
1	50	50		58	0.05	135	7.57	14	○	○
2	50		50	205	0.05	135	7.58	13	○	○
3		50	50	230	0.05	135	7.54	14	○	○
4	34	33	33	159	0.05	135	7.57	12	○	○
5	30	70		95	0.0008	135	7.60	15	△~○	○
5	30	70		95	0.0015	135	7.61	14	○	○
5	30	70		95	0.008	135	7.58	12	○	○
5	30	70		95	0.05	135	7.57	10	○	○
5	30	70		95	0.15	135	7.58	11	○	○
5	30	70		95	0.35	135	7.57	11	○	○
5	30	70		95	0.45	135	7.54	10	○	○
5	30	70		95	0.55	135	7.53	11	○	△~○
5	30	70		95	0.70	135	7.63	10	○	△
6	70	30		40	0.05	135	7.59	11	○	○
7	80	25	5	56	0.05	135	7.61	12	○	○
8	10	45	45	230	0.05	135	7.56	14	○	○
9	45	10	45	203	0.05	135	7.59	13	○	○

表 2 を参照して分かるように、成形用粉末 2 2 としてリン酸塩被膜鉄粉を用いた場合にも、実施例 1 と同様の結果を得ることができた。本発明は、基本的に成形用粉末 2 2 と金型装置 1 の内壁 3 との間の摩擦を低減させる技術であるため、成形用粉末 2 2 の種類によらず、本発明による効果を得ることができる。したがって、成形用粉末 2 2 として、鉄、ニッケルまたは銅などの金属粉、これらの混合粉、もしくはこれらの金属間化合物からなる金属粉を用いた場合にも、同様の効果を得ることができる。

【0062】

(実施例 3)

実施例 1 と同様に、金型潤滑剤 2 1 を金型装置 1 内に噴霧導入し、さらに、空間 4 に成形用粉末 2 2 を充填した。本実施例では、金型潤滑剤 2 1 として、実施例 1 で使用したサンプル 5 のステアリン酸亜鉛粉末を用いた。ダイ 2 の加熱温度は、135℃とした。 10

【0063】

また、本実施例で用いる成形用粉末 2 2 を作製するために、まず、ヘガネス社製の鉄粉（商品名「ASC100.30」）に、リン酸鉄溶液による被膜処理を実施し、その後、乾燥工程を実施した。この際、リン酸鉄溶液の濃度を変化させることで、異なる厚みの絶縁被膜が形成された複数種の鉄粉を準備した。その絶縁被膜が設けられた鉄粉に、粉末成形用潤滑剤としてのステアリン酸亜鉛を 0.05 質量%の割合で添加し、V 型ミキサーを用いて 2 時間混合することで、成形用粉末 2 2 を作製した。

【0064】

次に、加圧成形工程を実施し、筒形状（外径 40mm×内径 20mm×高さ 60mm）を有する成形体を作製した。成形体の密度は、 7.5 g/cm^3 とした。加圧成形後、実施例 1 と同様に、得られた成形体の外観と金型装置 1 の底面 6 とを観察した。さらに、本実施例では、成形体に 100（Oe：エルステッド）の磁場を印加し、その時の磁束密度 B100 を測定した。また、成形体に、最大値 1 T（テスラ）となる磁場を印加し、そのときの渦電流損係数を測定した。以上の観察、測定の結果を、用いた金型潤滑剤 2 1 の種類とともに表 3 に示した。 20

【0065】

【表 3】

金型 潤滑剤の サンプル名	混合比 (%)		金型潤滑剤 の平均粒径 (μm)	金型潤滑剤 の割合 (質量%)	絶縁被覆の 平均厚み (nm)	成形体 の外観	底面での 金型潤滑剤 の有無	磁束密度 B100 (T)	渦電流損係数 ($\text{mW s}^2/\text{kg}$)
	ビーク粒径 25 (μm)	ビーク粒径 138 (μm)							
5	30	70	95	0.05	3	○	○	1.61	0.099
5	30	70	95	0.05	6	○	○	1.60	0.051
5	30	70	95	0.05	10	○	○	1.58	0.036
5	30	70	95	0.05	24	○	○	1.56	0.033
5	30	70	95	0.05	63	○	○	1.56	0.032
5	30	70	95	0.05	94	○	○	1.54	0.031
5	30	70	95	0.05	106	○	○	1.48	0.033
5	30	70	95	0.05	128	○	○	1.43	0.034

表 3 を参照して分かるように、絶縁被膜の平均厚みが 5 nm 以上である場合、比較的小さい渦電流損係数を得ることができた。また、絶縁被膜の平均厚みが 100 nm 以下である場合、比較的大きな磁束密度を得ることができた。このことから、絶縁被膜の平均厚みを適切に制御することによって、本発明の高密度化による効果と相伴って、磁気的特性の向上をさらに望めることを確認できた。

【0067】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】この発明の実施の形態における粉末成形方法を用いて作製された圧粉磁心の断面を示す模式図である。

【図 2】本実施の形態における粉末成形方法に用いられる金型装置を示す断面図である。

【図 3】本実施の形態における粉末成形方法で用いられる金型潤滑剤の粒径分布を示すグラフである。

【図 4】本実施の形態における粉末成形方法で用いられる金型潤滑剤の別の粒径分布を示すグラフである。

【図 5】本実施の形態における粉末成形方法の工程を示す断面図である。

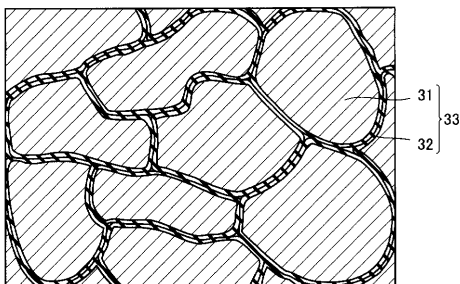
【図 6】本実施の形態における粉末成形方法の別の工程を示す断面図である。

【符号の説明】

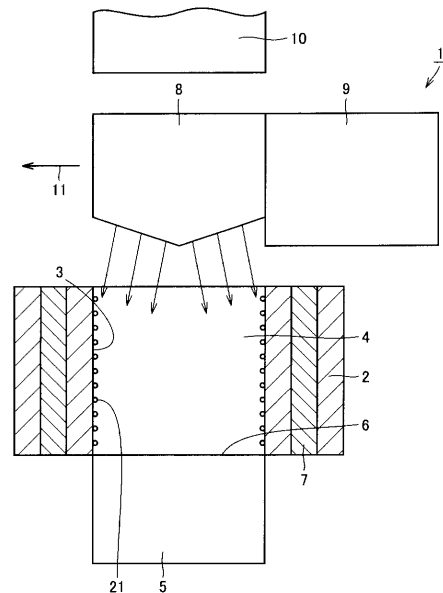
【0069】

1 金型装置、3 内壁、21 金型潤滑剤、22 成形用粉末、23 成形体、31 金属磁性粒子、32 絶縁被膜。

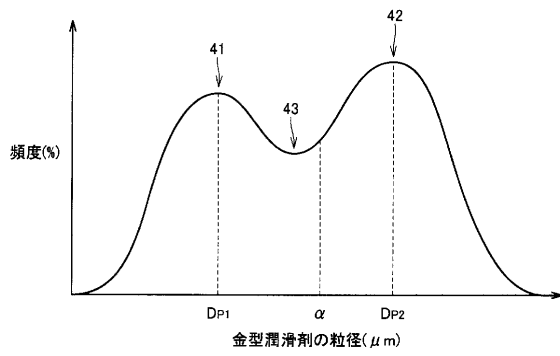
【図 1】



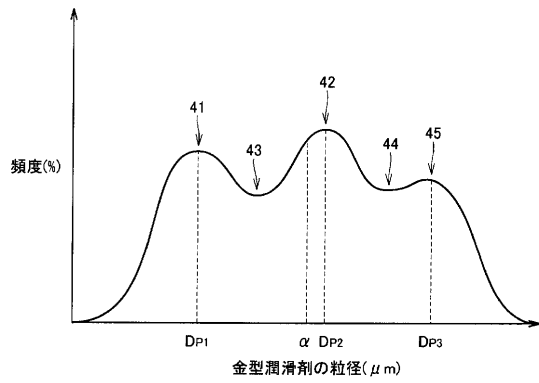
【図 2】



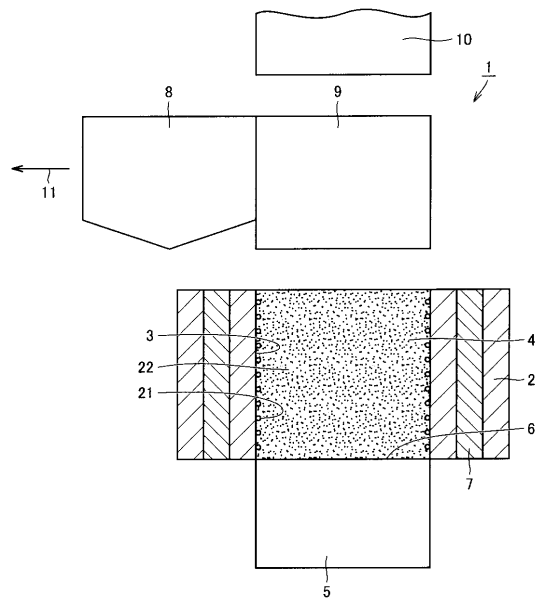
【図 3】



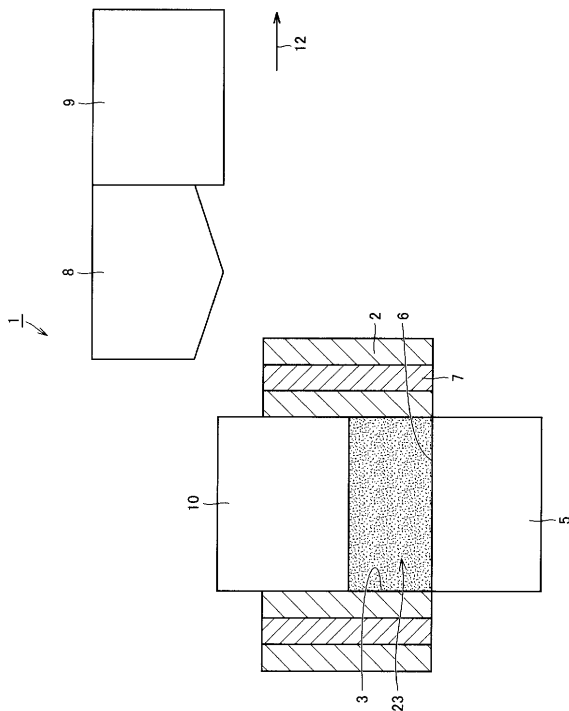
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 広瀬 和弘
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
- (72)発明者 西岡 隆夫
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
- (72)発明者 豊田 晴久
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