

(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
2011年9月9日(09.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/108072 A1

- (51) 国際特許分類:
B22F 1/02 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/053307
- (22) 国際出願日: 2010年3月2日(02.03.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社(TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 杉山 昌揮(SUGIYAMA Masaki) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 山口 登士也(YAMAGUCHI Toshiya) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 大平 翔太(OHIRA Shouta) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人コスモ特許事務所(COSMOS PATENT OFFICE); 〒4600003 愛知県名古屋

市中区錦二丁目2番22号 名古屋センタービル別館2階 Aichi (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, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, 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(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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

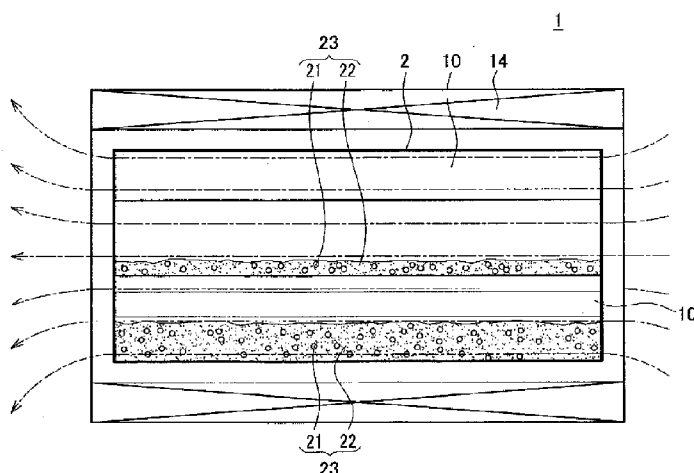
添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING POWDER FOR DUST CORE, DUST CORE USING POWDER FOR DUST CORE PRODUCED USING SAID METHOD FOR PRODUCING POWDER FOR DUST CORE, AND DEVICE FOR PRODUCING POWDER FOR DUST CORE

(54) 発明の名称: 圧粉磁心用粉末の製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置

[図3]



(57) Abstract: Disclosed is a method for producing powder for a dust core capable of improving the quality and productivity of powder for a dust core, and which prevents formation of secondary particles when siliconizing. Also disclosed is a dust core that uses powder for a dust core produced using said method for producing powder for a dust core, and a device for producing powder for a dust core. In order to achieve same, only the soft magnetic metal powder (21) of a mixed powder (23) comprising soft magnetic metal powder (21) and powder for siliconizing containing silicon dioxide (22) is induction heated, which causes a heat transfer from the surface of the soft magnetic metal powder (21) to the powder for siliconizing (22), elemental silicon to detach from the powder for siliconizing (22), and the elemental silicon to be diffusion coated onto the surface of the soft magnetic metal powder (21), thereby forming a siliconized layer.

(57) 要約:

[続葉有]

浸珪処理時に二次粒子が生成されることを防ぎ、圧粉磁心用粉末の品質と生産性を向上させることができる圧粉磁心用粉末製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置を提供するために、軟磁性金属粉末（２１）と二酸化珪素を含む浸珪用粉末（２２）の混合粉（２３）のうち、軟磁性金属粉末（２１）のみを誘導加熱することにより、軟磁性金属粉末（２１）の表面から浸珪用粉末（２２）に熱伝達して浸珪用粉末（２２）から珪素元素を脱離させ、軟磁性金属粉末（２１）の表面に珪素元素を拡散浸透させて珪素浸透層を形成する。

明 細 書

発明の名称：

圧粉磁心用粉末の製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、圧粉磁心用粉末を製造するための圧粉磁心用粉末製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置に関する。

背景技術

[0002] 圧粉磁心は、軟磁性金属粉末からなる圧粉磁心用粉末をプレス成形したものである。圧粉磁心は、電磁鋼板を積層してなるコア材と比べて、周波数に応じて生じる高周波損失（以下「鉄損」という。）が少ない磁気特性を有していること、形状バリエーションに臨機且つ安価に対応できること、材料費が廉価であること等、多くの利点を有する。このような圧粉磁心は、例えば車両の駆動用モータのステータコアやロータコア、電力変換回路を構成するリアクトルコアなどに適用されている。

[0003] 例えば、圧粉磁心用粉末１０１は、図１９に示すように、二酸化珪素粉末１０３を鉄粉１０２の表面から浸透拡散させ、珪素元素が濃化した珪素浸透層１０４を鉄粉１０２の表層に形成する浸珪処理が施されている。浸珪処理は、鉄粉１０２と二酸化珪素粉末１０３を攪拌混合して鉄粉１０２の表面に二酸化珪素粉末１０３を付着させ、鉄粉１０２と二酸化珪素粉末１０３の混合粉を炉に入れる。そして、混合粉を１０００℃に加熱する。すると、二酸化珪素粉末１０３から珪素元素が脱離して鉄粉１０２の表層に浸透拡散し、珪素浸透層１０４が形成される。

[0004] 鉄粉１０２の中心部まで珪素元素を浸透させると、圧粉磁心用粉末１０１の硬度が高くなる。この場合、圧粉磁心用粉末１０１を加圧して圧粉成形したときに、圧粉磁心用粉末１０１が変形せず、圧粉磁心用粉末１０１の間に

形成される隙間が大きくなるため、磁心密度が低くなる。磁心密度が低いと、磁束密度が低くなる問題がある。そのため、珪素浸透層 104 は、鉄粉 102 の表面から鉄粉 102 の中心部側への距離 $\times 2$ を、鉄粉 102 の直径 D の 0.15 倍未満とすることが、好ましいとされている。但し、珪素浸透層 104 が薄かったり、珪素浸透層 104 における珪素元素濃度が低いと、鉄粉 102 の接触部分を十分絶縁することができず、鉄損（主にヒステリシス損失と渦電流損失）が高くなる。よって、圧粉磁心用粉末 101 に形成する珪素浸透層 104 の距離 $\times 2$ や濃度は、圧粉磁心の比抵抗を管理する上で、とても重要である（例えば、特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2009-256750 号公報

特許文献2：特開 2009-123774 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、従来の圧粉磁心用粉末製造方法は、図 20 に示すように、製造された圧粉磁心用粉末 101 をランダムに 10 個取り出して、珪素浸透層 104 が鉄粉 102 の表面から鉄粉 102 の中心部へ向かって形成される距離（表面からの距離） $\times 2$ と珪素浸透層における珪素元素の濃度（ S_i 濃度）を測定したところ、表面からの距離 $\times 2$ と S_i 濃度が、粉末間でおおきくばらついていて、具体的には、取り出された粉末の中には、浸珪反応が乏しい粉末（浸珪反応量が低い粉末）が含まれていた（図 20 中の細い実線で記載するグラフ参照）。また、浸珪反応が豊富な粉末（浸珪反応量が高い粉末）であっても（図 20 中の太い実線で記載するグラフ参照）、鉄粉 102 の表面における S_i 濃度が、約 2.0%～約 5.0% と幅広く分散している上に、珪素浸透層 104 の鉄粉 102 の表面からの距離（厚さ） $\times 2$ が約 4 μm ～約 20 μm に分散している。更に、浸珪反応が豊富な粉末は、珪素浸

透層 104 の鉄粉 102 の表面から鉄粉 102 の中心部へ向かって S i 濃度が低下する割合がおおきくばらついている。よって、従来の圧粉磁心用粉末製造方法では、各鉄粉 102 に均一な浸珪反応をさせることができず、各圧粉磁心用粉末 101 に形成される珪素浸透層 104 の均一化を図ることができなかった。そのため、圧粉成形時に、圧粉磁心用粉末 101 に形成される珪素浸透層 104 の厚さ（表面からの距離）×2 の薄い部分や S i 濃度の低い部分同士が接触すると、当該接触部分の絶縁性が低いため、圧粉磁心に発生する渦電流が大きくなり、ひいては、比抵抗が低くなる問題がある。また、珪素浸透層 104 の厚さ（表面からの距離）×2 が大きい圧粉磁心用粉末 101 は、硬く、磁心密度や磁束密度を低下させる原因となる。

[0007] 従来の圧粉磁心用粉末製造方法によって、珪素浸透層 104 の厚さ（表面からの距離）×2 や S i 濃度が圧粉磁心用粉末 101 間でばらつく理由は、鉄粉 102 と二酸化珪素粉末 103 の混合粉を投入した炉を回転させずに混合粉を加熱していたため、浸珪処理を行う間、鉄粉 102 と二酸化珪素粉末 103 の配置が変わらず、周囲に二酸化珪素粉末 103 がたくさんある鉄粉 102 では、珪素元素が表層にたくさん浸透拡散して、珪素浸透層 104 の厚さや S i 濃度が大きくなるのに対して、周囲に二酸化珪素粉末 103 が少ない鉄粉 102 では、珪素元素が表層に浸透拡散する量が少なく、珪素浸透層 104 の厚さや S i 濃度が小さくなるからと考えられる。

[0008] そこで、発明者らは、図 21 及び図 23 に示すように、平均粒径 200 μ m の鉄粉 102 と平均粒径 50 nm の二酸化珪素粉末 103 を攪拌混合した混合粉を炉 105 に投入した後、炉 105 の周りに配設したヒータ 106 により炉 105 を加熱し、その後、炉 105 の内部温度を 1000 °C に温度調整しながら、炉 105 を回転させて混合粉を 1 時間連続して攪拌することにより、圧粉磁心用粉末を製造することを試みた。これにより、発明者らは、浸珪処理時に二酸化珪素粉末 103 が配置を変えながら鉄粉 102 の周りに均一に付着し、各鉄粉 102 に均一な浸珪反応を発生させることができると考えた。

[0009] ところが、上記圧粉磁心用粉末製造方法を実施して炉１０５から生成物を取り出したところ、図２２に示すように、鉄粉１０２と二酸化珪素粉末１０３が団子状に固まって二次粒子１１０になってしまっていた。二次粒子１１０は、二酸化珪素粉末１０３（ドット部分参照）が焼結して複数の鉄粉１０２を結合させており、直径が $600\mu\text{m}$ ～ $700\mu\text{m}$ にも及んでいた。二次粒子１１０ができる理由は、次のように考えられる。

[0010] 焼結は、融点の３分の２程度の温度で始まることが知られている。二酸化珪素の融点は、 $1600^{\circ}\text{C}\pm 75^{\circ}\text{C}$ である。一方、浸珪処理時の混合粉の加熱温度は約 1000°C である。よって、混合粉の加熱温度 1000°C は、二酸化珪素の融点のちょうど３分の２程度の温度に相当する。混合粉を 1000°C に加熱することにより、鉄粉１０２の表面に付着した二酸化珪素粉末１０３から珪素元素が脱離して鉄粉１０２に拡散浸透するが、加熱時間が長くなると、二酸化珪素粉末１０３間で物質が移動し、焼結が発生する。焼結は、鉄粉１０２の表面に拡散接合した二酸化珪素粉末１０３にも発生するため、焼結した二酸化珪素粉末１０３を介して鉄粉１０２同士が結合される。特に、上記圧粉磁心用粉末製造方法は、図２１及び図２３に示すように、混合粉を 1000°C に加熱した状態で、炉１０５を１時間連続回転させ、鉄粉１０２と二酸化珪素粉末１０３の混合粉を高所から低所に繰り返し落下させて攪拌を行う。この場合、低所にある二酸化珪素粉末１０３は、上方から落ちてきた混合粉の重みで圧縮され、焼結が促進される。このように、単に、浸珪処理時に混合粉を 1000°C に加熱しながら攪拌しただけでは、二酸化珪素粉末１０３が加圧焼結されて二次粒子１１０を生成してしまっていた。この結果、圧粉磁心用粉末の品質及び生産性が悪くなってしまった。

[0011] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、浸珪処理時に二次粒子が生成されることを防ぎ、圧粉磁心用粉末の品質と生産性を向上させることができる圧粉磁心用粉末製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る圧粉磁心用粉末の製造方法は、圧粉磁心用粉末を製造する圧粉磁心用粉末の製造方法において、軟磁性金属粉末と二酸化珪素を含む浸珪用粉末の混合粉のうち、前記軟磁性金属粉末のみを誘導加熱しながら、前記混合粉を攪拌混合することにより、前記軟磁性金属粉末の表面に珪素浸透層を形成する。
- [0013] 上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法は、前記混合粉が投入される回転炉が絶縁体からなり、前記回転炉の外部にコイルが配置され、前記回転炉を前記コイル内で回転させながら前記コイルに通電することにより、前記混合粉に含まれる前記軟磁性金属粉末のみを誘導加熱することが好ましい。
- [0014] 上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法は、前記コイルが、中空円筒形状をなし、前記コイルの中空部に前記回転炉が配置されていることが好ましい。
- [0015] 上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る圧粉磁心は、上記圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を加圧して成形したものである。
- [0016] 上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る圧粉磁心用粉末製造装置は、圧粉磁心用粉末を製造する圧粉磁心用粉末製造装置において、軟磁性金属粉末と二酸化珪素を含む浸珪用粉末の混合粉が投入されるものであって、軸線を中心に回転可能に保持されており、内壁に攪拌部材が立設された回転炉と、前記回転炉に駆動力を付与するモータと、少なくとも前記回転炉の底部を覆うように前記回転炉の外部に設けられたコイルと、を有し、前記コイルに通電することにより、前記軟磁性金属粉末のみを誘導加熱した状態で、前記モータを駆動して前記回転炉を回転させ、前記軟磁性金属粉末の表面に珪素浸透層を形成する。
- [0017] 上記態様の圧粉磁心用粉末製造装置は、前記回転炉が絶縁体で構成されていることが好ましい。
- [0018] 上記態様の圧粉磁心用粉末製造装置は、前記軟磁性金属粉末の表面温度を測定するものであって、前記回転炉の内部に設けられた温度センサと、前記

温度センサの温度測定データが所定の処理温度に安定するように、前記コイルへ供給する電流の周波数を制御するコントローラと、を有することが好ましい。

発明の効果

[0019] 上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法及び圧粉磁心用粉末製造装置は、軟磁性金属粉末と二酸化珪素を含む浸珪用粉末の混合粉のうち、軟磁性金属粉末のみを誘導加熱することにより、浸珪用粉末から脱離した珪素元素が軟磁性金属粉末の表面に拡散浸透して珪素浸透層を形成する。このとき、軟磁性金属粉末のみが加熱され、浸珪用粉末が加熱されないため、軟磁性金属粉末を誘導加熱しながら混合粉を攪拌混合しても、浸珪用粉末が焼結しない。また、混合粉が攪拌混合されることにより、軟磁性金属粉末と軟磁性金属粉末の配置が絶えず入れ変えられるため、各軟磁性金属粉末の表面に形成される珪素浸透層が均一化される。このように、上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法及び圧粉磁心用粉末製造装置によれば、浸珪処理時に二次粒子が生成されることを防ぎ、圧粉磁心用粉末の品質と生産性を向上させることができる。

[0020] 上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法及び圧粉磁心用粉末製造装置は、回転炉が絶縁体で構成されているので、回転炉を回転させながら回転炉の外部に設けられたコイルに電流を供給しても、回転炉が加熱されず、軟磁性金属粉末のみが加熱される。このような圧粉磁心用粉末製造装置は、浸珪用粉末が回転炉を介して加熱されず、焼結しない。

ここで、コイルが円筒形状をなし、コイルの中空部に回転炉が配置されている場合には、コイル通電時に回転炉内に発生する磁束密度が回転炉の軸方向及び円周方向に均一になる。そのため、回転炉内の各軟磁性金属粉末は、それぞれ磁束と交差して渦電流を発生し、表面が均一に発熱する。その結果、二酸化珪素粉末が各軟磁性金属粉末の表面に均一に拡散浸透するようになり、各軟磁性金属粉末は、表面に珪素浸透層が均一に形成される。

[0021] 上記態様の圧粉磁心用粉末製造装置は、回転炉の内部に設けられた温度セ

ンサにより軟磁性金属粉末の表面温度を測定し、温度センサの温度測定データが所定の処理温度に安定するように、コイルへ供給する電流の周波数を制御するので、軟磁性金属粉末の表面が過剰に加熱されて浸珪用粉末を焼結し、浸珪用粉末が焼結することを防止できる。

[0022] 上記態様の圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を加圧して成形した圧粉磁心は、圧粉磁心用粉末が軟磁性金属粉末の表面に珪素浸透層を均一に形成されているため、磁心密度と磁束密度が高く、比抵抗を高くできる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態に係り、圧粉磁心用粉末製造装置の概略構成図である。

[図2]図1に示す回転炉のAA断面図である。

[図3]図2に示す回転炉のBB断面図であって、図中矢印は磁束を示す。

[図4]浸珪処理を説明する図であって、混合粉投入工程を示す。

[図5]浸珪処理を説明する図であって、攪拌工程を示す。

[図6]鉄粉と二酸化珪素粉末との関係を示すイメージ図であって、誘導加熱前の状態を示す。

[図7]鉄粉と二酸化珪素粉末との関係を示すイメージ図であって、鉄粉が誘導加熱された状態を示す。

[図8]鉄粉と二酸化珪素粉末との関係を示すイメージ図であって、二酸化珪素粉末が鉄粉の表面から熱伝達されて加熱された状態を示す。

[図9]圧粉磁心用粉末製造方法における浸珪反応を説明するための図であって、鉄粉に二酸化珪素粉末が付着した様子を示す。

[図10]圧粉磁心用粉末製造方法における浸珪反応を説明するための図であって、鉄粉により二酸化珪素粉末が加熱された様子を示す。

[図11]圧粉磁心用粉末製造方法における浸珪反応を説明するための図であって、鉄粉に二酸化珪素粉末が拡散接合する様子を示す。

[図12]圧粉磁心用粉末製造方法における浸珪反応を説明するための図であって

て、別の二酸化珪素粉末が鉄粉に付着する様子を示す。

[図13] 浸珪処理を施された鉄粉の断面を示すイメージ図である。

[図14] 圧粉磁心用粉末の断面を示すイメージ図である。

[図15] 比較例と実施例における浸珪処理の条件を示す図である。

[図16] 比較例と実施例の歩留まり率を示す図である。

[図17] 実施例の圧粉磁心用粉末について、鉄粉の表面から鉄粉の中心部へ向かって形成される珪素浸透層の距離を、圧粉磁心用粉末別に調べた結果を示すグラフである。

[図18] 本発明の第2実施形態に係り、圧粉磁心用粉末製造装置の概略構成図である。

[図19] 浸珪処理のイメージ図である。

[図20] 鉄粉の表面から鉄粉の中心部へ向かって形成される珪素浸透層の距離を、圧粉磁心用粉末別に調べた結果を示すグラフである。

[図21] 混合粉を攪拌しながら加熱する処理のイメージ図である。

[図22] 混合粉を攪拌しながら加熱した場合に得られる圧粉磁心用粉末の顕微鏡写真を図面化したものである。

[図23] 混合粉を攪拌しながら加熱する装置の概念図である。

符号の説明

- [0024] 1, 51 圧粉磁心用粉末製造装置
- 2 回転炉
- 7 モータ
- 8 コントローラ
- 10 攪拌板
- 14, 52 コイル
- 15 温度センサ
- 21 炭素－鉄金属粉末（軟磁性金属粉末の一例）
- 22 二酸化珪素粉末（浸珪用粉末の一例）
- 23 混合粉

24 鉄粉（軟磁性金属粉末の一例）

25 珪素浸透層

28 圧粉磁心用粉末

発明を実施するための形態

[0025] 次に、本発明に係る圧粉磁心用粉末の製造方法、その圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を用いた圧粉磁心、及び、圧粉磁心用粉末製造装置の一実施形態について図面を参照して説明する。

[0026] （第1実施形態）

<圧粉磁心用粉末の概略構成>

図14は、圧粉磁心用粉末28の断面を示すイメージ図である。

圧粉磁心用粉末28は、鉄粉24（軟磁性金属粉末の一例）の絶縁を確保するために、炭素－鉄金属粉末21と二酸化珪素粉末22（浸珪用粉末の一例）との酸化還元反応により鉄粉24の表層に珪素浸透層25が形成されている。そして、圧粉磁心用粉末28は、鉄粉24の表面を覆うように、シリコン被膜層27が形成され、さらに絶縁性が高められている。

[0027] <圧粉磁心用粉末製造装置の概略構成>

図1は、本発明の第1実施形態に係り、圧粉磁心用粉末製造装置1の概略構成図である。図2は、図1に示す回転炉のAA断面図である。図3は、図2に示す回転炉のBB断面図であって、図中矢印は磁束を示す。

図1～図3に示す圧粉磁心用粉末製造装置1は、圧粉磁心用粉末28を製造する工程のうち、鉄粉24の表層に珪素浸透層25を形成する浸珪処理工程に用いられる。

[0028] 圧粉磁心用粉末製造装置1は、中空円筒形状の回転炉2を備える。回転炉2は、高周波加熱されない絶縁体（例えば、セラミックスなど）により、構成されている。コイル14は、巻線を円筒状に巻き付けた中空円筒形状をなす。回転炉2は、コイル14の中空部に配置され、外周面全体がコイル14に覆われている。コイル14は、支柱14aに支持されている。回転炉2は、コイル14内に、回転自在に保持されている。具体的には、回転炉2は、

両端面に回転軸 3, 4 が固定され、その回転軸 3, 4 を介して支柱 5, 6 に回転自在に保持されている。回転軸 3 には、モータ 7 が連結され、回転軸 3 を介して回転炉 2 に回転力を付与するようになっている。モータ 7 は、コントローラ 8 に接続され、回転炉 2 を回転させる回転動作（回転量や回転速度や回転時間等）と回転炉 2 の回転を停止させる回転停止動作を制御される。

[0029] 回転炉 2 には、開閉扉 9 が開閉可能に設けられている。回転炉 2 は、開閉扉 9 を介して粉体の供給と取り出しが行われる。回転炉 2 の内壁には、回転炉 2 の回転に従って、粉体を掬い上げては落下させるための攪拌板 10（攪拌部材の一例）が、複数（ここでは 3 枚）固設されている。攪拌板 10 は、直線状の板材であって、回転炉 2 と同様、高周波加熱されない絶縁体（例えばセラミック等）からなる。攪拌板 10 は、回転炉 2 の軸線に対して平行であって、回転炉 2 の縦断面周方向に均等配置され、回転炉 2 の中心部へ向かって回転炉 2 の内壁に立設されている。

[0030] 回転軸 4 の内部には、2 本の流路が回転軸 4 の軸線に沿って形成されている。回転軸 4 の一方の流路には、浸珪処理時の雰囲気を生成するための処理ガスを供給する供給管 11 が接続され、他方の流路には、回転炉 2 からガスを排気するための排気管 16 が接続されている。供給管 11 には、ガス供給源 12 から供給される処理ガスの供給量を制御するための供給弁 13 が配設されている。排気管 16 には、回転炉 2 からガスを排気する排気量を制御する排気弁 17 が配設されている。供給弁 13 と排気弁 17 は、コントローラ 8 に接続され、弁開度を制御される。

[0031] 図 2 に示すように、回転炉 2 の内壁には、粉体の温度を測定するための温度センサ 15 が取り付けられている。コントローラ 8 は、温度センサ 15 とコイル 14 に接続され、温度センサ 15 の温度測定データが所定の処理温度に安定するように、コイル 14 へ供給する電流の周波数を制御する。

[0032] <圧粉磁心用粉末の製造方法>

次に、圧粉磁心用粉末製造方法について説明する。図 4 は、浸珪処理を説明する図であって、混合粉投入工程を示す。図 5 は、浸珪処理を説明する図

であって、攪拌工程を示す。図6～図8は、炭素－鉄金属粉末21（鉄粉の一例）と二酸化珪素粉末22との関係を示すイメージ図である。図9～図13は、圧粉磁心用粉末製造方法における浸珪反応を説明するための図である。図14は、圧粉磁心用粉末28の断面を示すイメージ図である。

先ず、炭素－鉄金属粉末21に二酸化珪素粉末22を加えて混合攪拌し、二酸化珪素粉末22を炭素－鉄金属粉末21の外周面に付着させる。例えば、平均粒径が $150 \sim 212 \mu\text{m}$ の1.5重量%の炭素鋼粉末（鉄粉）を95～97重量%、平均粒径が 50 nm で比重が2.2の二酸化珪素粉末を3～5重量%の割合で攪拌混合することにより、混合粉23を作る。そして、図4に示すように、回転炉2の開閉扉9を開けて、炭素－鉄金属粉末21と二酸化珪素粉末22の混合粉23を回転炉2内へ投入し、開閉扉9を密閉する。

[0033] そして、図5に示すように、コイル14に所定の周波数の電流を供給し、炭素－鉄金属粉末21のみを誘導加熱しながら、混合粉23を攪拌混合することにより、図13に示すように、鉄粉24の表面に珪素浸透層25を形成する。

[0034] より具体的には、コントローラ8は、図1に示す供給弁13と排気弁17を開き、ガス供給源12から回転炉2へ、炭素－鉄金属粉末21と二酸化珪素粉末22の酸化還元反応を促すための処理ガス（例えば、アルゴン（Ar）と水素（ H_2 ）の混合ガス）を供給する。そして、コントローラ8は、コイル14に所定の周波数の電流を供給する。

[0035] 混合粉23は、3～5重量%の炭素－鉄金属粉末21と、95～97重量%の二酸化珪素粉末22を攪拌混合したものであり、しかも、炭素－鉄金属粉末21の比重が7.8であるのに対して、二酸化珪素粉末22の比重が2.2であるため、混合粉23の大半が二酸化珪素粉末22である。そのため、回転炉2内では、図6に示すように、炭素－鉄金属粉末21の間にたくさんの二酸化珪素粉末22が層状に介在し、炭素－鉄金属粉末21同士が離れている。このような状態でコイル14に通電すると、図3の一点鎖線矢印に

示すように、回転炉 2 内に磁束が発生する。磁束密度は、コイル 1 4 が回転炉 2 の外周面全体を覆うように環状に設けられているため、回転炉 2 の軸方向と円周方向に均一である。混合粉 2 3 の各炭素－鉄金属粉末 2 1 は、回転炉 2 の全体に均一に発生する磁束と交差し、図 7 に示すように、電磁誘導により渦電流が発生し、表皮効果により表面が発熱する。一方、導電性のない二酸化珪素粉末 2 2 は、コイル 1 4 の通電によって発熱しない。しかし、加熱時間が経過するにつれて、図 8 の黒丸に示すように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に接する二酸化珪素粉末 2 2 が、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面から熱伝達されて加熱される。

[0036] コントローラ 8 は、温度センサ 1 5 が所定温度（例えば、1 0 0 0℃）を測定したら、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面温度が所定の処理温度になったと判断し、モータ 7 を駆動させる。これにより、図 5 に示すように、回転炉 2 がコイル 1 4 内で所定の回転速度で回転する。回転炉 2 内の混合粉 2 3 は、回転炉 2 の回転に従い、攪拌板 1 0 により回転炉 2 の底部から所定高さまで次々と掬い上げられては、斜め下方に向いた攪拌板 1 0 から滑り落ちて回転炉 2 の底部へ落ちる。これにより、混合粉 2 3 は、炭素－鉄金属粉末 2 1 と二酸化珪素粉末 2 2 の配置が常時変えられ、攪拌混合される。

[0037] 上述したように、導電性のある炭素－鉄金属粉末 2 1 は、コイル 1 4 に所定の周波数の電流を流すことによりコイル 1 4 に均一に発生する磁束（磁界）によって表面を誘導加熱されるが、導電性のない二酸化珪素粉末 2 2 は、コイル 1 4 に磁界が発生しても、加熱されない。また、回転炉 2 と攪拌板 1 0 は、高周波加熱されない絶縁体で構成されているため、コイル 1 4 に通電されても発熱せず、二酸化珪素粉末 2 2 を加熱しない。そのため、二酸化珪素粉末 2 2 は、混合粉 2 3 の攪拌混合時に、所定の処理温度（例えば 1 0 0 0℃）まで昇温せず、所定の高さから回転炉 2 の底部へ落ちて圧縮されても、他の二酸化珪素粉末 2 2 と加圧焼結しない。

[0038] 一方、図 9 示すように炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に接する二酸化珪素粉末 2 2 は、図 1 0 に示すように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面が所定の処理

温度まで加熱されると、炭素－鉄金属粉末 2 1 から熱伝達されて加熱される（ドットハッチング部分参照）。すると、炭素－鉄金属粉末 2 1 とその表面に接する二酸化珪素粉末 2 2 との間で酸化還元反応が発生し、二酸化珪素粉末 2 2 から珪素元素が脱離すると共に、一酸化炭素（CO）ガスが生成される。脱離した珪素元素は、図 1 1 に示すように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面から浸透して炭素－鉄金属粉末 2 1 の内部に拡散していき、図 1 2 に示すように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表層に珪素浸透層 2 5 を形成する。

[0039] この二酸化珪素粉末 2 2 の拡散浸透過程において、図 1 1 に示すように、二酸化珪素粉末 2 2 は、一部が炭素－鉄金属粉末 2 1 に拡散浸透した拡散部 3 0 b となり、残りの部分が炭素－鉄金属粉末 2 1 から突出して残っている突出部 3 0 a となる拡散接合体 3 0 を形成する。拡散接合体 3 0 は、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に化学的に接合しているため、混合粉 2 3 を攪拌混合する場合に炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面から剥がれることなく、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面への拡散浸透を安定して進行させる。

[0040] ここで、拡散接合体 3 0 は、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面から熱伝達されて、所定の処理温度まで加熱されている。しかし、拡散接合体 3 0 の周りにある二酸化珪素粉末 2 2 は、回転炉 2 の回転によって攪拌されて炭素－鉄金属粉末 2 1 に対する配置を自由に変えるため、拡散接合体 3 0 から熱伝達されて所定の処理温度（例えば 1 0 0 0 °C）まで加熱されない。よって、拡散接合体 3 0 の周りにある二酸化珪素粉末 2 2 が、回転炉 2 の回転によって圧縮されても、拡散接合体 3 0 や他の二酸化珪素粉末 2 2 に対して加圧焼結されない。つまり、炭素－鉄金属粉末 2 1 を核として二酸化珪素粉末 2 2 が焼結され、二次粒子化しない。

[0041] 図 1 2 に示すように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に接していた二酸化珪素粉末 2 2 が拡散浸透すると、別の二酸化珪素粉末 2 2 が炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に付着し、上記と同様にして、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に拡散浸透していく。円筒状のコイル 1 4 が回転炉 2 の外周面全体を覆うように配置され、回転炉 2 内に発生する磁束密度が回転炉 2 の軸方向及び円周方向

に均一であるため、回転炉 2 内の炭素－鉄金属粉末 2 1 は、それぞれ磁束と交差する。しかも、炭素－鉄金属粉末 2 1 は、球状をなす。そのため、回転炉 2 内の炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面は、表皮効果によりほぼ均一に加熱される。更に、回転炉 2 の回転による攪拌混合により、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面には、二酸化珪素粉末 2 2 が均等に供給される。そのため、混合粉 2 3 は、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に接した二酸化珪素粉末 2 2 から順次炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に拡散浸透していき、各炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面において浸珪反応が均一に進行する。つまり、各炭素－鉄金属粉末 2 1 は、表面に珪素浸透層 2 5 が均一に形成される。

[0042] ここで、浸珪処理を行う間、コントローラ 8 は、温度センサ 1 5 が所定の処理温度を維持するようにコイル 1 4 への通電量を制御している。コイル 1 4 へ供給する電流の周波数は、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面に接する二酸化珪素粉末 2 2 のみを加熱するように、炭素－鉄金属粉末 2 1 の表面を加熱させることが可能な周波数とすることが望ましい。本実施形態では、コイル 1 4 に供給する電流の周波数を、3 K H z 以上 3 0 0 M H z 以下の範囲内とする。よって、炭素－鉄金属粉末 2 1 が所定の処理温度を超えて過剰に加熱されることがないため、炭素－鉄金属粉末 2 1 に接していない二酸化珪素粉末 2 2 が、所定の処理温度まで加熱されて焼結し、二次粒子化することを回避できる。

[0043] 尚、浸珪処理時に生成された C O ガスは、図 1 に示す排気管 1 6 を介して回転炉 2 の外部へ排出され、処理ガスと置換される。そのため、回転炉 2 内の圧力と雰囲気は、浸珪処理開始時から浸珪処理終了時まで一定に維持される。このような浸珪処理は、珪素元素が二酸化珪素粉末 2 2 から脱離する反応生成速度が、鉄粉 2 4 の表層に浸透拡散する拡散速度よりも速い脱離拡散雰囲気下で行われる。

[0044] 図 1 に示すコントローラ 8 は、回転炉 2 を所定の処理時間（又は所定の回転数）回転させたら、コイル 1 4 への通電とモータ 7 の回転駆動を停止する。これにより、回転炉 2 の回転が停止すると共に、鉄粉 2 4 が加熱されなく

なる。回転炉 2 が常温まで温度を下げたら、開閉扉 9 を開けて、図 1 3 に示す浸珪処理を施された粉体 2 6 を取り出す。浸珪処理を施された粉体 2 6 は、浸珪処理時間の経過と共に、鉄粉 2 4 の表面から鉄粉 2 4 の中心部へ向かって形成される珪素浸透層 2 5 の距離 X_1 が増加されると共に、珪素浸透層 2 5 の珪素元素濃度（ S_i 濃度）が高くされている。本実施形態では、鉄粉 2 4 の表面から鉄粉 2 4 の中心部へ向かって形成される珪素浸透層 2 5 の距離 X_1 は、鉄粉 2 4 の直径 D に対して 0.15 倍以下の範囲で形成されている。

[0045] 浸珪処理を施された粉体 2 6 は、被膜処理が施され、図 1 4 に示すように表面にシリコン被膜層 2 7 が形成される。被膜処理では、エタノールにシリコン樹脂を溶解させた液に浸珪処理を施された粉体 2 6 を投入し、攪拌する。所定時間攪拌したら、更にエタノールを蒸発させながら攪拌し、シリコン樹脂を浸珪処理を施された粉体 2 6 の表面に固着させる。これにより、図 1 4 に示すように、珪素浸透層 2 5 がシリコン被膜層 2 7 で覆われた圧粉磁心用粉末 2 8 が生成される。

[0046] <圧粉磁心の製造方法>

次に、上記のように製造された圧粉磁心用粉末 2 8 を圧粉成形して圧粉磁心を製造する方法について説明する。

圧粉磁心用粉末 2 8 を、モータのコアなどの所定形状のキャビティを具備するパンチダイスに充填し、圧粉磁心用粉末 2 8 に所定圧と所定熱を加えて加圧成形する。加圧成形体は、キャビティから取り出され、内部に生じた加工歪みを除去するために、高温焼鈍処理が施される。これにより、所定形状の圧粉磁心が製造される。このように製造された圧粉磁心は、鉄粉 2 4 の直径 D に対して 0.15 倍以下の範囲で鉄粉 2 4 の表層に珪素浸透層 2 5 を形成する圧粉磁心用粉末 2 8 を用いているので、加圧成形時に圧粉磁心用粉末 2 8 を適度に変形させ、磁心密度や磁束密度が高い。また、圧粉磁心は、珪素浸透層 2 5 の鉄粉 2 4 の表面からの距離 X_1 や珪素浸透層 2 5 における S_i 濃度の分布が粉末間で均一化された圧粉磁心用粉末 2 8 を用いているので

、圧粉磁心用粉末 28 の接触面での絶縁性が確保され、渦電流を低減され、比抵抗が高くなる。

実施例

[0047] 図 15 は、比較例と実施例における浸珪処理の条件を示す図である。

実施例では、次の条件で浸珪処理を行った。平均粒径が $150 \sim 212 \mu\text{m}$ の 1.5 重量%の炭素鋼粉末（鉄粉）を 95～97 重量%、平均粒径が 50 nm で比重が 2.2 の二酸化珪素粉末を 3～5 重量%の割合で攪拌混合した混合粉を、セラミックス製の回転炉に投入した後、アルゴン（Ar）と Ar 供給量に対して 30%の水素（ H_2 ）の混合ガスを回転炉に供給すると共に排気を開始する。そして、コイルに 100 MHz で電流を供給する。温度センサにより、鉄粉が処理温度 1000°C に加熱されたことを確認したら、コイルに 100 MHz の電流を供給したまま回転炉を回転速度 25 rpm で回転させる。その状態で処理時間である 1 時間が経過したら、コイルへの通電と回転炉の回転を停止し、浸珪処理を終了する。

[0048] 一方、比較例では、次の条件で浸珪処理を行った。平均粒径が $150 \sim 212 \mu\text{m}$ の 1.5 重量%の炭素鋼粉末（鉄粉）を 95～97 重量%、平均粒径が 50 nm で比重が 2.2 の二酸化珪素粉末を 3～5 重量%の割合で攪拌混合した混合粉を、SUS301 製の回転炉に投入した後、アルゴン（Ar）と Ar 供給量に対して 30%の水素（ H_2 ）の混合ガスを回転炉に供給し、回転炉を静止させた状態でヒータで加熱する。温度センサにより回転炉の内部温度が処理温度の 1000°C まで上昇したら、回転炉を回転速度 25 rpm で回転させる。回転炉は、内部温度を 1000°C に維持した状態で、処理時間の 1 時間連続回転される。その後、回転炉の加熱と回転を停止させ、浸珪処理を終了する。

[0049] <実施例と比較例の歩留まりについて>

発明者は、実施例と比較例の歩留まりについて調べた。その結果を図 16 に示す。ここで、歩留まりは、0%に近い程、二酸化珪素粉末が焼結することにより生成される二次粒子の発生割合が高く、100%に近いほど二次粒

子の発生割合が低い（粉末状である）ものとする。

図 1 6 に示すように、比較例の歩留まりは約 5 % であった。つまり、比較例は、回転炉に供給した混合粉の殆どが二次粒子化してしまった。

一方、図 1 6 に示すように、実施例の歩留まりは約 9 0 % であった。つまり、実施例は、回転炉に供給した混合粉が殆ど二次粒子化せず、各鉄粉の表面に珪素浸透層を形成して細かい粉状の圧粉磁心用粉末を製造することができた。

[0050] 上記実験結果より、浸珪処理時には、ヒータにより混合粉全体を加熱しながら混合粉を攪拌混合するよりも、コイルにより鉄粉のみを誘導加熱しながら混合粉を攪拌混合する方が、二次粒子を発生させることなく混合粉を攪拌でき、圧粉磁心用粉末の生産性が向上することが実証された。

[0051] <珪素浸透層の均一化について>

発明者らは、実施例からランダムに 1 0 個の粉末を取り出して切断し、電子顕微鏡で切断面を観察した。そして、鉄粉の表面から鉄粉の中心部へ向かって形成される珪素浸透層の距離を、圧粉磁心用粉末別に測定した。その測定結果を、図 1 7 に示す。

[0052] 図 1 7 に示すように、ランダムに取り出した粉末の全てが、鉄粉と二酸化珪素粉末が酸化還元反応を発生している。各粉末は、鉄粉の表面における Si 濃度が 4. 0 % 以上 6. 0 % 以下の範囲で収束していた。そして、各粉末は、鉄粉の表面から鉄粉の中心部へ向かって Si 濃度が減少する割合がほぼ同じであった。更に、各粉末は、珪素浸透層の鉄粉の表面からの距離（珪素浸透層の厚さ）が約 2 0 μ m であり、粉末間で珪素浸透層の鉄粉の表面からの距離が均一化されていた。

[0053] よって、鉄粉のみを誘導加熱しながら混合粉を攪拌混合し、鉄粉に浸珪処理を施せば、各鉄粉の表層に形成される珪素浸透層が均一な圧粉磁心用粉末を製造でき、圧粉磁心用粉末の品質が向上することが実証された。

[0054] （第 2 実施形態）

続いて、本発明の第 2 実施形態について説明する。図 1 8 は、本発明の第

2実施形態に係り、圧粉磁心用粉末製造装置51の概略構成図である。

本実施形態の圧粉磁心用粉末製造装置51は、コイル52を除き、第1実施形態と同一の構成を有する。ここでは、第1実施形態と相違する構成を中心に説明し、第1実施形態と同一の構成については、図面に第1実施形態と同一符号を付し、適宜説明を省略する。

[0055] 圧粉磁心用粉末製造装置51は、巻線を円筒状に巻き付けられたコイル52が、回転炉2の下部を四方から囲むように配置されている。コイル52は、回転炉2の半分より下の部分を加熱するようにすることが好ましい。なぜなら、混合粉23は、回転炉2の最下点位置（真下）に移動した攪拌板10が回転炉2の回転に伴って90度移動するまでは、攪拌板10に載せられて持ち上げられ、その後、攪拌板10が最下点位置から90度を超えて移動し、向きを変えると、攪拌板10から回転炉2の底部へ向かって滑り落とされるため、回転炉2の半分より下の部分を加熱できれば、回転炉2に投入された炭素－鉄金属粉末21の殆どを誘導加熱することができるからである。

[0056] このような圧粉磁心用粉末製造装置51は、コイル52に通電すると、回転炉2の下部にある混合粉23の炭素－鉄金属粉末21が誘導加熱される。温度センサ15により、炭素－鉄金属粉末21の表面が所定の処理温度（例えば1000℃）に加熱されたことを検出すると、回転炉2が回転され、混合粉23が攪拌混合される。これにより、第1実施形態と同様にして、鉄粉24に浸珪処理が施され、鉄粉24の表面に珪素浸透層25が形成される。

[0057] 本実施形態の圧粉磁心用粉末製造装置51は、混合粉23が多く存在する回転炉2の下部に集中的に磁界を発生させ、回転炉2の下部にある混合粉23の炭素－鉄金属粉末21を誘導加熱する。圧粉磁心用粉末製造装置51は、第1実施形態のコイル14と比べ、磁界を発生させる領域が小さいため、第1実施形態の圧粉磁心用粉末1より小電力で炭素－鉄金属粉末21（鉄粉24）を加熱することができる。

[0058] 本発明は、上記実施形態に限定されることなく、色々な応用が可能である。

(1) 例えば、上記実施形態では、回転炉 2 内を、 A_r と、 A_r の供給量に対して 30% の水素を混合した混合ガスを充填した雰囲気としたが、回転炉 2 内を真空状態にした雰囲気としても良い。また、減圧雰囲気下、あるいは生成したガス分圧が低い、具体的には低一酸化炭素 (CO) 雰囲気下、或いは、低窒素 (N_2) 雰囲気下で浸珪処理を行っても良い。また、処理ガスは、軟磁性金属粉末と浸珪用粉末との酸化還元反応を促進するものであれば、炭素ガス等の別のガスであっても良い。

(2) 例えば、上記実施形態では、回転炉 2 の内壁に固設される攪拌板 10 を回転炉 2 の軸心と平行な直線状に設けたが、回転炉 2 の内壁に固定される攪拌板を螺旋状に設けても良い。この場合、回転炉 2 に供給した混合粉が螺旋状の攪拌板に載せられて、回転炉 2 の回転に従って少しずつ落下するため、回転炉 2 の底部にある混合粉が上方から落ちてきた混合粉の重みで圧縮されにくくなる。この結果、より確実に混合粉の二次粒子化を防ぎ、圧粉磁心用粉末の歩留まりを向上させることができる。

(3) 例えば、上記実施形態では、軟磁性金属粉末の一例として炭素-鉄金属粉末 21 (鉄粉 24) を上げたが、 $Fe-Si$ 合金、 $Fe-Al$ 合金、 $Fe-Si-Al$ 合金、チタン、アルミニウムなどを軟磁性金属粉末としても良い。

(4) 例えば、上記実施形態では、二酸化珪素粉末 22 を浸珪用粉末の一例に挙げたが、二酸化珪素を少なくとも含む粉末と、金属炭化物又は炭素同素体の何れか一方又は双方を含む粉体とを混合した混合粉末や、二酸化珪素を含む粉末と炭化珪素の粉末とを混合した混合粉末を浸珪用粉末としても良い。或いは、軟磁性粉末として、少なくとも酸素元素を含む鉄系粉末を用い、浸珪用粉末として、少なくとも炭素元素を含む粉末を用いても良い。

請求の範囲

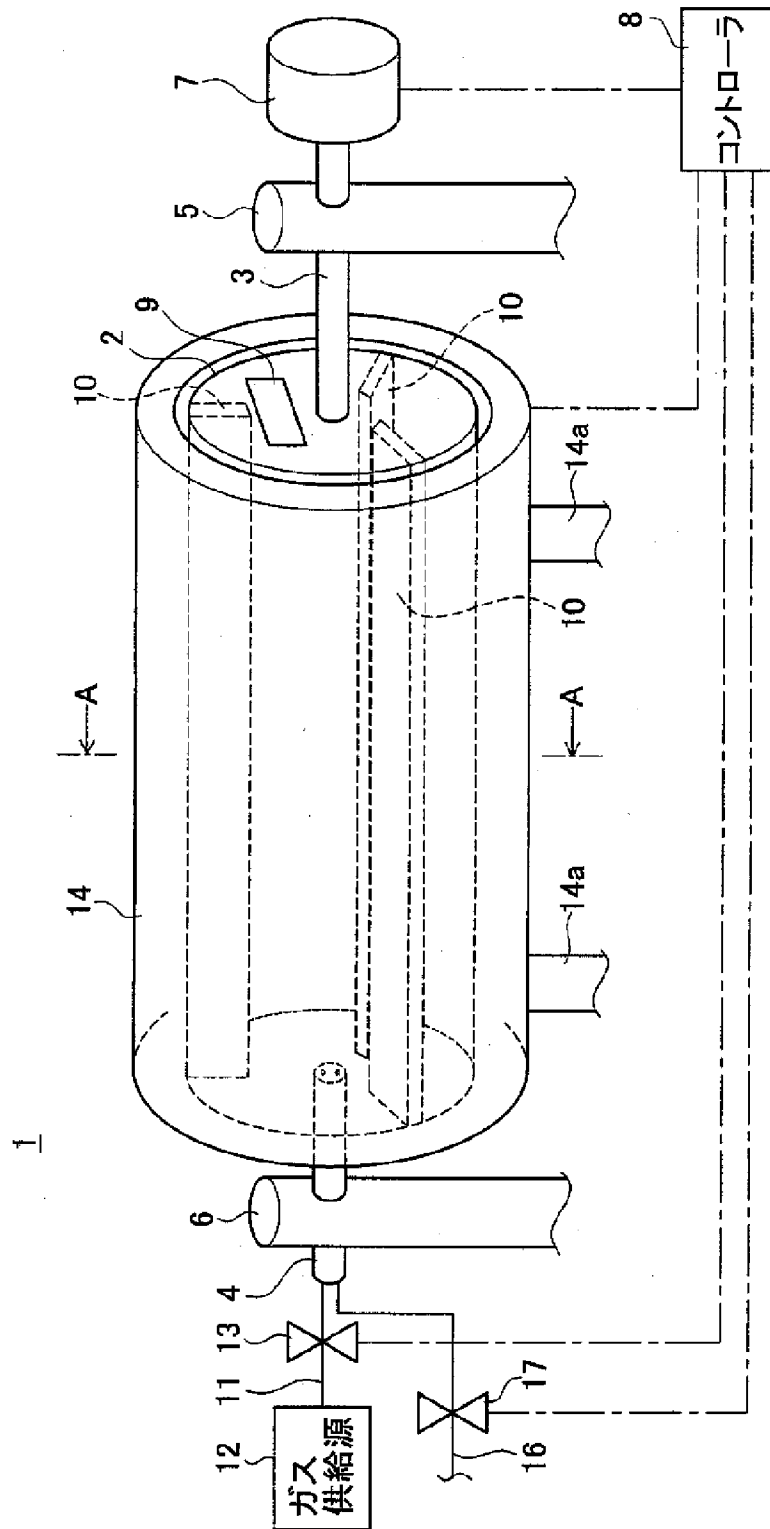
- [請求項1] 圧粉磁心用粉末を製造する圧粉磁心用粉末の製造方法において、
軟磁性金属粉末と二酸化珪素を含む浸珪用粉末の混合粉のうち、前記軟磁性金属粉末のみを誘導加熱しながら、前記混合粉を攪拌混合することにより、前記軟磁性金属粉末の表面に珪素浸透層を形成することを特徴とする圧粉磁心用粉末の製造方法。
- [請求項2] 請求項1に記載する圧粉磁心用粉末の製造方法において、
前記混合粉が投入される回転炉が絶縁体からなり、
前記回転炉の外部にコイルが配置され、
前記回転炉を前記コイル内で回転させながら前記コイルに通電することにより、前記混合粉に含まれる前記軟磁性金属粉末のみを誘導加熱することを特徴とする圧粉磁心用粉末の製造方法。
- [請求項3] 請求項2に記載する圧粉磁心用粉末の製造方法において、
前記コイルが、中空円筒形状をなし、
前記コイルの中空部に前記回転炉が配置されている
ことを特徴とする圧粉磁心用粉末の製造方法。
- [請求項4] 請求項1乃至請求項3の何れか1つに記載する圧粉磁心用粉末の製造方法により製造された圧粉磁心用粉末を加圧して成形したものであることを特徴とする圧粉磁心。
- [請求項5] 圧粉磁心用粉末を製造する圧粉磁心用粉末製造装置において、
軟磁性金属粉末と二酸化珪素を含む浸珪用粉末の混合粉が投入されるものであって、軸線を中心に回転可能に保持されており、内壁に攪拌部材が立設された回転炉と、
前記回転炉に駆動力を付与するモータと、
少なくとも前記回転炉の底部を覆うように前記回転炉の外部に設けられたコイルと、を有し、
前記コイルに通電することにより、前記軟磁性金属粉末のみを誘導

加熱した状態で、前記モータを駆動して前記回転炉を回転させ、前記軟磁性金属粉末の表面に珪素浸透層を形成することを特徴とする圧粉磁心用粉末製造装置。

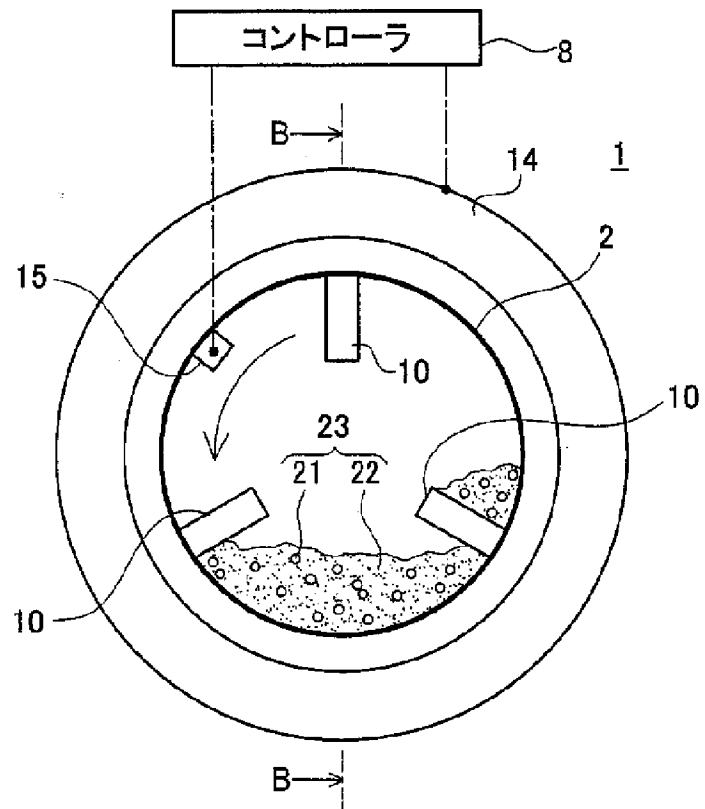
[請求項6] 請求項5に記載する圧粉磁心用粉末製造装置において、
前記回転炉が絶縁体で構成されている
ことを特徴とする圧粉磁心用粉末製造装置。

[請求項7] 請求項5又は請求項6に記載する圧粉磁心用粉末製造装置において、
、
前記軟磁性金属粉末の表面温度を測定するものであって、前記回転炉の内部に設けられた温度センサと、
前記温度センサの温度測定データが所定の処理温度に安定するように、前記コイルへ供給する電流の周波数を制御するコントローラと、
を有する
ことを特徴とする圧粉磁心用粉末製造装置。

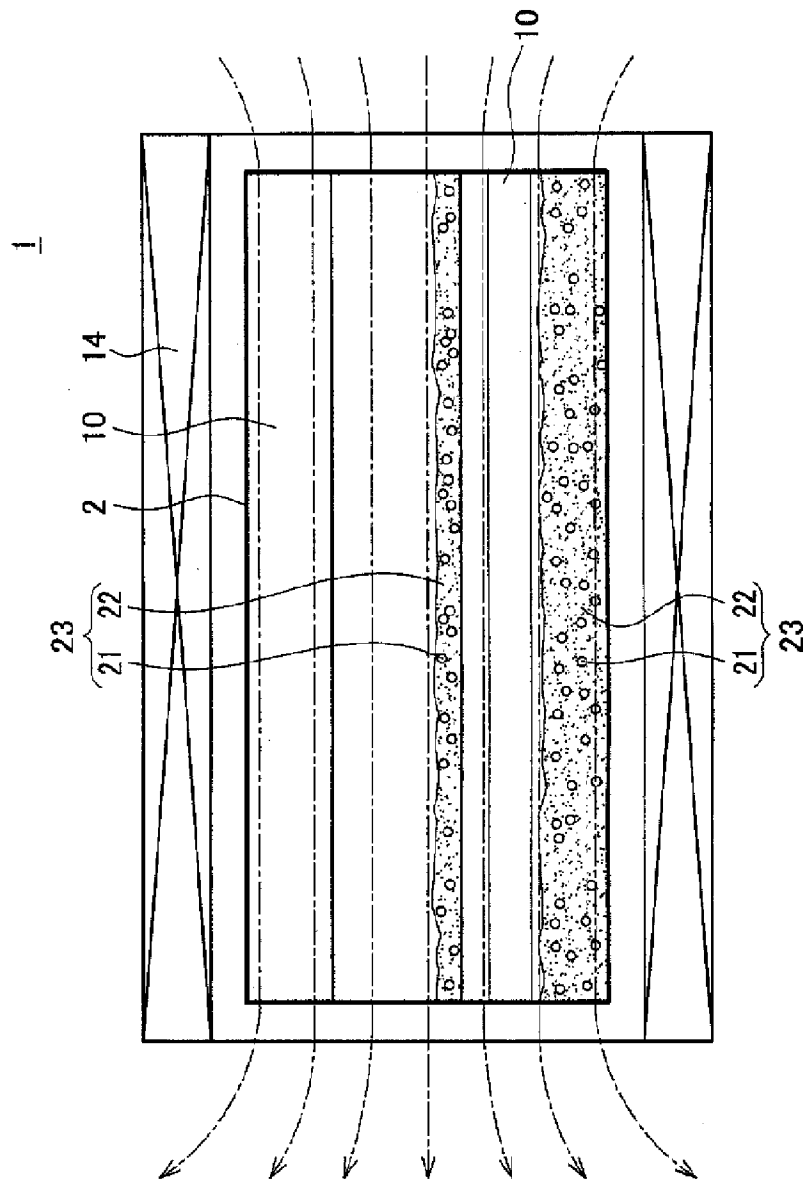
[図1]



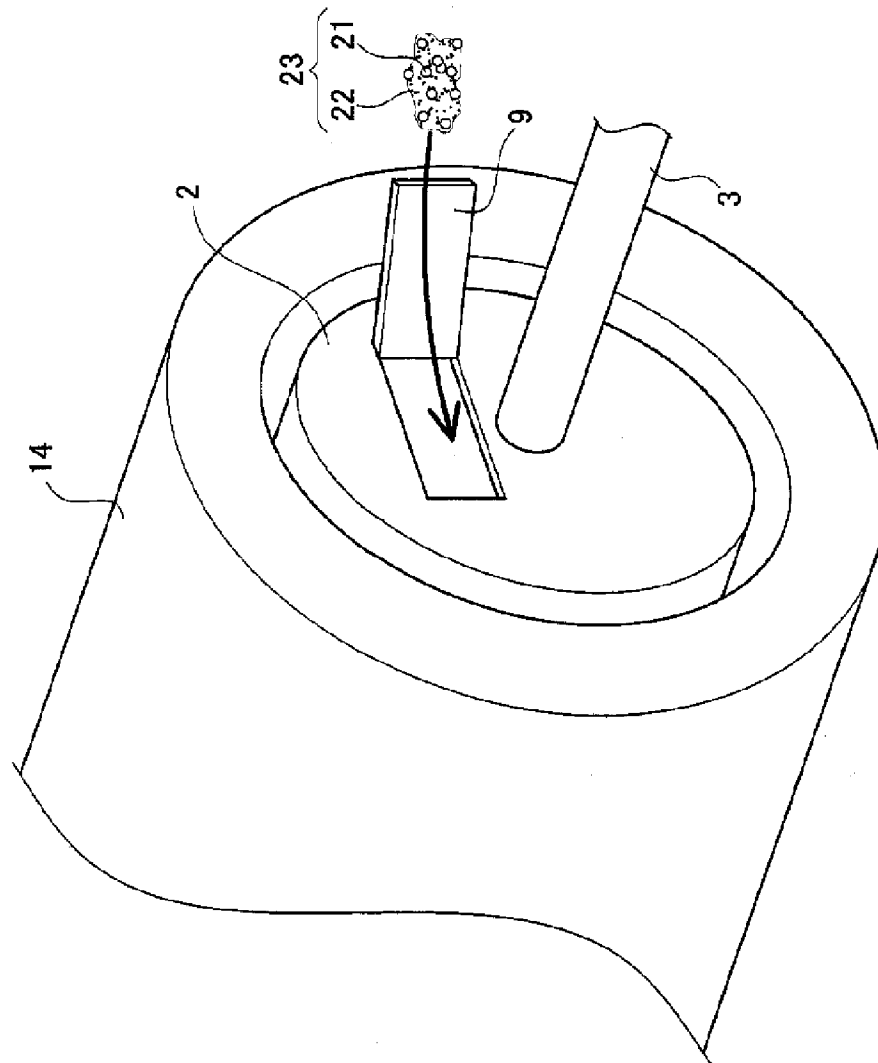
[図2]



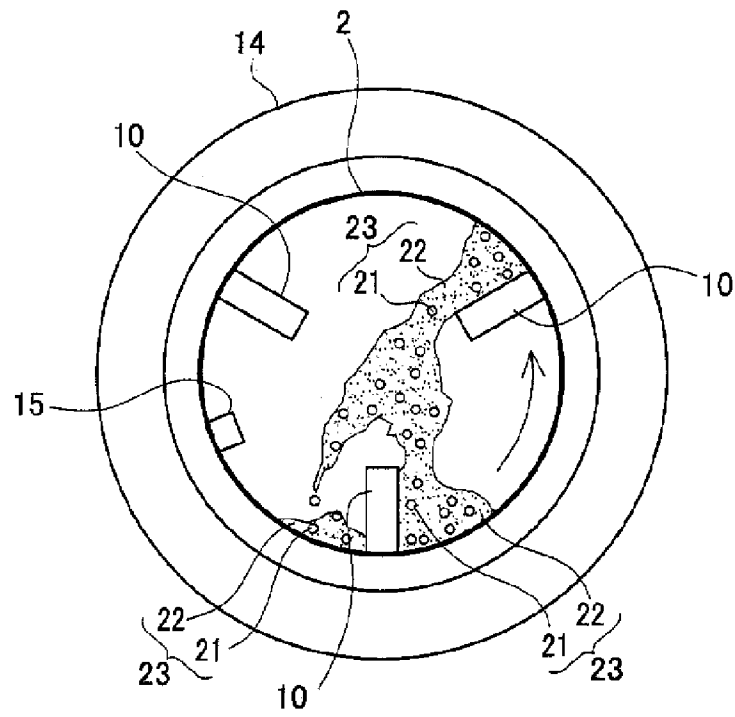
[図3]



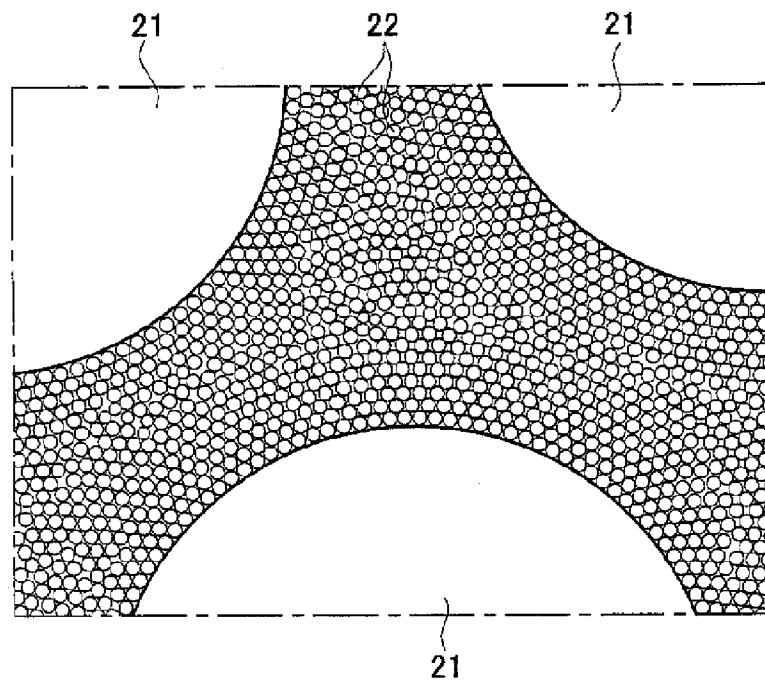
[図4]



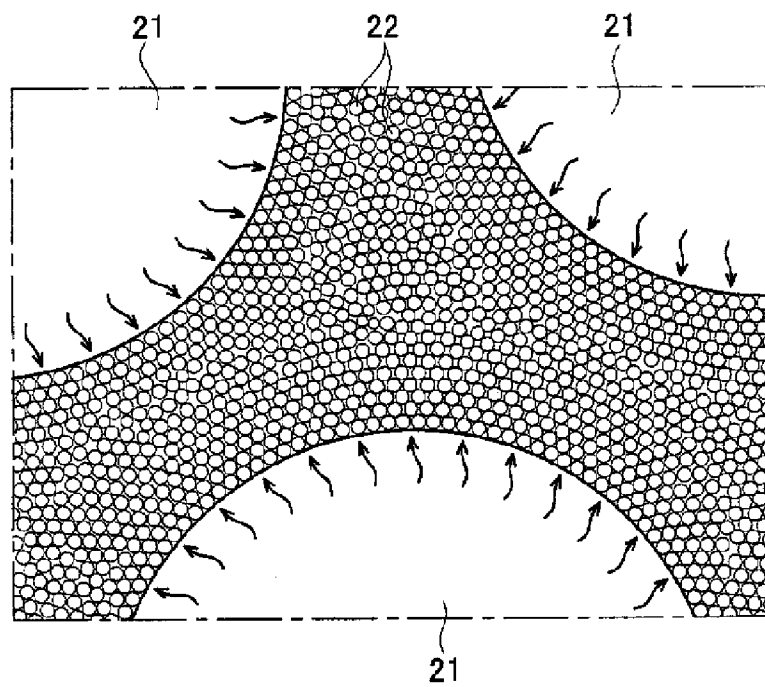
[図5]



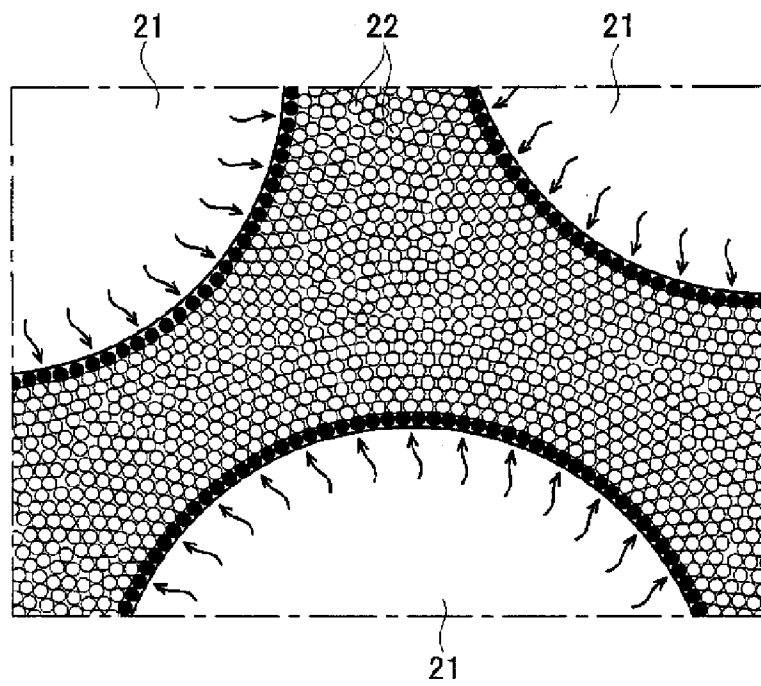
[図6]



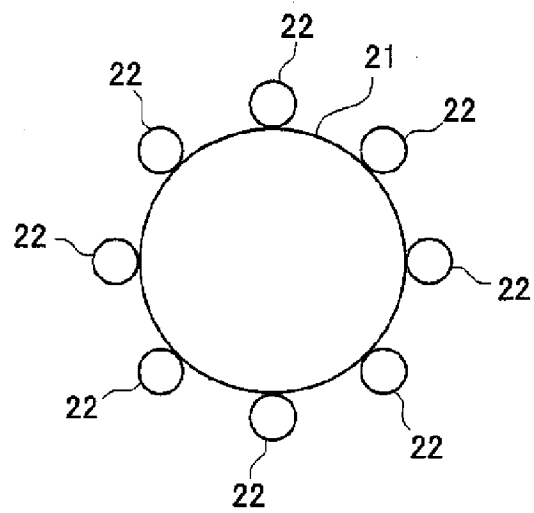
[図7]



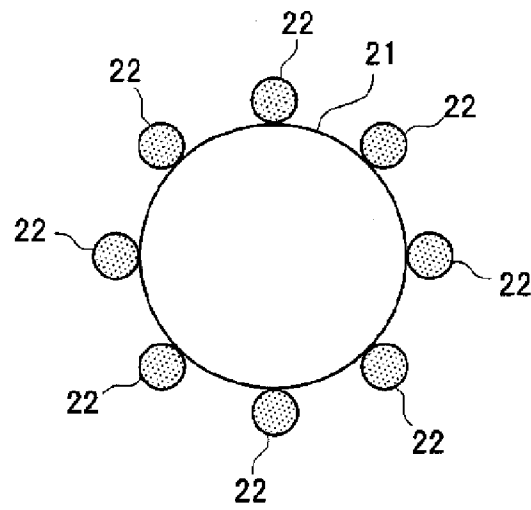
[図8]



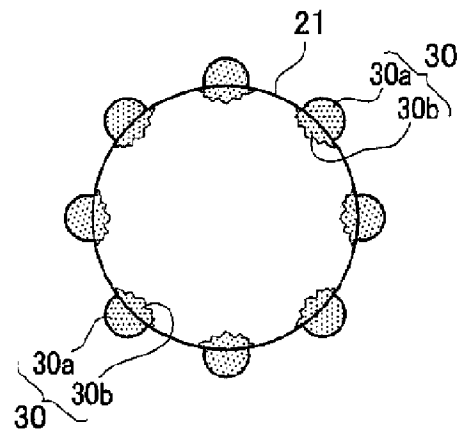
[図9]



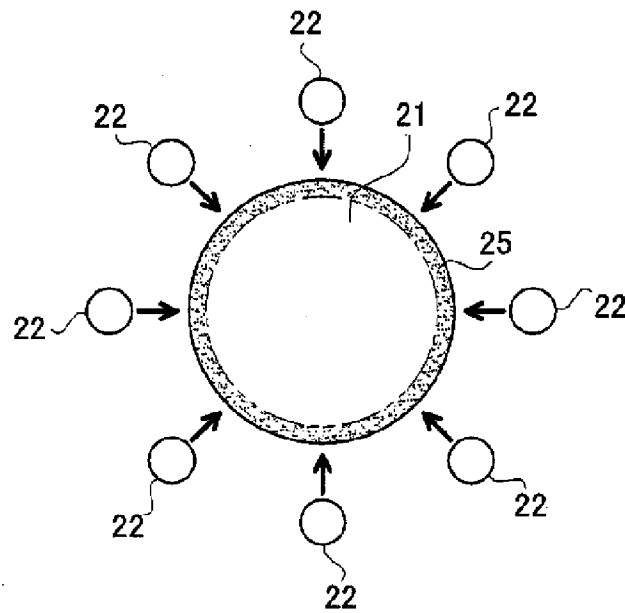
[図10]



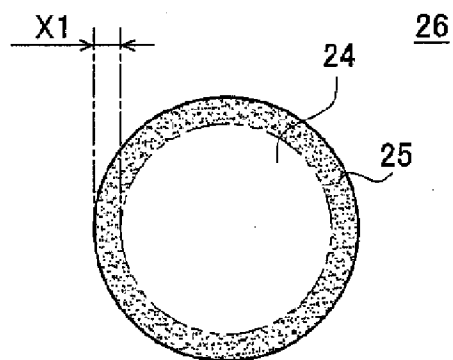
[図11]



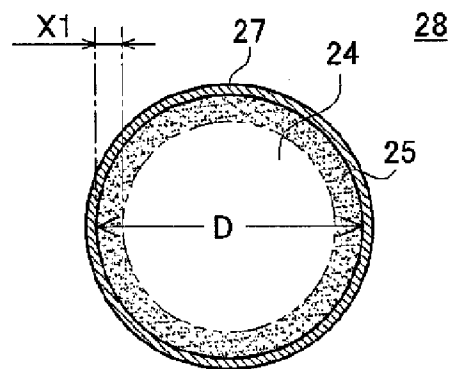
[図12]



[図13]



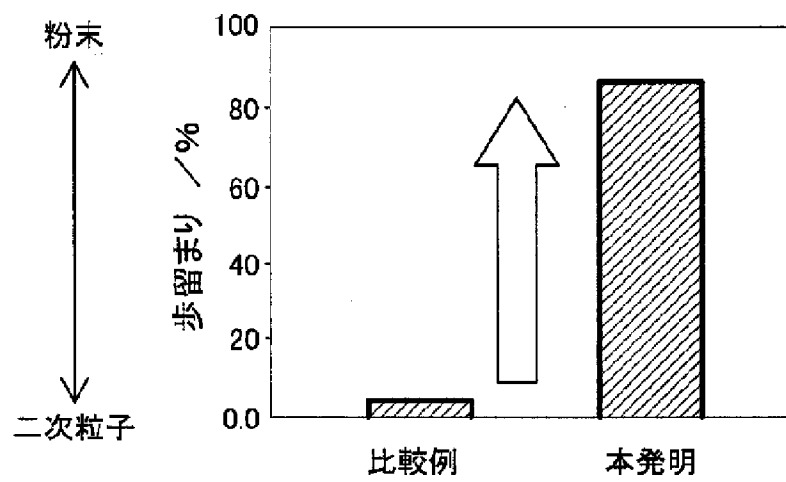
[図14]



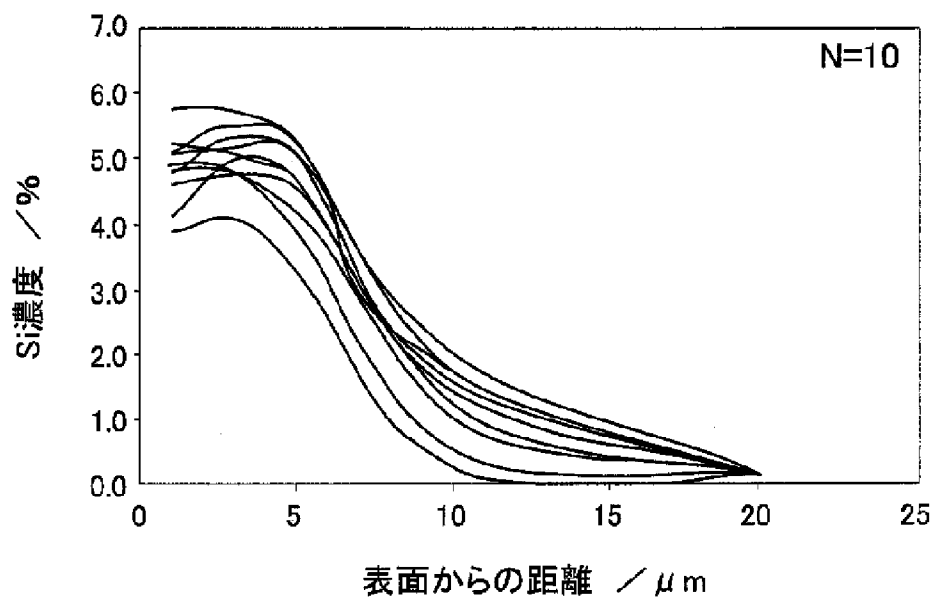
[図15]

	比較例	実施例
鉄粉平均粒径	150~212 μm	150~212 μm
処理温度	1000°C	1000°C
処理時間	1h	1h
SiO ₂ 平均粒径	50nm	50nm
回転速度	25rpm	25rpm
雰囲気	Ar + 30% H ₂	Ar + 30% H ₂
周波数	—	100MHz

[図16]

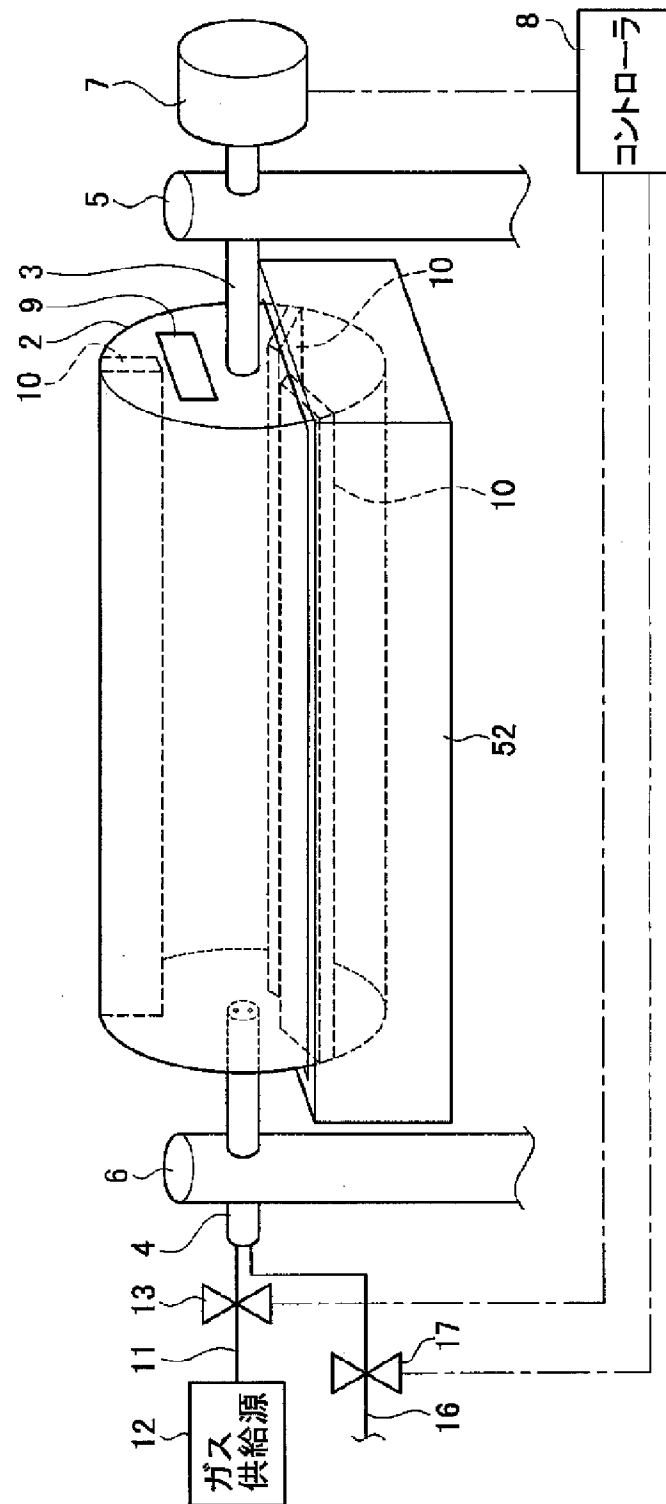


[図17]

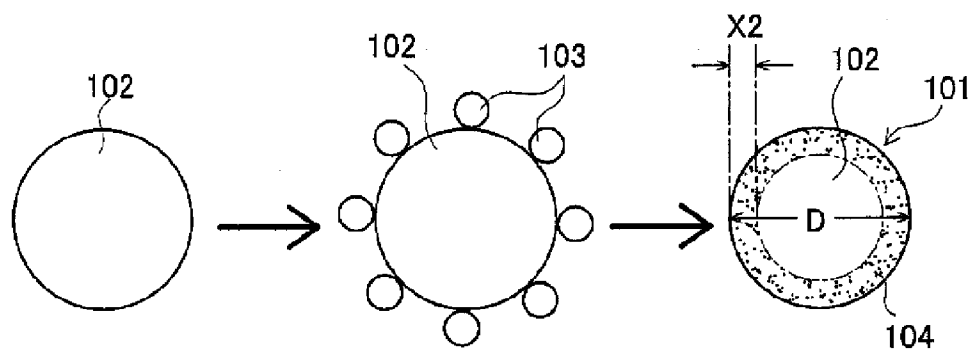


[図18]

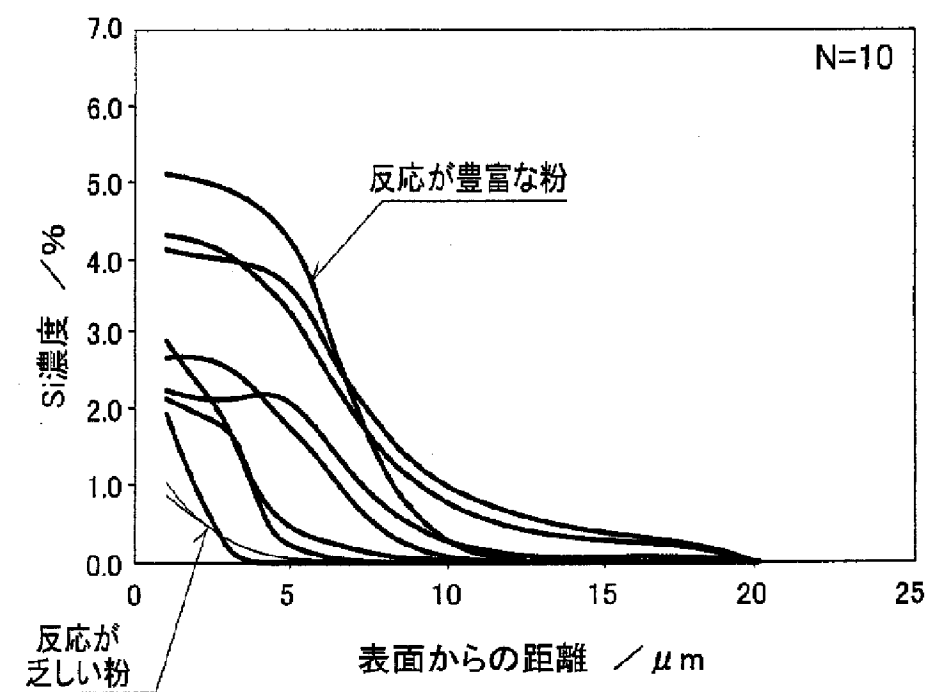
51



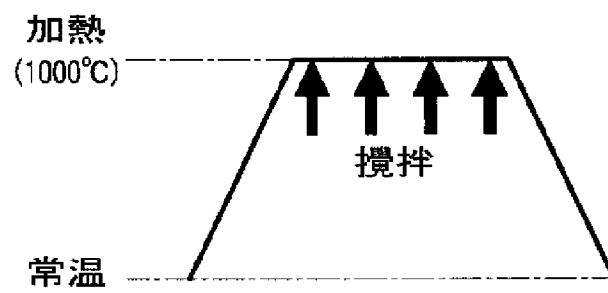
[図19]



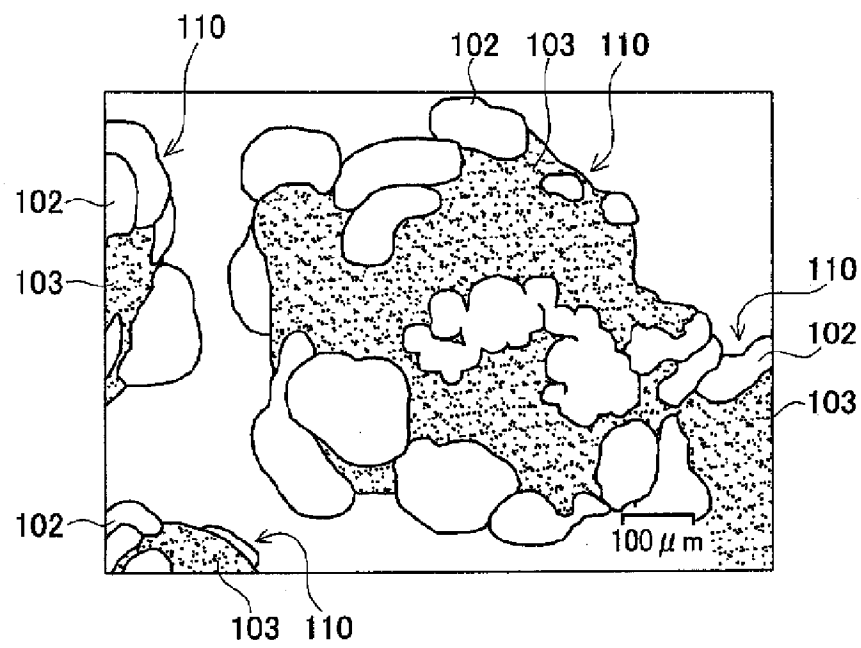
[図20]



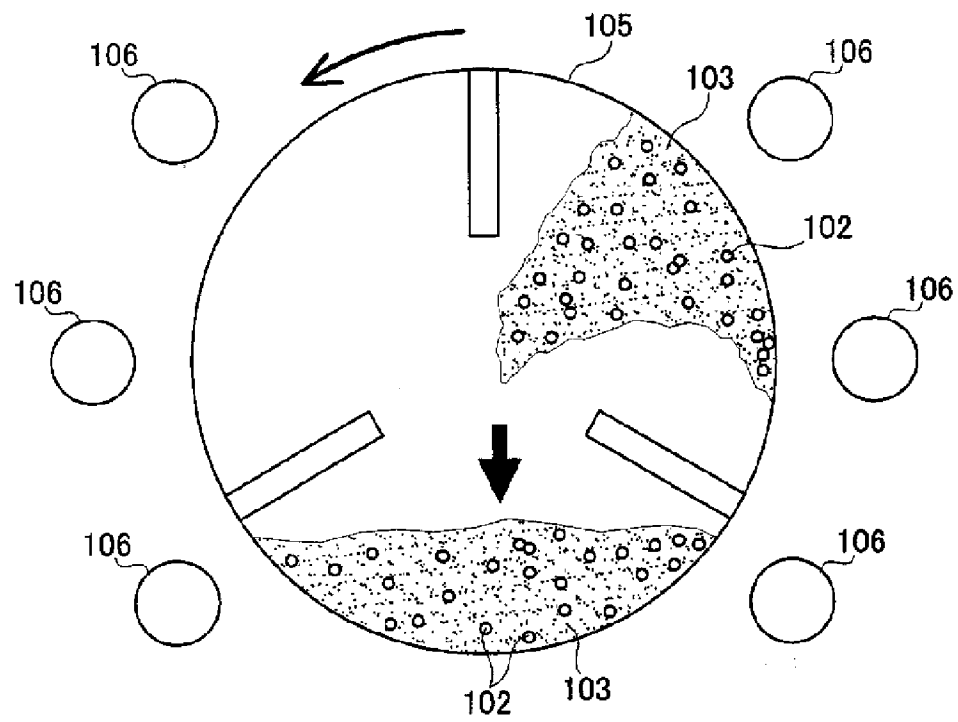
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/053307

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F1/02(2006.01) i, B22F1/00(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)

B22F1/02, B22F1/00

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 2009-235517 A (JFE Steel Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), claims (Family: none)	1-7
A	WO 2008/149825 A1 (JFE Steel Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), claims (Family: none)	1-7
A	JP 2007-231331 A (JFE Steel Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), claims (Family: none)	1-7



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

01 June, 2010 (01.06.10)

Date of mailing of the international search report

15 June, 2010 (15.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/053307

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-231330 A (JFE Steel Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), claims (Family: none)	1-7
A	JP 2009-256750 A (Toyota Motor Corp.), 05 November 2009 (05.11.2009), claims (Family: none)	1-7
A	JP 2009-123774 A (Toyota Motor Corp.), 04 June 2009 (04.06.2009), claims (Family: none)	1-7
A	JP 2007-013069 A (Mitsubishi Materials PMG Corp.), 18 January 2007 (18.01.2007), claims & US 2008-003126 A1 & EP 1808242 A1 & WO 2006/028100 A1 & CA 2578861 A & KR 2007-049670 A	1-7
A	JP 2008-069415 A (Ulvac, Inc.), 27 March 2008 (27.03.2008), claims (Family: none)	1-7
A	WO 2008/032668 A1 (Ulvac, Inc.), 20 March 2008 (20.03.2008), claims (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B22F1/02(2006.01)i, B22F1/00(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. B22F1/02, B22F1/00			
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 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 0 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	
A	JP 2009-235517 A（J F E スチール株式会社）2009.10.15, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1 - 7	
A	WO 2008/149825 A1（J F E スチール株式会社）2008.12.11, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1 - 7	
A	JP 2007-231331 A（J F E スチール株式会社）2007.09.13, 特許請求の範囲（ファミリーなし）	1 - 7	
☒ 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 0 1 . 0 6 . 2 0 1 0		国際調査報告の発送日 1 5 . 0 6 . 2 0 1 0	
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） 米田 健志 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 7	4 X 8 9 2 4

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
A	JP 2007-231330 A (J F E スチール株式会社) 2007.09.13, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2009-256750 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.11.05, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2009-123774 A (トヨタ自動車株式会社) 2009.06.04, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 2007-013069 A (三菱マテリアルPMG株式会社) 2007.01.18, 特許請求の範囲 & US 2008-003126 A1 & EP 1808242 A1 & WO 2006/028100 A1 & CA 2578861 A & KR 2007-049670 A	1 - 7
A	JP 2008-069415 A (株式会社アルバック) 2008.03.27, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 7
A	WO 2008/032668 A1 (株式会社アルバック) 2008.03.20, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 7