

(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2013-50390

(P2013-50390A)

(43) 公開日 平成25年3月14日(2013.3.14)

(51) Int.Cl.
G01R 33/12 (2006.01)

F I
G O 1 R 33/12

テーマコード(参考)
2 G O 1 7

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2011-188653 (P2011-188653)
(22) 出願日 平成23年8月31日 (2011. 8. 31)

(71) 出願人 508324433
公益財団法人大分県産業創造機構
大分県大分市東春日町17番20号
(74) 代理人 100114661
弁理士 内野 美洋
(72) 発明者 中畑 和
大分県大分市高江西1丁目4361-10
財団法人大分県産業創造機構内
(72) 発明者 バルトツシュ ボルコフスキー
大分県大分市高江西1丁目4361-10
財団法人大分県産業創造機構内
(72) 発明者 榎園 正人
大分県大分市高江西1丁目4361-10
財団法人大分県産業創造機構内
Fターム(参考) 2G017 AA02 AA07 AD02 CA01 CA13
CB18

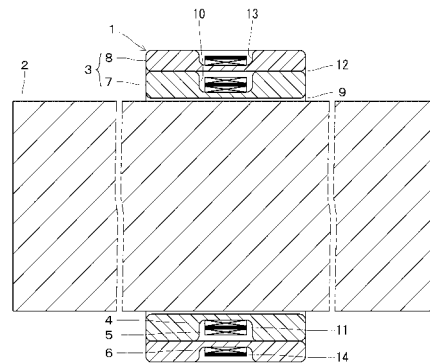
(54) 【発明の名称】 磁気特性測定センサー及び同センサーを用いた磁気特性測定方法

(57) 【要約】

【課題】永久磁石の磁気特性を測定するにあたって、測定誤差を小さくすること。

【解決手段】本発明では、永久磁石の磁気特性を測定するための磁気特性測定センサー(1)において、永久磁石の磁束密度を測定するためのBコイル(4)と、永久磁石の磁界強度の測定に用いるHコイル(5)及び/又は永久磁石の磁化の測定に用いるMコイル(6)とを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回することにした。前記Hコイル(5)は、巻数を前記Bコイル(4)と同一とした。また、前記Mコイル(6)は、断面積と巻数との積を前記Bコイル(4)と同一とした。そして、本発明では、前記Hコイル(5)及び/又はMコイル(6)と前記Bコイル(4)とで永久磁石の磁界強度及び/又は磁化を測定することにした。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

永久磁石の磁気特性を測定するための磁気特性測定センサーにおいて、
永久磁石の磁束密度を測定するための B コイルと、永久磁石の磁界強度の測定に用いる H コイル及び / 又は永久磁石の磁化の測定に用いる M コイルとを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回したことを特徴とする磁気特性測定センサー。

【請求項 2】

前記 H コイルは、巻数が前記 B コイルと同一であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気特性測定センサー。

【請求項 3】

前記 M コイルは、断面積と巻数との積が前記 B コイルと同一であることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気特性測定センサー。

【請求項 4】

永久磁石の磁気特性を磁気特性測定センサーを用いて測定する磁気特性測定方法において、

磁気特性測定センサーは、永久磁石の磁束密度を測定するための B コイルと、永久磁石の磁界強度の測定に用いる H コイル及び / 又は永久磁石の磁化の測定に用いる M コイルとを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回し、

前記 H コイル及び / 又は M コイルと前記 B コイルとで永久磁石の磁界強度及び / 又は磁化を測定することを特徴とする磁気特性測定方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、永久磁石の磁気特性を測定するための磁気特性測定センサー及び同センサーを用いた磁気特性測定方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

永久磁石は、磁束密度や磁界強度や磁化をパラメーターとして用いて磁気特性が評価される。そして、永久磁石の磁気特性を測定する方法としては、日本工業規格に「永久磁石試験方法」として規格されている（非特許文献 1 参照。）。

【0003】

この日本工業規格で定められた「永久磁石試験方法」によれば、測定対象となる永久磁石と電磁石とで閉磁気回路を構成し、磁束密度を測定するための B コイルと磁気分極の測定に用いる J コイルと磁界強度を測定する H センサーとを用いて、永久磁石の磁気特性を測定する。

【0004】

ここで、永久磁石の磁束密度は、永久磁石の周囲に B コイルを巻回し、B コイルの誘導電圧を積分することで測定する。また、永久磁石の磁化（磁気分極）は、永久磁石の周囲に J コイルを巻回するとともに永久磁石の周囲に巻回していない B コイルを J コイルに互いに電氣的に打ち消し合うように接続することで B コイルを空隙補償コイルとして用い、J コイルの誘導電圧を積分することで測定する。また、磁界強度は、永久磁石の側方近傍にフラットサーチコイルや磁気ポテンシオメーターやホールプローブなどの H センサーを配置して測定する。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】**

【非特許文献 1】 日本工業規格 J I S C 2 5 0 1 「永久磁石試験方法」

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

10

20

30

40

50

ところが、上記した日本工業規格で定められた「永久磁石試験方法」では、永久磁石の磁界強度や磁化の測定において必ずしも測定誤差が十分小さいものとは言えず、永久磁石の磁界強度や磁化といった磁気特性を正確に評価することが困難であった。

【課題を解決するための手段】

【0007】

そこで、請求項1に係る本発明では、永久磁石の磁気特性を測定するための磁気特性測定センサーにおいて、永久磁石の磁束密度を測定するためのBコイルと、永久磁石の磁界強度の測定に用いるHコイル及び/又は永久磁石の磁化の測定に用いるMコイルとを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回することにした。

【0008】

また、請求項2に係る本発明では、前記請求項1に係る本発明において、前記Hコイルは、巻数が前記Bコイルと同一であることにした。

【0009】

また、請求項3に係る本発明では、前記請求項1に係る本発明において、前記Mコイルは、断面積と巻数との積が前記Bコイルと同一であることにした。

【0010】

また、請求項4に係る本発明では、永久磁石の磁気特性を磁気特性測定センサーを用いて測定する磁気特性測定方法において、磁気特性測定センサーは、永久磁石の磁束密度を測定するためのBコイルと、永久磁石の磁界強度の測定に用いるHコイル及び/又は永久磁石の磁化の測定に用いるMコイルとを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回し、前記Hコイル及び/又はMコイルと前記Bコイルとで永久磁石の磁界強度及び/又は磁化を測定することにした。

【発明の効果】

【0011】

そして、本発明では、永久磁石の磁気特性を測定するための磁気特性測定センサーにおいて、永久磁石の磁束密度を測定するためのBコイルと、永久磁石の磁界強度の測定に用いるHコイル及び/又は永久磁石の磁化の測定に用いるMコイルとを、永久磁石の周囲に同軸上に巻回することにより、永久磁石の磁気特性を測定するにあたって永久磁石の磁界強度や磁化の測定誤差を小さくすることができ、永久磁石の磁気特性を従来よりも正確に評価することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係る磁気特性測定センサーを示す正面断面図。

【図2】同側面断面図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、本発明に係る磁気特性測定センサー及び同センサーを用いた磁気特性測定方法の具体的な構成について図面を参照しながら説明する。

【0014】

図1に示すように、磁気特性測定センサー1は、所定長さの円柱状に形成した永久磁石の試験片2を挿通させたホルダー3にBコイル4とHコイル5とMコイル6とを巻回している。ここで、Bコイル4は、試験片2の磁束密度を測定するためのコイルであり、Hコイル5は、Bコイル4とともに用いて試験片2の磁界強度を測定するためのコイルであり、Mコイル6は、Bコイル4とともに用いて試験片2の磁化を測定するためのコイルである。

【0015】

ホルダー3は、試験片2を挿通させた円筒状の内側ホルダー7と、内側ホルダー7の外周に装着した円筒状の外側ホルダー8とで構成している。

【0016】

内側ホルダー7は、試験片2を挿通させるために試験片2の径の寸法公差を考慮した内

10

20

30

40

50

径の中空部 9 を形成するとともに、外周部にコイル溝 10 を円周方向に向けて形成している。コイル溝 10 には、B コイル 4 を巻回するとともに、B コイル 4 の外周部に H コイル 5 を絶縁シート 11 を介して巻回している。これにより、H コイル 5 は、試験片 2 の周囲において試験片 2 に対して B コイル 4 と同軸上、かつ、同心円上に配置されている。また、H コイル 5 は、巻数が B コイル 4 と同一となるようにしている。

【 0 0 1 7 】

外側ホルダー 8 は、内側ホルダー 7 を挿通させるために中空部 12 を形成するとともに、外周部にコイル溝 13 を円周方向に向けて形成している。コイル溝 13 には、M コイル 6 を巻回するとともに、M コイル 6 の外周部に絶縁シート 14 を被覆している。M コイル 6 は、巻数と断面積との積が B コイル 4 と同一となるようにしている。この外側ホルダー 8 は、コイル溝 13 を内側ホルダー 7 のコイル溝 10 の外周部に位置させており、これにより、M コイル 6 は、試験片 2 の周囲において試験片 2 に対して B コイル 4 及び H コイル 5 と同軸上、かつ、同心円上に配置されている。

10

【 0 0 1 8 】

上記磁気特性測定センサー 1 では、試験片 2 と各コイル 4, 5, 6 とを近接させて配置するとともに、各コイル 4, 5, 6 やホルダー 3 の熱等による変形を防止することで、測定精度をより一層向上させることができる。そのため、上記磁気特性測定センサー 1 では、ホルダー 3 (内側ホルダー 7、外側ホルダー 8) を薄くても強度を確保でき耐熱性に優れたセラミック材で形成し、また、薄くて耐熱性を有する絶縁シート 11 を介して B コイル 4 に H コイル 5 を巻回している。

20

【 0 0 1 9 】

磁気特性測定センサー 1 は、以上に説明したように構成しており、この磁気特性測定センサー 1 を用いて試験片 2 の磁気特性を測定することができる。

【 0 0 2 0 】

磁気特性を測定するには、試験片 2 の伸延方向の略中央部に磁気特性測定センサー 1 を装着するとともに、日本工業規格で定められた「永久磁石試験方法」と同様に測定対象と試験片 2 と電磁石とで閉磁気回路を構成し、試験片 2 の磁束密度や磁化や磁界強度を測定する。

【 0 0 2 1 】

磁束密度を測定する場合には、試験片 2 の周囲に巻回した B コイル 4 の誘導電圧を積分することで測定できる。

30

【 0 0 2 2 】

磁化を測定する場合には、試験片 2 の周囲に同軸上に巻回した B コイル 4 と M コイル 6 とを用い、以下に説明するように、M コイル 6 を空隙補償コイルとして利用することで測定できる。

【 0 0 2 3 】

まず、それぞれの B コイル 4 と M コイル 6 とで得られる磁束密度 B_B 、 B_M は、磁界強度を H 、磁化を M 、透磁率を μ_0 とすると、式 1 で示される。

【 数 1 】

$$\begin{cases} B_B = \mu_0 (H + M) \\ B_M = \mu_0 (H + M) \end{cases} \dots (式 1)$$

40

【 0 0 2 4 】

この式 1 を、B コイル 4 と M コイル 6 とで得られる磁束 B_B 、 B_M で表すと、B コイル 4 と M コイル 6 と試験片 2 の断面積をそれぞれ S_B 、 S_M 、 S_S とすると、式 2 に変形できる。

【 数 2 】

$$\begin{cases} \phi_B = S_B \mu_0 H + S_S \mu_0 M \\ \phi_M = S_M \mu_0 H + S_S \mu_0 M \end{cases} \dots (式 2)$$

50

【 0 0 2 5 】

そして、Bコイル4とMコイル6とを直列接続したときに計測される電圧 e_{BM} は、Bコイル4とMコイル6の巻数をそれぞれ N_B 、 N_M とすると、式3で示される。この式3に上記式2を代入して展開すると、電圧 e_{BM} は、式4に変形できる。

【 数 3 】

$$\begin{aligned} e_{BM} &= -N_B \frac{d\phi_B}{dt} + N_M \frac{d\phi_M}{dt} \dots \text{(式3)} \\ &= -\left(N_B S_B \mu_0 \frac{dH}{dt} + N_B S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} \right) + \left(N_M S_M \mu_0 \frac{dH}{dt} + N_M S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} \right) \\ &= -N_B S_B \mu_0 \frac{dH}{dt} + N_M S_M \mu_0 \frac{dH}{dt} - N_B S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} + N_M S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} \\ &= -(N_B S_B - N_M S_M) \mu_0 \frac{dH}{dt} - (N_B - N_M) S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} \dots \text{(式4)} \end{aligned} \quad 10$$

【 0 0 2 6 】

ここで、Bコイル4とMコイル6は、巻数と断面積との積が同一 ($N_B S_B = N_M S_M$) であることから、式4は、式5と表せる。

【 数 4 】

$$e_{BM} = -(N_B - N_M) S_S \mu_0 \frac{dM}{dt} \dots \text{(式5)} \quad 20$$

【 0 0 2 7 】

したがって、磁化は、式5を積分して変形することで式6を用いて求めることができ、Bコイル4とMコイル6とを直列接続したときに経時的に計測される電圧 e_{BM} を積分回路で積分した値から測定することができる。

【 数 5 】

$$M(t) = -\frac{1}{\mu_0 (N_B - N_M) S_S} \int e_{BM}(t) dt \dots \text{(式6)}$$

【 0 0 2 8 】

ここで、磁化は、試験片2に巻回していない空隙補償コイルをBコイル4に互いに電氣的に打ち消し合うように接続したときに計測される電圧 e から式7を用いて測定することもできる。

【 数 6 】

$$M(t) = -\frac{1}{\mu_0 N_B S_S} \int e(t) dt \dots \text{(式7)}$$

【 0 0 2 9 】

しかしながら、直径10mm、長さ20mmの純度99.99%のニッケル、コバルト、鉄からなる試験片2について実際に測定し、理論値との相対的な誤差を算出したところ、式6を用いた場合には、各試験片2について1.3%、2.74%、1.52%であったのに対して、式7を用いた場合には、各試験片2について16.1%、17.2%、14.7%となった。

【 0 0 3 0 】

このことから、上記磁気特性測定センサー1のように試験片2の周囲に同軸上に巻回したBコイル4とMコイル6とを用いて測定することにより、測定誤差を小さくできることが示された。

【 0 0 3 1 】

また、試験片2の端部近傍では反磁界の影響を大きく受けるために、測定誤差が大きくなるおそれがある。そこで、直径10mm、純度99.99%の長さ4mm、10mm、20mm、30mmの試験

30

40

50

片 2 について伸延方向の中央部に磁気特性測定センサー 1 を装着して実際に測定し、理論値との相対的な誤差を算出したところ、各試験片 2 について 26.7%、7.6%、1.1%、0.9% となった。

【 0 0 3 2 】

このことから、上記磁気特性測定センサー 1 を試験片 2 に装着する場合には、反磁界の影響が無くなるように試験片 2 の端部から磁気特性測定センサー 1 をなるべく離して装着する必要があり、長さ 20mm 以上の試験片 2 の伸延方向の中央部に装着することが望ましい。

【 0 0 3 3 】

以上のようにして磁化を精度良く測定することができるため、上記磁束密度と磁化とを用いて式 8 に示される関係式から磁界強度を算出することができる。

10

【数 7】

$$B = \mu_0 (H + M) \cdots (\text{式 8})$$

【 0 0 3 4 】

また、磁界強度は、試験片 2 の周囲に同軸上に巻回した B コイル 4 と H コイル 5 とを用い、以下に説明するように、H コイル 5 を空隙補償コイルとして利用することで測定することもできる。

【 0 0 3 5 】

まず、それぞれの B コイル 4 と H コイル 5 とで得られる磁束密度 B_B 、 B_H は、磁界強度を H 、磁化を M 、透磁率を μ_0 とすると、式 9 で示される。

20

【数 8】

$$\begin{cases} B_B = \mu_0 (H + M) \\ B_H = \mu_0 (H + M) \end{cases} \cdots (\text{式 9})$$

【 0 0 3 6 】

この式 9 を、B コイル 4 と H コイル 5 とで得られる磁束 Φ_B 、 Φ_H で表すと、B コイル 4 と H コイル 5 と試験片 2 の断面積をそれぞれ S_B 、 S_H 、 S_S とし、B コイル 4 と H コイル 5 の巻数をそれぞれ N_B 、 N_H とすると、式 10 に変形できる。

【数 9】

30

$$\begin{cases} \Phi_B = \mu_0 N_B S_B H + \mu_0 N_B S_S M \\ \Phi_H = \mu_0 N_H S_H H + \mu_0 N_H S_S M \end{cases} \cdots (\text{式 10})$$

【 0 0 3 7 】

そして、H コイル 5 と B コイル 4 とでそれぞれ計測される電圧 e_H 、 e_B の差は、式 11 で示される。この式 11 に上記式 10 を代入して展開すると、電圧 e_H 、 e_B の差は、式 12 に変形できる。

【数 10】

$$\begin{aligned} e_H - e_B &= -\frac{d\Phi_H}{dt} + \frac{d\Phi_B}{dt} \cdots (\text{式 11}) \\ &= -\mu_0 \left(N_H S_H \frac{dH}{dt} + N_H S_S \frac{dM}{dt} \right) + \mu_0 \left(N_B S_B \frac{dH}{dt} + N_B S_S \frac{dM}{dt} \right) \\ &= -\mu_0 N_H S_H \frac{dH}{dt} + \mu_0 N_B S_B \frac{dH}{dt} - \mu_0 N_H S_S \frac{dM}{dt} + \mu_0 N_B S_S \frac{dM}{dt} \\ &= -\mu_0 (N_H S_H - N_B S_B) \frac{dH}{dt} - \mu_0 (N_H - N_B) S_S \frac{dM}{dt} \cdots (\text{式 12}) \end{aligned}$$

40

【 0 0 3 8 】

ここで、B コイル 4 と H コイル 5 は、巻数が同一 ($N_B = N_H$) であることから、式 12 は、式 13 と表せる。

【数 1 1】

$$e_H - e_B = -\mu_0(N_H S_H - N_B S_B) \frac{dH}{dt} \dots \text{(式 1 3)}$$

【0039】

したがって、磁界強度は、式 1 3 を積分して変形することで式 1 4 を用いて求めることができ、H コイル 5 と B コイル 4 とでそれぞれ経時的に計測される電圧 e_H 、 e_B の差を積分回路で積分した値から測定することができる。

【数 1 2】

$$H(t) = -\frac{1}{\mu_0(N_H S_H - N_B S_B)} \int (e_H - e_B) dt \dots \text{(式 1 4)}$$

10

【0040】

以上に説明したように、本発明では、試験片 2 の磁気特性を測定する磁気特性測定センサー 1 において、磁束密度を測定するための B コイル 4 と、B コイル 4 とともに用いて磁界強度を測定するための H コイル 5 と、B コイル 4 とともに用いて磁化を測定するための M コイル 6 とを、試験片 2 の周囲に同軸上に巻回している。

【0041】

そのため、本発明では、試験片 2 の磁気特性を測定するにあたって磁界強度や磁化の測定誤差を小さくすることができ、試験片 2 の磁気特性を従来よりも正確に評価することができる。

20

【0042】

特に、本発明では、H コイル 5 又は M コイル 6 と B コイル 4 とを試験片 2 の周囲に同軸上、かつ、同心円上に配置することで、磁気特性測定センサー 1 及び同センサー 1 を用いた測定システムの小型化を図ることもできる。

【0043】

また、本発明では、H コイル 5 の巻数を B コイル 4 の巻数と同一とし、或いは、M コイル 6 の断面積と巻数との積を B コイル 4 の断面積と巻数との積と同一とすることで、経時的に計測される電圧を積分回路で積分することで磁界強度や磁化を容易に測定することができる。

30

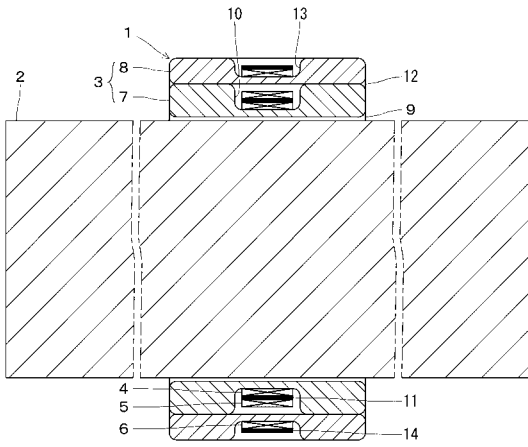
【符号の説明】

【0044】

1 磁気特性測定センサー	2 試験片
3 ホルダー	4 B コイル
5 H コイル	6 M コイル
7 内側ホルダー	8 外側ホルダー
9 中空部	10 コイル溝
11 絶縁シート	12 中空部
13 コイル溝	14 絶縁シート

40

【 図 1 】



【 図 2 】

