

別紙 本件明細書

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、プラスチック成形法を用いたモールドコイルの製造方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

従来から、磁性体粉末と樹脂などで巻線を封止したモールドコイルが広く用いられている。モールドコイルの製造方法には、主に圧粉成形法とプラスチック成形法がある。圧粉成形法は、磁性体粉末と樹脂を混合した粉末材料を金型に充填し、加圧して所望の形状に成形する方法である。従来の圧粉成形法を用いたモールドコイルは例えば特許文献1に開示されている。一方、プラスチック成形法は、磁性体粉末と樹脂を混練させた磁性体モールド樹脂を金型に充填し、熔融させて所望の形状に成形する方法である。従来のプラスチック成形法を用いたモールドコイルは例えば特許文献2に開示されている。一般的に、プラスチック成形法は圧粉成形法と比べて成形性が高く、圧粉成形法よりも成形精度の高い成形体を得られる。そのため、小型や複雑な形状のモールドコイルを成形する場合において、プラスチック成形法を用いることは有効な手段である。

**【0003】**

しかし、従来のプラスチック成形法では高い成形性を確保するために、圧粉成形法のように磁性体粉末の容積比を容易に高くすることができなかった。そのため、従来のプラスチック成形法を用いたモールドコイルでは磁性体粉末の容積比が50%程度の磁性体モールド樹脂を用いてお

り、磁気特性が十分に得られずに定格電流や直流抵抗といった特性において満足するものが得られなかった。そこで、出願人は先に出願した特願 2008-108794 において、鉄系磁性体粉末を容積比で 65～80V o 1%含む磁性体モールド樹脂と平角線の外外巻コイルを用いることによって、小型、低背でありながら高い直流重畳特性と低い直流抵抗値を有するモールドコイルが実現できることを提案した。

#### 【0004】

ところで、電源用途に用いるモールドコイルの定格電流を規定する指標には、直流重畳許容電流と温度上昇許容電流の 2 つがある。直流重畳許容電流は、インダクタンス値（以下、L 値）が初期値よりも 30%減少する直流電流値であり、コイル内の磁束密度と磁性体の飽和磁束密度によって決まる。一方、温度上昇許容電流は周囲温度 20℃を基準とし、コイルの温度が 40℃上昇するときの直流電流値であり、コイルの直流抵抗値に反比例する。規格は安全性を考慮して許容電流の小さい方を表示する。

#### 【0005】

【表 1】

磁性体材料	フェライト系	鉄系
直流重畳許容電流[A]	1.8	3.8
温度上昇許容電流[A]	2.3	2.0

#### 【0006】

一般的に、鉄系磁性体粉末を用いたモールドコイルでは、直流重畳許容電流よりも温度上昇許容電流の方が小さくなるといわれる。ここで、フェライト系磁性体粉末と鉄系磁性体粉末をそれぞれ用いた外形寸法やインダクタンス値が同程度のコイルを比較すると、表 1 に示すように磁性体粉末の違いがわかる。表 1 から明らかなように、フェライト系磁性体粉末を用

いたときでは温度上昇許容電流よりも直流重畳許容電流の方が小さい。一方、鉄系磁性体粉末では直流重畳許容電流が温度上昇許容電流よりもはるかに大きいことがわかる。

#### 【 0 0 0 7 】

この温度上昇許容電流は、先にも述べたようにコイルの直流抵抗値に反比例する。つまり、直流抵抗値を小さくするほど温度上昇許容電流を大きくすることができる。直流抵抗値を小さくするためには、コイルの巻数を少なくしてコイルの線径を太くする必要がある。そこで、少ない巻数でも所定のL値を得るために、磁性体モールド樹脂の比透磁率の向上が望まれている。

【特許文献1】 特開2007-49073号

【特許文献2】 特開平4-338613号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【 0 0 0 8 】

ここで、比透磁率について説明すると、磁性体モールド樹脂の比透磁率 $\mu$ は以下の数1に示す実験式で表される。数1中の $\mu_1$ は磁性体粉末の比透磁率、 $\mu_2$ は混合物（樹脂や空気など）の比透磁率、 $\nu$ は磁性体粉末の容積比をそれぞれ表すものである。

#### 【 0 0 0 9 】

【数1】

$$\log \mu = \nu \log \mu_1 + (1 - \nu) \log \mu_2$$

#### 【 0 0 1 0 】

混合物が樹脂や空気の場合、 $\mu_2 = 1$ として扱うことができる。この値を用いると、数1は以下の数2に直すことができる。

【 0 0 1 1 】

【 数 2 】

$$\mu = \mu_1^{\nu}$$

【 0 0 1 2 】

数 2 から明らかなように、磁性体粉末の容積比  $\nu$  は指数的に磁性体モールド樹脂の比透磁率  $\mu$  に関与する。ここで具体的に鉄系材料の磁性体粉末を使用した磁性体モールド樹脂の例を示す。例えば、鉄系材料の磁性体粉末の透磁率  $\mu_1$  を 100 とし、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の容積比を 50 V o 1 % ( $\nu = 0.50$ ) から 51 % ( $\nu = 0.51$ ) に増加させたとき、比透磁率  $\mu$  は 10 から 10.5 に増加する。

【 0 0 1 3 】

そして、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の容積比を 70 V o 1 % ( $\nu = 0.70$ ) から 71 % ( $\nu = 0.71$ ) に増加させたときでは、比透磁率  $\mu$  は 25.1 から 26.3 に増加する。つまり、磁性体粉末の容積比が低い場合と高い場合では、容積比  $\nu$  を同じだけ増加させても容積比が高い方が比透磁率  $\mu$  を向上させる効果大きい。そのため、磁性体粉末の容積比  $\nu$  が高い状態であれば微量な増加であっても比透磁率  $\mu$  を向上させる効果が顕在化する。

【 0 0 1 4 】

しかしながら、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の容積比が高くなるにつれて、磁性体モールド樹脂の流動性が悪化する。特に、磁性体粉末の容積比が 65 V o 1 % 以上になると、1 V o 1 % や 2 V o 1 % 程度の微量な増加でもその流動性に与える影響が非常に大きい。更なる高透磁率が望まれているが、磁性体モールド樹脂は高い成形性を維持するためにはある

程度の流動性を確保しなくてはならない。そのため、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の容積比を安易に高めることはできない。

#### 【 0 0 1 5 】

そこで、本発明はモールドコイル中の磁性体容積比を高め、高性能なモールドコイルの製造方法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】

#### 【 0 0 1 6 】

上記の課題を解決するために、本発明のモールドコイルの製造方法は、プラスチック成形法を用いて、樹脂と磁性体粉末を混練させた磁性体モールド樹脂でコイルを封止したモールドコイルの製造方法において、磁性体粉末を容積比で65%以上含む磁性体モールド樹脂を用いる。そして、その一部に磁性体モールド樹脂の一部をキャビティから排出する隙間を有する成形金型を用いる。磁性体モールド樹脂をキャビティ内に充填し、キャビティ内に充填された熔融状態の磁性体モールド樹脂への加圧を、硬化するまで、保持し、該磁性体モールド樹脂の一部がキャビティから隙間を通じてキャビティの外へと排出する。排出した磁性体モールド樹脂がキャビティ内に充填した磁性体モールド樹脂よりも相対的に磁性体粉末の容積比が低いことを特徴とする。

を特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【 0 0 1 7 】

本発明のモールドコイルの製造方法は、成形金型中に磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の最大粒径以下の隙間を設けることにより、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末よりも樹脂を優先的にキャビティ外に排出させることができ、キャビティ内の磁性体モールド樹脂の磁性体粉末の容積比を

高くすることができる。そして、磁性体粉末が65V<sub>o</sub>1%以上の磁性体  
モールド樹脂を用いてもモールドコイル中の磁性体粉末の容積比を高める  
ことができる。

#### 【0018】

本発明のモールドコイルの製造方法を用いれば、非常に良好な比透磁率  
を得ることができる。そのため、所定のL値を得る際に従来の方法よりも  
コイルの巻数を低減することができる。そして、巻数を低減させた体積分  
だけコイルの線径を太くすることが可能であり、直流抵抗を低減して温度  
上昇許容電流を大きく向上させることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0019】

以下に、図面と表を参照しながら、本発明の磁性体モールド樹脂のモー  
ルド成形方法の実施例を説明する。まず、本発明の実施例で用いる磁性体  
モールド樹脂について説明する。

#### 【0020】

本発明の実施例では磁性体粉末にアモルファス合金の粉末の材料A～材  
料Dを用いる。表2は、本発明の実施例で用いる磁性体粉末（材料A～材  
料D）の特徴を示している。表2から明らかのように、材料Aと材料Bは  
ガスアトマイズ法、材料Cと材料Dは水アトマイズ法を用いて造粒された  
ものである。また、材料A～材料Dのそれぞれの粒径は、材料Aから順に  
平均粒径が30 $\mu$ m、25 $\mu$ m、10 $\mu$ m、5 $\mu$ mで、最大粒径が100  
 $\mu$ m、60 $\mu$ m、45 $\mu$ m、20 $\mu$ mである。なお、平均粒径はレーザー回  
折散乱法を用いて測定し、最大粒径は篩分け分級にて得た数値である。

#### 【0021】

#### 【表2】

材料	製造方法	粒径[ $\mu\text{m}$ ]		比重 [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]
		平均	最大	
A	ガスアトマイズ法	30	100	7
B	ガスアトマイズ法	25	60	7
C	水アトマイズ法	10	45	7
D	水アトマイズ法	5	20	7

### 【0022】

表3に本発明の実施例で用いる磁性体モールド樹脂（試料1～試料8）の条件と特徴を示す。材料A～材料Dに示す磁性体粉末とノボラック型エポキシ樹脂を表3に示す比率で混練し、さらに樹脂に対して0.5wt%硬化促進剤（トリフェニルホスフィン）を加えて混練した。その混練物を冷却し、粉碎して試料1～試料8を得た。

### 【0023】

なお、一般的に水アトマイズ法よりもガスアトマイズ法を用いたときの方が真球度の高い磁性体粉末になる。真球度が高い磁性体粉末を用いる方が磁性体モールド樹脂の流動性が良好である。そのため、試料2と試料4は試料6よりも磁性体モールド樹脂の流動性が確保しやすく、磁性体容積比が高い。

### 【0024】

【表3】

試料	磁性材料1		磁性材料2		樹脂材料 wt%	磁性体容積比 [Vol%]
	種類	wt%	種類	wt%		
1	材料A	85	---	---	15	49.3
2	材料A	92	---	---	8	66.3
3	材料B	85	---	---	15	49.3
4	材料B	92	---	---	8	66.3
5	材料C	85	---	---	15	49.3
6	材料C	91	---	---	9	63.4
7	材料B	63	材料D	22	15	49.3
8	材料B	70	材料D	24	6	72.9

### 【 0 0 2 5 】

次に、本発明の実施例で用いる空芯コイルについて説明する。図 1 に本発明の実施例で用いる外外巻コイルを示す。本発明の実施例では、断面が平角形状で幅が 0. 2 5 m m、厚みが 0. 1 0 m m の自己融着性絶縁層を有する線材を用いる。この線材を芯径 1. 3 m m の芯材を用いて、外外巻きに 2 層で 1 1 ターン巻き、さらに融着させて図 1 に示すような空芯コイル 1 を得た。

### 【 0 0 2 6 】

(第 1 の実施例)

図 2 ～図 7 と表 4 を参照しながら、本発明の第 1 の実施例を説明する。第 1 の実施例は、トランスファ成形法にてモールドコイルを成形する。図中の参照記号はそれぞれ、2 は型枠、3 は上型、4 は下型、5 はプランジャー、6 はキャビティ、7 はゲート、8 はスプルー、9 はチャンバーポットを示す。また、s はスペーサを示し、このスペーサ s から生じる隙間を d とする。

### 【 0 0 2 7 】

図 2 ～図 4 に本発明の第 1 の実施例で用いるトランスファ成形用の成形金型を示す。なお、図 4 は図 3 の A - A' 断面図である。

### 【 0 0 2 8 】

第 1 の実施例では図 2 から明らかなように、型枠 2 と上型 3 と下型 4 とプランジャー 5 を有する成形金型を用い、組み合わせることによってキャビティ 6 とチャンバーポット 9 が形成される。また、上型 3 は第 1 の上型 3 a と第 2 の上型 3 b からなりスプルー 8 を形成する、同様に下型 4 も第 1 の下型 4 a と第 2 の下型 4 b からなりスプルー 8 を形成する。第 1 の上型 3 a と第 1 の下型 4 a は、それぞれ空芯コイル 1 を中心に対向する位置



にキャビティ 6 とスプルー 8 を結合するゲート 7 を有しており、チャンバーポット 9 に投入された磁性体モールド樹脂は、プランジャー 5 に押し出されてスプルー 8 とゲート 7 を通過してキャビティ 6 へと充填される。

#### 【 0 0 2 9 】

また図 3 に示すように、型枠 2 は第 1 の型枠 2 a と第 2 の型枠 2 b からなり、組み合わせることによって断面が 3 m m 角の柱状の貫通孔が形成される。また、型枠 2 は、第 1 の型枠 2 a と第 2 の型枠 2 b の間に空芯コイル 1 の引き出し線部分を挟みながら固定することができる。

#### 【 0 0 3 0 】

さらに図 4 に示すように、型枠 2 と第 1 の上型 3 a との間にはスペーサ s が挿入されており、型枠 2 と第 1 の上型 3 a との間に隙間 d を形成している。また同様に、型枠 2 と第 1 の下型 4 a との間にもスペーサ s が挿入されており、型枠 2 と第 1 の下型 4 a との間に隙間 d を形成している。これらの隙間 d を通じてキャビティ 6 内に充填された磁性体モールド樹脂 1 0 の一部はキャビティ 6 の外へ排出される。なお、スペーサは例えばステンレスや真鍮などの金属板を用いれば良いが、所望の間隔で隙間 d が形成できるのであればどのようなものを用いても良い。

#### 【 0 0 3 1 】

次に、第 1 の実施例のモールドコイルの製造方法について説明する。図 5、図 6 に第 1 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分を示す。まず、図 5 に示すように、空芯コイル 1 と型枠 2、上型 3、下型 4 を固定し、チャンバーポット 9 に磁性体モールド樹脂 1 0 を充填してプランジャー 5 をセットする。このとき空芯コイル 1 は、空芯コイル 1 の引き出し線部分を第 1 の型枠 2 a と第 2 の型枠 2 b に挟み固定する。

#### 【 0 0 3 2 】

次に図 6 に示すように、磁性体モールド樹脂 10 をチャンバーポット 9 内で 180℃に加熱して熔融状態にし、プランジャー 5 を用いて磁性体モールド樹脂 10 をキャビティ 6 内に注入し、200 kgf の加圧で硬化するまで 8 分間保持して磁性体モールド樹脂 10 を硬化させた。次に、成形金型から磁性体モールド樹脂 10 の硬化したものを離型して成形体を得た。

#### 【0033】

次に、図 7 に示すように、厚みが 0.08 mm のリン青銅板を L 字に加工した外部電極 11 をエポキシ樹脂で成形体の所定の位置に貼付し、空芯コイル 1 の引き出し線部分を折り曲げ加工し、さらに空芯コイル 1 の引き出し線部分と外部電極 6 を半田接合して、モールドコイルを得る。なお、本実施例では外形寸法が  $L * W = 3.0 \text{ mm}$ 、 $H = 1.2 \text{ mm}$  のものを作成した。また、得られたモールドコイルは、Agilent Technologies 社製の LCR メータ 4284 A を用いて、測定周波数 100 kHz にて L 値を測定した。

#### 【0034】

表 4 に試料 1 ～試料 8 を隙間 d の異なる成形金型で成形して得たモールドコイルの L 値を列記した。また、表 3 中のスペーサなしは従来の成形金型を用いて成形されたものである。各種スペーサ s の厚みは、スペーサ 1 が  $30 \mu\text{m}$ 、スペーサ 2 が  $60 \mu\text{m}$ 、スペーサ 3 が  $100 \mu\text{m}$  である。ここでは、このスペーサ s の厚みを隙間 d の幅として扱う。

#### 【0035】

#### 【表 4】

試料	磁性材料1		磁性材料2		樹脂材料 wt%	磁性体容積比 [Vol%]	L値[ $\mu\text{H}$ ]			
	種類	wt%	種類	wt%			スペーサなし	スペーサ1	スペーサ2	スペーサ3
1	材料A	85	---	---	15	49.3	0.75	1.12	1.06	0.83
2	材料A	92	---	---	8	66.3	1.51	1.90	1.81	1.67
3	材料B	85	---	---	15	49.3	0.71	1.02	0.83	0.61
4	材料B	92	---	---	8	66.3	1.44	1.82	1.65	1.41
5	材料C	85	---	---	15	49.3	0.68	0.89	0.72	0.62
6	材料C	91	---	---	9	63.4	1.24	1.61	1.22	1.18
7	材料B	63	材料D	22	15	49.3	0.74	0.84	0.71	0.64
8	材料B	70	材料D	24	6	72.9	1.85	2.30	2.45	1.90

### 【0036】

表4を参照しながら各試料を比較する。まず、材料A～材料Cをそれぞれ1種類用いている試料1～試料6について比較すると、表4から明らかのように、磁性体容積比が高いほどL値が高かった。

### 【0037】

次にスペーサsの有無で試料1～試料6を比較すると、試料1～試料6の何れもスペーサ1を用いたときが最もL値が高かった。また、各試料で用いている磁性体粉末の最大粒径以下のスペーサsを使用したときに、従来のスペーサなしのときよりもL値が高くなった。

### 【0038】

この結果より、キャビティ6に充填された熔融状態の磁性体モールド樹脂10は、キャビティ6から各スペーサsによって設けられた隙間dに侵入する。このとき、磁性体粉末の最大粒径以下の隙間dであれば、磁性体粉末は隙間dに侵入し難く、キャビティ6内に留まりやすい。一方、樹脂は磁性体粉末と比較して磁性体モールド樹脂内での自由度が高いため、磁性体粉末よりも容易に隙間dに侵入できる。そのため、樹脂が隙間dを通じてキャビティ6の外へ磁性体粉末よりも優先的に排出されると考えられる。

### 【0039】

これにより、キャビティ6内の磁性体モールド樹脂10は混練材時より

も磁性体容積比が高くなり、モールドコイルのL値も向上すると考えられる。しかし、磁性体粉末の最大粒径よりも大きい隙間dを設けてしまうと、磁性体粉末が樹脂とともにそのままキャビティ6の外に排出されてしまうためL値が向上しないと考えられる。

#### 【0040】

次に、材料Bと材料Dの粒径の異なる2種類の磁性体粉末を用いている試料7、試料8について比較する。試料7、試料8のように粒径の異なる数種類の磁性体粉末を用いる方法は、磁性体容積比を向上させるのに有効な手段である。そのため、電気特性の高いモールドコイルを得るために用いられる。表3から明らかなように、試料7、試料8は試料1～試料6と同様に、適度に隙間を設けるほうが、スペーサなしのときよりもL値が向上した。従って、試料7、試料8のように粒径の異なる2種類の磁性体粉末を用いた場合でも、本発明の方法は有効である。特に、試料8のように磁性体容積比が70V<sub>o</sub>1%以上の磁性体モールド樹脂では、従来の50V<sub>o</sub>1%程度の試料7と比べてL値の上昇が大きく、本発明の方法が非常に有効であることがわかる。

#### 【0041】

以上より、磁性体モールド樹脂でコイルを封止するモールドコイルにおいて、適当な隙間を設けることによってモールドコイル中の磁性体モールド樹脂の磁性体容積比を向上させることができる。そして、磁性体粉末を65V<sub>o</sub>1%以上含む磁性体モールド樹脂であっても、更なる磁性体容積比の向上を図ることができる。

#### 【0042】

また、本発明の方法は従来の隙間を設けない方法よりも高透磁率を得られることから、同一のL値を得るときに従来の方法よりもコイルの巻数を

低減することができる。そして、巻数を低減させた体積分だけコイルの線径を太くすることが可能であり、モールドコイルを大型化させずに直流抵抗を低減して温度上昇許容電流を大きく向上させることができる。

#### 【 0 0 4 3 】

(第 2 の実施例)

図 8 ～ 図 1 1 と表 5 を参照しながら、本発明の第 2 の実施例を説明する。なお、第 1 の実施例と同様な材料を用い、同じ外形寸法のモールドコイルを成形した。第 1 の実施例と共通する部分の説明は割愛する。図 8 は、第 2 の実施例で使用される圧縮成形用の成形金型を示すものであり、図 8 ( a ) は上面図、図 8 ( b ) は ( a ) の B - B '断面図である。図中の参照記号はそれぞれ、1 は空芯コイル、1 0 は磁性体モールド樹脂、1 2 はダイ、1 3 は上パンチ、1 4 は下パンチ、1 5 はキャビティを示す。また、図中の c はダイ 1 2 及び上パンチ 1 3 とのクリアランスとダイ 1 2 と下パンチ 1 4 との片側クリアランス (以下、クリアランス) を示す。クリアランス c が本発明の隙間に相当する。

#### 【 0 0 4 4 】

図 8 に示すように、第 2 の実施例ではダイ 1 2 と上下方向に昇降可能な上パンチ 1 3 と下パンチ 1 4 を有する成形金型を用いる。ダイ 1 2 は第 1 のダイ 1 2 a と第 2 のダイ 1 2 b を有し、組み合わせることによって断面が 3 m m 角の柱状の貫通孔が形成される。この貫通孔は上パンチ 1 3 と下パンチ 1 4 と嵌合することができ、これらを組み合わせることによってキャビティ 1 5 が形成される。また、第 1 の実施例の型枠と同様に、第 1 のダイ 1 2 a と第 2 のダイ 1 2 b の間に空芯コイル 1 の引き出し線部分を挟みながら固定することができる。

#### 【 0 0 4 5 】

図8 (a) に示すように、上パンチ13の直径 $D_p$ はキャビティの直径 $D_c$ よりも小さく、クリアランス $c$ が形成される。クリアランス $c$ の幅は、磁性体モールド樹脂中の磁性体粉末の最大粒径以下になるように設定される。なお、このクリアランス $c$ の幅は、 $c = 1/2 \times (D_c - D_p)$ を用いて算出する。また、本実施例では下パンチ14も上パンチ13と同形状のものを使用し、上パンチ13側と同様にクリアランス $c$ が形成される。

#### 【0046】

次に、本発明のモールドコイルの製造方法について説明する。図9～図11に本発明の第2の実施例のモールドコイルの製造工程の主要部分を示す。なお、図9～図11は、図8 (a) に示すB-B'位置の各段階での断面を示す。

#### 【0047】

図9に示すように、空芯コイル1の引き出し線部分をダイ12である第1のダイ12aと第2のダイ12bで挟み、空芯コイル1をキャビティ15内の所望の位置に固定する。ダイ12の貫通孔の上下両側からそれぞれ上パンチ13と下パンチ14を嵌合させ、ダイ12と上パンチ13と下パンチ14を加熱してキャビティ15内を $180^{\circ}\text{C}$ に予熱した。次に、一度上パンチ13と下パンチ14を外し、所定量秤量したバルク（塊）状の磁性体モールド樹脂10をキャビティ15の上下両側から投入して再び上パンチ13と下パンチ14をダイ12の貫通孔に嵌合させた。

#### 【0048】

次に、図10に示すように、キャビティ15内の磁性体モールド樹脂10をキャビティ15内の予熱によって熔融させ、上パンチ13と上パンチ14を用いて $10\text{kgf}$ の成形圧力を加え、硬化するまで $180^{\circ}\text{C}$ で8分間保持して磁性体モールド樹脂10を硬化させた。次に、図11に示すよ

うに、第2のダイ12bと上パンチ13を外して成形体を離型した。その成形体に外部電極を取り付けてモールドコイルを得た。得られたモールドコイルは、第1の実施例と同様の方法でL値を測定した。

【0049】

表5に試料3、試料4、試料7、試料8を直径の異なるパンチを用いて成形して得たモールドコイルのL値を示す。表5に示すモールドコイルは、直径D<sub>p</sub>が2.94mm、2.88mm、2.80mmのパンチを用いて成形されている。また、このときキャビティ15の直径D<sub>c</sub>は、3.00mmであり、ダイと各パンチとのクリアランスcは、それぞれクリアランス1が30μm、クリアランス2が60μm、クリアランス3が100μm程度になる。

【0050】

【表5】

試料	磁性材料1		磁性材料2		樹脂材料	磁性体容積比 [Vol%]	L値[μH]		
	種類	wt%	種類	wt%	wt%		クリアランス1	クリアランス2	クリアランス3
3	材料B	85	---	---	15	49.3	1.00	0.85	0.65
4	材料B	92	---	---	8	66.3	1.95	2.05	1.40
7	材料B	63	材料D	22	15	49.3	0.80	0.85	0.65
8	材料B	70	材料D	24	6	72.9	2.40	2.50	1.95

【0051】

表4と表5を参照しながら、第1の実施例と第2の実施例を比較する。表4と表5から明らかなように、第1の実施例の隙間の間隔と第2の実施例のクリアランスcが同程度のとき、L値も同程度になっていることが分かる。従って、ダイとパンチとのクリアランスを調整することによってもモールドコイル中の磁性体容積比を高めることができ、本発明の方法は圧縮成形法でも実施可能である。

【0052】

以上より、本発明のモールドコイルの製造方法は、成形金型中に隙間を設け、磁性体モールド樹脂をキャビティ内に充填させた後に隙間から磁性体モールド樹脂中の樹脂をキャビティ外に排出させる。隙間は、 $3\ \mu\text{m}$ 以上且つ磁性体粉末の最大粒径以下に設定するのがよい。 $3\ \mu\text{m}$ よりも小さくすると、技術的に困難な上、さらに成形金型が非常に高価になってしまうため望ましくない。

#### 【0053】

キャビティ内の磁性体モールド樹脂の磁性体容積比が高まることから比透磁率やL値の向上が望める。そして、本発明の方法は磁性体容積比を高めることが困難になる65V $\circ$ 1%以上の磁性体モールド樹脂を用いた状態から、さらにモールドコイルでの磁性体容積比の向上が望めるため、従来にない高特性なモールドコイルを得ることができる。

#### 【0054】

本発明のモールドコイルの製造方法を用いれば、非常に良好な比透磁率を得ることが出来るため、所定のL値を得る際に従来の方法よりもコイルの巻数を低減することができる。そして、巻数を低減させた体積分だけコイルの線径を太くすることが可能であり、直流抵抗を低減して温度上昇許容電流を大きく向上させることができる。

#### 【0055】

上記実施例では磁性体粉末に鉄系アモルファス合金の粉末を用いたが、その他の金属系磁性体粉末、あるいはフェライト系磁性体粉末などを用いても有効である。また、上記実施例では、ガスアトマイズ法と水アトマイズ法で造粒した磁性体粉末の例を示したが、高速回転水流アトマイズ法などのアトマイズ法や粉碎、プラズマ回転電極法などその他の造粒法の磁性体粉末を用いても実施可能である。また、磁性体粉末を表面酸化、絶縁膜



被覆などの表面改質を行っても実施可能である。上記実施例では樹脂にノボラック型エポキシ樹脂を用いたが、これに限られることはなくその他の熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂を用いても実施可能である。

#### 【 0 0 5 6 】

上記実施例では、トランスファ成形法と圧縮成形法を用いた方法を示したが、インジェクション成形法などのその他のプラスチック成形法を用いても実施可能である。また上記実施例に示した成形金型に限られることはなく、磁性体粉末の最大粒径以下の隙間を有し、モールドコイルが適正に成形できればどのような成形金型を用いても良い。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 5 7 】

【 図 1 】 本発明の実施例で用いる空芯コイルを示す斜視図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施例で用いる成形金型の構造を示す図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施例で用いる成形金型の構造を示す図である。

【 図 4 】 本発明の第 1 の実施例で用いる成形金型の構造を示す図である。

【 図 5 】 本発明の第 1 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分を説明する断面図である。

【 図 6 】 本発明の第 1 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分を説明する断面図である。

【 図 7 】 本発明の実施例のモールドコイルを示す斜視図である。

【 図 8 】 本発明の第 2 の実施例で用いる成形金型の構造を示す図であり、( a ) は上面図、( b ) は ( a ) の B - B ' 断面図である。

【 図 9 】 本発明の第 2 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分を説明する断面図である。

【 図 1 0 】 本発明の第 2 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分

を説明する断面図である。

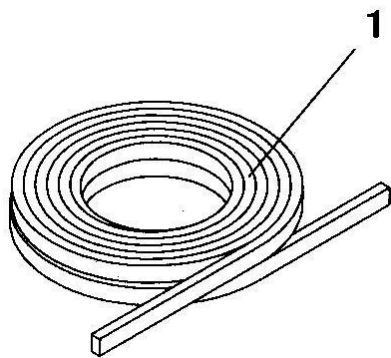
【図 1 1】 本発明の第 2 の実施例のモールドコイルの製造方法の主要部分を説明する断面図である。

【符号の説明】

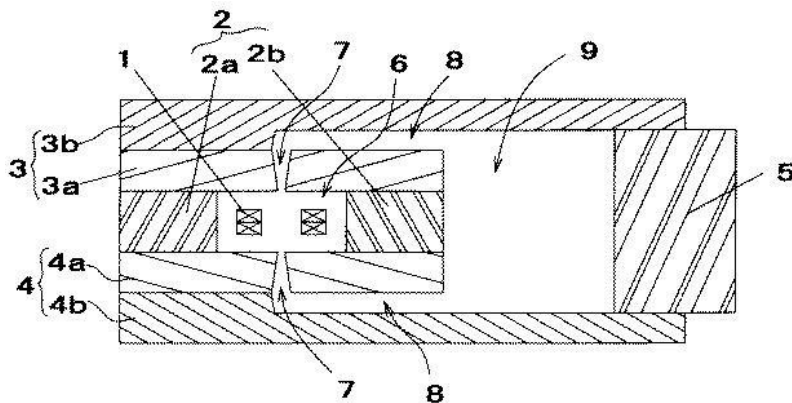
【 0 0 5 8 】

1 : 空芯コイル、 2 : 型枠 ( 2 a : 第 1 の型枠、 2 b : 第 2 の型枠)、 3 : 上型 ( 3 a : 第 1 の上型、 3 b : 第 2 の上型)、 4 : 下型 ( 4 a : 第 1 の下型、 4 b : 第 2 の下型)、 5 : プランジヤー、 6 : キャビティ、 7 : ゲート、 8 : スプルー、 9 : チャンバーポッド、 1 0 : 磁性体モールド樹脂、 1 1 : 外部電極、 1 2、ダイ ( 1 2 a : 第 1 のダイ、 1 2 b : 第 2 のダイ)、 1 3 : 上パンチ、 1 4 : 下パンチ、 1 5 : キャビティ

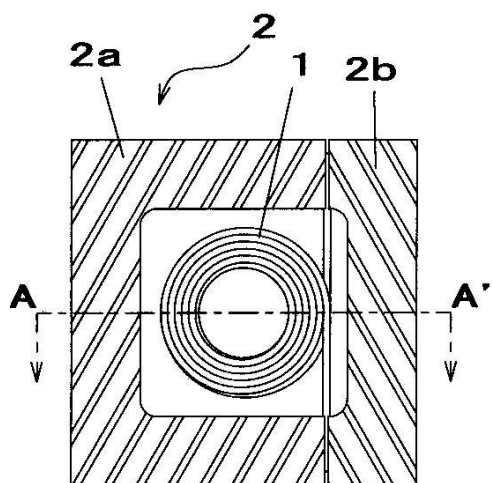
【図 1】



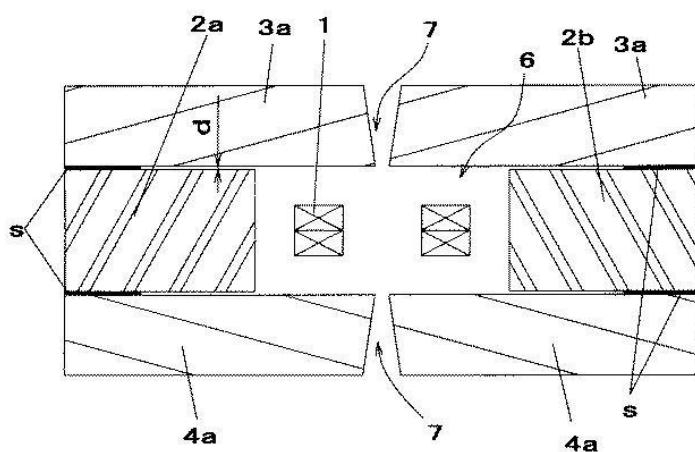
【図 2】



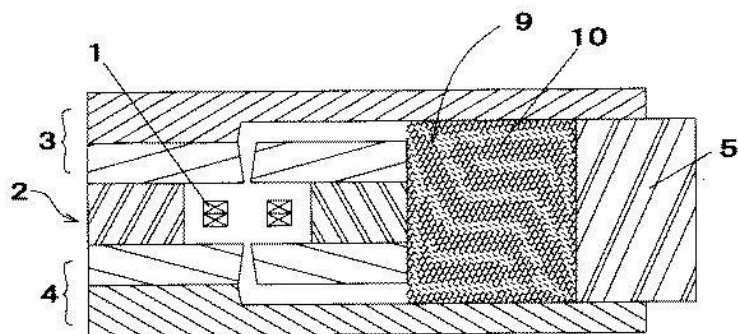
【図 3】



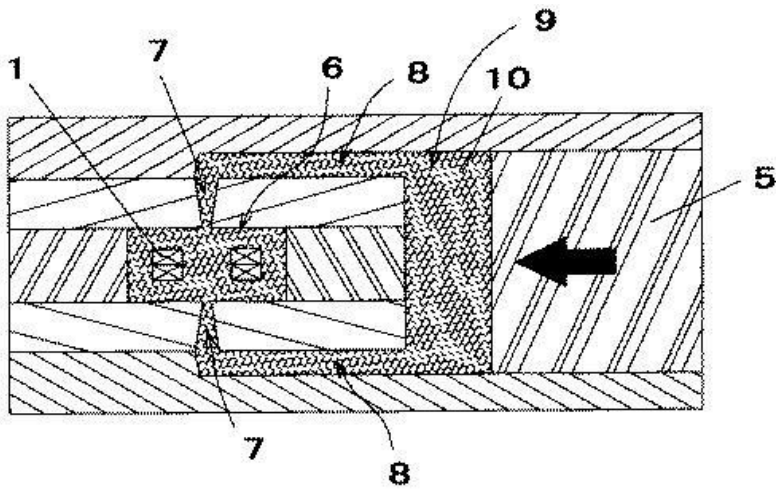
【図 4】



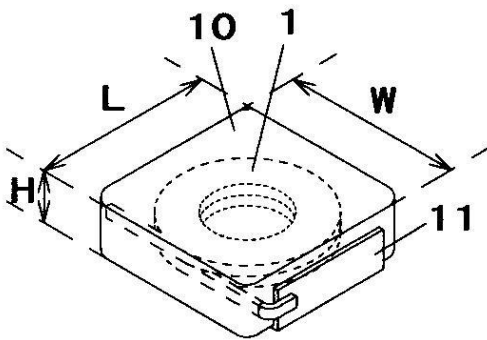
【図 5】



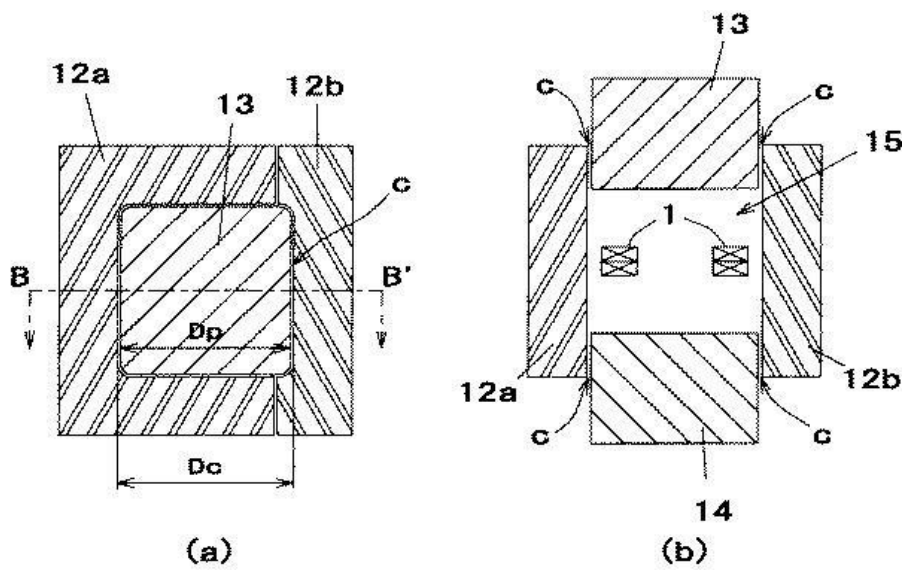
【図 6】



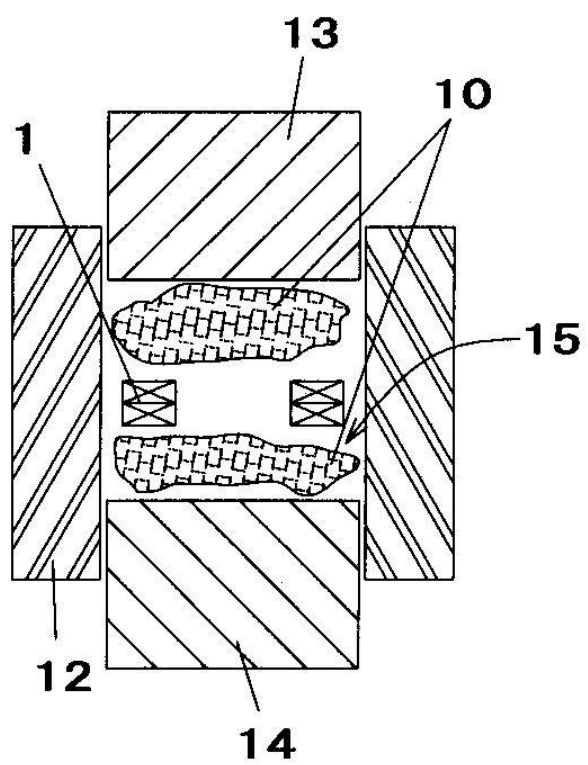
【図 7】



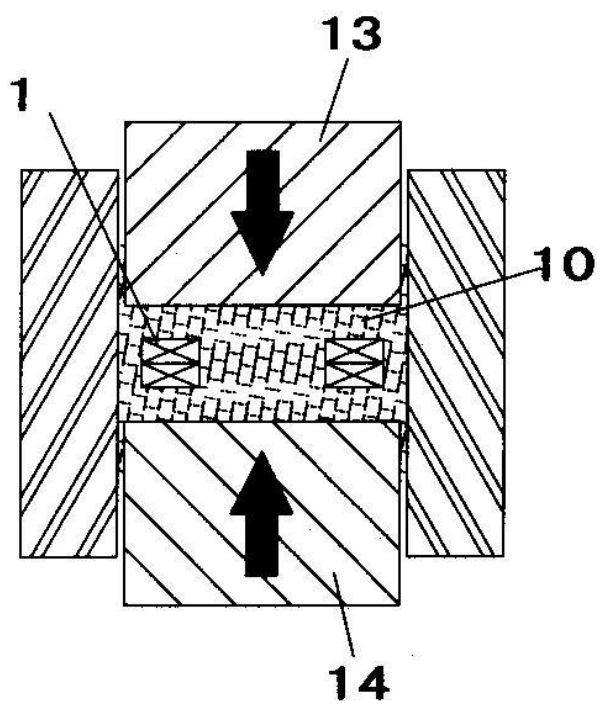
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

