

(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2017-135268

(P2017-135268A)

(43) 公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01F 1/057 (2006.01)</b>	H01F 1/04 H	4K018
<b>C22C 38/00 (2006.01)</b>	C22C 38/00 303D	5E040
<b>C22C 22/00 (2006.01)</b>	C22C 22/00	
<b>C22C 12/00 (2006.01)</b>	C22C 12/00	
<b>H01F 1/04 (2006.01)</b>	H01F 1/04 Z	
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2016-14108 (P2016-14108)  
 (22) 出願日 平成28年1月28日 (2016.1.28)

(71) 出願人 000003067  
 TDK株式会社  
 東京都港区芝浦三丁目9番1号  
 (74) 代理人 110001494  
 前田・鈴木国際特許業務法人  
 (72) 発明者 入江 周一郎  
 東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株  
 式会社内  
 (72) 発明者 三浦 泰直  
 東京都港区芝浦三丁目9番1号 TDK株  
 式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド磁石

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 残留磁束密度を高めつつ、保磁力の低下を抑制したハイブリッド磁石を提供する。

【解決手段】 第1の磁石材料と第2の磁石材料を含むハイブリッド磁石において、第1の磁石材料が、R - F e - B系合金であり、第2の磁石材料が、M n - B i系合金であり、第1の磁石材料と第2の磁石材料の含有量の体積比を(100 - a) : aとした時にaが、5以上、80以下の範囲である。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

第1の磁石材料と第2の磁石材料を含むハイブリッド磁石において、前記第1の磁石材料がR - Fe - B系合金であり、前記第2の磁石材料がMn - Bi系合金であり、第1の磁石材料と第2の磁石材料の含有量の体積比を(100 - a) : aとした時にaが5以上、80以下の範囲であることを特徴とするハイブリッド磁石。

## 【請求項2】

請求項1に記載のハイブリッド磁石において、Bi、Al、Cd、Ga、In、Pb、Sn、Znから選ばれる少なくとも1種を主成分とする金属バインダーを含むことを特徴とする金属ボンディッドハイブリッド磁石。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ハイブリッド磁石に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

現在、希土類磁石の中で最も生産金額が大きく、最も高特性なのはR - Fe - B系合金を主成分とするネオジム磁石( $Nd_2Fe_{14}B$ 系磁石)であるが、この磁石は熱的に不安定であり、温度の上昇に伴い、磁気特性が劣化するという欠点を持つ。そのため最大使用温度は約150程度となり、高温状態になる環境での使用はできない。

20

## 【0003】

そこで、資源調達リスクの高い希土類金属元素の中でもNdやDyなどの高価な希土類を含まない磁石としてMnBi系磁石が注目されている。このMnBi系磁石材料は光磁気記録の分野で良く知られており、高温状態でも保磁力が低下しないので、バルク磁石としても有望な磁石材料であるが、残留磁束密度が小さいという欠点を持つ。

## 【0004】

その他の有望な磁石材料としては、100以上の温度環境において、Co系磁石( $Sm_2Co_{17}$ 系磁石、 $SmCo_5$ 系磁石、 $FeCrCo$ 系磁石)や $Sm_2Fe_{17}N_x$ 系ボンド磁石しか選択肢が無いのが現状である。この中でCo系磁石は磁気特性に劣り、なおかつ高価であり、また、脆性を有するため、欠けや割れなどもおきやすいという欠点を持つ。また、 $Sm_2Fe_{17}N_x$ において、磁気特性は高いが約650以上で不均化反応を起こし、 $SmN + Fe$ に分解してしまうという欠点がある。そのため一般に焼結体の作製は不可能である。そのため、 $Sm_2Fe_{17}N_x$ 系磁石は、製品としてはボンド磁石のみであり、 $Nd_2Fe_{14}B$ 系樹脂ボンド磁石に比べ残留磁束密度が低いという欠点を持つ。

30

## 【0005】

また、特許文献1などでは、希土類磁石粉末にフェライト磁性粉末を混合するハイブリッド磁石について述べられているが、このフェライトを混合するという手法では、飽和磁化が小さく、大きな残留磁束密度の向上は望めないのが現状である。

## 【先行技術文献】

40

## 【特許文献】

## 【0006】

【特許文献1】特開2003 - 59706号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

そこで、本発明の技術的課題は、 $Nd_2Fe_{14}B$ 系樹脂ボンド磁石よりも残留磁束密度を高めつつ、保磁力の低下を抑制したハイブリッド磁石を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

50

本発明は、第1の磁石材料と第2の磁石材料を含むハイブリッド磁石において、前記第1の磁石材料が、R - Fe - B系合金であり、前記第2の磁石材料が、Mn - Bi系合金であり、第1の磁石材料と第2の磁石材料の含有量の体積比を(100 - a) : aとした時にaが、5以上、80以下の範囲であることを特徴とするハイブリッド磁石である。

【0009】

本発明のハイブリッド磁石が優れる理由は、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系樹脂ボンド磁石にくらべ、樹脂バインダーの代わりに第2の磁石材料が第1の磁石材料の空隙を占有するため、第1の磁石材料を使用したNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系樹脂ボンド磁石よりも残留磁束密度が向上することにある。

【0010】

第2の磁石材料であるMn - Bi系合金は、結晶学的には、低温相(LTP: Low Temperature Phase)と呼ばれる硬磁性合金が主たる構成相として存在し、塑性変形しやすい性質を持つため、機械的応力を以て加圧するだけで高い相対密度の磁石が得られる。したがってR - Fe - B系合金と組み合わせることで相対密度が向上し残留磁束密度の改善されたハイブリッド磁石が得られる。

【0011】

本発明に記載のハイブリッド磁石において、さらにBi、Al、Cd、Ga、In、Pb、Sn、Znから選ばれる少なくとも1種を主成分とする金属バインダーを含むことを好ましい。このような金属バインダーを用いることでより塑性変形しやすくなり、成形工程において磁石の相対密度を容易に高めることができ、残留磁束密度を高めることができる。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B系樹脂ボンド磁石よりも残留磁束密度を高めつつ、保磁力の低下を抑制したハイブリッド磁石を得ることができる。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明に係るハイブリッド磁石の好ましい実施形態について説明するが、本発明は以下の実施形態によって限定されるものではない。

【0014】

本発明に記載のハイブリッド磁石は、第1の磁石材料と第2の磁石材料を含むハイブリッド磁石であって、前記第1の磁石材料が、R - Fe - B系合金であり、前記第2の磁石材料が、Mn - Bi系合金であり、第1の磁石材料と第2の磁石材料の含有量の体積比を(100 - a) : aとした時にaが、5以上、80以下の範囲であることを特徴とするハイブリッド磁石である。

【0015】

本実施形態における第1の磁石材料に用いる事の出来るR - Fe - B系合金は、成分組成がR<sub>x</sub>Fe<sub>100 - (x + y + z + u)</sub>M<sub>y</sub>B<sub>z</sub>L<sub>u</sub>で表され、RはYを含む希土類元素から選ばれる少なくとも1種の元素であり、MはV、Cr、Mn、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、Ge、Al、Si、P、Cから選ばれる少なくとも1種であり、LはTi、Zr、Mo、Nb、Ta、W、から選ばれる少なくとも1種であり、x、y、z、uは原子パーセントで8% <math>x < 15\%</math>、y <math>3.0\% < 4\%</math>、z <math>8\%</math>、u <math>1.5\%</math>であることを満たし、結晶構造がNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B型の合金である。

【0016】

xが8%未満であると、異相として軟磁性を示すFe相が増え、著しい保磁力低下の原因となるので好ましくない。

【0017】

xを増やすと、Rリッチ相と呼ばれる粒界相が増え、保磁力が改善するものの、xが15%を超えると、主相であるR<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B相が減少し残留磁束密度を低下させるので好ましくない。

10

20

30

40

50

## 【0018】

保磁力の改善のためにMを添加しても良い。Mを添加する場合は $y < 3.0\%$ が好ましい。 $y$ が $3.0\%$ を超えると、異相として $R_2Fe_{14}B$ 相以外の結晶構造を有する合金相やM元素単体の金属相が析出し、残留磁束密度を低下させる原因となるので好ましくない。

## 【0019】

$z$ が $4\%$ 未満であるか、または $8\%$ を超えると、 $R_2Fe_{14}B$ 相が形成しづらくなるため、残留磁束密度が低下するので好ましくない。

## 【0020】

保磁力の改善のためにLを添加しても良い。Lを添加する場合は $u < 1.5\%$ が好ましい。 $u$ が $1.5\%$ を超えても、添加効果はそれほど変わらず残留磁束密度と保磁力に影響がないが、Lは高価な元素であるため必要以上に添加しても、磁石材料の原料費用が高くなるため、保磁力改善の効果が飽和する $1.5\%$ 以下が好ましい。

10

## 【0021】

また、 $R-Fe-B$ 系合金粉末の平均粒径は $10 \sim 200 \mu m$ が好ましく、より好ましくは $50 \sim 180 \mu m$ である。粉末形状は扁平粉が好ましく、より好ましくは平らな面に垂直に磁化容易軸が配向した異方性の扁平粉である。

## 【0022】

本実施形態における第2の磁石材料に用いる事の出来る $Mn-Bi$ 系合金は、成分組成が $Mn_{100-w}Bi_w$ で表され、 $w$ は原子パーセントで $40\% < w < 60\%$ であることを満たす合金を使用することができる。主として $NiAs$ 型の六方晶系の結晶構造を有し、 $w = 50\%$ の化学量論比を持つため、好ましくは、 $45\% < w < 55\%$ である。

20

## 【0023】

$w$ が $40\%$ 未満であると、 $Mn$ 相が増加し、 $MnBi$ 低温相が減少するので残留磁束密度が低下し、 $w$ が $60\%$ を超えると $Bi$ 相が増加し $MnBi$ 低温相が減少するので残留磁束密度が低下するため、 $40\% < w < 60\%$ の範囲が好ましい。

## 【0024】

また、 $Mn-Bi$ 系合金は低温相( $NiAs$ 型)と $Bi$ 相のコンポジットになることが好ましい。

## 【0025】

また、 $Mn-Bi$ 系合金粉末の平均粒径は $1 \sim 200 \mu m$ が好ましく、より好ましくは $2 \sim 10 \mu m$ である。

30

## 【0026】

本実施形態におけるハイブリッド磁石において、前記 $R-Fe-B$ 系合金と前記 $Mn-Bi$ 系合金の含有量の体積比を $(100-a):a$ とした時に、 $a$ は、 $5$ 以上、 $80$ 以下の範囲である。ここで、第1の磁石材料と第2の磁石材料との体積の総和である $100$ とはハイブリッド磁石全体の見かけの体積を示すものではない。

## 【0027】

$a$ が $5$ 未満であると、第2の磁石材料が第1の磁石材料の隙間を占有するのに不十分であり、残留磁束密度の向上はわずかであり、十分な改善とならない。 $a$ が $80$ を超えると、第2の磁石材料が第1の磁石材料の隙間を占有するのに充分だが、第2の磁石材料より第1の磁石材料の方が単体では残留磁束密度が小さいため、 $a$ が多すぎる場合はかえって残留磁束密度が低下する。好ましい $a$ の範囲は $15$ 以上、 $70$ 以下である。

40

## 【0028】

本実施形態におけるハイブリッド磁石はさらに、 $Bi$ 、 $Al$ 、 $Cd$ 、 $Ga$ 、 $In$ 、 $Pb$ 、 $Sn$ 、 $Zn$ から選ばれる少なくとも1種を主成分とした金属バインダーを含んでも良い。金属バインダーは全体の $10wt\%$ 以下であれば、主成分を構成可能な元素とは異なる元素の金属または合金を含んでもよいし、酸化物を含んでもよい。このような金属バインダーを用いることで塑性変形しやすくなり、成形工程において磁石の相対密度を容易に高めることができ、さらに残留磁束密度を高めることができる。

50

## 【0029】

また、金属バインダーは樹脂バインダーよりも水分透過性および酸素ガス透過性が著しく低いいため、錆びや欠けなどが抑制され、長期信頼性にも優れる。

## 【0030】

また、金属バインダーの平均粒径は10～200 $\mu\text{m}$ が好ましく、より好ましくは20～100 $\mu\text{m}$ である。

## 【0031】

なお、金属バインダーの融点は50以上400以下の低融点であることが好ましく、特にBi-Sn系合金が好ましい。ここでBi-Sn系合金の2元系（例えば58wt%Bi-42wt%Sn、融点：139）であっても十分に有用であるが、Bi-Sn系合金に含むことが出来る金属にはHg、Cd、Pbなどが挙げられ、さらに融点を低温化させることが出来るので用途によっては好ましい場合もある。これらBi-Sn系合金に含むことのできる金属（Hg、Cd、Pb）は有毒であるため人体/環境に影響があることで知られている。例としては、ローズ合金（100）、エルハート合金（70）、ウッド合金（約60）などが挙げられる。またBi-Sn系合金にInを添加したBi-Sn-In系合金（57wt%Bi-26wt%In-17wt%Sn、融点：79）は、毒性は低いままで融点を低温化させることが出来るので好ましい。Ga-In系合金はSnなど添加すると、さらに融点を定温化することが出来る（ガリスタン合金、 $-19$ ）が、非常に高価であるうえ、金属バインダーの融点が低すぎると、実際に使用される環境温度において金属ボンディッド磁石の強度が失われてしまうため好ましくない。おおむね金属バインダーの融点は50以上300以下が好ましく、より好ましくは50以上150以下が良い。

10

20

## 【0032】

ここで金属バインダーとは、磁石材料の粒子間に介在する少なくとも1種以上の金属相であって、ここで言う金属相は金属単体でも良いし、2種類以上の元素から構成される合金相であってもよい。2種以上の磁石材料が用いられる場合、同種の磁石材料の粒子間に存在しても良いし、異種の磁石材料の間に存在しても構わない。金属バインダーは粒子間に島状あるいは粒状に存在しても良いが、粒子間の磁気分離に効果的に寄与するためには磁石粒子同士の粒界に沿って粒界相を形成することが望ましい

30

## 【0033】

前記R-Fe-B系合金と前記Mn-Bi系合金と金属バインダーの含有量の体積比を(100-a):a:bとした時に、bは、0.1以上、10以下が好ましい。bを0.1以上10以下とすることで、前記金属バインダーは第2の磁石材料よりも塑性変形しやすいため、第2の磁石材料を混ぜるだけの場合に比べて、磁石の相対密度をより容易に高めることができ、残留磁束密度を高めることができる。

## 【0034】

次に本実施形態に係るハイブリッド磁石の好適な製造方法について説明する。

## 【0035】

本実施形態における第1の磁石材料の製法としては、アーク溶解法や高周波溶解法などを用いて溶融した合金溶湯をロール急冷法やストリップキャスト法によって薄帯状の合金を得ても良いし、鑄型に収めインゴット状の合金としても良い。得られた合金を機械粉砕法や気流粉砕法によって合金粉末を得ても良い。また、インゴットを水素中熱処理して、水素を除去することで得られるHDDR法などの手法で合金を粉砕して合金粉末を得ても良いし、合金を缶に封入して熱間塑性加工法によって組織制御した合金を粉砕して合金粉末を得ても良い。さらに上記の各種方法で得られた合金粉末は異方性であることが望ましい。

40

## 【0036】

本実施形態における第2の磁石材料の製法としては、アーク溶解法や高周波溶解法などを用いて溶融した合金溶湯をロール急冷法やストリップキャスト法やアトマイズ法（ガスアトマイズ、ディスクアトマイズ、水アトマイズを含む）によって合金を得ても良いし、鑄

50

型に収めインゴット状の合金としても良い。得られた合金をボールミルやディスクミルなどの機械粉砕法やジェットミルなどの気流粉砕法によって合金粉末を得ても良い。さらに上記の各種方法で得られた合金粉末は異方性であることが望ましい。

【0037】

本実施形態における金属バインダーは成分組成に従って所定の金属を秤量し、高周波溶解、抵抗加熱、赤外線加熱などの加熱法によって金属バインダーの融点以上にすることで溶融し、アトマイズ法、ロール急冷などの凝固法によって合金粉末または金属粉末が得られる。粉末の平均粒径は1mm以下、より好ましくは500 $\mu$ m以下である。

【0038】

得られた磁石合金を磁石粉末にするためには、ブラウンミル、ピンミル、振動ミル、ボールミルおよびまたはジェットミルなどの粉砕方法を適宜使用することが出来る。粉末の平均粒径は500 $\mu$ m以下、より好ましくは100 $\mu$ m以下である。さらに得られた磁石粉末や金属バインダーを混合するためには、前記粉砕法によって同時に粉砕することで混合しても良いし、Vミキサー、ダブルコーンミキサー、ナウタミキサーなどの混合器を温度を室温から400 までの間に調節しながら使用することも出来る。混合の際の温度が金属バインダーの融点付近以上であれば、異なる磁石粉末の粒子同士が顆粒化し、流動性の良好なコンパウンドが得られるのでより好ましい。

10

【0039】

また、金属バインダーを使用した金属ボンディッドハイブリッド磁石においては、金属バインダーの融点(50 ~ 400 ) 付近かそれ以下で温間成形する必要がある。

20

【0040】

成形方法としては、磁場印加しながら圧縮成形、押出成形、射出成形を行った後に熱処理する方法と、磁場印加しながらホットプレス等の熱間成形で作る方法などがある。その際、Mn - Bi系合金が不均化反応しないように、熱処理、または熱間成形の温度は400 以下に抑える必要がある。成形温度は50 ~ 300 が好ましく、成形圧力は100MPa ~ 1200MPaが好ましい。熱処理、または熱間成形を行う際の雰囲気は、酸化を防止するため、真空または、Ar、N<sub>2</sub>、He等の不活性雰囲気、またはH<sub>2</sub>などの還元雰囲気、または不活性ガスと還元ガスの混合雰囲気などで行う必要がある。

【実施例】

【0041】

以下、本発明の実施例について説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

30

【0042】

(実施例1)

第1の磁石材料として選ばれるR - Fe - B系粉末については、原料のNd金属、Fe金属、Fe - B(フェロボロン)合金をおよそ30 : 60 : 10の重量比で秤量混合し、高周波溶解法にて溶解し、Cu製の金属ロールを用いたロール急冷法にて合金フレークを得た。この合金フレークをブラウンミルで粉砕し、平均粒径100 $\mu$ mのR - Fe - B系合金粉末を得た。

40

【0043】

第2の磁石材料として選ばれるMn - Bi系合金粉末については、目的の成分組成になるように原料のMn金属、Bi金属をおよそ55 : 45の重量比で秤量混合し、アーク溶解法にて合金インゴットを得た。この合金インゴットをArガス雰囲気中ロール急冷により薄帯状の合金粉末を得た後、さらにN<sub>2</sub>ガス雰囲気中350 で24時間の熱処理を施した。この合金粉末をスタンプミルで粗粉砕し、n - オクタンを分散媒に用いたボールミルで32時間粉砕し平均粒径10 $\mu$ m以下の成分組成Mn<sub>50</sub>Bi<sub>50</sub>のMn - Bi系合金粉末を得た。

【0044】

第1の磁石材料と第2の磁石材料の比重を測定したところ、7.6g/cm<sup>3</sup>および8.9g/cm<sup>3</sup>であったことから、体積比が95 : 5となるようにそれぞれ秤量し、Vミキ

50

サーで4h混合した後、得られた混合物を金型に充填し、23kOeの磁場中で150に加熱し、1GPaの圧力で成形し、7×7×7mmの立方体形状の磁石を作製した。表1に第1の磁石材料と第2の磁石材料と金属バインダーとのそれぞれの体積比、および金属バインダーを示す。

【0045】

得られた磁石についてBHトレーサー（東英工業製）による磁気ヒステリシス測定を行った。磁気ヒステリシス曲線から得られた保磁力HcJ（kOe）および残留磁束密度Br（kG）は表1に示す。

【0046】

（比較例1～2、実施例2～5）

比較例1および比較例2について、第1の磁石材料と第2の磁石材料との体積比が100：0および0：100となるように秤量混合すること以外はすべて、それぞれ実施例1と同様に作製した。実施例2～5について、第1の磁石材料と第2の磁石材料との体積比が85：15～20：80となるように秤量混合すること以外はすべて、それぞれ実施例1と同様に作製した。比較例1、2、実施例2～5について、保磁力および残留磁束密度を表1に示す。

【0047】

（実施例6～12）

また、実施例6～12について、金属バインダーにBiを用い、第1の磁石材料と第2の磁石材料との合計の体積と金属バインダーの体積との比が100：0.05～100：1.2となるように秤量混合すること以外はすべて、それぞれ実施例3と同様に作製した。実施例6～12について、保磁力および残留磁束密度を表2に示す。

【0048】

（実施例13～19）

また、実施例13～19について、金属バインダーにSn、50Bi50Al、50Bi50Ga、67Bi33In、58Bi42Sn、57Bi17Sn26In、50Bi50Zn（元素名直前の数字は重量%を表す）を用いること以外はすべて、それぞれ実施例9と同様に作製した。実施例13～19について、保磁力および残留磁束密度を表3に示す。

【0049】

表1に示すように、第1の磁石材料と第2の磁石材料を混ぜ合わせた方が、それぞれ単独で磁石とするよりも保磁力をほぼ維持しながら残留磁束密度を高めることができる。この理由は定かではないが、主な原因として第1の磁石材料の隙間に塑性変形しやすい第2の磁石材料が占有することによって、成形圧力が加わった際に空隙が減少し、残留磁束密度が向上する効果によるものと思われる。

【0050】

【表1】

	第1の 磁石材料の 体積比	第2の 磁石材料の 体積比	金属バインダー の 体積比	金属 バインダー	保磁力 HcJ	残留 磁束密度 Br
	—	—	—	—	kOe	kG
比較例1	100	0	無し	無し	7.0	7.1
実施例1	95	5	無し	無し	7.1	7.3
実施例2	85	15	無し	無し	7.1	9.0
実施例3	50	50	無し	無し	6.9	9.4
実施例4	30	70	無し	無し	6.8	8.9
実施例5	20	80	無し	無し	6.6	7.2
比較例2	0	100	無し	無し	6.0	5.3

【0051】

表2に示すように、金属バインダーを添加した方が、添加しない物に比べて保磁力をほとんど低下させずに残留磁束密度を高めることができる。この理由は定かではないが、主な

10

20

30

40

50

原因として第2の磁石材料よりもさらに柔らかな性質を持つ金属バインダーの塑性変形により成形圧力が加わった際に空隙が減少し、残留磁束密度が向上する効果によるものと思われる。残留磁束密度が高まる効果は体積比100:1で、最も効果が認められるが、多すぎるとかえって磁石成分が相対的に減少することで残留磁束密度は減少する。保磁力が高まる効果は体積比100:10で飽和し、100:12では保磁力が向上せず、残留磁束密度が減少するので、体積比100:12以上の添加は好ましくない。

【0052】

【表2】

	第1の 磁石材料の 体積比	第2の 磁石材料の 体積比	金属バインダー の 体積比	金属 バインダー	保磁力 HcJ	残留 磁束密度 Br
	—	—	—	—	kOe	kG
実施例3	50	50	無し	無し	6.9	9.4
実施例6	50	50	0.05	Bi	6.6	9.5
実施例7	50	50	0.1	Bi	6.8	9.9
実施例8	50	50	0.5	Bi	6.8	10.0
実施例9	50	50	1	Bi	7.1	10.1
実施例10	50	50	5	Bi	7.2	9.7
実施例11	50	50	10	Bi	7.1	9.4
実施例12	50	50	12	Bi	6.5	9.0

10

【0053】

表3に示すように、各種金属バインダーを添加することで残留磁束密度は向上することが判る。また同じ成形温度(150)で成形されたこれら実施例の比較では、実施例17および実施例18のように成形温度で液化する金属バインダーを用いると残留磁束密度の向上する磁石が得られる。これは成形する際の磁石材料同士の摩擦が軽減されより空隙を減少させながらも、液化した金属バインダーが粒子間に浸み込む作用によるものと考えられる。

20

【0054】

【表3】

	第1の 磁石材料の 体積比	第2の 磁石材料の 体積比	金属バインダー の 体積比	金属 バインダー	保磁力 HcJ	残留 磁束密度 Br
	—	—	—	—	kOe	kG
実施例13	50	50	1	Sn	6.6	9.6
実施例9	50	50	1	Bi	7.1	10.1
実施例14	50	50	1	50Bi50Al	5.7	9.8
実施例15	50	50	1	50Bi50Ga	6.0	10.2
実施例16	50	50	1	67Bi33In	6.5	10.0
実施例17	50	50	1	58Bi42Sn	7.3	10.3
実施例18	50	50	1	57Bi17Sn26In	7.7	10.5
実施例19	50	50	1	50Bi50Zn	6.1	9.7

30

40

---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
B 2 2 F	3/00	(2006.01)	B 2 2 F	3/00		F
C 2 2 C	33/02	(2006.01)	C 2 2 C	33/02		J

Fターム(参考) 4K018 AA27 AA40 BA18 BA20 BB01 BB04 BC01 BC08 BC11 BC12  
 BC15 CA02 CA04 CA07 CA11 CA31 DA18 DA31 DA32 EA01  
 KA45 KA70  
 5E040 AA04 AA20 BB01 CA01 NN01