(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3777225号

(P3777225)

(45)発行日　平成18年5月24日(2006.5.24)　(24)登録日　平成18年3月3日(2006.3.3)

(51)Int.Cl.		F I		
B22F 9/04	(2006.01)	B22F	9/04	E
C22C 33/04	(2006.01)	C22C	33/04	D
C22C 38/00	(2006.01)	C22C	38/00	303D
H01F 1/053	(2006.01)	H01F	1/04	H
H01F 41/02	(2006.01)	H01F	41/02	G

請求項の数 2　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平8-237345
(22)出願日　平成8年8月19日(1996.8.19)
(65)公開番号　特開平10-64710
(43)公開日　平成10年3月6日(1998.3.6)
審査請求日　平成12年6月28日(2000.6.28)
審判番号　不服2003-13840(P2003-13840/J1)
審判請求日　平成15年7月18日(2003.7.18)

(73)特許権者　000183417
株式会社ＮＥＯＭＡＸ
大阪府大阪市中央区北浜４丁目７番１９号
(74)代理人　100075535
弁理士　池条　重信
(72)発明者　金清　裕和
大阪府三島郡島本町江川２丁目１５番１７号　住友特殊金属株式会社　山崎製作所内
(72)発明者　広沢　哲
大阪府三島郡島本町江川２丁目１５番１７号　住友特殊金属株式会社　山崎製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】高磁束密度を有する等方性永久磁石粉末とその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

組成式を$Fe_{100-x-y-z}B_xR_yCo_z$(但しRはPrまたはNdあるいはPrとNd)と表し、組成範囲を限定する記号x、y、zが下記値を満足する合金溶湯を、20kPa以下の不活性ガス雰囲気または0.1kPa以下の真空雰囲気中で、回転ロールのロール表面速度を5m/s～40m/sにする液体急冷条件により、平均厚みが10μm～150μm、厚み方向の組織が回転ロールに接する急冷面から、回転ロールに接しない自由面にかけて90%以上アモルファス組織からなる均一急冷組織を有する急冷薄帯を作製し、得られた急冷薄帯に結晶化が開始する温度付近から500℃～700℃の処理温度までの昇温速度が15℃/分～50℃/秒になる結晶化熱処理を施すことにより得られた、Fe_3B型化合物と$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相とが共存し、各構成相の平均結晶粒径が1nm～30nmの範囲にある微細結晶集合体からなる粉末であることを特徴とし、リコイルBr(iHc)/Br≦0.6、減磁界H_1/H_2≧0.7であり、減磁曲線の角形比がBr/4πIs≧0.85、磁気特性が2.9≧iHc≧1kOe、15.2≧Br≧13.1kG、である高磁束密度を有する等方性永久磁石粉末。

15≦x≦20at%

1≦y<2.9at%

0.5≦z≦3at%

【請求項２】

組成式を$Fe_{100-x-y-z}B_xR_yCo_z$(但しRはPrまたはNdあるいはPrとNd)と表し、組成範囲を限定する記号x、y、zが下記値を満足する合金溶湯を、20kPa以下の不活性ガス雰囲気また

は0.1kPa以下の真空雰囲気中で、回転ロールのロール表面速度を5m/s～40m/sにする液体急冷条件により、平均厚みが10μm～150μm、厚み方向の組織が回転ロールに接する急冷面から、回転ロールに接しない自由面にかけて90%以上アモルファス組織からなる均一急冷組織を有する急冷薄帯を作製し、得られた急冷薄帯に結晶化が開始する温度付近から500℃～700℃の処理温度までの昇温速度が15℃/分～50℃/秒になる結晶化熱処理を施し、Fe_3B型化合物及び$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出させ、各構成相の平均結晶粒径が1nm～30nmの均一微細結晶集合体からなる粉末となし、リコイルBr(iHc)/Br≦0.6、減磁界H_1/H_2≧0.7であり、減磁曲線の角形比がBr/4πIs≧0.85、磁気特性が2.9≧iHc≧1kOe、15.2≧Br≧13.1kG、である特性を得る高磁束密度を有する等方性永久磁石粉末の製造方法。

$15 \leqq x \leqq 20$at%

$1 \leqq y < 2.9$at%

$0.5 \leqq z \leqq 3$at%

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、各種モーター、スピーカー用ならびにメーターやフォーカスコンバージェンスリングなどに最適な高い残留磁束密度Brをもつ等方性永久磁石粉末とその製造方法に係り、少量の希土類元素を含有するFe-B-R-Co系(旦し、RはPrまたはNdの1種または2種)合金溶湯を回転ロールを用いた特定条件の液体急冷法により、90%以上アモルファス組織からなる均一急冷組織を有する急冷薄帯とし、特定の熱処理にてFe_3B型化合物と$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相とが共存する微細結晶集合体とし、Br/4πIsの値が0.85～0.9の範囲にあり、13kG以上のBrを有する等方性永久磁石粉末とその製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

高い残留磁束密度Ｂｒを要求される分野に使用される永久磁石には、主にＢｒ≧１０ｋＧ、固有保磁力ｉＨｃ＝０．５ｋＯｅ～２ｋＯｅの磁気特性を有するアルニコ磁石、Ｂｒ≧８ｋＧ、ｉＨｃ≧６ｋＯｅの磁気特性を有するＳｍ－Ｃｏ焼結磁石、およびＢｒ≧１０ｋＧ、ｉＨｃ≧１２ｋＯｅの磁気特性を有する$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造をもつ化合物を主相とするＮｄ－Ｆｅ－Ｂ焼結磁石が使用されている。

【０００３】

前述のアルニコ磁石はＣｏを２０ｗｔ％～３０ｗｔ％含有、Ｓｍ－Ｃｏ磁石はＣｏを５０ｗｔ％～６５ｗｔ％含有するもので、主原料のＣｏは原産国からの供給量が不安定であり、安定な価格で入手できない問題があり、また、Ｓｍ－Ｃｏ磁石に使用されるＳｍ、およびＮｄ－Ｆｅ－Ｂ磁石に使用されるＮｄも比較的高価な希土類元素である等、原料の安定供給や価格変動などの問題がある。

【０００４】

ＣｏやＳｍ、Ｎｄを含まない、もしくは含んでいても含有量が、原料価格に大きな影響を与えないほど低含有量であり、かつ高い残留磁束密度を有する永久磁石が要求されているが、現在のところこれらの要求を満たす永久磁石は提案されていない。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

近年、Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ系磁石において希土類濃度が低い$Nd_{3.8}Fe_{77.2}B_{19}$（ａｔ％）近傍組成で、Fe_3B型化合物を主相とする磁石材料が提案（Ｒ．Ｃｏｅｈｏｏｒｎ等、Ｊ．ｄｅＰｈｙｓ，　Ｃ８，　１９８８，　６６９～６７０頁）された。この永久磁石材料は液体急冷法にて得られたアモルファス合金に結晶化熱処理することにより、軟磁性であるFe_3B相と硬磁性である$Nd_2Fe_{14}B$相が混在する結晶集合組織を有する準安定構造の永久磁石材料である。

【０００６】

この永久磁石材料は、１０ｋＧ程度のＢｒと２ｋＯｅ～３ｋＯｅのｉＨｃを有するが、希

土類濃度が３ａｔ％以上であるため飽和磁化が低く、液体急冷条件及び結晶化熱処理条件が特定されていないため、均一な微細金属組織を安定して得られず不均一な金属組織になることから、各粒子間の交換結合が弱まり減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓが低下するため、アルニコ磁石や希土類焼結磁石を凌ぐ残留磁束密度Ｂｒが得られない。

【０００７】

また、希土類濃度が３ａｔ％以下の場合、保磁力の発現に必要な$Nd_2Fe_{14}B$相化合物の結晶化熱処理による析出は、９０％以上のアモルファスからなる均一急冷組織を必要とするため、従来の常圧の不活性ガス雰囲気での液体急冷法及び結晶化熱処理方法では、保磁力を発現する$Nd_2Fe_{14}B$相化合物が析出せず１ｋＯｅ以下の保磁力しか得られず、実用材料としては問題がある。

【０００８】

いずれにしてもFe_3B型化合物を主相とするＮｄ－Ｆｅ－Ｂ系磁石は、液体急冷法によりアモルファス化した後、熱処理して硬磁性材料化できるが、金属組織の不均一に起因する残留磁束密度の低下並びに保磁力の発現が困難であるため、アルニコ磁石あるいは従来からある希土類磁石の代替として安価に提供できない。

【０００９】

この発明は、軟磁性相と硬磁性相が同一組織内に混在するFe_3B型化合物を主相とする永久磁石材料において、希土類濃度が3at%未満と低いことを特徴とし、均一微細組織により13kG以上の残留磁束密度Brを発現させ、かつiHcを向上させ、安定した工業生産が可能な組成からなる等方性永久磁石粉末とその製造方法の提供を目的としている。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

この発明は、軟磁性相と硬磁性相が混在する低希土類濃度の永久磁石のＢｒ、およびｉＨｃを向上させ、安定した工業生産が可能な製造方法を目的に種々検討した結果、希土類元素の含有量が３ａｔ％以下と少なく、ホウ素を１５ａｔ％以上含む鉄基合金にＣｏを添加した特定組成の合金溶湯を、回転ロールを用いた特定条件の液体急冷法により、９０％以上アモルファスとする均一な急冷組織となし、さらに特定条件の結晶化熱処理を施すことにより、熱処理後の金属組織がFe_3B型化合物と$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相が共存し、各構成相の平均結晶粒径が１ｎｍ～５０ｎｍの範囲にある均一な粒径を有する微細結晶集合体となるため、微細組織を構成する各粒子間の交換結合が強くなることに起因して、減磁曲線の角形比（Ｂｒ／４πＩｓ）が、Ｓｔｏｎｅｒ－Ｗｏｈｌｆａｒｔｈのモデルに示された等方性磁石の減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓ＝０．５よりも高い、Ｂｒ／４πＩｓ＝０．８５～０．９まで向上することに伴い、等方性磁石ながら１３ｋＧ以上の高い残留磁束密度Ｂｒを有する永久磁石を得られることを知見し、この発明を完成した。

【００１１】

この発明は、組成式を$Fe_{100-x-y-z}B_xR_yCo_z$(但しRはPrまたはNdあるいはPrとNd)と表し、組成範囲を限定する記号x、y、zが下記値を満足し、Fe_3B型化合物と$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相とが共存し、各構成相の平均結晶粒径が1nm～30nmの範囲にある微細結晶集合体からなる粉末であることを特徴とし、図1に示す減磁界を加えた後、減磁界を取り除いた時の磁束密度をリコイルBrとし、保磁力と同程度の減磁界を加えたときのリコイルBr(iHc)とすると、リコイルBr(iHc)/Br≦0.6であり、また、残留磁束密度Brの90%のリコイルBrとなる減磁界H_1とし、リコイルBrが0kGになる減磁界H_2とした場合、$H_1/H_2 \geqq 0.7$であり、さらに、減磁曲線の角形比がBr/4πIs≧0.85、磁気特性が2.9≧iHc≧1kOe、15.2≧Br≧13.1kG、である高磁束密度を有する等方性永久磁石粉末である。

$15 \leqq x \leqq 20$at%

$1 \leqq y < 2.9$at%

$0.5 \leqq z \leqq 3$at%

【００１２】

また、この発明は、組成式を$Fe_{100-x-y-z}B_xR_yCo_z$(但しRはPrまたはNdあるいはPrとNd)

と表し、組成範囲を限定する記号x、y、zが上記値を満足する合金溶湯を、20kPa以下の不活性ガス雰囲気または0.1kPa以下の真空雰囲気中で、回転ロールのロール表面速度を5m/s～40m/sにする液体急冷条件により、平均厚みが10μm～150μm、厚み方向の組織が回転ロールに接する急冷面から、回転ロールに接しない自由面にかけて90%以上アモルファス組織からなる均一急冷組織を有する急冷薄帯を作製し、これに結晶化熱処理を施すことにより前記特性を有する等方性永久磁石粉末を得ることを特徴とする高磁束密度を有する等方性永久磁石粉末の製造方法である。

【００１３】

また、この発明は、上記の製造方法において、得られた急冷薄帯に結晶化が開始する温度付近から５００℃～７００℃の処理温度までの昇温速度が１０℃／分～５０℃／秒になる結晶化熱処理を施し、Fe_3B型化合物及び$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出させ、各構成相の平均結晶粒径が１ｎｍ～５０ｎｍの均一微細結晶集合体からなる粉末となすことを特徴とする高磁束密度を有する等方性永久磁石の製造方法である。

【００１４】

【発明の実施の形態】

この発明において、リコイルBr(iHc)/Br、減磁界H_1/H_2の各磁気特性の評価は以下の定義による。リコイルBr(iHc)/Br比は、図1に示す減磁界を加えた後、減磁界を取り除いた時の磁束密度をリコイルBrとし、保磁力と同程度の減磁界を加えたときのリコイルBr(iHc)とする場合の、Br(iHc)/Br比であり、この発明の等方性永久磁石のリコイルBr(iHc)/Br≦0.6である。

また、減磁界H_1/H_2比は、図1において、残留磁束密度Brの90%のリコイルBrとなる減磁界H_1とし、リコイルBrが0kGになる減磁界H_2とした場合の減磁界H_1/H_2比であり、この発明の等方性永久磁石の減磁界H_1/H_2≧0.7である。

【００１５】

さらに、この発明において、減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓは、Ｓｔｏｎｅｒ－Ｗｏｈｌｆａｒｔｈのモデル（Ｅ．Ｃ．Ｓｔｏｎｅｒ ａｎｄ Ｅ．Ｐ．Ｗｏｈｌｆａｒｔｈ，Ｐｈｌｌｏｎｓ．Ｔｒａｎｓ．Ｒ．Ｓｏｃ．Ｌｏｎｄｏｎ，Ｓｅｒ．Ａ２４０，５９９（１９４８））に示された等方性磁石の減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓであって、この発明の等方性永久磁石は、先のモデルの減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓ＝０．５よりも高い、Ｂｒ／４πＩｓ＝０．８５～０．９まで向上する。

【００１６】

組成の限定理由

希土類元素ＲはＰｒまたはＮｄの１種または２種とし、Ｒが１ａｔ％未満では$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出せず、１ｋＯｅ以上のｉＨｃが得られず、また３ａｔ％を越えると結晶化した際、均一微細組織が得られないため、角形比（Ｂｒ／４πＩｓ）の低下を招来し、１３ｋＧ以上のＢｒが得られないため、１ａｔ％～３ａｔ％の範囲とする。実用材料としては、２ｋＯｅ以上のｉＨｃを得られる２ａｔ％～３ａｔ％が好ましい。

【００１７】

Bは、15at%未満では液体急冷法を用いてもアモルファス組織が得られず、熱処理を施しても1kOe未満のiHcしか得られず、また30at%を越えると減磁曲線の角形性が著しく低下し、13kOe以上のBrが得られないため、15at%～30at%の範囲とする。好ましくは、15at%～20at%が良い。

【００１８】

Ｃｏは、角形比を改善し、Ｂｒおよび（ＢＨ）ｍａｘを増大させる効果を有するが、０．１ａｔ％未満ではかかる効果が得られず、５ａｔ％を越えると１３ｋＧ以上のＢｒが得られないため、０．１ａｔ％～５ａｔ％の範囲とする。好ましくは、０．２ａｔ％～１．０ａｔ％が良い。

【００１９】

Ｆｅは、本系組成において上述の元素の含有残余を占める。

【００２０】
製造条件の限定理由
この発明において、上述の特定組成の合金溶湯を液体急冷法にて９０％以上アモルファスからなる均一急冷組織となし、アモルファス組織の結晶化が開始する温度付近から５００℃～７００℃の熱処理温度までの昇温速度が１０℃／分～５０℃／秒になる結晶化熱処理を施すことにより、Fe_3B型化合物、および$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出し、各構成相の平均結晶粒径が１ｎｍ～５０ｎｍの範囲にある均一微細結晶集合体を得ることが最も重要である。
【００２１】
合金溶湯の液体急冷処理には、公知の回転ロールを用いた液体急冷法を採用できるが、回転ロールを用いた液体急冷法にて急冷合金薄帯を作成する際の急冷雰囲気としては、２０ｋＰａ以下の不活性ガス雰囲気、もしくは０．１ｋＰａ以下の真空雰囲気中が好ましく、２０ｋＰａを越える不活性ガス雰囲気では、回転ロールと合金溶湯の間に巻き込まれるガスの影響が顕著になるため、９０％以上アモルファスからなる均一急冷組織とならず好ましくない。また０．１ｋＰａを越える大気中では、溶湯が酸化するため好ましくない。
【００２２】
液体急冷に用いる単ロールの材質は、熱伝導度の点からＣｕ、Ｆｅ、真鍮、Ｗ、青銅、Ａｌを採用できるが、機械的強度、経済性かの点からＣｕもしくはＦｅ（但しＣｕ、Ｆｅを含む合金でもよい）が好ましく、上記以外の材質では熱伝導が悪いため、充分溶湯を急冷できず、９０％以上アモルファス組織からなる均一急冷組織とならないため好ましくない。
【００２３】
液体急冷に用いる単ロールの好ましい表面粗度は、中心線平均粗さＲａ≦０．８μｍ、最大高さＲｍａｘ≦３．２μｍ、１０点の平均粗さＲｚ≦３．２μｍが好ましく、回転ロールの表面が粗れている場合は、急冷薄帯が回転ロールに張り付くため、合金溶湯を連続して急冷できず、９０％以上アモルファスからなる均一急冷組織とならないため好ましくない。
【００２４】
回転ロールのロール表面周速度は、5ｍ/秒～40ｍ/秒の範囲が好適な急冷組織が得られるため好ましい。すなわち、ロール周速度が5ｍ/秒未満ではアモルファス組織とならず好ましくない、また40ｍ/秒を越えると、結晶化の際、良好な硬磁気特性の得られる均一微細結晶集合体とならず、好ましくない。
【００２５】
この発明において、上述の特定組成の合金溶湯を液体急冷法にて９０％以上アモルファスからなる均一急冷組織となした後、結晶化熱処理を施すが、磁気特性が最高となる熱処理条件は組成に依存する。ここで、熱処理温度が５００℃未満では$Nd_2Fe_{14}B$相が析出しないためｉＨｃが発現しない、また７００℃を越えると粒成長が著しくｉＨｃ、Ｂｒおよび減滋曲線の角形性が劣化し、上述の磁気特性が得られないため、熱処理温度は５００℃～７００℃に限定する。
【００２６】
また、熱処理雰囲気は酸化を防ぐためＡｒガス、N_2ガスなどの不活性ガス雰囲気中もしくは10^{-2}Ｔｏｒｒ以下の真空中が好ましい。磁気特性は熱処理時間には依存しないが、６時間を越えるような場合、若干時間の経過とともにＢｒが低下する傾向があるため、好ましくは６時間未満が良い。
【００２７】
この発明において重要な特徴として、熱処理に際して結晶化が開始する温度付近以上からの昇温速度があり、１０℃／分未満の昇温速度では昇温中に粒成長が起こり、良好な硬磁気特性の得られる微細結晶集合体とならず、１ｋＯｅ以上のｉＨｃが得られず好ましくない。また、５０℃／秒を越える昇温速度では５００℃を通過してから生成する$Nd_2Fe_{14}B$相の析出が十分に行われず、ｉＨｃが低下するだけでなく、Ｂｒ点近傍の減滋曲線の

第２象限に磁化の低下のある減磁曲線となるため好ましくない。
【００２８】
なお、当該熱処理に際して結晶化開始温度までの昇温速度は任意であり、急速加熱などを適用して処理能率を高めることができる。結晶化開始温度は、液体急冷法によりアモルファス化した当該試料に熱処理を施し、Fe_3B型化合物が結晶化する温度であり、発熱を伴う反応であるので、ＤＴＡ、ＤＳＣなどの手段を用い明確に測定できる。
【００２９】
結晶構造
この発明による等方性永久磁石の結晶相は、軟磁性を有するFe_3B型化合物と、$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する硬磁性化合物相とが同一粉末中に共存し、各構成相の平均結晶粒径が１ｎｍ～５０ｎｍの範囲の微細結晶集合体からなることを特徴としている。磁石合金の平均結晶粒径が５０ｎｍを越えると、Ｂｒおよび減磁曲線の角形比Ｂｒ／４πＩｓが０．８５以下となるため、Ｂｒ≧１３ｋＧの磁気特性を得ることができない。また、平均結晶粒径は細かいほど好ましいが、１ｎｍ未満の平均結晶粒径を得ることは工業生産上困難であるため、下限を１ｎｍとする。
【００３０】
以上を要するに、この発明は、ホウ素を１５ａｔ％以上含む鉄基合金に、３ａｔ％以下のごく少量の希土類類と５ａｔ％以下のＣｏを添加した特定組成のＦｅ－Ｂ－Ｒ－Ｃｏ（ＲはＰｒまたはＮｄの１種または２種）の合金溶湯を回転ロール用いた特定条件の液体急冷法を採用することにより、９０％以上アモルファス組織からなる均一な急冷組織を得て、さらに結晶化が開始する温度付近から５００℃～７００℃の処理温度までの昇温速度が１０℃／分～５０℃／秒になる結晶化熱処理を施すことにより、Fe_3B型化合物及び$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出し、各構成相の平均結晶粒径が１ｎｍ～５０ｎｍの均一微細結晶集合体からなる等方性永久磁石を得るものである。この際、組成中のホウ素は液体急冷時のアモルファス生成能を高め、１ｋＯｅ以上のｉＨｃ及び１３ｋＧ以上のＢｒを有するに必要な均一微細組織の生成に欠かせない、また、希土類元素は１ｋＯｅ以上のｉＨｃの発現に不可欠の$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する硬磁性化合物相の析出に必須であり、Ｃｏは減磁曲線の角形比を向上して１３ｋＧ以上のＢｒに寄与する。
【００３１】
【実施例】
実施例１
表１のＮｏ．１～６の組成となるように、純度９９．５％以上のＦｅ、Ｂ、Ｃｏ、Ｎｄ、Ｐｒの金属を用いて、総量が３０ｇｒとなるように秤量し、底部に直径０．８ｍｍのオリフィスを有する石英るつぼ内に投入し、圧力１．３３ｋＰａのＡｒ雰囲気中で高周波加熱により溶解し、溶解温度を１３００℃にした後、急冷雰囲気を１６ｋＰａの不活性ガス中にて湯面を２６．７ｋＰａで加圧して室温にてロール周速度２０ｍ／秒にて回転するＣｕ製ロールの外周面に０．７ｍｍの高さから溶湯を噴出させて幅２ｍｍ～３ｍｍ、厚み２０μｍ～４０μｍの液体急冷薄帯を作製した。得られた超急冷薄帯をＣｕＫαの特性Ｘ線によりアモルファスであることを確認した。
【００３２】
この超急冷薄帯をＡｒガス中で、結晶化が始まる５００℃～６００℃以上を表１に示す昇温速度で昇温し、表１に示す熱処理温度で１０分間保持し、その後室温まで冷却して薄帯を取り出し、幅２ｍｍ～３ｍｍ、厚み２０μｍ～４０μｍ、長さ３ｍｍ～５ｍｍの試料を作製し、ＶＳＭを用いて磁気特性を測定した。測定結果を表２に示す。
なお、試料の構成相をＣｕＫαの特性Ｘ線で調査した結果、α－ｆｅ相、Fe_3B相、$Nd_2Fe_{14}B$相が混在する多相組織であった。なお、Ｃｏはこれらの各相でＦｅの一部を置換する。平均結晶粒径はいずれも３０ｎｍ以下であった。
【００３３】
比較例
表１のＮｏ．７～１０の組成となるように純度９９．５％のＦｅ、Ｂ、Ｒを用いて実施例

１と同条件で超急冷簿帯を作製した。得られた薄帯を実施例１と同一条件の熱処理を施し、冷却後に実施例１と同条件で試料化してＶＳＭを磁気特性を測定した。測定結果を表２に示す。

【００３４】

【表１】

		組成(at%)				昇温速度	熱処理
		Fe	B	R	Co	℃/分	温度℃
本発明	1	82.5	15	Nd2	0.5	15	550
	2	80	17	Nd2	1	15	580
	3	78	18.5	Nd2.5	1	15	620
	4	78.2	18.5	Nd2.8	0.5	20	640
	5	77	18.5	Nd2+Pr0.5	2	20	610
	6	74.1	20	Nd1.4+Pr1.5	3	30	640
比較例	7	87.5	10	Nd2.5	-	20	610
	8	81	18.5	Nd0.5	-	15	540
	9	77.5	18.5	Nd4	-	30	680
	10	79	18.5	Nd2.5	-	2	620

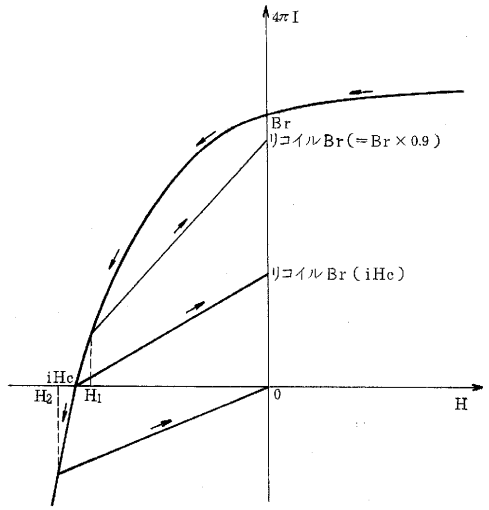
【００３５】

【表２】

		磁石特性				
		Br (kG)	iHc (kOe)	Br/4πIs	Br(iHc)/Br	H_1/H_2
本発明	1	15.2	2.0	0.9031	0.32	0.93
	2	14.8	2.1	0.8635	0.44	0.91
	3	13.7	2.4	0.8827	0.58	0.82
	4	13.5	2.7	0.8739	0.55	0.86
	5	13.3	2.8	0.8643	0.52	0.73
	6	13.1	2.9	0.8562	0.50	0.72
比較例	7	9.8	0.7	0.7241	0.35	0.94
	8	12.3	0.5	0.8136	0.22	0.98
	9	11.1	2.7	0.8229	0.78	0.52
	10	11.9	1.6	0.7714	0.75	0.84

【0036】
【発明の効果】
この発明は、ホウ素を15at%以上含む鉄基合金に、3at%未満のごく少量の希土類類と5at%以下のCoを添加した特定組成のFe-B-R-Co(RはPrまたはNdの1種または2種)の合金溶湯を回転ロール用いた特定条件の液体急冷法を採用することにより、90%以上アモルファス組織からなる均一な急冷組織を得、さらに結晶化が開始する温度付近から500℃～700℃の処理温度までの昇温速度が15℃/分～50℃/秒になる結晶化熱処理を施すことで、Fe_3B型化合物、および$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する化合物相を析出し、各構成相の平均結晶粒径が1nm～50nmの均一微細結晶集合体からなる等方性永久磁石粉末を得るもので、ホウ素が液体急冷時のアモルファス生成能を高め、1kOe以上のiHc、および13kG以上のBrを有するに必要な均一微細組織の生成に寄与し、希土類元素はiHcの発現に不可欠の$Nd_2Fe_{14}B$型結晶構造を有する硬磁性化合物相の析出に寄与し、Coは減磁曲線の角形比を改善しBrを向上することにより、減滋曲線の角形比がBr/4πIs≧0.85、磁気特性が2.9≧iHc≧1kOe、15.2≧Br≧13.1kG、である高い磁束密度を特徴とする等方性永久磁石粉末を得ることができる。
【００３７】
また、この発明は、高価な希土類元素及びＣｏの含有濃度が少なく、製造方法が簡単で大量生産に適しているため、アルニコ磁石や従来の希土類磁石より高い残留磁束密度Ｂｒをが要求される用途に対し、高磁束密度の等方性永久磁石を安価に安定して提供できる。
【図面の簡単な説明】
【図１】この発明の等方性永久磁石の磁気特性を評価するための減磁界のモデルを示すもので、リコイルBr(iHc)/Br比、減磁界H_1/H_2比を定義するための磁界Hと磁束密度Brとの関係を示すグラフである。

【図１】



フロントページの続き

合議体
審判長　松本　邦夫
審判官　山本　一正
審判官　橋本　武

(56)参考文献　特開平７－１８８７０４（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１３５９２８（ＪＰ，Ａ）
特開平４－２８４５８（ＪＰ，Ａ）