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

特許第3624704号
(P3624704)

(45)発行日　平成17年3月2日(2005.3.2)　(24)登録日　平成16年12月10日(2004.12.10)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
B22D 11/06	B22D	11/06	360B
B22D 11/106	B22D	11/106	B
C22C 1/02	C22C	1/02	501E
C22C 33/04	C22C	1/02	503H
C22C 38/00	C22C	33/04	Z

請求項の数 9　(全 27 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平10-217761
(22)出願日　平成10年7月31日(1998.7.31)
(65)公開番号　特開2000-42694(P2000-42694A)
(43)公開日　平成12年2月15日(2000.2.15)
審査請求日　平成14年11月18日(2002.11.18)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(72)発明者　新井　聖
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　中澤　登

最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁石材料の製造方法、磁石材料およびボンド磁石

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

雰囲気ガス中で、磁石材料の溶湯をノズルから射出し、前記ノズルに対し回転している冷却ロールの周面に衝突させ、冷却固化して、薄帯状の磁石材料を製造するに際し、前記ノズルから射出される溶湯の体積流量をＱ［mm3/sec］、得られる薄帯状の磁石材料の幅をｗ［mm］としたとき、下記式（Ｉ）、（II）および（III）を満足するように製造することを特徴とする磁石材料の製造方法。

$\ln w \leqq 0.3 \cdot \ln Q - 1.0$　・・・（Ｉ）

$\ln w \geqq 0.3 \cdot \ln Q - 2.9$　・・・（II）

$4.5 \leqq \ln Q \leqq 6.9$　・・・（III）

【請求項２】

前記冷却ロールの周速度が、１～６０ｍ／秒である請求項１に記載の磁石材料の製造方法。

【請求項３】

冷却ロールの回転に起因して発生する前記雰囲気ガスのガス流の、前記溶湯が衝突した部位におけるレイノルズ数を１０００以下とする請求項１または２に記載の磁石材料の製造方法。

【請求項４】

前記雰囲気ガスは、不活性ガスである請求項１ないし３のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【請求項５】
前記冷却ロールの回転に伴う冷却ロール周面の最大偏心量が、得られる薄帯状の磁石材料の平均厚さの２倍以下である請求項１ないし４のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。
【請求項６】
前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）を含む合金である請求項１ないし５のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。
【請求項７】
前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）とＴＭ（ただし、ＴＭは、遷移金属のうちの少なくとも１種）とＢを含む合金である請求項１ないし６のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。
【請求項８】
前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）とＴＭ（ただし、ＴＭは、遷移金属のうちの少なくとも１種）とＮを含む合金である請求項１ないし６のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。
【請求項９】
請求項１ないし８のいずれかに記載の磁石材料の製造方法により製造されたことを特徴とする薄帯状の磁石材料。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、磁石材料の製造方法、磁石材料およびボンド磁石に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
磁石材料として、希土類元素を含む合金で構成される希土類磁石材料は、高い磁気特性を有するため、モータ等に用いられた場合に、高性能を発揮する。
【０００３】
このような磁石材料は、例えば急冷薄帯製造装置を用いた急冷法により製造される。この製造方法は、次の通りである。
【０００４】
所定の合金組成の磁石材料（以下「合金」と言う）を溶融し、その溶湯を雰囲気ガス中でノズルから射出し、ノズルに対して回転している冷却ロールの周面に衝突させ、該周面と接触させることにより合金を急冷、凝固し、薄帯状（リボン状）の合金を連続的に形成する。この薄帯状の合金は、急冷薄帯と呼ばれ、速い冷却速度で凝固された結果、そのマクロ組織は、微細な多結晶が集合した状態となっており、優れた磁気特性を発揮する。
【０００５】
しかしながら、従来の製造方法では、次のような種々の要因で、磁気特性を低下させることがある。
【０００６】
■　冷却ロールの回転により、雰囲気ガスのガス流が生じるが、このガス流がパドル（＝ノズルから射出された溶湯が冷却ロールの周面に衝突した部位に生じる湯だまり）の側部に回り込み、その一部が冷却ロールの周面と急冷薄帯のロール面（冷却ロールの周面と接触する面）との間に侵入し、これが原因で、急冷薄帯のロール面にディンプル（凹部）、特に巨大ディンプルが生じる。
【０００７】
このディンプルが生じると、ディンプル部分においては、気体の介在により冷却ロールの周面との接触不良が生じ、冷却速度が低下して、急速な凝固が妨げられる。そのため、ディンプルが生じた部位では、合金の結晶粒径が粗大化し、磁気特性が低下する。
【０００８】
■　例えば、特開平５－６２８１３号公報に示されているように、ノズルから射出される溶湯の体積流量を多くすると、パドルが安定的に形成されず、揺らぎが大きくなり、その

結果、均一サイズの急冷薄帯が得られなくなる。これにより、急冷薄帯の各部で冷却速度にムラが生じ、結晶粒径が粗大化した部分（＝低磁気特性の部分）も形成されるので、全体として磁気特性が低下することとなる。

【０００９】

■　前記■の欠点を解消するために、ノズルから射出される溶湯の体積流量を少なくすると、生産性が低くなるとともに、溶湯流が途切れたり、溶湯がノズルを通過する際に温度低下の影響を受け易くなり、収率の低下、結晶粒径の粗大化やムラの発生が生じる。

【００１０】

以上のような低磁気特性の部分を含む急冷薄帯を用いて製造された永久磁石も、同様に磁気特性が低いものとなり、また、耐食性も低下する。

【００１１】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、高い磁気特性が得られ、収率の良い磁石材料の製造方法、磁石材料およびボンド磁石を提供することにある。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

このような目的は、下記の本発明（１）～（１４）により達成される。

【００１３】

（１）　雰囲気ガス中で、磁石材料の溶湯をノズルから射出し、前記ノズルに対し回転している冷却ロールの周面に衝突させ、冷却固化して、薄帯状の磁石材料を製造するに際し、

前記ノズルから射出される溶湯の体積流量をＱ［ｍｍ^3／ｓｅｃ　］、得られる薄帯状の磁石材料の幅をｗ［ｍｍ］としたとき、下記式（Ｉ）、（ＩＩ）および（ＩＩＩ）を満足するように製造することを特徴とする磁石材料の製造方法。

【００１４】

ｌｎｗ≦０．３・ｌｎＱ－１．０　・・・（Ｉ）

ｌｎｗ≧０．３・ｌｎＱ－２．９　・・・（ＩＩ）

４．５≦ｌｎＱ≦６．９　　・・・（ＩＩＩ）

（２）　前記冷却ロールの周速度が、１～６０ｍ／秒である上記（１）に記載の磁石材料の製造方法。

【００１５】

（３）　冷却ロールの回転に起因して発生する前記雰囲気ガスのガス流の、前記溶湯が衝突した部位におけるレイノルズ数を１０００以下とする上記（１）または（２）に記載の磁石材料の製造方法。

【００１６】

（４）　前記雰囲気ガスは、不活性ガスである上記（１）ないし（３）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【００１７】

（５）　前記冷却ロールの回転に伴う冷却ロール周面の最大偏心量が

、得られる薄帯状の磁石材料の平均厚さの２倍以下である上記（１）ないし（４）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【００１８】

（６）　前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）を含む合金である上記（１）ないし（５）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【００１９】

（７）　前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）とＴＭ（ただし、ＴＭは、遷移金属のうちの少なくとも１種）とＢを含む合金である上記（１）ないし（６）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【００２０】

（８）　前記磁石材料は、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１

種）とＴＭ（ただし、ＴＭは、遷移金属のうちの少なくとも１種）とＮを含む合金である上記（１）ないし（６）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法。

【００２１】

（９）　上記（１）ないし（８）のいずれかに記載の磁石材料の製造方法により製造されたことを特徴とする薄帯状の磁石材料。

【００２２】

（１０）　上記（９）に記載の磁石材料を粉砕して粉末状としたことを特徴とする粉末状の磁石材料。

【００２３】

（１１）　上記（１０）に記載の粉末状の磁石材料を結合樹脂で結合してなることを特徴とするボンド磁石。

【００２４】

（１２）　前記粉末状の磁石材料の含有量が８２～９９．５ｗｔ％である上記（１１）に記載のボンド磁石。

【００２５】

（１３）　保磁力ｉＨｃ　が０．３５ＭＡ／ｍ以上である上記（１１）または（１２）に記載のボンド磁石。

【００２６】

（１４）　磁気エネルギー積（ＢＨ）ｍａｘ　が５０ｋＪ／m^3　以上である上記（１１）ないし（１３）のいずれかに記載のボンド磁石。

【００２７】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の磁石材料の製造方法、磁石材料およびボンド磁石について、添付図面を参照しつつ詳細に説明する。

【００２８】

図１は、本発明の磁石材料を単ロール法により製造する装置（急冷薄帯製造装置）の構成例を示す斜視図、図２は、図１に示す装置における溶湯の冷却ロールへの衝突部位付近の状態を示す断面側面図である。

【００２９】

図１に示すように、急冷薄帯製造装置１は、磁石材料を収納し得る筒体２と、該筒体２に対し図中矢印Ａ方向に回転する冷却ロール５とを備えている。筒体２の下端には、磁石材料の溶湯を射出するノズル（オリフィス）３が形成されている。

【００３０】

また、筒体２のノズル３近傍の外周には、加熱用のコイル４が配置され、このコイル４に例えば高周波を印加することにより、筒体２内を加熱（誘導加熱）し、筒体２内の磁石材料を溶融状態にする。

【００３１】

冷却ロール５は、基部５１と、冷却ロール５の周面５３を形成する表面層５２とで構成されている。

【００３２】

基部５１は、例えば銅または銅系合金のような熱伝導率の高い金属材料で構成されているのが好ましく、表面層５２は、基部５１と同等の熱伝導率を有する金属材料か、または基部５１より熱伝導率が低い金属材料で構成されているのが好ましい。これにより、急冷薄帯８のロール面（冷却ロール５の周面５３と接触する面）８１側とフリー面（冷却ロール５の周面５３と接触しない側の面）８２側との冷却速度の差をより小さくすることができ、結晶粒径の均一化を図ることができる。

【００３３】

また、基部５１と、表面層５２とが同一材料で一体的に形成されていてもよい。

【００３４】

このような急冷薄帯製造装置１は、チャンバー（図示せず）内に設置され、該チャンバー

内に好ましくは不活性ガスやその他の雰囲気ガスが充填された状態で作動する。特に、急冷薄帯８の酸化を防止するために、雰囲気ガスは、不活性ガスであるのが好ましい。

【００３５】

不活性ガスとしては、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス、窒素ガス等が挙げられる。また、雰囲気ガスの圧力は、特に限定されず、減圧下であってもよい。

【００３６】

急冷薄帯製造装置１では、筒体２内に磁石材料を入れ、コイル４により加熱して溶融し、その溶湯６をノズル３から射出すると、図２に示すように、溶湯６は、冷却ロール５の周面５３に衝突し、パドル（湯溜り）７を形成した後、回転する冷却ロール５の周面５３に引きずられつつ急速に冷却されて凝固し、急冷薄帯８が連続的または断続的に形成される。このようにして形成された急冷薄帯８は、やがて、そのロール面８１が周面５３から離れ、図１中の矢印Ｂ方向に進行する。なお、図２中、溶湯の凝固界面７１を点線で示す。

【００３７】

本発明では、ノズル３から射出される溶湯６の体積流量をＱ［mm^3／ｓｅｃ］、得られる急冷薄帯８の幅をｗ［ｍｍ］としたとき、下記式（Ｉ）、（ＩＩ）および（ＩＩＩ）を満足するように急冷薄帯８を製造する。なお、式（Ｉ）、（ＩＩ）中、ｌｎは自然対数を表す。

【００３８】

ｌｎｗ≦０．３・ｌｎＱ－１．０　・・・（Ｉ）

ｌｎｗ≧０．３・ｌｎＱ－２．９　・・・（ＩＩ）

４．５≦ｌｎＱ≦６．９　　・・・（ＩＩＩ）

換言すれば、図３に示すように、ｌｎＱをｘ、ｌｎｗをｙとしたとき、このｘ、ｙ座標において、

ｙ＝０．３ｘ－１　（式（Ｉ）に対応）、

ｙ＝０．３ｘ－２．９　（式（ＩＩ）に対応）、

ｘ＝４．５　（式（ＩＩＩ）に対応）、および

ｘ＝６．９　（式（ＩＩＩ）に対応）

の４つの直線で囲まれる範囲（図３中斜線を付した範囲）内の条件で製造する。

【００３９】

以下、上記の限定理由を説明する。

【００４０】

１）ｙ＝０．３ｘ－１

図３のｘ、ｙ座標において、直線ｙ＝０．３ｘ－１より上方にプロットされる条件で急冷薄帯を製造すると、冷却ロール５の回転に伴い生じた雰囲気ガスのガス流（ガス粘性流）１０が、冷却ロール５の周面５３と急冷薄帯８のロール面８１との間に侵入し、これが原因でロール面８１にディンプル、特に巨大ディンプル１３（以下、これを総称して「ロール面欠陥」と言う）がより多く形成される。これにより、周面５３との接触不良が生じ、熱伝達が阻害され、冷却速度が低下するので、急冷薄帯８は、ロール面欠陥の部分において、結晶粒の粗大化が生じ、磁気特性（磁束密度、保磁力、角型性等）が低下する。また、このようなロール面欠陥を多く含む急冷薄帯８から得られた磁石粉末を用いてボンド磁石を製造した場合、そのような磁石粉末は、結合樹脂との結合性（結合樹脂の濡れ性）が悪く、そのため、このボンド磁石は、機械的強度が低く、熱安定性（耐熱性）や耐食性が劣るものとなる。

【００４１】

２）ｙ＝０．３ｘ－２．９

図３のｘ、ｙ座標において、直線ｙ＝０．３ｘ－２．９より下方にプロットされる条件で急冷薄帯を製造すると、急冷薄帯８の幅ｗが狭くなり、相対的に急冷薄帯８の厚さｔが増大する。これにより、ロール面８１側とフリー面８２側との冷却速度の差が大きくなり、この差は結晶粒径粒の差として現れる。従って、急冷薄帯８の厚さ方向で磁気特性にバラツキが生じ、この急冷薄帯８を粉末とした場合に、全体として磁気特性が低いものとなる

。
【００４２】
３）ｘ＝４．５
図３のｘ、ｙ座標において、直線ｘ＝４．５より左方にプロットされる条件で急冷薄帯を製造すると、体積流量Ｑが少なくなり過ぎ、生産性（製造効率）が低下する。また、溶湯６の流れが途切れたり、溶湯６がノズル３を通過する際に温度低下の影響を受け易くなり、収率が低下する。そのため、ノズル３から射出される溶湯６の温度低下を防ぐための手段を講じる必要が生じる。
【００４３】
４）ｘ＝６．９
図３のｘ、ｙ座標において、直線ｘ＝６．９より右方にプロットされる条件で急冷薄帯を製造すると、体積流量Ｑが多くなり過ぎ、パドル７が安定的に形成されず、揺らぎが大きくなる。その結果、均一サイズで均質な急冷薄帯８の製造が困難となる。また、極端な場合には、薄帯を形成できず、ロール面５３に衝突した溶湯６が粒状物となって飛散してしまい、急冷薄帯８の収率が著しく低下する。なお、粒状物となって飛散したものは、冷却ロール５で十分に急冷されていないため、磁気特性は非常に低く、使用に適さない。
【００４４】
以上の理由から、式（Ｉ）、（ＩＩ）および（ＩＩＩ）を満足する条件で急冷薄帯８を製造することにより、高磁気特性の磁石材料を高い生産性、高い収率で製造することができる。そして、このような磁石材料を用いて永久磁石、特にボンド磁石を製造した場合、磁気特性が優れ、信頼性の高い磁石が得られる。
【００４５】
なお、急冷薄帯８の製造時における冷却ロール５の周速度は、特に限定されず、溶湯の合金組成、周面５３の状態等によりその好適な範囲が異なるが、通常、１～６０ｍ／秒であるのが好ましく、５～４０ｍ／秒であるのがより好ましい。冷却ロール５の周速度が遅すぎると、結晶粒径が増大する傾向となり、逆に冷却ロール５の周速度が速すぎると、非晶質となり易く、いずれの場合にも、磁気特性が低下する。
【００４６】
急冷薄帯製造装置１を用いた急冷薄帯の製造においては、冷却ロール５の回転に起因して、パドル７の周辺（溶湯６が周面５３に衝突した部位）に雰囲気ガスのガス流１０が発生する。本発明では、このガス流１０のレイノルズ数（Ｒｅ）を１０００以下とするのが好ましく、９００以下とするのがより好ましく、１０～７００程度とするのがさらに好ましい。
【００４７】
レイノルズ数を前記上限値以下とすることにより、パドル７周辺のガス流１０の乱れが少なくなり、冷却ロール５の周面５３と急冷薄帯８のロール面８１との間へのガス流の侵入が抑制され、ロール面欠陥の発生がさらに少なくなる。これにより、急冷薄帯８は、速い冷却速度で冷却され、結晶粒の粗大化が防止され、よって、磁気特性が向上する。
【００４８】
その結果、このような急冷薄帯８から得られた磁石粉末を用いてボンド磁石を製造した場合、高機械的強度で、耐熱性、耐食性に優れるボンド磁石が得られる。
【００４９】
以下、前記レイノルズ数の定義について説明する。
【００５０】
本明細書におけるレイノルズ数（Ｒｅ）は、物体の代表寸法として急冷薄帯８の幅（パドル７の幅）を考慮した値であり、次式（ＩＶ）で表わされる。
【００５１】
【数１】

$$Re = \frac{v \cdot w}{\nu} \quad \cdots \quad IV$$

【００５２】
ここで、式（ＩＶ）中、ｖは雰囲気ガス（ガス流１０）の流速、ｗは雰囲気ガスを遮る物体である急冷薄帯８（＝パドル７）の幅、νは雰囲気ガスの動粘性係数である。ｖは例えば流れの可視化により求めることができる。
【００５３】
さらに、雰囲気ガスを理想気体近似すること等から、レイノルズ数（Ｒｅ）は、次式（Ｖ）で表わすことができる。
【００５４】
【数２】

$$Re = \left[\frac{v \cdot w \cdot P}{R \cdot T} \right] \cdot \left[\frac{M}{\eta} \right] \quad \cdots \quad V$$

【００５５】
ここで、式（Ｖ）中、Ｍは雰囲気ガスの分子量、ηは雰囲気ガスの粘性係数、Ｔは雰囲気ガスの温度［Ｋ］、Ｐは雰囲気ガスの圧力［Ｐａ］、Ｒは気体定数である。
【００５６】
なお、雰囲気ガスが不活性ガスである場合、そのガスの種類によって前記レイノルズ数は変わる。これは他のパラメータが全く同一でも、式（Ｖ）中のＭ／ηが異なるためである。例えばアルゴンガスとヘリウムガスを比較すると、アルゴンガスのＭ／ηはほぼ１８００であり、ヘリウムガスのＭ／ηはほぼ２００であり、Ｍ／ηはヘリウムガスの方が圧倒的に小さい。従って、ヘリウムガスを用いることにより、レイノルズ数を小さくし易いという利点を有している。換言すれば、雰囲気ガスとしてヘリウムガスを用いることにより、レイノルズ数を１０００以下とする上で、他の条件の許容範囲をより広くとること（例えば、式（Ｖ）中のｖ、ｗ、Ｐをより大きく設定すること）ができるという利点がある。
【００５７】
ところで、急冷薄帯製造装置１においては、冷却ロール５自体の寸法精度（真円度）や、冷却ロール５の軸受けに対する取り付け精度等から、冷却ロール５が回転するに際し、図４に示すように、若干の偏心（軸振れ）が生じる。この偏心が大きいと、パドル７における溶融合金の表面や凝固界面７１が振動し、得られた急冷薄帯８の寸法（幅ｗ、厚さｔ）に変動が生じたり、急冷薄帯８のロール面８１が冷却ロール５の周面５３と接触している時間に変動が生じたりする。さらに、ロール面欠陥の発生率も高まる。その結果、急冷薄

帯８の冷却速度等が変動し、磁気特性にバラツキが生じる。そして、このような急冷薄帯８から得られた磁石粉末やそれを用いたボンド磁石は、磁気特性が低下する。

【００５８】

このようなことを防止するために、本発明では、冷却ロール５の回転に伴う冷却ロール５の周面５３の最大偏心量ΔＲ（図４参照）を、得られる急冷薄帯８の厚さ（平均厚さ）ｔの２倍以下とするのが好ましく、１．５倍以下とするのがより好ましく、１倍以下とするのがさらに好ましい。これにより、得られた急冷薄帯８の磁気特性をより均一にすることができる。そして、これより製造されたボンド磁石の磁気特性をさらに高めることができる。

【００５９】

特に、本発明では、このような最大偏心量ΔＲを規定することと、前述した式（Ｉ）、（ＩＩ）および（ＩＩＩ）を満足することと、前述したレイノルズ数を規定することとの相乗効果により、優れた磁気特性を発揮するものである。

【００６０】

ここで、最大偏心量ΔＲの下限値は、特に限定されないが、冷却ロール５の周面５３の加工精度の限界や、冷却ロール５を支持する軸受けの精度の限界から、０．１μｍ　程度とすることができる。

【００６１】

なお、最大偏心量ΔＲは、例えば、レーザ変位計、静電式変位計、精密ゲージ等の精密寸法測定機器により測定することができる。

【００６２】

本発明における磁石材料としては、Ｒ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）を含む合金、特にＲ（ただし、Ｒは、Ｙを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）とＴＭ（ただし、ＴＭは、遷移金属のうちの少なくとも１種）とＢとを含む合金のような希土類磁石材料が挙げられ、次の［１］～［４］の組成のものが好ましい。

【００６３】

［１］　Ｓｍを主とする希土類元素と、Ｃｏを主とする遷移金属とを基本成分とするもの（以下、Ｓｍ－Ｃｏ系合金と言う）。

【００６４】

［２］　Ｒ（ただし、ＲはＹを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）と、Ｆｅを主とする遷移金属と、Ｂとを基本成分とするもの（以下、Ｒ－Ｆｅ－Ｂ系合金と言う）。

【００６５】

［３］　Ｓｍを主とする希土類元素と、Ｆｅを主とする遷移金属と、Ｎを主とする格子間元素とを基本成分とするもの（以下、Ｓｍ－Ｆｅ－Ｎ系合金と言う）。

【００６６】

［４］　Ｒ（ただし、ＲはＹを含む希土類元素のうちの少なくとも１種）とＦｅ等の遷移金属とを基本成分とし、ナノメーターレベルで磁性相を有するもの（ナノ結晶磁石）。

【００６７】

Ｓｍ－Ｃｏ系合金の代表的なものとしては、$SmCo_5$　、Sm_2TM_{17}（ただしＴＭは、遷移金属）が挙げられる。

【００６８】

Ｒ－Ｆｅ－Ｂ系合金の代表的なものとしては、Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ系合金、Ｐｒ－Ｆｅ－Ｂ系合金、Ｎｄ－Ｐｒ－Ｆｅ－Ｂ系合金、Ｃｅ－Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ系合金、Ｃｅ－Ｐｒ－Ｎｄ－Ｆｅ－Ｂ系合金、これらにおけるＦｅの一部をＣｏ、Ｎｉ等の他の遷移金属で置換したもの等が挙げられる。

【００６９】

Ｓｍ－Ｆｅ－Ｎ系合金の代表的なものとしては、Sm_2Fe_{17}合金を窒化して作製した$Sm_2Fe_{17}N_3$　が挙げられる。

【００７０】

前記希土類元素としては、Ｙ、Ｌａ、Ｃｅ、Ｐｒ、Ｎｄ、Ｐｍ、Ｓｍ、Ｅｕ、Ｇｄ、Ｔｂ

、Ｄｙ、Ｈｏ、Ｅｒ、Ｔｍ、Ｙｂ、Ｌｕ、ミッシュメタルが挙げられ、これらを１種または２種以上含むことができる。また、前記遷移金属としては、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ等が挙げられ、これらを１種または２種以上含むことができる。また、磁気特性を向上させるために、磁石材料中には、必要に応じ、Ｂ、Ａｌ、Ｃｕ、Ｇａ、Ｓｉ、Ｔｉ、Ｖ、Ｔａ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｈｆ、Ａｇ、Ｚｎ、Ｐ、Ｇｅ等を含有することもできる。

【００７１】

以上のような製造方法により得られる本発明の急冷薄帯（薄帯状の磁石材料）８は、ロール面８１において、巨大ディンプル等のロール面欠陥の発生が抑制される。例えば、ロール面８１において、面積が２０００μｍ^{2}以上の巨大ディンプル１３の占める面積率を１２％以下とすることができる。

【００７２】

また、急冷薄帯８は、例えば、平均結晶粒径を５０ｎｍ以下とすること、特に３０ｎｍ以下とすることができる。

【００７３】

以上のような急冷薄帯８を粉砕することにより、本発明の粉末状の磁石材料（磁石粉末）が得られる。

【００７４】

粉砕の方法は、特に限定されず、例えばボールミル、振動ミル、ジェットミル、ピンミル等の各種粉砕装置、破砕装置を用いて行うことができる。この場合、粉砕は、酸化を防止するために、真空または減圧状態下（例えば１×１０$^{-1}$～１×１０$^{-6}$　Ｔｏｒｒ）、あるいは窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガス中のような、非酸化性雰囲気中で行うこともできる。

【００７５】

このような磁石粉末は、同一組成のもののみならず、異なる２種以上の組成の磁石粉末を混合したものでもよい。例えば、前記［１］～［４］の組成のもののうち、少なくとも２種を混合したものが挙げられる。この場合、混合する各磁石粉末の利点を併有することができ、より優れた磁気特性を容易に得ることができる。

【００７６】

また、磁石粉末の平均粒径は、特に限定されないが、後述するボンド磁石を製造用のものの場合、０．５～６０μｍ　程度が好ましく、１～４０μｍ　程度がより好ましい。また、後述するような少量の結合樹脂で成形時の良好な成形性を得るために、磁石粉末の粒径分布は、ある程度分散されている（バラツキがある）のが好ましい。これにより、得られたボンド磁石の空孔率を低減することができ、ボンド磁石の機械的強度をより高め、磁気特性をさらに向上することができる。

【００７７】

なお、異なる２種以上の組成の磁石粉末を混合したものの場合、混合する磁石粉末の組成毎に、その平均粒径が異なっていてもよい。また、このような混合粉末の場合、異なる２種以上の組成の磁石粉末のうちの少なくとも１種が前述した本発明の方法により製造されたものであればよい。

【００７８】

また、本発明の粉末状の磁石材料は、ボンド磁石の製造に用いるものに限定されず、例えば、焼結磁石の製造に用いるものであってもよい。

【００７９】

次に、本発明のボンド磁石について説明する。

【００８０】

本発明のボンド磁石は、前述の磁石粉末を結合樹脂で結合してなるものである。

【００８１】

結合樹脂（バインダー）としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれでもよい。

【００８２】

熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド（例：ナイロン６、ナイロン４６、ナイロン

６６、ナイロン６１０、ナイロン６１２、ナイロン１１、ナイロン１２、ナイロン６－１２、ナイロン６－６６）、熱可塑性ポリイミド、芳香族ポリエステル等の液晶ポリマー、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン－酢酸ビニル共重合体等のポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート等のポリエステル、ポリエーテル、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアセタール等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのうちの１種または２種以上を混合して用いることができる。

【００８３】

これらのうちでも、成形性が特に優れており、機械的強度が高いことから、ポリアミド、耐熱性向上の点から、液晶ポリマー、ポリフェニレンサルファイドを主とするものが好ましい。また、これらの熱可塑性樹脂は、磁石粉末との混練性にも優れている。

【００８４】

このような熱可塑性樹脂は、その種類、共重合化等により、例えば成形性を重視したものや、耐熱性、機械的強度を重視したものというように、広範囲の選択が可能となるという利点がある。

【００８５】

一方、熱硬化性樹脂としては、例えば、ビスフェノール型、ノボラック型、ナフタレン系等の各種エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル（不飽和ポリエステル）樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、ポリウレタン樹脂等が挙げられ、これらのうちの１種または２種以上を混合して用いることができる。

【００８６】

これらのうちでも、成形性が特に優れており、機械的強度が高く、耐熱性に優れるという点から、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂が好ましく、エポキシ樹脂が特に好ましい。また、これらの熱硬化性樹脂は、磁石粉末との混練性、混練の均一性にも優れている。

【００８７】

なお、使用される熱硬化性樹脂（未硬化）は、室温で液状のものでも、固形（粉末状）のものでもよい。

【００８８】

このような本発明のボンド磁石は、例えば次のようにして製造される。磁石粉末と、結合樹脂と、必要に応じ添加剤（酸化防止剤、潤滑剤等）とを含むボンド磁石用組成物（コンパウンド）を製造し、このボンド磁石用組成物を用いて、圧縮成形、押出成形、射出成形等の方法により、磁場中または無磁場中で所望の磁石形状に成形する。結合樹脂が熱硬化性樹脂の場合には、成形後、加熱等によりそれを硬化する。

【００８９】

ボンド磁石中の磁石粉末の含有量は、８２～９９．５ｗｔ％程度であるのが好ましく、９０～９９ｗｔ％程度であるのがより好ましい。特に、ボンド磁石が圧縮成形により製造されたものの場合には、磁石粉末の含有量は、９３～９９．５ｗｔ％程度であるのが好ましく、９５～９９ｗｔ％程度であるのがより好ましい。

【００９０】

磁石粉末の含有量が少なすぎると、磁石粉末の持つ高い磁気特性を生かすことができず、ボンド磁石の磁気特性（特に磁気エネルギー積）の向上が十分に図れない。また、磁石粉末の含有量が多すぎると、相対的に結合樹脂の含有量が少なくなり、成形性が低下する。

【００９１】

このような本発明のボンド磁石は、その原材料となる前述した急冷薄帯８の特性や、ボンド磁石の製造条件、ボンド磁石中に含まれる磁石粉末の含有量の多さ等から、優れた磁気特性を発揮する。

【００９２】

すなわち、本発明のボンド磁石は、保磁力ｉＨｃ　が好ましくは０．３５ＭＡ／ｍ以上、

より好ましくは０．５０ＭＡ／ｍ以上である。
【００９３】
また、本発明のボンド磁石、特に無磁場中で成形されたボンド磁石は、磁気エネルギー積（ＢＨ）ｍａｘ が好ましくは５０ｋＪ／ｍ^3 以上、より好ましくは７０ｋＪ／ｍ^3 以上である。
【００９４】
本発明のボンド磁石の形状、寸法等は特に限定されず、例えば、形状に関しては、例えば、円柱状、角柱状、円筒状（リング状）、円弧状、平板状、湾曲板状等のあらゆる形状のものが可能であり、その大きさも、大型のものから超小型のものまであらゆる大きさのものが可能である。
【００９５】
【実施例】
以下、本発明の具体的実施例について説明する。
【００９６】
（実施例１）
純度９９．９％以上のＮｄ、Ｆｅ、Ｃｏの各金属と、Ｆｅ－Ｂ合金とを原料として、合金組成が$Nd_{13}Fe_{bal.}Co_6B_{5.5}$（組成Ａ）で表わされる母合金インゴットを鋳造した。このインゴットから約１５ｇのサンプルを切り出した。
【００９７】
図１に示す構成の急冷薄帯製造装置１を用意し、底部にノズル（円孔オリフィス）を設けた石英管内に前記サンプルを入れた。急冷薄帯製造装置１が収納されているチャンバー内を脱気してから不活性ガス（アルゴンガス、ヘリウムガス）を導入し、所望の温度Ｔおよび圧力Ｐの雰囲気とした。
【００９８】
その後、石英管内のインゴットサンプルを高周波誘導加熱により溶融し、この溶湯を、回転する直径２００ｍｍ、幅２０ｍｍの冷却ロールの周面に向けて、石英管の内圧と雰囲気圧との差圧により噴射し、組成Ａの合金の急冷薄帯を得た。なお、冷却ロールの表面層は、銅製（厚さ５ｍｍ）のものとした。
【００９９】
また、冷却ロールの回転による冷却ロール周面の最大偏心量ΔＲをレーザ変位計により測定したところ、ΔＲ＝１０μｍ であった。
【０１００】
またこの時、チャンバー内にセットした温度センサー（熱電対）により雰囲気温度Ｔを測定した。
【０１０１】
冷却ロールの回転数（周速）、オリフィス径および噴射圧（差圧）等の条件を種々変更して、下記表１に示す９個の試料Ａ１～Ａ９の急冷薄帯を製造した。また、ΔＲ＝５０μｍ（＞２ｔ）である以外は同様の冷却ロールに交換し、試料Ａ９とほぼ同様の条件で試料Ａ１０の急冷薄帯を製造した。
【０１０２】
各試料Ａ１～Ａ１０について、急冷薄帯の幅ｗ、急冷薄帯の厚さｔ、体積流量Ｑおよび急冷薄帯の幅ｗにおける（ｌｎＱ，ｌｎｗ）、およびパドル付近の雰囲気ガスのレイノルズ数Ｒｅは、下記表１に示す通りである。また、（ｘ，ｙ）＝（ｌｎＱ，ｌｎｗ）を図５中にプロットした。
【０１０３】
なお、各急冷薄帯の幅ｗは、マイクロスコープにより１試料につき５点以上の測定点で測定し、これを平均した値とした。また、急冷薄帯の厚さｔは、急冷薄帯の横断面積を測定し、その値を幅ｗで除して求めた。
【０１０４】
次に、試料Ａ１～Ａ１０の各急冷薄帯について、以下の項目を評価した。その結果を下記

表２に示す。

【０１０５】

＜ロール面欠陥＞

各急冷薄帯について、ロール面を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で観察し、さらに画像解析を行った。画像解析の結果より、ロール面に対する面積２０００μｍ^{2}以上の巨大ディンプル（以下単に「巨大ディンプル」と言う）の占める面積率を算出し、この面積率が少ないものから順に、ロール面欠陥の有無を４段階で評価した。

【０１０６】

◎：面積率が０％以上４％未満

○：面積率が４％以上８％未満

△：面積率が８％以上１５％未満

×：面積率が１５％以上

＜平均結晶粒径＞

各急冷薄帯について、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ）による組織観察を行い、その結果から、画像処理等の方法により、平均結晶粒径を求めた。

【０１０７】

＜磁気特性＞

磁気特性として、保磁力ｉＨｃ　および磁気エネルギー積（ＢＨ）ｍａｘ　を測定した。測定には、振動試料型磁力計（ＶＳＭ）を用いた。

【０１０８】

＜収率＞

急冷薄帯の収率を求めた。その方法は、チャンバー内の急冷薄帯飛行方向の前方に急冷薄帯の回収室を設け、噴射終了後、その回収室に回収された急冷薄帯の総重量を測定し、この総重量の投入インゴット重量に対する比率を求めて収率（％）とした。

【０１０９】

【表１】

表 1

（実施例１）

試料No.	雰囲気ガス種	雰囲気ガス温度T (℃)	雰囲気圧P (kPa)	ΔR (μm)	急冷薄帯の幅w (mm)	急冷薄帯の厚さt (μm)	lnQ, lnw	レイノルズ数Re	備考
A1	ヘリウム	20	85	10	1.4	23.1	4.6, 0.35	30	本発明
A2	ヘリウム	18	49	10	2.7	30.9	6.8, 1.0	120	本発明
A3	アルゴン	24	148	10	0.22	20.1	4.7, −1.5	590	本発明
A4	アルゴン	27	76	10	0.78	22.3	5.8, −0.25	800	本発明
A5	アルゴン	26	42	10	0.45	29.3	6.9, −0.8	980	本発明
A6	アルゴン	23	83	10	0.55	21.1	4.4, −0.6	240	比較例
A7	アルゴン	24	65	10	0.30	23.6	5.7, −1.3	600	比較例
A8	アルゴン	20	40	10	1.1	30.0	7.0, 0.12	1080	比較例
A9	アルゴン	22	95	10	2.1	20.8	5.6, 0.72	950	比較例
A10	アルゴン	25	94	50	2.1	21.0	5.7, 0.75	980	比較例

【０１１０】
【表２】

表２　（実施例１）

試料No.	ロール面欠陥	平均結晶粒径 (nm)	iHc (MA/m)	(BH)max (kJ/m³)	収率 (%)	備考
A1	◎	19	0.83	131	89	本発明
A2	◎	20	0.85	129	90	本発明
A3	◎	25	0.79	126	85	本発明
A4	○	27	0.78	121	83	本発明
A5	△～○	38	0.73	115	87	本発明
A6	◎	19	0.33	48	48	比較例
A7	◎	22	0.21	35	53	比較例
A8	×	58	0.45	56	37	比較例
A9	△	54	0.52	65	56	比較例
A10	×	62	0.34	42	40	比較例

【０１１１】
表２および図５からわかるように、試料Ａ１～Ａ５の各急冷薄帯（本発明）では、いずれも、ロール面欠陥が少なく、結晶粒の微細化が図れ、その結果、高い磁気特性が得られている。特にレイノルズ数が小さいものは、この効果がより顕著に発揮されている。また、試料Ａ１～Ａ５の各急冷薄帯（本発明）は、いずれも、収率が高く、高い生産性を有することがわかる。

【０１１２】
これに対し、試料Ａ６～Ａ１０の各急冷薄帯（比較例）は、試料Ａ１～Ａ５に比べ、磁気特性が劣り、また、収率も低い。特に、冷却ロール周面の最大偏心量ΔＲが大きい試料Ａ１０は、試料Ａ９に比べ、磁気特性がさらに低下している。
【０１１３】
（実施例２）
合金組成が$Nd_6Pr_3Fe_{bal}.Co_6Al_1Ga_{0.5}B_{6.5}$（組成Ｂ）で表わされる母合金インゴットを鋳造し、このインゴットから切り出したサンプルを用いるとともに、ΔＲ＝１５μｍ、６０μｍの冷却ロールを用いた以外は、実施例１と同様にして、試料Ｂ１～Ｂ１０の１０種の急冷薄帯を製造した。
【０１１４】
各試料Ｂ１～Ｂ１０について、急冷薄帯の幅ｗ、急冷薄帯の厚さｔ、体積流量Ｑおよび急冷薄帯の幅ｗにおける（ｌｎＱ，ｌｎｗ）、およびパドル付近の雰囲気ガスのガスのレイノルズ数Ｒｅは、下記表３に示す通りである。また、（ｘ，ｙ）＝（ｌｎＱ，ｌｎｗ）を図６中にプロットした。
【０１１５】
次に、試料Ｂ１～Ｂ１０の各急冷薄帯について、前記実施例１と同じ項目を評価した。その結果を下記表４に示す。
【０１１６】
【表３】

（実施例２）

表３

試料No.	雰囲気ガス種	雰囲気ガス温度T (℃)	雰囲気圧P (kPa)	ΔR (μm)	急冷薄帯の幅w (mm)	急冷薄帯の厚さt (μm)	lnQ, lnw	レイノルズ数Re	備考
B1	ヘリウム	21	86	15	1.4	23.3	4.6, 0.34	30	本発明
B2	ヘリウム	19	51	15	2.6	30.7	6.8, 0.95	120	本発明
B3	アルゴン	23	147	15	0.22	20.2	4.7, −1.5	590	本発明
B4	アルゴン	26	74	15	0.74	22.4	5.6, −0.30	800	本発明
B5	アルゴン	27	43	15	0.44	29.5	6.8, −0.81	980	本発明
B6	アルゴン	22	84	15	0.50	21.0	4.3, −0.7	240	比較例
B7	アルゴン	25	66	15	0.30	23.5	5.7, −1.4	600	比較例
B8	アルゴン	21	41	15	1.1	30.3	7.0, 0.10	1080	比較例
B9	アルゴン	21	94	15	2.2	20.0	5.8, 0.78	950	比較例
B10	アルゴン	24	95	60	2.1	20.8	5.7, 0.75	980	比較例

【０１１７】
【表４】

表４　（実施例２）

試料No.	ロール面欠陥	平均結晶粒径 (nm)	iHc (MA/m)	(BH)max (kJ/m³)	収率 (%)	備考
B1	◎	18	0.54	150	92	本発明
B2	◎	20	0.53	146	89	本発明
B3	◎	23	0.55	142	89	本発明
B4	○	27	0.48	135	85	本発明
B5	△～○	36	0.45	130	81	本発明
B6	◎	20	0.03	15	39	比較例
B7	◎	23	0.10	23	48	比較例
B8	×	60	0.25	61	38	比較例
B9	△	55	0.21	70	55	比較例
B10	×	67	0.10	35	41	比較例

【０１１８】
表４および図６からわかるように、試料Ｂ１～Ｂ５の各急冷薄帯（本発明）では、いずれも、ロール面欠陥が少なく、結晶粒の微細化が図れ、その結果、高い磁気特性が得られている。特にレイノルズ数が小さいものは、この効果がより顕著に発揮されている。また、試料Ｂ１～Ｂ５の各急冷薄帯（本発明）は、いずれも、収率が高く、高い生産性を有することがわかる。

【０１１９】
これに対し、試料Ｂ６～Ｂ１０の各急冷薄帯（比較例）は、試料Ｂ１～Ｂ５に比べ、磁気特性が劣り、また、収率も低い。特に、冷却ロール周面の最大偏心量ΔＲが大きい試料Ｂ１０は、試料Ｂ９に比べ、磁気特性がさらに低下している。
【０１２０】
（実施例３）
合金組成がSm_8　Zr_3　$Fe_{74}Co_{15}$（組成Ｃ）で表わされる母合金インゴットを鋳造し、このインゴットから切り出したサンプルを用いるとともに、ΔＲ＝１５μｍ、６０μｍ　の冷却ロールを用いた以外は、実施例１と同様にして、試料Ｃ１～Ｃ１０の１０種の急冷薄帯を製造した。
【０１２１】
各試料Ｃ１～Ｃ１０について、急冷薄帯の幅ｗ、急冷薄帯の厚さｔ、体積流量Ｑおよび急冷薄帯の幅ｗにおける（ｌｎＱ，ｌｎｗ）、およびパドル付近の雰囲気ガスのガスのレイノルズ数Ｒｅは、下記表５に示す通りである。また、（ｘ，ｙ）＝（ｌｎＱ，ｌｎｗ）を図７中にプロットした。
【０１２２】
次に、試料Ｃ１～Ｃ１０の各急冷薄帯について、前記実施例１と同じ項目を評価した。その結果を下記表６に示す。
【０１２３】
【表５】

表 5

（実施例３）

試料No.	雰囲気ガス種	雰囲気ガス温度T (℃)	雰囲気圧P (kPa)	ΔR (μm)	急冷薄帯の幅w (mm)	急冷薄帯の厚さt (μm)	lnQ，lnw	レイノルズ数Re	備考
C1	ヘリウム	19	84	15	1.4	24.0	4.7，0.35	30	本発明
C2	ヘリウム	20	50	15	2.6	29.8	6.7，0.95	120	本発明
C3	アルゴン	25	146	15	0.25	19.8	4.6，−1.4	590	本発明
C4	アルゴン	28	75	15	0.70	23.0	5.9，−0.35	800	本発明
C5	アルゴン	25	41	15	0.47	29.2	6.7，−0.75	980	本発明
C6	アルゴン	24	85	15	0.45	21.3	4.3，−0.80	240	比較例
C7	アルゴン	23	64	15	0.27	24.0	5.8，−1.3	600	比較例
C8	アルゴン	19	39	15	1.1	30.0	7.1，0.08	1080	比較例
C9	アルゴン	23	96	15	2.2	20.4	5.7，0.77	950	比較例
C10	アルゴン	24	93	60	2.1	20.9	5.6，0.75	980	比較例

【０１２４】
【表６】

表６　（実施例３）

試料No.	ロール面欠陥	平均結晶粒径 (nm)	iHc (MA/m)	(BH)max (kJ/m³)	収率 (%)	備考
C1	◎	19	0.75	123	86	本発明
C2	◎	21	0.71	120	85	本発明
C3	◎	24	0.73	121	83	本発明
C4	○	28	0.67	115	82	本発明
C5	△～○	37	0.63	104	80	本発明
C6	◎	22	0.04	18	43	比較例
C7	◎	21	0.09	25	49	比較例
C8	×	64	0.34	55	40	比較例
C9	△	54	0.37	61	52	比較例
C10	×	69	0.18	29	38	比較例

【０１２５】
表６および図７からわかるように、試料Ｃ１～Ｃ５の各急冷薄帯（本発明）では、いずれも、ロール面欠陥が少なく、結晶粒の微細化が図れ、その結果、高い磁気特性が得られている。特にレイノルズ数が小さいものは、この効果がより顕著に発揮されている。また、試料Ｃ１～Ｃ５の各急冷薄帯（本発明）は、いずれも、収率が高く、高い生産性を有することがわかる。

【０１２６】
これに対し、試料Ｃ６～Ｃ１０の各急冷薄帯（比較例）は、試料Ｃ１～Ｃ５に比べ、磁気特性が劣り、また、収率も低い。特に、冷却ロール周面の最大偏心量ΔＲが大きい試料Ｃ１０は、試料Ｃ９に比べ、磁気特性がさらに低下している。
【０１２７】
（実施例４）
次に、試料Ａ３、Ａ５、Ａ１０、Ｂ３、Ｂ５、Ｂ１０、Ｃ３、Ｃ５、Ｃ１０の各急冷薄帯を粉砕機（ライカイ機）により不活性ガス中で粉砕して、平均粒径が１５μｍ（組成Ａ）、２０μｍ（組成Ｂ）、１２μｍ（組成Ｃ）の磁石粉末とし、この磁石粉末のうちの１種または２種以上（組み合わせは表８中に記載）と、エポキシ樹脂１．５～２．５ｗｔ％と、ヒドラジン系酸化防止剤０．１５ｗｔ％と、ステアリン酸塩（潤滑剤）０．０５ｗｔ％とを混合し、この混合物を十分に混練（１２０℃×１０分）して、ボンド磁石用組成物（コンパウンド）を作製した。
【０１２８】
次いで、このコンパウンドを粉砕して粒状とし、この粒状物を秤量してプレス装置の金型内に充填し、材料温度１３０℃、圧力６ｔｏｎ／ｃｍ^2　で圧縮成形（無磁場中）して成形体を得た。離型後、エポキシ樹脂を加熱硬化させて、直径１０ｍｍ×高さ７ｍｍの円柱状のボンド磁石（試料Ｄ１～Ｄ１５）を得た。
【０１２９】
ここで、試料Ｄ１～Ｄ９は、１種の磁石粉末を用いたもの、試料Ｄ１０～Ｄ１５は、試料Ｄ１～Ｄ９で用いた磁石粉末の２種以上の混合物（混合粉末）を用いたものである。
【０１３０】
なお、試料Ｄ１～Ｄ１５のボンド磁石中の磁石粉末の含有量（混合粉末の場合は、その合計の含有量）は、表７および表８中に示す通りである。
【０１３１】
次に、試料Ｄ１～Ｄ１５の各ボンド磁石について、以下の項目を評価した。その結果を下記表７および表８に示す。
【０１３２】
＜磁気特性＞
ボンド磁石の磁気特性として、保磁力ｉＨｃ　および磁気エネルギー積（ＢＨ）ｍａｘを測定した。測定には、直流自記磁束計を用い、最大印加磁場２ＭＡ／ｍにて測定した。
【０１３３】
＜耐食性＞
ボンド磁石に対し、６０℃×９５％ＲＨで５００時間までの恒温恒湿試験を行い、耐食性を調べた。この耐食性は、ボンド磁石表面における錆の発生の有無を目視により判別し、錆の発生の度合いで４段階に評価した。
【０１３４】
◎：錆の発生が全く無し
○：錆の発生が僅かに有り
△：錆の発生有り
×：錆の発生が顕著に有り
【０１３５】
【表７】

表 7

（実施例４）

試料No.	用いた急冷薄帯の試料 No.	磁石粉末の含有量 (wt%)	iHc (MA/m)	(BH) max (kJ/m³)	耐食性	備考
D1	A3	98.1	0.79	87	◎	本発明
D2	A5	97.9	0.74	85	○	本発明
D3	A10	94.3	0.33	24	×	比較例
D4	B3	97.7	0.55	94	◎	本発明
D5	B5	97.8	0.45	91	○	本発明
D6	B10	93.2	0.09	16	×	比較例
D7	C3	97.5	0.71	81	◎	本発明
D8	C5	97.1	0.64	80	○	本発明
D9	C10	93.6	0.16	14	△	比較例

【０１３６】
【表８】

表８　（実施例４）

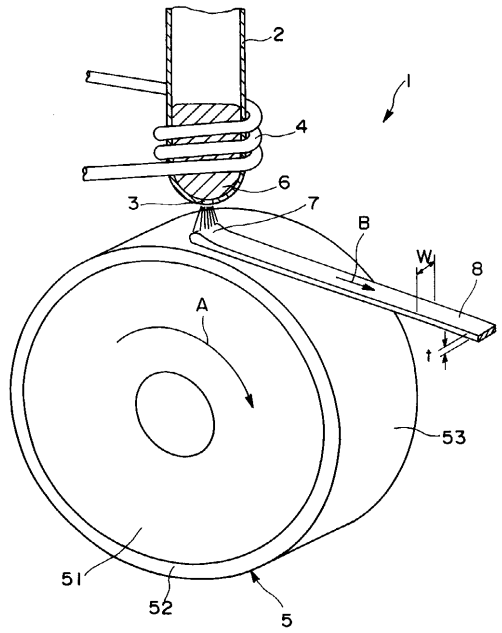
試料No.	用いた急冷薄帯の試料 No.（重量比）	磁石粉末の含有量（wt%）	iHc（MA/m）	(BH) max（kJ/m³）	耐食性	備考
D10	A3+B3（1：1）	98.3	0.70	95	◎	本発明
D11	A5+B5（2：1）	98.1	0.64	90	○	本発明
D12	A5+C3（1：1）	98.0	0.74	86	◎	本発明
D13	B3+C5（1：2）	98.2	0.63	90	◎	本発明
D14	A3+B5+C3（1：1：1）	98.5	0.67	93	◎	本発明
D15	A5+B3+C5（2：3：1）	98.2	0.65	96	○	本発明

【０１３７】
表７および表８からわかるように、試料Ｄ１、Ｄ２、Ｄ４、Ｄ５、Ｄ７、Ｄ８、Ｄ１０～Ｄ１５の本発明のボンド磁石は、いずれも、保磁力ｉＨｃ　０．３５ＭＡ／ｍ以上、磁気エネルギー積（ＢＨ）ｍａｘ　が５０ｋＪ／ｍ^3　以上と、優れた磁気特性を有しているとともに、耐食性も優れている。
【０１３８】

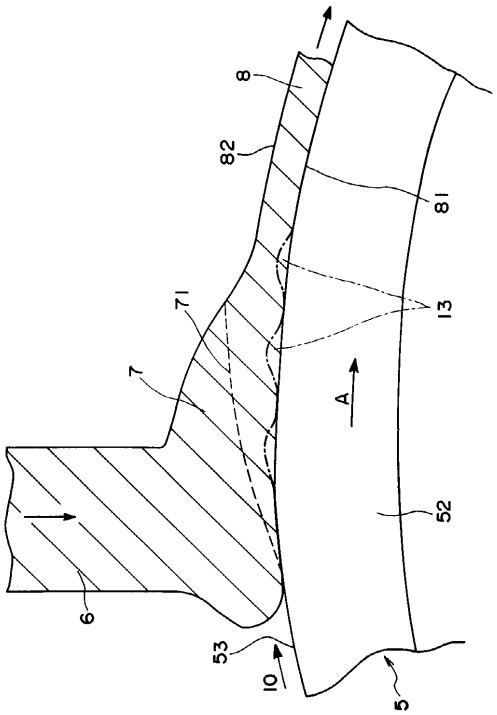
特に、混合粉末を用いた試料Ｄ１０～Ｄ１５は、より優れた磁気特性が得られている。
【０１３９】
また、試料Ｄ１、Ｄ２、Ｄ４、Ｄ５、Ｄ７、Ｄ８、Ｄ１０～Ｄ１５のそれぞれと全く同条件でリング状磁石を成形し、そのリング状磁石の圧環強度を測定した。その結果、いずれも、高い機械的強度（２．５ｋｇｆ／ｍｍ以上）を有していることが確認された。
【０１４０】
これに対し、試料Ｄ３、Ｄ６、Ｄ９のボンド磁石は、本発明のボンド磁石に比べて磁気特性が低く、また耐食性が劣るものであった。
【０１４１】
【発明の効果】
以上述べたように、本発明によれば、急冷薄帯においてロール面欠陥が抑制され、結晶粒の微細化により高い磁気特性を得ることができるとともに、収率が良く、生産性が高い。
【０１４２】
よって、高機械的強度で優れた磁気特性および耐食性を有する永久磁石を提供することができる。また、このような磁石を容易に製造すること、低コストで製造することができる。
【０１４３】
特に、前述したレイノルズ数を所定値以下とすることや、冷却ロール周面の最大偏心量を小さくすることとの組み合わせにより、急冷薄帯の磁気特性のバラツキを有効に防止し、より一層優れた磁気特性を持つ磁石材料や永久磁石を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の磁石材料を製造する装置（急冷薄帯製造装置）の構成例を示す斜視図である。
【図２】図１に示す装置における溶湯の冷却ロールへの衝突部位付近の状態を示す断面側面図である。
【図３】溶湯の体積流量Ｑと急冷薄帯の幅ｗとの関係を示す図である。
【図４】冷却ロールの回転に伴う冷却ロール周面の最大偏心量を示す側面図である。
【図５】実施例１における溶湯の体積流量Ｑと急冷薄帯の幅ｗとの関係を示す図である。
【図６】実施例２における溶湯の体積流量Ｑと急冷薄帯の幅ｗとの関係を示す図である。
【図７】実施例３における溶湯の体積流量Ｑと急冷薄帯の幅ｗとの関係を示す図である。
【符号の説明】

１	急冷薄帯製造装置
２	筒体
３	ノズル
４	コイル
５	冷却ロール
５１	基部
５２	表面層
５３	周面
６	溶湯
７	パドル
７１	凝固界面
８	急冷薄帯
８１	ロール面
８２	フリー面
１０	ガス流
１３	巨大ディンプル

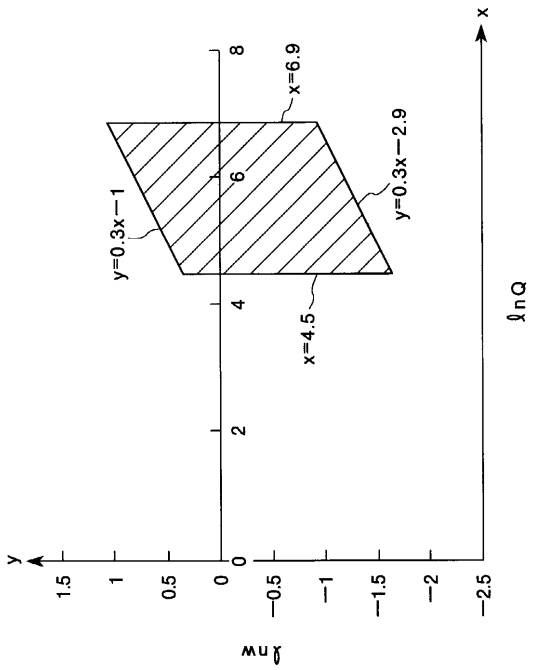
【図１】


2
1
4
6
3
7
B
W
8
A
t
53
51
52
5

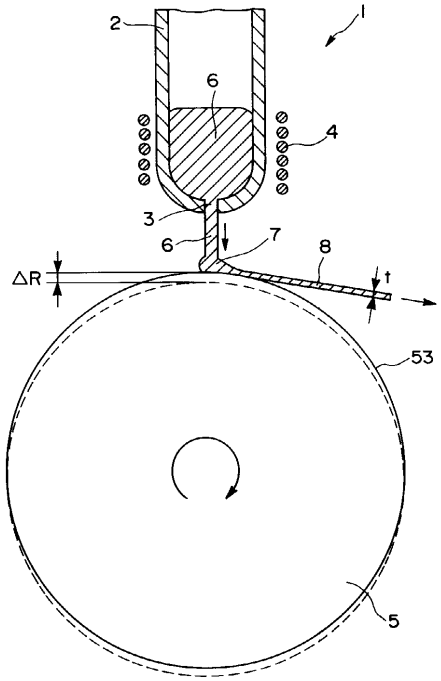
【図２】


8
82
81
71
13
7
A
52
6
53
10
5

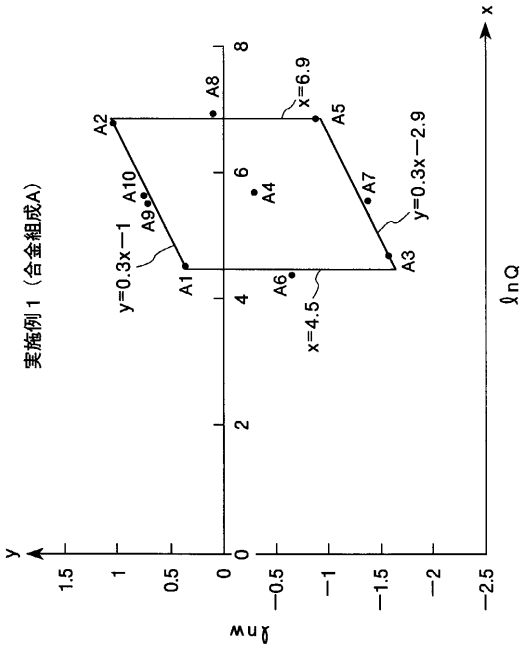
【図３】


x
y
x=6.9
y=0.3x−2.9
y=0.3x−1
x=4.5
lnQ
lnw

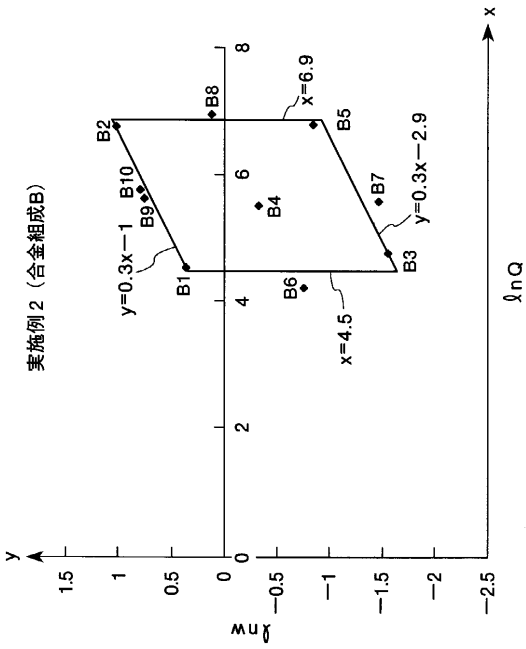
【図４】


2
1
6
4
3
6
7
8
ΔR
t
53
5

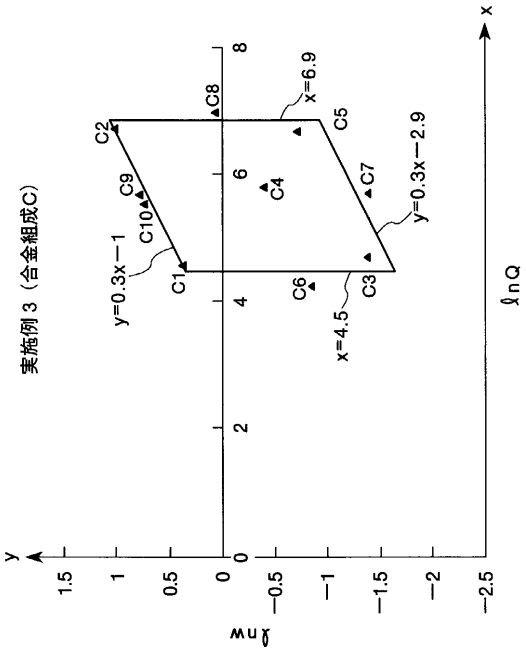
【図５】


実施例１（合金組成A）
y=0.3x−1
x=6.9
y=0.3x−2.9
x=4.5
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
y
x
λnw
ℓnQ

【図６】


実施例２（合金組成B）
y=0.3x−1
x=6.9
y=0.3x−2.9
x=4.5
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
B10
y
x
λnw
ℓnQ

【図７】


実施例３（合金組成C）
y=0.3x−1
x=6.9
y=0.3x−2.9
x=4.5
C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
y
x
λnw
ℓnQ

フロントページの続き

(51)Int.Cl.[7]		F I		
Ｈ０１Ｆ	1/08	Ｃ２２Ｃ	38/00	３０３Ｄ
		Ｈ０１Ｆ	1/08	Ａ

(56)参考文献 特開昭５９－２０９４５７（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１０６３１８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－２０９４６０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－０３７２４９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１１４５０８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２９５４８９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３４４０９０（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－２６０１７０（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－３１７３０４（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２７１１４５（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２７７１８８（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－３０９５４９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)

B22D 11/06 360
B22D 11/106
C22C 1/02 501
C22C 1/02 503
C22C 33/04
C22C 38/00 303
H01F 1/08