

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92121193

※申請日期：92 年 08 月 01 日

※IPC 分類：H01F 7/00

壹、發明名稱：

(中) 徑向異向性環形磁鐵及其製造方法

(外) ラジアル異方性リング磁石及びその製造方法

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 信越化學工業股份有限公司

(外) 信越化学工業株式会社

代表人：(中) 1. 金川千尋

(外)

地 址：(中) 日本國東京都千代田區大手町二丁目六番一號

(外)

國籍：(中英) 日本 JAPAN

參、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中) 佐藤孝治

(外) 佐藤孝治

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

2. 姓 名：(中) 川端光雄

(外) 川端光雄

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

3. 姓 名：(中) 美濃輪武久

(外) 美濃輪武久

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：92121193

※申請日期：92年08月01日

※IPC分類：H01F 7/00

壹、發明名稱：

(中) 徑向異向性環形磁鐵及其製造方法

(外) ラジアル異方性リング磁石及びその製造方法

貳、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 信越化學工業股份有限公司

(外) 信越化学工業株式会社

代表人：(中) 1. 金川千尋

(外)

地 址：(中) 日本國東京都千代田區大手町二丁目六番一號

(外)

國籍：(中英) 日本 JAPAN

參、發明人：(共 3 人)

1. 姓 名：(中) 佐藤孝治

(外) 佐藤孝治

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

2. 姓 名：(中) 川端光雄

(外) 川端光雄

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

3. 姓 名：(中) 美濃輪武久

(外) 美濃輪武久

地 址：(中) 日本國福井縣武生市北府二一一一五

(外)

肆、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1.日本 ; 2002/08/29 ; 2002-250657 ☒有主張優先權

(1)

玖、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於徑向異向性環形磁鐵及其製造方法。

【先前技術】

將肥粒鐵、稀土類合金般的結晶磁性異向性材料加以粉碎，在特定的磁場中進行沖壓成形所製作的異向性磁鐵，係廣泛性地使用於擴音器、馬達、測量器、及其他的電氣機器等。在這些之中，於徑向具有異向性之磁鐵係具有優良的磁性，可自由磁力附著，又由於不需要分節磁鐵般的磁鐵固定用之補強，故被使用於 AC 補助馬達、DC 無刷式馬達等。特別是在近年，隨著馬達的高性能化，被逐漸要求長條狀之徑向異向性磁鐵。

具有徑向定向之磁鐵係藉由垂直磁場垂直成形法或後方壓出法來製造。垂直磁場垂直成形法的特徵係由衝壓方向，經由磁心由對向方向施加磁場，獲得徑向定向者。即，垂直磁場垂直成形法係如第 1 圖所示，在將於定向磁場線圈 2 所產生的磁場經由磁心 4 及 5 對向，由磁心通過壓模 3，經由成形機架台 1 循環之磁性電路，將填充磁鐵粉 8 加以徑向定向者。再者，圖中 6 為上衝頭、7 為下衝頭。

如此，在此垂直磁場垂直成形裝置，藉由線圈來產生的磁場係形成磁心、壓模成形機架台、成為磁心的磁路。在此情況時，由於磁場洩漏損失降低，故在形成磁路的部

(2)

分材料使用強磁性體，主要使用鐵系金屬。但，會使用來將磁鐵粉定向的磁場強度決定如下。將磁心徑設為 B （磁鐵粉填充內徑）、壓模徑設為 A （磁鐵粉填充外徑）、磁鐵粉填充高度設為 L 。通過上下磁心的磁通在磁心中央衝擊相對向，而到達壓模。通過磁心的磁通量是受到磁心的飽和磁通密度所決定，在鐵製磁心，磁通密度為 20 kG 左右。因此，在磁鐵粉填充內外徑的定向磁場，係以磁鐵粉填充部的內面積及外面積除以通過上下磁心的磁通量者，即形成：

$$2 \cdot \pi \cdot (B/2)^2 \cdot 20 / (\pi \cdot B \cdot L) = 10 \cdot B / L \cdots \text{內周}$$

$$2 \cdot \pi \cdot (A/2)^2 \cdot 20 / (\pi \cdot A \cdot L) = 10 \cdot B^2 / (A \cdot L) \cdots$$

外周

因在外周的磁場較內周小，所以爲了在磁鐵粉的填充部全體獲得良好的定向，在外周需要 10 kOe 以上，因此成爲 $10 \cdot B^2 / (A \cdot L)$ ，進一步成爲 $L = B^2 / A$ 。因成形體高度爲填充粉的高度之大約一半，當燒結時更僅成爲 8 成，所以磁鐵的高度變得非常小。如此，由於磁心的飽和決定定向磁場的強度，故根據磁心形狀決定了可定向的磁鐵之大小即高度，不易在圓筒軸方向製造長條狀品。特別是在直徑小的圓筒磁鐵，僅可製造非常短的條狀品。

又，後方壓出法，其設備規模龐大，成品良率差，不易製造廉價的磁鐵。

如此，徑向異向性磁鐵，不論在任何方法，其製造困難，且不易廉價地大量製造，會有使用徑向異向性磁鐵的

(3)

馬達的成本也變得非常高之缺點。

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

近年，使用者強力要求材料及組裝時的成本降低，在於徑向異向性環形磁鐵，生產性及組裝性的提昇為當務之急。並且期望小型化、省力化、高性能化。為了達到如此之使用者的要求，作成長條狀的徑向異向性環形磁鐵為佳（長條狀品是指內徑 $< L$ 尺寸者）。

長條狀品能夠削減組裝成本，但在短條狀品，進行複數個階段式層疊之際，會產生下述問題。即，磁鐵與電機磁心（motor core）係藉由接著劑及磁鐵與強磁性電機磁心的磁性吸引力所接合。但，在接著劑已經剝離之際，磁鐵彼此的吸引力較磁鐵與磁心的吸引力強，N 極與 S 極吸附在一起。藉此馬達的效能消失。又，在未剝離的狀態時，受到磁極的 N 與 S 欲吸附之力，剪斷應力作用於接著劑上，使其變得容易剝離。相對於此，在一體物上不會有上述情事產生，即使接著劑剝離，由於受到強磁性體之電機磁心與磁性力所互拉，故不會分離。

但，在徑向異向性環形磁鐵的成形，藉由如第 1 圖所示的垂直磁場垂直成形法來進行成形，但在如此通常的方法，僅可製造短條狀者。在此情況，作為長條一體物之徑向磁鐵的製造法，有提出日本特開平 2-281721 號公報。即，在日本特開平 2-281721 號公報，提出：將填充於模槽的原料粉加以定向及加壓成形之成形體，移到壓模非磁

(4)

性部，在後來形成之壓模內磁性部分的模槽，將原料粉填充加壓成形，進一步將所獲得的成形體移到下方，任意地數次反復進行供粉、加壓成形，來獲得環軸方向的尺寸 L （以下稱為 L 尺寸）之大的成形體之成形方法（以下稱為多段成形法）。

藉由此多段成形法，可製造 L 之大型的徑向異向性環形磁鐵。但，此方法會有：因反復進行供粉、成形，產生接合部，製造一個多層的成形體，所以不僅成形時間長，不適於量產，並且由於形成成形體時的荷重一定，故在於成形體密度相等的燒結體，於成形體的接合面容易發生龜裂之問題。爲了改善此點，提出了日本特開平 10-55929 號公報。即，在此日本特開平 10-55929 號公報，提出：藉由將多段成形時的成形體密度，於 $\text{Nd}-\text{Fe}-\text{B}$ 系磁鐵作成 $3.1\text{ g}/\text{cm}^3$ 以上，以最終成形（將藉由最終成形所行程的成形體稱為最終成形體），形成較最終成形前的成形體（稱為預備成形體）高出 $0.2\text{ g}/\text{cm}^2$ 以上的密度之成形體密度，來減輕在成形體的接合面產生龜裂。

但，在該方法，必須嚴密地進行壓力控制，又，根據磁鐵粉的粒度及粒度分佈、粘結劑（binder）的種類或量，使得磁鐵粉的狀態大不相同，最適當壓力每次不同，故條件設定困難。並且由於當預備成形體密度低時，則受到第 2 次以後的磁場之影響，磁性特性差，當最終成形體密度低時則在接合面發生龜裂，當最終成形體密度過高時則在最終成形時產生定向紊亂，故製造兼備特性及產率之長

(5)

條徑向異向性環形磁鐵變得非常困難。

本發明係有鑒於上述情事而開發完成的發明，其目的在於：提供磁性特性良好的徑向異向性環形磁鐵、及水平磁場垂直成形法之該徑向異向性環形磁鐵的製造方法。

〔用以解決課題之手段〕

本發明爲了達到上述目的，提供下述的徑向異向性環形磁鐵及其製造方法。

(1) 一種徑向異向性環形磁鐵，其特徵爲：於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度爲 80° 以上 100° 以下。

(2) 就 (1) 之徑向異向性環形磁鐵，其中在徑向異向性環形磁鐵之與環形磁鐵的中心軸的垂直面上，對於徑向方向之磁鐵粉的平均定向度爲 80% 以上。

(3) 就 (1) 或 (2) 之徑向異向性環形磁鐵，其中以內徑除以環形磁鐵的中心軸方向的長度所獲得的值爲 0.5 以上。

(4) 一種徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其係藉由在圓筒磁鐵用成形模具的磁心之至少一部分的材質上使用具有飽和磁通量密度 5kG 以上的強磁性體，以水平磁場垂直成形法將填充於模具槽內的磁鐵粉於磁鐵粉施加定向磁場而加以成形，來製造徑向異向性環形磁鐵的方法，其特徵爲：進行下述 (i) ~ (v) 的操作中之至少一個操作，對磁鐵粉由較一方向更多的方向施加磁場，以加壓成

(6)

形來製造，而獲得於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下的徑向異向性環形磁鐵：

(i) 在磁場施加中，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(ii) 在磁場施加後，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(iii) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(iv) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(v) 使用複數的線圈對，在其中一個線圈對施加磁場後，在其他的線圈對施加磁場。

(5) 就(4)之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中當使充填的磁鐵粉旋轉之際，以磁心 (core)、壓模 (dies) 及衝頭 (punch) 中之至少一個朝周方向旋轉，來使填充磁鐵粉旋轉。

(6) 就(4)之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在磁場施加後使填充磁鐵粉旋轉之際，強磁性磁心及磁鐵粉的殘留磁化的值為 50G 以上，藉由使磁心朝周方向旋轉，來使磁鐵粉旋轉。

(7) 就(4)至(6)中任一之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在水平磁場垂直成形製程所產生的磁場為 $0.5 \sim 10\text{kOe}$ 。

(7)

(8) 就 (4) 至 (6) 中任一之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在成形前或成形中之水平磁場垂直成形裝置所產生的磁場為 $0.5 \sim 3 \text{ kOe}$ 。

(9) 就 (4) 至 (6) 中任一之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在進行 1 次或複數次的磁場施加後，在將由線圈所產生的磁場作成未滿 0.5 kOe 的狀態下，使磁鐵粉以 $60 \sim 120^\circ + n \times 180^\circ$ (n 為 0 以上的整數) 旋轉，且在施加在之前已施加的磁場之 $1/20 \sim 1/3$ 的大小之磁場，在施加後或施加中成形。

若根據本發明的話，則能夠廉價地大量供給具有優良的性能、組裝作業性良好之徑向異向性環形磁鐵。

【實施方式】

以下，更詳細說明關於本發明。再者，以下主要針對 Nd-Fe-B 系的圓筒燒結磁鐵進行說明，但在於肥粒鐵磁鐵、Sm-Co 系稀土類磁鐵、及各種膠合 (bonded) 磁鐵等之製造也非常有效，並不限於 Nd-Fe-B 系磁鐵者。

本發明之徑向異向性環形磁鐵，理想為正要成形之前，使磁場位移，利用加壓成形來製造，並且於磁鐵全面，如第 2 圖所示，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下。在此情況時，在於與環形磁鐵中心軸的垂直面上，對於徑向方向之磁鐵粉的平均定向度係 80% 以上為佳，又以內徑除以環形磁鐵的中心軸方向的長度之值係 0.5 以上為佳。

因隨著由環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下之範圍偏移，變得僅對從徑向異向性環形磁鐵所產生的磁通量之餘弦成分有助於旋轉力，使得馬達轉矩變小，所以將環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度作成 80° 以上 100° 以下。並且，大多使用徑向環形磁鐵為 AC 補助馬達、DC 無刷式馬達等，當在馬達使用徑向異向性環形磁鐵之際，作為轉矩不均對策，在磁鐵或定子上實施偏斜。當環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為由 80° 以上 100° 以下偏移之角度時，則偏斜之效果減低。特別是在徑向異向性環形磁鐵的 L 尺寸方向之端部，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度由 $80 \sim 100^{\circ}$ 偏移大的情況時，此傾向變得特別顯著。在實施有偏斜之情況時，在端部與中央部會有形成相反的極之部分，藉由 N 極與 S 極之磁通量的比逐漸變化成線性，減低轉矩不均。但，在端部，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度由 $80 \sim 100^{\circ}$ 偏移大，中央部與相反極之端部磁通量變小。

如此，在端部偏移特別大之磁鐵，會在以下的製造方法所產生。即，在以往之徑向異向性環形磁鐵的成形，藉由如第 1 圖所示的垂直磁場垂直成形法來成形，但以通常的方法，僅可製造前述之短尺狀者。在多段成形法，不僅由接合面發生剝離，產生磁極紊亂，而且被切斷，或無法在剝離面進行表面處理，成為腐蝕的原因。在第 1 圖，在

(9)

藉由垂直磁場垂直成形衝壓來進行定向之際，當爲了加以長條狀化，施加磁心之飽和磁化以上的磁場時，磁心飽和後，來自於上衝頭的磁場線圈與下衝頭的磁場線圈的磁力線不會經由磁心，而衝撞，在徑向方向產生磁場，但磁心的中心線與賦予徑向異向性方向所呈之角度由 $80 \sim 100^\circ$ 大大地偏移，此傾向在上下衝頭附近變大。因此，環形磁鐵中心軸與賦予徑向異向性方向所呈之角度在磁鐵端部變小，此方法不適合用來製造徑向環形磁鐵。

因此，需要作成：於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度爲 80° 以上 100° 以下。

且，磁鐵的定向度 f 以下方程式所算出。

$$f = Br / [Is \times \{ \rho / \rho_0 \times (1 - \alpha) \}^{2/3}]$$

Br ：殘留磁通密度

Is ：飽和磁化

ρ ：燒結體密度

ρ_0 ：理論密度

α ：非磁性相之體積率

當定性度低時，不僅由磁鐵所產生的磁通量變少，馬達轉矩變小，而且會有損傷磁力附著性，在馬達磁力附著之際，會有使用馬達之轉子的磁力附著變多，使得磁力附著性降低之大問題產生。因此，在徑向異向性環形磁鐵，磁鐵粉的平均定向度係 80% 以上爲佳，更理想是 $80 \sim 100\%$ 。

(10)

又，當考量組裝作業性時，以環形磁鐵的內徑除以環形磁鐵的中心方向的長度之值（ L 尺寸／磁鐵內徑）為 0.5 以上，理想為 0.5～50。

如此的徑向環形磁鐵的製造方法係採用下述的水平磁場垂直成形法為佳。在此，第 3 圖係用來當圓筒磁鐵成形時，進行磁場中定向之水平磁場垂直成形裝置的說明圖，特別是馬達用磁鐵之水平磁場垂直成形機。在此，與第 1 圖的情況同樣地，1 為成形機架台、2 為定向磁場線圈、3 為壓模、5a 為磁心。6 為上衝頭、7 為下衝頭、8 為填充磁鐵粉，又 9 為極片。

在於本發明，上述磁心 5a 的至少一部分理想為全體系以飽和磁通密度 5kG、理想為 5～24kG、更理想為 10～24kG 的強磁性體來形成。作為磁心的材質，可舉出使用 Fe 系材料、Co 系材料及這些合金材料等的材料之強磁性體。

如此，當將具有飽和磁通密度 5kG 以上的強磁性體使用於磁心時，在磁鐵粉施加定向磁場的情況下，由於磁通欲垂直地進入強磁性體，故描繪接近徑向之磁力線。因此，如第 4a 圖所示，能夠將磁鐵粉填充部之磁場方向接近徑向定向。相對於此，以往係在磁心 5b 使用具有與非磁性或磁鐵粉同等的飽和磁通密度之材料，在此情況時，磁力線如第 4 圖所示，相互平行且在於圖中，中央附近為徑向方向，但隨著朝向上側及下側，形成線圈之定向磁場方向。即使以強磁性體形成磁，在磁心的飽和磁通密度未

滿 5kG 的的情況時，磁心容易飽和，即使使用強磁性磁心，磁場也形成接近如第 4b 圖所示的狀態。並且，在 5kG 未滿，相等於填充磁鐵粉的飽和密度（磁鐵的飽和磁通密度 $\times$ 填充率），在填充磁鐵粉及強磁性磁心內之磁通方向相等於線圈之磁場方向。

又，在磁心的一部分使用 5kG 以上的強磁性體之際也可獲得與上述同樣的效果，但全體係強磁性體為佳。

但，僅單以強磁性體形成磁心材質，不會對線圈之定向磁場方向，於垂直方向附近方向形成徑向定向。在磁場中具有強磁性體的情況時，由於磁通欲垂直地進入強磁性體而受到強磁性體所拉引，故在強磁性體的磁場方向面，磁通密度上升，在垂直方向則磁通密度下降。因此，在模具內配置強磁性磁心的情況時，在於填充磁鐵粉，於強磁性體磁心的磁場方向部，藉由強力的磁場來獲得良好的定向，在垂直方向部，不太進行定向。為了補充之，藉由將磁鐵粉對於線圈之產生磁場於施加中或施加後，使其相對地旋轉，將不完全定向部在磁場方向強的磁場部加以變化後再度定向，來獲得良好的磁鐵。更理想係在施加後或最初所施加的磁場之 $1/3$ 以下的磁場中相對地旋轉。再者，在此關於最初定向的部分，會有再之後的定向時形成垂直方向部，但此部份的磁通密度小，所以最初的良好之定向不會被打亂。

在此，作為使磁鐵粉對於線圈之產生磁場相對地旋轉之方法，係進行 1 次或反復進行下述 (i) ~ (v) 的操作

中之至少一個的操作，使磁場變化而進行複數次者：

(i) 在磁場施加中，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(ii) 在磁場施加後，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(iii) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(iv) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(v) 使用複數的線圈對，在其中一個線圈對施加磁場後，在其他的線圈對施加磁場。

再者，針對填充磁鐵粉的旋轉，如第 5 圖所示，若能夠使磁鐵粉對於線圈之產生磁場相對地旋轉的話，則使定向磁場線圈 2、磁心 5a、壓模 3、上下衝頭 6、7 中之其中一者旋轉即可。在這些之中，特別是在磁場施加後，使填充磁鐵粉旋轉之際，預先將強磁性磁心及磁鐵粉的殘留磁化存在 50G 以上、理想為 100G 以上的話，則由於磁鐵粉在與強磁性磁心之間產生磁性吸引力，故能夠僅以使強磁性磁心旋轉，磁鐵粉也旋轉。

由於使用複數個線圈，在其中一方施加磁場後，即使在另一方施加磁場，也和將磁場方向與磁鐵粉相對地旋轉相同意義，故即使使用此方向也可獲得相同的效果。

在於正要成形前之施加磁場前的旋轉，由於旋轉後的施加磁場小，故當再旋轉中施加大磁場時，最後的磁場

施加效果不會呈現。因此，旋轉中的磁場係 $0 \sim 0.5 \text{ kOe}$ 為佳。更理想為 0.3 kOe 以下，典型係無磁場為佳。關於旋轉角度，因受到旋轉前的磁場施加所紊亂的部位係對於旋轉前的磁場方向呈垂直方向，所以為了改善此部位的紊亂，旋轉角度理想為 $60 \sim 120^\circ + n \times 180^\circ$ （ n 為 0 以上的整數）、更理想為 $90^\circ + n \times 180^\circ$ （ n 為 0 以上的整數）。典型是 $90^\circ + n \times 180^\circ$ （ n 為 0 以上的整數）。施加磁場強度係當旋轉前的磁場強度強時，則來自於在對於磁場方向呈垂直方向的徑向定向之紊亂大，所以若不使旋轉後的磁場強度較旋轉前的磁場為弱之情況增大的話，則無法改善定向的紊亂，而當過大時則在磁場的垂直方向會發生來自於徑向定向之紊亂，故磁場為旋轉前所施加的磁場之 $1/20 \sim 1/3$ 。更理想為 $1/10 \sim 1/3$ 。

在此，在水平垂直磁場成形裝置所產生的磁場大的情況時，由於第 4a 圖的 5a 的磁心飽和，形成接近第 4b 圖的狀態，定向磁場形成接徑方向定向，不會形成徑向定向，故磁場係 10 kOe 以下為佳。由於當使用強磁性磁心時磁通集中於磁心，故在磁心周邊，可獲得較線圈之磁場大之磁場。但，由於磁場過小時在於磁心周邊於定向變得無法獲得充分的磁場，故 0.5 kOe 以上為佳。由於如前所述，在強磁性體周邊，磁通聚集，磁場變大，故在此所謂的在水平磁場垂直成形裝置所產生的磁場，係指由強磁性體充分遠離的場所之磁場，或除去強磁性磁心後進行測定時的磁場之值。

說明過：能夠將磁鐵粉對於線圈之產生磁場方向相對地旋轉，使不完全定向部由磁場方向的強磁場再度定向，關於最初定向的部分，在之後的定向時形成垂直方向部。但，當產生磁場較大時，會有產生部分的紊亂之情況。在如此的情況時，可藉由：於正要成形前，未施加磁場的狀態下，對於線圈磁場使磁鐵粉相對地旋轉 90° 後，施加較形成低之磁場、理想為 $0.5 \sim 3\text{kOe}$ 的磁場，來加以成形，能夠僅磁場方向再定向，而獲得更完全的徑向定向。當在成形前的水平磁場垂直成形裝置所產生的磁場高過 3kOe 時，則如前所述，由於當施加較此以上更大的磁場時在已經獲得良好的定向之部分會施加不必要的磁場，故並不理想，又由於在 0.5kOe 未滿，則磁場過弱無法改善定向，故作成 $0.5 \sim 3\text{kOe}$ 為佳。

且，在本發明，經過數次來加以定向，但在多階段逐漸降低磁場為佳。別是經過 3 次進行定向為佳。由特性的點觀看，理想是 5 次為止。

本發明係如上所述，進行成形者，但除此之外，能夠藉由通常的水平磁場垂直成形法，在磁鐵粉施加定向磁場，在 $50 \sim 2000\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的加壓範圍進行成形，進一步在不活性氣體下以 $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ 燒結，因應需要實施時效處理、加工處理等，而獲得燒結磁鐵。

再者，作為磁鐵粉，並無特別限制，除了適合於製造 Nd-Fe-B 系的圓筒磁鐵的情況，並且在於肥粒鐵磁鐵、Sm-Co 系稀土類磁鐵、各種膠合磁鐵等的製造也很有效

(15)

，但其任一種，使用平均粒徑 $0.1 \sim 10\mu\text{m}$ 、特別是 $1 \sim 8\mu\text{m}$ 的合金粉來成形為佳。

[實施例]

以下，顯示實施例與比較例，具體地說明本發明，但本發明不限於下述的實施例。

[實施例、比較例]

分別使用純度 99.7 重量 % 的 Nd、Dy、Fe、Co、M (M 為 Al、Si、Cu) 與純度 99.5 重量 % 的 B，在真空熔解爐熔解鑄造，製作 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 系合金 ($\text{Nd}_{31.5}\text{Dy}_2\text{Fe}_{62}\text{Co}_3\text{B}_1\text{Cu}_{0.2}\text{Al}_{0.3}\text{Si}_1$ (重量 %)) 之鑄錠。將此鑄錠以顎碎機 (jaw crusher) 加以粗粉碎，進一步在氮氣氣流中藉由噴射磨機 (jet mill) 獲得平均粒徑 $3.5\mu\text{m}$ 之微粉末。將此粉末配置於飽和磁通密度 20kG 的強磁性體磁心 (S50C)，以如第 3 圖所示的水平磁場垂直成形裝置進行成形。

作為實施例 1，在於線圈之產生磁場 4kOe 的磁場中加以定向後，使線圈旋轉 90° ，賦予 1kOe 的定向磁場，以 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的成形壓成形。這時的模具形狀係 $\phi 30\text{mm} \times \phi 17\text{mm}$ 、模槽為 60mm、磁鐵粉的填充率為 33%。成形體在 Ar 氣體中於 1090°C 進行 1 小時的燒結，接著在 490°C 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times \text{L} 27\text{mm}$ (L 尺寸 / 內徑 = 1.4)，由磁鐵中

(16)

央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 $Br: 12.1\text{kG}$ 、 $iHc: 15\text{kO}$ 定向度 89%。

環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈之角度在 L 的中心為 87° 、在上 3mm 為 91° 、在下 3mm 為 89° 。

作為實施例 2，使用與實施例 1 同樣的模具及磁鐵粉，在於磁鐵填充率 32%、線圈之產生磁場 4kOe 的磁場中加以定向後，使壓模、磁心及衝頭旋轉 90° ，賦予 1.5kOe 的定向磁場，以 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的成形壓進行成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090°C 進行 1 小時的燒結，接著在 490°C 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times L 27\text{mm}$ (L 尺寸 / 內徑 = 1.4)，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 $Br: 12.0\text{kG}$ 、 $iHc: 15\text{kO}$ 定向度 88%。

作為實施例 3，使用與實施例 1 同樣的模具及磁鐵粉，在於磁鐵填充率 32%、線圈之產生磁場 4.5kOe 的磁場中加以定向後，使前端部的殘留磁化為 0.2kG 的磁心旋轉 90° 。然後，賦予 0.7kOe 的定向磁場，以 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的成形壓進行成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090°C 進行 1 小時的燒結，接著在 490°C 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times L 27\text{mm}$ (L 尺寸 / 內徑 = 1.4)，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 $Br: 11.9\text{kG}$ 、 $iHc: 15\text{kO}$ 定向度 87%。

(17)

實施例 1、2、3 的磁鐵係然後進行加工，作成 $\varnothing 25\text{mm} \times \varnothing 20\text{mm} \times L25\text{mm}$ 之圓筒磁鐵。將上述圓筒磁鐵以如第 6 圖所示的磁力附著機，以 6 極、 20° 來偏斜磁力附著，將磁力附著後的磁鐵組裝入與磁鐵相同高度之如第 7 圖所示的結構之定子內，製作馬達。

在此，11 為圓筒磁鐵、20 為磁力附著機、21 為磁力附著機磁極齒、22 為磁力附著機線圈、30 為 3 相馬達、31 為定子齒、32 為線圈。

測定以 5000rpm 使實施例 1 的馬達旋轉之際的誘導電壓、及以 5rpm 使該馬達旋轉之際的荷重計之轉矩微波 (torque ripple) 的大小。在於其他的實施例，也同樣地進行測定。在表 1 顯示誘導電壓的絕對值的最大及轉矩微波的最大最小之差。

作為實施例 4，使用與實施例 1 相同地可使線圈旋轉之水平磁場垂直成形裝置，在 10kOe 的磁場中一邊旋轉 90° 一邊進行定向，然後，在無磁場旋轉 90° 後，在 1.5kOe 的磁場中再次一邊使之定向一邊以 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的成形壓加以成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090°C 進行 1 小時的燒結，接著在 490°C 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\varnothing 26\text{mm} \times \varnothing 19\text{mm} \times L27\text{mm}$ (L 尺寸 / 內徑 = 1.4)，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 $B_r: 12.0\text{kG}$ 、 $iH_c: 15\text{kO}$ 定向度 88%。將磁鐵加工成與實施例 1 相同的形狀，測定馬達特性。

作為比較例 1，使用採用模具形狀及磁心材質與實施例 1 相同、壓模材質為飽和磁通密度 15kG 的 SKD11 之垂直磁場垂直成形裝置，磁鐵粉的填充率作成 33%，由上下線圈將 30kOe 的脈衝磁場相對向地施加。然後，以 500kgf/cm² 的成形壓加以成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090℃ 進行 1 小時的燒結，接著在 490℃ 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵係上下部 $\phi 27\text{mm} \times \phi 19.5\text{mm}$ 、中央部 $\phi 26\text{mm} \times \phi 18.7\text{mm} \times L27\text{mm}$ 、平均的 L 尺寸 / 內徑 = 1.35，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 Br：11.8kG、iHc：15kO 定向度 87%。在磁鐵的上下 3mm，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈之角度，上為 120°、下為 60°。將磁鐵加工成與實施例 1 相同的形狀，在此磁鐵與實施例 1 同樣地測定馬達特性。

作為比較例 2，使用採用模具形狀及磁心材質與實施例 1 相同、壓模材質為飽和磁通密度 15kG 的 SKD11 之垂直磁場垂直成形裝置，磁鐵粉的填充率作成 28%，由上下線圈將 3kOe 的脈衝磁場相對向地施加。然後，以 300kgf/cm² 的成形壓加以成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090℃ 進行 1 小時的燒結，接著在 490℃ 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\phi 25.8\text{mm} \times \phi 19.5\text{mm} \times L27\text{mm}$ 、平均的 L 尺寸 / 內徑 = 1.4，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 Br：9.5kG、iHc：16kO 定向度 70%。將磁鐵加工成與實施例 1 相同

(19)

的形狀，測定馬達特性。

作為比較例 3，在與實施例 1 相同的成形條件下在 4kOe 的磁場定向，然後與實施例 1 不同，不經過旋轉直接在磁場中以 $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ 的成形壓加以成形。成形體在 Ar 氣體中於 1090°C 進行 1 小時的燒結，接著在 490°C 進行 1 小時的熱處理。在所獲得的徑向磁鐵 $\phi 26\text{mm} \times \phi 19\text{mm} \times L 27\text{mm}$ ，由磁鐵中央部磁場方向切出 2mm 角的磁鐵，以 VSM 進行磁性測定，獲得 $B_r: 12.3\text{kG}$ 、 $iH_c: 15\text{kO}$ 定向度 90%。將磁鐵加工成與實施例 1 相同的形狀，測定馬達特性。

這些的結果顯示於表 1。

[表 1]

	誘導電壓（實際效果值） [mV / rpm]	轉矩微波 [mNm]
實施例 1	15.7	6.7
實施例 2	15.8	6.7
實施例 3	15.6	6.6
實施例 4	15.3	6.5
比較例 1	13.2	8.4
比較例 2	9.5	5.9
比較例 3	11.8	6.3

由表 1 可得知，對於比較例，在實施例大幅度地改善了相應於轉矩之誘導電壓，本發明作為馬達用磁鐵的製造

方法係非常優良的方法。

又，第 8 圖係顯示測定實施例 1 及第 9 圖係比較例 3 之磁力附著後的轉子磁鐵之面磁通的圖。可得知，實施例對於比較例，各極均等化，且極的面積變大，實施例能夠均等地產生大的磁場。

〔發明效果〕

若根據本發明的話，能夠提供磁性特性良好的徑向異向性環形磁鐵。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示在製造徑向異向性圓筒磁鐵之際所使用的以往之垂直磁場垂直成形裝置之說明圖，（a）為縱斷面圖、（b）為（a）圖之 A-A'線斷面圖。

第 2 圖係顯示對於環形磁鐵的中心軸之各種賦予徑向異向性方向的角度之說明圖。

第 3 圖係顯示在製造徑向異向性圓筒磁鐵之際所使用的水平磁場垂直成形裝置的一實施例之說明圖，（a）為平面圖、（b）為縱斷面圖。

第 4 圖係示意地顯示以製造圓筒磁鐵之際所使用的水平磁場垂直成形裝置產生磁場時的磁力線之樣子的說明圖，（a）為本發明之成形裝置的情況、（b）為以往的成形裝置的情況。

第 5 圖係顯示在製造圓筒磁鐵之際所使用的成形裝置

(21)

中，旋轉式水平磁場垂直成形裝置的一例之說明圖。

第 6 圖係顯示使用磁力附著機，進行圓筒磁鐵的磁力附著的樣子之磁力附著示意圖。

第 7 圖係顯示將在 6 極進行多極磁力附著後的圓筒磁鐵與 9 個定子齒組合之馬達的平面圖。

第 8 圖係顯示在藉由本發明之水平磁場垂直成形機所製作的 Nd-Fe-B 系圓筒磁鐵進行 6 極磁力附著之際的表面磁通密度的圖。

第 9 圖係顯示在藉由以往之水平磁場垂直成形機所製作的 Nd-Fe-B 系圓筒磁鐵進行 6 極磁力附著之際的表面磁通密度的圖。

〔圖號說明〕

- 1 成形機架台
- 2 定向磁場線圈
- 3 壓模
- 5a 磁心
- 6 上衝頭
- 7 下衝頭
- 8 填充磁鐵粉
- 9 極片
- 11 圓筒磁鐵
- 20 磁力附著機
- 21 磁力附著機磁極齒

(22)

2 2 磁 力 附 著 機 線 圈

3 0 相 馬 達

3 1 定 子 齒

3 2 線 圈

伍、中文發明摘要

發明名稱：徑向異向性環形磁鐵及其製造方法

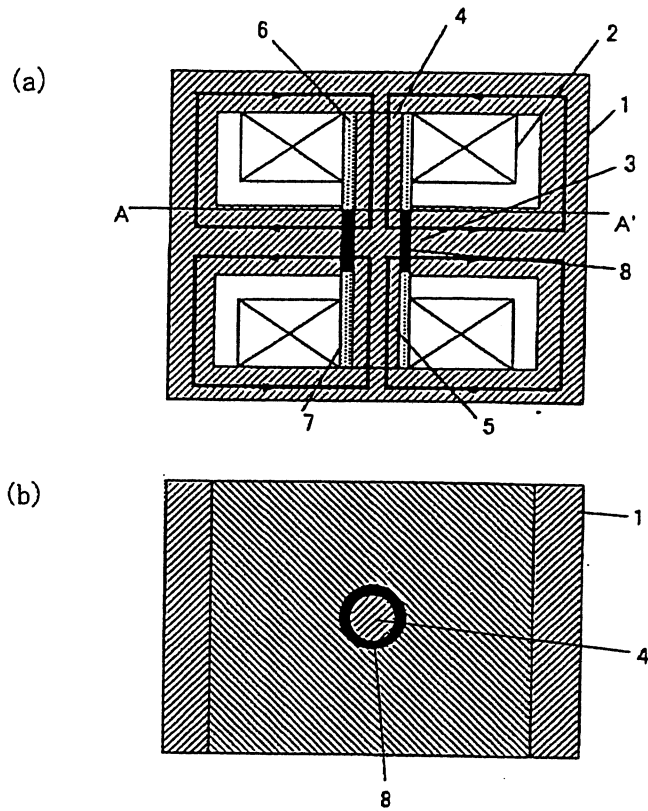
一種徑向異向性環形磁鐵，其特徵為：藉由加壓成形來製造，且於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下。

其效果為，根據本發明的話，能夠藉由加壓成形來提供磁性特性良好的徑向異向性環形磁鐵。

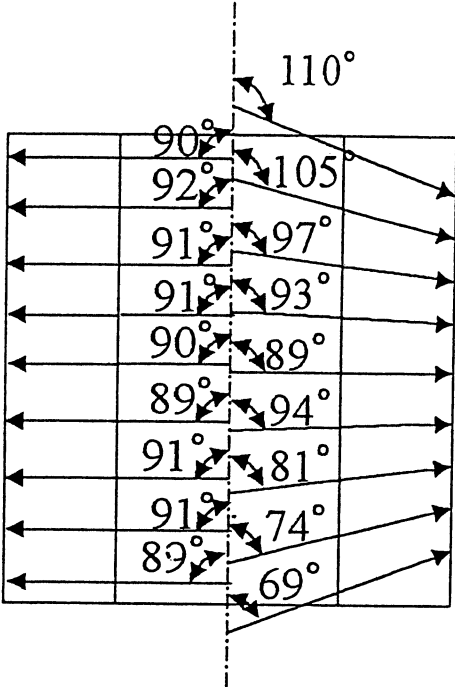
陸、英文發明摘要

發明名稱：

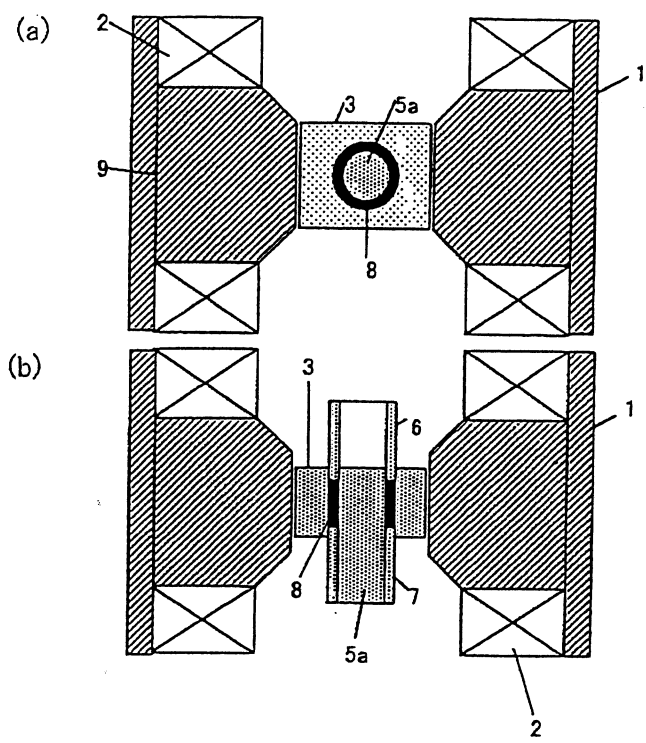
第1圖



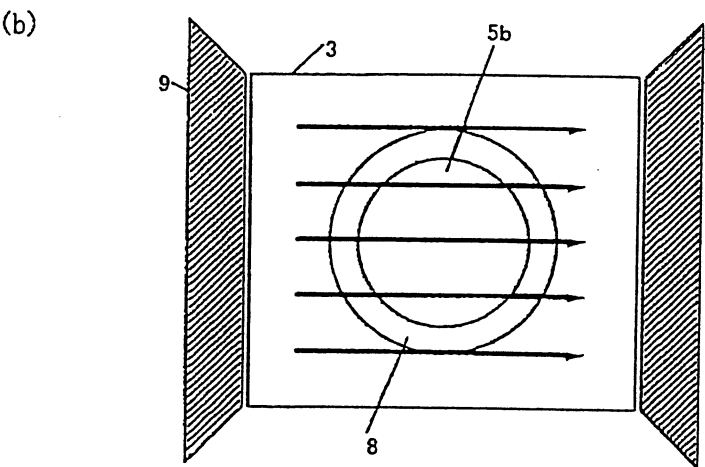
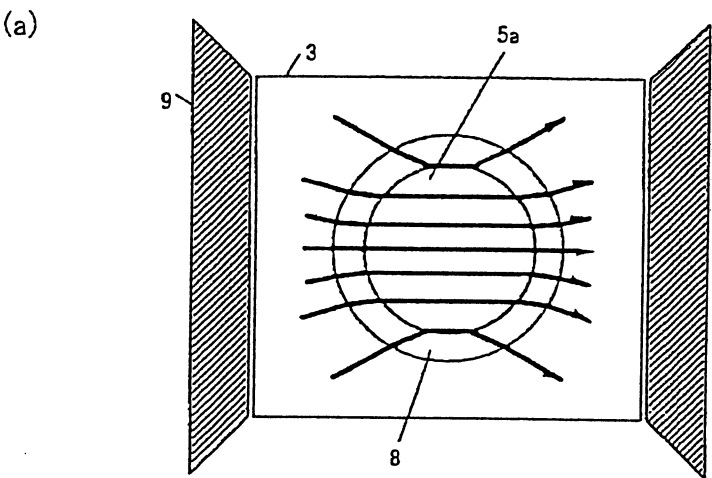
第2圖



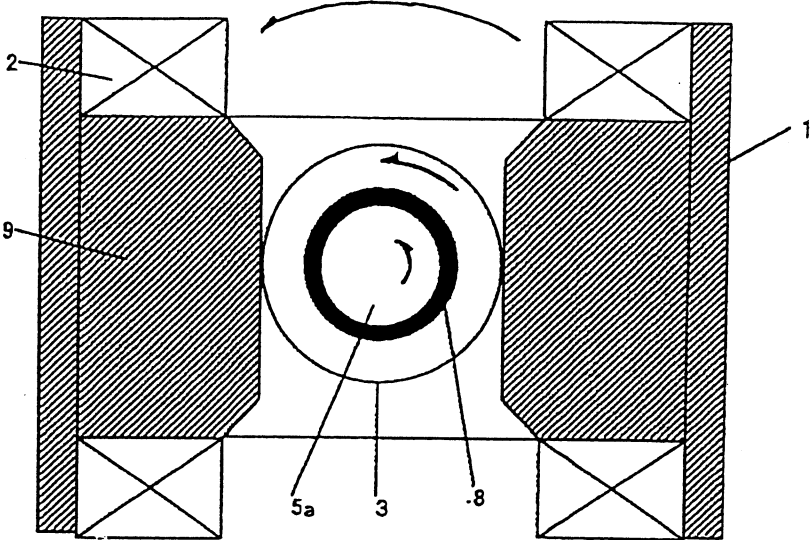
第3圖



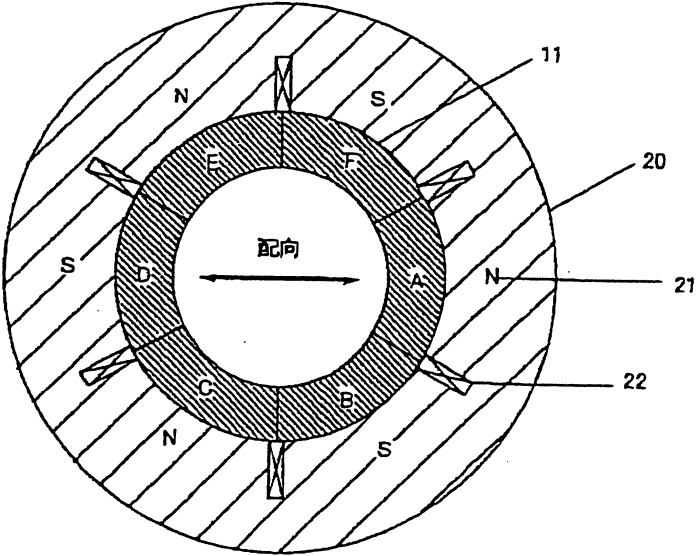
第4圖



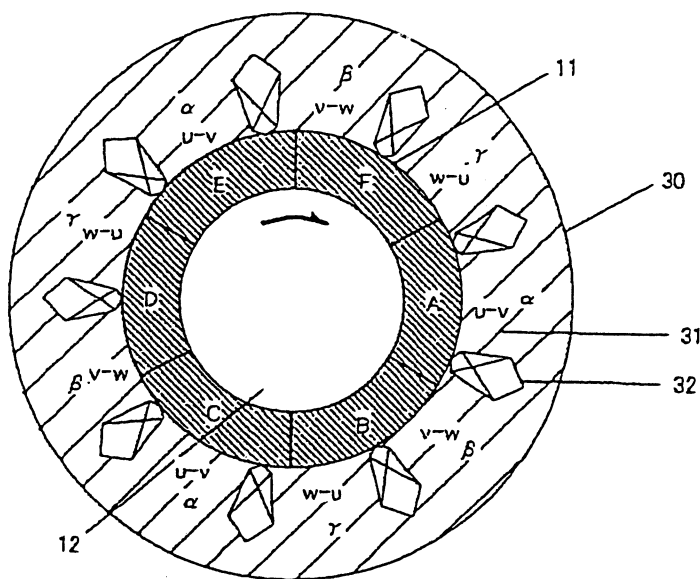
第5圖



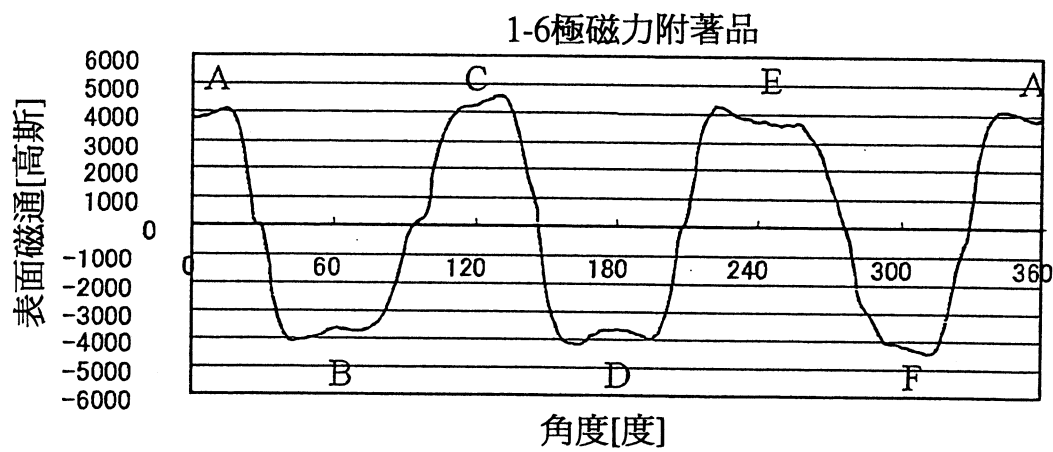
第6圖



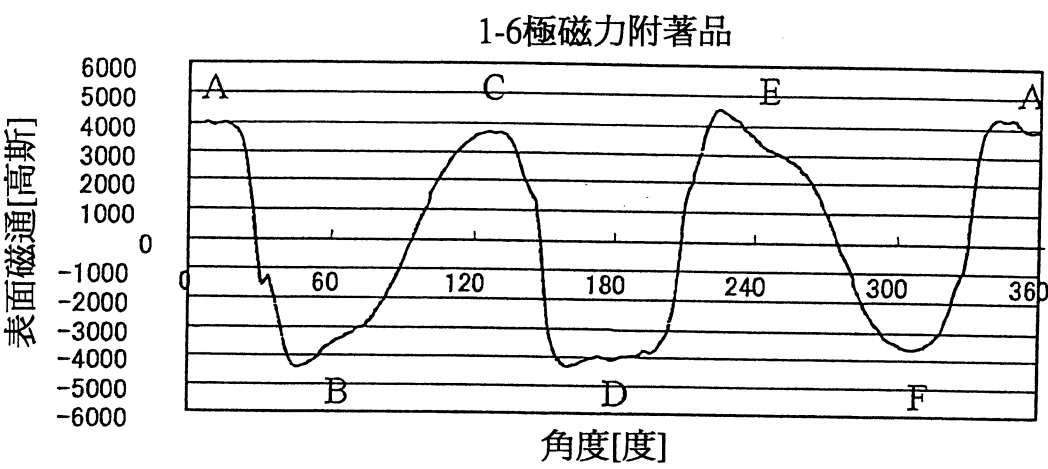
第7圖



第8圖



第9圖



柒、（一）、本案指定代表圖爲：無

（二）、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

拾、申請專利範圍

第 92121193 號 專 利 申 請 案

中 文 申 請 專 利 範 圍 修 正 本

民 國 96 年 1 月 8 日 修 正

1. 一種徑向異向性環形磁鐵，其特徵為：於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下。

2. 如申請專利範圍第 1 項之徑向異向性環形磁鐵，其中在徑向異向性環形磁鐵之與環形磁鐵的中心軸的垂直面上，對於徑向方向之磁鐵粉的平均定向度為 80% 以上。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之徑向異向性環形磁鐵，其中以內徑除以環形磁鐵的中心軸方向的長度所獲得的值為 0.5 以上。

4. 一種徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其係藉由在圓筒磁鐵用成形模具的磁心之至少一部分的材質上使用具有飽和磁通量密度 5kG 以上的強磁性體，以水平磁場垂直成形法將填充於模具槽內的磁鐵粉於磁鐵粉施加定向磁場而加以成形，來製造徑向異向性環形磁鐵的方法，其特徵為：進行下述 (i) ~ (v) 的操作中之至少一個操作，對磁鐵粉由較一方向更多的方向施加磁場，以加壓成形來製造，而獲得於磁鐵全區域，環形磁鐵的中心軸與賦予徑向異向性方向所呈的角度為 80° 以上 100° 以下的徑向異向性環形磁鐵：

(i) 在磁場施加中，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(ii) 在磁場施加後，使磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(iii) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度；

(iv) 在磁場施加中，使磁場產生線圈對於磁鐵粉於模具周方向旋轉預定角度，然後再次施加磁場；

(v) 使用複數的線圈對，在其中一個線圈對施加磁場後，在其他的線圈對施加磁場。

5. 如申請專利範圍第 4 項之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中當使充填的磁鐵粉旋轉之際，以磁心 (core)、壓模 (dies) 及衝頭 (punch) 中之至少一個朝周方向旋轉，來使填充磁鐵粉旋轉。

6. 如申請專利範圍第 4 項之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在磁場施加後使填充磁鐵粉旋轉之際，強磁性磁心及磁鐵粉的殘留磁化的值為 50G 以上，藉由使磁心朝周方向旋轉，來使磁鐵粉旋轉。

7. 如申請專利範圍第 4 至 6 項中任一項之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在水平磁場垂直成形製程所產生的磁場為 0.5 ~ 10kOe。

8. 如申請專利範圍第 4 至 6 項中任一項之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在成形前或成形中之水平磁場垂直成形裝置所產生的磁場為 0.5 ~ 3kOe。

9. 如申請專利範圍第4至6項中任一項之徑向異向性環形磁鐵之製造方法，其中在進行1次或複數次的磁場施加後，在將由線圈所產生的磁場作成未滿0.5 kOe的狀態下，使磁鐵粉以 $60 \sim 120^\circ + n \times 180^\circ$ （ n 為0以上的整數）旋轉，且在施加在之前已施加的磁場之 $1/20 \sim 1/3$ 的大小之磁場，在施加後或施加中成形。