



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I867365 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：111144186

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 18 日

(51)Int. Cl. : C22C38/00 (2006.01)

C21D8/12 (2006.01)

H02K1/02 (2006.01)

H01F41/02 (2006.01)

B32B15/18 (2006.01)

(30)優先權：2021/11/18 日本

2021-187952

(71)申請人：日商日本製鐵股份有限公司(日本) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：村川鐵州 MURAKAWA, TESSHU (JP)；鹿野智 KANO, SATOSHI (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 201610171A

TW 202135428A

CN 112930412A

JP 2006-199999B2

審查人員：黃怡菱

申請專利範圍項數：15 項 圖式數：1 共 52 頁

(54)名稱

旋轉電機、無方向性電磁鋼板及積層鐵芯、以及旋轉電機之製造方法及積層鐵芯之製造方法

(57)摘要

本發明之旋轉電機具有：定子、轉子、及供容置前述定子與前述轉子之殼體，前述定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位強度 A 小於 15，前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位強度 B 為 2~30，且前述 A 與前述 B 滿足 $B/A > 1.0$ 之關係，前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度 C 為 2~50，前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度 D 為 1~40，且前述 C 與前述 D 滿足 $C/D > 1.0$ 之關係。

指定代表圖：

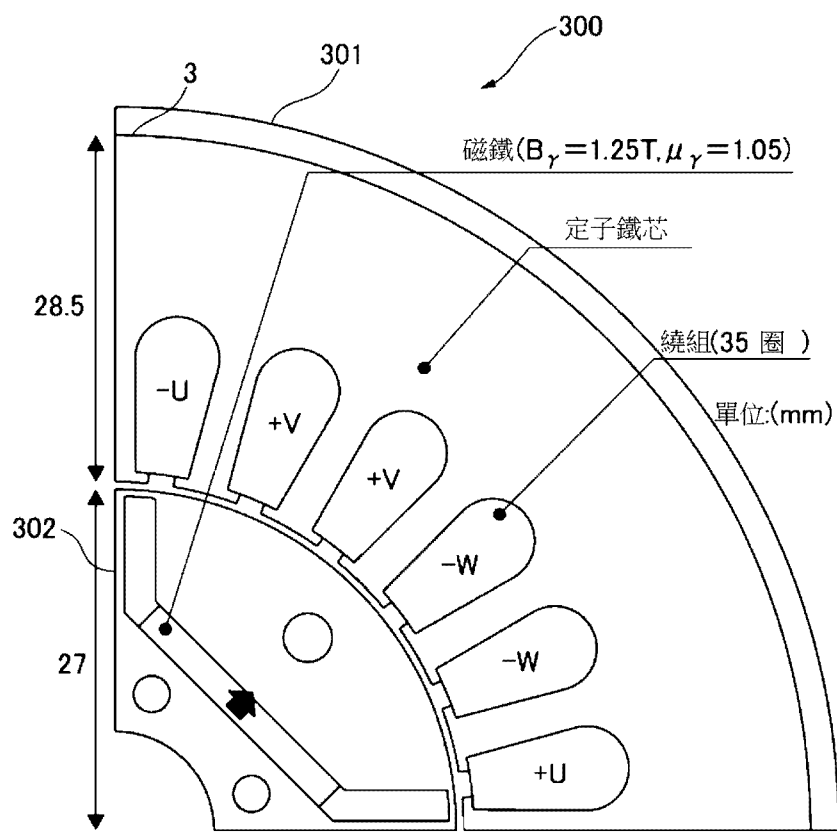
符號簡單說明：

3:定子鐵心

300:馬達

301:殼體

302:轉子



【圖1】

I867365

【發明摘要】

【中文發明名稱】

旋轉電機、無方向性電磁鋼板及積層鐵芯、以及旋轉電機之製造方法及積層鐵芯之製造方法

【中文】

本發明之旋轉電機具有：定子、轉子、及供容置前述定子與前述轉子之殼體，前述定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度 A 小於 15，前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度 B 為 2~30，且前述 A 與前述 B 滿足 $B/A>1.0$ 之關係，前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{411\}<011>$ 方位強度 C 為 2~50，前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{411\}<011>$ 方位強度 D 為 1~40，且前述 C 與前述 D 滿足 $C/D>1.0$ 之關係。

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

3:定子鐵心

300:馬達

301:殼體

302:轉子

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

旋轉電機、無方向性電磁鋼板及積層鐵芯、以及旋轉電機之製造方法及積層鐵芯之製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明涉及旋轉電機、無方向性電磁鋼板及積層鐵芯、以及旋轉電機之製造方法及積層鐵芯之製造方法。

本案係依據已於2021年11月18日於日本提申之特願2021-187952號主張優先權，並於此援引其內容。

【先前技術】

【0002】 在本說明書有時會將構成定子鐵心之積層前無方向性電磁鋼板稱為定子鐵心胚料，將構成轉子鐵心之積層前無方向性電磁鋼板稱為轉子鐵心胚料，並將組合定子鐵心與轉子鐵心所得者稱為馬達鐵心。

【0003】 電磁鋼板、尤其無方向性電磁鋼板係用來作為旋轉電機之鐵心胚料。而，旋轉電機係用來作為譬如動力混合車、燃料電池汽車、電動汽車等所搭載的驅動馬達。對於今後之汽車驅動用馬達所要求的是低噪音化與高轉矩化這兩者。馬達的噪音主要係因為磁吸引力不均一而產生。又，若因轉子之偏心等而定子與轉子間の間隙不均一，則磁吸引力也會不均一而會成為馬達噪音增大的原因。

【0004】 專利文獻1提出一種磁各向異性小且磁通密度高之無方向性電磁鋼板，其可有效提升實機馬達之效率並且有效減少旋轉時之噪音。在馬達中，磁通係通過氣隙在定子部與轉子部流動，該磁通之相互作用會使轉子產生轉矩。作為定子材料之電磁鋼板的各向異性越強、亦即板面內方向之磁特性差異越大，在轉子之旋轉位置的轉矩也會產生越大差異。專利文獻1記載該旋轉時

之轉矩的變動會產生旋轉不均，進而影響噪音。

先前技術文獻

專利文獻

【0005】 專利文獻1：日本專利特開2001-49402號公報

【發明內容】

【0006】 發明欲解決之課題

本發明之目的在於提供：旋轉電機，其可實現汽車驅動用馬達所要求之低噪音化與高轉矩化這兩者；無方向性電磁鋼板，其適合當作所述旋轉電機之轉子、定子之胚料；及積層鐵芯，其係無方向性電磁鋼板積層而成者，適合用於旋轉電機之定子或轉子；以及，前述諸等之製造方法。

【0007】 用以解決課題之手段

馬達的噪音主要係因為定子與轉子之磁吸引力不均一而產生。在因轉子之偏心等而定子及轉子間的間隙不均一時，磁吸引力也會不均一而會成為噪音增大的原因。

【0008】 已知無方向性電磁鋼板之 $\{111\}<uvw>$ 方位中，板面內方向之楊氏模數(彈性變形區域中之延伸率與應力的比例係數)之各向異性小。

本案發明人等根據該知識見解進一步研討之結果得知，使用 $\{111\}<211>$ 方位上富集化之電磁鋼板(無方向性電磁鋼板)作為PM(永久磁鐵；Permanent Magnet)馬達之轉子鐵心胚料，則轉子鐵心胚料之鋼板對於轉子旋轉中之離心力所產生的延伸變形之各向異性可獲抑制，並可減低噪音。由於 $\{111\}<211>$ 方位不易磁化，因此作為馬達之鐵心胚料一般會避免利用，然而關於以永久磁鐵來確保磁化之PM馬達之轉子鐵心胚料，應用 $\{111\}<211>$ 方位上富集化之電磁鋼板並不會帶來很大的不利。

另一方面，作為可藉由鐵心胚料之磁化來確保可產生馬達轉矩之磁化的定

子鐵心胚料，使用{111}<211>方位上富集化之電磁鋼板則較為不利。因此，本案發明人等發現，定子鐵心胚料定為使用磁特性優異之{411}<011>方位上富集化之電磁鋼板(無方向性電磁鋼板)，且關於轉子鐵心胚料與定子鐵心胚料使用各自在不同方位上富集化之電磁鋼板，藉此，使用該等作為胚料而獲得之旋轉電機便可兼顧低噪音化與高轉矩化。

在此，{lmn}<uvw>表示結晶方位。{lmn}係指與軋延面之法線方向平行之方向的米勒指數，<uvw>係指與電磁鋼板製造步驟中之軋延方向平行之方向的米勒指數。又，本發明係會控制因電磁鋼板特性之板面內各向異性所致之旋轉轉矩變動者，因此本發明會包括往軋延方向聚集之聚集方位強度也一起規定。

【0009】為了解決上述課題，本發明主旨在於以下。

[1]本發明一態樣之旋轉電機具有：定子；轉子；及供容置前述定子與前述轉子之殼體；前述定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度A小於15，前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度B為2~30，且前述A與前述B滿足 $B/A > 1.0$ 之關係；前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的{411}<011>方位強度C為2~50，前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的{411}<011>方位強度D為1~40，且前述C與前述D滿足 $C/D > 1.0$ 之關係；前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板及前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板的前述母材鋼板分別具有下述化學組成：以質量%計，包含：C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成。

[2]如上述[1]之旋轉電機，其中在前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板中，前述B與{111}<011>方位強度E亦可滿足 $B/E > 1.0$ 之關係。

[3]如上述[1]或[2]之旋轉電機，其中在前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板中，前述C與{100}<011>方位強度F亦可滿足 $C/F > 1.0$ 之關係。

[4]如上述[1]至[3]中任一項之旋轉電機，其中前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板之前述母材鋼板與前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板之前述母材鋼板中，Si含量、Mn含量及sol.Al含量之合計的差值亦可為0.20質量%以內；且，前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板的平均結晶粒徑亦可大於前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板的平均結晶粒徑。

[5]如上述[1]至[4]中任一項之旋轉電機，其中令前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量以質量%計分別為 Si_s 、 Ti_s 、 Nb_s ，且令前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量分別為 Si_r 、 Ti_r 、 Nb_r ，此時亦可滿足 $Si_s/Si_r > 1.0$ 、 $Ti_r/Ti_s > 1.0$ 、 $Nb_r/Nb_s > 1.0$ 中之任一者。

[6]如上述[1]至[5]中任一項之旋轉電機，其中令前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量、N含量以質量%計分別為 Nb_s 、 Zr_s 、 Ti_s 、 V_s 、 C_s 、 N_s ，此時亦可滿足 $0 \leq Nb_s/93 + Zr_s/91 + Ti_s/48 + V_s/51 - (C_s/12 + N_s/14)$ 。

[7]如上述[1]至[6]中任一項之旋轉電機，其中令前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量、N含量以質量%計分別為 Nb_r 、 Zr_r 、 Ti_r 、 V_r 、 C_r 、 N_r ，此時亦可滿足 $0 < Nb_r/93 + Zr_r/91 + Ti_r/48 + V_r/51 - (C_r/12 + N_r/14) < 5.0 \times 10^{-3}$ 。

[8]本發明另一態樣之無方向性電磁鋼板，包含：母材鋼板；及形成於前述母材鋼板表面之絕緣被膜；前述母材鋼板具有下述化學組成：以質量%計，包含：

C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成；並且，在前述母材鋼板中，{111}<211>方位強度小於15；{411}<011>方位強度為2~50。

[9]本發明另一態樣之無方向性電磁鋼板，包含：母材鋼板；及形成於前述母材鋼板表面之絕緣被膜；前述母材鋼板具有下述化學組成：以質量%計，包含：C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成；並且，在前述母材鋼板中，{111}<211>方位強度為2~30；{411}<011>方位強度為1~40。

[10]本發明另一態樣之積層鐵芯係如上述[8]之無方向性電磁鋼板積層而成。

[11]本發明另一態樣之積層鐵芯係如上述[9]之無方向性電磁鋼板積層而成。

[12]如上述[1]至[7]中任一項之旋轉電機，其中前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板亦可為對前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板進一步以600℃以上進行熱處理所獲得之鋼板。

[13]本發明另一態樣之積層鐵芯之製造方法具有：將如上述[8]之無方向性電磁鋼板進行加工並積層之步驟。

[14]本發明另一態樣之積層鐵芯之製造方法具有：將如上述[9]之無方向性電磁鋼板進行加工並積層之步驟。

[15]本發明另一態樣之旋轉電機之製造方法具有：將如上述[10]之前述積層

鐵芯與如上述[11]之前述積層鐵芯進行組裝之步驟。

【0010】發明效果

根據本發明之上述態樣，可提供：旋轉電機，其可實現汽車驅動用馬達所要求之低噪音化與高轉矩化這兩者；無方向性電磁鋼板，其適合當作所述旋轉電機之轉子、定子之胚料；及積層鐵芯，其係無方向性電磁鋼板積層而成者，適合用於旋轉電機之定子或轉子。

亦即，本發明之上述態樣之旋轉電機係藉由使用已將{111}<211>方位富集化之電磁鋼板作為轉子鐵心胚料，來減少板面內方向之楊氏模數之各向異性，且藉由抑制轉子鐵心胚料因轉子旋轉時的離心力而往直徑方向變形之各向異性，來使定子與轉子間の間隙固定，從而可抑制馬達噪音。又，可藉由使用已將{411}<011>方位富集化之電磁鋼板作為定子鐵心胚料，來提高馬達之轉矩。因此，本發明之上述態樣之旋轉電機可兼顧低噪音化與高轉矩化。

【圖式簡單說明】

【0011】圖1係實施例所使用之馬達的部分俯視圖。

【實施方式】

【0012】用以實施發明之形態

以下，說明本發明一實施形態之旋轉電機(本實施形態之旋轉電機)、本發明一實施形態之無方向性電磁鋼板(本實施形態之無方向性電磁鋼板)及本發明一實施形態之積層鐵芯(本實施形態之積層鐵芯)、以及該等之製造方法。

關於數值a及b，只要無特別限定，則「a~b」之記載意指「a以上且b以下」。在所述記載中僅於數值b附有單位時，該單位亦應用於數值a。

【0013】[旋轉電機]

[無方向性電磁鋼板]

本實施形態之旋轉電機具備以下構成。

該旋轉電機具有：定子；轉子；及供容置定子與轉子之殼體；

前述定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度A小於15，前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度B為2~30，且前述A與前述B滿足 $B/A > 1.0$ 之關係；

前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{411}<011>方位強度C為2~50，前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{411}<011>方位強度D為1~40，且前述C與前述D滿足 $C/D > 1.0$ 之關係；

前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板及前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板的母材鋼板分別具有下述化學組成：

以質量%計，包含：C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成。

又，其中，轉子所包含之(作為轉子鐵心胚料之)無方向性電磁鋼板及定子所包含之(作為定子鐵心胚料之)無方向性電磁鋼板分別為本實施形態之無方向性電磁鋼板。

【0014】 本實施形態之旋轉電機至少具有：定子、轉子、及供容置定子與轉子之殼體。關於定子、轉子及殼體，其等之形狀與構成無特別限定，可具備一般的形狀、構成。

【0015】 <無方向性電磁鋼板>

本實施形態之無方向性電磁鋼板包含：母材鋼板、及形成於母材鋼板表面之絕緣被膜。

其中，就本實施形態之無方向性電磁鋼板而言，尤其在母材鋼板之化學組成及集合組織(各方位之方位強度)上有很大的特徵。

【0016】 [母材鋼板之各方位的方位強度]

無方向性電磁鋼板其母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度主要表示板面內方向之楊氏模數之各向異性相對較小之 $\{111\}$ 方位的聚集強度。若考慮減少因結晶方位所致之板面內方向之各向異性，可認為理想上宜做成完全隨機之集合組織。或者認為，就算不完全隨機，亦宜使其在特定面方位強烈聚集，且在該面方位中使板面內方位上之聚集變得隨機，例如在 $\{100\}<0vw>$ 中宜使 v 與 w 之聚集強度均一，即使是 $\{111\}$ 方位也宜使板面內之聚集強度之變化小且隨機。然而，就一般的歷經鑄造、軋延及退火(熱處理)所製出之電磁鋼板而言，在母材鋼板中無法避免會往特定方位強烈聚集，難以達成如上述之理想隨機化。亦因所述背景，在本實施形態之旋轉電機其轉子及定子所包含之無方向性電磁鋼板(本實施形態之無方向性電磁鋼板)中，母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度係在一般的電磁鋼板中應刻意確實控制之方位，且作為用以達成抑制板面內方向之楊氏模數之各向異性的一個指標，該 $\{111\}<211>$ 方位強度係非常有效之指標。而且， $\{111\}<211>$ 方位強度在定子鐵心胚料中之磁特性的評估方面亦為有效指標，在本實施形態係利用該方位來作為用以獲得效果的一個標準。

又，電磁鋼板之母材鋼板的 $\{411\}<011>$ 方位強度主要表示易磁化軸接近面內方向，因此磁特性優異。在此，所謂的易磁化軸係指在結晶所具有之磁各向異性中最容易磁化之方向，在bcc結構之結晶中係指稜線方向($[100]$ 、 $[010]$ 、 $[001]$ 方向)。因此，在本實施形態中，該方位亦用來作為用以獲得效果的一個標準。

本說明書中，關於電磁鋼板之母材鋼板的方位強度，有時亦會僅表現為電磁鋼板(無方向性電磁鋼板)之方位強度，而此時亦指母材鋼板之方位強度。

【0017】 本說明書中所謂的「方位強度」係表示相對於結晶定向呈隨機之

情況為多少倍的繞射強度。亦即，例如{111}<211>方位強度係表示以EBSD測定時之{111}<211>方位的繞射強度相對於結晶定向呈隨機之情況為多少倍。

結晶方位強度之測定有各種方法，但是關於{111}<211>方位強度、{411}<011>方位強度之測定，首先係研磨軋延面，使作為定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板之板厚中心露出，然後對該研磨面以EBSD(電子背向散射繞射法：Electron Back Scattering Diffraction)觀察 $960000\mu\text{m}^2$ 以上之區域。觀察只要合計面積為 $960000\mu\text{m}^2$ 以上即可，例如在 $800\mu\text{m}\times 1200\mu\text{m}$ 以上之範圍內進行觀察即可。若該範圍無法完全納入測定倍率之視野中，則可在分成數個小區塊之數處進行，譬如亦可觀察8處以上的 $200\mu\text{m}\times 600\mu\text{m}$ 以上之區域。

測定時之間距(step)間隔宜設為 $1\mu\text{m}$ 。間距間隔之上限為平均結晶粒徑之 $1/10$ 。

由EBSD之觀察數據求算{111}<211>方位強度、{411}<011>方位強度。

【0018】 以下顯示由EBSD之觀察數據求算{111}<211>方位強度、{411}<011>方位強度之程序。

以上述方式觀察面積 $960000\mu\text{m}^2$ 以上之範圍，晶粒數量方面至少觀察100個。

使用OIM Analysis之軟體(TSL公司製)來解析觀察數據，並作成ODF(方位分佈函數；Orientation Distribution Function)，由該值求算{111}<211>方位強度、{411}<011>方位強度。

【0019】 在本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度(A)為小於15之範圍。若{111}<211>方位強度(A)大於15，則磁特性會變差。{111}<211>方位強度(A)之範圍宜為1~3。

【0020】 在本實施形態之旋轉電機中，作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度(B)為2~30之範圍。若{111}<211>方位

強度(B)小於2，楊氏模數之板面內各向異性會增大，而旋轉時之噪音會增大。另一方面，若{111}<211>方位強度(B)大於30，則磁導率會變小，馬達效率因而降低。方位強度(B)之範圍宜為10~30。

【0021】 在本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板與作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板必須分別具有上述範圍之母材鋼板的{111}<211>方位強度，同時，各自之方位強度A、B必須滿足 $B/A > 1.0$ 之關係。A、B為 $B/A > 1.0$ 之關係時，可兼顧：減少容易受到鐵心胚料之磁特性影響之定子鐵心所產生的損耗、及減少容易受到因伴隨旋轉而來之離心力所致變形影響之轉子鐵心所產生的噪音，從而馬達特性良好。宜為 $B/A > 1.1$ ，較宜為 $B/A > 1.2$ 。

反之，當A、B為 $B/A \leq 1.0$ 之關係時，會變成是應用在對離心力之變形方面不利之電磁鋼板作為轉子鐵心胚料，且應用在磁特性方面不利之電磁鋼板作為定子鐵心胚料，從而馬達損耗會增大。

【0022】 進一步，在本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{411}<011>方位強度(C)為2~50之範圍。若方位強度(C)小於2，則磁特性會劣化，馬達特性變差。另一方面，若{411}<011>方位強度(C)大於50，則難以製造。方位強度(C)之範圍宜為5~30。

【0023】 在本實施形態之旋轉電機中，作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{411}<011>方位強度(D)為1~40。若{411}<011>方位強度(D)大於40，楊氏模數之板面內各向異性會增強，而噪音會增加。另一方面，若方位強度(D)小於1，則在轉子內部容易發熱，可能會導致永久磁鐵消磁且馬達特性劣化。{411}<011>方位強度(D)之範圍宜為3~20。

【0024】 在本實施形態之旋轉電機中，定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料(無方向性電磁鋼板)之母材鋼板必須分別具有上述{411}<011>方位強度範圍，同

時，各自之方位強度C、D必須滿足 $C/D > 1.0$ 之關係。C、D為 $C/D > 1.0$ 之關係時，可兼顧：提升容易受到鐵心胚料之磁特性影響之定子鐵心的磁特性、及減少容易受到因伴隨旋轉而來之離心力所致變形影響之轉子鐵心所產生的噪音。宜為 $C/D > 1.1$ ，較宜為 $C/D > 1.2$ 。

反之，當C、D為 $C/D \leq 1.0$ 之關係時，會變成是應用在對離心力之變形方面不利之電磁鋼板作為轉子鐵心胚料，且應用在磁特性方面不利之電磁鋼板作為定子鐵心胚料，從而馬達損耗會增加。

【0025】 在此，說明定子、轉子各自之鐵心胚料(無方向性電磁鋼板)之母材鋼板的方位強度。本實施形態所規定之 $\{111\}<211>$ 方位強度與 $\{411\}<011>$ 方位強度大致為抵換關係。例如，作為特性， $\{111\}<211>$ 方位為對磁特性而言不理想之方位， $\{411\}<011>$ 則為對磁特性而言較理想之方位。因此，在本實施形態中，關於作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板，會進行削弱 $\{111\}<211>$ 方位強度同時增強 $\{411\}<011>$ 方位強度之控制。

又，在冶金學層面，在藉由冷軋延及退火(再結晶)所行鋼板製造步驟中之集合組織變化中，亦可觀察到譬如：依冷軋延之軋縮率的變化或退火溫度的變化， $\{111\}<211>$ 方位之增加會伴隨 $\{411\}<011>$ 方位減少的狀況、或者 $\{411\}<011>$ 方位之增加會伴隨 $\{111\}<211>$ 方位減少的狀況。

基於所述背景，在本實施形態中，譬如在作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板中，以削弱母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度(A)且提高 $\{411\}<011>$ 方位強度(C)之方式進行控制之結果，定子鐵心胚料變得容易成立 $A/C < 1.0$ 。若採取相反看法，則作為定子鐵心胚料宜滿足 $A/C < 1.0$ 。較宜為 $A/C < 0.8$ ，更宜為 $A/C < 0.6$ 。

【0026】 同樣地，在作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板中，以增強母材鋼板的 $\{111\}<211>$ 方位強度(B)且削弱 $\{411\}<011>$ 方位強度(D)之方式進行控制之結果，轉子鐵心胚料變得容易成立 $B/D > 1.0$ 。若採取相反看法，則作為轉

子鐵心胚料宜滿足 $B/D > 1.0$ 。較宜為 $B/D > 1.5$ ，更宜為 $B/D > 2.0$ 。

【0027】 惟，預防性先說明，上述「抵換關係」並非指在原理上必定會實現，而是指在藉由冷軋延及退火(再結晶)所行之鋼板製造步驟及電磁鋼板所要求之磁特性之前提下，多半會是抵換關係的程度。亦即，無法否認譬如 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位與 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位會同時增加或同時減少的現象。

【0028】 定子鐵心胚料及轉子鐵心胚料各自母材鋼板的 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位強度(A)、(B)及 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度(C)、(D)分別滿足 $B/A > 1.0$ 之關係、 $C/D > 1.0$ 之關係時，馬達噪音會減少，關於此點之理由，可認為譬如下述。

如先前所述， $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位係對磁特性而言較理想之方位，因此在習知馬達用電磁鋼板中會進行提高該方位強度之控制。然而，該方位其楊氏模數之板面內各向異性大，因此若將 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度高之電磁鋼板當作轉子鐵心胚料來使用，則在旋轉中會相對於旋轉軸以非各向同性之方式變形，進而產生振動而噪音增大。

如本實施形態之旋轉電機這般， $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度高之無方向性電磁鋼板只會當作定子鐵心胚料來使用，且轉子鐵心胚料係使用 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位強度相對低且已提高楊氏模數之板面內各向異性小之 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位強度之無方向性電磁鋼板，藉此，旋轉中之變形會相對於旋轉軸為各向同性，因而可抑制振動，而噪音降低。

【0029】 進一步，本實施形態之旋轉電機中，作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位強度(B)及 $\{111\} \langle 011 \rangle$ 方位強度(E)宜滿足 $B/E > 1.0$ 之關係。

【0030】 在本實施形態會控制板面內各向異性大之 $\{411\} \langle 011 \rangle$ 方位與板面內各向異性小之 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位，然而關於 $\{111\}$ 方位，除 $\{111\} \langle 211 \rangle$ 方位以外， $\{111\} \langle 011 \rangle$ 方位也容易成長。若考慮該等方位對板面內各向異性之綜合影

響，則關於{111}方位，具有與{410}<011>方位相同之板面內方位<011>的{111}<011>方位，其在綜合的板面內各向異性之減少上係較{111}<211>方位更不利。就該觀點而言，本實施形態之旋轉電機中，在轉子所包含之無方向性電磁鋼板宜設為 $B/E > 1.0$ 。較宜為 $B/E > 1.5$ ，更宜為 $B/E > 2.0$ 。

【0031】進一步，在本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{411}<011>方位強度(C)及母材鋼板的{100}<011>方位強度(F)宜滿足 $C/F > 1.0$ 之關係。

對於壓縮應力，{100}<011>方位之鐵損增加幅度高。定子之固定方法有數種，但其中幾乎都是對定子鐵心施加壓縮應力的方法。因此，宜使壓縮應力敏感性低之{411}<011>增加。較宜為 $C/F > 1.5$ ，更宜為 $C/F > 2.0$ 。

【0032】 [化學組成]

本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板及作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板其等母材鋼板之化學組成，宜設為可從所製造之無方向性電磁鋼板獲得滿足各方位強度要件之定子鐵心胚料及轉子鐵心胚料之組成，且宜分別具有以下化學組成。化學組成之說明的「%」意指「質量%」。

在本實施形態之旋轉電機中，作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板與作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板，其等母材鋼板之化學組成可相同，亦可如後述這般相異。

【0033】 (C：0.0100%以下)

C係會提高鐵損或引起磁老化之元素。因此，C含量越低越好。所述現象在C含量大於0.0100%時十分明顯。故，C含量設為0.0100%以下。減少C含量亦有助於均勻提升板面內全方向上之磁特性。C含量之下限無特別限定，但基於精煉時脫碳處理的成本而宜設為0.0005%以上。

【0034】 (Si：0.5000~4.0000%)

Si係下述元素：會增大電阻，減少渦電流損耗而減低鐵損，或者會增大降伏比而提升沖裁成鐵心之沖裁加工性之元素。Si含量小於0.5000%時，無法充分獲得該等作用效果。因此，Si含量設為0.5000%以上。Si含量宜為0.9000%以上，較宜為1.5000%以上。另一方面，Si含量大於4.0000%時，會有磁通密度降低、會因硬度過度上升導致沖裁加工性降低、或者冷軋延變得困難的情形。因此，Si含量設為4.0000%以下。

又，Si係在電磁鋼板中較大量含有之元素，其對於本實施形態中主要控制之冷軋延、再結晶退火後之{111}<211>方位、{411}<011>方位所帶來的影響很大。在低Si鋼中，{111}<211>方位容易成長，且{411}<011>方位容易被抑制。

因此，定子鐵心胚料所用之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的Si含量宜多於轉子鐵心胚料所用之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的Si含量。尤其，可將在鋼板製造步驟有無因Si含量所帶來之變態活用於上述集合組織之控制，更宜將定子鐵心胚料所用鋼板設為高Si之非變態系化學組成，並將轉子鐵心胚料所用之鋼板設為低Si之變態系化學組成。

【0035】 (sol.Al：0.0001~1.0000%)

Al係會增大電阻，減少渦電流損耗而減低鐵損之元素。Al亦有助於提升磁通密度B₅₀相對於飽和磁通密度之相對大小。sol.Al(酸溶性Al)含量小於0.0001%時，無法充分獲得該等作用效果。又，Al還具有在製鋼中促進脫硫的效果。因此，sol.Al含量設為0.0001%以上。另一方面，sol.Al含量大於1.0000%時，磁通密度會降低、或者降伏比會降低而沖裁加工性降低。因此，sol.Al含量設為1.0000%以下。

【0036】 在此，所謂磁通密度B₅₀係5000A/m之磁場中的磁通密度。

【0037】 (S：0.0100%以下)

S並非必要元素，而是例如作為不純物而含有於鋼中之元素。S會以微細MnS之形態析出，因而會阻礙退火中之再結晶及晶粒成長。因此，S含量越低越好。

在S含量大於0.0100%時，因所述阻礙再結晶及晶粒成長而造成鐵損增加及磁通密度降低的情形十分顯著。因此，S含量設為0.0100%以下。S含量之下限無特別限定，但基於精煉時脫硫處理的成本而宜設為0.0003%以上。

【0038】 (N：0.0100%以下)

N與C同樣係會使磁特性劣化之元素。故，N含量越低越好。若N含量大於0.0100%，該不良影響會很明顯，因此N含量設為0.0100%以下。N含量之下限無特別限定，但基於精煉時脫氮處理的成本而宜設為0.0010%以上。

【0039】 (選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%)

關於Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au，必須含有總計為0.1000%以上之該等元素中之至少1種或複數種。又，該等元素之含量從提高電阻且降低鐵損的觀點來看，較宜將該等元素中之至少1種或複數種設為總計為0.2000%以上。更宜為總計為1.0000%以上。

另一方面，若該等元素之含量總計大於5.0000%，則成本會提高，亦會有磁通密度降低的情形。因此，係將該等元素中之至少1種設為總計為5.0000%以下。且宜為4.0000%以下。

【0040】 (Cr：0~2.0000%)

Cr係會提升耐蝕性、高頻特性及集合組織之元素。Cr並不一定要含有，Cr含量下限為0%。雖然即便為微量之Cr也能獲得含有Cr之效果，但為了確實獲得含有之效果，含量宜設為0.0010%以上，較宜設為0.0020%以上，更宜設為0.0200%以上，又更宜設為0.1000%以上。

另一方面，若Cr含量大於2.0000%，則Cr會生成碳氮化物，該碳氮化物會使結晶粒徑微細化，而鐵損增加。因此，Cr含量設為2.0000%以下。

【0041】 (Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%)

Sn、Sb係會改善冷軋延、再結晶後之集合組織，使其磁通密度提升之元素。故，可視需求含有該等元素。為了提升磁特性等，宜含有選自於由0.0200~0.4000%之Sn、0.0200~0.4000%之Sb及0.0200~0.4000%之P所構成群組中之1種或複數種。

另一方面，若含有過多Sn、Sb，則鋼會脆化。因此，Sn含量、Sb含量皆設為0.4000%以下。又，可為了確保再結晶後之鋼板的硬度而含有P，但若含有過多P則會招致鋼脆化。因此，P含量設為0.4000%以下。

【0042】 (Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%)

Ti、Nb係下述元素：會將固溶C、固溶N以析出物之形態固定而使其等減少，藉此改變冷軋延、再結晶後之集合組織之元素。藉由含有該等元素，會發揮提高{111}<211>方位強度並降低{411}<011>方位強度之作用。為了充分獲得該效果，宜含有C含量與N含量之當量以上的Ti、Nb，Ti、Nb一般要分別含有0.0200%以上，更宜含有0.0400%以上。

但，Ti含量與Nb含量皆設為0.1000%以下。

如先前所述，藉由含有Ti、Nb，{111}<211>方位強度會提高，且{411}<011>方位強度會降低。因此，宜使定為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板中含有較大量的Ti、Nb。

然而，如後述，在包含0.0100%以上之Ti及/或Nb的情況下要實施精退火步驟時，若不將精退火之升溫速度提高至100℃/秒以上，便無法獲得充分特性。就若不設為上述升溫速度則{411}<011>方位不會發達這點而言，較不理想。亦即，包含Ti及/或Nb時，製造性會降低。因此，基於此觀點，Ti含量宜小於0.0100%，Nb含量宜小於0.0100%。較佳的是Ti含量、Nb含量、後述之V含量及Zr含量之合計小於0.0100%。

【0043】 Zr：0~0.1000%

V：0~0.1000%

本實施形態之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的化學組成，除了含有上述元素之外，亦可進一步含有V及/或Zr作為選擇元素。

Zr、V皆為具有下述效果之元素：抑制再結晶，提高{111}<211>方位強度並降低{411}<011>方位強度。要獲得該效果時，Zr含量、V含量分別宜為0.0100%以上。

另一方面，Zr含量、V含量大於0.1000%時，鋼會變脆弱。因此，Zr含量、V含量皆設為0.1000%以下。宜為0.0500%以下，較宜為小於0.0100%。

【0044】 在本實施形態之旋轉電機中，令定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板以質量%計之Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量及N含量為 Nb_s 、 Zr_s 、 Ti_s 、 V_s 、 C_s 、 N_s ，此時，宜滿足 $0 \geq Nb_s/93 + Zr_s/91 + Ti_s/48 + V_s/51 - (C_s/12 + N_s/14)$ 。

在此情況下，可獲得提高{411}<011>方位強度之效果。

下限值無特別限定，例如亦可設為 $Nb_s/93 + Zr_s/91 + Ti_s/48 + V_s/51 - (C_s/12 + N_s/14) \geq -1.55 \times 10^{-3}$ 。

又，令轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板以質量%計之Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量及N含量分別為 Nb_r 、 Zr_r 、 Ti_r 、 V_r 、 C_r 、 N_r ，此時，宜滿足 $0 < Nb_r/93 + Zr_r/91 + Ti_r/48 + V_r/51 - (C_r/12 + N_r/14) < 5.0 \times 10^{-3}$ 。

在此情況下，可獲得提高{111}<211>方位強度之效果。

【0045】 上述以外之化學組成的剩餘部分為Fe及不純物。在本實施形態中，不純物係指：從原料或在製造步驟中混入，且不會對本實施形態之旋轉電機的特性造成明確影響之元素。

不純物除了上述元素以外，還可例示譬如：B、O、Mg、Ca、Nd、Bi、W、Mo、Nb及Y。該等元素之含量例如宜分別為0.10%以下。又，不純物整體合計宜為5.00%以下，較宜為1.00%以下。

【0046】 在本實施形態之旋轉電機中，定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的化學組成與轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的化學組成可相同，但是關於Si、Ti、Nb，考慮上述效果，令定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量以質量%計分別為 Si_s 、 Ti_s 、 Nb_s ，且令前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量分別為 Si_r 、 Ti_r 、 Nb_r ，此時宜滿足 $Si_s/Si_r > 1.0$ 、 $Ti_r/Ti_s > 1.0$ 、 $Nb_r/Nb_s > 1.0$ 中之任一者。

滿足 $Si_s/Si_r > 1.0$ 、 $Ti_r/Ti_s > 1.0$ 、 $Nb_r/Nb_s > 1.0$ 中之任一者時，可獲得馬達損耗會更降低之效果。

【0047】 在本實施形態之旋轉電機中，定子所包含之無方向性電磁鋼板之母材鋼板與轉子所包含之無方向性電磁鋼板之母材鋼板中，Si含量、Mn含量及sol.Al含量之合計的差值宜為0.20質量%以內(差值之絕對值為0.20質量%以下)。在此情況下，包括由相同胚料製作定子及轉子的情況，會有作業效率及可降低成本之優點。

【0048】 母材鋼板的化學組成係藉由以下方法求算。

以研磨機等研磨受測材的整面，然後將經丙酮洗淨之該受測材以切片機(nibbler)等裁切而製作試樣。C與S係以燃燒-紅外線吸收法測定。N係以非活性氣體溶解-熱傳導率法測定。sol.Al係以酸溶解-ICP發光分光分析法測定。O係以非活性氣體溶解-非分散式紅外線吸收法測定。其他元素則以ICP發光分光分析法測定。

在此，表面之絕緣被膜可如前述這般藉由研磨等機械加工去除，亦可使用熱鹼以化學方式去除。

又，在旋轉電機中，要求算定子所包含之無方向性電磁鋼板、轉子所包含之無方向性電磁鋼板其等母材鋼板的化學組成時，只要解體旋轉電機，藉此從定子

或轉子取出無方向性電磁鋼板，然後按上述要點測定化學組成即可。

解體旋轉電機之詳細方法會依各實際旋轉電機而有所不同，但要例示一例時，首先要從裝有旋轉電機之機械取出旋轉電機。之後，藉由機械加工來卸除旋轉電機之殼體(罩殼)的一部分。然後將定子與轉子分開。此時，若轉子具有永久磁鐵便會產生磁吸引力，因此在定子與轉子之間放入塑膠片等分隔件較理想。之後將定子從殼體卸除。

由於定子繞有繞組，因此要卸除繞組或切斷一部分的繞組。排除在定子之積層最上方之鋼板或在切斷繞組時受損之鋼板，自其以外之處採取試樣。在多半情況下會以斂合或熔接來進行積層之緊固。若為斂合，則可藉由將刀具之刀刃放入已積層之鋼板間的空隙等來剝開積層。若為熔接，則可以手持式研磨機等切削熔接部，藉此剝開積層。

轉子多半會令線圈端部(coil end)為電磁鋼板以外的材料。因此，要在轉子之長邊中央附近使用非磁性體之刀刃藉由機械加工來分離成二個。之後，與前述定子同樣剝開積層。此時，排除受到機械加工之影響之處較理想。

【0049】 [母材鋼板之平均結晶粒徑]

在本實施形態之旋轉電機中，定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板之平均結晶粒徑宜大於前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板之平均結晶粒徑。

在此情況下，可獲得轉子之 $\{111\}<211>$ 方位強度增大，且定子之 $\{411\}<011>$ 方位強度增大之效果。

【0050】 平均結晶粒徑可藉由以下方法求算。

平均結晶粒徑只要在縱截面組織照片中，針對板厚方向及軋延方向藉由切斷法進行測定，使用所得之結晶粒徑的平均值即可。該縱截面組織照片可使用光學顯微鏡照片，例如使用以50倍之倍率拍攝之照片即可。板厚方向係畫出20條以

上的板厚總長之線條來計算為佳。軋延方向係在板厚之1/4、1/2、3/4以平行方式畫出2mm長度之線條來計算為佳。

惟，包含未再結晶區域時，僅以再結晶後之區域為對象依上述方法來算出即可。

【0051】 又，在本實施形態之旋轉電機中，定子所包含之無方向性電磁鋼板宜為下述鋼板：對轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板進一步以600℃以上進行熱處理所獲得之鋼板。

在此情況下，可去除因加工而導入之應變，磁特性因而改善，藉由容易受到鐵心胚料之磁特性影響之定子磁特性的改善，可獲得馬達特性提升之效果。

【0052】 [母材鋼板厚度]

接著，說明本實施形態之無方向性電磁鋼板之母材鋼板厚度。本實施形態之無方向性電磁鋼板之母材鋼板厚度不一定要限定，但宜為0.50mm以下。若厚度大於0.50mm，則難以獲得優異的高頻鐵損。由鐵損之觀點來看，板厚越薄越有利，因此宜為0.35mm以下，較宜為0.20mm以下，更宜為0.15mm以下。

另一方面，由易於製造之觀點來看，本實施形態之無方向性電磁鋼板之母材鋼板厚度宜為0.10mm以上。

【0053】 [絕緣被膜]

本實施形態之無方向性電磁鋼板係於母材鋼板表面形成有絕緣被膜。該絕緣被膜為公知之被膜即可。可例示譬如由 Al_2O_3 所構成之被膜。

【0054】 <積層鐵芯>

本實施形態之積層鐵芯係無方向性電磁鋼板(本實施形態之無方向性電磁鋼板)積層而成之積層鐵芯(定子鐵芯)，該無方向性電磁鋼板包含：母材鋼板、及形成於母材鋼板表面之絕緣被膜，在母材鋼板中具有下述化學組成：以質量%計包含：C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%

以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物構成，且{111}<211>方位強度小於15，{411}<011>方位強度為2~50；或者本實施形態之積層鐵芯係無方向性電磁鋼板(本實施形態之無方向性電磁鋼板)積層而成之積層鐵芯(轉子鐵芯)，該無方向性電磁鋼板包含：母材鋼板、及形成於母材鋼板表面之絕緣被膜，在母材鋼板中具有下述化學組成：以質量%計包含：C：0.0100%以下、Si：0.5000~4.0000%、sol.Al：0.0001~1.0000%、S：0.0100%以下、N：0.0100%以下、選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、Cr：0~2.0000%、Sn：0~0.4000%、Sb：0~0.4000%、P：0~0.4000%、Ti：0~0.1000%、Nb：0~0.1000%、Zr：0~0.1000%、V：0~0.1000%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成，且{111}<211>方位強度為2~30，{411}<011>方位強度為1~40。

積層鐵芯係藉由衝壓本實施形態之無方向性電磁鋼板並將之積層接著而製造。在該步驟中，化學組成與集合組織不會改變。因此，積層鐵芯所包含之無方向性電磁鋼板具有與上述本實施形態之無方向性電磁鋼板相同的化學組成、集合組織。

由此亦可知，上述積層鐵芯之化學組成與集合組織為無方向性電磁鋼板之母材鋼板之部分的化學組成、集合組織。

又，可藉由組合該定子鐵芯、轉子鐵芯來製成馬達鐵心。

【0055】 [製造方法]

針對本實施形態之無方向性電磁鋼板、本實施形態之積層鐵芯及本實施形態之旋轉電機之製造方法加以說明。

【0056】 <無方向性電磁鋼板之製造方法>

作為本實施形態之無方向性電磁鋼板之製造方法，首先說明作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板及作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板之製造方法。

具有預定{111}<211>方位強度及{411}<011>方位強度之無方向性電磁鋼板(作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板與作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板，其等之較佳方位強度的範圍不同)可藉由在製造步驟中控制各種條件來獲得。

【0057】 作為最初之例，係針對在使用了相同化學組成之扁胚的前提下，藉由改變熱軋延之後的製造條件，來區分製造以定子鐵心胚料而言較佳之無方向性電磁鋼板與以轉子鐵心胚料而言較佳之無方向性電磁鋼板之製造方法之一例加以說明。

本實施形態之無方向性電磁鋼板可藉由下述來製造：實施熱軋延、冷軋延，進一步視需求實施中間退火、平整軋延、精退火及弛力退火而製造出母材鋼板，並且在前述任一步驟後於母材鋼板表面實施絕緣被膜之形成。

具有預定{111}<211>方位強度及{411}<011>方位強度之無方向性電磁鋼板可藉由在製造步驟中控制各種條件來獲得，且以定子鐵心胚料而言較佳之無方向性電磁鋼板與以轉子鐵心胚料而言較佳之無方向性電磁鋼板的區分製造可依有無實施中間退火、平整軋延、精退火等來實現。在此，中間退火係指在冷軋延與平整軋延之間進行之退火，精退火係指在平整軋延後進行之退火。該精退火可由鋼板製造者進行，亦可由馬達製造者(加工製造者)在鐵心衝壓後進行。

【0058】 首先，將具有上述化學組成之鋼材加熱並施行熱軋延。鋼材例如係藉由通常的連續鑄造所製出之扁胚。

鋼材之加熱溫度並無限定，譬如可採用1000~1350℃之標準條件。

熱軋延之粗軋延及精整軋延係以 A_{r1} 溫度以上之溫度來進行。亦即，宜以通過精整軋延之最終道次時之溫度(精加工溫度)會達 A_{r1} 溫度以上之方式進行熱軋

延。藉此，透過後續之冷卻而會從沃斯田鐵(γ 鐵)變態成肥粒鐵(α 鐵)，結晶組織因而微細化。若在結晶組織微細化後之狀態下施行後續之冷軋延，便容易產生鼓脹再結晶(一種再結晶晶粒以對於未再結晶部突出之現象，以下有時會記載為「脹大」)，而可使通常不易成長之 $\{411\}<011>$ 方位之晶粒變得容易成長。在本實施形態之無方向性電磁鋼板中， A_{r1} 溫度係從鋼材(母材鋼板)在加熱至 A_{c3} 溫度後以 $1^\circ\text{C}/\text{秒}$ 之平均冷卻速度冷卻中之熱膨脹變化求算。又，在本發明所用之鋼板中， A_{c1} 溫度(變態成 γ 相之溫度)係從鋼材(鋼板)在以 $1^\circ\text{C}/\text{秒}$ 之平均加熱速度加熱中之熱膨脹變化求算。

惟，化學組成為非變態系時，精加工溫度為 850°C 以上較理想。其理由在於：若精加工溫度低於 850°C ，在熱軋延時便難以控制鋼板形狀。

【0059】 之後，不進行熱軋板退火而將之捲取。若進行熱軋板退火，則 $\{411\}<011>$ 方位會變得無法在後續步驟中富集化。捲取時之溫度並無限定，但宜為高於 250°C 且 700°C 以下。藉由在高於 250°C 且 700°C 以下捲取熱軋延後之熱軋延鋼板，可將冷軋延前之結晶組織微細化，而可獲得能在再結晶時將磁特性優異之 $\{411\}<011>$ 方位富集化之效果。捲取時之溫度較宜為 $400\sim 600^\circ\text{C}$ ，更宜為 $400\sim 480^\circ\text{C}$ 。

【0060】 之後，歷經酸洗，再對熱軋延鋼板進行冷軋延。在冷軋延中宜將軋縮率設為 $80.0\sim 92.0\%$ 。軋縮率越高， $\{411\}<011>$ 方位之晶粒越容易藉由後續之再結晶而成長。

另一方面，軋縮率大於 92.0% 時，在冷軋延之負荷會升高且成本會增加。

冷軋延之軋縮率會考慮後述之平整軋延，以平整軋延後會成為所需之製品板厚之方式來決定。

【0061】 冷軋延一結束，便接著進行中間退火。亦可不進行中間退火。進行中間退火時，會將中間退火溫度控制在低於 A_{c1} 溫度，藉此令再結晶率為

1~99%，且宜令再結晶率為50~99%。

若中間退火溫度過低，則無法充分產生脹大而有{411}<011>方位之晶粒不會充分成長之虞，因此中間退火溫度宜設為600°C以上。又，若中間退火溫度為 A_{c1} 溫度以上，則有在退火中產生沃斯田鐵變態，具有{411}<011>方位以外之結晶方位的晶粒其產生頻率增加而發明效果受損之虞，因此中間退火要在低於 A_{c1} 溫度下實施。化學組成為非變態系時，中間退火溫度設為800°C以下。所述中間退火之時間宜設為5~60秒。

【0062】 從精退火、弛力退火後{411}<011>方位晶粒會更容易成長的觀點來看，再結晶率在中間退火後之時間點為50%以上這點很理想。

【0063】 中間退火後之鋼板(為無方向性電磁鋼板之母材鋼板的冷軋鋼板)其再結晶率可藉由以下程序來特定。

首先，將從鋼板採取之試樣以板厚達1/2之方式(以板厚中心會露出之方式)從表面進行研磨，然後以電子背向散射繞射(EBSD：Electron Back Scattering Diffraction)法對該研磨面進行觀察。然後，將滿足以下(a)、(b)之至少任一個條件之晶粒判定為未再結晶部，按未再結晶率=未再結晶部之面積/整個觀察視野之面積來計算。

(a)晶粒之粒徑大於300 μm 者。

(b)晶粒之長寬比大於2，亦即滿足(軋延方向之長度)/(從軋延方向起90度之方向的長度)>2者。

【0064】 中間退火一結束，便接著進行平整軋延。亦可不進行平整軋延。又，若不進行中間退火，則會在冷軋延後進行平整軋延。藉由進行平整軋延，{111}<211>方位強度會提高，而成為適合作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板。

【0065】 關於平整軋延之軋縮率，可假設對已如後述這般進行平整軋延之

鋼板進一步進行精退火並將所得鋼板當作定子鐵心胚料，來決定適宜範圍。若對已如先前所述產生脹大之鋼板進行輕度軋延並進一步進行退火，因脹大而產生之 $\{411\}<011>$ 方位晶粒會進一步成長。此為一般作為應變誘發晶界移動(以下有時會記載為SIBM)而為人所知之現象的一例。為了活用該現象，平整軋延之軋縮率設為5~25%。平整軋延之軋縮率若小於5%，則蓄積在鋼板中的應變量很少，因此不會發生SIBM。另一方面，平整軋延之軋縮率若大於25%，則應變會過多，因而會產生再結晶核生成(Nucleation)而非產生SIBM。由於在再結晶核生成(Nucleation)中 $\{111\}<211>$ 晶粒之產生頻率會升高，因此若將該鋼板當作定子鐵心胚料，定子之磁特性便會劣化。從要在此看法下充分獲得效果的觀點來看，平整軋延之軋縮率較宜設為5~15%。

又，關於平整軋延之軋縮率，令冷軋延之軋縮率(%)為 R_m ，且令平整軋延時之軋縮率(%)為 R_s 時，宜將冷軋延及平整軋延之軋縮率調整成會滿足 $86 < R_m + 0.2 \times R_s < 92$ ，且滿足 $5 < R_s < 20$ 。

【0066】 接著，對平整軋延後之鋼板進行精退火。亦可不進行精退火。若不進行中間退火或平整軋延，則會對冷軋延後或中間退火後之鋼板進行精退火。

若要獲得精退火之效果，則宜對平整軋延後之鋼板進行精退火。在此情況下，可藉由精退火來釋放平整軋延所賦予之應變，且可在可引起由SIBM所帶來之再結晶之溫度與時間下進行。退火溫度越高，越可進行短時間之處理。然而，為了避免 $\alpha \rightarrow \gamma$ 變態，溫度之上限宜設為低於 A_{c1} 溫度。具體而言，溫度可例示600~低於 $A_{c1}^{\circ}\text{C}$ ，時間可例示大於0秒且100小時以下。若為一般的連續退火爐，則可例示700~低於 $A_{c1}^{\circ}\text{C}$ 、1~300秒，若為分批式退火爐，則可例示600~低於 $A_{c1}^{\circ}\text{C}$ 、20~1200分鐘。藉由適當控制維持溫度與時間，可透過SIBM充分釋放平整軋延所導入之應變，而可抑制在衝壓成複雜形狀時之翹曲，同時可避免晶粒變得過度粗

大，而可抑制因衝壓時之塌邊導致衝壓精度降低的情形，亦即可提升無方向性電磁鋼板之加工性。

在不進行平整軋延的情況下，可藉由精退火充分釋放應變，因此加工性本來就不會劣化。

精退火後之鋼板由於{411}<011>方位強度會提高，故會成為適合作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板。

在提高{411}<011>方位強度方面，精退火之升溫速度宜為30°C/秒以上。較宜為100°C/秒以上或200°C/秒以上。又，亦可設為300°C/秒以上，進一步亦可設為400°C/秒以上或500°C/秒以上。

尤其，當母材鋼板包含合計0.010%以上之Ti、Nb、V或Zr時，精退火之升溫速度若小於100°C/秒，則{411}<011>方位強度降低之效果明顯，因此升溫速度宜為100°C/秒以上。

【0067】就一般的弛力退火而言，就算僅對定子施行了弛力退火，{411}<011>方位強度也不太會提高，而是{111}<011>方位強度會提高，因此難以使目標之定子鐵心胚料之{111}<211>方位強度(A)與轉子鐵心胚料之{111}<211>方位強度(B)滿足 $B/A > 1.0$ ，以及難以使定子鐵心胚料之{411}<011>方位強度(C)與轉子鐵心胚料之{411}<011>方位強度(D)滿足 $C/D > 1.0$ 之關係。另一方面，活用脹大及SIBM之上述方法僅會對定子進行退火，藉此{411}<011>方位會蠶食{111}<211>方位而成長，因此在滿足目標之上述 $B/A > 1.0$ 及 $C/D > 1.0$ 之關係上非常合適。

【0068】本實施形態之無方向性電磁鋼板在要製成馬達鐵心時，為了製成所欲之鐵心構件形狀，會進行成形加工等(例如衝壓)。並且，為了去除因成形加工等而產生之應變等，有時會施行弛力退火。上述精退火亦可作為定子鐵心之弛力退火來實行。弛力退火溫度宜設為例如800°C左右，弛力退火之時間宜

設為2小時左右。

【0069】 本實施形態之無方向性電磁鋼板係在冷軋延、中間退火、平整軋延及精退火之中最後實施之步驟後，於弛力退火前或弛力退火後，在母材鋼板表面形成絕緣被膜。絕緣被膜之形成條件採用與習知形成無方向性電磁鋼板之絕緣被膜的條件相同的條件即可。

【0070】 作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板與作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板熱軋延之區分製造之另一例，可舉下述方法：針對具有相同化學組成之扁胚按相同條件(設為相同板材)進行熱軋延、冷軋延、中間退火及平整軋延，之後以有無實施精退火或弛力退火來區分製造。該方法係由鋼板製造者製造出已實施至平整步驟之鋼板並將之出貨，然後由馬達製造者(加工製造者)從相同鋼板衝壓出轉子鐵心胚料與定子鐵心胚料(一般亦稱為一體沖裁等)，轉子鐵心係於不實施弛力退火下使用，定子鐵心則為實施弛力退火後使用，藉此可製造本發明之旋轉電機。由於係藉由製造馬達鐵心之最終階段的弛力退火來區分製造轉子鐵心胚料與定子鐵心胚料，因此在物流、鋼板處置及鋼板產率方面十分方便，在工業上可說是非常適宜的方法。

亦即，譬如亦可對轉子所包含之無方向性電磁鋼板進一步以600℃以上進行熱處理(精退火或弛力退火)，令所得鋼板為定子所包含之前述無方向性電磁鋼板。

按以上方式便能獲得可應用於本實施形態之旋轉電機之鐵心胚料。

【0071】 本實施形態之旋轉電機其作為轉子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板與作為定子鐵心胚料之無方向性電磁鋼板熱軋延，亦可以上述以外之方法區分製造而獲得。例如，可使用化學組成相異之鋼材來製造，亦可藉由熱軋延條件、冷軋延條件等來區分製造。

【0072】 關於未於上述說明之條件，可適當採用公知條件。

【0073】 以所述方式進行而製造之電磁鋼板(無方向性電磁鋼板)即為適合作為本實施形態之旋轉電機其定子鐵心胚料或轉子鐵心胚料之電磁鋼板。基本上，以抑制往{111}<211>方位聚集且促進往{411}<011>方位聚集之方式製出之鋼板係適合作為定子鐵心胚料之電磁鋼板，以促進往{111}<211>方位聚集之方式製出之鋼板係適合作為轉子鐵心胚料之電磁鋼板。若會進一步對馬達之鐵心進行弛力退火，則可應用亦已考慮因弛力退火所造成之結晶方位變化的鋼板。然後，以各鐵心胚料之方位強度(A)、(B)、(C)、(D)、(E)、(F)會滿足預定關係之方式來選定鋼板並使用，藉此可獲得本實施形態之旋轉電機。

藉由化學組成、熱軋延條件、熱軋板熱處理條件、冷軋延條件及精退火條件等來區分製造集合組織，將所得之2種鋼板當作定子鐵心胚料或轉子鐵心胚料來使用之方法不會是所謂的一體衝壓，就這點而言，必須留意該方法在鋼板產率方面會比前述之從1種鋼板衝壓定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料之方法不利。不過，由於可完全獨立控制各鋼板之集合組織，因此若適當選定鋼板，則在效果之大小方面仍有利。

【0074】 <積層鐵芯之製造方法>

本實施形態之積層鐵芯係在上述本實施形態之無方向性電磁鋼板之中，使用{111}<211>方位強度小於15且{411}<011>方位強度為2~50之無方向性電磁鋼板作為定子鐵心胚料而製造；或者使用{111}<211>方位強度為2~30且{411}<011>方位強度為1~40之無方向性電磁鋼板作為轉子鐵心胚料而製造。

具體而言，針對定子用、轉子用準備不同的無方向性電磁鋼板，藉由衝壓分別將該等鋼板加工，並使其等積層。又，關於定子用、轉子用，亦可使用相同電磁鋼板藉由衝壓來進行加工，並使其等積層，之後僅對定子用實施弛力退火。衝壓、積層為公知方法即可。

【0075】 <旋轉電機之製造方法>

本實施形態之旋轉電機係在製造出上述積層鐵芯後，以公知方法在積層鐵芯做成繞組，然後放入殼體，藉此組裝而製造。此時，繞組與放入殼體中之順序亦可相反。

【0076】 實施例

以下，利用實施例進一步說明本發明之實施形態。

實施例所使用之條件係其用以確認之一條件例，本發明不限定於該例，只要不超出本發明且可達成本發明之目的則可採用各種條件。

【0077】 (製造電磁鋼板)

鑄造熔鋼而製作出鑄錠，然後進行熱軋延、酸洗及冷軋延，針對一部分之例子進一步進行中間退火、平整軋延及精退火中之一個以上的步驟，而製作出電磁鋼板(無方向性電磁鋼板)。於表1列示所得電磁鋼板之各鋼種的化學組成、鋼板變態溫度。在化學組成之中，表中不明示之不純物含量分別為0.0010%以下，合計亦會是0.10%以下。 $A_{r1}(^{\circ}\text{C})$ 表示變態成 α 相之溫度， $A_{c1}(^{\circ}\text{C})$ 表示變態成 γ 相之溫度。關於不會進行 α - γ 變態(非變態系)之化學組成，係在相變態點溫度之欄位記載為「-」。又，表中之式¹⁾的欄位表示使用Nb、Zr、Ti、V、C、N之以質量%計之含量來計算 $\text{Nb}/93+\text{Zr}/91+\text{Ti}/48+\text{V}/51-(\text{C}/12+\text{N}/14)$ 的結果。

又，於表2-1、表2-2列示各種製造條件。

另外，已於以上述方法獲得之電磁鋼板表面形成公知之由 Al_2O_3 所構成之絕緣被膜。絕緣被膜厚度設為 $0.5\mu\text{m}$ 。

表2之最終厚度係在結束表2之步驟後之母材鋼板厚度。

【0078】 [表1]

鋼種	組成(質量%) 剩餘部分為Fe及不純物																相變態點溫度		
	C	Si	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Mn等合計	P	S	sol.Al	N	Cr	其他	式 ¹⁾	A _r 1 (°C)	A _c 1 (°C)
A	0.0023	2.4831	3.2732	-	-	-	-	-	-	3.2732	0.0097	0.0020	0.2994	0.0021	-	-	-0.00034	800	900
B	0.0022	3.2203	0.4905	-	-	-	-	-	-	0.4905	0.0100	0.0018	0.5979	0.0019	-	-	-0.00032	-	-
C	0.0017	3.2149	0.5125	-	-	-	-	-	-	0.5125	0.0103	0.0019	0.6010	0.0022	-	Nb:0.0899	0.00067	-	-
D	0.0039	0.8959	0.9880	-	-	-	-	-	-	0.9880	0.0050	0.0017	0.3008	0.0029	-	-	0.00053	800	900
E	0.0007	0.8877	1.0079	-	-	-	-	-	-	1.0079	0.0051	0.0020	0.3012	0.0018	-	Ti:0.0051	-0.00008	800	900
F	0.0019	2.5064	3.3202	-	-	-	-	-	-	3.3202	0.0098	0.0023	0.2976	0.0018	-	Sn:0.1023	-0.00028	800	900
G	0.0020	2.4985	3.3273	-	-	-	-	-	-	3.3273	0.0103	0.0019	0.3021	0.0017	-	Sb:0.1035	-0.00029	800	900
H	0.0021	2.5221	3.2718	-	-	-	-	-	-	3.2718	0.0098	0.0017	0.3013	0.0018	0.0019	-	-0.00030	800	900
I	0.0018	2.5226	-	3.3252	-	-	-	-	-	3.3252	0.0103	0.0019	0.3010	0.0017	0.0022	-	-0.00027	800	900
J	0.0022	2.5134	-	-	3.3495	-	-	-	-	3.3495	0.0102	0.0021	0.3010	0.0019	0.0020	-	-0.00032	800	900
K	0.0022	2.5130	-	-	-	3.3006	-	-	-	3.3006	0.0101	0.0020	0.3013	0.0020	0.0023	-	-0.00033	800	900
L	0.0018	2.5028	-	-	-	-	3.3069	-	-	3.3069	0.0101	0.0020	0.3002	0.0021	0.0022	-	-0.00030	800	900
M	0.0023	2.4731	-	-	-	-	-	3.3152	-	3.3152	0.0101	0.0018	0.3029	0.0018	0.0019	-	-0.00032	800	900
N	0.0019	2.4723	-	-	-	-	-	-	3.3528	3.3528	0.0098	0.0020	0.3007	0.0021	0.0018	-	-0.00030	800	900
O	0.0098	2.4946	3.3000	-	-	-	-	-	-	3.3000	0.0098	0.0019	0.2976	0.0018	0.0020	-	-0.00094	750	950
P	0.0018	2.5235	3.3256	-	-	-	-	-	-	3.3256	-	0.0022	0.2972	0.0019	0.0019	-	-0.00028	800	900
Q	0.0017	2.5027	3.2849	-	-	-	-	-	-	3.2849	0.3501	0.0021	0.3000	0.0019	0.0022	-	-0.00028	750	950
R	0.0020	2.4946	3.2805	-	-	-	-	-	-	3.2805	0.0099	0.0091	0.2999	0.0017	0.0017	-	-0.00029	800	900
S	0.0020	2.5037	3.2733	-	-	-	-	-	-	3.2733	0.0101	0.0021	0.8999	0.0023	0.0021	-	-0.00032	820	880
T	0.0018	2.5130	3.3241	-	-	-	-	-	-	3.3241	0.0098	0.0018	0.3027	0.0090	0.0022	-	-0.00079	800	900
U	0.0021	2.5198	3.3155	-	-	-	-	-	-	3.3155	0.0103	0.0022	0.2973	0.0018	2.0000	-	-0.00031	750	950
V	0.0010	0.8832	0.9954	-	-	-	-	-	-	0.9954	0.0051	0.0018	0.3029	0.0018	-	V:0.0299	0.00038	800	900
W	0.0008	0.9018	1.0019	-	-	-	-	-	-	1.0019	0.0048	0.0021	0.2992	0.0022	-	Zr:0.0302	0.00011	800	900

1) Nb/93+Zr/91+Ti/48+V/51-(C/12+N/14)

【0079】 [表2-1]

鋼板No.	鋼種	熱軋延			熱軋板 板厚 mm	冷軋延 軋縮率(%)	中間退火		平整 軋延 軋縮率%	精退火			最終厚度 mm
		加熱溫度 (°C)	精加工溫度 (°C)	捲取溫度 (°C)			溫度(°C)	時間(秒)		溫度(°C)	時間(秒)	升溫速度 (°C/秒)	
A1	A	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	-	-	-	0.35
A2	A	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	800	30	500	0.35
A3	A	1150	800	700	2.5	84.6	-	-	9	-	-	-	0.35
A4	A	1150	800	550	2.5	84.6	700	30	9	-	-	-	0.35
A5	A	1150	800	450	2.5	84.6	700	30	9	-	-	-	0.35
A6	A	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	800	30	30	0.35
A7	A	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	800	30	120	0.35
B1	B	1200	900	700	1.8	88.9	-	-	-	950	60	500	0.20
B2	B	1200	900	700	1.8	87.7	800	30	10	950	60	500	0.20
B3	B	1200	900	700	1.8	88.9	-	-	-	950	60	800	0.20
C1	C	1150	900	700	1.8	88.9	-	-	-	950	60	500	0.20
C2	C	1150	900	700	1.8	88.9	-	-	-	950	60	30	0.20
D1	D	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	-	-	-	0.35
D2	D	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	800	30	500	0.35
D3	D	1150	800	700	2.5	84.6	-	-	9	-	-	-	0.35

【0080】 [表2-2]

鋼板No.	鋼種	熱軋延			熱軋板 板厚 mm	冷軋延 軋縮率(%)	中間退火		平整 軋延	精退火		
		加熱溫度 (°C)	精加工溫度 (°C)	捲取溫度 (°C)			溫度(°C)	時間(秒)		溫度(°C)	時間(秒)	升溫速度 (°C/秒)
E1	E	1150	900	650	2.5	84.6	-	-	9	850	60	500
E2	E	1150	900	650	2.5	84.6	-	-	9	850	60	30
F1	F	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
G1	G	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
H1	H	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
I1	I	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
J1	J	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
K1	K	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
L1	L	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
M1	M	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
N1	N	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
O1	O	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
P1	P	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
Q1	Q	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
R1	R	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
S1	S	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
T1	T	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
U1	U	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
V1	V	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500
W1	W	1150	800	700	2.5	84.6	700	30	9	850	60	500

【0081】 (馬達製造與評估)

接著，使用所得之電磁鋼板來製造供用於上述評估用馬達之定子鐵心及轉子鐵心。此時，如表3-1~表3-4所示，會針對一部分的鐵心在800℃下進行弛力退火2小時。然後組合該等鐵心，製造出評估用馬達，並測定馬達損耗與噪音。

【0082】(評估用馬達)

圖1係馬達之部分俯視圖。馬達300係以電氣學會D模型為基礎所製作之IPM馬達。定子鐵心3之外徑為112mm(=54mm+0.5mm×2+28.5mm×2)，轉子302之外徑為54mm，定子鐵心3之層疊高度為100mm。槽數為24槽。定子鐵心3係藉由收縮配合而被固定於殼體301。定子鐵心3之內徑為55mm φ ，轉子302與定子鐵心3間の間隙為0.5mm。定子鐵心為24槽，捲繞於定子鐵心之齒部之銅線其每一相之繞線數為35圈，轉子磁鐵之磁通密度Br為1.25T。

【0083】(馬達損耗)

(噪音)

本實施例中，係以相位角30度來流通峰值3A之繞組電流，並求算以1500RPM之轉數驅動60分鐘時在馬達所產生之損耗(馬達損耗(W))與噪音。

馬達之損耗係求算在上述運轉條件下所需之電力(W)與馬達作業量(W)，再以電力-作業量來求算。電力係使用瓦特計來測定。作業量係在馬達前端裝上轉矩計，並由轉矩×轉數求出作業量。噪音測定係在背景噪音為16dBA之無響室內，將噪音計設置在距離鐵心表面0.3m的位置並使用A特性作為聽覺校正來進行。

關於噪音，係令試驗No.1、16、21、31、33、35、37、39、41、43、45、47、49、51、53、55、57、59及61之馬達運轉時的噪音為基準，評估相對於使用有相同鋼種之基準的差異值。

將各鐵心之鐵心胚料的方位強度與馬達損耗、噪音(相對值)一同列示於表3-1~表3-8中。關於此處所示之方位強度，在製成鐵心後進行了弛力退火的情況下係弛力退火後之鐵心胚料的測定值。

【0084】 [表3-1]

試驗 No.	鐵心	胚料 銅板 No.	是否滿足 $Si_S/Si_P>1.0$ 、 $Ti_P/Ti_S>1.0$ 、 $Nb_P/Nb_S>1.0$ 中之任一者	弛力退火		Si、Mn、S、O、Al 合計量的差值 (質量%)	平均結晶粒徑 (μm)	轉子或定子之鐵心胚料之方位強度					
				溫度(°C)	時間(小時)			A	B	C	D	E	F
1	定子	A1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	A1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
2	定子	A1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	A1		-	-		15	-	16	-	16	4	-
3	定子	A1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	A2		-	-		70	-	14	-	17	4	-
4	定子	A2	不滿足	800	2	0.00	85	1	-	21	-	-	32
	轉子	A1		-	-		15	-	16	-	16	4	-
5	定子	A2	不滿足	800	2	0.00	85	1	-	21	-	-	32
	轉子	A2		-	-		70	-	14	-	17	4	-
6	定子	A1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	A3		-	-		※2	-	4	-	16	16	-
7	定子	A2	不滿足	800	2	0.00	70	1	-	21	-	-	22
	轉子	A3		-	-		※2	-	4	-	16	16	-
8	定子	A1	不滿足	-	-	0.00	15	16	-	16	-	-	32
	轉子	A1		800	2		80	-	1	-	21	1	-
9	定子	A2	不滿足	-	-	0.00	70	14	-	17	-	-	30
	轉子	A1		800	2		80	-	1	-	21	1	-
10	定子	A4	不滿足	800	2	0.00	81	1.2	-	23	-	-	20
	轉子	A4		-	-		16	-	14	-	16	4	-
11	定子	A5	不滿足	800	2	0.00	83	1.1	-	14	-	-	10
	轉子	A5		-	-		17	-	16	-	10	4	-
12	定子	A4	不滿足	800	2	0.00	81	1.2	-	23	-	-	20
	轉子	A5		800	2		82	-	1.1	-	14	4	-
14	定子	A5	不滿足	800	2	0.00	82	1.1	-	14	-	-	20
	轉子	A4		800	2		81	-	1.2	-	23	4	-
15	定子	A6	不滿足	800	2	0.00	82	1	-	14	-	-	10
	轉子	A6		-	-		72	-	16	-	10	4	-
16	定子	B1	不滿足	800	2	0.00	90	8	-	0.4	-	-	2
	轉子	B1		800	2		90	-	8	-	0.4	2	-

※2維持冷軋延後之狀態的加工組織

【0085】 [表3-2]

試驗 No.	鐵心	胚料 鋼板No.	是否滿足 $Si_s/Si_r>1.0, Ti_r/Ti_s>1.0, Nb_r/Nb_s>1.0$ 中之任一者	弛力退火		Si、Mn、so、Al 合計量的差值 (質量%)	平均結晶粒徑 (μm)	轉子或定子之鐵心胚料之方位強度					
				溫度(°C)	時間(小時)			A	B	C	D	E	F
17	定子	B2	不滿足	800	2	0.00	91	7	-	2	-	-	2
	轉子	B1		800	2		90	-	8	-	1	2	-
	定子	B3		800	2		89	7	-	2	-	-	2
	轉子	B1		800	2		90	-	8	-	1	2	-
19	定子	B1	滿足	800	2	0.02	90	8	-	2	-	-	2
	轉子	C1		800	2		20	-	12	-	1	7	-
20	定子	B1	滿足	800	2	0.02	90	8	-	2	-	-	2
	轉子	C2		800	2		20	-	32	-	0.4	7	-
21	定子	D1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	17	-	-	8
	轉子	D1		800	2		81	-	1	-	17	3	-
22	定子	D1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	17	-	-	8
	轉子	D1		-	-		21	-	12	-	12	5	-
23	定子	D2	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	16	-	-	8
	轉子	D2		-	-		70	-	12	-	11	7	-
24	定子	D1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	17	-	-	8
	轉子	D3		-	-		※2	-	8	-	14	2	-
25	定子	D2	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	16	-	-	8
	轉子	D3		-	-		※2	-	8	-	14	2	-
26	定子	D1	滿足	800	2	0.01	81	1	-	17	-	-	8
	轉子	E1		-	-		20	-	16	-	15	3	-
27	定子	D1	滿足	800	2	0.01	81	1	-	17	-	-	8
	轉子	E2		-	-		20	-	32	-	0.4	3	-
28	定子	A1	滿足	800	2	3.87	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	D1		-	-		21	-	12	-	12	5	-
29	定子	A1	滿足	800	2	3.87	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	V1		-	-		21	-	12	-	12	5	-
30	定子	A1	滿足	800	2	3.85	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	W1		-	-		21	-	12	-	12	5	-
31	定子	F1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	F1		800	2		80	-	1	-	20	1	-

※2維持冷軋延後之狀態的加工組織

【0086】 [表3-3]

試驗 No.	鑄心	胚料 銅板No.	是否滿足 $Si_g/Si_r>1.0$ 、 $Ti_r/Ti_g>1.0$ 、 $Nb_r/Nb_g>1.0$ 中之任一者	弛力退火		Si 、 Mn 、 SO 、 Al 合計量的差值 (質量%)	平均結晶粒徑 (μm)	轉子或定子之鐵心胚料之方位強度					
				溫度(°C)	時間(小時)			A	B	C	D	E	F
32	定子	F1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	F1		-	-		71	-	15	-	16	5	-
33	定子	G1	不滿足	800	2	0.00	83	1	-	20	-	-	10
	轉子	G1		800	2		83	-	1	-	20	1	-
34	定子	G1	不滿足	800	2	0.00	83	1	-	20	-	-	10
	轉子	G1		-	-		69	-	15	-	16	5	-
35	定子	H1	不滿足	800	2	0.00	82	1	-	20	-	-	10
	轉子	H1		800	2		82	-	1	-	20	1	-
36	定子	H1	不滿足	800	2	0.00	82	1	-	20	-	-	10
	轉子	H1		-	-		72	-	16	-	16	4	-
37	定子	I1	不滿足	800	2	0.00	79	1	-	20	-	-	10
	轉子	I1		800	2		79	-	1	-	20	1	-
38	定子	I1	不滿足	800	2	0.00	79	1	-	20	-	-	10
	轉子	I1		-	-		68	-	16	-	16	4	-
39	定子	J1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	J1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
40	定子	J1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	J1		-	-		71	-	16	-	16	4	-
41	定子	K1	不滿足	800	2	0.00	83	1	-	20	-	-	10
	轉子	K1		800	2		83	-	1	-	20	1	-
42	定子	K1	不滿足	800	2	0.00	83	1	-	20	-	-	10
	轉子	K1		-	-		70	-	16	-	16	4	-
43	定子	L1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	L1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
44	定子	L1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	L1		-	-		69	-	16	-	16	4	-
45	定子	M1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	20	-	-	10
	轉子	M1		800	2		81	-	1	-	20	1	-
46	定子	M1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	20	-	-	10
	轉子	M1		-	-		72	-	16	-	16	4	-

【0087】 [表3-4]

試驗 No.	鐵 心	胚料 鋼板No.	是否滿足 $Si_s/Si_r>1.0$ 、 $Ti_r/Ti_s>1.0$ 、 $Nb_r/Nb_s>1.0$ 中之任一者	弛力退火		Si、Mn、solAl 合計量的差值 (質量%)	平均結晶粒徑 (μm)	轉子或定子之鐵心胚料之方位強度					
				溫度(°C)	時間(小時)			A	B	C	D	E	F
47	定子	N1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	N1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
48	定子	N1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	N1		-	-		71	-	16	-	16	4	-
49	定子	O1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	O1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
50	定子	O1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	O1		-	-		72	-	16	-	16	4	-
51	定子	P1	不滿足	800	2	0.00	78	1	-	20	-	-	10
	轉子	P1		800	2		78	-	1	-	20	1	-
52	定子	P1	不滿足	800	2	0.00	78	1	-	20	-	-	10
	轉子	P1		-	-		67	-	16	-	16	4	-
53	定子	Q1	不滿足	800	2	0.00	79	1	-	20	-	-	10
	轉子	Q1		800	2		79	-	1	-	20	1	-
54	定子	Q1	不滿足	800	2	0.00	79	1	-	20	-	-	10
	轉子	Q1		-	-		70	-	16	-	16	4	-
55	定子	R1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	R1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
56	定子	R1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	R1		-	-		69	-	16	-	16	4	-
57	定子	S1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	20	-	-	10
	轉子	S1		800	2		81	-	1	-	20	1	-
58	定子	S1	不滿足	800	2	0.00	81	1	-	20	-	-	10
	轉子	S1		-	-		68	-	16	-	16	4	-
59	定子	T1	不滿足	800	2	0.00	82	1	-	20	-	-	10
	轉子	T1		800	2		82	-	1	-	20	1	-
60	定子	T1	不滿足	800	2	0.00	82	1	-	20	-	-	10
	轉子	T1		-	-		70	-	16	-	16	4	-
61	定子	U1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	U1		800	2		80	-	1	-	20	1	-
62	定子	U1	不滿足	800	2	0.00	80	1	-	20	-	-	10
	轉子	U1		-	-		71	-	16	-	16	4	-

【0088】 [表3-5]

試驗 No.	方位強度之關係式				方位強度之關係式			
	B/A	C/D	B/E	C/F	B/A>1.0	C/D>1.0	B/E>1.0	C/F>1.0
1	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
2	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
3	14.0	1.2	3.5	2.0	成立	成立	成立	成立
4	16.0	1.3	4.0	0.7	成立	成立	成立	不成立
5	14.0	1.2	3.5	0.7	成立	成立	成立	不成立
6	4.0	1.3	0.3	2.0	成立	成立	不成立	成立
7	4.0	1.3	0.3	1.0	成立	成立	不成立	不成立
8	0.1	0.8	1.0	0.5	不成立	不成立	不成立	不成立
9	0.1	0.8	1.0	0.6	不成立	不成立	不成立	不成立
10	11.7	1.4	3.5	1.2	成立	成立	成立	成立
11	14.5	1.4	4.0	1.4	成立	成立	成立	成立
12	0.9	1.6	0.3	1.2	不成立	成立	不成立	成立
14	1.1	0.6	0.3	0.7	成立	不成立	不成立	不成立
15	16.0	1.4	4.0	1.4	成立	成立	成立	成立
16	1.0	1.0	4.0	0.2	不成立	不成立	成立	不成立
17	1.1	2.0	4.0	1.0	成立	成立	成立	不成立
18	1.1	2.0	4.0	1.0	成立	成立	成立	不成立
19	1.5	2.0	1.7	1.0	成立	成立	成立	不成立
20	4.0	5.0	4.6	1.0	成立	成立	成立	不成立
21	1.0	1.0	0.3	2.1	不成立	不成立	不成立	成立
22	12.0	1.4	2.4	2.1	成立	成立	成立	成立
23	12.0	1.5	1.7	2.0	成立	成立	成立	成立
24	8.0	1.2	4.0	2.1	成立	成立	成立	成立
25	8.0	1.1	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
26	16.0	1.1	5.3	2.1	成立	成立	成立	成立
27	32.0	42.5	10.7	2.1	成立	成立	成立	成立
28	12.0	1.7	2.4	2.0	成立	成立	成立	成立
29	12.0	1.7	2.4	2.0	成立	成立	成立	成立
30	12.0	1.7	2.4	2.0	成立	成立	成立	成立
31	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
32	15.0	1.3	3.0	2.0	成立	成立	成立	成立

【0089】 [表3-6]

試驗 No.	方位強度之關係式				方位強度之關係式			
	B/A	C/D	B/E	C/F	B/A>1.0	C/D>1.0	B/E>1.0	C/F>1.0
33	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
34	15.0	1.3	3.0	2.0	成立	成立	成立	成立
35	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
36	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
37	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
38	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
39	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
40	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
41	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
42	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
43	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
44	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
45	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
46	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
47	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
48	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
49	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
50	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
51	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
52	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
53	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
54	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
55	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
56	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
57	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
58	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
59	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
60	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立
61	1.0	1.0	1.0	2.0	不成立	不成立	不成立	成立
62	16.0	1.3	4.0	2.0	成立	成立	成立	成立

【0090】 [表3-7]

試驗 No.	馬達損耗 (W)	噪音 (dB)	判定
1	45	基準A	比較例
2	42	-3	發明例
3	42	-3	發明例
4	43	-3	發明例
5	43	-3	發明例
6	43	-2	發明例
7	43	-2	發明例
8	49	+2	比較例
9	49	+2	比較例
10	42	-3	發明例
11	40	-3	發明例
12	49	+2	比較例
14	49	+2	比較例
15	42	-3	發明例
16	50	基準B	比較例
17	49	-3	發明例
18	49	-3	發明例
19	49	-5	發明例
20	60	+2	比較例
21	61	基準D	比較例
22	59	-3	發明例
23	59	-3	發明例
24	60	-2	發明例
25	60	-2	發明例
26	60	-2	發明例
27	71	+2	比較例
28	44	-3	發明例
29	44	-3	發明例
30	44	-3	發明例
31	45	基準F	比較例
32	42	-3	發明例

【0091】 [表3-8]

試驗 No.	馬達損耗 (W)	噪音 (dB)	判定
33	45	基準G	比較例
34	42	-3	發明例
35	44	基準H	比較例
36	40	-3	發明例
37	43	基準I	比較例
38	41	-3	發明例
39	44	基準J	比較例
40	42	-2	發明例
41	45	基準K	比較例
42	40	-3	發明例
43	43	基準L	比較例
44	42	-3	發明例
45	43	基準M	比較例
46	42	-2	發明例
47	44	基準N	比較例
48	41	-2	發明例
49	43	基準O	比較例
50	40	-3	發明例
51	44	基準P	比較例
52	42	-3	發明例
53	45	基準Q	比較例
54	42	-3	發明例
55	44	基準R	比較例
56	42	-2	發明例
57	43	基準S	比較例
58	41	-2	發明例
59	45	基準T	比較例
60	42	-3	發明例
61	44	基準U	比較例
62	40	-3	發明例

【0092】 本發明之效果係藉由令定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料為相同鋼板之馬達其馬達損耗及針對噪音之相對值來進行評估。在以相異之鋼板構成定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料之馬達中，若其馬達損耗及噪音降低得較相同鋼板(鋼種及製造條件相同之鋼板)所構成之馬達的馬達損耗及噪音更低，則為發明例。

【0093】 表3-1~表3-8之試驗No.1、16、21、31、33、35、37、39、41、43、45、47、49、51、53、55、57、59、61，其等係定子、轉子之鐵心胚料使用相同鋼種且相同弛力退火條件之鋼板的例子，令該等例分別為比較例(基準A)、比較例(基準B)、比較例(基準D)、比較例(基準F)、比較例(基準G)、比較例(基準H)、比較例(基準I)、比較例(基準J)、比較例(基準K)、比較例(基準L)、比較例(基準M)、比較例(基準N)、比較例(基準O)、比較例(基準P)、比較例(基準Q)、比較例(基準R)、比較例(基準S)、比較例(基準T)、比較例(基準U)。

試驗No.1~15係使用了表1所記載之鋼種A的實施例。可知作為發明例之No.2~7、10、11及15之馬達損耗、噪音皆降低得較當作基準之比較例(基準A)之馬達損耗、噪音更低。

試驗No.16~18係使用了表1所記載之成分B的實施例。作為發明例之No.17係已藉由冷軋延軋縮率來削弱定子鐵心胚料的{111}<211>方位強度並且提高{411}<011>方位強度之例，作為發明例之No.18係已藉由升溫速度之變化來削弱定子鐵心胚料的{111}<211>方位強度並且提高{411}<011>方位強度之例。

又，試驗No.19係應用了藉由含有Nb而提高了{111}<211>方位強度之鋼板作為轉子鐵心胚料之例。

可知發明例17~19之馬達損耗、噪音皆降低得較當作基準之試驗No.16(比較例(基準B))之馬達損耗、噪音更低。

試驗No.21~25係使用了表1所記載之成分D的實施例。可知作為發明例之No.22~25之馬達損耗、噪音皆降低得較當作基準之試驗No.21(比較例(基準D))之

馬達損耗、噪音更低。

【0094】 試驗No.26係鋼板胚料為定子(D1)與轉子(E1)之組合。其應用了藉由含有Ti而提高了{111}<211>方位強度之鋼板作為轉子鐵心胚料，且其馬達損耗、噪音皆降低得較試驗No.21(比較例(基準D))之馬達損耗、噪音更低。

發明例No.28、29及30係對定子(A1)組合轉子(D1)、轉子(V1)或轉子(W1)之組合。在該等例中，係將變態系胚料(低Si鋼)應用於轉子鐵心胚料而提高了{111}<211>方位強度，該等之馬達損耗、噪音皆降低得較試驗No.21(比較例(基準D))之馬達損耗、噪音更低。

【0095】 試驗No.31~32係使用了表1所記載之鋼種F的實施例。可知作為發明例之試驗No.32之馬達損耗、噪音皆降低得較當作基準之試驗No.31(比較例(基準F))之馬達損耗、噪音更低。

試驗No.33~34係使用了表1所記載之鋼種G的實施例。可知作為發明例之試驗No.34之馬達損耗、噪音皆降低得較當作基準之No.33(比較例(基準G))之馬達損耗、噪音更低。

【0096】 試驗No.36~62同樣係使用了表1所記載之鋼種H~U的實施例。

可知試驗No.36、38、40、42、44、46、48、50、52、54、56、58、60、62，其等各自之馬達損耗、噪音皆降低得較使用了相同鋼種之作為基準之試驗No.35、37、39、41、43、45、47、49、51、53、55、57、59、61之馬達損耗、噪音更低。

【0097】 另一方面，試驗No.8、9、12、14、20及27無法獲得預定方位強度，其等之馬達損耗、噪音較基準差。

【0098】 本發明之旋轉電機係分別應用適當控制了化學組成、熱軋延條件、冷軋延條件及退火條件之相異鋼板作為定子鐵心胚料與轉子鐵心胚料，藉此在馬達損耗及噪音方面具有優異特性。

【0099】 產業上之可利用性

根據本發明，可提供一種具優異馬達損耗及噪音之旋轉電機，因此在產業上極為有用。

【符號說明】

【0100】

3:定子鐵心

300:馬達

301:殼體

302:轉子

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種旋轉電機，具有：

定子；

轉子；及

供容置前述定子與前述轉子之殼體；

前述定子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度A小於15，前述轉子所包含之無方向性電磁鋼板其母材鋼板的{111}<211>方位強度B為2~30，且前述A與前述B滿足 $B/A > 1.0$ 之關係；

前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的{411}<011>方位強度C為2~50，前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的{411}<011>方位強度D為1~40，且前述C與前述D滿足 $C/D > 1.0$ 之關係；

前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板及前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板的前述母材鋼板分別具有下述化學組成：

以質量%計，包含：

C：0.0100%以下、

Si：0.5000~4.0000%、

sol.Al：0.0001~1.0000%、

S：0.0100%以下、

N：0.0100%以下、

選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、

Cr：0~2.0000%、

Sn：0~0.4000%、

Sb：0~0.4000%、

P：0~0.4000%、

Ti：0~0.1000%、

Nb：0~0.1000%、

Zr：0~0.1000%、

V：0~0.1000%，且

剩餘部分由Fe及不純物所構成。

【請求項2】 如請求項1之旋轉電機，其中在前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板中，前述B與{111}<011>方位強度E滿足 $B/E > 1.0$ 之關係。

【請求項3】 如請求項1之旋轉電機，其中在前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板中，前述C與{100}<011>方位強度F滿足 $C/F > 1.0$ 之關係。

【請求項4】 如請求項1至3中任一項之旋轉電機，其中前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板之前述母材鋼板與前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板之前述母材鋼板中，Si含量、Mn含量及sol.Al含量之合計的差值為0.20質量%以內；且，

前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板的平均結晶粒徑大於前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板的平均結晶粒徑。

【請求項5】 如請求項1至3中任一項之旋轉電機，其中令前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量以質量%計分別為 Si_s 、 Ti_s 、 Nb_s ，且令前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Si含量、Ti含量、Nb含量分別為 Si_r 、 Ti_r 、 Nb_r ，此時滿足 $Si_s/Si_r > 1.0$ 、 $Ti_r/Ti_s > 1.0$ 、 $Nb_r/Nb_s > 1.0$ 中之任一者。

【請求項6】 如請求項1至3中任一項之旋轉電機，其中令前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量、N含量以質量%計分別為 Nb_s 、 Zr_s 、 Ti_s 、 V_s 、 C_s 、 N_s ，此時滿足 $0 \geq$

$Nb_s/93+Zr_s/91+Ti_s/48+V_s/51-(C_s/12+N_s/14)$ 。

【請求項7】 如請求項1至3中任一項之旋轉電機，其中令前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板其前述母材鋼板的Nb含量、Zr含量、Ti含量、V含量、C含量、N含量以質量%計分別為 Nb_r 、 Zr_r 、 Ti_r 、 V_r 、 C_r 、 N_r ，此時滿足 $0 < Nb_r/93+Zr_r/91+Ti_r/48+V_r/51-(C_r/12+N_r/14) < 5.0 \times 10^{-3}$ 。

【請求項8】 一種無方向性電磁鋼板，包含：

母材鋼板；及

形成於前述母材鋼板表面之絕緣被膜；

前述母材鋼板具有下述化學組成：

以質量%計，包含：

C：0.0100%以下、

Si：0.5000~4.0000%、

sol.Al：0.0001~1.0000%、

S：0.0100%以下、

N：0.0100%以下、

選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、

Cr：0~2.0000%、

Sn：0~0.4000%、

Sb：0~0.4000%、

P：0~0.4000%、

Ti：0~0.1000%、

Nb：0~0.1000%、

Zr：0~0.1000%、

V：0~0.1000%，且

剩餘部分由Fe及不純物所構成；並且，

在前述母材鋼板中，{111}<211>方位強度小於15；

{411}<011>方位強度為2~50。

【請求項9】 一種無方向性電磁鋼板，包含：

母材鋼板；及

形成於前述母材鋼板表面之絕緣被膜；

前述母材鋼板具有下述化學組成：

以質量%計，包含：

C：0.0100%以下、

Si：0.5000~4.0000%、

sol.Al：0.0001~1.0000%、

S：0.0100%以下、

N：0.0100%以下、

選自於由Mn、Ni、Co、Pt、Pb、Cu及Au所構成群組中之1種或複數種：總計為0.1000~5.0000%、

Cr：0~2.0000%、

Sn：0~0.4000%、

Sb：0~0.4000%、

P：0~0.4000%、

Ti：0~0.1000%、

Nb：0~0.1000%、

Zr：0~0.1000%、

V：0~0.1000%，且

剩餘部分由Fe及不純物所構成；並且，

在前述母材鋼板中， $\{111\}<211>$ 方位強度為2~30；

$\{411\}<011>$ 方位強度為1~40。

【請求項10】一種積層鐵芯，係如請求項8之無方向性電磁鋼板積層而成者。

【請求項11】一種積層鐵芯，係如請求項9之無方向性電磁鋼板積層而成者。

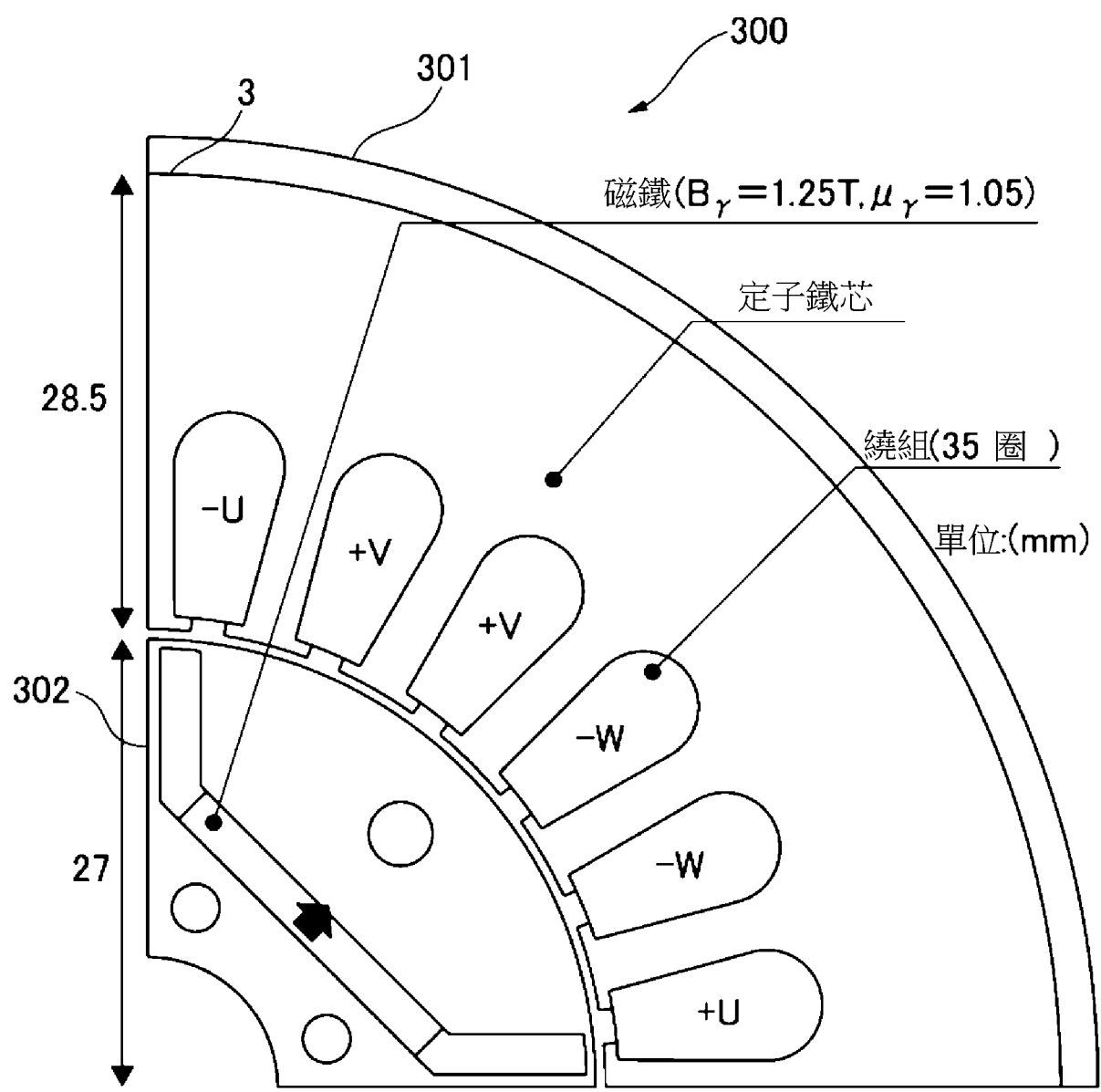
【請求項12】如請求項1至3中任一項之旋轉電機，其中前述定子所包含之前述無方向性電磁鋼板係對前述轉子所包含之前述無方向性電磁鋼板進一步以600℃以上進行熱處理所獲得之鋼板。

【請求項13】一種積層鐵芯之製造方法，具有：將如請求項8之無方向性電磁鋼板進行加工並積層之步驟。

【請求項14】一種積層鐵芯之製造方法，具有：將如請求項9之無方向性電磁鋼板進行加工並積層之步驟。

【請求項15】一種旋轉電機之製造方法，具有：將如請求項10之前述積層鐵芯與如請求項11之前述積層鐵芯進行組裝之步驟。

【發明圖式】



【圖1】