



(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 I857539 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：112111951

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 29 日

(51)Int. Cl. :	<i>C22C38/00 (2006.01)</i>	<i>C22C38/06 (2006.01)</i>
	<i>C22C38/34 (2006.01)</i>	<i>C21D8/12 (2006.01)</i>
	<i>C21D9/46 (2006.01)</i>	<i>H01F1/147 (2006.01)</i>
	<i>H01F1/16 (2006.01)</i>	<i>H02K1/02 (2006.01)</i>

(30)優先權：2022/03/30	日本	2022-057541
2022/08/23	日本	2022-132805

(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：太田俊 OTA, SHUN (JP)；田中一郎 TANAKA, ICHIRO (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

CN 1305019A

審查人員：鄭詠文

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：0 共 40 頁

(54)名稱

無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯

(57)摘要

一種無方向性電磁鋼板、及含有該無方向性電磁鋼板的馬達鐵芯，該無方向性電磁鋼板具有下述化學組成：以質量%計，C：0.006%以下、Si：1.0%以上且 5.0%以下、sol.Al：小於 2.5%、Mn：3.0%以下、P：0.30%以下、S：0.010%以下、N：0.010%以下、O：0.10%以下，且任意選擇地含有其他元素，並且剩餘部分由 Fe 及不純物所構成；其平均結晶粒徑為 30 μ m 以上且 200 μ m 以下；鋼板表面起算朝板厚方向在板厚 1/4 之位置中，{111} < 011 > 聚集度為 2.00 以上且 8.00 以下。



I857539

【發明摘要】

【中文發明名稱】

無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯

【英文發明名稱】

NON-ORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET AND MOTOR CORE

【中文】

一種無方向性電磁鋼板、及含有該無方向性電磁鋼板的馬達鐵芯，該無方向性電磁鋼板具有下述化學組成：以質量%計，C：0.006%以下、Si：1.0%以上且5.0%以下、sol.Al：小於2.5%、Mn：3.0%以下、P：0.30%以下、S：0.010%以下、N：0.010%以下、O：0.10%以下，且任意選擇地含有其他元素，並且剩餘部分由Fe及不純物所構成；其平均結晶粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 以上且 $200\ \mu\text{m}$ 以下；鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中， $\{111\}\langle 011\rangle$ 聚集度為2.00以上且8.00以下。

【指定代表圖】 無。

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

【發明說明書】

【中文發明名稱】

無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯

【英文發明名稱】

NON-ORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET AND MOTOR CORE

【技術領域】

【0001】 發明領域

本揭示是有關於無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯。

【先前技術】

【0002】 發明背景

從削減地球暖化氣體之必要性來看，在工業領域中持續開發一種低耗能的製品。例如，在汽車領域中有下列汽車：汽油引擎與馬達之組合的混合動力(hybrid)驅動汽車、馬達驅動的電動汽車等低油耗汽車。這些低油耗汽車所共通之技術為馬達，馬達的高效率化遂成重要的技術。

【0003】 一般而言，馬達是由靜定子(定子(stator))與轉動子(轉子(rotor))所構成。該靜定子及轉動子之鐵心所使用的無方向性電磁鋼板會被要求低鐵損，以達成高效率化。

【0004】 然而在實際應用上，必須考量馬達運轉時賦予靜定子及轉動子的壓縮應力。一般而言，該壓縮應力會使無方向性電磁鋼板之鐵損劣化。因此，就靜定子所使用的無方向性電磁鋼板而言，會期望其在賦予壓縮應力時，鐵損為良好。

【0005】 例如，專利文獻1揭示的技術是有關於一種磁特性優異的無方向性電磁鋼板。專利文獻2揭示的技術則是有關於一種能提升馬達效率的無方向性電

磁鋼板。專利文獻3揭示的技術是有關於一種磁特性優異的無方向性電磁鋼板。

【0006】

專利文獻1：日本國特許第5447167號公報

專利文獻2：日本國特許第5716315號公報

專利文獻3：國際公開第2013/069754號

【發明內容】

【0007】 發明概要

發明所欲解決之課題

本揭示是有鑑於上述問題點所完成者，目的在於提供一種無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯，該種無方向性電磁鋼板適合使用作為例如馬達之定子鐵心及轉子鐵心的素材，且其在賦予壓縮應力時，鐵損劣化程度低。

【0008】 用以解決課題之手段

本揭示之要點如以下所述。

[1]一種無方向性電磁鋼板，其具有由下述所構成之化學組成：

以質量%計，

C：0.006%以下、

Si：1.0%以上且5.0%以下、

sol.Al：小於2.5%、

Mn：3.0%以下、

P：0.30%以下、

S：0.010%以下、

N：0.010%以下、

O：0.10%以下、

Sn：0~0.20%、

Sb : 0~0.20%、

Ca : 0~0.01%、

Cr : 0~5.0%、

Ni : 0~5.0%、

Cu : 0~5.0%、

Ce : 0~0.10%、

B : 0~0.10%、

Mg : 0~0.10%、

Ti : 0~0.10%、

V : 0~0.10%、

Zr : 0~0.10%、

Nd : 0~0.10%、

Bi : 0~0.10%、

W : 0~0.10%、

Mo : 0~0.10%、

Nb : 0~0.10%、

Y : 0~0.10%、

剩餘部分：Fe及不純物；

其平均結晶粒徑為30 μ m以上且200 μ m以下，

鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{111}<011>聚集度為2.00以上且8.00以下。

[2]如[1]所記載的無方向性電磁鋼板，其以質量%計含有選自下列所構成群組中之1種或2種以上：

Sn : 0.0010%以上且0.20%以下、

Sb：0.0010%以上且0.20%以下、
Ca：0.0003%以上且0.01%以下、
Cr：0.0010%以上且5.0%以下、
Ni：0.0010%以上且5.0%以下、
Cu：0.0010%以上且5.0%以下、
Ce：0.001%以上且0.10%以下、
B：0.0001%以上且0.10%以下、
Mg：0.0001%以上且0.10%以下、
Ti：0.0001%以上且0.10%以下、
V：0.0001%以上且0.10%以下、
Zr：0.0002%以上且0.10%以下、
Nd：0.002%以上且0.10%以下、
Bi：0.002%以上且0.10%以下、
W：0.002%以上且0.10%以下、
Mo：0.002%以上且0.10%以下、
Nb：0.0001%以上且0.10%以下、及
Y：0.002%以上且0.10%以下。

[3]如[1]或[2]所記載的無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中， $\{110\}\langle 001\rangle$ 聚集度為1.00以上。

[4]如[1]至[3]中任1者所記載的無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中， $\{111\}\langle 112\rangle$ 聚集度/ $\{111\}\langle 011\rangle$ 聚集度之值為1.00以下。

[5]如[1]至[4]中任1者所記載的無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中， $\{411\}\langle 148\rangle$ 聚集度為2.00以下。

[6]如[1]至[5]中任1者所記載的無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{411}<011>聚集度為2.00以下。

[7]如[1]至[6]中任1者所記載的無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，板厚為0.10mm以上且0.35mm以下。

[8]一種馬達鐵芯，具有積層複數片如[1]至[7]中任1者所記載的無方向性電磁鋼板而成的結構。

【0009】 發明效果

根據本揭示之上述態樣，就能提供一種無方向性電磁鋼板及馬達鐵芯，該無方向性電磁鋼板能適合利用作為例如馬達之定子鐵心及轉子鐵心的素材，且其賦予壓縮應力時，鐵損劣化程度低。

【實施方式】

【0010】 本發明的實施形態

用以實施發明之形態

以下，詳細說明本揭示之無方向性電磁鋼板適宜之一實施形態。但是，本揭示並不限於下述實施形態所揭示之構成；在不脫離本揭示宗旨之範圍下，可作各種變更。又，只要無特別申明，在本揭示的數值限定範圍中，作為下限值及上限值所記載的各個數值是包含在其範圍中。但是，標示「大於」或「小於」之數值，該值並不合於數值範圍中。各元素含量有關的「%」意指：「質量%」。

又，在本說明書中階段式記載的數值範圍中，某一階段的數值範圍之上限值亦可替換成其他階段記載的數值範圍之上限值，也還可替換成實施例所示之值。

在本說明書中階段式記載的數值範圍中，某一階段的數值範圍之下限值亦可替換成其他階段記載的數值範圍之下限值，也還可替換成實施例所示之值。

又，關於各元素含量，若分別記載了適宜下限值與上限值時，也可將下限值與上限值作任意組合，並以組合後之數值範圍作為該元素適宜的含量。

另外，關於元素含量，就「0~」或「0%以上」而言，在下限值記載為0%之情況下，或者，在僅記載上限值之情況下，乃意指：亦可不含該元素。

【0011】 [無方向性電磁鋼板]

本揭示之無方向性電磁鋼板可適合用作電動汽車或混合動力汽車等的馬達鐵心之用途。在此所謂無方向性電磁鋼板，其對象不僅是捲材製品，就連構成鐵心的鋼板(鐵心素材)也是對象。

亦即，本揭示之各態樣中的「無方向性電磁鋼板」不僅是經由鋼板製造商所製造之狀態的捲材狀或切割板狀的「鋼板」，也還包含例如：經由消費者進行衝裁加工、積層等來加工成馬達鐵芯形狀而構成馬達鐵芯的「鋼板」。

【0012】 (化學組成)

首先，說明本揭示之無方向性電磁鋼板其化學組成之限定理由。

【0013】 本揭示之無方向性電磁鋼板就化學組成而言含有Si，且因應所需而含有選擇元素，剩餘部分則由Fe及不純物所構成。以下，說明各元素。

【0014】 C：0%以上且0.006%以下

C(碳)被含有作為不純物，其是一種會使磁特性劣化的元素。據此，C含量設為0.006%以下。宜為0.003%以下。C含量越少越好，故無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，在工業上要使含量為0%並不容易，故下限值可設為0.0005%，亦可設為0.0010%。

【0015】 Si：1.0%以上且5.0%以下

Si(矽)是提高鋼板電阻率並降低鐵損的有效元素。據此，Si含量設為1.0%以上。又，就用於馬達鐵心之無方向性電磁鋼板而言，Si是降低磁性之板面內異向性並降低機械性之板面內異向性的有效元素。此時，Si含量宜大於2.0%且在5.0%以下，更宜為2.5%以上且5.0%以下，更宜為3.0%以上且5.0%以下，更宜為3.2%以上且5.0%以下。另一方面，若含有過量，則磁通量密度會顯著降低。據此，Si

含量設為5.0%以下。在抑制磁通量密度降低之觀點下，Si含量宜為1.0%以上且4.5%以下，較宜為1.0%以上且4.0%以下，更宜為1.0%以上且3.5%以下。

【0016】 sol.Al：0%以上且小於2.5%

Al(鋁)是有效提高鋼板電阻率並降低鐵損的選擇元素，不過，若含有過量則磁通量密度會顯著降低。因此，sol.Al含量設為小於2.5%。sol.Al含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則sol.Al含量宜設為0.03%以上，較宜設為0.10%以上。另外，sol.Al意指：酸可溶性鋁。

【0017】 在本案中，Si及Al是降低磁性之板面內異向性並降低機械性之板面內異向性的有效元素。因此，Si及sol.Al的合計含量宜大於2.0%，更宜大於3.0%，更宜大於4.0%。另一方面，Si及Al由於固溶強化能力是高的，因此若含有過量，則冷軋軋會變得困難。據此，Si與sol.Al的合計含量宜設為小於5.5%。

【0018】 Mn：0%以上且3.0%以下

Mn(錳)是有效提高鋼板電阻率並降低鐵損的選擇元素。但是，相較於Si、Al，由於Mn的合金成本較高，因此Mn含量若變多則會變得不利於經濟。因此，Mn含量設為3.0%以下。Mn含量宜為2.7%以下，較宜為2.5%以下。Mn含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Mn含量宜為0.0010%以上，較宜為0.0030%以上，更宜為0.010%以上。

【0019】 P：0%以上且0.30%以下

P(磷)一般是作為不純物而含有的元素。但是，P由於具有改善無方向性電磁鋼板之集合組織並提升磁特性的作用，故亦可因應所需而含有。惟，P由於也是固溶強化元素，P含量若過多，則鋼板會硬質化而冷軋軋會變得困難。因此，P含量設為0.30%以下。P含量宜為0.20%以下。P含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則P含量宜為0.0010%以上，較宜為0.010%以上，更宜為0.015%以上。

【0020】 S：0%以上且0.010%以下

S(硫)是被含有作為不純物，其會與鋼中的Mn結合形成微細的MnS，會阻礙退火時結晶粒成長，使無方向性電磁鋼板之磁特性劣化。因此，S含量設為0.010%以下。S含量宜為0.005%以下，更宜為0.003%以下。S含量越少越好，故無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，在工業上要使含量為0%並不容易，故下限值可設為0.0001%，亦可設為0.001%。

【0021】 N：0%以上且0.010%以下

N(氮)是被含有作為不純物，其會與Al結合形成微細的AlN，會阻礙退火時結晶粒成長而使磁特性劣化。因此，N含量設為0.010%以下。N含量宜為0.005%以下，更宜為0.003%以下。N含量越少越好，故無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，在工業上要使含量為0%並不容易，故下限值可設為0.0001%以上，也可設為0.0010%以上，亦可設為0.0015%以上。

【0022】 O：0%以上且0.10%以下

O(氧)是被含有作為不純物，其會形成氧化物而使磁特性劣化。因此，O含量設為0.10%以下。O含量宜為0.08%以下，較宜為0.05%以下，更宜為0.010%以下，特別宜為0.008%以下。O含量越少越好，故無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，在工業上要使含量為0%並不容易，故下限值可設為0.0001%以上，也可設為0.0005%以上，亦可設為0.0008%以上。

【0023】 關於本揭示之無方向性電磁鋼板之化學組成，除了上述元素之外，亦可含有Sn、Sb、Ca、Cr、Ni、Cu、及Ce之至少1種作為選擇元素。例如，此等選擇元素含量設定如以下即可。

【0024】 Sn：0%以上且0.20%以下

Sb：0%以上且0.20%以下

Sn(錫)及Sb(銻)這種選擇元素具有的作用是改善無方向性電磁鋼板之集合

組織並提升磁特性(例如，磁通量密度)，故亦可因應所需而含有。惟，若過量含有Sn及/或Sb，則有時會使鋼脆化而引起冷軋斷裂，有時會使磁特性劣化。因此，Sn及Sb之含量分別設為0.20%以下。Sn及Sb之各含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Sn含量宜為0.0010%以上，更宜為0.01%以上。又，Sb含量宜為0.0010%以上，宜為0.002%以上，更宜為0.01%以上。

【0025】 Ca：0%以上且0.01%以下

Ca(鈣)會生成粗大硫化物而抑制微細硫化物(MnS、Cu₂S等)析出，因此其是有效控制夾雜物的選擇元素，若適度添加，則會具有提升結晶粒成長性並提升磁特性(例如，鐵損)之作用。惟，Ca若含有過量，則上述作用所帶來的效果達飽和而招致成本增加。據此，Ca含量設為0.01%以下。Ca含量宜為0.008%以下，更宜為0.005%以下。Ca含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Ca含量宜設為0.0003%以上。Ca含量宜為0.001%以上，更宜為0.002%以上。

【0026】 Cr：0%以上且5.0%以下

Cr(鉻)這種選擇元素會提高比電阻(specific resistance)而提升磁特性(例如，鐵損)。惟，若含有過量，則有時會使飽和磁通量密度降低，而且上述作用所帶來的效果達飽和而招致成本增加。據此，Cr含量設為5.0%以下。Cr含量亦可為4.0%以下，宜為0.5%以下，更宜為0.1%以下。Cr含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Cr含量宜為0.0010%以上。

【0027】 Ni：0%以上且5.0%以下

Ni(鎳)是會提升磁特性(例如，飽和磁通量密度)的選擇元素。惟，若過量含有Ni，則上述作用所帶來的效果達飽和而招致成本增加。據此，Ni含量設為5.0%

以下。Ni含量亦可為4.0%以下，宜為0.5%以下，更宜為0.1%以下。Ni含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Ni含量宜為0.0010%以上。

【0028】 Cu：0%以上且5.0%以下

Cu(銅)是會提升鋼板強度的選擇元素。惟，若過量含有Cu，則有時會使飽和磁通量密度降低，而且上述作用所帶來的效果達飽和而招致成本增加。據此，Cu含量設為5.0%以下。Cu含量亦可為4.0%以下，宜為0.1%以下。Cu含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Cu含量宜為0.0010%以上。

【0029】 Ce：0%以上且0.10%以下

Ce(鈰)這種選擇元素會形成粗大硫化物、氧硫化物因而抑制微細硫化物(MnS、Cu₂S等)析出，且會使晶粒成長性變得良好並使鐵損降低。惟，若含有過量，則除了硫化物及氧硫化物以外，也還會生成氧化物，有時會使鐵損劣化，而且上述作用所帶來的效果達飽和而招致成本增加。據此，Ce含量設為0.10%以下。Ce含量宜為0.01%以下。Ce含量無須限制下限值，下限值亦可為0%。但是，若想更確實獲得上述作用所帶來的效果，則Ce含量宜為0.001%以上。Ce含量更宜為0.002%以上，更宜為0.003%以上，更宜為0.005%以上。

【0030】 本揭示之無方向性電磁鋼板之化學組成亦可進一步含有例如B、Mg、Ti、V、Zr、Nd、Bi、W、Mo、Nb、及Y之至少1種作為選擇元素。基於已知見解來控制此等選擇元素含量即可。例如，此等選擇元素含量設定如以下即可。

B：0%以上且0.10%以下、

Mg：0%以上且0.10%以下、

Ti：0%以上且0.10%以下、

V：0%以上且0.10%以下、

Zr：0%以上且0.10%以下、

Nd：0%以上且0.10%以下、

Bi：0%以上且0.10%以下、

W：0%以上且0.10%以下、

Mo：0%以上且0.10%以下、

Nb：0%以上且0.10%以下、

Y：0%以上且0.10%以下。

【0031】又，本揭示之無方向性電磁鋼板除了含有Si為1.0%以上且5.0%以下之外，宜含有下列之至少1種作為化學組成：

以質量%計，

C：0.0010%以上且0.006%以下、

sol.Al：0.10%以上且小於2.5%、

Mn：0.0010%以上且3.0%以下、

P：0.0010%以上且0.30%以下、

S：0.0001%以上且0.010%以下、

N：大於0.0015%且為0.010%以下、

O：0.0001%以上且0.10%以下、

Sn：0.0010%以上且0.20%以下、

Sb：0.0010%以上且0.20%以下、

Ca：0.0003%以上且0.01%以下、

Cr：0.0010%以上且5.0%以下、

Ni：0.0010%以上且5.0%以下、

Cu：0.0010%以上且5.0%以下、

Ce：0.001%以上且0.10%以下、
B：0.0001%以上且0.10%以下、
Mg：0.0001%以上且0.10%以下、
Ti：0.0001%以上且0.10%以下、
V：0.0001%以上且0.10%以下、
Zr：0.0002%以上且0.10%以下、
Nd：0.002%以上且0.10%以下、
Bi：0.002%以上且0.10%以下、
W：0.002%以上且0.10%以下、
Mo：0.002%以上且0.10%以下、
Nb：0.0001%以上且0.10%以下、及
Y：0.002%以上且0.10%以下。

【0032】 B含量宜為0.02%以下，較宜為0.01%以下。

Mg含量宜為0.01%以下，較宜為0.005%以下。

Ti含量宜為0.100%以下，較宜為0.002%以下。

V含量宜為0.05%以下，較宜為0.04%以下。

Zr含量宜為0.08%以下，較宜為0.06%以下。

Nd含量宜為0.05%以下，較宜為0.01%以下。

Bi含量宜為0.05%以下，較宜為0.01%以下。

W含量宜為0.05%以下，較宜為0.01%以下。

Mo含量宜為0.05%以下，較宜為0.01%以下。

Nb含量宜為0.05%以下，較宜為0.03%以下。

Y含量宜為0.05%以下，較宜為0.01%以下。

【0033】 又，從獲得後述效果之觀點來看，各元素含量適宜的下限值則如

下所述。

B含量宜為0.0002%以上。

Mg含量宜為0.0004%以上。

Ti含量宜為0.001%以上。

V含量宜為0.002%以上。

Zr含量宜為0.002%以上。

Nd含量宜為0.002%以上。

Bi含量宜為0.002%以上。

W含量宜為0.002%以上。

Mo含量宜為0.002%以上。

Nb含量宜為0.002%以上。

Y含量宜為0.002%以上。

【0034】 上述任意元素根據各元素所帶來效果之不同，可分成下述A群~E群。

[A群]Sn、Sb、Ca、Cr、Ni、Cu、Ce

這種元素會透過集合組織、控制夾雜物、比電阻、飽和磁通量密度、固溶強化等而可發揮出提升磁特性及/或機械特性之效果

[B群]Ti、V、Zr、Nb

這種元素會透過析出物之粗大化而可發揮出改善晶粒成長性之效果

[C群]Mg、Nd、Bi、Y

這種元素可發揮出控制硫化物、氧化物等夾雜物的效果

[D群]B

這種元素可發揮出更加有利於控制氮化物的效果

[E群]

這種元素可發揮出有利於提升機械特性的效果

W、Mo

本揭示之無方向性電磁鋼板可含有選自於上述A群~E群所構成群組中之1種或2種以上，亦可含有例如A群、B群、C群、D群及/或E群之1種或2種以上的元素。

【0035】 上述化學組成透過一般分析鋼的方法來作測定即可。例如，關於化學組成，使用ICP-AES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry)來作測定即可。另外，關於sol.Al，是透過酸將樣品進行加熱分解後獲得濾液，使用該濾液並透過ICP-AES作測定即可。又，關於Si，使用ICP發光分光分析法作測定即可；關於C及S，使用燃燒-紅外線吸收法作測定即可；關於N，使用非活性氣體溶解-熱傳導率法作測定即可；關於O，使用非活性氣體溶解-非分散型紅外線吸收法作測定即可。

【0036】 另外，上述化學組成是不含絕緣披膜等之無方向性電磁鋼板的組成。作為測定樣品的無方向性電磁鋼板若於表面具有絕緣披膜等，此時是在將其除去後才作測定。例如，透過下列方法來除去絕緣披膜等即可。首先，將具有絕緣披膜等的無方向性電磁鋼板依序浸漬於氫氧化鈉水溶液、硫酸水溶液、硝酸水溶液，之後予以洗淨。最後透過溫風使其乾燥。藉此，就能獲得業已除去絕緣披膜的無方向性電磁鋼板。又，亦可透過磨削來除去絕緣披膜等。

【0037】 (結晶方位之特徵)

關於本揭示之無方向性電磁鋼板，其鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{111}<011>聚集度為2.00以上且8.00以下(以下有時會省略「鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中」之記載)。

另外，本揭示中所謂結晶方位之「聚集度」，是一種在表示集合組織時通常會使用的指標。例如，所謂{111}<011>聚集度是顯示如下之指標：具有結晶方位

{111}<011>之結晶粒的存在頻率相對於具有隨機方位分布的組織(此時聚集度為1)為幾倍。

關於本揭示之無方向性電磁鋼板，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{111}<011>聚集度為2.00以上且8.00以下；除此之外，宜滿足下列之至少1者：{110}<001>聚集度為1.00以上，{111}<112>聚集度/{111}<011>聚集度之值為1.00以下，{411}<148>聚集度為2.00以下，以及{411}<011>聚集度為2.00以下。

【0038】 {111}<011>聚集度為2.00以上且8.00以下，是本揭示之無方向性電磁鋼板中的重要特徵。{111}<011>方位是賦予應力時之磁特性良好的方位。

進一步如下述所示，本案發明人等透過適切控制{111}<011>，同時還適切控制{110}<001>方位、{111}<112>方位、{411}<148>方位、及{411}<011>方位之聚集度之至少1者，藉此成功以高水準來兼具平時之磁特性及賦予應力時之磁特性。

{110}<001>方位是磁特性優異的方位，聚集度宜設為1.00以上。

{111}<112>方位是能以最大限度避免賦予應力時磁特性劣化的方位，但若其聚集度過高，則在尚未賦予壓縮應力之狀態下的磁特性會變成劣等。因此，有鑑於{111}<011>的晶面指數相同且是對磁特性所帶來影響大致相同的方位，且有鑑於與{111}<011>之聚集度的平衡，宜將{111}<112>聚集度/{111}<011>聚集度之值(聚集度之比)設為1.00以下。

{411}<148>方位是在賦予壓縮應力時磁特性容易變成劣等的方位，聚集度宜設為2.00以下。

{411}<011>方位是在賦予壓縮應力時磁特性容易變成劣等的方位，聚集度宜設為2.00以下。

【0039】 結晶方位可透過下列方法作測定。從鋼板切出30mm×30mm左右之

鋼板樣品，對該鋼板樣品實施機械研磨及化學研磨而除去鋼板單側表面~1/4t部之表面層。在此所謂1/4t部意指：鋼板厚度定為t時，從表面起算相當於 $t \times 1/4$ 之深度的部分。除去該表面層時，分別使厚度變薄至原本鋼板之1/4t部成為表面為止而製作出測定用試驗片。另外，透過機械研磨與化學研磨來除去鋼板單側表面~1/4t部之表面層時，有時難以嚴謹地使1/4t部之面現形，而允許某程度的除去幅度。考量本揭示之無方向性電磁鋼板之平均結晶粒徑(30 μm 以上且200 μm 以下)，對於鋼板表面起算深度1/4t部在深度方向上該鋼板相當於平均結晶粒徑之區域的結晶方位之聚集度可視為同程度。考量適宜的板厚(0.10mm以上且0.35mm以下)，而透過機械研磨及化學研磨，使鋼板表面起算深度 $1/4t \pm 1/8t$ ，亦即 $1/8t \sim 3/8t$ 之範圍的面露出並測定結晶方位即可。

【0040】 從鋼板採取的樣品進行研磨至除去表層之1/4t部，之後可透過電子背向散射繞射(EBSD：Electron Back Scattering Diffraction)法來求出結晶方位。觀察視野宜為每1視野在2400 μm^2 以上且2.5mm²以下，並且，宜針對2個部位以上且5個部位以下之複數個視野，算出各數值之平均值並採用該平均值。透過上述觀察結果來製作出結晶方位分布函數ODF(Orientation Determination Function)。基於該結晶方位分布函數而獲得在表面中之各方位的聚集度。另外，為了確保聚集度之數值的正確性，ODF之展開次數宜為18以上。

【0041】 (磁特性)

在本揭示中，可透過磁通量密度1.0T、頻率400Hz進行激磁，並使用激磁後的鐵損W10/400[W/kg]來確認發明效果(賦予壓縮應力時之鐵損劣化的抑制)。關於鐵損是使用下列板面內特性之平均值：將激磁方向定為鋼板之軋軋方向(L方向)、與軋軋呈垂直方向(C方向)、以及45°方向(D方向)，此時之鐵損分別定為WL、WC及WD，以 $(WL+WC+2 \times WD)/4$ 而獲得板面內特性之平均值。在本說明書中，有時會將此特性稱呼為「全圓周平均(鐵損)」。關於軋軋方向，若無方向性電磁

鋼板是以捲材狀來提供時，則軋軋方向是明確的；不過，若為切割板狀或從馬達鐵心取出之狀態下，則無法僅從形狀來分辨軋軋方向。在此情況下，可透過鋼板表面在冷軋軋時形成的溝來決定軋軋方向。該方法是所屬技藝人士日常應用之方法，其判斷並不困難。

在本揭示中，是透過劣化幅度 W_s-W_n 來確認發明效果，其中，全圓周平均鐵損 $W_n[W/kg]$ 是從無負載狀態下各面內方向的鐵損值來計算，全圓周平均鐵損 $W_s[W/kg]$ 則是從各激磁方向上負載20MPa壓縮應力之狀態下各面內方向的鐵損值來計算。本揭示之無方向性電磁鋼板適宜的形態定為： W_s-W_n 為8.50以下。 W_s-W_n 更宜為8.25以下，更宜為8.00以下。

【0042】 各磁特性透過JIS C2556：2015所規定之單板磁特性試驗法(Single Sheet Tester：SST)來作測定即可。另外，JIS規定尺寸之試驗片在採取上有困難時，例如亦可採取試驗片使其為寬55mm×長55mm，並施行根據單板磁特性試驗法之測定。此時，宜定為愛普斯坦(Epstein)當量值，該值是換算成JIS C 2550：2011規定之愛普斯坦試驗器後的值。

【0043】 (平均結晶粒徑)

結晶粒徑不論過大或過小，在高頻條件下的鐵損有時會劣化。因此，平均結晶粒徑設定為一般實際使用之範圍即可，設為30 μm 以上且200 μm 以下。

【0044】 平均結晶粒徑透過JIS G0551：2020規定之截距法來作測定即可。例如，在板厚方向之縱剖面組織照片中，透過截距法針對板厚方向及軋軋方向測得結晶粒徑之平均值，並使用該結晶粒徑之平均值即可。就該縱剖面組織照片而言，可使用光學顯微鏡照片，例如使用50倍倍率所拍攝之照片即可。

【0045】 (板厚)

基本上，板厚越薄就越低鐵損。設定為一般實際使用之範圍即可，宜設為0.35mm以下。較宜為0.30mm以下。另一方面，過度薄壁化會使鋼板、馬達的生

產性顯著降低，故板厚宜設為0.10mm以上。較宜為0.15mm以上。

【0046】板厚透過測微器(micrometer)作測定即可。另外，作為測定樣品的無方向性電磁鋼板若於表面具有絕緣披膜等，此時是在將其除去後才作測定。絕緣披膜之除去方法如上所述。

【0047】[無方向性電磁鋼板的製造方法]

以下，說明本揭示之無方向性電磁鋼板其製造方法之一例。另外，本揭示之無方向性電磁鋼板若具有上述構成，則其製造方法並不特別限定。下述的製造方法是用以製造本揭示之無方向性電磁鋼板的一個例子，是本揭示之無方向性電磁鋼板的製造方法適宜的例子。

【0048】本揭示之無方向性電磁鋼板的製造方法依序具有：熱軋軋步驟、第1冷軋軋步驟、中間退火步驟、第2冷軋軋步驟、精加工退火步驟；在此等步驟中，尤其應用下述條件(A)~(E)是有效的。另外，以下說明中的溫度意指：鋼板之表面溫度。

(A)熱軋軋後之熱處理：在熱精軋軋後至開始第1冷軋軋為止之間，不實施900℃以上之熱處理。

(B)第1冷軋軋步驟：軋縮率定為30%以上且85%以下。

(C)中間退火步驟：500℃至650℃的平均升溫速度定為300℃/秒以上且1000℃/秒以下，保持溫度定為700℃以上且1100℃以下，保持時間定為10秒以上且300秒以下，並且700℃至500℃的平均冷卻速度定為25℃/秒以上。

(D)第2冷軋軋步驟：軋縮率定為30%以上且75%以下，精加工板厚度定為0.10mm以上且0.35mm以下。

(E)精加工退火步驟：保持溫度定為900℃以上且1200℃以下。

【0049】以下說明各步驟。

【0050】(熱軋軋步驟)

供於上述第1冷軋軋步驟的熱軋鋼板，可透過對具有前述化學組成之鋼塊或鋼片(以下亦稱為「扁胚」)施予熱軋軋來獲得。

【0051】 在熱軋軋中，是藉由連續鑄造法或者透過將鋼塊作分塊軋軋之方法等的一般方法，將具有上述化學組成之鋼作成扁胚，並裝入加熱爐再施行熱軋軋。此時，若扁胚溫度高，則亦可不裝入加熱爐就施行熱軋軋。

熱軋軋之各種條件並不特別限定。一般採用的條件是：扁胚加熱溫度為950~1250°C、精加工溫度為700~1000°C、精加工板厚為1.0~4.0mm左右的條件。

【0052】 (對熱軋板進行的熱處理)

對於熱軋軋結束後的熱軋板，接著施予第1冷軋軋。此時，供於第1冷軋軋步驟的熱軋鋼板在熱的精軋軋後，並不實施900°C以上之熱處理。這個限制之目的在於：不使熱加工所形成之組織在第一冷軋軋前就大幅變化。熱軋最終道次之出口側溫度達900°C以上時，從最終道次出口側開始冷卻至達到小於900°C為止之間就會是滯留在900°C以上之溫度區域，不過由於一般而言是在數秒以內冷卻至小於900°C，故在本揭示中，可忽視這之間的滯留。據此，本揭示中的這個熱處理的對象就會是透過熱軋板捲取或熱軋板退火所施予之熱歷程。在熱精軋軋結束後，若實施900°C以上之熱處理，則熱軋板之粒徑會變大，所以中間退火步驟後之組織會變化，而變得不會滿足上述規定之精加工退火後的{111}<011>聚集度。因此，不宜在熱軋板捲取後進行保熱；尤其是，會變成是長時間保持的熱軋捲取其溫度必須定為850°C以下為佳，定為800°C以下更佳。

【0053】 (第1冷軋軋步驟)

在第1冷軋軋步驟中，對於具有上述化學組成之熱軋鋼板，施予30%以上且85%以下之軋縮率(累積軋縮率)的冷軋軋。

第1冷軋軋步驟的軋縮率若小於30%或大於85%，則有時會無法獲得目標磁性。據此，第1冷軋軋步驟的軋縮率定為30%以上且85%以下。

【0054】冷軋軋時之鋼板溫度、軋軋徑等上述以外的冷軋軋條件並不特別限定，是依據熱軋鋼板之化學組成、目標鋼板板厚等而適宜選擇。

【0055】(中間退火步驟)

在中間退火步驟中，對於上述第1冷軋軋步驟所得之冷軋鋼施予中間退火，該中間退火是定為：500°C至650°C之平均升溫速度為300°C/秒以上且1000°C/秒以下，保持溫度為700°C以上且1100°C以下，保持時間為10秒以上且300秒以下，進一步地，700°C至500°C之平均冷卻速度為25°C/秒以上。

不滿足中間退火步驟的上述各條件時，有時會無法獲得目標磁特性。上述以外的中間退火條件並不特別限定。

另外，700°C至500°C之平均冷卻速度雖無須限制上限值，不過亦可因應所需而將上限值定為70°C/秒。

【0056】保持溫度宜為850°C以上。再者，保持時間宜為180秒以下。更甚者，700°C至500°C之平均冷卻速度宜設為28°C/秒以上。尤其是，在滿足本揭示之各條件之外，若還全部滿足下列：Si含量：大於2.0%、500°C至650°C之平均升溫速度：300°C/秒以上、保持溫度：850°C以上、保持時間：180秒以下、700°C至500°C之平均冷卻速度：33°C/秒以上，就能獲得一種賦予應力時之磁特性良好的無方向性電磁鋼板。

【0057】(第2冷軋軋步驟)

在第2冷軋軋步驟中，對於上述中間退火步驟所得之中間退火鋼板，施予30%以上且75%以下之軋縮率(累積軋縮率)的冷軋軋，作成0.10mm以上且0.35mm以下之板厚。

【0058】第2冷軋軋步驟的軋縮率若小於30%或大於75%，則有時會無法獲得目標磁特性。據此，第2冷軋軋步驟的軋縮率設為30%以上且75%以下。

【0059】板厚宜設為0.10mm以上且0.35mm以下。板厚較宜為0.15mm以上

且0.30mm以下。

【0060】冷軋軋時之鋼板溫度、軋軋徑等上述以外的冷軋軋條件並不特別限定，是依據鋼板之化學組成、目標鋼板板厚等而適宜選擇。

【0061】(精加工退火步驟)

在精加工退火步驟中，是對於上述第2冷軋軋步驟所得之冷軋鋼板施予精加工退火，該精加工退火是保持在900°C以上且1200°C以下之溫度區域。該條件並不特別，是一般無方向性電磁鋼板之製造中常採用者。

精加工退火步驟的精加工退火溫度若小於900°C，則有時會因為晶粒成長不足而平均結晶粒徑會變得小於30 μm ，無法獲得充分的磁特性。據此，精加工退火溫度定為900°C以上。另一方面，精加工退火溫度若大於1200°C，則本揭示無方向性電磁鋼板之特徵的{111}<011>方位以外的晶粒成長會變得具有優勢，有時會導致晶粒成長過度進行而平均結晶粒徑變得大於200 μm ，無法獲得充分的磁特性。據此，精加工退火溫度定為1200°C以下。

保持在900°C以上且1200°C以下之溫度區域的精加工退火時間亦可不特別規定，不過為了更確實獲得良好磁特性，則宜設為1秒鐘以上。另一方面，從生產性觀點來看，精加工退火時間宜設為120秒鐘以下。

上述以外的精加工退火條件則不特別限定。

另外，該精加工退火可視鋼板製造商所需而接續第2冷軋軋之後實施。或者，亦可將第2冷軋軋過後的鋼板予以出貨，再透過鋼板之消費者施行例如衝裁加工、鋼板積層後，在鐵芯形狀下實施熱處理，也就是實施所謂弛力退火。

【0062】(其他步驟)

宜將熱軋鋼板進行酸洗，藉此除去上述熱軋軋時生成於鋼板表面的鏽皮後再供於冷軋軋。

在上述第2冷軋軋步驟後或在精加工退火步驟後亦可進行塗覆步驟，該塗覆

步驟是透過一般方法在鋼板表面塗佈形成出絕緣披膜，且該絕緣披膜可僅由有機成分構成、僅由無機成分構成、或是由有機無機複合物所構成。從減輕環境負擔之觀點來看，亦可塗佈形成出不含鉻的絕緣披膜。又，塗覆步驟也可為施予絕緣塗覆的步驟，其透過加熱及加壓而發揮出接著能力。關於能發揮出接著能力的塗覆材料來說，可使用：丙烯酸樹脂、苯酚樹脂、環氧樹脂或三聚氰胺樹脂等。

【0063】 [用途]

本揭示之無方向性電磁鋼板之用途並不特別限定，不過適合作為馬達之定子鐵心及轉子鐵心的素材。可作成具有下列結構的馬達鐵芯，該結構是將本揭示之無方向性電磁鋼板衝裁加工成預定形狀並積層複數片而成。這種馬達鐵芯在賦予壓縮應力時之鐵損劣化程度低，可有助於馬達之高效率化。

[實施例]

【0064】 以下說明實施例，不過本揭示之無方向性電磁鋼板並不受限於以下實施例。

【0065】 以真空熔解爐分別製造出扁胚(鑄錠)且所述扁胚(鑄錠)已調整成表1-1及表1-2之鋼種所示化學組成。另外，表1-1及表1-2所示成分中劃上底線的含量意指本揭示之範圍外；剩餘部分則是Fe及不純物。空白欄位意指：並未刻意添加該成分(元素)。

【0066】 [表1-1]

表1-1

鋼種	化學組成 (mass%)													
	C	Si	Mn	sol.Al	S	P	N	O	B	Mg	Ca	Ti	V	Cr
A	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.02						
B	0.002	2.5	0.5	0.6	0.001	0.01	0.005	0.02						
C	0.002	2.0	1.0	0.2	0.001	0.01	0.005	0.02						
D	0.001	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.03	0.02					
E	0.002	3.3	0.7	0.4	0.004	0.02	0.005	0.02		0.01				
F	0.003	3.3	0.7	0.4	0.0008	0.05	0.005	0.07			0.002			
G	0.003	3.3	0.7	0.4	0.001	0.04	0.005	0.02				0.020		
H	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.01					0.04	
I	0.006	3.3	0.7	0.4	0.001	0.06	0.005	0.02						0.05
J	0.002	3.3	0.7	0.4	0.008	0.01	0.004	0.02						
K	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.08						
L	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.02	0.007	0.02						
M	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.007	0.005	0.02						
N	0.003	3.3	0.7	0.4	0.002	0.04	0.005	0.04						
O	0.003	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.02						
P	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.03	0.005	0.06						
Q	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.01						
R	0.004	3.3	0.7	0.4	0.001	0.006	0.008	0.008						
S	0.002	3.3	0.7	0.4	0.006	0.01	0.005	0.01						
T	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.04	0.008	0.02						
U	0.003	3.3	0.7	0.4	0.004	0.09	0.005	0.07						
V	0.002	1.1	0.9	2.4	0.001	0.01	0.003	0.08						
W	0.003	1.3	2.7	0.4	0.001	0.01	0.005	0.02						
X	0.016	3.3	0.7	0.4	0.003	0.01	0.003	0.06						
Y	0.024	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.004	0.02						
Z	0.002	3.3	0.7	0.4	0.019	0.01	0.005	0.04						
AA	0.002	3.3	0.7	0.4	0.015	0.01	0.009	0.04						
AB	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.35	0.006	0.02						
AC	0.003	3.3	0.7	0.4	0.001	0.32	0.005	0.02						
AD	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.032	0.02						
AE	0.002	3.3	0.7	0.4	0.004	0.01	0.018	0.02						
AF	0.005	3.3	0.7	0.4	0.004	0.03	0.005	0.18						
AG	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.02	0.005	0.16						
A1	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.001	0.002	0.002						
A2	0.002	2.5	0.5	0.6	0.001	0.01	0.001	0.01						
A3	0.002	2.0	1.0	0.2	0.002	0.01	0.002	0.002						
A4	0.001	3.1	0.7	0.4	0.001	0.01	0.0005	0.003	0.005					
A5	0.0005	3.3	0.6	0.4	0.004	0.02	0.003	0.002		0.002				
A6	0.003	3.3	0.7	0.4	0.0008	0.05	0.002	0.007			0.002			
A7	0.003	3.3	0.8	0.4	0.001	0.04	0.0005	0.002				0.005		
A8	0.002	3.3	0.7	0.1	0.001	0.01	0.002	0.001					0.005	
A9	0.006	3.3	0.7	0.4	0.0008	0.06	0.001	0.002						0.05
A10	0.002	3.3	0.7	0.4	0.008	0.01	0.002	0.002				0.080		
A11	0.002	3.2	0.9	0.4	0.001	0.01	0.002	0.008						
A12	0.003	3.3	0.7	0.4	0.001	0.02	0.001	0.002						
A13	0.002	3.1	0.8	0.1	0.001	0.007	0.002	0.002						
A14	0.003	2.0	0.7	0.4	0.002	0.04	0.002	0.004						3.0
A15	0.003	2.0	0.7	0.4	0.001	0.001	0.002	0.002						
A16	0.002	2.0	0.7	0.4	0.001	0.03	0.0015	0.006						
A17	0.002	3.3	1.1	0.4	0.001	0.01	0.005	0.001						
A18	0.004	4.5	0.03	0.1	0.001	0.006	0.002	0.0008						
A19	0.002	3.3	0.7	0.4	0.006	0.01	0.008	0.0015						
A20	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.04	0.002	0.002						
A21	0.003	3.3	0.7	0.4	0.003	0.09	0.005	0.007						
A22	0.002	1.1	0.9	2.4	0.001	0.01	0.003	0.008						
A23	0.003	1.3	2.7	0.03	0.001	0.02	0.005	0.002						
A24	0.016	3.3	0.7	0.4	0.003	0.01	0.002	0.006						
A25	0.024	3.3	0.7	0.03	0.001	0.01	0.002	0.002						
A26	0.002	3.3	0.7	0.4	0.019	0.01	0.005	0.004						
B1	0.002	3.3	0.7	0.4	0.015	0.01	0.009	0.004						
B2	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.35	0.006	0.002						
B3	0.003	3.3	0.7	0.01	0.001	0.32	0.005	0.002						
B4	0.002	3.3	0.7	0.4	0.001	0.01	0.032	0.002						
B5	0.002	3.3	0.7	0.4	0.004	0.01	0.018	0.002						
B6	0.005	3.3	0.7	0.4	0.004	0.03	0.005	0.32						
B7	0.002	3.3	0.7	0.5	0.001	0.02	0.005	0.25						

【0067】 [表1-2]

表1-2

鋼種	化學組成 (mass%)											
	Ni	Cu	Zr	Sn	Sb	Ce	Nd	Bi	W	Mo	Nb	Y
A												
B												
C												
D												
E												
F												
G												
H												
I												
J	0.02											
K		0.04										
L			0.05									
M				0.04								
N					0.01							
O						0.01						
P							0.02					
Q								0.01				
R									0.03			
S										0.02		
T											0.02	
U												0.02
V							0.03					
W								0.02				
X												
Y												
Z												
AA												
AB												
AC												
AD												
AE												
AF												
AG												
A1												
A2												
A3												
A4												
A5												
A6												
A7												
A8												
A9												
A10	0.02											
A11		0.04										
A12			0.005									
A13				0.01								
A14					0.01							
A15	3.0					0.004						
A16		3.0					0.005					
A17								0.005				
A18									0.005			
A19										0.005		
A20											0.005	
A21												0.005
A22							0.03					
A23								0.02				
A24												
A25												
A26												
B1												
B2												
B3												
B4												
B5												
B6												
B7												

【0068】 將表1-1及表1-2所示化學組成之扁胚(鋼種A~B7)插入加熱爐中並加熱至1100°C，之後施予熱軋軋作成板厚2.0mm而製造出熱軋鋼板。基本設定為：精加工溫度850°C、捲取溫度600°C。但是，部分鋼板變更了板厚、精加工溫度、捲取溫度等任一條件。例如，No.a16是設為：精加工溫度930°C、捲取溫度900°C。又，No.k1及v1設為：精加工溫度1000°C、捲取溫度800°C；No.n1設為：精加工溫度800°C、捲取溫度300°C。

針對此等熱軋鋼板依序實施了熱軋板退火、第1冷軋軋、中間退火、第2冷軋軋、精加工退火。各條件如表2-1、表3-1、表4-1、表5-1所示。

【0069】 又，這次的實施例是在鋼板表面未形成絕緣披膜下予以實施。

【0070】 [平均結晶粒徑之測定]

針對各鋼板，在精加工退火後，就板厚方向及軋軋方向之縱剖面以50倍進行觀察獲得光學顯微鏡照片，使用該光學顯微鏡照片並透過前述截距法來測定結晶粒徑，並求出平均結晶粒徑。

【0071】 [集合組織之測定]

各從鋼板切出30mm×30mm左右之鋼板樣品，對該鋼板樣品分別實施機械研磨及化學研磨而使厚度變薄，直至原本的鋼板1/4t部成為表面為止，製作出測定用試驗片。針對所製得之試驗片，透過EBSD以每1視野900 μ m×2500 μ m進行觀察，並觀察5個部位。從觀察結果作成結晶方位分布函數ODF，並基於結晶方位分布函數而獲得在表面之各方位的聚集度。各方位的聚集度是採用針對各視野計算出的數值之平均值。

【0072】 [磁特性之測定]

關於各鋼板之磁特性，是透過SST進行測定。就磁通量密度1.0T、頻率400Hz進行激磁後的鐵損W10/400[W/kg]來說，分別測定：無負載狀態下的鐵損Wn[W/kg]、在激磁方向上負載20MPa壓縮應力之狀態下的鐵損Ws[W/kg]，並求

出 W_s-W_n 。 W_s-W_n 為8.50以下時，判斷為賦予壓縮應力時之鐵損良好。

各鋼板之製造條件列示於表2-1、表3-1、表4-1、表5-1，集合組織、平均結晶粒徑、磁特性列示於表2-2、表3-2、表4-2、表5-2。另外，底線意指：本揭示之範圍外或前述適宜製造方法之範圍外。

表2-1

No.	鋼種	製造條件																	
		熱軋板退火				第1冷軋軋				中間退火				第2冷軋軋				精加工退火	
		熱軋鋼板厚度 mm	熱軋捲取溫度 ℃	保持溫度 ℃	保持時間 秒	軋縮率 %	中間板厚 mm	升溫速度 ℃/秒	保持溫度 ℃	保持時間 秒	冷卻速度 ℃/秒	軋縮率 %	精加工板厚 mm	保持溫度 ℃	保持時間 秒				
a1	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30				
a2	A	2.00	600	800	20	60.0	0.8	500	950	60	60	50	0.25	1000	30				
a3	A	2.00	600	800	60	80.0	0.4	500	1000	60	60	50	0.25	1000	30				
a4	A	2.00	600	800	60	60.0	0.8	500	950	20	20	50	0.25	1000	30				
a5	A	2.00	600	800	60	80.0	0.4	500	1000	45	45	30	0.25	1000	30				
a6	A	2.00	600	800	60	80.0	0.4	500	1000	30	30	30	0.25	1000	30				
a7	A	2.00	600	800	60	60.0	0.8	500	900	30	30	30	0.25	1000	30				
a8	A	2.00	600	800	60	60.0	0.8	7	900	30	30	7	0.25	1000	30				
a9	A	2.00	600		-	75.0	0.5	2	950	30	30	7	0.25	1000	30				
a10	A	2.00	600		-	60.0	0.8	2	950	30	30	7	0.25	1000	30				
a11	A	2.00	600	1000	60	25.0	1.5	500	1000	60	60	30	0.25	1000	30				
a12	A	2.00	600	1000	60	60.0	0.8	500	950	30	30	30	0.25	1000	30				
a13	A	2.00	600	1000	60	60.0	0.8	500	1000	60	60	30	0.25	1000	30				
a14	A	2.00	600		-	20.0	1.6	500	950	60	60	30	0.25	1000	30				
a15	A	2.00	600	1000	60	75.0	0.5	500	975	30	30	30	0.25	1000	30				
a16	A	2.00	900		-	60.0	0.8	500	950	30	30	30	0.25	1000	30				
a17	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	1000	30	30	30	0.25	1210	60				
a18	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	1000	30	30	30	0.25	700	30				
a19	A	2.00	600		-	87.0	0.26	500	950	30	30	30	0.25	1000	30				
a20	A	2.00	600		-	75.0	0.5	1050	1050	30	30	30	-	-	-				
a21	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	650	5	5	30	0.25	1000	30				
a22	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	950	30	30	30	0.25	890	30				
a23	A	2.00	600		-	75.0	0.5	500	1150	30	30	30	-	-	-				
b1	B	2.00	600	800	60	60.0	0.8	500	950	60	60	30	0.25	1000	30				
b2	B	2.00	600		-	75.0	0.5	500	950	30	30	30	0.25	1000	30				
b3	B	2.00	600	1000	60	60.0	0.8	500	1000	60	60	30	0.25	1000	30				
b4	B	2.00	600	1000	60	75.0	0.5	500	975	30	30	30	0.25	1000	30				
b5	B	2.00	600		-	75.0	0.5	2	950	30	30	7	0.25	1000	30				
c1	C	2.00	600	800	60	60.0	0.8	500	950	60	60	30	0.25	1000	30				
c2	C	2.00	600		-	75.0	0.5	500	950	30	30	30	0.25	1000	30				
c3	C	2.00	600		-	20.0	1.6	500	950	60	60	30	0.25	1000	30				
c4	C	2.00	600	1000	60	75.0	0.5	500	975	30	30	30	0.25	1000	30				
c5	C	2.00	600		-	75.0	0.5	2	950	30	30	7	0.25	1000	30				

【0074】 [表2-2]

No.	鋼板特性										備註
	集合組織的聚集度					磁性 W10/400					
	{111}<011>	{111}<112>	{111}<112>/ {111}<011>	{110}<001>	{411}<148>	{411}<011>	全周圓平均 [賦予 20MPa]	全周圓平均	鐵損 劣化	平均結晶 粒徑	
	Ws	W/kg	Ws	W/kg	Ws-Wn	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	μm	
a1	5.59	3.11	0.56	1.45	1.37	0.22	12.38	20.29	7.91	73	實施例
a2	2.77	6.51	2.35	0.39	3.44	0.13	12.43	20.60	8.17	132	實施例
a3	2.10	0.66	0.29	0.35	3.19	1.32	12.20	20.31	8.11	150	實施例
a4	2.21	4.51	2.04	1.61	2.05	1.11	12.50	20.76	8.26	82	實施例
a5	2.20	0.66	0.29	1.21	2.23	1.32	12.32	20.42	8.10	121	實施例
a6	2.30	0.66	0.29	3.44	0.42	1.32	12.33	20.41	8.09	94	實施例
a7	2.31	2.82	1.22	0.67	2.42	1.16	12.34	20.63	8.29	84	實施例
a8	1.54	2.95	1.92	0.87	2.12	1.10	12.34	20.93	8.59	84	比較例
a9	1.39	2.97	2.14	0.32	3.45	0.33	12.35	20.92	8.57	83	比較例
a10	1.76	2.82	1.60	1.67	2.00	1.16	12.34	20.86	8.52	84	比較例
a11	0.90	3.01	3.35	0.35	3.19	1.22	12.26	20.81	8.54	198	比較例
a12	1.76	2.82	1.60	1.67	2.00	1.16	12.36	20.94	8.58	84	比較例
a13	0.91	2.06	2.26	0.89	1.87	1.10	12.33	21.01	8.68	142	比較例
a14	1.39	8.94	6.42	0.02	2.85	0.54	12.84	21.65	8.81	118	比較例
a15	1.42	1.44	0.71	4.21	1.92	0.95	12.25	21.00	8.74	95	比較例
a16	0.99	2.06	2.08	2.12	1.68	1.15	12.52	21.28	8.75	120	比較例
a17	0.90	3.05	3.40	0.34	3.20	1.19	12.45	21.54	9.09	261	比較例
a18	2.97	2.06	0.69	2.12	1.68	1.15	19.42	31.12	11.70	26	比較例
a19	1.50	3.02	2.01	0.75	2.30	0.15	13.45	22.35	8.90	95	比較例
a20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
a21	8.50	5.60	0.66	0.85	1.41	0.25	14.10	22.78	8.68	105	比較例
a22	1.75	2.12	1.21	0.59	0.51	1.15	13.55	22.15	8.60	60	比較例
a23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
b1	2.52	5.71	2.27	0.39	3.44	0.13	12.88	20.96	8.07	126	實施例
b2	5.12	2.59	0.51	1.61	1.12	0.41	12.83	20.84	8.01	83	實施例
b3	0.78	2.12	6.42	0.78	1.92	1.43	12.91	21.59	8.68	143	比較例
b4	1.21	1.44	0.71	4.21	1.92	0.82	12.69	21.68	8.98	95	比較例
b5	1.50	2.74	1.83	0.41	3.22	0.19	12.91	21.79	8.88	76	比較例
c1	2.39	5.43	2.27	0.53	3.83	0.32	13.42	21.83	8.41	93	實施例
c2	4.59	2.58	0.56	1.49	1.37	0.42	13.20	21.65	8.44	79	實施例
c3	1.23	2.31	6.42	0.10	2.48	0.37	13.68	22.68	8.99	128	比較例
c4	1.32	1.71	0.71	2.98	1.72	0.91	13.18	22.28	9.10	132	比較例
c5	1.12	2.32	2.14	0.31	3.15	0.29	13.50	22.98	9.48	79	比較例

表2-2

【0075】 [表3-1]

表3-1

No.	鋼種	製造條件																			
		熱軋鋼板厚		熱軋捲取溫度		熱軋板退火		第1冷軋		中間退火				第2冷軋		精加工退火					
		mm	°C	保持溫度	保持時間	軋縮率	中間板厚	°C/秒	保持溫度	保持時間	冷卻速度	軋縮率	精加工板厚	保持溫度	保持時間						
d1	D	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
e1	E	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
f1	F	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	75	50	0.25	mm	1150	30
g1	G	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	1000	°C	1050	250	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
h1	H	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
i1	I	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	400	°C	950	30	°C/秒	70	50	0.25	mm	1000	30
j1	J	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
k1	K	2.00	800	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	300	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
l1	L	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
m1	M	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	1050	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
n1	N	2.00	300	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
o1	O	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	150	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
p1	P	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	800	°C	950	30	°C/秒	70	50	0.25	mm	1000	30
q1	Q	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
r1	R	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
s1	S	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	1000	°C	800	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
t1	T	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
u1	U	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	100	°C/秒	50	50	0.25	mm	950	30
v1	V	2.00	800	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
w1	W	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
x1	X	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
y1	Y	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	300	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
z1	Z	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	15	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
aa1	AA	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	800	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
ab1	AB	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	-	°C	-	-	°C/秒	-	-	-	-	-	-
ac1	AC	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	-	°C	-	-	°C/秒	-	-	-	-	-	-
ad1	AD	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
ae1	AE	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
af1	AF	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30
ag1	AG	2.00	600	°C	-	秒	-	75.0	0.5	mm	500	°C	950	30	°C/秒	30	50	0.25	mm	1000	30

【0076】 [表3-2]

No.	鋼板特性											備註	
	集合組織的聚集度						磁性 W10/400						平均結晶粒徑
	{111}<011>	{111}<112>	{111}<112>/ {111}<011>	{110}<001>	{411}<148>	{411}<011>	全圍平均	[賦予 20MPa]	鐵損 劣化	μm			
	Wn	Ws	Ws	Wn	Ws	Ws	Wn	Ws	Ws				
d1	5.49	2.98	0.54	1.65	1.19	0.08	12.38	20.28	7.90	75	實施例		
e1	5.51	3.10	0.56	1.58	1.28	0.23	12.31	20.24	7.94	79	實施例		
f1	5.23	3.02	0.58	1.38	0.91	0.29	12.35	20.25	7.90	85	實施例		
g1	5.71	2.88	0.50	1.39	0.99	0.13	12.32	20.31	8.00	70	實施例		
h1	5.49	3.34	0.61	1.58	1.41	0.29	12.35	20.31	7.96	79	實施例		
i1	5.03	3.18	0.63	1.42	1.09	0.19	12.37	20.19	7.82	83	實施例		
j1	5.43	3.32	0.61	1.71	1.13	0.31	12.38	20.21	7.83	75	實施例		
k1	5.66	3.54	0.63	1.50	1.22	0.08	12.37	20.24	7.87	78	實施例		
l1	5.43	3.20	0.59	1.44	1.15	0.12	12.36	20.22	7.86	81	實施例		
m1	5.49	3.18	0.58	1.48	1.50	0.03	12.28	20.25	7.97	79	實施例		
n1	5.39	3.07	0.57	1.38	1.01	0.32	12.34	20.29	7.95	77	實施例		
o1	5.44	2.89	0.53	1.61	1.02	0.14	12.39	20.27	7.89	74	實施例		
p1	5.54	2.96	0.53	1.72	1.33	0.11	12.35	20.25	7.90	72	實施例		
q1	5.86	3.43	0.59	1.56	0.78	0.30	12.41	20.23	7.81	73	實施例		
r1	5.71	3.20	0.56	1.33	0.89	0.19	12.36	20.24	7.88	70	實施例		
s1	5.65	3.19	0.56	1.66	1.15	0.24	12.34	20.29	7.94	77	實施例		
t1	5.33	3.38	0.63	1.51	1.00	0.41	12.33	20.33	8.00	74	實施例		
u1	5.49	2.98	0.54	1.93	0.79	0.09	12.41	20.18	7.77	75	實施例		
v1	5.49	3.21	0.58	1.20	0.93	0.15	12.36	20.23	7.87	77	實施例		
w1	5.50	3.41	0.62	1.58	0.88	0.19	12.36	20.21	7.85	76	實施例		
x1	5.29	3.20	0.60	1.49	0.97	0.23	15.01	25.01	10.00	34	比較例		
y1	5.41	3.19	0.59	1.39	1.48	0.51	15.71	25.89	10.18	38	比較例		
z1	5.67	3.76	0.66	1.87	1.20	0.34	15.14	25.11	9.97	36	比較例		
aa1	5.43	3.76	0.69	1.43	0.89	0.44	15.78	25.79	10.01	37	比較例		
ab1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例		
ac1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例		
ad1	5.71	3.38	0.59	1.87	1.21	0.24	15.10	26.12	11.02	38	比較例		
ae1	4.98	3.65	0.73	1.90	1.12	0.45	14.76	25.89	11.13	39	比較例		
af1	5.12	3.20	0.63	1.88	1.32	0.32	15.11	26.11	11.00	44	比較例		
ag1	5.89	3.71	0.63	1.78	1.12	0.22	15.76	25.89	10.13	47	比較例		

表3-2

【0077】 [表4-1]

No.	鋼種	製造條件															
		熱軋鋼板厚		熱軋捲取溫度		熱軋板退火		第1冷軋		中間退火				第2冷軋		精加工退火	
		mm	°C	°C	秒	保持溫度	保持時間	軋縮率	中間板厚	°C/秒	升溫速度	保持溫度	保持時間	冷卻速度	軋縮率	精加工板厚	保持溫度
xa1	A1	2.00	600		-			75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30
xa2	A1	2.00	600	800	20			60.0	0.8	500	950	60	30	68.8	0.25	1000	30
xa3	A1	2.00	600	800	60			80.0	0.4	500	1000	60	30	37.5	0.25	1000	30
xa4	A1	2.00	600	800	60			60.0	0.8	500	950	20	30	68.8	0.25	1000	30
xa5	A1	2.00	600	800	60			80.0	0.4	500	1000	45	30	37.5	0.25	1000	30
xa6	A1	2.00	600	800	60			80.0	0.4	500	1000	30	30	37.5	0.25	1000	30
xa7	A1	2.00	600	800	60			60.0	0.8	500	900	30	30	68.8	0.25	1000	30
xa8	A1	2.00	600	800	60			60.0	0.8	<u>7</u>	900	30	<u>7</u>	68.8	0.25	1000	30
xa9	A1	2.00	600		-			75.0	0.5	<u>2</u>	950	30	<u>7</u>	50	0.25	1000	30
xa10	A1	2.00	600		-			60.0	0.8	<u>2</u>	950	30	<u>7</u>	68.8	0.25	1000	30
xa11	A1	2.00	600	<u>1000</u>	60			<u>25.0</u>	1.5	500	1000	60	30	<u>80</u>	0.25	1000	30
xa12	A1	2.00	600	<u>1000</u>	60			60.0	0.8	500	950	30	30	68.8	0.25	1000	30
xa13	A1	2.00	600	<u>1000</u>	60			60.0	0.8	500	1000	60	30	68.8	0.25	1000	30
xa14	A1	2.00	600		-			<u>20.0</u>	1.6	500	950	60	30	<u>84</u>	0.25	1000	30
xa15	A1	2.00	600	<u>1000</u>	60			75.0	0.5	500	975	30	30	50	0.25	1000	30
xa16	A1	2.00	<u>900</u>		-			60.0	0.8	500	950	30	30	68.8	0.25	1000	30
xa17	A1	2.00	600		-			75.0	0.5	500	1000	30	30	50	0.25	<u>1210</u>	60
xa18	A1	2.00	600		-			75.0	0.5	500	1000	30	30	50	0.25	<u>700</u>	30
xb1	A2	2.00	600	800	60			60.0	0.8	500	950	60	30	68.8	0.25	1000	30
xb2	A2	2.00	600		-			75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30
xb3	A2	2.00	600	<u>1000</u>	60			60.0	0.8	500	1000	60	30	68.8	0.25	1000	30
xb4	A2	2.00	600	<u>1000</u>	60			75.0	0.5	500	975	30	30	50	0.25	1000	30
xb5	A2	2.00	600		-			75.0	0.5	<u>2</u>	950	30	<u>7</u>	50	0.25	1000	30
xc1	A3	2.00	600	800	60			60.0	0.8	500	950	60	30	68.8	0.25	1000	30
xc2	A3	2.00	600		-			75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30
xc3	A3	2.00	600		-			<u>20.0</u>	1.6	500	950	60	30	<u>84</u>	0.25	1000	30
xc4	A3	2.00	600	<u>1000</u>	60			75.0	0.5	500	975	30	30	50	0.25	1000	30
xc5	A3	2.00	600		-			75.0	0.5	<u>2</u>	950	30	<u>7</u>	50	0.25	1000	30

表4-1

【0078】 [表4-2]

No.	鋼板特性										備註
	集合組織的聚集度					磁性特性 W10/400					
	{111}<011>	{111}<112>	{111}<112>/ {111}<011>	{110}<001>	{411}<148>	{411}<011>	全周圓平均 [賦予 20MPa]	全周圓平均	鐵損 劣化	平均結晶 粒徑	
	Wn	Ws	Ws-Wn	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	μm	
xa1	5.23	3.21	0.61	1.31	1.29	0.24	12.21	20.28	8.07	76	實施例
xa2	2.57	6.21	2.35	0.27	3.33	0.31	12.33	20.57	8.24	135	實施例
xa3	2.03	0.75	0.29	0.33	3.22	1.12	12.02	20.31	8.29	155	實施例
xa4	2.09	4.31	2.06	1.49	2.09	2.11	12.29	20.75	8.46	87	實施例
xa5	2.12	0.72	0.29	1.31	2.31	1.03	12.23	20.41	8.18	127	實施例
xa6	2.34	0.73	0.31	3.44	0.51	2.12	12.11	20.39	8.28	99	實施例
xa7	2.34	2.85	1.22	0.45	2.66	2.01	12.21	20.61	8.40	88	實施例
xa8	1.48	2.77	1.87	0.73	2.23	1.21	11.99	20.89	8.90	88	比較例
xa9	1.23	2.65	2.15	0.36	3.58	0.41	12.21	20.89	8.68	88	比較例
xa10	1.64	2.91	1.77	1.78	1.95	1.22	12.11	20.88	8.77	90	比較例
xa11	0.87	3.21	3.69	0.31	3.23	1.23	12.03	20.80	8.77	201	比較例
xa12	1.72	2.71	1.58	1.49	1.93	1.01	12.12	20.89	8.77	89	比較例
xa13	0.88	2.41	2.74	0.72	1.98	1.01	12.11	20.98	8.87	146	比較例
xa14	1.36	9.10	6.42	0.07	2.71	0.41	12.23	21.63	9.40	124	比較例
xa15	1.31	1.45	0.71	4.03	1.89	0.82	12.01	20.98	8.97	103	比較例
xa16	0.94	2.11	2.24	2.31	1.56	2.34	12.10	21.88	9.78	128	比較例
xa17	0.86	3.21	3.73	0.47	3.32	1.34	12.11	21.53	9.42	250	比較例
xa18	2.59	2.11	0.81	2.31	1.59	2.12	20.11	31.10	10.99	28	比較例
xb1	2.41	5.82	2.41	0.44	3.41	0.06	12.31	20.59	8.28	130	實施例
xb2	5.32	2.35	0.44	1.72	1.23	0.52	12.71	20.81	8.10	90	實施例
xb3	0.69	2.23	6.42	0.69	1.89	2.11	12.65	21.48	8.83	149	比較例
xb4	1.28	1.31	0.71	4.11	1.90	0.71	12.49	21.64	9.15	99	比較例
xb5	1.47	2.56	1.74	0.53	3.21	0.21	12.78	21.71	8.93	80	比較例
xc1	2.27	5.23	2.30	0.31	3.78	0.41	13.23	21.41	8.18	95	實施例
xc2	4.49	2.31	0.51	1.54	1.32	0.55	13.11	21.59	8.48	85	實施例
xc3	1.34	2.44	6.42	0.23	2.39	0.32	13.48	22.63	9.15	131	比較例
xc4	1.41	1.84	0.71	2.79	1.68	0.81	12.98	22.12	9.14	137	比較例
xc5	1.21	2.41	2.14	0.43	3.09	0.41	13.22	22.79	9.57	86	比較例

表4-2

【0079】 [表5-1]

表5-1

No.	鋼種	製造條件															
		熱軋鋼板厚		熱軋捲取溫度		熱軋板退火		第1冷軋		中間退火				第2冷軋		精加工退火	
		mm	°C	°C	秒	°C	%	mm	°C/秒	°C	秒	°C/秒	°C	秒	°C	mm	°C
d2	A4	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
e2	A5	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
f2	A6	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	60	50	0.25	1150	30	1000	30
g2	A7	2.00	600	600	-	75.0	0.5	1000	1050	250	30	50	0.25	1000	30	1000	30
h2	A8	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
i2	A9	2.00	600	600	-	75.0	0.5	400	950	30	70	50	0.25	1000	30	1000	30
j2	A10	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
k2	A11	2.00	800	800	-	75.0	0.5	350	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
l2	A12	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
m2	A13	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	1050	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
n2	A14	2.00	300	300	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
o2	A15	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	150	30	50	0.25	1000	30	1000	30
p2	A16	2.00	600	600	-	75.0	0.5	800	950	30	60	50	0.25	1000	30	1000	30
q2	A17	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
r2	A18	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	100	1000	100
s2	A19	2.00	600	600	-	75.0	0.5	1000	800	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
t2	A20	3.00	600	600	-	70.0	0.9	500	950	30	30	72	0.25	1000	30	1000	30
u2	A21	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	40	0.30	950	30	950	30
v2	A22	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	60	0.20	1000	30	1000	30
w2	A23	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	70	0.15	1000	30	1000	30
x2	A24	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
y2	A25	2.00	600	600	-	75.0	0.5	300	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
z2	A26	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	15	30	50	0.25	1000	30	1000	30
aa2	B1	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	800	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
ab2	B2	2.00	600	600	-	75.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ac2	B3	2.00	600	600	-	75.0	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ad2	B4	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
ae2	B5	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
af2	B6	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30
ag2	B7	2.00	600	600	-	75.0	0.5	500	950	30	30	50	0.25	1000	30	1000	30

【0080】 [表5-2]

表5-2

No.	鋼板特性										備註	
	集合組織的聚集度					磁性 W10/400						
	{111}<011>	{111}<112>	{111}<112>/ {111}<011>	{110}<001>	{411}<148>	{411}<011>	全周平均		[賦予 20MPa]			平均結晶 粒徑
							Wn	Ws	Ws	Ws-Wn		
W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	W/kg	μm			
d2	5.39	2.76	0.51	1.71	1.08	0.14	12.21	20.24	8.03	81	實施例	
e2	5.31	3.22	0.61	1.88	1.20	0.31	12.11	20.21	8.10	83	實施例	
f2	5.21	3.13	0.60	1.39	0.88	0.23	12.13	20.19	8.06	91	實施例	
g2	5.83	2.76	0.47	1.21	0.97	0.31	12.09	20.21	8.12	76	實施例	
h2	5.61	3.42	0.61	1.56	1.31	0.12	12.04	20.19	8.15	87	實施例	
i2	5.22	3.12	0.60	1.79	1.11	0.21	12.11	20.20	8.09	88	實施例	
j2	5.52	3.45	0.63	1.51	1.19	0.05	12.12	20.14	8.02	84	實施例	
k2	5.79	3.63	0.63	1.74	1.29	0.41	12.13	20.13	8.00	87	實施例	
l2	5.23	3.41	0.65	1.44	1.09	0.11	12.10	20.11	8.01	88	實施例	
m2	5.23	3.22	0.62	1.33	1.43	0.21	12.01	20.18	8.17	86	實施例	
n2	5.50	3.23	0.59	1.39	1.09	0.12	12.04	20.21	8.17	86	實施例	
o2	5.38	2.71	0.50	1.78	1.12	0.19	12.03	20.19	8.16	87	實施例	
p2	5.31	2.87	0.54	1.59	1.31	0.04	12.11	20.17	8.06	79	實施例	
q2	5.32	3.24	0.61	1.48	0.77	0.21	12.08	20.11	8.03	81	實施例	
r2	5.11	3.31	0.65	1.41	0.79	0.09	12.09	20.19	8.10	78	實施例	
s2	5.98	3.31	0.55	1.73	1.21	0.12	12.11	20.11	8.00	87	實施例	
t2	5.21	3.19	0.61	1.39	1.02	0.31	12.03	20.31	8.28	82	實施例	
u2	5.30	2.87	0.54	1.45	0.72	0.08	12.66	20.63	7.97	83	實施例	
v2	5.32	3.11	0.58	1.22	0.89	0.12	12.63	20.65	8.02	84	實施例	
w2	5.42	3.29	0.61	1.61	0.83	0.23	11.51	19.49	7.98	85	實施例	
x2	5.12	3.12	0.61	1.43	0.91	0.41	14.89	24.89	10.00	39	比較例	
y2	5.78	3.32	0.57	1.45	1.39	0.44	15.54	25.90	10.36	43	比較例	
z2	5.24	3.66	0.70	1.91	1.13	0.32	14.98	25.04	10.06	45	比較例	
aa2	5.63	3.69	0.66	1.32	0.82	0.12	15.39	25.56	10.17	47	比較例	
ab2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例	
ac2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例	
ad2	5.11	3.29	0.64	1.78	1.12	0.31	14.89	26.11	11.22	44	比較例	
ae2	5.12	3.49	0.68	1.87	1.21	0.44	14.32	25.78	11.46	47	比較例	
af2	5.37	3.31	0.62	1.77	1.19	0.90	14.89	26.01	11.12	49	比較例	
ag2	5.67	3.67	0.65	1.80	1.32	0.21	15.43	25.76	10.33	52	比較例	

【0081】 實施例之鋼板是依本揭示之化學成分及適宜的製造方法來製造，其平均結晶粒徑為 $30\ \mu\text{m}$ 以上且 $200\ \mu\text{m}$ 以下， $\{111\}\langle 011\rangle$ 聚集度為2.00以上且8.00以下，並且其鐵損劣化(W_s-W_n)為 8.50W/kg 以下，賦予壓縮應力時之鐵損良好。

另一方面，比較例之鋼板其化學成分、平均結晶粒徑、或 $\{111\}\langle 011\rangle$ 聚集度在本揭示之範圍外，並且其鐵損劣化(W_s-W_n)大於 8.50W/kg ，賦予壓縮應力時之鐵損是比實施例還大。

另外，表2-2中的No.a20、a23與表5-2中的No.ab2、ac2皆在第1冷軋軋中產生裂紋而未執行鋼板特性之測定。

【0082】 本說明書是參照2022年3月30日申請之日本專利申請案2022-057541及2022年8月23日申請之日本專利申請案2022-132805之揭示，並將其全體編入本說明書中。本說明書所記載之全部文獻、專利申請案、及技術規格，是與具體且個別記載各文獻、專利申請案、及技術規格時相同程度，經由參照而編入本說明書中。

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種無方向性電磁鋼板，具有由下述所構成之化學組成：

以質量%計，

C：0.006%以下、

Si：1.0%以上且5.0%以下、

sol.Al：小於2.5%、

Mn：3.0%以下、

P：0.30%以下、

S：0.010%以下、

N：0.010%以下、

O：0.10%以下、

Sn：0~0.20%、

Sb：0~0.20%、

Ca：0~0.01%、

Cr：0~5.0%、

Ni：0~5.0%、

Cu：0~5.0%、

Ce：0~0.10%、

B：0~0.10%、

Mg：0~0.10%、

Ti：0~0.10%、

V：0~0.10%、

Zr：0~0.10%、

Nd：0~0.10%、

Bi : 0~0.10%、

W : 0~0.10%、

Mo : 0~0.10%、

Nb : 0~0.10%、

Y : 0~0.10%、

剩餘部分：Fe及不純物；

其平均結晶粒徑為30 μm 以上且200 μm 以下，

鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{111}<011>聚集度為2.0以上且8.0以下。

【請求項2】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其以質量%計含有選自下列所構成群組中之1種或2種以上：

Sn : 0.0010%以上且0.20%以下、

Sb : 0.0010%以上且0.20%以下、

Ca : 0.0003%以上且0.01%以下、

Cr : 0.0010%以上且5.0%以下、

Ni : 0.0010%以上且5.0%以下、

Cu : 0.0010%以上且5.0%以下、

Ce : 0.001%以上且0.10%以下、

B : 0.0001%以上且0.10%以下、

Mg : 0.0001%以上且0.10%以下、

Ti : 0.0001%以上且0.10%以下、

V : 0.0001%以上且0.10%以下、

Zr : 0.0002%以上且0.10%以下、

Nd : 0.002%以上且0.10%以下、

Bi：0.002%以上且0.10%以下、

W：0.002%以上且0.10%以下、

Mo：0.002%以上且0.10%以下、

Nb：0.0001%以上且0.10%以下、及

Y：0.002%以上且0.10%以下。

【請求項3】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{110}<001>聚集度為1.0以上。

【請求項4】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{111}<112>聚集度/{111}<011>聚集度之值為1.0以下。

【請求項5】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{411}<148>聚集度為2.0以下。

【請求項6】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，{411}<011>聚集度為2.0以下。

【請求項7】 如請求項1之無方向性電磁鋼板，其中，前述鋼板表面起算朝板厚方向在板厚1/4之位置中，滿足下列之中至少2者：

{110}<001>聚集度：1.0以上、

{111}<112>聚集度/{111}<011>聚集度之值：1.0以下、

{411}<148>聚集度：2.0以下、及

{411}<011>聚集度：2.0以下。

【請求項8】 如請求項1至請求項7中任1項之無方向性電磁鋼板，其板厚為0.10mm以上且0.35mm以下。

【請求項9】 一種馬達鐵芯，具有積層複數片如請求項1至請求項8中任1項之無方向性電磁鋼板而成的結構。