



(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 I850132 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 07 月 21 日

(21)申請案號：112139818

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 10 月 18 日

(51)Int. Cl. : C21D8/12 (2006.01)

H01F1/147 (2006.01)

(30)優先權：2022/10/31 日本

2022-174800

(71)申請人：日商杰富意鋼鐵股份有限公司(日本) JFE STEEL CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：大久保智幸 OKUBO, TOMOYUKI (JP)；財前善彰 ZAIZEN, YOSHIAKI (JP)；齋藤勇人 SAITO, HAYATO (JP)；丸山茂宏 MARUYAMA, SHIGEHIRO (JP)

(74)代理人：卓俊傑；鮑亞嵐；卓孟儀

(56)參考文獻：

TW 202028479A

TW 202035709A

TW 202140815A

JP 2017-128801A

JP 2018-141206A

WO 2020/136993A1

審查人員：許嘉展

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：4 共 33 頁

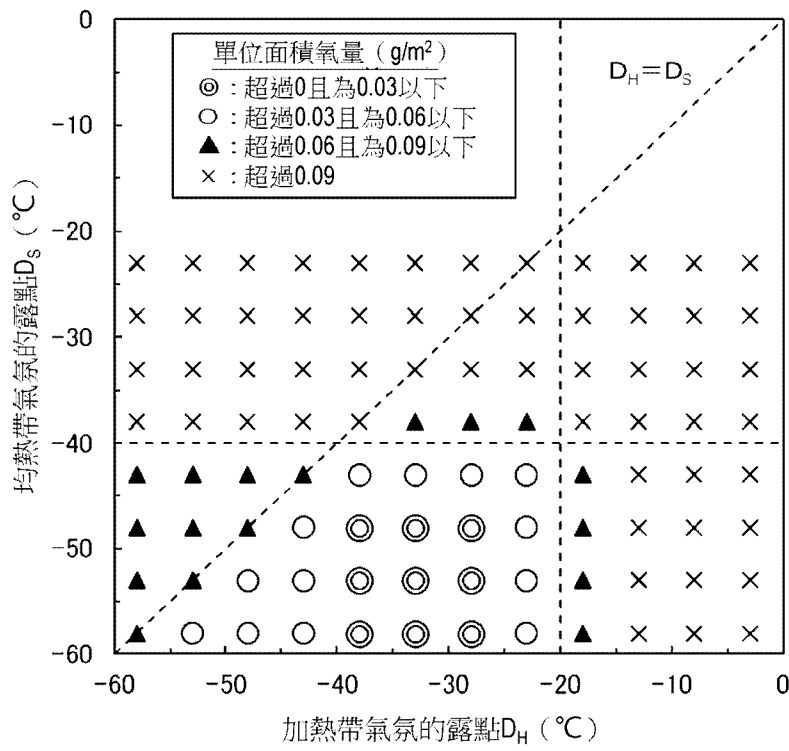
(54)名稱

無方向性電磁鋼板的製造方法

(57)摘要

當對以 mass%計含有 C：0.005%以下、Si：3.0%~5.0%、Al：3.0%以下、Mn：3.0%以下及 Cu：0.01%~0.5%的板坯進行熱軋，進行熱軋板退火，並進行冷軋而製成冷軋板後，實施最終退火來製造無方向性電磁鋼板時，以如下方式進行控制：將所述最終退火的、加熱帶的鋼板溫度為 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 設為 -20°C 以下，將加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 設為 -40°C 以下，並且所述露點 D_H 與所述露點 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的關係，藉由抑制最終退火後的鋼板表面的氧化，在含有大量 Si 的高等級材料中，穩定地獲得低鐵損的無方向性電磁鋼板。

指定代表圖：



符號簡單說明：

D_H、D_s:露點

【圖2】



I850132

【發明摘要】

【中文發明名稱】無方向性電磁鋼板的製造方法

【中文】

當對以 mass%計含有 C：0.005%以下、Si：3.0%~5.0%、Al：3.0%以下、Mn：3.0%以下及 Cu：0.01%~0.5%的板坯進行熱軋，進行熱軋板退火，並進行冷軋而製成冷軋板後，實施最終退火來製造無方向性電磁鋼板時，以如下方式進行控制：將所述最終退火的、加熱帶的鋼板溫度為 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 設為 -20°C 以下，將加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 設為 -40°C 以下，並且所述露點 D_H 與所述露點 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的關係，藉由抑制最終退火後的鋼板表面的氧化，在含有大量 Si 的高等級材料中，穩定地獲得低鐵損的無方向性電磁鋼板。

【指定代表圖】圖 2。

【代表圖之符號簡單說明】

 D_H 、 D_S :露點

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 無方向性電磁鋼板的製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種主要用於旋轉機的鐵芯材料的無方向性電磁鋼板的製造方法。

【先前技術】

【0002】 無方向性電磁鋼板（矽鋼板）是主要用於馬達的鐵芯材料的軟磁性材料，為了提高鋼的電阻率而降低鐵損，作為合金元素多添加 Si。無方向性電磁鋼板由於在產業用的感應馬達中使用的情況居多，因此以往多使用 Si 含量小於 3.0 mass%且板厚為 0.5 mm~0.35 mm 的所謂低等級（low grade）材料。該等級由於作為非磁性元素的 Si 的含量比較低，因此具有磁通密度高的特徵，有利於降低感應馬達的勵磁電流以及銅損。另外，由於板厚比較厚，因此在鋼鐵製造商中，亦具有連續軋製或連續退火生產線的生產性高、可廉價地製造的優點。

【0003】 另一方面，近年來，作為氣候變化對策，為了削減 CO₂ 排放量，汽車的電動化急劇發展。電動汽車由大型馬達代替內燃機進行驅動，因此汽車的電動化需要大量的電磁鋼板。另外，由於電動汽車的驅動馬達要求小型、輕量化，因此作為激磁方法採用了強力的稀土類永久磁鐵，而且，為了高輸出化，期望高速旋轉。因此，在電動汽車的驅動馬達中產生的損失中，與銅損相比，鐵損佔主導

地位，對於作為鐵芯材料的電磁鋼板，更強烈地要求降低鐵損。

【0004】 根據所述理由，在電動汽車的驅動馬達中使用的無方向性電磁鋼板中，代替以往的低等級材料，使用 Si 含量為 3.0 mass% 以上且板厚為 0.3 mm 以下的高等級材料。對於此種電動汽車用的電磁鋼板，要求極低的鐵損值，因此製造條件的變動引起的微小的鐵損的偏差亦會大大地影響產品成品率。因此，必須儘量排除使鐵損變動的主要因素。

【0005】 作為降低無方向性電磁鋼板的鐵損的技術，例如在專利文獻 1 中提出了如下技術：在最終退火的冷卻過程中，將全板寬的溫度保持在板寬中央部的溫度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 以內的同時進行冷卻，直至板寬中央部的溫度被冷卻至 600°C ，藉此抑制板寬方向上的鐵損的變動。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0006】 專利文獻 1：日本專利特開昭 63-047333 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0007】 且說，在製造無方向性電磁鋼板的最終退火設備中，通常包括調整板寬方向上的冷卻氣體的流量的機構，操作員能夠調整板寬方向上的氣體流量以使鋼板溫度均勻化。但是，僅藉由專利文獻 1 所述的方法、即，使冷卻中的鋼板的板寬方向上的溫度均勻化的技術，存在無法穩定地降低無方向性電磁鋼板的鐵損的問

題。

【0008】 本發明是鑒於現有技術所存在的所述問題點而成者，其目的在於提出一種在含有大量 Si 的高等級材料中，穩定地製造鐵損較以往低的無方向性電磁鋼板的方法。

[解決課題之手段]

【0009】 發明者等人為了解決所述課題，著眼於鋼原材料中所含的雜質以及最終退火條件對鐵損特性造成的影響，反復進行深入研究。其結果發現，在現有技術中無法充分降低富含 Si 的高等級材料的鐵損的理由在於，在最終退火中在鋼板表面形成氧化物層，而且，為了抑制所述最終退火中的鋼板表面的氧化物層的形成、即，為了抑制鋼板表面的氧化，重要的是添加 Cu 作為鋼成分的同時，適當控制最終退火中的加熱帶及均熱帶的爐內氣氛的露點，從而開發了本發明。

【0010】 基於所述見解的本發明提出一種無方向性電磁鋼板的製造方法，對板坯進行熱軋，進行熱軋板退火，並進行一次冷軋或隔著中間退火的兩次以上的冷軋而製成冷軋板後，使用具有加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備實施最終退火，其中所述板坯具有如下的成分組成、即，含有 C：0.005 mass%以下、Si：3.0 mass%～5.0 mass%、Al：3.0 mass%以下、Mn：3.0 mass%以下、P：0.10 mass%以下、S：0.005 mass%以下、N：0.005 mass%以下、Cu：0.01 mass%～0.5 mass%及 O：0.005 mass%以下，且剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，所述無方向性電磁鋼板的製造方法的特徵在於，

以如下方式進行控制：將所述最終退火的、加熱帶的鋼板溫度為 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 設為 -20°C 以下，將加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 設為 -40°C 以下，並且所述露點 D_H 與所述露點 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的關係。

【0011】 本發明的所述無方向性電磁鋼板的製造方法的特徵在於，將所述最終退火的冷卻帶的鋼板溫度為自均熱溫度至 500°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_C 設為 -40°C 以下。

【0012】 另外，其特徵在於，本發明的所述無方向性電磁鋼板的製造方法中使用的所述板坯除了含有所述成分組成以外，更含有下述 A 群組～J 群組中的至少一個群組的成分。

記

·A 群組：Sn：0.005 mass%～0.20 mass%及 Sb：0.005 mass%～0.20 mass%中的至少一種

·B 群組：Ca：0.001 mass%～0.010 mass%、Mg：0.0002 mass%～0.005 mass%及稀土金屬 (Rare Earth Metal, REM)：0.001 mass%～0.05 mass%中的至少一種

·C 群組：Cr：0.01 mass%～3.0 mass%

·D 群組：Ni：0.01 mass%～1 mass%

·E 群組：Mo：0 mass%～0.050 mass%及 B：0 mass%～0.0020 mass%中的至少一種

·F 群組：Ti：0 mass%～0.010 mass%、Nb：0 mass%～0.0050

mass%、V：0 mass%～0.050 mass%、Pb：0 mass%～0.0020 mass%、
Zr：0 mass%～0.050 mass%、Ta：0 mass%～0.0020 mass%、W：0
mass%～0.050 mass%、Se：0 mass%～0.0050 mass%及 Bi：0 mass%
～0.0020 mass%中的至少一種

·G 群組：As：0 mass%～0.020 mass%

·H 群組：Zn：0 mass%～0.010 mass%

·I 群組：Co：0 mass%～0.10 mass%

·J 群組：Ge：0 mass%～0.030 mass%及 Ga：0 mass%～0.030
mass%中的至少一種

【0013】 另外，其特徵在於，本發明的所述無方向性電磁鋼板的製造方法中使用的所述板坯是將自轉爐或電爐出鋼後進而進行成分調整後的鋼液連續鑄造而製造的厚度為 30 mm 以上且 300 mm 以下的板坯。

[發明的效果]

【0014】 根據本發明，可穩定地製造鐵損極低的無方向性電磁鋼板。因此，根據本發明，能夠提供適合用於電動汽車用的驅動馬達的鐵芯材料。

【圖式簡單說明】

【0015】

圖 1 是表示最終退火後的鋼板表面的單位面積氧量對鐵損 $W_{17/200}$ 造成的影響的圖表。

圖 2 是表示最終退火設備的加熱帶的自 500℃ 至 800℃ 的區

域中的爐內氣氛的露點 D_H 、加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 對鋼板表面的單位面積氧量造成的影響的圖表。

圖 3 是表示 Cu 含量對最終退火後的鋼板表面的單位面積氧量造成的影響的圖表。

圖 4 是表示最終退火設備的冷卻帶中的氣氛的露點 D_C 對最終退火後的鋼板表面的單位面積氧量造成的影響的圖表。

【實施方式】

【0016】 首先，對成為開發本發明的契機的實驗進行說明。

< 實驗 1 >

對板坯進行熱軋而製成板厚 1.8 mm 的熱軋板，所述板坯具有含有 C：0.0015 mass%、Si：3.32 mass%、Mn：0.51 mass%、P：0.009 mass%、S：0.0012 mass%、Al：0.63 mass%、N：0.0015 mass%、Cu：0.05 mass%及 O：0.0012 mass%，且剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質的成分組成。接下來，對所述熱軋板實施均熱溫度為 980°C 的熱軋板退火，進行酸洗而除鏽，並進行冷軋，製成板厚 0.25 mm 的冷軋板。然後，使用具有加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備（最終退火設備），實施將加熱過程的自 500°C 至均熱溫度之間的升溫速度設為 $15^\circ\text{C}/\text{s}$ 、將均熱溫度設為 980°C 、將均熱時間設為 20 s 的最終退火。此時，加熱帶及均熱帶的爐內氣氛設為以 vol% 比計為 $\text{H}_2 : \text{N}_2 = 20 : 80$ 的混合氣體，均熱帶的爐內氣氛的露點設為 -35°C 。另外，冷卻帶的爐內氣氛設為 N_2 氣體，自均熱溫度

至 500°C 之間的冷卻速度設為 15°C/s。再者，本發明的最終退火中的所述升溫速度及冷卻速度分別為平均升溫速度、平均冷卻速度（以後相同）。

【0017】 針對如此獲得的最終退火後的鋼板評價鐵損特性時，可知鐵損值根據製造定時而大幅變動。該變動在磁通密度高、頻率高的測定條件下特別顯著。因此，在本發明中，以鐵損值的變動特別顯著的最大磁通密度 1.7 T、頻率 200 Hz 下的鐵損 $W_{17/200}$ 來評價鐵損特性。再者，所述鐵損測定條件相當於馬達的勵磁電流高且轉速高的狀態，在電動汽車的情況下，例如對應於以比較高的速度進行上坡的情況。若鐵損高，則馬達芯的溫度上升，產生稀土類磁鐵減磁的問題。

【0018】 發明者等人為了調查鐵損 $W_{17/200}$ 根據製造定時而大幅變動的原因，對最終退火後的鋼板進行了氧含量的分析。而且，自所獲得的氧量中減去出鋼時的氧含量（0.0012 mass%）後，換算成鋼板表面（兩面）每 1 m² 的氧量（單位：g/m²）。再者，在本發明中，將該氧量稱為「單位面積氧量」。

【0019】 圖 1 表示單位面積氧量與鐵損 $W_{17/200}$ 的關係。根據該圖可知，在鐵損值高的鋼板中，所述單位面積氧量變高，特別是在單位面積氧量超過 0.06 g/m² 的區域，鐵損值變高。因此，利用掃描式電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope，SEM）觀察單位面積氧量高的鋼板的剖面時，在鋼板的表層附近確認到 Si 或 Al 的氧化物，推測該些是鐵損增加的原因。

【0020】 對於所述現象，發明者等人認為如下。在通常的商用頻帶中的鐵損測定條件（ $W_{15/50}$ 等）下，即使表層附近有微小的氧化層，由於導磁率低，因此該區域亦不會太過勵磁，對鐵損帶來的影響小。但是，在最大磁通密度高的測定條件下，鋼板表層附近的導磁率低的區域亦被勵磁，另外若頻率變高，則由於表皮效應，鋼板表面的磁通密度亦容易變高。因此，在 $W_{17/200}$ 下，即使是微小的表層氧化物亦會對鐵損造成大的不良影響。

【0021】 因此，發明者等人為了抑制鐵損的增加，首先著眼於使用了具有加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備的最終退火條件，進一步反復研究。具體而言，設想分別控制所述最終退火設備的加熱帶與均熱帶的爐內氣氛，進行確認其影響的實驗。

【0022】 對於所述實驗結果，作為加熱帶及均熱帶的爐內氣氛的露點對鋼板表面的單位面積氧量造成的影響在圖 2 中示出。再者，圖中所示的露點 D_H 為加熱帶的鋼板溫度自 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點，另外，露點 D_S 為加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點。由該圖可知，當所述露點 D_H 為 -20°C 以下、露點 D_S 為 -40°C 以下、且所述 D_H 與 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的關係時，可將鋼板表面的單位面積氧量降低至 0.06 g/m^2 以下。再者，在本發明中，以後將所述加熱帶的鋼板溫度自 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 稱為「加熱帶的露點 D_H 」，將加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 稱為「均熱帶的露點 D_S 」。

【0023】 如上所述，對於在滿足加熱帶的露點 $D_H >$ 均熱帶的露點 D_S 的關係的情況下，可降低鋼板表面的單位面積氧量的理由，發明者等人認為如下。推測其原因在於，在加熱初期的氣氛的露點高的情況下，在鋼板表面形成極薄的阻隔性高的 Si 氧化物、Al 氧化物，藉此反而抑制均熱帶的氧化。

【0024】 < 實驗 2 >

接下來，發明者等人進行了調查鋼板中所含的雜質對鋼板表面的單位面積氧量造成的影響的以下實驗。

【0025】 對具有與所述 < 實驗 1 > 相同的成分組成 (Cu 除外) 且在 0.003 mass% ~ 0.5 mass% 的範圍內進行各種變化地含有 Cu 的板坯進行熱軋而製成板厚 1.6 mm 的熱軋板，實施均熱溫度 1020°C 的熱軋板退火後，進行酸洗除去鏽皮。接下來，對所述酸洗後的熱軋板進行冷軋而製成板厚 0.25 mm 的冷軋板後，實施將加熱過程中的自 500°C 至均熱溫度之間的升溫速度設為 25°C/s、將均熱溫度設為 1010°C、將均熱時間設為 10 s 的最終退火。此時，最終退火中的加熱帶及均熱帶的爐內氣氛設為以 vol% 比計為 $H_2 : N_2 = 30 : 70$ 的混合氣體，加熱帶的露點 D_H 設為 -35°C，均熱帶的露點 D_S 設為 -50°C。另外，冷卻帶的爐內氣氛設為 N_2 氣體，自均熱溫度至 500°C 之間的冷卻速度設為 -30°C/s。

【0026】 接下來，自所述最終退火後的鋼板採集樣品材料，與 < 實驗 1 > 同樣地測定鋼板表面的單位面積氧量。圖 3 中示出 Cu 含量對鋼板表面的單位面積氧量造成的影響。由該圖可知，藉由添加

0.01 mass%以上的 Cu，可顯著抑制最終退火中的鋼板表面的氧化。

【0027】 雖然該機理還未充分明確，但由於 Cu 為較 Fe 更難被氧化的元素，因此認為藉由大氣氧化或酸洗在鐵基表面濃化，起到在最終退火中促進阻隔性高的氧化膜的形成的作用。再者，在圖 3 中未示出 Cu：0.10 mass%~0.50 mass%的結果，但在所述範圍內，單位面積氧量並無大的變動，為 0.005 g/m² 左右。

【0028】 < 實驗 3 >

接下來，發明者等人進行了調查最終退火的冷卻帶中的爐內氣氛的露點對最終退火後的鋼板表面的單位面積氧量造成的影響的以下的實驗。

【0029】 對板坯進行熱軋而製成板厚 1.7 mm 的熱軋板，所述板坯具有含有 C：0.0011 mass%、Si：3.54 mass%、Mn：0.56 mass%、P：0.005 mass%、S：0.0009 mass%、Al：0.81 mass%、N：0.0012 mass%、Cu：0.05 mass%及 O：0.0006 mass%，且剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質的成分組成。接下來，對所述熱軋板實施均熱溫度 900℃ 的熱軋板退火，進行酸洗而除鏽後，進行冷軋，製成板厚 0.25 mm 的冷軋板。接下來，對所述冷軋板實施將加熱過程中的自 500℃ 至均熱溫度之間的升溫速度設為 30℃/s、將均熱溫度設為 1000℃、將均熱時間設為 5 s 的最終退火。此時，最終退火的加熱帶、均熱帶的氣氛設為以 vol% 比計為 H₂：N₂=20：80 的混合氣體，加熱帶的露點 D_H 設為 -35℃，均熱帶的露點 D_S 設為 -54℃。另外，冷卻帶的氣氛設為 N₂ 氣體，將自均熱溫度至 500℃ 之間的冷卻速

度設為 $15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ，使所述冷卻帶的爐內氣氛的露點 D_c 在 $0^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 的範圍內發生各種變化。

【0030】 接下來，自所述最終退火後的鋼板採集樣品材料，與〈實驗 1〉同樣地測定鋼板表面的單位面積氧量，將其結果示於圖 4。由該圖可知，若冷卻帶的爐內氣氛的露點 D_c 超過 -40°C ，則單位面積氧量急劇上升，藉由將所述露點 D_c 控制為 -40°C 以下，可進一步降低鋼板表面的單位面積氧量。

本發明是基於所述見解，進一步反復研究而開發者。

【0031】 接下來，對本發明的無方向性電磁鋼板的製造中使用的鋼原材料（板坯）應具有的成分組成進行說明。

C：0.005 mass%以下

C 若在產品板中大量含有，則成為磁時效的原因，成為由於馬達的高溫長時間的使用使碳化物析出而鐵損增加的原因。因此，C 限制為 0.005 mass%以下。較佳為 0.003 mass%以下。

【0032】 Si：3.0 mass%～5.0 mass%

Si 是提高鋼的電阻率而降低鐵損的元素。在電動汽車用的驅動馬達中，要求極低的鐵損，因此需要添加 3.0 mass%以上。但是，若超過 5.0 mass%，則冷軋變得顯著困難，因此上限設為 5.0 mass%。較佳的 Si 的範圍為 3.5 mass%～4.5 mass%。

【0033】 Mn：3.0 mass%以下

Mn 是改善熱加工性的元素，同時亦為提高鋼的電阻率而降低鐵損的元素。因此，可視需要添加。較佳為 0.01 mass%以上。但

是，若超過 3.0 mass%，則磁通密度反而下降，或者鐵損惡化，因此上限設為 3.0 mass%。較佳的 Mn 的範圍為 0.3 mass%~2.0 mass%。

【0034】 P：0.10 mass%以下

P 是使鋼硬化而使其脆化的元素，特別是若超過 0.10 mass%，則冷軋變得困難。因此，在本發明中，P 的含量限制為 0.10 mass% 以下。較佳為 0.03 mass% 以下。再者，在將 P 用於鋼的強度提高或衝壓加工性的改善的情況下，較佳為以 0.03 mass%~0.07 mass% 的範圍進行添加。

【0035】 S：0.005 mass%以下

S 是形成硫化物而阻礙晶粒生長、使鐵損增加的有害元素。特別是若超過 0.005 mass%，則所述影響變得顯著，因此限制為 0.005 mass% 以下。較佳為 0.003 mass% 以下。

【0036】 Al：3.0 mass%以下

Al 與 Si 相同，是提高鋼的電阻率、使鐵損降低的元素，因此可視需要添加。但是，若超過 3.0 mass%，則冷軋變得顯著困難，因此上限設為 3.0 mass%。較佳為 0.3 mass%~2.0 mass% 的範圍。

【0037】 N：0.005 mass%以下

N 是形成氮化物而阻礙晶粒生長、使鐵損增加的有害元素。特別是若超過 0.005 mass%，則所述影響變得顯著，因此限制為 0.005 mass% 以下。較佳為 0.003 mass% 以下。

【0038】 Cu：0.01 mass%~0.5 mass%

Cu 具有抑制最終退火中的鋼板表面的氧化而抑制鐵損的上

升的效果。所述效果藉由添加 0.01 mass%以上而獲得。但是，若超過 0.5 mass%，則所述效果飽和，合金成本變高，除此以外，還容易引起熱脆性。因此，Cu 設為 0.01 mass%~0.5 mass%的範圍。較佳為 0.02 mass%~0.2 mass%的範圍。

【0039】 再者，已知 Cu 是自原材料不可避免地混入的殘存元素（tramp element）的一種，在製鋼步驟中投入的廢料（scrap）成為 Cu 源。在電爐中將廢料熔解來製造板坯的情況下，即使不添加 Cu，Cu 含量亦會變高，因此可降低原料成本。另外，就削減 CO₂ 的排放量的觀點而言，使用電爐的方法亦較佳。

【0040】 O：0.005 mass%以下

O 是形成氧化物而阻礙晶粒生長、使鐵損增加的有害元素。特別是若超過 0.005 mass%，所述影響變得顯著，因此限制為 0.005 mass%以下。較佳為 0.003 mass%以下。

【0041】 在本發明中使用的鋼原材料中，所述成分以外的剩餘部分實質上為 Fe 及不可避免的雜質。其中，在本發明中，出於改善磁特性或機械特性的目的，亦可更含有選自下述 A 群組~J 群組中的至少一個群組的成分。

A 群組：Sn：0.005 mass%~0.20 mass%及 Sb：0.005 mass%~0.20 mass%中的至少一種

Sn 及 Sb 是改善織構而降低鐵損的有效元素。所述效果藉由分別添加 0.005 mass%以上而獲得。但是，若分別超過 0.20 mass%，則所述效果飽和。因此，Sn 及 Sb 較佳為以 0.005 mass%~0.20

mass%的範圍添加至少一種。更佳為分別為 0.01 mass% ~ 0.10 mass%的範圍。

【0042】 B 群組：Ca：0.001 mass% ~ 0.010 mass%、Mg：0.0002 mass% ~ 0.005 mass%及 REM：0.001 mass% ~ 0.05 mass%中的至少一種

Ca、Mg 及 REM 是藉由形成穩定的硫化物、降低微細的硫化物來改善晶粒生長性、降低鐵損的元素。若均小於所述下限值，則無法充分地獲得所述效果，另一方面，若超過所述上限值，則所述效果飽和。因此，Ca、Mg 及 REM 較佳為含有 Ca：0.001 mass% ~ 0.010 mass%、Mg：0.0002 mass% ~ 0.005 mass%及 REM：0.001 mass% ~ 0.05 mass%中的至少一種。更佳為 Ca：0.002 mass% ~ 0.005 mass%、Mg：0.0005 mass% ~ 0.002 mass%及 REM：0.005 mass% ~ 0.03 mass%的範圍。

【0043】 C 群組：Cr：0.01 mass% ~ 3.0 mass%

Cr 是提高鋼的電阻率而降低鐵損的元素。為了獲得所述效果，較佳為添加 0.01 mass%以上。另一方面，超過 3.0 mass%的添加不僅會使鐵損惡化，還會導致原料成本的上升，因此上限較佳為設為 3.0 mass%。更佳為 0.03 mass% ~ 2.0 mass%的範圍。

【0044】 D 群組：Ni：0.01 mass% ~ 1 mass%

Ni 是改善鋼的韌性的元素。為了獲得所述效果，較佳為添加 0.01 mass%以上。另一方面，若超過 1 mass%，則不僅所述效果飽和，還會導致原料成本的上升，因此上限設為 1 mass%。更佳為

0.05 mass%~0.5 mass%的範圍。

【0045】 E 群組：Mo：0 mass%~0.050 mass%及 B：0 mass%~0.0020 mass%中的至少一種

Mo 及 B 均具有抑制鋼的脆性破壞的效果。為了可靠地獲得所述效果，較佳為添加 0.001 mass%以上的 Mo、0.0001 mass%以上的 B。另一方面，若 Mo 的添加量超過 0.050 mass%，則碳化物析出，鐵損增加。另外，若 B 的添加量超過 0.0020 mass%，則氮化物析出，鐵損增加。因此，添加量的上限值較佳為設為 Mo：0.050 mass%、B：0.0020 mass%。更佳的範圍為 Mo：0.010 mass%~0.030 mass%、B：0.0003 mass%~0.0010 mass%。

【0046】 F 群組：Ti：0 mass%~0.010 mass%、Nb：0 mass%~0.0050 mass%、V：0 mass%~0.050 mass%、Pb：0 mass%~0.0020 mass%、Zr：0 mass%~0.050 mass%、Ta：0 mass%~0.0020 mass%、W：0 mass%~0.050 mass%、Se：0 mass%~0.0050 mass%及 Bi：0 mass%~0.0020 mass%中的至少一種

Ti、Nb、V、Pb、Zr、Ta、W、Se 及 Bi 均為改善鋼的加工性或有助於高強度化的元素，因此可適宜添加。為了可靠地獲得所述效果，較佳為 Ti、V、Zr 及 W 分別添加 0.001 mass%以上，Nb、Pb、Ta、Se 及 Bi 分別添加 0.0001 mass%以上。但是，由於所述元素均為使鐵損增加的元素，因此上限較佳為設為 Ti：0.010 mass%、Nb：0.0050 mass%、V：0.050 mass%、Pb：0.0020 mass%、Zr：0.050 mass%、Ta：0.0020 mass%、W：0.050 mass%、Se：0.0050 mass%

及 Bi: 0.0020 mass%。更佳的範圍為 Ti: 0.003 mass% ~ 0.006 mass%、Nb: 0.0005 mass% ~ 0.0030 mass%、V: 0.005 mass% ~ 0.020 mass%、Pb: 0.0003 mass% ~ 0.0010 mass%、Zr: 0.005 mass% ~ 0.020 mass%、Ta: 0.0003 mass% ~ 0.0010 mass%、W: 0.005 mass% ~ 0.020 mass%、Se: 0.0005 mass% ~ 0.0030 mass%及 Bi: 0.0003 mass% ~ 0.0010 mass%。

【0047】 G 群組：As：0 mass% ~ 0.020 mass%

As 具有提高鋼的硬度的效果，可出於調整機械特性的目的而添加。為了可靠地獲得所述效果，較佳為添加 0.001 mass%以上。但是，As 亦為使鋼脆化的元素，特別是若超過 0.020 mass%，則脆化顯著，因此上限較佳為設為 0.020 mass%。更佳為 0.003 mass% ~ 0.010 mass%的範圍。

【0048】 H 群組：Zn：0 mass% ~ 0.010 mass%

Zn 藉由使夾雜物粗大化而具有改善鐵損的效果。為了可靠地獲得所述效果，較佳為添加 0.001 mass%以上。但是，由於 Zn 的蒸汽壓高且添加超過 0.010 mass%會導致製造成本的上升，因此較佳為上限設為 0.010 mass%。更佳為 0.002 mass% ~ 0.006 mass%的範圍。

【0049】 I 群組：Co：0 mass% ~ 0.10 mass%

Co 是具有提高磁通密度的效果的元素。為了可靠地獲得所述效果，較佳為添加 0.001 mass%以上。但是，Co 是高價的元素，過量的添加會導致製造成本的上升，因此上限較佳為設為 0.10

mass%。更佳的範圍為 0.01 mass%~0.05 mass%。

【0050】 J 群組：Ge：0 mass%~0.030 mass%及 Ga：0 mass%~0.030 mass%中的至少一種

Ge 及 Ga 由於具有改善織構的效果而可添加。為了可靠地獲得所述效果，較佳為分別添加 0.001 mass%以上。但是，無論哪個元素添加超過 0.030 mass%，所述效果都會飽和，因此上限較佳為分別設為 0.030 mass%。更佳的範圍分別為 0.003 mass%~0.010 mass%。

【0051】 接下來，對本發明的無方向性電磁鋼板的製造方法進行說明。

用於製造本發明的無方向性電磁鋼板的鋼原材料（板坯）可利用公知的方法進行製造。例如，對使用轉爐或電爐等獲得的鋼液，視需要進一步實施真空脫氣處理等二次精煉，將調整為如上所述的適合本發明的成分組成的鋼熔煉後，利用連續鑄造法製成厚度為 30 mm 以上且 300 mm 以下的板坯。厚度小於 30 mm 的板坯難以利用連續鑄造法進行製造，另一方面，超過 300 mm 的板坯難以進行熱軋。較佳的板坯厚度為 100 mm~250 mm 的範圍。

【0052】 再者，就削減 CO₂ 的排放量的觀點而言，較佳為不使用高爐鐵作為鋼原料（鐵源）而使用廢料的電爐法。另外，在將廢料在電爐中熔解而製造板坯的情況下，由於廢料中包含的 Cu，Cu 含量變高，因此亦具有可降低 Cu 添加成本的優點。再者，作為鐵源，除了廢料以外，亦可使用直接還原鐵。

【0053】 接下來，將所述板坯加熱至規定的溫度，進行熱軋而製成熱軋板。此處，在所述熱軋之前進行的板坯的加熱溫度較佳為設為 $1000^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的範圍。若超過 1200°C ，則析出物的一部分固熔，鐵損增加。另一方面，若小於 1000°C ，則變形阻力變高，從而難以進行熱軋。

【0054】 另外，熱軋板的厚度較佳為設為 $1.0 \text{ mm} \sim 3.0 \text{ mm}$ 的範圍。若熱軋板的厚度小於 1.0 mm ，則難以良好地保持熱軋後的鋼板形狀，另一方面，若超過 3.0 mm ，則難以進行冷軋。另外，亦可使用將連續鑄造機與軋製設備一體化的公知的薄板坯連鑄機（thin slab caster）進行熱軋。

【0055】 接下來，對所述熱軋板實施熱軋板退火。熱軋板退火的均熱溫度較佳為設為 $800^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的範圍。若小於 800°C ，則熱軋板的再結晶變得不充分，無法充分獲得磁特性的改善效果。另一方面，若超過 1100°C ，則磁特性的改善效果飽和。更佳為 $900^{\circ}\text{C} \sim 1050^{\circ}\text{C}$ 的範圍。

【0056】 接下來，所述熱軋板退火後的鋼板利用酸洗等脫鏽後，進行冷軋，製成最終板厚（產品板厚）的冷軋板。所述最終板厚較佳為設為 0.30 mm 以下。若超過 0.30 mm ，則渦流損耗變高，無法獲得優異的鐵損。更佳為 0.25 mm 以下。另一方面，板厚越薄鐵損越降低，但由於軋製生產線等的生產性大幅下降，因此板厚的下限較佳為設為 0.10 mm 左右。

【0057】 再者，用於冷軋的軋機可使用可逆軋機或串列式軋機等

公知的設備。另外，就改善磁特性或降低冷軋負荷的觀點而言，亦可進行多次冷軋，在此期間實施中間退火。中間退火的均熱溫度較佳為設為 $900^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的範圍內。若小於 900°C ，則磁特性的改善效果小，若超過 1100°C ，則磁特性改善效果會飽和。

【0058】 接下來，製成所述最終板厚的冷軋板使用包括加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備（最終退火設備）實施最終退火後，視需要形成絕緣被膜而製成產品板。此處，所述最終退火較佳為在均熱溫度為 $900^{\circ}\text{C} \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 、均熱時間為 $1\text{ s} \sim 120\text{ s}$ 的條件下進行。若均熱溫度小於 900°C ，則晶粒生長不充分，無法獲得優異的鐵損。另一方面，若超過 1100°C ，則不僅鐵損降低效果飽和，而且導致熱能成本上升。另外，若均熱時間小於 1 s ，則難以使板寬方向上的溫度分佈均勻化，另一方面，若超過 120 s ，則鐵損降低效果飽和。另外，最終退火設備的加熱帶、均熱帶及冷卻帶的爐內氣氛可使用公知的非氧化性氣氛氣體。例如，可較佳地使用 H_2 氣體、 N_2 氣體、 Ar 氣體、 CO 氣體、或包含所述兩種以上的氣體的混合氣體等。

【0059】 此處，在本發明中重要的是需要適當地進行最終退火設備的加熱帶及均熱帶的氣氛的露點控制。具體而言，需要將加熱帶的露點 D_H 、即，加熱帶的鋼板溫度為 500°C 至 800°C 的區域中的氣氛的露點設為 -20°C 以下，將均熱帶的露點 D_S 、即，加熱帶的鋼板溫度為超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的氣氛的露點設為 -40°C 以下，並且所述露點 D_H 與所述露點 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的

關係。若各區域的氣氛的露點超過所述上限值，則鋼板表面氧化，鐵損增加。另外，在 $D_H \leq D_S$ 的情況下，在加熱中不會形成阻隔性高的氧化膜，在高溫區域加速內部氧化，因此鐵損還是會增加。再者，在各個溫度區域內露點有變動的情況下，將各溫度區域的露點的最高值設為 D_H 、 D_S 。

【0060】 再者，加熱帶的露點 D_H 的較佳的範圍為 -40°C 以上且 -25°C 以下。另外，在加熱帶的露點 D_H 處於所述較佳的範圍內時，均熱帶的露點 D_S 的較佳的範圍為 -40°C 以下。再者， D_H 及 D_S 的下限值並無特別規定，但在使用工業用氣體的連續退火生產線上，難以使氣氛的露點低於 -70°C ，因此，較佳為設為 -70°C 左右。

【0061】 另外，最終退火的冷卻帶中的爐內氣氛的露點 D_C 的控制亦很重要，所述露點 D_C 較佳為控制為 -40°C 以下。此處，所述露點 D_C 設為鋼板溫度自均熱溫度冷卻至 500°C 的區域的爐內氣氛的露點。藉由將露點 D_C 控制為 -40°C 以下，可穩定地降低鋼板表面的單位面積氧量，因此可進一步降低鐵損。露點 D_C 更佳為 -45°C 以下，進而佳為 -50°C 以下。再者，在所述區域內露點有變動的情況下，將該區域內的露點的最高值視為 D_C 。

【0062】 如上所述般實施了最終退火的鋼板之後視需要形成絕緣被膜而製成產品板。所述絕緣被膜可為無機、有機、無機與有機的混合中的任一種，並無特別限制。

[實施例]

【0063】 對以高爐鐵為鐵源自轉爐出鋼的鋼液，使用真空脫氣處

理裝置進行二次精煉，將調整為含有表 1 所示的各種成分、剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質的成分組成的鋼熔煉後，利用連續鑄造法製造厚度為 140 mm 的板坯。另外，對於以廢料為鐵源自電爐出鋼的鋼液，亦與所述同樣地製造板坯（表 1 的 No.19）。接下來，將所述板坯在 1100°C 的溫度下加熱 30 min 後，進行熱軋而製成板厚 1.6 mm 的熱軋板，並實施 980°C × 30 s 的熱軋板退火。接下來，對所述熱軋板退火後的鋼板進行酸洗除去鏽皮後，藉由一次冷軋製成最終板厚 0.25 mm 的冷軋板。其中，表 1 的 No.18 的鋼板在第一次冷軋中軋製至中間板厚 1.1 mm 後，實施 1100°C × 30 s 的中間退火後，進行第二次冷軋，製成最終板厚的冷軋板。

【0064】 接下來，使用具有加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備，同樣在表 1 所記載的條件下對所述冷軋板實施最終退火，製成產品板。在所述最終退火中，將加熱帶及均熱帶的氣氛設為以 vol% 比計為 $H_2 : N_2 = 30 : 70$ 的混合氣體，將自 500°C 至均熱溫度之間的升溫速度設為 20°C/s，加熱至表 1 所示的均熱溫度，在所述均熱溫度下保持 10 s 後，進行冷卻。所述冷卻在氫氣氣氛下進行，自均熱溫度至 500°C 之間的冷卻速度設為 20°C/s。此時，使在加熱帶的自 500°C 至 800°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 、加熱帶的自超過 800°C 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 、及冷卻帶的自均熱溫度至 500°C 的區域中的爐內氣氛的露點 D_C 如表 1 所示般進行各種變化。

【0065】 自如此獲得的最終退火後的鋼板（產品板）採集將長度

方向設為軋製方向的、寬度：30 mm×長度：280 mm 的試驗片，藉由愛普斯坦 (Epstein) 試驗測定鐵損 $W_{17/200}$ ，將鐵損 $W_{17/200}$ 為 15.5 W/kg 以下者作為發明例，將超過 15.5 W/kg 者作為比較例。另外，針對最終退火後的鋼板 (產品板) 藉由化學分析測定氧含量，利用所述方法將其換算成鋼板表面的單位面積氧量。

【0066】 將所述測定的結果一併記載於表 1 中。根據該結果可知，滿足本發明的條件而製造的鋼板的鋼板表面的單位面積氧量均低、均顯示出良好的鐵損值。再者，表 1 的 No.20 的鋼板是由在電爐中調職的鋼製造，雖然不特別添加 Cu，但由於自廢料混入的 Cu 獲得 0.045 mass% 的 Cu 含量，從而獲得本發明的效果。另外，No.19 的鋼板是在冷軋的中途實施了中間退火的鋼板，但藉由織構的改善，鐵損值得到了進一步改善。

【0067】 [表 1-1]

鋼板 No.	鋼板的化學成分 (mass%)										最終退火條件			鋼板特性		備註	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	其他	均熱溫度 (°C)	氣氛露點 (°C)			單位面積氧量 (g/m ²)		鐵損 W _{17/200} (W/kg)
												D _H	D _S	D _C			
1	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-35	-35	-58	0.091	15.9	比較例
2	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-58	-55	-57	0.063	15.6	比較例
3	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-46	-41	-57	0.065	15.6	比較例
4	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-38	-35	-56	0.089	15.8	比較例
5	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1020	-45	-56	-55	0.041	15.3	發明例
6	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-34	-57	-57	0.005	15.0	發明例
7	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-55	-68	-68	0.032	15.2	發明例
8	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-38	-68	-65	0.004	15.0	發明例
9	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	930	-36	-55	-56	0.008	15.1	發明例
10	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-25	-56	-57	0.018	15.1	發明例
11	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-36	-57	-42	0.016	15.1	發明例
12	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-37	-55	-36	0.025	15.2	發明例
13	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1010	-35	-48	-25	0.038	15.3	發明例
14	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-21	-62	-56	0.023	15.2	發明例
15	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	990	-18	-52	-58	0.095	15.9	比較例
16	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1010	-33	-42	-58	0.028	15.2	發明例
17	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-30	-36	-57	0.095	15.8	比較例
18	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-53	-35	-56	0.088	15.7	比較例
19	0.0015	3.32	0.52	0.01	0.0014	0.62	0.0011	0.052	0.0011	-	1000	-37	-56	-58	0.006	14.8	發明例
20	0.0016	3.35	0.48	0.01	0.0015	0.63	0.0022	0.045	0.0013	-	990	-34	-57	-57	0.006	15.0	發明例
21	0.0018	2.85	0.42	0.02	0.0019	0.35	0.0018	0.061	0.0008	-	980	-35	-55	-57	0.012	15.6	比較例
22	0.0012	3.02	0.51	0.01	0.0013	0.61	0.0016	0.042	0.0015	-	1000	-38	-55	-56	0.011	15.3	發明例
23	0.0013	3.65	0.61	-	0.0008	0.73	0.0012	0.043	0.0006	-	1010	-38	-54	-57	0.008	14.5	發明例
24	0.0011	4.13	0.32	0.01	0.0011	0.81	0.0015	0.055	0.0009	-	1000	-37	-53	-57	0.005	14.1	發明例
25	0.0013	4.85	0.25	-	0.0013	0.34	0.0012	0.052	0.0015	-	1000	-38	-61	-57	0.004	13.9	發明例

【0068】 [表 1-2]

鋼板 No.	鋼板的化學成分 (mass%)										最終退火條件				鋼板特性		備註
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	其他	均熱溫度 (°C)	氣露點 (°C)			單位面積氧量 (g/m ²)	鐵損 W _{17/200} (W/kg)	
												D _H	D _S	D _C			
26	0.0015	5.2	0.35	0.01	0.0005	0.54	0.0012	0.042	0.0008	-	在冷軋時斷裂，無法產品化					比較例	
27	0.0014	3.22	0.56	0.01	0.0016	1.82	0.0005	0.041	0.0005	-	1000	-33	-56	-56	0.013	14.4	發明例
28	0.0012	3.13	0.51	0.01	0.0013	2.95	0.0006	0.045	0.0004	-	1000	-32	-55	-57	0.009	14.0	發明例
29	0.0013	3.12	0.44	0.01	0.0011	3.26	0.0006	0.058	0.0007	-	在冷軋時斷裂，無法產品化					比較例	
30	0.0021	3.26	1.65	0.01	0.0013	0.53	0.0011	0.051	0.0005	-	1000	-36	-53	-57	0.008	14.6	發明例
31	0.0018	3.18	2.95	-	0.0011	0.52	0.0012	0.048	0.0008	-	1000	-38	-55	-56	0.009	15.0	發明例
32	0.0013	3.13	3.26	0.01	0.0015	0.56	0.0019	0.048	0.0012	-	1000	-35	-59	-57	0.015	15.8	比較例
33	0.0015	3.26	0.82	0.07	0.0013	0.62	0.0021	0.042	0.0011	-	990	-36	-58	-56	0.011	15.2	發明例
34	0.0012	3.31	0.35	0.11	0.0012	0.61	0.0015	0.043	0.0015	-	在冷軋時斷裂，無法產品化					比較例	
35	0.0013	3.32	0.49	0.02	0.0015	0.62	0.0016	0.048	0.0047	-	1000	-34	-55	-56	0.011	15.3	發明例
36	0.0013	3.35	0.51	0.01	0.0015	0.61	0.0012	0.051	0.0062	-	1000	-35	-56	-57	0.013	15.8	比較例
37	0.0011	3.32	0.54	0.01	0.0048	0.59	0.0013	0.049	0.0013	-	990	-36	-55	-58	0.012	15.3	發明例
38	0.0011	3.32	0.53	0.01	0.0058	0.63	0.0011	0.046	0.0012	-	1010	-34	-58	-56	0.015	15.9	比較例
39	0.0015	3.33	0.54	0.01	0.0017	0.62	0.0046	0.049	0.0016	-	1000	-37	-57	-58	0.012	15.3	發明例
40	0.0015	3.36	0.54	0.02	0.0013	0.59	0.0059	0.054	0.0015	-	1000	-36	-58	-56	0.011	15.8	比較例
41	0.0048	3.34	0.55	0.01	0.0012	0.60	0.0014	0.053	0.0012	-	1000	-35	-57	-55	0.010	15.1	發明例
42	0.0013	3.34	0.51	0.01	0.0022	0.62	0.0013	0.004	0.0009	-	1010	-38	-59	-55	0.071	15.8	比較例
43	0.0012	3.32	0.52	0.01	0.0016	0.61	0.0011	0.011	0.0008	-	1020	-38	-57	-57	0.035	15.2	發明例
44	0.0016	3.31	0.49	0.01	0.0011	0.63	0.0012	0.025	0.0016	-	1000	-37	-58	-56	0.019	15.1	發明例
45	0.0011	3.33	0.58	0.01	0.0004	0.61	0.0015	0.042	0.0009	Sn : 0.03	1010	-35	-55	-58	0.006	14.9	發明例
46	0.0018	3.32	0.55	0.01	0.0006	0.62	0.0016	0.048	0.0011	Sb : 0.06	1000	-36	-56	-56	0.005	14.8	發明例
47	0.0008	3.35	0.52	0.01	0.0012	0.63	0.0012	0.045	0.0012	Ca : 0.005	1000	-38	-55	-57	0.006	14.9	發明例
48	0.0012	3.33	0.53	0.01	0.0015	0.65	0.0016	0.046	0.0018	REM : 0.02	1010	-34	-53	-57	0.008	14.9	發明例
49	0.0016	3.34	0.55	0.01	0.0013	0.62	0.0015	0.053	0.0006	Mg : 0.0008	990	-35	-55	-55	0.005	14.9	發明例
50	0.0013	3.33	0.54	0.01	0.0016	0.63	0.0013	0.051	0.0012	Cr : 1.51	1000	-41	-56	-56	0.011	14.3	發明例

【0069】 [表 1-3]

鋼板 No.	鋼板的化學成分 (mass%)										最終退火條件			鋼板特性		備註	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	其他	均熱溫度 (°C)	氣氛露點 (°C)			單位面積氧量 (g/m ²)		鐵損 W _{17/200} (W/kg)
												D _H	D _S	D _C			
51	0.0014	3.33	0.53	0.01	0.0011	0.62	0.0012	0.048	0.0005	Ni : 0.12	1040	-36	-53	-55	0.008	15.1	發明例
52	0.0015	3.32	0.55	0.01	0.0012	0.61	0.0013	0.103	0.0012	-	1010	-35	-56	-57	0.003	15.0	發明例
53	0.0010	3.31	0.53	0.01	0.0015	0.63	0.0016	0.304	0.0013	-	1000	-36	-54	-57	0.002	14.9	發明例
54	0.0011	3.32	0.52	0.01	0.0009	0.61	0.0011	0.496	0.0008	-	1000	-37	-55	-58	0.001	14.9	發明例
55	0.0013	3.29	0.50	0.01	0.0010	0.60	0.0015	0.510	0.0012	-	在熱軋時斷裂，無法產品化					比較例	
56	0.0011	3.33	0.50	0.01	0.0013	0.58	0.0012	0.054	0.0006	Mo : 0.021	1000	-35	-58	-58	0.005	14.9	發明例
57	0.0010	3.34	0.48	0.01	0.0014	0.61	0.0017	0.051	0.0006	Ti : 0.004	1000	-34	-58	-57	0.004	15.2	發明例
58	0.0012	3.30	0.52	0.01	0.0012	0.60	0.0012	0.051	0.0008	Nb : 0.0005	1000	-35	-57	-58	0.006	15.3	發明例
59	0.0010	3.34	0.53	0.01	0.0008	0.61	0.0016	0.051	0.0008	V : 0.011	1000	-35	-57	-57	0.009	15.1	發明例
60	0.0008	3.29	0.51	0.01	0.0014	0.60	0.0015	0.054	0.0007	As : 0.006	1000	-34	-58	-58	0.005	15.0	發明例
61	0.0013	3.34	0.50	0.01	0.0013	0.59	0.0014	0.051	0.0006	Pb : 0.0004	1000	-36	-57	-58	0.008	15.2	發明例
62	0.0008	3.33	0.50	0.01	0.0012	0.59	0.0014	0.053	0.0009	B : 0.0004	1000	-35	-59	-57	0.005	15.1	發明例
63	0.0012	3.30	0.50	0.01	0.0014	0.60	0.0018	0.049	0.0005	Zr : 0.006	1000	-35	-57	-57	0.006	15.2	發明例
64	0.0013	3.33	0.48	0.01	0.0010	0.62	0.0018	0.049	0.0009	Ta : 0.0003	1000	-35	-58	-58	0.006	15.3	發明例
65	0.0012	3.31	0.48	0.01	0.0007	0.63	0.0012	0.051	0.0006	W : 0.007	1000	-35	-58	-57	0.006	15.0	發明例
66	0.0010	3.31	0.51	0.01	0.0013	0.59	0.0015	0.051	0.0008	Co : 0.04	1000	-35	-57	-59	0.008	14.9	發明例
67	0.0010	3.34	0.49	0.01	0.0013	0.59	0.0014	0.049	0.0006	Se : 0.002	1000	-35	-58	-57	0.007	15.2	發明例
68	0.0011	3.28	0.49	0.01	0.0010	0.61	0.0013	0.052	0.0007	Bi : 0.0004	1000	-35	-56	-58	0.008	15.3	發明例
69	0.0011	3.27	0.51	0.01	0.0010	0.60	0.0012	0.053	0.0009	Ge : 0.0004	1000	-36	-57	-59	0.006	14.9	發明例
70	0.0012	3.34	0.49	0.01	0.0009	0.62	0.0017	0.052	0.0007	Ga : 0.005	1000	-35	-57	-58	0.008	14.9	發明例
71	0.0013	3.29	0.52	0.01	0.0010	0.59	0.0011	0.12	0.0008	Cr : 0.20 , Ni : 0.13	1000	-35	-58	-57	0.004	14.9	發明例
72	0.0009	3.28	0.52	0.01	0.0015	0.60	0.0013	0.30	0.0008	Sn : 0.04 , Ca : 0.003	1000	-35	-57	-57	0.003	14.8	發明例
73	0.0010	3.35	0.50	0.01	0.0010	0.62	0.0019	0.30	0.0007	Cr : 0.21 , Ni : 0.04 , Sn : 0.04	1000	-35	-57	-58	0.002	14.8	發明例
74	0.0009	3.35	0.53	0.01	0.0011	0.58	0.0015	0.29	0.0010	Cr : 0.05 , Ni : 0.02 , Sb : 0.02	1000	-34	-59	-57	0.003	14.8	發明例
75	0.0009	3.33	0.51	0.01	0.0012	0.59	0.0019	0.29	0.0007	Cr : 0.18 , Ni : 0.05 , Ca : 0.003	1000	-35	-58	-56	0.003	14.9	發明例

【0070】 [表 1-4]

鋼板 No.	鋼板的化學成分 (mass%)									最終退火條件			鋼板特性		備註		
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu	O	其他	均熱溫度 (°C)	氣氛露點 (°C)				單位面積氧量 (g/m ²)	鐵損 W _{17/200} (W/kg)
												D _H	D _S	D _C			
76	0.0012	3.30	0.49	0.01	0.0011	0.61	0.0013	0.31	0.0006	Cr : 0.25 , Ni : 0.11 , Mg : 0.001	1000	-34	-57	-58	0.003	14.8	發明例
77	0.0011	3.29	0.50	0.01	0.0012	0.61	0.0012	0.31	0.0008	Cr : 0.30 , Ni : 0.18 , REM : 0.02	1000	-34	-56	-58	0.002	14.8	發明例
78	0.0013	3.35	0.52	0.01	0.0012	0.61	0.0012	0.30	0.0007	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.23 , Mo : 0.041	1000	-34	-58	-57	0.003	15.0	發明例
79	0.0010	3.32	0.53	0.01	0.0009	0.61	0.0013	0.31	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.24 , Ti : 0.003	1000	-36	-57	-59	0.002	15.1	發明例
80	0.0009	3.34	0.48	0.01	0.0007	0.62	0.0014	0.31	0.0006	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.25 , Nb : 0.0003	1000	-34	-58	-58	0.002	15.2	發明例
81	0.0011	3.31	0.51	0.01	0.0015	0.60	0.0015	0.29	0.0006	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.25 , V : 0.005	1000	-35	-58	-59	0.003	15.0	發明例
82	0.0012	3.28	0.49	0.01	0.0011	0.61	0.0019	0.30	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.23 , As : 0.003	1000	-34	-57	-59	0.002	14.9	發明例
83	0.0009	3.34	0.53	0.01	0.0013	0.62	0.0018	0.30	0.0005	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.24 , Pb : 0.0007	1000	-34	-59	-58	0.003	15.2	發明例
84	0.0008	3.33	0.51	0.01	0.0015	0.58	0.0012	0.29	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.25 , B : 0.0006	1000	-34	-57	-57	0.002	15.1	發明例
85	0.0012	3.29	0.50	0.01	0.0013	0.60	0.0016	0.31	0.0005	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.22 , Zr : 0.003	1000	-35	-57	-56	0.002	15.1	發明例
86	0.0013	3.32	0.51	0.01	0.0007	0.63	0.0017	0.30	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.26 , Ni : 0.24 , Ta : 0.0005	1000	-36	-58	-59	0.003	15.2	發明例
87	0.0013	3.34	0.53	0.01	0.0012	0.61	0.0016	0.31	0.0010	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.24 , W : 0.012	1000	-35	-58	-57	0.002	15.1	發明例
88	0.0011	3.28	0.51	0.01	0.0011	0.61	0.0017	0.30	0.0007	Sn : 0.03 , Cr : 0.23 , Ni : 0.25 , Co : 0.009	1000	-35	-58	-58	0.003	14.9	發明例
89	0.0013	3.28	0.49	0.01	0.0013	0.60	0.0019	0.30	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.26 , Ni : 0.23 , Se : 0.001	1000	-36	-57	-57	0.002	15.0	發明例
90	0.0010	3.33	0.50	0.01	0.0007	0.61	0.0014	0.30	0.0009	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.23 , Bi : 0.0002	1000	-36	-57	-58	0.003	15.1	發明例
91	0.0008	3.28	0.49	0.01	0.0012	0.60	0.0018	0.31	0.0007	Sn : 0.03 , Cr : 0.25 , Ni : 0.24 , Ge : 0.002	1000	-34	-58	-58	0.003	14.9	發明例
92	0.0013	3.33	0.49	0.01	0.0007	0.59	0.0016	0.30	0.0008	Sn : 0.03 , Cr : 0.24 , Ni : 0.25 , Ga : 0.008	1000	-35	-59	-58	0.002	14.9	發明例

【符號說明】**【0071】**

D_H 、 D_S 、 D_C :露點

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種無方向性電磁鋼板的製造方法，對板坯進行熱軋，進行熱軋板退火，並進行一次冷軋或隔著中間退火的兩次以上的冷軋而製成冷軋板後，使用具有加熱帶、均熱帶及冷卻帶的連續退火設備實施最終退火，其中所述板坯具有如下的成分組成、即，含有 C：0.005 mass%以下、Si：3.0 mass%～5.0 mass%、Al：3.0 mass%以下、Mn：3.0 mass%以下、P：0.10 mass%以下、S：0.005 mass%以下、N：0.005 mass%以下、Cu：0.01 mass%～0.5 mass%及 O：0.005 mass%以下，且剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，所述無方向性電磁鋼板的製造方法的特徵在於，

以如下方式進行控制：將所述最終退火的、加熱帶的鋼板溫度為 500℃ 至 800℃ 的區域中的爐內氣氛的露點 D_H 設為 -20℃ 以下，將加熱帶的鋼板溫度為超過 800℃ 至均熱溫度的區域以及均熱帶的爐內氣氛的露點 D_S 設為 -40℃ 以下，並且所述露點 D_H 與所述露點 D_S 滿足 $D_H > D_S$ 的關係。

【請求項2】 如請求項 1 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中將所述最終退火的冷卻帶的鋼板溫度為自均熱溫度至 500℃ 的區域中的爐內氣氛的露點 D_C 設為 -40℃ 以下。

【請求項3】 如請求項 1 或 2 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中所述板坯除了含有所述成分組成以外，更含有下述 A 群組～J 群組中的至少一個群組的成分，

記

·A 群組：Sn：0.005 mass%～0.20 mass%及 Sb：0.005 mass%～0.20 mass%中的至少一種

·B 群組：Ca：0.001 mass%～0.010 mass%、Mg：0.0002 mass%～0.005 mass%及稀土金屬：0.001 mass%～0.05 mass%中的至少一種

·C 群組：Cr：0.01 mass%～3.0 mass%

·D 群組：Ni：0.01 mass%～1 mass%

·E 群組：Mo：0 mass%～0.050 mass%及 B：0 mass%～0.0020 mass%中的至少一種

·F 群組：Ti：0 mass%～0.010 mass%、Nb：0 mass%～0.0050 mass%、V：0 mass%～0.050 mass%、Pb：0 mass%～0.0020 mass%、Zr：0 mass%～0.050 mass%、Ta：0 mass%～0.0020 mass%、W：0 mass%～0.050 mass%、Se：0 mass%～0.0050 mass%及 Bi：0 mass%～0.0020 mass%中的至少一種

·G 群組：As：0 mass%～0.020 mass%

·H 群組：Zn：0 mass%～0.010 mass%

·I 群組：Co：0 mass%～0.10 mass%

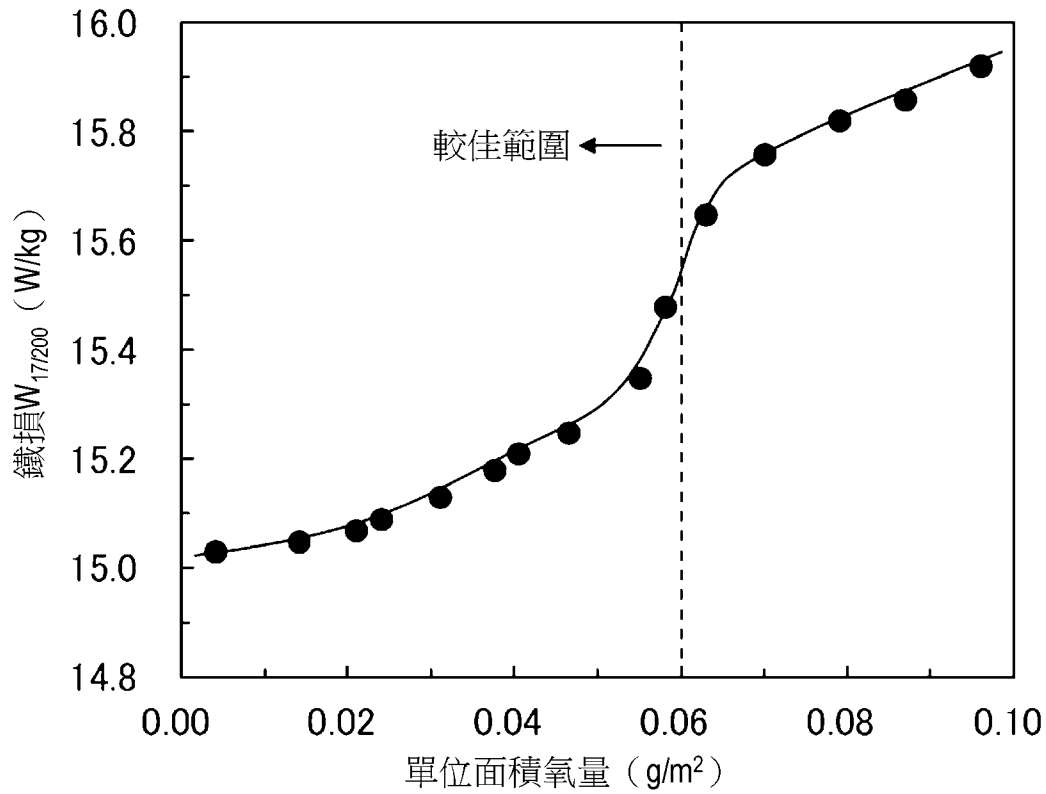
·J 群組：Ge：0 mass%～0.030 mass%及 Ga：0 mass%～0.030 mass%中的至少一種。

【請求項4】 如請求項 1 或 2 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中所述板坯是將自轉爐或電爐出鋼後進而進行成分調整後的鋼液連續鑄造而製造的厚度為 30 mm 以上且 300 mm 以下的板

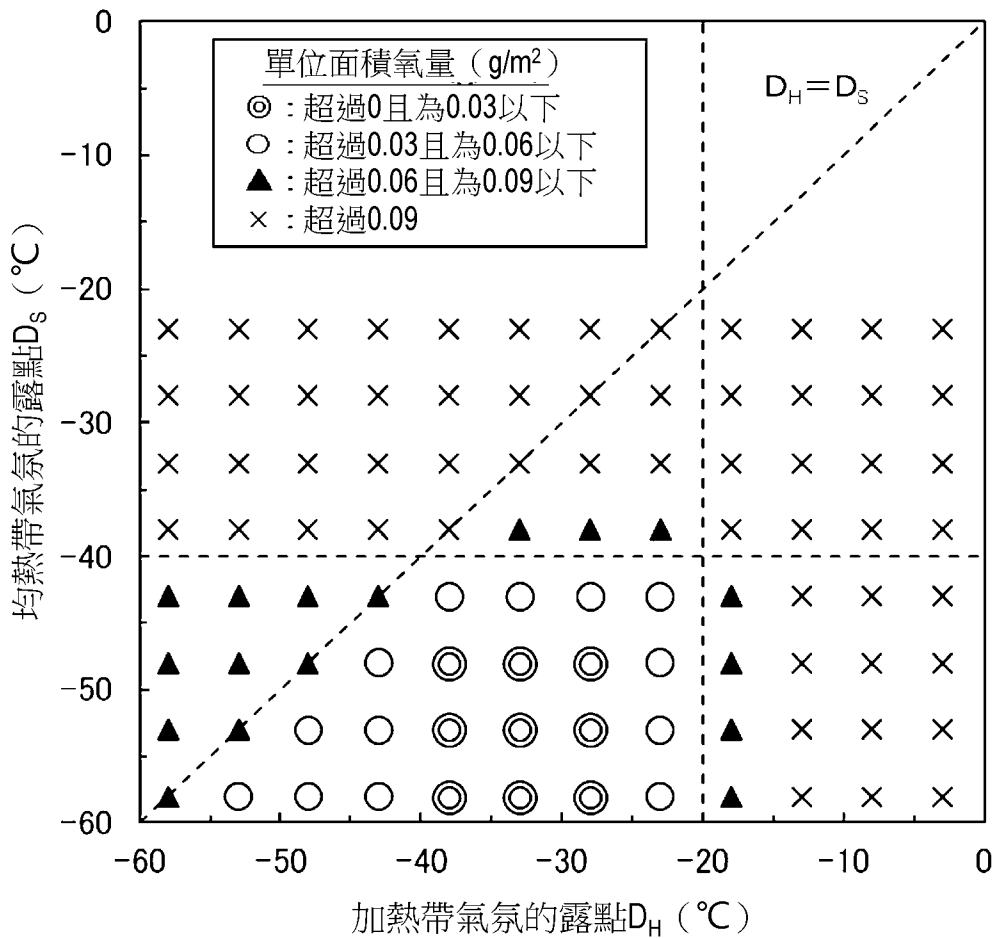
坯。

【請求項5】 如請求項 3 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中所述板坯是將自轉爐或電爐出鋼後進而進行成分調整後的鋼液連續鑄造而製造的厚度為 30 mm 以上且 300 mm 以下的板坯。

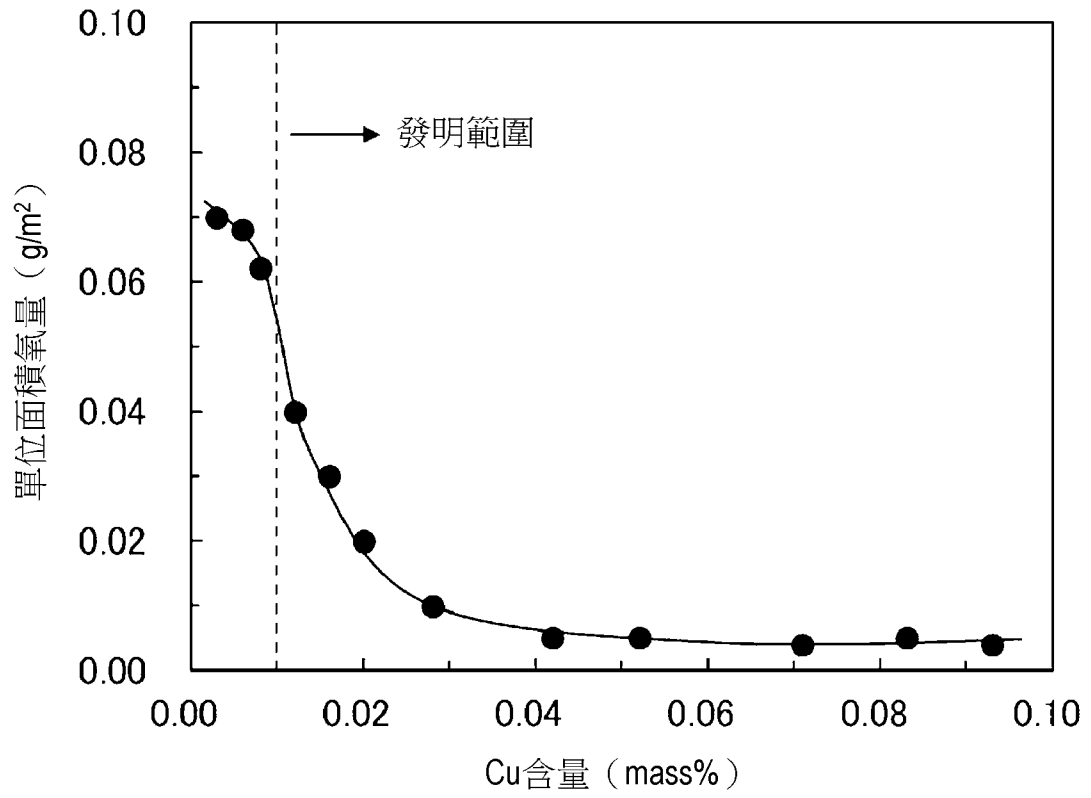
【發明圖式】



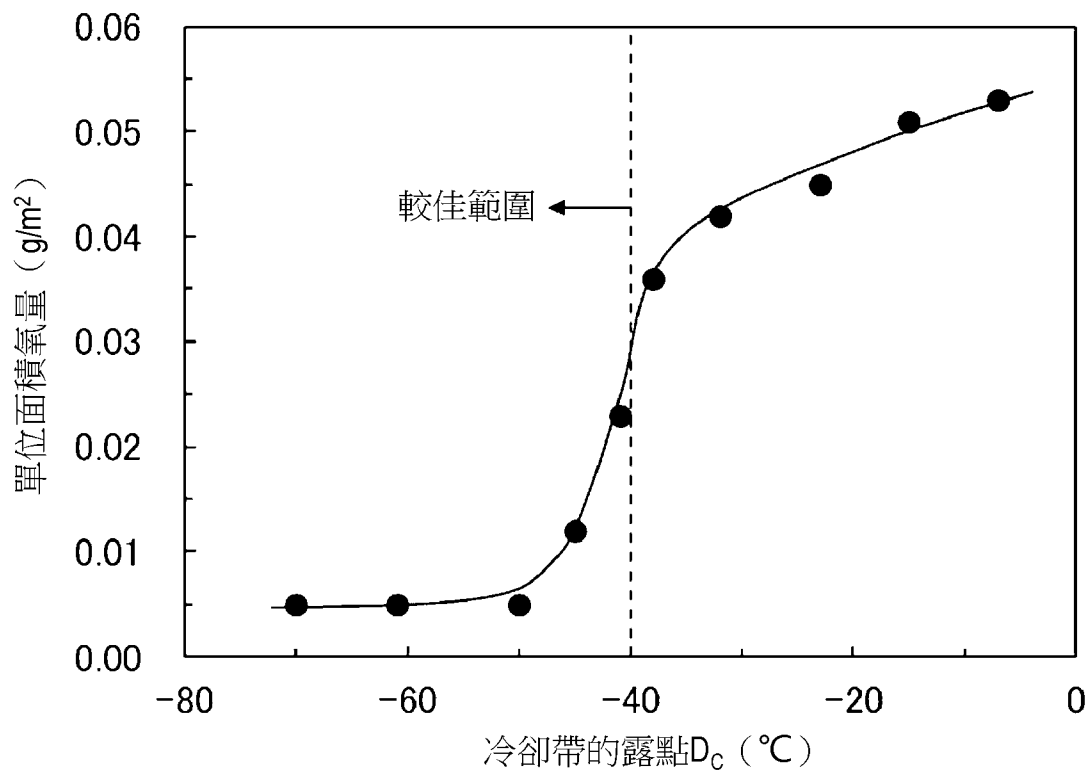
【圖1】



【圖2】



【圖3】



【圖4】