



(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 I605128 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：105139246

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 29 日

(51)Int. Cl. : C21D1/34 (2006.01)

(30)優先權：2015/12/09 日本 2015-240390

(71)申請人：J F E 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)；尾
田善彦 ODA, YOSHIHIKO (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200932927A

TW 201207121A1

TW 201319273A1

US 2010/0158744A1

US 2012/0298267A1

審查人員：呂俊賢

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：3 共 26 頁

(54)名稱

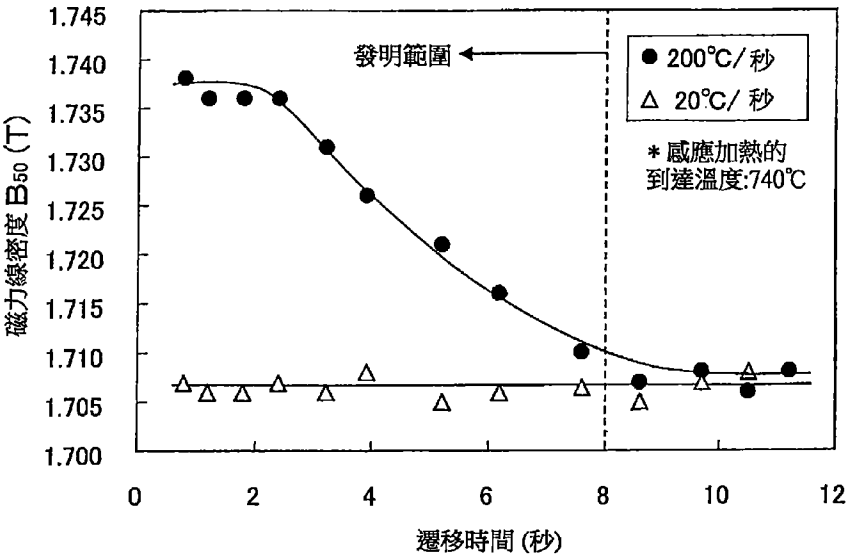
無方向性電磁鋼板的製造方法

(57)摘要

本發明所提供的無方向性電磁鋼板的製造方法，其係將含有：以質量%計，C：0.0050%以下、Si：5.0%以下、Mn：3.0%以下、P：0.2%以下、S：0.005%以下、Al：3.0%以下、N：0.005%以下、Ni：3.0%以下、Cr：5.0%以下、Ti：0.005%以下、Nb：0.005%以下、B：0.005%以下以及O：0.005%以下的鋼胚料進行熱軋，因應必要而進行熱軋鋼板退火，並且實施冷軋、精製退火之無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，係將上述精製退火時的加熱，採用：先以感應加熱進行加熱之後，再以輻射加熱進行加熱之兩段式加熱，並且上述感應加熱係以在 600~700°C 之間的平均昇溫速度為 50°C/秒以上的條件，進行加熱到 720°C 以上，並且將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的期間設定在 8 秒以下，因而能夠製得高磁力線密度的無方向性電磁鋼板。

指定代表圖：

第 3 圖



公告本

發明摘要

※申請案號：105139246

※申請日：105/11/29

※IPC 分類：C21D 1/34 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

無方向性電磁鋼板的製造方法

【中文】

本發明所提供的無方向性電磁鋼板的製造方法，其係將含有：以質量%計，C:0.0050%以下、Si:5.0%以下、Mn:3.0%以下、P:0.2%以下、S:0.005%以下、Al:3.0%以下、N:0.005%以下、Ni:3.0%以下、Cr:5.0%以下、Ti:0.005%以下、Nb:0.005%以下、B:0.005%以下以及O:0.005%以下的鋼胚料進行熱軋，因應必要而進行熱軋鋼板退火，並且實施冷軋、精製退火之無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，係將上述精製退火時的加熱，採用：先以感應加熱進行加熱之後，再以輻射加熱進行加熱之兩段式加熱，並且上述感應加熱係以在600~700℃之間的平均昇溫速度為50℃/秒以上的條件，進行加熱到720℃以上，並且將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的期間設定在8秒以下，因而能夠製得高磁力線密度的無方向性電磁鋼板。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(3)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

無方向性電磁鋼板的製造方法

【技術領域】

[0001] 本發明是關於無方向性電磁鋼板的製造方法，尤其是關於具有高磁力線密度之無方向性電磁鋼板的製造方法。

【先前技術】

[0002] 近年來基於保護地球環境的觀點，乃推展省能源化，在電氣機器的領域中，則是指向高效率化和小型化。因而，針對於作為電氣機器的鐵心材料被廣泛使用的無方向性電磁鋼板，則是強烈地期望能夠達到：高磁力線密度化和低鐵損化。

[0003] 已經得知：想要提高無方向性電磁鋼板的磁力線密度，改善製品板的集合組織，也就是，減少{111}方位粒，並且增加{110}方位粒和{100}方位粒的作法是有效的。因此，以往在無方向性電磁鋼板的製造工序中，係藉由增大冷軋前的結晶粒徑，或者藉由冷軋軋縮率的最佳化來改善集合組織，以資提高磁力線密度。

[0004] 用來控制製品板的集合組織的其他方法，係可舉出：提高再結晶退火的加熱速度的方法。這種方法係

在製造方向性電磁鋼板時被經常採用的技術，這種技術係藉由提高脫碳退火(一次再結晶退火)的加熱速度，以及增加脫碳退火後的鋼板的{110}方位粒，來將精製退火後的鋼板的二次再結晶粒細微化，因而可改善鐵損(例如：請參照專利文獻1)。

[0005] 此外，在無方向性電磁鋼板中，也有人提出：藉由提高再結晶退火(精製退火)的加熱速度，來改善集合組織，以資提高磁力線密度的技術方案(例如：請參照專利文獻2~5)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[0006]

[專利文獻1] 日本特開平 01-290716 號公報

[專利文獻2] 日本特開平 02-011728 號公報

[專利文獻3] 日本特開 2011-256437 號公報

[專利文獻4] 日本特開 2012-132070 號公報

[專利文獻5] 日本特開 2013-010982 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決的技術課題]

[0007] 然而，上述專利文獻1係有關於方向性電磁鋼板的技術，因此，無法完全適用於無方向性電磁鋼板。

又，上述專利文獻2所提案的技術，雖然是實施了急

速加熱，但是經過本發明人實際驗證的結果得知：如果是以專利文獻 2 未採用的感應加熱來實施急速加熱的話，並無法穩定地獲得提昇磁力線密度的效果。

又，專利文獻 3 所提案的技術，雖然是採用感應加熱的技術，但是經過本發明人實際驗證的結果得知：也是無法穩定地獲得提昇磁力線密度的效果。此外，這種技術係在急速加熱後，必須進行冷卻與再加熱，因此，係有：製造成本和設備成本趨高的問題。

又，專利文獻 4 以及 5 所提案的技術，係利用通電加熱來進行急速加熱。但是，通電加熱很容易在導電輥與鋼板之間產生火花而造成表面缺陷，應用在無方向性電磁鋼板的精製退火時會有問題。

[0008] 本發明係有鑒於習知技術所存在的上述問題點而開發完成的發明，其目的係提供：即使將精製退火時的加熱，採用感應加熱來進行急速加熱，亦可穩定地獲得高磁力線密度的無方向性電磁鋼板的製造方法。

[用以解決課題的技術方案]

[0009] 本發明人等，為了解決上述的技術課題，乃著眼於精製退火時的加熱條件，尤其是感應加熱與輻射加熱的條件，不斷地努力進行檢討。其結果找到了一種創見，就是將上述精製退火時的加熱，採用：先以感應加熱進行加熱之後，再以輻射加熱進行加熱之兩段式加熱，並且上述感應加熱係以在 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 之間的平均昇溫速度

為 50℃/秒以上的條件，進行加熱到 720℃ 以上，並且將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的期間設定在 8 秒以下，這種作法可有效提高磁力線密度，因而開發了本發明。

[0010] 亦即，本發明所提案的無方向性電磁鋼板的製造方法，係將含有：C：0.0050 質量%以下、Si：5.0 質量%以下、Mn：3.0 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、Al：3.0 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Ni：3.0 質量%以下、Cr：5.0 質量%以下、Ti：0.005 質量%以下、Nb：0.005 質量%以下、B：0.005 質量%以下以及 O：0.005 質量%以下，其餘部分是 Fe 以及不可避免的雜質之組成分的鋼胚料進行熱軋，並且實施熱軋鋼板退火或者不實施熱軋鋼板退火，而且實施冷軋、精製退火的無方向性電磁鋼板的製造方法，其特徵為：

將上述精製退火時的加熱，採用：先以感應加熱進行加熱之後，再以輻射加熱進行加熱之兩段式加熱，並且上述感應加熱係以在 600～700℃ 之間的平均昇溫速度為 50℃/秒以上的條件，進行加熱到 720℃ 以上，並且將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的期間設定在 8 秒以下。

[0011] 使用於本發明的上述無方向性電磁鋼板的製造方法之上述鋼胚料，其特徵為：除了上述組成分之外，又含有從 Sn：0.005～0.20 質量%以及 Sb：0.005～0.20 質量%之中所選出的一種或兩種。

[0012] 又，使用於本發明的上述無方向性電磁鋼板

的製造方法之上述鋼胚料，其特徵為：除了上述組成分之外，又含有從 Ca：0.0001～0.010 質量%、Mg：0.0001～0.010 質量%以及稀土金屬(REM)：0.0001～0.010 質量%之中所選出的一種或兩種以上。

[0013] 又，本發明之上述無方向性電磁鋼板的製造方法，其特徵為：將進行上述冷軋時的最終冷軋前的鋼板組織的肥粒鐵粒徑設定在 $70\mu\text{m}$ 以下。

[發明的效果]

[0014] 根據本發明，係能夠穩定地提供：具有高磁力線密度之無方向性電磁鋼板。

【圖式簡單說明】

[0015]

第 1 圖係顯示 200°C /秒的加熱模式之一例的圖。

第 2 圖係顯示將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的時間設定為 2 秒時之感應加熱的到達溫度(結束溫度)對於磁力線密度 B_{50} 的影響之圖表。

第 3 圖係顯示將感應加熱的到達溫度設定在 740°C 時之從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的時間對於磁力線密度 B_{50} 的影響之圖表。

【實施方式】

[0016] 首先，說明成為開發本發明的契機之實驗。

將含有 C：0.0025 質量%、Si：1.42 質量%、Mn：0.42 質量%、P：0.07 質量%、S：0.0016 質量%、Al：0.0002 質量%、N：0.0018 質量%、Ni：0.01 質量%、Cr：0.02 質量%、Ti：0.0018 質量%、Nb：0.0006 質量%、B：0.0001 質量%以及 O：0.0023 質量%的鋼在真空爐中進行熔解以做成鋼塊之後，進行熱軋做成板厚為 2.3mm 的熱軋鋼板。然後，確認出這個熱軋鋼板已經是完全地再結晶，肥粒鐵粒徑是落在 20~30 μm 的範圍內。

[0017] 接下來，將上述熱軋鋼板進行酸洗，冷軋成板厚為 0.5mm 的冷軋鋼板之後，再以各種的加熱條件實施了精製退火(再結晶退火)。此處，上述精製退火，係採用：先以電磁線圈式感應加熱爐進行加熱後，再以電氣爐(輻射加熱爐)進行加熱之兩段式加熱，在 600~700℃ 間的平均昇溫速度，係設定為：20℃/秒與 200℃/秒的兩種速度。此時的氣相氛圍係採用乾燥氮氣氛圍。又，第 1 圖係顯示 200℃/秒的加熱模式之一例。

[0018] 接下來，從上述精製退火後的鋼板採取：以軋軋方向與寬度方向來作為長邊方向之 280mm×30mm 的試驗片，依照日本工業規格 JIS C2550-1 (2011)所規定的艾普斯坦鐵損試驗來測定磁力線密度 B_{50} ，而評斷其磁力特性。

[0019] 第 2 圖係顯示將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的時間(遷移時間)設定為 2 秒時之感應加熱的到達溫度(結束溫度)之對於磁力線密度 B_{50} 的影響。由第 2 圖

可以得知：藉由將到達溫度設在 720°C 以上，係可大幅地提高磁力線密度。

[0020] 又，第 3 圖係顯示將從感應加熱的到達溫度設定在 740°C 時之從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的時間(遷移時間)之對於磁力線密度 B_{50} 的影響。由第 3 圖可以得知：藉由將遷移時間設在 8 秒以下，係可提高磁力線密度。

[0021] 由上述的實驗結果可以得知：在感應加熱之後，想要以輻射加熱的加熱方式來獲得穩定的磁力線密度的提昇效果，必須將感應加熱的到達溫度提高到 700°C 以上，以及將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的遷移時間設定為 8 秒以下的較短時間。

[0022] 以往雖然有許多的提案，是關於：在精製退火時，藉由急速加熱來提高方向性電磁鋼板的磁力線密度的技術方案，但是上述的這種創見則尚未有人提出報告。針對於這種無方向性電磁鋼板與方向性電磁鋼板的差異，本發明人等係有以下所述的論點。

[0023] 在方向性電磁鋼板中，為了使其穩定地呈現出二次再結晶，乃採用在肥粒鐵組織中具有較多的碳化物及緩蝕物之類的硬質第二相的素材(胚料)來製造。對於從含有這種第二相的素材所製得的鋼板進行冷軋的話，將會在第二相的周圍的肥粒鐵產生局部性的結晶旋轉，這個地方很容易成為：再結晶的核形成部位。

相對於此，在無方向性電磁鋼板中，幾乎不含有上述

這種第二相，因此冷軋後，想要利用精製退火使其再結晶，必須加熱到更高溫。但是，一般的電磁線圈式的感應加熱，在素材的磁性變態點附近，加熱效率急遽地降低，因此只利用感應加熱的話，無法急速加熱到達可使無方向性電磁鋼板進行再結晶之足夠的溫度範圍。因此，被認為是：無法充分地獲得利用急速加熱所致的集合組織改善效果。

[0024] 因此，被認為：在利用感應加熱來進行急速加熱的情況下，儘可能地提高感應加熱的到達溫度來進行加熱之後，緊接著迅速地開始進行輻射加熱，將急速加熱持續到高溫範圍，藉此來促進再結晶的作法，是用來控制無方向性電磁鋼板中的集合組織的重點。

[0025] 其次，說明本發明的無方向性電磁鋼板(製品板)的組成分。

C：0.0050 質量%以下

C 在製品鋼板中，將會引起磁性時效而形成碳化物，是使鐵損惡化的有害元素。因此，為了抑制上述磁性時效，將 C 含量限制在 0.0050 質量%以下。更好是在 0.0030 質量%以下的範圍。

[0026]

Si：5.0 質量%以下

Si 可提高鋼的比電阻，具有降低鐵損的效果，因此係添加 0.1 質量%以上為宜。更好是添加 1.0 質量%以上。但

是添加超過 5.0 質量%的話，鋼會變硬質化，難以進行軋軋，因此 Si 的上限是設在 5.0 質量%。更好的上限是設在 4.0 質量%。此外，Si 雖然會降低鐵損，但是磁力線密度也降低，因此，如果是優先重視磁力線密度的情況下，係設在 3.0 質量%以下為宜。

[0027]

Mn：3.0 質量%以下

Mn 是具有可提高鋼的比電阻而可降低鐵損的效果，而且具有防止熱間脆性的效果，因此，是以添加 0.05 質量%以上為宜。更好是 0.1 質量%以上。但是，添加超過 3.0 質量%的話，將會有碳氮化物析出，反而導致鐵損惡化，因此，將 Mn 含量的上限設在 3.0 質量%。更好的上限是在 1.0 質量%。此外，與 Si 同樣地若添加超過 2.0 質量%的話，磁力線密度的降低量變大，因此，如果是優先重視磁力線密度的情況下，是將添加量設在 2.0 質量%以下為宜。

[0028]

P：0.2 質量%以下

P 是用來調整鋼的硬度(沖孔性)的元素。但是，如果添加超過 0.2 質量%的話，鋼會脆化而變得難以進行軋軋，因此將 P 含量的上限設在 0.2 質量%。更好是在 0.1 質量%以下，更優是在 0.04 質量%以下。

[0029]

Al：3.0 質量%以下

Al 是與 Si 同樣地，具有可提高鋼的比電阻而可降低鐵損的效果。但是，添加超過 3.0 質量%的話，鋼會硬質化而變得難以進行軋軋，因此，將上限限制在 3.0 質量%。

此外，Al 的含量若是在 0.01~0.1 質量%範圍的話，將會有細微的 AlN 析出而導致鐵損惡化。此外，如果將 Al 含量降低到 0.01 質量%以下的話，將可改善集合組織而提昇磁力線密度。因此，若是較之重視鐵損更為重視磁力線密度的情況下，係將 Al 含量設在 0.01 質量%以下為宜。更好是在 0.003 質量%以下。另一方面，若是較之重視磁力線密度更為重視鐵損的情況下，係將 Al 含量設在 0.1~3.0 質量%的範圍為宜。更好是在 0.1~2.0 質量%的範圍。

[0030]

Ni：3.0 質量%以下

Ni 是用來調整鋼的強度調整以及提昇磁力線密度之有效的元素。但是，因為 Ni 是高價的元素，如果添加超過 3.0 質量%的話，將導致原料成本的上昇，因此，將上限設在 3.0 質量%。更好是在 1.0 質量%以下，更優是在 0.5 質量%以下。

[0031]

Cr：5.0 質量%以下

Cr 是具有可提高鋼的比電阻而可降低鐵損的效果。但是，如果添加超過 5.0 質量%的話，將導致碳氮化物的

析出，反而使鐵損惡化，因此將 Cr 含量的上限設在 5.0 質量%。更好是在 2.0 質量%以下，更優是在 1.0 質量%以下。

[0032]

S, N, Ti, Nb, B 以及 O：分別都是在 **0.005 質量%** 以下

S, N, Ti, Nb, B 以及 O 都是會形成：碳化物和氮化物、硫化物、硼化物、氧化物等之細微析出物，而導致鐵損特性惡化的有害元素。尤其是上述元素的含量若超過 0.005 質量%的話，上述的不良影響更為顯著。因此，上述元素的上限都是分別設在 0.005 質量%。更好是在 0.003 質量%以下。此外，Ti, Nb 及 B 係可刻意地添加而用來將氮固定下來，但是，即使是這種情況下，也必須將含量落在上述範圍內。

[0033] 本發明的無方向性電磁鋼板，係除了上述成分之外，亦可又含有以下的成分。

從 Sn0.005~0.20 質量%以及 Sb：0.005~0.20 質量%之中所選出的一種或兩種

Sn 以及 Sb 是具有可改善再結晶集合組織，改善磁力線密度與鐵損的效果。若想要獲得上述效果，係分別添加 0.005 質量%以上為宜。但是，添加量超過 0.20 質量%的話，上述效果將會飽和。因此，Sn, Sb 係分別在 0.005~0.20 質量%的範圍內進行添加為宜。更好是分別在 0.01~

0.1 質量%的範圍內進行添加。

[0034]

從 **Ca : 0.0001 ~ 0.010 質量%、Mg : 0.0001 ~ 0.010 質量%**以及**稀土金屬(REM) : 0.0001 ~ 0.010 質量%**之中所選出的一種或兩種以上

Ca, Mg 以及稀土金屬(REM)係會與 S 和 Se 形成穩定的硫化物和硒化物而予以固定下來，具有可改善結晶粒成長性的效果。若想要獲得上述效果，添加量分別是 0.0001 質量%以上為宜。但是，添加量超過 0.010 質量%的話，反而會使鐵損惡化，因此將上限設在 0.010 質量%為宜。更好是分別設在 0.0010 ~ 0.0050 質量%的範圍內。

[0035] 其次，說明本發明的無方向性電磁鋼板的製造方法。

首先，利用轉爐-真空脫氣處理等之一般習知的精煉製程，將已經調整成上述說明的組成分的鋼加以熔製之後，利用連續鑄造法等之一般習知的方法，製作成鋼素材(胚料)。

接下來，進行熱軋。關於在上述熱軋之前的胚料的再加熱溫度、熱軋中的精製軋軋結束溫度、捲取溫度等，雖然並無特別的限制，但是基於確保磁力特性與生產性的觀點，係將再加熱溫度設在 1000 ~ 1200℃；將精製軋軋結束溫度設在 700 ~ 900℃；將捲取溫度設在 600 ~ 800℃ 的範圍為宜。

[0036] 接下來，上述熱軋後的鋼板(熱軋鋼板)，再因

應需要，而實施熱軋鋼板退火之後，進行一次冷軋或包含實施中間退火在內的兩次以上的冷軋，而製作成最終板厚度的冷軋鋼板。

此處，在本發明中的重要事項係：為了提高本發明的效果起見，乃將最終冷軋前的鋼板組織(最終冷軋前組織)中的肥粒鐵粒徑設在 $70\mu\text{m}$ 以下為宜，設在 $50\mu\text{m}$ 以下更好。此處，上述肥粒鐵粒徑，是利用切斷法所求得的在鋼板的斷面組織中的板厚方向上的粒徑之平均粒徑。

[0037] 如上所述，至於為何本發明特別適用於最終冷軋前的鋼板組織的肥粒鐵粒徑為 $70\mu\text{m}$ 以下的情況之理由，本發明人等認為是以下的理由。

被認為是：因為在精製退火中，具有 $\{111\}$ 方位的再結晶粒，是從最終冷軋前的鋼板組織的粒界旁邊生成的，因此最終冷軋前組織的肥粒鐵粒徑小的話，冷軋暨再結晶後的組織中的 $\{111\}$ 再結晶粒將會變多。因此，急速加熱所導致的 $\{111\}$ 減少的效果將會趨於顯著。

[0038] 此處，為了將最終冷軋前的肥粒鐵粒徑維持在 $70\mu\text{m}$ 以下，係省略熱軋鋼板退火以及中間退火為宜，如果想要執行的話，係將退火溫度儘量低溫化為宜。但是，基於防止起壟的觀點考量，係將最終冷軋前鋼板的再結晶率設在 80%以上為宜。此外，熱軋鋼板退火以及中間退火的低溫度化或者省略，也具有可謀求降低製造成本的優點。

[0039] 接下來，已形成既定的最終板厚度的冷軋鋼

板之後，雖然是要實施精製退火，但在本發明中，則是將上述精製退火時的加熱採用：先以感應加熱進行加熱後，再以輻射加熱進行加熱的兩段式加熱來進行加熱的作法，當作必要條件。

上述感應加熱係採用電磁線圈式為宜。因為電磁線圈式是具有：加熱效率高，板寬度方向上的溫度均一性較優異的優點。

[0040] 其次，說明上述精製退火時的感應加熱條件。

上述的感應加熱，雖然是使用於精製退火的加熱過程的前段，但是若要獲得本發明之效果的話，必須將在 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的範圍內的平均昇溫速度設在 $50^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。更好的昇溫速度是在 $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。昇溫速度的上限雖然並未特別地規定，但是基於抑制設備成本的觀點考量，係設在 $1000^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下為宜。此外，在未達 600°C 的溫度領域的平均昇溫速度雖然並未特別地規定，但是基於生產性的觀點考量，是設在 $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上為宜， 10°C 以上更好。

[0041] 又，上述感應加熱係可分割成複數階段來進行。此外，為了削減感應加熱的設備成本，雖然亦可在感應加熱之前，將利用輻射加熱對於鋼板所進行預熱，只應用在急速加熱溫度範圍而已，但是在這種情況下，基於防止回復的觀點考量，係將預熱溫度的上限設在 500°C 以下為宜。

[0042] 此處，為了要獲得本發明的效果，必須將感

應加熱的到達溫度(結束溫度)設在 720°C 以上。更好是在 735°C 以上。此外，電磁線圈式的感應加熱，其加熱效率將會在材料的磁性變態點附近急遽地下降，因此，預先將感應加熱爐設計成：可在磁性變態溫度附近，以較大的輸出能量來進行加熱為佳。感應加熱的到達溫度的上限，雖然並未特別地限制，但是基於抑制設備成本的觀點考量，係設在 780°C 程度為佳。

[0043] 其次，說明緊接在上述感應加熱之後的輻射加熱的條件。

上述的感應加熱結束之後，雖然是利用輻射加熱來進行加熱至既定的均熱溫度，但是，為了獲得本發明的效果，必須將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始的時間設在 8 秒以下。更好是在 5 秒以下，更優是在 3 秒以下。此外，基於保護感應加熱設備的觀點考量，高溫的輻射加熱爐係設置成較為遠離感應加熱裝置為宜，因此，如果不刻意地將設備做這樣的設計的話，將難以符合上述的條件。

[0044] 此外，基於利用急速加熱來產生 $\{110\}$ 方位粒和促進 $\{100\}$ 方位粒的再結晶之觀點考量，係將從感應加熱結束起迄輻射加熱開始之期間內的鋼板溫度不要降低到 700°C 以下為宜。這種條件，係在實際適用本發明之前，係先讓替身用鋼板通過退火爐，預先提高在感應加熱爐與輻射加熱爐之間的爐壁溫度，即可很容易達成。此外，利用輻射加熱來進行加熱的速度，基於促進再結晶的觀點考量，係設在 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上為宜。這種條件，只要是一

般的輻射加熱爐的話，都可很容易達成。此外，更好是在 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。

[0045] 又，本發明中所稱的「輻射加熱」係指：利用來自輻射管或電加熱器之類的發熱體的輻射，來對於鋼板進行加熱的方式，但是，只利用來自爐壁的輻射來進行加熱的這種加熱方式則被除外。雖然亦可採用：不使用輻射管或電加熱器之類的發熱體之加熱法，但是，如果考量到工業規模的生產性的話，還是以採用輻射管或電加熱器之類的發熱體之加熱法比較合乎實際。

[0046] 此外，利用輻射加熱來進行加熱的均熱溫度，係在 $740\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的範圍，均熱時間係設在 $1\sim 600$ 秒的範圍為宜。均熱溫度低於 740°C 的話，無法獲得良好的鐵損特性，均熱時間低於 1 秒的話，作業時的均熱溫度的管理變困難。另一方面，均熱溫度高於 1100°C 的話，將會發生多次揀起現象，均熱時間高於 600 秒的話，則會降低生產性。更好的均熱溫度是在 $900\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 的範圍，更好的均熱時間是在 $5\sim 120$ 秒的範圍。

[0047] 又，上述精製退火時的氣相氛圍，係採用：非氧化性氣相氛圍或者還原性氣相氛圍為宜，係採用例如：乾燥氫氣的氣相氛圍或 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 的比值為 0.1 以下的氫氣氫氣混合的氣相氛圍為宜，更好的 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 的比值是在 0.01 以下。

[0048] 上述精製退火後的鋼板，又可因應需求而塗敷絕緣披覆膜之後，製作成製品板。上述絕緣披覆膜，係

因應不同目的而可以採用：習知的有機、無機、有機暨無機混合披覆膜的任何一種。

[實施例]

[0049] 將具有表 1 所示的各種組成分之鋼胚料，以 1100°C 進行 30 分鐘的再加熱之後，進行精製軋軋結束溫度為 760°C 的熱軋而製作成板厚為 2.2mm 的熱軋鋼板，在 650°C 的溫度條件下進行捲取。接下來，以各種的均熱溫度條件實施或者不實施：保持 30 秒鐘的熱軋鋼板退火之後，進行酸洗，進行冷軋而製作成最終板厚為 0.5mm 的冷軋鋼板。又，最終冷軋前的鋼板的再結晶率，全部都是 100%。

然後，利用將電磁線圈式的感應加熱爐與輻射管式的輻射加熱爐組合在一起的連續退火設備，實施了 $950^{\circ}\text{C} \times 10$ 秒鐘的精製退火。在上述的感應加熱爐中，調整輸出能量與生產線速度，並且調整了在感應加熱爐中的到達溫度與到達輻射加熱開始之前的時間。又，從感應加熱結束起迄輻射加熱開始之前的溫度降低，全部都在 10°C 以內。又，感應加熱爐的氣相氛圍，係採用乾燥氮氣，緊接下來的輻射加熱爐的氣相氛圍，以體積%計，係 $\text{H}_2 : \text{N}_2 = 20 : 80$ 且露點為 -40°C ($P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2} = 0.001$) 的氣相氛圍，在輻射加熱爐中到達均熱溫度之前的平均昇溫速度是 $18^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 。然後，塗敷絕緣披覆膜而成為製品板。

[0050] 從以這種方法所製得的製品板採取出：

280mm×30mm 的艾普斯坦鐵損試驗片，利用依據日本工業規格 JIS C2550-1(2011)所制定的艾普斯坦鐵損試驗來測定磁力特性(鐵損 $W_{15/50}$ 、磁力線密度 B_{50})，將結果顯示於表 2。

從這個結果可得知：以相同的熱軋鋼板退火條件來進行比較的話，以本發明的製造方法所製造的鋼板，都是具有優異的磁力線密度與鐵損特性。尤其是將最終冷軋前組織的肥粒鐵粒徑設定在 $70\mu\text{m}$ 以下的情況下，磁力線密度 B_{50} 的提昇量特別大。

[0051]

[表1]

鋼 符號	化 學 成 分 (m a s s %)														備 考	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni	Cr	Ti	Nb	B	O	其他		
A	0.0021	1.34	0.21	0.05	0.0018	0.0005	0.0016	0.01	0.01	0.0007	0.0005	0.0001	0.0023	—	發明鋼	
B	0.0012	0.79	0.18	0.02	0.0012	0.62	0.0018	0.01	0.01	0.0008	0.0002	0.0001	0.0016	—	發明鋼	
C	0.0018	2.89	0.25	0.01	0.0008	0.0002	0.0014	0.01	0.02	0.0012	0.0004	0.0002	0.0031	—	發明鋼	
D	0.0013	1.06	1.05	0.01	0.0015	0.0003	0.0016	0.02	0.01	0.0014	0.0001	0.0001	0.0025	—	發明鋼	
E	0.0015	1.31	0.12	0.02	0.0016	0.0001	0.0019	0.41	0.02	0.0011	0.0003	0.0002	0.0026	—	發明鋼	
F	0.0014	1.26	0.28	0.01	0.0013	0.0004	0.0016	0.01	0.83	0.0015	0.0005	0.0002	0.0021	—	發明鋼	
G	0.0009	1.32	0.18	0.06	0.0056	0.0002	0.0011	0.02	0.02	0.0005	0.0005	0.0001	0.0026	—	比較鋼	
H	0.0012	1.28	0.21	0.06	0.0016	0.0003	0.0058	0.01	0.01	0.0006	0.0003	0.0001	0.0024	—	比較鋼	
I	0.0015	1.33	0.22	0.04	0.0011	0.0001	0.0008	0.01	0.02	0.0004	0.0007	0.0002	0.0062	—	比較鋼	
J	0.0016	1.32	0.18	0.03	0.0012	0.0002	0.0013	0.01	0.01	0.0066	0.0004	0.0001	0.0028	—	比較鋼	
K	0.0011	1.24	0.28	0.05	0.0018	0.0001	0.0019	0.01	0.01	0.0002	0.0055	0.0001	0.0031	—	比較鋼	
L	0.0017	1.36	0.31	0.06	0.0016	0.0004	0.0015	0.02	0.01	0.0011	0.0002	0.0067	0.0038	—	比較鋼	
M	0.0013	1.53	0.18	0.04	0.0018	0.0063	0.0017	0.01	0.02	0.0008	0.0002	0.0018	0.0019	—	發明鋼	
N	0.0016	1.41	0.25	0.02	0.0012	0.0003	0.0013	0.01	0.01	0.0012	0.0003	0.0002	0.0028	Sn:0.031	發明鋼	
O	0.0013	1.36	0.24	0.03	0.0014	0.0006	0.0009	0.02	0.01	0.0009	0.0001	0.0003	0.0019	Sb:0.028	發明鋼	
P	0.0014	1.31	0.23	0.05	0.0008	0.0004	0.0012	0.01	0.01	0.0008	0.0005	0.0001	0.0019	Ca:0.0035	發明鋼	
Q	0.0015	1.35	0.21	0.04	0.0009	0.0005	0.0016	0.01	0.01	0.0005	0.0002	0.0001	0.0026	Mg:0.0013	發明鋼	
R	0.0011	1.38	0.26	0.06	0.0013	0.0003	0.0015	0.01	0.01	0.0013	0.0003	0.0002	0.0033	REM:0.0038	發明鋼	

[0052]

[表2]

鋼板 No.	鋼 符號	熱軋鋼板 退火溫度 (°C)	最終冷軋前 肥粒鐵粒徑 (μm)	精製退火條件			磁力特性		備考
				600~700°C 間的平均 加熱速度 (°C/sec)	感應加熱的 到達溫度 (°C)	感應加熱— 輻射加熱間 的遷移時間 (sec)	鐵損 W _{15/50} (W/kg)	磁力線 密度 B ₅₀ (T)	
1	A	無	25	20	740	2	3.83	1.706	比較例
2	A	無	25	60	740	2	3.74	1.715	發明例
3	A	無	25	120	740	2	3.65	1.728	發明例
4	A	無	25	200	740	2	3.61	1.732	發明例
5	A	無	25	200	725	2	3.72	1.721	發明例
6	A	無	25	200	710	2	3.81	1.709	比較例
7	A	無	25	200	740	4	3.69	1.718	發明例
8	A	無	25	200	740	9	3.82	1.707	比較例
9	A	850	67	20	740	2	3.72	1.718	比較例
10	A	850	67	200	740	2	3.62	1.735	發明例
11	A	920	89	20	740	2	3.64	1.726	比較例
12	A	920	89	200	740	2	3.58	1.738	發明例
13	B	無	31	20	740	2	3.64	1.693	比較例
14	B	無	31	200	740	2	3.52	1.719	發明例
15	B	830	65	20	740	2	3.59	1.702	比較例
16	B	830	65	200	740	2	3.51	1.721	發明例
17	B	930	95	20	740	2	3.48	1.715	比較例
18	B	930	95	200	740	2	3.43	1.723	發明例
19	C	840	63	20	740	2	2.65	1.692	比較例
20	C	840	63	200	740	2	2.59	1.710	發明例
21	D	無	28	20	740	2	3.81	1.709	比較例
22	D	無	28	200	740	2	3.64	1.732	發明例
23	E	無	24	20	740	2	3.76	1.715	比較例
24	E	無	24	200	740	2	3.59	1.736	發明例
25	F	無	24	20	740	2	3.24	1.691	比較例
26	F	無	24	200	740	2	3.18	1.715	發明例
27	G	無	16	200	740	2	4.32	1.703	比較例
28	H	無	15	200	740	2	4.21	1.705	比較例
29	I	無	18	200	740	2	4.18	1.706	比較例
30	J	無	14	200	740	2	4.45	1.689	比較例
31	K	無	16	200	740	2	4.41	1.691	比較例
32	L	無	13	200	740	2	4.56	1.707	比較例
33	M	無	28	200	740	2	3.63	1.729	發明例
34	N	無	26	200	740	2	3.58	1.745	發明例
35	O	無	28	200	740	2	3.56	1.742	發明例
36	P	無	33	200	740	2	3.43	1.731	發明例
37	Q	無	32	200	740	2	3.48	1.730	發明例
38	R	無	31	200	740	2	3.45	1.728	發明例

申請專利範圍

1. 一種無方向性電磁鋼板的製造方法，係將含有：
C：0.0050 質量%以下、Si：5.0 質量%以下、Mn：3.0 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、Al：3.0 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Ni：3.0 質量%以下、Cr：5.0 質量%以下、Ti：0.005 質量%以下、Nb：0.005 質量%以下、B：0.005 質量%以下以及 O：0.005 質量%以下，其餘部分是 Fe 以及不可避免的雜質之組成分的鋼胚料進行熱軋，並且實施熱軋鋼板退火或者不實施熱軋鋼板退火，而且實施冷軋、精製退火的無方向性電磁鋼板的製造方法，其特徵為：

將上述精製退火時的加熱，採用：先以感應加熱進行加熱之後，再以輻射加熱進行加熱之兩段式加熱，

並且上述感應加熱係加熱到 720℃ 以上，此時，以在 600～700℃ 之間的平均昇溫速度為 50℃/秒以上的方式進行加熱，

並且將從上述感應加熱結束起迄輻射加熱開始的期間設定在 8 秒以下。

2. 如請求項 1 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，上述鋼胚料係除了上述組成分之外，又含有從 Sn：0.005～0.20 質量%及 Sb：0.005～0.20 質量%之中所選出的一種或兩種。

3. 如請求項 1 或請求項 2 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，上述鋼胚料係除了上述組成分之外，

又含有從 Ca：0.0001～0.010 質量%、Mg：0.0001～0.010 質量%以及稀土金屬(REM)：0.0001～0.010 質量%之中所選出的一種或兩種以上。

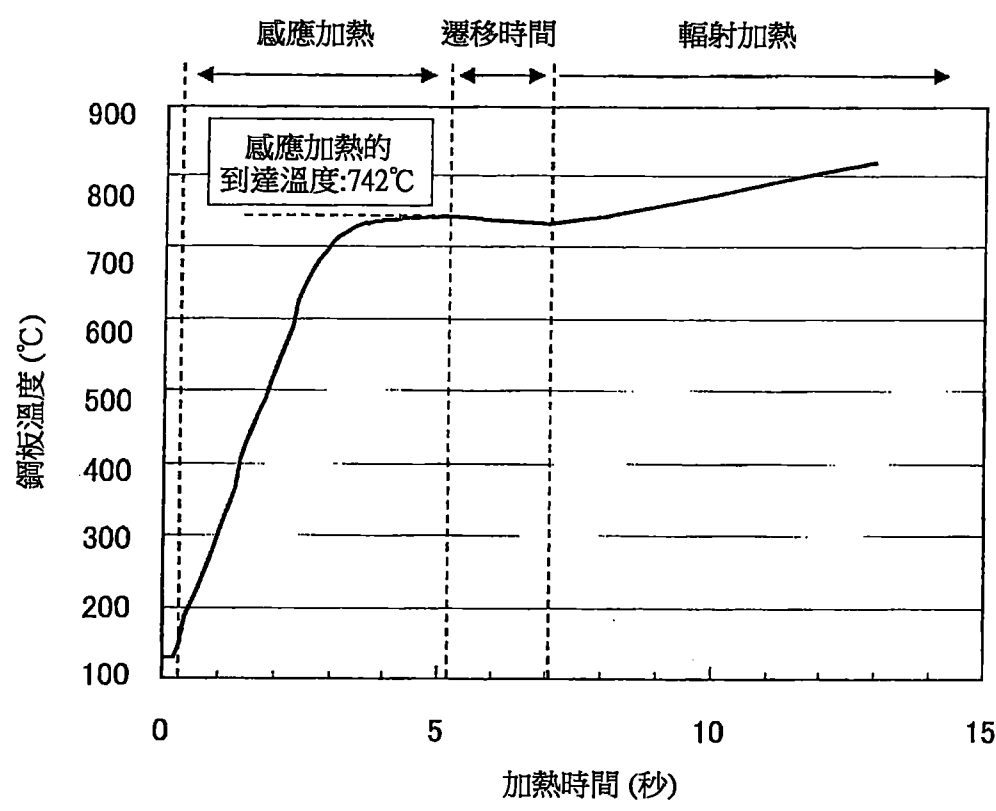
4. 如請求項 1 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，係將上述冷軋時的最終冷軋前的鋼板組織的肥粒鐵粒徑設定在 70 μ m 以下。

5. 如請求項 2 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，係將上述冷軋時的最終冷軋前的鋼板組織的肥粒鐵粒徑設定在 70 μ m 以下。

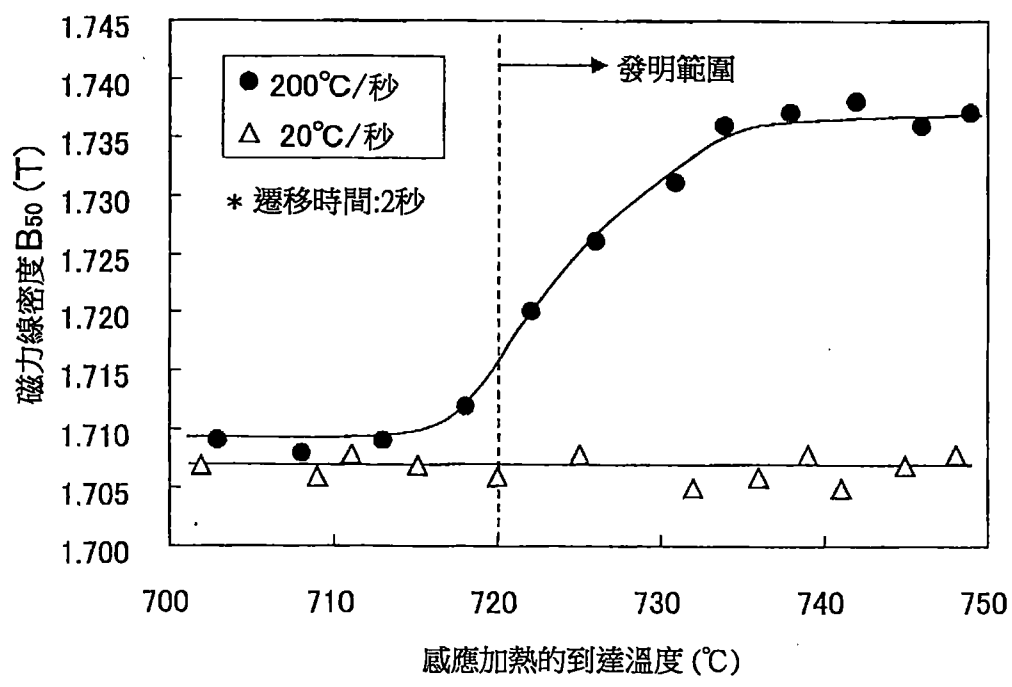
6. 如請求項 3 所述的無方向性電磁鋼板的製造方法，其中，係將上述冷軋時的最終冷軋前的鋼板組織的肥粒鐵粒徑設定在 70 μ m 以下。

圖式

第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖

