



(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 I499677 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：101129951

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 08 月 17 日

(51)Int. Cl. :	<i>C22C38/04</i> (2006.01)	<i>C22C38/06</i> (2006.01)
	<i>C22C38/14</i> (2006.01)	<i>C22C33/08</i> (2006.01)
	<i>C22C33/00</i> (2006.01)	<i>H01F1/16</i> (2006.01)
	<i>H02K1/02</i> (2006.01)	<i>H02K15/02</i> (2006.01)

(30)優先權：2011/08/18	日本	2011-179111
2011/08/18	日本	2011-179081

(71)申請人：新日鐵住金股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：藤倉昌浩 FUJIKURA, MASAHIRO (JP)；牛神義行 USHIGAMI, YOSHIYUKI (JP)；村川鐵州 MURAKAWA, TESSHU (JP)；金尾真一 KANAO, SHINICHI (JP)；安宅誠 ATAKE, MAKOTO (JP)；市江毅 ICHIE, TAKERU (JP)；堀紘二郎 HORI, KOJIRO (JP)；松井伸一 MATSUI, SHINICHI (JP)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

JP 2007-39721A

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：0 共 34 頁

(54)名稱

無方向性電磁鋼板、其製造方法、馬達鐵心用積層體及其製造方法

(57)摘要

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 的含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93) / ([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下。金屬組織的母相係肥粒鐵相，且金屬組織不含未再結晶組織。構成肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 10 μ m 以上且 200 μ m 以下。含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 10 個/ μ m³ 以上的密度存在於肥粒鐵粒內。析出物的平均粒徑係 0.002 μ m 以上且 0.2 μ m 以下。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：101129951

※申請日：101.8.17

※IPC分類：C22C 38/04, 38/06, 38/08, 38/14
33/00

一、發明名稱：(中文/英文)

H01F 1/16

H02K 1/02, 15/02

無方向性電磁鋼板、其製造方法、馬達鐵心用積層體及其製造方法

二、中文發明摘要：

當將Ti、V、Zr、Nb、C的含量(質量%)分別以[Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C]表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93) / ([C]/12)$ 」所表示的參數Q的值係0.9以上且1.1以下。金屬組織的母相係肥粒鐵相，且金屬組織不含未再結晶組織。構成肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係10 μm 以上且200 μm 以下。含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素之析出物係以10個/ μm^3 以上的密度存在於肥粒鐵粒內。析出物的平均粒徑係0.002 μm 以上且0.2 μm 以下。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (無) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

發明領域

[0001]本發明係有關於適宜用於電氣機器的鐵心材料之無方向性電磁鋼板及其製造方法等。

【先前技術】

發明背景

[0002]近年來，作為電動汽車及混合車等的驅動馬達，使用之高速旋轉且相較下容量較大的馬達正持續增加。因此，要求用於驅動馬達之鐵心材料要有較商業使用頻率高，即數100Hz～數kHz之範圍下的低鐵損化。又，因用於轉子的鐵心要能耐離心力及應力變動，故亦要求所需之機械強度。且亦有於汽車驅動馬達以外所用之鐵心材料要求所述之要求的情況。

[0003]習知，已提案有圖謀降低鐵損及/或提升強度等之技術(專利文獻1～12)。

[0004]但，要以該等技術來達成兼具降低鐵損及提升強度是困難的。而且，實際上亦有難以製造無方向性電磁鋼板的情況。

先行技術文獻

專利文獻

[0005]專利文獻1：日本特開平02-008346號公報

專利文獻2：日本特開平06-330255號公報

專利文獻3：日本特開2006-009048號公報

專利文獻 4：日本特開 2006-070269 號公報

專利文獻 5：日本特開平 10-018005 號公報

專利文獻 6：日本特開 2004-084053 號公報

專利文獻 7：日本特開 2004-183066 號公報

專利文獻 8：日本特開 2007-039754 號公報

專利文獻 9：日本特開平 10-88298 號公報

專利文獻 10：國際公開第 2009/128428 號

專利文獻 11：日本特開 2003-105508 號公報

專利文獻 12：日本特開平 11-229094 號公報

【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

[0006]本發明的目的在於提供可達成兼具降低鐵損及提升強度之無方向性電磁鋼板及其製造方法等。

用以欲解決課題之手段

[0007]本發明為為解決上述問題而成者，其要旨如下。

[0008](1) 一種無方向性電磁鋼板，其特徵在於：

以質量%計含有：

C：大於 0.01% 且 0.05% 以下、

Si：2.0% 以上且 4.0% 以下、

Mn：0.05% 以上且 0.5% 以下、及

Al：0.01% 以上且 3.0% 以下；

並且更含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素；且

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下；

含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 $10\text{個}/\mu\text{m}^3$ 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。

[0009](2) 如(1)記載之無方向性電磁鋼板，其以質量%計更含有由：

N：0.001%以上且0.004%以下、

Cu：0.5%以上且1.5%以下、及

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

[0010](3) 如(1)或(2)記載之無方向性電磁鋼板，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

[0011](4) 一種無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有下述步驟：

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

對已加熱至 1100°C 以上且 1330°C 以下之溫度的扁胚進行熱軋而獲得熱軋鋼板之步驟；

進行前述熱軋鋼板之冷軋而獲得冷軋鋼板之步驟；及
以 850°C 以上且 1100°C 以下之溫度對前述冷軋鋼板進行完工退火之步驟；

前述扁胚以質量%計含有：

C：大於 0.01% 且 0.05% 以下、

Si：2.0% 以上且 4.0% 以下、

Mn：0.05% 以上且 0.5% 以下、及

Al：0.01% 以上且 3.0% 以下；

並且更含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下。

[0012](5) 如 (4) 記載之無方向性電磁鋼板之製造方法，其中前述扁胚以質量%計更含有由：

N：0.001% 以上且 0.004% 以下、

Cu：0.5% 以上且 1.5% 以下、及

Sn：0.05% 以上且 0.5% 以下所構成群組中之至少一種元素。

[0013](6) 如 (4) 或 (5) 記載之無方向性電磁鋼板之製造

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

方法，其於進行前述冷軋之步驟前，具有對前述熱軋鋼板進行熱軋板退火之步驟。

[0014](7) 一種馬達鐵心用積層體，其特徵在於具有業已互相積層之複數的無方向性電磁鋼板；

前述無方向性電磁鋼板以質量%計含有：

C：大於0.01%且0.05%以下、

Si：2.0%以上且4.0%以下、

Mn：0.05%以上且0.5%以下、及

Al：0.01%以上且3.0%以下；

並且更含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由Fe及不可避免的雜質所構成；

當將Ti、V、Zr、Nb、C之含量(質量%)分別以[Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C]表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數Q的值係0.9以上且1.1以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係10 μm 以上且200 μm 以下；

含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素之析出物係以10個/ μm^3 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係0.002 μm 以上且0.2 μm 以下。

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

[0015](8) 如(7)記載之馬達鐵心用積層體，其中前述無方向性電磁鋼板以質量%計更含有由：

N：0.001%以上且0.004%以下、

Cu：0.5%以上且1.5%以下、及

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

[0016](9) 如(7)或(8)記載之馬達鐵心用積層體，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

[0017](10) 一種馬達鐵心用積層體之製造方法，其特徵在於具有下述步驟：

互相積層複數的無方向性電磁鋼板而獲得積層體之步驟；及

在均熱溫度400°C以上且800°C以下、均熱時間2分鐘以上且10小時以下、且從前述均熱溫度起至300°C為止的平均冷卻速度為0.0001°C/sec以上且0.1°C/sec以下之條件下對前述積層體進行退火之步驟；

前述無方向性電磁鋼板以質量%計含有：

C：大於0.01%且0.05%以下、

Si：2.0%以上且4.0%以下、

Mn：0.05%以上且0.5%以下、及

Al：0.01%以上且3.0%以下；

並且更含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下；

含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 $10\text{個}/\mu\text{m}^3$ 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。

[0018](11) 如(10)記載之馬達鐵心用積層體之製造方法，其中前述無方向性電磁鋼板以質量%計更含有由：

N：0.001%以上且0.004%以下、

Cu：0.5%以上且1.5%以下、及

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

[0019](12) 如(10)或(11)記載之馬達鐵心用積層體之製造方法，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

[0020]根據本發明，因有適宜地規定無方向性電磁鋼板的組成及組織，故可達成兼具降低鐵損及提升強度。

【實施方式】

用以實施發明之形態

[0021]首先，就本發明實施形態之無方向性電磁鋼板及其製造方法作說明。

[0022]本實施形態之無方向性電磁鋼板具有預定組成，金屬組織的母相係肥粒鐵相，且金屬組織不含未再結晶組織。又，構成肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下；含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 $10\text{個}/\mu\text{m}^3$ 以上的密度存在於肥粒鐵粒內；且析出物的平均粒徑係 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。藉由所述構成可達成兼俱降低鐵損及提升強度。結果可對馬達的高效率化等有很大的幫助。

[0023]又，於本實施形態之無方向性電磁鋼板的製造方法中，係對已加熱至 1100°C 以上且 1330°C 以下且具有預定組成之扁胚進行熱軋而得熱軋鋼板。接著，進行熱軋鋼板之冷軋而得冷軋鋼板。然後，對冷軋鋼板進行完工退火。

[0024]在此，就無方向性電磁鋼板的組成作說明。以下，含量單位之「%」係意指「質量%」。又，因扁胚的組成係直接承襲無方向性電磁鋼板，因此在此說明之無方向性電磁鋼板的組成亦為用於其製造之扁胚的組成。例如，本實施形態之無方向性電磁鋼板含有C：大於0.01%且0.05%以下、Si：2.0%以上且4.0%以下、Mn：0.05%以上且0.5%以下、及Al：0.01%以上且3.0%以下，並且更含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素。又，無

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

方向性電磁鋼板的剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；且當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下。

[0025]<C：大於 0.01% 且 0.05% 以下>

C 會與 Ti、V、Zr 及 Nb 形成微細的析出物。而該微細的析出物可有助於鋼的強度提升。當 C 含量在 0.01% 以下，則無法獲得充足量的析出物來提升強度。當 C 含量超過 0.05%，則易析出粗大的析出物。而粗大的析出物難對強度提升有益。又，若析出粗大的析出物，則鐵損易劣化。因此，設 C 含量為大於 0.01% 且 0.05% 以下。又，C 含量以 0.02% 以上為佳，且宜為 0.04% 以下。

[0026]<Si：2.0% 以上且 4.0% 以下>

Si 可提升鋼的比電阻而降低鐵損。當 Si 含量低於 2.0%，則無法充分獲得該效果。當 Si 含量超過 4.0%，則鋼會脆化，而難以軋延。因此，設 Si 含量為 2.0% 以上且 4.0% 以下。又，Si 含量宜為 3.5% 以下。

[0027]<Mn：0.05% 以上且 0.5% 以下>

Mn 與 Si 一樣，可提升鋼的比電阻而降低鐵損。又，Mn 會使硫化物粗大化並使其無害化。當 Mn 含量低於 0.05%，則無法充分獲得該效果。當 Mn 含量超過 0.5%，則磁束度會降低，或易於冷軋時發生破裂。又，成本的提升亦會顯著。因此，設 Mn 含量為 0.05% 以上且 0.5% 以下。又，Mn 含量宜

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日
為 0.1% 以上，且以 0.3% 以下為佳。

[0028]<Al：0.01% 以上且 3.0% 以下>

Al 與 Si 一樣，可提升鋼的比電阻而降低鐵損。又，Al 可作為脫氧材發揮作用。當 Al 含量低於 0.01%，則無法充分獲得該效果。當 Al 含量超過 3.0%，則鋼會脆化，而難以軋延。因此，設 Al 含量為 0.01% 以上且 3.0% 以下。又，Al 含量宜為 0.3% 以上，且以 2.0% 以下為佳。

[0029]<Ti、V、Zr、Nb>

Ti、V、Zr 及 Nb 會與 C 及/或 N 形成微細的析出物。而該析出物可有助於鋼的強度提升。當參數 Q 的值低於 0.9，則因相對於 Ti、V、Zr 及 Nb，C 係過剩的，而於完工退火後 C 以固溶狀態存於鋼板內的傾向會變強。當 C 以固溶狀態存在時，易發生磁時效。當參數 Q 的值超過 1.1，則因相對於 Ti、V、Zr 及 Nb，C 為不足，而難以獲得微細的析出物，故無法得到所要的強度。因此，設參數 Q 的值為 0.9 以上且 1.1 以下。又，參數 Q 的值含量以 0.95 以上為佳，且宜為 1.05 以下。

[0030]本實施形態的無方向性電磁鋼板進而亦可含有由 N：0.001% 以上且 0.004% 以下、Cu：0.5% 以上且 1.5% 以下、及 Sn：0.05% 以上且 0.5% 以下所構成群組中之至少一種元素。

[0031]<N：0.001% 以上且 0.004% 以下>

N 與 C 同樣地，會與 Ti、V、Zr 及 Nb 形成微細的析出物。而該微細的析出物可有助於鋼的強度提升。當 N 含量低於 0.001%，則無法獲得充足量的析出物來提升強度。因此，

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

設 N 含量為 0.001% 以上。當 N 含量超過 0.004%，則易析出粗大的析出物。因此，設 N 含量為 0.004% 以下。

[0032]<Cu：0.5% 以上且 1.5% 以下>

本發明人等發現，若使鋼中含有 Cu，則易析出微細之含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中至少一種析出物。而該微細的析出物可有助於鋼的強度提升。當 Cu 含量低於 0.5%，則無法充分獲得該效果。因此，設 Cu 含量為 0.5% 以上。又，Cu 含量又以 0.8% 以上為佳。當 Cu 含量超過 1.5%，則鋼易脆化。因此，設 Cu 含量為 1.5% 以下。又，Cu 含量又以 1.2% 以下為佳。

[0033]雖然並無明確的理由說當鋼中含有 Cu 時會析出上述微細的析出物，但本發明者推定其原因為於基質內產生 Cu 局部濃度分布，而成為碳化物的析出點。因此，當於使上述析出物析出時，沒析出 Cu 亦可。另一方面，Cu 的析出物可有助於無方向性電磁鋼板的強度提升。因此，即使析出 Cu 亦可。

[0034]<Sn：0.05% 以上且 0.5% 以下>

本發明人等發現，若使鋼中含有 Sn，則易析出微細之含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中至少一種析出物。而該微細的析出物可有助於鋼的強度提升。當 Sn 含量低於 0.05%，則無法充分獲得該效果。因此，Sn 含量宜為 0.05% 以上。又，Sn 含量又以 0.08% 以上為佳。當 Sn 含量超過 0.5%，則鋼易脆化。因此，設 Sn 含量為 0.5% 以下。又，Sn 含量又以 0.2% 以下為佳。

[0035]<其他成分>

亦可含有 0.5% 且 5% 以下之 Ni、0.005% 以上且 0.1% 以下之 P。Ni 及 P 可有助於鋼板的固溶硬化等。

[0036]接著，就無方向性電磁鋼板的金屬組織作說明。

[0037]如同上述，本實施形態的無方向性電磁鋼板的金屬組織的母相(Matrix：基質)係肥粒鐵相，且金屬組織不含未再結晶組織。雖然未再結晶組織可提升強度，但另一方面卻會顯著地使鐵損劣化。又，當構成肥粒鐵相的肥粒鐵粒的平均粒徑少於 10 μm ，磁滯損失會變高。而當肥粒鐵粒的平均粒徑超過 200 μm ，細粒硬化的效果就會顯著地降低。因此，設肥粒鐵粒的平均粒徑為 10 μm 以上且 200 μm 以下。又，肥粒鐵粒的平均粒徑以 30 μm 以上為佳，且以 100 μm 以下更佳。並且肥粒鐵粒的平均粒徑以 60 μm 以下為佳。

[0038]本實施形態中，於肥粒鐵粒內係存在有含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物。該析出物越小，且該析出物個數密度越高，則越可獲得高強度。並且，以磁性觀點來看析出物的大小係很重要的。例如，析出物的直徑比磁壁的厚度小時，可防止因磁壁移動的釘扎而造成之磁滯損失的劣化(增加)。當析出物的平均粒徑超過 0.2 μm ，則無法充分獲得該等效果。因此，設析出物的平均粒徑為 0.2 μm 以下。而該平均粒徑宜為 0.1 μm 以下，又以 0.05 μm 以下為佳，以 0.01 μm 以下更佳。

[0039]此外，雖然純鐵的磁壁理論上的厚度從交換能量及異方向性能量來預測為 0.1 μm 左右，但實際磁壁的厚度係

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

會因所形成磁壁的方位而變化。又，如同無方向性電磁鋼板，當含有 Fe 以外的元素時，磁壁的厚度亦會因其種類及量等受到影響。而以該觀點可推測析出物的平均粒徑以 0.2 μm 以下係妥當的。

[0040]當析出物的平均粒徑少於 0.002 μm (2nm)時，機械強度的提升效果會飽和。而且，在低於 0.002 μm 的範圍內控制析出物的平均粒徑係困難的。因此，設析出物的平均粒徑為 0.002 μm 以上。

[0041]又，析出物的個數密度越高，越可得到高強度；而當肥粒鐵粒內之析出物的個數密度低於 10 個/ μm^3 ，則難以會得所欲之強度。因此，設析出物的個數密度為 10 個/ μm^3 以上。該個數密度宜為 1000 個/ μm^3 以上，又以 10000 個/ μm^3 以上為佳，以 100000 個/ μm^3 以上更佳，更以 1000000 個/ μm^3 以上為佳。

[0042]接著，就無方向性電磁鋼板的製造方法作說明。於本實施形態中，如同上述，對已加熱至 1100 $^{\circ}\text{C}$ 以上且 1330 $^{\circ}\text{C}$ 以下之扁胚進行熱軋可得熱軋鋼板。接著，進行熱軋鋼板之冷軋而得冷軋鋼板。然後，對冷軋鋼板進行完工退火。

[0043]以熱軋來說，藉由加熱先使扁胚中所含之包含 Ti、V、Zr 及/或 Nb 的析出物固溶，並在其之後的降溫過程中，析出微細之包含 Ti、V、Zr 及/或 Nb 的析出物。當加熱溫度低於 1100 $^{\circ}\text{C}$ ，係難以使包含 Ti、V、Zr 及/或 Nb 的析出物充分地固溶。若加熱溫度高於 1330 $^{\circ}\text{C}$ ，則恐有在加熱中

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

扁胚會變形、或產生渣之虞。因此，設加熱溫度為 1100°C 以上且 1330°C 以下。加熱溫度宜為 1150°C 以上，又以 1300°C 以下為佳。

[0044]以熱軋來說，例如係進行粗軋延及完工軋延。完工軋延的結束溫度(完工溫度)宜為 750°C 以上且 850°C 以下，且完工軋延後之捲取時的溫度(捲取溫度)宜為 600°C 以係。其係因皆可盡量析出微細之包含Ti、V、Zr及/或Nb的析出物。

[0045]熱軋鋼板的厚度並無特別限制。但，要將熱軋鋼板的厚度製成低於 1.6mm 以下係很不容易的，並且亦會牽扯到生產性的降低。另一方面，若熱軋鋼板的厚度為 2.7mm ，則必然會產生在其之後的冷軋中軋縮率過剩地提高之情況。而在冷軋中軋縮率過剩地高的情況下，無方向性電磁鋼板的集合組織會劣化而有磁性(磁束密度、鐵損)劣化的之情形。因此，熱軋鋼板宜為 1.6mm 以上且 2.7mm 以下。

[0046]冷軋可只進行1次，亦可於中間退火之間進行2次以上。冷軋中最後的軋縮率宜為 60% 以下且 90% 以下。其係因可使完工退火的無方向性電磁鋼板的金屬組織更加良好，而可獲得高磁束密度及低鐵損之故。又，進行中間退火時，其溫度宜為 900°C 以上且 1100°C 以下。其係因可使金屬組織更加良好。最後軋縮率以 65% 以上為佳，且以 82% 以下更佳。

[0047]完工退火的均熱溫度宜為 850°C 以上，且均熱時

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日
間宜為 20 秒以上。其係因可使無方向性電磁鋼板的肥粒鐵粒的平均粒徑在 10 μ m 以上，並使其更佳良好。

[0048] 又，若完工退火的均熱溫度高於 1100 $^{\circ}$ C，則於冷軋鋼板中析出之微細之包含 Ti、V、Zr 及/或 Nb 的析出物會固溶，而之後不在結晶粒內而在結晶粒界析出的傾向會變強。因此，完工退火的均熱溫度宜為 1100 $^{\circ}$ C 以下。又，若均熱時間超過 2 分鐘，則生產性會顯著地降低。因此，均熱時間宜為 2 分鐘以下。

[0049] 又，亦可於進行冷軋前進行熱軋鋼板的退火，亦即熱軋板退火。藉由適切地進行熱軋板退火，可使無方向性電磁鋼板的集合組織更適宜，而可獲得更佳優異的磁束密度。當熱軋板退火的均熱溫度低於 850 $^{\circ}$ C 及均熱時間少於 30 秒時，係難以使集合組織更加適宜。而若均熱溫度超過 1100 $^{\circ}$ C，則於冷軋鋼板中析出之微細之包含 Ti、V、Zr 及/或 Nb 的析出物會固溶，而之後不在結晶粒內而在結晶粒界析出的傾向會變強。若均熱時間超過 5 分鐘，則生產性會顯著地降低。因此，均熱時間宜為 2 分鐘以下。因此，熱軋板退火的均熱溫度宜為 850 $^{\circ}$ C 以上且 1100 $^{\circ}$ C 以下，而均熱時間宜為 30 秒以上且 5 分鐘以下。

[0050] 依所述之方法可製造本實施形態之無方向性電磁鋼板。而且，依所述方式所製造出的無方向性電磁鋼板係備有上述的金屬組織，且可獲得高強度及低鐵損。亦即，於熱軋時會生成上述的析出物，且於完工退火時，會產生再結晶而生成上述的肥粒鐵相。又，亦可於完工退火後

因應需求形成絕緣皮膜。

[0051]接著，就使用本實施形態之無方向性電磁鋼板所構成之馬達鐵心用積層體作說明。

[0052]該馬達鐵心用積層體中含有複數本實施形態之無方向性電磁鋼板。該馬達鐵心用積層體，例如可藉由以衝孔等之方法將複數無方向性電磁鋼板製成所欲之形狀，並積層、填隙等之方法來固定而獲得。因含有無方向性電磁鋼板，故該馬達鐵心用積層體的鐵損低，且機械強度高。

[0053]馬達鐵心用積層體亦可於如上述般之固定結束後完成。又，亦可於上述固定後，在均熱溫度 400°C 以上且 800°C 以下、均熱時間2分鐘以上且10小時以下、且從前述均熱溫度起至 300°C 為止的平均冷卻速度為 $0.0001^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上且 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以下之條件下進行退火，並於所述之退火結束後完成。藉由進行所述之退火，因析出物的析出而可使強度更加提升。

[0054]當該退火的均熱溫度低於 400°C 時，及均熱時間少於2分鐘時，係難以充分地使析出物析出。當均熱溫度超過 800°C 時，及均熱時間超過10小時時，則能量的消耗量會變大、或易傷到爐輓等之附帶設備，且成本會顯著地上升。進而，亦有因析出粗大的析出物，而難以使強度充分地上升之情況。因此，宜將均熱溫度設為 400°C 以上且 800°C 以下，而均熱時間宜設為2分鐘以上且10小時以下。又，均熱溫度宜為 500°C 以上，均熱時間宜為10分鐘以上。若從均熱溫度起至 300°C 為止的平均冷卻速度低於 $0.0001^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 時，

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

易析出粗大的碳化物。而若該平均冷卻速度超過 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 時，則難以使析出物充分地析出。因此，宜將從均熱溫度起至 300°C 為止的平均冷卻速度設為 $0.0001^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上且 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以下。

實施例

[0055]接著，就本發明者所進行的實驗做說明。該等實驗中的條件等係用以確認本發明的實施可能性及效果而採用之例，本發明並不限於該等例。

[0056](實驗例1)

首先，將表1所示之各種組成的鋼以真空溶解來熔製。接著，對所得的扁胚以 1250°C 加熱1小時。之後，對已加熱至 1250°C 之溫度的扁胚進行熱軋而得到熱軋鋼板。熱軋鋼板(熱軋板)的厚度為 2.0mm 。然後，對熱軋鋼板進行酸洗。且進行熱軋鋼板之冷軋而獲得冷軋鋼板。冷軋鋼板(冷軋板)的厚度係 0.35mm 。接著，對冷軋鋼板進行完工退火。完工退火係令均熱溫度為 1000°C 、均熱時間為30秒。依上述而製得各種無方向性電磁鋼板。之後，就各無方向性電磁鋼板進行金屬組織的觀察。金屬組織的觀察，例如係進行粒徑測定(JIS G 0552)及析出物的觀察。又，自各無方向性電磁鋼板切出JIS5號試驗片，並測定其機械特性。進而，自各無方向性電磁鋼板切出 $55\text{mm}\times 55\text{mm}$ 的試驗片，以單板磁性試驗法(JIS C 2556)測定其磁性。磁性特性係測定於頻率數為 400Hz 、最大磁束密度為 1.0T 之條件下的鐵損(W10/400)。又，為了可看到磁性時效的影響，亦於 200°C

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日
且 1 天的時效處理後測定鐵損(W10/400)。亦即，就各無方向性電磁鋼板，於時效處理前後測定鐵損(W10/400)。並將該等結果示於表 2。

第 101129951 號專利申請案說明書替換本

修正日期：103 年 10 月 8 日

[0057] 表 1

鋼 No.	成分 (質量%)													參數 Q
	C	Si	Mn	Al	Ti	V	Zr	Nb	N	Cu	Sn			
A1	0.0110	2.9	0.2	0.7	0.0020	0.0020	0.0020	0.0800	—	—	—	—	1.05	
A2	0.0480	2.9	0.2	0.7	0.1800	0.0020	0.0020	0.0500	—	—	—	—	1.09	
A3	0.0350	2.1	0.2	0.7	0.0500	0.0020	0.0020	0.1800	—	—	—	—	1.04	
A4	0.0360	3.8	0.2	0.7	0.0500	0.0020	0.0020	0.1800	—	—	—	—	1.01	
A5	0.0370	2.9	0.07	0.7	0.0500	0.0020	0.0020	0.1800	—	—	—	—	0.99	
A6	0.0360	2.9	0.5	0.7	0.0500	0.0020	0.0020	0.1800	—	—	—	—	1.01	
A7	0.0360	2.9	0.2	0.05	0.0500	0.0020	0.0020	0.1800	—	—	—	—	1.01	
A8	0.0300	2.9	0.3	2.5	0.0410	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.05	
A9	0.0300	2.9	0.3	0.7	0.0300	0.0020	0.0020	0.1500	—	—	—	—	0.92	
A10	0.0300	2.9	0.2	0.8	0.0450	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.09	
A11	0.0300	2.9	0.3	0.6	0.0020	0.0020	0.0020	0.2300	—	—	—	—	1.03	
A12	0.0290	2.9	0.3	0.6	0.0020	0.0020	0.2200	0.0020	—	—	—	—	1.04	
A13	0.0290	2.9	0.3	0.7	0.0020	0.1200	0.0020	0.0020	—	—	—	—	1.01	
A14	0.0300	2.9	0.3	0.7	0.1100	0.0020	0.0020	0.0020	—	—	—	—	0.95	
A15	0.0290	2.9	0.3	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	0.0030	—	—	—	1.08	
A16	0.0300	2.9	0.3	0.7	0.0410	0.0020	0.0020	0.1600	—	0.5000	—	—	1.05	
A17	0.0310	2.9	0.3	0.7	0.0420	0.0020	0.0020	0.1600	—	1.1000	—	—	1.03	
A18	0.0310	2.9	0.2	0.7	0.0390	0.0020	0.0020	0.1600	—	1.4000	—	—	1.00	
A19	0.0300	2.9	0.2	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	0.0900	—	1.05	
B1	0.0020	2.9	0.3	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	15.69	
B2	0.1000	2.9	0.3	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	0.31	
B3	0.0300	1.5	0.3	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.05	
B4	0.0330	4.4	0.3	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	0.95	
B5	0.0290	2.9	0.03	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.08	
B6	0.0310	2.9	0.9	0.7	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.01	
B7	0.0290	2.9	0.3	0.005	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.08	
B8	0.0300	2.9	0.3	3.5	0.0400	0.0020	0.0020	0.1600	—	—	—	—	1.05	

[0058] 表 2

條件 No.	鋼 No.	金屬組織				析出物		機械特性 拉伸強度 (MPa)	磁性特性		備考
		未再結晶組織 面積率 (%)	肥粒鐵相 平均粒徑 (μm)	平均粒徑 (μm)	個數密度 (個/μm ³)	主要析出物 的種類	時效處理前 W10/400 (W/kg)		時效處理後 W10/400 (W/kg)		
C1	A1	0	72	0.02	7,500	NbC	560	22	21		
C2	A2	0	23	0.07	144,000	TiC, NbC	660	32	33		
C3	A3	0	45	0.04	48,000	TiC, NbC	590	31	31		
C4	A4	0	32	0.05	47,000	TiC, NbC	640	22	28		
C5	A5	0	35	0.05	33,000	TiC, NbC	630	28	29		
C6	A6	0	32	0.04	42,000	TiC, NbC	630	29	28		
C7	A7	0	36	0.04	38,000	TiC, NbC	620	28	28		
C8	A8	0	37	0.05	41,000	TiC, NbC	620	30	29		
C9	A9	0	32	0.08	34,000	TiC, NbC	620	29	30		
C10	A10	0	34	0.05	42,000	TiC, NbC	610	28	29		
C11	A11	0	38	0.04	47,000	NbC	600	27	29		
C12	A12	0	35	0.06	39,000	ZrC	610	28	28		
C13	A13	0	34	0.06	48,000	VC	600	29	29		
C14	A14	0	32	0.06	51,000	TiC	610	27	27		
C15	A15	0	38	0.05	52,000	TiN, TiC, Ti(C,N) NbN, NbC, Nb(C,N)	630	30	30		
C16	A16	0	33	0.008	810,000	TiC, NbC	700	25	26		
C17	A17	0	33	0.007	920,000	TiC, NbC, Cu	710	27	26		
C18	A18	0	35	0.008	1,040,000	TiC, NbC, Cu	720	29	28		
C19	A19	0	37	0.03	49,000	TiC, NbC	610	28	29		
D1	B1	85	5	未觀察到	未觀察到		500	21	20	機械強度低。	
D2	B2	0	32	1.5	320	Fe ₃ C, TiC, NbC	630	42	51	鐵損大。 因時效處理而鐵損劣化。	
D3	B3	0	44	0.05	41,000	TiC, NbC	570	37	36	鐵損大。	
D4	B4	-	-	-	-	-	-	-	-	加工性低， 且於冷軋中斷裂。	
D5	B5	0	32	0.06	39,000	TiC, NbC	590	41	42	鐵損大。	
D6	B6	-	-	-	-	-	-	-	-	加工性低， 且於冷軋中斷裂。	
D7	B7	0	27	0.07	42,000	TiC, NbC	600	42	42	鐵損大。	
D8	B8	-	-	-	-	-	-	-	-	加工性低， 且於冷軋中斷裂。	

本發明例

比較例

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

[0059]如同表2所示，在本發明範圍內之條件No.C1～No.C19中，可獲得550MPa以上的拉伸強度及35W/kg以下的鐵損(W10/400)。另一方面，脫離本發明範圍之條件No.D1～No.D8係難以兼具拉伸強度及鐵損。

[0060](實驗例2)

首先，對表1所示之鋼No.A11及No.A17之扁胚以表3所示之溫度加熱1小時。接著，對已加熱至以表3所示之溫度之扁胚進行熱軋而獲得熱軋鋼板。並將熱軋鋼板的厚度製成2.0mm。之後，於表3所示之條件下對一部份(條件No.E4)的熱軋鋼板進行退火(熱軋板退火)。接著，對熱軋鋼板進行酸洗，且進行熱軋鋼板之冷軋而獲得冷軋鋼板。並將冷軋鋼板的厚度製成0.35mm。接著，對冷軋鋼板進行完工退火。完工退火中，係設均熱溫度為1000°C，且設均熱時間為30秒。依上述而製得各種無方向性電磁鋼板。之後，就各無方向性電磁鋼板進行同於實驗例1之評價。亦將該結果示於表3。

[0061]表 3

條件 No.	鋼 No.	烏挺加熱溫度 (°C)	熱軋板退火		金屬組織				機械特性		磁性特性		備考
			均熱溫度 (°C)	均熱時間 (sec)	未再結晶組織面積率 (%)	肥粒鐵相平均粒徑 (μm)	平均粒徑 (μm)	析出物個數密度 (個/μm ³)	主要析出物的種類	拉伸強度 (MPa)	時效處理前 W10/400 (W/kg)	時效處理後 W10/400 (W/kg)	
本發明例	E1	A11	1150	-	-	165	0.15	250	NbC	560	21	21	
	E2	A11	1290	-	0	15	0.01	84000	NbC	660	34	33	
	E3	A11	1250	-	0	32	0.04	47000	NbC	600	27	28	
	E4	A11	1250	950	0	33	0.05	38000	NbC	590	25	25	
	E5	A17	1150	-	0	95	0.007	92000	TiC, NbC, Cu	710	27	26	
	E6	A17	1250	-	0	32	0.015	63000	TiC, NbC, Cu	680	32	33	
比較例	F1	A11	1050	-	0	210	1.1	330	NbC	490	21	21	析出物大，且機械強度低。
	F2	A11	1340	-	0	9	0.01	91000	NbC	640	38	38	肥粒鐵粒小，且鐵損大。

第 101129951 號專利申請案說明書替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

[0062]如同表3所示，在本發明範圍內之條件No.E1～No.E6中，可獲得550MPa以上的拉伸強度及35W/kg以下的鐵損(W10/400)。另一方面，脫離本發明範圍之條件No.F1～No.F2係難以兼具拉伸強度及鐵損。

[0063](實驗例3)

首先，對表1所示之鋼No.A11及No.A17之扁胚加熱1小時。此時，設鋼No.A11之扁胚的加熱溫度係1250℃，且設鋼No.A11之扁胚的加熱溫度係1150℃。接著，將已加熱至1250℃或1150℃之扁胚進行熱軋而獲得熱軋鋼板。並將熱軋鋼板的厚度製成2.0mm。之後，對熱軋鋼板進行酸洗，且進行熱軋鋼板之冷軋而獲得冷軋鋼板。並將冷軋鋼板的厚度製成0.35mm。接著，對冷軋鋼板進行完工退火。完工退火中，係設均熱溫度為1000℃、均熱時間為30秒。接著，於完工退火後的冷軋鋼板的表面上形成絕緣皮膜。依所述方法而製備了各個無方向性電磁鋼板。

[0064]之後，從各無方向性電磁鋼板衝壓出30片軋延方向的尺寸為300mm、與軋延方向呈垂直方向的尺寸為60mm之鋼板。所述形狀及大小的鋼板亦有用於實際的馬達鐵心之情況。並且，將30片鋼板互相積層而獲得積層體。接著，於表4所示之條件下對各積層體進行退火。然後，從各積層體衝壓出試驗用的鋼板，並就各鋼板進行同於實驗例1之評價。亦即，假想為用於馬達鐵心之積層體進行評價。亦將其結果示於表4。在此，比較例為退火條件脫離上述較佳條件者。

[0065]表 4

條件 No.	鋼 No.	積層體的退火			金屬組織				析出物		機械特性 拉伸強度 (MPa)	磁性特性		備考
		均熱溫度 (°C)	均熱時間 (min)	平均冷卻速度 (°C/sec)	未再結晶組織 面積率 (%)	肥粒鐵相 平均粒徑 (µm)	平均粒徑 (µm)	個數密度 (個/µm ³)	主要析出物 的種類	時效處理前 W10/400 (W/kg)		時效處理後 W10/400 (W/kg)		
本發明例	G1	A11	400	60	0.03	0	32	0.04	47,000	NbC	600	27	28	
	G2	A11	800	60	0.03	0	62	0.05	52,000	NbC	620	23	22	
	G3	A11	750	2	0.03	0	42	0.04	45,000	NbC	630	26	26	
	G4	A11	750	120	0.03	0	45	0.05	47,000	NbC	630	24	24	
	G5	A17	550	10	0.0001	0	95	0.004	1,050,000	TiC, NbC, Cu	750	24	25	
	G6	A17	550	10	0.1	0	100	0.005	950,000	TiC, NbC, Cu	745	23	24	
	G7	A17	550	10	0.03	0	105	0.005	1,050,000	TiC, NbC, Cu	755	24	25	
比較例	H1	A11	380	60	0.03	0	33	0.05	38,000	NbC	590	25	25	機械強度 並未充分地上升。
	H2	A11	850	60	0.03	0	34	0.08	29,000	NbC	570	25	24	機械強度 並未充分地上升。
	H3	A11	750	1	0.03	0	35	0.05	37,000	NbC	580	24	24	機械強度 並未充分地上升。
	H4	A11	750	40000	0.03	0	32	0.04	40,000	NbC	600	25	25	積層體的退火 的生產性低。
	H5	A11	750	60	0.00001	0	35	0.05	35,000	NbC	620	24	24	積層體的退火 的生產性低。
	H6	A11	750	60	1	0	34	0.04	42,000	NbC	620	33	33	損傷大。

[0066]如同表4所示，在本發明範圍內之條件No.G1～No.G7中，可使拉伸強度充分地提升。另一方面，脫離退火條件之適宜範圍之條件No.H1～No.H6，則係無法使拉伸強度充分地提升、生產性低、或鐵損大。

[0067]此外，上述實施形態皆只是顯示實施本發明具體化之例，並非根據該等將本發明的技術範圍作限定解釋。即，本發明為只要不脫離其技術概念、或其主要特徵即可以各種形態來實施。

產業上之可利用性

[0068]本發明可用於例如電磁鋼板製造產業及馬達等之電磁鋼板產業。

【圖式簡單說明】

(無)

【主要元件符號說明】

(無)

七、申請專利範圍：

1. 一種無方向性電磁鋼板，其特徵在於：

以質量%計含有：

C：大於0.01%且0.05%以下、

Si：2.0%以上且4.0%以下、

Mn：0.05%以上且0.5%以下、及

Al：0.01%以上且3.0%以下；

並且更含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由Fe及不可避免的雜質所構成；

當將Ti、V、Zr、Nb、C之含量(質量%)分別以[Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C]表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數Q的值係0.9以上且1.1以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係10 μm 以上且200 μm 以下；

含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素之析出物係以10個/ μm^3 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係0.002 μm 以上且0.2 μm 以下。

2. 如申請專利範圍第1項之無方向性電磁鋼板，其以質量

%計更含有由：

N：0.001%以上且0.004%以下、

Cu：0.5%以上且1.5%以下、及

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

3. 如申請專利範圍第1項之無方向性電磁鋼板，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。
4. 如申請專利範圍第2項之無方向性電磁鋼板，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。
5. 一種無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有下述步驟：

對已加熱至1100°C以上且1330°C以下之溫度的扁胚進行熱軋而獲得熱軋鋼板之步驟；

進行前述熱軋鋼板之冷軋而獲得冷軋鋼板之步驟；及

以850°C以上且1100°C以下之溫度對前述冷軋鋼板進行完工退火之步驟；

前述扁胚以質量%計含有：

C：大於0.01%且0.05%以下、

Si：2.0%以上且4.0%以下、

Mn：0.05%以上且0.5%以下、及

Al：0.01%以上且3.0%以下；

並且更含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下，

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 $10\mu\text{m}$ 以上且 $200\mu\text{m}$ 以下；

含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 $10\text{個}/\mu\text{m}^3$ 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。

6. 如申請專利範圍第 5 項之無方向性電磁鋼板之製造方法，其中前述扁胚以質量%計更含有由：

N：0.001% 以上且 0.004% 以下、

Cu：0.5% 以上且 1.5% 以下、及

Sn：0.05% 以上且 0.5% 以下所構成群組中之至少一種元素。

7. 如申請專利範圍第 5 項之無方向性電磁鋼板之製造方法，其係於進行前述冷軋之步驟前，具有對前述熱軋鋼

第101129951號專利申請案申請專利範圍替換本 修正日期：103年10月8日

板進行熱軋板退火之步驟。

8. 如申請專利範圍第6項之無方向性電磁鋼板之製造方法，其係於進行前述冷軋之步驟前，具有對前述熱軋鋼板進行熱軋板退火之步驟。
9. 一種馬達鐵心用積層體，其特徵在於具有業已互相積層之複數的無方向性電磁鋼板；

前述無方向性電磁鋼板以質量%計含有：

C：大於0.01%且0.05%以下、

Si：2.0%以上且4.0%以下、

Mn：0.05%以上且0.5%以下、及

Al：0.01%以上且3.0%以下；

並且更含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由Fe及不可避免的雜質所構成；

當將Ti、V、Zr、Nb、C之含量(質量%)分別以[Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C]表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數Q的值係0.9以上且1.1以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係10 μm 以上且200 μm 以下；

含有選自於由Ti、V、Zr及Nb所構成群組中之至少一種元素之析出物係以10個/ μm^3 以上的密度存在於前

述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係 $0.002\mu\text{m}$ 以上且 $0.2\mu\text{m}$ 以下。

10. 如申請專利範圍第9項之馬達鐵心用積層體，其中前述無方向性電磁鋼板以質量%計更含有由：

N：0.001%以上且0.004%以下、

Cu：0.5%以上且1.5%以下、及

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

11. 如申請專利範圍第9項之馬達鐵心用積層體，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

12. 如申請專利範圍第10項之馬達鐵心用積層體，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物、及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

13. 一種馬達鐵心用積層體之製造方法，其特徵在於具有下述步驟：

互相積層複數的無方向性電磁鋼板而獲得積層體之步驟；及

在均熱溫度 400°C 以上且 800°C 以下、均熱時間2分鐘以上且10小時以下、且從前述均熱溫度起至 300°C 為止的平均冷卻速度為 $0.0001^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以上且 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以下之條件下對前述積層體進行退火之步驟；

前述無方向性電磁鋼板以質量%計含有：

第 101129951 號專利申請案申請專利範圍替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

C：大於 0.01% 且 0.05% 以下、

Si：2.0% 以上且 4.0% 以下、

Mn：0.05% 以上且 0.5% 以下、及

Al：0.01% 以上且 3.0% 以下；

並且更含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素；且

剩餘部分係由 Fe 及不可避免的雜質所構成；

當將 Ti、V、Zr、Nb、C 之含量(質量%)分別以 [Ti]、[V]、[Zr]、[Nb]、[C] 表示時，以「 $Q = ([Ti]/48 + [V]/51 + [Zr]/91 + [Nb]/93)/([C]/12)$ 」所表示的參數 Q 的值係 0.9 以上且 1.1 以下；

金屬組織的母相係肥粒鐵相；

前述金屬組織不含未再結晶組織；

構成前述肥粒鐵相之肥粒鐵粒的平均粒徑係 10 μm 以上且 200 μm 以下；

含有選自於由 Ti、V、Zr 及 Nb 所構成群組中之至少一種元素之析出物係以 10 個/ μm^3 以上的密度存在於前述肥粒鐵粒內；

前述析出物的平均粒徑係 0.002 μm 以上且 0.2 μm 以下。

14. 如申請專利範圍第 13 項之馬達鐵心用積層體之製造方法，其中前述無方向性電磁鋼板以質量%計更含有由：

N：0.001% 以上且 0.004% 以下、

Cu：0.5% 以上且 1.5% 以下、及

第 101129951 號專利申請案申請專利範圍替換本 修正日期：103 年 10 月 8 日

Sn：0.05%以上且0.5%以下所構成群組中之至少一種元素。

15. 如申請專利範圍第13項之馬達鐵心用積層體之製造方法，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。

16. 如申請專利範圍第14項之馬達鐵心用積層體之製造方法，其中前述析出物係選自於由碳化物、氮化物及碳氮化物所構成群組中之至少一種物質。