



(21)申請案號：103110021

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 18 日

(51)Int. Cl. : C22C38/06 (2006.01)

C21D8/12 (2006.01)

H01F1/16 (2006.01)

(30)優先權：2013/03/22 日本

2013-060537

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

日本

(72)發明人：小関新司 KOSEKI, SHINJI (JP)；尾田善彦 ODA, YOSHIHIKO (JP)；戸田広朗

TODA, HIROAKI (JP)；平谷多津彦 HIRATANI, TATSUHIKO (JP)；中西匡

NAKANISHI, TADASHI (JP)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

(56)參考文獻：

TW 201207121A1

JP 2008-231504A

審查人員：李明達

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：2 共 22 頁

(54)名稱

高頻率鐵損特性優良的無方向性電磁鋼板

NONORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET WITH EXCELLENT HIGH FREQUENCY CORE LOSS PROPERTY

(57)摘要

本發明提供一種無方向性電磁鋼板，以質量%計，包含如下的成分組成：含有 0.005% 以下的 C、1.5%~4% 的 Si、1.0%~5% 的 Mn、0.1% 以下的 P、0.005% 以下的 S、3% 以下的 Al、0.005% 以下的 N、0.0030% 以下的 Bi，且剩餘部分為 Fe 及不可避免的雜質；或者包含如下的成分組成：含有 0.005% 以下的 C、1.5%~4% 的 Si、1.0%~5% 的 Mn、0.1% 以下的 P、0.005% 以下的 S、3% 以下的 Al、0.005% 以下的 N、0.0030% 以下的 Bi，進而含有選自 0.0005%~0.005% 的 Ca 及 0.0002%~0.005% 的 Mg 中的一種或兩種，即使在大量含有 Mn 的情形時，亦具有穩定而優良的高頻率鐵損特性。

This invention provides a nonoriented electromagnetic steel sheet. Based on mass percent, the nonoriented electromagnetic steel sheet includes the following component composition: including C of no more than 0.005%, Si of 1.5% to 4%, Mn of 1.0% to 5%, P of no more than 0.1%, S of no more than 0.005%, Al of no more than 3%, N of no more than 0.005%, and Bi of no more than 0.0030%, and the remaining part is Fe and inevitable impurities; alternatively, the nonoriented electromagnetic steel sheet includes the following component composition: including C of no more than 0.005%, Si of 1.5% to 4%, Mn of 1.0% to 5%, P of no more than 0.1%, S of no more than 0.005%, Al of no more than 3%, N of no more than 0.005%, and Bi of no more than 0.0030%, and further including one or two selected from Ca of 0.0005% to 0.005% and Mg of 0.0002% to 0.005%. Even in case of containing a large amount of Mn, the nonoriented electromagnetic steel sheet has a stable and excellent high frequency core loss property.

指定代表圖：

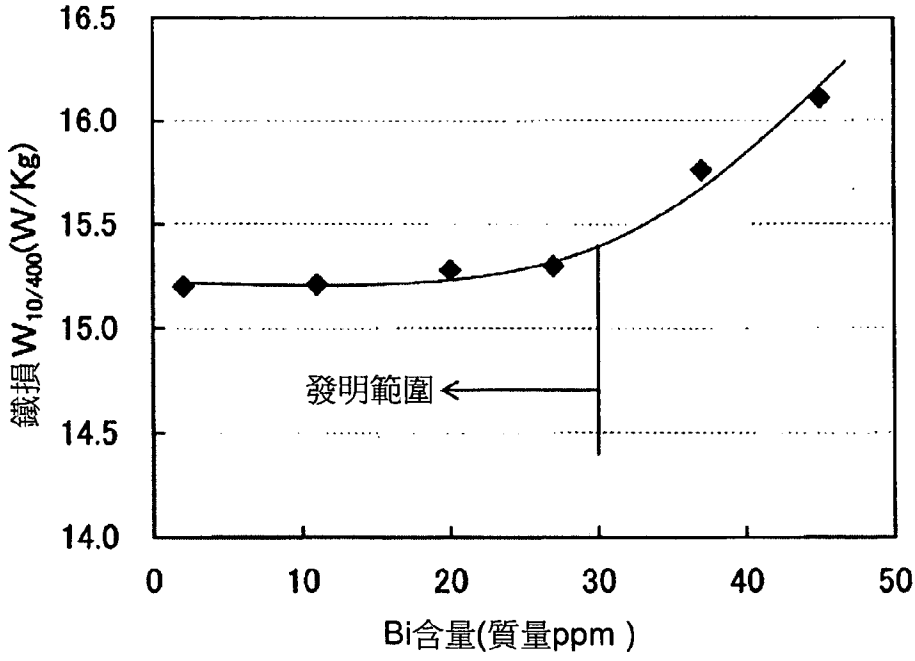


圖2

公告本

發明摘要

※ 申請案號：103110021

※ 申請日：103.3.18

※ IPC 分類：C22C 38/06

C21D 8/12 H01F 1/6

【發明名稱】高頻率鐵損特性優良的無方向性電磁鋼板

/NONORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET WITH
EXCELLENT HIGH FREQUENCY CORE LOSS PROPERTY

【中文】

本發明提供一種無方向性電磁鋼板，以質量%計，包含如下的成分組成：含有 0.005%以下的 C、1.5%~4%的 Si、1.0%~5%的 Mn、0.1%以下的 P、0.005%以下的 S、3%以下的 Al、0.005%以下的 N、0.0030%以下的 Bi，且剩餘部分為 Fe 及不可避免的雜質；或者包含如下的成分組成：含有 0.005%以下的 C、1.5%~4%的 Si、1.0%~5%的 Mn、0.1%以下的 P、0.005%以下的 S、3%以下的 Al、0.005%以下的 N、0.0030%以下的 Bi，進而含有選自 0.0005%~0.005%的 Ca 及 0.0002%~0.005%的 Mg 之中的一種或兩種，即使在大量含有 Mn 的情形時，亦具有穩定而優良的高頻率鐵損特性。

【英文】

This invention provides a nonoriented electromagnetic steel sheet. Based on mass percent, the nonoriented electromagnetic steel sheet includes the following component composition: including

C of no more than 0.005%, Si of 1.5% to 4%, Mn of 1.0% to 5%, P of no more than 0.1%, S of no more than 0.005%, Al of no more than 3%, N of no more than 0.005%, and Bi of no more than 0.0030%, and the remaining part is Fe and inevitable impurities; alternatively, the nonoriented electromagnetic steel sheet includes the following component composition: including C of no more than 0.005%, Si of 1.5% to 4%, Mn of 1.0% to 5%, P of no more than 0.1%, S of no more than 0.005%, Al of no more than 3%, N of no more than 0.005%, and Bi of no more than 0.0030%, and further including one or two selected from Ca of 0.0005% to 0.005% and Mg of 0.0002% to 0.005%. Even in case of containing a large amount of Mn, the nonoriented electromagnetic steel sheet has a stable and excellent high frequency core loss property.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 2。

【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】 高頻率鐵損特性優良的無方向性電磁鋼板

/NONORIENTED ELECTROMAGNETIC STEEL SHEET WITH
EXCELLENT HIGH FREQUENCY CORE LOSS PROPERTY

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種高頻率鐵損特性優良的無方向性電磁鋼板。

【先前技術】

【0002】 混合動力汽車 (hybrid automobile) 或電動汽車 (electric automobile) 用的馬達自小型化、高效率化的角度考慮，是在 400 Hz ~ 2 kHz 的高頻率範圍內受到驅動。對於此種高頻率馬達的芯材中所使用的無方向性電磁鋼板，期望高頻率時的鐵損低。

【0003】 爲了減少高頻率時的鐵損，有效的是減少板厚以及增大比電阻 (specific resistance)。但是，減少板厚的方法存在如下問題：不僅由於材料的剛性下降而使得處理變難，而且由於鑽孔 (punch) 工時或裝載工時增加，故而生產性下降。與此相對，提高比電阻的方法則不存在如上所述的缺點，因此作爲高頻率鐵損減少方法可謂理想。

【0004】 爲了提高比電阻，有效的是添加 Si。但是，Si 是固溶強化能力大的元素，因此存在如下問題，即，伴隨著 Si 添加量的增加，材料發生硬化，從而軋製性下降。作爲解決上述問題的手段

之一，有添加 Mn 來代替 Si 的方法。與 Si 相比，Mn 的固溶強化能力小，因此可一面抑制製造性的下降，一面減少高頻率鐵損。

【0005】 作為有效利用上述 Mn 的添加效果的技術，例如在專利文獻 1 中，揭示有一種含有 0.5 質量百分比（質量%）～2.5 質量%的 Si、1.0 質量%～3.5 質量%的 Mn、1.0 質量%～3.0 質量%的 Al 的無方向性電磁鋼板。又，在專利文獻 2 中，揭示有一種含有 3.0 質量%以下的 Si、1.0 質量%～4.0 質量%的 Mn、1.0 質量%～3.0 質量%的 Al 的無方向性電磁鋼板。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0006】 [專利文獻 1]日本專利特開 2002-47542 號公報

[專利文獻 2]日本專利特開 2002-30397 號公報

【發明內容】

【0007】 但是，上述專利文獻 1 及專利文獻 2 所揭示的技術均存在如下問題：伴隨著 Mn 添加量的增加，磁滯損耗（hysteresis loss）增加，從而存在無法獲得所期望的鐵損減少效果的情況。

【0008】 本發明是鑒於現有技術所具有的上述問題點而開發的，其目的在於提供一種即使在大量含有 Mn 的情形時，亦具有穩定而優良的高頻率鐵損特性的無方向性電磁鋼板。

【0009】 發明者等人為了解決上述課題，著眼於鋼板中所含的雜質成分而反覆潛心研究。其結果發現，Mn 添加量高的鋼的高頻率鐵損特性劣化的原因在於作為雜質而含有的 Bi 的存在，因此，藉

由抑制 Bi 的含量，即使 Mn 含量高亦可穩定地減少高頻率鐵損，從而開發出本發明。

【0010】 基於上述見解的本發明是一種無方向性電磁鋼板，包括：含有 0.005 質量%以下的 C、1.5 質量%~4 質量%的 Si、1.0 質量%~5 質量%的 Mn、0.1 質量%以下的 P、0.005 質量%以下的 S、3 質量%以下的 Al、0.005 質量%以下的 N、0.0030 質量%以下的 Bi，且剩餘部分為 Fe 及不可避免的雜質的成分組成。

● 【0011】 本發明的無方向性電磁鋼板的特徵在於：除了上述成分組成以外，進而含有選自 0.0005 質量%~0.005 質量%的 Ca 及 0.0002 質量%~0.005 質量%的 Mg 之中的一種或兩種。

【0012】 又，本發明的無方向性電磁鋼板的特徵在於：除了上述成分組成以外，進而含有選自 0.0005 質量%~0.05 質量%的 Sb 及 0.0005 質量%~0.05 質量%的 Sn 之中的一種或兩種。

● 【0013】 又，本發明的無方向性電磁鋼板的特徵在於：除了上述成分組成以外，進而含有 0.0005 質量%~0.0030 質量%的 Mo。

【0014】 又，本發明的無方向性電磁鋼板的特徵在於：Ti 的含量為 0.002 質量%以下。

[發明的效果]

【0015】 根據本發明，藉由抑制作為雜質而含有的 Bi 的含量，即使 Mn 的添加量高，亦可穩定地以良好的生產性製造高頻率鐵損特性優良的無方向性電磁鋼板。

【圖式簡單說明】

【0016】

圖 1 是表示 Bi 的含有對 Mn 含量與高頻率鐵損 $W_{10/400}$ 的關係所造成的影響的曲線圖。

圖 2 是表示 Bi 含量與高頻率鐵損 $W_{10/400}$ 的關係的曲線圖。

【實施方式】

【0017】 首先，對成爲本發明的開發契機的實驗進行說明。

在實驗室內對鋼進行熔解而製成鋼塊，並進行熱軋製（hot rolling），在 100 vol%N₂ 環境下實施 1000°C × 30 sec 的熱軋板退火之後，進行冷軋製而製成板厚爲 0.30 mm 的冷軋板，並在 20 vol%H₂-80 vol%N₂ 環境中實施 1000°C × 30 sec 的成品退火（finish annealing），上述鋼是以含有 0.0016 質量%的 C、3.35 質量%的 Si、0.013 質量%的 P、0.0004 質量%的 S、1.4 質量%的 Al 及 0.0018 質量%的 N 的鋼爲基質（base），且使 Mn 在 0.1 質量%~5.2 質量%的範圍內進行各種變化而添加於其中而成。

【0018】 圖 1 的●符號是將上述實驗結果表示爲 Mn 添加量與鐵損 $W_{10/400}$ 的關係者。由上述結果可知，若 Mn 未滿 1 質量%，則鐵損隨著 Mn 添加量的增大而下降，若 Mn 爲 1 質量%以上則鐵損下降變緩，若 Mn 超過 4 質量%，則鐵損反而增加。爲了調查其原因，利用穿透式電子顯微鏡（transmission electron microscope，TEM）對含有 2 質量%的 Mn 的鋼板進行觀察，結果在晶界（grain boundary）中觀察到粒狀的 Bi。

【0019】 因此，爲了進一步調查 Bi 對磁特性所造成的影響，在

實驗室內對鋼進行熔解，與上述實驗同樣地製成冷軋退火板，測定鐵損 $W_{10/400}$ ，上述鋼是以含有 0.0014 質量%的 C、3.33 質量%的 Si、1.2 質量%的 Al、0.014 質量%的 P、0.0006 質量%的 S、0.0020 質量%的 N 且 Bi 的含量為 0.0010 質量%以下的高純度鋼為基質，且使 Mn 在 0.1 質量%~5.2 質量%的範圍內進行各種變化而添加於其中而成。

【0020】 在圖 1 中利用 ▲符號來表示如此獲得的實驗結果。由上述結果可知，在使用已減少 Bi 的高純度鋼的冷軋退火板中，越提高 Mn 添加量，相對於以 ●符號表示的鋼板，鐵損越下降。又，利用 TEM 對含有 2 質量%的 Mn 的鋼板進行觀察，結果在晶界中未觀察到粒狀的 Bi。由上述結果推測出，上述 ●符號的鋼板中的伴隨著 Mn 添加量的增加而引起的鐵損增大的原因在於因 Bi 的微細析出而導致的磁滯損耗的增加。

【0021】 另一方面，在 Mn 未滿 1 質量%的鋼板中，雖觀察到因 Bi 的減少而獲得的鐵損的改善效果，但其比例小，其理由尚未充分明確，但可認為疑似原因在於在提高 Mn 含量的鋼中，晶粒成長的驅動力因 Mn 的溶質牽引 (solute drag) 而下降，因此晶粒成長容易因微量的 Bi 的存在而受到較大影響。

【0022】 Bi 通常為自廢料 (scrap) 混入進來的雜質，伴隨著近年來廢料的使用比率提高，不僅混入進來的量在逐漸增大，而且混入進來的不均性亦在逐漸增大。可認為如上所述的 Bi 含量的增加在 Mn 含量低的電磁鋼板中不會成為大問題，但在 Mn 含量高的

鋼中，則由於晶粒成長性因 Mn 的溶質牽引 (solute drag) 而下降，因此因微量的 Bi 而受到較大影響。

【0023】 其次，爲了調查 Bi 含量對鐵損所造成的影響，在實驗室內對鋼進行熔解，與上述實驗同樣地製成板厚爲 0.30 mm 的冷軋退火板，測定鐵損 $W_{10/400}$ ，上述鋼是以含有 0.0022 質量%的 C、3.20 質量%的 Si、1.7 質量%的 Mn、1.3 質量%的 Al、0.014 質量%的 P、0.0005 質量%的 S、0.0020 質量%的 N 的鋼爲基質，且使 Bi 的含量在微量 (trace, tr.) \sim 0.0045 質量%的範圍內進行各種變化而添加於其中而成。

【0024】 圖 2 中，將上述實驗結果表示爲 Bi 含量與鐵損 $W_{10/400}$ 的關係。由上述圖 2 可知，Bi 含量爲 0.0030 質量%以下 (30 質量 ppm 以下) 時鐵損大幅下降。可認爲其原因在於藉由減少 Bi，而使得晶粒成長性提高。由上述結果可知，爲了抑制 Bi 對晶粒成長所造成的不良影響，需要將 Bi 的含量減少至 0.0030 質量%以下。本發明是基於上述新穎的見解者。

【0025】 其次，對本發明的無方向性電磁鋼板的成分組成進行說明。

C : 0.005 質量%以下

C 是與 Mn 形成碳化物的元素，若超過 0.005 質量%，則上述 Mn 系碳化物的量增加而阻礙晶粒成長，因此將上限設爲 0.005 質量%。較佳爲 0.002 質量%以下。

【0026】 Si : 1.5 質量% \sim 4 質量%

Si 是有效提高鋼的比電阻而減少鐵損的元素，因此添加 1.5 質量%以上。另一方面，若添加超過 4 質量%，則磁通密度 (magnetic flux density) 下降，因此上限設為 4 質量%。較佳為 Si 的下限為 2.0 質量%，上限為 3.0 質量%。

【0027】 Mn：1.0 質量%~5 質量%

Mn 不會大幅損害加工性，而是有效提高鋼的比電阻，從而減少鐵損，在本發明是重要成分，添加 1.0 質量%以上。為了進一步獲得鐵損減少效果，較佳為添加 1.6 質量%以上。另一方面，若添加超過 5 質量%，則會使磁通密度下降，因此上限設為 5 質量%。較佳為 Mn 的下限為 2 質量%，上限為 3 質量%。

【0028】 P：0.1 質量%以下

P 是固溶強化能力大的元素，若含量超過 0.1 質量%，則鋼板過於硬質化而製造性下降，因此限制在 0.1 質量%以下。較佳為 0.05 質量%以下。

【0029】 S：0.005 質量%以下

S 為不可避免的雜質，若含量超過 0.005 質量%，則會因 MnS 的析出而阻礙晶粒成長，使得鐵損增大，因此上限設為 0.005 質量%。較佳為 0.001 質量%以下。

【0030】 Al：3 質量%以下

Al 與 Si 同樣，是有效提高鋼的比電阻而減少鐵損的元素，若添加超過 3 質量%，則磁通密度下降，因此上限設為 3 質量%。較佳為 2 質量%以下。但是，若 Al 的含量未滿 0.1 質量%，則會

析出微細的 AlN 而阻礙晶粒成長，使得鐵損增加，因此較佳為下限設為 0.1 質量%。

【0031】 N：0.005 質量%以下

N 是自大氣中滲入至鋼中的不可避免的雜質，當含量多時，會因 AlN 的析出而阻礙晶粒成長，使得鐵損增加，因此將上限限制在 0.005 質量%。較佳為 0.003 質量%以下。

【0032】 Bi：0.0030 質量%以下

Bi 在本發明中是對高頻率鐵損特性造成不良影響的應重要管理的元素，如由上述圖 2 所知，若 Bi 的含量超過 0.0030 質量%，則鐵損急遽增大。因此，Bi 限制在 0.0030 質量%以下。較佳為 0.0010 質量%以下。

【0033】 本發明的無方向性電磁鋼板較佳為除了上述成分組成以外，進而含有 Ca 及 Mg 中的任一種或兩種。

Ca：0.0005 質量%~0.005 質量%

Ca 是藉由形成硫化物，與 Bi 複合析出而粗大化，從而有效抑制 Bi 的惡劣影響，減少鐵損的元素。為了獲得上述效果，較佳為添加 0.0005 質量%以上。但是，若添加超過 0.005 質量%，則 CaS 的析出量變得過多，鐵損反而增加，因此較佳為上限設為 0.005 質量%。更佳為 Ca 的下限為 0.001 質量%，上限為 0.004 質量%。

【0034】 Mg：0.0002 質量%~0.005 質量%

Mg 是藉由形成氧化物，與 Bi 複合析出而粗大化，從而有效抑制 Bi 的惡劣影響，減少鐵損的元素。為了獲得上述效果，較佳

為添加 0.0002 質量%以上。但是，難以超過 0.005 質量%而添加，胡亂地添加只會導致成本上升，因此較佳為上限設為 0.005 質量%。更佳為 Mg 的下限為 0.001 質量%，上限為 0.004 質量%。

【0035】 又，本發明的無方向性電磁鋼板較佳為除了上述成分組成以外，進而含有以下的成分。

Sb：0.0005 質量%~0.05 質量%，Sn：0.0005 質量%~0.05 質量%

Sb 及 Sn 具有改善織構 (texture)，提高磁通密度的效果，因此可單獨或複合地分別添加 0.0005 質量%以上。更佳為 0.01 質量%以上。但是，添加超過 0.05 質量%會導致鋼板的脆化，因此較佳為上限設為 0.05 質量%。更佳為 Sb 的下限及 Sn 的下限分別為 0.01 質量%，Sb 的上限及 Sn 的上限分別為 0.04 質量%。

【0036】 Mo：0.0005 質量%~0.0030 質量%

Mo 具有使所形成的碳化物粗大化而減少鐵損的效果，因此較佳為添加 0.0005 質量%以上。但是，添加 0.0030 質量%以上會導致碳化物的量變得過多，鐵損反而增加，因此較佳為上限設為 0.0030 質量%。更佳為 Mo 的下限為 0.0010 質量%，上限為 0.0020 質量%。

【0037】 Ti：0.002 質量%以下

Ti 是形成碳氮化物的元素，若含量多，則碳氮化物的析出量變得過多而阻礙晶粒成長，使得鐵損增大。因此，在本發明中，Ti 較佳為限制在 0.002 質量%以下。更佳為 0.001 質量%以下。

【0038】再者，本發明的無方向性電磁鋼板中，上述成分以外的剩餘部分為 Fe 及不可避免的雜質。但是，只要在不損害本發明的作用效果的範圍內，即允許含有其他元素。

【0039】其次，對本發明的無方向性電磁鋼板的製造方法進行說明。

本發明的無方向性電磁鋼板的製造方法只要將鋼板的成分組成設為上述本發明的範圍內而進行製造，則對於除此以外的條件無特別限制，可在與通常的無方向性電磁鋼板相同的條件下進行製造。例如，可利用如下方法來製造：利用轉爐（converter furnace）或除氣處理裝置等，對適合於本發明的成分組成的鋼進行鑄錠（ingot），並藉由連續鑄造或錠塊（ingot casting）-分塊軋製等而製成鋼原材料（扁鋼坯（slab））之後，進行熱軋製，並視需要進行熱軋板退火，繼而藉由一次冷軋製或夾插中間退火的兩次以上的冷軋製而形成為規定的板厚，然後進行成品退火。

[實施例]

【0040】對經轉爐吹煉的鋼水（molten steel）進行除氣處理而鑄錠成具有表 1 所示的成分組成的鋼之後，進行連續鑄造而製成扁鋼坯，並進行 $1100^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ hr}$ 的扁鋼坯加熱之後，進行將熱軋製結束溫度設為 800°C 的熱軋製，在 610°C 的溫度下捲成圈（coil），從而製成板厚為 1.8 mm 的熱軋板。接著，對上述熱軋板在 100 vol% N_2 環境中實施 $1000^{\circ}\text{C} \times 30 \text{ sec}$ 的熱軋板退火之後，進行冷軋製而製成板厚為 0.35 mm 的冷軋板，並在 20 vol% H_2 -80 vol% N_2 環境中，實

施 $980^{\circ}\text{C} \times 15 \text{ sec}$ 的成品退火而製成冷軋退火板。

自如此獲得的冷軋退火板，自軋製方向及軋製直角方向切出寬 $30 \text{ mm} \times$ 長 280 mm 的愛普斯坦試驗片，依據 JIS C2550，測定鐵損 $W_{10/400}$ 及磁通密度 B_{50} ，並將其結果一併記載於表 1-1 ~ 表 1-2 中。

【0041】 [表 1-1]

編號	化學成分 (質量%)																板厚 (mm)	磁性		備註
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo	Ti	鐵損 W _{10/400} (W/kg)	磁通密 度 B ₅₀ (T)				
1	0.0015	3.20	1.59	0.011	0.0003	1.20	0.0020	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.20	1.67	發明鋼		
2	0.0012	3.12	1.59	0.011	0.0004	1.20	0.0015	0.0011	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.21	1.67	發明鋼		
3	0.0013	3.13	1.57	0.011	0.0003	1.16	0.0016	0.0020	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.28	1.67	發明鋼		
4	0.0015	3.14	1.56	0.011	0.0002	1.16	0.0016	0.0027	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0001	0.35	15.30	1.67	發明鋼		
5	0.0017	3.21	1.60	0.012	0.0003	1.15	0.0014	0.0037	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.76	1.68	比較鋼		
6	0.0017	3.15	1.59	0.013	0.0004	1.18	0.0015	0.0045	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0002	0.35	16.11	1.68	比較鋼		
7	0.0016	3.16	0.15	0.012	0.0003	1.17	0.0014	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	0.35	16.00	1.69	比較鋼		
8	0.0000	3.14	0.91	0.011	0.0003	1.16	0.0015	0.0001	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.70	1.68	比較鋼		
9	0.0019	3.16	1.55	0.012	0.0004	1.16	0.0013	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0001	0.35	15.30	1.68	發明鋼		
10	0.0022	3.22	2.51	0.013	0.0003	1.15	0.0014	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0010	0.0002	0.35	15.10	1.66	發明鋼		
11	0.0016	3.16	3.49	0.012	0.0003	1.18	0.0017	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	15.04	1.65	發明鋼		
12	0.0014	3.15	4.43	0.014	0.0004	1.18	0.0016	0.0004	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.00	1.65	發明鋼		
13	0.0014	3.16	5.20	0.010	0.0004	1.17	0.0023	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.02	1.61	比較鋼		
14	0.0014	3.14	0.50	0.013	0.0005	1.20	0.0019	0.0025	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0009	0.0003	0.35	16.45	1.66	比較鋼		
15	0.0013	3.15	1.53	0.012	0.0003	1.17	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0001	0.35	15.30	1.67	發明鋼		
16	0.0017	3.17	1.52	0.013	0.0003	1.18	0.0019	0.0003	tr.	tr.	0.0053	tr.	0.0014	0.0001	0.35	15.22	1.68	發明鋼		
17	0.0011	3.16	1.57	0.011	0.0004	1.20	0.0018	0.0003	tr.	tr.	0.0174	tr.	0.0012	0.0002	0.35	15.17	1.69	發明鋼		
18	0.0014	3.14	1.56	0.012	0.0003	1.20	0.0016	0.0005	tr.	tr.	tr.	0.0070	0.0010	0.0002	0.35	15.14	1.68	發明鋼		

[續表 1-1]

編號	化學成分 (質量%)														磁特性		備註	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo	Ti	板厚 (mm)	鐵損 W _{10/400} (W/kg)		磁通密 度 B ₅₀ (T)
19	0.0016	3.20	1.56	0.012	0.0004	1.16	0.0021	0.0004	tr.	tr.	tr.	0.0240	0.0008	0.0003	0.35	15.12	1.69	發明鋼
20	0.0018	3.14	1.56	0.014	0.0004	1.21	0.0019	0.0003	tr.	tr.	tr.	0.0420	0.0007	0.0001	0.35	15.09	1.69	發明鋼
21	0.0021	3.12	1.57	0.013	0.0003	1.20	0.0017	0.0005	0.0023	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	0.35	14.98	1.67	發明鋼
22	0.0020	3.17	1.55	0.012	0.0004	1.21	0.0016	0.0015	0.0035	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	0.35	15.07	1.67	發明鋼

【0042】 [表 1-2]

編號	化學成分 (質量%)													板厚 (mm)	磁性		備註	
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo		Ti	鐵損 W _{10/400} (W/kg)		磁通 密度 B ₅₀ (T)
23	0.0021	3.13	1.56	0.012	0.0005	1.20	0.0017	0.0015	0.0047	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0002	0.35	15.20	1.67	發明鋼
24	0.0016	3.14	1.54	0.013	0.0003	1.22	0.0018	0.0016	0.0060	tr.	tr.	tr.	0.0008	0.0002	0.35	15.70	1.67	比較鋼
25	0.0017	3.13	1.54	0.011	0.0003	1.21	0.0016	0.0035	0.0032	tr.	tr.	tr.	0.0015	0.0003	0.35	15.59	1.67	比較鋼
26	0.0015	3.18	1.53	0.012	0.0004	1.23	0.0015	0.0005	tr.	0.0014	tr.	tr.	0.0016	0.0002	0.35	14.98	1.67	發明鋼
27	0.0016	3.19	1.54	0.011	0.0004	1.24	0.0021	0.0015	tr.	0.0015	tr.	tr.	0.0017	0.0002	0.35	15.08	1.67	發明鋼
28	0.0014	3.22	1.57	0.012	0.0003	1.22	0.0020	0.0015	tr.	0.0041	tr.	tr.	0.0015	0.0001	0.35	15.07	1.67	發明鋼
29	0.0013	0.88	1.52	0.030	0.0004	2.60	0.0025	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	18.42	1.67	比較鋼
30	0.0015	3.14	1.53	0.012	0.0003	1.22	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0001	0.0002	0.35	15.40	1.67	發明鋼
31	0.0017	3.16	1.54	0.012	0.0003	1.23	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0022	0.0002	0.35	15.36	1.68	發明鋼
32	0.0016	3.18	1.56	0.012	0.0004	1.20	0.0017	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0028	0.0001	0.35	15.42	1.68	發明鋼
33	0.0014	2.22	1.26	0.012	0.0003	2.18	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	0.35	15.23	1.67	發明鋼
34	0.0016	3.55	1.20	0.004	0.0004	1.14	0.0021	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0012	0.0002	0.35	14.70	1.67	發明鋼
35	0.0017	4.92	1.13	0.004	0.0003	0.32	0.0016	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0002	0.35	14.62	1.60	比較鋼
36	0.0015	2.79	1.58	0.013	0.0003	1.33	0.0017	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	14.96	1.67	發明鋼
37	0.0014	2.49	1.57	0.011	0.0004	2.44	0.0021	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0001	0.35	14.78	1.66	發明鋼
38	0.0018	1.52	1.58	0.012	0.0004	3.47	0.0022	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0002	0.35	15.03	1.63	比較鋼
39	0.0013	2.79	1.56	0.013	0.0017	1.32	0.0014	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0001	0.35	15.22	1.65	發明鋼

[續表 1-2]

編號	化學成分 (質量%)											磁特性		備註				
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Bi	Ca	Mg	Sb	Sn	Mo		Ti	板厚 (mm)	鐵損 $W_{10/400}$ (W/kg)	磁通 密度 B_{50} (T)
40	0.0015	2.79	1.57	0.011	0.0055	1.32	0.0016	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0003	0.35	17.53	1.65	比較鋼
41	0.0016	2.78	1.58	0.014	0.0004	1.33	0.0015	0.0003	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0013	0.0037	0.35	16.28	1.65	比較鋼
42	0.0017	2.79	1.56	0.013	0.0003	1.32	0.0060	0.0005	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0014	0.0003	0.35	16.41	1.65	比較鋼
43	0.0059	2.79	1.57	0.012	0.0005	1.32	0.0010	0.0002	tr.	tr.	tr.	tr.	0.0011	0.0003	0.35	16.45	1.65	比較鋼

【0043】 如由表 1-1～表 1-2 所知，滿足本發明的成分組成的鋼板、特別是已減少 Bi 的鋼板，儘管 Mn 含量高，但高頻率鐵損特性仍優良。

【符號說明】

【0044】

無

105-07-05

申請專利範圍

1. 一種無方向性電磁鋼板，包括：含有 0.005 質量%以下的 C、1.5 質量%~4 質量%的 Si、1.0 質量%~5 質量%的 Mn、0.1 質量%以下的 P、0.005 質量%以下的 S、3 質量%以下的 Al、0.005 質量%以下的 N、0.0030 質量%以下的 Bi，且剩餘部分為 Fe 及不可避免的雜質的成分組成。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述的無方向性電磁鋼板，其中除了上述成分組成以外，進而含有選自 0.0005 質量%~0.005 質量%的 Ca 及 0.0002 質量%~0.005 質量%的 Mg 之中的一種或兩種。
3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的無方向性電磁鋼板，其中除了上述成分組成以外，進而含有選自 0.0005 質量%~0.05 質量%的 Sb 及 0.0005 質量%~0.05 質量%的 Sn 之中的一種或兩種。
4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的無方向性電磁鋼板，其中除了上述成分組成以外，進而含有 0.0005 質量%~0.0030 質量%的 Mo。
5. 如申請專利範圍第 3 項所述的無方向性電磁鋼板，其中除了上述成分組成以外，進而含有 0.0005 質量%~0.0030 質量%的 Mo。
6. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的無方向性電磁鋼板，其中 Ti 的含量為 0.002 質量%以下。
7. 如申請專利範圍第 3 項所述的無方向性電磁鋼板，其中

105-07-05

Ti 的含量為 0.002 質量%以下。

8. 如申請專利範圍第 4 項所述的無方向性電磁鋼板，其中 Ti 的含量為 0.002 質量%以下。

9. 如申請專利範圍第 5 項所述的無方向性電磁鋼板，其中 Ti 的含量為 0.002 質量%以下。

圖式

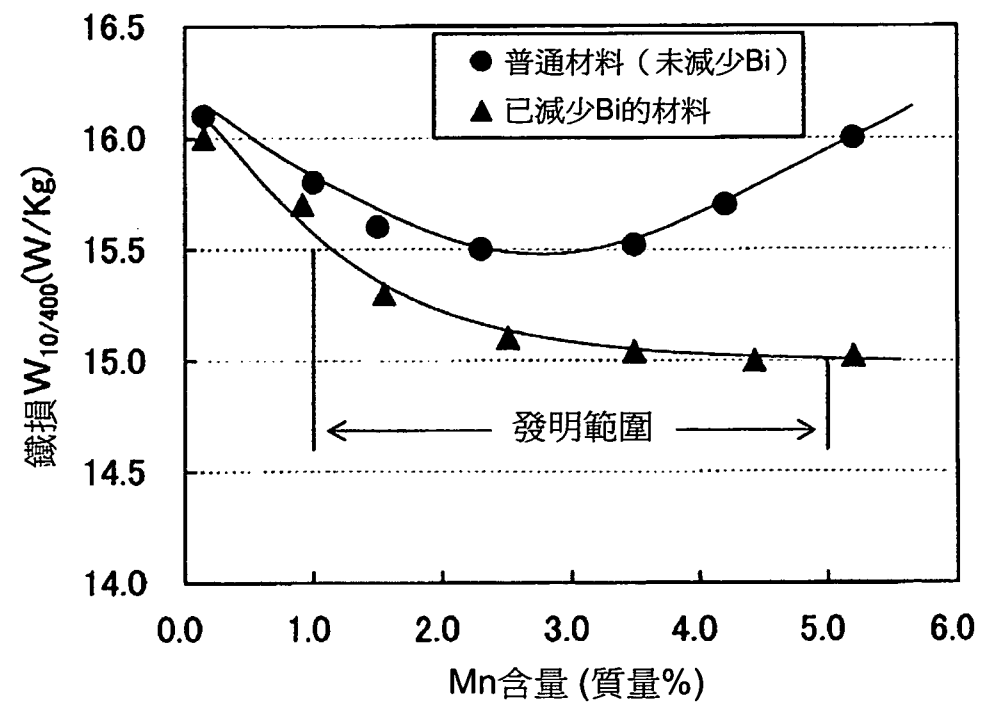


圖1

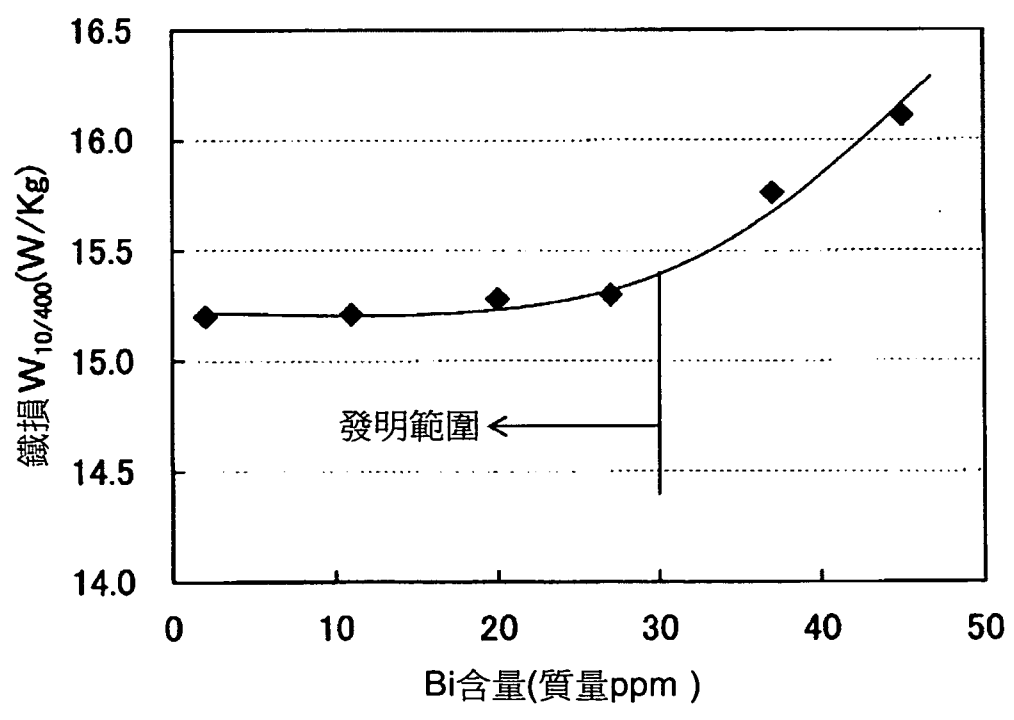


圖2