



(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 I479032 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 04 月 01 日

(21)申請案號：102129447

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 16 日

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

C21D8/12 (2006.01)

(30)優先權：2012/08/21 日本

2012-182322

(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：財前善彰 ZAIZEN, YOSHIAKI (JP)；尾田善彦 ODA, YOSHIHIKO (JP)；戶田廣
朗 TODA, HIROAKI (JP)

(74)代理人：賴經臣；宿希成

(56)參考文獻：

CN 1305019A

EP 0741191A2

審查人員：潘煒琳

申請專利範圍項數：3 項 圖式數：6 共 21 頁

(54)名稱

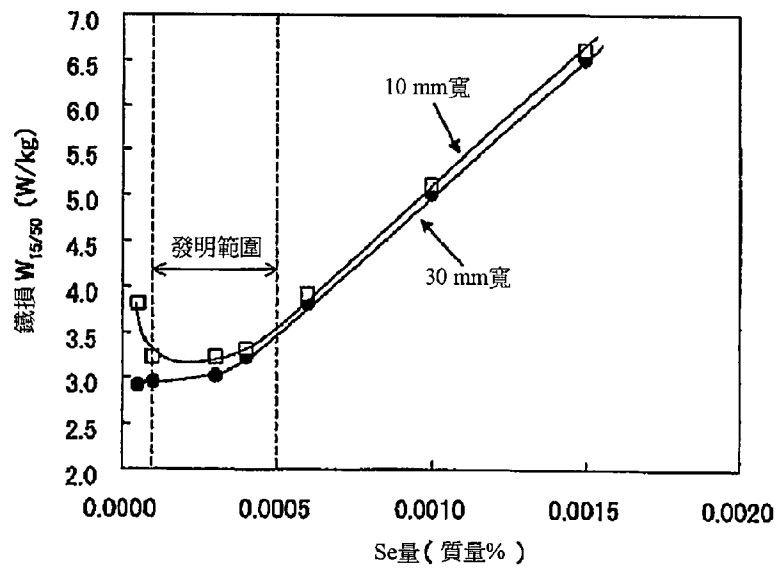
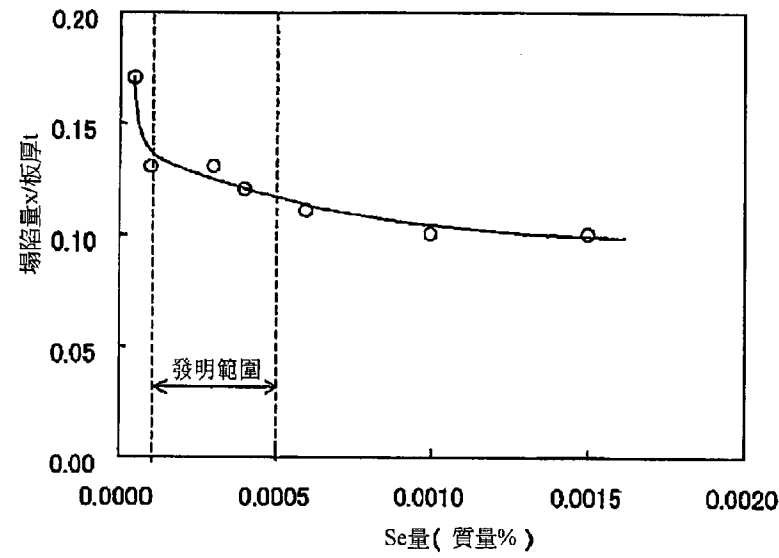
打孔加工所造成之鐵損特性劣化小的無方向性電磁鋼板

NON-ORIENTED MAGNETIC STEEL SHEET BEING LESS IN THE DETERIORATION OF IRON
LOSS PROPERTY THROUGH BLANKING

(57)摘要

本發明係關於一種打孔加工前之鐵損特性優異，且打孔加工所造成之鐵損特性劣化小之無方向性電磁鋼板，其含有：C：0.005 質量%以下、Si：2~7 質量%、Mn：0.03~3 質量%、Al：3 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Se：0.0001~0.0005 質量%及 As：0.0005~0.005 質量%，且剩餘部分由 Fe 及不可避免之雜質構成之成分組成，50 Hz、1.5 T 激磁時之鐵損 $W_{15/50}$ 為 3.5 W/kg 以下，且鋼板打孔時之塌陷量 x (mm)與板厚 t (mm)之比(x/t)為 0.15 以下。

A non-oriented magnetic steel sheet has a chemical composition comprising C : not more than 0.005 mass%, Si : 2~7 mass%, Mn : 0.03~3 mass%, Al : not more than 3 mass%, P : not more than 0.2 mass%, S : not more than 0.005 mass%, N : not more than 0.005 mass%, Se : 0.0001~0.0005 mass%, As : 0.0005~0.005 mass% and the balance being Fe and inevitable impurities, and is excellent in the iron loss property before blanking wherein iron loss $W_{15/50}$ at excitation of 50 Hz and 1.5 T is not more than 3.5 W/kg and a ratio (x/t) of rounding edge height x (mm) to sheet thickness t (mm) is not more than 0.15, and is less in the iron loss property through blanking.



C:0.0030質量%、Si:2.5質量%、Al:1質量%、Mn:0.5質量%、P:0.01質量%、
N:0.0020質量%、S:0.0022質量%、As:0.001質量%

圖4

發明摘要

※ 申請案號：102129447

※ 申請日：102/08/16

※IPC 分類： $C_{38/6}$ (2005.01)
 $C_{10/8}$ (2005.01)

【發明名稱】(中文/英文)

打孔加工所造成之鐵損特性劣化小的無方向性電磁鋼板

NON-ORIENTED MAGNETIC STEEL SHEET BEING LESS IN
THE DETERIORATION OF IRON LOSS PROPERTY THROUGH
BLANKING

【中文】

本發明係關於一種打孔加工前之鐵損特性優異，且打孔加工所造成之鐵損特性劣化小之無方向性電磁鋼板，其含有：C：0.005 質量%以下、Si：2~7 質量%、Mn：0.03~3 質量%、Al：3 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Se：0.0001~0.0005 質量%及 As：0.0005~0.005 質量%，且剩餘部分由 Fe 及不可避免之雜質構成之成分組成，50 Hz、1.5 T 激磁時之鐵損 $W_{15/50}$ 為 3.5 W/kg 以下，且鋼板打孔時之塌陷量 $x(\text{mm})$ 與板厚 $t(\text{mm})$ 之比(x/t)為 0.15 以下。

【英文】

A non-oriented magnetic steel sheet has a chemical composition comprising C : not more than 0.005 mass%, Si : 2~7 mass%, Mn : 0.03~3 mass%, Al : not more than 3 mass%, P : not more than 0.2 mass%, S : not more than 0.005 mass%, N : not more than 0.005 mass%, Se : 0.0001~0.0005 mass%, As : 0.0005~0.005 mass% and the balance being Fe and inevitable impurities, and is excellent in the iron loss property before blanking wherein iron loss $W_{15/50}$ at excitation of 50 Hz and 1.5 T is not more than 3.5 W/kg and a ratio (x/t) of rounding edge height x (mm) to sheet thickness t (mm) is not more than 0.15, and is less in the iron loss property through blanking.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 4 ）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)

打孔加工所造成之鐵損特性劣化小的無方向性電磁鋼板
NON-ORIENTED MAGNETIC STEEL SHEET BEING LESS IN
THE DETERIORATION OF IRON LOSS PROPERTY THROUGH
BLANKING

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種不僅打孔加工前之鐵損特性優異，而且打孔加工所造成之鐵損特性劣化小的無方向性電磁鋼板。

【先前技術】

【0002】 近年來，於省能源化之世界性潮流中，對於電氣設備亦強烈要求高效率化。伴隨於此，於廣泛用作電氣設備之鐵心材料之無方向性電磁鋼板中，為達成電氣設備之高效率化，降低鐵損成為較大課題。為滿足上述要求，於無方向性電磁鋼板中，先前主要係添加 Si 或 Al 等元素提高固有阻力或者降低板厚，藉此謀求低鐵損化。

【0003】 然而，於使用無方向性電磁鋼板作為馬達等之鐵心材料之情況下，已知該馬達等之特性差於素材鋼板之特性。可認為其原因之一在於，無方向性電磁鋼板之特性通常於使用 30 mm 寬之試驗片之愛潑斯坦試驗(Epstein test)中進行評價，相對於此，實機之馬達大多為齒部寬度或磁軛寬度較窄為 5~10 mm 者，由於打孔加工時導入之應變而導致鐵損特性劣化。作為此種由打孔加工所造成之磁特性劣化小之材料，例如於專利文獻 1 中揭示有一種藉由添加 0.015~0.035 wt%之 S，而減小剪切阻力，降低應變量之無方向性電磁鋼板。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

專利文獻 1：日本專利第 2970436 號公報

【發明內容】

(發明所欲解決之問題)

【0005】 然而，專利文獻 1 所揭示之鋼板較先前之無方向性電磁鋼板含有大量之 S，故而打孔加工前之素材鋼板本身之磁特性較差，因此無法充分滿足近來對於鐵損特性之嚴格要求。因此，強烈期望開發出一種不僅打孔加工前之鐵損特性優異，而且打孔加工後之鐵損特性亦優異，即打孔加工所造成之鐵損特性劣化小之無方向性電磁鋼板。

【0006】 本發明係鑒於先前技術所持之上述問題而成者，其目的在於提供一種打孔加工前之鐵損特性優異，且打孔加工所造成之鐵損特性劣化小之無方向性電磁鋼板。

(解決問題之技術手段)

【0007】 發明者等人為解決上述課題，著眼於鋼板之成分組成與因打孔加工產生之鋼板之塌陷之大小(以下亦稱為「塌陷量」)對鐵損特性造成之影響而反覆進行銳意研究。結果發現，因打孔加工產生之鋼板之塌陷之大小與鐵損特性之劣化率有很大相關，該塌陷之大小可藉由添加適當量之 Se 及 As，不使素材鋼板之鐵損特性劣化地得到減輕，甚至可抑制打孔加工所造成之鐵損特性劣化，從而開發出本發明。

【0008】 基於上述見解之本發明係一種無方向性電磁鋼板，其特徵在於，具有含有 C：0.005 質量%以下、Si：2~7 質量%、Mn：0.03~3 質量%、Al：3 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Se：0.0001~0.0005 質量%及 As：0.0005

~0.005 質量%，且剩餘部分由 Fe 及不可避免之雜質構成之成分組成，50 Hz、1.5 T 激磁時之鐵損 $W_{15/50}$ 為 3.5 W/kg 以下，且鋼板打孔時之塌陷量 $x(\text{mm})$ 與板厚 $t(\text{mm})$ 之比(x/t)為 0.15 以下。

【0009】 本發明之無方向性電磁鋼板之特徵在於，平均結晶粒徑為 30~150 μm 。

【0010】 又，本發明之無方向性電磁鋼板之特徵在於，除上述成分組成以外進而含有 Sn：0.003~0.5 質量%及 Sb：0.003~0.5 質量%中之任 1 種或 2 種。

(對照先前技術之功效)

【0011】 根據本發明，可穩定地提供一種不僅打孔加工前之鐵損特性優異，而且打孔加工後之鐵損特性亦優異，即打孔加工所造成之鐵損特性劣化小之無方向性電磁鋼板，故而大大有助於使用藉由打孔加工製造之鐵心之馬達等電氣設備之高效率化。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1 係定義打孔加工所造成之塌陷量之圖。

圖 2 係說明於愛潑斯坦試驗中，測定寬 30 mm 之試驗片與寬 10 mm 之試驗片之鐵損之方法的圖。

圖 3 係表示塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)對鐵損劣化率造成之影響之圖表。

圖 4 係表示 Se 含量對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)及鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響之圖表。

圖 5 係表示 As 含量對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)及鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響之圖表。

圖 6 係表示平均結晶粒徑對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)及鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響之圖表。

【實施方式】

【0013】 以下，對成為開發本發明之契機之實驗進行說明。

<實驗 1>

首先，為調查因打孔加工產生之塌陷之大小(塌陷量)對鐵損特性造成之影響，將含有 C：0.0025 質量%、Si：3.0 質量%、Al：0.5 質量%、Mn：0.5 質量%、P：0.01 質量%、N：0.0018 質量%、S：0.0019 質量%、Se：0.0001 質量%及 As：0.0010 質量%之鋼坯加熱 $1100^{\circ}\text{C} \times 30$ 分鐘後，進行熱軋而製成板厚 2.0 mm 之熱軋板，實施 $980^{\circ}\text{C} \times 30$ 秒之熱軋板退火後，藉由 1 次冷軋製成具有板厚 0.20~0.50 mm 之各種板厚之冷軋板，其後實施 $950^{\circ}\text{C} \times 10$ 秒之最終退火，形成絕緣被膜而製成無方向性電磁鋼板(製品板)。再者，藉由線分法求出上述製品板之軋壓方向(L 方向)剖面之平均結晶粒徑，結果為約 80 μm 。

【0014】 繼而，藉由將空隙(clearance)設定為 5%之打孔加工，自上述製品板之 L 方向及 C 方向採取長 180 mm×寬 30 mm 及長 180 mm×寬 10 mm 之試驗片。此處，所謂上述空隙，係將上模與下模之間隙除以被加工材之板厚所得之值(%)。又，對打孔加工成寬 10 mm 之試驗片測定端面之塌陷之大小(塌陷量)。此處，上述塌陷量如圖 1 所示般進行定義。

【0015】 又，藉由愛潑斯坦試驗對上述試驗片測定鐵損 $W_{15/50}$ 。此時，關於寬 10 mm 之試驗片，如圖 2 所示，將試驗片於寬度方向排列 3 片達到寬度 30 mm 而進行測定。於以此方式測定鐵損之情況下，由於寬 30 mm 之試驗片中含有 2 處剪切部分，故而可評價打孔加工對

鐵損特性之影響。再者，打孔加工對鐵損之影響如下述式所定義般，係以寬 10 mm 之試驗片之鐵損 $W_{15/50}$ 相對於寬 30 mm 之試驗片之鐵損 $W_{15/50}$ 之劣化率(鐵損劣化率)進行評價。

記

$$\text{鐵損劣化率}(\%) = \{(W_{15/50}(10 \text{ mm 寬})) - (W_{15/50}(30 \text{ mm 寬}))\} / (W_{15/50}(30 \text{ mm 寬})) \times 100$$

【0016】關於上述測定結果，於圖 3 中表示打孔加工時之塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)、與鐵損劣化率之關係。根據該圖，可知藉由將塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)設為 0.15 以下，可將鐵損劣化率降低至 20% 以下。可認為其原因在於，若塌陷量與板厚之比(x/t)較大，則於因打孔加工產生之端面之附近殘存壓縮應力，磁特性劣化。根據該結果，於本發明中，將塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)設為 0.15 以下。

【0017】

<實驗 2>

繼而，作為降低因上述打孔加工產生之端面之塌陷量之對策，發明者等人著眼於晶界偏析型且減弱晶界強度之元素即 Se 與 As 而進行以下實驗。

將含有 C：0.0030 質量%、Si：2.5 質量%、Al：1 質量%、Mn：0.5 質量%、P：0.01 質量%、N：0.0020 質量%、S：0.0022 質量%，且於 0.0001~0.002 質量%之範圍含有 Se、於 0.0001~0.010 質量%之範圍含有 As 之鋼坯加熱 1100℃×30 分鐘後，進行熱軋而製成板厚 2.0 mm 之熱軋板，實施 980℃×30 秒之熱軋板退火後，藉由 1 次冷軋製成板厚 0.50 mm 之冷軋板，其後實施 970℃×10 秒之最終退火，形成絕緣被膜而製成無方向性電磁鋼板(製品板)。

【0018】藉由將空隙設為 5%之打孔加工，自如此獲得之製品板之 L 方向及 C 方向採取長 180 mm×寬 10 mm 之試驗片，以與上述〈實驗 1〉同樣之方式測定打孔端面之塌陷量，並且藉由愛潑斯坦試驗測定鐵損 $W_{15/50}$ 。再者，上述寬 10 mm 之試驗片之鐵損係將 3 片試驗片於寬度方向排列達到寬度 30 mm 而進行測定。

【0019】圖 4 係表示 Se 含量對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)及鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響，又，圖 5 係表示 As 含量對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)及鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響。根據該等圖可知，藉由設為 $Se \geq 0.0001$ 質量%、 $As \geq 0.0005$ 質量%，可減小塌陷之大小。可認為其原因在於，Se 及 As 為晶界偏析型元素，具有減弱晶界強度之效果，故而打孔加工時之剪切阻力變小而可減輕塌陷。另一方面，可知，若 $Se > 0.0005$ 質量%、 $As > 0.005$ 質量%，則鐵損特性明顯劣化。可認為其原因在於，若含有大量 Se 或 As，則形成大量析出物，遲滯損失增大。

根據以上結果，於本發明中，於 0.0001~0.0005 質量%之範圍添加 Se、於 0.0005~0.005 質量%之範圍添加 As。

【0020】

<實驗 3>

繼而，發明者等人進行調查結晶粒徑對塌陷量造成之影響之實驗。

將含有 C：0.0020 質量%、Si：2.5 質量%、Al：0.001 質量%、Mn：0.5 質量%、P：0.01 質量%、N：0.0019 質量%、S：0.0024 質量%、Se：0.0001 質量%及 As：0.0008 質量%之鋼坯加熱 1100℃×30 分鐘後，進行熱軋而製成板厚 2.0 mm 之熱軋板，實施 1000℃×30 秒之熱軋板退火，藉由 1 次冷軋製成板厚 0.35 mm 之冷軋板後，實施於 750~1100℃之範圍之各種溫度下保持 10 秒之最終退火，從而製成結晶粒徑不同

之無方向性電磁鋼板(製品板)。

【0021】 藉由將空隙設為 5%之打孔加工，自如此獲得之製品板之 L 方向及 C 方向採取長 180 mm×寬 30 mm 及長 180 mm×寬 10 mm 之試驗片，以與上述〈實驗 1〉同樣之方式測定打孔端面之塌陷量，且藉由愛潑斯坦試驗測定鐵損 $W_{15/50}$ ，並且藉由線分法求出製品板之軋壓方向(L 方向)剖面之平均結晶粒徑。再者，上述寬 10 mm 之試驗片之鐵損係將 3 片試驗片於寬度方向排列 3 片達到寬度 30 mm 而進行測定。

【0022】 圖 6(a)係表示結晶粒徑對塌陷量 x 與板厚 t 之比(x/t)造成之影響之圖。根據該圖可知，藉由將平均結晶粒徑設為 150 μm 以下，可降低打孔加工時之塌陷量。可認為其原因在於，若結晶粒徑變小，則晶界之存在頻度變高，打孔加工時之剪切阻力變小。又，圖 6(b)係表示結晶粒徑對鐵損 $W_{15/50}$ 造成之影響之圖。根據該圖可知，若平均結晶粒徑為 30 μm 以下，則鐵損 $W_{15/50}$ 劣化。可認為其原因在於，若結晶粒徑變小，則遲滯損失變大。

根據以上可知，本發明之無方向性電磁鋼板之平均結晶粒徑較佳為設為 30~150 μm 之範圍。

【0023】 繼而，對本發明之無方向性電磁鋼板(製品板)之成分組成進行說明。

C：0.005 質量%以下

C 若含有超過 0.005 質量%，則有引起磁時效而鐵損劣化之虞。因此，C 設為 0.005 質量%以下。

【0024】

Si：2~7 質量%

Si 係對提高鋼之固有阻力，降低鐵損有效之元素，若未滿 2 質量

%，則上述效果較小。另一方面，若超過 7 質量%，則鋼硬質化，難以進行軋壓而製造。因此，Si 設為 2~7 質量%之範圍。

【0025】

Mn：0.03~3 質量%

Mn 係為改善熱間加工性所必需之元素，若未滿 0.03 質量%，則上述效果不充分，另一方面，超過 3 質量%之添加會導致原料成本之上升。因此，Mn 設為 0.03~3 質量%之範圍。

【0026】

Al：3 質量%以下

Al 係與 Si 同樣地對提高鋼之固有阻力，降低鐵損有效之元素。然而，超過 3 質量%之添加會導致鋼硬質化，難以進行軋壓而製造。因此，Al 設為 3 質量%以下。

【0027】

P：0.2 質量%以下

於本發明中，P 係為提高鋼之固有阻力，降低鐵損而添加，但若添加超過 0.2 質量%，則鋼之脆化變得明顯，於冷軋時引起斷裂。因此，P 限制在 0.2 質量%以下。

【0028】

S：0.005 質量%以下、N：0.005 質量%以下

S 及 N 均為不可避免之雜質元素，若含有超過 0.005 質量%，則使磁特性劣化。因此，S 及 N 分別限制在 0.005 質量%以下。

【0029】

Se：0.0001~0.0005 質量%、As：0.0005~0.005 質量%

如上所述，Se 及 As 為晶界偏析型元素，具有藉由減弱晶界強度

而抑制打孔加工時之塌陷之發生之效果。上述效果係藉由 Se：0.0001 質量%以上、As：0.0005 質量%以上之添加而獲得。另一方面，超過 Se：0.0005 質量%及 As：0.005 質量%之添加會形成大量析出物，遲滯損失增大，故而鐵損特性劣化。因此，Se 及 As 設為 Se：0.0001～0.0005 質量%、As：0.0005～0.005 質量%之範圍。

【0030】 本發明之無方向性電磁鋼板中，上述必需成分以外之剩餘部分為 Fe 及不可避免之雜質。其中，為改善鐵損特性，亦可添加 Sn：0.003～0.5 質量%及 Sb：0.003～0.5 質量%中之任 1 種或 2 種。

Sn 及 Sb 係具有抑制鋼板表層之氧化或氮化、及伴隨此之表層微細粒之生成，防止磁特性之劣化之作用效果之元素。為表現該效果，較佳為分別含有 0.003 質量%以上。另一方面，若含有超過 0.5 質量%，則有抑制結晶粒之成長，導致磁特性之劣化之虞。因此，Sn 及 Sb 較佳為分別於 0.003～0.5 質量%之範圍內添加。

【0031】 繼而，對本發明之無方向性電磁鋼板之製造方法進行說明。

本發明之無方向性電磁鋼板之製造方法較佳為包含以下一系列步驟：將具有上述適合本發明之成分組成之鋼藉由使用轉爐或電爐、真空脫氣裝置等之常法之精煉製程進行熔製，並藉由連續鑄造法或造塊-分塊軋壓法製成鋼坯後，對該鋼坯進行熱軋，視需要進行熱軋板退火、冷軋、最終退火，並形成絕緣被膜。

上述製造方法中，對於熱軋板退火以前之製造條件並無特別限制，可以通常公知之條件製造。

又，上述冷軋可以 1 次冷軋進行，亦可以夾著中間退火之 2 次以上之冷軋進行。又，其軋縮率亦可與通常之無方向性電磁鋼板之製造

條件相同。

又，上述最終退火除了以平均結晶粒徑成為本發明之較佳範圍(30 ~ 150 μm)之方式設定退火條件以外，並無特別限制，只要依據通常之無方向性電磁鋼板之退火條件實施即可。再者，於將結晶粒徑控制於上述範圍時，退火溫度較佳為設為 770 ~ 1050°C 之範圍，更佳為設為 800 ~ 1020°C 之範圍。

[實施例]

【0032】 將具有表 1 所示之各種成分組成之鋼坯進行 1100°C×30 分鐘之再加熱後，進行熱軋而製成板厚 2.0 mm 之熱軋板，實施 1000°C×30 秒之熱軋板退火後，藉由 1 次冷軋製成表 2 所示之各種板厚之冷軋板，其後實施於同表 2 所示之各種溫度下保持 10 秒之最終退火，從而製成無方向性電磁鋼板(製品板)。

【0033】 [表 1]

No.	化學成分(質量%)											備註
	C	Si	Mn	Al	S	N	Se	As	P	Sn	Sb	
1	0.0030	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	發明例
2	0.0020	<u>1.0</u>	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	比較例
3	0.0030	2.5	0.50	0.001	0.0021	0.0021	0.0001	0.0010	0.010	tr.	tr.	發明例
4	0.0030	3.5	0.50	0.001	0.0021	0.0021	0.0001	0.0010	0.010	tr.	tr.	發明例
5	0.0030	4.5	0.50	0.001	0.0021	0.0021	0.0001	0.0018	0.010	tr.	tr.	發明例
6	0.0025	6.5	0.05	0.001	0.0024	0.0017	0.0001	0.0021	0.010	tr.	tr.	發明例
7	0.0030	<u>7.5</u>	0.05	0.001	0.0024	0.0017	0.0001	0.0021	0.010	tr.	tr.	比較例
8	0.0030	2.0	0.05	0.30	0.0018	0.0026	0.0001	0.0014	0.008	tr.	tr.	發明例
9	0.0030	2.2	0.05	1.0	0.0018	0.0026	0.0001	0.0014	0.012	tr.	tr.	發明例
10	0.0025	2.0	0.50	1.5	0.0015	0.0021	0.0001	0.0020	0.010	tr.	tr.	發明例
11	0.0025	2.0	0.50	2.5	0.0015	0.0021	0.0001	0.0020	0.010	tr.	tr.	發明例
12	0.0025	2.0	0.50	<u>4.0</u>	0.0015	0.0021	0.0001	0.0020	0.010	tr.	tr.	比較例
13	0.0030	3.0	0.05	0.001	0.0024	0.0027	0.0001	0.0015	0.010	tr.	tr.	發明例
14	0.0030	3.0	1.0	0.001	0.0024	0.0027	0.0001	0.0015	0.010	tr.	tr.	發明例
15	0.0030	2.5	1.5	0.001	0.0024	0.0027	0.0002	0.0018	0.010	tr.	tr.	發明例
16	0.0030	2.5	2.5	0.001	0.0024	0.0027	0.0003	0.0018	0.010	tr.	tr.	發明例
17	0.0030	2.2	<u>4.0</u>	0.001	0.0024	0.0027	0.0004	0.0024	0.010	tr.	tr.	比較例
18	0.0040	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	發明例
19	<u>0.010</u>	3.0	0.50	0.001	0.0020	0.0021	0.0001	0.0010	0.010	tr.	tr.	比較例
20	0.0025	3.3	0.50	0.003	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.005	tr.	tr.	發明例
21	0.0025	3.3	0.50	0.003	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.050	tr.	tr.	發明例
22	0.0025	3.3	0.50	0.003	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.12	tr.	tr.	發明例
23	0.0025	3.3	0.50	0.003	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	<u>0.30</u>	tr.	tr.	比較例
24	0.0025	3.0	0.50	0.50	<u>0.010</u>	0.0026	0.0001	0.0015	0.01	tr.	tr.	比較例
25	0.0025	3.0	0.50	0.50	0.003	<u>0.012</u>	0.0001	0.0018	0.01	tr.	tr.	比較例
26	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	0.005	tr.	發明例
27	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	0.050	tr.	發明例
28	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	0.10	tr.	發明例
29	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	0.30	tr.	發明例
30	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	<u>0.80</u>	tr.	比較例
31	0.0030	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0029	0.0001	0.0015	0.010	tr.	<u>0.80</u>	比較例
32	0.0030	3.0	0.50	0.001	0.0018	0.0026	0.0001	0.0015	0.015	0.040	0.040	發明例
33	0.0020	3.5	0.05	0.001	0.0020	0.0025	0.0001	0.0025	0.010	0.050	tr.	發明例
34	0.0035	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	發明例
35	0.0035	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	比較例
36	0.0035	2.5	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	0.0007	0.010	tr.	tr.	比較例
37	0.0035	3.0	1.50	0.60	0.0022	0.0026	0.0001	0.0010	0.010	tr.	tr.	發明例
38	0.0030	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	<u>0.0010</u>	0.0010	0.010	tr.	tr.	比較例
39	0.0030	3.0	0.50	0.50	0.0018	0.0026	0.0001	<u>0.010</u>	0.010	tr.	tr.	比較例
40	0.0025	1.5	0.50	0.30	0.0020	0.0024	<u>0.00003</u>	0.0010	0.010	tr.	tr.	比較例
41	0.0025	1.5	0.50	0.30	0.0019	0.0023	0.0001	<u>0.0003</u>	0.010	tr.	tr.	比較例
42	0.0025	1.5	0.50	0.30	0.0024	0.0026	<u>0.00004</u>	<u>0.0002</u>	0.010	tr.	tr.	比較例

【0034】 [表 2]

No.	製造條件		製品板之 結晶粒徑 (μm)	打孔性		鐵損 $W_{15/50}$			備註
	板厚 t (mm)	最終退 火溫度 ($^{\circ}\text{C}$)		打孔時之 塌陷量 x (mm)	塌陷量 x / 板厚 t	30 mm 寬 之鐵損	10 mm 寬 之鐵損	鐵損劣 化率 (%)	
1	0.35	940	60	0.015	0.043	2.20	2.50	13.6	發明例
2	0.35	950	70	0.060	0.171	2.80	3.60	28.6	比較例
3	0.30	950	70	0.015	0.050	2.50	2.90	16.0	發明例
4	0.25	930	55	0.015	0.060	2.00	2.27	13.5	發明例
5	0.50	950	70	0.025	0.050	2.20	2.41	9.5	發明例
6	0.15	950	70	0.010	0.067	1.80	1.95	8.3	發明例
7	於冷軋中斷裂，無法製品化			-	-	-	-	-	比較例
8	0.35	960	80	0.018	0.051	2.50	2.95	18.0	發明例
9	0.35	960	80	0.020	0.057	2.40	2.80	16.7	發明例
10	0.35	980	100	0.016	0.046	2.30	2.64	14.8	發明例
11	0.35	950	75	0.015	0.043	2.10	2.35	11.9	發明例
12	於冷軋中斷裂，無法製品化			-	-	-	-	-	比較例
13	0.30	950	70	0.016	0.053	2.40	2.80	16.7	發明例
14	0.25	910	40	0.014	0.056	2.20	2.55	15.9	發明例
15	0.25	930	50	0.014	0.056	2.10	2.40	14.3	發明例
16	0.20	950	70	0.012	0.060	2.05	2.30	12.2	發明例
17	0.50	980	100	0.080	0.160	2.80	3.80	35.7	比較例
18	0.35	950	70	0.016	0.046	2.20	2.55	15.9	發明例
19	0.35	950	70	0.017	0.049	3.80	4.50	18.4	比較例
20	0.35	980	100	0.025	0.071	2.30	2.75	19.6	發明例
21	0.35	960	85	0.022	0.063	2.20	2.60	18.2	發明例
22	0.35	950	70	0.020	0.057	2.15	2.45	14.0	發明例
23	於冷軋中斷裂，無法製品化			-	-	-	-	-	比較例
24	0.50	930	50	0.050	0.100	3.81	4.40	15.5	比較例
25	0.50	930	50	0.050	0.100	3.85	4.40	14.3	比較例
26	0.35	970	90	0.020	0.057	2.15	2.45	14.0	發明例
27	0.35	990	105	0.022	0.063	2.13	2.42	13.6	發明例
28	0.35	1020	120	0.025	0.071	2.12	2.41	13.7	發明例
29	0.35	1020	120	0.030	0.086	2.12	2.41	13.7	發明例
30	0.35	1000	100	0.025	0.071	3.80	4.52	18.9	比較例
31	0.35	1000	100	0.025	0.071	3.90	4.59	17.7	比較例
32	0.35	960	85	0.022	0.063	2.15	2.42	12.6	發明例
33	0.35	970	90	0.016	0.046	2.10	2.35	11.9	發明例
34	0.25	1000	110	0.013	0.052	2.00	2.25	12.5	發明例
35	0.50	750	20	0.025	0.050	3.70	4.05	9.5	比較例
36	0.50	1100	200	0.045	0.090	2.90	3.75	29.3	比較例
37	0.25	960	80	0.020	0.080	1.90	2.15	13.2	發明例
38	0.50	950	70	0.020	0.040	3.80	4.20	10.5	比較例
39	0.50	940	60	0.020	0.040	3.85	4.25	10.4	比較例
40	0.35	950	72	0.060	0.171	2.95	3.70	25.4	比較例
41	0.35	960	82	0.065	0.186	2.85	3.75	31.6	比較例
42	0.35	970	90	0.068	0.194	2.80	3.80	35.7	比較例

【0035】 藉由將空隙設為 5%之打孔加工，自如此獲得之製品板之 L 方向及 C 方向採取長 180 mm×寬 30 mm 及長 180 mm×寬 10 mm 之樣品，藉由愛潑斯坦試驗測定鐵損 $W_{15/50}$ ，求出鐵損劣化率。再者，對於長 180 mm×寬 10 mm 之樣品，如圖 2 所示，將寬 10 mm 之試驗片排列 3 片製成寬 30 mm 之試驗片而供於測定。又，對上述製品板測定打孔加工後之端面之塌陷量，並且藉由線分法求出軋壓方向(L 方向)剖面之平均結晶粒徑。

【0036】 將上述測定結果一併記載於表 2。根據表 2 可知，滿足本發明之條件之無方向性電磁鋼板不僅打孔加工前之鐵損特性優異，而且打孔加工後之鐵損特性亦優異，可抑制打孔加工所造成之鐵損特性劣化。

【符號說明】

【0037】

無

申請專利範圍

1. 一種無方向性電磁鋼板，其特徵在於，其含有：C：0.005 質量%以下、Si：2～7 質量%、Mn：0.03～3 質量%、Al：3 質量%以下、P：0.2 質量%以下、S：0.005 質量%以下、N：0.005 質量%以下、Se：0.0001～0.0005 質量%及 As：0.0005～0.005 質量%，且剩餘部分由 Fe 及不可避免之雜質構成之成分組成；50 Hz、1.5 T 激磁時之鐵損 $W_{15/50}$ 為 3.5 W/kg 以下，且鋼板打孔時之塌陷量 $x(\text{mm})$ 與板厚 $t(\text{mm})$ 之比(x/t)為 0.15 以下。
2. 如申請專利範圍第 1 項之無方向性電磁鋼板，其中，平均結晶粒徑為 30～150 μm 。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之無方向性電磁鋼板，其中，除上述成分組成以外進而含有 Sn：0.003～0.5 質量%及 Sb：0.003～0.5 質量%中之任 1 種或 2 種。

圖式

圖1

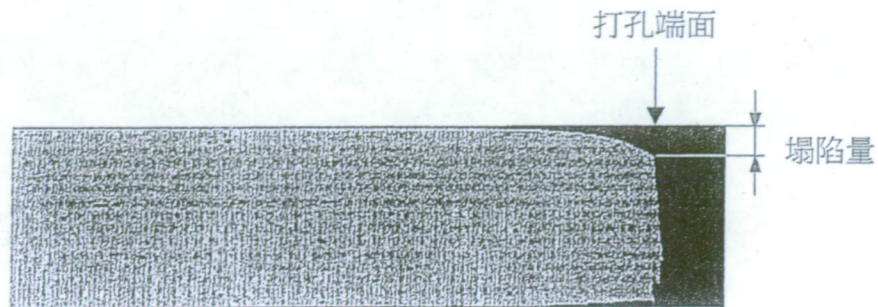


圖2

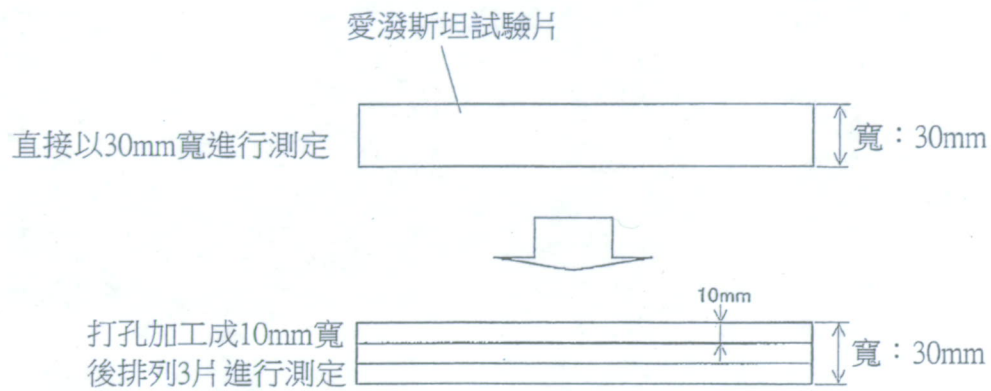
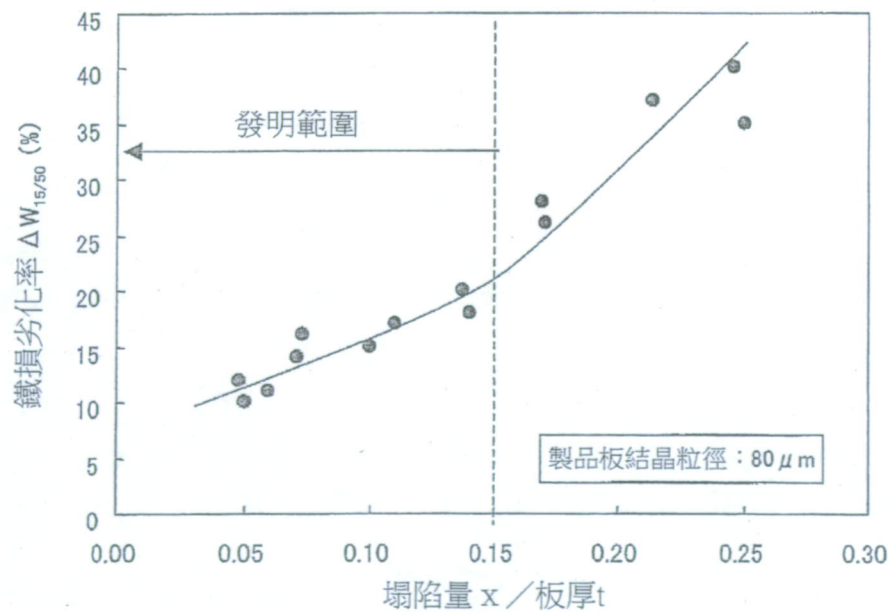
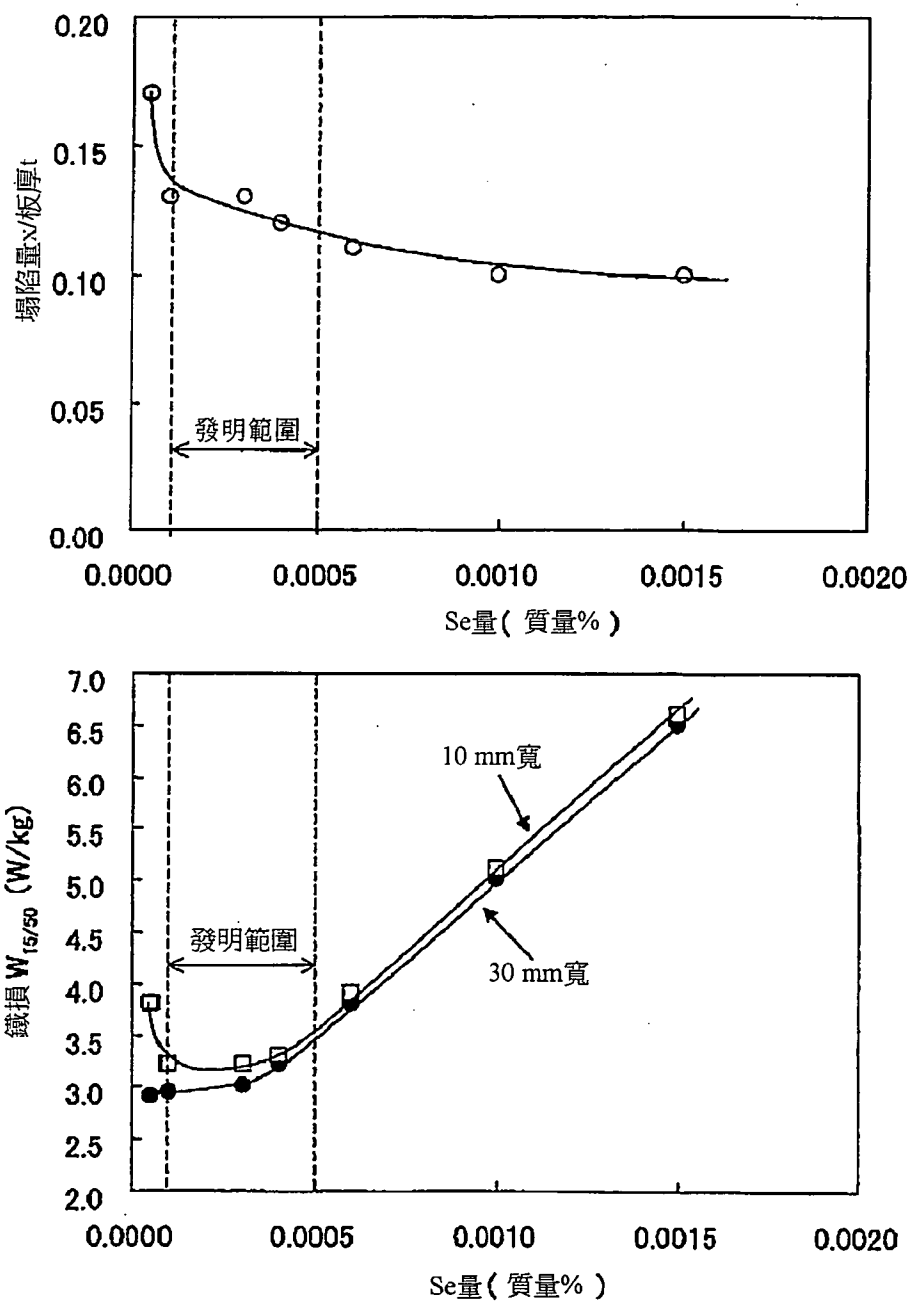


圖3

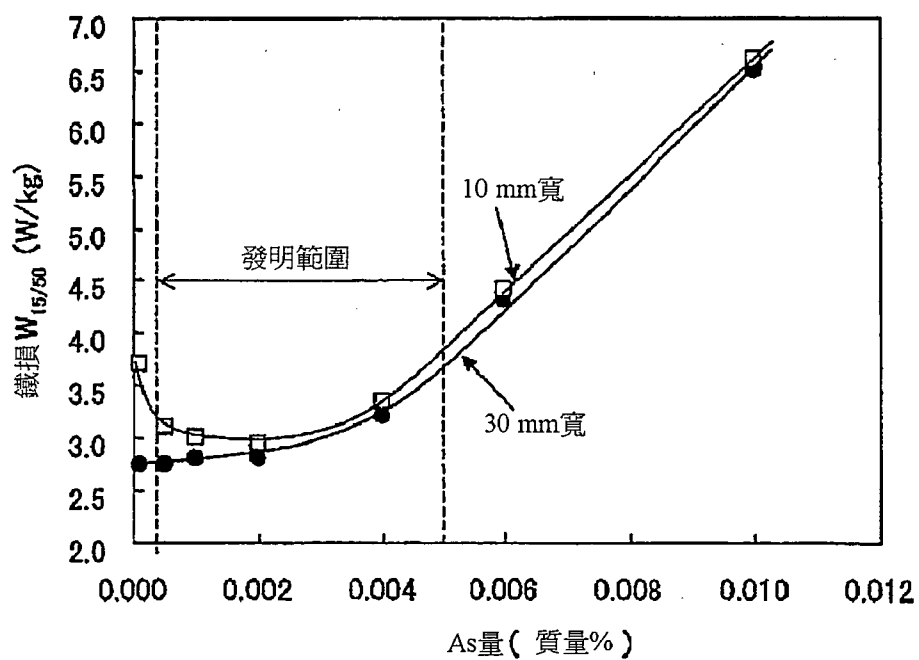
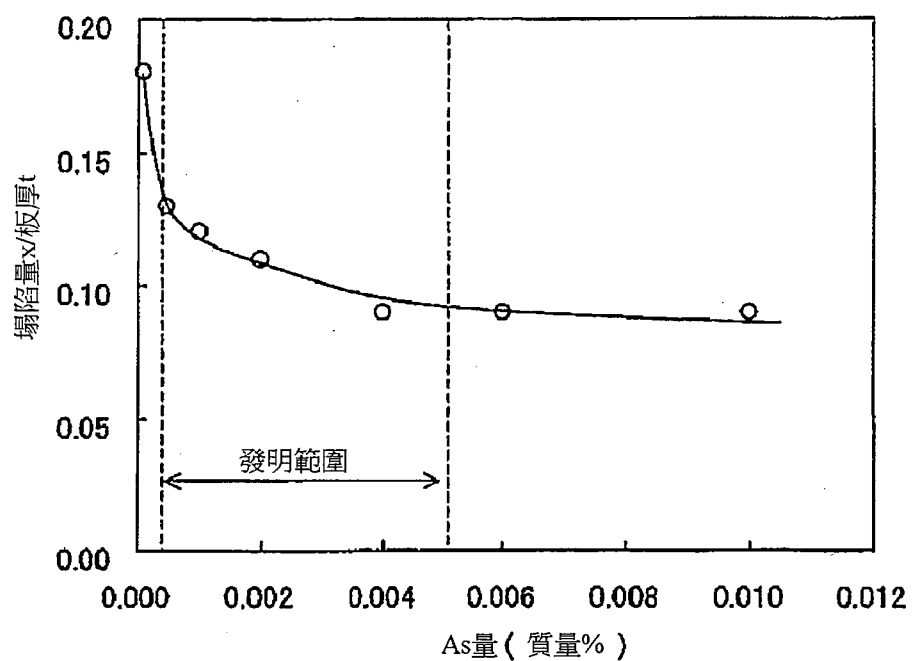


C : 0.0025質量%、Si : 3.0質量%、Al : 0.5質量%、Mn : 0.5質量%、P : 0.01質量%、
N : 0.0018質量%、S : 0.0019質量%、Se : 0.0001質量%、As : 0.0010質量%



C:0.0030質量%、Si:2.5質量%、Al:1質量%、Mn:0.5質量%、P:0.01質量%、
N:0.0020質量%、S:0.0022質量%、As:0.001質量%

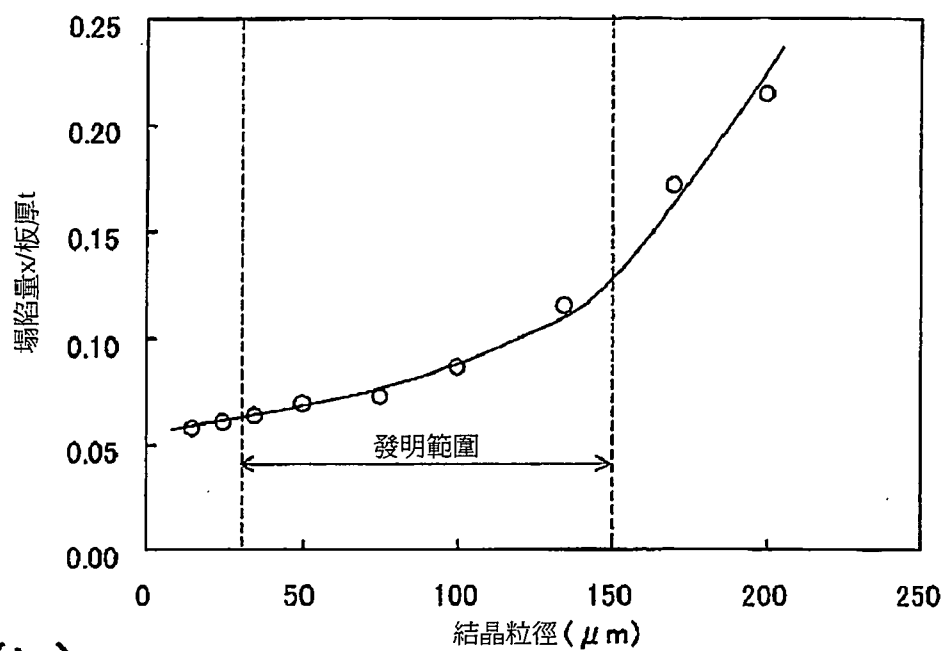
圖4



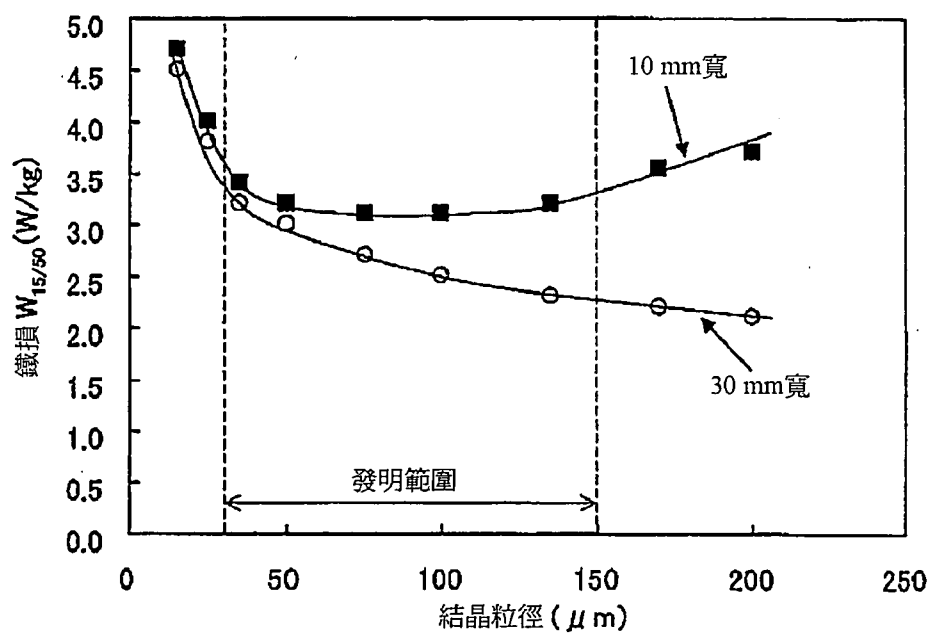
C:0.0030質量%、Si:2.5質量%、Al:1質量%、Mn:0.5質量%、P:0.01質量%、
N:0.0020質量%、S:0.0022質量%、Se:0.0001質量%

圖5

(a)



(b)



C:0.0020質量%、Si:2.5質量%、Al:0.001質量%、Mn:0.5質量%、P:0.01質量%、
N:0.0019質量%、S:0.0024質量%、Se:0.0001質量%、As:0.0008質量%

圖6