



(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 I404806B1

(45)公告日：中華民國 102 (2013) 年 08 月 11 日

(21)申請案號：098112291

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 04 月 14 日

(51)Int. Cl. : C22C38/00 (2006.01)

C21D6/00 (2006.01)

H01F1/16 (2006.01)

(30)優先權：2008/04/14 日本

2008-104940

(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：有田吉宏 ARITA, YOSHIHIRO (JP)；村上英邦 MURAKAMI, HIDEKUNI (JP)；牛神義行 USHIGAMI, YOSHIYUKI (JP)；久保田猛 KUBOTA, TAKESHI (JP)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

TW I293332

US 2006/0124207A1

審查人員：潘煒琳

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：0 共 0 頁

(54)名稱

高強度無方向性電磁鋼板及其製造方法

(57)摘要

一種高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，含有 C：0.002%以上、0.05%以下，Si：2.0%以上、4.0%以下，Mn：0.05%以上、1.0%以下，N：0.002%以上、0.05%以下，及 Cu：0.5%以上、3.0%以下。Al 之含量為 3.0%以下，當 Nb 之含量(%)為[Nb]、Zr 之含量(%)為[Zr]、Ti 之含量(%)為[Ti]、V 之含量(%)為[V]、C 之含量(%)為[C]、N 之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)。殘餘部分係由含有 Fe 及不可避免之不純物構成，且再結晶面積率為 50%以上，拉伸試驗之降伏應力為 700MPa 以上，破斷伸長率為 10%以上，渦流損失 $We_{10/400}$ (W/kg)與鋼板之板厚 t (mm)的關係中，滿足通式(3)。

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51 \dots\dots(1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [C]/12 + [N]/14 - ([Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \dots\dots(2)$$

$$We_{10/400} \leq 70 \times t^2 \dots\dots(3)$$

發明專利說明書

102年/月/日 修正頁(本)
對線

(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：98112291

※ 申請日：98.4.14

※IPC 分類：

C22C 38/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

C2/D 6/00 (2006.01)

H01F 1/16 (2006.01)

高強度無方向性電磁鋼板及其製造方法

公告本

二、中文發明摘要：

一種高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，含有C：0.002%以上、0.05%以下，Si：2.0%以上、4.0%以下，Mn：0.05%以上、1.0%以下，N：0.002%以上、0.05%以下，及Cu：0.5%以上、3.0%以下。Al之含量為3.0%以下，當Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)。殘餘部分係由含有Fe及不可避免之不純物構成，且再結晶面積率為50%以上，拉伸試驗之降伏應力為700MPa以上，破斷伸長率為10%以上，渦流損失 $We_{10/400}$ (W/kg)與鋼板之板厚 t (mm)的關係中，滿足通式(3)。

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51 \cdots \cdots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [C]/12 + [N]/14 - ([Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)$$

$$We_{10/400} \leq 70 \times t^2 \cdots \cdots (3)$$

三、英文發明摘要：



四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 () 圖。(無)

(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

本發明係有關適合於電動汽車用馬達與電動機器用馬達的鐵芯材料之高強度無方向性電磁鋼板及其製造方法。

【先前技術】

發明背景

近年來，由於世界性的電動機器之節能意識高漲，對於用為旋轉機的鐵芯材料之無方向性電磁鋼板，要求具有較高性能之特性。最近，特別是作為用於電動汽車等之馬達，高度需求小型且高輸出之馬達。該類之電動汽車用馬達，被設計成可高速旋轉以得到高轉矩。

高速旋轉馬達，亦被用在工作機械及吸塵機等電動機器。但是，電動汽車用的高速旋轉馬達之外形，大於電動機器用的高速旋轉馬達之外形。又，作為電動汽車用的高速旋轉馬達，以使用直流無刷馬達為主。直流無刷馬達中，有磁石填補於轉子之外周附近。該構造中，轉子之外周部的橋部之寬度(從轉子之最外周至磁石間之鋼板的寬度)，隨著部位約為1~2毫米且非常狹。因此，電動汽車用的高速旋轉馬達中，被要求由傳統的無方向性電磁鋼板轉用高強度之鋼板。

專利文獻1中，已記載Si中添加Mn及Ti，以求得固溶體強化之無方向性電磁鋼板。但是，雖依賴該無方向性電磁鋼板，亦無法得到充分之強度。又，隨著未添加Mn及Ti，

易於降低韌性，充分之生產性及成品率無法獲得。又，被添加的合金之價格高昂。近年來，特別是由於世界性之供需平衡，鈦之價格高漲。

專利文獻2及3中，已記載分散碳氮化物於鋼中以謀求強化之無方向性電磁鋼板。但是，雖依賴該等之無方向性電磁鋼板，亦無法得到充分之強度。

專利文獻4中，已記載使用Cu析出物以謀求強化之無方向性電磁鋼板。但是，製造該無方向性電磁鋼板時，受限於熱處理條件。因此，無法得到所要求之強度及磁性特性。

先行技術文獻

專利文獻

【專利文獻1】特開昭62-256917號公報

【專利文獻2】特開平06-330255號公報

【專利文獻3】特開平10-018005號公報

【專利文獻4】特開2004-084053號公報

【發明內容】

發明揭示

本發明之目的在於提供易於得到具有高強度與磁性特性之高強度無方向性電磁鋼板及其製造方法。

本發明為解決前述課題，以下為其要旨。

(I) 一種高強度無方向性電磁鋼板，其特徵在於：以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

殘餘部分係由Fe及不可避免之不純物構成；

再結晶面積率為50%以上；

拉伸試驗之降伏應力為700MPa以上；

破斷伸長率為10%以上；

渦流損失 $We_{10/400}$ (W/kg) 與鋼板之板厚 t (mm) 的關係中，滿足通式(3)。

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51 \cdots \cdots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [C]/12 + [N]/14 - ([Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)$$

$$We_{10/400} \leq 70 \times t^2 \cdots \cdots (3)$$

(II) 第(I)項記載之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有Ni：0.5%以上、3.0%以下。

(III) 第(I)或(II)項記載之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有Sn：0.01%以上、0.10%以下。

(IV) 第(I)至(III)項中任一項記載之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有B：0.0010%以上、0.0050%以下。

(V) 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

又，殘餘部分為Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

進行前述熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋板之步驟；

及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；且

前述精加工退火之均熱溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 與前述冷軋板之Cu含量 $a(\text{質量}\%)$ 滿足通式(4)。

$$T \geq 200 \times a + 500 \cdots \cdots (4)$$

(VI) 第(V)項記載之高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其中在得到前述熱軋板之步驟與進行前述酸洗之步驟間，具有進行前述熱軋板之退火之步驟。

(VII) 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且當令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

又，殘餘部分由Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

其次，進行前述熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋鋼之步驟；

及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；

又，前述熱軋之捲取溫度為500℃以下，且前述熱軋板之夏丕氏衝擊試驗中之延性脆性斷面轉移溫度為70℃以下。

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48$$

(VIII) 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且當令之Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

又，殘餘部分由Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

其次，進行前述熱軋板之退火之步驟；

其次，進行熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋板之步驟；

及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；

又，前述退火從900°C至500°C之冷卻速度為50°C/sec以上，且前述熱軋板之夏丕氏衝擊試驗中之延性脆性斷面轉移溫度為70°C以下。

【實施方式】

用以實施發明之最佳形態

本發明人等，有關活用Cu析出物之一的鋼強化方

法，對於熱處理條件大幅度影響到強度及磁性特性之理由進行調查。其結果，發現為要以Cu的析出物強化鋼板，須在冷軋後之精加工退火時，有必要使Cu一旦固溶之高退火溫度。

但是，亦認知僅提高精加工退火溫度，使結晶粒粗大化，藉由Cu析出之強化損耗。

再者，亦認知結晶粒之粗大化及Cu之析出強化重疊，則拉伸試驗中之破斷伸長率顯著地降低。該破斷伸長率之顯著地降低，特別於從鋼板鑿穿馬達芯時，在鑿穿面產生龜裂，發展成馬達芯之成品率及生產性顯著地降低。因此，期望避免破斷伸長率之顯著地降低。

因此，本發明人等發揮Cu之析出強化之同時，對於解決該等諸問題之方法，更認真進行研究。其結果，認知藉由含有某規定量之C、N、Nb、Zr、Ti及V，可使Cu之析出強化及結晶粒之微細化同時成立，可解決前述之諸問題。

再者，認知高強度電磁鋼板的主要用途之轉子所要求的磁性特性，係400Hz或高於前者之高周波中的渦流損失(We)，雖於其減低之情形下，藉由含有之C、N、Nb、Zr、Ti及V之結晶粒微細化亦有效。

在此，說明有關完成本發明之試驗結果。

(試驗1)

在試驗室之真空熔解爐中，以質量%計，製造含有Si：3.1%、Mn：0.2%、Al：0.5%、Cu：2.0%，及以第1表顯示的C、N、Nb、Zr、Ti及V之質量%之鋼，在1100℃加熱60

分鐘後，立即熱軋，得到板厚為2.0毫米之熱軋板。然後，該熱軋板實施酸洗，在一次之冷軋中，得到板厚為0.35毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在800℃~1000℃、實施30秒鐘之精加工退火。第2表中顯示精加工退火後之諸特性的測定結果。

【第1表】

(質量%)

原料符號	C(%)	N(%)	Nb(%)	Zr(%)	Ti(%)	V(%)
A	0.001	0.003	0.001	0.002	0.003	0.004
B	0.008	0.003	0.012	0.002	0.003	0.004
C	0.028	0.003	0.030	0.002	0.003	0.004
D	0.045	0.003	0.040	0.040	0.040	0.040
E	0.055	0.003	0.035	0.002	0.003	0.004

【第2表】

(評價：○優良，×不佳)

原料符號	精加工退火溫度(℃)	再結晶率(%)	降伏應力(MPa)	破斷伸長率(%)	渦流損失We10/400(W/kg)	評價	備註
A	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	632	11	9.1	×	降伏強度低，We高
	1000	100	633	2	10.5	×	降伏強度及伸長率低，We高
B	800	0	-	-	-	×	因未再結晶率低故列評價外
	900	20	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	1000	100	635	8	10.8	×	降伏強度及伸長率低，We高
C	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	732	22	7.5	○	全為優良之特性
	1000	100	768	18	8.2	○	全為優良之特性
D	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	789	26	7.7	○	全為優良之特性
	1000	100	823	23	7.8	○	全為優良之特性
E	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	1000	100	879	8	7.7	×	伸長率低

如第2表所示，在Nb、Zr、Ti及V滿足通式(1)之原料C及D中，得到降伏強度及破斷伸長率高，且渦流損失低之優良特性。關於幾乎不含C、N、Nb、Zr、Ti及V之原料A，降伏強度及破斷伸長率皆低，渦流損失高。其在900°C及1000°C之精加工退火中，由於結晶粒之粗大化。

關於原料B中，在900°C的精加工退火中之再結晶率低。據推想其由於微量含有之Nb，在於將進行精加工退火的再結晶之前析出，使再結晶遲延。又，據推想係發現由於1000°C之精加工退火中，使Nb固溶，結晶粒粗大化，與原料A之結果相同。

關於得到優良特性之原料C，Nb析出物適度地分散析出，關於原料D，據推想係Ti析出物適度地分散析出，在900°C及1000°C之結晶粒成長受到抑制。另一方面，Cu於900°C及1000°C之精加工退火中一旦固溶，更於精加工退火之冷卻時，由於微細地析出，故可活用Cu之析出強化至最大限度。其結果，據推想可得到高度之降伏強度及破斷伸長率，及低度之渦流損失。

關於原料E係降伏強度高，但破斷伸長率低者。認為其受到過量的C之不良影響。又，在任何之條件中，在800°C之精加工退火中，未見再結晶。其認為係由於退火前固溶之Cu於退火中析出，使再結晶遲延。

(試驗2)

在試驗室之真空熔解爐中，以質量%計，製造含有Si：2.8%、Mn：0.1%、Al：1.0%、Cu：1.8%，及以第3表顯示

之C、N、Nb、Zr、Ti及V之質量%之鋼，在1150℃加熱60分鐘後，立即熱軋，得到板厚為2.2毫米之熱軋板。然後，該熱軋板實施酸洗，在一次之冷軋中，得到板厚為0.35毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在800℃~1000℃實施30秒鐘之精加工退火。第4表中係顯示精加工退火後之諸特性的測定結果。

【第3表】

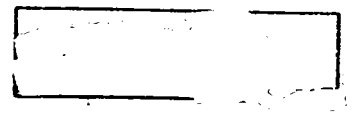
(質量%)

原料符號	C(%)	N(%)	Nb(%)	Zr(%)	Ti(%)	V(%)
F	0.003	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004
G	0.003	0.009	0.011	0.002	0.003	0.004
H	0.003	0.033	0.031	0.002	0.003	0.004
I	0.003	0.049	0.041	0.039	0.039	0.039
J	0.003	0.064	0.036	0.002	0.003	0.004

【第4表】

(評價：○優良，×不佳)

原料符號	精加工退火溫度(℃)	再結晶率(%)	降伏應力(MPa)	破斷伸長率(%)	渦流損失We10/400(W/kg)	評價	備註
F	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	630	12	9.3	×	降伏強度低，We高
	1000	100	632	3	10.4	×	降伏強度及伸長率低，We高
G	800	0	-	-	-	×	因未再結晶率低列評價外
	900	20	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	1000	100	632	7	10.7	×	降伏強度及伸長率低，We高
H	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	735	20	7.6	○	全為優良之特性
	1000	100	769	19	8.1	○	全為優良之特性
I	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	100	787	24	7.8	○	全為優良之特性
	1000	100	826	21	7.9	○	全為優良之特性
J	800	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	900	0	-	-	-	×	因未再結晶列為評價外
	1000	100	884	7	7.8	×	伸長率低



如第4表所示，在Nb、Zr、Ti及V滿足通式(1)之原料H及I中，得到降伏強度及破斷伸長率高，且渦流損失低之優良特性。關於幾乎不含C、N、Nb、Zr、Ti及V之原料F，降伏強度及破斷伸長率皆低，渦流損失高。其在900°C及1000°C之精加工退火中，由於結晶粒之粗大化。

關於原料G中，在900°C之精加工退火中，再結晶率低。據推想其由於微量含有之Nb，在於將進行精加工退火的再結晶之前析出，使再結晶遲延。又，據推想係發現在1000°C之精加工退火中，Nb固溶，使結晶粒粗大化，與原料F之結果相同。

關於得到優良特性之原料H，Nb析出物適度地分散析出，關於原料I，據推想係Ti析出物適度地分散析出，在900°C及1000°C之結晶粒成長受到抑制。另一方面，Cu於900°C及1000°C之精加工退火中一旦固溶，更於精加工退火之冷卻時，由於微細地析出，故可活用Cu之析出強化至最大限度。其結果，據推想可得到高度之降伏強度及破斷伸長率，及低度之渦流損失。

關於原料J係降伏強度高，但破斷伸長率低者。認為其受到過量的C之不良影響。又，在任何之條件中，於800°C之精加工退火中未發現再結晶。其認為係在退火前固溶之Cu於退火中析出，使再結晶遲延。

目前為止，在800°C之精加工退火係作為結晶粒之微細化處理實施。即，藉由該精加工退火，使Cu一旦固溶以求得高強度化，且使鋼板再結晶之外，在避免結晶粒粗大化

為目的下進行。但是從試驗1及2，了解雖添加Cu之同時，調整退火溫度，僅進行該步驟，難於得到充分之強度。即以傳統之技術，難於使機械特性及磁性特性兩立。對此，根據以下所述之本發明，可使機械特性及磁性特性兩立。

其次，敘述有關本發明相關之高強度無方向電磁鋼板中之數值的限定理由，以下，%係質量%之意。

C係結晶粒微細化上必要之元素。微細之碳化物，係增加再結晶時之核生成部位，更具有抑制結晶粒成長之效果。為發揮該效果，含C量為0.002%以上。特別是N小於0.005%時，C含量以0.01%以上為佳，較佳為0.02%以上。另一方面，添加大於0.05%，則破斷伸長率顯著地降低。因此，C含量之上限為0.05%。

Si係有效於減低渦流損失，同時亦是有效於固熔體強化之元素。但過度添加，則冷軋性顯著地降低。因此，Si之含量之上限為4.0%。另一方面，從固熔體強化及渦流損失之觀點言，下限為2.0%。

Mn係與Si相同有效於降低渦流損失及提高強度之元素。但是Mn之含量雖大於1.0%，由於效果未見提高而飽和，故Mn之含量之上限為1.0%。另一方面，從硫化化合物生成之觀點言，下限為0.05%。

Al係與Si同樣地有效於增加電阻率之元素。但Al含量大於3.0%，由於鑄造性降低，考慮到生產性，故Al含量之上限為3.0%。關於下限，未特予規定。但是，從脫氧之穩定化(防止鑄造中之噴嘴阻塞)觀點言，鋁脫氧時之Al含量以

0.02%以上，Si脫氧時之含鋁量以0.01%以上為佳。

102年/月/日 修正頁(本)
對線

N係結晶粒微細化上必要之元素。微細的氮化物係增加再結晶時核生成部位，更具有抑制結晶粒成長之效果。為發揮該效果，N之含量為0.002%以上。如使N含有大幅度地大於一般水準之0.005%以上，則抑制結晶粒成長之效果更為顯著。該效果由於隨著N之含量愈高愈大，故更將N之含量增加至0.01%以上為佳，較佳為0.02%以上。特別是含C量小於0.005%時，藉由此類N之添加所得之效果顯示更為強烈。另一方面，大於0.05%添加，則破斷伸長率顯著地降低。因此，N之含量之上限為0.05%。

Cu係促成析出強化之重要的元素。小於0.5%時，完全固溶於鋼中，無法得到析出強化之效果，故Cu含量之下限為0.5%。上限因考慮到使強度飽和作為3.0%。

Ni係有效於使鋼板不太過分脆化且可高度強化之元素。但是，由於價格高昂，因應強度之需要添加即可。添加時，為充分得到該強度，以含有0.5%以上為佳。又，上限因考慮到成本作為3.0%。又，從添加Cu引發之剝離瑕疵之觀點言，以添加Cu添加量之 $\frac{1}{2}$ 以上為佳。

Sn係改善聚集組織，又，具有抑制退火時之氮化或氧化的效果。特別是改善因添加Cu使磁束密度降低之效果大。為發揮該等之效果時，小於0.01%時，無法得到期望之效果，另一方面，添加大於0.10%，則引起剝離增大。因此，Sn之添加量以0.01%以上、0.10%以下為佳。

B係於粒界偏析，有提高熱軋板及熱軋退火板之韌性的

效果。為發揮該效果時，於0.0010%時，無法得到期望的效果，另一方面，添加大於0.0050%，則發生鑄造時之平板破裂。因此，B之添加量以0.0010%以上、0.0050%以下為佳。

Nb、Zr、Ti及V之4元素，具有生成碳化物或氮化物，抑制結晶粒粗大化之效果。因此，滿足於用為以各元素的质量%除以原子量之值構成之通式(1)時，發現有顯著的效果。[Nb]係表示Nb之含量(質量%)，[Zr]係表示Zr之含量(質量%)，[Ti]係表示Ti之含量(質量%)，[V]係表示V之含量(質量%)。

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51 \cdots \cdots (1)$$

通式(1)中，右邊之值小於 2.0×10^{-4} 時，析出量不足，無法得到充分的結晶粒抑制之效果。因此，右邊之值的下限為 2.0×10^{-4} 。另一方面，該等之元素的過量含有分，在鋼中固溶，由於不會影響到鋼之特性，故上限未特予規定。但是，考慮到特性及成本，則右邊之值以 1.0×10^{-2} 以下為佳。

規定C、N、Nb、Zr、Ti、及V的6元素之通式(2)，係與通式(1)聯合使結晶粒微細化之重要參數。[C]係表示C含量(質量%)，[N]係表示N含量(質量%)。

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [\text{C}]/12 + [\text{N}]/14 - ([\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)$$

通式(1)係僅規定碳化物或氮化物所能生成的最大量者，僅藉由該條件無法充分抑制最終退火之結晶粒成長。

通式(2)之第2項，係從C及N之質量%除以原子量之值的總和，減去通式(1)之右邊者，係表示不會形成碳氮化物

之過量的C量及/或N量之參數。

102年/月/日 修正
封條 頁(本)

該過量之C及/或N，係結晶粒微細化上極為重要。因為，含有過量的C及/或N時，碳氮化物係從精加工退火前適度地分散析出，可確實地抑制退火時之結晶粒成長。

在本發明中，碳化物、氮化物及碳氮化物，雖扮演極為重要之任務，其中亦以氮化物及碳氮化物有用，特別是氮化物具有顯著的效果。即，比較碳化物與氮化物，則屬於氮化物者對於本發明之效果是有效的，而屬於氮化物者以少量發揮有助於本發明之效果之作用。又，以同量之碳化物與氮化物比較，則屬於氮化物者可得到大幅度的良好效果，且可抑制不良之副作用。此處所謂「良好效果」係指結晶粒之微細化、高強度化、高溫中的穩定性之意。所謂「不良之副作用」係指鐵損之上升，以析出物為起點之龜裂(特別是脆化)之意。

藉由該類析出物之種類而變化的無方向性電磁鋼板的特性之機序，雖尚未明確，認為係受到析出物之大小，形態(異方性)，與基相之整合性，析出物之場所等之影響。又，認為該等的析出物之大小等係受到構成元素之溶解度的差異，析出物之結晶構造的不同，構成原子大小之差別等之影響。

如此，不僅是Nb、Zr、Ti及V之含量，由於考慮到與含C量之平衡及製造步驟中之熱經歷，而使N含量適當之緣故，在本發明中，氮化物之形成優先於傳統之電磁鋼板。該結果，在高溫中結晶粒成長被抑制，故可抑制鐵損之上

昇及脆化。

再者，關於碳氮化物，由於因應形成之過程其構成成為多種，故其特性及作用雖無法一概而論，至少比僅由碳化物構成之析出物顯示出良好之作用。因此，C含量對N含量之比例以高為佳，以 $[N]/[C]$ 為3以上為佳，而較佳為5以上。又，氮化物之構成，例如，係認為因有無將碳化物作為初期形成物，或有無將氮化物作為初期形成物，或於成長之過程有無具有類似碳化物之構造，或於成長之過程有無具有類似氮化物之構造等之影響而變化。

通式(2)之第2項之值(參數值)小於 1.0×10^{-3} 時，碳氮化物之熱穩定性減弱。例如，在即將精加工退火之再結晶前析出，使再結晶延遲，更提高退火溫度，則析出物再固溶，結晶粒粗大化，難於形成穩定的微細粒。另一方面，參數值大於 3.0×10^{-3} 之水準為止，C及/或N過量時，在冷卻中產生淬火，使鋼板之展延及韌性發生劣化。

根據以上的理由，通式(2)之參數值之下限為 1.0×10^{-3} ，上限作為 3.0×10^{-3} 。

高強度無方向性電磁鋼板本身之再結晶面積率小於50%時，製品特性，特別是破斷伸長率顯著地降低。因此，該再結晶面積率作為50%以上。

拉伸試驗之降伏應力，考慮高速旋轉之轉子必要之強度作為700MPa。又，在此規定之降伏應力係指下降伏點。

破斷伸長率，從抑制馬達芯鑿穿端面之龜裂的觀點

言，作為10%以上。

渦流損失係於激磁時，電流於鋼板上流動所產生之損失，該損失大時，馬達芯易於發熱而引起磁石之減磁。渦流損失 $We_{10/400}$ ，由於對鋼板之板厚的依存性大，故以板厚 $t(\text{mm})$ 作為參數，而作為轉子發熱之容許範圍如通式(3)所示為 $70 \times t^2$ 以下。

$$We_{10/400} \leq 70 \times t^2 \dots \dots (3)$$

該渦流損失之計算方法係使用二周波法。例如，在1.0T之最大磁束密度 B_{max} 的周波數 f_1 之鐵損為 W_1 ，而周波數 f_2 之鐵損為 W_2 ，則 $We_{10/400}$ 之渦流損失 $We_{10/400}$ ，可用「 $(W_2/f_2 - W_1/f_1)/(f_2 - f_1) \times 400 \times 400$ 」計算。

在1.0T之最大磁束密度 B_{max} ，如有周波數不同之複數的鐵損值，由於可計算對測定周波數未特予規定。但儘可能在近於400Hz之周波數，例如，以約在100~800Hz之周波數範圍計算為佳。又，最大磁束密度 B_{max} 係於鐵損測定時激磁之最大磁束密度。

其次，敘述有關於本發明相關之高強度無方向性電磁鋼板製造方法中的數值之限定理由。

精加工退火係使Cu一旦固熔，且藉由冷卻中析出得到高強度。因此，精加工退火之均熱溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 須於Cu之固熔溫度以上。該固熔溫度係依存於Cu之含量。Cu含量作為 a (質量%)時，如有 $200 \times a + 500$ 之溫度 $(^{\circ}\text{C})$ 以上，則Cu可完全固熔，故如通式(4)所示精加工退火之均熱溫度 T 為 $200 \times a + 500$ 以上。

$$T \geq 200 \times a + 500 \text{ 以上} \cdots \cdots (4)$$

熱軋時之捲取溫度大於550℃，則碳氮化物及Cu析出物，由於熱軋板顯著地降低其韌性。因此，熱軋時之捲取溫度為550℃以下。關於熱軋板之韌性，從冷軋時之破斷抑制的觀點言，夏丕氏衝擊試驗之延性脆性斷面轉移溫度為70℃以下。

關於熱軋板之退火，從900℃至500℃之冷卻速度，低於50℃/秒鐘，則由於碳氮化物或Cu析出物，熱軋退火板之韌性顯著降低。因此，在該溫度範圍之冷卻速度為50℃/秒鐘。關於退火後之鋼板的韌性，從冷軋時之破斷抑制觀點言，夏丕氏衝擊試驗時之延性脆性斷面轉移溫度為70℃以下。

再者，關於熱軋板之退火溫度，雖未特予規定，從熱軋板之退火目的為熱軋板之再結晶及促進粒成長而言，以900℃以上為佳，另一方面，從脆性觀點言，以1100℃以下為佳。

此處規定之轉移溫度，如同日本工業規格(JIS)所規定，在表示試驗溫度及延性斷面率之關係的轉移曲線中，延性斷面率為50%之溫度。亦可採用對應於延性斷面率為0%及100%時所吸收熱量平均值之溫度。

用於夏丕氏衝擊試驗之試驗片的長度及高度，則以JIS所規定之大小。另一方面，試驗片之寬度，則以熱軋板之厚度。因此，作為大小則於壓延方向之長度55毫米、高度10毫米，寬度則因應熱軋板之厚度約1.5毫米至3.0毫米。更

於試驗時，重疊複數片之試驗片，以使成為近於正規試驗條件之厚度10毫米為佳。

(實施例1)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有Si：2.9%、Mn：0.2%、Al：0.7%及Cu：1.5%，且C、N、Nb、Zr、Ti及V之質量%不同之鋼，在1150℃加熱60分鐘後，立即熱軋，得到板厚為2.3毫米之熱軋板。然後，該熱軋板實施酸洗，在一次之冷軋中得到板厚為0.5毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在900℃實施60秒鐘之精加工退火。第5表中顯示成分及諸特性之測定結果。

【第5表】

原料 符號	C	N	Nb	Zr	Ti	V	通式(1) ($\times 10^{-4}$)	通式(2) ($\times 10^{-4}$)	再結 晶率 (%)	降伏 應力 (MPa)	破斷 伸長 率 (%)	通式(3) We/400 ^{*1}	備註
a1	0.012	0.003	0.005	0.002	0.003	0.002	1.77	1.04	100	540	15	20.2	比較例
a2	0.022	0.003	0.012	0.002	0.003	0.004	2.92	1.76	100	750	19	16.3	發明例
a3	0.031	0.003	0.030	0.002	0.003	0.004	4.85	2.31	100	770	19	16.5	發明例
a4	0.025	0.003	0.045	0.002	0.003	0.004	6.47	1.65	100	780	19	16.5	發明例
a5	0.024	0.003	0.003	0.007	0.003	0.002	2.11	2.00	100	790	15	17.0	發明例
a6	0.036	0.003	0.003	0.015	0.003	0.002	2.99	2.92	90	795	19	16.4	發明例
a7	0.033	0.003	0.003	0.037	0.003	0.002	5.41	2.42	80	801	18	16.3	發明例
a8	0.026	0.003	0.003	0.002	0.006	0.002	2.18	2.16	60	783	12	16.3	發明例
a9	0.037	0.003	0.003	0.002	0.011	0.002	3.23	2.98	90	790	19	16.6	發明例
a10	0.041	0.003	0.003	0.002	0.032	0.002	7.60	2.87	60	810	11	16.8	發明例
a11	0.014	0.003	0.003	0.002	0.003	0.005	2.15	1.17	100	740	19	16.4	發明例
a12	0.034	0.003	0.003	0.002	0.003	0.013	3.72	2.68	90	760	18	16.3	發明例
a13	0.024	0.003	0.003	0.002	0.003	0.028	6.66	1.55	70	780	15	16.5	發明例
a14	0.003	0.002	0.033	0.002	0.003	0.002	4.79	-0.09	30	800	5	16.2	比較例
a15	0.003	0.003	0.003	0.034	0.003	0.002	5.08	-0.04	40	760	8	16.1	比較例
a16	0.003	0.003	0.003	0.002	0.032	0.002	7.60	-0.30	10	850	2	16.5	比較例
a17	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.029	6.85	-0.22	20	820	6	16.4	比較例
a18	0.045	0.002	0.033	0.002	0.003	0.002	4.79	3.41	90	680	5	16.5	比較例

a20	0.054	0.003	0.003	0.002	0.032	0.002	7.60	3.95	100	820	4	16.4	比較例
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	-----	-----	---	------	-----

* 1：根據通式(3)於板厚0.5毫米時， $We_{10/400} \leq 17.5W/kg$

在不能滿足通式(1)之符號a1中，降伏應力及渦流損失 $We_{10/400}$ 不符合本發明所規定之範圍。又，在不能滿足通式(2)之符號a14~a17中，再結晶率及破斷伸長率不符合本發明所規定之範圍。C含量大於本發明所規定的範圍之上限，且在不能滿足通式(2)之符號a20中，破斷伸長率不符合本發明所規定之範圍。各要件符合本發明所規定的範圍內之其他試樣(符號a2、a3及a18)中得到良好之特性。

(實施例2)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有Si：3.7%、Mn：0.1%、Al：0.2%及Cu：1.4%，且C、N、Nb、Zr、Ti及V之質量%不同之鋼，在1150℃加熱60分鐘後，立即熱軋，得到板厚為2.3毫米之熱軋板。然後，該熱軋板實施酸洗，在一次之冷軋中得到板厚為0.5毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在900℃實施60秒鐘之精加工退火。第6表中顯示成分及諸特性之測定結果。

【第6表】

原料 符號	C	N	Nb	Zr	Ti	V	通式(1) ($\times 10^{-4}$)	通式(2) ($\times 10^{-4}$)	再結 晶率 (%)	降伏 應力 (MPa)	破斷 伸長 率 (%)	通式(3) $We_{400}^{\circ 1}$	備註
b1	0.003	0.014	0.005	0.002	0.003	0.002	1.77	1.07	100	542	14	20.1	比較例
b2	0.003	0.022	0.012	0.002	0.003	0.004	2.92	1.53	100	755	20	16.2	發明例
b3	0.003	0.018	0.030	0.002	0.003	0.004	4.85	1.05	100	776	22	16.7	發明例
b4	0.003	0.020	0.045	0.002	0.003	0.004	6.47	1.03	100	782	22	16.3	發明例
b5	0.003	0.017	0.003	0.007	0.003	0.002	2.11	1.25	100	793	20	16.8	發明例
b6	0.003	0.018	0.003	0.015	0.003	0.002	2.99	1.24	90	792	22	16.2	發明例
b7	0.003	0.019	0.003	0.037	0.003	0.002	5.41	1.07	80	803	21	16.1	發明例
b8	0.008	0.009	0.003	0.002	0.006	0.002	2.18	1.09	60	784	13	16.4	發明例

b9	0.003	0.016	0.003	0.002	0.011	0.002	3.23	1.07	90	793	22	16.7	發明例
b10	0.005	0.019	0.03	0.002	0.032	0.002	7.60	1.01	60	804	12	16.2	發明例
b11	0.005	0.012	0.003	0.002	0.003	0.005	2.15	1.06	100	750	18	16.1	發明例
b12	0.003	0.016	0.003	0.002	0.003	0.013	3.72	1.02	90	766	23	16.0	發明例
b13	0.008	0.016	0.003	0.002	0.003	0.028	6.66	1.14	70	782	14	16.8	發明例
b14	0.003	0.009	0.033	0.002	0.003	0.002	4.79	0.41	30	803	4	16.3	比較例
b15	0.003	0.011	0.003	0.034	0.003	0.002	5.08	0.53	40	763	6	16.2	比較例
b16	0.003	0.009	0.003	0.002	0.032	0.002	7.60	0.13	10	849	1	16.6	比較例
b17	0.003	0.008	0.003	0.002	0.003	0.029	6.85	0.14	20	823	6	16.8	比較例
b18	0.003	0.007	0.033	0.002	0.003	0.002	4.79	0.27	90	688	4	16.4	比較例
b20	0.032	0.043	0.003	0.002	0.032	0.002	7.60	4.98	100	821	3	16.7	比較例

* 1：根據通式(3)於板厚0.5毫米時， $We_{10/400} \leq 17.5 \text{ W/kg}$

在不能滿足通式(1)之符號b1中，降伏應力及渦流損失 $We_{10/400}$ 不符合本發明所規定之範圍。又，在不能滿足通式(2)之符號b14~b17中，再結晶率及破斷伸長率不符合本發明所規定之範圍。同樣地，在不能滿足通式(2)之符號b20中，破斷伸長率不符合本發明所規定之範圍。各要件符合本發明所規定的範圍內之其他試樣(符號b2、b3及b18)中得到良好之特性。
(實施例3)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有C：0.022%、Mn：0.5%、Al：2.0%、N：0.003%、Ni：1.0%、Nb：0.031%、Zr：0.004%、Ti：0.003%及V：0.004%，且變化Si量及Cu量之鋼，在1120℃加熱120分鐘後立即熱軋，得到板厚為2.0毫米之熱軋板。然後，該熱軋板實施酸洗，在一次之冷軋中得到板厚為0.5毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在1000℃實施45秒鐘之精加工退火。第6表中顯示Si量、Cu量及諸特性之測定結果。

【第7表】

原料 符號	Si(%)	Cu(%)	鎳/Cu	降伏 應力 (MPa)	破斷 伸長率 (%)	渦流損失 We _{10/400} * ² (W/kg)	鑄疵	備註
c1	1.8	0.4	2.5	540	15	5.4	無	比較例
c2		0.6	1.7	570	19	5.5	無	比較例
c3		1.1	0.9	620	21	5.7	無	比較例
c4		1.7	0.6	670	21	5.9	無	比較例
c5		2.4	0.4	690	15	6.2	有	比較例
c6	2.1	0.3	3.3	610	21	4.3	無	比較例
c7		0.7	1.4	700	18	4.3	無	發明例
c8		1.3	0.8	720	12	4.2	無	發明例
c9		1.7	0.6	740	21	4.2	無	發明例
c10		2.5	0.4	760	11	4.1	有	發明例
c11	3.5	0.4	2.5	650	17	3.4	無	比較例
c12		0.6	1.7	710	14	3.3	無	發明例
c13		1.1	0.9	730	13	3.2	無	發明例
c14		2.1	0.5	790	13	3.3	無	發明例
c15		2.5	0.4	810	12	3.2	有	發明例
c16	3.9	0.4	2.5	690	15	2.9	無	比較例
c17		0.6	1.7	720	11	2.8	無	發明例
c18		1.1	0.9	770	11	2.9	無	發明例
c19		1.9	0.5	880	11	3.0	無	發明例
c20		2.6	0.4	900	10	2.8	有	發明例
c21	4.1	0.4	2.5	820	1	2.6	無	比較例
c22		0.6	1.7	850	1	2.5	無	比較例
c23		1.1	0.9	880	1	2.4	無	比較例
c24		1.9	0.5	910	1	2.5	無	比較例
c25		2.6	0.4	950	1	2.6	有	比較例

*²：根據通式(2)，板厚0.25毫米時， $We_{10/400} \leq 4.4 W/kg$

Si之含量低於本發明所規定範圍之1.8%的試樣(符號c1~c5)中，降伏應力及渦流損失 $We_{10/400}$ ，不符合本發明所規定之範圍。又，Si之含量大於本發明所規定之範圍之4.1%的試樣(符號c21~c25)中，破斷伸長率顯著地低。

再者，Si之含量雖於本發明所規定之範圍，在Cu小於0.5%之試樣(符號c6、c11及c16)中降伏應力低，不符合本發

明所規定之範圍。又，對於鎳/Cu為0.5%以上之試樣(符號c1~c4、c6~c9、c11~c14、c16~c19及c21~c24)，未發現結疤。

(實施例4)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有C：0.003%、Si：3.3%、Mn：0.2%、Al：0.7%、N：0.022%、Ni：1.5%、Nb：0.032%、Zr：0.004%、Ti：0.003%及V：0.003%，且變化B量及Sn量之鋼，在1110℃加熱80分鐘後，立即熱軋，得到板厚為2.7毫米之熱軋板。在熱軋中之捲取溫度為530℃。然後，該熱軋板於1050℃實施60秒鐘之退火(中間退火)，更實施酸洗，在一次之冷軋中得到板厚為0.35毫米之冷軋板。對於該冷軋板，在950℃實施60秒鐘之精加工退火。第8表中顯示B量、Sn量、中間退火後之轉移溫度及精加工退火後之磁束密度。

【第8表】

原料 符號	B (%)	Sn (%)	降伏應力 (MPa)	轉移溫度 (℃)	磁束密度 B50(T)	鑄疵	備註
D1	0.0008	0.008	751	60	1.60	無	磁束密度低
D2		0.012	763	60	1.63	無	○
D3		0.056	761	70	1.65	無	○
D4		0.096	759	60	1.66	無	○
D5		0.012	762	70	1.66	有	有鑄疵
D6	0.0012	0.009	766	30	1.59	無	磁束密度低
D7		0.013	767	40	1.63	無	◎
D8		0.058	768	30	1.64	無	◎
D9		0.094	760	40	1.65	無	◎
D10		0.014	758	30	1.66	有	有鑄疵
D11	0.0031	0.007	759	40	1.60	無	磁束密度低
d12		0.011	760	40	1.65	無	◎
d13		0.053	763	30	1.66	無	◎
d14		0.091	765	20	1.66	無	◎
d15		0.011	767	20	1.66	有	有鑄疵
d16	0.0048	0.008	760	30	1.59	無	磁束密度低
d17		0.015	762	30	1.64	無	◎

d18		0.049	768	20	1.64	無	◎
d19		0.089	764	20	1.65	無	◎
d20		0.012	758	30	1.66	有	有鑄疵
d21	0.0056	0.007	753	40	1.60	無	磁束密度低
d22		0.012	755	30	1.65	無	有平板破損
d23		0.047	757	30	1.65	無	有平板破損
d24		0.085	760	20	1.65	無	有平板破損
d25		0.012	763	30	1.65	有	有鑄疵

○磁束密度良好 ◎磁束密度良好且轉移溫度亦良好

B 量為 0.0010% 以上之符號 d6~d25 中，熱軋退火之轉移溫度低。Sn 量為 0.010% 以上之符號 d2~d5、d7~d10，d12~d15、d17~20 及符號 d21~25 中得到高磁束密度。又，B 量大於 0.0050% 以上之符號 d21~d25 中發生平板破損，錫量大於 0.010% 之符號 d5、d10、d15、d20 及 d25 發生鑄疵。

(實施例 5)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有 C：0.028%、Si：2.9%、Mn：0.8%、Al：1.4%、N：0.012%、Ni：1.4%、Nb：0.03%、Zr：0.04%、Ti：0.003% 及 V：0.003%，且變化 Cu 量之鋼，在 1120℃ 加熱 90 分鐘後立即熱軋，得到板厚為 2.0 毫米之熱軋板。然後，該熱軋板於 950℃ 實施 60 秒鐘之熱軋板退火，更實施酸洗，在一次之冷軋中得到板厚為 0.35 毫米之冷軋板。在該冷軋板上，變化均熱溫度實施精加工退火。第 9 表中顯示 Cu 量，精加工退火之溫度諸特性之結果。

【第 9 表】

原料 符號	Cu (%)	均熱 溫度 (℃)	通式(4) (200×a+500)	再結 晶率 (%)	降伏 應力 (MPa)	破斷 伸長率 (%)	渦流損失 We10/400 ^{*3} (W/kg)	備註
e1	0.6	700	620	60	701	11	7.5	發明例
e11	1.5	700	800	0	850	2	7.5	比較例
e12		750		20	790	6	6.9	比較例
e13		800		100	770	19	7.3	發明例

e14		900		100	730	15	7.7	發明例
e15		1000		100	710	13	7.9	發明例
e16	2.1	800	920	0	860	1	7.4	比較例
e17		900		40	840	3	7.7	比較例
e18		950		100	780	16	7.6	發明例
e19		1000		100	790	15	7.9	發明例
e20		1050		100	750	11	8.1	發明例
e21	2.6	800	1020	0	870	1	7.5	比較例
e22		900		0	860	1	7.6	比較例
e23		950		20	840	4	7.4	比較例
e24		1000		40	800	8	7.7	比較例
e25		1050		100	890	12	7.9	發明例

*3:根據通式(3)於板厚0.35毫米時， $We_{10/400} \leq 6W/kg$

均熱溫度滿足通式(4)之試樣(符號e1、e13~e15、e18~e20及e25)中，降伏應力、破斷伸長率及渦流損失 $We_{10/400}$ 均在本發明所規定之範圍，故得到良好之特性。

均熱溫度未能滿足通式(4)之試樣(符號e11、e12、e16、e17、e21~e24)中，再結晶面積率小於50%及/或破斷伸長率小於10%，故不符合本發明所規定之範圍。

(實施例6)

在真空熔解爐中，以質量%計，製造含有C：0.027%、Si：3.6%、Mn：0.1%、Al：1.8%、N：0.005%、Ni：2.0%、Nb：0.003%、Zr：0.004%、Ti：0.03%及V：0.01%之複數的鋼片。該等之鋼片於1170℃加熱90分鐘後立即熱軋，得到板厚為2.5毫米之熱軋板。在製作該熱軋板時變化捲取溫

度。更於製造之熱軋板，在1000℃實施60秒鐘之退火得到退火板。在退火時，變化從900℃至500℃之冷卻速度。從該等之熱軋板及退火板，製造夏丕氏試驗片，藉由衝擊試驗測定轉移溫度。該結果顯示於第10表。

【第10表】

原料符號	熱軋捲取溫度(℃)	熱軋板退火之冷卻溫度(℃/秒鐘)	轉移溫度(℃)	備註
f1	500	無熱軋板退火	30	發明例
f2	520		40	發明例
f3	540		60	發明例
f4	560		80	比較例
f5	620		100	比較例
f6	540	20	100	比較例
f7		40	80	比較例
f8		60	60	發明例
f9		80	40	發明例
f10		100	20	發明例
f11	560	20	100	比較例
f12		40	80	比較例
f13		60	60	發明例
f14		80	40	發明例
f15		100	20	發明例
f16	620	20	100	比較例
f17		40	80	比較例
f18		60	60	發明例
f19		80	40	發明例
f20		100	20	發明例

在捲取溫度550℃以下之試樣(符號f1~f3)中，得到轉移溫度為70℃以下之優良特性。又，關於退火板，不論捲取溫度，從900℃至500℃之冷卻速度為50℃/秒鐘以上之試樣(符號f8~f10、f13~f15及f18~f20)中，得到轉移溫度為70℃以下之優良特性。

【產業之可利用性】

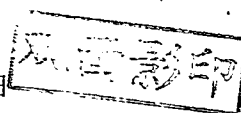
根據本發明可不用犧牲馬達芯或鋼板製造時之成品率或生產性，能以低成本提供強度優異之無方向性電磁鋼板。

【圖式簡單說明】

(無)

【主要元件符號說明】

(無)



七、申請專利範圍：

102年/月/日 修正頁(本)
劃線

1. 一種高強度無方向性電磁鋼板，其特徵在於：以質量%計，

含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、
Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為
[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

殘餘部分係由Fe及不可避免之不純物構成；

再結晶面積率為50%以上；

拉伸試驗之降伏應力為700MPa以上；

破斷伸長率為10%以上；

渦流損失 $We_{10/400}$ (W/kg)與鋼板之板厚 t (mm)的關係
中，滿足通式(3)，

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51 \cdots \cdots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [C]/12 + [N]/14 - ([Nb]/93 + [Zr]/91 + [Ti]/48 + [V]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)$$

$$We_{10/400} \leq 70 \times t^2 \cdots \cdots (3)。$$

2. 如申請專利範圍第1項之高強度無方向性電磁鋼板，以
質量%計，其中更含有Ni：0.5%以上、3.0%以下。

3. 如申請專利範圍第1項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有Sn：0.01%以上、0.10%以下。
4. 如申請專利範圍第2項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有Sn：0.01%以上、0.10%以下。
5. 如申請專利範圍第1項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有B：0.0010%以上、0.0050%以下。
6. 如申請專利範圍第2項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有B：0.0010%以上、0.0050%以下。
7. 如申請專利範圍第3項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有B：0.0010%以上、0.0050%以下。
8. 如申請專利範圍第4項之高強度無方向性電磁鋼板，以質量%計，其中更含有B：0.0010%以上、0.0050%以下。
9. 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)

及通式(2)；

又，殘餘部分由Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

進行前述熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋板之步驟；及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；且

前述精加工退火之均熱溫度 $T(^{\circ}\text{C})$ 與前述冷軋板之Cu含量 $a(\text{質量}\%)$ 滿足通式(4)，

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51 \cdots \cdots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [\text{C}]/12 + [\text{N}]/14 - ([\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)$$

$$T \geq 200 \times a + 500 \cdots \cdots (4)。$$

10. 如申請專利範圍第9項之高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其中在得到前述熱軋板之步驟與進行前述酸洗之步驟間，具有進行前述熱軋板之退火的步驟。

11. 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且當令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

又，殘餘部分由Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

其次，進行前述熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋板之步驟；及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；

又，前述熱軋之捲取溫度為550℃以下，且前述熱軋板之夏丕氏衝擊試驗中之延性脆性斷面轉移溫度為70℃以下，

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51 \dots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [\text{C}]/12 + [\text{N}]/14 - ([\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \dots (2)。$$

12. 一種高強度無方向性電磁鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

製作平板之步驟，且該平板以質量%計，含有：

C：0.002%以上、0.05%以下；

Si：2.0%以上、4.0%以下；

Mn：0.05%以上、1.0%以下；

N：0.002%以上、0.05%以下；及

Cu：0.5%以上、3.0%以下；且

Al之含量為3.0%以下；

並且當令Nb之含量(%)為[Nb]、Zr之含量(%)為[Zr]、Ti之含量(%)為[Ti]、V之含量(%)為[V]、C之含量(%)為[C]、N之含量(%)為[N]時，滿足通式(1)及通式(2)；

又，殘餘部分由Fe及不可避免之不純物所構成；

進行前述鋼之熱軋，以得到熱軋板之步驟；

其次，進行前述熱軋板之退火之步驟；

其次，進行前述熱軋板之酸洗之步驟；

其次，進行前述熱軋板之冷軋，以得到冷軋板之步驟；及

進行前述冷軋板之精加工退火之步驟；

又，前述退火從900℃至500℃之冷卻速度為50℃/sec以上，且前述熱軋板之夏丕氏衝擊試驗中之延性脆性斷面轉移溫度為70℃以下，

$$2.0 \times 10^{-4} \leq [\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51 \cdots \cdots (1)$$

$$1.0 \times 10^{-3} \leq [\text{C}]/12 + [\text{N}]/14 - ([\text{Nb}]/93 + [\text{Zr}]/91 + [\text{Ti}]/48 + [\text{V}]/51) \leq 3.0 \times 10^{-3} \cdots \cdots (2)。$$

13. 如申請專利範圍第1至8項中任一項之高強度無方向性電磁鋼板，

其中，前述平板之C之含量係0.022質量%以上、0.05
質量%以下。

14. 如申請專利範圍第9至12項中任一項之高強度無方向性
電磁鋼板之製造方法，

其中，前述平板之C之含量係0.022質量%以上、0.05
質量%以下。