



(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 I417401 B

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 01 日

(21) 申請案號：099101935

(22) 申請日：中華民國 99 (2010) 年 01 月 25 日

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

C22C38/02 (2006.01)

C22C38/08 (2006.01)

(30) 優先權：2009/01/26 日本

2009-014298

(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：久保田猛 KUBOTA, TAKESHI (JP)

(74) 代理人：惲軼群；陳文郎

(56) 參考文獻：

JP 2007-186790A

審查人員：謝孟儒

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：0 共 0 頁

(54) 名稱

無方向性電磁鋼板

(57) 摘要

本發明之無方向性電磁鋼板含有：C：0.003 質量%以上、0.05 質量%以下；N：0.001 質量%以上、0.01 質量%以下；及 Si：2.8 質量%以上、3.5 質量%以下。本發明之無方向性電磁鋼板依總量計，更含有選自於由 Ni：4.0 質量%以下及 Mn：2.0 質量%以下所構成群組中之至少 1 種達 0、5 質量%以上，此外更含有 Ti，即，令 Ti 含量為[Ti]質量%、C 含量為[C]質量%、N 含量為[N]質量%時， $[Ti]/4([C]+[N])$ 所示之值 R_{Ti} 為 1 以上、10 以下。Al 含量為 3.0 質量%以下，P 含量為 0.2 質量%以下。

發明專利說明書

公告本

(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：99101935

※申請日：99.1.25

※IPC 分類：

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

無方向性電磁鋼板

二、中文發明摘要：

本發明之無方向性電磁鋼板含有：C：0.003質量%以上、0.05質量%以下；N：0.001質量%以上、0.01質量%以下；及Si：2.8質量%以上、3.5質量%以下。本發明之無方向性電磁鋼板依總量計，更含有選自於由Ni：4.0質量%以下及Mn：2.0質量%以下所構成群組中之至少1種達0.5質量%以上，此外更含有Ti，即，令Ti含量為[Ti]質量%、C含量為[C]質量%、N含量為[N]質量%時， $[Ti]/4([C]+[N])$ 所示之值 R_{Ti} 為1以上、10以下。Al含量為3.0質量%以下，P含量為0.2質量%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：

無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

技術領域

本發明係有關於一種適用於高速旋轉機的轉體(rotor)的無方向性電磁鋼板。

【先前技術】

背景技術

無方向性電磁鋼板係被用在例如旋轉機的轉體等。一般來說，作用於轉體的離心力係與旋轉半徑成比例，且與旋轉速度的平方成比例。故，會有非常大的應力作用在旋轉機的轉體。因此，轉體用的無方向性電磁鋼板的拉伸強度最好要很高。即，轉體用的無方向性電磁鋼板宜具有高張力。如此一來，轉體用的無方向性電磁鋼板便被要求具有高拉伸強度(高張力)。

另一方面，不僅限於旋轉機的轉體，被用於鐵心(iron core)的無方向性電磁鋼板中，鐵損(iron loss)要很低一事係屬重要。尤其，高速旋轉機的轉體用的無方向性電磁鋼板中，高頻鐵損(high frequency iron loss)要很低一事亦屬重要。如此一來，轉體用的無方向性電磁鋼板便亦被要求具有低高頻鐵損。即，旋轉機便亦被要求在高頻下使用時的效率要很高。

然而，高張力及低高頻鐵損在物理上係為相反關係，要兩者兼顧是極為困難的。

雖已有人提出謀求兩者兼顧的技術，但迄今為止，尚

未存在可輕易進行製造的技術。例如，已有人提出一種製得Si含量高的熱軋(hot rolling)鋼板後，進行各種溫度控制的技術，但由於Si含量高，因此非常難以冷軋(cold rolling)。又，雖然說為了要得以冷軋而進行了各種溫度控制，但是該溫度控制非常特殊，為此所需花費的時間、勞力及成本將變得很龐大。

先行技術文獻

專利文獻

【專利文獻1】特開S60-238421號公報

【專利文獻2】特開S61-9520號公報

【專利文獻3】特開S62-256917號公報

【專利文獻4】特開H2-8346號公報

【專利文獻5】特開2007-186791號公報

【專利文獻6】特開2007-186790號公報

【專利文獻7】特開2008-240104號公報

【發明內容】

發明揭示

發明欲解決之課題

本發明之目的在於提供一種可輕易製造，且可得到高拉伸強度及低高頻鐵損的無方向性電磁鋼板。

解決課題之手段

本發明人等係從「藉由固溶強化、析出強化、加工強化、晶粒細化強化、經由變換結構(transformation structure)進行之強化等，在無方向性電磁鋼板中，將鐵損抑制到很

低並且同時得到良好機械特性」的觀點全力進行研究。此外，本發明人等還針對在實際的高速旋轉機中，列為重要因素的高頻鐵損的指標為何，換言之，減低哪一頻率的鐵損係屬重要一事，不斷重複進行調查及解析。又，對於製程中的冷軋等處理要很容易一事以及迴避處理複雜化一事亦很重視。

該結果會在之後詳細敘述，本發明人等發現令Si、Mn及Ni等的含量呈適當，且令Ti含量對C及N總含量的比例呈適當，便可得到例如900MPa以上的高拉伸強度，並且同時可將高頻鐵損抑制到很低。又，在高頻鐵損方面，亦發現磁束密度為1.0T，且激發頻率為1000hz時的鐵損 $W_{10/1000}$ 要很低一事係屬重要。於是想出下述無方向性電磁鋼板。

本發明之無方向性電磁鋼板之特徵在於含有：

C：0.003質量%以上、0.05質量%以下；

N：0.001質量%以上、0.01質量%以下；及

Si：2.8質量%以上、3.5質量%以下；

且依總量計更含有選自於由Ni：4.0質量%以下及Mn：2.0質量%以下所構成群組中之至少1種達0.5質量%以上，

此外更含有Ti，即，令Ti含量為[Ti]質量%、C含量為[C]質量%且N含量為[N]質量%時， $[Ti]/4([C]+[N])$ 所示之值 R_{Ti} 為1以上、10以下，

Al含量為3.0質量%以下，

P含量為0.2質量%以下，

剩餘部分係由Fe及不可避免之雜質所構成。

發明效果

根據本發明，由於Si、Mn及Ni等的含量以及值 R_{Ti} 呈適當，因此可得到高拉伸強度及低高頻鐵損。又，由於Si等的含量呈適當，因此製程中的處理很容易，且亦可迴避因脆化等而追加的複雜處理。

【實施方式】

實施發明之最佳形態

以下，詳細說明本發明。首先，針對本發明之無方向性電磁鋼板的成分進行說明。

Si具有使無方向性電磁鋼板之電阻增加來減低渦電流損失(eddy-current loss)，藉此將高頻鐵損等鐵損加以減低的作用。又，Si具有藉由固溶強化來提高無方向性電磁鋼板之張力的作用。若Si含量未達2.8質量%，則該等作用將不充分。另一方面，若Si含量超過3.5質量%，則會引起諸如：磁通量密度降低、脆化、冷軋等處理困難化、及材料成本上升等。因此，Si含量設為2.8質量%以上、3.5質量%以下。

Al與Si相同，具有使無方向性電磁鋼板之電阻增加來減低渦電流損失，藉此將高頻鐵損等鐵損加以減低的作用。因此，可含有Al以更進一步減低高頻鐵損。惟，若Al含量超過3.0質量%，則會引起諸如：磁通量密度降低、脆化、冷軋等處理困難化、及材料成本上升等。因此，Al含量的上限設為3.0質量%。又，若Al含量未達0.1質量%，則AlN的微細析出會顯著化，令鐵損增大，因此Al含量宜為0.1質量%以上。

Ni及Mn有助於提高無方向性電磁鋼板的張力。即，Ni具有藉由固溶強化來提高張力的作用，Mn具有藉由固溶強化及晶粒細化強化來提高張力的作用。又，Ni具有使無方向性電磁鋼板之電阻增加來減低渦電流損失，藉此將高頻鐵損等鐵損加以減低的作用。此外，Ni還有助於提高磁通量密度，該磁通量密度係隨著無方向性電磁鋼板之飽和磁矩(saturation magnetic moment)增大而提高。Mn具有使無方向性電磁鋼板之電阻增加來減低渦電流損失，藉此將高頻鐵損等鐵損加以減低的作用。若Ni含量及Mn含量的總量未達0.5質量%，則該等作用將不充分，且將無法得到900MPa以上的拉伸強度。另一方面，若Ni含量超過4.0質量%，則會產生起因於飽和磁矩降低的磁通量密度降低。又，若Mn含量超過2.0質量%，則磁通量密度會降低，且材料成本會上升。因此，設為依總量計，含有4.0質量%以下的Ni及/或2.0質量%以下的Mn達0.5質量%以上。

P具有大幅度提高無方向性電磁鋼板之張力的作用。因此，可含有P以更進一步提高張力。為了達成該作用，P宜含有0.001質量%以上。惟，若P含量超過0.2質量%，則在製程中P會偏析至晶界，令熱軋鋼板脆化，使得之後的冷軋變得非常困難。因此，P含量的上限設為0.2質量%。

Ti具有與C及Ni反應生成含Ti碳氮化物之微細析出物後，藉由析出強化及晶粒細化強化來提高無方向性電磁鋼板之張力的作用。又，固溶於無方向性電磁鋼板的Ti亦具有在進行冷軋及最終退火(final annealing)時，令無方向性

電磁鋼板表面的晶體方位一致朝向{111}，來提高無方向性電磁鋼板之張力的作用。為了使該等作用充分發揮，作為Ti碳氮化物析出的Ti、及固溶於無方向性電磁鋼板的Ti雙方含量恰為適當一事係屬重要。

令Ti含量為[Ti]質量%、C含量為[C]質量%、N含量為[N]質量%時，若 $[Ti]/4([C]+[N])$ 所示之值 R_{Ti} 未達1，則無法充分發揮前述作用。因此，值 R_{Ti} 設為1以上。值 R_{Ti} 為1時，理論上所有的Ti均會與C及/或N結合，但實際上會有一部分的Ti不與C及N之任一者結合，反而作為固溶Ti而內含於無方向性電磁鋼板。另外，值 R_{Ti} 係以2以上為佳，且以3以上為更佳。

另一方面，若值 R_{Ti} 超過10，則難以產生再結晶，且將變得容易脆化。又，朝{111}之導向亦會隨著固溶Ti的增加而變強，導致鐵損上升。因此，值 R_{Ti} 設為10以下。另外，值 R_{Ti} 係以9以下為佳，且以7以下為更佳。

又，為了令值 R_{Ti} 在前述範圍內，C含量設為0.003質量%以上、0.05%以下，N含量設為0.001%以上、0.01%以下。另外，C含量超過0.05%或是N含量超過0.01質量%時，鐵損特性會因為磁老化(magnetic aging)等而明顯降低。

又，為了令值 R_{Ti} 在前述範圍內，Ti含量係以0.1%以上、0.3%以下為佳，且Ti含量上限更宜為0.25質量%。

另外，在無方向性電磁鋼板中形成碳氮化物的金屬元素除了Ti以外，亦可舉Zr、V、Nb、及Mo。其中，Ti碳氮化物的析出強化係屬顯著。

無方向性電磁鋼板除了前述成分以外，還有例如Fe及不可避免之雜質。另外，以迴避伴隨高張力化所產生的晶界脆化為目的時，亦可含有B。此時，B含量係以0.001質量%以上為佳。另一方面，若B含量超過0.007質量%，則會引起磁通量降低、及在熱軋時脆化等。因此，B含量係以0.007質量%以下為佳。

此外，以更進一步提高各種磁氣特性為目的時，亦可含有Cu：0.02%以上、1.0%以下；Sn：0.02%以上、0.5%以下；Sb：0.02%以上、0.5%以下；Cr：0.02%以上、3.0%以下；及/或稀土類金屬(REM：rare earth metal)：0.001%以上、0.01%以下。即，亦可含有選自於由該等複數種類之元素所構成群組中之1種以上的元素。

而且，由該等成分所構成之無方向性電磁鋼板的拉伸強度係呈例如900MPa以上。因此，使用該無方向性電磁鋼板所製成的高速旋轉機的轉體，可實現充足的高速旋轉。

又，由該等成分所構成之無方向性電磁鋼板的高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 係呈例如100W/kg以下。因此，使用該無方向性電磁鋼板所製成的高速旋轉機的轉體，有助於旋轉機的高效率化及小型化。即，可抑制從電氣能量轉換成機械能量時所伴隨的能量損失、以及伴隨該現象所產生的發熱。而且，為了減低渦電流損失且令高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 在100W/kg以下，無方向性電磁鋼板的厚度係以0.30mm以下為佳。

本發明人等藉由諸如下述實驗來確認了該等效果。首先，將含有C：0.017質量%、Si：3.12質量%、Al：0.65質

量%、Ni：2.54質量%、P：0.02質量%、N：0.003質量%、Ti：0.18質量%的板塊(slab)熱軋，製得熱軋鋼板。該熱軋鋼板的值 R_{Ti} 係為2.3。接著，將熱軋鋼板冷軋成表1所示之4種厚度，製得冷軋鋼板。然後，以780°C對冷軋鋼板連續施行最終退火達20秒，便製得無方向性電磁鋼板。接著，從無方向性電磁鋼板切出愛波斯坦(Epstein)試料及拉伸試驗片，用來測定磁氣特性及機械特性。將該結果顯示於表1。以下表中的「 $W_{15/50}$ 」係表示鐵損 $W_{15/50}$ ，「B50」係表示磁通量密度B50，「 $W_{10/1000}$ 」係表示鐵損 $W_{10/1000}$ 。又，「YP」係表示屈服點(yield point)，「TS」係表示拉伸強度，「EL」係表示伸長率。

【表1】

試料 No.	厚度 (mm)	磁氣特性			機械特性		
		$W_{15/50}$ (W/kg)	B50 (T)	$W_{10/1000}$ (W/kg)	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
1	0.50	9.6	1.58	155	870	921	15
2	0.35	9.0	1.57	112	875	928	16
3	0.20	8.6	1.56	87	876	930	18
4	0.15	8.4	1.56	80	881	935	18

如表1所示，試料No.1及No.2中，可得到900MPa以上的拉伸強度，試料No.1及No.2雖為高張力，但高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 卻超過100W/kg。這是因為無方向性電磁鋼板的厚度超過0.30mm的緣故。

由此來看，無方向性電磁鋼板的厚度可說係以0.30mm以下為佳。

另外，本發明之無方向性電磁鋼板可如下述般地來製造。首先，熔製出具有前述組成的板塊後，對該板塊施以加熱及熱軋，製得熱軋鋼板。接著，對該熱軋鋼板施以冷

軋，製得冷軋鋼板。然後，進行最終退火。另外，為了迴避伴隨晶粒成長所產生的強度降低及脆化，最好是不要進行熱軋板退火，也最好不要進行冷軋的製程退火(process annealing)。若使用具有前述組成的熱軋鋼板，即使不進行熱軋板退火及製程退火，亦可得到張力提高及高頻鐵損減低的效果。又，亦可藉由省略熱軋板退火而提高彎曲加工性。即，由於本發明之無方向性電磁鋼板具有前述組成，因此可藉由較簡易的處理來實現張力提高及高頻鐵損減低。

【實施例】

(第1實驗)

首先，將含有表2所示之成分，且剩餘部分係由Fe及不可避免之雜質所構成的板塊熱軋，製得熱軋鋼板。接著，將熱軋鋼板冷軋，製得厚度0.20mm的冷軋鋼板。然後，以750°C對冷軋鋼板連續施行最終退火達30秒，便製得無方向性電磁鋼板。

【表2】

試料No.		成分								R _{Ti}
		C	Si	Al	Ni	Mn	P	N	Ti	
比較例	11	0.0059	3.02	0.73	2.01	1.02	0.04	0.0030	0.000	0.00
	12	0.0067	3.07	0.77	2.16	1.11	0.03	0.0027	0.023	0.61
實施例	13	0.0046	3.01	0.70	2.12	0.95	0.03	0.0029	0.257	8.57
	14	0.0055	3.04	0.73	2.04	1.01	0.04	0.0026	0.168	5.12

然後，從無方向性電磁鋼板切出愛波斯坦試料及拉伸試驗片。接著，使用愛波斯坦試料來測定磁氣特性，並使用拉伸試驗片來測定機械特性。將該結果顯示於表3。

【表3】

試料No.	磁氣特性	機械特性
-------	------	------

		$W_{15/50}$ (W/kg)	B50 (T)	$W_{10/1000}$ (W/kg)	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
比較例	11	4.8	1.60	47	688	775	24
	12	5.6	1.59	58	703	785	22
實施例	13	8.1	1.57	84	871	922	17
	14	7.7	1.58	79	902	953	16

如表3所示，比較例No.11及12中，高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 雖然未達100W/kg，但由於值 R_{Ti} 未達1，因此拉伸強度很低，未達900MPa。尤其，比較例No.11中，由於完全不含Ti，因此拉伸強度明顯很低。

另一方面，實施例No.13及14中，由於值 R_{Ti} 等呈適當，因此可得到100W/kg以下的高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 、及900MPa以上的拉伸強度。又，屈服點亦比比較例No.11及12高。

(第2實驗)

首先，將含有表4所示之成分，且剩餘部分係由Fe及不可避免之雜質所構成的板塊熱軋，製得熱軋鋼板。接著，將熱軋鋼板冷軋，製得厚度0.25mm的冷軋鋼板。然後，以775°C對冷軋鋼板施行連續最終退火達30秒，便製得無方向性電磁鋼板。

【表4】

試料No.		成分									R_{Ti}
		C	Si	Al	Ni	Mn	P	B	N	Ti	
比較例	21	0.0066	3.24	0.61	1.85	1.30	0.03	0.0028	0.0024	0.000	0.00
	22	0.0070	3.28	0.60	1.81	1.29	0.02	0.0027	0.0027	0.032	0.82
實施例	23	0.0069	3.25	0.63	1.90	1.31	0.03	0.0029	0.0025	0.278	7.39
	24	0.0073	3.30	0.58	1.88	1.33	0.03	0.0030	0.0023	0.146	3.80

然後，從無方向性電磁鋼板切出愛波斯坦試料及拉伸試驗片。接著，使用愛波斯坦試料來測定磁氣特性，並使用拉伸試驗片來測定機械特性。將該結果顯示於表5。

【表5】

試料No.		磁氣特性			機械特性		
		$W_{15/50}$ (W/kg)	B50 (T)	$W_{10/1000}$ (W/kg)	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
比較例	21	5.4	1.62	63	708	796	26
	22	6.1	1.61	67	745	804	24
實施例	23	8.9	1.59	92	889	931	20
	24	8.7	1.60	90	910	962	21

如表5所示，比較例No.21及22中，高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 雖然未達100W/kg，但由於值 R_{Ti} 未達1，因此拉伸強度很低，未達900MPa。尤其，比較例No.21中，由於完全不含Ti，因此拉伸強度明顯很低。

另一方面，實施例No.23及24中，由於值 R_{Ti} 等呈適當，因此可得到100W/kg以下的高頻鐵損 $W_{10/1000}$ 、及900MPa以上的拉伸強度。又，屈服點亦比比較例No.21及22高。

產業上利用之可能性

本發明可利用在例如電磁鋼板製造產業及電磁鋼板利用產業。

【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，其特徵在於含有：

C：0.003質量%以上、0.05質量%以下；

N：0.001質量%以上、0.01質量%以下；及

Si：2.8質量%以上、3.5質量%以下；

且依總量計更含有選自於由Ni：4.0質量%以下及Mn：2.0質量%以下所構成群組中之至少1種達0.5質量%以上，

此外更含有Ti，即，令Ti含量為[Ti]質量%、C含量為[C]質量%且N含量為[N]質量%時， $[Ti]/4([C]+[N])$ 所示之值 R_{Ti} 為1以上、10以下，

Al含量為3.0質量%以下，

P含量為0.2質量%以下，

剩餘部分係由Fe及不可避免之雜質所構成。

2. 如申請專利範圍第1項之無方向性電磁鋼板，其中Ti含量為0.1質量%以上、0.3質量%以下。
3. 如申請專利範圍第1項之無方向性電磁鋼板，其係含有B：0.001質量%以上、0.007質量%以下。
4. 如申請專利範圍第2項之無方向性電磁鋼板，其係含有B：0.001質量%以上、0.007質量%以下。
5. 如申請專利範圍第1項之無方向性電磁鋼板，其係含有選自於由
Cu：0.02質量%以上、1.0質量%以下；
Sn：0.02質量%以上、0.5質量%以下；

Sb：0.02質量%以上、0.5質量%以下；
Cr：0.02質量%以上、3.0質量%以下；及
稀土類金屬：0.001質量%以上、0.01質量%以下
所構成群組中之至少1種。

6. 如申請專利範圍第2項之無方向性電磁鋼板，其係含有
選自於由

Cu：0.02質量%以上、1.0質量%以下；
Sn：0.02質量%以上、0.5質量%以下；
Sb：0.02質量%以上、0.5質量%以下；
Cr：0.02質量%以上、3.0質量%以下；及
稀土類金屬：0.001質量%以上、0.01質量%以下
所構成群組中之至少1種。

7. 如申請專利範圍第3項之無方向性電磁鋼板，其係含有
選自於由

Cu：0.02質量%以上、1.0質量%以下；
Sn：0.02質量%以上、0.5質量%以下；
Sb：0.02質量%以上、0.5質量%以下；
Cr：0.02質量%以上、3.0質量%以下；及
稀土類金屬：0.001質量%以上、0.01質量%以下
所構成群組中之至少1種。

8. 如申請專利範圍第4項之無方向性電磁鋼板，其係含有
選自於由

Cu：0.02質量%以上、1.0質量%以下；
Sn：0.02質量%以上、0.5質量%以下；

Sb：0.02質量%以上、0.5質量%以下；

Cr：0.02質量%以上、3.0質量%以下；及

稀土類金屬：0.001質量%以上、0.01質量%以下

所構成群組中之至少1種。