



(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 I863764 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：112149741

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 12 月 20 日

(51)Int. Cl. : **C09D5/25 (2006.01)** **C09D5/02 (2006.01)**
 C09D7/61 (2018.01) **C21D9/46 (2006.01)**
 C23C26/00 (2006.01) **C23C22/00 (2006.01)**

(30)優先權：2022/12/23 日本 2022-207307

(71)申請人：日商 J F E 鋼鐵股份有限公司 (日本) JFE STEEL CORPORATION (JP)
 日本

(72)發明人：村松直樹 MURAMATSU, NAOKI (JP) ; 松田武士 MATSUDA, TAKESHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200538583A JP 2003-147543A

審查人員：洪敏峰

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：0 共 20 頁

(54)名稱

附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法

(57)摘要

本發明提供沖孔性及在更嚴苛評價條件之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。本發明之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其特徵係具有：準備水系塗料之步驟，及將前述水系塗料塗佈於電磁鋼板表面並使其加熱乾燥而形成絕緣被膜之步驟，前述水系塗料包含樹脂、無機成分、任意之有機還原劑、任意之 B 化合物及水，前述樹脂之 50 質量%以上係由乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者所成，前述水系塗料具有 1.0mPa·s 以上之黏度。



公告本

I863764

【發明摘要】

【中文發明名稱】

附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法

【中文】

本發明提供沖孔性及在更嚴苛評價條件之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。本發明之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其特徵係具有：準備水系塗料之步驟，及將前述水系塗料塗佈於電磁鋼板表面並使其加熱乾燥而形成絕緣被膜之步驟，前述水系塗料包含樹脂、無機成分、任意之有機還原劑、任意之B化合物及水，前述樹脂之50質量%以上係由乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者所成，前述水系塗料具有1.0mPa·s以上之黏度。

【指定代表圖】無

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法

【技術領域】

【0001】本發明有關附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。

【先前技術】

【0002】附絕緣被膜之電磁鋼板當然基本特性的磁特性優異，但在馬達或變壓器等之製造過程中，還要求其他各種特性。作為這種製品之製造過程中必要的特性舉例為例如沖孔性、熔接性(端面的熔接)、被膜密著性及耐腐蝕性等。為了提高沖孔性，有效的是在絕緣被膜中添加樹脂成分係眾所周知之事實眾所周知，但由於樹脂之添加於熔接時成為氣孔之原因，因此兼具沖孔性及熔接性是一種課題。

【0003】專利文獻1中記載「一種熔接性及沖孔性優異之附絕緣被膜之電磁鋼板之製造方法，其特徵係將含有樹脂與無機成分之水系塗液塗佈於電磁鋼板之表面後，自鋼板側加熱及烘烤」。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【 0004】

專利文獻 1：日本特開 2003-213444 號公報

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

【 0005】 專利文獻 1 中，雖然熔接性及沖孔性提高，但針對在更嚴格評價條件下使熔接性與沖孔性兼具方面，尚有改善餘地。

【 0006】 因此，鑑於上述問題，本發明之目的在於提供沖孔性及在更嚴格評價條件下之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。

[用以解決課題之手段]

【 0007】 為了達成此目的，本發明人等進行積極研究後，新發現到藉由將形成絕緣被膜所用之含有樹脂及無機成分之水系塗料的黏度保持在適當範圍，可獲得沖孔性及在更嚴格評價條件下之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板。又，可知將塗佈於電磁鋼板之水系塗料的黏度保持在適當範圍所得之沖孔性及熔接性提高的效果不限定於如專利文獻 1 中記載之利用感應加熱而自鋼板側加熱之情況，於如煤氣爐或電爐般自藉由水系塗料形成的塗膜表面加熱之情況亦可獲得該效果。

【 0008】 基於上述見解完成之本發明的要旨構成如下。

[1] 一種附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其特徵係具有：

準備水系塗料之步驟，及

將前述水系塗料塗佈於電磁鋼板表面並使其加熱乾燥而形成絕緣被膜之步驟，

前述水系塗料包含樹脂、無機成分、任意之有機還原劑、任意之硼化合物(B化合物)及水，

前述樹脂之50質量%以上係由乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者所成，

前述水系塗料具有1.0mPa·s以上之黏度。

【0009】 [2] 如[1]之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料具有40mPa·s以下之黏度。

【0010】 [3] 如[1]之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料具有10mPa·s以下之黏度。

【0011】 [4] 如[1]至[3]中任一項之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料中，前述乳液樹脂及前述分散液樹脂之一者或兩者具有30nm以上之粒徑。

【0012】 [5] 如[1]至[4]中任一項之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料中相對於前述樹脂、前述無機成分、前述有機還原劑及前述B化合物的固形分換算之合計質量，前述樹脂之固形分質量比率為0.5質量%以上50質量%以下。

[發明效果]

【0013】依據本發明之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，可製造沖孔性及在更嚴格評價條件下之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板。

【實施方式】

【0014】以下，說明本發明之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。又以下說明之實施形態係將本發明具體化之一例，並非基於該具體例而限制本發明之構成。

【0015】本發明之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法具有準備水系塗料之步驟，及將前述水系塗料塗佈於電磁鋼板表面並加熱乾燥而形成絕緣被膜之步驟。而且前述水系塗料包含樹脂、無機成分、任意之有機還原劑、任意之B化合物及水，前述樹脂之50質量%以上係由乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者所成，前述水系塗料具有1.0mPa·s以上之黏度。

【0016】針對成為絕緣被膜之基底的電磁鋼板未特別限制，但較佳根據所需特性進行適當成分調整。例如為了提高鐵損，有效的是使比電阻上升，故較佳添加提高比電阻成分的Si、Al、Mn、Cr、P、Ni等。該等之成分比例只要根據所需磁特性決定即可。

【0017】電磁鋼板中所含之C及S是不利於熔接性之元素，且基於磁特性之方面期望降低其含量。因此，電磁鋼板中之C含量較佳為0.01質量%以下。又，電磁鋼板中之S含量較佳為0.01質量%以下。關於電磁鋼板中所含之其他

微量成分、Sb、Sn等之偏析元素及不可避免的雜質，則未特別限制。

【0018】關於電磁鋼板之製造方法未特別限制，可適用過去習知之各種方法。又，鋼板的表面粗糙度亦未特別限制，但重視佔積率時，較佳將三維表面粗糙度SRa設為0.5 μ m以下。此外，鋼板的最終厚度亦未特別限制，可適用各種板厚者，但基於磁特性之觀點，較佳為0.8mm厚以下。

【0019】水系塗料包括樹脂與無機成分。該等樹脂及無機成分具有可溶解或分散在水中之特性。又，水系塗料可包含有機還原劑及B化合物之一者或兩者。水系塗料可使用至少含有鉻酸鹽及樹脂之塗覆處理液、至少含有磷酸鹽與樹脂之塗覆處理液、至少含有無機膠體與樹脂之塗覆處理液等之所有種類之塗覆處理液。又基於提高耐熱性或耐腐蝕性之目的，水系塗料液可添加各種成分。

【0020】水系塗料中所含之樹脂種類未特別限制，可使用選自丙烯酸樹脂、環氧樹脂、胺基甲酸酯樹脂、酚樹脂、苯乙烯樹脂、醯胺樹脂、醯亞胺樹脂、脲樹脂、乙酸乙烯酯樹脂、醇酸樹脂、聚烯烴樹脂及聚酯樹脂等之一種以上，該等亦可以單體、共聚物或混合物使用。水系塗料中之樹脂總量(固形分)中，50%以上為具有粒徑的樹脂，亦即乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者。水系塗料中所含之樹脂中所佔據之乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者之質量比為50質量%以上100質量%以下，意指不具有粒徑

之完全水溶性樹脂的質量比率為0質量%以上50質量%以下。不具有粒徑之完全水溶性樹脂之質量比率超過50質量%時，沖孔性之改善效果無法令人滿足。又，本發明中，計算樹脂總量中乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者的質量比率時，成為樹脂之構成要素的水溶性丙烯酸等之所謂單體亦包含於「樹脂」中計算。

【0021】 水系塗料中之乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者較佳具有30nm以上的粒徑。乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者的粒徑為30nm以上時，沖孔時附著於模具端面且被覆於模具前端部之樹脂面積適當，於模具端面與被加工材之凝著磨耗抑制效果適當，適當獲得沖孔性。又樹脂粒徑之上限未特別規定，但於重視佔積率時，樹脂之粒徑較佳為1 μ m以下。樹脂之粒徑可按照J IS 8828:2013藉由動態光散射法測定。

【0022】 水系塗料中，相對於樹脂、無機成分、有機還原劑及B化合物的固形分換算之合計質量，樹脂之固形分質量比率較佳為0.5質量%以上50質量%以下。樹脂之固形分質量比率為0.5質量%以上時，可適當獲得上述沖孔性改善效果(凝著磨耗抑制效果)。樹脂之固形分質量比率為50質量%以下時，熔接時分解氣化的有機物量適當，可抑制熔接焊道中的氣孔，適當獲得熔接性。較佳樹脂之固形分質量比率為40質量%以下。

【0023】 作為水系塗料中所含之無機成分舉例為Cr化合物、P化合物、Si化合物等。作為Cr化合物舉例為包含

選自Ca、Mg、Zn、K、Na、Al等金屬中之至少1種的鉻酸鹽、重鉻酸鹽，可使用該等之一種以上。作為P化合物可適用磷酸鹽，可舉例為單鹼式磷酸鋁、磷酸鎂、磷酸鈣、磷酸鐵、磷酸鋅等，可使用該等之一種以上。作為Si化合物可舉例為膠體氧化矽、發煙氧化矽及板狀氧化矽，可使用該等之一種以上。膠體氧化矽、發煙氧化矽及板狀氧化矽於絕緣被膜中係以粒子狀存在。又，可含有複數種無機化合物。

【0024】基於提高絕緣被膜之絕緣性及耐腐蝕性之觀點，相對於樹脂、無機成分、有機還原劑及B化合物的固形分換算之合計質量，無機成分之固形分質量比率較佳為30質量%以上，更佳為60質量%以上。且，無機成分之比率過高時，由於有沖孔性劣化之顧慮，故該質量比率較佳為80質量%以下。

【0025】水系塗料含有有機還原劑。藉由含有有機還原劑，可適當地促進鉻的還原反應。有機還原劑的種類未特別限制，但較佳使用選自二醇類及糖類中之至少1種。特別更佳係二醇中使用選自乙二醇及1,4-丁二醇之1種以上，且糖類中使用選自甘油、聚乙二醇、蔗糖、乳糖、蔗糖、葡萄糖及果糖之1種以上。

【0026】水系塗料含有有機還原劑時，基於充分獲得其效果之觀點，相對於樹脂、無機成分、有機還原劑及B化合物的固形分換算之合計質量，有機還原劑之固形分質量比率較佳為10質量%以上。又，有機還原劑之含量過高

時，由於燒鈍後之被膜特性劣化，故該質量比率較佳為30質量%以下。

【0027】水系塗料中含有B化合物。藉由含有B化合物，可有效緩和應變去除燒對鈍時可能發生的被膜破裂，並可適當改善耐粉末性。作為此種B化合物可舉例為硼酸、正硼酸、偏硼酸、四硼酸、偏硼酸鈉、四硼酸鈉等，該等可單獨使用或複合使用。B化合物不限定於此，例如亦可為溶解於水中產生硼酸離子的化合物，且硼酸離子亦可聚合為直線型或環狀。

【0028】水系塗料含有B化合物時，基於充分獲得其效果之觀點，相對於樹脂、無機成分、有機還原劑及B化合物的固形分換算之合計質量，B化合物的固形分質量比率較佳為5質量%以上。又，B化合物之含量過高時，由於燒鈍後之被膜特性劣化，故該質量比率較佳為30質量%以下。

【0029】水系塗料具有 $1.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 以上之黏度。水系塗料之黏度未達 $1.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時，樹脂粒子於塗料中容易沉降且容易形成不均一凝集體，無法充分獲得在更嚴格評價條件下之熔接性。因凝集不均一導致熔接性劣化之原因雖尚不清楚，但認為係因存在樹脂粒子的不均一凝集體而自鋼板側加熱之情況，抑或自塗膜表面側加熱之情況，水系塗料(塗膜)中之低沸點成分均不易去除之故。藉由將水系塗料之黏度保持在適當範圍內，由於可使樹脂粒子於塗料中均一分散，故可抑制凝集物形成。又，水系塗料之黏度較佳

為 40mPa·s 以下，更佳為 10mPa·s 以下。黏度為 10mPa·s 以下時，於鋼板上形成被膜時，可適當抑制稱為條痕的條紋狀被膜缺陷。

【0030】為了使水系塗料成為目的黏度，可調整其固形分濃度，亦可添加黏度調整劑。黏度調整劑之種類未特別限制，可使用丙烯酸性聚合物、胺基甲酸酯改質聚醚等之一般使用者。

【0031】又，本發明中所謂水系塗料之黏度係將各成分以特定比例調合並調整至目的固形分濃度後測定之值。黏度係根據 JI S K 6901:2021 測定之值。例如使用 BM 型黏度計(東京計器股份有限公司製)將試驗溫度設為 25℃ 而測定。

【0032】水系塗料之塗佈方法只要可將水系塗料塗佈於鋼板上則可為任何方法，可適用輥塗法、棒塗法、氣刀法及噴塗法等之各種方法。

【0033】作為塗膜之加熱方式，未特別限制，可使用煤氣爐或電爐之一般烘烤方法，但較佳使用利用電流通過鋼板時產生的渦電流進行加熱之感應加熱方法。感應加熱之頻率及升溫速度為特別限制，可根據基於設備面而限制的加熱時間、效率、電磁鋼板之性質(板厚、磁導率等)適當選擇即可。只要加熱溫度亦即最高達到板溫度為形成絕緣被膜所需之溫度即可，但由於使用水系塗料，故較佳為 100℃ 以上，又更佳為 150℃ 以上。藉由設為 100℃ 以上，可適當抑制水的殘留。且最高達到板溫度較佳為 350℃ 以

下。藉由設為 350°C 以下，可適當抑制樹脂的熱分解。

【0034】塗膜之加熱方法較佳自鋼板側(塗覆下層)加熱。藉由自塗覆下層加熱，可適當獲得沖孔性及熔接性。其原因尚不清楚，但本發明人等認為如下。1)自塗覆下層加熱時，在未凝固之塗膜內引起對流，如乳液樹脂或分散液樹脂般之不完全溶解而具有粒子形態的樹脂集中在表層附近，使最表層樹脂量變多，故沖孔性獲得提高。

2)自塗覆表面加熱時，由於表面先乾燥，低沸點成分容易留在塗覆內部，故熔接時成為氣體而成為氣孔之原因，但自鋼板側(塗覆下層)加熱時，由於可有效自塗膜去除低沸點成分，故可獲得安定熔接性。

【0035】絕緣被膜之單位面積重量以乾燥重量計，較佳為 $0.05\text{g}/\text{m}^2$ 以上。絕緣被膜之單位面積重量為 $0.05\text{g}/\text{m}^2$ 以上時，可適當進行均一塗佈，且被膜性能安定。且，絕緣被膜之單位面積重量以乾燥重量計，較佳為 $7.0\text{g}/\text{m}^2$ 以下。藉由為 $7.0\text{g}/\text{m}^2$ 以下，可較佳獲得被膜密著性。

實施例

【0036】將表1及表2所示之樹脂、無機成分、有機還原劑及B化合物以使成為表1及表2所示之質量%(固形分換算)之方式添加於去離子水中並混合，調製水系塗料。又，作為有機還原劑使用之乙二醇在室溫下為液體，但以固形分計算含量。水系塗料之固形分濃度為3質量%。又，水系塗料中添加作為黏度調整劑之增黏劑A-10H(東亞

合成股份有限公司製)，使各例之水系塗料成為表1及表2
所示之黏度。

【0037】

[表1]

No.	黏度 mPa·s	固形分 濃度 質量%	樹脂			無機成分1		無機成分2		有機還原劑			B化合物	烘烤方式			性能評價		備註
			種類	質量%	粒徑 nm ※1	種類	質量%	種類	質量%	種類	質量%	乙二醇 質量%		硼酸 質量%	種類	到達 板溫度 (°C)	外觀	熔接性	
1-1	1.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-2	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-3	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液(SI) +水溶性丙烯酸(SI)	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-4	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液(75) +水溶性丙烯酸(25)	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-5	4.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-6	10	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-7	20	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-8	40	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-9	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	30	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-10	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	20	150	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-11	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	0.5	100	重鉻酸鎂	62.1	-	-	18.7	18.7	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-12	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	40	100	重鉻酸鎂	38	-	-	11	11	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-13	2.0	3	丙烯酸苯乙炔乳液	45	100	重鉻酸鎂	35	-	-	10	10	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-14	1.0	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-15	2.0	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-16	4.0	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-17	10	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-18	20	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-19	40	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	發明例	
1-20	1.0	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-21	2.0	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-22	4.0	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-23	10	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-24	20	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-25	40	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-26	0.1	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	發明例	
1-27	0.5	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	比較例	
1-28	2.0	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液(75) +水溶性丙烯酸(25)	20	100	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	比較例	
1-29	2.0	3	水溶性丙烯酸	20	-	重鉻酸鎂	50	-	-	15	15	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	比較例	
1-30	0.1	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	比較例	
1-31	0.5	3	環氣分散液	40	100	膠態氮化矽	60	-	-	-	-	-	感應加熱	200	◎	◎	◎	比較例	
1-32	0.1	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	比較例	
1-33	0.5	3	丙烯酸乙炔-烯烴樹脂乳液	30	100	重鉻酸鎂	50	15	-	-	-	-	感應加熱	300	◎	◎	◎	比較例	

※1表示乳液樹脂或分散液樹脂之粒徑。

【0038】

表2

No.	黏度 mPa·s	固形分 濃度 質量%	樹脂		無機成分1		無機成分2		有機還原劑		B化合物		烘烤方式			性能評價			備註
			種類 (0)內為樹脂比率	粒徑 nm ※1	質量%	種類	質量%	種類	質量%	種類	質量%	種類	質量%	種類	質量%	種類	溫度 (°C)	外觀	
2-1	1.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-2	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-3	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液(50) +水溶性丙烯酸(50)	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-4	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液(75) +水溶性丙烯酸(25)	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-5	4.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-6	10	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-7	20	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-8	40	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-9	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	30	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-10	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	150	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-11	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	0.5	重鉍酸鎂	82.1	-	-	18.7	18.7	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-12	2.0	3	丙烯酸苯乙稀乳液	100	40	重鉍酸鎂	38	-	-	11	11	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-13	1.0	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-14	2.0	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-15	4.0	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-16	10	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-17	20	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-18	40	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	發明例	
2-19	1.0	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-20	2.0	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-21	4.0	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-22	10	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-23	20	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-24	40	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	發明例	
2-25	0.1	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	
2-26	0.5	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	
2-27	2.0	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液(75) +水溶性丙烯酸(25)	100	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	
2-28	2.0	3	水溶性丙烯酸	-	20	重鉍酸鎂	50	-	-	15	15	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	
2-29	0.1	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	比較例	
2-30	0.5	3	環氧分散液	100	40	膠體氧化矽	60	-	-	-	-	硼酸	煤氣爐	200	◎	◎	◎	比較例	
2-31	0.1	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	
2-32	0.5	3	丙烯酸乙稀-丙烯酸樹脂乳液	100	30	單輪式磷酸鈣	50	15	重鉍酸鉀	5	5	硼酸	煤氣爐	300	◎	◎	◎	比較例	

※1表示乳液樹脂或分散液樹脂之粒徑。

【0039】將該等水系塗料以輥塗機塗佈於自板厚0.5mm之電磁鋼板切成寬150mm、長300mm的大小之試驗片表面，利用感應加熱方式(表1)及煤氣爐之熱風爐加熱方式(表2)，於表1及表2中記載之到達板溫度下烘烤後，於常溫放冷，形成絕緣被膜。又，各例之絕緣被膜的單位面積重量以乾燥重量計，統一為 $0.5\text{g}/\text{m}^2$ 。

【0040】如以下評價絕緣被膜之外觀、熔接性、沖孔性，結果示於表1及表2。

【0041】

[被膜外觀評價]

目視觀察塗裝後之鋼板表面的外觀，確認有無發生條痕。

(判定基準)

◎：未發生條痕

○：輕微發生條痕，但對被膜性能無影響

x：伴隨發生嚴重條痕，被膜性能劣化

【0042】

[熔接性評價]

將鋼板積層為厚度3cm，以下述條件進行TIG熔接，以不發生無氣孔之最大熔接速度進行評價。專利文獻1中雖在120A的電流值條件下實施評價，但此次為了在更嚴格熔接條件下進行評價，故將電流值設為150A實施熔接試驗。

- 電極：Th-W 2.6mm ϕ
- 施加壓力：10N/mm²
- 電流：150A
- 保護氣體：Ar(6升/分鐘)

(判斷基準)

- ◎：120cm/min以上
- ：80cm/min以上且未達120cm/min
- x：未達80cm/min

【0043】

[沖孔性評價]

以下述條件，以使初期毛邊高度成為10 μ m之方式調整模具，進行連續沖孔試驗，以直到毛邊高度到達50 μ m之沖孔次數進行評價。

- 使用15mm ϕ 鋼模具之間隙：5%
- 沖孔油：使用

(判定基準)

- ◎：100萬次以上
- ：50萬次以上~未達100萬次
- x：50萬次以下

【0044】由表1可看出，水系塗料之黏度為1mPa·s以上的發明例，就外觀、熔接性及沖孔性均優於比較例。若比較表1及表2可知，利用感應加熱自被膜下層側加熱時，

熔接性優於以煤氣爐之加熱，但可知即使是煤氣爐之情況，藉由控制水系塗料之黏度，性能亦得到改善。由此了解到無論採用何種加熱方式，均可獲得本發明之效果。

[產業上之可利用性]

【0045】依據本發明，可提供沖孔性及在更嚴格評價條件下之熔接性兩者優異之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法。

【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其特徵係具有：

準備水系塗料之步驟，及

將前述水系塗料塗佈於電磁鋼板表面並使其加熱乾燥而形成絕緣被膜之步驟，

前述水系塗料包含樹脂、無機成分、任意之有機還原劑、任意之硼化合物(B化合物)及水，

前述樹脂之 50 質量%以上係由乳液樹脂及分散液樹脂之一者或兩者所成，

前述水系塗料具有 1.0mPa·s 以上、40mPa·s 以下之黏度。

【請求項 2】如請求項 1 之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料具有 10mPa·s 以下之黏度。

【請求項 3】如請求項 1 或 2 之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料中，前述乳液樹脂及前述分散液樹脂之一者或兩者具有 30nm 以上之粒徑。

【請求項 4】如請求項 1 或 2 之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料中相對於前述樹脂、前述無機成分、前述有機還原劑及前述 B 化合物的固形分換算之合計質量，前述樹脂之固形分質量比率為 0.5 質量% 以上 50 質量% 以下。

【請求項 5】如請求項 3 之附絕緣被膜之電磁鋼板的製造方法，其中前述水系塗料中相對於前述樹脂、前述無機

成分、前述有機還原劑及前述 B 化合物的固形分換算之合計質量，前述樹脂之固形分質量比率為 0.5 質量% 以上 50 質量% 以下。