



(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 I519651 B

(45)公告日：中華民國 105 (2016) 年 02 月 01 日

(21)申請案號：103111718

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 28 日

(51)Int. Cl. : C22C38/18 (2006.01)

H01F1/14 (2006.01)

C21D1/26 (2006.01)

(30)優先權：2013/03/29 日本

2013-074949

(71)申請人：神戶製鋼所股份有限公司 (日本) KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (JP)

日本

(72)發明人：增本慶 MASUMOTO, KEI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 101208440A

CN 102639752A

審查人員：陳建安

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：0 共 34 頁

(54)名稱

酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材、耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件及其製造方法

(57)摘要

本發明是要提供：酸洗性優異，並且可達成最終零件之優異的磁力特性暨耐腐蝕性的軟磁性零件用鋼材。該軟磁性零件用鋼材的特徵為：其化學組成分，以質量%計，係符合 C：0.001~0.025%、Si：超過 0%且未滿 1.0%、Mn：0.1~1.0%、P：超過 0%且 0.030%以下、S：超過 0%且 0.08%以下、Cr：超過 0%且未滿 0.5%、Al：超過 0%且 0.010%以下、以及 N：超過 0%且 0.01%以下，其餘部分是由鐵以及不可避免的雜質所組成，而且在該鋼材表面形成有軋軋鏽皮，該軋軋鏽皮含有 FeO 為 40~80 體積%。

## 發明摘要

※申請案號：103111718

C22C 38/18 (2006.01)

H01F 1/14 (2006.01)

※申請日：103年03月28日

※IPC分類：C21D 1/26 (2006.01)

## 【發明名稱】(中文/英文)

酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材、耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件及其製造方法

## 【中文】

本發明是要提供：酸洗性優異，並且可達成最終零件之優異的磁力特性暨耐腐蝕性的軟磁性零件用鋼材。該軟磁性零件用鋼材的特徵為：其化學組成分，以質量%計，係符合 C：0.001~0.025%、Si：超過 0%且未滿 1.0%、Mn：0.1~1.0%、P：超過 0%且 0.030%以下、S：超過 0%且 0.08%以下、Cr：超過 0%且未滿 0.5%、Al：超過 0%且 0.010%以下、以及 N：超過 0%且 0.01%以下，其餘部分是由鐵以及不可避免的雜質所組成，而且在該鋼材表面形成有軋軋鏽皮，該軋軋鏽皮含有 FeO 為 40~80 體積%。

## 【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無。

【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)

酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材、耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件及其製造方法

## 【技術領域】

[0001] 本發明係關於：酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材、以及耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件及其製造方法。

## 【先前技術】

[0002] 為了對應汽車等的省能源化，針對於該汽車等的電裝零件，係被要求：磁氣迴路的控制要更精緻，而且可達成省電力化以及可提昇磁性回應速度。因此，作為上述電裝零件素材的鋼材，其磁氣特性係被要求為：只要利用很低的外部磁場就可很容易被磁化，而且保磁力很小的這種特性。

[0003] 作為上述鋼材，一般是使用：鋼材內部的磁束密度很容易回應外部磁場的軟磁性鋼材。作為上述軟磁性鋼材，具體而言，係使用例如 C 含量約 0.1 質量%以下的極低碳鋼（純鐵系軟磁性材料）等。上述電裝零件（以下，有時候也稱為軟磁性零件），一般而言，是對於這種鋼材實施了熱間軋軋之後，又執行被稱為二次加工工序的

酸洗、潤滑披覆膜處理、以及伸線加工等，而製成鋼線，然後再針對於這種鋼線，依序地實施零件成型、磁性退火處理等而獲得的。

[0004] 然而，上述軟磁性零件，依其使用環境的需求，而被要求具有耐腐蝕性。這種被要求耐腐蝕性的部位，係使用電磁不鏽鋼。電磁不鏽鋼是兼具有磁氣特性與耐腐蝕性的特殊鋼，其用途係可舉出：噴油嘴、感應器、致動器、馬達等之活用了必須抑制渦電流的磁氣迴路之軟磁性零件、還有在腐蝕環境下被使用的軟磁性零件等。作為上述電磁不鏽鋼，傳統上，大多使用 13Cr 系電磁不鏽鋼，例如專利文獻 1 所提出的技術方案，是用來改善這種 13Cr 系電磁不鏽鋼的冷間鍛造性和被切削性的技術。然而，上述 13Cr 系電磁不鏽鋼與冷間鍛造性更優異的極低碳鋼比較的話，加工性較困難，而且因為合金元素很多所以材料價格也偏高，每當合金價格漲價時，連帶地會有材料價格上昇，或者材料供給變困難的問題。

[0005] 另一方面，作為極低碳鋼，係有例如：專利文獻 2 和專利文獻 3 等所提出的技術方案。這些都是著眼於：藉由控制鋼材成分或鋼中的硫化物的分散狀態，不必降低磁氣特性也能夠提昇強度和被切削性，來進行開發的，並不是連需要具有耐腐蝕性的情況也加以檢討的技術方案。

[0006] 然而，為了提昇耐腐蝕性而增加了耐腐蝕性改善元素（合金元素）的話，在使用了軋軋材的二次加工

工序中，若只根據酸洗（利用酸來脫鏽皮）的話，很難將鏽皮除去，而且酸洗時間會變長，或者必須實施再酸洗等的處理，對於生產性以及環境負荷都會變差。含有較多的上述耐腐蝕性改善元素之鋼材，係可舉出：SUS430（17%Cr）、SUS304（18%Cr、8%Ni）之類的不鏽鋼，這些不鏽鋼都是很難只利用酸洗就可以除去軋軋鏽皮。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

[0007]

〔專利文獻 1〕日本特開平 06-228717 號公報

〔專利文獻 2〕日本特開 2010-235976 號公報

〔專利文獻 3〕日本特開 2007-046125 號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決的技術課題〕

[0008] 本發明是有鑒於這種情事而進行開發完成的，其目的是要提供：將形成在軋軋材的表面的軋軋鏽皮，只要以使用酸的化學方法來進行脫鏽皮的工序（酸洗工序）就可以很容易除去（以下，稱這種特性為「酸洗性」），而且在最終零件（軟磁性零件、電裝零件）中又可達成優異的磁氣特性與耐腐蝕性之鋼材、以及使用該鋼材所製得的耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件及其製造方法。

[ 用以解決課題之技術方案 ]

[0009] 可以解決上述的課題之本發明的酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材，其特徵為：其化學組成分以質量%計，係符合：

C：0.001~0.025%、

Si：超過 0%未滿 1.0%、

Mn：0.1~1.0%、

P：超過 0%且 0.030%以下、

S：超過 0%且 0.08%以下、

Cr：超過 0%且未滿 0.5%、

Al：超過 0%且 0.010%以下、以及

N：超過 0%且 0.01%以下，

其餘部分是由鐵以及不可避免的雜質所組成，而且在鋼材表面形成了軋軋鏽皮，該軋軋鏽皮含有 FeO 為 40~80 體積%。

[0010] 在前述軟磁性零件用鋼材中，亦可又含有屬於下列的 (a)、(b) 中的至少其中一個項目的 1 種以上的元素，

(a) 從 Cu：超過 0%且 0.5%以下與 Ni：超過 0%且 0.5%以下所構成的群組所選出的 1 種以上的元素；

(b) Pb：超過 0%且 1.0%以下。

[0011] 本發明也包含：耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件，其是使用前述軟磁性零件用鋼材所製得的軟磁性零件，其特徵為：係在該零件的表面形成有厚度為

5~30nm 的氧化披覆膜。

[0012] 又，本發明也包含上述軟磁性零件的製造方法。該製造方法的特徵為：使用前述軟磁性零件用鋼材進行零件成型之後，依據下列的條件來進行退火處理。

（退火條件）

退火氣相氛圍：氧濃度為 1.0 體積 ppm 以下；

退火溫度：600~1200℃；

退火時間：1 小時以上 20 小時以下。

〔發明之效果〕

[0013] 根據本發明，係可將與使用了電磁不鏽鋼的情況表現出同等程度的磁力特性與耐腐蝕性的鋼材，包含材料和加工工序在內，只要以很低廉的價格就能夠予以實現。

### 【實施方式】

[0014] 本發明人等，為了解決前述的技術課題，經過不斷的努力研究的結果，找到了一種創見，就是：若想要獲得酸洗性優異的鋼材（軟磁性零件用鋼材）的話，如以下所詳細說明這樣地，只要在該鋼材的表面，形成有含大量的 FeO 之軋軋鏽皮即可。

[0015] 因為實施熱間軋軋而形成的軋軋鏽皮，係從基材側起依序地形成有層狀的 FeO、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。酸對於這些氧化鐵層的溶解性，FeO 係可溶性，Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 及 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



則為難溶性。換言之，若在軋軋鏽皮中含有較多的 FeO 的話，軋軋鏽皮就比較容易溶解於酸。又，在軋軋鏽皮中，因為在冷卻過程中的鏽皮收縮作用之類的因素，會存在著許多細小裂縫和細孔。酸溶液係可以通過這些裂縫和細孔而抵達可溶性的 FeO 層來將鏽皮予以溶解，此外，又可形成：以在 FeO 層內共析變態的 Fe 作為陽極，以 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 作為陰極之局部電池，而產生氫氣，如此一來，亦可將鏽皮做機械性的剝離。

[0016] 在本發明中，為了充分地發揮根據上述的 FeO 所造成的效果而確保優異的酸洗性，乃在鋼材表面形成了含有 FeO 為 40 體積%以上的軋軋鏽皮。上述的 FeO 是以 45 體積%以上為佳，更好是 50 體積%以上。基於為了確保良好的酸洗性的觀點，上述 FeO 的量是愈多愈好，雖然是以 FeO 的量達到 100 體積%最為理想，但是就工業生產上而言，是難以將 FeO 以外的成分做到 0 體積%，FeO 的量為 80 體積%就已經是其上限值了。

[0017] 又，如果軋軋鏽皮的厚度太大的話，即使將軋軋鏽皮的組成分控制在可符合上述規定的條件下，酸洗所需的時間也會變長。因此，軋軋鏽皮的厚度是控制在 100 $\mu$ m 以下為宜。更好是 50 $\mu$ m 以下，更優是 30 $\mu$ m 以下。基於想要獲得更高的酸洗性的觀點，軋軋鏽皮的厚度是愈薄愈好，為了要發揮利用 FeO 所帶來的脫鏽皮效果，雖然亦可將鏽皮形成為極薄，但是就工業生產上而言，是很難將軋軋鏽皮的厚度做成 0 $\mu$ m，軋軋鏽皮厚度的下限值

約為  $1\mu\text{m}$ 。

[0018] 其次，說明本發明的鋼材的組成分。

[0019]

[C：0.001~0.025%]

C 是用來確保機械強度所必要的元素，而且只要少量就會增加電阻，可以抑制因渦電流所導致的磁力特性的變差。但是 C 固溶在鋼中會造成 Fe 結晶格子變形，因此只要增加含量的話，就會使得磁力特性明顯地惡化。此外，C 含量明顯過剩的話，有時候會導致耐腐蝕性惡化。因此，將 C 含量設定在 0.025% 以下。前述 C 含量較佳為 0.020% 以下，更好是 0.015% 以下，更優是 0.010% 以下。此外，即使 C 含量低於 0.001%，對於磁力特性的改善效果也會趨於飽和，因此，在本發明中，係將 C 含量的下限設定為 0.001%。

[0020]

[Si：超過 0% 且未滿 1.0%]

Si 是在進行鋼的熔製時，可作為脫氧劑來發生作用，而且可使電阻增加，並且係可帶來：能夠抑制因渦電流所導致的磁力特性變差的效果之元素。此外，也是可強化氧化披覆膜而提昇耐腐蝕性的元素。基於這些觀點考量，亦可含有 Si 達到 0.001% 以上。但是 Si 含量太多的話，在軋軋鏽皮中會形成難溶性的  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ，酸洗性會變差。因此，在本發明中，係將 Si 含量設定為未滿 1.0%。Si 含量是以 0.8% 以下為宜，更好是 0.5% 以下，更加良好是

0.20%以下，更優是 0.10%以下，特優是 0.050%以下。

[0021]

[Mn：0.1~1.0%]

Mn 是可作為脫氧劑有效地發生作用，並且會與鋼中所含的 S 結合而成為 MnS 晶析物呈細微地分散，因而形成斷屑點，是對於提昇被切削性有幫助的元素。為了有效地發揮這種作用，必須含有 Mn 達到 0.1%以上。Mn 含量是以 0.15%以上為宜，更好是 0.20%以上。但是，Mn 含量過多的話，將會導致對磁力特性有害的 MnS 個數的增加，因此將其上限設定在 1.0%。Mn 含量是以 0.8%以下為宜，更好是 0.60%以下，更優是 0.40%以下。

[0022]

[P：超過 0%且 0.030%以下]

P（磷）在鋼中會導致粒界偏析，是會對於冷間鍛造性和磁力特性造成不良影響之有害元素。因此，將 P 含量限制在 0.030%以下以資謀求磁力特性的改善。P 含量是以 0.015%以下為宜，更好是 0.010%以下。

[0023]

[S：超過 0%且 0.08%以下]

S（硫）係如前述這樣地可以在鋼中形成 MnS，當在進行切削加工而被施加應力時，會成為應力集中處，而具有提昇被切削性的作用。為了要有效地發揮這種作用，亦可含有 S 達到 0.003%以上。更好是 0.01%以上。但是，S 含量過多的話，會導致對磁力特性有害的 MnS 的個數的

增加。而且冷間鍛造性會明顯地惡化，所以將其限制在 0.08% 以下。S 含量是以 0.05% 以下為宜，更好是 0.030% 以下。

[0024]

[Cr：超過 0% 且未滿 0.5%]

Cr 是可使得肥粒鐵相的電阻增加，對於降低渦電流的衰減時定數很有效的元素。又，也具有降低在腐蝕反應的活性態域中的電流密度的效果，是對於提昇耐腐蝕性有幫助的元素。此外，Cr 也是可強化不動態披膜的合金元素，因此可使得退火後所形成的氧化披覆膜更為堅固，對於更加提昇耐腐蝕性具有幫助。想要使其發揮這些效果，是含有 Cr 達到 0.01% 以上為宜。更好是 0.05% 以上。但是，含量太多的話，將會在軋軋鏽皮中形成難溶性的  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ，酸洗性會下降。因此，在本發明中，將 Cr 含量設定為未滿 0.5%。Cr 含量是以 0.35% 以下為宜，更好是 0.20% 以下，更優是 0.15% 以下，特優是 0.10% 以下。

[0025]

[Al：超過 0% 且 0.010% 以下]

Al 係被添加當作脫氧劑的元素，係隨著脫氧而可減少雜質，具有改善磁力特性的效果。想要使其發揮這種效果，Al 含量是以 0.001% 以上為宜，更好是 0.002% 以上。但是，Al 是具有可將固溶 N 予以固定成  $\text{AlN}$ ，而具有將結晶粒於以細微化的作用。因此，如果 Al 含量過剩的話，因為結晶粒的細微化，結晶粒界會增加而導致磁力特

性的惡化。因此，在本發明中，係將 Al 含量設定為 0.010% 以下。為了確保更優異的磁力特性，Al 含量是在 0.008% 以下為宜，更好是 0.005% 以下。

[0026]

[N：超過 0% 且 0.01% 以下]

如上所述這樣地，N（氮）會與 Al 結合來形成 AlN 而對於磁力特性有阻礙，不僅如此，沒有受到 Al 等所固定的 N，將會成為固溶 N 而殘留於鋼中，這個固溶 N 也會導致磁力特性惡化。因此，N 含量應該要極力地減少為宜。在本發明中，就鋼材製造時的實際作業面的考量，以及考慮到可將上述 N 所造成的傷害予以抑制在實質上可加以漠視的程度的 N 含量是 0.01%，因此，就將 N 含量的上限值設定在 0.01%。N 含量是以 0.008% 以下為宜，更好是 0.0060% 以下，更優是 0.0040% 以下，特優是 0.0030% 以下。

[0027] 本發明的軟磁性零件用鋼材與軟磁性零件的基本成分，係如上所述的這樣子，其餘部分是鐵以及不可避免的雜質所組成的。該不可避免的雜質，係可容許因為原料、資材、製造設備等的狀況的不同，而被混入帶進來的元素。又，除了上述元素之外，亦可又含有：（a）從後述含量的 Cu、Ni 所構成的群組中所選出的 1 種以上的元素，來更為提昇耐腐蝕性；又含有：（b）後述含量的 Pb，來提昇被切削性。

[0028] 以下將詳細說明這些元素。

## [0029]

[從由 Cu：超過 0%且 0.5%以下與 Ni：超過 0%且 0.5%以下所構成的群組中所選出的 1 種以上的元素]

Cu、Ni 係可發揮：降低腐蝕反應的活性態域中的電流密度的效果、以及強化氧化披覆膜的效果，是可以提昇耐腐蝕性的元素。為了要使其發揮這些效果，而含有 Cu 的情況下，Cu 含量是以 0.01%以上為宜，更好是含有 0.10%以上；若是含有 Ni 的情況下，Ni 含量是以 0.01%以上為宜，更好是含有 0.10%以上。但是，這些元素若過剩含有的話，除了會形成難溶性的軋軋鏽皮使得酸洗性變差之外，合金成本也會上昇而無法以低價位來提供鋼材。此外，因為磁力向量的下降，磁力特性的惡化也變得明顯。因此將 Cu、Ni 的上限分別設定在 0.5%以下為宜。Cu、Ni 的更好的上限，分別被設定在 0.35%以下，更優的上限，分別被設定在 0.20%以下，特優的上限，分別被設定在 0.15%以下。

## [0030]

[Pb：超過 0%且 1.0%以下]

Pb 在鋼中會形成 Pb 粒子，係與 MnS 同樣地，在進行切削加工而被施加應力時，會成為應力集中處而可提昇被切削性，並且接受到切削加工時的加工發熱，將會熔解，所以具有對於切削面的潤滑效果。因此，即使在重切削的情況下，亦可維持切削面的高面精度，可提昇切屑處理性，是適合尤其被要求被切削性的用途之元素。想要令其

發揮這些效果，Pb 含量是以 0.01% 以上為宜，更好是 0.05% 以上。但是，Pb 含量過多的話，會使得磁力特性、冷間鍛造性明顯顯地惡化，所以抑制在 1.0% 以下為宜。Pb 含量是以 0.50% 以下更好，更優是 0.30% 以下。

[0031] 在本發明中也制定了使用前述鋼材所製得的軟磁性零件。該軟磁性零件也是符合上述組成分。此外，上述軟磁性零件是在於：在其表面形成有厚度為 5~30nm 的氧化披覆膜的這一點具有特徵。以下將說明這個氧化披覆膜。

[0032] 在不鏽鋼中，是藉由添加入 11% 以上的 Cr 之類的大量的合金元素，來形成不動態披膜以資確保優異的耐腐蝕性。但是大量地添加合金元素，係如前所述，會導致鋼材的酸洗性變差。因此，在本發明中，並不要仰賴大量的合金元素，而是改採用：以退火處理來形成耐腐蝕性優異的氧化披覆膜。關於退火處理的作法，容後詳述。

[0033] 在構成氧化披覆膜的成分之中，具有特別好的耐腐蝕性的成分是  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。但是，因為  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的結晶格子定數係與 Fe 基底材的結晶格子定數有很大的不同，因此結合強度很低。因此，若氧化披覆膜的厚度增加的話，氧化披覆膜與基底材的密合性會變差，很容易在兩者之間形成細微的龜裂。被認為是：如果水溶液侵入到所形成的龜裂的話，就會形成以  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  當作正極，以基底材的 Fe 當作負極之局部電池，導致腐蝕反應不斷進行，因而造成生鏽現象。

[0034] 因此在本發明中，尤其是著眼於氧化披覆膜的厚度。具體而言，是根據所謂的「為了要提昇與基底材的密合性，將氧化披覆膜的厚度予以控制成較薄的作法是重要」的這種技術思想，乃針對於氧化披覆膜的厚度與耐腐蝕性的關係，不斷努力地進行研究。其結果，係得知：如果氧化披覆膜的厚度超過 30nm 的話，與基底材之間的密合性會降低而會形成細微的龜裂，就無法獲得優異的耐腐蝕性。因此，本發明乃將形成在零件表面的氧化披覆膜的厚度予以限定在 30nm 以下。是以 25nm 以下為宜，更好是 20nm 以下，更優是 15nm 以下。另一方面，如果氧化披覆膜太薄的話，也會變成很難確保耐腐蝕性。因此，本發明就將氧化披覆膜的厚度設定為 5nm 以上，藉此，來達成具有與電磁不鏽鋼同等程度的耐腐蝕性。前述氧化披覆膜的厚度是以 7nm 以上更好。

[0035] 在本發明中，上述氧化披覆膜的組成分雖然沒有特別地限定，但還是如上所述般地，係含有對於耐腐蝕性有效的成分之  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  為佳。

[0036] 上述氧化披覆膜，並不需要在軟磁性零件的所有表面上都形成，只要至少在被要求具有耐腐蝕性的部位有形成即可。例如：在上述零件的製造過程中，有些情況是在退火之後，又對於零件的局部實施精製切削加工，因此，在於軟磁性零件中，即使有這種不被要求具有耐腐蝕性的部位（亦即，精製加工部）的存在也是無妨。

[0037]



### [鋼材的製造方法]

本發明的鋼材，係可利用一般的熔製法來溶製出具有上述化學成分的鋼，再進行鑄造、熱間軋軋而製造出來。想要獲得在表面形成了符合上述規定的軋軋鏽皮之鋼材，本發明係推薦：以下述的方式，將上述熱間軋軋時的條件予以做適正的控制。

#### [0038]

##### <熱間軋軋時的加熱溫度>

想要讓合金成分完全地固溶到母相中，雖然可以利用高溫來進行加熱的方法，但是溫度太高的話，會有局部性的肥粒鐵結晶粒的粗大化趨於顯著，因而導致零件成型時的冷間鍛造性降低。因此，係進行加熱到 1200°C 以下為宜，更好是加熱到 1150°C 以下。另一方面，加熱溫度太低的話，將會局部性地生成肥粒鐵相，在進行軋軋時會有發生裂隙的虞慮。此外，軋軋時的軋軋的負荷會上昇，會導致設備負擔增大和生產性降低的情事，較佳是加熱到 950°C 以上之後，才進行熱間軋軋。

#### [0039]

##### <最終精製軋軋溫度>

在熱間軋軋時的最終精製軋軋溫度太低的話，金屬組織容易變成細粒化，在其後的冷卻過程和零件成型後的退火過程中，會導致發生局部性的異常晶粒成長（GG）。這種 GG 發生部，就是造成：冷間鍛造時的表面粗糙和磁力特性不均勻的原因。因此，為了保持結晶粒的完整，較

佳是以 850°C 以上（更好是 875°C 以上）的最終精製軋軋溫度來結束軋軋。最終精製軋軋溫度的上限，雖然也是依據前述加熱溫度而有所不同，大約是 1100°C。

#### [0040]

##### <熱間軋軋後的捲取溫度>

在熱間軋軋的最終工序，也就是捲取工序中，為了使得軋軋鏽皮成分中之酸洗性優異的 FeO 可以優先地成長，乃將捲取溫度設定在 875°C 以下為佳。捲取溫度更好是 850°C 以下。作為用來達成這種捲取溫度的技術方案，係可舉出例如：增加在製品水冷帶中的冷卻水流量等方法。另一方面，捲取溫度太低的話，軋軋材的熱間強度會上昇而變成難以進行捲取。又，與上述最終精製軋軋溫度的情況同樣地，也會導致因微組織的細粒化所造成的冷間鍛造性與磁力特性的惡化、以及引起 FeO 的分解。因此，捲取溫度係設定在 700°C 以上為宜，更好是在 750°C 以上。

#### [0041]

##### <捲取後的冷卻速度>

在前述捲取之後，為了不要造成軋軋鏽皮中的 FeO 分解來形成 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>，乃將從熱間軋軋後（捲取後）起迄 600°C 為止之在輸送機上的平均冷卻速度，予以設定在 4°C/sec 以上為宜。上述平均冷卻速度，更好是 5.0°C/sec 以上，更優是 6.0°C/sec 以上。另一方面，上述平均冷卻速度的上限，因為考慮到母相的原子空孔的減少，是設定在 10°C/sec 以下為宜。更好是 8.0°C/sec 以下。

[0042] 用來達成上述平均冷卻速度的技術方案，可舉出例如：藉由調整輸送機速度，而將在輸送機上的線材的疎部密部的間隔予以空出來，並且以適量的強度將冷風吹到疎部密部。其他的方法，可藉由將線材浸泡在溫度經過調整後的水浴或油浴、鹽浴等之中，而可達成上述的冷卻速度。

[0043]

[軟磁性零件的製造方法]

本發明的軟磁性零件，係可藉由對於前述鋼材（軋軋材）進行二次加工、零件加工之後，再進行後述的退火處理來製造的。詳細地說，係可舉出：先對於前述熱間軋軋後的軋軋材實施酸洗，形成潤滑披膜之後，進行伸線加工，然後利用冷間鍛造來進行零件成型。前述零件成型係可藉由實施：切削加工或磨棒加工來完成。然後，才進行退火處理，若想要在上述零件的表面形成規定的薄度之氧化披覆膜的話，該退火處理係根據下述的條件（退火氣相氛圍、加熱溫度和時間）來進行的作法是很重要的。以下將詳述各條件。

[0044]

<退火氣相氛圍：氧濃度為 1.0 體積 ppm 以下>

在退火處理中，除了下述的溫度控制之外，藉由嚴格地管理退火氣相氛圍中的氧濃度，可將氧化披覆膜的厚度控制成較薄。在本發明中，係藉由將退火氣相氛圍中的氧濃度控制在 1.0 體積 ppm 以下，而可以在零件表面形成氧

化披覆膜的薄膜。具體的上述退火氣相氛圍的例子，係可舉出：高純度氫氣、氮氣之類的氣相氛圍。此外，亦可使用高純度的 Ar 氣，將上述退火氣相氛圍設定成氧濃度為 1.0 體積 ppm 以下的 Ar 氣相氛圍。上述氧濃度較佳為 0.5 體積 ppm 以下，更好是 0.3 體積 ppm 以下。此外，基於形成氧化披覆膜的觀點考量，上述氧濃度的下限值是在 0.1 體積 ppm 的程度。

[0045]

\ <退火的加熱溫度（退火溫度）：600~1200℃>

退火溫度太低的話，無法除去因鍛造或切削加工所產生的變形，結晶粒的成長也不夠充分，磁力特性會降低。此外，在表層上無法形成氧化披覆膜。因此，在本發明中，係將退火溫度設定在 600℃ 以上。更好是 700℃ 以上。另一方面，退火溫度太高的話，所成長的氧化披覆膜的厚度太厚，其與基底材的密合性下降，會在氧化披覆膜中形成細微的龜裂，如前所述般地，耐腐蝕性會降低。此外，也會造成電力成本上昇，爐壁耐久性變差之類的量產性變差。因此，係將退火溫度設定在 1200℃ 以下。該退火溫度較佳為 1100℃ 以下，更好是 1000℃ 以下，更優是 950℃ 以下。

[0046]

<退火的加熱時間（退火時間）：1 小時以上 20 小時以下>

退火時間太短的話，即使將退火溫度設定得高一點，也會因為退火處理不足，而無法形成均勻的氧化披覆膜。

因此，乃將退火時間設定為 1 小時以上。更好是 2 小時以上。但是，退火時間太長的話，除了氧化披覆膜的厚度會過度增加之外，生產性也會變差，因此將退火時間設定在 20 小時以下。更好是 10 小時以下。

[0047] 在退火後的冷卻時，冷卻速度太大的話，則會因為在冷卻過程中所發生的應變而導致磁力特性下降。又，在退火處理時所形成的氧化披覆膜的組成分中，若想要讓耐腐蝕性特別高的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的比例較多的話，必須減小冷卻速度，以利用  $\text{FeO}$  的分解反應來形成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的作法為佳。基於這些觀點，是將從退火後起迄  $300^\circ\text{C}$  為止的平均冷卻速度設定在  $200^\circ\text{C}/\text{Hr}$ （小時）以下為佳。更好是  $150^\circ\text{C}/\text{Hr}$  以下。另一方面，在上述溫度域的平均冷卻速度太小的話，生產性會受到明顯的阻礙，因此是以  $50^\circ\text{C}/\text{Hr}$  以上的速度來進行冷卻為佳。

[0048] 本申請案係依據 2013 年 3 月 29 日提出申請的日本國特許出願第 2013-074949 號來主張優先權。因此，2013 年 3 月 29 日提出申請的日本國特許出願第 2013-074949 號的說明書的全部內容係被援用作為本申請案的參考。

#### 〔實施例〕

[0049] 以下將舉出實施例來更具體地說明本發明，但是本發明並不受下述的實施例所限制，在可符合前述和後述的發明要旨的範圍內，當然都可以加入適當的變更來

加以實施，這些也都是被包含在本發明的技術範圍內。

[0050] 根據一般的熔製法來熔製出具有表 1 所示的組成分（其餘部分是鐵以及不可避免的雜質）的鋼，鑄造之後，依據表 2 所示的關於：熱間軋軋時的加熱溫度、最終精製軋軋溫度、熱間軋軋後的捲取溫度、捲取後的冷卻速度的條件，來進行熱間軋軋，而製得直徑為 20mm 的軋軋材（鋼材）。此外，在上述表 2 中，係將前述熱間軋軋時的加熱溫度標示為「加熱溫度」，將前述熱間軋軋後的捲取溫度標示為「捲取溫度」，將前述捲取後的冷卻速度標示為「輸送機冷卻速度」。使用這種軋軋材，依據下述的方式來進行軋軋鏽皮的評比，並且進行酸洗性的評比。

[0051]

[表1]

| 鋼材<br>No. | 組成分(質量%)其餘部分是鐵以及不可避免的雜質 |       |      |       |       |       |       |        |      |      |      |  |  |
|-----------|-------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|--|--|
|           | C                       | Si    | Mn   | P     | S     | Cr    | Al    | N      | Cu   | Ni   | Pb   |  |  |
| A01       | 0.009                   | 0.010 | 0.24 | 0.005 | 0.004 | 0.02  | 0.002 | 0.0028 | -    | 0.02 | -    |  |  |
| A02       | 0.008                   | 0.002 | 0.10 | 0.004 | 0.006 | 0.01  | 0.003 | 0.0060 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| A03       | 0.005                   | 0.008 | 0.75 | 0.007 | 0.005 | 0.01  | 0.003 | 0.0040 | -    | 0.01 | -    |  |  |
| A04       | 0.003                   | 0.002 | 0.26 | 0.003 | 0.004 | 0.01  | 0.006 | 0.0010 | 0.30 | 0.40 | -    |  |  |
| A05       | 0.005                   | 0.003 | 0.58 | 0.003 | 0.025 | 0.13  | 0.002 | 0.0014 | 0.31 | 0.32 | -    |  |  |
| A06       | 0.005                   | 0.003 | 0.58 | 0.003 | 0.028 | 0.06  | 0.002 | 0.0015 | 0.11 | 0.12 | -    |  |  |
| A07       | 0.003                   | 0.003 | 0.38 | 0.003 | 0.030 | 0.05  | 0.002 | 0.0014 | 0.31 | 0.31 | -    |  |  |
| A08       | 0.005                   | 0.010 | 0.40 | 0.003 | 0.004 | 0.33  | 0.003 | 0.0023 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| A09       | 0.005                   | 0.185 | 0.22 | 0.002 | 0.018 | 0.03  | 0.001 | 0.0076 | 0.02 | 0.02 | 0.10 |  |  |
| A10       | 0.004                   | 0.003 | 0.26 | 0.008 | 0.027 | 0.01  | 0.002 | 0.0032 | -    | -    | -    |  |  |
| A11       | 0.003                   | 0.700 | 0.28 | 0.004 | 0.004 | 0.01  | 0.003 | 0.0020 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| B01       | 0.012                   | 2.000 | 0.24 | 0.005 | 0.003 | 1.50  | 0.003 | 0.0054 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| B02       | 0.021                   | 2.480 | 0.50 | 0.003 | 0.033 | 1.70  | 0.085 | 0.0317 | 0.05 | 0.05 | -    |  |  |
| B03       | 0.006                   | 1.480 | 0.27 | 0.003 | 0.004 | 0.01  | 0.003 | 0.0021 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| B04       | 0.005                   | 2.420 | 0.25 | 0.006 | 0.004 | 3.16  | 4.400 | 0.0011 | 0.01 | 0.10 | -    |  |  |
| B05       | 0.009                   | 0.770 | 0.29 | 0.031 | 0.015 | 13.99 | 0.272 | 0.0078 | 0.10 | 0.19 | 0.17 |  |  |
| B06       | 0.007                   | 2.984 | 0.31 | 0.011 | 0.006 | 7.26  | 0.014 | 0.0046 | -    | 0.01 | -    |  |  |
| B07       | 0.048                   | 0.010 | 0.36 | 0.007 | 0.005 | 0.01  | 0.042 | 0.0042 | 0.01 | -    | -    |  |  |
| B08       | 0.108                   | 0.180 | 0.48 | 0.013 | 0.015 | 0.08  | 0.024 | 0.0022 | 0.01 | 0.01 | -    |  |  |
| B09       | 0.007                   | 0.009 | 1.50 | 0.006 | 0.100 | 0.01  | 0.002 | 0.0030 | -    | 0.01 | -    |  |  |
| B10       | 0.015                   | 0.050 | 0.22 | 0.007 | 0.010 | 2.50  | 0.002 | 0.0030 | 0.70 | 0.65 | -    |  |  |

[0052]

[輓軋鏽皮的評比]

輓軋鏽皮的評比，是利用掃描型電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope；SEM）的觀察以及利用X射線繞射（X-Ray Diffraction、XRD）的測定結果來進行評比。

[0053] SEM觀察時的試料斷面調整法，是利用CP加工（Cross section Polisher 加工、利用離子蝕刻法所施作的斷面拋光）來實施的，以防止表層的凹蝕。輓軋鏽皮的厚度，是將輓軋材的直徑面（橫斷面）的表層部位，係利用EDX（Energy Dispersive X-ray spectrometry）分析，一邊進行鏽皮的鑑別，一邊以倍率為200~1000倍來進行觀察。做了3個視野的攝影之後，測定輓軋鏽皮的厚度，求出其平均值來作為「輓軋鏽皮的厚度」。

[0054] XRD測定，是使用：理學電機公司製造的X射線繞射裝置RAD-RU300，目標輸出設定為Co，使用單色分光鏡（K $\alpha$ 線）在 $2\theta=15^\circ\sim 110^\circ$ 的條件下進行測定。並且與ICDD（International Center for Diffraction Data）卡片進行比對，以資鑑別出氧化物的組成分（FeO、（Fe，Mn）O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、其他）。然後，由排除掉Fe的峰值後的峰值強度比，求出各成分的定量比例（體積%），因而求出輓軋鏽皮中的FeO量。

[0055]

[輓軋材的酸洗性的評比]



首先，將輥軋材切斷成為長度 20mm 的試驗片，在端部塗佈含有氯乙烯塗料的丙酮溶液，再捲繞以膠帶將其遮蔽起來。使用所製得的試驗片，依據使用了 15% 的  $H_2SO_4$  水溶液之烤漆剝離試驗，一邊將水溶液進行攪拌，一邊在室溫下浸泡一個小時。並且進行試驗後的外觀觀察。這種外觀觀察，是以目視方式來進行確認暨測定了輥軋鏽皮的殘存面積。然後，將以  $100 \times (\text{輥軋鏽皮的殘存面積}) / (\text{試驗片表面積})$  所求得的數值，當作「輥軋鏽皮殘存面積率」，將這種輥軋鏽皮殘存面積率為 0% 的情況，判定為「○」，將超過 0% 且未滿 10% 的情況，判定為「△」，將 10% 以上的情況，判定為「×」，並且將上述「○」的情況，評比為酸洗性優異。將這些結果標示於表 2。

[0056] 接下來，使用酸洗性良好的輥軋材，亦即，使用在下述的表 2 的「酸洗性的評比」的欄位中，標示為「○」的輥軋材，以量產條件來進行酸洗之後，附著上潤滑用披覆膜，然後進行磨棒加工（相當於零件成型加工），再予以切斷而獲得直徑 16mm×長度 16mm 的磨棒切斷品。此外，作為另一種的零件成型法，是模擬切削加工，利用車床也製作出直徑 10mm×長度 10mm 的圓柱狀的試驗片（切削試驗片）。使用以這種方式來製得的上述磨棒切斷品與切削試驗片，以表 3 所示的條件來進行退火，而獲得評比用的零件。此外，將從退火後起迄 300℃ 為止的平均冷卻速度，設定在 100~150℃/Hr 的範圍內。

[0057] 然後，使用這些零件，進行了氧化披覆膜的評比、以及耐腐蝕性的評比。又，針對於磁力特性的評比，係使用上述輥軋材，製作成下述的評比用試驗片之後，才進行磁力特性的評比。此外，為了調查氧化披覆膜的有無之對於耐腐蝕性的影響，表 3 的 D14，係使用：將退火後的試驗片的表層以車床進行切削加工而製得的，亦即，將因退火而形成的氧化披覆膜已經被除去後的直徑 8mm×長度 8mm 的試驗片，評比其耐腐蝕性。

[0058]

[氧化披覆膜的評比]

退火後的氧化披覆膜的分析，是藉由 TEM (Transmission Electron Microscope) -FIB (Focused Ion Beam) 觀察來進行的。TEM 觀察用試料，是以下述的方式來製作的。亦即，使用前述退火後的切削試驗片，FIB 加工，係使用日立製作所株式會社製造的集束離子光束加工觀察裝置 FB2000A，使用 Ga 作為離子來源，而實施了 FIB 加工。為了保護試料最表面，使用高真空蒸鍍裝置與 FIB 裝置，鍍覆了碳膜之後，利用 FIB 微小取樣法，摘取出試料小片。試料的摘取是從因為車床的切削加工等而生成的凹凸中的凸部來摘取的。然後，將所摘取出來的小片，在 W (CO)<sub>6</sub> 氣體中，進行 FIB 加工，利用堆積的 W 張貼到 Mo 的網眼上，進行薄片化處理，直到可執行 TEM 觀察的厚度為止。

[0059] 使用以這種方式製得的 TEM 觀察用試料，執行下述方式的 TEM 觀察。亦即，TEM 觀察是在日立製作

所株式會社製造的電場釋外型透過電子顯微鏡 HF-2000，在光束直徑為 10nm、倍率為 10,000~750,000 倍的條件下進行觀察，使用 Kevex 製的 EDX 分析裝置 Sigma，一邊藉由 EDX 分析來鑑別氧化披覆膜的組成，一邊將明視野影像攝影下來。進行 3 個視野的攝影來測定氧化披覆膜的厚度，求出其平均值來作為「氧化披覆膜的厚度」。此外，氧化披覆膜的構造解析，是使用 Si 當作標準試料，將從奈米電子線繞射圖所求得的格子定數，與 JCPDS (Joint Committee of Powder Diffraction Standards) 卡片的數值進行比對（誤差未滿 5%）之後來決定的。在本實施例中，確認了在氧化披覆膜中是否有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。此外，在表 3 中，有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的情況是標示「有」，沒有  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  或者無法評比的情況是標示「-」。

[0060]

[耐腐蝕性的評比]

使用退火後的零件，根據使用了 1% $\text{H}_2\text{SO}_4$  水溶液之烤漆剝離試驗，一邊將水溶液進行攪拌，一邊將該零件在室溫下，浸泡於該水溶液 24 小時。然後，進行試驗後的外觀觀察以及測定腐蝕減量。試驗後的外觀觀察，是以目視方式來確認是否有生鏽的發生，將以  $100 \times (\text{生鏽面積}) / (\text{試驗片的表面積})$  的方式所求得的數值，當作「生鏽面積率」，將這個生鏽面積率為 0% 的情況，判定為「○」，將超過 0% 且未滿 10% 的情況，判定為「△」，將 10% 以上的情況，判定為「×」。此外，腐蝕減量的測定，是將浸泡前後의 試驗片

的質量變化量除以試驗片的初期表面積之後的數值，當作「腐蝕減量」來求出。然後，將上述生鏽面積率的判定結果為○，並且腐蝕減量為  $40\text{g/m}^2$  以下的情況，評比為耐腐蝕性優異，亦即，在表 3 的耐腐蝕性的欄位中，標示為「○」，將這兩項的其中任一項並未符合的情況，評比為耐腐蝕性不佳，亦即在表 3 的耐腐蝕性的欄位中，標示為「×」。此外，在磨棒切斷品與切削試驗片之間，並未觀察到在耐腐蝕性的評比結果上，有很大的差異。

[0061]

[磁力特性的評比]

磁力特性的評比，係從上述之直徑為 20mm 的輓軋材，製作出外徑為 18mm、內徑為 10mm、厚度為 3mm 的環狀試驗片，根據表 3 所示的條件來進行退火之後，依據日本工業規格 JIS C2504 來進行評比。測定方法，是將激磁側線圈予以捲繞 150 圈，將檢知側線圈予以捲繞 25 圈，在室溫下，使用自動磁化測定裝置（理研電子社製：BHS-40）來畫出磁化曲線，求出在施加磁場 400A/m 的情況下的保磁力與磁束密度。將保磁力為 80A/m 以下且磁束密度為 1.20T 以上的，評比為磁力特性優異，亦即，在表 3 的磁力特性的欄位中，標示為「○」，若在這些項目中的有任何一項未達到要求者，予以評比為磁力特性不佳，亦即，在表 3 的磁力特性的欄位中，標示為「×」。

[0062] 將這些結果予以標示於表 3。

[0063]

[表2]

| 實驗 No. | 鋼材 No. | 加熱溫度 [°C] | 精製軋軋溫度 [°C] | 捲取溫度 [°C] | 輸送機冷卻速度 [°C/sec] | 軋軋鋪皮的厚度 [μm] | 軋軋鋪皮的氧化物組成成分 |              |                                    |                                    |        | 其他種類  | 軋軋鋪皮的殘存面積率 | 酸洗性的評比 |
|--------|--------|-----------|-------------|-----------|------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|--------|---|------------|--------|
|        |        |           |             |           |                  |              | FeO [%]      | (Fe,Mn)O [%] | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%] | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> [%] | Fe [%] |   |            |        |
| C01    | A01    | 1100      | 950         | 850       | 6.7              | 8.5          | 49.6         | 25.8         | 2.1                                | 22.5                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C02    | A02    | 1000      | 975         | 875       | 6.7              | 18.6         | 60.1         | 10.3         | 5.2                                | 24.4                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C03    | A03    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 13.5         | 41.1         | 30.5         | 4.6                                | 23.8                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C04    | A04    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 21.1         | 43.3         | 25.8         | 4.1                                | 26.8                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C05    | A05    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 24.3         | 50.3         | 20           | 2.3                                | 27.4                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C06    | A06    | 1000      | 950         | 850       | 7.8              | 18.6         | 45.1         | 25.8         | 1.7                                | 27.4                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C07    | A07    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 24.3         | 50.7         | 20           | 3.2                                | 26.1                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C08    | A08    | 1050      | 950         | 875       | 6.7              | 29.9         | 42.1         | 25.8         | 2.6                                | 29.5                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C09    | A09    | 1000      | 950         | 850       | 8.3              | 10.1         | 50.5         | 20           | 3.3                                | 26.2                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C10    | A10    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 6.6          | 52.6         | 20           | 4.3                                | 23.1                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C11    | A01    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 7.3          | 43.6         | 25.8         | 5.1                                | 25.5                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| C12    | A11    | 1100      | 975         | 850       | 6.7              | 28.0         | 41.4         | 29.6         | 1.3                                | 27.7                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D01    | B01    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 40.1         | 2.5          | 11.9         | 26.5                               | 55.9                               | 3.2    | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>                                    | △          | x      |
| D02    | B01    | 950       | 900         | 800       | 2.5              | 32.5         | 0.2          | 1.4          | 44                                 | 50.9                               | 3.5    | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>                                    | △          | x      |
| D03    | B01    | 1000      | 950         | 850       | 1.7              | 15.1         | 0.5          | 1.2          | 40.7                               | 57.0                               | 0.6    | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>                                    | △          | x      |
| D04    | B02    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 31.8         | 6.3          | 4.2          | 26.3                               | 54.9                               | 8.3    | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                    | x          | x      |
| D05    | B03    | 1100      | 1050        | 850       | 6.7              | 20.3         | 10.0         | 10.4         | 30.3                               | 48.3                               | 1.0    | Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>                                    | △          | x      |
| D06    | B04    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 16.8         | 5.1          | 9.5          | 30.4                               | 50.0                               | 5.0    | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                    | △          | x      |
| D07    | A10    | 1000      | 950         | 850       | 1.7              | 5.6          | 17.3         | 26           | 8.6                                | 48.1                               | 0.0    | —   | △          | x      |
| D08    | A01    | 1000      | 1000        | 950       | 6.7              | 110.2        | 34.1         | 15.3         | 6.3                                | 44.3                               | 0.0    | —   | △          | x      |
| D09    | B05    | 1050      | 950         | 850       | 6.7              | 25.8         | 34.5         | 14.3         | 13.5                               | 25.4                               | 12.3   | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                    | x          | x      |
| D10    | B06    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 22.2         | 20.6         | 10.7         | 17.8                               | 29.8                               | 21.1   | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> | x          | x      |
| D11    | A01    | 1100      | 1000        | 875       | 6.7              | 60.8         | 41.3         | 23.6         | 4.1                                | 31.0                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D12    | A01    | 1000      | 950         | 850       | 4.0              | 15.2         | 44.4         | 23.1         | 5.3                                | 27.2                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D13    | A02    | 1000      | 1000        | 875       | 4.0              | 51.3         | 40.2         | 20.3         | 6.1                                | 33.4                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D14    | A08    | 1000      | 1000        | 850       | 6.7              | 34.3         | 45.3         | 19.6         | 1.2                                | 33.9                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D15    | B07    | 1000      | 950         | 850       | 1.7              | 18.9         | 0            | 3.9          | 18.7                               | 77.4                               | 0.0    | —   | x          | x      |
| D16    | B08    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 15.8         | 46.3         | 6.5          | 3.8                                | 43.4                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D17    | B08    | 1000      | 950         | 850       | 6.7              | 20.9         | 41.2         | 32.3         | 3.4                                | 23.1                               | 0.0    | —   | ○          | ○      |
| D18    | B10    | 1100      | 950         | 850       | 6.7              | 40.3         | 33.9         | 23           | 2.1                                | 34.3                               | 6.7    | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                    | △          | x      |

[0064]

[表3]

| 實驗 No. | 鋼材 No. | 退火溫度 [°C] | 退火時間 [小時 (Hr)] | 退火氣相氛圍的氧濃度 [體積 ppm]  | 氧化披覆膜   |       | 生鏽面積率 | 腐蝕減量 [g/m <sup>2</sup> ] | 腐蝕性的評比 | 磁力特性     |           | 磁力特性的評比 |
|--------|--------|-----------|----------------|----------------------|---------|-------|-------|--------------------------|--------|----------|-----------|---------|
|        |        |           |                |                      | 厚度 [nm] | Fe3O4 |       |                          |        | 磁束密度 [T] | 保磁力 [A/m] |         |
| C01    | A01    | 850       | 10             | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 11      | 有     | ○     | 30.3                     | ○      | 1.56     | 45.2      | ○       |
| C02    | A02    | 950       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 15      | 有     | ○     | 10.2                     | ○      | 1.60     | 70.0      | ○       |
| C03    | A03    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 12      | 有     | ○     | 33.2                     | ○      | 1.47     | 79.0      | ○       |
| C04    | A04    | 950       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 18      | 有     | ○     | 19.6                     | ○      | 1.52     | 55.9      | ○       |
| C05    | A05    | 600       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 8       | 有     | ○     | 19.9                     | ○      | 1.52     | 76.0      | ○       |
| C06    | A06    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 10      | 有     | ○     | 29.9                     | ○      | 1.57     | 79.0      | ○       |
| C07    | A07    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 13      | 有     | ○     | 27.3                     | ○      | 1.58     | 73.0      | ○       |
| C08    | A08    | 950       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 23      | 有     | ○     | 30.1                     | ○      | 1.55     | 29.3      | ○       |
| C09    | A09    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 15      | 有     | ○     | 33.6                     | ○      | 1.57     | 46.6      | ○       |
| C10    | A10    | 700       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 6       | 有     | ○     | 38.6                     | ○      | 1.43     | 79.3      | ○       |
| C11    | A01    | 850       | 3              | 0.7(N <sub>2</sub> ) | 7       | 有     | ○     | 22.1                     | ○      | 1.55     | 62.3      | ○       |
| C12    | A11    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 21      | 有     | ○     | 23.4                     | ○      | 1.56     | 43.5      | ○       |
| D11    | A01    | 1300      | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 512     | 有     | ×     | 301.1                    | ×      | 1.41     | 37.6      | ○       |
| D12    | A01    | 850       | 3              | 5.0(Ar)              | 667     | 有     | ×     | 111.2                    | ×      | 1.56     | 63.3      | ○       |
| D13    | A02    | 850       | 3              | 大氣                   | 5000    | 有     | ×     | 419.5                    | ×      | 1.35     | 74.3      | ○       |
| D14    | A08    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 0※      | -     | ×     | 109.2                    | ×      | 1.50     | 38.2      | ○       |
| D16    | B08    | 850       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 18      | -     | ×     | 183.3                    | ×      | 1.06     | 159.2     | ×       |
| D17    | B09    | 600       | 3              | 0.3(H <sub>2</sub> ) | 7       | 有     | ○     | 38.4                     | ○      | 1.01     | 221.0     | ×       |

※ 退火後將氧化披覆膜切劑去除。

[0065] 從表 1~3，可以做下列的考察。可得知實驗 No.C01~C12，係符合所規定的化學組成分，而且在軋軋材（鋼材）表面形成了規定的軋軋鏽皮，因此可確保優異的酸洗性。而且使用這些軋軋材，根據規定的方法來進行退火，所以在零件表面，形成了規定的氧化披覆膜，耐腐蝕性優異，並且磁力特性也優異。

[0066] 相對於此，上述實驗 No.以外的例子，化學組成分或製造方法並不適切，因此，其結果不是鋼材（軋軋材）的酸洗性欠佳，就是零件的耐腐蝕性或磁力特性欠佳。其詳細係如下面所說明。

[0067] 實驗 No.D01~D06，因為是 Si 含量特別地過剩，在實驗 D01~D04 以及實驗 D06 中，就連 Cr 含量也過剩，所以在軋軋鏽皮中形成難溶性的  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  或  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ，酸洗性變得不夠充分。

[0068] 實驗 No.D07，是在熱間軋軋後的輸送機冷卻中並未實施風冷，捲取後的冷卻速度很低的例子；實驗 No.D08 是在熱間軋軋後的捲取溫度很高的例子。無論是哪一個例子，軋軋鏽皮中的  $\text{FeO}$  量都降低，酸洗性都變差。

[0069] 實驗 No.D09 以及 D10，Cr 含量都明顯地過剩，因此在軋軋鏽皮中形成難溶性的  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  而使酸洗性變差。

[0070] 實驗 No.D15，是在熱間軋軋後的輸送機冷卻中，並未實施風冷，捲取後的冷卻速度很低，因此軋軋鏽

皮中的 FeO 不足，酸洗性變差。

[0071] 實驗 No.D18，是 Cr 含量過剩，並且 Cu 與 Ni 也過剩含有的緣故，在軋軋鏽皮中形成了難溶性的鏽皮（尤其是  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ），酸洗性變差。

[0072] 實驗 No.D11~D13，因為退火條件不夠適切，退火後的氧化披覆膜的厚度超過本發明所規定的上限值，耐腐蝕性不充分。具體而言，實驗 No.D11 是因為退火溫度太高，所形成的氧化披覆膜太厚，因此耐腐蝕性變成不充分。

[0073] 實驗 No.D12，是在氧濃度為 5.0 體積 ppm 的 Ar 氣相氛圍內實施了退火的例子，而實驗 No.D13 則是在大氣中實施了退火的例子。這些例子，因為在退火氣相氛圍中的氧濃度太高，所形成的氧化披覆膜太厚，因此耐腐蝕性變成不充分。

[0074] 實驗 No.D14，是在退火後，利用切削加工來除去表面的氧化披覆膜層的例子，因為在零件表面沒有氧化披覆膜的存在，因此無法獲得優異的耐腐蝕性。

[0075] 實驗 No.D16，是因為 C 含量很高，所以結果是耐腐蝕性和磁力特性都很差。

[0076] 實驗 No.D17，是 Mn 含量和 S 含量都過多，因此，無法獲得優異的磁力特性。

[ 產業上的可利用性 ]

[0077] 本發明的軟磁性零件用鋼材，係可作為：使



用於以汽車、電車、船舶用等作為對象的各種電裝零件（軟磁性零件）之電磁閥、螺線管、繼電器等之鐵心材、磁力掩蔽材、致動器構件。尤其是在需要具有耐腐蝕性的環境下，更可發揮優異的特性。

## 申請專利範圍

1. 一種酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材，其特徵為：其化學組成分以質量%計，係符合：

C：0.001~0.025%、

Si：超過 0%未滿 1.0%、

Mn：0.1~1.0%、

P：超過 0%且 0.030%以下、

S：超過 0%且 0.08%以下、

Cr：超過 0%且未滿 0.5%、

Al：超過 0%且 0.010%以下、以及

N：超過 0%且 0.01%以下，

其餘部分是由鐵以及不可避免的雜質所組成，而且在鋼材表面形成了軋軋鏽皮，該軋軋鏽皮含有 FeO 為 40~80 體積%。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的酸洗性優異之軟磁性零件用鋼材，其中，又含有屬於下列的 (a)、(b) 中的至少其中一個項目的 1 種以上的元素，

(a) 從 Cu：超過 0%且 0.5%以下與 Ni：超過 0%且 0.5%以下所構成的群組所選出的 1 種以上的元素；

(b) Pb：超過 0%且 1.0%以下。

3. 一種耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件，其特徵為：係使用申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述的軟磁性零件用鋼材來製得的軟磁性零件，在該零件表面形成有厚度為 5~30nm 的氧化披覆膜。

4. 一種耐腐蝕性暨磁力特性優異之軟磁性零件的製造方法，係用來製造申請專利範圍第 3 項所述的軟磁性零件的製造方法，其特徵為：在使用前述軟磁性零件用鋼材來做零件成型之後，執行下列條件的退火處理，且從退火後到 300°C 為止的平均冷卻速度為 200°C / 小時以下，

退火條件係為，

退火氣相氛圍：氧濃度為 1.0 體積 ppm 以下且 0.1 體積 ppm 以上、

退火溫度：600~1200°C、

退火時間：1 小時以上 20 小時以下。