



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104903473 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201480004145. 7

(22) 申请日 2014. 02. 12

(30) 优先权数据

2013-026209 2013. 02. 14 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/053158 2014. 02. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/126089 JA 2014. 08. 21

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 渡边诚 今村猛 末广龙一

高宫俊人

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 王利波

(51) Int. Cl.

C21D 8/12(2006. 01)

C21D 1/06(2006. 01)

C22C 38/00(2006. 01)

C22C 38/04(2006. 01)

C22C 38/60(2006. 01)

H01F 1/16(2006. 01)

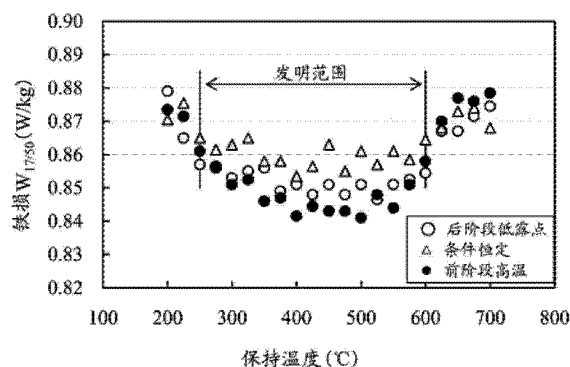
权利要求书1页 说明书14页 附图2页

(54) 发明名称

取向性电磁钢板的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种取向性电磁钢板的制造方法,该方法包括下述的一系列工序:对钢材料进行热轧,根据需要实施热轧板退火,然后进行冷轧而制成最终板厚的冷轧板,实施兼作脱碳退火的一次再结晶退火,在钢板表面涂布退火分离剂,并实施最终退火,所述钢材料以质量%计含有C:0.002~0.10%、Si:2.0~8.0%、Mn:0.005~1.0%,其中,在上述一次再结晶退火的加热过程中,在200~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热,并且在上述区间内的250~600℃之间的任意温度下保持1~10秒钟,同时在上述一次再结晶退火的均热过程中将温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在90~180秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.25~0.40的范围,由此能够得到铁损低且铁损值不均小的取向性电磁钢板。



1. 一种取向性电磁钢板的制造方法,该方法包括以下的一系列工序:将钢材料进行热轧而制成热轧板,根据需要实施热轧板退火,然后通过1次冷轧或者其间夹有中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,实施兼作脱碳退火的一次再结晶退火,在钢板表面涂布退火分离剂,实施最终退火,所述钢材料含有C:0.002~0.10质量%、Si:2.0~8.0质量%、Mn:0.005~1.0质量%,余量由Fe及不可避免的杂质构成,其中,

在所述一次再结晶退火的加热过程中,在200~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热,并且在所述区间内的250~600℃之间的任意温度下保持1~10秒钟,并且,

将所述一次再结晶退火的均热过程中的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在90~180秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.25~0.40的范围。

2. 根据权利要求1所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,将所述一次再结晶退火的均热过程分为N个阶段(N:2以上的整数),将第1阶段~第(N-1)阶段的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在80~170秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.25~0.40的范围,并将最终第N阶段的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在10~60秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.20以下的范围。

3. 根据权利要求1所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,将所述一次再结晶退火分为N个阶段(N:2以上的整数),将第1阶段的温度设为820~900℃、将时间设为10~60秒种,将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为0.25~0.40,将第2阶段以后的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在80~170秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.25~0.40的范围,并且使第1阶段的温度为第2阶段以后的温度以上。

4. 根据权利要求1所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,将所述一次再结晶退火分为N个阶段(N:3以上的整数),将第1阶段的温度设为820~900℃的范围、将时间设为10~60秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为0.25~0.40的范围,将第2阶段~第(N-1)阶段的温度设为750~900℃、将时间设为70~160秒钟、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为0.25~0.40,将最终第N阶段的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在10~60秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.20以下的范围,并且使第1阶段的温度为第2阶段至第N-1阶段的温度以上。

5. 根据权利要求1~4中任意项所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,除了上述成分组成以外,所述钢材料还含有Al:0.010~0.050质量%和N:0.003~0.020质量%,或者含有Al:0.010~0.050质量%、N:0.003~0.020质量%、Se:0.003~0.030质量%和/或S:0.002~0.03质量%。

6. 根据权利要求1~5中任意项所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,在所述一次再结晶退火的过程中、或者在所述一次再结晶退火后,实施氮化处理,使钢板中的氮量增加50~1000质量ppm。

7. 根据权利要求1~6中任意项所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,除了上述成分组成以外,所述钢材料还含有选自Ni:0.010~1.50质量%、Cr:0.01~0.50质量%、Cu:0.01~0.50质量%、P:0.005~0.50质量%、Sb:0.005~0.50质量%、Sn:0.005~0.50质量%、Bi:0.005~0.50质量%、Mo:0.005~0.10质量%、B:0.0002~0.0025质量%、Te:0.0005~0.010质量%、Nb:0.0010~0.010质量%、V:0.001~0.010质量%及Ta:0.001~0.010质量%中的1种或2种以上。

取向性电磁钢板的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及取向性电磁钢板的制造方法,具体而言,涉及铁损低、且铁损的不均小的取向性电磁钢板的制造方法。

背景技术

[0002] 电磁钢板是作为变压器、电动机的铁芯材料被广泛使用的软磁性材料,其中,取向性电磁钢板的晶体取向高度集中于被称为高斯 (Goss) 取向的 $\{110\} \langle 001 \rangle$ 位向,磁特性优异,因此主要用于大型变压器的铁芯等。为了降低变压器的无负载损耗 (能量损耗),要求铁损较低。

[0003] 作为取向性电磁钢板的铁损降低方法,已知增加 Si 含量、降低板厚、提高晶体位向的取向性、对钢板表面赋予张力、使钢板表面平滑、使二次再结晶组织细粒化等是有效的。

[0004] 在这些方法中,作为使二次再结晶晶粒变细的技术,提出了通过在脱碳退火时快速加热、或者在即将进行脱碳退火之前实施快速加热的热处理,从而改善一次再结晶集合组织的方法。例如,在专利文献 1 中公开了如下的技术:在对轧制到最终板厚的冷轧板进行脱碳退火时,在 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.2 以下的非氧化性气体氛围中以 $100^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上快速加热到 700°C 以上的温度,由此得到低铁损的取向性电磁钢板。另外,在专利文献 2 中公开了如下的技术:使气体氛围中的氧浓度为 500ppm 以下,并且以加热速度 $100^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上快速加热到 $800 \sim 950^\circ\text{C}$,接着保持在比快速加热后的温度更低的 $775 \sim 840^\circ\text{C}$ 的温度,再保持在 $815 \sim 875^\circ\text{C}$ 的温度,由此获得低铁损的取向性电磁钢板。另外,在专利文献 3 中公开了如下的技术:将 600°C 以上的温度范围以 $95^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上的升温速度加热到 800°C 以上,并且适当地控制该温度范围的气体氛围,由此得到被膜特性和磁特性优异的电磁钢板。此外,在专利文献 4 中公开了如下的技术:将热轧板中以 AlN 形态存在的 N 量限制在 25ppm 以下,并且在脱碳退火时以加热速度 $80^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上加热至 700°C 以上,由此得到低铁损的取向性电磁钢板。

[0005] 对于通过快速加热来改善一次再结晶集合组织的这些技术而言,将快速加热的温度范围设为从室温到 700°C 以上,且重要的是规定了升温速度。这种技术思想是希望通过用短时间升温至再结晶温度附近,从而抑制通常的加热速度下优先形成的 γ 纤维 ($\{111\} \langle uvw \rangle$ 组织) 的生长,促进成为二次再结晶的核的 $\{110\} \langle 001 \rangle$ 组织的产生,由此改善一次再结晶集合组织。而且,通过应用该技术,能使二次再结晶后的晶粒 (Goss 取向晶粒) 细化,铁损特性得到改善。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1:日本特开平 07-062436 号公报

[0009] 专利文献 2:日本特开平 10-298653 号公报

[0010] 专利文献 3:日本特开 2003-027194 号公报

[0011] 专利文献 4 : 日本特开平 10-130729 号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 然而, 根据发明人等的见解, 在提高升温速度的情况下, 会引起铁损特性的不均增大这样的问题, 这被认为是由在升温时钢板内部的温度不均和内部氧化层不良所导致的。由于对制品出厂时的铁损评价通常使用对钢板整个宽度的铁损进行平均而得到的值, 因此如果不均大, 则钢板整体的铁损的评价较低, 无法获得期待的急速加热的效果。

[0014] 本发明是鉴于现有技术具有的上述问题而进行的, 其目的在于, 提出了一种与现有技术相比铁损低且铁损值的不均小的取向性电磁钢板的制造方法。

[0015] 解决课题的方法

[0016] 发明人等为了解决上述课题而进行了深入研究, 其结果发现, 在一次再结晶退火的加热过程中进行快速加热时, 通过在发生恢复的温度范围内保持给定的时间, 能够使钢板内部的温度均匀, 可以使钢板的整个宽度上都能够享受到快速加热的效果, 同时 $\langle 111 \rangle$ //ND 位向优先恢复, 再结晶的优先度降低, 一次再结晶后的 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向晶粒减少, 取而代之, Goss 核增加, 使二次再结晶后的再结晶细粒化, 结果能够得到铁损低且铁损值的不均小的取向性电磁钢板。进而, 通过将发生脱碳反应的均热过程的气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为比以往更低的值, 或者通过将均热过程分成多段并对各段的温度、时间、气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 进行优化, 能够使铁损值进一步降低, 由此完成了本发明。

[0017] 即, 本发明提出了一种取向性电磁钢板的制造方法, 其包括以下的一系列工序: 将钢材料进行热轧而制成热轧板, 根据需要实施热轧板退火, 然后通过 1 次冷轧或者其间夹有中间退火的 2 次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板, 实施兼作脱碳退火的一次再结晶退火, 在钢板表面涂布退火分离剂, 实施最终退火, 所述钢材料含有 C : 0.002 ~ 0.10 质量%、Si : 2.0 ~ 8.0 质量%、Mn : 0.005 ~ 1.0 质量%, 余量由 Fe 及不可避免的杂质构成, 其特征

在于,

[0018] 在所述一次再结晶退火的加热过程中, 在 200 ~ 700℃ 的区间以 50℃ / 秒以上进行快速加热, 并且在上述区间内的 250 ~ 600℃ 之间的任意温度下保持 1 ~ 10 秒钟, 同时将所述一次再结晶退火的均热过程中的温度控制在 750 ~ 900℃ 的范围、将时间控制在 90 ~ 180 秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在 0.25 ~ 0.40 的范围。

[0019] 本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于, 将上述一次再结晶退火的均热过程分为 N 个阶段 (N : 2 以上的整数), 将第 1 阶段 ~ 第 (N-1) 阶段的温度控制在 750 ~ 900℃ 的范围、将时间控制在 80 ~ 170 秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在 0.25 ~ 0.40 的范围, 并将最终第 N 阶段的温度控制在 750 ~ 900℃ 的范围、将时间控制为 10 ~ 60 秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在 0.20 以下的范围。

[0020] 另外, 本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于, 将上述一次再结晶退火分为 N 个阶段 (N : 2 以上的整数), 将第 1 阶段的温度设为 820 ~ 900℃、将时间设为 10 ~ 60 秒钟、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为 0.25 ~ 0.40, 并将第 2 阶段以后的温度控制在 750 ~ 900℃ 的范围、将时间控制在 80 ~ 170 秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在 0.25 ~ 0.40 的范围, 并且, 使第 1 阶段的温度为第 2 阶段以后的温度以上。

[0021] 另外,本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于,将上述一次再结晶退火分为N个阶段(N:3以上的整数),将第1阶段的温度控制在820~900℃的范围、将时间控制在10~60秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.25~0.40的范围,将第2阶段~第(N-1)阶段的温度设为750~900℃、将时间设70~160秒钟、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为0.25~0.40,并将最终第N阶段的温度控制在750~900℃的范围、将时间控制在10~60秒钟的范围、将气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 控制在0.20以下的范围,并且使第1阶段的温度为第2阶段至第N-1阶段的温度以上。

[0022] 另外,本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于,除了上述成分组成以外,上述钢材料还含有Al:0.010~0.050质量%和N:0.003~0.020质量%,或者含有Al:0.010~0.050质量%、N:0.003~0.020质量%、Se:0.003~0.030质量%和/或S:0.002~0.03质量%。

[0023] 另外,本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于,在上述一次再结晶退火的过程中,或者在上述一次再结晶退火后,实施氮化处理,使钢板中的氮量增加50~1000质量ppm。

[0024] 另外,本发明的取向性电磁钢板的制造方法的特征还在于,除了上述成分组成以外,上述钢材料还含有选自Ni:0.010~1.50质量%、Cr:0.01~0.50质量%、Cu:0.01~0.50质量%、P:0.005~0.50质量%、Sb:0.005~0.50质量%、Sn:0.005~0.50质量%、Bi:0.005~0.50质量%、Mo:0.005~0.10质量%、B:0.0002~0.0025质量%、Te:0.0005~0.010质量%、Nb:0.0010~0.010质量%、V:0.001~0.010质量%及Ta:0.001~0.010质量%中的1种或2种以上。

[0025] 发明的效果

[0026] 根据本发明,在一次再结晶退火的加热过程中进行快速加热时,在发生恢复的温度范围保持给定时间,同时对发生脱碳反应的一次再结晶退火的均热过程中的条件进行优化,由此能够稳定地提供铁损低且铁损值的不均小的取向性电磁钢板。

附图说明

[0027] 图1是用于说明本发明的一次再结晶退火的加热过程中的升温模型的图。

[0028] 图2是示出一次再结晶退火的加热过程中保持时间和均热过程的气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2} 对铁损 $W_{17/50}$ 的影响的图。

[0029] 图3是示出一次再结晶退火的加热过程中保持温度和均热过程的处理条件对铁损 $W_{17/50}$ 的影响的图。

具体实施方式

[0030] 首先,对作为开发本发明的起因的实验进行说明。

[0031] <实验1>

[0032] 将含有C:0.065质量%、Si:3.44质量%、Mn:0.08质量%的钢进行熔炼,用连续铸造法制成钢坯,然后再加热至1250℃的温度,进行热轧而制成板厚2.4mm的热轧板,在实施1050℃×60秒钟的热轧板退火后进行一次冷轧,使中间板厚为1.8mm,实施1120℃×80秒钟的中间退火,然后在板温200℃下进行温轧,制成最终板厚0.27mm的冷轧板。

[0033] 接下来,在 50 体积% H_2 —50 体积% N_2 的湿润气体氛围下对 P_{H_2O}/P_{H_2} 进行各种改变,对上述冷轧板实施了在 840℃ 下保持 80 秒钟的兼作脱碳退火的一次再结晶退火。需要说明的是,对于上述一次再结晶退火而言,将在 840℃ 之前的加热过程中的 200 ~ 700℃ 之间的升温速度设为 100℃ / 秒,并且在该加热过程中的 450℃ 的温度下实施了保持 0 ~ 30 秒钟的处理。这里,如图 1 所示,上述 100℃ / 秒的升温速度是指从 200℃ 升至 700℃ 的时间中减去保持时间 t_2 后的 t_1 及 t_3 的平均升温速度 $((700 - 200)/(t_1 + t_3))$ (以下同样处理)。然后,在上述一次再结晶退火后的钢板表面涂布以 MgO 为主体的退火分离剂,干燥后,实施二次再结晶退火和包含在氢气氛围下的 1200℃ × 7 小时的纯化处理的最终退火,制作了制品板。

[0034] 从如上所述得到的各制品板的板宽方向上分别取样各 10 片宽 100mm × 长 400mm 的试验片,按照 JIS C2556 记载的方法测定铁损 $W_{17/50}$,求出其平均值。这是由于根据该铁损测定方法,在板宽方向上存在铁损不均时平均值变差,因此能够评价包含不均在内的铁损。

[0035] 在图 2 中以在 450℃ 下的保持时间与铁损 $W_{17/50}$ 的关系示出了其结果。由该图可知,加热过程中的保持时间在 1 ~ 10 秒钟的范围内时铁损得到了降低。该倾向不依赖于均热过程的气体氛围的条件,但 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.35 时最大。

[0036] <实验 2>

[0037] 在加热过程的 200 ~ 700℃ 的温度范围中的任意温度下,对实验 1 中得到的最终板厚 0.27mm 的冷轧板实施了 1 次保持 2 秒钟的兼作脱碳退火的一次再结晶退火。需要说明的是,上述一次再结晶退火中的均热过程按照下述 3 个条件来进行。

[0038] 1) 均一条件 :850℃ × 150 秒钟、且将 P_{H_2O}/P_{H_2} 设为 0.35

[0039] 2) 后段低露点条件 :将均热过程分为前阶段和后阶段这两个阶段,将前阶段设为 850℃ × 120 秒钟且 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.35,并将后阶段设为 860℃ × 30 秒钟且 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.10

[0040] 3) 前阶段高温条件 :将均热过程分为前阶段和后阶段这两个阶段,将前阶段设为 860℃ × 30 秒钟且 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.35,并将后阶段设为 850℃ × 120 秒钟且 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.35

[0041] 接下来,在实施了上述一次再结晶退火的钢板表面涂布以 MgO 为主体的退火分离剂,进行干燥,然后实施二次再结晶退火及包含在氢气氛围下 1200℃ × 7 小时的纯化处理的最终退火,制作了制品板。

[0042] 从如上所述得到的各制品板中与<实验 1>相同地取样试验片,按照 JISC2556 记载的方法测定铁损 $W_{17/50}$ 。在图 3 中以加热过程中保持温度与铁损 $W_{17/50}$ 的关系示出了其结果。由该图可知,不依赖于均热过程的条件,在快速加热过程中的保持温度为 250 ~ 600℃ 之间时铁损降低。此外还可知,对于均热过程的条件而言,与设为全过程恒定的条件相比,通过将后段设为比前段更低露点的条件、或者将前段设为比后段更高温的条件,能获得进一步降低铁损的效果。

[0043] 如上述<实验 1>和<实验 2>的结果所示,在一次再结晶退火的快速加热过程中的恰当温度下实施保持恰当时间的保持处理,且优化均热过程中的脱碳条件,由此可以改善铁损,对于其原因仍然不十分明确,但发明人等认为如下。

[0044] 如上所述,快速加热处理具有抑制再结晶集合组织中<111> //ND 取向发展的效果。通常,由于在冷轧时在<111> //ND 位向导入了较多应变,因此与其它位向相比处于积蓄的应变能较高的状态。因此,对于以通常的升温速度进行加热的一次再结晶退火而言,

优先从积蓄的应变能较高的 $\langle 111 \rangle$ //ND 位向的轧制组织开始再结晶。对于再结晶而言，通常由于从 $\langle 111 \rangle$ //ND 位向的轧制组织开始出现 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向晶粒，因此再结晶后的组织以 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向为主取向。

[0045] 但是，如果进行快速加热，则由于对其赋予了比再结晶所放出的能量更多的热能，使得在积蓄的应变能相对较低的位向也能够发生再结晶，因此再结晶后的 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向晶粒相对减少，提高了磁特性。这是现有技术进行快速加热的原因。

[0046] 这里，在快速加热的过程中实施了在发生恢复的温度保持给定时间的保持处理的情况下，应变能高的 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向优先发生恢复。因此，由 $\langle 111 \rangle$ //ND 位向的轧制组织产生的引起 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向再结晶的驱动力选择性地降低，使得除此以外的位向也能发生再结晶。其结果是再结晶后的 $\langle 111 \rangle$ //ND 取向相对地更加减少。

[0047] 但是，如果保持时间超过 10 秒钟，则会在广泛的范围内发生恢复，因此恢复组织不进行再结晶而直接残留下来，成为与上述期望的一次再结晶组织不同的组织。可以认为其结果是对二次再结晶有较大的不良影响，从而导致铁损特性的降低。

[0048] 需要说明的是，可以认为，根据上述观点，通过在加热过程中发生恢复的温度下进行短时间的保持来提高磁特性限于比使用现有的辐射管等的升温速度（10 ~ 20℃ / 秒）更快的升温速度的情况，具体而言是限于升温速度为 50℃ / 秒以上的情况。因此，在本发明中，将在一次再结晶退火的 200 ~ 700℃ 温度范围内的升温速度规定为 50℃ / 秒以上。

[0049] 而且，进行脱碳反应的均热过程中的温度、时间及气体氛围也对磁特性有较大影响。可以认为这是由于，通过进行快速加热，在钢板表面下形成的内部氧化层的形态发生变化。即，对于通常的升温速度而言，通过在加热过程中未完全一次再结晶时开始进行内部氧化，在位错、亚晶界处 SiO_2 形成网络状，从而形成致密的内部氧化层。另一方面，如果进行快速加热处理，则在一次再结晶完全结束后开始内部氧化。由此， SiO_2 未在亚晶界、位错处形成网络，而是形成了不均匀的内部氧化层。对最终退火时的气体氛围而言，该内部氧化层保护钢板的功能较小，因此在使用抑制剂的情况下，由于在最终退火中抑制剂被氧化，因而抵消了快速加热带来的磁特性改善效果。另一方面，在不使用抑制剂的情况下，在最终退火中，会引起氧化物等析出物的生成，使二次再结晶的取向变差。

[0050] 为了解决这些问题，降低发生脱碳反应的均热过程的气体氛围的氧化性被认为是有效的。即，通过降低气体氛围的氧化性，可以抑制脱碳退火中氧向钢板内部的扩散，相对地提高了 Si 由钢中向表面的扩散，由此可以形成 SiO_2 的致密的层。而且，其成为抑制最终退火中抑制剂的氧化、抑制过剩的氧化物的析出的覆盖物，能够防止磁特性变差。

[0051] 另外，将进行脱碳的均热过程分为多个阶段来降低均热结束前的气体氛围的氧化性、以及提高均热开始时的温度也是有效的。降低均热结束前的气体氛围的氧化性是切断此时的氧供给，使生成的 SiO_2 的形态变成层状，从而具有提高对最终退火气体氛围的遮蔽性的效果，另外，提高均热开始时的温度是通过在均热初期形成内部氧化层，并以此为阻隔抑制其后的氧化，从而具有相对地提高 Si 向表面的扩散，形成致密的内部氧化层的效果，由此能有效地改善铁损。

[0052] 接下来，对用于本发明的取向性电磁钢板的材料的钢材料（钢坯）的成分组成进行说明。

[0053] C : 0.002 ~ 0.10 质量%

[0054] C(碳)如果低于0.002质量%,则由C带来的晶界强化效果丧失,会使钢坯产生裂纹等,从而给制造带来障碍。另一方面,如果超过0.10质量%,则在脱碳退火时难以将C降低至不发生磁时效的0.005质量%以下。因此,将C设为0.002~0.10质量%的范围,优选为0.010~0.080质量%的范围。

[0055] Si:2.0~8.0质量%

[0056] Si(硅)是提高钢的电阻率、降低铁损所需的元素。在Si低于2.0质量%时,上述效果不充分,另一方面,如果超过8.0质量%,则加工性降低,难以轧制来制造。因此将Si设为2.0~8.0质量%的范围,优选为2.5~4.5质量%的范围。

[0057] Mn:0.005~1.0质量%

[0058] Mn(锰)是改善钢热加工性所需的元素。在Mn低于0.005质量%时,上述效果不充分,另一方面,如果超过1.0质量%,则制品板的磁通密度降低。因此,将Mn设为0.005~1.0质量%的范围,优选为0.02~0.20质量%的范围。

[0059] 对于上述C、Si及Mn以外的成分,分为为了生成二次再结晶而使用抑制剂的情况、以及不使用抑制剂的情况。

[0060] 首先,在为了生成二次再结晶而使用抑制剂的情况下,例如,在使用AlN类抑制剂时,优选含有Al和N,且其含量分别为Al(铝):0.010~0.050质量%、N(氮):0.003~0.020质量%的范围。另外,在使用MnS/MnSe类抑制剂时,优选含有上述量的Mn、以及S(硫):0.002~0.030质量%和/或Se(硒):0.003~0.030质量%。如果各自添加量少于上述下限值,则无法获得充分的抑制剂效果,另一方面,如果超过上限值,则在加热钢坯时抑制剂成分以未固溶的形式残留,抑制剂效果降低,不能得到足够的磁特性。另外,当然可以将AlN类与MnS/MnSe类抑制剂组合使用。

[0061] 另一方面,在为了生成二次再结晶而不使用抑制剂的情况下,优选尽量降低上述抑制剂形成成分的Al、N、S及Se的含量,使用降低至Al:低于0.01质量%、N:低于0.0050质量%、S:低于0.0050质量%及Se:低于0.0030质量%的钢材料。

[0062] 本发明的取向性电磁钢板所使用的钢材料中,上述成分以外的余量为Fe及不可避免的杂质。

[0063] 不过,以改善磁特性为目的,可以适当添加选自Ni(镍):0.010~1.50质量%、Cr(铬):0.01~0.50质量%、Cu(铜):0.01~0.50质量%、P(磷):0.005~0.50质量%、Sb(锑):0.005~0.50质量%、Sn(锡):0.005~0.50质量%、Bi(铋):0.005~0.50质量%、Mo(钼):0.005~0.10质量%、B(硼):0.0002~0.0025质量%、Te(碲):0.0005~0.010质量%、Nb(铌):0.0010~0.010质量%、V(钒):0.001~0.010质量%及Ta(钽):0.001~0.010质量%中的1种或2种以上。

[0064] 接着,对本发明的取向性电磁钢板的制造方法进行说明。

[0065] 可以采用通常的精炼工艺将具有上述成分组成的钢进行熔炼,然后用通常的铸锭-开坯轧制法或连续铸造法制造钢材料(钢坯),或者也可以用直接铸造法制造厚度100mm以下的薄铸片。按照常用方法,例如,在含有抑制剂成分的情况下,将上述钢坯再加热至1400℃左右的温度,另一方面,在不含抑制剂成分的情况下,将上述钢坯再加热至1250℃以下的温度后供于热轧。需要说明的是,在不含抑制剂成分的情况下,也可以在铸造后不对钢坯进行再加热而直接供于热轧。另外,在薄铸片的情况下,也可以省略热轧而直接

进入后面的工序。

[0066] 接下来,热轧得到的热轧板根据需要实施热轧板退火。为了得到良好的磁特性,该热轧板退火的温度优选为 800 ~ 1150℃ 的范围。低于 800℃ 时,由热轧而形成的带状组织残留下来,难以得到整粒的一次再结晶组织,阻碍了二次再结晶晶粒的生长。另一方面,如果超过 1150℃,则热轧板退火后的粒径过于粗大化,也难以得到整粒的一次再结晶组织。更优选的热轧板退火温度为 900 ~ 1100℃ 的范围。

[0067] 热轧后或热轧板退火后的钢板通过 1 次冷轧或者其间夹有中间退火的 2 次以上冷轧而制成最终板厚的冷轧板。上述中间退火的退火温度优选为 900 ~ 1200℃ 的范围。低于 900℃ 时,存在中间退火后的再结晶晶粒变细,而且一次再结晶组织中的 Goss 核减少而使制品板的磁特性降低的倾向。另一方面,如果超过 1200℃,则与热轧板退火同样地结晶粒过于粗大化,难以得到整粒的一次再结晶组织。更优选的中间退火温度为 950 ~ 1150℃ 的范围。

[0068] 需要说明的是,对于改善一次再结晶集合组织、提高磁特性而言,在形成最终板厚的冷轧(最终冷轧)中,使钢板温度上升至 100 ~ 300℃ 的温度进行温轧、以及在冷轧过程中于 100 ~ 300℃ 的温度进行 1 次或多次时效处理是有效的。

[0069] 然后,对形成为最终板厚的冷轧板实施兼作脱碳退火的一次再结晶退火。

[0070] 这里,对本发明而言最重要的是:在上述一次再结晶退火的加热过程中,在 200 ~ 700℃ 的区间以 50℃ / 秒以上进行快速加热,且在 250 ~ 600℃ 之间的任意温度实施 1 ~ 10 秒钟的保持处理。需要说明的是,如上所述,上述 200 ~ 700℃ 区间的升温速度(50℃ / 秒以上)是在减去保持时间后的时间内的平均升温速度。保持处理温度低于 250℃ 时,组织的恢复不充分,另一方面,如果超过 600℃,则恢复过度进行,另外,保持时间低于 1 秒钟时,保持处理的效果较小,另一方面,如果超过 10 秒钟,则恢复也会过度进行。需要说明的是,上述保持处理的优选温度为 350 ~ 500℃ 之间的任意温度,另外,优选的保持处理时间为 1 ~ 5 秒钟的范围。另外,上述加热过程中在 200 ~ 700℃ 区间的优选升温速度为 70℃ / 秒以上。需要说明的是,从设备成本、制造成本方面考虑,升温速度的上限优选为 400℃ / 秒左右。

[0071] 另外,对于 250 ~ 600℃ 之间的保持处理而言,可以在上述温度范围的任意温度下进行,上述温度也可以不必恒定,只要是 $\pm 10^\circ\text{C}$ / 秒以下的温度变化就能得到与保持相同的效果,因此也可以在 $\pm 10^\circ\text{C}$ / 秒的范围内升温或降温。需要说明的是,对于加热过程的气体氛围的 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 没有特别限制。

[0072] 接着,对于一次再结晶退火的均热过程中的条件而言,在希望使一次再结晶粒径集中于特定范围内的情况、或者材料 C 超过 0.005 质量% 的情况下,从使脱碳反应充分进行的观点考虑,需要使退火温度为 750 ~ 900℃ 的范围、均热时间为 90 ~ 180 秒钟的范围、气体氛围的 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 为 0.25 ~ 0.40 的范围。退火温度低于 750℃ 时,一次再结晶粒径变得过小、且脱碳反应不能充分地进行。另一方面,如果超过 900℃,则一次再结晶粒径变得过大。另外,如果均热时间与 90 秒钟相比过短,则内部氧化的总量少,另一方面,如果超过 180 秒钟而过长,则内部氧化过度进行,磁特性反而变差。另外,如果气体氛围的 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 低于 0.25,则脱碳不良,相反,如果超过 0.40,则形成粗糙的内部氧化层而使磁特性变差。一次再结晶退火的优选均热温度为 780 ~ 880℃ 的范围,优选的均热时间为 100 ~ 160 秒钟的范围。另外,一次再结晶退火的气体氛围的优选 $P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2}$ 为 0.30 ~ 0.40 的范围。

[0073] 需要说明的是,进行脱碳反应的均热过程可以分成多个的N个阶段(N为2以上的整数)来进行,在这种情况下,使最终第N阶段的 P_{H_2O}/P_{H_2} 为0.20以下,对于改善磁特性不均是有有效的。如果 P_{H_2O}/P_{H_2} 超过0.20,则不能充分地获得降低不均的效果。需要说明的是,对于 P_{H_2O}/P_{H_2} 的下限没有特别限制。另外,最终的第N阶段的处理时间优选为10~60秒钟的范围。这是由于,最终的第N阶段的处理时间低于10秒钟时,效果不充分,另一方面,如果超过60秒钟,则一次再结晶的晶粒生长过度进行,磁特性变差。第N阶段的更优选的 P_{H_2O}/P_{H_2} 为0.15以下,更优选的处理时间为20~40秒钟的范围。需要说明的是,均热过程结束前的温度可以在本发明的均热温度750~900℃的范围内适当更改。

[0074] 另外,在将进行脱碳反应的均热过程分成多个的N个阶段(N为2以上的整数)来进行的情况下,将第1阶段的温度提高到其以后的阶段的温度以上,即,优选将第1阶段的温度设为820℃~900℃,且设为第2阶段以后的均热温度以上。通过提高第1阶段的温度,生成的初期内部氧化层抑制其后的氧化而形成致密的内部氧化层,因此对于改善磁特性是有效。该第1阶段的处理时间优选设为10~60秒钟的范围。第1阶段的处理时间低于10秒钟时,效果不充分,另一方面,如果超过60秒钟,则内部氧化过度进行,磁特性反而变差。第1阶段的更优选的温度为840~880℃的范围,更优选的处理时间为10~40秒钟的范围。需要说明的是。对于这时的气体氛围而言,可以与其后的均热气体氛围相同,也可以在本发明的 P_{H_2O}/P_{H_2} 的范围内改变。

[0075] 需要说明的是,将进行脱碳反应的均热过程分为3个阶段以上的多个阶段,同时进行第1阶段的均热温度的升高、以及最终第N阶段的 P_{H_2O}/P_{H_2} 的降低是有有效的,能够期待更进一步的磁特性的改善效果。

[0076] 而且,在上述一次再结晶退火的工序的过程中、或者在一次再结晶退火后,实施氮化处理而使钢中的N量增加,能够进一步增强AlN、 Si_3N_4 的抑制剂效果(抑制力),因此对于磁特性的改善是有有效的。增加的N量优选为50~1000质量ppm的范围。这是因为,增加的N量低于50质量ppm时,氮化处理的效果较小,另一方面,如果超过1000质量ppm,则抑制力过大而引起二次再结晶不良。需要说明的是,更优选的N增加量为200~800质量ppm的范围。

[0077] 实施了一次再结晶退火的钢板然后在钢板表面涂布以MgO为主体的退火分离剂,进行干燥后,实施最终退火,使在Goss取向上高度集中的二次再结晶组织发展,形成镁橄榄石被膜,从而谋求纯化。为了表现出二次再结晶,优选将该最终退火的退火温度设为800℃以上,另外,为了完成二次再结晶,优选设为1100℃。进而,为了形成镁橄榄石被膜而谋求纯化,优选继续升温至1200℃左右的温度。

[0078] 对于最终退火后的钢板而言,其后通过水洗、刷光、酸洗等除去附着于钢板表面的未反应的退火分离剂,然后实施平坦化退火进行形状矫正,这对于铁损的降低是有有效的。这是因为,最终退火通常以卷材状态进行,因此卷材带有卷曲性,由于这个原因会在铁损测定时使特性变差。

[0079] 而且,在将钢板叠层使用的情况下,在上述平坦化退火中或者在其前后在钢板表面包覆绝缘被膜是有有效的。特别是,为了实现铁损的降低,优选使用对钢板赋予张力的张力赋予被膜作为绝缘被膜。对于张力赋予被膜的形成而言,如果采用通过粘接剂涂布张力被膜的方法、用物理蒸镀法或化学蒸镀法将无机物蒸镀到钢板表层上的方法,则能够形成被

膜密合性优异且铁损降低效果明显较大的绝缘被膜,因此更加优选张力赋予被膜。

[0080] 另外,为了进一步降低铁损,优选实施磁区细分化处理。作为处理方法,可以使用通常实施下述方法:在最终制品板上形成槽、或者用电子束照射、激光照射、等离子体照射等以线状或点状导入热应变、冲击应变的方法;对冷轧至最终板厚的钢板或中间工序的钢板的表面实施蚀刻加工而形成槽的方法;等等。

[0081] 实施例 1

[0082] 用连续铸造法制造钢坯,所述钢坯包含 C:0.070 质量%、Si:3.35 质量%、Mn:0.10 质量%、Al:0.025 质量%、Se:0.025 质量%及 N:0.012 质量%,余量为 Fe 及不可避免的杂质,将所述钢坯再加热至 1420℃ 的温度,然后热轧,制成板厚 2.4mm 的热轧板,在实施了 1000℃ × 50 秒钟的热轧板退火后,通过一次冷轧形成 1.8mm 的中间板厚,实施 1100℃ × 20 秒钟的中间退火,然后进行二次冷轧制成最终板厚为 0.27mm 的冷轧板,然后,实施兼作脱碳退火的一次再结晶退火。需要说明的是,在上述一次再结晶退火中,如表 1-1 和表 1-2 所示更改下述 1) ~ 3) 项。

[0083] 1) 加热过程中 200 ~ 700℃ 之间的升温速度

[0084] 2) 在加热过程的加热中是否进行保持处理与进行保持处理时的温度、时间

[0085] 3) 将均热过程分为 3 个阶段时,各阶段的温度、时间、气体氛围的 P_{H_2O}/P_{H_2}

[0086]

表1-1

No.	加 热 过 程			均 热 过 程								铁 损 W ₁₇₅₀ (W/kg)	备 注			
	200-700℃之间的升温速度 (℃/s)	有 无 保 持	保 持 温 度 (℃)	保 持 时 间 (s)	第1阶段			第2阶段			第3阶段			第1-3阶段 总计时间 (s)		
					温 度 (℃)	时 间 (s)	气 体 氛 围 P _{H2O} /P _{H2}	温 度 (℃)	时 间 (s)	气 体 氛 围 P _{H2O} /P _{H2}	温 度 (℃)				时 间 (s)	
1	45	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.915	比较例
2	50	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.858	发明例
3	55	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.854	发明例
4	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.848	发明例
5	80	无	-	-	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.903	比较例
6	80	有	200	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.895	比较例
7	80	有	250	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.860	发明例
8	80	有	300	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.853	发明例
9	80	有	600	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.854	发明例
10	80	有	650	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.964	比较例
11	80	有	400	0.5	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.878	比较例
12	80	有	400	1.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.852	发明例
13	80	有	400	2.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.843	发明例
14	80	有	400	10.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.845	发明例
15	80	有	400	15.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	120	0.913	比较例
16	80	有	400	5.0	730		0.35	730		0.35	730		0.35	120	0.886	比较例
17	80	有	400	5.0	750		0.35	750		0.35	750		0.35	120	0.857	发明例
18	80	有	400	5.0	800		0.35	800		0.35	800		0.35	120	0.851	发明例
19	80	有	400	5.0	900		0.35	900		0.35	900		0.35	120	0.855	发明例
20	80	有	400	5.0	920		0.35	920		0.35	920		0.35	120	0.982	比较例
21	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	160	0.852	发明例
22	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	180	0.856	发明例
23	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820		0.35	200	0.905	比较例

[0087]

表 1-2

No.	加热过程			均热过程										铁损 W ₁₇₅₀ (W/kg)	备 注	
	200-700℃之间的升温速度 (℃/s)	有无保持	保持温度 (℃)	保持时间 (s)	第1阶段			第2阶段			第3阶段					第1-3阶段总计时间 (s)
					温度 (℃)	时间 (s)	气体氛围 P _{H2O} /P _{H2}	温度 (℃)	时间 (s)	气体氛围 P _{H2O} /P _{H2}	温度 (℃)	时间 (s)	气体氛围 P _{H2O} /P _{H2}			
24	80	有	400	5.0	820		0.20	820		0.20	820		0.20	120	0.940	比较例
25	80	有	400	5.0	820		0.25	820		0.25	820		0.25	120	0.851	发明例
26	80	有	400	5.0	820		0.40	820		0.40	820		0.40	120	0.846	发明例
27	80	有	400	5.0	820		0.45	820		0.45	820		0.45	120	0.862	比较例
28	80	有	400	5.0	820		0.50	820		0.50	820		0.50	120	0.871	比较例
29	80	有	400	5.0	820		0.55	820		0.55	820		0.55	120	0.882	比较例
30	80	有	400	5.0	780	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.861	发明例
31	80	有	400	5.0	800	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.859	发明例
32	80	有	400	5.0	830	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.839	发明例
33	80	有	400	5.0	850	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.811	发明例
34	80	有	400	5.0	900	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.818	发明例
35	80	有	400	5.0	910	30	0.35	820		0.35	820		0.35	150	0.932	比较例
36	80	有	400	5.0	840	5	0.35	820		0.35	820		0.35	125	0.846	发明例
37	80	有	400	5.0	840	10	0.35	820		0.35	820		0.35	130	0.811	发明例
38	80	有	400	5.0	840	60	0.35	820		0.35	820		0.35	180	0.810	发明例
39	80	有	400	5.0	840	80	0.35	820		0.35	820		0.35	200	0.893	比较例
40	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	5	0.10	125	0.847	发明例
41	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	10	0.10	130	0.826	发明例
42	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	60	0.10	180	0.828	发明例
43	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	80	0.10	200	0.886	比较例
44	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	30	0.20	150	0.830	发明例
45	80	有	400	5.0	820		0.35	820		0.35	820	30	0.25	150	0.850	发明例
46	80	有	400	5.0	840	30	0.25	820	120	0.35	820	30	0.10	180	0.789	发明例
47	80	有	400	5.0	840	30	0.32	820	120	0.35	850	30	0.10	180	0.778	发明例
48	80	有	400	5.0	840	30	0.40	820	120	0.35	880	30	0.10	180	0.783	发明例

[0088] 接下来,在上述一次再结晶退火后的钢板表面涂布以 MgO 为主体的退火分离剂,进行干燥,然后实施了伴有 1200℃ × 10 小时纯化处理的最终退火。最终退火的气体氛围在

进行纯化处理的保持 1200℃时为 H₂,在升温时及降温时为 N₂。

[0089] 从如上所述得到的最终退火后的各种钢板中在板宽方向上取样宽 100mm×长 400mm 的试验片各 10 片,按照 JIS C2556 记载的方法测定铁损 $W_{17/50}$,求出其平均值。

[0090] 将上述测定结果一并示于表 1-1 和表 1-2。由该表可知,通过采用本发明,可以获得铁损低的取向性电磁钢板。

[0091] 实施例 2

[0092] 用连续铸造法制造钢坯,所述钢坯具有如表 2 所示的 No. 1 ~ 17 的成分组成、且余量为 Fe 及不可避免的杂质,再加热至 1380℃的温度,然后进行热轧制成板厚 2.0mm 的热轧板,在实施了 1030℃×10 秒钟的热轧板退火后,进行冷轧制成最终板厚为 0.23mm 的冷轧板。然后,实施了兼作脱碳退火的一次再结晶退火。这时,在 860℃之前的加热过程中将 200 ~ 700℃之间的升温速度设为 75℃/秒,再在该升温过程中的 450℃的温度下实施了 1.5 秒钟的保持处理。接下来的均热过程分为下述 3 个阶段进行:第 1 阶段 860℃×20 秒钟、 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.40;第 2 阶段 850℃×100 秒钟、 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.35;第 3 阶段 850℃×20 秒钟、 P_{H_2O}/P_{H_2} 为 0.15。

[0093]

表2

No.	化 学 成 分 (质量%)							铁 损 W _{17/50} (W/kg)	备 注
	C	Si	Mn	Al	N	Se	S		
1	0.055	3.25	0.06	-	-	-	-	0.853	发明例
2	0.044	3.38	0.15	0.007	0.003	-	0.002	0.839	发明例
3	0.078	3.41	0.08	0.020	0.008	0.015	0.002	0.719	发明例
4	0.222	3.22	0.15	-	-	-	-	1.536	比较例
5	0.052	0.85	0.16	-	-	-	-	1.019	比较例
6	0.053	3.25	1.51	-	-	-	-	1.016	比较例
7	0.050	3.25	0.08	-	-	0.020	-	0.850	发明例
8	0.040	3.25	0.07	-	-	0.020	0.005	0.802	发明例
9	0.066	2.84	0.11	0.019	0.008	0.012	-	0.823	发明例
10	0.041	3.01	0.05	0.011	0.006	-	0.004	0.817	发明例
11	0.006	3.20	0.34	0.005	0.003	-	-	0.832	发明例
12	0.022	2.55	0.04	-	-	-	0.004	0.836	发明例
13	0.044	3.33	0.12	0.036	0.003	0.010	0.005	0.725	发明例
14	0.085	3.23	0.08	0.030	0.010	-	-	0.723	发明例
15	0.150	3.41	0.11	0.015	0.007	0.014	0.003	1.644	比较例
16	0.045	0.18	0.22	-	-	0.025	0.010	3.527	比较例
17	0.008	3.20	1.23	0.021	0.011	-	-	1.389	比较例

[0094] 接下来,在上述一次再结晶退火后的钢板表面涂布以 MgO 为主体的退火分离剂,进行干燥,然后实施了伴有 1220℃ × 4 小时纯化处理的最终退火。最终退火的气体氛围在

进行纯化处理的保持 1220℃时为 H₂,在升温时及降温时为 Ar。

[0095] 从如上所述得到的最终退火后的各个钢板上于板宽方向取样宽 100mm×长 400mm 的试验片各 10 个,按照 JIS C2556 记载的方法测定铁损 $W_{17/50}$,求出其平均值。

[0096] 将上述测定结果一并记入表 2。由该表可知,通过采用本发明,可以获得低铁损的取向性电磁钢板。

[0097] 工业实用性

[0098] 本发明的技术能够控制冷轧钢板中的集合组织,因此不仅可以适用于取向性电磁钢板的集合组织控制,也可以适用于无取向性电磁钢板、汽车用钢板等要求深冲性能的冷轧钢板、表面处理钢板等的集合组织控制。

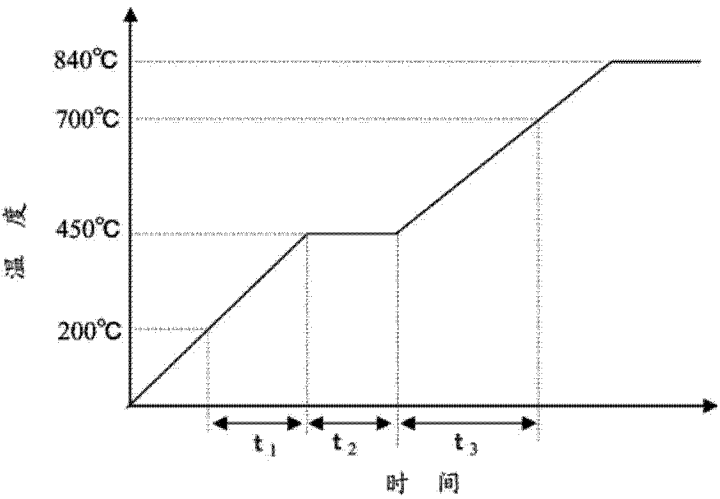


图 1

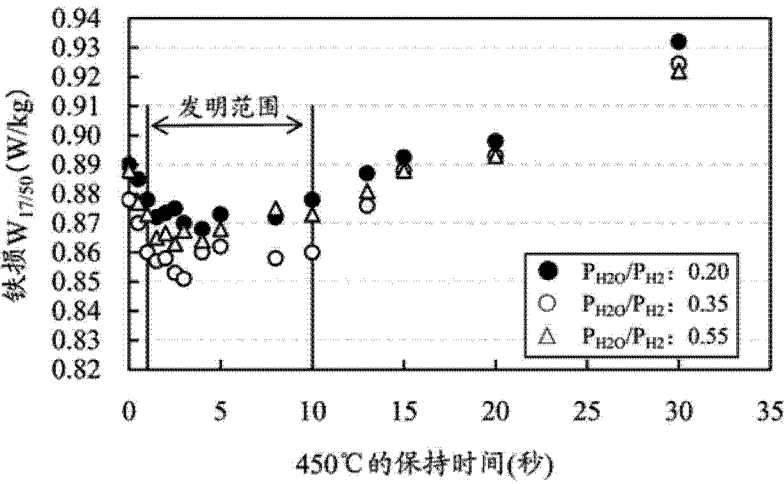


图 2

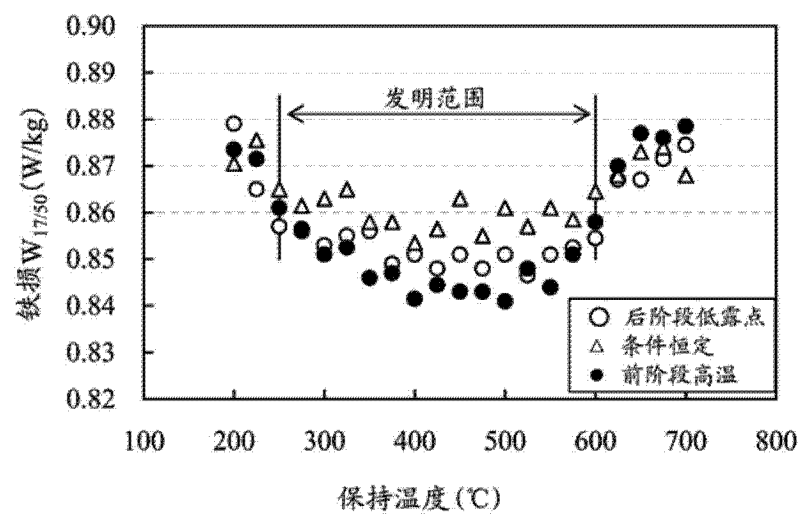


图 3