



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108359896 A

(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201810218151.2

G22C 38/60(2006.01)

(22)申请日 2013.07.25

G21D 8/12(2006.01)

(30)优先权数据

G21D 1/26(2006.01)

JP2012-165516 2012.07.26 JP

G22C 38/08(2006.01)

(62)分案原申请数据

G22C 38/18(2006.01)

201380038008.0 2013.07.25

G22C 38/16(2006.01)

(71)申请人 杰富意钢铁株式会社

G22C 38/12(2006.01)

地址 日本东京都

G22C 38/20(2006.01)

(72)发明人 今村猛 新垣之启 渡边诚

G22C 38/22(2006.01)

末广龙一 高宫俊人

G22C 38/24(2006.01)

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

G22C 38/26(2006.01)

公司 11127

G22C 38/32(2006.01)

代理人 丁香兰 庞东成

G22C 38/34(2006.01)

(51)Int.Cl.

G22C 38/40(2006.01)

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/42(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/44(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

G22C 38/46(2006.01)

G22C 38/48(2006.01)

G22C 38/54(2006.01)

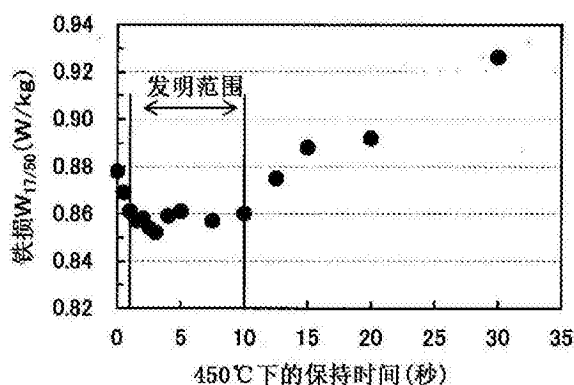
权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

取向性电磁钢板的制造方法

(57)摘要

一种取向性电磁钢板的制造方法,其包括下述一系列的工序:对以质量%计含有C:0.002质量%~0.10质量%、Si:2.0质量%~8.0质量%和Mn:0.005质量%~1.0质量%的钢原材料进行热轧制成热轧板,在实施热轧板退火后或者不实施热轧板退火的情况下,通过1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,在实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火后,在钢板表面涂布退火分离剂,进行精制退火;其中,在上述脱碳退火的200℃~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热时,在250℃~600℃间的任一温度下保持1秒~10秒,从而可制造低铁损且铁损值的偏差小的取向性电磁钢板。



1. 一种取向性电磁钢板的制造方法,其包括下述一系列的工序:对含有C:0.002质量%~0.10质量%、Si:2.0质量%~8.0质量%、Mn:0.005质量%~1.0质量%且Al:降低为小于0.01质量%、N:降低为小于0.0050质量%、Se:降低为小于0.0030质量%和S:降低为小于0.0050质量%、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢原材料进行热轧制成热轧板,在实施热轧板退火后,通过1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,在实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火后,在钢板表面涂布退火分离剂,进行精制退火;该取向性电磁钢板的制造方法的特征在于,

以在800℃~1150℃的温度保持60秒以下的条件进行所述热轧板退火,

在所述脱碳退火的200℃~700℃的区间进行加热时,从200℃至250℃~600℃间的任一温度的保持温度为止以50℃/秒以上进行加热后,在上述保持温度下保持1秒~10秒,进一步,从上述保持温度至700℃为止以50℃/秒以上进行加热。

2. 如权利要求1所述的取向性电磁钢板的制造方法,其特征在于,除了所述成分组成以外,所述钢原材料进一步含有选自Ni:0.010质量%~1.50质量%、Cr:0.01质量%~0.50质量%、Cu:0.01质量%~0.50质量%、P:0.005质量%~0.50质量%、Sb:0.005质量%~0.50质量%、Sn:0.005质量%~0.50质量%、Bi:0.005质量%~0.50质量%、Mo:0.005质量%~0.100质量%、B:0.0002质量%~0.0025质量%、Te:0.0005质量%~0.0100质量%、Nb:0.0010质量%~0.0100质量%、V:0.001质量%~0.010质量%和Ta:0.001质量%~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

[0001] 本申请是分案申请,其原申请的申请号为201380038008.0,申请日为2013年7月25日,发明名称为“取向性电磁钢板的制造方法”。

技术领域

[0002] 本发明涉及取向性电磁钢板的制造方法,具体而言,涉及铁损低且偏差小的取向性电磁钢板的制造方法。

背景技术

[0003] 电磁钢板是作为变压器或电动机的铁芯等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在被称为高斯取向的 $\{110\}<001>$ 取向,磁特性优异,因此主要用于大型的变压器的铁芯等。为了降低变压器中的空载损耗(能量损失),需要为低铁损。在取向性电磁钢板中,作为降低铁损的方法,已知增加Si含量、降低板厚、提高晶体取向的取向性、对钢板赋予张力、使钢板表面平滑化、使二次再结晶组织晶粒细化等是有效的。

[0004] 在这些方法中,作为将二次再结晶晶粒细化的技术,提出了如下方法:在脱碳退火时进行快速加热的方法从而改善一次再结晶组织的方法、或者在即将进行脱碳退火之前实施进行快速加热的热处理而改善一次再结晶组织的方法。例如,在专利文献1中公开了一种得到低铁损的取向性电磁钢板的技术,其中,在对轧制至最终板厚的冷轧钢板进行脱碳退火时,在 P_{H2O}/P_{H2} 为0.2以下的非氧化性气氛中以 $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上快速加热至 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中公开了下述技术:使气氛中的氧浓度为500ppm以下并且以 $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上的加热速度快速加热至 $800^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$,接着保持在比快速加热中的温度更低的 $775^{\circ}\text{C}\sim 840^{\circ}\text{C}$ 的温度,进而保持于 $815^{\circ}\text{C}\sim 875^{\circ}\text{C}$ 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3中公开了下述技术:在 600°C 以上的温度区域以 $95^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上的升温速度加热至 800°C 以上并且适当地控制该温度区域的气氛,由此得到覆膜特性和磁特性优异的电磁钢板。此外,在专利文献4中公开了下述技术:将热轧板中的作为AlN的N量限制为25ppm以下,并且在脱碳退火时以 $80^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上的加热速度加热至 700°C 以上,由此得到低铁损的取向性电磁钢板。

[0005] 这些通过快速加热来改善一次再结晶组织的技术使进行快速加热的温度范围为室温至 700°C 以上,并明确地规定了升温速度。该技术思想可理解为:通过以短时间升温至再结晶温度附近,从而抑制在通常的加热速度下优先形成的 γ 纤维($<111>/\text{ND}$ 取向)的发达,促进成为二次再结晶的核的 $\{110\}<001>$ 组织的产生,由此改善一次再结晶组织。并且已知:通过该技术的适用,二次再结晶后的晶粒(高斯取向晶粒)被细化,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] 但是,根据发明人的见解,在提高升温速度的情况下,铁损特性的偏差变大,据认为这是因升温时的钢板内部的温度不均所引起的。在产品出货时的铁损评价中,通常使用了将钢板的总宽度的铁损平均而得到的值,但是,若偏差大,则钢板总宽度的铁损平均值与最好的部位相比较差,无法得到所期望的快速加热的效果。

[0014] 本发明是鉴于现有技术中存在的上述问题而进行的,其目的在于,通过将脱碳退火时的升温方式优化,从而提供一种与现有技术相比低铁损且铁损值的偏差小的取向性电磁钢板的制造方法。

[0015] 用于解决课题的方案

[0016] 发明人对上述课题的解决进行了反复深入的研究。结果发现,在脱碳退火中进行快速加热时,通过在发生恢复的温度区域保持特定时间,从而钢板内部的温度均匀化,在钢板的整个宽度可得到快速加热的效果,同时<111>//ND取向优先地发生恢复,一次再结晶后的<111>//ND取向减少,取而代之高斯核增加,二次再结晶后的再结晶进一步被晶粒细化,结果可以得到低铁损且铁损值的偏差小的取向性电磁钢板,从而开发得到本发明。

[0017] 即,本发明涉及一种取向性电磁钢板的制造方法,其包括下述一系列的工序:对含有C:0.002质量%~0.10质量%、Si:2.0质量%~8.0质量%、Mn:0.005质量%~1.0质量%且含有Al:0.010质量%~0.050质量%和N:0.003质量%~0.020质量%或者含有Al:0.010质量%~0.050质量%、N:0.003质量%~0.020质量%、Se:0.003质量%~0.030质量%和/或S:0.002质量%~0.03质量%、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢原材料进行热轧制成热轧板,在实施热轧板退火后或者不实施热轧板退火的情况下,通过1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,在实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火后,在钢板表面涂布退火分离剂,进行精制退火;该取向性电磁钢板的制造方法的特征在于,在上述脱碳退火的200℃~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热时,在250℃~600℃间的任一温度下保持1秒~10秒。

[0018] 另外,本发明涉及一种取向性电磁钢板的制造方法,其包括下述一系列的工序:对含有C:0.002质量%~0.10质量%、Si:2.0质量%~8.0质量%、Mn:0.005质量%~1.0质量%且含有选自Se:0.003质量%~0.030质量%和S:0.002质量%~0.03质量%中的1种或2种、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢原材料进行热轧制成热轧板,在实施热轧板退火后或者不实施热轧板退火的情况下,通过1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,在实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火后,在钢板表面涂布退火分离剂,进行精制退火;该取向性电磁钢板的制造方法的特征在于,在上述脱碳退火的200℃~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热时,在250℃~600℃间的任一温度下保持1秒~10秒。

[0019] 另外,本发明涉及一种取向性电磁钢板的制造方法,其包括下述一系列的工序:对含有C:0.002质量%~0.10质量%、Si:2.0质量%~8.0质量%、Mn:0.005质量%~1.0质量%且Al:降低为小于0.01质量%、N:降低为小于0.0050质量%、Se:降低为小于0.0030质

量%和S:降低为小于0.0050质量%、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢原材料进行热轧制成热轧板,在实施热轧板退火后或者不实施热轧板退火的情况下,通过1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧制成最终板厚的冷轧板,在实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火后,在钢板表面涂布退火分离剂,进行精制退火;该取向性电磁钢板的制造方法的特征在于,在上述脱碳退火的200℃~700℃的区间以50℃/秒以上进行快速加热时,在250℃~600℃间的任一温度下保持1秒~10秒。

[0020] 本发明中的上述钢原材料的特征在于,除了上述成分组成以外,进一步含有选自Ni:0.010质量%~1.50质量%、Cr:0.01质量%~0.50质量%、Cu:0.01质量%~0.50质量%、P:0.005质量%~0.50质量%、Sb:0.005质量%~0.50质量%、Sn:0.005质量%~0.50质量%、Bi:0.005质量%~0.50质量%、Mo:0.005质量%~0.100质量%、B:0.0002质量%~0.0025质量%、Te:0.0005质量%~0.0100质量%、Nb:0.0010质量%~0.0100质量%、V:0.001质量%~0.010质量%和Ta:0.001质量%~0.010质量%中的1种或2种以上。

[0021] 发明的效果

[0022] 根据本发明,在脱碳退火中进行快速加热时,通过在发生恢复的温度区域保持特定时间,从而可以提供低铁损且铁损值的偏差小的取向性电磁钢板。

附图说明

[0023] 图1是说明本发明的脱碳退火中的升温方式的图。

[0024] 图2是示出升温途中的保持时间对铁损所产生的影响的曲线图。

[0025] 图3是示出升温途中的保持温度对铁损所产生的影响的曲线图。

具体实施方式

[0026] 首先,对作为开发本发明的契机的实验进行说明。

[0027] <实验1>

[0028] 对含有C:0.065质量%、Si:3.44质量%、Mn:0.08质量%的钢进行熔炼,利用连续铸造法制成钢坯后,加热至1410℃,进行热轧而制成板厚为2.4mm的热轧板,实施1050℃×60秒的热轧板退火后,进行一次冷轧而制成中间板厚1.8mm,实施1120℃×80秒的中间退火后,在200℃通过温轧而制成最终板厚为0.27mm的冷轧板。

[0029] 接着,在50vol%H₂-50vol%N₂的湿润气氛下实施兼带840℃×80秒的一次再结晶退火的脱碳退火。需要说明的是,上述脱碳退火中实施如下处理:将至840℃的升温过程中的200℃~700℃间的升温速度设为100℃/秒,进而在该升温途中的450℃的温度下保持0~30秒。此处,如图1所示,上述100℃/秒的升温速度是指从由200℃到达700℃的时间去掉保持时间t₂后的t₁和t₃下的平均升温速度((700-200)/(t₁+t₃))(以下相同)。之后,将以MgO为主体的退火分离剂涂布至钢板表面,在干燥后,实施二次再结晶退火、及在氢气气氛下实施包括1200℃×7小时的纯化处理的精制退火。

[0030] 在各条件下,从如此得到的制品板中在钢板宽度方向分别采集10片宽100mm的试验片,利用JIS C2556中记载的方法测定铁损W_{17/50},求出平均值。其原因在于,据认为根据该铁损测定方法,在宽度方向存在铁损的偏差时测定值恶化,因此可以包括偏差在内而对铁损进行评价。将其结果作为450℃下的保持时间与铁损的关系而示于图2。由此可知,保持时

间为1秒~10秒的范围时,铁损降低。

[0031] <实验2>

[0032] 对于实验1中得到的最终板厚为0.27mm的冷轧板,在50vol% H_2 -50vol% N_2 的湿润气氛下实施 $840^{\circ}C \times 80$ 秒的脱碳退火。需要说明的是,上述脱碳退火中的升温速度设为 $100^{\circ}C/秒$,实施在该升温过程的 $200^{\circ}C \sim 700^{\circ}C$ 的温度范围的任意温度下以1次保持2秒的处理。之后,将以MgO为主体的退火分离剂涂布至钢板表面,在干燥后,实施二次再结晶退火、及在氢气气氛下实施包括 $1200^{\circ}C \times 7$ 小时的纯化处理的精制退火。

[0033] 与实验1同样地从如此得到的制品板采集试验片,利用JIS C2556中记载的方法测定了铁损 $W_{17/50}$ 。将其结果作为保持温度与铁损的关系而示于图3。由此可知,保持温度为 $250^{\circ}C \sim 600^{\circ}C$ 之间时,铁损降低。

[0034] 如上述实验1和实验2那样,关于通过在脱碳退火的升温过程的适当温度下保持适当时间而使铁损降低的原因,尚未充分明确,但发明人考虑如下。

[0035] 如上所述,快速加热处理具有抑制再结晶织构中的<111>//ND取向的发达的效果。一般而言,在再结晶前的冷轧时在<111>//ND取向导入大量的应变,因此,与其它取向相比,蓄积的应变能处于较高的状态。因此,在以通常的升温速度进行加热的脱碳退火中,从所蓄积的应变能高的<111>//ND取向的轧制组织优先地引起再结晶。通过再结晶,从<111>//ND取向的轧制组织出现<111>//ND取向晶粒,因此<111>//ND取向成为主取向。但是,若进行快速加热,则赋予比通过再结晶而可释放的能量更多的热能,因而,即便是在所蓄积的应变能比较低的取向也可发生再结晶,因此再结晶后的<111>//ND取向相对地减少。这是进行现有技术的快速加热的原因。

[0036] 此处,在快速加热的途中,在发生恢复的温度下保持特定时间的情况下,应变能高的<111>//ND取向优先地发生恢复。因此,引起由<111>//ND取向的轧制组织生成的<111>//ND取向的再结晶的驱动力选择性地降低,其结果,其以外的取向引起再结晶,再结晶后的<111>//ND取向进一步相对地减少。但是,若保持时间超过10秒,则恢复在广泛的范围内发生,因此恢复组织直接残留,形成与一次再结晶组织不同的组织。其结果,认为对二次再结晶产生大幅的不良影响,引起铁损特性的降低。

[0037] 需要说明的是,根据上述考虑,认为:通过在加热途中的发生恢复的温度下进行短时间的保持从而使磁特性提高限定于比以往的使用辐射管等的升温速度($10 \sim 20^{\circ}C/秒$)更快的加热速度、具体而言升温速度为 $50^{\circ}C/秒$ 以上的情况。因此,本发明中,将脱碳退火的 $200^{\circ}C \sim 700^{\circ}C$ 的温度范围中的升温速度规定为 $50^{\circ}C/秒$ 以上。

[0038] 接着,对应用本发明的取向性电磁钢板的钢原材料(坯料)应当具有的优选成分组成进行说明。

[0039] C:0.002质量%~0.10质量%

[0040] C若小于0.002质量%,则C所引起的晶界强化效果丧失,坯料会产生裂纹等等,产生给制造带来麻烦的缺陷。另一方面,若超过0.10质量%,则在脱碳退火中难以降低到不发生磁时效的0.005质量%以下。因此,C优选为0.002质量%~0.10质量%的范围。更优选为0.010质量%~0.080质量%的范围。

[0041] Si:2.0质量%~8.0质量%

[0042] Si是对提高钢的电阻率、降低铁损而言所必要的元素。在小于2.0质量%时,上述

效果不充分;另一方面,若超过8.0质量%,则加工性降低,难以进行轧制制造。因此,Si优选为2.0质量%~8.0质量%的范围。更优选为2.5质量%~4.5质量%的范围。

[0043] Mn:0.005质量%~1.0质量%

[0044] Mn是对改善钢的热加工性而言所必要的元素。在小于0.005质量%时,上述效果不充分;另一方面,若超过1.0质量%,则制品板的磁通密度降低。因此,Mn优选为0.005质量%~1.0质量%的范围。更优选为0.02质量%~0.20质量%的范围。

[0045] 关于上述Si、C和Mn以外的成分,区分为为了产生二次再结晶而利用抑制剂的情况、和不利用抑制剂的情况。

[0046] 首先,在为了产生二次再结晶而利用抑制剂的情况下,例如,在利用AlN系抑制剂时,优选分别在Al:0.010质量%~0.050质量%、N:0.003质量%~0.020质量%的范围内含有Al和N。另外,在利用MnS·MnSe系抑制剂的情况下,优选含有上述量的Mn、与S:0.002质量%~0.030质量%和Se:0.003质量%~0.030质量%中的1种或2种。各添加量若少于上述下限值,则无法充分得到抑制剂效果;另一方面,若超过上限值,则抑制剂成分在坯料加热时未固溶而残存,会引起磁特性的降低。需要说明的是,AlN系与MnS·MnSe系的抑制剂也可以合用。

[0047] 另一方面,在为了产生二次再结晶而未利用抑制剂的情况下,优选极力降低上述作为抑制剂形成成分的Al、N、S和Se的含量,使用Al:降低为小于0.01质量%、N:降低为小于0.0050质量%、S:降低为小于0.0050质量%和Se:降低为小于0.0030质量%的钢原材料。

[0048] 本发明的取向性电磁钢板中的上述成分以外的剩余部分为Fe和不可避免的杂质。其中,出于改善磁特性的目的,还可以适当添加选自Ni:0.001质量%~0.015质量%、Sb:0.005质量%~0.50质量%、Sn:0.005质量%~0.50质量%、Bi:0.005质量%~0.50质量%、Mo:0.005质量%~0.100质量%、B:0.0002质量%~0.0025质量%、Te:0.0005质量%~0.010质量%、Nb:0.0010质量%~0.010质量%、V:0.001质量%~0.010质量%和Ta:0.001质量%~0.010质量%中的1种或2种以上。

[0049] 接着,对本发明的取向性电磁钢板的制造方法进行说明。

[0050] 利用常规方法的精炼工艺对具有上述成分组成的钢进行熔炼后,可以利用现有公知的铸锭-开坯轧制法或连续铸造法制造钢原材料(坯料),或者,可以利用直接铸造法制造厚度为100mm以下的薄铸片。关于上述坯料,根据常规方法,例如在含有抑制剂成分的情况下,加热至1400℃左右;另一方面,在不含抑制剂成分的情况下,加热至1250℃以下的温度后供至热轧。需要说明的是,在不含抑制剂成分的情况下,铸造后可以不加热而立即进行热轧。另外,在薄铸片的情况下,可以进行热轧,也可以省略热轧而直接进入之后的工序。

[0051] 接着,对于热轧得到的热轧板,根据需要实施热轧板退火。为了得到良好的磁特性,该热轧板退火的退火温度优选为800℃~1150℃的范围。这是因为,小于800℃时,热轧中形成的扁钢组织残留,难以得到成粒的一次再结晶组织,二次再结晶的发达受到阻碍。另一方面,若超过1150℃,则热轧板退火后的粒径过于粗大化,依然难以得到成粒的一次再结晶组织。

[0052] 对于热轧后或热轧板退火后的热轧板,进行1次冷轧或夹着中间退火的2次以上的冷轧,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。小于900℃时,中间退火后的再结晶晶粒变细,进而一次再结晶组织中的高斯核减少,具有制

品板的磁特性降低的倾向。另一方面,若超过1200℃,则与热轧板退火时同样,晶粒过于粗大化,难以得到成粒的一次再结晶组织。

[0053] 另外,关于制成最终板厚的冷轧(最终冷轧),使冷轧时的钢板温度上升至100℃~300℃而进行时、或者在冷轧的途中以100℃~300℃的温度实施1次或多次时效处理时,对于改善一次再结晶组织、提高磁特性是有效的。

[0054] 对于制成最终板厚的冷轧板,之后实施兼带一次再结晶退火的脱碳退火。从脱碳性的观点出发,该脱碳退火优选退火温度为800℃~900℃的范围,另外,优选气氛为湿润气氛。但是,在使用不需要脱碳的仅含有0.005质量%以下的C的钢原材料的情况下,则不限于此。需要说明的是,一次再结晶退火也可以与脱碳退火分开进行。

[0055] 此处,本发明中重要的是,需要在上述脱碳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,同时在250℃~600℃间的任一温度下实施1秒~10秒的保持处理。

[0056] 此处,如上所述,上述200℃~700℃的区间中的升温速度(50℃/秒以上)是去掉进行保持的时间外的时间下的升温速度。

[0057] 另外,在250℃~600℃间的保持只要在上述温度范围中的任一温度下进行即可,上述温度未必是一定的,若为10℃/秒以下的低速升温,则可以得到与保持同样的效果,因此也可以为10℃/秒以下的低速升温。

[0058] 对于实施了脱碳退火的钢板,之后,在重视铁损特性而形成镁橄榄石覆膜的情况下,将以MgO为主体的退火分离剂涂布至钢板表面并进行干燥后,实施精制退火,使在高斯取向高度集中的二次再结晶组织发达,同时形成镁橄榄石覆膜。另一方面,在重视冲切性而不形成镁橄榄石覆膜的情况下,优选不应用退火分离剂,或者使用以二氧化硅或氧化铝等为主体的退火分离剂来实施精制退火。需要说明的是,关于退火分离剂的涂布,在不形成镁橄榄石覆膜的情况下,进行不引入水分的静电涂布也是有效的。另外,也可以代替退火分离剂而使用耐热无机材料片(二氧化硅、氧化铝、云母)。

[0059] 关于精制退火的退火温度,在形成镁橄榄石覆膜的情况下,为了表现出二次再结晶而优选在800℃以上进行;另外,为了使二次再结晶结束而优选在800℃以上的温度下保持20小时以上。另一方面,在不形成镁橄榄石覆膜的情况下,只要二次再结晶结束即可,因而退火温度优选为850℃~950℃的范围,还可以在该温度区域仅通过保持数小时以上而结束精制退火。需要说明的是,为了重视铁损特性而实施纯化处理的情况下、或为了降低变压器的噪音而形成镁橄榄石覆膜的情况下,优选升温至1200℃左右的温度。

[0060] 对于精制退火后的钢板,之后进行用于除去附着于钢板表面的未反应的退火分离剂的水洗或刷净、酸洗等,之后实施平坦化退火而进行形状矫正,这对铁损的降低是有效的。这是因为,精制退火一般以卷材状态进行,因此会带有卷材的卷绕褶,该卷绕褶有时会导致铁损测定时特性劣化。此外,在将钢板层积使用的情况下,在上述平坦化退火之前或之后,在钢板表面覆盖形成绝缘覆膜是有效的,特别是为了实现铁损的降低,作为绝缘覆膜,优选应用能够对钢板赋予张力的张力赋予覆膜。需要说明的是,在张力赋予覆膜的形成中,若采用通过粘结剂涂布张力覆膜的方法、或通过物理蒸镀法或化学蒸镀法在钢板表层蒸镀无机物的方法,则可以形成覆膜密合性优异、且铁损降低效果显著大的绝缘覆膜,因而优选。

[0061] 另外,为了进一步降低铁损,优选实施磁畴细化处理。作为处理方法,可以使用通常所实施的那样的方法:在最终制品板形成槽,或通过激光照射、电子束照射、等离子体照射而以线状或点状导入热应变或冲击应变的方法;对冷轧成最终板厚的钢板等中间工序的钢板表面实施蚀刻加工而形成槽的方法;等等。

[0062] 实施例1

[0063] 利用连续铸造法制造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%、N:0.012质量%、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢坯,加热至1420℃的温度后,进行热轧,制成板厚为2.4mm的热轧板,在实施1000℃×50秒的热轧板退火后,通过一次冷轧制成1.8mm的中间板厚,在实施1100℃×20秒的中间退火后,进行二次冷轧而精制成最终板厚为0.27mm的冷轧板。

[0064] 之后,在50vol%H₂-50vol%N₂的湿润气氛下实施840℃×100秒的脱碳退火。此时,如表1中记载的那样变化至850℃为止的升温过程中的200℃~700℃间的升温速度,同时,在该升温途中,实施在表1中记载的温度和时间下进行保持的处理。

[0065] 接着,将以MgO为主体的退火分离剂涂布至钢板表面并进行干燥,之后进一步实施伴随1200℃×10小时的纯化处理的精制退火。关于精制退火的气氛,在进行纯化处理的1200℃保持时为H₂,在升温时和降温时为N₂。

[0066] 【表1】

[0067]

No.	脱碳退火的加热条件				铁损W _{17/50} (W/kg)	备注
	200℃-700℃间的 升温速度 (℃/秒)	保持处理				
		保持的 有无	保持温度 (℃)	保持时间 (秒)		
1	<u>10</u>	<u>无</u>	-	-	0.901	比较例
2	<u>10</u>	有	400	3	0.911	比较例
3	<u>25</u>	<u>无</u>	-	-	0.892	比较例
4	<u>25</u>	有	<u>200</u>	3	0.890	比较例
5	<u>25</u>	有	400	3	0.901	比较例
6	<u>25</u>	有	600	3	0.956	比较例
7	<u>50</u>	<u>无</u>	-	-	0.877	比较例
8	<u>50</u>	有	<u>200</u>	3	0.882	比较例
9	50	有	400	3	0.863	发明例
10	50	有	600	3	0.865	发明例
11	100	<u>无</u>	-	-	0.874	比较例
12	100	有	<u>200</u>	3	0.875	比较例
13	100	有	250	3	0.859	发明例
14	100	有	300	3	0.855	发明例
15	100	有	400	<u>0.5</u>	0.875	比较例
16	100	有	400	1	0.851	发明例
17	100	有	400	2	0.861	发明例
18	100	有	400	3	0.859	发明例
19	100	有	400	5	0.854	发明例
20	100	有	400	10	0.866	发明例
21	100	有	400	<u>20</u>	0.922	比较例
22	100	有	400	<u>60</u>	0.970	比较例
23	100	有	500	3	0.857	发明例
24	100	有	600	3	0.857	发明例
25	100	有	<u>650</u>	3	0.888	比较例
26	200	<u>无</u>	-	-	0.870	比较例
27	200	有	<u>200</u>	3	0.879	比较例
28	200	有	400	3	0.863	发明例
29	200	有	600	3	0.859	发明例

[0067] 在各条件下,从如上所述得到的精制退火后的钢板中在钢板宽度方向分别采集10片宽100mm的试验片,利用JIS C2556中记载的方法测定铁损 $W_{17/50}$,求出平均值。将其结果一并记于表1。由该表可知,通过应用本发明,可得到铁损低的取向性电磁钢板。

[0069] 实施例2

[0070] 利用连续铸造法制造具有表2中记载的成分组成、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢坯,加热至1380℃的温度后,进行热轧而制成板厚为2.0mm的热轧板,在实施1030℃×10秒的热轧板退火后,进行冷轧,精制成最终板厚为0.23mm的冷轧板。之后,在50vol%H₂-50vol%N₂的湿润气氛下实施兼带840℃×60秒的一次再结晶退火的脱碳退火。此时,将至840℃为止的升温过程中的200℃~700℃间的升温速度设为75℃/秒,进而在该升温途中的450℃的温度下实施1.5秒的保持处理。

[0071] 接着,将以MgO为主体的退火分离剂涂布至钢板表面并进行干燥,之后进一步实施伴随1220℃×4小时的纯化处理的精制退火。关于精制退火的气氛,在进行纯化处理的1220

℃保持时为H₂,在升温时和降温时为Ar。

[0072]

【表 2】

No.	化 学 成 分 组 成(质量%)								铁损W _{17/50} (W/kg)	备注
	C	Si	Mn	Al	N	Se	S	其它		
1	0.055	3.25	0.06	-	-	-	-	-	0.855	发明例
2	0.044	3.38	0.15	0.007	0.003	-	0.002	-	0.842	发明例
3	0.078	3.41	0.08	0.021	0.008	0.015	0.002	-	0.808	发明例
4	0.222	3.22	0.15	-	-	-	-	-	1.556	比较例
5	0.052	0.85	0.16	-	-	-	-	-	1.020	比较例
6	0.053	3.25	1.51	-	-	-	-	-	1.003	比较例
7	0.050	3.25	0.08	-	-	0.020	-	-	0.854	发明例
8	0.040	3.25	0.07	-	-	0.020	0.005	Sb:0.025	0.842	发明例
9	0.066	2.84	0.11	0.019	0.008	0.012	-	Sb:0.022、Cu:0.11、P:0.009	0.839	发明例
10	0.041	3.01	0.05	0.011	0.006	-	0.004	Ni:0.20、Cr:0.05、Sb:0.02、Sn:0.05	0.822	发明例
11	0.006	3.20	0.34	0.005	0.003	-	-	Bi:0.022、Mo:0.05、B:0.0018	0.857	发明例
12	0.022	2.55	0.04	-	-	-	0.004	Te:0.0020、Nb:0.0050	0.838	发明例
13	0.044	3.33	0.12	0.036	0.003	0.010	0.005	V:0.005、Ta:0.005	0.815	发明例
14	0.085	3.23	0.08	0.030	0.010	-	-	P:0.12、Mo:0.08	0.816	发明例
15	0.150	3.41	0.11	0.015	0.007	0.014	0.003	-	1.653	比较例
16	0.045	0.18	0.22	-	-	0.025	0.010	-	3.505	比较例
17	0.008	3.20	1.23	0.021	0.011	-	-	-	1.399	比较例

[0073] 在各条件下,从如上所述得到的精制退火后的钢板中在钢板宽度方向分别采集10片宽100mm的试验片,利用JIS C2556中记载的方法测定铁损W_{17/50},求出平均值。将其结果一并记于表2。由该表可知,在适合本发明的条件下得到了铁损低的取向性电磁钢板。

[0074] 工业实用性

[0075] 本发明的技术还可以适用于汽车用钢板等的织构控制中。

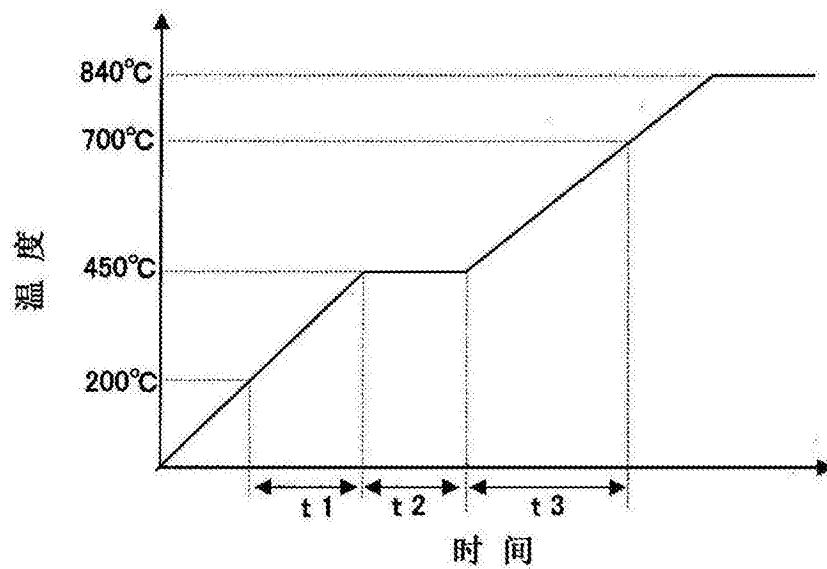


图1

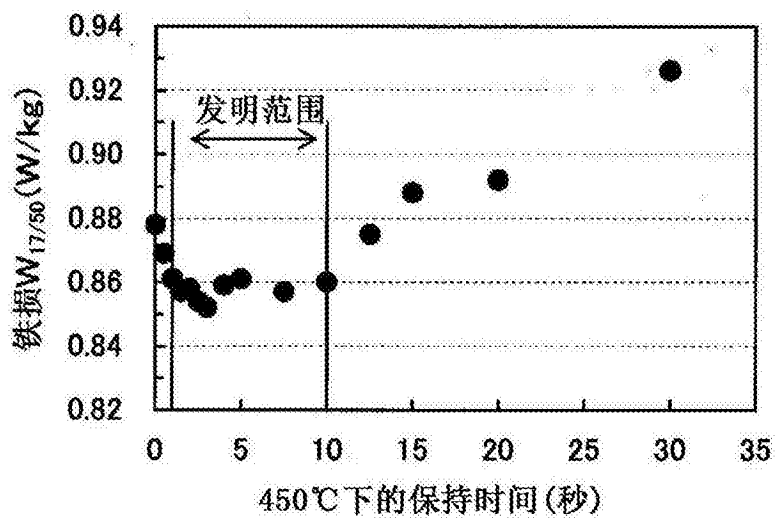


图2

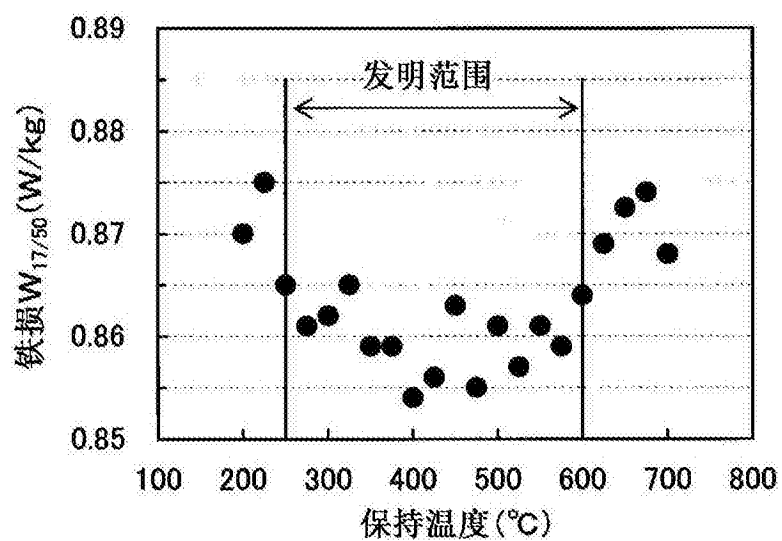


图3