(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 117561342 A
(43)申请公布日 2024.02.13

(21)申请号 202280045169.1
(22)申请日 2022.06.30
(30)优先权数据
2021-109719 2021.06.30 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.12.25
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/026421 2022.06.30
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/277169 JA 2023.01.05
(71)申请人 杰富意钢铁株式会社
地址 日本东京都
(72)发明人 下山祐介 新垣之启 山口广
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 王洋
(51)Int.Cl.
C21D 8/12(2006.01)

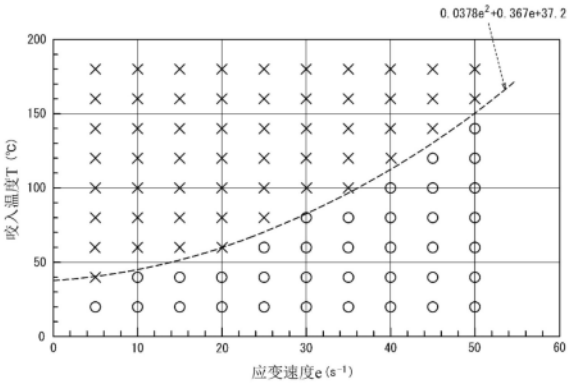
权利要求书1页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

取向性电磁钢板的制造方法和取向性电磁钢板制造用轧制设备

(57)摘要

本发明提供能够利用连轧机稳定地制造铁损的偏差小的低铁损的取向性电磁钢板的取向性电磁钢板的制造方法。一种取向性电磁钢板的制造方法,对钢坯材进行热轧而制成热轧钢板,对上述热轧钢板实施1次或隔着中间退火的2次以上的冷轧而制成具有最终板厚的冷轧板,接着对上述冷轧板实施脱碳退火,然后实施二次再结晶退火;最终冷轧使用连轧机,将钢板加热到70℃~200℃的温度区域,然后导入上述连轧机的第1道次,该第1道次的轧制中,咬入温度T(℃)和应变速度e(s^{-1})满足下式(1)。$0.0378e^2+0.367e+37.2>T$ ····(1)。



CN 117561342 A

1.一种取向性电磁钢板的制造方法,对钢坯材进行热轧而制成热轧钢板,对所述热轧钢板实施1次或隔着中间退火的2次以上的冷轧而制成具有最终板厚的冷轧板,接着对所述冷轧板实施脱碳退火,然后实施二次再结晶退火,

所述1次或2次以上的冷轧中,在所述1次的情况下将该冷轧定义为最终冷轧,在所述2次以上的情况下将最终次的冷轧定义为最终冷轧时,

所述最终冷轧使用连轧机,将钢板加热到70℃~200℃的温度区域,然后导入所述连轧机的第1道次,该第1道次的轧制中,咬入温度T和应变速度e满足下式(1),其中,咬入温度T的单位为℃,应变速度e的单位为s^{-1},

$0.0378e^2+0.367e+37.2>T$ ・・・・(1)。

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,所述脱碳退火是在400℃~700℃之间以200℃/s以上的升温速度加热。

3.根据权利要求1或2所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,所述钢坯材具有如下成分组成:以质量%计含有C:0.01~0.10%、Si:2.0~4.5%、Mn:0.01~0.50%、Al:0.0100~0.0400%、S和Se中的任1种或2种的合计:0.01~0.05%、以及N:0.0050~0.0120%,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

4.根据权利要求1或2所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,所述钢坯材具有如下成分组成:以质量%计含有C:0.01~0.10%、Si:2.0~4.5%、Mn:0.01~0.50%、Al:小于0.0100%、S:0.0070%以下、Se:0.0070%以下和N:0.0050%以下,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

5.根据权利要求3或4所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,所述钢坯材以质量%计进一步含有选自Sb:0.005~0.500%、Cu:0.01~1.50%、P:0.005~0.500%、Cr:0.01~1.50%、Ni:0.005~1.500%、Sn:0.01~0.50%、Nb:0.0005~0.0100%、Mo:0.01~0.50%、B:0.0010~0.0070%和Bi:0.0005~0.0500%中的1种或2种以上。

6.一种取向性电磁钢板制造用轧制设备,具有配置于取向性电磁钢板的生产线上的连轧机、以及在所述连轧机的第1机架的入口侧从所述生产线的上游侧依次配置的加热装置和冷却装置。

7.根据权利要求6所述的取向性电磁钢板制造用轧制设备,其中,所述加热装置具有向所述生产线上的钢板喷射高温液体的功能,所述冷却装置具有向所述生产线上的钢板喷射低温液体的功能。

取向性电磁钢板的制造方法和取向性电磁钢板制造用轧制设备

技术领域

[0001] 本发明涉及取向性电磁钢板的制造方法和该方法中使用的取向性电磁钢板制造用轧制设备。

背景技术

[0002] 取向性电磁钢板是作为变压器、发电机的铁芯材料使用的软磁性材料,是具有铁的易磁化轴即{110}＜001＞取向(高斯取向)在钢板的轧制方向上高度一致的结晶组织的磁特性优异的钢板。

[0003] 作为提高向高斯取向的集成的方法,例如在专利文献1中公开了对冷轧中的冷轧板在低温下进行热处理并实施时效处理的方法。另外,在专利文献2中公开了如下技术:使热轧板退火或最终冷轧前的中间退火时的冷却速度为30℃/s以上,进一步在最终冷轧中在板温150～300℃下进行2次以上的2分钟以上的道次间时效。此外,在专利文献3中公开了利用动态应变时效的技术,其通过提高轧制中的钢板温度进行温轧,使轧制时引入的位错立即用C、N固定。

[0004] 这些专利文献1～3记载的技术都是通过在冷轧前、轧制中或轧制的道次间将钢板温度保持在适当温度,从而使作为固溶元素的碳(C)、氮(N)在低温下扩散,将冷轧中引入的位错固定,抑制此后的轧制中的位错的移动,进一步引起剪切变形,改善轧制织构。通过这些技术的应用,在一次再结晶板的时刻形成大量的高斯取向晶种。这些高斯取向晶种在二次再结晶时晶粒生长,由此能够提高二次再结晶后向高斯取向的集成。

[0005] 另外,作为进一步提高上述应变时效的效果的技术,在专利文献4中公开了如下技术:在冷轧工序的最终冷轧之前的退火工序中,在钢中析出微细碳化物,将该最终轧制分为前半部和后半部两部分,在前半部在压下率30～75%的范围在140℃以下的低温下,在后半部使至少2次的压下道次在150～300℃的高温下,并且在将前半部、后半部合计的总压下率80～95%下进行轧制,由此稳定地得到高斯取向高度集成的材料。另外,在专利文献5中公开了如下技术:在连轧进行的冷轧之前在施加0.5kg/mm^{2}以上的张力下,在50～150℃下实施30秒～30分钟的热处理,由此在钢中析出微细碳化物。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:日本特开昭50－016610号公报

[0009] 专利文献2:日本特开平08－253816号公报

[0010] 专利文献3:日本特开平01－215925号公报

[0011] 专利文献4:日本特开平09－157745号公报

[0012] 专利文献5:日本特开平04－120216号公报

发明内容

[0013] 近年来,由于社会对节能的要求,低铁损的取向性电磁钢板的需求不断提高,需要开发稳定地大量制造低铁损的取向性电磁钢板的技术。

[0014] 这里,连轧机与像森吉米尔(Sendzimir)那样的可逆式轧机相比,每小时的处理量大,有利于取向性电磁钢板的大量制造。在专利文献1和2公开的在轧制中实施道次间时效的技术中,如连轧那样各道次间的距离短且线速度快时,不能达到这些技术所期望的效果。另外,在专利文献3公开的在连轧机入口侧加热进行轧制的方法中,其铁损改善效果不充分。下面阐述其原因。认为一次再结晶高斯取向晶粒是从引入到作为轧制稳定取向之一的{111}<112>基体组织内的剪切带成核。认为由于{111}<112>基体组织通过低温下的冷轧而发展,所以在连轧机入口侧加热进行轧制的方法中,不能充分形成{111}<112>基体组织,结果一次再结晶高斯取向晶粒的量不足。

[0015] 另外,在专利文献4和5记载的在最终冷轧前的退火工序中进行碳化物析出处理的技术中,碳化物根据从析出处理后到最终冷轧为止的经过时间而粗大化,因此因时间的变动而织构发生变化,结果存在产品卷材的铁损的偏差变大的问题。

[0016] 因此,本发明的目的在于解决上述现有技术存在的问题,提供能够利用连轧机稳定地制造铁损的偏差小的低铁损的取向性电磁钢板的取向性电磁钢板的制造方法和该方法中使用的轧制设备。

[0017] 为了解决上述问题,发明人等对在取向性电磁钢板的一系列工序中在冷轧前进行热处理的方法反复深入研究。以下,对达到本发明的实验结果进行说明。

[0018] 将由如下成分组成构成的钢坯加热到1210℃后进行热轧,制成板厚2.0mm的热轧板,上述成分组成以质量%计含有C:0.037%、Si:3.4%和Mn:0.05%,以质量ppm计含有各31ppm的S和Se、50ppm的N、85ppm的sol.Al,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。对上述热轧板实施1000℃×60秒的热轧板退火,接着以20℃/s从800℃冷却到350℃,然后卷绕成卷材。将得到的热轧退火板使用连轧机(辊径300mm、机架数5),通过1次连轧制成0.20mm的板厚的冷轧板。

[0019] 此时,通过设置在从轧制机的开卷机到第1道次的轧制机架之间的加热装置,将热轧退火板加热到如表1所示的50℃~250℃的各种温度。加热后,制作了如下两种卷材:以串列式第1道次中的应变速度为25s^{-1}的方式调节辊速度并直接在原温度下咬入第1道次的轧制机架的卷材和将钢板温度冷却到室温(25℃)后咬入的卷材。另外,还制作了不加热钢板而在室温下咬入第1道次的卷材。

[0020] 然后,对上述冷轧板实施均热温度840℃、均热时间100秒的兼作脱碳退火的一次再结晶退火后,在钢板表面涂布以MgO为主要成分的退火分离剂,接着实施最终退火进行二次再结晶。在上述最终退火后的钢板表面涂布以质量比3:1:2含有磷酸盐-铬酸盐-胶体二氧化硅的涂布液,实施800℃×30秒的平坦化退火,制成产品卷材。

[0021] 对产品卷材分别测定在相同条件下制作的10个卷材的铁损,求出它们的平均值和标准偏差。铁损的测定是通过以总重量成为500g以上的方式从卷材的长度中央部切出试样,实施爱泼斯坦试验来进行。将该铁损的测定结果与上述加热温度和第1道次的咬入温度一并示于表1。

[0022] [表1]

[0023] 表1

[0024]

条件No.	加热温度 (℃)	第一道次咬入温度 (℃)	铁损 $W_{17/50}$ (W/kg)	标准偏差
1	无加热	25	1.10	0.13
2	50	50	1.08	0.11
3	50	25	1.10	0.10
4	60	60	1.10	0.12
5	60	25	1.09	0.09
6	70	70	0.95	0.06
7	70	25	0.90	0.04
8	80	80	1.05	0.03
9	80	25	0.88	0.02
10	90	90	1.13	0.04
11	90	25	0.87	0.04
12	100	100	1.09	0.05
13	100	25	0.85	0.03
14	125	125	1.07	0.02
15	125	25	0.86	0.02
16	150	150	1.20	0.04
17	150	25	0.82	0.03
18	175	175	1.25	0.05
19	175	25	0.79	0.04
20	200	200	因轧制中途断裂而无法评价	
21	200	25	0.80	0.04
22	225	225	因轧制中途断裂而无法评价	
23	225	25	1.05	0.05
24	250	250	因轧制中途断裂而无法评价	
25	250	25	1.21	0.04

[0025] 由表1可知,当冷轧时从开卷机送出并在咬入第1道次之前将钢板加热到70℃～200℃的温度区域的加热温度时(对于200℃下的加热,为第1道次咬入温度25℃时),铁损的偏差变小。此外可知当在将钢板加热到70℃～200℃的温度区域后使咬入第1道次时的咬入温度为低温(25℃)时,成为更低铁损。

[0026] 上述实验中铁损降低、铁损的偏差得到改善的机理尚不清楚,但发明人等认为如下。

[0027] 作为铁损的偏差得到改善的机理,认为是因为:冷轧时,通过从开卷机送出并在咬入第1道次之前对钢板进行加热,从加热后到咬入第1道次为止的时间是恒定的,能够抑制因加热而析出的微细碳化物的经时变化。另外,对于在加热后咬入第1道次之前使钢板温度为低温时成为低铁损的机理,认为如下。认为一次再结晶高斯取向晶粒是从引入到作为轧制稳定取向之一的{111}＜112＞基体组织内的剪切带成核的。

[0028] 因此,如上述实验,认为通过钢板加热而使碳化物微细析出,并且咬入时的温度设为低温,通过低温的轧制加工来形成{111}＜112＞基体组织,同时通过微细碳化物局部促进剪切带的形成,由此有效地增加了高斯取向晶粒。

[0029] 另外,发明人等对最终冷轧第1道次的咬入温度与该第1道次的应变速度的关系也进行了研究。以下说明实验的详细情况。

[0030] 即,对上述实验中制作的热轧板实施1000℃×60秒的热轧板退火,接着以20℃/s

从800℃冷却到350℃,然后卷绕成卷材。将得到的热轧退火板使用连轧机(辊径300mm、机架数5),通过1次连轧制成0.20mm的板厚的冷轧板。此时,通过设置在从轧制机的开卷机到第1道次的轧制机架之间的加热装置,将钢板加热到100℃。然后,使咬入温度在20℃～180℃进行各种变化使其咬入,同时使串列式第1道次中的应变速度在0～50s^{-1}变化。另外,还制作了不加热钢板而在室温下咬入第1道次的卷材。

[0031] 然后,对上述冷轧板实施均热温度840℃、均热时间100秒的兼作脱碳退火的一次再结晶退火后,在钢板表面涂布以MgO为主要成分的退火分离剂,接着实施最终退火进行二次再结晶。在上述最终退火后的钢板表面涂布以质量比3:1:2含有磷酸盐－铬酸盐－胶体二氧化硅的涂布液,实施800℃×30秒的平坦化退火,制成产品卷材。

[0032] 对产品卷材分别测定在相同条件下制作的10个卷材的铁损,求出它们的平均值和标准偏差。铁损的测定是通过以总重量成为500g以上的方式从卷材的长度中央部切出试样并实施爱泼斯坦试验而进行的。将该铁损的测定结果通过与上述咬入温度T(℃)和应变速度e(s^{-1})的关系进行整理而得的结果示于图1。应予说明,将铁损的平均值为0.9W/kg以下且标准偏差为0.05W/kg以下的结果表示为“○”,将除此之外的结果表示为“×”。

[0033] 由图1可知,在应变速度e(s^{-1})和第1道次的咬入温度T(℃)满足下式的条件下,为低铁损,并且卷材之间的铁损的偏差小。

[0034] $0.0378e^2+0.367e+37.2>T$

[0035] 基于这些见解,进一步进行研究,完成了本发明。

[0036] 即,本发明的主旨如下。

[0037] [1]一种取向性电磁钢板的制造方法,对钢坯材进行热轧而制成热轧钢板,对上述热轧钢板实施1次或隔着中间退火的2次以上的冷轧而制成具有最终板厚的冷轧板,接着对上述冷轧板实施脱碳退火,然后实施二次再结晶退火,

[0038] 上述1次或2次以上的冷轧中,在上述1次的情况下将该冷轧定义为最终冷轧,在上述2次以上的情况下将最终次的冷轧定义为最终冷轧时,

[0039] 上述最终冷轧使用连轧机,将钢板加热到70℃～200℃的温度区域,然后导入到上述连轧机的第1道次,该第1道次的轧制中,咬入温度T(℃)与应变速度e(s^{-1})满足下式(1)。

[0040] $0.0378e^2+0.367e+37.2>T$ ・・・・(1)

[0041] [2]根据上述[1]所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,上述脱碳退火在400℃～700℃之间以200℃/s以上的升温速度加热。

[0042] [3]根据上述[1]或[2]所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,上述钢坯材具有如下成分组成:以质量%计含有C:0.01～0.10%、Si:2.0～4.5%、Mn:0.01～0.50%、Al:0.0100～0.0400%、S和Se中的任1种或2种的合计:0.01～0.05%以及N:0.0050～0.0120%,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0043] [4]根据上述[1]或[2]所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,上述钢坯材具有如下成分组成:以质量%计含有C:0.01～0.10%、Si:2.0～4.5%、Mn:0.01～0.50%、Al:小于0.0100%、S:0.0070%以下、Se:0.0070%以下和N:0.0050%以下,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0044] [5]根据上述[3]或[4]所述的取向性电磁钢板的制造方法,其中,上述钢坯材以质量%计进一步含有选自Sb:0.005～0.500%、Cu:0.01～1.50%、P:0.005～0.500%、Cr:

0.01～1.50%、Ni:0.005～1.500%、Sn:0.01～0.50%、Nb:0.0005～0.0100%、Mo:0.01～0.50%、B:0.0010～0.0070%和Bi:0.0005～0.0500%中的1种或2种以上。

[0045] [6]一种取向性电磁钢板制造用轧制设备,具有配置于取向性电磁钢板的生产线上的连轧机、以及在上述连轧机的第1机架的入口侧从上述生产线的上游侧依次配置的加热装置和冷却装置。

[0046] [7]根据上述[6]所述的取向性电磁钢板制造用轧制设备,其中,上述加热装置具有向上述生产线上的钢板喷射高温液体的功能,上述冷却装置具有向上述生产线上的钢板喷射低温液体的功能。

[0047] 根据本发明,能够使用连轧机稳定地制造磁特性优异且卷材间的铁损偏差小的取向性电磁钢板。

附图说明

[0048] 图1是表示将铁损的测定结果通过与咬入温度T(℃)和应变速度e(s^{-1})的关系进行整理而得的结果的图。

[0049] 图2是表示将铁损的测定结果通过与咬入温度T(℃)和应变速度e(s^{-1})的关系进行整理而得的结果的图。

具体实施方式

[0050] 以下详细说明本发明。

[0051] ＜钢坯材＞

[0052] 作为本发明的制造方法中的钢坯材,除了板坯以外,还可以使用大方坯(bloom)、小方坯(billet)。例如,钢坯可以使用通过公知的制造方法制造的坯材。作为钢坯材的制造方法,例如可举出炼钢—连续铸造、开坯—分块轧制法等。在炼钢中,可以将转炉、电炉等中得到的钢水通过真空脱气等二次精炼来制成所期望的成分组成。

[0053] 钢坯材的成分组成可以为取向性电磁钢板制造用的成分组成,作为取向性电磁钢板用的成分组成,可以是公知的。从制造具有优异的磁特性的取向性电磁钢板的观点出发,优选含有C、Si和Mn。作为C、Si和Mn的优选含量,可举出以下。这里,除非另有说明,否则关于成分组成的“%”表示是指“质量%”。

[0054] C:0.01～0.10%

[0055] C是通过析出微细碳化物而有助于改善一次再结晶织构的元素。如果超过0.10%,则可能难以降低到不因脱碳退火而引起磁时效的0.0050%以下。另一方面,如果小于0.01%,则可能微细碳化物的析出量不足,织构改善效果不充分。因此,C含量优选为0.01～0.10%。更优选为0.01～0.08%。

[0056] Si:2.0～4.5%

[0057] Si是对提高钢的电阻、改善铁损有效的元素。如果Si的含量超过4.5%,则加工性显著降低,因此可能难以轧制制造。另一方面,如果小于2.0%,则可能难以得到充分的铁损降低效果。因此,Si含量优选为2.0～4.5%。更优选为2.5～4.5%。

[0058] Mn:0.01～0.50%

[0059] Mn是改善热加工性所需的元素。如果Mn含量超过0.50%,则可能一次再结晶织构

劣化,难以得到高斯取向高度集成的二次再结晶晶粒。另一方面,如果小于0.01%,则可能难以得到充分的热轧加工性。因此,Mn含量优选为0.01~0.50%。更优选为0.03~0.50%。

[0060] 除了上述C、Si和Mn之外,钢坯材的成分组成还可以含有Al:0.0100~0.0400%和N:0.0050~0.0120%作为二次再结晶中的抑制剂成分。即,如果Al含量和N含量不足上述下限,则可能难以得到规定的抑制剂效果。另一方面,如果超过上述上限,则析出物的分散状态可能变得不均匀,还是可能难以得到规定的抑制剂效果。

[0061] 进而,除了Al、N,作为抑制剂成分还可以含有S和Se中的任1种或2种的合计:0.01~0.05%。通过含有它们,能够形成硫化物(MnS、Cu_2S等)、硒化物(MnSe、Cu_2Se等)。硫化物、硒化物也可以复合析出。这里,如果S含量和Se含量不足上述下限,则可能难以充分得到作为抑制剂的效果。另一方面,如果超过上述上限,则析出物的分散可能变得不均匀,还是可能难以充分得到抑制剂效果。

[0062] 另外,作为成分组成,还可以将Al含量抑制为小于0.0100%,适合于无抑制剂体系。在这种情况下,可以为N:0.0050%以下、S:0.0070%以下、Se:0.0070%以下。

[0063] 另外,为了改善磁特性,除了上述成分组成之外,还可以含有选自Sb:0.005~0.500%、Cu:0.01~1.50%、P:0.005~0.500%、Cr:0.01~1.50%、Ni:0.005~1.500%、Sn:0.01~0.50%、Nb:0.0005~0.0100%、Mo:0.01~0.50%、B:0.0010~0.0070%和Bi:0.0005~0.0500%中的1种或2种以上。Sb、Cu、P、Cr、Ni、Sn、Nb、Mo、B和Bi是对提高磁特性有用的元素,从不阻碍二次再结晶晶粒的发展并充分得到磁特性提高效果的观点出发,在含有的情况下,优选为上述范围内。

[0064] 钢坯材的成分组成中的除上述成分以外的剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0065] <制造工序>

[0066] 本发明的制造方法例如对钢坯进行热轧而制成热轧板。钢坯可以在加热后供于热轧。从确保热轧性的观点出发,此时的加热温度优选为1050℃左右以上。加热温度的上限没有特别限定,但超过1450℃的温度接近钢的熔点,难以保持板坯的形状,因此优选为1450℃以下。

[0067] 除此之外的热轧条件没有特别限定,可以应用公知的条件。

[0068] 应予说明,在进行2次以上的上述冷轧的情况下,可以根据需要对热轧板实施热轧板退火。此时,退火条件没有特别限定,可以应用公知的条件。根据需要,也可以在实施热轧板退火后、冷轧前通过酸洗等实施脱氧化皮。

[0069] 在冷轧工序中,可以通过1次冷轧而制成最终板厚的冷轧板,或者也可以实施隔着中间退火的2次以上的冷轧而制成最终板厚的冷轧板。冷轧的总压下率没有特别限定,可以为70%~95%。在本发明中,需要如后所述地控制最终冷轧。应予说明,最终冷轧的压下率没有特别限定,可以为60%~95%。最终板厚没有特别限定,例如可以为0.1mm~1.0mm。

[0070] 这里,“最终冷轧”是指上述1次或2次以上的冷轧中最后进行的冷轧。例如,在仅进行1次冷轧的1次法的情况下,该1次冷轧为最终冷轧。在进行2次冷轧的2次法的情况下,第二次的冷轧为最终冷轧。同样地,在进行3次以上冷轧的情况下,最终次的冷轧为最终冷轧。

[0071] 最终冷轧用连轧机进行,在将钢板从开卷机送出并导入到最终冷轧的第1道次时,将钢板加热到70℃~200℃后咬入第1道次,该第1道次的轧制中,重要的是应变速度e(s^{-1})和咬入温度T(℃)满足下式(1)。

[0072] $0.0378e^2+0.367e+37.2>T$ ・・・・(1)

[0073] 首先,最终冷轧的钢板加热温度为70℃～200℃。即,如果加热温度小于70℃,则微细碳化物不充分析出,另一方面,如果超过200℃,则碳的扩散速度变得过大,粗大的碳化物析出,由此通过应变时效改善织构的效果消失,磁性劣化。加热温度优选为100℃～170℃。

[0074] 进而,第1道次的轧制中,重要的是应变速度e(s^{-1})和咬入温度T(℃)满足上式(1)。即,通过第1道次中的轧制满足上式(1),实现低温或高应变速度下的轧制,结果可以形成作为轧制稳定取向的{111}<112>基体组织。在不满足上式(1)的条件的轧制条件下,不能充分形成{111}<112>基体组织,失去织构改善效果。

[0075] 这里,上式(1)中的咬入温度T(单位为℃)是指即将咬入轧机之前的钢板的温度,可以通过用接触温度计或辐射温度计测定来求出。另外,应变速度e(单位为s^{-1})是指轧制中的标称应变的时间变化量,可以简单地通过下述式求出。

[0076] $$(t0-t1)/t0/(\sqrt{R\times(t0-t1)}/v)$$

[0077] 这里,t0:轧机入口的板厚(单位为mm),t1:轧机出口的板厚(单位为mm),v:轧机入口的钢板速度(单位为mm/s)和R:工作辊直径(单位为mm)。

[0078] 这些可以通过在咬入之前喷射的钢板冷却用的冷却液的液量、温度等、或者工作辊直径、压下率、轧机通过速度等来控制。

[0079] 最终冷轧前的钢板的加热方法没有特别限定,可举出空气浴、油浴、砂浴、感应加热、向钢板喷射加热的润滑油、热水等,但由于在连轧机的入口侧进行加热,所以优选能够在短时间内加热的方法。应予说明,加热温度为加热装置的出口侧的钢板温度。

[0080] 最终冷轧前的加热后的冷却方法没有特别限定,可举出冷却液吹送、冷却辊、油浴等,但由于在连轧机的入口侧进行冷却,所以需要在短时间内进行冷却。

[0081] 为了实施上述冷轧,本发明中使用的连轧机需要在第1机架的入口侧具备加热装置以及在该加热装置的出口侧具备冷却装置。作为加热装置,其加热形式没有特别限定,但向钢板喷射作为高温液体的加热的润滑油、热水因为容易实施而优选。同样地,作为冷却装置,其冷却形式没有特别限定,但作为低温液体的冷却液吹送因为容易实施而优选。

[0082] 可以在冷轧中插入时效处理等热处理或温轧,但优选上述专利文献4记载的将最终轧制分为前半部和后半部两部分,在前半部在低温下,在后半部在高温下进行轧制的方法。认为这是因为一次再结晶高斯取向晶粒是从引入到作为轧制稳定取向之一的{111}<112>基体组织内的剪切带成核的。由于{111}<112>基体组织通过低温下的冷轧而发展,所以能够通过在前半部在低温下进行轧制来形成大量的{111}<112>基体组织,接着通过在高温下进行轧制来有效地形成高斯取向再结晶核。

[0083] 在本发明的取向性电磁钢板的制造方法中,可以将按照上述精加工成最终厚度的冷轧板进行脱碳退火后经过二次再结晶退火而得到取向性电磁钢板(产品板)。可以在二次再结晶退火后被覆绝缘被膜。

[0084] 上述脱碳退火的条件没有特别限定。一般而言,脱碳退火多兼作一次再结晶退火,在本发明的制造方法中也可以兼作一次再结晶退火。在这种情况下,通过在升温过程中的400℃～700℃之间以200℃/s以上的升温速度加热,最终冷轧工序中形成的高斯取向晶粒有效地再结晶,因此能够进一步提高本发明的织构改善效果。其他条件没有特别限定,可以

应用公知的条件。例如,可举出温氢气氛中的800℃×2分钟的退火条件等。

[0085] 对冷轧板实施脱碳退火后,实施用于二次再结晶的最终退火。在最终退火前,可以在钢板表面涂布退火分离剂。作为退火分离剂,没有特别限定,可以应用公知的退火分离剂。例如,可举出以MgO为主要成分并根据需要添加了TiO_2等的退火分离剂、以SiO_2、Al_2O_3为主要成分的退火分离剂。

[0086] 实施最终退火后,优选在钢板表面涂布绝缘被膜进行烧结,根据需要进行平坦化退火来调整钢板形状。绝缘被膜的种类没有特别限定,在钢板表面形成赋予拉伸张力的绝缘被膜的情况下,优选使用日本特开50—79442号公报、日本特开昭48—39338号公报、日本特开昭56—75579号公报等记载的含有磷酸盐—胶体二氧化硅的涂布液,在800℃左右进行烧结。

[0087] 实施例1

[0088] 将由如下组成构成的钢坯加热到1210℃后进行热轧,制成板厚2.0mm的热轧板,上述组成以质量%计含有C:0.037%、Si:3.4%和Mn:0.05%,进一步以质量ppm计含有S和Se:各31ppm、N:50ppm、sol.Al:85ppm,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0089] 对上述热轧板实施1000℃×60秒的热轧板退火,接着以20℃/s从800℃冷却到350℃,然后卷绕成卷材。将得到的热轧退火板使用连轧机(辊径300mm、机架数5),通过1次连轧制成0.20mm的板厚的冷轧板。此时,在表2所示的加热温度、应变速度、第1道次咬入温度下咬入第1道次的轧制机架。应予说明,加热温度、应变速度和第1道次咬入温度全部为本发明的适合范围内。

[0090] 然后,对上述冷轧板实施均热温度840℃、均热时间100秒的兼作脱碳退火的一次再结晶退火。在上述一次再结晶退火的升温过程中,将400℃~700℃的温度区域内的升温速度分为50℃/s和300℃/s。然后,在钢板表面涂布以MgO为主要成分的退火分离剂,接着实施最终退火并进行二次再结晶。

[0091] 在上述二次再结晶退火后的钢板表面涂布以重量比3:1:2含有磷酸盐—铬酸盐—胶体二氧化硅的涂布液,实施800℃×30秒的平坦化退火,制成产品卷材。

[0092] 对于产品卷材,分别测定在相同条件下制作的10个卷材的铁损,求出平均值和标准偏差。铁损的测定是通过以总重量成为500g以上的方式从卷材的长度中央部切出试样并实施爱泼斯坦试验而进行的。将该铁损的测定结果与上述加热温度、应变速度和第1道次的咬入温度一并示于表2。

[0093] [表2]

[0094] 表2

[0095]

条件No.	加热温度 (℃)	应变速度 (s^{-1})	第一道次咬入温度 (℃)	脱碳退火升温速度 (℃/s)	铁损 $W_{17/50}$ (W/kg)
26	100	20	40	50	0.85
27	100	20	40	300	0.79
28	120	25	50	50	0.84
29	120	25	50	300	0.78
30	150	30	60	50	0.83
31	150	30	60	300	0.76
32	180	35	80	50	0.89
33	180	35	80	300	0.79

[0096] 由表2可知,脱碳退火的升温速度为300℃/s的条件下,进一步成为低铁损。

[0097] 实施例2

[0098] 将由如下组成构成的钢坯加热到1400℃加热后进行热轧,制成板厚2.0mm的热轧板,上述组成以质量%计含有C:0.06%、Si:3.4%和Mn:0.06%,以质量ppm计含有N:90ppm、sol.Al:250ppm,以质量%计含有S和Se:各0.02%,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0099] 对上述热轧板实施1000℃×60秒的热轧板退火,接着以10℃/s从800℃冷却到350℃,然后卷绕成卷材。将得到的热轧板退火板使用连轧机(辊径300mm、机架数5)进行第一次冷轧,接着,在$N_2$75vol%+$H_2$25vol%、露点46℃的气氛中实施1100℃×80秒的中间退火,在从800℃到350℃的冷却过程中以25℃/s的冷却速度进行冷却。接下来,使用连轧机(辊径300mm、机架数5)实施最终的冷轧,制成板厚为0.20mm的冷轧板。在最终的冷轧时,通过设置在从轧制机的开卷机到第1道次的轧制机架之间的钢板加热设备,将钢板加热到表3所示的温度,加热后在表3所示的第1道次咬入温度下咬入第1道次的轧制机架,以表3所示的应变速度进行轧制。另外,还制作了在加热温度100℃下在图2所示的各种应变速度和第1道次咬入温度下咬入第1道次的轧制机架的钢板。

[0100] 然后,对上述冷轧板实施均热温度为840℃、均热时间为100秒的兼作脱碳退火的一次再结晶退火后,在钢板表面涂布以MgO为主要成分的退火分离剂,接着实施最终退火并进行二次再结晶。在上述二次再结晶退火后的钢板表面涂布以质量比3:1:2含有磷酸盐—铬酸盐—胶体二氧化硅的涂布液,实施800℃×30秒的平坦化退火,制成产品卷材。

[0101] 对于产品卷材,分别测定在相同条件下制作的10个卷材的铁损,求出平均值和标准偏差。铁损的测定是通过以总重量成为500g以上的方式从卷材的长度中央部切出试样并实施爱泼斯坦试验而进行的。将该铁损的测定结果与上述加热温度、应变速度和第1道次的咬入温度一并示于表3。另外,将该铁损的测定结果通过与上述咬入温度T(℃)和应变速度e(s^{-1})的关系进行整理而得的结果示于图2。应予说明,将铁损的平均值为0.9W/kg以下且标准偏差为0.05W/kg以下的结果表示为“○”(发明例),将除此之外的结果表示为“×”(比较例)。

[0102]

[表3]

表3

条件No.	加热温度(℃)	应变速度(s^{-1})	第一道次咬入温度(℃)	是否满足式(1)	铁损 $W_{17/50}$ (W/kg)	标准偏差	备注
34	无加热	25	25	满足	0.99	0.10	比较例
35	50	25	25	满足	0.98	0.11	比较例
36	60	25	25	满足	0.96	0.09	比较例
37	70	25	25	满足	0.88	0.02	发明例
38	80	25	25	满足	0.89	0.03	发明例
39	90	25	25	满足	0.87	0.06	发明例
40	100	25	25	满足	0.86	0.05	发明例
41	125	25	25	满足	0.85	0.03	发明例
42	175	25	25	满足	0.87	0.04	发明例
43	200	25	25	满足	0.88	0.04	发明例
44	100	25	100	不满足	0.98	0.05	比较例

[0103] 如表3所示,可知即使在使用大量添加抑制剂体系的钢坯并在冷轧工序中插入中间退火的情况下,通过最终冷轧在规定的条件下进行轧制时,铁损也良好,偏差也小。另外,

由图2可知,通过满足上述式(1),铁损的平均值为0.9W/kg以下且标准偏差为0.05W/kg以下。

[0104] 实施例3

[0105] 将由如下组成构成的钢熔炼,制成钢坯,加热到1210℃,然后进行热轧来制成板厚2.0mm的热轧板,上述组成以质量%计含有C:0.036%、Si:3.4%和Mn:0.06%,以质量ppm计含有N:50ppm、sol.Al:72ppm、S和Se:各31ppm,以表4所示的组成含有Sb、Cu、P、Cr、Ni、Sn、Nb、Mo、B、Bi作为其他添加成分,剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

[0106] 对上述热轧板实施1000℃×60秒的热轧板退火,接着以20℃/s从800℃冷却到350℃,然后卷绕成卷材。将得到的热轧板退火板使用连轧机(辊径300mm、机架数5),通过1次连轧制成0.20mm的板厚的冷轧板。在最终的冷轧时,通过设置在从轧制机的开卷机到第1道次的轧制机架之间的钢板加热设备,将钢板加热到100℃,加热后冷却到25℃,使应变速度为$25s^{-1}$,咬入第1道次的轧制机架。

[0107] 然后,对上述冷轧板实施均热温度840℃、均热时间100秒的兼作脱碳退火的一次再结晶退火后,在钢板表面涂布以MgO为主要成分的退火分离剂,接着实施最终退火并进行二次再结晶。

[0108] 在上述最终退火后的钢板表面涂布以质量比3:1:2含有磷酸盐—铬酸盐—胶体二氧化硅的涂布液,实施800℃×30秒的平坦化退火,制成产品卷材。对于产品卷材,分别测定在相同条件下制作的10个卷材的铁损,求出平均值和标准偏差。铁损的测定是通过以总重量成为500g以上的方式从卷材的长度中央部切出试样并实施爱泼斯坦试验而进行的。将该铁损的测定结果与上述添加成分的组成一并示于表4。

[0109]

[表4]

表4

钢种No.	其他添加成分（质量%）									铁损 $W_{17/50}$ (W/kg)	标准偏差
	Sb	Cu	P	Cr	Ni	Sn	Nb	Mo	B	Bi		
A1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.82	0.03
A2	0.01	0.05	0.05	–	–	–	–	–	–	–	0.75	0.02
A3	0.01	–	–	–	0.050	–	0.005	–	–	–	0.78	0.02
A4	0.14	–	–	–	–	–	–	0.22	0.004	–	0.77	0.03
A5	0.35	0.22	0.12	–	–	0.12	–	–	–	–	0.78	0.04
A6	–	0.05	0.05	0.02	–	–	–	–	–	–	0.76	0.02
A7	–	0.78	–	–	–	0.43	–	0.37	–	–	0.79	0.04
A8	–	1.31	–	0.27	0.420	–	–	–	–	–	0.77	0.02
A9	–	–	0.30	–	–	–	0.002	–	0.005	0.0020	0.78	0.04
A10	–	–	–	1.01	–	–	–	–	–	–	0.79	0.04
A11	0.42	–	–	1.31	0.890	–	–	–	–	–	0.78	0.03
A12	–	–	–	–	1.350	–	–	–	–	–	0.79	0.02
A13	–	–	0.42	–	0.007	–	–	0.11	–	0.0010	0.78	0.01
A14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.0007	0.79	0.04
A15	–	–	–	–	0.050	0.02	0.005	–	–	–	0.75	0.03
A16	–	–	–	–	–	–	–	0.02	0.002	0.0100	0.77	0.04
A17	–	0.05	0.05	–	0.050	–	–	–	–	–	0.77	0.03
A18	–	–	–	–	–	0.02	0.005	–	–	0.0100	0.76	0.04
A19	–	–	–	0.02	–	–	–	0.02	0.002	–	0.75	0.03
A20	–	0.05	–	–	–	0.02	–	–	–	0.0100	0.77	0.03
A21	–	–	–	0.02	–	0.02	–	0.02	–	–	0.77	0.01
A22	–	–	0.05	–	–	–	–	–	–	–	0.79	0.03
A23	–	–	–	–	0.050	–	–	–	–	–	0.79	0.04
A24	–	–	–	–	–	–	–	–	0.002	–	0.78	0.02

[0110] 如表4所示,添加了Sb、Cu、P、Cr、Ni、Sn、Nb、Mo、B、Bi中的任1种以上的钢板的铁损降低至0.80W/kg以下,并且卷材长度方向的特性偏差也小。

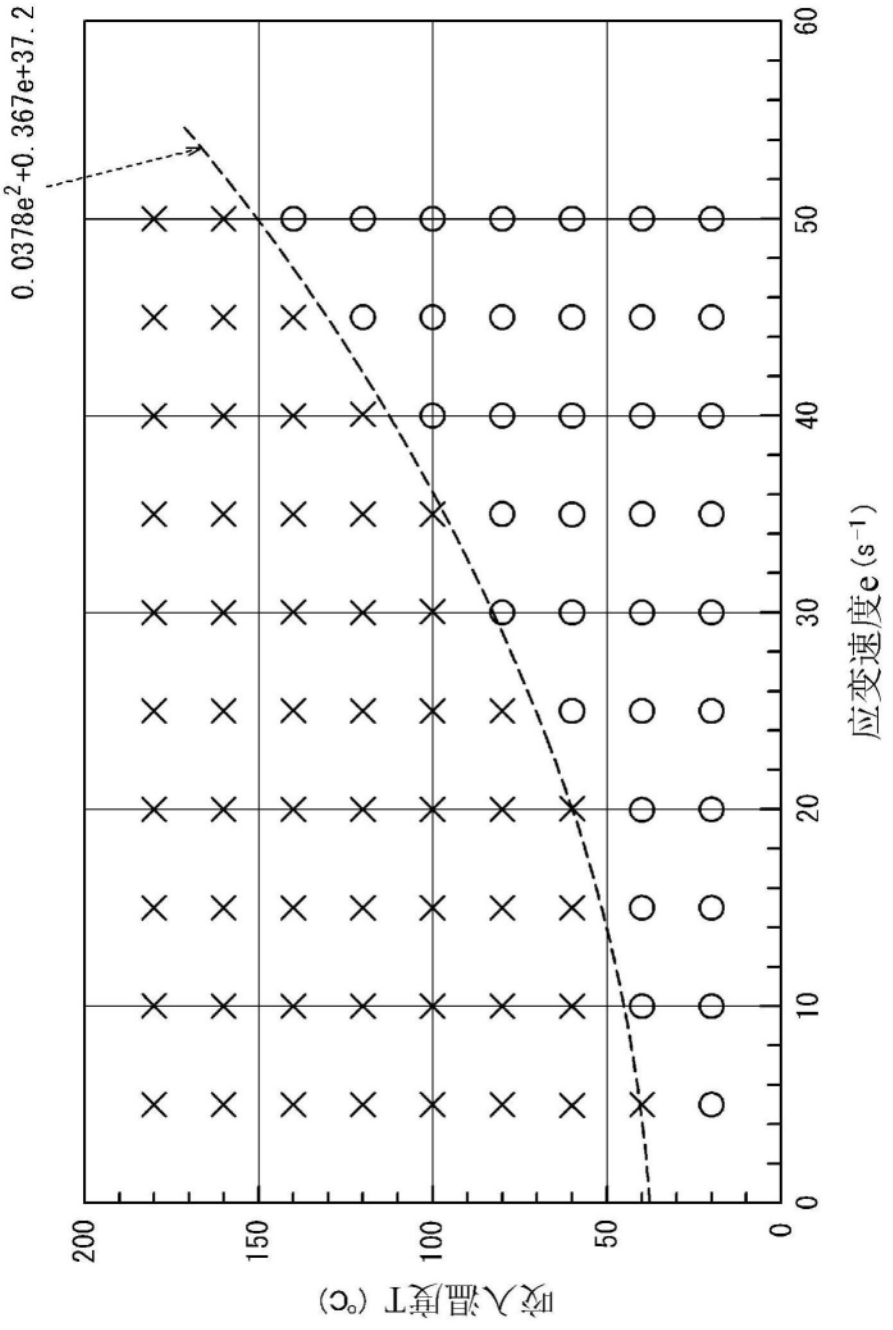

0.0378e^2+0.367e+37.2
应变速度e (s^-1)
咬入温度T (°C)
0
10
20
30
40
50
60
200
150
100
50
0

图1

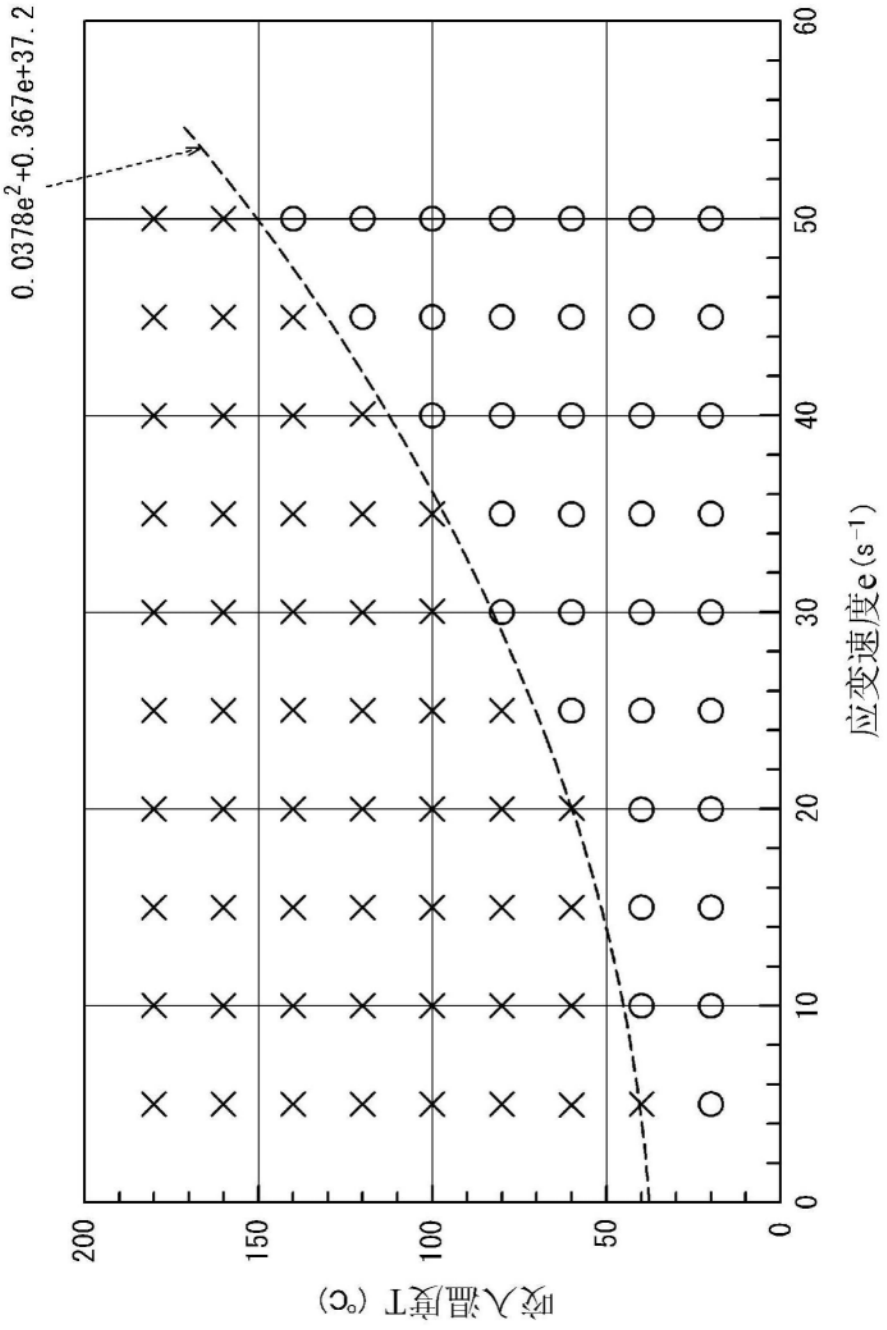

0.0378e2+0.367e+37.2
应变速度e(s-1)
咬入温度T (°C)
0
10
20
30
40
50
60
200
150
100
50
0

图2