



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119855670 A

(43) 申请公布日 2025. 04. 18

(21) 申请号 202380065292.4

(22) 申请日 2023.09.14

(30) 优先权数据

2022-150138 2022.09.21 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.03.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/033593 2023.09.14

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/063012 JA 2024.03.28

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 金泽友美 泽西央海 高岛克利

山本俊佑 星野克弥 西山武志

松田广志

(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 朝鲁门

(51) Int.Cl.

B23K 11/16 (2006.01)

B23K 11/11 (2006.01)

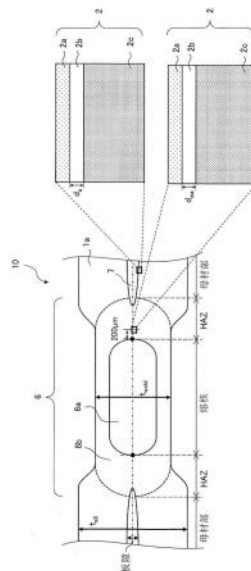
权利要求书2页 说明书17页 附图5页

(54) 发明名称

焊接构件及其制造方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供焊接构件及其制造方法。本发明是对重叠有2个以上的钢板的板组进行电阻点焊而成的焊接构件,板组的总板厚 t_{all} 和电阻点焊部的最小厚度 t_{weld} 满足式(1),2个以上的钢板中的至少1个是含有0.5~3.0质量%的Si的含Si镀锌钢板,并且含Si镀锌钢板中的特定区域A形成在镀锌层的下层,并且区域A的板厚方向的厚度 d_a 满足式(2)。 $0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \cdots (1)$, $2 < d_a < 10 \cdots (2)$



1. 一种焊接构件,具有对重叠有2个以上的钢板的板组进行电阻点焊而成的电阻点焊部的焊接构件,

将所述板组的总板厚设为 t_{all} ,将所述电阻点焊部的最小厚度设为 t_{weld} 时, t_{all} 和 t_{weld} 满足式(1),所述 t_{all} 、 t_{weld} 的单位为mm,

所述2个以上的钢板中的至少1个是含有0.5~3.0质量%的Si的含Si镀锌钢板,

并且,将所述含Si镀锌钢板中的Zn浓度为5.0质量%以下和Si浓度小于0.5质量%的区域设为区域A,将母材部中的所述区域A的板厚方向的厚度设为 d_a 时,所述区域A形成在镀锌层的下层,并且 d_a 满足式(2),所述 d_a 的单位为 μm ,

$$0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \cdots (1)$$

$$2 < d_a < 10 \cdots (2)。$$

2. 根据权利要求1所述的焊接构件,其中,在所述含Si镀锌钢板侧的所述电阻点焊部中,

将从熔核端向母材部方向离开 $200\mu\text{m}$ 的位置处的电晕接合中的所述区域A的板厚方向的厚度设为 d_{wa} 时, d_{wa} 满足式(3),所述 d_{wa} 的单位为 μm ,

$$0 < d_{wa} < 8 \cdots (3)。$$

3. 根据权利要求1或2所述的焊接构件,其中,所述含Si镀锌钢板在所述区域A中包含Fe系镀层。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的焊接构件,其中,将所述钢板的拉伸强度设为TS时,

所述含Si镀锌钢板的 $TS \geq 980$,所述TS的单位为MPa。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的焊接构件,其中,从所述电阻点焊部的焊点中心到所述钢板端面的最短距离的平均值为3mm以上,

并且在存在多个焊点的情况下,相邻的焊点彼此的焊点中心间的平均距离为6mm以上。

6. 一种焊接构件的制造方法,是权利要求1~5中任一项所述的焊接构件的制造方法,具有:

重叠2个以上的钢板而制成板组的准备工序以及对所述板组进行电阻点焊的焊接工序,

所述焊接工序中,

将所述板组用一对焊接电极夹持,一边加压一边通电进行接合,此时,

对于至少一处焊点,在即将利用所述焊接电极进行加压之前,满足(a)~(e)中的一个或两个以上的状态,

并且具有通电工序和电极保持工序,所述通电工序中,将所述通电以加压力:2.0~10.0kN、焊接电流:4.0~15.0kA、通电时间:0.1~2.0S进行,所述电极保持工序中,将通电结束后的加压力保持时间设为 T_h 时, T_h 满足式(5)和式(6)的关系,所述 T_h 的单位为S,

(a) 焊接电极与重叠的钢板的电极倾角为0.2度以上的状态,

(b) 一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态,

(c) 在任一个焊接电极与重叠的钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态,

(d) 在重叠的钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态,

(e) 从焊点中心到重叠的钢板的钢板端面的最短距离为10mm以下的状态,

$$(1/d_a+t+TS/1000)/110<Th<\{- (1/d_a+1/t+TS/1000)/65\}+1\cdots (5)$$

$$0<Th\cdots (6)$$

其中,式(5)中的 d_a 为所述区域A的母材部中的板厚方向的厚度,单位为 μm , t 为所述含Si镀锌钢板的板厚,单位为 mm , TS 为所述含Si镀锌钢板的拉伸强度,单位为 MPa 。

焊接构件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对钢板进行电阻点焊而成的焊接构件,特别涉及作为汽车等的结构部件的构件适合的具有电阻点焊部的焊接构件及其制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,由于环境问题的严重,CO₂排放限制变得严格,在汽车领域用于提高燃油效率的车体的轻量化成为课题。因此,推进将高强度钢板应用于汽车部件所带来的薄壁化,推进拉伸强度(TS)为980MPa以上的钢板的应用。另外,从耐腐蚀性的观点出发,在暴露于雨水的部位使用锌等具有防锈能力的镀覆钢板。

[0003] 另外,在汽车的组装中,从成本、制造效率的观点出发,大多利用电阻点焊将压制成型的汽车部件组合。通常,在重叠的钢板彼此的接合中使用作为重叠电阻焊接法的一种的电阻点焊方法。该焊接方法为如下方法:将重叠的2个以上的钢板从其上下用一对焊接电极夹持,用该焊接电极进行加压,同时在上下电极间短时间通电高电流的焊接电流进行接合。图1示出将重叠的2个钢板1a、1b用焊接电极4、5夹持并进行电阻点焊的一个例子。根据该方法,利用通过流过高电流的焊接电流而产生的电阻发热,得到点状的焊接部6。该点状的焊接部6被称为熔核,是在使电流流过重叠的钢板时两钢板1a、1b在钢板的接触处熔融并凝固的部分,由此钢板彼此接合为点状。为了确保碰撞安全性,要求提高钢板的强度并且提高焊接部的强度。

[0004] 在将包含表面处理钢板的多个钢板重叠而成的板组的电阻点焊中,如图7所示,存在有时在焊接部产生裂纹的问题。这里,表面处理钢板是指在母材(基底钢板)的表面上具有以电镀锌层、热浸镀锌层(包括合金化热浸镀锌层)为代表的镀锌层、除锌以外还包含铝、镁等元素的镀锌合金层等金属镀层的钢板。镀锌层、镀锌合金层的熔点比表面处理钢板的母材的熔点低,因此存在以下问题。

[0005] 即,认为焊接部的裂纹是所谓的液体金属脆性所引起的裂纹(以下称为“LME裂纹”),所述液体金属脆性是在焊接中钢板表面的低熔点的金属镀层熔融,当电极的加压力、由钢板的热膨胀和收缩产生的拉伸应力施加于焊接部时,熔融的低熔点金属侵入到表面处理钢板的母材的晶界而使晶界强度降低,引起裂纹。LME裂纹的产生位置有多种,例如有如图7所示的与焊接电极4、5接触的一侧的钢板1a、1b的表面、钢板彼此接触的一侧的钢板1a、1b的表面。

[0006] 作为这样的LME裂纹的对策,例如可举出专利文献1~3的技术。在专利文献1中提出了使作为板组的钢板的组成为特定范围的组成,具体而言以重量%计由C:0.003~0.01%、Mn:0.05~0.5%、P:0.02%以下、sol.Al:0.1%以下、Ti:48×(N/14)~48×{(N/14)+(S/32)}%、Nb:93×(C/12)~0.1%、B:0.0005~0.003%、N:0.01%以下、Ni:0.05%以下、剩余部分:Fe和不可避免的杂质构成的组成。

[0007] 在专利文献2中提出了在高强度镀覆钢板的电阻点焊中,以满足以下条件式(A)和(B)的方式设定焊接通电时间和焊接通电后的保持时间来进行电阻点焊的高强度镀覆钢板

的点焊方法。

[0008] $0.25 \times (10 \times t + 2) / 50 \leq WT \leq 0.50 \times (10 \times t + 2) / 50 \cdots (A)$

[0009] $300 - 500 \times t + 250 \times t^2 \leq HT \cdots (B)$

[0010] 其中,在条件式(A)和(B)中,t:板厚(mm),WT:焊接通电时间(ms),HT:焊接通电后的保持时间(ms)。

[0011] 另外,在专利文献2中还提出了根据钢板的板厚适当地设定通电时间和通电后的电极的保持时间,并且使用钢板中的合金元素量为一定以下的高张力镀锌钢板进行焊接。

[0012] 在专利文献3中提出了如下方法:将通电模式设为3级以上的多级通电,以适当电流范围(ΔI)为1.0kA以上,优选为2.0kA以上的方式调整通电时间和焊接电流等焊接条件,在各级之间设置冷却时间。上述适当电流范围是可以稳定地形成所期望的熔核直径以上且熔融残留厚度为0.05mm以上的熔核的电流范围。

[0013] 现有技术文献

[0014] 专利文献

[0015] 专利文献1:日本特开平10-195597号公报

[0016] 专利文献2:日本特开2003-103377号公报

[0017] 专利文献3:日本特开2003-236676号公报

发明内容

[0018] 然而,在专利文献1中存在由于需要限定钢板的合金元素量,所以满足要求性能的钢板的使用受到限制等问题。特别是,在最近的钢板中的伴随高强度化而进行高合金化的情况下,专利文献1的技术的应用受到极大限制。

[0019] 在专利文献2中仅提出了设定产生飞溅那样的过大的焊接电流时的裂纹抑制方法,没有提及不产生飞溅的状态下的裂纹。

[0020] 在专利文献3中存在如下问题:焊接条件的优化需要大量的工时,另外不能应用于难以确保适当电流范围的钢板和板组。另外,在专利文献2和3中,没有研究电极的电极倾角的影响,因此考虑到汽车组装时的实际施工,作为对策存在不充分的情况。

[0021] 考虑到接头强度的观点并总结专利文献1~3的共同问题,未提出在确保高强度钢板的电阻点焊部的强度的同时也抑制LME裂纹产生的技术。

[0022] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供具有能够兼顾确保高强度钢板中的焊接部的强度和抑制LME裂纹的电阻点焊部的焊接构件及其制造方法。

[0023] 本发明人等为了实现上述目的而反复进行了深入研究。

[0024] 由于各种因素的复杂影响,所以本发明对焊接时产生的裂纹(即LME裂纹)的效果不能简单地说明,但电阻点焊部的LME裂纹在由于焊接时的施工干扰等而在电阻点焊部产生过大的拉伸残余应力时容易产生。特别已知在钢板彼此接触的钢板重合面侧,在电阻点焊的通电和加压结束后开放一对焊接电极时,在局部拉伸应力大的区域容易产生LME裂纹。

[0025] 另外,作为钢板中的成分的影响,已知如参考文献1所记载那样,当Si量增加时,钢板的耐LME裂纹性劣化。因此,认为通过在钢板彼此接触的钢板重合面侧在母材表面附近设置使固溶Si量减少的固溶Si缺乏层,使具有一定量以上的Si量的层与金属镀层的锌等不接触,这对于抑制LME裂纹是有效的。

[0026] [参考文献1]W02021—200412号公报

[0027] 然而,在焊接热影响部的表面、特别是钢板彼此的重合面侧的母材表面附近的固溶Si缺乏层厚度显著的情况下,担心电阻点焊部的强度降低。即,得到如下想法:通过将焊接热影响部中的母材表面附近的固溶Si缺乏层厚度控制在一定的范围,能够兼顾确保电阻点焊部的强度和抑制LME裂纹。

[0028] 本发明基于以上见解,主旨如下。

[0029] [1]一种焊接构件,是具有对重叠有2个以上的钢板的板组进行电阻点焊而成的电阻点焊部的焊接构件,

[0030] 将上述板组的总板厚设为 t_{all} (mm),将上述电阻点焊部的最小厚度设为 t_{weld} (mm)时, t_{all} 和 t_{weld} 满足式(1),

[0031] 上述2个以上的钢板中的至少1个是含有0.5~3.0质量%的Si的含Si镀锌钢板,

[0032] 并且,将上述含Si镀锌钢板中的Zn浓度为5.0质量%以下和Si浓度小于0.5质量%的区域设为区域A,将母材部中的上述区域A的板厚方向的厚度设为 d_a (μm)时,上述区域A形成在镀锌层的下层,并且 d_a 满足式(2)。

[0033] $0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \cdots (1)$

[0034] $2 < d_a < 10 \cdots (2)$

[0035] [2]根据[1]所述的焊接构件,其中,在上述含Si镀锌钢板侧的上述电阻点焊部中,

[0036] 将从熔核端向母材部方向离开200 μm 的位置处的电晕接合中的上述区域A的板厚方向的厚度设为 d_{wa} (μm)时, d_{wa} 满足式(3)。

[0037] $0 < d_{wa} < 8 \cdots (3)$

[0038] [3]根据[1]或[2]所述的焊接构件,其中,上述含Si镀锌钢板在上述区域A中包含Fe系镀层。

[0039] [4]根据[1]~[3]中任一项所述的焊接构件,其中,将上述钢板的拉伸强度设为TS (MPa)时,

[0040] 上述含Si镀锌钢板的 $TS \geq 980$ 。

[0041] [5]根据[1]~[4]中任一项所述的焊接构件,其中,从上述电阻点焊部的焊点中心到上述钢板端面的最短距离的平均值为3mm以上,

[0042] 并且在存在多个焊点的情况下,相邻的焊点彼此的焊点中心间的平均距离为6mm以上。

[0043] [6]一种焊接构件的制造方法,是[1]~[5]中任一项所述的焊接构件的制造方法,具有:

[0044] 重叠2个以上的钢板而制成板组的准备工序以及对上述板组进行电阻点焊的焊接工序,

[0045] 上述焊接工序中,

[0046] 将上述板组用一对焊接电极夹持,一边加压一边通电进行接合,此时,

[0047] 对于至少一处焊点,在即将利用上述焊接电极进行加压之前,满足(a)~(e)中的一个或两个以上的状态,

[0048] 并且具有:通电工序,上述通电以加压力:2.0~10.0kN、焊接电流:4.0~15.0kA、通电时间:0.1~2.0S进行;以及

[0049] 电极保持工序,将通电结束后的加压力保持时间设为 T_h (S)时, T_h 满足式(5)和式(6)的关系。

[0050] (a) 焊接电极与重叠的钢板的电极倾角为0.2度以上的状态,

[0051] (b) 一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态,

[0052] (c) 在任一个焊接电极与重叠的钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态,

[0053] (d) 在重叠的钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态,

[0054] (e) 从焊点中心到重叠的钢板的钢板端面的最短距离为10mm以下的状态,

[0055] $(1/d_a + t + TS/1000) / 110 < T_h < \{ - (1/d_a + 1/t + TS/1000) / 65 \} + 1 \cdots (5)$

[0056] $0 < T_h \cdots (6)$

[0057] 其中,式(5)中的 d_a 为上述区域A的母材部中的板厚方向的厚度(μm), t 为上述含Si镀锌钢板的板厚(mm), TS 为上述含Si镀锌钢板的拉伸强度(MPa)。

[0058] 根据本发明,可以提供一种即使是使用高强度钢板的电阻点焊,也能够防止固溶Si缺乏层厚度所引起的母材表面附近的软化所导致的电阻点焊部的强度降低,并且也不产生LME裂纹的焊接构件及其制造方法。

附图说明

[0059] 图1是示意性地表示本发明的电阻点焊的一个例子的剖视图。

[0060] 图2是说明本发明中使用的含Si镀锌钢板的一个例子的板厚方向剖视图。

[0061] 图3是示意性地表示本发明的一个实施方式的焊接构件中的电阻点焊部及其周边的剖视图。

[0062] 图4是说明本发明的焊接构件中的从焊点中心到钢板端面的最短距离的俯视图。

[0063] 图5是说明本发明的焊接构件中的焊点中心间的距离的俯视图。

[0064] 图6是说明本发明的实施例中的3个板组时的拉伸试验的一个例子的剖视图。

[0065] 图7是示意性地表示现有的电阻点焊时的裂纹的产生例的剖视图。

具体实施方式

[0066] 以下,对作为本发明的一个实施方式的焊接构件及其制造方法进行说明。应予说明,本发明不限于该实施方式。

[0067] 首先,参照图1~图3说明本发明的焊接构件。

[0068] 图1表示对2个钢板进行电阻点焊的一个例子。图2是表示本发明中使用的含Si镀锌钢板的一个例子的板厚方向剖视图。图3是表示本发明的焊接构件的一个例子的板厚方向剖视图,是将该焊接构件中的电阻点焊部及其一部分放大的剖视图。该放大剖视图所示的位置是图3中的用四边框包围的各区域。

[0069] 本发明是具有对重叠有2个以上的钢板的板组进行电阻点焊而成的电阻点焊部(以下有时称为“焊接部”)的焊接构件。

[0070] 如后所述,重叠的2个以上的钢板中的至少1个是含有0.5~3.0质量%的Si的含Si镀锌钢板(参照图2)。如图2所示,本发明的含Si镀锌钢板2是以具有区域A的含Si钢板2c为母材的镀锌钢板。含Si镀锌钢板2具有在至少单面(至少一个母材表面)形成的镀锌层2a和在该镀锌层2a的下层形成的区域A2b。即,区域A2b形成在含Si钢板(母材)2c的表层。应予说

明,含Si镀锌钢板的详细说明在后面叙述,因此在此省略。

[0071] 本发明使用的钢板的个数没有特别限定,可以为2个以上。优选为3个以上。应予说明,钢板的个数的上限没有特别规定,但优选为5个以下。

[0072] 图3所示的例子是对重叠的2个钢板进行电阻点焊而成的焊接构件10。将配置在下侧的钢板(下板)2设为含Si镀锌钢板,将配置在上侧的钢板(上板)1a例如设为冷轧钢板。在钢板1a、2接触的钢板重合面7形成以下说明的焊接部6。

[0073] 在图3所示的例子的焊接构件的情况下,仅在下板2侧形成将焊接热影响部中的固溶Si缺乏层厚度控制在一定范围的本发明的焊接部6。应予说明,在上板和下板均使用本发明的含Si镀锌钢板的情况下,在钢板重合面7的上板侧和下板侧均形成本发明的焊接部6。

[0074] 虽然省略了图示,但在将3个以上的钢板重叠并焊接的情况下,配置在最下侧的钢板(下板)、配置在最上侧的钢板(上板)、以及配置在它们之间的钢板(中板)中的全部或至少1个为含Si镀锌钢板。以包含各板间的钢板重合面的方式形成本发明的焊接部。例如,在由3个钢板构成的板组的情况下,以包含下板与中板以及中板与上板接触的两个钢板重合面的方式形成本发明的焊接部。在3个钢板全部使用上述含Si镀锌钢板的情况下,分别控制各钢板重合面的上下侧的钢板表层的固溶Si缺乏层厚度。

[0075] <焊接部>

[0076] 对本发明的焊接部进行详细说明。应予说明,在重叠有2个钢板的板组的情况下和在重叠有3个以上的钢板的板组的情况下都形成同样的焊接部,因此在以下的说明中使用图3。

[0077] 如图3所示,本发明的焊接部6中,将板组的总板厚设为 t_{all} (mm),将焊接部的最小厚度设为 t_{weld} (mm)时,总板厚(t_{all})和焊接部的最小厚度(t_{weld})满足以下的式(1)。

[0078] 另外,除了该条件以外,如图3所示,将含Si镀锌钢板2中的Zn浓度为5.0质量%以下和Si浓度小于0.5质量%的区域设为区域A,将母材部中的区域A的板厚方向的厚度设为 d_a (μm)时,区域A形成在镀锌层2a的下层,并且母材部中的区域A的厚度(d_a)满足以下的式(2)。

$$[0079] \quad 0.5 < t_{weld} / t_{all} < 1.0 \cdots (1)$$

$$[0080] \quad 2 < d_a < 10 \cdots (2)$$

[0081] 在总板厚和焊接部的最小厚度之比(t_{weld}/t_{all})不满足上述式(1)的情况下,特别是在为式(1)的下限值以下的情况下,焊接部的减厚变得显著,因此焊接部中产生的拉伸残余应力变得过大,容易产生LME裂纹。与此同时,导致接头强度的降低。应予说明,由于焊接时的一对焊接电极所产生的加压和热影响而板组的板厚减少,因此 t_{weld}/t_{all} 的上限小于1.0。

[0082] (1)式的下限优选为0.55以上。(1)式的上限优选为0.95以下。

[0083] 这里,如图3所示,上述“焊接部的最小厚度(t_{weld})”是指熔核6a的宽度方向的区域内的板厚方向的最小厚度(mm)。应予说明,该最小厚度(t_{weld})可以通过后述的实施例所记载的方法来测定。

[0084] 另外,如图2等所示,区域A2b为镀锌层2a的下层,形成在含Si钢板2c的表层。在焊接部中,由于焊接时的热,Zn向接触的钢板内部扩散。但是,通过在具有镀锌层的含Si钢板表层形成Zn浓度和Si浓度低的区域A,该区域A作为抑制Zn向含Si钢板的侵入的阻挡层发挥

功能。进而,该区域A还起到固溶Si缺乏层的作用。通过这样的功能,能够抑制焊接部中的LME裂纹。上述“固溶Si缺乏层”是指固溶于钢中的Si量比母材的Si量少、即缺乏的层。

[0085] 在母材部中的区域A的厚度(d_a)不充分的情况下,后述的焊接热影响部中的固溶Si缺乏层的形成变得困难,因此 d_a 超过 $2\mu\text{m}$ 。

[0086] 另外,作为在具有镀锌层的含Si钢板的表层形成区域A的方法,例如有后述的Fe系电镀,但需要也降低含Si钢板表层中的Si以外的其他合金元素的浓度的方法。因此,在区域A的厚度过大的情况下,有焊接热影响部中的钢板表层大幅软化的担忧。特别是钢板彼此的钢板重合面的过度软化会降低焊接部的强度,因此 d_a 小于 $10\mu\text{m}$ 。

[0087] (2)式的下限优选为 $3\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $3.0\mu\text{m}$ 以上。(2)式的上限优选为 $8\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $8.0\mu\text{m}$ 以下,进一步优选为 $6.0\mu\text{m}$ 以下。

[0088] 在本发明中,除了上述条件式以外,优选具有以下条件。

[0089] [电晕接合区域的区域A的板厚方向的厚度] (优选条件)

[0090] 具体而言,如图3所示,含Si镀锌钢板2在重叠的钢板的钢板重合面7侧的钢板表层具有区域A。在含Si镀锌钢板侧的焊接部中,将从熔核端向母材部方向离开 $200\mu\text{m}$ 的位置处的电晕接合中的区域A的板厚方向的厚度设为 d_{wa} 时,该厚度($d_{wa}(\mu\text{m})$)满足以下的式(3)是有效的。

[0091] $0 < d_{wa} < 8 \cdots (3)$

[0092] 通过电晕接合区域的区域A的板厚方向的厚度(d_{wa})满足式(3),即使在产生LME裂纹的焊接热影响部中,含有超过5质量%的Zn的区域与含有0.5质量%以上的Si的区域也不接触,不易产生LME裂纹。

[0093] 在不满足式(3)的下限值的情况下(即,在 d_{wa} 为 $0\mu\text{m}$ 的情况下),上述Zn浓度和Si浓度高的区域彼此接触,促进LME裂纹,因此 d_{wa} 满足超过 $0\mu\text{m}$ 对于抑制LME裂纹是有效的。上述厚度(d_{wa})更优选满足超过 $1\mu\text{m}$,进一步优选满足超过 $2\mu\text{m}$,此时可以更有效地得到上述作用效果。

[0094] 另外,如上所述,如果电晕接合区域的区域A的厚度(d_{wa})过大,则担心焊接热影响部的钢板表层的大幅软化和接头强度的降低。因此,上述厚度(d_{wa})优选小于 $8\mu\text{m}$ 。

[0095] <含Si镀锌钢板>

[0096] 在本发明中,如上所述,将包含至少1个含Si镀覆钢板的2个以上的钢板重叠而制成板组。参照图2对本发明的含Si镀锌钢板进行说明。

[0097] 如图2所示,含Si镀锌钢板是以在表层具有区域A2b的含Si钢板2c为母材的镀锌钢板。区域A是Zn浓度为5.0质量%以下和Si浓度小于0.5质量%的区域。含Si镀锌钢板2例如可以通过以下的方法来制造。

[0098] 首先,制造含有0.5质量%~3.0质量%的Si的冷轧钢板。作为一个例子,冷轧钢板通过如下操作来制造,即对具有上述成分组成的钢坯实施热轧而制成热轧板,接着对该热轧板实施酸洗,接着对热轧板实施冷轧而制成冷轧钢板。

[0099] 接着,对冷轧钢板进行还原性气氛中的退火工序后,实施镀锌,由此可以得到具有镀锌层的含Si钢板(含Si镀锌钢板)。

[0100] [区域A]

[0101] 本发明的含Si镀锌钢板可以具有Fe系镀层作为区域A。或者,可以具有Si内部氧化

层作为区域A。应予说明,在含Si镀锌钢板中形成区域A的方法没有特别限定。

[0102] [Fe系预镀层]

[0103] 作为Fe系镀层,例如有形成Fe系的预镀层的方法。

[0104] 具体而言,上述含Si镀锌钢板优选在镀锌层的下层具有单面当中的附着量超过 $20.0\text{g}/\text{m}^2$ 的Fe系镀层。即,在镀锌层的下层且区域A内的表层包含Fe系镀层。

[0105] 上述预镀层优选为Fe系电镀层。作为Fe系电镀层,除了纯Fe以外,还可以使用Fe—B合金、Fe—C合金、Fe—P合金、Fe—N合金、Fe—O合金、Fe—Ni合金、Fe—Mn合金、Fe—Mo合金、Fe—W合金等合金镀层。Fe系电镀层的成分组成没有特别限定,但在本发明中,优选为如下成分组成:包含合计10质量%以下的选自B、C、P、N、O、Ni、Mn、Mo、Zn、W、Pb、Sn、Cr、V和Co中的1种或2种以上的元素,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成。通过使Fe以外的元素的量为合计10质量%以下,能够防止电解效率的降低,以低成本形成Fe系电镀层。

[0106] 进而,Fe系电镀层的单面当中的附着量优选为 $20.0\text{g}/\text{m}^2$ 以上。该附着量更优选为 $25.0\text{g}/\text{m}^2$ 以上,进一步优选为 $30.0\text{g}/\text{m}^2$ 以上,进一步更优选为 $35.0\text{g}/\text{m}^2$ 以上。Fe系电镀层的单面当中的附着量的上限没有特别限定。从防止区域A形成得过大的观点以及成本的观点出发,Fe系电镀层的单面当中的附着量优选为 $60\text{g}/\text{m}^2$ 以下。

[0107] 应予说明,Fe系电镀层的厚度如下测定。从热浸镀锌后的经合金化的高强度热浸镀锌钢板中采取 $10\times 15\text{mm}$ 尺寸的样品并埋入树脂中,制成截面埋入样品。使用扫描式电子显微镜(Scanning Electron Microscope:SEM),以加速电压15kV和根据Fe系电镀层的厚度为倍率2000~10000倍观察该截面的任意3处,对3个视野的厚度的平均值乘以铁的比重,由此换算成Fe系电镀层的单面当中的附着量。

[0108] 优选对高强度退火前冷轧钢板的表面实施Fe系电镀处理,制成退火前Fe系电镀处理钢板。Fe系电镀处理方法没有特别限定。例如,作为Fe系电镀浴,可以应用硫酸浴、盐酸浴或两者的混合等。应予说明,也可以对冷轧后的高强度退火前冷轧钢板不进行预热炉等中的氧化处理而实施Fe系电镀处理。

[0109] 通电开始前的Fe系电镀浴中的Fe离子含量优选以 Fe^{2+} 的形式为 $1.0\text{mol}/\text{L}$ 以上。如果Fe系电镀浴中的Fe离子含量以 Fe^{2+} 的形式为 $1.0\text{mol}/\text{L}$ 以上,则能够得到充分的Fe附着量。

[0110] 通过使用这样的钢板,可以更有效地得到本发明的效果。特别是,在形成镀锌层之前实施预镀并在热浸镀锌后进行合金化处理的合金化热浸镀锌钢板的情况下更有效。

[0111] [内部氧化层]

[0112] 除了上述预镀层以外,作为在钢板表层形成区域A的方法,有在钢板表层形成Si内部氧化层的方法。例如,通过在含Si钢板的制造过程中提高退火时的露点,在钢板表层形成Si的内部氧化层。

[0113] 具体而言,上述“Si内部氧化层”是指在晶粒内和/或晶界的一部分中形成有Si氧化物的区域。

[0114] 在上述含Si镀锌钢板具有Si内部氧化层作为区域A的情况下,Si内部氧化层的板厚方向的厚度的下限优选为 $2.0\mu\text{m}$ 以上。Si内部氧化层内的钢的固溶Si量小于0.5质量%,由此,可以使区域A的上述厚度为 $2.0\mu\text{m}$ 以上。另一方面,为了使Si内部氧化层的上述厚度为 $6.0\mu\text{m}$ 以上,需要过大提高退火时的露点,担心退火炉内的腐蚀等。因此,板厚方向的厚度的上限优选小于 $6.0\mu\text{m}$ 。

[0115] Si内部氧化层的上述厚度如下测定。首先,从热浸镀锌后的经合金化的高强度热浸镀锌钢板中采取 $10 \times 15\text{mm}$ 尺寸的样品并埋入树脂中,制成截面埋入样品。使用扫描式电子显微镜(Scanning Electron Microscope:SEM),以加速电压 10kV 、倍率3000倍观察该截面的任意3处。从观察的3处的各照片测量Si内部氧化层的板厚方向的厚度,将测量的3处的平均值作为Si内部氧化层的板厚方向的厚度。

[0116] [镀锌层]

[0117] 在本发明中,从制造性的观点出发,含Si镀锌钢板优选为具有热浸镀锌层的热浸镀锌钢板(GI钢板)。特别是,考虑到钢板的压制性、连续焊点焊接性,含Si镀锌钢板优选为具有合金化热浸镀锌层的合金化热浸镀锌钢板(GA钢板)。

[0118] [拉伸强度]

[0119] 如上所述,一般随着钢板的高强度化和高合金成分化,有容易产生LME裂纹的倾向。因此,在本发明中,将钢板的拉伸强度设为TS(MPa)时,含Si镀锌钢板优选为 $TS \geq 980$ 。这是因为在满足该关系的高强度钢板的情况下,可以更有效地提高本发明的效果。

[0120] <焊接构件的焊点>

[0121] 接下来,使用图4和图5对本发明的焊接构件中的焊点进行说明。

[0122] 图4和图5是表示焊接构件的焊接部周边的俯视图(从上方观察焊接构件的图)。

[0123] 如图4和图5所示,本发明的焊接构件10优选从焊接部的焊点中心到钢板端面的最短距离(H_1)的平均值为 3mm 以上,并且在有多个焊点的情况下,相邻的焊点彼此的焊点中心间的平均距离(H_2)为 6mm 以上。

[0124] 应予说明,本发明的焊接构件也包括焊点数仅为1点的情况。在这种情况下,只要满足上述焊点的条件中的“从焊接部的焊点中心到钢板端面的最短距离(H_1)的平均值为 3mm 以上”即可。

[0125] 这里,如图4所示“从焊点中心到钢板端面的最短距离(H_1)的平均值”通过设定距焊点8的中心最近的钢板端面并对每个焊点测定其距离来求出。在焊接构件中的焊点数为5点以上的情况下,将适当选择的5个焊点的平均值作为“最短距离的平均值”,在焊接构件中的焊点数小于5点的情况下,将全部焊点的平均值作为“最短距离的平均值”。

[0126] 在该最短距离的平均值(H_1)小于 3mm 的情况下,钢板端面侧的熔核周围的板—板间的加压变得不充分,熔融金属容易从板—板间向钢板端面侧飞溅。其结果,焊接时的飞溅产生变得显著,熔核直径容易产生偏差,由此焊接部的强度变得不稳定。该最短距离的平均值的上限没有规定。为了能够用一般形状的焊枪进行焊接,该最短距离的平均值(H_1)优选为 1000mm 以下。该最短距离的平均值(H_1)更优选为 30.0mm 以下,进一步优选为 20.0mm 以下。

[0127] 另外,如图5所示“相邻的焊点彼此的焊点中心间的平均距离(H_2)”通过分别测定相邻的各焊点8的中心间的距离来求出。在该焊点中心间的平均距离(H_2)小于 6mm 的情况下,在焊接时产生向已有焊接点的分流,焊接部的电流密度降低,因此熔核直径缩小,焊接部的强度容易降低。另外,焊接部受到已有焊接点的约束,拉伸残余应力增加,由此也容易产生LME裂纹。该焊点中心间的平均距离的上限没有规定。从确保焊接构件的强度和刚性的观点出发,该焊点中心间的平均距离(H_2)优选为 100mm 以下。该焊点中心间的平均距离(H_2)更优选为 60.0mm 以下,进一步优选为 40.0mm 以下。

[0128] 接下来,对本发明的焊接构件的制造方法的一个实施方式进行说明。

[0129] 本发明的焊接构件经过具有重叠2个以上的钢板而制成板组的准备工序以及对该板组进行电阻点焊的焊接工序的制造工序而制造。

[0130] <准备工序>

[0131] 在该工序中,重叠2个以上的钢板而制成板组。2个以上的钢板中的至少1个为具有上述区域A的含Si镀锌钢板。例如,如图1所示,重叠2个钢板1a、1b而制成板组。应予说明,关于板组中使用的钢板,由于已经上述,所以省略说明。接着,进行焊接工序。

[0132] <焊接工序>

[0133] 焊接工序具有后述的通电工序和电极保持工序。在焊接工序中,进行准备工序中准备的板组的接合。在该工序中,例如如图1所示,用配置在板组的下侧和上侧的一对焊接电极4、5夹持该板组,一边用一对焊接电极4、5加压一边控制为规定的焊接条件进行通电。由此,通过在成为钢板1a、1b的钢板重合面7的钢板间形成上述本发明的焊接部6,能够将钢板彼此接合(参照图3)。

[0134] 应予说明,在使用具有区域A的含Si镀锌钢板和不具有区域A的钢板制成板组的情况下,以具有区域A的面侧(即具有镀锌层的面侧)为钢板重合面的方式重叠。即使在与焊接电极接触一侧的含Si镀锌钢板的钢板表面也具有区域A和镀锌层,也当然没有问题。

[0135] 作为可以在本发明的电阻点焊方法中使用的焊接装置,可以使用具备上下一对焊接电极、在焊接中能够分别任意控制加压力和焊接电流的焊接装置。焊接装置的加压机构(气缸、伺服马达等)、形式(固定式、机器人焊枪等)、电极形状等没有特别限定。作为电极前端的形式,例如可举出JIS C 9304:1999中记载的DR形(圆顶弧形)、R径(弧形)、D形(圆顶形)等。另外,电极的前端直径例如为4mm~16mm。

[0136] 接着,对本发明的焊接工序的焊接条件进行说明。

[0137] 在焊接工序中,将板组用一对焊接电极夹持,一边加压一边通电进行接合时,对于至少一处焊点,在即将利用焊接电极进行加压之前,满足以下所示的(a)~(e)中的一个或两个以上的状态,并且具有:通电工序,上述通电以加压力:2.0~10.0kN、焊接电流:4.0~15.0kA、通电时间:0.1~2.0S的焊接条件进行;以及电极保持工序,将通电结束后的加压保持时间设为 T_h (S)时, T_h 满足式(5)和式(6)的关系。

[0138] [通电工序]

[0139] [加压力、焊接电流、通电时间]

[0140] 如果通电工序中的加压力小于2.0kN,则钢板间的加压变得不充分,容易产生飞溅,因此容易产生LME裂纹。另一方面,如果加压力超过10.0kN,则需要高加压规格的特殊焊枪,设备限制大。不仅如此,焊接部的减厚也变得显著,因此产生LME裂纹或接头强度降低。加压力优选为3.0kN以上,优选为7.0kN以下。

[0141] 如果通电工序中的焊接电流小于4.0kA,则热输入不足,无法确保熔核直径。另一方面,如果焊接电流超过15.0kA,则热输入过大而容易产生飞溅,因此容易产生LME裂纹。焊接电流优选为5.0kA以上,优选为12.0kA以下。

[0142] 如果通电工序中的通电时间小于0.1S,则有时焊接热影响部的合金元素的扩散变得不充分,焊接热影响部的软化层的硬度与母材的硬度几乎没有变化。因此,热影响部的钢板表层的软化变得显著,TSS降低。另一方面,如果通电时间超过2.0S,则汽车组装工序的节拍时间变长,生产率降低。通电时间优选为0.12S以上,优选为1.5S以下。

[0143] 应予说明,电阻点焊可以将加压力、电流值设为多个阶段或作为组合有通电和无通电的特定模式来进行。例如,在将通电中的加压力设为多个阶段的情况下,将通电中的加压力的最小值设为2.0kN以上,将加压力的最大值设为10.0kN以下。在将通电中的电流值设为多个阶段的情况下,将除无通电期间以外的通电中的电流值的最小值设为4.0kA以上,将电流值的最大值设为15.0kA以下。另外,将除无通电期间以外的通电时间的总和设为0.1S~2.0S。

[0144] [焊接施工干扰]

[0145] 在本发明中,除了上述条件以外,在制造焊接构件时,对于至少一处焊点,在即将利用焊接电极进行加压之前,满足以下的(a)~(e)中的一个或两个以上的状态,此时可以更有效地得到本发明的效果。

[0146] (a) 焊接电极与重叠的钢板的电极倾角为0.2度以上的状态

[0147] (b) 一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态

[0148] (c) 在任一个焊接电极与重叠的钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0149] (d) 在重叠的钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0150] (e) 从焊点的中心到重叠的钢板的钢板端面的最短距离为10mm以下的状态

[0151] 这些焊接施工干扰都会局部提高电极释放时的焊接部的温度和/或拉伸应力,因此成为容易产生LME裂纹的状态。但是,通过进行本发明的焊接部的表层控制,即使在存在这些焊接施工干扰的状态下也能够抑制LME裂纹,提高构件制造时的施工干扰管理的裕度。以下,对各施工干扰的详细进行说明。

[0152] (a) 焊接电极与重叠的钢板的电极倾角为0.2度以上的状态

[0153] 电极倾角是指电极相对于钢板倾斜的角度,即“电极加压力方向与钢板板厚方向所成的角度”。如果电极倾角大,则对焊接部施加弯曲应力,局部产生大的压缩塑性变形,由此电极释放后的拉伸应力增加。当电极倾角为0.2度以上时,可以有效地得到本发明的效果。当电极倾角过大时,熔核形成变得不稳定,成为飞溅产生的原因,因此电极倾角优选为10度以下。电极倾角进一步优选为1度以上,进一步优选为8度以下。

[0154] (b) 一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态

[0155] 电极中心偏移是指一对焊接电极的中心轴未对准的状态。与上述电极倾角同样,如果电极中心偏移大,则对焊接部施加弯曲应力,由此容易产生LME裂纹。当电极中心偏移量为0.1mm以上时,可以有效地得到本发明的效果。当电极中心偏移量过大时,熔核形成变得不稳定,成为飞溅产生的原因,因此电极中心偏移量优选为5mm以下。电极中心偏移量进一步优选为0.2mm以上,进一步优选为3mm以下。

[0156] (c) 在任一个焊接电极与重叠的钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0157] 在即将开始加压前在任一个电极与钢板之间存在间隙的状态下,例如一个电极为可动(以下称为可动侧电极)、另一个电极为固定(以下称为固定侧电极)时,在固定侧电极与钢板之间存在间隙的状态下,利用可动侧电极开始加压。其结果,钢板产生弯曲变形,因此对焊接部施加弯曲应力,由此容易产生LME裂纹。当该间隙量为0.5mm以上时,可以有效地得到本发明的效果。当该间隙量过大时,熔核形成变得不稳定,成为飞溅产生的原因,因此该间隙量优选为5mm以下。间隙量进一步优选为1mm以上,进一步优选为3mm以下。

[0158] (d) 在重叠的钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0159] 与上述(c)同样,在即将开始加压前在任一个钢板间存在间隙的状态下,钢板产生弯曲变形,因此对焊接部施加弯曲应力,由此容易产生LME裂纹。当该间隙量为0.5mm以上时,可以有效地得到本发明的效果。当间隙量过大时,熔核形成变得不稳定,成为飞溅产生的原因,因此该间隙量优选为4mm以下。间隙量进一步优选为1mm以上,进一步优选为3mm以下。应予说明,上述“1组以上的钢板间的间隙”是指在重叠的2个以上的钢板中,将上下方向配置的2个钢板设为1组时,在1组以上的钢板间存在间隙。

[0160] (e)从焊点的中心到重叠的钢板的钢板端面的最短距离为10mm以下的状态

[0161] 如果从焊点的中心到钢板端面的最短距离短,则在钢板端面阻碍来自焊接部的热传导,因此焊接部的冷却速度降低。因此,通过电极释放时的温度增加,容易产生LME裂纹。当从焊点的中心到钢板端面的最短距离为10mm以下时,可以有效地得到本发明的效果。另外,如上所述,当该最短距离小于3mm时,焊接时的飞溅产生变得显著,熔核直径容易产生偏差,由此焊接部的强度变得不稳定。因此,该最短距离优选为3mm以上。该最短距离优选为4mm以上,进一步优选为8mm以下。

[0162] [电极保持工序]

[0163] 上述通电工序后进行电极保持工序。电极保持工序是通过在通电完成后以一定加压力保持焊接电极来抑制气孔产生的工序。

[0164] 电极保持工序中,从电极释放时的温度控制的观点出发,将通电结束后的加压力保持时间设为 T_h (S)时,加压力保持时间(T_h)满足以下的式(5)和式(6)的关系。由此,可以有效地得到本发明的效果。

$$[0165] \quad (1/d_a + t + TS/1000)/110 < T_h < \{- (1/d_a + 1/t + TS/1000)/65\} + 1 \cdots (5)$$

$$[0166] \quad 0 < T_h \cdots (6)$$

[0167] 其中,式(5)中的 d_a 为上述区域A的母材部中的板厚方向的厚度(μm), t 为上述含Si镀锌钢板的板厚(mm), TS 为上述含Si镀锌钢板的拉伸强度(MPa)。

[0168] 如果加压力保持时间(T_h)过小,则电极释放时的温度增加而容易产生LME裂纹。另一方面,如果加压力保持时间(T_h)过大,则每1个焊点的节拍时间增加,由此生产率降低。与此同时,焊接部的冷却速度增加,由此焊接部的组织变脆,因此接头强度降低,或者容易发生焊接部的延迟破坏。

[0169] 区域A的母材部中的板厚方向的厚度(d_a)越薄,作为抑制液体Zn侵入的阻挡层的功能越减少,LME裂纹抑制效果越小。因此,需要增大加压力保持时间(T_h)的下限值。另外,随着含Si镀锌钢板的板厚(t)的增加,焊接部的冷却速度降低,因此 T_h 的下限值需要增大。进而,随着含Si镀锌钢板的拉伸强度(TS)的增加,焊接部的组织容易变脆,也容易产生LME裂纹,因此 T_h 的下限值需要增大。另一方面, d_a 是比母材钢板软质的层。因此, d_a 越薄,焊接部的钢板表层的组织越容易变脆,因此 T_h 的上限值需要减小。另外,在板厚(t)薄且焊接部的冷却速度大的情况下,或在含在Si镀锌钢板的 TS 高的情况下,焊接部的组织容易变脆。因此, T_h 的上限值需要减小。

[0170] 出于这样的理由,加压力保持时间为满足式(5)和式(6)的时间。式(5)的下限优选为 $(1/d_a + t + TS/1000)/110 + 0.02$ 以上。式(5)的上限优选为 $\{- (1/d_a + 1/t + TS/1000)/65\} + 0.9$ 以下。

[0171] 另外,式(6)的下限优选为0.02以上。式(6)的上限优选为1.0以下。应予说明,在重

叠2个以上的具有上述区域A的含Si镀锌钢板而成的板组的情况下,任1个满足(5)(6)式即可。

[0172] 实施例

[0173] 以下,使用实施例对本发明的作用和效果进行说明。应予说明,本发明不限于以下的实施例。

[0174] 使用表1所示的板组,在表2所示的焊接条件下制作焊接接头(焊接构件)。应予说明,板组按照表1所示的钢板1、钢板2、钢板3的顺序从上侧配置并重叠。表1的镀覆栏所示的“GA”是指具有合金化热浸镀锌层的钢板,“GI”是指具有热浸镀锌层的钢板。另外,表3的“即将加压之前的状态”栏所示的符号对应于上述焊接施工干扰所示的(a)~(e)。另外,焊接装置使用安装于焊枪的伺服马达加压式单相交流(50Hz)的电阻焊接机。使用的1对电极芯片为具有前端的曲率半径R40mm、前端直径6mm的铬铜的DR型电极。

[0175] 另外,表1的“拉伸强度”栏表示从各钢板沿轧制方向采取JIS 5号拉伸试验片并依据JIS Z 2241进行拉伸试验而测定的拉伸强度(MPa)。

[0176] 通过以下所示的方法评价焊接接头的TSS和有无LME裂纹。另外,通过以下的方法测定焊接接头中的厚度(t_{all} 、 t_{weld})、上述区域A的板厚方向各厚度(d_a 和 d_{wa})。

[0177] <各厚度的测定>

[0178] [t_{all} 、 t_{weld}]

[0179] 对于制作的焊接接头,以通过焊接部中心的方式用微型切割机切割,观察板厚方向截面。对于板组的总板厚(t_{all}),测定焊接前的钢板的板厚,求出其总和作为总板厚。另外,对于焊接部的最小厚度(t_{weld}),以100 μ m间隔测定熔核的宽度方向的区域内的板厚方向的大小,将其最小值作为“最小厚度”(参照图3)。使用所得到的各值求出“ t_{weld}/t_{all} ”的值。

[0180] [d_a 、 d_{wa}]

[0181] 切出所制作的焊接接头的焊接部中心,对母材部和焊接热影响部中的钢板表层使用扫描式电子显微镜(SEM)和能量分散型X射线检测器(EDX)进行射线分析,求出 d_a 和 d_{wa} 。

[0182] 具体而言,首先以通过所制作的焊接接头的焊接部中心的方式用微型切割机切割,进行树脂填充。对树脂填充后的焊接接头截面进行研磨并加工成观察用。然后,以观察倍率1万倍、加速电压5kV进行试样截面的射线分析,从母材部和焊接热影响部中的钢板表层得到板厚方向的Zn浓度和Si浓度的线分布。从得到的浓度线分布求出成为上述Zn浓度和Si浓度的区域A,算出母材部和焊接热影响部中的区域A的厚度。

[0183] 这里,将表2的“评价钢板”栏所记载的钢板中的各值作为代表值记载于表2。

[0184] [TSS的评价]

[0185] 拉伸剪切强度(TSS)的评价基于拉伸剪断测试方法(JIS Z3136)来评价。拉伸剪断测试中从表1所示的各钢板切出剪切拉伸试验片。该剪切拉伸试验片的尺寸为短边方向的长度:50mm、长边方向的长度:150mm。接着,使用在表1所示的板组和表3所示的焊接条件下实施电阻点焊而制作的焊接接头(试验片)。

[0186] 另外,为了与得到的各试验片(通过本发明的焊接方法制作的焊接接头)进行比较,还制作了未控制区域A的比较用接头(即在含Si钢板的表层不具有区域A的上述母材部中的区域A的厚度为 $d_a=0$ 的焊接接头)。比较用接头也基于同样的拉伸剪断测试方法评价TSS。

[0187] TSS评价时的试验片形状依据JIS Z3136,但在3个重叠的板组(表1的板组No.H)中,如图6所示,实施对钢板1b—钢板1c间施加拉伸负载的评价。

[0188] 应予说明,在评价TSS的焊接接头的制作中,焊点仅为1点,不设置表2和3所示的电极倾角和板间隙等焊接施工干扰。

[0189] 然后,按照以下基准评价TSS。

[0190] <评价基准>

[0191] A: (通过本发明的焊接方法制作的焊接接头的TSS) / (比较用接头的TSS) ≥ 0.9

[0192] B: $0.9 >$ (通过本发明的焊接方法制作的焊接接头的TSS) / (比较用接头的TSS) ≥ 0.8

[0193] F: $0.8 >$ (通过本发明的焊接方法制作的焊接接头的TSS) / (比较用接头的TSS)

[0194] 这里,评价结果为“A”和“B”时,评价为合格(具有优异的剪切拉伸强度)。

[0195] [LME裂纹的评价]

[0196] 在具有上述(a)~(e)的焊接施工干扰中的一个或两个以上的状态下进行焊接,以通过所得到的焊接接头的焊接部中央的方式用微型切割机切割,然后进行焊接部的板厚方向的截面观察。根据其观察结果,按照以下基准评价有无LME裂纹。具体而言,在表3所示的各焊接条件下分别制作10个焊接接头,在钢板间的重合面侧进行截面观察,确认LME裂纹。应予说明,在表2的“评价钢板”栏所记载的钢板的焊接部中,进行钢板间的重合面侧的截面观察并评价。

[0197] <评价基准>

[0198] A: 10个全部无裂纹

[0199] B: 产生裂纹的焊接接头为2个以下,且裂纹深度的最大值小于 $100\mu\text{m}$;产生裂纹的焊接接头为3个以上,或裂纹深度的最大值为 $100\mu\text{m}$ 以上

[0200] 这里,评价结果为A和B时,评价为合格。将得到的各值和评价结果分别示于表2和表3。

[0201]

[表1]

板组 No.	钢板1						钢板2						钢板3									
	板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	镀锌层 *1	Fe系镀层 (g/m ²)	Si内部氧化层 (μm)	母材部区域A的d _h (μm)	母材的Si量 (质量%)	板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	镀锌层 *1	Fe系镀层 (g/m ²)	Si内部氧化层 (μm)	母材部区域A的d _h (μm)	母材的Si量 (质量%)	板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	镀锌层 *1	Fe系镀层 (g/m ²)	Si内部氧化层 (μm)	母材部区域A的d _h (μm)	母材的Si量 (质量%)	
A	1.6	980	GA	45	无	有	5.5	1.2	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	1.2	1180	GA	10	无	有	0.9	1.5	GA	无	无	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	2.0	1470	GA	17	无	有	2.1	1.0	GA	无	无	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	1.6	980	GA	40	无	有	5.2	1.2	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	1.4	980	GA	85	无	有	11	1.5	GA	无	无	-	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	1.4	980	GA	24	无	有	3.2	1.2	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	1.6	1470	GA	30	无	有	3.8	3.1	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	0.7	270	GA	无	无	无	-	<0.001	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	1.4	1180	GI	25	无	有	3.2	1.0	GI	无	无	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	1.4	980	GA	无	3.4	有	3.5	1.4	GA	无	无	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	1.6	980	GI	无	2.8	有	2.9	0.9	GI	无	无	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	1.2	1180	GA	无	1.3	有	1.4	1.0	GA	无	无	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	1.4	980	GA	无	0.9	有	1.0	1.2	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	2.0	1180	GA	32	无	有	4.1	1.4	GA	无	无	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	1.6	1470	GA	50	无	有	6.4	1.6	GA	无	无	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q	1.6	980	GA	42	无	有	5.3	1.2	GA	无	无	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	1.4	1180	GA	25	无	有	3.3	1.6	GA	无	无	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	1.6	980	GA	30	无	有	3.7	1.4	GA	无	无	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*1.GA: 合金化热浸镀锌层, GI: 热浸镀锌层

[0202]

[表2]

条件 No.	板组 No.	$t_{\text{weld}}/t_{\text{all}}$	钢板和焊接部的性状							最短距离的平均值 H_1 (mm)	焊点中心间的平均距离 H_2 (mm)	焊点数	备注		
			评价钢板	板厚 t (mm)	拉伸强度 TS (MPa)	Fe系膜层 (g/m^2)	Si内部氧化层 (μm)	评价钢板的母材的SI量 (质量%)	d_a (μm)					d_{wa} (μm)	
1	A	0.7	钢板1	1.6	980	45	-	-	1.2	5.5	2.8	15	-	1	发明例
2	B	0.8	钢板1	1.2	1180	10	-	-	1.5	0.9	-	2	4	3	比较例
3	C	0.9	钢板1	2.0	1470	17	-	-	1.0	2.1	-	15	-	1	发明例
4	D	0.4	钢板1	1.6	980	40	-	-	1.2	5.2	2.6	15	-	1	比较例
5	E	0.8	钢板1	1.4	980	85	-	-	1.5	11.2	9.5	15	-	1	比较例
6	F	0.7	钢板1	1.4	980	24	-	-	1.2	3.2	1.3	4	-	1	发明例
7	G	0.6	钢板1	1.6	1470	30	-	-	3.1	3.8	2.0	15	-	1	比较例
8	H	0.8	钢板3	1.6	1180	38	-	-	1.2	4.8	1.2	15	-	1	发明例
9	I	0.8	钢板1	1.4	1180	25	-	-	1.0	3.2	1.4	15	25	2	发明例
10	J	0.8	钢板1	1.4	980	-	-	3.4	1.4	3.5	1.7	15	30	2	发明例
11	K	0.7	钢板1	1.6	980	-	-	2.8	0.9	2.9	0.5	6	-	1	发明例
12	L	0.9	钢板1	1.2	1180	-	-	1.3	1.0	1.4	-	15	-	1	比较例
13	M	0.4	钢板1	1.4	980	-	-	0.9	1.2	1.0	-	15	-	1	比较例
14	O	0.7	钢板1	2.0	1180	32	-	-	1.4	4.1	1.0	15	-	1	发明例
15	P	0.8	钢板1	1.6	1470	50	-	-	1.6	6.4	3.2	15	-	1	发明例
16	Q	0.8	钢板1	1.6	980	42	-	-	1.2	5.3	0.6	15	-	1	发明例
17	R	0.8	钢板1	1.4	1180	25	-	-	1.6	3.3	1.2	25	-	1	发明例
18	S	0.7	钢板1	1.6	980	30	-	-	1.4	3.7	1.5	20	55	2	发明例

*1. $0.5 < t_{\text{weld}}/t_{\text{all}} < 1.0 \dots (1)$

*2. $2 < d_a < 10 \dots (2)$

*3. $0 < d_{\text{wa}} < 8 \dots (3)$

[0203]

[表3]

条件 No.	板组 No.	焊接条件						电极保持工序				结果		备注
		通电工序		电极保持时间		式(5)的下限值	式(5)的上限值	式(5)的适合与否	式(6)的适合与否	TSS	LME			
即将加压之前的状态		加压力 (kN)	焊接电流 (kA)	通电时间 (s)	电极保持时间 Th (s)	式(5)的下限值	式(5)的上限值	式(5)的适合与否	式(6)的适合与否	TSS	LME	备注		
1	A (a) (c)	电极倾角: 7度 电极-板间的间隙: 1mm	4.0	6.5	0.40	0.250	0.025	0.973	○	○	A	A	发明例	
2	B (a) (e)	电极倾角: 5度 到钢板端面的最短距离: 2mm	3.5	6.0	0.35	0.150	0.032	0.952	○	○	A	F	比较例	
3	C (a)	电极倾角: 7度	5.0	8.0	0.50	0.250	0.036	0.962	○	○	A	B	发明例	
4	D (a) (c)	电极倾角: 5度 电极-板间的间隙: 2mm	5.0	7.0	0.40	0.015	0.025	0.972	×	○	A	F	比较例	
5	E (a) (c)	电极倾角: 5度 电极-板间的间隙: 2mm	4.5	6.0	0.45	0.250	0.022	0.973	○	○	F	A	比较例	
6	F (e)	到钢板端面的最短距离: 4mm	4.0	6.5	0.40	0.150	0.024	0.969	○	○	A	A	发明例	
7	G (a) (c)	电极倾角: 5度 电极-板间的间隙: 2mm	4.5	7.0	0.45	0.020	0.030	0.964	×	○	A	F	比较例	
8	H (b)	电极中心偏移量: 1mm	5.0	8.0	0.45	0.300	0.027	0.969	○	○	A	A	发明例	
9	I (d)	板间的间隙: 3mm	5.5	6.5	0.30	0.200	0.026	0.966	○	○	A	A	发明例	
10	J (a) (d)	电极倾角: 7度 板间的间隙: 1mm	4.0	6.5	0.45	0.200	0.024	0.970	○	○	A	A	发明例	
11	K (a) (e)	电极倾角: 5度 到钢板端面的最短距离: 6mm	3.5	6.5	0.45	0.150	0.027	0.970	○	○	A	A	发明例	
12	L (a) (d)	电极倾角: 7度 板间的间隙: 1.5mm	3.5	6.0	0.40	0.250	0.028	0.958	○	○	A	F	比较例	
13	M (a) (c)	电极倾角: 7度 电极-板间的间隙: 2mm	3.5	8.5	0.40	0.015	0.031	0.959	×	○	F	F	比较例	
14	O (a) (d)	电极倾角: 4度 板间的间隙: 2mm	7.5	6.5	0.50	0.300	0.031	0.970	○	○	A	A	发明例	
15	P (a)	电极倾角: 6度	5.0	11.8	0.35	0.350	0.029	0.965	○	○	A	A	发明例	
16	Q (a) (c)	电极倾角: 5度 电极-板间的间隙: 1mm	6.0	5.0	1.20	0.200	0.025	0.972	○	○	A	A	发明例	
17	R (a) (d)	电极倾角: 5度 板间的间隙: 1mm	3.5	6.5	0.50	0.240	0.026	0.966	○	○	A	A	发明例	
18	S (a)	电极倾角: 6度	4.0	7.0	0.45	0.250	0.026	0.971	○	○	A	A	发明例	

*1. $(1/d_0 + t + TS/1000) / 110 < Th < [(1/d_0 + 1/t + TS/1000) / 65] + 1 \dots(5)$

*2. $0 < Th \dots(6)$

[0204] 由表3明确,作为发明例的焊接接头(焊接构件)的评价结果全部为A或B。根据本发明,可知能够兼顾确保焊接部的强度和抑制LME裂纹。

[0205] 符号的说明

[0206] 1a、1b、1c 钢板

[0207] 2 含Si镀锌钢板

[0208] 2a 镀锌层

[0209] 2b 区域A

[0210] 2c 含Si钢板(母材)

[0211] 4、5 焊接电极

[0212] 6 焊接部

- [0213] 6a 熔核
- [0214] 6b 焊接热影响部
- [0215] 7 钢板的重合面
- [0216] 8 焊点
- [0217] 10 焊接构件

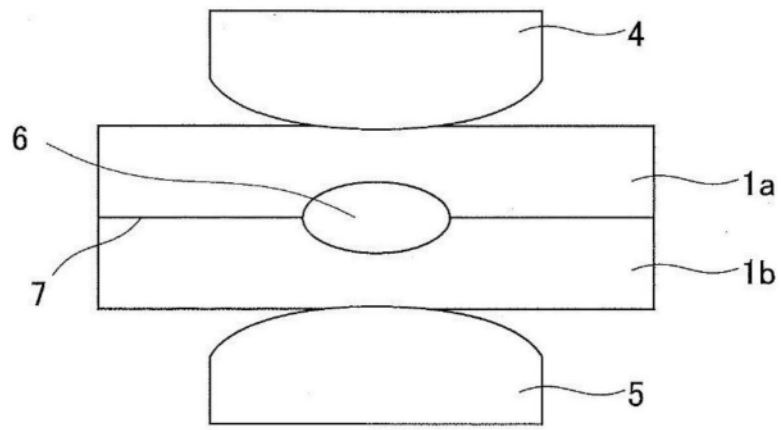


图1

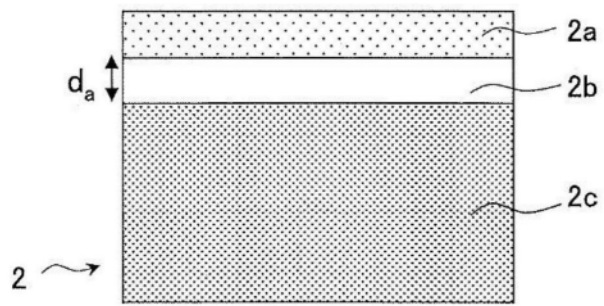


图2

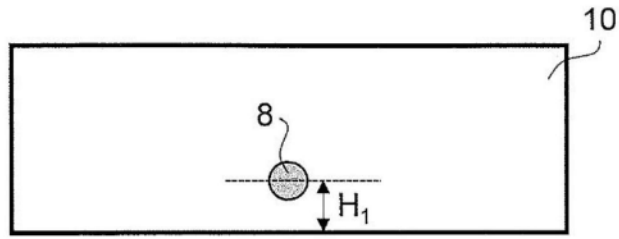


图4

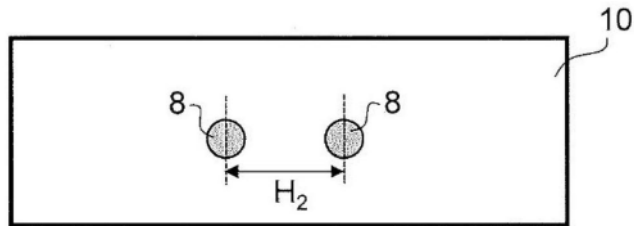


图5

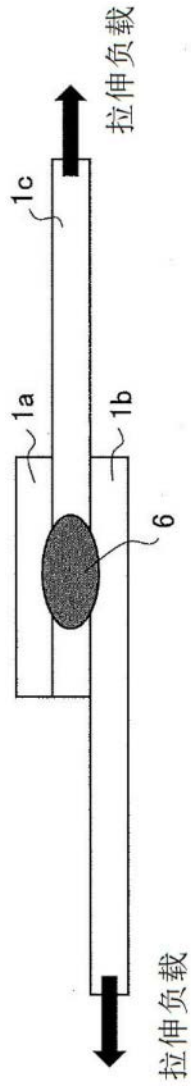


图6

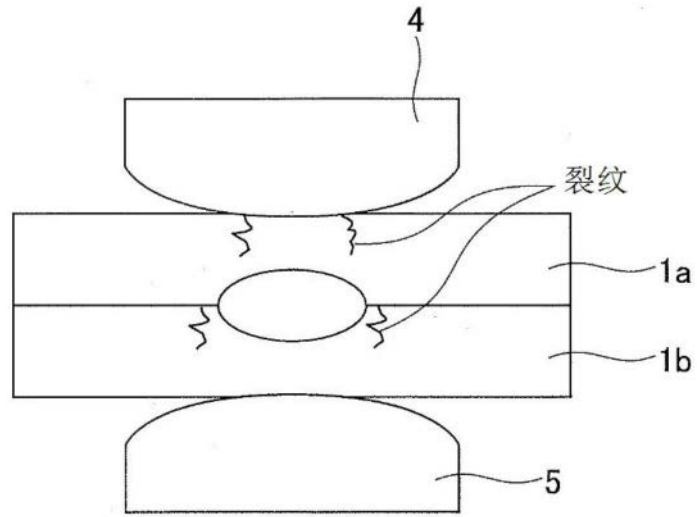


图7