



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118139712 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 04

(21) 申请号 202280071201.3

(22) 申请日 2022.10.28

(30) 优先权数据

2021-179559 2021.11.02 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.04.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/040410 2022.10.28

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2023/080076 JA 2023.05.11

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 泽西央海 山岸大起 川边直雄

谷口公一 高岛克利

(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 11/11 (2006.01)

B23K 11/24 (2006.01)

G22C 38/00 (2006.01)

G22C 38/60 (2006.01)

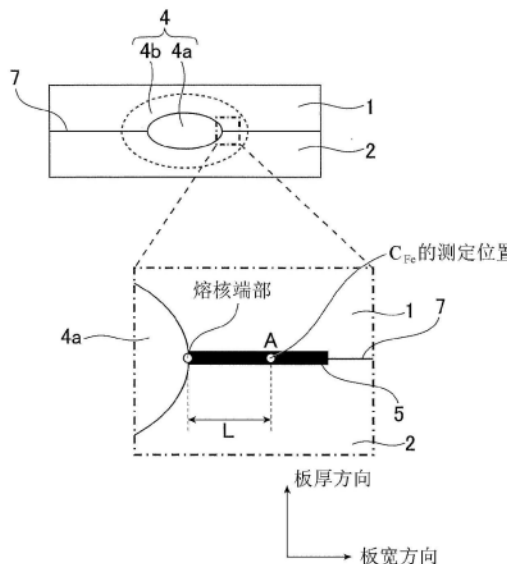
权利要求书2页 说明书17页 附图4页

(54) 发明名称

电阻点焊构件及其电阻点焊方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供电阻点焊构件及其电阻点焊方法。本发明的电阻点焊构件中,重叠的多个钢板中的至少1张是在钢板表面具有Zn系镀层的镀Zn钢板,将在重叠的多个钢板的钢板间形成的Zn合金层中的Fe浓度设为 $C_{Fe}$  (质量%),将从熔核端部到该 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离设为 $L$  ( $\mu m$ )时,该 $C_{Fe}$ 和该 $L$ 满足以下(1)式和(2)式的关系。 $C_{Fe} \geq 20 \cdots (1)$ ,  $0 < L \leq 500 \cdots (2)$ 。



1. 一种电阻点焊构件,是对重叠的多个钢板进行电阻点焊而成的电阻点焊构件,所述重叠的多个钢板中的至少1张是在钢板表面具有Zn系镀层的镀Zn钢板,将在所述重叠的多个钢板的钢板间形成的Zn合金层中的Fe浓度设为 $C_{Fe}$ ,将从熔核端部到该 $C_{Fe}$ 的测定位置为止的距离设为L时,该 $C_{Fe}$ 和该L满足以下(1)式和(2)式的关系,所述 $C_{Fe}$ 的单位为质量%,所述L的单位为 $\mu\text{m}$ ,
$$C_{Fe} \geq 20 \cdot \cdot \cdot (1)$$
$$0 < L \leq 500 \cdot \cdot \cdot (2)。$$
2. 根据权利要求1所述的电阻点焊构件,其中,将所述重叠的多个钢板中的Si含量最大的钢板的Si浓度设为 $C_{Si}$ 时,该 $C_{Si}$ 满足以下(3)式的关系,所述 $C_{Si}$ 的单位为质量%,
$$C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10) / 500] + 40 + C_{Si} \times 10 \cdot \cdot \cdot (3)$$
其中,(3)式所示的 $C_{Fe}$ 为在重叠的多个钢板的钢板间形成的Zn合金层中的Fe浓度,单位为质量%,L为从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定位置为止的距离,单位为 $\mu\text{m}$ 。
3. 根据权利要求1或2所述的电阻点焊构件,其中,将所述重叠的多个钢板中的拉伸强度最大的钢板的拉伸强度设为 $TS_{\text{max}}$ ,将拉伸强度最小的钢板的拉伸强度设为 $TS_{\text{min}}$ 时,该 $TS_{\text{max}}$ 和该 $TS_{\text{min}}$ 满足以下(4)式的关系,所述 $TS_{\text{max}}$ 、 $TS_{\text{min}}$ 的单位为MPa,
$$TS_{\text{max}} / TS_{\text{min}} \geq 1.2 \cdot \cdot \cdot (4)。$$
4. 一种电阻点焊构件的电阻点焊方法,是权利要求1~3中任一项所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法,具有:  
主通电工序,将重叠的多个钢板用一对焊接电极夹持,一边加压一边通电而进行接合,形成熔核,以及  
后通电工序,在形成该熔核后进行后热处理;  
将所述主通电工序中的电流值的平均值设为 $I_m$ ,将所述后通电工序中的电流值的平均值设为 $I_p$ ,将所述后通电工序中的通电时间的总和设为 $t_p$ 时,该 $I_m$ 、该 $I_p$ 和该 $t_p$ 满足以下(5)式的关系,所述 $I_m$ 、 $I_p$ 的单位为kA,所述 $t_p$ 的单位为ms,
$$(I_p / I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \cdot \cdot \cdot (5)$$
其中,(5)式所示的 $C_{Si}$ 为重叠的多个钢板中的Si含量最大的钢板的Si浓度,单位为质量%。
5. 根据权利要求4所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法,其中,在所述主通电工序中,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,满足选自以下(a)~(e)中的一个或两个以上的状态,  
(a) 所述焊接电极与所述重叠的多个钢板的行走角为0.2度以上的状态,  
(b) 一对所述焊接电极的芯偏移量为0.1mm以上的状态,  
(c) 在任一个所述焊接电极与所述重叠的多个钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态,  
(d) 在所述重叠的多个钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态,  
(e) 从所述焊点的中心到所述重叠的多个钢板的钢板端面为止的最短距离为10mm以下的状态。
6. 根据权利要求4或5所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法,其中,在所述主通电工序与所述后通电工序之间,具有停止通电的无通电工序,

并且,在所述主通电工序后重复2次以上该无通电工序和所述后通电工序。

## 电阻点焊构件及其电阻点焊方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及对多个钢板进行电阻点焊而成的构件,特别涉及作为汽车等的结构部件的构件适合的电阻点焊构件及其电阻点焊方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,由于环境问题的严重,CO<sub>2</sub>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汽车部件的薄壁化,推进拉伸强度(TS)为980MPa以上的钢板的应用。

[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。如图1所示,该焊接法为如下方法:将重叠的2张以上的钢板1、2由一对焊接电极8、9夹着,用一对焊接电极8、9从该钢板的上下侧进行加压,同时在上下焊接电极间短时间通电高电流的焊接电流来接合钢板。应予说明,图1表示重叠2张钢板的状态。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4。该点状的焊接部4被称为熔核,是在使电流流过重叠的钢板时两钢板1、2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。

[0004] 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。评价电阻点焊部的强度有多种,作为通常的评价方法之一,可举出JIS Z3136中规定的拉伸剪切测试。这是对焊接接头在拉伸剪切方向上负载拉伸载荷来测定拉伸剪切强度(以下称为TSS)的试验法。

[0005] 另外,当将高强度钢板用于汽车部件时,从耐腐蚀性的观点出发,在暴露于雨水的部位使用锌(Zn)等具有防锈能力的镀覆钢板。然而,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,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和热浸镀锌层(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。

[0006] 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,当焊接电极的加压力、由钢板的热膨胀、进而钢板的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,例如如图7所示的与焊接电极8、9接触的一侧的钢板1、2的表面、钢板彼此接触的一侧的钢板1、2的表面。

[0007] 作为这样的LME裂纹的对策,例如可举出专利文献1~4的技术。在专利文献1中提出了使作为板组的钢板的成分组成为特定范围,具体而言为以重量%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成分组成。

[0008] 在专利文献2中提出了以满足以下条件(1)和(2)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点焊的高强度镀覆钢板的点焊方法。

[0009]  $0.25 \times (10 \times t + 2) / 50 \leq WT \leq 0.50 \times (10 \times t + 2) / 50 \cdot \cdot (1)$

[0010]  $300 - 500 \times t + 250 \times t^2 \leq HT \cdot \cdot (2)$

[0011] 其中,在条件(1)和(2)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)。

[0012] 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强度镀锌钢板进行点焊。

[0013] 在专利文献3中提出了一种点焊方法,其将通电模式设为3级以上的多级通电,以适当电流范围( $\Delta I$ :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)为1.0kA以上、优选为2.0kA以上的方式调整通电时间、焊接电流等焊接条件,在各级之间设置冷却时间。

[0014] 在专利文献4中提出了通过在点焊之前将焊接的部分的镀层除去来防止LME裂纹的技术。

[0015] 现有技术文献

[0016] 专利文献

[0017] 专利文献1:日本特开平10-195597号公报

[0018] 专利文献2:日本特开2003-103377号公报

[0019] 专利文献3:日本特开2003-236676号公报

[0020] 专利文献4:国际公开第2016/159169号

## 发明内容

[0021] 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,所以限于满足要求性能的钢板的使用等问题。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,其应用受到极大限制。

[0022] 在专利文献2中仅提出了设定产生溅射那样的过大的焊接电流时的LME裂纹抑制方法,没有提及不产生溅射的状态下的LME裂纹。

[0023] 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,没有研究焊接电极的行走角的影响,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。

[0024] 在专利文献4中,需要预先除去镀层的工序,因此制造成本增加。另外,由于除去了镀层,所以认为焊接部的耐腐蚀性降低。

[0025] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供特别是在使用高强度钢板的板组中,无论钢板的成分组成、板组,都可以抑制LME裂纹,且可以在不除去该板组中包含的镀Zn钢板的镀层的情况下制造焊接构件的、电阻点焊构件及其电阻点焊方法。

[0026] 发明人等为了实现上述目的而反复进行了深入研究,结果得到以下的见解。

[0027] 由于各种因素的复杂影响,所以对焊接时产生的裂纹的本发明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焊接部产生过大的拉伸残

余应力时容易产生。特别是,已知在钢板彼此接触的钢板的重合面侧,在电阻点焊的通电和加压结束后敞开焊接电极时在局部拉伸应力大的区域容易产生LME裂纹。另外,在重叠的钢板间的强度差显著的情况下,也容易产生由冷却时的相变行为的差异引起的拉伸应力。

[0028] 如上所述,LME裂纹通过在Zn等液体金属与钢板接触的状态下赋予拉伸应力而产生。因此,促进钢板间(板—板间)的Fe和Zn的合金化,使残留在熔核附近的板—板间的Zn合金层中的Fe浓度为一定以上,由此在赋予拉伸应力时在板—板间不存在液体Zn。本发明人由此得到可以抑制LME裂纹的构想。另外,还发现存在使残留在板—板间的Zn合金层中的Fe浓度为一定以上的适当的焊接条件。

[0029] 本发明是基于上述见解而完成的,其主旨构成如下。

[0030] [1]一种电阻点焊构件,是对重叠的多个钢板进行电阻点焊而成的电阻点焊构件,

[0031] 上述重叠的多个钢板中的至少1张是在钢板表面具有Zn系镀层的镀Zn钢板,

[0032] 将在上述重叠的多个钢板的钢板间形成的Zn合金层中的Fe浓度设为 $C_{Fe}$ (质量%),

[0033] 将从熔核端部到该 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离设为 $L(\mu\text{m})$ 时,

[0034] 该 $C_{Fe}$ 和该 $L$ 满足以下(1)式和(2)式的关系。

$$[0035] \quad C_{Fe} \geq 20 \cdots (1)$$

$$[0036] \quad 0 < L \leq 500 \cdots (2)$$

[0037] [2]根据[1]所述的电阻点焊构件,其中,将上述重叠的多个钢板中的Si含量最大的钢板的Si浓度设为 $C_{Si}$ (质量%)时,

[0038] 该 $C_{Si}$ 满足以下(3)式的关系。

$$[0039] \quad C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10) / 500] + 40 + C_{Si} \times 10 \cdots (3)$$

[0040] 这里,(3)式所示的 $C_{Fe}$ 为在重叠的多个钢板的钢板间形成的Zn合金层中的Fe浓度(质量%), $L$ 为从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离( $\mu\text{m}$ )。

[0041] [3]根据[1]或[2]所述的电阻点焊构件,其中,上述重叠的多个钢板中的至少1张的拉伸强度为980MPa以上。

[0042] [4]根据[1]~[3]中任一项所述的电阻点焊构件,其中,将上述重叠的多个钢板中的拉伸强度最大的钢板的拉伸强度设为 $TS_{\text{max}}$ (MPa),将拉伸强度最小的钢板的拉伸强度设为 $TS_{\text{min}}$ (MPa)时,

[0043] 该 $TS_{\text{max}}$ 和该 $TS_{\text{min}}$ 满足以下(4)式的关系。

$$[0044] \quad TS_{\text{max}} / TS_{\text{min}} \geq 1.2 \cdots (4)$$

[0045] [5]根据[1]~[4]中任一项所述的电阻点焊构件,其中,上述重叠的多个钢板的张数为3张以上。

[0046] [6]一种电阻点焊构件的电阻点焊方法,是[1]~[5]中任一项所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法,具有:

[0047] 主通电工序,将重叠的多个钢板用一对焊接电极夹持,一边加压一边通电进行接合,形成熔核,以及

[0048] 后通电工序,在形成该熔核后进行后热处理;

[0049] 将上述主通电工序中的电流值的平均值设为 $I_m$ (kA),将上述后通电工序中的电流值的平均值设为 $I_p$ (kA),将上述后通电工序中的通电时间的总和设为 $t_p$ (ms)时,

[0050] 该 $I_m$ 、该 $I_p$ 和该 $t_p$ 满足以下(5)式的关系。

[0051]  $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \dots (5)$

[0052] 这里, (5) 式所示的  $C_{Si}$  为重叠的多个钢板中的 Si 含量最大的钢板的 Si 浓度 (质量%)。

[0053] [7] 根据 [6] 所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法, 其中, 在上述主通电工序中, 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, 满足选自以下 (a) ~ (e) 中的一个或两个以上的状态。

[0054] (a) 上述焊接电极与上述重叠的多个钢板的行走角为 0.2 度以上的状态。

[0055] (b) 一对上述焊接电极的芯偏移量为 0.1mm 以上的状态。

[0056] (c) 在任一个上述焊接电极与上述重叠的多个钢板之间存在 0.5mm 以上的间隙的状态。

[0057] (d) 在上述重叠的多个钢板中的至少 1 组以上的钢板间存在 0.5mm 以上的间隙的状态。

[0058] (e) 从上述焊点的中心到上述重叠的多个钢板的钢板端面的最短距离为 10mm 以下的状态。

[0059] [8] 根据 [6] 或 [7] 所述的电阻点焊构件的电阻点焊方法, 其中, 在上述主通电工序与上述后通电工序之间具有停止通电的无通电工序,

[0060] 并且在上述主通电工序后重复 2 次以上该无通电工序和上述后通电工序。

[0061] 根据本发明, 可以提供特别是在使用高强度钢板的板组中, 无论钢板的成分组成、板组, 都可以抑制 LME 裂纹, 且可以在不除去该板组中包含的镀 Zn 钢板的镀层的情况下制造焊接接头的、电阻点焊构件及其焊接方法。

## 附图说明

[0062] 图1是示意性地表示电阻点焊的一个例子的剖视图。

[0063] 图2是示意性地表示本发明的一个实施方式的电阻点焊构件中的电阻点焊部及其周边的剖视图。

[0064] 图3是示意性地表示本发明的其他实施方式的电阻点焊构件中的电阻点焊部及其周边的剖视图。

[0065] 图4是示意性地表示本发明的其他实施方式的电阻点焊构件中的电阻点焊部及其周边的剖视图。

[0066] 图5是表示  $C_{Si} = 1.0$  质量% 时的本发明的电阻点焊构件中的  $C_{Fe}$  与距熔核端部的距离的关系的坐标图。

[0067] 图6是表示  $C_{Si} = 2.0$  质量% 时的本发明的电阻点焊构件中的  $C_{Fe}$  与距熔核端部的距离的关系的坐标图。

[0068] 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

[0069] 以下, 对本发明进行具体说明。应予说明, 本发明不限于该实施方式。

[0070] (电阻点焊构件)

[0071] 参照图2~4说明本发明的电阻点焊构件。图2~4中, 作为一个例子, 表示本发明的

电阻点焊构件中的将电阻点焊部及其周边的一部分放大的板厚方向剖视图。该放大的位置是用图2~4中所示的四边框包围的区域。

[0072] 本发明是具有对重叠的多个钢板进行电阻点焊而成的电阻点焊部的电阻点焊构件(以下称为“焊接构件”)。如后所述,重叠的多个钢板中的至少1张是在钢板表面具有Zn系镀层的镀Zn钢板。上述多个钢板的张数没有特别限定,可以为2张以上。优选为3张以上。应予说明,上述多个钢板的张数的上限没有特别规定,但优选为5张以下。

[0073] 图2所示的例子是将2张钢板重叠并焊接而成的焊接构件6,配置在下侧的钢板2(下板)和配置在上侧的钢板1(上板)中的两者或任一者为镀Zn钢板。在图2的焊接构件的情况下,在钢板1、2接触的钢板重合面(重叠面)7形成以下说明的电阻点焊部4。

[0074] 另外,作为钢板的张数为3张以上的例子,图3和图4表示将3张钢板重叠并焊接而成的焊接构件6。图3和图4的焊接构件6中,配置在最下侧的钢板2(下板)、配置在最上侧的钢板1(上板)、以及配置在它们之间的钢板3(中板)中的全部或至少1张为镀Zn钢板。在图3和图4的焊接构件的情况下,以包含下板2与中板3以及中板3与上板1接触的各重叠面7(7a、7b)的方式形成以下说明的电阻点焊部4。

[0075] [电阻点焊部]

[0076] 首先,参照图5和图6详细说明本发明的技术思想。

[0077] 图5和图6表示本发明的焊接构件的电阻点焊部(以下称为“焊接部”)中的、在钢板间形成的Zn合金层的Fe浓度( $C_{Fe}$ )与从熔核端部到该Fe浓度的测定点的距离(L)的关系。在图5和图6中,纵轴为上述Fe浓度(质量%),横轴为距上述熔核端部的距离( $\mu\text{m}$ )。

[0078] 这里,准备了将2张或3张钢板重叠并在各种焊接条件下焊接而成的焊接构件(接头1~8)。将重叠的多个钢板中的Si含量最大的钢板的Si浓度定义为“ $C_{Si}$ (质量%)”时,使用不同的两个例子( $C_{Si}=1.0$ 质量%、 $C_{Si}=2.0$ 质量%),通过后述的实施例所记载的方法进行各接头的 $C_{Fe}$ 的测定、距离L的测定和LME裂纹的评价。图5表示 $C_{Si}=1.0$ 质量%时的关系图,图6表示 $C_{Si}=2.0$ 质量%时的关系图。

[0079] 如上所述,LME裂纹通过在Zn等液体金属与钢板接触的状态下赋予拉伸应力而产生。因此,在本发明中,促进板-板间的Fe和Zn的合金化,使残留在熔核附近的板-板间的Zn合金层中的Fe浓度为一定以上是重要的。由此,在赋予拉伸应力时刻在板-板间不存在液体Zn。

[0080] 如图5和图6所示,在任何接头中,从熔核端部到该Fe浓度的测定点的距离越小,Fe浓度越增加。这是因为越接近熔核,焊接时的最高到达温度越高,促进合金化。而且,LME裂纹显著的接头、即评价为F的接头(接头4和接头8)中,在距熔核端部的距离为 $500\mu\text{m}$ 以下的区域,Fe浓度均低。另外, $C_{Si}$ 越大,得到完全抑制LME裂纹的评价A所需的Fe浓度的阈值越增加。距熔核端部的距离为 $500\mu\text{m}$ 以下的区域是焊接时的最高到达温度特别高、在通电结束以后产生拉伸应力时Zn容易以液相存在于板-板间的区域。因此,通过将在距熔核端部的距离为 $500\mu\text{m}$ 以下的板-板间形成的Zn合金层的Fe浓度提高至20质量%以上,Zn合金层的熔点上升,在焊接部产生拉伸应力时Zn变得不易以液相存在。另外,如上所述,越接近熔核,最高到达温度越高,因此如果随着距熔核端的距离减小而将 $C_{Fe}$ 提高至一定以上,则在产生拉伸应力时可以更可靠地防止液相Zn的存在。结果发现,即使是包含镀Zn钢板的焊接构件,也能够抑制LME裂纹。

[0081] 接着,对本发明的焊接构件中的焊接部进行详细说明。应予说明,无论是重叠2张钢板的板组的情况还是重叠3张以上的钢板的板组的情况都同样,因此在以后的说明中使用图2。

[0082] 如图2所示,焊接部4具有熔核4a和热影响部(HAZ)4b。在熔核端部的外侧且重叠的多个钢板1、2的钢板间(板—板间)形成Zn合金层5。

[0083] 如上所述,在本发明中,需要使残留在熔核4a附近的板—板间的Zn合金层5中的Fe浓度为一定以上。具体而言,将在重叠的钢板的板—板间形成的Zn合金层5中的Fe浓度设为 $C_{Fe}$ (质量%),将从熔核端部到该 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离设为 $L$ ( $\mu\text{m}$ )时,该 $C_{Fe}$ 和该 $L$ 满足以下(1)式和(2)式的关系。

$$[0084] \quad C_{Fe} \geq 20 \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$[0085] \quad 0 < L \leq 500 \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0086] 在 $C_{Fe}$ 小于20(质量%)的状态下,板—板间的Fe—Zn的合金化不充分,在熔核附近的板—板间存在液体Zn的可能性提高。在该状态下,对焊接部赋予由电极的加压力、钢板的热膨胀、进而钢板的收缩等引起的拉伸应力时,变得容易产生LME裂纹。基于这样的理由,(1)式中的 $C_{Fe}$ 为20(质量%)以上。 $C_{Fe}$ 优选为30(质量%)以上,进一步优选为40(质量%)以上。(1)式中的 $C_{Fe}$ 的上限没有特别规定。因为 $C_{Fe}$ 越大,Zn合金层的熔点越上升,对抑制LME裂纹越有效。但是,为了使 $C_{Fe}$ 过大,在形成熔核后需要非常长时间的后通电处理,有时导致节拍时间的增加。因此,(1)式中的 $C_{Fe}$ 优选为98(质量%)以下,进一步优选为95(质量%)以下。

[0087] 另外,需要 $C_{Fe}$ 满足上述(1)式的关系,从熔核端部到该 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离 $L$ 在上述(2)式所示的范围内。该“ $C_{Fe}$ 的测定位置”是指图2所示的点A的位置。当距离 $L$ 超出上述(2)式的范围时,焊接时的最高到达温度低,因此不易产生LME裂纹。即, $C_{Fe}$ 与LME裂纹有无的相关性变小。

[0088] 应予说明,熔核端部、 $C_{Fe}$ 的测定位置和从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离 $L$ 的位置关系如图2所示。如图2所示,“熔核端部”是指熔核4a与钢板1、2的重叠面7的交点。“ $C_{Fe}$ 的测定位置”是指熔核端部的外侧且Zn合金层5中的板厚方向中心的位置。在本发明中,在熔核4a的两端部的外侧分别存在“ $C_{Fe}$ 的测定位置(图2所示的点A)”。在本发明中,上述 $C_{Fe}$ 的浓度和距离 $L$ 可以通过后述的实施例所记载的方法来测定。

[0089] 具体而言,以从熔核端部移动了一定距离的Zn合金层的板厚方向中心为测定点来测定Fe浓度,另外,在板厚方向上下各离开 $1\mu\text{m}$ 的位置也进行测定,将这些共计三个点的Fe浓度的平均值作为 $C_{Fe}$ 。

[0090] 另外,例如在重叠3张钢板的板组的情况下,在上板—中板间和中板—下板间形成Zn合金层。通过上述方法分别求出上板—中板间和中板—下板间的 $C_{Fe}$ ,将它们的最小值作为 $C_{Fe}$ 。钢板的张数为4张以上的情况也同样。

[0091] [重叠的多个钢板]

[0092] 如上所述,重叠的多个钢板中的至少1张为镀Zn钢板。因为LME裂纹是在使用至少1张镀Zn钢板时产生的现象。应予说明,重叠的多个钢板(板组)中,所有钢板可以是镀Zn钢板,也可以重叠镀Zn钢板和不具有金属镀层的钢板。任何情况下都可以得到本发明的效果。

[0093] 本发明中的“镀Zn钢板”是指在作为母材的基底钢板的表面上具有以电镀锌层和热浸镀锌层(包括合金化热浸镀锌层)为代表的镀锌层、除了锌以外还包含铝、镁等元素的

镀锌合金层等Zn系镀层的钢板。应予说明,镀层中的组成没有特别限定,为了增加 $C_{Fe}$ ,镀层中的Fe浓度优选为5质量%以上。另外,从防止钢板的粉化性降低等观点出发,镀层中的Fe浓度优选为20质量%以下。

[0094] 为了在本发明中更有效地得到上述作用效果,板组中使用的钢板可以根据需要具备以下构成。

[0095] [钢板的Si含量]

[0096] 本发明中,将上述重叠的多个钢板中的Si含量最大的钢板的Si浓度设为 $C_{Si}$ (质量%)时,优选该 $C_{Si}$ 满足以下(3)式的关系。在这种情况下,可以更有效地得到本发明的效果。

$$[0097] \quad C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10) / 500] + 40 + C_{Si} \times 10 \dots (3)$$

[0098] 这里,(3)式所示的 $C_{Fe}$ 为在重叠的多个钢板的板间形成的Zn合金层中的Fe浓度(质量%), $L$ 为从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定位置的距离( $\mu\text{m}$ )。

[0099] 影响LME裂纹的因素有多种,作为钢板的成分组成,认为Si增加时,LME裂纹产生的风险提高。钢板中的Si对LME裂纹的影响是复杂的,虽然不能简单地说明,但Si已知为阻碍Fe—Zn的合金化反应的元素。因此,由于Si增加,液体Zn变得容易存在于板—板间,因此优选根据钢板的Si含量的增加来提高 $C_{Fe}$ 的下限值。另外,由于越接近熔核,焊接的最高到达温度越增加,所以液体Zn变得容易存在于板—板间。因此,优选根据距离 $L$ 的减少来提高 $C_{Fe}$ 的下限值。

[0100] 因此,基于以上理由,板组中的Si含量最大的钢板的Si浓度( $C_{Si}$ )、Zn合金层中的Fe浓度( $C_{Fe}$ )和距离 $L$ 满足(3)式的关系。应予说明, $C_{Fe}$ 越大,Zn合金层的熔点越上升,对抑制LME裂纹越有效,因此(3)式的上限与上述(1)式的理由同样,没有特别规定。但是,为了使 $C_{Fe}$ 过大,在形成熔核后需要非常长时间的后通电处理,有时导致节拍时间的增加。因此,(3)式中的 $C_{Fe}$ 优选为98(质量%)以下,进一步优选为95(质量%)以下。

[0101] 在容易产生LME裂纹的板组、施工干扰的存在下,上述 $C_{Si}$ 、 $C_{Fe}$ 和 $L$ 的关系进一步优选满足以下关系式。

$$[0102] \quad C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10) / 500] + 60 + C_{Si} \times 10$$

[0103] 应予说明,在本发明中,上述 $C_{Si}$ 的浓度可以通过后述实施例所记载的方法来测定。

[0104] [钢板的拉伸强度]

[0105] 另外,LME裂纹容易在高强度钢板中产生。因此,在本发明中,上述重叠的多个钢板中的至少1张的拉伸强度优选为980MPa以上。在这种情况下,即使将钢板高强度化也能够抑制LME裂纹,因此能够期待焊接构件的碰撞特性的提高等效果,能够更有效地得到本发明的效果。钢板的拉伸强度优选为3000MPa以下。

[0106] [钢板的强度差]

[0107] 如上所述,在重叠的多个钢板的钢板间的强度差显著的情况下,由于焊接的冷却时的相变行为的差异所引起的拉伸应力,变得容易产生LME裂纹。因此,在本发明中,将上述重叠的多个钢板中的拉伸强度最大的钢板的拉伸强度设为 $TS_{max}$ (MPa),将拉伸强度最小的钢板的拉伸强度设为 $TS_{min}$ (MPa)时,优选该 $TS_{max}$ 和该 $TS_{min}$ 满足以下(4)式的关系。在这种情况下,即使是容易产生LME裂纹的板组也能够抑制LME裂纹,汽车的结构设计的自由度提高,因此可以更有效地得到本发明的效果。

[0108]  $TS_{max}/TS_{min} \geq 1.2 \dots (4)$

[0109] 进一步优选满足 $TS_{max}/TS_{min} \geq 1.5$ 的关系。(4)式的上限没有特别规定。从汽车用钢板的实用强度水平的观点出发, ( $TS_{max}/TS_{min}$ ) 的值优选为12.0以下。

[0110] 应予说明, 如果重叠的钢板的张数变多, 则向焊接部的热输入增加, 由此变得容易产生LME裂纹。因此, 在上述重叠的多个钢板的张数为3张以上的情况下, 可以更有效地得到本发明的效果。

[0111] 作为一个例子, 将重叠的多个钢板的张数为3张的情况示于图3和图4。在图3所示的例子中, 下板2和中板3为未镀覆的钢板, 上板1为镀覆钢板。在图3的例子中, 由于在中板3与下板2的板间不存在镀Zn, 所以在上板1与中板3之间形成Zn合金层5和上述 $C_{Fe}$ 。

[0112] 另外, 图4是上板1的熔点比中板3和下板2低的情况的例子。在钢板的熔点不同时, 有熔核4a的轮廓不成为椭圆的情况, 此时如图4那样, 将熔核4a的轮廓与板—板界面的交点中的、距焊接部中心在板宽度方向上最远的位置作为熔核端部, 测定距离L。这在重叠2张时也同样。

[0113] 本发明中使用的高强度钢板的成分组成只要能够具备上述构成就没有特别限定。从将本发明应用于汽车的结构部件的观点出发, 优选为以下所示的成分组成。在以下说明中, 只要没有特别说明, 成分组成的“%”表示是指“质量%”。

[0114] C: 0.1 ~ 0.4%

[0115] C是有助于钢板的高强度化的元素。因此, C含量优选为0.1%以上。更优选为0.12%以上。另一方面, 如果过量添加C, 则焊接部过度固化, 引起焊接部的韧性降低。因此, C含量优选为0.4%以下。更优选为0.38%以下。

[0116] Si: 0.02 ~ 2.5%

[0117] Si是对提高钢板的强度和伸长率有效的元素。因此, Si含量优选为0.02%以上。更优选为0.1%以上。另一方面, Si的过量添加引起耐LME性、镀覆性的降低。因此, Si含量优选为2.5%以下。更优选为2.0%以下。

[0118] Mn: 1.0 ~ 5.0%

[0119] Mn是有助于钢板的高强度化的元素。因此, Mn含量优选为1.0%以上。更优选为1.2%以上。另一方面, Mn的过量添加促进熔核中的合金元素的凝固偏析, 引起焊接部的韧性降低。因此, Mn含量优选为5.0%以下。更优选小于3.5%。

[0120] P: 0.05%以下

[0121] 当过量添加P时, 由于熔核的凝固偏析而引起焊接部的韧性降低。因此, P含量优选为0.05%以下。更优选为0.02%以下。P含量的下限没有特别规定, 但极低P化会使炼钢成本上升, 因此, P含量优选为0.005%以上。

[0122] S: 0.01%以下

[0123] 当S的含量多时, 由于熔核的凝固偏析而引起焊接部的韧性降低。因此, S含量优选为0.01%以下。更优选为0.005%以下。S含量的下限没有特别规定, 但极低S化会使炼钢成本上升。因此, S含量优选为0.0002%以上。

[0124] Al: 0.01 ~ 1.00%

[0125] Al是脱氧所必需的元素, 为了得到该效果, 优选含有0.01%以上。另一方面, Al的过量添加会使钢板中的夹杂物增加, 局部变形能力降低, 钢板的延展性降低。因此, 其上限

优选为1.00%。更优选为0.80%以下。

[0126] N:0.01%以下

[0127] N通过形成粗大的氮化物,使局部变形能力降低,钢板的延展性降低,因此优选抑制含量。在N为0.01%以上时,该倾向变得显著,因此优选使N的含量小于0.01%。更优选为0.0075%以下。N含量的下限没有特别规定,但极低N化会使炼钢成本上升。因此,N含量优选为0.0001%以上。

[0128] 上述以外的剩余部分为Fe和不可避免杂质。作为不可避免的杂质,例如可举出Co、Sn、Zn等,作为这些含量的允许范围,为Co:0.05%以下、Sn:0.01%以下、Zn:0.01%以下。另外,在本发明中,即使在通常的钢组成的范围内含有Ta、Mg、Zr,也不会失去其效果。

[0129] 在本发明中,除了上述成分之外,还可以含有1种或2种以上的以下成分。应予说明,以下各成分可以为0%。

[0130] Nb:0.1%以下

[0131] Nb通过形成微细的碳氮化物而对钢板的析出固化有效。为了得到该效果,优选含有0.005%以上的Nb。另一方面,如果添加大量的Nb,则不仅伸长率显著降低,而且在连续铸造后产生板坯裂纹,因此其含量优选为0.1%以下。更优选为0.07%以下,进一步优选为0.055%以下。

[0132] Ti:0.1%以下

[0133] Ti通过形成微细的碳氮化物而对钢板的析出固化有效。为了得到该效果,优选含有0.005%以上的Ti。另一方面,如果添加大量的Ti,则伸长率显著降低,因此其含量优选为0.1%以下。更优选为0.065%以下。

[0134] V:0.05%以下

[0135] V通过形成微细的碳氮化物而对钢板的析出固化有效。为了具有这样的作用,优选使V的添加量含有0.005%以上。另一方面,即使添加大量的V,超过0.05%的量的强度上升效果也小,而且也导致合金成本的增加。因此,V的含量优选为0.05%以下。

[0136] Cr:1.0%以下

[0137] Cr容易在电阻焊接部生成马氏体,因此是有助于剪切拉伸强度的高强度化的元素。为了发挥该效果,优选含有0.05%以上。另一方面,如果含有超过1.0%,则容易产生面缺陷,因此其含量优选为1.0%以下。优选为0.8%以下。

[0138] Mo:0.5%以下

[0139] Mo也与Cr同样,容易在电阻焊接部生成马氏体,因此是有助于剪切拉伸强度的高强度化的元素。为了发挥这些效果,优选含有0.01%以上。优选为0.02%以上。另外,即使含有超过0.5%,上述效果也饱和,因此仅成本上升,因此其含量优选为0.5%以下。更优选为0.42%以下。

[0140] Cu:1.0%以下

[0141] Cu是有助于钢板的固溶强化的元素。为了发挥这些效果,优选含有0.005%以上。另一方面,即使含有超过1.0%,效果也饱和,另外容易产生由Cu引起的表面缺陷,因此其含量优选为1.0%以下。

[0142] Ni:0.50%以下

[0143] Ni是通过钢板的固溶强化和相变强化而有助于高强度化的元素。为了发挥这些效

果,优选含有0.005%以上。另外,如果与Cu同时添加,则有抑制由Cu引起的表面缺陷的效果,因此在添加Cu时有效。另一方面,即使含有超过0.50%,效果也饱和,因此优选使其含量为0.50%以下。

[0144] B:0.010%以下

[0145] B是提高钢板的淬透性、有助于高强度化的元素。为了发挥该效果,优选含有0.0002%以上。另一方面,即使含有超过0.010%,效果也饱和,因此优选使其含量为0.010%以下。优选为0.008%以下。

[0146] Sb:0.20%以下

[0147] Sb具有抑制在钢板表层部产生的脱碳层的效果,因此可以抑制钢板表面的马氏体的减少。为了表现出这样的效果,优选使其含量为0.001%以上。另一方面,如果添加超过0.20%的Sb,则增大轧制负载载荷,因此降低生产率,因此优选为0.20%以下。

[0148] Ca和/或REM:0.02%以下

[0149] Ca和REM(稀土金属)是通过使硫化物的形状球状化而有助于提高耐延迟破坏特性的元素,可以根据需要添加。为了发挥这些效果,优选分别含有0.0005%以上。另一方面,即使分别含有超过0.02%,效果也饱和,因此优选使其含量分别为0.02%以下。

[0150] (电阻点焊方法)

[0151] 接下来,对用于制造本发明的焊接构件的电阻点焊方法的一个实施方式进行说明。

[0152] 本发明的焊接构件通过电阻点焊来制造,所述电阻电焊将包含至少1张上述镀Zn钢板的重叠了多个钢板的板组用1对焊接电极夹持,一边加压一边通电进行接合。

[0153] 例如,如图1所示,将2张钢板1、2重叠而制成板组。接着,用配置在板组的下侧和上侧的一对焊接电极8、9夹持该板组,一边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1、2的重叠面7的钢板间形成上述焊接部4,可以将钢板彼此接合。应予说明,可以使用具有Zn系镀层的钢板(GI或GA)和不具有镀层的钢板(高强度冷轧钢板)制成板组。在该情况下,以具有Zn系镀层的面侧与高强度冷轧钢板接触的方式重叠。

[0154] 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)、焊接电极形状等没有特别限定。作为焊接电极的前端的形式,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,焊接电极的前端直径例如为4mm~16mm。焊接电极的前端的曲率半径例如为10mm~400mm。另外,直流、交流均能够应用本发明。在交流的情况下,“电流”意味着“有效电流”。

[0155] 接着,对本发明的焊接条件进行说明。

[0156] 为了促进熔核附近的板-板间的Fe-Zn的合金化,在形成熔核后到释放焊接电极的期间,通过后热处理将焊接部适当地高温保持是有效的。

[0157] 因此,在本发明的电阻点焊中,具有用于形成熔核的主通电工序和用于在熔核形成后进行后热处理的后通电工序。将该主通电工序中的电流值的平均值设为 $I_m$ (kA),将该后通电工序中的电流值的平均值设为 $I_p$ (kA),将该后通电工序中的通电时间的总和设为 $t_p$ (ms)时,这些 $I_m$ 、 $I_p$ 和 $t_p$ 满足以下(5)式的关系是重要的。

[0158]  $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \dots (5)$

[0159] 这里, (5) 式所示的  $C_{Si}$  为重叠的多个钢板中的 Si 含量最大的钢板的 Si 浓度(质量%)。

[0160] 如果  $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$  的值低于下限值(上述(5)式的右边值), 则后通电工序中的发热量不足, 板—板间的 Zn 合金层的 Fe—Zn 合金化不充分, 结果无法增加  $C_{Fe}$ 。另外, 如上所述, 如果钢板的 Si 含量增加, 则变得容易产生 LME 裂纹, 因此想到  $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$  的下限值根据  $C_{Si}$  增加是有效的。

[0161] 因此, 基于以上理由, 以主通电工序和后通电工序中的电流值和通电时间 ( $I_m$ 、 $I_p$  和  $t_p$ ) 与钢板的 Si 含量 ( $C_{Si}$ ) 满足 (5) 式的关系的方式控制焊接条件。

[0162] 在容易产生 LME 裂纹的板组、施工干扰的存在下, 上述  $I_m$ 、 $I_p$ 、 $t_p$  和  $C_{Si}$  优选满足以下关系式。

[0163]  $(I_p/I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 100$

[0164] 应予说明, 随和后通电工序的热输入增加, 促进板—板间的 Zn 合金层的合金化, 对  $C_{Fe}$  的增加是有效的, 因此  $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$  的上限值没有特别规定。但是, 为了防止因过大的热输入而产生显著的溅射、汽车制造工序的节拍时间的过大增加, 优选 (5) 式所示的  $((I_p/I_m)^2 \times t_p)$  的值为  $(300 \times C_{Si} + 3700)$  以下。

[0165] 另外, 当后通电工序的电流值过高时, 不仅熔核的再熔融所引起的溅射产生的危险增加, 而且过大的热输入所引起的 LME 裂纹产生的危险也增加。因此, 除了上述焊接条件之外, 进一步优选主通电工序和后通电工序的电流值满足  $I_p/I_m \leq 2.0$  的关系。

[0166] 通过  $(I_p/I_m)$  的值为 2.0 以下, 可以抑制后通电工序的熔核的再熔融和生长, 可以防止溅射的产生。上述  $(I_p/I_m)$  优选为 1.8 以下。另外, 上述  $(I_p/I_m)$  优选为 0.5 以上, 更优选为 0.9 以上, 进一步优选为 1.0 以上。

[0167] 另外, 为了得到一定以上的热输入、防止汽车制造工序的节拍时间的过大增加, 后通电工序的通电时间的总和优选为 50 ~ 1000ms。

[0168] 后通电工序后的保持时间为 20 ~ 1000ms。由此, 抑制熔核内的气孔的产生和节拍时间的过大增加。

[0169] 本发明中, 除了上述工序的焊接条件之外, 还可以具有以下焊接条件。

[0170] 如上所述, LME 裂纹容易在焊接时的施工干扰的存在下产生。因此, 在主通电工序中, 优选对于至少一处焊点, 在即将利用焊接电极进行加压之前, 满足选自以下 (a) ~ (e) 中的一个或两个以上的状态。由此, 可以更有效地得到本发明的效果。

[0171] (a) 焊接电极与重叠的多个钢板的行走角为 0.2 度以上的状态。

[0172] (b) 一对焊接电极的芯偏移量为 0.1mm 以上的状态。

[0173] (c) 在任一个焊接电极与重叠的多个钢板之间存在 0.5mm 以上的间隙的状态。

[0174] (d) 在重叠的多个钢板中的至少 1 组以上的钢板间存在 0.5mm 以上的间隙的状态。

[0175] (e) 从焊点的中心到重叠的多个钢板的钢板端面的最短距离为 10mm 以下的状态。

[0176] 这些焊接施工干扰都会在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, 通过根据本发明优化  $C_{Fe}$ , 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情况进行说明。

[0177] (a) 焊接电极与上述重叠的多个钢板的行走角为0.2度以上的状态

[0178] 行走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”。如果行走角大,则对焊接部施加弯曲应力,局部产生大的压缩塑性变形,由此冷却后的拉伸应力增加。在行走角为0.2度以上的情况下,可以有效地得到本发明的效果。行走角过大时,熔核形成变得不稳定,成为溅射产生的原因,因此行走角优选为10度以下。行走角进一步优选为1度以上,进一步优选为8度以下。

[0179] (b) 一对焊接电极的芯偏移量为0.1mm以上的状态

[0180] 芯偏移是指一对焊接电极的中心轴未对准的状态。与上述行走角同样,如果芯偏移大,则对焊接部施加弯曲应力,由此变得容易产生LME裂纹。在芯偏移量为0.1mm以上的情况下,可以有效地得到本发明的效果。芯偏移量过大时,熔核形成变得不稳定,成为溅射产生的原因,因此芯偏移量优选为5mm以下。芯偏移量进一步优选为0.2mm以上,进一步优选为3mm以下。

[0181] (c) 在任一个焊接电极与重叠的多个钢板之间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0182] 在即将开始加压前在任一个焊接电极与钢板之间存在间隙的状态下,例如一个电极为可动(以下成为可动侧电极)、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,在利用可动侧电极开始加压时,钢板发生弯曲变形,因此对焊接部施加弯曲应力。由此,变得容易产生LME裂纹。在该焊接电极与钢板之间的间隙量为0.5mm以上的情况下,可以有效地得到本发明的效果。该间隙量过大时,熔核形成变得不稳定,成为溅射产生的原因,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。

[0183] (d) 在重叠的多个钢板中的至少1组以上的钢板间存在0.5mm以上的间隙的状态

[0184] 与(c)同样,在即将开始加压前在任意钢板间存在间隙的状态下,由于钢板产生弯曲变形,所以对焊接部施加弯曲应力,由此变得容易产生LME裂纹。在该间隙量为0.5mm以上的情况下,可以有效地得到本发明的效果。该间隙量过大时,熔核形成变得不稳定,成为溅射产生的原因,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。

[0185] 应予说明,上述“1组以上的钢板间的间隙”是指在重叠的2张以上的钢板中,将上下方向配置的2张钢板设为1组时,在1组以上的钢板间存在间隙。

[0186] (e) 从焊点的中心到重叠的多个钢板的钢板端面的最短距离为10mm以下的状态

[0187] 如果从焊点中心到钢板端面的最短距离大,则在钢板端面阻碍来自焊接部的热传导,因此有时焊接部的冷却速度过度降低。因此,通过电极释放时的温度增加,变得容易产生LME裂纹。在从焊点中心到钢板端面的最短距离为10mm以下的情况下,可以有效地得到本发明的效果。另外,当该最短距离小于3mm时,焊接时的溅射产生变得显著,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。该最短距离进一步优选为4mm以上,进一步优选为8mm以下。

[0188] [无通电工序]

[0189] 在本发明中,优选在主通电工序与后通电工序之间具有停止通电的无通电工序,并且在主通电工序后重复2次以上无通电工序和后通电工序。由此,可以更有效地得到本发明的效果。

[0190] 为了促进Fe—Zn的合金化而增加 $C_{Fe}$ ,在主通电工序结束后将熔核附近保持在一定的温度范围是有效的。此时,如果后通电时的温度过大,则担心由于熔核的再熔融而增加溅射,如果后通电时的温度过小,则无法得到所期望的热处理效果。在不设置无通电工序而以一定的电流值进行后通电的情况下,如果电流值大,则熔核附近的温度逐渐上升,反之如果电流值小,则熔核附近的温度逐渐降低。认为即使在这样的状态下,如果适当设定电流值,也可得到所期望的效果,但有时导出最佳条件所需的工时增加。基于这样的理由,在本发明中,优选在主通电工序与后通电工序之间设置无通电工序。由此,可以将熔核附近保持在一定的温度范围。无通电工序的无通电时间优选为10~350ms。应予说明,当重复无通电时间时,从抑制节拍时间增加的观点出发,无通电时间的总和优选为2000ms以下。

[0191] 另外,为了在一定的温度范围进行保持,不仅需要严格的条件管理,而且在上述焊接施工干扰时,条件管理变得更加困难。通过重复无通电工序和后通电工序,即使后通电工序中的总通电时间增加,熔核附近的温度也保持在相对恒定的范围。由此,后通电工序中的适当电流范围扩大,对焊接施工干扰的鲁棒性也提高。

[0192] 因此,无通电工序和后通电工序的重复数优选为2次以上,进一步优选为4次以上。该重复数的上限没有特别规定,一般在焊接装置中可设定的重复数有上限,设定超过上限的重复数需要改造焊接装置。因此,基于汽车制造工序中的设备成本增加的理由,优选为20次以下,进一步优选为10次以下。

[0193] 应予说明,在本发明中,各工序中的加压条件没有特别限定。从面向汽车用途的观点出发,加压条件优选调整为2.0~8.0kN的范围。

[0194] 实施例

[0195] 以下,说明本发明的实施例。应予说明,本发明不限于以下实施例。

[0196] 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)。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。

[0197] 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,“EG”是指具有电镀锌层的钢板,“无”是指不具有镀层的钢板(冷轧钢板)。

[0198] 另外,表2的“施工干扰”栏所示的符号对应于上述焊接施工干扰所示的(a)~(e)。表2的焊接条件所示的“ $t_p$ (ms)”是指后通电工序的通电时间的总和,无通电工序所示的“—”表示不具有无通电工序。

[0199] 另外,表2的焊接条件所示的“无通电工序·后通电工序的重复数”表示在具有无通电工序的情况下在主通电工序后重复无通电工序和后通电工序的次数。例如,在“主通电工序—后通电工序”的情况下,上述重复数为“0”,在“主通电工序—无通电工序—后通电工序”的情况下,重复数为“1”。另外,例如,在上述重复数为“3”的情况下,表示为“主通电工序—无通电工序(1)—后通电工序(1)—无通电工序(2)—后通电工序(2)—无通电工序(3)—后通电工序(3)”。

[0200] 应予说明,表1的“Si含量”栏表示各钢板的Si浓度,“Mn含量”栏表示各钢板的Mn浓度,表1和表2的“ $C_{Si}$ ”栏表示板组中的Si含量最大的钢板的Si浓度。在本实施例中,“ $C_{Si}$ ”通过电感耦合等离子体(ICP)发射光谱分析法来测定。

[0201] 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)。表1和表2的“TSmax”栏表示在上述拉伸试验中测定的板组中的最大的钢板的拉伸强度,“TSmin”栏表示在上述拉伸试验中测定的板组中的最小的钢板的拉伸强度。

[0202] 使用所得到的焊接构件,通过以下所示的方法进行焊接部的LME裂纹的评价、Zn合金层中的Fe浓度( $C_{Fe}$ )的测定、以及从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定点的距离L的测定。

[0203] <LME裂纹的评价>

[0204] 用微型切割机切割焊接构件的焊接部中央后,通过截面观察来评价有无LME裂纹。具体而言,在表2所示的各焊接条件下分别制作10个焊接构件厚,确认板—板间的LME裂纹,按照以下基准进行评价。评价结果示于表2。

[0205] A:10个全部无裂纹

[0206] B:产生裂纹的接头为2个以下,且裂纹深度的最大值小于 $100\mu\text{m}$

[0207] F:产生裂纹的接头为3体以上,或裂纹深度的最大值为 $100\mu\text{m}$ 以上这里,当评价结果为“A”和“B”的情况下,评价为合格。

[0208] < $C_{Fe}$ 的测定和距离L的测定>

[0209] 在上述截面观察时,不仅确认了LME裂纹,而且使用能量分散型X射线装置(EDX)在任意位置测定熔核附近的板—板间的Zn合金层中的Fe浓度,算出 $C_{Fe}$ 。具体而言,以从熔核端部移动了一定距离的Zn合金层的板厚方向中心为测定点来测定Fe浓度,另外在板厚方向上下各离开 $1\mu\text{m}$ 的位置也进行测定,将这些共计三个点的Fe浓度的平均值作为 $C_{Fe}$ 。应予说明,成为 $C_{Fe}$ 的位置形成在熔核两端部侧,但这里测定一侧的 $C_{Fe}$ 。

[0210] 另外,从熔核端部到 $C_{Fe}$ 的测定点的距离通过利用扫描式电子显微镜(SEM)的观察来测定。

[0211] 应予说明,在重叠了3张钢板的板组(板组No.b~j)的情况下,在钢板1—钢板2之间以及钢板2—钢板3之间形成Zn合金层。这里,分别在钢板1—钢板2之间以及钢板2—钢板3之间测定 $C_{Fe}$ ,将其最小值用于各式的计算。

[0212] 测定结果示于表2。

[0213]

[表1]

板组 No.	钢板1			钢板2			钢板3			C <sub>Si</sub> (mass%)	TSmax (MPa)	TSmin (MPa)													
	拉伸强度 (MPa)	板厚 (mm)	Mn含量 (mass%)	Si含量 (mass%)	镀覆	拉伸强度 (MPa)	板厚 (mm)	Mn含量 (mass%)	Si含量 (mass%)				镀覆	拉伸强度 (MPa)	板厚 (mm)	Mn含量 (mass%)	Si含量 (mass%)	镀覆							
a	990	1.6	2.5	1.5	GA	990	1.6	2.5	1.5	GA	990	1.6	2.5	1.5	GA	990	1.6	2.5	1.5	GA	990	1.6	2.5	1.5	GA
b	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GA
c	992	1.6	2.0	1.4	GA	270	1.0	0.12	0.01	GA	1203	1.4	2.5	1.2	GA	1203	1.4	2.5	1.2	GA	1203	1.4	2.5	1.2	GA
d	995	1.4	1.8	0.5	无	275	0.7	0.12	0.01	GA	995	1.4	2.1	0.5	GA	995	1.4	2.1	0.5	GA	995	1.4	2.1	0.5	GA
e	780	1.6	2.0	1.0	GA	270	0.6	0.17	0.008	GA	590	1.8	1.5	1.0	无	780	1.8	1.5	1.0	无	780	1.8	1.5	1.0	无
f	1020	1.6	2.2	1.5	无	270	1.2	0.17	0.008	GA	440	1.2	2.2	1.0	无	1020	1.2	2.2	1.0	无	1020	1.2	2.2	1.0	无
g	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	GI	991	1.4	3.4	0.5	GI	1502	1.4	3.4	0.5	GI	1502	1.4	3.4	0.5	GI
h	279	0.7	0.12	0.01	GA	1502	1.2	3.0	1.2	EG	991	1.4	3.4	0.5	EG	1502	1.4	3.4	0.5	EG	1502	1.4	3.4	0.5	EG
i	279	0.7	0.12	0.01	GA	1870	1.6	1.0	0.2	无	995	1.4	2.1	0.5	GA	1870	1.6	1.0	0.2	无	1870	1.6	1.0	0.2	无
j	279	0.7	0.12	0.01	GA	2010	1.4	1.0	0.2	无	995	1.4	2.1	1.0	GA	2010	1.4	1.0	0.2	无	2010	1.4	1.0	0.2	无
k	990	1.6	2.5	1.5	GA	1870	1.6	1.0	0.2	无	1870	1.6	1.0	0.2	无	1870	1.6	1.0	0.2	无	1870	1.6	1.0	0.2	无
l	990	1.6	2.5	1.5	GA	2010	1.4	1.0	0.2	无	2010	1.4	1.0	0.2	无	2010	1.4	1.0	0.2	无	2010	1.4	1.0	0.2	无

\*GA: 合金化热浸镀锌钢板

\*GI: 热浸镀锌钢板

\*EG: 电镀锌钢板

[0214]

[表2]

No.	板组 No.	C <sub>Si</sub> (mass%)	TS <sub>max</sub> (MPa)	TS <sub>min</sub> (MPa)	加压力 (kN)	主通电工序		无通电工序		后通电工序		保持时间 (ms)	施工干扰	I <sub>m</sub> (kA)	I <sub>p</sub> (kA)	t <sub>p</sub> (ms)	O <sub>Fe</sub> (mass%)	L (μm)	(3) 式的右边的	(4) 式的左边的	(5) 式的左边的	(5) 式的右边的	裂纹评价	备注
						电流值 I <sub>m</sub> (kA)	通电时间 (ms)	无通电时间 (ms)	无通电时间 (ms)	电流值 I <sub>p</sub> (kA)	通电时间 (ms)													
1	a	1.5	990	990	3.0	7.0	300	160	10.0	50	2	300	(a)	7.0	10.0	100	85.2	200	41.0	1.0	204	80	A	本发明例
2	b	1.2	1502	279	5.0	8.0	420	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	8.0	8.2	420	82.0	400	26.4	5.4	441	74	A	本发明例
3	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	7.0	60	10	80	(a)	6.0	7.0	600	80.1	480	21.4	4.5	817	78	A	本发明例
4	b	1.2	1502	279	4.2	7.5	500	60	4.0	300	1	40	(c)	7.5	4.0	300	24.3	400	26.4	5.4	85	74	B	本发明例
5	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	40	4.5	300	1	80	(a)	6.0	4.5	300	25.0	400	26.8	4.5	169	78	B	本发明例
6	b	1.2	1502	279	4.0	6.5	480	—	3.0	200	0	40	(c)	6.5	3.0	200	19.1	480	21.3	5.4	43	74	F	比较例
7	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	40	3.0	200	1	80	(a)	6.0	3.0	200	18.0	480	21.4	4.5	50	78	F	比较例
8	d	0.5	995	275	3.0	5.5	380	50	5.0	40	5	100	(b)	5.5	5.0	200	80.0	350	27.5	3.6	165	60	A	本发明例
9	e	1.0	780	270	3.5	7.0	400	20	9.0	20	6	300	(a)	7.0	9.0	120	70.2	100	44.0	2.9	198	70	A	本发明例
10	c	1.4	1203	270	4.0	6.5	400	—	3.0	100	0	60	(a)	6.5	3.0	100	15.2	600	13.2	4.5	21	78	F	比较例
11	f	1.5	1020	270	4.0	7.0	480	—	5.0	400	0	80	(a)	7.0	5.0	400	21.0	480	21.4	3.8	204	80	B	本发明例
12	b	1.2	1502	279	6.0	7.0	300	300	8.0	40	3	200	(e)	7.0	8.0	120	60.3	350	29.6	5.4	157	74	A	本发明例
13	b	1.2	1502	279	4.0	7.5	400	300	8.0	60	2	100	(a)	7.5	8.0	120	21.0	480	21.3	5.4	137	74	B	本发明例
14	g	1.2	1502	279	5.0	9.0	500	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	9.0	8.2	420	81.0	400	26.4	5.4	349	74	A	本发明例
15	h	1.2	1502	279	5.0	9.0	500	100	8.2	70	6	200	(a),(d)	9.0	8.2	420	83.0	400	26.4	5.4	349	74	A	本发明例
16	i	0.5	1870	279	4.5	8.5	400	80	9.5	60	5	200	(a)	8.5	9.5	300	78.0	300	30.0	6.7	375	60	A	本发明例
17	j	1.0	2010	279	5.0	7.5	420	80	9.0	60	5	180	(a),(c)	7.5	9.0	300	83.0	400	26.0	7.2	432	70	A	本发明例
18	k	1.5	1870	990	4.5	6.5	280	160	10.0	60	4	100	(a)	6.5	10.0	240	92.0	80	49.4	1.9	568	80	A	本发明例
19	l	1.5	2010	990	5.0	7.0	330	80	10.0	60	6	140	(a)	7.0	10.0	360	80.0	200	41.0	2.0	735	80	A	本发明例
20	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	11.0	60	3	80	(a)	6.0	11.0	180	27.0	450	23.4	4.5	605	78	A	本发明例
21	c	1.4	1203	270	4.0	6.0	480	80	13.0	60	3	80	(a)	6.0	13.0	180	22.0	450	23.4	4.5	845	78	B	本发明例

\*1.  $C_{Fe} \geq -[L \times (20 + C_{Si} \times 10) / 500] + 40 + C_{Si} \times 10 \dots(3)$

\*2.  $TS_{max} / TS_{min} \geq 1.2 \dots(4)$

\*3.  $(I_p / I_m)^2 \times t_p \geq 20 \times C_{Si} + 50 \dots(5)$

[0215] 如表2所示可知,在作为本发明例的焊接构件中,LEM裂纹的评价结果全部为A或B,可以抑制LEM裂纹。

- [0216] 符号说明
- [0217] 1、2、3钢板
- [0218] 4 焊接部
- [0219] 4a 熔核
- [0220] 4b 焊接热影响部
- [0221] 5 Zn合金层
- [0222] 6 电阻点焊构件
- [0223] 7 钢板的重合面
- [0224] 8、9焊接电极。

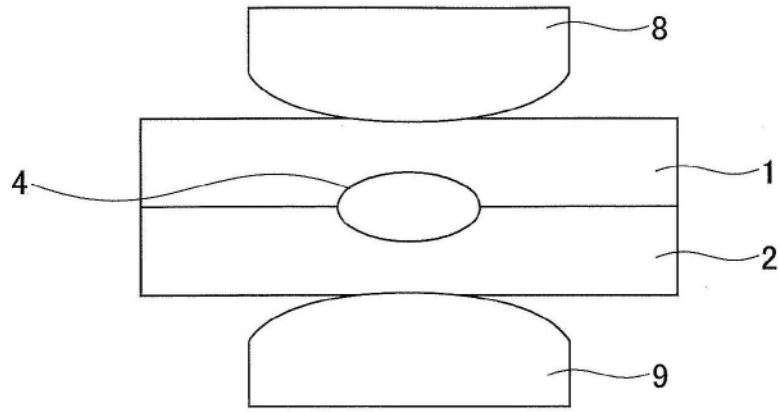


图1

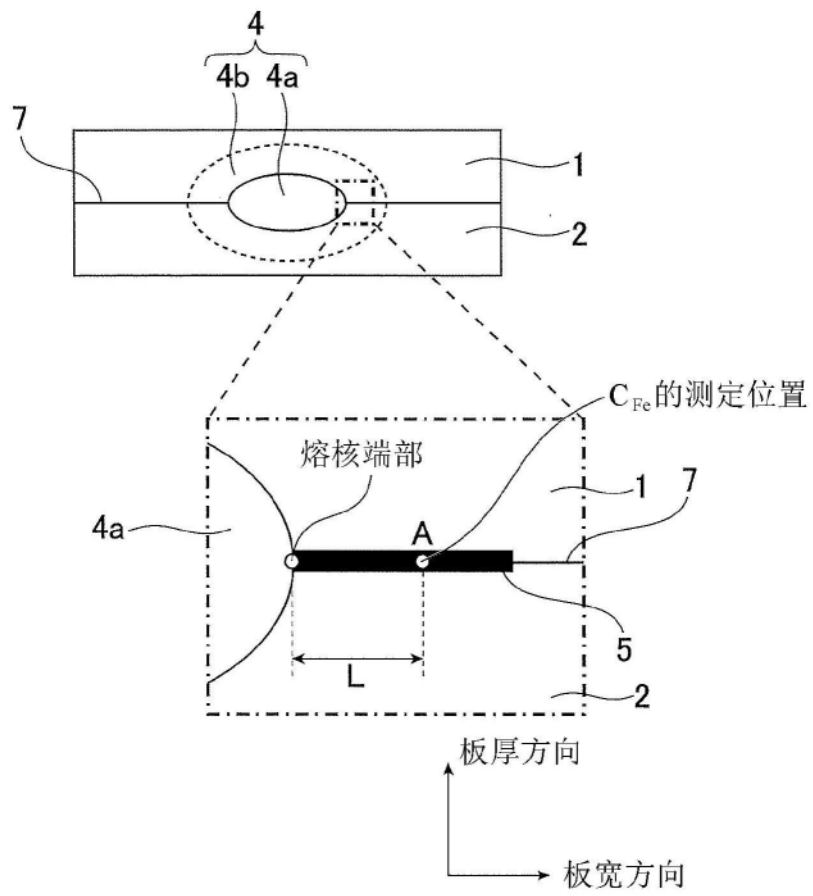


图2

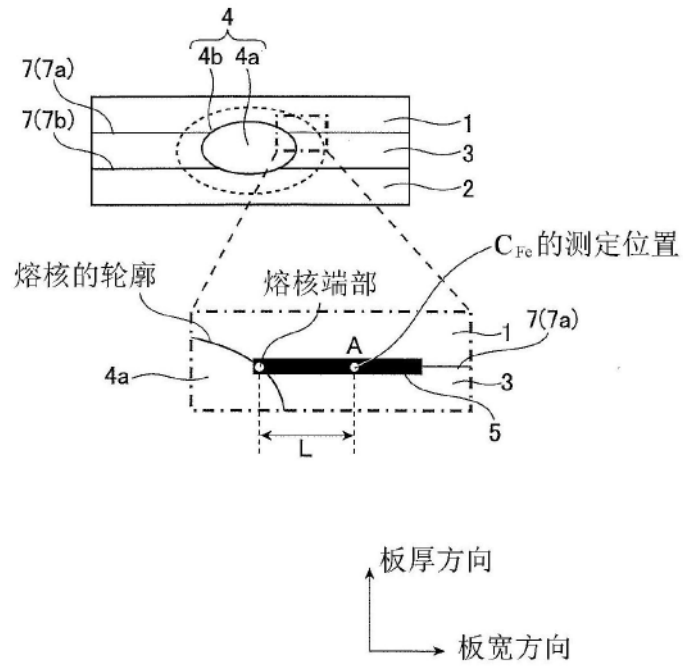


图3

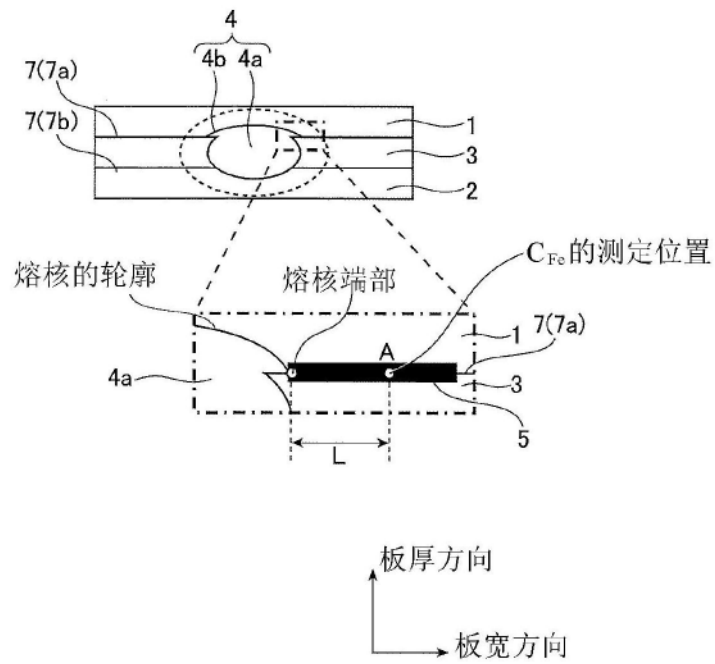


图4

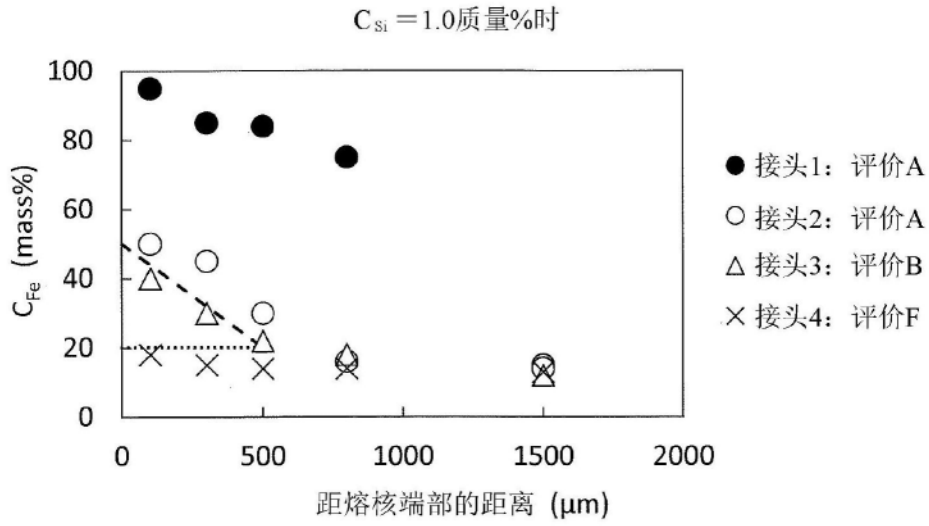


图5

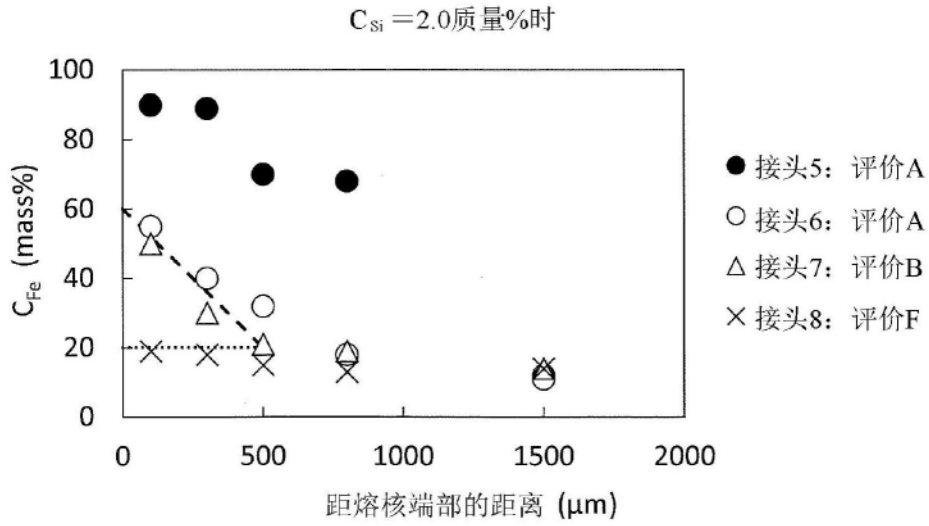


图6

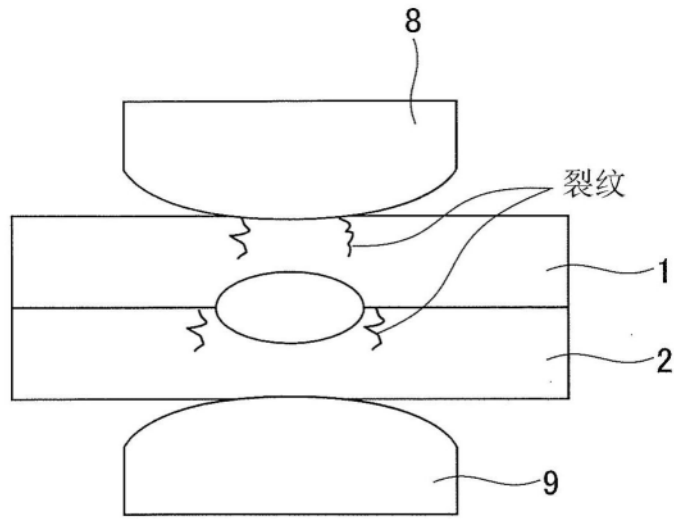


图7