(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119894628 A
(43)申请公布日 2025.04.25

(21)申请号 202380065288.8
(22)申请日 2023.09.14
(30)优先权数据
2022-150136 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/JP2023/033591 2023.09.14
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2024/063010 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 泽西央海 金泽友美 高岛克利 松田广志 山本俊佑 星野克弥 河野崇史
(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)

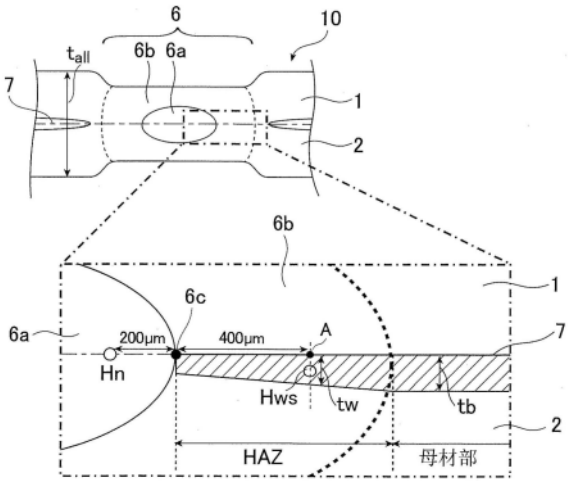
权利要求书2页 说明书20页 附图4页

(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,从焊点中心到钢板的端面的最短距离的平均值为3.0mm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6.0mm以上,2个以上的钢板中的至少1个是在钢板表层具有脱碳层的钢板,并且在具有脱碳层的钢板侧,母材部与焊接热影响部的脱碳层厚度满足式(1)。tw/tb＜1.0…(1)



CN 119894628 A

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,

从焊点中心到所述钢板的端面的最短距离的平均值为3.0mm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6.0mm以上,

所述2个以上的钢板中的至少1个是在钢板表层具有脱碳层的钢板,

并且在具有所述脱碳层的钢板侧,将从所述电阻点焊部的熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的从钢板表面起板厚方向的所述脱碳层的厚度设为tw,将从所述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开的位置处的母材部的从钢板表面起板厚方向的所述脱碳层的厚度设为tb时,

tw和tb满足式(1),所述tw、tb的单位为mm,

$tw/tb<1.0$…(1)。

2.根据权利要求1所述的焊接构件,其中,具有所述脱碳层的钢板中,

将从所述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的钢板表层的所述脱碳层的硬度设为Hws,将从所述熔核端部起与钢板重合面平行地向熔核内部方向离开200μm的位置处的熔核的硬度设为Hn时,

Hws、Hn、所述tw和所述tb满足式(2)和式(3),

$tw/tb<\{(Hws/Hn)-0.1\}/7+0.8$…(2)

$0.1\leq Hws/Hn\leq 1.5$…(3)

其中,式(2)中的tw为从所述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的所述焊接热影响部的所述脱碳层的厚度,单位为mm,tb为从所述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的所述母材部的所述脱碳层的厚度,单位为mm。

3.根据权利要求1或2所述的焊接构件,其中,将所述钢板的板厚设为t,将所述钢板的拉伸强度设为TS时,

具有所述脱碳层的钢板满足式(4),所述t的单位为mm,所述TS的单位为MPa,

$-2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.2<tw/tb<2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.8$…(4)

其中,式(4)中的tw为从所述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的所述焊接热影响部的所述脱碳层的厚度,单位为mm,tb为从所述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的所述母材部的所述脱碳层的厚度,单位为mm。

4.根据权利要求1～3中任一项所述的焊接构件,其中,具有所述脱碳层的钢板具有Fe系的预镀层和/或Si内部氧化层。

5.一种焊接构件的制造方法,是权利要求1～4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，对于焊点，将从焊点中心到所述钢板的端面的距离设为Xe时，满足Xe：3～30mm的状态，以及在存在与焊点邻接的已有焊点的情况下，将该焊点与该已有焊点间的距离设为Xn时，满足Xn：6mm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，对于所述通电，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Th时，Th满足式(6)的关系，所述Th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，

$-(tb/15)+0.025<Th<(tb/1.5)+1\cdots(6)$

其中，式(6)中的tb为从所述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的所述母材部的所述脱碳层的厚度，单位为mm。

6.根据权利要求5所述的焊接构件的制造方法，其中，在所述通电工序中，

将构成所述板组的钢板中的强度最高的钢板的拉伸强度设为TSm，将所述板组的总板厚设为t_{all}，将所述通电工序的所述通电时间设为Ts，将所述通电工序的所述加压力设为F，将在配置于所述板组的上下侧的所述焊接电极中流过的冷却水的流量的平均值设为L时，

Ts满足式(8)，所述TSm的单位为MPa，所述t_{all}的单位为mm，所述Ts的单位为S，所述F的单位为kN，所述L的单位为l/min，

$Ts\leqslant\{0.03\times t_{all}\times L\times\sqrt{(TSm)}\}/F\cdots(8)$。

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,CO_2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1、2用焊接电极4、5夹着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的试验方法有多种,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] 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10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,例如有图10所示的与焊接电极4、5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。

[0008] 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。

[0009] $0.25\times(10\times t+2)/50\leqslant WT\leqslant 0.50\times(10\times t+2)/50\cdots(A)$

[0010] $300-500\times t+250\times t^2\leqslant HT\cdots(B)$

[0011] 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)。

[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张力镀锌钢板进行焊接。

[0013] 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。

[0014] 在专利文献4所公开的接合结构体和接合结构体的制造方法中,电阻焊接的多个钢板中的至少1个钢板是具有碳当量Ceq为0.53%以上的化学成分且拉伸强度为590MPa以上的高张力钢板。提出了该高张力钢板在形成于重叠面侧和焊接电极侧中的至少一者的钢板表面的锌系镀层与母材之间、或与重叠的锌系镀覆钢板的锌系镀层相邻的重叠面具有脱碳层。

[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:日本特开2020—82102号公报

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。

[0022] 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。

[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。

[0024] 在专利文献4中,通过在钢板表层设置脱碳层而抑制了LME裂纹,但在焊接时容易产生裂纹。没有研究在拉伸试验时成为应力集中部的焊接部中的脱碳层。

[0025] 考虑到接头强度的观点并总结专利文献1~4的共同问题,则并没有提出在确保高强度钢板的焊接部的强度的同时也抑制LME裂纹产生的技术。

[0026] 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电阻点焊部的强度和抑制LME裂纹的电阻点焊部的焊接构件及其制造方法。

[0027] 本发明人等为了实现上述目的而反复进行了深入研究。

[0028] 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(LME裂纹)的效果无法简单地说明。但是,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。

[0029] 因此,通过使从焊点到钢板端面的距离以及当有多个焊点时焊点彼此的间隔分别为一定以上,降低电极释放时的温度和应力。这对于抑制LME裂纹产生是有效的。另外,认为通过使用在钢板的表层具有脱碳层的钢板,能够减少电阻点焊部的拉伸残余应力,结果能够抑制LME裂纹。

[0030] 但是,即使在钢板表层具有脱碳层,在焊接热影响部的表面、特别是钢板彼此的钢板重合面侧的钢板表层的脱碳显著的情况下,电阻点焊部的强度也降低。即,得到了如下想法:通过将母材部与焊接热影响部的钢板表层的脱碳层的厚度之比控制在一定的范围,能够兼顾确保电阻点焊部的强度和抑制LME裂纹。

[0031] 如图3(A)～图3(C)所示,对包含在钢板表层具有脱碳层的钢板的板组进行电阻点焊而成的焊接构件在钢板重合面7侧的下板的表层具有脱碳层。在图3(A)～图3(C)所示的例子中,使用在下板具有上述脱碳层的钢板。脱碳层存在于焊接热影响部(HAZ)和母材部的区域。如图3(A)所示,焊接热影响部的区域中的脱碳层基本上随着接近熔核6a而减少。但是,伴随焊接时的热影响,如图3(B)所示由于C等元素扩散而焊接热影响部的脱碳层的一部分完全消失,或者如图3(C)所示也有时成为焊接热影响部的脱碳层几乎不消失而残留的状态。在本发明中,将包括图3(A)～图3(C)所示的状态的存在于焊接热影响部区域的脱碳层称为“焊接热影响部的钢板表层的脱碳层”。

[0032] 本发明基于以上见解,主旨如下。

[0033] [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,

[0034] 从焊点中心到上述钢板的端面的最短距离的平均值为3.0mm以上,

[0035] 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6.0mm以上,

[0036] 上述2个以上的钢板中的至少1个是在钢板表层具有脱碳层的钢板,

[0037] 并且在具有上述脱碳层的钢板侧,将从上述电阻点焊部的熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的从钢板表面起板厚方向的上述脱碳层的厚度设为tw(mm),将从上述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开的位置处的母材部的从钢板表面起板厚方向的上述脱碳层的厚度设为tb(mm)时,

[0038] tw和tb满足式(1)。

[0039] $tw/tb<1.0\cdots(1)$

[0040] [2]根据[1]所述的焊接构件,其中,具有上述脱碳层的钢板中,

[0041] 将从上述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的钢板表层的上述脱碳层的硬度设为Hws,将从上述熔核端部起与钢板重合面平

行地向熔核内部方向离开200μm的位置处的熔核的硬度设为Hn时，

[0042] Hws、Hn、上述tw和上述tb满足式(2)和式(3)。

[0043] $tw/tb<\{(Hws/Hn)-0.1\}/7+0.8\cdots(2)$

[0044] $0.1\leq Hws/Hn\leq 1.5\cdots(3)$

[0045] 其中，式(2)中的tw(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的上述焊接热影响部的上述脱碳层的厚度，tb(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的上述母材部的上述脱碳层的厚度。

[0046] [3]根据[1]或[2]所述的焊接构件，其中，将上述钢板的板厚设为t(mm)，将上述钢板的拉伸强度设为TS(MPa)时，

[0047] 具有上述脱碳层的钢板满足式(4)。

[0048] $-2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.2<tw/tb<2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.8\cdots(4)$

[0049] 其中，式(4)中的tw(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的上述焊接热影响部的上述脱碳层的厚度，tb(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的上述母材部的上述脱碳层的厚度。

[0050] [4]根据[1]～[3]中任一项所述的焊接构件，其中，具有上述脱碳层的钢板具有Fe系的预镀层和/或Si内部氧化层。

[0051] [5]一种焊接构件的制造方法，是[1]～[4]中任一项所述的焊接构件的制造方法，具有：

[0052] 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，

[0053] 上述焊接工序中，

[0054] 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，

[0055] 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，

[0056] 并且，对于焊点，将从焊点中心到上述钢板的端面的距离设为Xe时，满足Xe:3～30mm的状态，以及在存在与焊点邻接的已有焊点的情况下，将该焊点与该已有焊点间的距离设为Xn时，满足Xn:6mm以上的状态，

[0057] 并且具有：通电工序，对于上述通电，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

[0058] 电极保持工序，将通电结束后的加压力保持时间设为Th(S)时，Th满足式(6)的关系。

[0059] (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，

[0060] (b)一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态，

[0061] (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，

[0062] (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，

[0063] (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，

[0064] $-(tb/15)+0.025<Th<(tb/1.5)+1\cdots(6)$

[0065] 其中，式(6)中的tb(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处

的上述母材部的上述脱碳层的厚度。

[0066] [6]根据[5]所述的焊接构件的制造方法,其中,在上述通电工序中,

[0067] 将构成上述板组的钢板中的强度最高的钢板的拉伸强度设为TSm(MPa),将上述板组的总板厚设为t_{all}(mm),将上述通电工序的上述通电时间设为Ts(S),将上述通电工序的上述加压力设为F(kN),将在配置于上述板组的上下侧的上述焊接电极中流过的冷却水的流量的平均值设为L(l/min)时,

[0068] Ts满足式(8)。

[0069] $Ts \leq \{0.03 \times t_{all} \times L \times \sqrt{(TSm)}\}/F \cdots (8)$

[0070] 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,也能够防止钢板表层的脱碳所引起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

[0071] 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。

[0072] 图2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。

[0073] 图3(A)～图3(C)是说明焊接热影响部的钢板表层的脱碳层的放大剖视图。

[0074] 图4是说明本发明中使用的在钢板表层具有脱碳层的钢板的一个例子的板厚方向剖视图。

[0075] 图5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(H_1)的说明图。

[0076] 图6是说明本发明的焊接构件中的相邻的焊点中心间的距离(H_2)的说明图。

[0077] 图7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。

[0078] 图8是说明本发明的制造方法中的焊接工序中的焊点中心间(焊点和已有焊点的中心间)的距离(Xn)的说明图。

[0079] 图9是说明本发明的制造方法中的焊接工序中的从焊点中心到钢板端面的距离(Xe)的说明图。

[0080] 图10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

[0081] 以下,参照图1～图9,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,本发明不限定于该实施方式。

[0082] 首先,对本发明的焊接构件进行说明。

[0083] 图2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周边的一部分放大的剖视图。该放大剖视图所示的位置是图2中的用四边框包围的区域。图3(A)～图3(C)是说明焊接热影响部的脱碳层的剖视图,表示图2中的用四边框包围的区域。图4表示本发明中使用的具有脱碳层的钢板的板厚方向剖视图。图5和图6表示示出焊接构件的电阻点焊部周边的俯视图(即,从上方观察焊接构件的图)。

[0084] 如图2所示,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(以下称为“焊接部”)的焊接构件10。

[0085] 本发明的焊接构件10如图5和图6所示,从焊接部的焊点中心到钢板的端面的最短距离的平均值(H_1)为3.0mm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(H_2)为6.0mm以上。

[0086] 如图5所示上述“从焊点中心到钢板的端面的最短距离的平均值(H_1)”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”。

[0087] 在该最短距离的平均值(H_1)小于3.0mm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。因此,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。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。

[0088] 该最短距离的平均值(H_1)优选为4.0mm以上。另外,该最短距离的平均值(H_1)更优选为100.0mm以下,进一步优选为30.0mm以下,进一步更优选为20.0mm以下。

[0089] 另外,如图6所示上述“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6.0mm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。

[0090] 该焊点中心间的平均距离(H_2)优选为10.0mm以上。另外,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。

[0091] 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3.0mm以上”即可。

[0092] 另外,本发明的焊接构件中,如后所述,重叠的2个以上的钢板中的至少1个是在钢板表层具有脱碳层的钢板(参照图4)。重叠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,上述钢板的个数的上限没有特别规定,但优选为5个以下。

[0093] 图2表示对重叠的2个钢板进行焊接而成的焊接构件10的一个例子。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具有上述脱碳层的钢板。在钢板1、2接触的钢板重合面7形成以下说明的焊接部6。

[0094] 在图2所示的例子的焊接构件的情况下,仅下板2为具有脱碳层的钢板,上板1为不具有脱碳层的钢板。在该情况下,仅在下板2的钢板重合面7侧形成本发明的焊接部6。应予说明,在上板1和下板2均使用本发明的具有脱碳层的钢板的情况下,在钢板重合面7的上板1侧和下板2侧均形成本发明的焊接部6。

[0095] 虽然省略图示,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(即下板)、配置在最上侧的钢板(即上板)、以及配置在它们之间的钢板(即中板)中的全部或至少1个为具有上述脱碳层的钢板。以包含各钢板间的钢板重合面的方式形成本发明的焊接部。

[0096] 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个钢板全部使用具有上述脱碳层的钢板的情况下,分别控制成各钢板重合面的上下侧的钢板表层的脱碳层的厚度之比为一定的范围。

[0097] ＜焊接部＞

[0098] 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2。

[0099] 如图2所示,本发明的焊接部6规定了具有脱碳层的钢板侧(在图2所示的例子中为下板2侧)的母材部与焊接热影响部6b中的钢板表层的脱碳层厚度之比。

[0100] 具体而言,在具有脱碳层的钢板侧,将从电阻点焊部的熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的从钢板表面起板厚方向的脱碳层的厚度设为tw(mm),从熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开的位置处的母材部的从钢板表面起板厚方向的脱碳层的厚度设为tb(mm)时,焊接热影响部的脱碳层的厚度(tw)和母材部的脱碳层的厚度(tb)满足以下的式(1)。

[0101] $tw/tb<1.0\cdots(1)$

[0102] 在式(1)所示的焊接热影响部和母材部的脱碳层厚度之比(tw/tb)为1.0以上的状态、即处于焊接热影响部的脱碳层厚度相对于母材部的脱碳层厚度大的状态的情况下,粗大的铁素体中心的组织形成在焊接热影响部表层。其结果,在施加拉伸载荷时该表层组织容易引起颈缩,因此接头强度降低。因此,上述脱碳层厚度之比小于1.0。

[0103] 另一方面,如果焊接热影响部的脱碳层因碳的扩散而消失,则有无法得到LME抑止效果的担忧。因此,上述脱碳层厚度之比的下限值优选为0.1。上述脱碳层厚度之比更优选满足$0.1<tw/tb<0.9$的关系是有效的,进一步优选满足$0.2<tw/tb<0.8$的关系是进一步有效的。

[0104] 应予说明,上述脱碳层厚度(tw、tb)可以通过后述的实施例所记载的方法来测定。

[0105] 通过以上的构成,能够兼顾确保焊接部的强度和抑制LME裂纹。

[0106] 在本发明中,从更有效地提高确保焊接部的强度和抑制LME裂纹的效果的观点出发,除了上述构成以外,可以进一步具有以下的构成。

[0107] 焊接部的强度和断裂位置受到熔核和焊接热影响部的硬度的影响。因此,通过根据熔核和焊接热影响部的表层硬度适当地控制上述脱碳层厚度之比(tw/tb),可以更有效地得到本发明的效果。

[0108] 具体而言,如图2所示,具有脱碳层的钢板中,将从熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的钢板表层的脱碳层的硬度设为Hws,将从熔核端部起与钢板重合面平行地向熔核内部方向离开200μm的位置处的熔核的硬度设为Hn时,优选熔核和焊接热影响部的表层硬度(Hn和Hws)以及焊接热影响部和母材部的脱碳层厚度(tw和tb)满足以下的式(2)和式(3)。

[0109] $tw/tb<\{(Hws/Hn)-0.1\}/7+0.8\cdots(2)$

[0110] $0.1\leqslant Hws/Hn\leqslant 1.5\cdots(3)$

[0111] 这里,如图2所示,上述“焊接热影响部的钢板表层”是指从熔核端部6c与钢板重合

面7平行地向母材方向离开400μm的位置、且以钢板重合面7上的位置为起点A从起点A在具有脱碳层的钢板2侧的板厚方向上离开20μm的位置。

[0112] 熔核和焊接热影响部的表层硬度之比(Hws/Hn)、即焊接热影响部的脱碳层硬度与钢板重合面侧的熔核的硬度之比越大,熔核的应变相对越大,向焊接热影响部的应变集中越少。由此,即使焊接热影响部的脱碳显著,也容易发生熔核内断裂。因此,上述脱碳层厚度之比(tw/tb)的上限变大。

[0113] 另外,上述脱碳层的过度软化成为焊接部的强度降低的原因,相反,上述脱碳层的过度硬化成为因残余应力的增加而产生LME裂纹的原因。因此,优选对上述表层硬度之比(Hws/Hn)设置适当的上下限。

[0114] 在式(3)所示的上述表层硬度之比(Hws/Hn)小于0.1的情况下,热影响部的硬度相对于熔核过度降低,由此向热影响部的应变集中变大,焊接部的强度降低。另一方面,在上述表层硬度之比(Hws/Hn)超过1.5的情况下,焊接热影响部的高温残余应力变得过大,由此容易产生LME裂纹。上述表层硬度之比更优选为0.3以上,更优选为1.0以下。

[0115] 出于以上理由,熔核和焊接热影响部的表层硬度之比以及焊接热影响部和母材部的脱碳层厚度之比优选满足式(2)和式(3)。

[0116] 式(2)的下限没有特别规定。从通过在热影响部适当地确保脱碳层厚度来抑制LME裂纹的观点出发,式(2)的下限优选为0.15以上。

[0117] 式(2)所示的上述脱碳层厚度之比(tw/tb)的下限更优选为0.20以上,上述脱碳层厚度之比的上限更优选为0.80以下。

[0118] 应予说明,上述表层硬度(单位:GPa)可以如后述的实施例所记载可以通过纳米压痕硬度试验来测定。对于纳米压痕硬度试验方法,在本发明中没有限制,但可以使用例如纳米压痕装置(Hysitron公司制TI－950TriboIndenter)并依据ISO 14577进行。

[0119] ＜钢板＞

[0120] [板厚、拉伸强度]

[0121] 焊接部的强度、残余应力受到重叠的钢板的板厚、拉伸强度的影响。因此,在本发明中,优选根据板厚和拉伸强度适当地控制上述焊接热影响部和母材部的脱碳层厚度之比(tw/tb)。由此,可以进一步有效地得到本发明的效果。

[0122] 具体而言,将钢板的板厚设为t(mm),将钢板的拉伸强度设为TS(MPa)时,具有脱碳层的钢板优选满足以下的式(4)。

[0123] $-2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.2<tw/tb<2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.8\cdots(4)$

[0124] 其中,式(4)中的tw(mm)为从熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部的脱碳层的厚度,tb(mm)为从熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的母材部的脱碳层的厚度。

[0125] 应予说明,从更适当地控制上述脱碳层硬度之比(Hws/Hwt)的观点出发,除了该条件式((式)4)以外,更优选满足以下的式(5)。

[0126] $0.25\leqslant 1000\times t/TS\leqslant 3.75\cdots(5)$

[0127] 在具有脱碳层的钢板的板厚(t)大的情况下,焊接热影响部的截面积变大,因此在对焊接部施加拉伸载荷时,容易发生在熔核内而不是焊接热影响部的断裂。其结果,即使焊

接热影响部的表层脱碳显著,焊接部的强度也难以降低。因此,钢板的板厚(t)越大,优选的tw/tb的下限值越小。

[0128] 另一方面,在具有脱碳层的钢板的拉伸强度(TS)大的情况下,由于焊接时的热影响而发生马氏体相变,因此焊接热影响部一般容易硬化。认为这是由于如下差异:在钢板内部在焊接热影响部相变为马氏体,而在钢板表层由于脱碳而不易发生马氏体相变,或者即使发生马氏体相变,转移密度也低。因此,钢板表面的软质层与钢板内部的组织和/或硬度差变大,由此向钢板表层的软质部的应变集中变得显著,焊接部的强度容易降低。即,钢板的拉伸强度(TS)越大,优选的tw/tb的下限值越大。

[0129] 另外,如果着眼于tw/tb的上限值,则具有脱碳层的钢板的板厚(t)越大,焊接后的冷却速度越小,越不易发生焊接热影响部的脆化。因此,钢板的板厚(t)越大,优选的tw/tb的上限值越大。

[0130] 另一方面,在具有脱碳层的钢板的拉伸强度(TS)大的情况下,且在存在焊接施工干扰的情况下,焊接部产生的残余应力容易变大,结果容易产生LME裂纹。因此,钢板的拉伸强度(TS)越大,优选的tw/tb的上限值越小。

[0131] 出于以上理由,从钢板的板厚(t)和拉伸强度(TS)的观点出发,tw/tb优选满足式(4)。

[0132] 式(4)的下限优选为$-2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.3$以上。式(4)的上限优选为$2\times\{(1000\times t/TS)-0.25\}/35+0.7$以下。

[0133] 应予说明,出于上述理由,更优选进一步满足式(5)。式(5)的下限优选为0.50以上,式(5)的上限优选为3.00以下。

[0134] 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,具有脱碳层的钢板的拉伸强度优选为TS≥980(MPa)。这是因为在满足该关系的高强度钢板的情况下,可以更有效地得到本发明的效果。

[0135] [具有脱碳层的钢板]

[0136] 在本发明中,如上所述,重叠的2个以上的钢板中的至少1个是在钢板的表层具有脱碳层的钢板。参照图4,对在钢板表层具有脱碳层的钢板进行说明。图4表示在钢板的表层具有脱碳层的钢板的一个例子。作为该具有脱碳层的钢板,例如可举出在脱碳层上具有镀锌层的镀锌钢板、在脱碳层内的最表层具有Si内部氧化层的钢板。

[0137] 对于本发明中使用的钢板,对钢板表层赋予脱碳层的方法没有特别限制。

[0138] 应予说明,图4表示具有脱碳层、Si内部氧化层、镀锌层和后述的Fe系预镀层的结构的钢板作为一个例子。

[0139] [镀锌钢板]

[0140] LME裂纹是通过在熔融锌与钢板接触的状态下施加拉伸应力而产生的现象。因此,在本发明中,在具有上述脱碳层的钢板为镀锌钢板的情况下,可以更有效地得到本发明的效果。特别是,考虑到钢板的压制性、连续焊点焊接性,镀锌钢板进一步优选为镀层为合金化热浸镀锌的合金化热浸镀锌钢板(GA钢板)、镀层为热浸镀锌的热浸镀锌钢板(GI钢板)、镀层为电镀锌的电镀锌钢板(EG钢板)。

[0141] 如图4所示,镀锌钢板可以在脱碳层与镀锌层之间具有Fe系的预镀层。通过形成C含量少的Fe系的预镀层的方法,能够降低钢板表层的C量。Fe系的预镀层中的C含量优选为

0.20质量%以下。该C含量更优选为0.10质量%以下,进一步优选为0.05质量%以下。

[0142] 该预镀层优选为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。

[0143] 进而,Fe系电镀层的单面当中的附着量优选为0.5g/m^2以上。该附着量进一步优选为1.0g/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,但从成本的观点出发,优选使Fe系电镀层的单面当中的附着量为60g/m^2以下。该附着量优选为50g/m^2以下,更优选为40g/m^2以下,进一步优选为30g/m^2以下。

[0144] 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10×15mm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。接着,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。

[0145] 在本发明中,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。

[0146] 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1.0mol/L以上。如果Fe系电镀浴中的Fe离子含量以Fe^{2+}的形式为1.0mol/L以上,则能够得到充分的Fe附着量。

[0147] 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。

[0148] [Si内部氧化层]

[0149] 例如,已知钢中的Si量增加时容易产生LME裂纹。在Fe－Zn系状态图中,Si降低相同Zn浓度下的固相线温度,并且使固相线浓度向Fe侧移动。因此,在电阻点焊时钢板表面的锌系镀覆熔融,Zn向钢板扩散时,在Si含量多的钢板中,钢板和液体Zn长时间接触接至更低温且低Zn浓度区域,认为容易产生LME裂纹。如图4所示,在脱碳层中内包Si内部氧化层的钢板的情况下,通过在钢板制造中提高退火时的露点,能够在钢板最表层形成Si的内部氧化层。通过使用这样的钢板,可以更有效地得到本发明的效果。如果发生Si内部氧化,则生成以Si和O为主要成分的Si系氧化物,钢板表层附近的固溶Si量减少。因此,对抑制LME裂纹是有效的。

[0150] 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。

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] ＜准备工序＞

[0154] 在该工序中,准备包含至少1个具有上述脱碳层的钢板的2个以上的钢板,重叠该2个以上的钢板而制成板组。图1表示对2个钢板进行电阻点焊的一个例子。在图1所示的例子的情况下,重叠2个钢板1、2而制成板组。应予说明,关于钢板,由于已经上述,所以省略说明。接着,进行焊接工序。

[0155] ＜焊接工序＞

[0156] 焊接工序具有后述的通电工序和电极保持工序。在该焊接工序中,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1、2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2)。

[0157] 应予说明,在使用具有脱碳层的钢板和不具有脱碳层的钢板制成板组的情况下,以具有脱碳层的面侧为钢板重合面的方式重叠。在具有脱碳层的钢板为具有镀锌层的镀锌钢板(GI钢板、GA钢板、EG钢板)的情况下,以具有镀锌层的面侧为钢板重合面的方式重叠。应予说明,即使在与电极接触一侧的钢板表面也具有脱碳层和/或镀锌层,也当然没有问题。

[0158] 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。另外,直流、交流的焊接电源均能够应用本发明。在交流的情况下,“电流”意味着“实效电流”。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。

[0159] 接着,对本发明的焊接工序的焊接条件进行说明。

[0160] 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,将从焊点中心到钢板的端面的距离设为Xe时,满足Xe:3～30mm的状态,以及在存在焊点和与该焊点邻接的已有焊点的情况下,将该焊点与该已有焊点间的距离设为Xn时,满足Xn:6mm以上的状态,并且具有:通电工序,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;以及电极保持工序,将通电结束后的加压力保持时间设为Th(S)时,Th满足式(6)的关系。

[0161] [通电工序]

[0162] [加压力、焊接电流、通电时间]

[0163] 如果加压力小于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。

[0164] 如果焊接电流小于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。

[0165] 如果通电时间小于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

接热影响部的脱碳层的厚度与母材的脱碳层的厚度几乎没有变化。此时,粗大的铁素体中心的组织形成在焊接热影响部表层。其结果,在施加拉伸载荷时该表层组织容易引起颈缩,因此TSS降低。

[0166] 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0.10S以上。通电时间更优选为0.12S以上,另外优选为1.5S以下。

[0167] 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。

[0168] [焊接施工干扰]

[0169] 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。

[0170] (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

[0171] (b)一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态

[0172] (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

[0173] (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

[0174] (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

[0175] 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,提高焊接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。

[0176] (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

[0177] 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,容易产生LME裂纹。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。

[0178] (b)一对焊接电极的电极中心偏移量为0.1mm以上的状态

[0179] 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。

[0180] (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

[0181] 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,例如一个焊接电极为可动(以下称为可动侧电极)、另一个焊接电极为固定(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。

[0182] (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

[0183] 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。

[0184] (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

[0185] 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。

[0186] [焊点]

[0187] 进而,在本发明中,除了上述各条件以外,还需要如图8和图9所示,将从焊点中心到钢板端面的距离设为Xe时,满足Xe:3~30mm的状态,以及在存在焊点和与该焊点邻接的已有焊点的情况下,将该焊点与该已有焊点间的距离设为Xn时,满足Xn:6mm以上的状态。

[0188] 上述"从焊点中心到钢板端面的距离(Xe)"如图9所示是指设定距焊点8的中心最近的钢板端面并为其距离。另外,上述"焊点与已有焊点管的距离(Xn)"如图8所示是指相邻的焊点(焊点8和已有焊点9)的中心间的距离。

[0189] 应予说明,图8和图9是表示构件的焊接部周边的俯视图(从上方观察构件的图)。

[0190] 如果从焊点中心到上述钢板端面的距离(Xe)小于3mm,则飞溅的产生变得显著,容易产生LME。另一方面,如果该距离(Xe)超过30mm,则利用小型的焊枪进行焊接本身变得困难,需要大型的焊枪,由此产生设备限制。该距离(Xe)优选为3.0mm以上,更优选为4.0mm以上。

[0191] 如果焊点和与该焊点邻接的已有焊点的距离(Xn)小于6mm,则该焊点受到已有焊点的约束而残余应力提高,容易产生LME裂纹。虽然没有设定上述距离(Xn)的上限,但为了确保构件的强度和刚性,优选使上述距离(Xn)为200mm以下。上述距离(Xn)优选为6.0mm以上,更优选为10.0mm以上。另外上述距离(Xn)更优选为40.0mm以下。

[0192] 在本发明中,除了上述通电工序的各条件以外,可以进一步具有以下条件。

[0193] [通电时间](优选条件)

[0194] 具体而言,在焊接工序的通电工序中,将构成板组的钢板中的强度最高的钢板的拉伸强度设为TSm(MPa),将板组的总板厚设为t_{all}(mm),将通电工序的通电时间设为Ts(S),

将通电工序的加压力设为F(kN),将在配置在板组的上下侧的焊接电极中流过的冷却水的流量的平均值设为L(l/min)时,优选Ts满足以下的式(8)。由此,可以更有效地得到本发明的效果。

[0195] $Ts \leqslant \{0.03 \times t_{all} \times L \times \sqrt{(TSm)}\}/F \cdots (8)$

[0196] 在不满足式(8)的情况下,焊接时的通电时间(Ts)过大,容易产生焊接热影响部的软化、碳扩散所导致的脱碳层的消失等。

[0197] 通电时间(Ts)优选满足$Ts \leqslant \{0.02 \times t_{all} \times L \times \sqrt{(TSm)}\}/F$的关系是更有效的,更优选满足$Ts \leqslant \{0.014 \times t_{all} \times L \times \sqrt{(TSm)}\}/F$的关系是进一步有效的。

[0198] 通电时间更优选为$[0.13 \times \sqrt{\{t_{all} \times (1-tb)\}}]$S以上,进一步优选为$[0.17 \times \sqrt{\{t_{all} \times (1-tb)\}}]$S以上。这是因为,总板厚越大,确保熔核直径所需的通电时间越增加;另外,作为上述母材部的脱碳层的厚度的tb越小,越容易产生LME裂纹,因此从电晕接合部排出镀Zn和促进合金化所需的通电时间越增加。通电时间进一步更优选超过0.30S。

[0199] [电极保持工序]

[0200] 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。

[0201] 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Th(S)时,加压力保持时间(Th)满足以下的式(6)的关系。由此,可以有效地得到本发明的效果。

[0202] $-(tb/15)+0.025 < Th < (tb/1.5)+1 \cdots (6)$

[0203] 其中,式(6)中的tb(mm)为从上述熔核端部起与钢板重合面平行地离开的位置处的上述母材部的上述脱碳层的厚度。

[0204] 应予说明,从更适当地控制温度的观点出发,除了该条件式(即(式)6)以外,更优选满足以下的式(7)。

[0205] $0 < Th \cdots (7)$

[0206] 如果加压力保持时间(Th)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(Th)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。

[0207] 特别是母材部的脱碳层厚度(tb)越小,对LME、延迟破坏的敏感性越大,因此满足加压力保持时间(Th)的上下限的范围变窄。

[0208] 出于这样的理由,加压力保持时间为满足式(6)的时间。式(6)的下限更优选为$-(tb/15)+0.050$以上。式(6)的上限更优选为$(tb/1.5)+0.8$以下。

[0209] 应予说明,出于上述理由,更优选进一步满足式(7)。式(7)的下限更优选为0.02以上,更优选为0.17以上。式(7)的下限更优选为1.0以下。

[0210] 实施例

[0211] 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,本发明不限定于以下的实施例。

[0212] 使用表1所示的板组,在表3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“镀锌的种类”

栏所示的“无”是指不具有镀层的钢板(冷轧钢板)。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。

[0213] 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)。

[0214] 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各厚度(tb、tw、t_{all})和表层硬度(Hn、Hws)。

[0215] [各厚度的测定]

[0216] 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。

[0217] 另外,使用该截面测定焊接热影响部和母材部的脱碳层的厚度(tb、tw)。具体而言,通过JIS G 0558所记载的电子束显微分析来测定碳含有率,在母材部和从上述电阻点焊部的熔核端部起与钢板重合面平行地向母材方向离开400μm的位置处的焊接热影响部中测定脱碳层的厚度。另外,母材部的测定位置在从焊接热影响部的外缘与钢板重合面7的交点向母材方向离开5000μm的位置进行。

[0218] 使用所得到的各值,求出“tw/tb的值”作为表示各焊接接头中的脱碳层厚度比的值。这里,将表2的“评价钢板”栏所记载的钢板的“tw/tb”的值作为代表值记载于表2。

[0219] [表层硬度的测定]

[0220] 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,进行焊接热影响部和熔核的硬度试验。硬度试验进行纳米压痕硬度试验。纳米压痕硬度试验中,将三角锥形金刚石压头以压入载荷500μN压入测定位置中,取得从开始负载到卸载完成的载荷－位移曲线,然后使用Oliver－Pharr的分析法求出硬度。

[0221] 熔核的硬度如下测定。具体而言,如图2所示,在具有脱碳层的钢板侧(在图2所示的例子中为下板2侧),测定从焊接部的熔核端部6c与钢板重合面7平行地向熔核内部方向离开200μm的位置处的熔核的硬度(Hn)。

[0222] 另外,焊接热影响部的表层硬度如下测定。具体而言,如图2所示,测定具有脱碳层的钢板侧(在图2所示的例子中为下板2侧)的从焊接部的熔核端部6c与钢板重合面7平行地向母材方向离开400μm的位置、且以钢板重合面7上的位置为起点A并从起点A在板厚方向上离开20μm的位置处的硬度(Hws)。

[0223] 使用所得到的各值,求出“Hws/Hn”的值作为表示各焊接接头中的硬度差的值。这里,将表2的“评价钢板”栏所记载的钢板的“Hws/Hn”的值作为代表值记载于表2。

[0224] [TSS的评价]

[0225] 拉伸剪切强度(TSS)的评价基于拉伸剪切测试方法(JIS Z3136)来评价。拉伸剪切测试中使用从表1所示的各钢板切出剪切拉伸试验片并在表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)。

[0226] 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,还制作了未控制焊接部的表层性状的比较用接头(即未控制脱碳层厚度比的焊接接头)。比较用接头也基于同样的拉伸剪切测试方法评价TSS。

[0227] 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等)中,如图7所示,实施对钢板2—钢板3间施加拉伸负载的评价。将图7中所示的粗箭头的方向作为“拉伸负载方向”。

[0228] 应予说明,在评价TSS的焊接接头的制作中,焊点仅设为1点,不设置表2和3所示的电极倾角·板间隙等焊接施工干扰。

[0229] 然后,按照以下基准评价TSS。

[0230] ＜评价基准＞

[0231] 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

[0232] 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

[0233] 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)

[0234] 这里,评价结果为A、B时,评价为合格(具有优异的剪切拉伸强度)。

[0235] [LME裂纹的评价]

[0236] 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,在钢板间的钢板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,进行截面观察并评价。

[0237] 特别是,在表3的“已有焊接点”栏为“有”的焊接试验中,除了上述(a)～(e)的焊接施工干扰以外,如图8所示在焊接点(焊点8)的周围有2点已有焊接点9的状态下,使相邻的2点间的焊点间隔(Xn(mm))为表3所示的值进行焊接。应予说明,在本焊接试验中,对测试片使焊点数为1点或3点进行评价,但可以认为与例如对汽车构件等焊接构件进行多个焊点的情况同样。

[0238] ＜评价基准＞

[0239] A:10个全部无裂纹

[0240] 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100μmF:产生裂纹的焊接接头为3个以上,或裂纹深度的最大值为100μm以上

[0241] 这里,评价结果为A和B时,评价为合格。

[0242] 将得到的各值和评价结果分别示于表2和表3。

[0243]

[表1]

板组No.	总板厚 t_{all} (mm)	钢板1						钢板2						钢板3					
		板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	表层脱碳层	Si内部氧化层	镀锌的种类	Fe系预镀	板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	表层脱碳层	Si内部氧化层	镀锌的种类	Fe系预镀	板厚 (mm)	拉伸强度 (MPa)	表层脱碳层	Si内部氧化层	镀锌的种类	Fe系预镀
A	3.2	1.6	980	有	有	GA	无	1.6	980	有	有	GA	无	/	/	/	/	/	/
B	2.4	1.2	1180	有	有	GA	有	1.2	1180	有	有	GA	有	/	/	/	/	/	/
C	4.0	2.0	1470	有	有	GA	有	2.0	1470	有	有	GA	有	/	/	/	/	/	/
D	3.2	1.6	980	有	有	GA	无	1.6	980	有	有	GA	无	/	/	/	/	/	/
E	3.2	1.6	980	有	有	GA	无	1.6	980	有	有	GA	无	/	/	/	/	/	/
F	3.2	1.6	1470	有	有	GI	无	1.6	1180	有	有	GI	无	/	/	/	/	/	/
G	2.0	1.0	1470	有	有	EG	无	1.0	1470	有	有	EG	无	/	/	/	/	/	/
H	3.7	0.7	270	无	/	GA	无	1.4	980	无	/	GA	无	1.6	1180	有	有	GA	无
I	3.2	1.6	1180	无	无	GA	无	1.6	1180	无	无	GA	无	/	/	/	/	/	/
J	3.4	1.8	1470	有	无	GA	有	1.6	1470	有	无	GA	有	/	/	/	/	/	/
K	2.8	1.2	980	有	有	无	无	1.6	980	有	有	无	无	/	/	/	/	/	/
L	3.8	0.6	270	无	/	GA	无	1.6	590	无	/	GA	无	1.6	1470	有	有	GA	有
M	5.2	1.8	980	无	/	GA	无	1.4	780	无	/	GA	无	2.0	1470	有	有	GA	无
N	3.4	1.0	1180	无	/	GA	无	1.2	1180	无	/	GA	无	1.2	1850	有	有	GA	无

*GA…合金化热浸镀锌
*GI…热浸镀锌
*EG…电镀锌

[0244]

[表2]

条件No.	板组No.	总板厚 t_{all} (mm)	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)	tw/tb	tb (mm)	Hws/Hn	式(2)的上限值	式(2)的适合与否	式(3)的适合与否	(1000×t)/TS	式(4)的下限值	式(4)的上限值	式(4)的适合与否				
1	A	3.2	钢板1	1.6	980	0.8	0.1	0.30	0.83	○	○	1.63	0.12	0.88	○	15.0	—	1	发明例
2	B	2.4	钢板2	1.2	1180	0.6	0.1	0.40	0.84	○	○	1.02	0.16	0.84	○	15.0	20.0	2	发明例
3	C	4.0	钢板1	2.0	1470	0.4	0.2	0.70	0.89	○	○	1.36	0.14	0.86	○	15.0	10.0	3	发明例
4	D	3.2	钢板1	1.6	980	<u>1.0</u>	0.3	0.25	0.82	×	○	1.63	0.12	0.88	×	15.0	—	1	比较例
5	E	3.2	钢板2	1.6	980	0.14	0.03	0.60	0.87	○	○	1.63	0.12	0.88	○	15.0	<u>5.0</u>	3	比较例
6	E	3.2	钢板2	1.6	980	0.14	0.02	0.60	0.87	○	○	1.63	0.12	0.88	○	<u>2.7</u>	—	1	比较例
7	F	3.2	钢板1	1.6	1470	0.9	0.1	0.60	0.87	×	○	1.09	0.15	0.85	×	4.0	—	1	发明例
8	G	2.0	钢板2	1.0	1470	0.16	0	0.70	0.89	○	○	0.68	0.18	0.82	×	15.0	—	1	发明例
9	H	3.7	钢板3	1.6	1180	0.5	0.2	0.50	0.86	○	○	1.36	0.14	0.86	○	7.0	—	1	发明例
10	I	3.2	钢板2	1.6	1180	=	0	1.20	0.96	-	○	1.36	0.14	0.86	-	15.0	-	1	比较例
11	J	3.4	钢板1	1.8	1470	0.8	0.1	0.70	0.89	○	○	1.22	0.14	0.86	○	15.0	-	1	发明例
12	K	2.8	钢板2	1.6	980	0.7	0.1	0.80	0.90	○	○	1.63	0.12	0.88	○	15.0	-	1	发明例
13	A	3.2	钢板1	1.6	980	0.6	0.1	0.35	0.84	○	○	1.63	0.12	0.88	○	15.0	—	1	发明例
14	B	2.4	钢板2	1.2	1180	0.5	0.1	0.45	0.85	○	○	1.02	0.16	0.84	○	15.0	20.0	2	发明例
15	C	4.0	钢板1	2.0	1470	0.3	0.2	0.75	0.89	○	○	1.36	0.14	0.86	○	15.0	10.0	3	发明例
16	H	3.7	钢板3	1.6	1180	0.4	0.2	0.55	0.86	○	○	1.36	0.14	0.86	○	7.0	—	1	发明例
17	J	3.4	钢板1	1.8	1470	0.7	0.1	0.80	0.90	○	○	1.22	0.14	0.86	○	15.0	-	1	发明例
18	K	2.8	钢板2	1.6	980	0.6	0.1	0.80	0.90	○	○	1.63	0.12	0.88	○	15.0	-	1	发明例
19	L	3.8	钢板3	1.6	1470	0.5	0.1	0.70	0.89	○	○	1.09	0.15	0.85	○	15.0	—	1	发明例
20	M	5.2	钢板3	2.0	1470	0.8	0.1	0.50	0.86	○	○	1.36	0.14	0.86	○	15.0	—	1	发明例
21	N	3.4	钢板3	1.2	1850	0.8	0.1	0.30	0.83	○	○	0.65	0.18	0.82	○	15.0	—	1	发明例
22	A	3.2	钢板1	1.6	980	0.3	0.1	0.35	0.84	○	○	1.63	0.12	0.88	○	30.0	40.0	2	发明例

*1. $tw/tb<[(Hws/Hn)-0.1]/7+0.8$ ···(2)

*2. $0.1\leqq Hws/Hn\leqq 1.5$ ···(3)

*3. $-2\times(1000\times t/TS)-0.25]/35+0.2<tw/tb<2\times(1000\times t/TS)-0.25]/35+0.8$ ···(4)

[0245]

[表3]

条件No.	板组No.	即将加压之前的状态	通电工序									电极保持工序				结果			备注
			加压力F (kN)	焊接电流 (kA)	通电时间Ts (S)	冷却水流量L (l/min)	从焊点中心到钢板端面的距离Xe (mm)	焊接点与已有焊接点间的距离Xn (mm)	已有焊接点	式(8)的上限值	式(8)的适合与否	加压力保持时间Th (S)	式(6)的下限值	式(6)的上限值	式(6)的适合与否	TSS		LME	
1	A (a)	电极倾角:7度	4.5	6.0	0.3	2.0	15.0	–	无	1.336	○	0.2	0.018	1.067	○	A		A	发明例
2	B (a)(c)	电极倾角:5度、电极—板间的间隙:2mm	3.5	7.0	0.25	1.4	15.0	20.0	有	0.989	○	0.1	0.021	1.040	○	A		A	发明例
3	C (b)	电极中心偏移量:1mm	5.0	7.2	0.34	1.8	15.0	10.0	有	1.656	○	0.3	0.012	1.133	○	A		A	发明例
4	D (d)	板间的间隙:2mm	4.5	9.0	0.08	3.0	15.0	–	无	2.004	○	0.2	0.005	1.200	○	F		A	比较例
5	E (a)(c)	电极倾角:5度、电极—板间的间隙:2mm	4.5	7.0	0.33	1.4	15.0	5.0	有	0.935	○	0.02	0.023	1.020	×	A		F	比较例
6	E (a)(e)	电极倾角:5度、到钢板端面的最短距离:2.7mm	4.5	7.0	0.33	1.6	2.7	–	无	1.069	○	0.02	0.024	1.013	×	A		F	比较例
7	F (e)	到钢板端面的最短距离:4mm	4.5	7.0	0.11	4.0	4.0	–	无	3.272	○	0.03	0.018	1.067	○	B		A	发明例
8	G (a)(c)	电极倾角:5度、电极—板间的间隙:2mm	5.5	8.0	0.9	2.0	15.0	–	无	0.837	×	0.2	0.023	1.020	○	A		B	发明例
9	H (d)(e)	板间的间隙:1mm、到钢板端面的最短距离:5mm	4.0	7.0	0.4	2.0	7.0	–	无	1.906	○	0.2	0.015	1.100	○	A		A	发明例
10	I (a)(c)	电极倾角:5度、电极—板间的间隙:2mm	3.5	6.0	0.4	2.2	15.0	–	无	2.073	○	0.02	0.025	1.000	×	A		F	比较例
11	J (a)	电极倾角:4度	4.0	7.5	0.3	1.8	15.0	–	无	1.760	○	0.9	0.022	1.033	○	A		A	发明例
12	K (c)	电极—板间的间隙:2mm	3.5	6.0	0.3	5.0	15.0	–	无	3.757	○	0.6	0.020	1.053	○	A		A	发明例
13	A (a)	电极倾角:7度	4.5	6.0	0.5	2.0	15.0	–	无	1.336	○	0.2	0.018	1.067	○	A		A	发明例
14	B (a)(c)	电极倾角:5度、电极—板间的间隙:2mm	3.5	7.0	0.32	1.4	15.0	20.0	有	0.989	○	0.18	0.021	1.040	○	A		A	发明例
15	C (b)	电极中心偏移量:1mm	5.0	7.2	0.4	1.8	15.0	10.0	有	1.656	○	0.3	0.012	1.133	○	A		A	发明例
16	H (d)(e)	板间的间隙:1mm、到钢板端面的最短距离:5mm	4.0	7.0	0.4	2.0	7.0	–	无	1.906	○	0.2	0.015	1.100	○	A		A	发明例
17	J (a)	电极倾角:4度	4.0	7.5	0.5	1.8	15.0	–	无	1.760	○	0.9	0.022	1.033	○	A		A	发明例
18	K (c)	电极—板间的间隙:2mm	3.5	6.0	0.7	5.0	15.0	–	无	3.757	○	0.6	0.020	1.053	○	A		A	发明例
19	L (a)	电极倾角:5度	5.0	7.0	0.5	2.0	15.0	–	无	1.748	○	0.2	0.018	1.067	○	A		A	发明例
20	M (a)	电极倾角:5度	6.0	6.0	0.6	2.0	15.0	–	无	1.994	○	0.3	0.017	1.080	○	A		A	发明例
21	N (a)	电极倾角:5度	4.0	7.0	0.6	2.0	15.0	–	无	2.194	○	0.3	0.018	1.067	○	A		A	发明例
22	A (a)	电极倾角:5度	3.5	5.5	1.9	2.4	30.0	40.0	有	2.061	○	0.2	0.018	1.067	○	A		A	发明例

*1. $-(tb/15)+0.025 < Th < (tb/1.5)+1$ …(6)

*2. $Ts \leqq [0.03 \times t_{all} \times L \times \sqrt{(TSm)}]/F$ …(8)

[0246] 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。

[0247] 符号说明

[0248] 1、2、3 钢板

[0249] 4、5 焊接电极

[0250] 6 焊接部

[0251] 6a 熔核

[0252] 6b 焊接热影响部

[0253] 6c 熔核端部

[0254] 7 钢板重合面

[0255] 8 焊点

[0256] 9 已有焊点

[0257] 10 焊接构件

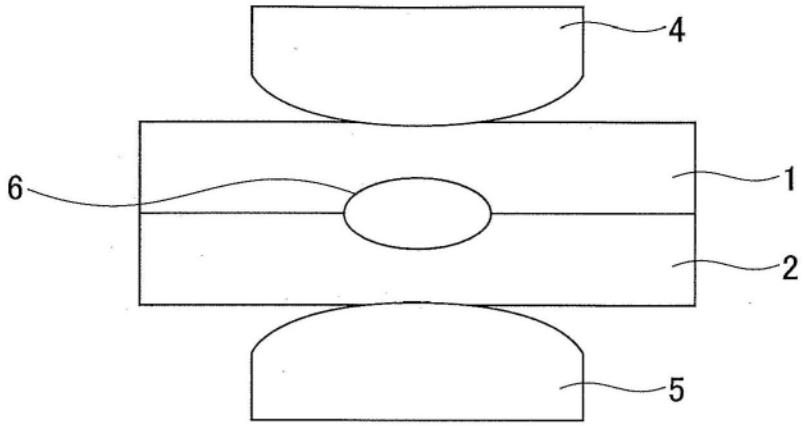

4
6
1
2
5

图1

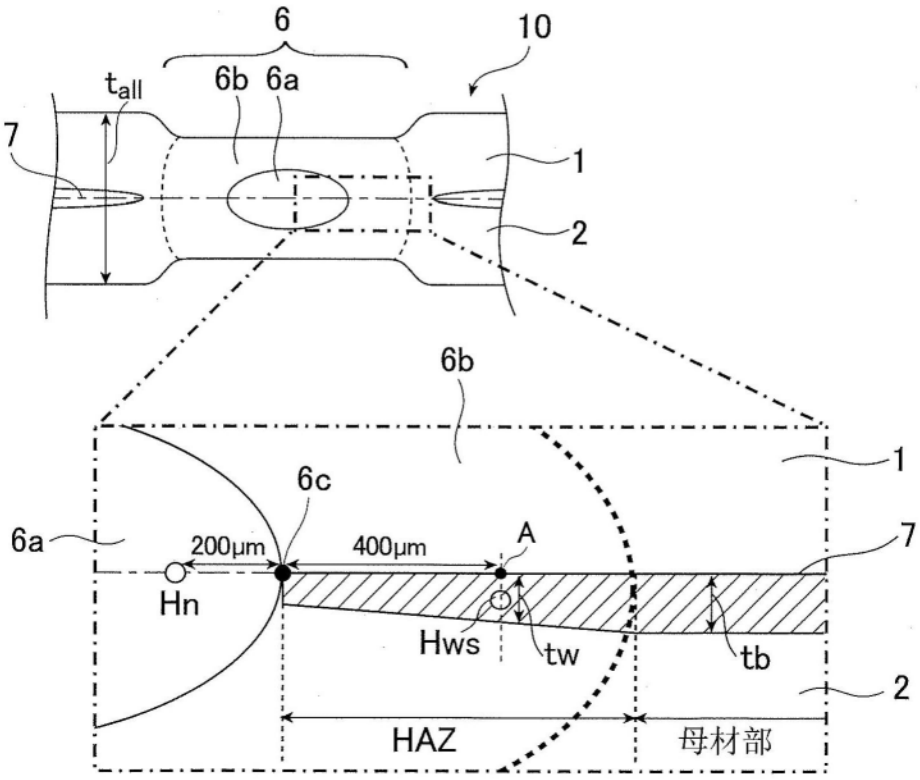

6
10
t_{all}
6b
6a
7
1
2
6b
1
6c
6a
200μm
400μm
A
7
Hn
Hws
tw
tb
2
HAZ
母材部

图2

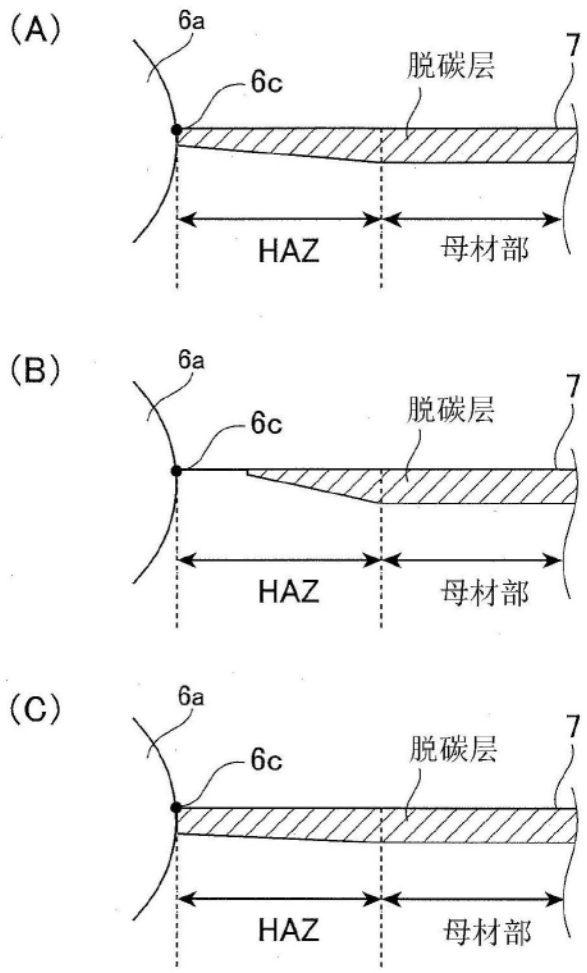

(A)
6a
6c
脱碳层
7
HAZ
母材部
(B)
6a
6c
脱碳层
7
HAZ
母材部
(C)
6a
6c
脱碳层
7
HAZ
母材部

图3

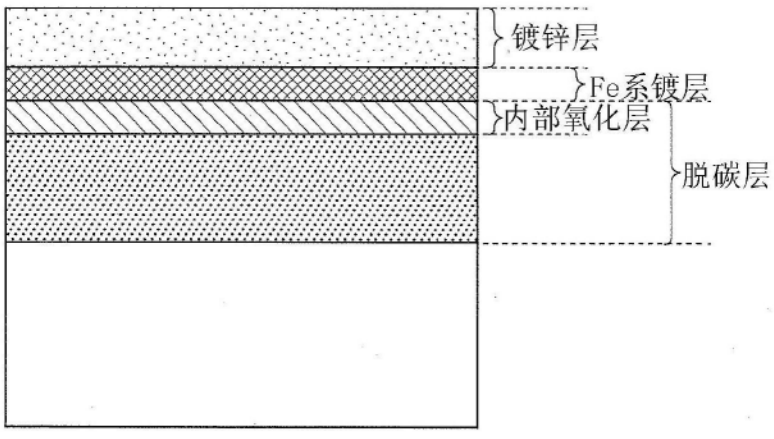

镀锌层
Fe系镀层
内部氧化层
脱碳层

图4

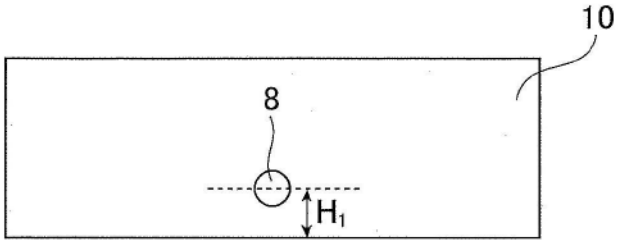


图5

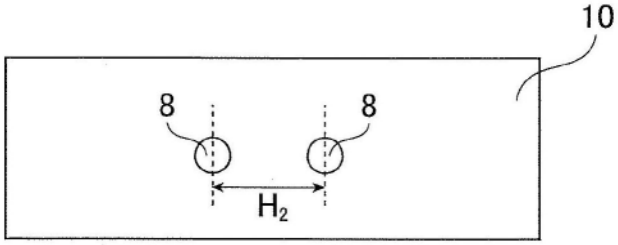


图6

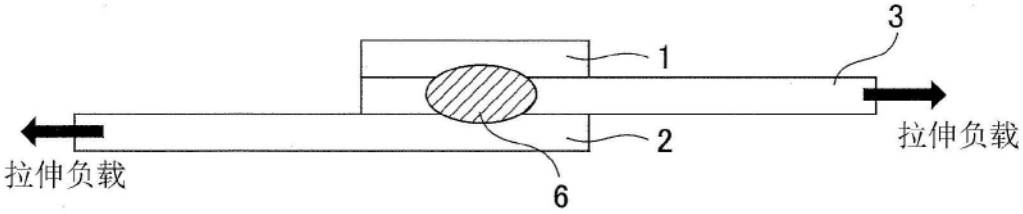


图7

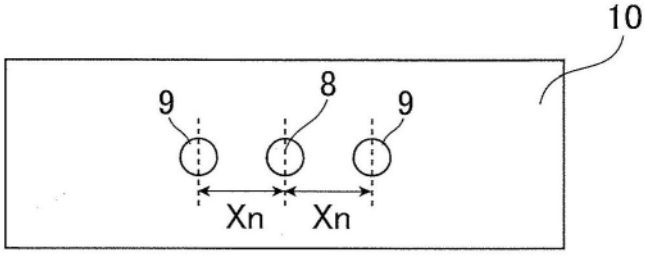


图8

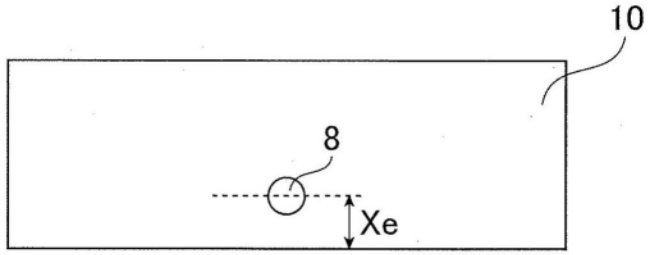


图9

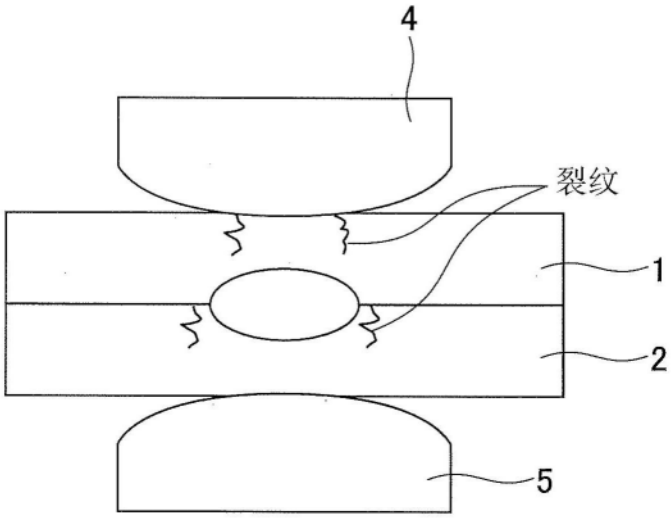


图10