



(21) 申请号 202380067960.7

(22) 申请日 2023.08.30

(30) 优先权数据

2022-157121 2022.09.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.03.21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/031609 2023.08.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/070459 JA 2024.04.04

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 远藤一辉 前田聪 田路勇树

川边直雄

(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.

B23K 11/11 (2006.01)

B23K 11/16 (2006.01)

B23K 11/36 (2006.01)

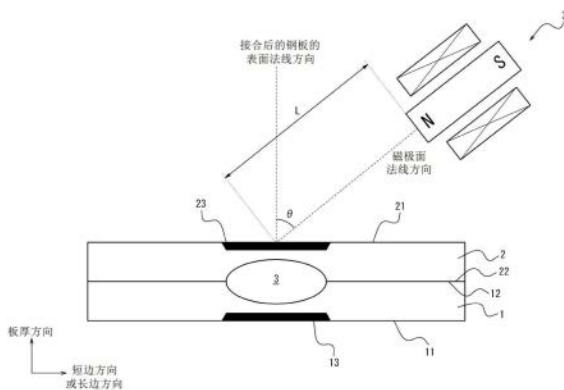
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

电阻点焊方法和焊接接头的制造方法

(57) 摘要

本发明提供适合于制造发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头的电阻点焊方法。一种电阻点焊方法,其特征在于,是用一对焊接电极夹持重叠了两个以上的钢板,对上述钢板一边加压一边通电,在上述钢板相互的重叠面形成熔核来将上述钢板彼此接合的电阻点焊方法,其中,在上述接合后,以接合后的钢板的表面法线方向与恒定磁场的施加方向所成的角度 $\theta$ 大于 $0^\circ$ 的角度,以磁通密度为 $0.1 \sim 15\text{T}$ 的方式,对通过上述接合在上述接合后的钢板的表面产生的焊接痕,施加恒定磁场。



1. 一种电阻点焊方法,用一对焊接电极夹持重叠了两个以上的钢板,对所述钢板一边加压一边通电,在所述钢板相互的重叠面形成熔核而将所述钢板彼此接合,

其中,包括:在所述接合后,以接合后的钢板的表面法线方向与恒定磁场的施加方向所成的角度 $\theta$ 大于 $0^\circ$ 的角度,以磁通密度为 $0.1 \sim 15\text{T}$ 的方式,对通过所述接合在所述接合后的钢板的表面产生的焊接痕,施加恒定磁场。

2. 根据权利要求1所述的电阻点焊方法,其中,施加所述恒定磁场的时间为1秒以上。

3. 根据权利要求1或2所述的电阻点焊方法,其中,所述钢板中的至少一个具有 $780\text{MPa}$ 以上的拉伸强度。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的电阻点焊方法,其中,所述钢板中的至少一个在至少一个表面具有镀覆被膜。

5. 根据权利要求4所述的电阻点焊方法,其中,所述镀覆被膜为热浸镀锌被膜或合金化热浸镀锌被膜。

6. 一种焊接接头的制造方法,使用权利要求1~5中任一项所述的电阻点焊方法将钢板彼此接合而得到焊接接头。

## 电阻点焊方法和焊接接头的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电阻点焊方法和使用该电阻点焊方法的焊接接头的制造方法。

### 背景技术

[0002] 电阻点焊因其成品的外观良好而被广泛用于汽车等车辆的外观的加工。电阻点焊是对金属施加压力而使金属彼此接合的技术之一。具体而言,电阻点焊是指如下技术:从待接合的两个以上的金属(例如钢板)的两侧接触电极,通过一边施加适当的压力一边通电,逐渐地使金属熔融,然后,通过冷却金属而使熔融部凝固,从而使金属彼此接合的技术。在金属彼此接合的部位及其周边所形成的因接合而经历熔融的热影响部被称为熔核。另外,经由熔核接合的部位被称为焊接接头。

[0003] 这里,在电阻点焊中,金属的熔融・凝固过程中在熔核部分残留高的拉伸应力。此外,在焊接时的上述熔融・凝固过程中,在钢板表面存在的防锈油、水分、镀覆被膜、表面处理剂等被带入金属内而产生氢或侵入氢。由于该氢容易聚集于拉伸应力部,结果在焊接和冷却后的金属中,由于熔核内的残余应力和氢而在焊接接头导致产生延迟断裂,成为问题。

[0004] 延迟断裂是指即使对金属施加的应力为屈服强度以下的状态,金属也在从焊接等加工完成起经过一定的时间后突然断裂的现象。

[0005] 另一方面,为了利用车身的高强度化来提高耐碰撞性能,有时使用高强度钢板作为汽车等车辆用钢板。一般而言,高强度钢板是不仅添加大量的C,还添加各种合金元素来提高强度的钢板,但氢脆敏感性大。因此,上述延迟断裂在高强度钢板的电阻点焊中成为特别大的问题。

[0006] 对于这样的延迟断裂问题,在专利文献1中,在规定加压力下进行焊接通电后,以高于该加压力的加压力进行后通电,进一步进行电极保持,由此降低焊接部中的拉伸残余应力,提高耐延迟断裂特性。另外,专利文献1还公开了在上述电极保持后进一步在120~220℃下进行100~6000s的“焊接后的热处理”,这会降低侵入焊接部的氢量,有利于防止延迟断裂。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本专利第6194765号

### 发明内容

[0010] 然而,专利文献1是针对延迟断裂而专门着眼于加压力以及以通电模式的合理化来减少拉伸残余应力的技术,对于钢板的氢脆性,还存在进一步的改善空间。并且,在专利文献1的技术中,关于该氢脆性,由于利用设置在焊接通电与后通电之间的无通电的冷却时间来使焊接部快速冷却,大量的氢不会扩散到熔核的外部而残留,熔核内的残留氢量升高,因此存在难以抑制因残留氢引起的延迟断裂的担忧。另外,针对残留氢,假如进行专利文献1中公开的“焊接后的热处理”,则反而还担心无法避免用于热处理设备的成本增加以及因

热处理引起的钢板的组织变化而使材料特性变化。

[0011] 因此,为了得到发挥更优异的耐延迟断裂特性的焊接接头,需要研究在电阻点焊中可以更好地控制残留在熔核内的氢的方法。

[0012] 本发明鉴于上述课题,其目的在于提供一种通过改善氢脆性而可以得到发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头的电阻点焊方法及焊接接头的制造方法。

[0013] 为了解决上述课题,本发明人等对通过在电阻点焊时使熔核内产生或侵入的氢逸出到钢板的外部,从而提高所得的焊接接头的耐延迟断裂特性的方法进行了深入研究。其结果,本发明人等得到了如下新的发现:对接合后的钢板(接合体)施加恒定磁场则对于提高焊接接头的耐延迟断裂特性有效,而且不伴随因热处理导致的组织变化而引起的材质的变化。

[0014] 而且,本发明人等发现,在电阻点焊中,如果对形成有熔核的接合后的钢板在规定的条件下施加恒定磁场,则可以简便地得到发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头。

[0015] 本发明是根据上述见解而完成的,其要旨如下。

[0016] [1]一种电阻点焊方法,用一对焊接电极夹持重叠了两个以上的钢板,对上述钢板一边加压一边通电,在上述钢板相互的重叠面形成熔核而将上述钢板彼此接合,其中,包括:在上述接合后,以接合后的钢板的表面法线方向与恒定磁场的施加方向所成的角度 $\theta$ 大于 $0^\circ$ 的角度,以磁通密度为 $0.1 \sim 15\text{T}$ 的方式,对通过上述接合而在上述接合后的钢板的表面产生的焊接痕,施加恒定磁场。

[0017] 这里,在本说明书中,“熔核”通常在钢板互相重叠面(参照图1、3的符号12、22)侧形成,无法从电阻点焊后的钢板的表面(参照图1、3的符号11、21)直接目视确认,但可以根据在重叠的钢板的表面产生的电阻点焊点即焊接痕(参照图2的符号6、图3的符号13、23)来确认在该焊接时形成了“熔核”。

[0018] 另外,在本说明书中,“磁通密度”例如可以通过后述的方法进行测定。

[0019] [2]根据上述1所述的电阻点焊方法,其中,施加上述恒定磁场的时间为1秒以上。

[0020] [3]根据上述1或2所述的电阻点焊方法,其中,上述钢板中的至少一个具有 $780\text{MPa}$ 以上的拉伸强度。

[0021] [4]根据上述1~3中任一项所述的电阻点焊方法,其中,上述钢板中的至少一个在至少一个表面上具有镀覆被膜。

[0022] [5]根据上述4所述的电阻点焊方法,其中,上述镀覆被膜为热浸镀锌被膜或合金化热浸镀锌被膜。

[0023] [6]一种焊接接头的制造方法,使用[1]~[5]中任一项所述的电阻点焊方法将钢板彼此接合而得到焊接接头。

[0024] 根据本发明的电阻点焊方法,即使将钢板彼此接合,也不会发生因热处理导致的组织变化而引起的钢板的材质的变化,能够很好地避免延迟断裂的问题。另外,根据本发明的焊接接头的制造方法,可以简便地得到发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头。

## 附图说明

[0025] 图1是表示根据本发明的一个实施方式形成熔核而将钢板彼此接合的情形的示意图。

[0026] 图2是表示根据本发明的一个实施方式的从一个表面侧观察接合后的钢板的俯视图。

[0027] 图3是表示根据本发明的一个实施方式的将钢板彼此接合后对接合后的钢板表面的焊接痕照射恒定磁场的状态的示意图。

### 具体实施方式

[0028] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0029] 在本发明的电阻点焊方法中,用一对焊接电极4、5夹持重叠了两个以上的例如钢板1、2,一边加压一边通电,在钢板相互的重叠面(重叠部)12、22侧形成熔核3,在将钢板彼此接合后,对接合时在重叠的钢板的表面产生的焊接痕13、23中的至少一个,以规定的所成的角 $\theta$ 和规定的磁通密度施加恒定磁场。

[0030] 并且,根据本发明的电阻点焊方法,能够通过使主要聚集于熔核的氢高效地逸出到钢板外部,良好且简便地避免点焊部的延迟断裂的问题,而且不会伴随有因热处理导致的组织变化引起的材质的变化。

[0031] 另外,本发明的焊接接头的制造方法具有与上述的本发明的电阻点焊方法同样的特征。并且,根据本发明的焊接接头的制造方法,可简便地得到具有优异的耐延迟断裂特性的焊接接头。

[0032] 这里,通过对接合后的钢板施加恒定磁场而能够改善钢板的耐延迟断裂特性的理由尚不明确,但本发明人等推测如下。

[0033] 即,通过对接合时在重叠的钢板的表面产生的焊接痕以规定的条件施加恒定磁场,从而因磁致伸缩效果而使钢板形状发生变化。该形状变化是由晶格间距扩张引起的,用于扩散的势能降低,钢板中的氢的扩散速度增加,从该表面脱离。由此,对钢板以规定的条件施加的磁场使钢中的扩散性氢充分且高效地减少,进而使钢中的特别是在拉伸残余应力部即熔核聚集的氢充分且高效地减少,因此能够改善焊接接头的耐延迟断裂特性。

[0034] 以下,根据一些实施方式详细叙述本发明的电阻点焊方法,但本发明的电阻点焊方法不限于此。另外,本发明的焊接接头的制造方法具有与关于本发明的电阻点焊方法详细叙述的特征相同的特征,本发明的焊接接头的制造方法也不限于后述的实施方式。

[0035] <钢板彼此的接合>

[0036] 在本发明的电阻点焊方法中,在钢板的接合后,可以使氢高效地从熔核中逸出。因此,对于直到将多个钢板彼此接合而得到焊接体为止的工序没有特别限定,按照一般的电阻点焊的条件即可。作为一般的电阻点焊的通电条件,例如可以是电流为1kA~15kA、通电时间为100ms~2000ms、加压力为0.5kN~10kN的范围。

[0037] 在图1、2所示的本发明的一个实施方式中,将一对焊接电极4、5按压在重叠了两个钢板1、2的表面11、21上进行通电。此时,钢板相互的重叠面12、22的被通电部位由于电阻发热而临时熔融,然后凝固形成熔核3。这样,在电阻点焊方法中,钢板1、2经由固体状态的熔核3被接合。该熔核3通常不直接出现在接合后的钢板的表面11、21。然而,在接合后的钢板的表面11、21在按压焊接电极4、5的位置产生烧痕和/或凹陷的焊接痕6。因此,在该电阻点焊的焊接痕6的板厚方向内部可以确认到熔核3存在,在后述的施加恒定磁场的工序中,将该焊接痕6称为“相当于熔核的表面”。

[0038] <<钢板的特性>>

[0039] 本发明的电阻点焊方法中使用的钢板没有特别限制,但优选为高强度钢板。具体而言,优选进行接合的多个钢板中至少一个的拉伸强度为780MPa以上,更优选为1000MPa以上,进一步优选为1300MPa以上。另外,进一步优选进行接合的多个钢板均具有上述拉伸强度。当进行接合的钢板的拉伸强度小于780MPa时,由于通过电阻点焊在熔核中产生的拉伸残余应力的程度低,因此原本在所得的焊接接头中就难以产生延迟断裂。另一方面,进行接合的钢板如上所述越是高强度,越容易因电阻点焊在熔核产生或侵入氢,越容易在焊接接头产生延迟断裂,因此通过施加恒定磁场带来的焊接接头的耐延迟断裂特性的改善效果提高。应予说明,钢板的拉伸强度没有特别限定,可以为3000MPa以下。

[0040] 钢板的成分组成没有特别限定,优选为可形成上述的高强度钢板的成分组成。作为高强度钢板的成分组成,例如可以适当地使用C量为0.05质量%~0.50质量%的钢板。

[0041] <<对钢板的表面处理>>

[0042] 本发明的电阻点焊方法是以非接触的方式进行恒定磁场的施加,是对钢板的表面状态无影响的焊接方法,因此,可以为了对接合的钢板赋予所希望的特性而实施镀覆等任意的表面处理。优选进行接合的多个钢板中的至少一个在至少一个表面实施了表面处理。该至少一个表面可以是对应于接合后的钢板的表面的面,也可以是对应于重叠面的面。

[0043] 基于表面处理的镀覆被膜可以是基于有机镀覆、无机镀覆、金属镀覆中的任一种的镀覆被膜,按照已知的方法进行镀覆即可。其中,从能够防锈和防腐蚀的观点出发,镀覆被膜优选为热浸镀锌(GI)被膜或合金化热浸镀锌(GA)被膜。

[0044] <恒定磁场的施加>

[0045] 接着,在本发明的电阻点焊方法中,在上述钢板彼此接合后,有意地对至少一个焊接痕(相当于熔核的表面)施加恒定磁场。这里,在施加恒定磁场时,关键是要使具有0.1T~15T的磁通密度的恒定磁场满足接合后的钢板的表面法线方向与恒定磁场的施加方向所成的角度 $\theta$ 大于 $0^\circ$ 。通过如上所述控制角度 $\theta$ ,能够使氢高效地从熔核逸出,很好且简便地减少因氢脆导致的焊接接头的延迟断裂,而且不伴随有因热处理导致的组织变化而引起的材质的变化。

[0046] 应予说明,本发明中的恒定磁场的施加是对钢板以非接触方式进行的。

[0047] <<磁通密度>>

[0048] 从促进氢的扩散而使钢板中含有的氢充分脱离的观点出发,对接合后的钢板的表面的焊接痕的磁通密度优选为0.1T以上,更优选为0.2T以上,进一步优选为0.5T以上。另一方面,考虑到通常的磁场施加装置的性能,对接合后的钢板表面的焊接痕的磁通密度优选为15T以下,更优选为14T以下。“磁通密度”可以使用特斯拉计在焊接痕附近进行测定,例如在焊接痕正上方的非接触的位置配置特斯拉计的探针来进行。

[0049] 焊接痕(相当于熔核的表面)所接收的磁通密度例如可以通过调整磁场施加装置的线圈的匝数、电流值来调整。

[0050] <<接合后的钢板的表面法线方向与磁极面法线方向所成的角度 $\theta$ >>

[0051] 接合后的钢板的表面法线方向与恒定磁场的施加方向所成的角度 $\theta$ 大于 $0^\circ$ 也是本发明中重要的构成条件。即使以角度 $\theta$ 为 $0^\circ$ 施加恒定磁场,由于晶格间距的扩大方向平行于板表面,因此不会促进氢向钢板外扩散,熔核中的氢量没有充分减少。角度 $\theta$ 越大,晶格间距

的扩大方向与板表面越接近垂直,因此,残留的氢从钢中、特别是从熔核中进一步释放,由此能够进一步抑制延迟断裂。角度 $\theta$ 优选为 $15^\circ$ 以上,更优选为 $30^\circ$ 以上。角度 $\theta$ 的上限为 $90^\circ$ ,此时,与钢板表面平行地施加恒定磁场。

[0052] <<磁场施加时间>>

[0053] 如果对焊接痕(相当于熔核的表面)施加磁场的时间短,则不足以使熔核中残留的氢脱离到钢板外,有时不能很好地减少钢中氢量。因此,施加恒定磁场的时间优选为1秒以上,更优选为5秒以上,进一步优选为10秒以上。

[0054] 另一方面,对焊接痕施加3600秒以上的恒定磁场会使生产率降低。因此,施加恒定磁场的时间优选小于3600秒,更优选为1800秒以下,进一步优选为1500秒以下。

[0055] <<从开始通电到开始施加恒定磁场为止的时间>>

[0056] 将开始通电时设为0秒,在180分钟~720分钟之间有时会产生由于使用焊接电极的电阻点焊引起的延迟断裂。优选在产生这种延迟断裂前施加恒定磁场,从而抑制并消除氢聚集在接合后的钢板的拉伸应力部、即熔核。从该观点出发,优选在从钢板的开始通电起360分钟以内进行对焊接痕(相当于熔核的表面)施加恒定磁场,更优选在小于180分钟时进行,进一步优选在60分钟以内进行。从尽量避免产生延迟断裂的风险的观点出发,从开始通电到开始施加恒定磁场为止的时间越短越有利。因此,从开始通电到开始施加恒定磁场为止的时间的下限没有特别限定,考虑到通电本身所需的时间,上述时间的下限通常为10秒。

[0057] <<熔核中的残留氢量>>

[0058] 并且,在根据本发明进行电阻点焊后的熔核内,残留氢量优选以质量分率计为0.5ppm以下,更优选为0.3ppm以下,当然也可以为0ppm。由于残留在熔核中的氢是焊接接头的氢脆的原因,因此残留氢量越少越优选。一般而言,越是对于高强度钢板的电阻点焊,越容易发生延迟断裂,而在本申请中,由于以规定条件施加恒定磁场,所以即使在高强度钢板的情况下,也能很好地减少残留氢量。

[0059] <<磁场施加装置>>

[0060] 恒定磁场的施加可以使用通常的产生磁场并将其施加到对象物的装置(磁场施加装置)。作为磁场施加装置,例如可以举出电磁铁等。在一个例子中,磁场施加装置可以是分别位于上钢板侧与下钢板侧的一对电磁铁。各电磁铁分别具有铁芯、卷绕铁芯的线圈、以及用于在线圈中流通电流的驱动电源。通过开启驱动电源使直流的连续电流在线圈中流通,能够使各电磁铁磁化,产生恒定磁场。各电磁铁分别具有隔开规定的间隔位于朝向焊接痕(相当于熔核的表面)的磁极面,通过控制流过线圈的电流的方向,能够使一侧的电磁铁的磁极面为N极,另一侧的电磁铁的磁极面为S极。该一对磁极面可以隔着重叠的钢板的上下表面的焊接痕(熔核相当表面)而对置。由此,可以使由一对电磁铁产生的恒定磁场成为:主要的磁通从一侧的电磁铁的磁极面(N极)朝向另一个电磁铁的磁极面(S极),且其方向可以为恒定磁场的施加方向。该情况下,恒定磁场的方向与磁极面的法线方向一致。由此,可以相对于接合后的钢板的表面法线方向成为规定的角度 $\theta$ 而均匀地施加恒定磁场。该情况下,角度 $\theta$ 可以称为磁极面的法线方向与磁极面的法线方向所成的角度,磁极面的法线方向可以称为连接磁极面与焊接痕的直线。应予说明,在本说明书中,“直流的连续电流”是指电流值不是脉冲的,而是连续地(优选为恒定地)维持的直流电流。另外,在本说明书中,“恒定磁场”是指不是脉冲的,而是连续地维持的磁场,包括静止的磁铁形成的磁场和供给直流的连

续电流的电磁铁形成的磁场。

[0061] 只要对焊接痕(相当于熔核的表面)施加规定的恒定磁场,则磁场施加装置的设置方法没有特别限定。例如,可以使恒定磁场的施加方向为在最短直线距离(图3的L)上以角度 $\theta$ 向焊接痕(图3的符号13和23)的至少一侧施加恒定磁场的方式设置磁场施加装置30。

[0062] 当接合后的钢板的一个表面上存在多个焊接痕时,可以对各焊接痕13或23各设置一台磁场施加装置,也可以设置一个或多个磁场施加装置,该磁场施加装置可以遍及一个表面上的多个相当于熔核的表面来施加恒定磁场。另外,磁场施加装置也可以与接合后的钢板的两个表面11、21侧对置设置。

[0063] 另外,当一个表面上存在多个焊接痕时,可以仅对其中之一的焊接痕施加恒定磁场,也可以对任意的多个焊接痕施加恒定磁场,可以对所有的焊接痕施加恒定磁场,也可以对遍及接合后的钢板的一个表面整体施加恒定磁场。特别地,考虑到氢容易残留在熔核中,当一个表面上存在多个焊接痕时,优选对多个焊接痕施加恒定磁场,更优选对所有焊接痕施加恒定磁场。

[0064] 另外,从利用上述规定的频率带来的提高耐延迟断裂特性的效果的观点出发,钢板的表面与磁场施加装置的最短直线距离优选为15m以内,更优选为5m以内。

[0065] 在本发明中,可以不进行加热处理而减少熔核中的残留的氢。因此,根据本发明,与在焊接后进行热处理的以往的技术相比,既能避免钢板的成分组成和/或微细组织因热而从所希望的状态改变的风险,又能得到发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头。另外,本发明不需要用于应对氢脆的加热装置,在作业时间和作业成本方面也有利。

[0066] 进而,对于采用不与钢板接触来施加恒定磁场这样的简便方法的本发明而言,例如,能够特别有利地用于需要许多精细焊接施工的汽车制造中的电阻点焊。

[0067] 实施例

[0068] 根据实施例进一步对本发明进行具体地说明。以下实施例示出了本发明一个优选例子,本发明不受该实施例的任何限定。

[0069] 将两个长边方向:150mm×短边方向:50mm×板厚:1.4mm的钢板用作配置于铅垂方向下侧的下钢板1和配置于比该下钢板1靠铅垂方向上侧的上钢板2。下钢板1和上钢板2的拉伸强度、钢板的表面和重叠面有无镀覆被膜如表1所示,是未实施镀覆处理的情况(CR)或实施了镀覆处理的情况(热浸镀锌(GI)、合金化热浸镀锌(GA)、附着量为单面50g/m<sup>2</sup>)中的任一种。

[0070] 应予说明,拉伸强度是从各钢板沿着与轧制方向垂直方向制作JIS5号拉伸试验片并根据JIS Z 2241(2011)的规定实施拉伸试验而求出的拉伸强度。

[0071] 如图1和图2所示,用一对焊接电极(下电极4和上电极5)夹持重叠了两个钢板(下钢板1和上钢板2)而成的板组,以表1所记载的接合(通电)条件进行接合,由此得到焊接接头。通过该接合在接合后的钢板(焊接接头)的表面产生焊接痕6(以椭圆示意性地表示)。

[0072] 上述工序在下电极4和上电极5始终为水冷的状态、钢板为常温(20℃)的状态下进行。

[0073] 作为下电极4和上电极5,均使用前端的直径(前端直径)为6mm、曲率半径为40mm的铬铜制的DR形电极。另外,接合时的加压力通过用伺服马达驱动下电极4和上电极5来控制,通电时供给频率50Hz的单相交流。

[0074] 这样,在接合后的下钢板1和上钢板2的表面11、21中,如图2所示,观察到了焊接痕6。然后,从该焊接痕6沿着板厚方向的下钢板1和钢板2的重叠面12、22侧形成有图1示意性示出的熔核3。应予说明,为了分别测定施加恒定磁场前后的熔核内的残留氢量,在各通电条件下各制作两个焊接接头。

[0075] 如上所述,进行通电并将钢板彼此接合后,在经过表1所示的“从开始通电到开始施加恒定磁场为止的时间”后,在表1所示的条件下,对各通电条件下得到的焊接接头中的一个从接合后的钢板(焊接接头)的表面的一侧朝向焊接痕6(相当于熔核的表面)施加恒定磁场。恒定磁场的施加使用设置于连接焊接痕6和磁极面的直线的长度(最短直线距离,图3的L)为0.5m的位置的电磁铁进行,磁通密度由电流值控制。磁通密度的测定是在焊接痕的正上方距表面5cm的高度的位置,将特斯拉计(LakeShore公司制F41型)的探测器前端与钢板表面平行配置来进行的。角度 $\theta$ 是接合后的钢板(焊接接头)的表面法线方向与连接焊接痕6和磁极面的直线所成的角度。

[0076] 将所得焊接接头静置在常温(20℃)下大气中24小时,以目视观察对静置后是否产生延迟断裂进行判断。进而,当从表面通过目视观察未发现熔核的剥离和龟裂时,用光学显微镜( $\times 50$ 倍)观察包含熔核中央部的板厚方向的截面,确认有无截面中的龟裂。将观察到熔核的剥离(接合界面处熔核剥离为两个的现象)的情况评价为D,将从表面通过目视观察到龟裂的情况评价为C,对包含熔核中央部的板厚方向的截面进行观察,在截面上观察到未到达表面的龟裂的情况评价为B,将从截面也未确认到龟裂的情况评价为A。将结果示于表1。将从截面也未确认到龟裂的情况(A)和在截面观察到未到达表面的龟裂的情况(B)判定为焊接接头的耐延迟断裂特性优异。

[0077] 通过热脱附谱分析测定熔核内的残留氢量。关于恒定磁场施加前的残留氢量,从在各通电条件下得到的焊接接头中的未实施恒定磁场施加的焊接接头,以在中央包含电阻点焊点的方式切断为 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times$ 板厚来得到样品,用乙醇脱脂后,进行热脱附谱分析。另外,关于恒定磁场施加后的残留氢量,从上述焊接接头中的施加了恒定磁场施加的焊接接头,以中央包含电阻点焊点的方式切断为 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times$ 板厚来得到样品,用乙醇脱脂后,进行热脱附谱分析。在200℃/小时的条件下将样品升温,每隔5分钟用气相色谱对从样品中释放出的氢量进行定量,求出各温度下的氢释放出速度(wt/min)。通过对求出的氢释放速度进行累计,计算氢释释放量而求出。并且,将至210℃为止释放出的氢量的累计值除以样品的质量而得的值的百万分率作为以质量分率计的熔核内的残留氢量(wt.ppm),一并记载于表1。

[0078]

表1

| No. | 钢板            |      |               |      | 接合（通电）条件   |              |             | 恒定磁场的施加条件                         |                                                |                 |             | 评价                  |                                     |                                         |                  | 区分  |
|-----|---------------|------|---------------|------|------------|--------------|-------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|-----|
|     | 上钢板           |      | 下钢板           |      | 电流<br>(kA) | 通电时间<br>(ms) | 加压力<br>(kN) | 从开始通电到<br>开始施加磁场<br>为止的时间<br>(分钟) | 接合后的<br>钢板的表面<br>法线与磁极<br>面法线方向<br>所成的角<br>(°) | 磁通<br>密度<br>(T) | 施加时间<br>(秒) | 焊接接头<br>的延迟<br>断裂特性 | 恒定磁场施加<br>后的熔核内<br>的残留氢量<br>(wtppm) | 恒定磁场<br>施加前的<br>熔核内的<br>残留氢量<br>(wtppm) | 氢降<br>低比例<br>(%) |     |
|     | 拉伸强度<br>(MPa) | 镀覆被膜 | 拉伸强度<br>(MPa) | 镀覆被膜 |            |              |             |                                   |                                                |                 |             |                     |                                     |                                         |                  |     |
| 1   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | —                                 | —                                              | —               | —           | D                   | 0.82                                | 0.82                                    | 0                | 比较例 |
| 2   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 0                                              | 7.5             | 600         | D                   | 0.69                                | 0.87                                    | 21               | 比较例 |
| 3   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 20                                             | 7.5             | 600         | B                   | 0.29                                | 0.85                                    | 65               | 实施例 |
| 4   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 40                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.13                                | 0.80                                    | 84               | 实施例 |
| 5   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.02                                | 0.80                                    | 97               | 实施例 |
| 6   | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 90                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                | 0.82                                    | 99               | 实施例 |
| 11  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 1                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                | 0.77                                    | 98               | 实施例 |
| 12  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 30                                | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.02                                | 0.77                                    | 97               | 实施例 |
| 13  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 60                                | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.03                                | 0.84                                    | 96               | 实施例 |
| 14  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 120                               | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.02                                | 0.84                                    | 98               | 实施例 |
| 15  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 360                               | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                | 0.79                                    | 99               | 实施例 |
| 16  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 0.03            | 600         | D                   | 0.74                                | 0.82                                    | 10               | 比较例 |
| 17  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 16              | 600         | C                   | 0.51                                | 0.79                                    | 35               | 比较例 |

下划线表示本发明的范围外。

CR: 无镀覆处理

GI: 热浸镀锌

GA: 合金化热浸镀锌

[0079]

表1 (续)

| No. | 钢板            |      |               |      | 接合（通电）条件   |              |             | 恒定磁场的施加条件                         |                                                |                 |             | 评价                  |                                      |                                          |                  | 区分  |
|-----|---------------|------|---------------|------|------------|--------------|-------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------|-----|
|     | 上钢板           |      | 下钢板           |      | 电流<br>(kA) | 通电时间<br>(ms) | 加压力<br>(kN) | 从开始通电到<br>开始施加磁场<br>为止的时间<br>(分钟) | 接合后的<br>钢板的表面<br>法线与磁极<br>面法线方向<br>所成的角<br>(°) | 磁通<br>密度<br>(T) | 施加时间<br>(秒) | 焊接接头<br>的延迟<br>断裂特性 | 恒定磁场施加<br>后的熔核内<br>的残留氢量<br>(wt.ppm) | 恒定磁场<br>施加前的<br>熔核内的<br>残留氢量<br>(wt.ppm) | 氢降<br>低比例<br>(%) |     |
|     | 拉伸强度<br>(MPa) | 镀覆被膜 | 拉伸强度<br>(MPa) | 镀覆被膜 |            |              |             |                                   |                                                |                 |             |                     |                                      |                                          |                  |     |
| 18  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 0.1             | 600         | A                   | 0.09                                 | 0.82                                     | 89               | 实施例 |
| 19  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 0.5             | 600         | A                   | 0.01                                 | 0.79                                     | 99               | 实施例 |
| 20  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 15              | 600         | A                   | 0.01                                 | 0.80                                     | 98               | 实施例 |
| 21  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 2           | B                   | 0.34                                 | 0.84                                     | 60               | 实施例 |
| 22  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 8           | A                   | 0.17                                 | 0.79                                     | 79               | 实施例 |
| 23  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 15          | A                   | 0.11                                 | 0.81                                     | 86               | 实施例 |
| 24  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 1200        | A                   | 0.02                                 | 0.84                                     | 97               | 实施例 |
| 25  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 1800        | A                   | 0.01                                 | 0.79                                     | 98               | 实施例 |
| 26  | 1510          | CR   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 3500        | A                   | 0.02                                 | 0.77                                     | 97               | 实施例 |
| 27  | 1522          | GA   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.03                                 | 0.80                                     | 96               | 实施例 |
| 28  | 1510          | CR   | 1522          | GA   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                 | 0.81                                     | 99               | 实施例 |
| 29  | 1522          | GA   | 1522          | GA   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.02                                 | 0.81                                     | 97               | 实施例 |
| 30  | 1531          | GI   | 1510          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.02                                 | 0.84                                     | 98               | 实施例 |
| 31  | 1510          | CR   | 1531          | GI   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                 | 0.82                                     | 98               | 实施例 |
| 32  | 1531          | GI   | 1531          | GI   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.03                                 | 0.78                                     | 96               | 实施例 |
| 33  | 815           | CR   | 815           | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.00                                 | 0.55                                     | 99               | 实施例 |
| 34  | 1220          | CR   | 1220          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | A                   | 0.01                                 | 0.64                                     | 99               | 实施例 |
| 35  | 1310          | CR   | 1310          | CR   | 5          | 200          | 5           | 5                                 | 75                                             | 7.5             | 600         | B                   | 0.33                                 | 0.72                                     | 55               | 实施例 |

下划线表示本发明的范围外。  
CR: 无镀覆处理  
GI: 热浸镀锌  
GA: 合金化热浸镀锌

[0080] 根据表1可知,在通过按照特定的条件施加恒定磁场而得的焊接接头中,均能够充分降低熔核内的残留氢量,其结果,未确认到延迟断裂,发挥了良好的耐延迟断裂特性。特

别地,即使是以往容易产生延迟断裂的高强度钢板,也能实现良好的耐延迟断裂特性。另一方面,在未进行施加恒定磁场或施加恒定磁场的条件在特定的范围外的No.1、2、10、16、17的焊接接头中,熔核内的残留氢量高且产生延迟断裂,无法抑制因熔核中的残留氢而引起的延迟断裂。

[0081] 产业上的可利用性

[0082] 根据本发明的电阻点焊方法,能够良好地避免将钢板彼此接合后的延迟断裂的问题。另外,根据本发明的焊接接头的制造方法,能够简便地得到发挥优异的耐延迟断裂特性的焊接接头。因此,本发明适合于对高强度钢板进行电阻点焊的情况,能够适用于汽车等的车辆部件的制造工序和车身的组装工序。

[0083] 符号说明

[0084] 1钢板(下钢板)

[0085] 11表面

[0086] 12钢板相互的重叠面

[0087] 13焊接痕

[0088] 2钢板(上钢板)

[0089] 21表面

[0090] 22钢板互相的重叠面

[0091] 23焊接痕

[0092] 3熔核

[0093] 4焊接电极(下电极)

[0094] 5焊接电极(上电极)

[0095] 6焊接痕

[0096] 30磁场施加装置

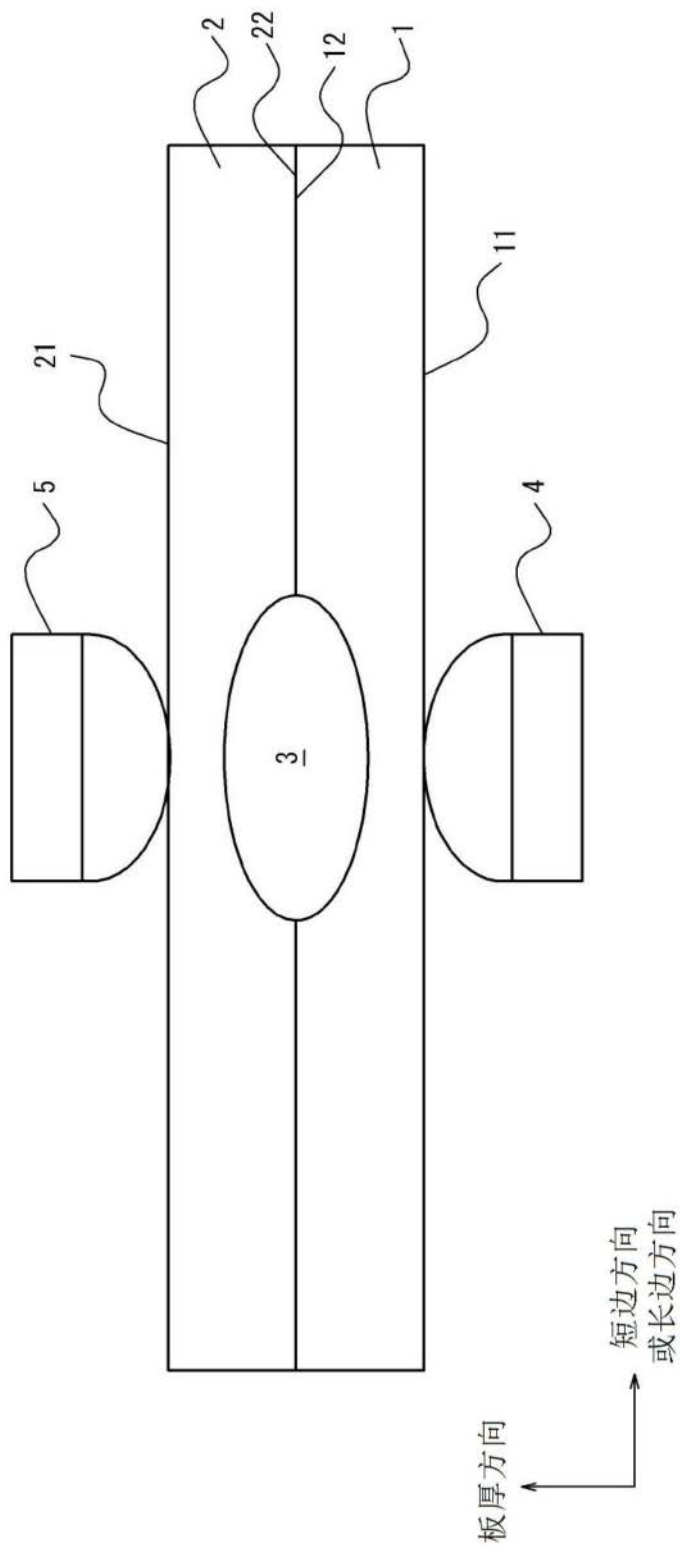


图1

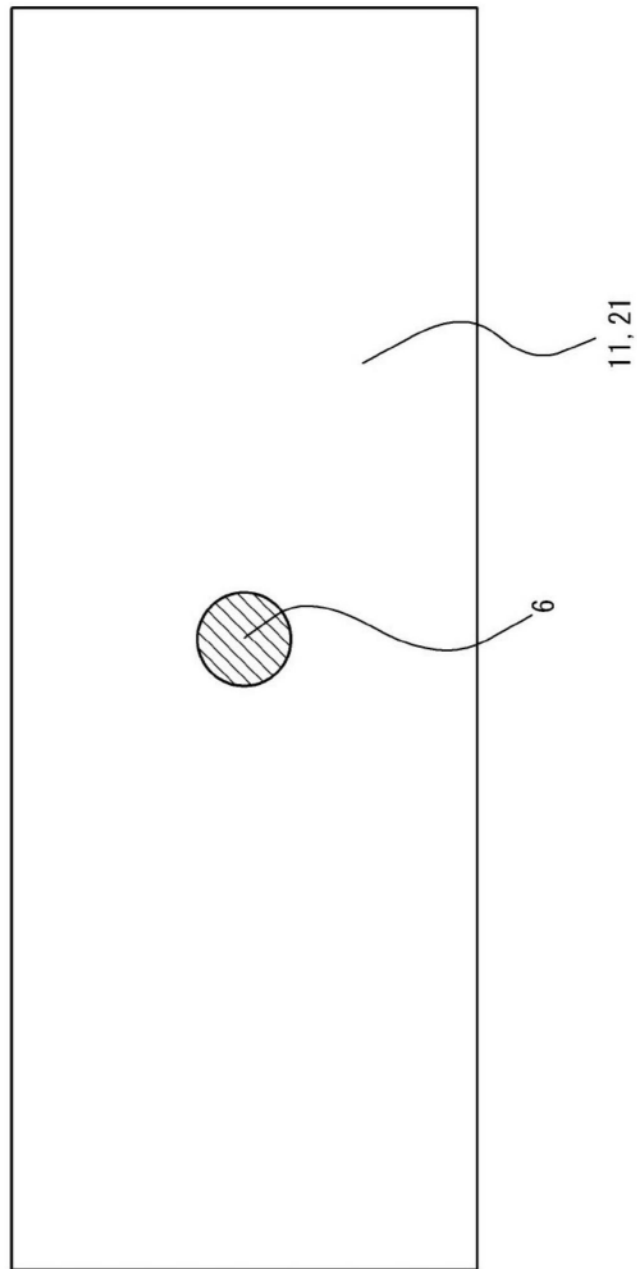


图2

