



(10) 申请公布号 CN 118401338 A

(43) 申请公布日 2024.07.26

(21) 申请号 202280083431.1

(22) 申请日 2022.12.22

(30) 优先权数据

2022-010976 2022.01.27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.06.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/047289 2022.12.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/145330 JA 2023.08.03

(71) 申请人 日本制铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 松田和贵 儿玉真二 松叶正宽

石田钦也

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 陆昊 陈建全

(51) Int.Cl.

B23K 35/30 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

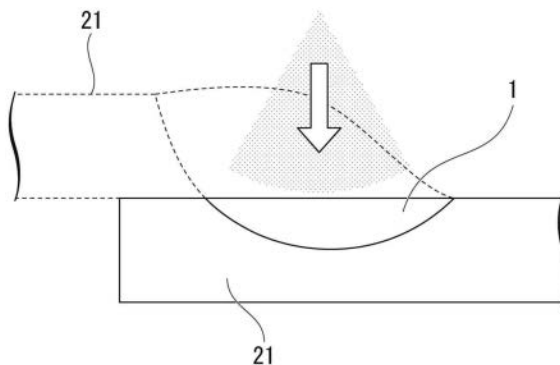
权利要求书2页 说明书17页 附图3页

(54) 发明名称

电弧焊接金属、焊接接头及汽车构件

(57) 摘要

本发明的一个方案的电弧焊接金属以单位为质量%计含有C:0.10%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:1.30%~3.00%、P:0.0500%以下、S:0.0100%以下、N:0.01%以下、O:0.02%~0.07%，剩余部分包含铁及杂质，残余奥氏体体积率为3.0%~16.0%。



1. 一种电弧焊接金属,其以单位为质量%计含有:
C:0.10%~0.30%、
Si:0.30%~1.00%、
Mn:1.30%~3.00%、
P:0.0500%以下、
S:0.0100%以下、
N:0.0100%以下、
O:0.0200%~0.0700%、
选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上:合计为5.00%以下,
剩余部分包含铁及杂质,
残余奥氏体体积率为3.0%~16.0%。
2. 根据权利要求1所述的电弧焊接金属,其特征在于,以单位为质量%计含有合计为0.03%~5.00%的选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上。
3. 根据权利要求1所述的电弧焊接金属,其特征在于,Ni含量、Cr含量、Mo含量及V含量满足:
$$\text{Ni}/59+\text{Cr}/52+\text{Mo}/96+\text{V}/51<0.0200\%$$
,
其中,在所述式中各元素符号为各元素的以质量%计的含量。
4. 根据权利要求1所述的电弧焊接金属,其特征在于,以单位为质量%计含有C:0.13%~0.30%。
5. 根据权利要求1所述的电弧焊接金属,其特征在于,以单位为质量%计含有Ti:0.025%~0.120%。
6. 根据权利要求1~5中任一项所述的电弧焊接金属,其特征在于,以单位为质量%计含有选自下述元素中的一种以上:
Al:0.01%~0.20%、
Ti:0.020%~0.120%、
Cu:0.10%~1.00%、
Ni:0.05%~1.50%、
Cr:0.050%~1.000%、
Mo:0.050%~1.000%、
V:0.050%~0.300%、
B:0.050%~0.0600%、
Nb:0.005%~0.100%、
Zr:0.005%~0.050%、及
Mg:0.0005%~0.0100%。
7. 一种焊接接头,其具备:
多个母材钢板;和
将所述多个母材钢板进行接合的电弧焊接金属,
所述电弧焊接金属为权利要求1~5中任一项所述的电弧焊接金属,
所述多个母材钢板各自的Si含量以质量%计为0.60%~2.00%、

多个所述母材钢板中的至少1个的板厚为4.0mm以下。

8. 一种焊接接头,其具备:

多个母材钢板;和

将所述多个母材钢板进行接合的电弧焊接金属,

所述电弧焊接金属为权利要求6所述的电弧焊接金属,

所述多个母材钢板各自的Si含量以质量%计为0.60%~2.00%,

多个所述母材钢板中的至少1个的板厚为4.0mm以下。

9. 根据权利要求7所述的焊接接头,其特征在于,多个所述母材钢板中的至少1个的抗拉强度为980MPa以上。

10. 根据权利要求8所述的焊接接头,其特征在于,多个所述母材钢板中的至少1个的抗拉强度为980MPa以上。

11. 一种汽车构件,其具备权利要求7所述的焊接接头。

12. 一种汽车构件,其具备权利要求8所述的焊接接头。

电弧焊接金属、焊接接头及汽车构件

技术领域

[0001] 本发明涉及电弧焊接金属(也称为电弧焊缝金属)、焊接接头及汽车构件。

[0002] 本申请基于2022年1月27日在日本申请的特愿2022-010976号而主张优先权,并将其内容援引于此。

背景技术

[0003] 在汽车构件、特别是汽车行走构件的制造中,成为材料的钢板的薄壁化及高强度化取得进展。由此,能够达成汽车的轻量化,并且提高汽车的安全性。对于汽车构件用的钢板的接合,主要使用电弧焊。

[0004] 但是,已知:就将高强度钢板进行电弧焊而得到的焊接金属而言,容易产生氢脆开裂。因此,为了推进高强度钢板在汽车行走构件中的应用,氢脆开裂的对策变得必需。

[0005] 此外,对于汽车构件,还要求耐蚀性。因此,对于设置于汽车构件的接合部的电弧焊部,不仅要求耐氢脆性,还要求电沉积涂装性。

[0006] 作为与电弧焊相关的现有技术,在专利文献1中公开了一种耐氢脆敏感性优异的焊接金属,其特征在于,其是使用填充焊剂金属丝并通过气体保护弧焊而形成的焊接金属,分别含有C:0.02~0.12% (“质量%”的含义。关于化学成分组成,以下相同)、Si:0.10~2.00%、Mn:0.90~2.5%、Ni:0.20~3.5%、Ti:0.040~0.15%、N:0.015%以下(不包含0%)及O:0.030~0.10%,剩余部分包含铁及不可避免的杂质,存在2500个/mm²以上的残余奥氏体粒子,并且残余奥氏体粒子的体积分数为4.0%以上,并且由下述(1)式表示的 β 值为75以上。

[0007] β 值=320×[C]+50×[Si]+15×[Mn]+10×[Ni]+28×[Mo] (1)

[0008] 其中,[C]、[Si]、[Mn]、[Ni]及[Mo]分别是指C、Si、Mn、Ni及Mo的含量(质量%)。

[0009] 在专利文献2中公开了一种耐氢脆敏感性优异的焊接金属,其特征在于,分别含有C:0.02~0.12% (“质量%”的含义。关于化学成分组成,以下相同)、Si:0.18~2.00%、Mn:0.90~2.5%、Ni:1.0~3.5%、Cr:0.3~2.0%、Al:0.030%以下(不包含0%)、N:0.015%以下(不包含0%)及O:0.050%以下(不包含0%),剩余部分包含铁及不可避免的杂质,含有2500个/mm²以上的当量圆直径为0.15 μ m以上的残余奥氏体粒子,残余奥氏体相的体积分数相对于组织整体为4.3%以上,Cr与Mn的含量之比[Cr]/[Mn]为0.20以上。

[0010] 在专利文献3中公开了一种耐氢脆敏感性优异的焊接金属,其特征在于,其是使用填充焊剂金属丝并通过气体保护弧焊而形成的焊接金属,分别含有C:0.02~0.12% (“质量%”的含义。关于化学成分组成,以下相同)、Si:0.10~2.00%、Mn:0.90~2.5%、Ni:0.20~3.5%、Ti:0.040~0.15%、N:0.015%以下(不包含0%)及O:0.030~0.10%,剩余部分包含铁及不可避免的杂质,存在2500个/mm²以上的残余奥氏体粒子,并且残余奥氏体粒子的体积分数为4.0%以上,并且由下述(1)式表示的 β 值为75以上。

[0011] β 值=320×[C]+50×[Si]+15×[Mn]+10×[Ni]+28×[Mo] (1)

[0012] 其中,[C]、[Si]、[Mn]、[Ni]及[Mo]分别是指C、Si、Mn、Ni及Mo的含量(质量%)。

[0013] 在专利文献4中公开了一种C量为0.08~0.30质量%的钢板的电弧焊方法,其使用Cr及Ni的合计量为1.00质量%以上的焊丝,在由下述式(1)表示的X成为200以下的条件下实施焊接。

$$[0014] \quad X = 0.8 \times (300 - 279[C]_w - 25[Si]_w - 35[Mn]_w - 49[Ni]_w - 47[Cr]_w - 61[Mo]_w) + 0.2 \times (300 - 279[C]_{BM} - 25[Si]_{BM} - 35[Mn]_{BM} - 49[Ni]_{BM} - 47[Cr]_{BM} - 61[Mo]_{BM}) \quad (1)$$

[0015] (其中, $[C]_w$ 、 $[Si]_w$ 、 $[Mn]_w$ 、 $[Ni]_w$ 、 $[Cr]_w$ 及 $[Mo]_w$ 分别表示上述焊丝中的C、Si、Mn、Ni、Cr及Mo的含量(质量%), $[C]_{BM}$ 、 $[Si]_{BM}$ 、 $[Mn]_{BM}$ 、 $[Ni]_{BM}$ 、 $[Cr]_{BM}$ 及 $[Mo]_{BM}$ 分别表示上述钢板中的C、Si、Mn、Ni、Cr及Mo的含量(质量%)。)

[0016] 在专利文献5中公开了一种高疲劳强度角焊缝焊接接头,其特征在于,在至少一个钢板的板厚为1~4mm的角焊缝焊接接头中,(a)焊接金属中的马氏体的体积率为50%以上,并且(b)形成于上述钢板表面的焊接缝边部的角度为110~150°。

[0017] 现有技术文献

[0018] 专利文献

[0019] 专利文献1:国际公开第2013/129284号

[0020] 专利文献2:日本特开2014-133258号公报

[0021] 专利文献3:日本特开2013-173179号公报

[0022] 专利文献4:日本特开2018-187640号公报

[0023] 专利文献5:日本特开2005-238305号公报

发明内容

[0024] 发明所要解决的课题

[0025] 然而,在专利文献1~5中记载的任一发明中,改善焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性这两者都未被作为课题,此外,也都没有公开为此目的的具体构成。

[0026] 本发明的课题是提供能够改善焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性这两者的电弧焊接金属、以及焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性这两者优异的焊接接头及汽车构件。

[0027] 用于解决课题的手段

[0028] 本发明的主旨如下所述。

[0029] (1) 本发明的一个方案的电弧焊接金属以单位为质量%计含有C:0.10%~0.30%、Si:0.30%~1.00%、Mn:1.30%~3.00%、P:0.0500%以下、S:0.0100%以下、N:0.0100%以下、O:0.0200%~0.0700%、选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上:合计为5.00%以下,剩余部分包含铁及杂质,残余奥氏体体积率为3.0%~16.0%。

[0030] (2) 根据上述(1)所述的电弧焊接金属,其中,也可以以单位为质量%计含有合计为0.03%~5.00%的选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上。

[0031] (3) 根据上述(1)或(2)所述的电弧焊接金属,其中,Ni含量、Cr含量、Mo含量及V含量也可以满足 $Ni/59 + Cr/52 + Mo/96 + V/51 < 0.0200\%$ 。

[0032] 其中,在上述式中各元素符号为各元素的以质量%计的含量。

[0033] (4) 根据上述(1)~(3)中任一项所述的电弧焊接金属,其中,也可以以单位为质量%计含有C:0.13%~0.30%。

[0034] (5) 根据上述(1)~(4)中任一项所述的电弧焊接金属,其中,也可以以单位为质量%计含有Ti:0.025%~0.120%。

[0035] (6) 根据上述(1)~(5)中任一项所述的电弧焊接金属,其中,也可以以单位为质量%计含有选自Al:0.01%~0.20%、Ti:0.020%~0.120%、Cu:0.10%~1.00%、Ni:0.05%~1.50%、Cr:0.050%~1.000%、Mo:0.050%~1.000%、V:0.050%~0.300%、B:0.050%~0.0600%、Nb:0.005%~0.100%、Zr:0.005%~0.050%及Mg:0.0005%~0.0100%中的一种以上。

[0036] (7) 本发明的另一方案的焊接接头具备多个母材钢板和将上述多个母材钢板进行接合的电弧焊接金属,上述电弧焊接金属为上述(1)~(5)中任一项所述的电弧焊接金属,上述多个母材钢板各自的Si含量以质量%计为0.60%~2.00%,多个上述母材钢板中的至少1个的板厚也可以为4.0mm以下。

[0037] (8) 本发明的另一方案的焊接接头具备多个母材钢板和将上述多个母材钢板进行接合的电弧焊接金属,上述电弧焊接金属为上述(6)所述的电弧焊接金属,上述多个母材钢板各自的Si含量以质量%计为0.60%~2.00%,多个上述母材钢板中的至少1个的板厚也可以为4.0mm以下。

[0038] (9) 根据上述(7)所述的焊接接头,其中,多个上述母材钢板中的至少1个的抗拉强度也可以为980MPa以上。

[0039] (10) 根据上述(8)所述的焊接接头,其中,多个上述母材钢板中的至少1个的抗拉强度也可以为980MPa以上。

[0040] (11) 本发明的另一方案的汽车构件具备上述(7)所述的焊接接头。

[0041] (12) 本发明的另一方案的汽车构件具备上述(8)所述的焊接接头。

[0042] 发明效果

[0043] 根据本发明,能够提供可改善焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性这两者的电弧焊接金属、以及焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性这两者优异的焊接接头及汽车构件。

附图说明

[0044] 图1是使用发光分光分析来测定焊接金属的化学成分时的分析方法的示意图。

[0045] 图2是使用化学分析来测定焊接金属的化学成分时的分析方法的示意图。

[0046] 图3是测定焊接金属的残余奥氏体量时的分析方法的示意图。

[0047] 图4是焊接接头为搭接角焊缝焊接接头的情况下的焊接金属及焊接接头的截面示意图。

[0048] 图5是焊接接头为T字角焊缝焊接接头的情况下的焊接金属及焊接接头的截面示意图。

[0049] 图6是涂装性评价区域的示意图。

具体实施方式

[0050] 首先,对本发明的第一实施方式的电弧焊接金属进行说明。以下,有时将电弧焊接金属简称为焊接金属(也称为焊缝金属)。本发明的发明者们发现:通过使焊接金属中生成残余奥氏体,从而耐氢脆特性改善。具体而言,发现:使用残余奥氏体,将侵入焊接金属中的

氢捕获,抑制向应力集中部的氢扩散,由此能够抑制氢脆。

[0051] 另一方面,还一并发现:使残余奥氏体稳定化的元素即Si损害电沉积涂装性。本发明的发明者们对产生了电沉积涂装不良的焊接接头进行了调查,其结果是,在产生了电沉积涂装不良的区域中,形成了含有Si等的绝缘性的焊接熔渣。附着于焊道的表面的绝缘物阻碍电沉积涂装时的涂膜形成,引起电沉积涂装不良。

[0052] 如果增大电弧焊接金属的Si量,则必然地绝缘性的熔渣的生成量增大,电沉积涂装性受损。于是,本发明的发明者们对用于不损害焊接金属的电沉积涂装性地确保焊接金属的残余奥氏体量的手段进行了深入研究,想到以下详细说明的本实施方式的电弧焊接金属。

[0053] 本发明的第一实施方式的电弧焊接金属以单位为质量%计含有:

[0054] C:0.10% ~ 0.30%

[0055] Si:0.30% ~ 1.00%

[0056] Mn:1.30% ~ 3.00%

[0057] P:0.0500%以下

[0058] S:0.0100%以下

[0059] N:0.0100%以下

[0060] O:0.0200% ~ 0.0700%

[0061] 选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上:合计为5.00%以下,

[0062] 剩余部分包含铁及杂质。进而,本实施方式的电弧焊接金属的残余奥氏体体积率为3.0% ~ 16.0%。

[0063] 以下,表示元素含量的“%”全部是指“质量%”。

[0064] (C:0.10% ~ 0.30%)

[0065] C是对焊接金属的强度造成影响的重要元素。如果焊接金属的C含量低于0.10%,则焊接金属的强度不足。进而,如果焊接金属的C含量低于0.10%,则焊接金属的残余奥氏体量不足。另一方面,如果焊接金属的C含量超过0.30%,则焊接金属的韧性受损。因此,焊接金属的C含量设定为0.10% ~ 0.30%。焊接金属的C含量优选为0.12%以上、0.13%以上、0.14%以上、0.15%以上或0.18%以上。焊接金属的C含量优选为0.28%以下、0.25%以下、0.22%以下或0.20%以下。据认为:最优的C含量为0.14% ~ 0.2%的范围内。

[0066] (Si:0.30% ~ 1.00%)

[0067] Si抑制碳化物的形成,使残余奥氏体稳定化。此外,Si还有助于焊接金属的脱氧。如果焊接金属的Si含量低于0.30%,则无法得到这些效果。另一方面,如果焊接金属的Si含量超过1.00%,则绝缘性的焊接熔渣量增大,焊接金属的电沉积涂装性受损。因此,焊接金属的Si含量设定为0.30% ~ 1.00%。焊接金属的Si含量优选为0.35%以上、0.40%以上或0.50%以上。焊接金属的Si含量优选为0.95%以下、0.90%以下或0.80%以下。

[0068] (Mn:1.30% ~ 3.00%)

[0069] Mn是提高焊接金属的淬透性的重要元素。此外,Mn与C一起浓集于奥氏体相中,使奥氏体相稳定化。如果焊接金属的Mn含量低于1.30%,则淬透性不足,焊接金属的强度不足。另一方面,如果焊接金属的Mn含量超过3.00%,则焊接金属的韧性受损。因此,焊接金属的Mn含量设定为1.30% ~ 3.00%。焊接金属的Mn含量优选为1.50%以上、1.80%以上或

2.00%以上。焊接金属的Mn含量优选为2.80%以下、2.50%以下或2.20%以下。

[0070] (P:0.0500%以下)

[0071] P为杂质。如果焊接金属的P含量超过0.0500%，则P在焊接金属的晶界处偏析，焊接金属的韧性受损。因此，焊接金属的P含量设定为0.0500%以下。P含量优选为0.0450%以下、0.0400%以下或0.0300%以下。从确保焊接接头的韧性的观点出发，P含量越小越优选。因此，P含量的下限值没有规定。也可以将P含量的下限值设定为0%。但是，如果考虑焊接接头的制造成本，则焊接金属的P含量也可以为0.0005%以上、0.0010%以上或0.0100%以上。

[0072] (S:0.0100%以下)

[0073] S为杂质。如果焊接金属的S含量超过0.0100%，则S在焊接金属的晶界处偏析，焊接金属的韧性受损。因此，焊接金属的S含量设定为0.0100%以下。S含量优选为0.0080%以下、0.0060%以下或0.0050%以下。从确保焊接接头的韧性的观点出发，S含量越小越优选。因此，S含量的下限值没有规定。也可以将S含量的下限值设定为0%。但是，如果考虑焊接接头的制造成本，则焊接金属的S含量也可以为0.0005%以上、0.0010%以上或0.0030%以上。

[0074] (N:0.0100%以下)

[0075] N是在焊接时侵入焊接金属中的元素。N有助于焊接金属的高强度化，但在其含量过量的情况下，焊接金属的韧性降低。因此，N含量的上限设定为0.0100%。N含量也可以为0.0080%以下、0.0070%以下或0.0060%以下。需要说明的是，在本实施方式的电弧焊接金属中，通过N以外的元素来担保强度，因此N含量的下限值没有规定。也可以将N含量的下限值设定为0%。另一方面，也可以将N含量设定为0.0001%以上、0.0010%以上或0.0030%以上。

[0076] (O:0.0200% ~ 0.0700%)

[0077] O是在焊接时侵入焊接金属中的元素。O由于在焊接金属内形成氧化物，因此在其含量过量的情况下，导致焊接金属的韧性降低。因此，O含量的上限设定为0.07%。也可以将O含量设定为0.06%以下、0.05%以下或0.04%以下。从确保焊接接头的韧性的观点出发，O含量越小越优选。因此，也可以将O含量的下限值设定为0%。另一方面，为了降低焊接金属的O含量，需要使焊接金属中含有脱氧元素。脱氧元素的增大导致施工成本的增大。因此，焊接金属的O含量优选设定为0.02%以上。也可以将O含量设定为0.025%以上、0.03%以上或0.035%以上。

[0078] 焊接金属的化学成分的剩余部分包含铁及杂质。所谓杂质例如是指在工业上制造母材及填充金属时通过矿石或废料等那样的原料或制造工序的各种要因而混入的成分或在将母材进行焊接时从焊接环境中混入的成分、且在不对本实施方式的焊接金属造成不良影响的范围内被容许的成分。此外，焊接金属也可以含有以下列举的任选元素来代替剩余部分的铁的一部分。

[0079] (选自Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、V、B、Nb、Zr及Mg中的一种以上的任选元素：优选合计为0.03% ~ 5.00%)

[0080] Al将焊接金属进行脱氧。Ti将焊接金属进行脱氧，并且将焊接金属的组织微细化。Cu提高焊接作业性及焊接金属的淬透性。Ni提高焊接金属的低温韧性。Cr、Mo、V及B提高焊

接金属的淬透性。Nb将焊接金属的组织微细化。Zr提高焊接金属的强度。Mg将焊接金属进行脱氧。因此,这些元素也可以被含有在焊接金属中。例如,在焊接金属中,也可以将这些任选元素的合计含量设定为0.03%以上、0.10%以上、0.50%以上或1.50%以上。另一方面,通过降低合金元素的含量,能够担保焊接金属的韧性,进而降低施工成本。因此,也可以将这些任选元素的合计含量设定为5.00%以下、3.50%以下、2.50%以下或2.20%以下。

[0081] 需要说明的是,这些任选元素大多被含有于高强度钢板中。此外,焊接金属是设置焊接金属的母材与填充金属被熔融混合而形成的。因此,在设置焊接金属的母材为高强度钢板的情况下,这些任选元素也有可能从母材转移至焊接金属中。另一方面,这些任选元素从确保焊接部的电沉积涂装性及耐氢脆特性的观点出发不是必需的。

[0082] 对电沉积涂装性造成不良影响的绝缘性熔渣主要由Si构成,因此通过将Si含量控制在上述的范围内,能够确保电沉积涂装性。

[0083] 用于提高耐氢脆特性的氢捕获使用后述的残余奥氏体来进行,但上述的任选元素不会对残余奥氏体量造成大的影响。例如,在谷野满等“铁钢材料的化学”(内田老鹤圃、2001年、p103-104)中,作为奥氏体形成元素的例子,列举出C、N、Mn、Ni及Cu等,但C被视为特别重要。此外,在牧正志等“晶体粒径对亚稳态Fe-Ni-C奥氏体的相变诱发塑性造成的影响”(日本金属学会志、38卷,pp.871-876,1974)中说明了:Ms点越低,则奥氏体越热稳定化。该Ms点例如通过以下的式子来推定(“碳当量的相变温度的计算式”一般社团法人日本焊接协会焊接信息中心、http://www-it.jwes.or.jp/weld_simulator/call.jsp)。

[0084] $M_s = 521 - 353C - 22Si - 24.3Mn - 7.7Cu - 17.3Ni - 17.7Cr - 25.8Mo$

[0085] 可知:在Ms的算出式中,C含量对奥氏体稳定化作用的影响特别大。

[0086] 由于以上的理由,这些任选元素的合计含量也可以为0%。此外,在各种任选元素的合计含量如上述那样进行规定的情况下,没有必要独立地规定任选元素各自的含量。另一方面,也可以代替以各种任选元素的合计含量进行规定或在此基础上如以下那样独立地规定任选元素各自的含量。

[0087] (Al:优选为0.01%~0.20%)

[0088] Al将焊接金属进行脱氧。因此,也可以在焊接金属中含有Al。Al含量也可以为0%,但例如通过将Al含量设定为0.01%以上,能够优选地获得上述效果。也可以将Al含量设定为0.05%以上、0.08%以上或0.10%以上。另一方面,Al含量也可以为0%。此外,如果将焊接金属的Al含量设定为0.20%以下,则能够避免在焊接金属中析出过量的氧化铝系氧化物,进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Al含量设定为0.18%以下、0.15%以下或0.12%以下。

[0089] (Ti:优选为0.020%~0.120%)

[0090] Ti将焊接金属进行脱氧,进而将焊接金属的组织微细化。此外,成为焊接金属的材料的填充金属中所含的Ti具有提高附着于焊接金属的表面的熔渣的导电性、进一步提高电沉积涂装性的作用。因此,由含有Ti的填充金属得到的含有Ti的焊接金属具有高的电沉积涂装性。Ti含量也可以为0%,但例如通过将焊接金属的Ti含量设定为0.020%以上,能够优选地获得这些效果。也可以将Ti含量设定为0.025%以上、0.030%以上、0.050%以上、0.060%以上或0.100%以上。另一方面,通过将焊接金属的Ti含量设定为0.120%以下,能够减少焊接金属中的粗大的析出物的量,进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Ti含量设

定为0.100%以下、0.080%以下或0.060%以下。

[0091] (Cu:优选为1.00%以下)

[0092] 如果在成为焊接金属的材料的焊丝的表面镀Cu,则焊接作业性提高。此外,Cu提高焊接金属的淬透性。因此,也可以使焊接金属中含有Cu。Cu含量也可以为0%,但例如通过将Cu含量设定为0.10%以上、0.20%以上或0.30%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,如果将焊接金属的Cu含量设定为1.00%以下,则能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Cu含量设定为0.90%以下、0.80%以下或0.60%以下。

[0093] (Ni:优选为1.50%以下)

[0094] Ni提高焊接金属的低温韧性。因此,也可以使焊接金属中含有Ni。Ni含量也可以为0%,但例如通过将Ni含量设定为0.05%以上、0.10%以上或0.12%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,如果将焊接金属的Ni含量设定为1.50%以下,则能够避免焊接金属的过度硬化,稳定地确保焊接金属的韧性。也可以将Ni含量设定为1.00%以下、0.95%以下、0.50%以下、0.20%以下、0.19%以下或0.15%以下。

[0095] (Cr:优选为1.000%以下)

[0096] Cr提高焊接金属的淬透性。因此,也可以使焊接金属中含有Cr。Cr含量也可以为0%,但例如通过将Cr含量设定为0.050%以上、0.100%以上或0.120%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,在焊接金属的Cr含量为1.000%以下的情况下,可削减合金所涉及的成本,在经济上是有利的。进而,通过将焊接金属的Cr含量设定为1.000%以下,能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Cr含量设定为0.900%以下、0.800%以下或0.600%以下。

[0097] (Mo:优选为1.000%以下)

[0098] Mo提高焊接金属的淬透性。因此,也可以使焊接金属中含有Mo。Mo含量也可以为0%,但例如通过将Mo含量设定为0.050%以上、0.100%以上或0.120%以上,能够优选地获得上述的效果。此外,在焊接金属的Mo含量为1.000%以下的情况下,可削减合金所涉及的成本,在经济上是有利的。进而,通过将焊接金属的Mo含量设定为1.000%以下,能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Mo含量设定为0.900%以下、0.800%以下或0.600%以下。

[0099] (V:优选为0.300%以下)

[0100] V提高焊接金属的淬透性。因此,也可以使焊接金属中含有V。V含量也可以为0%,但例如通过将V含量设定为0.050%以上、0.100%以上或0.120%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,在焊接金属的V含量为0.300%以下的情况下,可削减合金所涉及的成本,在经济上是有利的。进而,通过将焊接金属的V含量设定为0.300%以下,能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将V含量设定为0.280%以下、0.250%以下或0.200%以下。

[0101] (B:优选为0.0600%以下)

[0102] B提高焊接金属的淬透性。因此,也可以使焊接金属中含有B。B含量也可以为0%,但例如通过将B含量设定为0.0005%以上、0.0010%以上或0.0050%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,通过将焊接金属的B含量设定为0.0600%以下,能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将B含量设定为0.0500%以下、0.0450%以下或0.0400%以下。

[0103] (Nb:优选为0.100%以下)

[0104] Nb在焊接金属中形成碳氮化物,有助于焊接金属的组织微细化及强度提高。因

此,也可以使焊接金属中含有Nb。Nb含量也可以为0%,但例如通过将Nb含量设定为0.005%以上、0.010%以上或0.020%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,通过将焊接金属的Nb含量设定为0.100%以下,能够进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Nb含量设定为0.080%以下、0.050%以下或0.040%以下。

[0105] (Zr:优选为0.050%)

[0106] Zr在焊接金属中作为微细的氮化物析出,提高焊接金属的强度。因此,也可以使焊接金属中含有Zr。Zr含量也可以为0%,但例如通过将Zr含量设定为0.005%以上、0.006%以上或0.007%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,通过将焊接金属的Zr含量设定为0.050%以下,能够防止在焊接金属中产生粗大的析出物,进一步提高焊接金属的韧性。也可以将Zr含量设定为0.040%以下、0.035%以下或0.030%以下。

[0107] (Mg:优选为0.0100%以下)

[0108] Mg是为了焊接金属的脱氧而添加的元素。因此,也可以使焊接金属中含有Mg。Mg含量也可以为0%,但例如通过将Mg含量设定为0.0005%以上、0.0007%以上或0.0010%以上,能够优选地获得上述的效果。另一方面,如果将焊接金属的Mg含量设定为0.0100%以下,能够避免焊接金属的韧性降低。也可以将Mg含量设定为0.0050%以下或0.0030%以下。

[0109] (残余奥氏体体积率:3.0%~16.0%)

[0110] 一般而言,氢脆开裂在应力集中部位产生。在接头形状为搭接角焊缝焊接接头或T字角焊缝焊接接头的情况下,应力集中部位例如为焊缝根部(root)附近。

[0111] 焊接金属中所含的残余奥氏体相将电弧焊时侵入焊接金属中的氢捕获,由此,能够降低焊缝根部的前端等应力集中部位处的氢浓度,提高焊接金属的耐氢脆特性。在残余奥氏体的体积率为3.0%以上的情况下,可得到上述的效果。残余奥氏体的体积率也可以为4.0%以上、5.0%以上或8.0%以上。残余奥氏体的体积率的上限值没有特别限定,但据推定:如果考虑本实施方式的焊接金属的化学成分,则难以将残余奥氏体的体积率设定为超过16.0%。因此,也可以将残余奥氏体的体积率设定为16.0%以下、15.0%以下或13.0%以下。

[0112] 焊接金属的金属组织的剩余部分没有特别限定。只要使金属组织的剩余部分例如由铁素体及马氏体等构成即可。此外,焊接金属的马氏体的体积率进一步优选设定为低于50%、48%以下、45%以下或40%以下。由此,能够防止焊接金属的过度硬化,进一步提高焊接金属的耐氢脆特性。

[0113] (Ni/59+Cr/52+Mo/96+V/51:优选低于0.0200%)

[0114] 焊接金属中所含的Ni、Cr、Mo及V具有提高焊接金属的淬透性的效果,另一方面,有可能在焊接金属中形成析出物,降低焊接金属的韧性。因此,通过将Ni含量、Cr含量、Mo含量及V含量代入下式而得到的参数A优选低于0.0200%。

[0115] 参数 $A = \text{Ni}/59 + \text{Cr}/52 + \text{Mo}/96 + \text{V}/51$

[0116] 换言之,Ni含量、Cr含量、Mo含量及V含量优选满足:

[0117] $\text{Ni}/59 + \text{Cr}/52 + \text{Mo}/96 + \text{V}/51 < 0.0200\%$ 。

[0118] 参数A进一步优选低于0.0100%或低于0.0050%。

[0119] 其中,在上述式中各元素符号为各元素的以质量%计的含量。

[0120] 也可以对焊接金属实施表面处理。例如也可以在焊接金属的表面上设置化学转化

处理皮膜、镀层及涂膜等。镀层的优选例为热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层、热浸镀铝层及电镀铝层等。涂膜的优选例为电沉积涂膜等。此外,也可以对焊接金属实施喷丸 (shot blast) 及湿式喷砂等喷砂处理、UIT及锤头锤击 (hammer peening) 等锤击处理、以及利用砂轮机等进行磨削等。焊接金属的氢脆开裂在焊接完成后比较短时间内产生。因此,据认为:在焊接结束后经过一段时间后而进行的后处理对焊接金属的氢脆开裂的产生频率没有影响。

[0121] 焊接金属的化学成分的测定方法可以采用利用发光分光分析的方法或利用化学分析的方法中的任一种。发光分光分析适合于可确保宽泛的分析面的接头,化学分析适合于可大量确保试验片的采集量的接头。根据接头的实际情况,可以将两种测定方法分开使用。在采用任一方法的情况下,分析结果都变得大致相同。但是,在进行发光分光分析的情况下,例如优选的是,进行3次以上的测定,将其平均值视为焊接金属的化学成分。

[0122] 使用图1对发光分光分析的方法进行说明。图1是用于说明在两块母材钢板21被搭接角焊缝焊接而成的焊接接头2中通过发光分光分析来测定焊接金属1的化学成分的方法的图。图1是示意性地表示与焊接金属1的长度方向垂直的方向上的焊接接头2的截面的一部分的图。在使用发光分光分析的情况下,首先,按照使焊接金属1的内部露出的方式将焊接金属1切断,适宜地进行制备。例如在配置有焊接金属1的焊接接头2为搭接角焊缝焊接接头的情况下,如图1中所示的那样,将焊接接头2的一个母材钢板21 (以虚线表示的母材钢板21) 除去,按照使另一个母材钢板21 (以实线表示的母材钢板21) 的表面与焊接金属1的截面被包含于同一平面中的方式将焊接金属1切断,进行研磨。接着,对焊接金属1进行发光分光分析。此时,使焊接金属1与母材钢板21的边界即熔融边界及其附近不包含在分析区域中。在通常的电弧焊接接头2的情况下,只要将距离熔融边界为 $100\mu\text{m}$ 以内的区域从分析区域中除去即可。这是因为:熔融边界的附近存在母材钢板21的成分浓集、具有与焊接金属1的平均成分不同的成分的倾向。即使是在焊接接头的形状不为图1中例示的搭接角焊缝焊接接头的情况下,也只要将距离熔融边界为 $100\mu\text{m}$ 以内的区域从分析区域中除去而对焊接金属的截面进行发光分光分析即可。

[0123] 接下来,利用图2对化学分析的方法进行说明。图2是用于说明在两块母材钢板21被搭接角焊缝焊接而成的焊接接头2中通过化学分析来测定焊接金属1的化学成分的方法的图。图2是示意性地表示与焊接金属1的长度方向垂直的方向上的焊接接头2的截面的一部分的图。在使用化学分析的情况下,首先,从焊接接头2中采集焊接金属1。焊接金属1的采集位置设定为与熔融边界相距 $100\mu\text{m}$ 以上的位置。例如在配置有焊接金属1的焊接接头2为搭接角焊缝焊接接头的情况下,只要如图2中所示那样采集焊接金属1即可。图2中的影线部为焊接金属1的采集部位。此外,由于有可能在焊接金属1的表面附着有熔渣等污垢,因此焊接金属1的最表层不作为分析对象。因此,在采集焊接金属1之前,需要将焊接金属1的表面进行磨削。然后,对于所采集的焊接金属1,进行通常的化学分析即可。即使是在焊接接头的形状不为图2中例示的搭接角焊缝焊接接头的情况下,只要避开距离熔融边界为 $100\mu\text{m}$ 以内的区域来采集焊接金属1,则可得到良好的测定结果。例如,通过对包含焊接金属的焊接接头的截面实施适宜的腐蚀,使得熔融边界变得清晰。通过像这样使熔融边界变得清晰,从而无论是什么形状的焊接接头,都可以避开距离熔融边界为 $100\mu\text{m}$ 以内的区域来采集焊接金属。需要说明的是,采集焊接金属的位置优选为焊道稳定部。

[0124] 接下来,利用图3对焊接金属的残余奥氏体体积率的测定方法进行说明。图3是用于说明在两块母材钢板21被搭接角焊缝焊接而成的焊接接头2中的焊接金属1的残余奥氏体体积率的测定方法的图。图3是示意性地表示与焊接金属1的长度方向垂直的方向上的焊接接头2的截面的一部分的图。焊接金属1的残余奥氏体体积率的测定方法如下所述。首先,按照使焊接金属1的内部露出的方式将焊接金属1切断,适宜地制备切断面。例如在配置有焊接金属1的焊接接头2为搭接角焊缝焊接接头的情况下,只要如图3中所示那样与焊接方向垂直地将焊接金属1切断即可。然后,在与焊接金属1的外周相距100 μm 以上的区域中,利用X射线衍射装置进行分析。所谓焊接金属1的外周是指包含焊接金属1与母材钢板21的熔融边界及焊接金属1的表面这两者的概念。在图3中,由虚线所围成的区域为分析区域。基于由此得到的铁素体相的(110)晶格面的峰及奥氏体相的(111)晶格面的峰的积分强度比,求出奥氏体相的分率。具体而言,将X射线衍射结果代入以下的式子中,求出奥氏体相的分率。

$$[0125] \quad V = 1_{\gamma} / (1_{\alpha} + 1_{\gamma})$$

[0126] V :残余奥氏体分率

[0127] 1_{α} :铁素体相(110)晶格面的峰的积分强度

[0128] 1_{γ} :奥氏体相(111)晶格面的峰的积分强度

[0129] 需要说明的是,在本实施方式的焊接金属1中有可能包含马氏体,但在该测定方法中,马氏体的分率被算入铁素体分率。这是因为:在C:0.10%~0.30%的钢中生成的马氏体的晶体结构变得与铁素体的晶体结构大致相同。

[0130] 焊接金属的马氏体面积率的测定方法如下所述。首先,制作焊接金属的截面观察样品。接着,进行截面的硝酸乙醇腐蚀,使组织显现出。然后,对焊接金属的截面用扫描型电子显微镜(SEM)进行5个视场观察,求出视场内的马氏体组织的面积。然后,通过将马氏体的面积除以视场面积,算出马氏体的面积率。需要说明的是,测定区域设定为与焊接金属1的外周相距100 μm 以上的区域。即,在图3中的由虚线所围成的区域内测定马氏体的面积率。

[0131] 接下来,对本发明的第二实施方式的焊接接头进行说明。第二实施方式的焊接接头2如图4或图5中所示那样具备多个母材钢板21和将多个母材钢板21进行接合的电弧焊接金属1。该电弧焊接金属1为上述的第一实施方式的电弧焊接金属1。需要说明的是,在图中示出了母材钢板21为两块例子,但母材钢板21的数目只要为多个即可,也可以3块以上的母材钢板通过电弧焊接金属1进行接合。进而,多个母材钢板21各自的Si含量为0.60%~2.00%。

[0132] 焊接接头2的形状没有特别限定。例如,本实施方式的焊接接头2可以为图4中所示的搭接角焊缝焊接接头,也可以为图5中所示的T字角焊缝焊接接头。此外,可以将对焊接头等各种形状应用于本实施方式的焊接接头2。

[0133] 在焊接接头2中,多个母材钢板21通过第一实施方式的电弧焊接金属1进行接合。由此,本实施方式的焊接接头2具有高的耐氢脆特性及焊接金属1处的高的电沉积涂装性。

[0134] 将多个母材钢板中的至少一块的厚度设定为4.0mm以下。进一步优选将多个母材钢板中的至少一块的厚度设定为3.8mm以下、3.5mm以下或3.0mm以下。由此,能够提高焊接接头2的强度。当然,可以将第一实施方式的焊接金属1的各种优选的方案应用于本实施方式的焊接接头2的焊接金属1。

[0135] 在构成焊接接头2的多个母材钢板21各自中,需要将Si含量设定为0.60%~

2.00%。在母材钢板21的Si含量超过2.00%的情况下,即使焊接金属1的Si含量被设定为上述的范围内,也会在焊接金属1的表面中的母材钢板21的附近形成以Si作为主要成分的绝缘性的熔渣,焊接金属1的电沉积涂装性受损。母材钢板21的Si含量优选为1.80%以下、1.60%以下或1.40%以下。另一方面,在母材钢板21的Si含量低于0.60%的情况下,在电弧焊时形成于母材钢板21的表面的氧化皮的密合性受损,涂膜与氧化皮一起剥离,由此母材钢板21的电沉积涂装性受损。母材钢板21的Si含量优选为0.80%以上、1.00%以上或1.20%以上。

[0136] 只要Si含量及厚度被设定为上述的范围内,则母材钢板的构成没有特别限定,但以下列举出优选的例子。

[0137] 母材钢板的抗拉强度没有特别限定,但例如优选将多个母材钢板中的至少一块的抗拉强度设定为980MPa以上、1000MPa以上、1200MPa以上或1400MPa以上。由此,变得容易将本实施方式的焊接接头应用于汽车构件。

[0138] 也可以对母材钢板实施表面处理。例如母材钢板也可以具有化学转化处理皮膜、镀层及涂膜等。镀层的优选例为热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层、热浸镀铝层及电镀铝层等。涂膜的优选例为电沉积涂膜等。此外,也可以对焊接金属实施喷丸及湿式喷砂等喷砂处理。例如,为了将附着于焊接前的钢板表面的氧化皮等去掉,有时会在焊接后对母材钢板及焊接金属进行喷砂处理。进而,也可以对焊接金属及其周边的母材金属实施UIT及锤头锤击等锤击处理、以及利用砂轮机等进行磨削等。焊接金属的氢脆开裂在焊接完成后比较短时间内产生。因此,据认为:在焊接结束后经过一段时间而进行的后处理对焊接金属的氢脆开裂的产生频率没有影响。

[0139] 接下来,对本发明的第三实施方式的汽车部件进行说明。第三实施方式的汽车部件具备第二实施方式的焊接接头。由此,本实施方式的汽车部件具有高的耐氢脆特性以及焊接金属及母材钢板这两者的高的电沉积涂装性。当然,可以将第二实施方式的焊接接头的各种优选的方案应用于本实施方式的汽车部件的焊接接头。此外,汽车部件的全部接合部没有必要都被设定为第二实施方式的焊接接头。

[0140] 接下来,对第一实施方式的电弧焊接金属的制造方法的优选例进行说明。电弧焊接金属的制造方法的优选例具有将多个母材钢板进行电弧焊来得到电弧焊接金属的工序。其中,将多个母材钢板各自的Si含量设定为2.00%以下。此外,将电弧焊接金属的成分设定为第一实施方式的电弧焊接金属的化学成分的范围内。进而,在电弧焊结束且焊接金属被冷却时,将从800°C至300°C为止期间的平均冷却速度设定为40°C/秒~15°C/秒。

[0141] 首先,将多个母材钢板进行电弧焊,形成电弧焊接金属。在经电弧焊的多个母材钢板中,需要将各自的Si含量设定为2.00%以下。由此,在焊接金属的表面中的母材钢板的附近,能够抑制形成绝缘性熔渣,确保电沉积涂装性。需要说明的是,在不仅需要确保焊接金属的电沉积涂装,还需要确保母材钢板的电沉积涂装的情况下,将母材钢板的Si含量的下限值设定为0.60%以上。母材钢板的优选的Si含量依据第二实施方式的焊接接头的母材钢板。

[0142] 电弧焊是以电弧作为热源的熔焊。根据需要,也可以对电弧焊部供给焊丝、焊条等填充金属。所谓焊接金属是指在焊接中熔融凝固而得到的金属。焊接金属通过熔融的母材钢板与填充金属混合及凝固而形成。因此,焊接金属的成分可以通过母材钢板的化学成分、

填充金属的化学成分及母材钢板与填充金属的混合率来进行控制。母材钢板与填充金属的混合率可以通过电弧焊时的填充金属送给速度、热量输入量及焊接速度等来进行控制。进而,合金元素的成品率也可以在控制焊接金属的成分时进行考虑。所谓成品率是指相对于焊接前母材钢板及填充金属中所含的元素的量而言的焊接后残存于焊接金属中的元素的量。例如容易氧化而生成熔渣的Al的成品率低。某一焊接条件下的成品率可以通过下述方式来推定:以与该焊接条件相同的条件制成焊接接头,对焊接金属的成分进行分析。

[0143] 一边综合考虑这些要素,一边将电弧焊接金属的成分设定为第一实施方式电弧焊接金属的成分的范围内即可。

[0144] 进而,需要将通过电弧焊而得到的电弧焊接金属的冷却速度设定为规定范围内。具体而言,在电弧焊结束且焊接金属被冷却时,将从800°C至300°C为止期间的平均冷却速度设定为40°C/秒~15°C/秒。该平均冷却速度是将500°C(=800°C-300°C)除以焊接金属的温度从800°C降低至300°C为止所需的时间而得到的值。为了控制残余奥氏体的量,焊接金属的温度从突破A3点至突破Ms点为止的冷却速度的管理变得极为重要。因此,在本实施方式的焊接金属的制造方法中,优选控制从800°C至300°C为止的平均冷却速度。

[0145] 在电弧焊接金属的平均冷却速度超过40°C/秒的情况下,有可能促进从奥氏体向马氏体的相变,残余奥氏体量不足。另一方面,在电弧焊接金属的平均冷却速度低于15°C/秒的情况下,有可能促进从奥氏体向铁素体的相变,残余奥氏体量不足。

[0146] 电弧焊接金属的冷却速度根据电弧焊时的热量输入量、电弧焊后的气氛温度及多个母材钢板的总板厚来决定。母材钢板的总板厚越大,则从焊接金属向母材钢板中的热移动量变得越大,平均冷却速度变得越大。气氛温度越低,则从焊接金属向气氛中的热移动量变得越大,平均冷却速度变得越大。热量输入量越大,则母材钢板的温度变得越高,从焊接金属向母材钢板中的热移动量变得越小,平均冷却速度变得越小。因此,通过将上述因子适宜组合,能够将电弧焊接金属的平均冷却速度设定为上述的范围内。需要说明的是,热量输入量根据电弧焊时的电流值、电压值及焊接速度来决定。只要电弧焊接金属的平均冷却速度处于上述的范围内,则可以根据钢板的厚度、成分等来采用各种焊接条件。

[0147] 实施例

[0148] 通过实施例对本发明的一个方案的效果更具体地进行说明。但是,实施例中的条件只不过是为了确认本发明的可实施性及效果而采用的一个条件例。本发明并不限于这一个条件例。只要不脱离本发明的主旨、达成本发明的目的,则本发明可采用各种条件。

[0149] (实施例1)

[0150] 通过将板厚为2.9mm的钢板A~D进行电弧焊,从而制造具备电弧焊接金属的各种焊接接头。将钢板A~D的抗拉强度及Si含量示于表1中。

[0151] [表1]

[0152]

母材钢板	抗拉强度	Si
符号	MPA	质量%
A	1263	0.65
B	1192	1.14
C	993	1.53
D	1167	0.52

[0153] 电弧焊条件设定为如下那样。

[0154] • 焊接的种类:搭接角焊缝焊接

[0155] • 上板、即端面被焊接的板的形状:横为150mm及纵为40mm的长方形

[0156] • 下板、即表面被焊接的板的形状:横为150mm及纵为60mm的长方形

[0157] • 上板及下板的搭接量:10mm

[0158] • 焊接电流:220 ~ 235A

[0159] • 焊接电压:21 ~ 26V

[0160] • 焊接速度:0.8m/分钟

[0161] • 焊接长:100mm

[0162] • 通电形态:直流脉冲模式

[0163] • 保护气体种:以下2种

[0164] (1) 在Ar+20%CO₂的保护气体中按照分压成为0.5%的方式添加了H₂的气体

[0165] (2) 在Ar+20%CO₂的保护气体中按照分压成为1.0%的方式添加了H₂的气体

[0166] 需要说明的是,在电弧焊时,使用填充金属来适宜调节焊接金属的成分。此外,以上述的条件进行电弧焊后,将焊接金属的从800℃至300℃为止的平均冷却速度设定为30℃/秒~17℃/秒的范围内。

[0167] 焊接金属的耐氢脆特性的评价设定为如下所述。在电弧焊结束后,将经过24小时的焊接接头与焊接方向垂直地切断,观察焊缝根部,确认裂纹的有无。评价基准设定为如下所述。

[0168] • 在保护气体种(1)中产生了裂纹的焊接金属:C

[0169] • 在保护气体种(1)中没有产生开裂,在(2)中产生了裂纹的焊接金属:B

[0170] • 在保护气体种(1)及(2)中的任一者中都没有产生裂纹的焊接金属:A

[0171] 焊接金属及母材钢板的涂装性的评价设定为如下所述。首先,对焊接接头进行电沉积涂装。接着,从与母材钢板的表面垂直的方向拍摄焊接金属及母材的照片。在该照片中,设定包含焊接金属及母材钢板的涂装性评价区域。图6中示出了涂装性评价区域的概略图。为了说明的方便,将图6的左右方向称为横向,将图6的上下方向称为纵向。涂装性评价区域是横向及纵向的范围如下、且包含焊接金属1及通过焊接金属1被焊接的两块母材钢板21各自的一部分的长方形的区域。涂装性评价区域的横向的范围是沿着焊接金属1的长度方向为30mm。涂装性评价区域的纵向的范围是从与焊接金属1的一个焊接缝边部相距“焊接金属1的宽度方向长度(焊道宽度)×60%”的位置至与焊接金属1的另一个焊接缝边部相距“焊接金属1的宽度方向长度(焊道宽度)×60%”的位置为止的范围。

[0172] 确定涂装性评价区域中所含的电沉积涂装不良部。然后,使用图像解析软件,算出电沉积涂装不良部在涂装性评价区域中所占的比例。评价基准设定为如下所述。

[0173] • 电沉积涂装不良部的比例超过10面积%:C

[0174] • 电沉积涂装不良部的比例超过5面积%且为10面积%以下:B

[0175] • 电沉积涂装不良部的比例为5面积%以下:A

[0176] 进而,通过发光分光分析求出焊接金属的化学成分,记载于表中。需要说明的是,测定进行3次,将其平均值记载于表中。化学成分的剩余部分为铁及杂质。关于含量低于检测限值的元素,将对检测限值标注了符号“<”的值记载于表中。进而,Al、Ti、Cu、Ni、Cr、Mo、

V、B、Nb、Zr及Mg的合计量也记载于表中。在算出其合计量时,关于含量低于检测限值的元素,将其含量视为0质量%。

[0177] 此外,通过上述的方法来求出焊接金属的残余奥氏体量及马氏体量。将焊接金属的残余奥氏体量记载于表中。焊接金属的马氏体量全部为30面积%~45面积%的范围内,因此在表中省略了记载。

[0178] [表2]

[0179]

NO	母材钢板	备注	C	Si	Mn	P	S	N	O
1	A	发明例	0.22	0.37	1.32	0.0035	0.0031	0.0051	0.0325
2	A	发明例	0.23	0.38	1.54	0.0018	0.0007	0.0031	0.0312
3	A	比较例	0.21	0.65	<u>1.28</u>	0.0053	0.0034	0.0032	0.0289
4	A	发明例	0.23	0.37	1.32	0.0039	0.0034	0.0048	0.0336
5	B	发明例	0.16	0.64	2.03	0.0049	0.0032	0.0041	0.0411
6	B	发明例	0.16	0.65	2.26	0.0032	0.0008	0.0027	0.0366
7	B	发明例	0.15	0.84	2.08	0.0066	0.0022	0.0037	0.0339
8	B	比较例	0.15	<u>0.23</u>	2.00	0.0066	0.0035	0.0042	0.0381
9	B	发明例	0.14	0.76	1.99	0.0059	0.0023	0.0036	0.0393
10	C	发明例	0.11	0.85	1.75	0.0031	0.0030	0.0045	0.0330
11	C	发明例	0.12	0.96	1.97	0.0014	0.0006	0.0039	0.0493
12	C	比较例	<u>0.09</u>	<u>1.14</u>	1.71	0.0048	0.0033	0.0034	0.0405
13	D	比较例*	0.15	0.32	1.96	0.0054	0.0034	0.0043	0.0443

※如果仅着眼于电弧焊接金属则为发明例
元素的含量全部为质量%
标注有下划线的值为本发明的范围外

[0180] [表3]

[0181]

NO	母材 钢板	备注	Al	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Nb	Zr	Mg	合计
1	A	发明例	0.03	0.10	0.13	0.02	0.015	0.013	<0.003	0.0010	0.006	<0.005	<0.0003	0.31
2	A	发明例	0.02	0.11	0.13	1.11	0.220	0.264	<0.003	<0.0004	0.007	0.006	0.0008	1.86
3	A	比较例	0.02	0.05	0.13	<0.01	0.015	0.012	<0.003	<0.0004	0.006	<0.005	<0.0003	0.23
4	A	发明例	0.03	0.10	<0.003	<0.01	<0.010	0.013	<0.003	0.0009	0.006	<0.005	<0.0003	0.14
5	B	发明例	0.15	0.06	0.13	0.02	0.170	0.052	<0.003	0.0021	<0.005	<0.005	<0.0003	0.58
6	B	发明例	0.14	0.07	0.13	1.12	0.374	0.303	<0.003	0.0015	<0.005	0.007	0.0007	2.14
7	B	发明例	0.14	0.02	0.12	1.12	0.370	0.299	<0.003	0.0012	<0.005	<0.005	<0.0003	2.08
8	B	比较例	0.14	0.02	0.13	0.02	0.170	0.051	<0.003	0.0011	<0.005	<0.005	<0.0003	0.53
9	B	发明例	0.14	0.04	0.14	0.04	0.183	0.063	<0.003	0.0011	<0.005	<0.005	<0.0003	0.60
10	C	发明例	0.10	0.08	0.13	0.02	0.032	<0.010	0.045	0.0010	0.016	<0.005	<0.0003	0.42
11	C	发明例	0.09	0.08	0.13	1.12	0.236	0.258	0.045	<0.0004	0.017	0.008	0.0027	1.99
12	C	比较例	0.09	0.03	0.13	<0.01	0.032	<0.010	0.046	<0.0004	0.017	<0.005	<0.0003	0.34
13	D	比较例※	0.12	0.06	0.13	0.02	0.021	0.013	0.003	0.0013	0.005	<0.005	<0.0003	0.38

※如果仅着眼于电弧焊接金属则为发明例
元素的含量全部为质量%
标注有下划线的值为本发明的范围外

[0182]

[表4]

[0183]

NO	母材钢板	备注	母材钢板的Si含量		电弧焊接金属的残余奥氏体体积率		参数A	耐氢脆特性	电沉积涂装性
			质量%	质量%	%	质量%			
1	A	发明例	0.65	0.65	5.16	0.0008	A	A	
2	A	发明例	0.65	0.65	8.47	0.0259	B	A	
3	A	比较例	0.65	0.65	1.75	0.0006	C	B	
4	A	发明例	0.65	0.65	5.39	0.0007	A	A	
5	B	发明例	1.14	1.14	5.63	0.0042	A	A	
6	B	发明例	1.14	1.14	9.32	0.0294	B	A	
7	B	发明例	1.14	1.14	3.48	0.0294	B	B	
8	B	比较例	1.14	1.14	0.84	0.0041	C	B	
9	B	发明例	1.14	1.14	4.37	0.0049	A	B	
10	C	发明例	1.53	1.53	3.24	0.0019	A	A	
11	C	发明例	1.53	1.53	3.11	0.0271	B	A	
12	C	比较例	1.53	1.53	1.08	0.0018	C	C	
13	D	比较例※	0.52	0.52	5.34	0.0009	A	C	

※如果仅着眼于电弧焊接金属则为发明例
标注有下划线的值为本发明的范围外

[0184] No.3由于焊接金属的Mn含量不足,因此残余奥氏体量不足。因此,No.3的耐氢脆特性的评价结果变得不合格。

[0185] No.8由于焊接金属的Si含量不足,因此残余奥氏体量不足。因此,No.8的耐氢脆特性的评价结果变得不合格。

[0186] No.12由于焊接金属的C含量不足,因此残余奥氏体量不足。因此,No.12的耐氢脆特性的评价结果变得不合格。进而,No.12的Si含量过量。因此,No.12在焊接金属的表面产生电沉积涂装不良,涂装性评价结果变得不合格。

[0187] No.13的母材钢板的Si含量不足。因此,No.13产生母材钢板处的电沉积涂装不良,涂装性评价结果变得不合格。但是,在No.13中,在焊接金属处没有产生电沉积涂装不良。因此,关于No.13的焊接金属,判断为耐氢脆特性及涂装性这两者良好。

[0188] 此外,在参数A低于0.0200%的情况下,开裂的评价特别优异。据认为这是由于:因参数A变得低于0.0200%,从而焊接金属的韧性提高。

[0189] 另一方面,就焊接金属的化学成分、焊接金属的残余奥氏体体积率及母材钢板的Si含量适宜的本发明例而言,焊接金属的耐氢脆特性以及母材钢板及焊接金属的涂装性全

部良好。

[0190] (实施例2)

[0191] 使用与表中公开的No.1的发明例相同的母材钢板、填充金属及焊接条件,制造焊接接头。但是,在焊接结束后通过将焊接接头浸渍于液氮中,从而将焊接金属进行了骤冷。其结果是,焊接金属的从800℃至300℃为止的平均冷却速度成为100℃/秒~200℃/秒。

[0192] 对由此得到的焊接金属的残余奥氏体量进行测定,结果为1.04%。即,在焊接金属的冷却速度不适宜的情况下,无法确保所需的残余奥氏体量。此外,按照上述的步骤及评价基准来评价该焊接金属的耐氢脆特性,结果判定为“×”。

[0193] 符号的说明

[0194] 1电弧焊接金属(焊接金属)

[0195] 11焊缝根部

[0196] 2焊接接头

[0197] 21母材钢板

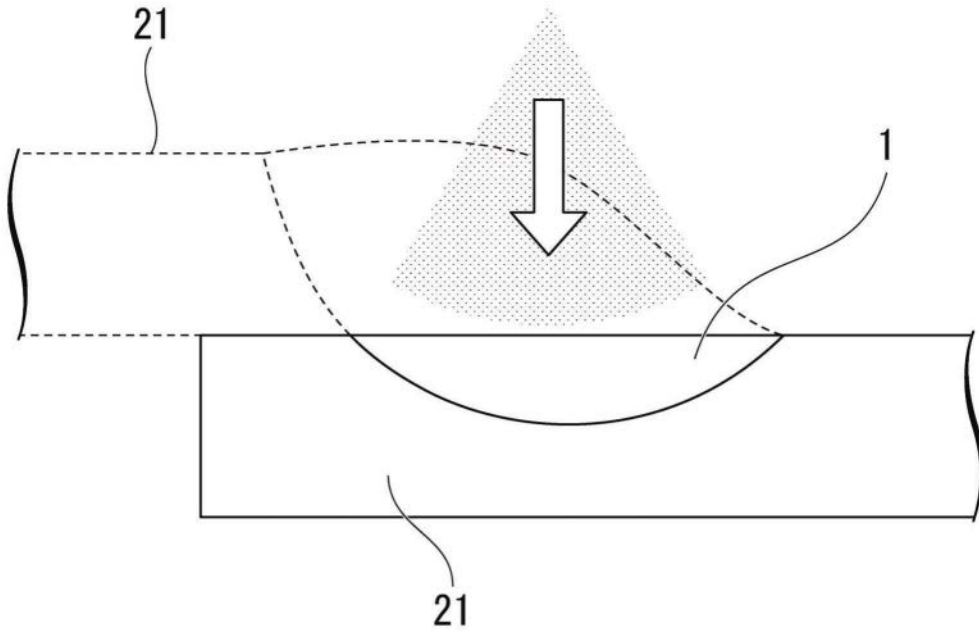


图1

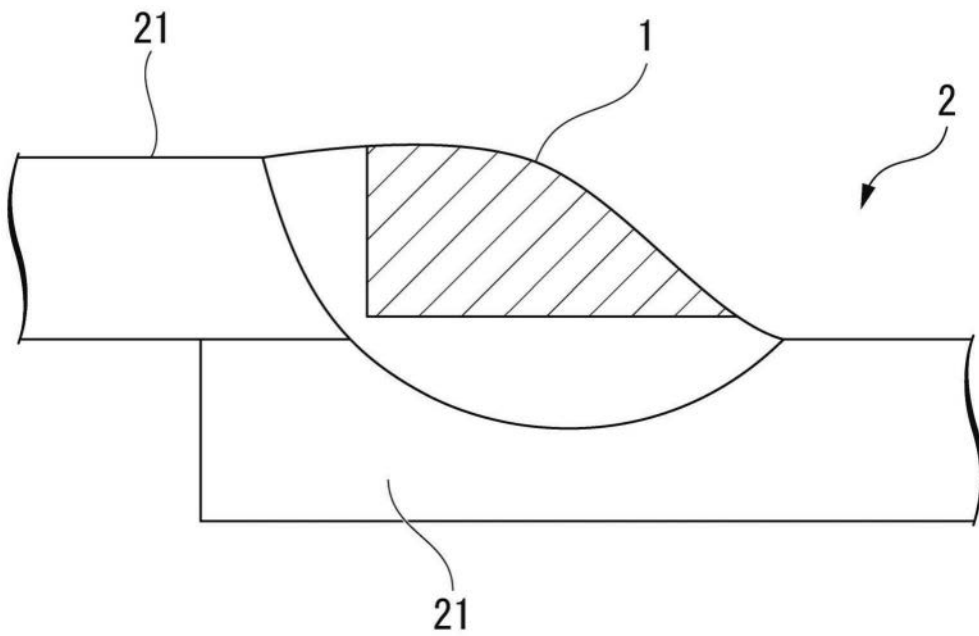


图2

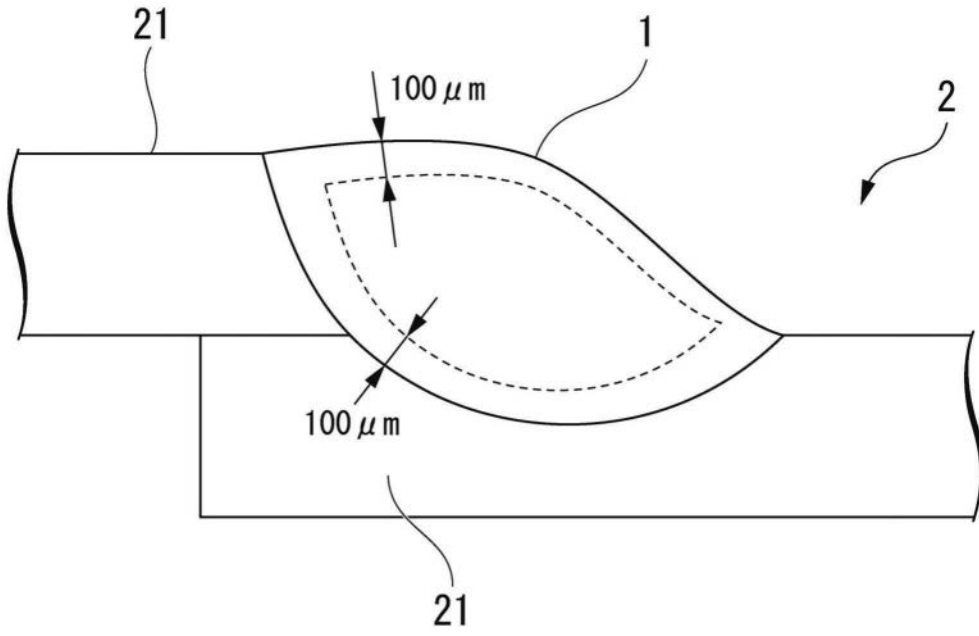


图3

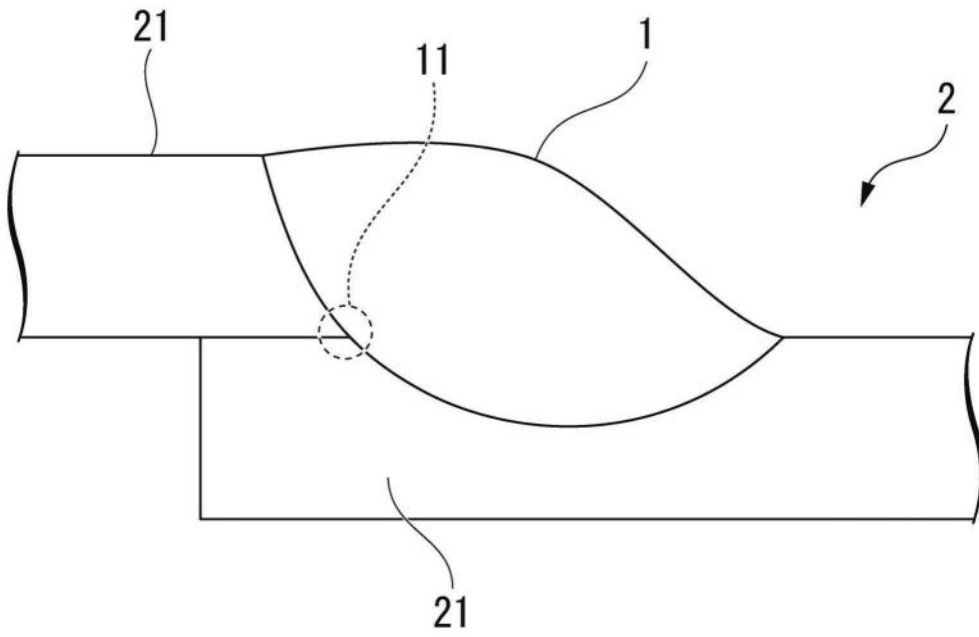


图4

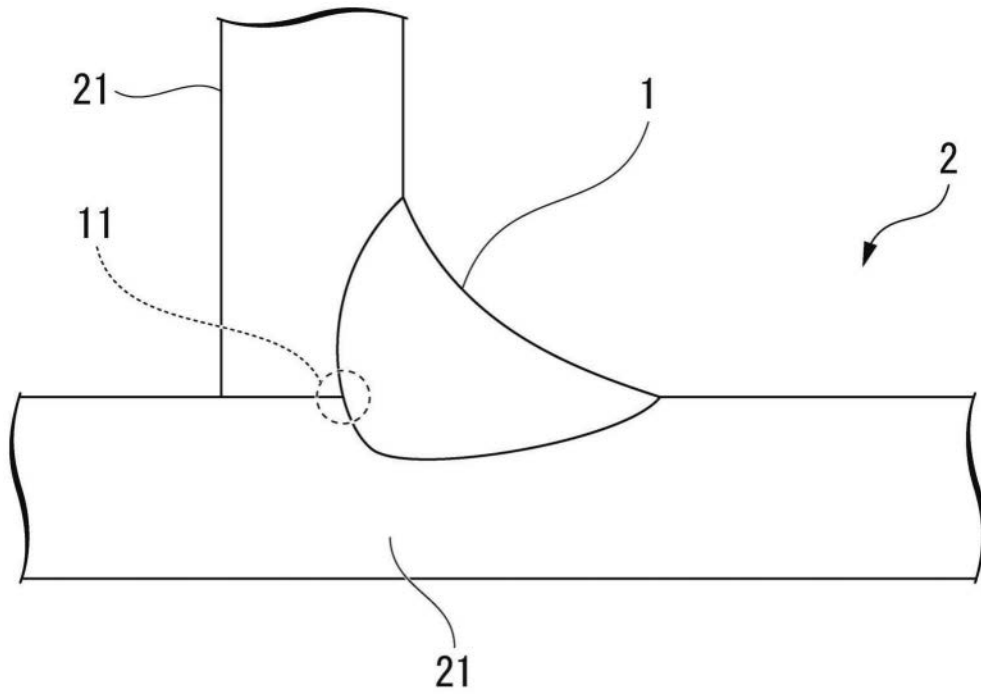


图5

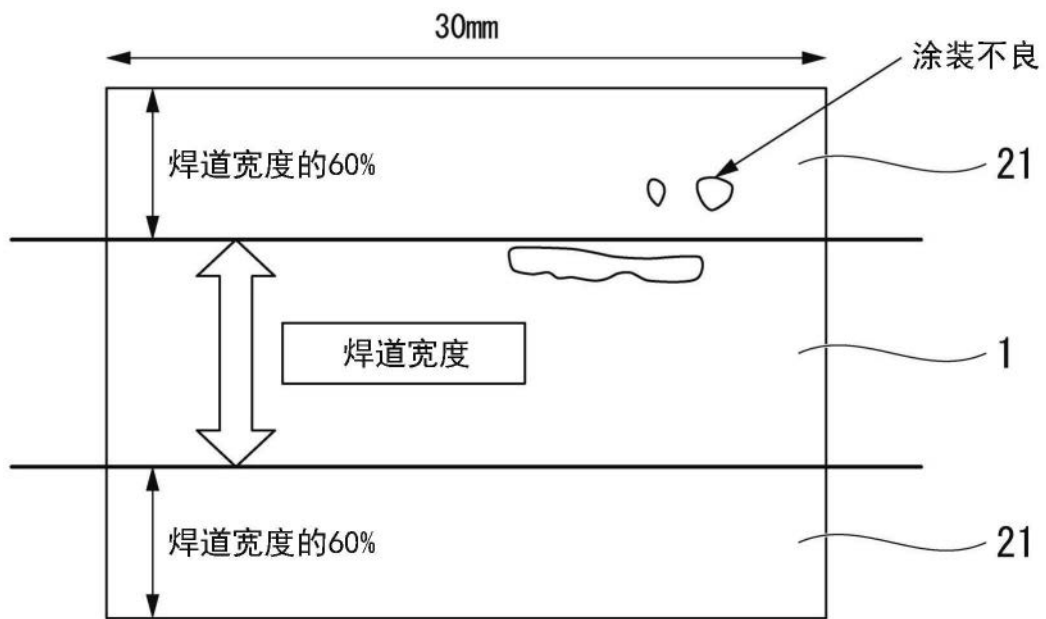


图6