



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120265806 A

(43) 申请公布日 2025.07.04

(21) 申请号 202280102097.X

(22) 申请日 2022.12.01

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.05.23

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/044482 2022.12.01

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/116396 JA 2024.06.06

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社
地址 日本

(72) 发明人 南秀和 川崎由康 田路勇树
和田悠佑

(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.

G22C 38/00 (2006.01)

G21D 8/02 (2006.01)

G21D 9/46 (2006.01)

G22C 38/60 (2006.01)

G23C 2/06 (2006.01)

(54) 发明名称

热浸镀锌钢板、使用热浸镀锌钢板而成的构件、由构件构成的汽车骨架结构部件用或汽车的加强部件及热浸镀锌钢板和构件的制造方法

(57) 摘要

本发明提供高强度且具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的热浸镀锌钢板。一种热浸镀锌钢板，具备母材钢板和形成于上述母材钢板的表面的热浸镀锌层，上述母材钢板具有规定的成分组成和如下的钢组织：在距上述母材钢板的表面沿深度方向为板厚1/4位置，马氏体的面积率为10%~80%，铁素体的面积率为20%~90%，残余奥氏体的面积率为10%以下，并且具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例为0.50以下；将上述母材钢板加热到50°C时释放的氢量即上述母材钢板中的低温区域扩散性氢量为0.015质量ppm以下。

权利要求书2页 说明书28页 附图2页

1. 一种热浸镀锌钢板,具备母材钢板和形成于所述母材钢板的表面的热浸镀锌层,所述母材钢板具有如下的成分组成和钢组织,

所述成分组成以质量%计含有C:0.030%~0.500%、Si:0.01%~2.50%、Mn:0.10%~5.00%、P:0.100%以下、S:0.0200%以下、Al:1.000%以下、N:0.0100%以下和O:0.0100%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

所述钢组织中,在板厚1/4位置,马氏体的面积率为10%~80%,铁素体的面积率为20%~90%,残余奥氏体的面积率为10%以下,并且具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例为0.50以下;

并且,将所述母材钢板加热到50℃时释放的氢量即所述母材钢板中的低温区域扩散性氢量为0.015质量ppm以下。

2. 根据权利要求1所述的热浸镀锌钢板,其中,所述成分组成以质量%计进一步含有选自Ti:0.200%以下、Nb:0.200%以下、V:0.200%以下、Ta:0.10%以下、W:0.10%以下、B:0.0100%以下、Cr:1.00%以下、Mo:1.00%以下、Ni:1.00%以下、Co:0.010%以下、Cu:1.00%以下、Sn:0.200%以下、Sb:0.200%以下、Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下、Zr:0.100%以下、Te:0.100%以下、Hf:0.10%以下和Bi:0.200%以下中的至少1种元素。

3. 根据权利要求1或2所述的热浸镀锌钢板,其中,在所述母材钢板与所述热浸镀锌层之间具备金属镀层。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的热浸镀锌钢板,其中,所述母材钢板具有表层软质层,所述表层软质层是维氏硬度相对于所述母材钢板的板厚1/4位置的维氏硬度为85%以下的区域且距所述母材钢板表面沿板厚方向为200μm以内的区域。

5. 根据权利要求4所述的热浸镀锌钢板,其中,在距所述母材钢板表面为所述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置和板厚方向深度的1/2位置各自的板面的50μm×50μm的区域中测定300个点以上的纳米硬度时,

距所述母材钢板表面为所述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度为7.0GPa以上的测定数比例相对于总测定数为0.10以下,

距所述母材钢板表面为所述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度的标准偏差σ为1.8GPa以下,

而且,距所述母材钢板表面为所述表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的板面的纳米硬度的标准偏差σ为2.2GPa以下。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的热浸镀锌钢板,其中,所述热浸镀锌层为合金化热浸镀锌层。

7. 一种构件,是使用权利要求1~6中任一项所述的热浸镀锌钢板而成的。

8. 一种汽车的骨架结构部件或汽车的加强部件,由权利要求7所述的构件构成。

9. 一种热浸镀锌钢板的制造方法,对具有权利要求1或2所述的成分组成的钢坯在卷绕温度:400℃~700℃的条件下实施热轧而制成热轧钢板,

接着,对所述热轧钢板实施酸洗,

接着,对所述热轧钢板在总压下率:40%以上、从达到累积压下率30%以上到总压下率为止的道次数:2道次以上的条件下实施冷轧而制成冷轧钢板,

接着,对所述冷轧钢板在250℃~600℃的温度区域的平均加热速度:1.0℃/s~100℃/s、退火温度:750℃~900℃的条件下实施退火,

接着,对所述冷轧钢板实施热浸镀锌处理而制成镀覆钢板,

接着,冷却所述镀覆钢板。

10.根据权利要求9所述的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,在所述镀覆钢板的冷却中,在100℃~450℃的温度区域保热5s以上,然后冷却。

11.根据权利要求9所述的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,在所述镀覆钢板的冷却中,在300℃以下的冷却停止点停止冷却,然后再加热至(冷却停止温度+50℃)以上且450℃以下的温度区域,在该温度区域保热5s以上,然后冷却。

12.根据权利要求9~11中任一项所述的镀锌钢板的制造方法,其中,在露点-25℃以上的气氛下进行所述退火。

13.根据权利要求9~12中任一项所述的镀锌钢板的制造方法,其中,在所述退火工序之前包括在所述冷轧钢板的单面或双面实施金属镀覆处理而形成金属镀层的金属镀覆工序。

14.根据权利要求9~13中任一项所述的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,对所述热浸镀锌处理后的钢板实施合金化处理。

15.一种构件的制造方法,具有对权利要求1~8中任一项所述的热浸镀锌钢板实施成型加工或接合加工中的至少一者而制成构件的工序。

热浸镀锌钢板、使用热浸镀锌钢板而成的构件、由构件构成的汽车骨架结构部件用或汽车的加强部件及热浸镀锌钢板和构件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及热浸镀锌钢板、使用热浸镀锌钢板而成的构件、由构件构成的汽车的骨架结构部件用或汽车的加强部件以及热浸镀锌钢板和构件的制造方法。

背景技术

[0002] 为了通过车辆的轻型化减少CO₂排放量并提高耐碰撞性能,正在推进汽车用钢板的高强度化。另外,在新的法律规定不断出台的背景下,为了增加车身强度,对于形成汽车驾驶室的骨架的主要的结构部件、加强部件(以下也称为“汽车的骨架结构部件”等)应用高强度钢板的事例正在增加,特别是拉伸强度(以下也称为“TS”)为780MPa以上的高强度钢板的应用事例的增加显著。

[0003] 对于汽车的骨架结构部件等中使用的高强度钢板,要求在成型为期望的形状时具有高延伸凸缘性。进而,在汽车的骨架结构部件等中,例如碰撞盒等是具有弯曲加工部的,因此从成型性的观点出发,优选具有高弯曲性的钢板。

[0004] 作为涉及这样的高强度钢板的技术,例如专利文献1中公开了一种高强度热浸镀锌钢板,母材钢板具有如下的成分组成:含有规定量的C、Si、Mn、P、S、Al、N、Ca和Cr,并且[%Mn]/[%Si]满足2.9~11.7的关系,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成;母材钢板具有如下的钢组织:选自贝氏体和铁素体中的1种或2种、回火马氏体、淬火马氏体和残余奥氏体为规定的量;母材钢板的表层的Si富集量与Mn富集量之比为0.7~1.3,并且上述母材钢板中的扩散性氢量为0.80质量ppm以下。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:国际公开第2020/170542号

发明内容

[0008] 然而,在专利文献1所所述的热浸镀锌钢板中,没有考虑延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,从增加热浸镀锌钢板在汽车的骨架结构部件等中的应用比率的观点出发,现状是要求开发出高强度且具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的热浸镀锌钢板。

[0009] 本发明是鉴于上述现状而开发的,其目的在于提供一种高强度且具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的热浸镀锌钢板及其制造方法。

[0010] 另外,本发明的目的在于提供一种使用上述热浸镀锌钢板而成的构件及其制造方法。

[0011] 这里,“高强度”是指依据JIS Z 2241测定的拉伸强度(以下也称为“TS”)为780MPa

以上。

[0012] “高延展性”是指依据JIS Z 2241测定的TS和总伸长率(以下也称为“E1”)的乘积(TS×E1)为13000MPa·%以上。

[0013] “高延伸凸缘性”是指依据JIS Z 2256测定的扩孔率(以下也称为“λ”)为20%以上。

[0014] “高弯曲性”是指在后述的实施例记载的弯曲试验中,评价的5个样品均不破裂的情况或5个样品中的1个以上的样品产生小于200μm的微细裂纹的情况。该弯曲试验依据JIS Z 2248。

[0015] “延伸凸缘裂纹的各向异性的减少”是指在后述的实施例记载的扩孔试验中,对于钢板的轧制方向(L方向)、相对于钢板的轧制方向为45度方向(D方向)和钢板的轧制直角方向(C方向),各方向的龟裂产生率为60%以下。

[0016] 本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。

[0017] 即,为了得到具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的高强度的热浸镀锌钢板,从高强度化的观点出发,对于母材钢板,在制成规定的成分组成的基础上,制成包含马氏体(淬火马氏体、回火马氏体和贝氏体)的钢组织是重要的,进而,在控制延展性方面,对于母材钢板的钢组织,确保一定量的铁素体是重要的,除此之外,为了减少延伸凸缘裂纹的各向异性,使具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)和加热母材钢板时在低温区域(到50°C的温度区域)释放的氢量(低温区域扩散性氢量)为规定的数值范围是重要的。具体而言,本发明人等发现,在实现上述目的、特别是减少延伸凸缘裂纹的各向异性方面,使具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例为0.50以下,使低温区域扩散性氢量为0.015质量ppm以下是重要的。

[0018] 本发明的主旨如下。

[0019] (1)一种热浸镀锌钢板,具备母材钢板和形成于上述母材钢板的表面的热浸镀锌层,

[0020] 上述母材钢板具有如下的成分组成和钢组织,

[0021] 上述成分组成以质量%计含有C:0.030%~0.500%、Si:0.01%~2.50%、Mn:0.10%~5.00%、P:0.100%以下、S:0.0200%以下、Al:1.000%以下、N:0.0100%以下和O:0.0100%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

[0022] 上述钢组织中,在板厚1/4位置,马氏体的面积率为10%~80%,铁素体的面积率为20%~90%,残余奥氏体的面积率为10%以下,并且具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例为0.50;

[0023] 并且,将上述母材钢板加热到50°C时释放的氢量即上述母材钢板中的低温区域扩散性氢量为0.015质量ppm以下。

[0024] (2)根据上述(1)的热浸镀锌钢板,其中,上述成分组成以质量%计进一步含有选自Ti:0.200%以下、Nb:0.200%以下、V:0.200%以下、Ta:0.10%以下、W:0.10%以下、B:0.0100%以下、Cr:1.00%以下、Mo:1.00%以下、Ni:1.00%以下、Co:0.010%以下、Cu:1.00%以下、Sn:0.200%以下、Sb:0.200%以下、Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下、Zr:0.100%以下、Te:0.100%以下、Hf:0.10%以下和Bi:0.200%以下中的

至少1种元素。

[0025] (3) 根据上述(1)或(2)的热浸镀锌钢板,其中,在上述母材钢板与上述热浸镀锌层之间具备金属镀层。

[0026] (4) 根据上述(1)~(3)中任一项所述的热浸镀锌钢板,其中,上述母材钢板具有表层软质层,上述表层软质层为维氏硬度相对于上述母材钢板的板厚1/4位置的维氏硬度为85%以下的区域且距上述母材钢板表面沿板厚方向为200 μm 以内的区域。

[0027] (5) 根据上述(4)的热浸镀锌钢板,其中,在距上述母材钢板表面为上述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置和板厚方向深度的1/2位置各自的板面的50 μm ×50 μm 的区域中测定300个点以上的纳米硬度时,

[0028] 距上述母材钢板表面为上述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度为7.0GPa以上的测定数比例相对于总测定数为0.10以下,

[0029] 距上述母材钢板表面为上述表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为1.8GPa以下,

[0030] 而且,距上述母材钢板表面为上述表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为2.2GPa以下。

[0031] (6) 根据上述(1)~(5)中任一项所述的热浸镀锌钢板,其中,上述热浸镀锌层为合金化热浸镀锌层。

[0032] (7) 一种构件,是使用上述(1)~(6)中任一项所述的热浸镀锌钢板而成的。

[0033] (8) 一种汽车的骨架结构部件或汽车的加强部件,由上述(7)的构件构成。

[0034] (9) 一种热浸镀锌钢板的制造方法,对具有上述(1)或(2)的成分组成的钢坯在卷绕温度:400 $^{\circ}\text{C}$ ~700 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下实施热轧而制成热轧钢板,

[0035] 接着,对上述热轧钢板实施酸洗,

[0036] 接着,对上述热轧钢板在总压下率:40%以上、从达到累积压下率30%以上到总压下率为止的道次数:2道次以上的条件下实施冷轧而制成冷轧钢板,

[0037] 接着,对上述冷轧钢板在250 $^{\circ}\text{C}$ ~600 $^{\circ}\text{C}$ 的温度区域的平均加热速度:1.0 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ~100 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 、退火温度:750 $^{\circ}\text{C}$ ~900 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下实施退火,

[0038] 接着,对上述冷轧钢板实施热浸镀锌处理而制成镀覆钢板,

[0039] 接着,冷却上述镀覆钢板。

[0040] (10) 根据上述(9)的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,在上述镀覆钢板的冷却中,在100 $^{\circ}\text{C}$ ~450 $^{\circ}\text{C}$ 的温度区域保热5s以上,然后冷却。

[0041] (11) 根据上述(9)的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,在上述镀覆钢板的冷却中,在300 $^{\circ}\text{C}$ 以下的冷却停止点停止冷却,然后再加热至(冷却停止温度+50 $^{\circ}\text{C}$)以上且450 $^{\circ}\text{C}$ 以下的温度区域,在该温度区域保热5s以上,然后冷却。

[0042] (12) 根据上述(9)~(11)中任一项所述的镀锌钢板的制造方法,其中,在露点-25 $^{\circ}\text{C}$ 以上的气氛下进行上述退火。

[0043] (13) 根据上述(9)~(12)中任一项所述的镀锌钢板的制造方法,其中,在上述退火工序之前包括在上述冷轧钢板的单面或双面实施金属镀覆处理而形成金属镀层的金属镀覆工序。

[0044] (14) 根据上述(9)~(13)中任一项所述的热浸镀锌钢板的制造方法,其中,对上述

热浸镀锌处理后的钢板实施合金化处理。

[0045] (15)一种构件的制造方法,具有对上述(1)~(8)中任一项所述的热浸镀锌钢板实施成型加工或接合加工中的至少一者而制成构件的工序。

[0046] 根据本发明,可以提供高强度且具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的热浸镀锌钢板,另外,可以提供使用上述热浸镀锌钢板而成的构件。

[0047] 进而,根据本发明,可以提供上述热浸镀锌钢板和使用热浸镀锌钢板而成的构件的制造方法。

附图说明

[0048] 图1是涉及实施例的V弯曲+正交VDA弯曲试验用样品的制作的示意图。图1(a)涉及V弯曲加工(一次弯曲加工),图1(b)涉及正交VDA弯曲(二次弯曲加工)。

[0049] 图2是涉及实施例的轴向压溃试验用样品和试验的示意图。图2(a)是试验用构件的主视图,图2(b)是试验用构件的主视图。图2(c)是表示轴向压溃试验的概略图。

具体实施方式

[0050] 基于以下的实施方式说明本发明。本发明不限于以下的实施方式。

[0051] [1]热浸镀锌钢板

[0052] 首先,对本发明的热浸镀锌钢板进行说明。

[0053] [1-1]母材钢板

[0054] 热浸镀锌钢板具备母材钢板和形成于上述母材钢板的表面的热浸镀锌层。对热浸镀锌钢板中的母材钢板进行说明。

[0055] [1-1-1]成分组成

[0056] 对母材钢板的成分组成的适当范围及其限定理由进行说明。应予说明,在以下的说明中,只要没有特别说明,表示钢板的成分元素的含量的“%”,是指“质量%”。另外,在本说明书中,使用“~”表示的数值范围是指包含“~”的前后记载的数值作为下限值和上限值的范围。

[0057] [C:0.030%~0.500%]

[0058] C是钢的重要基本成分之一,特别是在本发明中,是影响马氏体和铁素体的面积率的重要元素。如果C的含量小于0.030%,则马氏体的分率减少,难以实现所期望的TS。另一方面,如果C的含量大于0.500%,则马氏体的面积率脆化,难以实现所期望的延展性。因此,C的含量为0.030%~0.500%。C的含量优选为0.050%以上,更优选为0.070%以上,另外,优选为0.400%以下,更优选为0.300%以下。

[0059] [Si:0.01%~2.50%]

[0060] Si是钢的重要基本成分之一,特别是在本发明中,是影响马氏体和铁素体的面积率的重要元素。如果Si的含量小于0.01%,则铁素体的面积率减少,难以实现所期望的延展性。另一方面,如果Si的含量大于2.50%,则抑制连续退火中的碳化物生成,促进作为氢固溶度大的相的残余奥氏体的生成,因此不促进氢从镀覆钢板的脱离,母材钢板的低温区域扩散性氢量增加,延伸凸缘裂纹的各向异性变大。另外,在冲裁时产生从残余奥氏体向马氏

体的相变,扩孔时的空隙的生成增加,可能降低 λ ,可能降低弯曲性。因此,Si的含量为0.01%~2.50%。Si的含量优选为0.05%以上,更优选为0.10%以上,另外,优选为2.00%以下,更优选为1.80%以下。

[0061] [Mn:0.10%~5.00%]

[0062] Mn是钢的重要基本成分之一,特别是在本发明中,是影响马氏体和铁素体的面积率的重要元素。如果Mn的含量小于0.10%,则马氏体的面积率减少,难以实现所期望的TS。另一方面,如果Mn的含量大于5.00%,则铁素体的面积率减少,难以实现所期望的延展性。因此,Mn的含量为0.10%~5.00%。Mn的含量优选为0.80%以上,更优选为1.00%以上,另外,优选为4.50%以下,更优选为4.00%以下。

[0063] [P:0.100%以下]

[0064] P是在原奥氏体晶界偏析而使晶界脆化、降低钢板的极限变形能力的元素,可能降低 λ ,也可能降低弯曲性。因此,P的含量为0.100%以下。P的含量的下限没有特别限定,但P是固溶强化元素,可以提高钢板的强度,因此优选为0.001%以上。P的含量优选为0.001%以上,另外,优选为0.070%以下。

[0065] [S:0.0200%以下]

[0066] S是以硫化物的形式存在、降低钢板的极限变形能力的元素,可能降低 λ ,也可能降低弯曲性。因此,S的含量为0.0200%以下。S的含量的下限没有特别限定,但由于生产技术上的制约,优选为0.0001%以上。S的含量优选为0.0001%以上,另外,优选为0.0050%以下。

[0067] [Al:1.000%以下]

[0068] Al是提高 A_3 相变点的元素,使钢组织中的铁素体变得大量,可能难以实现所期望的TS。因此,Al的含量为1.000%以下。Al的含量的下限没有特别限定,但由于抑制连续退火中的碳化物生成、促进残余奥氏体的生成,所以Al的含量优选为0.001%以上。Al的含量优选为0.001%以上,另外,优选为0.100%以下。

[0069] [N:0.0100%以下]

[0070] N是以氮化物的形式存在、降低钢板的极限变形能力的元素,可能降低 λ ,也可能降低弯曲性。因此,N的含量为0.0100%以下。N的含量的下限没有特别限定,但由于生产技术上的制约,N的含量优选为0.0001%以上。N的含量优选为0.0001%以上,另外,优选为0.0050%以下。

[0071] [O:0.0100%以下]

[0072] O是以氧化物的形式存在、降低钢板的极限变形能力的元素,可能降低 λ ,也可能降低弯曲性。因此,O的含量为0.0100%以下。O的含量的下限没有特别限定,但由于生产技术上的制约,O的含量优选为0.0001%以上。O的含量优选为0.0001%以上,另外,优选为0.0050%以下。

[0073] [任意成分]

[0074] 除了上述成分组成以外,母材钢板可以以质量%计进一步含有选自

[0075] Ti:0.200%以下、Nb:0.200%以下、V:0.200%以下,

[0076] Ta:0.10%以下、W:0.10%以下,

[0077] B:0.0100%以下,

[0078] Cr:1.00%以下、Mo:1.00%以下、Ni:1.00%以下,

[0079] Co:0.010%以下,

[0080] Cu:1.00%以下,

[0081] Sn:0.200%以下,

[0082] Sb:0.200%以下,

[0083] Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下,

[0084] Zr:0.020%以下、Te:0.020%以下,

[0085] Hf:0.10%以下和

[0086] Bi:0.200%以下

[0087] 中的至少1种元素。这些元素可以单独或2种以上的组合。

[0088] 当含有Ti、Nb或V时,为了避免大量生成粗大的析出物、夹杂物,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Ti、Nb或V的含量分别优选为0.200%以下,更优选为0.100%以下。Ti、Nb或V的含量的下限没有特别限定,但由于通过在热轧时或连续退火时形成微细的碳化物、氮化物或碳氮化物而提高钢板的强度,所以Ti、Nb或V的含量分别优选为0.001%以上。

[0089] 当含有Ta或W时,为了避免大量生成粗大的析出物、夹杂物,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Ta或W的含量分别优选为0.10%以下,更优选为0.08%以下。Ta或W的含量的下限没有特别限定,但由于通过在热轧时或连续退火时形成微细的碳化物、氮化物或碳氮化物而提高钢板的强度,所以Ta或W的含量分别优选为0.01%以上。

[0090] 当含有B时,为了避免在铸造时或热轧时在钢板内部生成裂纹,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,B的含量优选为0.0100%以下,更优选为0.0080%以下。B的含量的下限没有特别限定,但由于是在退火中在奥氏体晶界偏析而提高淬透性的元素,所以B的含量优选为0.0003%以上。

[0091] 当含有Cr、Mo或Ni时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Cr、Mo或Ni的含量分别优选为1.00%以下,更优选为0.80%以下。Cr、Mo或Ni的含量的下限没有特别限定,但由于是提高淬透性的元素,所以Cr、Mo或Ni的含量分别优选为0.01%以上。

[0092] 当含有Co时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Co的含量优选为0.010%以下,更优选为0.008%以下。Co的含量的下限没有特别限定,但由于是提高淬透性的元素,所以Co的含量优选为0.001%以上。

[0093] 当含有Cu时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Cu的含量优选为1.00%以下,更优选为0.80%以下。Cu的含量的下限没有特别限定,但由于是提高淬透性的元素,所以Cu的含量优选为0.01%以上。

[0094] 当含有Sn时,为了避免在铸造时或热轧时在钢板内部生成裂纹,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Sn的含量优选为0.200%以下,更优选为0.100%以下。Sn的含量的下限没有特别限定,但由于是提高淬透性的元素,所以Sn的含量优选为0.001%以上。

[0095] 当含有Sb时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Sb的含量优选为0.200%以下,更优选为0.100%以下。Sb的含量的下

限没有特别限定,但由于是控制表层软化层的厚度、能够调整强度的元素,所以Sb的含量优选为0.001%以上。

[0096] 当含有Ca、Mg或REM时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Ca、Mg或REM的含量分别优选为0.0100%以下,更优选为0.0050%以下。Ca、Mg或REM的含量的下限没有特别限定,但由于是使氮化物、硫化物的形状球状化、提高钢板的极限变形能力的元素,所以Ca、Mg或REM的含量分别优选为0.0001%以上。

[0097] 当含有Zr或Te时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Zr或Te的含量分别优选为0.100%以下,更优选为0.080%以下。Zr或Te的含量的下限没有特别限定,但由于是使氮化物、硫化物的形状球状化、提高钢板的极限变形能力的元素,所以Zr或Te的含量分别优选为0.001%以上。

[0098] 当含有Hf时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Hf的含量优选为0.10%以下,更优选为0.08%以下。Hf的含量的下限没有特别限定,但由于是使氮化物、硫化物的形状球状化、提高钢板的极限变形能力的元素,所以Hf的含量优选为0.01%以上。

[0099] 当含有Bi时,为了避免粗大的析出物、夹杂物增加,钢板的极限变形能力降低,进而 λ 降低,弯曲性降低,Bi的含量优选为0.200%以下,更优选为0.100%以下。Bi的含量的下限没有特别限定,但由于是减轻偏析的元素,所以Bi的含量优选为0.001%以上。

[0100] 本发明的热浸镀锌钢板的母材钢板具有含有必需成分和根据情况的任意成分、且剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的成分组成。这里,作为不可避免的杂质,可举出Zn、Pb、As、Ge、Sr和Cs。这些不可避免的杂质允许以合计0.100%以下的量含有。

[0101] [1-1-2]钢组织

[0102] 对母材钢板的钢组织进行说明。

[0103] [马氏体的面积率:10%~80%]

[0104] 如果马氏体的面积率小于10%,则难以实现780MPa以上的TS。另一方面,如果马氏体的面积率大于80%,则难以实现所期望的延展性。因此,马氏体的面积率为10%~80%。马氏体的面积率优选为15%以上,更优选为25%以上,另外,优选为75%以下,优选为70%以下。

[0105] 这里所说的马氏体中,除了淬火马氏体(新鲜马氏体)之外,还包括回火马氏体和贝氏体。如后所述,马氏体的面积率的观察位置为母材钢板的板厚的1/4位置。

[0106] [铁素体的面积率:20%~90%]

[0107] 如果铁素体的面积率小于20%,则难以实现所期望的延展性。另一方面,如果铁素体的面积率大于90%,则难以实现780MPa以上的TS。因此,铁素体的面积率为20%~90%。铁素体的面积率优选为25%以上,更优选为30%以上,另外,优选为85%以下,更优选为80%以下。

[0108] 这里所说的铁素体中,除了多边形铁素体之外,还包括贝氏体铁素体。如后所述,铁素体的面积率的观察位置为母材钢板的板厚的1/4位置。

[0109] 这里,马氏体(淬火马氏体、回火马氏体和贝氏体)和铁素体(多边形铁素体和贝氏体铁素体)的面积率的测定方法如下。

[0110] 从母材钢板中以与其轧制方向平行的板厚截面(板厚1/4位置的L截面)成为观察面的方式切出样品。对样品的观察面使用金刚石研磨膏进行镜面研磨,然后使用氧化铝实施精研磨,进一步用3体积%硝酸乙醇溶液进行蚀刻,使组织露出。

[0111] 接着,在加速电压10kV的条件下,使用扫描式电子显微镜(SEM)以3000倍的倍率观察样品的观察面,得到3个视场(1个视场 $40\mu\text{m}\times 30\mu\text{m}$)的SEM图像。

[0112] 由得到的SEM图像,使用Adobe Photoshop(AdobeSystems公司制),算出各组织(铁素体(多边形铁素体和贝氏体铁素体)、马氏体(淬火马氏体、回火马氏体和贝氏体))的面积率。具体而言,将各组织的面积除以测定面积而得到的值作为各组织的面积率。算出3个视场的各组织的面积率,将它们的平均值作为各组织的面积率。

[0113] SEM图像中,铁素体(多边形铁素体和贝氏体铁素体)是凹部的组织且不含碳化物的平坦的组织,回火马氏体和贝氏体是凹部的组织且包含微细的碳化物的组织,淬火马氏体是凸部且组织内部具有微细的凹凸的组织,可以相互区分。回火马氏体和贝氏体由于求出合计面积率作为马氏体的面积率,所以可以不能相互区分。

[0114] [残余奥氏体的面积率:10%以下]

[0115] 残余奥氏体是氢固溶度大的相,因此如果残余奥氏体的面积率大于10%,则不促进氢从镀覆钢板的脱离,母材钢板的低温区域扩散性氢量增加,延伸凸缘裂纹的各向异性变大。另外,在冲裁时从残余奥氏体相变为马氏体,扩孔时的空隙的生成增加,进而可能降低 λ 和弯曲性。因此,残余奥氏体的面积率为10%以下。残余奥氏体的面积率越少越好,优选为7%以下,更优选为5%以下,也可以为0%。残余奥氏体的面积率的观察位置为母材钢板的板厚1/4位置,测定方法如下。

[0116] 首先,将母材钢板以其板厚1/4位置(距钢板表面在深度方向上相当于板厚的1/4的位置)成为测定面的方式对母材钢板进行磨削,然后通过化学研磨进一步研磨0.1mm,得到样品。

[0117] 对于样品的测定面,利用X射线衍射装置,使用Co的 $K\alpha$ 射线源,测定fcc铁(奥氏体)的(200)面、(220)面和(311)面以及bcc铁的(200)面、(211)面和(220)面的积分反射强度。

[0118] 求出fcc铁的各面的积分反射强度与bcc铁的各面的积分反射强度的强度比。将9个强度比的平均值作为残余奥氏体的体积率。将该残余奥氏体的体积率视为三维均匀,作为母材钢板的板厚1/4位置处的残余奥氏体的面积率。

[0119] [剩余部分组织]

[0120] 本发明的钢组织可以具有除上述马氏体,铁素体和残余奥氏体以外的组织(剩余部分组织)。

[0121] 作为剩余部分组织,可举出除马氏体、铁素体和残余奥氏体以外的组织且作为钢板的组织公知的组织,例如包含珠光体、渗碳体、亚稳碳化物(ϵ 碳化物、 η 碳化物、 χ 碳化物等)等碳化物。剩余部分组织的鉴定例如可以通过利用SEM的观察来进行。

[0122] 母材钢板的板厚1/4位置处的剩余部分组织的面积率优选为5%以下。剩余部分组织的面积率可以通过下式算出。

[0123] [剩余部分组织的面积率(%)] = $100 - [\text{马氏体的面积率}(\%)] - [\text{铁素体的面积率}(\%)] - [\text{残余奥氏体的面积率}(\%)]$

[0124] [具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率:0.50以下]

[0125] 具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)是本发明中极其重要的构成。即,本发明人等发现,延伸凸缘裂纹的各向异性很大程度上依赖于冷轧后的退火板中的具有{001}取向的铁素体的面积率,如果该比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)大于0.50,则难以大幅减少延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,该比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)为0.50以下。该比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)越小越好,优选为0.45以下,更优选为0.43以下,也可以为0。

[0126] 这里,该比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)的计算方法如下。

[0127] 以母材钢板的与轧制方向平行的板厚截面(L截面)成为观察面的方式切出试样。对试样的观察面实施利用金刚石研磨膏的研磨,接着通过使用胶体二氧化硅溶液的抛光使表面平滑化,然后用0.1vol.%硝酸乙醇溶液进行腐蚀,由此尽量减少试样表面的凹凸,并且除去加工变质层。接着,对于板厚1/4位置(距钢板表面在深度方向上相当于板厚的1/4的位置),使用SEM—EBSD(Electron Back—Scatter Diffraction;电子束背散射衍射)法测定晶体取向,对得到的数据使用AMETEK EDAX公司的OIM Analysis,利用CI(Confidence Index)和IQ(Image Quality)排除包括马氏体在内的铁素体以外的相,提取仅铁素体的组织。通过由得到的仅铁素体的取向数据求出具有{001}取向的铁素体的面积率,可以算出该比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)。

[0128] [母材钢板的低温区域扩散性氢量:0.015质量ppm以下]

[0129] 母材钢板的低温区域扩散性氢量是本发明中极其重要的构成。即,本发明人等发现,延伸凸缘裂纹的各向异性在加热母材钢板时,与在高温区域从母材钢板释放的氢量相比,更大程度上依赖于在低温区域具体而言是到50℃的温度区域释放的氢量(低温区域扩散性氢量),如果母材钢板中的低温区域扩散性氢量大于0.015质量ppm,则难以具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性,并且大幅减少延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,母材钢板的低温区域扩散性氢量为0.015质量ppm以下。低温区域扩散性氢量越少越好,优选为0.010质量ppm以下,更优选为0.006质量ppm以下,也可以为0ppm。

[0130] 这里,母材钢板的低温区域扩散性氢量的测定方法如下。

[0131] 通过剪切加工从热浸镀锌钢板的样品中央位置采取长度为30mm、宽度为5mm的试验片。采取后,立即将试验片浸渍于液氮中。一边以试验片的表面温度为10℃以下的方式管理处理液的温度,一边用碱除去试验片的热浸镀锌层。接着,将试验片装入热脱附分析法装置中,在流通Ar气体的状态下待机5分钟后开始升温。具体而言,是将试验片在升温到达温度:300℃、升温速度:200℃/hr的条件下加热,然后冷却至室温的测定条件。加热开始时的试验片的表面温度为10℃以下。

[0132] 测定这里得到的在加热开始时的从温度(室温)到50℃的温度区域从试验片释放的氢量(以下也称为累积释放氢量),通过下式算出母材钢板的低温区域扩散性氢量。

[0133] [母材钢板的低温区域扩散性氢量(质量ppm)] = [累积释放氢量(g)] ÷ [试验片的质量(g)] × 10⁶

[0134] 对于对热浸镀锌钢板实施了冲裁加工、延伸凸缘成型和弯曲加工等加工的钢板、将上述加工后的钢板焊接而制造的制品(构件),也只要按照与上述同样的要领测定母材钢

板部分的低温区域扩散性氢量即可。

[0135] [1-1-3]其他

[0136] 母材钢板的板厚没有特别限定,可以根据最终的热浸镀锌钢板的板厚来设定。板厚例如可以为0.3mm~3.0mm。

[0137] 母材钢板表层优选为软质层(表层软质层)。由于在压制成型时和车身碰撞时上述表层软质层有助于抑制弯曲裂纹扩展,所以可以进一步提高耐弯曲断裂特性。

[0138] 表层是指与从母材钢板表面沿板厚方向到200 μm 的厚度200 μm 对应的区域。

[0139] 软质层是指相对于母材钢板的板厚1/4位置的截面(与钢板表面平行的面)的维氏硬度,为85%以下的维氏硬度的区域。软质层包含母材钢板的表层的脱碳层。

[0140] 表层软质层是指表层中包含的软质层,可以是表层整体为软质层,也可以是表层的一部分为软质层。表层软质层可以是与距母材钢板表面沿板厚方向为200 μm 以内的厚度对应的区域。

[0141] 例如,假设以距母材钢板表面沿板厚方向为规定的深度形成有相对于母材钢板的板厚1/4位置的截面(与钢板表面平行的面)的维氏硬度为85%以下的区域,当规定的深度沿板厚方向为200 μm 以内时,与从表面到板厚方向的规定的深度的厚度对应的区域为表层软质层,当规定的深度沿板厚方向大于200 μm 时,与从母材钢板表面到板厚方向深度200 μm 的厚度200 μm 对应的区域为表层软质层。

[0142] 当具有表层软质层时,表层软质层的厚度的下限没有特别限定,优选为8 μm 以上,更优选大于17 μm 。

[0143] 维氏硬度基于JIS Z 2244-1(2020),将载荷设为10gf进行测定。

[0144] 当具有表层软质层时,在距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置(距母材钢板表面沿深度方向为表层软质层的厚度的1/4位置)的板面的50 μm \times 50 μm 的区域中测定300个点以上的纳米硬度时,纳米硬度为7.0GPa以上的比例优选为0.10以下。当纳米硬度为7.0GPa以上的比例为0.10以下时,表示硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等的比例小,可以进一步抑制硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等的压制成型时和碰撞时的空隙的生成、连接以及龟裂的扩展,可以容易地得到压制成型时的优异的弯曲性和碰撞时的优异的弯曲断裂特性。

[0145] 本发明中,为了得到压制成型时的优异的弯曲性和碰撞时的优异的弯曲断裂特性,优选距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为1.8GPa以下,进而距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为2.2GPa以下。当距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为1.8GPa以下,进而距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 为2.2GPa以下时,表示显微区域中的组织硬度差小,可以进一步抑制压制成型时和碰撞时的空隙的生成、连接以及龟裂的扩展,可以容易地得到弯曲性和碰撞时的优异的弯曲断裂特性。

[0146] 另外,距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 的更优选的范围为1.7GPa以下。距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的板面的纳米硬度的标准偏差 σ 的更优选的范围为2.1GPa以下。

[0147] 这里,板厚方向深度的1/4位置、1/2位置的板面的纳米硬度是指通过以下的方法

测定的硬度。

[0148] 首先,在形成有镀层的情况下,在剥离镀层后,实施机械研磨直至距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置为止,实施利用金刚石和氧化铝的抛光,进一步实施胶体二氧化硅研磨。利用三菱锥(玻氏)形状的金钢石压头,在载荷:500 μ N、测定区域:50 μ m \times 50 μ m、打点间隔:2 μ m的条件下测定纳米硬度。

[0149] 另外,实施机械研磨直至表层软质层的板厚方向深度的1/2位置为止,实施利用金刚石和氧化铝的抛光,进一步实施胶体二氧化硅研磨。然后,利用三菱锥形状的金钢石压头,在载荷:500 μ N、测定区域:50 μ m \times 50 μ m、打点间隔:2 μ m的条件下测定纳米硬度。

[0150] 这里,表层软质层的厚度可以通过以下的方法来测定。通过湿式研磨使母材钢板的与轧制方向平行的板厚截面(L截面)平滑化后,使用维氏硬度计,在载荷10gf下,从距母材钢板表面沿板厚方向为1 μ m的位置到板厚方向100 μ m的位置以1 μ m间隔进行测定。然后,到板厚中心以20 μ m间隔进行测定。将硬度与板厚1/4位置的硬度相比减少到85%以下的区域定义为软质层(表层软质层),将该区域的板厚方向的厚度设为软质层的厚度。

[0151] [1-2]金属镀层

[0152] 母材钢板优选在单面或双面具有金属镀层。在压制成型时和车身碰撞时金属镀层有助于抑制弯曲裂纹产生,因此可以进一步提高耐弯曲断裂特性。

[0153] 金属镀层直接形成于母材钢板表面,是含有合计大于50质量%的选自Al、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ga、Ge、As、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Os、Ir、Rt、Au、Hg、Ti、Pb和Bi中的1种或2种以上的金属镀层,不包括热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层的镀锌层。第一镀层优选金属电镀层,以下以金属电镀层为例进行说明。

[0154] 通过在钢板表面形成金属电镀层,在压制成型时和车身碰撞时最表层的上述金属电镀层有助于抑制弯曲裂纹产生,因此耐弯曲断裂特性进一步提高。

[0155] 作为金属电镀层的金属种类,可以是Al、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ga、Ge、As、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Os、Ir、Rt、Au、Hg、Ti、Pb、Bi中的任一种,但更优选为Fe。以下,以Fe系电镀层为例进行说明。

[0156] Fe系电镀层的附着量大于0g/m²,优选为2.0g/m²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/m²以下。Fe系电镀层的附着量优选为50g/m²以下,更优选为40g/m²以下,进一步优选为30g/m²以下。

[0157] Fe系电镀层的附着量如下测定。从Fe系电镀钢板中采取10 \times 15mm尺寸样品,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、根据Fe系镀层的厚度以倍率2000~10000倍观察该截面的任意3处,将3个视场的厚度的平均值乘以铁的比重,由此换算成Fe系镀层的单面当中的附着量。

[0158] 作为Fe系电镀层,除了可以使用纯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,但优选为含有合计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或2以上的元素、且剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的成分组成。通过使Fe以外的元素的量为合计10质量%以下,可以防止电解效率的降低,可以以低成本形成Fe系电镀层。在Fe-C合金的情况下,C的含量优选为0.08质

量%以下。

[0159] 热浸镀锌的基底钢板可以仅为母材钢板,也可以为具有金属镀层的母材钢板,优选为在具有表层软质层的母材钢板的表面形成有金属镀层的母材钢板。

[0160] [1-3]热浸镀锌层

[0161] 对热浸镀锌钢板中的热浸镀锌层进行说明。这里所说的热浸镀锌层也包括合金化热浸镀锌层(对热浸镀锌实施合金化处理而得到的镀层)。另外,热浸镀锌层可以设置于母材钢板的表面的双面,此时,热浸镀锌层可以直接形成于母材钢板的表面,当母材钢板在表面具备表层软质层、金属电镀层等时,可以形成在这些层上。

[0162] 热浸镀锌层通常以Zn(锌)为主要成分(Zn含量为50.0质量%以上)。组成没有特别限定,可以为公知的组成。热浸镀锌层例如优选由Zn和20.0质量%以下的Fe、0.001质量%~1.0质量%的Al构成。另外,热浸镀锌层中可以任意地含有合计大于0.0质量%且3.5质量%以下的选自Pb、Sb、Si、Sn、Mg、Mn、Ni、Cr、Co、Ca、Cu、Li、Ti、Be、Bi和REM中的1种或2种以上的元素。另外,热浸镀锌层的Fe含量更优选小于7.0质量%。应予说明,上述元素以外的剩余部分为不可避免的杂质。

[0163] 另外,合金化热浸镀锌层例如优选由20质量%以下的Fe、0.001质量%~1.0质量%的Al构成。另外,合金化热浸镀锌层中可以任意地含有合计大于0质量%且3.5质量%以下的选自Pb、Sb、Si、Sn、Mg、Mn、Ni、Cr、Co、Ca、Cu、Li、Ti、Be、Bi和REM中的1种或2种以上的元素。合金化热浸镀锌层的Fe含量更优选为7.0质量%以上,进一步优选为8.0质量%以上。另外,合金化热浸镀锌层的Fe含量更优选为15.0质量%以下,进一步优选为12.0质量%以下。应予说明,上述元素以外的剩余部分为不可避免的杂质。

[0164] 热浸镀锌层的单面当中的镀覆附着量没有特别限定,例如可以为 $20\text{g}/\text{m}^2 \sim 80\text{g}/\text{m}^2$ 。

[0165] 上述镀锌层的镀覆附着量如下测定。制备相对于10质量%盐酸水溶液1L添加0.6g针对Fe的腐蚀抑制剂(朝日化学工业株式会社制“IBIT 700BK”(日本注册商标))而成的处理液。接着,将具备镀锌层的钢板的样品浸渍于该处理液,使镀锌层溶解。然后,测定溶解前后的样品的质量减少量,将该值除以基底钢板的表面积(被镀覆被覆的部分的表面积),由此算出镀覆附着量(g/m^2)。

[0166] 热浸镀锌层优选具有裂缝。通过有意地对热浸镀锌层赋予裂缝,可以实现母材钢板的低温区域扩散性氢量的进一步的减少。

[0167] 这里,热浸镀锌层有无裂缝如下判定。对热浸镀锌钢板的热浸镀锌层的表面(正面和背面),利用SEM以倍率:3000倍对各面观察2个视场(1个视场: $30\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$),共计4个视场。在上述4个视场中的任一个中存在1个以上贯通热浸镀锌的裂缝的情况下,判定为有裂缝。另外,在上述4个视场中均不存在贯通热浸镀锌的裂缝的情况下,判定为无裂缝。

[0168] [1-4]其他

[0169] 本发明的热浸镀锌钢板的板厚没有特别限定,可以为0.3mm~3.0mm。

[0170] [2]热浸镀锌钢板的制造方法

[0171] 接下来,对本发明的热浸镀锌钢板的制造方法(以下,为了方便,也称为“本发明的制造方法”)进行说明。本发明的制造方法也是制造上述本发明的热浸镀锌钢板的方法。这里,涉及制造方法的温度只要没有特别说明,均以钢坯或钢板的表面温度为基准。

[0172] [2-1]热轧工序

[0173] 本发明的制造方法包括对具有母材钢板的成分组成的钢坯在卷绕温度:400℃~700℃的条件下实施热轧而制成热轧钢板的工序。钢坯只要具有上述成分组成,就没有特别限定。例如,可以使用通过将钢坯材熔炼来制成具有上述成分组成的钢水、并使得到的钢水凝固而得到的钢坯。

[0174] 熔炼方法没有特别限定,可以使用转炉熔炼、电炉熔炼等公知的熔炼方法。由钢水制造钢坯的方法没有特别限定,可以使用连续铸造法、铸锭法、薄板坯铸造法等公知的方法。从防止宏观偏析的观点出发,优选连续铸造法。

[0175] 制造钢坯后,可以暂时冷却至室温,然后再次加热后进行轧制。从碳化物的溶解、轧制载荷的减少的观点出发,板坯加热温度优选为1100℃以上。另外,为了防止氧化皮损失的增大,板坯加热温度优选为1300℃以下。这里,板坯加热温度为板坯表面的温度。

[0176] 该工序中,可以应用直送轧制、直接轧制等节能工艺进行。这里,直送轧制是不将制造的钢坯冷却至室温而以温片的状态装入加热炉中进行轧制的工序,直接轧制是对制造的钢坯进行稍微的保热后立即进行轧制的工序。

[0177] 对钢坯进行热轧,得到热轧钢板。热轧可以由粗轧和精轧构成。

[0178] 例如,可以对钢坯实施粗轧,制成薄板钢。粗轧的条件可以为公知的条件。

[0179] 接着可以对薄板钢实施精轧。在降低板坯加热温度的情况下,从防止轧制时的故障的观点出发,优选在精轧前使用板带加热器(bar heater)等对薄板钢进行加热。精轧温度优选为 A_{r3} 相变点以上。如果精轧温度过低,则导致轧制负荷增大、奥氏体的未再结晶状态下的压下率提高,由此,沿轧制方向伸长的异常组织发达,其结果是退火后得到的钢板的加工性有时降低。这里, A_{r3} 相变点通过下式求出。

$$[0180] \quad A_{r3} (\text{℃}) = 868 - 396 \times [\%C] + 24.6 \times [\%Si] - 68.1 \times [\%Mn] - 36.1 \times [\%Ni] - 20.7 \times [\%Cu] - 24.8 \times [\%Cr]$$

[0181] 上述式中的[%元素符号]表示上述成分组成中的该元素的含量(质量%)。

[0182] 可以将薄板钢彼此接合而连续地进行精轧。另外,也可以在精轧前暂时卷绕薄板钢。进而,为了减少轧制载荷,可以将精轧的一部分或全部设为润滑轧制。从钢板形状的均匀化、材质的均匀化的观点出发,进行润滑轧制也是有效的。润滑轧制时的摩擦系数优选为0.10~0.25的范围。

[0183] 热轧工序中,精轧后,将热轧钢板卷绕并收集,然后进行冷却。此时,将卷绕温度控制在400℃~700℃是特别重要的。

[0184] 通过使卷绕温度为400℃以上,可以减少热轧钢板中的固溶C,在冷轧后的退火时可以减少具有{001}取向的铁素体的面积率。由此,可以减少延伸凸缘裂纹的各向异性。但是,如果卷绕温度大于700℃,则在热轧钢板组织中生成粗大的珠光体,退火时的奥氏体的成核位点减少,因此结果马氏体的分率减少,难以实现所期望的TS。因此,卷绕温度为400℃~700℃。卷绕温度优选为430℃以上,更优选为450℃以上,另外,优选为670℃以下,更优选为650℃以下。

[0185] 卷绕后的冷却条件没有特别限定,可以采用公知的条件。例如,冷却速度优选为0.001℃/s~1℃/s,冷却停止温度优选为20℃~200℃。

[0186] [2-2]酸洗工序

[0187] 热轧工序后,对热轧钢板进行酸洗。通过度酸洗,可以除去钢板表面的氧化物,确

保良好的化成处理性、镀覆品质。酸洗可以仅进行1次,也可以分多次进行。对于酸洗条件,没有特别限定,可以应用公知的条件。

[0188] [2—3]热处理工序(任意)

[0189] 酸洗工序后,可以对热轧钢板实施热处理。通过对热轧钢板实施热处理,在热轧钢板的钢组织中均匀地生成微细的碳化物,马氏体的面积率不减少,因此可以抑制TS降低。从这一点出发,热处理温度优选为450℃以上。另一方面,如果热处理温度大于650℃,则碳化物球状粗大化或者生成粗大的珠光体,可能降低TS。因此,热处理温度优选为450℃~650℃。热处理温度更优选为460℃以上,进一步优选为470℃以上,另外,更优选为600℃以下,进一步优选为550℃以下。

[0190] 热处理温度下的滞留时间没有特别限定,但从得到由于在热轧钢板的钢组织中均匀地生成微细的碳化物、马氏体的面积率不减少,所以抑制TS降低的热处理工序的效果的观点出发,热处理温度区域的滞留时间优选为10分钟以上。热处理温度区域的滞留时间更优选为100分钟以上,进一步优选为500分钟以上。滞留时间的上限没有特别限定,但从在热轧钢板的钢组织中均匀地生成微细的碳化物的观点出发,优选为3000分钟以下,更优选为2000分钟以下。

[0191] [2—4]冷轧工序

[0192] 对热轧工序后的热轧钢板或热轧工序和热处理工序后的热轧钢板实施冷轧而制成冷轧钢板。此时,重要的是满足以下的条件。

[0193] [总压下率:40%以上]

[0194] 通过增加从钢坯的板厚直到达到冷轧钢板的最终板厚为止的冷轧的总压下率,可以在退火时减少具有{001}取向的铁素体的面积率,由此,可以减少延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,直到达到最终板厚为止的冷轧的总压下率为40%以上。总压下率优选为45%以上,更优选为50%以上。总压下率的上限没有特别限定,但由于生产技术上的制约,优选为90%以下,更优选为85%以下。

[0195] 冷轧钢板的最终板厚可以根据热浸镀锌钢板的板厚来设定,例如可以为0.3mm~3.0mm。

[0196] [累积压下率30%以上到总压下率为止的道次数:2道次以上]

[0197] 通过增加从达到累积压下率30%以上直到达到最终板厚为止的道次数,可以在退火时减少具有{001}取向的铁素体的面积率。由此,可以减少延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,累积压下率30%以上到总压下率为止的道次数为2道次以上,优选为3道次以上,更优选为4道次以上。30%以上到总压下率为止的道次数的上限没有特别限定,但由于生产技术上的制约,优选为100道次以下,更优选为50道次以下。

[0198] 这里,累积压下率30%以上到总压下率为止的道次数是指,将累积压下率首次达到30%以上的道次作为第一次,将成为最终板厚的道次作为最后一次,从第一次到最后一次的道次的次数(包括第一次和最后一次)。

[0199] 其他冷轧条件没有特别限定,可以采用公知的条件。冷轧例如可以通过串联式的多机架轧制或反向轧制等进行。从钢坯的板厚直到达到最终板厚为止的总道次数、各道次的压下率没有特别限定,可以采用公知的条件。

[0200] [2—5]金属镀覆处理工序(任意)

[0201] 可以对如上所述得到的冷轧钢板的表面实施金属镀覆处理,制成在至少单面形成有金属镀层(退火前金属镀层)的退火前金属镀覆钢板。退火前金属镀覆钢板优选为具备退火前金属电镀层的退火前金属电镀钢板。

[0202] 金属电镀处理方法没有特别限定,但如上所述,作为形成在基底钢板上的金属镀层,优选为金属电镀层,因此优选实施金属电镀处理。例如,Fe系电镀浴可以应用硫酸浴、盐酸浴或两者的混合等。另外,退火前金属电镀层的附着量可以根据通电时间等来调整。应予说明,退火前金属电镀钢板是指金属电镀层没有经过退火工序,不排除对金属电镀处理前的热轧钢板、热轧后酸洗处理板或冷轧钢板进行了预退火的方式。

[0203] 这里,作为电镀层的金属种类,可以是Al、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Ga、Ge、As、Ru、Rh、Pd、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Os、Ir、Rt、Au、Hg、Ti、Pb、Bi中的任一种,但更优选为Fe,因此以下说明Fe系电镀的制造方法。

[0204] 通电开始前的Fe系电镀浴中的Fe离子含量以 Fe^{2+} 计优选为0.5mol/L以上。如果Fe系电镀浴中的Fe离子含量以 Fe^{2+} 计为0.5mol/L以上,则可以得到充分的Fe附着量。另外,为了得到充分的Fe附着量,通电开始前的Fe系电镀浴中的Fe离子含量优选为2.0mol/L以下。

[0205] 另外,在Fe系电镀浴中,除了Fe离子之外,可以含有选自B、C、P、N、O、Ni、Mn、Mo、Zn、W、Pb、Sn、Cr、V和Co中的至少一种元素。Fe系电镀浴中的这些元素的合计含量优选使在退火前Fe系电镀层中这些元素的合计含量为10质量%以下。应予说明,金属元素以金属离子的形式含有即可,非金属元素可以作为硼酸、磷酸、硝酸、有机酸等的一部分而含有。另外,在硫酸铁镀覆液中可以含有硫酸钠、硫酸钾等导电助剂、螯合剂、pH缓冲剂。

[0206] Fe系电镀浴的其他条件没有特别限定。从恒温保持性的观点出发,Fe系电镀液的温度优选为30℃以上,另外,优选为85℃以下。Fe系电镀浴的pH也没有特别限定,但从防止由于产生氢而导致的电流效率降低的观点出发,优选为1.0以上,另外,从Fe系电镀浴的电导率的观点出发,优选为3.0以下。对于电流密度,从生产率的观点出发,优选为10A/dm²以上,另外,从容易控制Fe系电镀层的附着量的观点出发,优选为150A/dm²以下。对于通板速度,从生产率的观点出发,优选为5mpm以上,另外,从稳定地控制附着量的观点出发,优选为150mpm以下。

[0207] 作为实施Fe系电镀处理前的处理,可以实施用于清洁冷轧钢板表面的脱脂处理和水洗、以及用于使冷轧钢板表面活化的酸洗处理和水洗。继这些预处理后,实施Fe系电镀处理。脱脂处理和水洗的方法没有特别限定,可以使用通常的方法。

[0208] 酸洗处理中,可以使用硫酸、盐酸、硝酸和它们的混合物等各种酸。其中,优选硫酸、盐酸和它们的混合物。酸的浓度没有特别限定,但从氧化被膜的除去能力和防止过度酸洗所引起的表面粗糙(表面缺陷)等观点出发,优选为1质量%~20质量%。

[0209] 另外,在酸洗处理液中可以含有消泡剂、酸洗促进剂、酸洗抑制剂等。

[0210] [2-6]退火工序

[0211] 对如上所述得到的冷轧钢板实施退火。冷轧钢板可以经金属镀覆处理,也可以未实施该处理。退火时,重要的是满足以下的条件。

[0212] [250℃~600℃的温度区域的平均加热速度:1℃/s~100℃/s]

[0213] 通过退火时控制加热温度区域的平均加热速度,可以在退火时减少具有{001}取向的铁素体的面积率。由此,可以减少延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,250℃~600℃的温

度区域的平均加热速度为 $100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下。另一方面,如果 $250^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度区域的平均加热速度小于 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$,则马氏体的分率减少,难以实现所期望的TS。因此, $250^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度区域的平均加热速度为 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上。因此, $250^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度区域的平均加热速度为 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 100^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。平均加热速度优选为 $3.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,更优选为 $5.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,另外,平均加热速度优选为 $80^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下,更优选为 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下。

[0214] [退火温度: $750^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$]

[0215] 冷轧钢板加热到 $750^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 的退火温度。如果退火温度为 750°C 以下,则无法充分确保退火时的奥氏体的分率,结果马氏体的面积率减少,难以实现所期望的TS。另一方面,如果退火温度大于 900°C ,则在奥氏体单相区进行退火,因此铁素体的面积率减少,难以实现所期望的延展性。另外,母材钢板中的低温区域扩散性氢量增加,难以实现所期望的延展性、延伸凸缘性、弯曲性和延伸凸缘裂纹的各向异性。因此,退火温度为 $750^{\circ}\text{C} \sim 900^{\circ}\text{C}$ 。退火温度优选为 770°C 以上,更优选为 780°C 以上,另外,优选为 880°C 以下,更优选为 860°C 以下。

[0216] 退火温度下的保热时间(以下也称为退火时间)没有特别限定,但从将母材钢板的铁素体和马氏体的面积率控制在规定范围的观点出发,优选为 $10\text{s} \sim 600\text{s}$ 。

[0217] 从大于 600°C 到退火温度的平均加热速度可以为 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{s}$,优选为 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

[0218] [退火工序的退火气氛的露点: -25°C 以上(优选条件)]

[0219] 退火工序的退火气氛的露点优选为 -25°C 。通过使退火工序中的退火气氛的露点为 -25°C 以上来进行,可促进脱碳反应,可以更深层地形成表层软质层。退火工序的退火气氛的露点更优选为 -15°C 以上,进一步优选为 -5°C 以上。退火工序的退火气氛的露点的上限没有特别限定,但从使设置热浸镀锌层时的镀覆密合性良好的观点出发,优选为 30°C 以下。如果露点为上述范围,则具备Fe系电镀层的冷轧钢板可以适当地防止镀层表面的氧化。

[0220] [2-7]退火后的冷却工序

[0221] 上述退火后,将冷轧钢板冷却。对于此时的条件,没有特别限定,可以采用公知的条件。例如,退火温度至 500°C 以上的温度区域的平均冷却速度没有特别限定,但从将母材钢板的铁素体和马氏体的面积率控制在规定范围的观点出发,优选为 $3^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

[0222] 另外,小于 500°C 的温度区域的平均冷却速度没有特别限定,从将马氏体的面积率控制在适当范围的观点出发,优选为 $1^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

[0223] [2-8]镀覆处理工序

[0224] 对冷轧钢板实施热浸镀锌处理。在热浸镀锌处理后,可以实施合金化处理。

[0225] 热浸镀锌处理可以在上述退火温度以下且 400°C 以上的温度区域实施。可以将冷轧钢板暂时冷却至小于 400°C ,再次将钢板温度提高至 400°C 以上,然后实施。

[0226] 可以在1条生产线(CGL(Continuous Galvanizing Line,连续镀锌生产线))中连续地进行退火、冷却和热浸镀锌处理。

[0227] 例如,可以在退火后将冷轧钢板冷却至 500°C 左右的温度区域,接着使冷轧钢板在冷却带的钢带输出侧通过,经由前端部浸渍于热浸镀锌浴的管口(snout)向热浸镀锌浴移动,同时进一步冷却。从冷轧钢板的冷却结束到冷轧钢板进入热浸镀锌浴为止的时间没有特别限定,但从将铁素体和马氏体的面积率控制在规定范围的观点出发,优选为 300s 以下。可以在冷却带与管口的连接部的紧前方设置多个用于改变冷轧钢板的行进方向而使其进

入管口内的辊,冷轧钢板在通过该辊后,进入管口内,接着使经由管口导入至热浸镀锌浴的冷轧钢板浸渍于热浸镀锌浴中,实施热浸镀锌处理,制成镀覆钢板。

[0228] 热浸镀锌处理的条件没有特别限定。例如,可以使冷轧钢板浸渍于 $440^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 的热浸镀锌浴中。另外,优选使用Al量为0.10质量%~0.23质量%、剩余部分为Zn和不可避免的杂质的组成的热浸镀锌浴。热浸镀锌浴中可以进一步含有合计为0质量%~3.5质量%的量的选自Pb、Sb、Si、Sn、Mg、Mn、Ni、Cr、Co、Ca、Cu、Li、Ti、Be、Bi和REM中的至少1种。热浸镀锌浴中可以含有从钢板中溶出的Fe。

[0229] 热浸镀锌处理优选以热浸镀锌钢板(GI)的单面当中的镀覆附着量为 $20\text{g}/\text{m}^2 \sim 80\text{g}/\text{m}^2$ 的方式进行。镀覆的附着量可以通过在热浸镀锌处理后进行气体擦拭等来调节。

[0230] 在热浸镀锌处理后,可以实施合金化处理。如果合金化处理温度小于 460°C ,则Zn-Fe合金化速度变得过慢,有生产率降低的风险,另一方面,如果合金化处理温度大于 600°C ,则未相变奥氏体相变为珠光体,有时TS和E1降低。因此,优选使合金化处理温度为 $460^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ 。合金化处理温度优选为 470°C 以上,另外,优选为 560°C 以下。

[0231] 合金化处理后的合金化热浸镀锌层中的Fe浓度优选为7质量%~15质量%,更优选为8质量%~13质量%。

[0232] [2-9]镀覆处理后的冷却工序

[0233] 镀覆处理(热浸镀锌处理或者热浸镀锌处理和合金化处理)后,将镀覆钢板冷却。

[0234] 冷却条件没有特别限定,可以采用公知的条件。例如,热浸镀锌处理或合金化处理结束后,到冷却停止温度的平均冷却速度没有特别限定,但从进一步提高TS的观点出发,优选为 $2^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,更优选为 $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上,另外,由于生产技术上的制约,优选为 $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下,更优选为 $40^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下。冷却方法也没有特别限定,可以应用气体喷射冷却、喷雾冷却、水冷和空冷等。

[0235] [镀覆钢板的冷却中的保热温度: $100^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ (优选条件)]

[0236] 在镀覆钢板的冷却中,可以在 $100^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 的温度区域保热5s以上,然后冷却。通过在镀覆钢板的冷却中进行保热,促进氢从镀覆钢板的脱离,母材钢板的低温区域扩散性氢量减少。因此,镀覆钢板的冷却中的保热温度优选为 100°C 以上。另一方面,如果镀覆钢板的冷却中的保热温度大于 450°C ,则马氏体的面积率减少,降低TS。因此,镀覆钢板的冷却中的保热温度优选为 $100^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。镀覆钢板的冷却中的保热温度更优选为 130°C 以上,进一步优选为 150°C 以上,另外,更优选为 400°C 以下,进一步优选为 350°C 以下。

[0237] [镀覆钢板的冷却中的保热时间:5s以上(优选条件)]

[0238] 从通过保热来有效减少母材钢板的低温区域扩散性氢量的观点出发,镀覆钢板的冷却中的保热时间优选为5s以上,更优选为10s以上,进一步优选为15s以上。镀覆钢板的冷却中的保热时间的上限没有特别限定,但从将母材钢板的铁素体和马氏体的面积率控制在规范范围的观点出发,优选为300s以下,更优选为100s以下。

[0239] [镀覆钢板的冷却中的冷却停止温度: 300°C 以下(优选条件)]

[0240] 在镀覆钢板的冷却中,冷却至马氏体相变开始温度以下的冷却停止温度,然后再加热,由此促进氢从镀覆钢板的脱离,可以减少母材钢板的低温区域扩散性氢量。从该观点出发,镀覆钢板的冷却中的冷却停止温度优选为 300°C 以下,更优选为 250°C 以下,进一步优选为 150°C 以下。镀覆钢板的冷却中的冷却停止温度的下限没有特别限定,但由于生产技术

上的制约,优选为10℃以上,更优选为30℃以上。

[0241] [镀覆钢板的再加热温度:(冷却停止温度+50℃)以上且450℃以下(优选条件)]

[0242] 达到冷却停止温度后,对镀覆钢板进行再加热,由此促进氢从镀覆钢板的脱离,母材钢板的低温区域扩散性氢量减少。从该观点出发,镀覆钢板的再加热温度优选为(冷却停止温度+50℃)以上。另一方面,如果镀覆钢板的再加热温度大于450℃,则马氏体的面积率减少,降低TS。因此,镀覆钢板的再加热温度优选为(冷却停止温度+50℃)以上且450℃以下,更优选为(冷却停止温度+80℃)以上,进一步优选为(冷却停止温度+100℃)以上,另外,优选为400℃以下,进一步优选为350℃以下。

[0243] [镀覆钢板的再加热温度下的保热时间:5s以上(优选条件)]

[0244] 通过在再加热温度下保热,促进氢从镀覆钢板的脱离,可以减少母材钢板的低温区域扩散性氢量。从该观点出发,镀覆钢板的再加热温度下的保热时间优选为5s以上,更优选为10s以上,进一步优选为15s以上。镀覆钢板的再加热温度下的保热时间的上限没有特别限定,但从将母材钢板的铁素体和马氏体的面积率控制在规定范围的观点出发,优选为300s以下,更优选为100s以下。

[0245] [冷却后的轧制:伸长率0.05%~1.00%(优选的工序和条件)]

[0246] 冷却后,优选对镀覆钢板实施伸长率:0.05%~1.00%的轧制。通过使冷却后的轧制中的伸长率为0.05%以上,可以向热浸镀锌层中导入裂缝,结果可以期待母材钢板的低温区域扩散性氢量的进一步减少。另一方面,如果冷却后的轧制中的伸长率大于1.00%,则具有{001}取向的铁素体的面积率增加,有时延伸凸缘裂纹的各向异性恶化。因此,冷却后的轧制的伸长率优选为0.05%~1.00%。冷却后的轧制的伸长率更优选为0.10%以上,另外,更优选为0.50%以下。

[0247] 冷却后的轧制可以在与连续热浸镀锌装置连续的装置上(在线)进行,也可以在与连续热浸镀锌装置不连续的装置上(离线)进行。另外,可以通过一次轧制实现目标伸长率,也可以进行多次轧制,合计实现0.05%~1.00%的伸长率。这里记载的轧制通常是指平整轧制,但只要能够赋予与平整轧制同等的伸长率,也可以是利用张力矫直机、辊进行的重复弯曲等的加工的方法。

[0248] 对于轧制处理,可以在将镀覆钢板冷却至室温附近后实施轧制处理,也可以在镀覆钢板的冷却停止时进行轧制处理,然后实施再加热处理。

[0249] 在热浸镀锌钢板成为处理对象的情况下,通常在冷却至室温后成为处理对象。

[0250] 对于上述以外的制造条件,没有特别限定,可以采用公知的条件。

[0251] [3] 构件及其制造方法

[0252] 对本发明的构件和其制造方法进行说明。

[0253] 本发明的构件是使用上述本发明的热浸镀锌钢板而成的构件。构件例如可以通过压制加工等将本发明的热浸镀锌钢板成型为目标形状来制造。

[0254] 本发明的热浸镀锌钢板是具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的高强度的热浸镀锌钢板。因此,通过将本发明的热浸镀锌钢板或使用热浸镀锌钢板而成的构件应用于例如汽车的骨架结构部件或汽车的加强部件,可以实现由车身轻量化带来的燃油效率提高,产业上的利用价值极大。

[0255] 实施例

[0256] 以下,通过实施例进一步详细说明本发明,但本发明不受实施例限制。

[0257] [试验No.1~39]

[0258] 将具有表1所示的成分组成、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢坯(钢坯材)利用转炉进行熔炼,通过连续铸造法得到钢坯。将得到的钢坯加热到1250℃,进行粗轧,得到薄板钢。接着,对得到的薄板钢在精轧温度:900℃下实施精轧,在表2所示的条件下进行卷绕,得到热轧钢板。对得到的热轧钢板实施酸洗后,在表2所示的条件下实施冷轧,得到板厚:1.4mm的冷轧钢板。

[0259] 对得到的冷轧钢板在表2所示的条件下实施退火。接着,对冷轧钢板实施表2所示的种类的镀覆处理,得到在双面具有热浸镀锌层的镀覆钢板。

[0260] 表2中的镀覆处理的种类中的GI是指仅进行热浸镀锌处理,无合金化处理。另外,GA是指进行热浸镀锌处理和合金化处理。

[0261] 在GI中,作为镀覆浴,使用含有Al:0.20质量%、剩余部分由Zn和不可避免的杂质构成的热浸镀锌浴。另外,在GA中,使用含有Al:0.14质量%、剩余部分由Zn和不可避免的杂质构成的热浸镀锌浴。镀覆浴温均为470℃。

[0262] 镀覆附着量在GI中为每单面45~72g/m²左右,另外,在GA中为45g/m²(双面镀覆)左右,均在双面进行镀覆处理。在GA中,使合金化处理温度为550℃左右。

[0263] GI的热浸镀锌层的组成为Fe:0.1~1.0质量%、Al:0.2~1.0质量%、剩余部分为Zn和不可避免的杂质。另外,GA的(合金化)热浸镀锌层的组成为Fe:7~15质量%、Al:0.1~1.0质量%、剩余部分为Zn和不可避免的杂质。

[0264] 接着,对一部分镀覆钢板在表2所示的条件下实施保热处理或在冷却后实施再加热处理。关于未明确记载的条件,按照常规方法进行。

[0265] 对这样得到的热浸镀锌钢板通过上述方法进行母材钢板的板厚1/4位置处的组织的鉴定,测定具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)和母材钢板的低温区域扩散性氢量。将结果示于表3。

[0266] 得到的钢板的母材钢板的成分组成与钢坯阶段的成分组成实质上相同,适合钢均在本发明的成分组成的范围内,比较钢均在本发明的成分组成的范围外。

[0267] 对得到的热浸镀锌钢板按照以下的试验方法评价拉伸特性和延伸凸缘性、延伸凸缘裂纹的各向异性和弯曲性。将结果示于表3。

[0268] [拉伸试验]

[0269] 拉伸试验依据JIS Z 2241进行。即,从得到的热浸镀锌钢板以钢板的轧制直角方向(C方向)成为长边方向的方式采取JIS5号试验片。接着,使用所采取的试验片,在十字头速度: 1.67×10^{-1} mm/s的条件下进行拉伸试验,测定YS、TS和E1。然后,关于TS,将780MPa以上判断为合格。另外,由测定的TS和E1计算TS和E1的乘积(TS×E1),算出TS×E1。然后,将TS×E1为13000MPa·%以上判断为合格。

[0270] [扩孔试验]

[0271] 扩孔试验依据JIS Z 2256进行。即,将得到的热浸镀锌钢板剪切成100mm×100mm,接着,在剪切的钢板上以间隙:12.5%冲裁出直径:10mm的孔。接着,使用内径:75mm的模具以褶皱保持力:9ton(88.26kN)按压钢板,在该状态下,将顶角:60°的圆锥冲头压入孔中,测

定龟裂产生极限的孔的直径。然后,通过下式求出(极限)扩孔率(%)。

$$[0272] \quad (\text{极限}) \text{扩孔率} : \lambda (\%) = \{ (D_f - D_0) / D_0 \} \times 100$$

[0273] 这里, D_f 为龟裂产生时的孔径 (mm), D_0 为初始孔径 (mm)。测定3张剪切的钢板的(极限)扩孔率,将其平均值作为 λ , 在其 λ 为30%以上的情况下,判断为延伸凸缘性合格。

[0274] 扩孔试验中,评价龟裂产生时的龟裂的产生方向和个数。龟裂的产生方向设为钢板的轧制方向(L方向)、相对于钢板的轧制方向为45度方向(D方向)和钢板的轧制直角方向(C方向),进而将L与D之间设为LD方向,将D与C之间设为DC方向,分类为5个方向。另外,在同一方向破裂1处的情况下该方向的龟裂的个数为1个,在同一方向破裂2处的情况下该方向的龟裂的个数为2个,也评价各方向的龟裂的个数。接着,各方向的龟裂产生率通过以下的式(1)~(3)算出。

$$[0275] \quad \text{L方向的裂纹产生率} (\%) = \{ \text{L方向的龟裂的个数} + (\text{LD方向的龟裂的个数}) / 2 \} / (\text{龟裂的总个数}) \times 100 \dots (1)$$

$$[0276] \quad \text{D方向的裂纹产生率} (\%) = \{ (\text{LD方向的龟裂的个数}) / 2 + \text{D方向的龟裂的个数} + (\text{DC方向的龟裂的个数}) / 2 \} / (\text{龟裂的总个数}) \times 100 \dots (2)$$

$$[0277] \quad \text{C方向的裂纹产生率} (\%) = \{ (\text{DC方向的龟裂的个数}) / 2 + \text{C方向的龟裂的个数} \} / (\text{龟裂的总个数}) \times 100 \dots (3)$$

[0278] 这里,在对于L、D和C方向,各方向的龟裂产生率为60%以下的情况下,判断为延伸凸缘裂纹的各向异性减少、即合格。

[0279] [弯曲试验]

[0280] 弯曲试验依据JIS Z 2248进行。从得到的热浸镀锌钢板以相对于钢板的轧制方向(L方向)平行的方向成为弯曲试验的轴向的方式采取宽度为30mm、长度为100mm的长条形的试验片。然后,在压入载荷为100kN、按压保持时间为5秒的条件下进行90°V弯曲试验。弯曲性以弯曲试验的合格率评价,在将弯曲半径(R)除以板厚(t)而得的值R/t为5以下的最大的R(例如,在板厚为1.4mm的情况下,弯曲半径为7.0mm)下实施5个样品的弯曲试验,接着,评价弯曲顶点的棱线部是否产生龟裂,将5个样品均不破裂的情况判断为弯曲性“优”。另外,将5个样品中的1个以上的样品产生小于200 μm 的微细裂纹的情况判断为弯曲性“良”。进而,将5个样品中的1个以上的样品产生200 μm 以上的微细裂纹的情况判断为弯曲性“差”。这里,是否产生龟裂通过使用数字显微镜(RH-2000:HIROX株式会社制)以40倍的倍率测定弯曲顶点的棱线部来评价。

[0281]

[表1]

钢种	成分组成 (质量%)																			备注										
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ti	Nb	V	Ta	W	B	Cr	Mo	Ni	Co	Cu		Sn	Sb	Ca	Mg	REM	Zr	Te	Hf	Bi	
A	0.089	0.55	2.75	0.005	0.0047	0.049	0.0048	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
B	0.129	0.55	2.40	0.029	0.0029	0.032	0.0046	0.0011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
C	0.075	0.19	2.40	0.024	0.0014	0.048	0.0030	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
D	0.130	0.58	2.42	0.021	0.0002	0.025	0.0037	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
E	0.025	0.24	2.27	0.026	0.0034	0.030	0.0044	0.0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比较钢
F	0.069	2.56	2.39	0.015	0.0016	0.038	0.0043	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比较钢
G	0.071	0.21	0.02	0.045	0.0006	0.027	0.0039	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比较钢
H	0.056	0.08	5.08	0.021	0.0027	0.038	0.0041	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	比较钢
I	0.081	0.57	2.64	0.021	0.0011	0.045	0.0028	0.0007	0.033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
J	0.090	0.59	2.72	0.007	0.0020	0.021	0.0039	0.0006	-	0.035	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
K	0.088	0.57	2.74	0.024	0.0038	0.021	0.0045	0.0021	-	-	0.019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
L	0.081	0.57	2.66	0.036	0.0038	0.030	0.0049	0.0009	-	-	-	0.033	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
M	0.055	0.24	2.33	0.038	0.0002	0.035	0.0028	0.0007	-	0.009	-	0.037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
N	0.099	0.59	2.70	0.045	0.0025	0.031	0.0040	0.0004	0.024	-	-	-	-	0.0032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
O	0.071	0.24	2.39	0.011	0.0023	0.028	0.0034	0.0005	-	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
P	0.090	0.56	2.65	0.029	0.0019	0.026	0.0036	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
Q	0.067	0.15	2.24	0.007	0.0010	0.038	0.0050	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
R	0.093	0.69	2.67	0.046	0.0023	0.026	0.0039	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
S	0.095	0.63	2.68	0.039	0.0028	0.049	0.0035	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
T	0.084	0.59	2.71	0.028	0.0044	0.034	0.0043	0.0006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
U	0.124	0.41	2.56	0.011	0.0045	0.037	0.0035	0.0004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.012	-	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
V	0.089	0.55	2.70	0.022	0.0042	0.033	0.0048	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0014	-	-	-	-	-	-	-	适合钢
W	0.096	0.62	2.70	0.006	0.0017	0.041	0.0028	0.0009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0002	0.0009	-	-	-	-	-	适合钢
X	0.070	0.09	2.28	0.011	0.0014	0.033	0.0044	0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0035	-	-	-	-	适合钢
Y	0.087	0.65	2.78	0.022	0.0008	0.027	0.0027	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.009	0.08	0.009	-	适合钢

下划线部：表示范围外。

[0282]

[表2]

No.	钢种	热轧工序		冷轧工序		退火工序		冷却工序			再加热工序		镀覆处理条件	备注
		卷绕温度 (°C)	总压下率 (%)	30%以上到总压下率 的总次数 (道次)	250°C~600°C 的平均加热速度 (°C/s)	退火温度 (°C)	保温 温度 (°C)	保温 时间 (s)	冷却停止 温度 (°C)	再加热 温度 (°C)	再加热温度下 的保温时间 (s)	种类		
1	A	550	50	3	20	790	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
2	A	550	50	3	20	790	150	70	室温	-	-	GA	发明例	
3	A	550	50	3	20	790	-	-	50	200	50	GA	发明例	
4	B	500	50	4	20	820	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
5	B	500	50	4	20	820	200	100	室温	-	-	GA	发明例	
6	B	500	50	4	20	820	-	-	室温	300	70	GA	发明例	
7	C	600	60	4	20	780	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
8	C	600	60	4	20	780	150	150	室温	-	-	GA	发明例	
9	C	600	60	4	20	780	-	-	室温	200	40	GA	发明例	
10	C	<u>350</u>	60	4	20	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
11	C	<u>750</u>	60	4	20	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
12	C	600	<u>25</u>	4	20	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
13	C	600	60	<u>1</u>	20	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
14	C	600	60	4	<u>0.5</u>	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
15	C	600	60	4	120	780	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
16	C	600	60	4	20	<u>720</u>	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
17	C	600	60	4	20	<u>850</u>	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
18	D	450	50	3	18	850	-	-	室温	250	100	GA	发明例	
19	E	550	65	4	25	800	-	-	室温	-	-	GI	比较例	
20	E	550	65	4	25	800	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
21	G	550	65	4	25	800	-	-	室温	-	-	GI	比较例	
22	H	550	65	4	25	800	-	-	室温	-	-	GA	比较例	
23	I	600	55	4	18	810	-	-	50	200	90	GA	发明例	
24	J	600	70	4	12	800	-	-	100	300	100	GI	发明例	
25	K	600	60	4	17	800	-	-	50	250	100	GA	发明例	
26	L	600	55	6	48	800	-	-	室温	300	50	GI	发明例	
27	M	650	55	10	16	760	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
28	N	700	55	3	23	800	-	-	室温	200	100	GA	发明例	
29	O	600	70	3	16	770	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
30	P	600	60	3	24	820	-	-	室温	250	100	GI	发明例	
31	Q	550	70	3	15	800	-	-	室温	150	200	GA	发明例	
32	R	550	40	3	14	780	-	-	100	200	100	GI	发明例	
33	S	550	55	3	14	800	-	-	50	250	100	GI	发明例	
34	T	550	55	3	25	780	-	-	50	250	100	GA	发明例	
35	U	600	60	2	14	870	-	-	50	300	30	GA	发明例	
36	V	600	55	4	26	810	-	-	50	250	100	GI	发明例	
37	W	400	70	4	31	810	-	-	150	250	100	GA	发明例	
38	X	600	70	4	27	790	-	-	室温	-	-	GA	发明例	
39	Y	650	55	4	34	800	-	-	250	450	5	GA	发明例	

[0283] 下划线部:表示范围外

[0284]

[表3]

No.	钢种	母材钢板的量性				母材钢板的低温区域扩散性氢量 (质量ppm)		延展性						延伸凸缘裂纹的各向异性	备注
		M的面积率 (%)	a的面积率 (%)	残余Y的面积率 (%)	残余部分组织	具有(001)取向的残余体的面积率/全部残余体的面积率	YS (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	TS×EI (MPa·%)	λ	弯曲性			
1	A	46	49	3	θ	0.31	0.009	681	1046	13	13598	42	良	合格	发明例
2	A	46	48	4	θ	0.32	0.006	637	1024	13	13312	42	优	合格	发明例
3	A	44	51	3	θ	0.28	0.002	662	1028	21	21588	39	优	合格	发明例
4	B	51	43	3	θ	0.48	0.007	1075	1195	11	13145	38	良	合格	发明例
5	B	62	33	4	θ	0.33	0.004	1016	1236	12	14632	41	优	合格	发明例
6	B	64	30	4	θ	0.40	0.000	1057	1246	11	13706	20	优	合格	发明例
7	C	32	64	3	θ	0.27	0.005	405	792	22	17424	29	良	合格	发明例
8	C	31	66	1	θ	0.28	0.003	520	842	24	20208	30	优	合格	发明例
9	C	32	65	1	θ	0.33	0.001	503	797	22	17534	29	优	合格	发明例
10	C	21	75	2	θ	0.55	0.005	537	801	25	20025	27	良	不合格	比较例
11	C	5	92	0	θ	0.26	0.006	589	759	18	13962	30	良	合格	比较例
12	C	33	64	1	θ	0.52	0.003	471	782	20	15640	23	良	合格	比较例
13	C	26	72	1	θ	0.68	0.002	590	839	20	16780	23	良	不合格	比较例
14	C	5	92	1	θ	0.20	0.008	526	757	18	13626	30	良	合格	比较例
15	C	22	73	2	θ	0.61	0.002	453	802	17	13634	23	良	不合格	比较例
16	C	9	93	0	θ	0.22	0.000	429	741	22	16302	25	良	合格	比较例
17	C	83	15	2	θ	0.32	0.017	615	830	11	9130	17	差	合格	比较例
18	D	58	36	3	θ	0.43	0.000	816	1231	16	19696	26	优	合格	发明例
19	E	6	91	1	θ	0.38	0.004	423	766	18	13788	22	良	合格	比较例
20	E	27	58	11	θ	0.22	0.018	504	822	18	14796	18	差	不合格	比较例
21	E	5	91	0	θ	0.36	0.001	499	750	18	13500	25	良	合格	比较例
22	H	23	74	0	θ	0.55	0.002	432	833	9	7487	29	良	不合格	比较例
23	I	45	48	5	θ	0.41	0.002	709	984	17	16728	23	优	合格	发明例
24	J	45	48	5	θ	0.38	0.002	682	1045	15	15675	34	优	合格	发明例
25	K	42	50	4	θ	0.28	0.000	695	1048	13	13637	24	优	合格	发明例
26	L	47	46	3	θ	0.42	0.000	589	1000	13	13000	29	优	合格	发明例
27	M	36	62	1	θ	0.23	0.001	615	841	16	13456	25	良	合格	发明例
28	N	43	50	5	θ	0.28	0.002	601	1009	16	16144	36	优	合格	发明例
29	O	26	70	1	θ	0.37	0.001	590	784	19	14896	23	良	合格	发明例
30	P	45	49	5	θ	0.30	0.000	618	1030	18	18540	33	优	合格	发明例
31	Q	34	62	3	θ	0.24	0.006	564	846	16	13568	26	优	合格	发明例
32	R	55	37	4	θ	0.32	0.008	588	1034	14	14476	27	优	合格	发明例
33	S	48	46	5	θ	0.26	0.000	706	959	15	14685	23	优	合格	发明例
34	T	51	42	4	θ	0.28	0.000	641	999	14	13986	24	优	合格	发明例
35	U	51	45	3	θ	0.44	0.000	945	1247	11	13717	25	优	合格	发明例
36	V	46	48	4	θ	0.37	0.000	731	1010	20	20200	39	优	合格	发明例
37	W	49	44	5	θ	0.28	0.008	656	992	16	15872	32	优	合格	发明例
38	X	30	67	2	θ	0.22	0.009	482	834	21	17514	20	良	合格	发明例
39	Y	53	41	5	θ	0.40	0.004	687	1036	19	19684	20	优	合格	发明例

下列符号: θ表示范围外。
M: 马氏体, a: 铁素体, 残余Y: 残余奥氏体, θ: 渗碳体和/或亚稳碳化物

[0285] 如表3所示,在所有发明例中,TS为780MPa以上,具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性,并且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性。另一方面,在比较例中,TS、延展性、延伸凸缘性、弯曲性和延伸凸缘裂纹的各向异性中的至少一者不充分。

[0286] [试验No. 40 ~ 63]

[0287] 将具有表1所示的成分组成、剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的钢坯(钢坯材)利用转炉进行熔炼,通过连续铸造法得到钢坯。将得到的钢坯加热到1250℃,进行粗轧,得到薄板钢。接着,对得到的薄板钢在精轧温度:900℃下实施精轧,在表4所示的条件下进行卷绕,得到热轧钢板。对得到的热轧钢板实施酸洗后,在表4所示的条件下实施冷轧,得到板厚:1.4mm的冷轧钢板。

[0288] 对一部分冷轧钢板进行金属电镀处理工序。当表4的金属电镀处理的有无(镀覆种类)栏为有(Fe)时,是进行Fe系电镀处理的例子,当为(Ni)时,是进行Ni系电镀处理的例子。金属电镀层的组成在Fe系电镀中含有Fe:95~100质量%,在Ni系电镀中含有Ni:95~100质量%,各自剩余部分为不可避免的杂质。

[0289] 接着,对冷轧钢板实施表4所示的种类的镀覆处理(GI、GA),得到在双面具有热浸

镀锌层的镀覆钢板。GI、GA的条件与上述同样。

[0290] 接着,对一部分镀覆钢板在表4所示的条件下实施保热处理或在冷却后实施再加热处理。关于未明确记载的条件,按照常规方法进行。

[0291] 对这样得到的热浸镀锌钢板按照上述试验方法进行母材钢板的板厚1/4位置处的组织的鉴定,测定具有{001}取向的铁素体的面积率相对于全部铁素体的面积率的比例(具有{001}取向的铁素体的面积率/全部铁素体的面积率)和母材钢板的低温区域扩散性氢量。将结果示于表5。

[0292] 得到的钢板的母材钢板的成分组成与钢坯阶段的成分组成实质上相同,适合钢均在本发明的实施方式的成分组成的范围内。

[0293] 对得到的热浸镀锌钢板按照上述试验方法评价拉伸特性和延伸凸缘性、延伸凸缘裂纹的各向异性和弯曲性。将结果示于表5。

[0294] 进而,对得到的热浸镀锌钢板测定表层软质层的厚度、金属镀层附着量。将结果示于表5。

[0295] [表层软质层的厚度]

[0296] 通过湿式研磨使母材钢板的与轧制方向平行的板厚截面(L截面)平滑化后,使用维氏硬度计,在载荷10gf下,从距母材钢板表面沿板厚方向为1 μ m的位置到板厚方向100 μ m的位置以1 μ m间隔进行测定。然后,到板厚中心以20 μ m间隔进行测定。将硬度与板厚1/4位置的硬度相比减少到85%以下的区域定义为软质层(表层软质层),将该区域的板厚方向的厚度设为软质层的厚度。

[0297] [金属镀层附着量]

[0298] 从热浸镀锌钢板采取10mm \times 15mm尺寸的样品,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、根据Fe系镀层的厚度以倍率2000~10000倍观察该截面的任意3处,将3个视场的厚度的平均值乘以铁的比重,由此换算成Fe系镀层的单面当中的附着量。

[0299] [表层软质层的纳米硬度]

[0300] 对得到的热浸镀锌钢板的母材钢板的表层软质层测定纳米硬度。将结果示于表5。

[0301] 对于表层软质层的1/4位置,如下所示。从得到的热浸镀锌钢板剥离镀层后,实施机械研磨、利用金刚石和氧化铝的抛光以及胶体二氧化硅研磨至距母材钢板表面为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置。使用纳米压痕装置(Hysitron公司的tribo-950),利用三菱锥形状的金剛石压头,在载荷速度和卸载速度:50 μ N/s、最大载荷:500 μ N、测定区域:50 μ m \times 50 μ m、数据采取间距:5msec、打点间隔:2 μ m的条件下测定共计512个点的纳米硬度。

[0302] 接着,实施机械研磨、利用金刚石和氧化铝的抛光以及胶体二氧化硅研磨至上述表层软质层的板厚方向深度的1/2位置。使用Hysitron公司的tribo-950,利用三菱锥形状的金剛石压头,在与上述同样的条件下测定共计512个点的纳米硬度。

[0303] [V弯曲+正交VDA弯曲试验、轴向压溃断裂试验]

[0304] 对得到的热浸镀锌钢板进行V弯曲+正交VDA弯曲试验、轴向压溃断裂试验。将结果示于表5。

[0305] 应予说明,在板厚大于1.2mm的热浸镀锌钢板的V弯曲+正交VDA弯曲试验和轴向压溃试验中,考虑板厚的影响,全部用板厚1.2mm的钢板实施。对板厚大于1.2mm的钢板进行单

面磨削,使板厚为1.2mm。另一方面,在板厚小于1.2的热浸镀锌钢板的V弯曲+正交VDA弯曲试验和轴向压溃试验中,板厚的影响小,因此在不进行磨削处理的情况下进行试验。

[0306] V弯曲+正交VDA弯曲试验如下实施。

[0307] 通过剪切、端面磨削加工从得到的热浸镀锌钢板采取60mm×65mm的试验片。这里,60mm的边与轧制(L)方向平行。以曲率半径/板厚:4.2且以宽度(C)方向为轴在轧制(L)方向实施90°弯曲加工(一次弯曲加工),准备试验片。在90°弯曲加工(一次弯曲加工)中,如图1(a)所示,对放置在具有V形槽的模具A1上的钢板压入冲头B1,得到试验片T1。接下来,如图1(b)所示,对放置在支撑辊A2上的试验片T1以使弯曲方向为轧制直角方向的方式压入冲头B2而实施正交弯曲(二次弯曲加工)。在图1(a)和图1(b)中,D1表示宽度(C)方向,D2表示轧制(L)方向。

[0308] V弯曲+正交VDA弯曲试验中的V弯曲的条件如下。

[0309] 试验方法:模具支撑、冲头压入

[0310] 成型载荷:10ton

[0311] 试验速度:30mm/min

[0312] 保持时间:5s

[0313] 弯曲方向:轧制(L)方向

[0314] V弯曲+正交VDA弯曲试验中的VDA弯曲的条件如下。

[0315] 试验方法:辊支撑、冲头压入

[0316] 辊径:φ30mm

[0317] 冲头前端R:0.4mm

[0318] 辊间距离:(板厚×2)+0.5mm

[0319] 冲程速度:20mm/min

[0320] 试验片尺寸:60mm×60mm

[0321] 弯曲方向:轧制直角(C)方向

[0322] 在实施上述VDA弯曲时得到的冲程—载荷曲线中,求出载荷最大时的冲程。将实施3次上述V弯曲+正交VDA弯曲试验时的该载荷最大时的冲程的平均值作为 SF_{max} (mm)。当求出的 SF_{max} 满足26.0mm以上时,判断为碰撞时的耐断裂性(对弯曲断裂的耐性)优异。

[0323] [轴向压溃试验]

[0324] 轴向压溃试验如下实施。

[0325] 通过剪切加工从得到的热浸镀锌钢板采取150mm×100mm的试验片。这里,150mm的边与轧制(L)方向平行。使用冲头肩半径为5.0mm、模具肩半径为5.0mm的模具,以使深度达到40mm的方式进行成型加工(弯曲加工),制作图2(a)和图2(b)所示的帽型构件10。

[0326] 另外,将作为帽型构件的坯材使用的钢板另外切出80mm×100mm的大小。接下来,对该切出后的钢板20与帽型构件10进行点焊,制作如图2(a)和图2(b)所示的试验用构件30。图2(a)是对帽型构件10与钢板20进行点焊而制作的试验用构件30的主视图。图2(b)是试验用构件30的立体图。点焊部40的位置如图2(b)所示以使钢板的端部与焊接部为10mm、焊接部间为20mm的间隔的方式设置。接下来,如图2(c)所示,通过TIG焊接将试验用构件30与底板50接合而制作轴向压溃试验用样品。接下来,使撞击器60与制作的轴向压溃试验用样品以10mm/min的碰撞速度等速碰撞,将轴向压溃试验用的样品压溃70mm。如图2(c)所示,

压溃方向D3为与试验用构件30的长边方向平行的方向。

[0327] 观察试验后的试验用构件30的外观,确认有无轴向压溃断裂(外观裂纹)。

[0328] 当没有观察到外观裂纹时,将“A”记载于下表5,当观察到1处以下的外观裂纹时,将“B”记载于下表5,当观察到2处以上的外观裂纹时,将“C”记载于下表5。在“A”或“B”的情况下,判断为碰撞时的耐断裂性(对轴向压溃断裂的耐性)优异。

[0329]

[表4]

No.	物种	热轧工序		冷轧工序		金属电镀处理工序		退火工序		冷却工序		再加热工序		热浸镀锌处理工序		备注
		卷绕温度 (°C)	总压下率 (%)	30%以上到总压 下率的道次数 (道次)	有无(镀覆种类)	250°C~600°C的 平均加热速度 (°C/s)	退火温度 (°C)	露点 (°C)	保热 温度 (°C)	保热 时间 (s)	冷却停止 温度 (°C)	再加热 温度 (°C)	再加热温度下 的保热时间 (s)	种类		
40	B	490	50	4	无	20	830	-15	-	50	300	40	GA	发明例		
41	B	490	50	4	无	20	830	10	-	50	300	40	GA	发明例		
42	B	490	50	4	有(Fe)	20	830	-15	-	50	300	40	GI	发明例		
43	B	490	50	4	有(Fe)	20	830	10	-	50	300	40	GA	发明例		
44	B	490	50	4	有(Ni)	20	830	10	-	50	300	40	GA	发明例		
45	B	490	50	4	无	20	830	10	150	50	300	40	GA	发明例		
46	B	490	50	4	有(Fe)	20	830	-15	150	50	300	40	GI	发明例		
47	B	490	50	4	有(Fe)	20	830	10	150	50	300	40	GA	发明例		
48	C	580	60	3	无	18	790	-20	-	室温	-	-	GA	发明例		
49	C	580	60	3	无	18	790	5	-	室温	-	-	GI	发明例		
50	C	580	60	3	有(Fe)	18	790	-20	-	室温	-	-	GA	发明例		
51	C	580	60	3	有(Fe)	18	790	5	-	室温	-	-	GI	发明例		
52	C	580	60	3	有(Ni)	18	790	5	-	室温	-	-	GA	发明例		
53	C	580	60	3	无	18	790	5	200	50	200	-	GA	发明例		
54	C	580	60	3	有(Fe)	18	790	-20	200	50	200	-	GA	发明例		
55	C	580	60	3	有(Fe)	18	790	5	200	50	200	-	GA	发明例		
56	N	540	55	4	无	22	810	-20	-	室温	200	80	GA	发明例		
57	N	540	60	4	无	22	810	10	-	室温	200	80	GI	发明例		
58	N	540	60	4	有(Fe)	22	810	-20	-	室温	200	80	GA	发明例		
59	N	540	60	4	有(Fe)	22	810	10	-	室温	200	80	GA	发明例		
60	N	540	60	4	有(Ni)	22	810	10	-	室温	200	80	GA	发明例		
61	N	540	60	4	无	22	810	10	200	100	200	80	GA	发明例		
62	N	540	60	4	有(Fe)	22	810	-20	200	100	200	80	GA	发明例		
63	N	540	60	4	有(Fe)	22	810	10	200	100	200	80	GI	发明例		

下划线部:表示范围外。

[0330]

[表5]

No.	钢种	M的 面积率 (%)		α的 面积率 (%)		母材侧的 残余γ的 面积率 (%)		母材侧的 低溫区域 分散性石墨 (质量ppm)		软质层厚度 (μm)		金属镀膜 附着量 (g/m ²)		Hn为7GPa 以上的比例		表质软质层的Hn1/ 1/4位置的Hn1/2位置的 标准偏差		YS (MPa)		TS (MPa)		E1 (MPa)		TS×E1 (MPa ²)		λ (%)		弯曲性		延伸凸缘裂紋 的各向异性		S _{Fmax} (mm)		备注	
		M	α	M	α	M	α	M	α	Hn1/4	Hn1/2	Hn1/4	Hn1/2	YS	TS	E1	TS×E1	λ	弯曲性	延伸凸缘裂紋 的各向异性	S _{Fmax}	备注													
40	B	47	51	5	6	0.48	0.002	15	—	0.19	2.3	382	1227	11	13437	33	良	合格	26.6	A	发明例														
41	B	46	52	3	6	0.32	0.000	44	—	0.06	1.5	942	1201	12	14112	42	优	合格	27.6	A	发明例														
42	B	50	48	5	6	0.44	0.002	23	10.0	0.20	2.0	968	1200	13	15600	36	优	合格	27.7	A	发明例														
43	B	47	51	4	6	0.44	0.000	80	10.0	0.01	0.7	939	1242	10	12420	35	优	合格	20.8	A	发明例														
44	B	52	46	4	6	0.40	0.000	49	10.0	0.02	0.8	900	1248	11	13796	40	优	合格	29.6	A	发明例														
45	B	50	48	2	6	0.35	0.004	36	—	0.05	1.4	962	1225	11	13475	43	优	合格	28.4	A	发明例														
46	B	55	43	5	6	0.35	0.004	13	10.0	0.19	1.6	989	1207	10	12070	43	优	合格	27.2	A	发明例														
47	B	49	49	4	6	0.43	0.003	57	10.0	0.01	0.6	911	1215	13	15795	39	优	合格	30.0	A	发明例														
48	C	33	65	2	6	0.27	0.004	14	—	0.22	2.1	414	813	21	17073	33	良	合格	26.7	B	发明例														
49	C	31	67	3	6	0.38	0.002	40	—	0.10	1.6	405	828	21	17398	32	优	合格	27.9	A	发明例														
50	C	35	63	4	6	0.30	0.004	15	16.0	0.24	2.0	419	789	22	17358	30	优	合格	27.5	A	发明例														
51	C	30	68	3	6	0.30	0.002	61	16.0	0.04	0.8	397	812	22	17864	30	优	合格	28.8	A	发明例														
52	C	34	64	3	6	0.23	0.002	57	16.0	0.04	0.9	410	818	21	17176	34	优	合格	28.6	A	发明例														
53	C	34	64	5	6	0.32	0.001	38	—	0.09	1.5	407	797	20	15940	30	优	合格	28.2	A	发明例														
54	C	32	66	2	6	0.32	0.003	22	16.0	0.23	1.9	399	828	23	18044	36	优	合格	28.1	A	发明例														
55	C	33	65	5	6	0.26	0.001	56	16.0	0.03	0.7	424	795	24	18080	33	优	合格	29.5	A	发明例														
56	N	42	56	5	6	0.29	0.004	14	—	0.16	2.0	599	1022	18	16396	33	优	合格	26.9	B	发明例														
57	N	43	55	2	6	0.36	0.002	38	—	0.05	1.3	620	1037	16	16592	30	优	合格	27.8	A	发明例														
58	N	41	57	2	6	0.29	0.004	16	12.0	0.18	1.7	636	1016	16	16256	36	优	合格	27.5	A	发明例														
59	N	40	58	5	6	0.29	0.002	68	12.0	0.03	0.4	654	1018	17	17396	37	优	合格	29.2	A	发明例														
60	N	41	57	3	6	0.41	0.002	58	12.0	0.03	0.7	643	1022	18	16396	37	优	合格	29.5	A	发明例														
61	N	44	54	4	6	0.40	0.000	39	—	0.04	1.2	617	999	18	17992	31	优	合格	28.5	A	发明例														
62	N	41	57	2	6	0.27	0.001	20	12.0	0.17	1.6	643	994	15	14910	32	优	合格	28.7	A	发明例														
63	N	44	54	2	6	0.42	0.000	59	12.0	0.02	0.3	590	1020	17	17476	31	优	合格	30.0	A	发明例														

下列续部：表示范围外。

M：马氏体，α：铁素体，残余γ：残余奥氏体，θ：渗碳体和/或亚稳碳化物

[0331] 表5所示,在所有发明例中,TS为780MPa以上,具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性,并且减少了延伸凸缘裂紋的各向异性。进而,碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性

和轴向压溃特性)也优异。

[0332] 产业上的可利用性

[0333] 根据本发明,可提供高强度且具有高延展性以及高延伸凸缘性和弯曲性、且减少了延伸凸缘裂纹的各向异性的热浸镀锌钢板。特别是,本发明的热浸镀锌钢板的各种特性优异,因此可以应用于各种大小和形状的汽车骨架结构部件等。由此,可以实现由车身轻量化带来的燃油效率提高,产业上的利用价值极大。

[0334] 符号说明

[0335] A1模具

[0336] A2支撑辊

[0337] B1冲头

[0338] B2冲头

[0339] T1试验片

[0340] D1宽度(C)方向

[0341] D2轧制(L)方向

[0342] D3压溃方向

[0343] 10帽型构件

[0344] 20钢板

[0345] 30试验用构件

[0346] 40点焊部

[0347] 50底板

[0348] 60撞击器

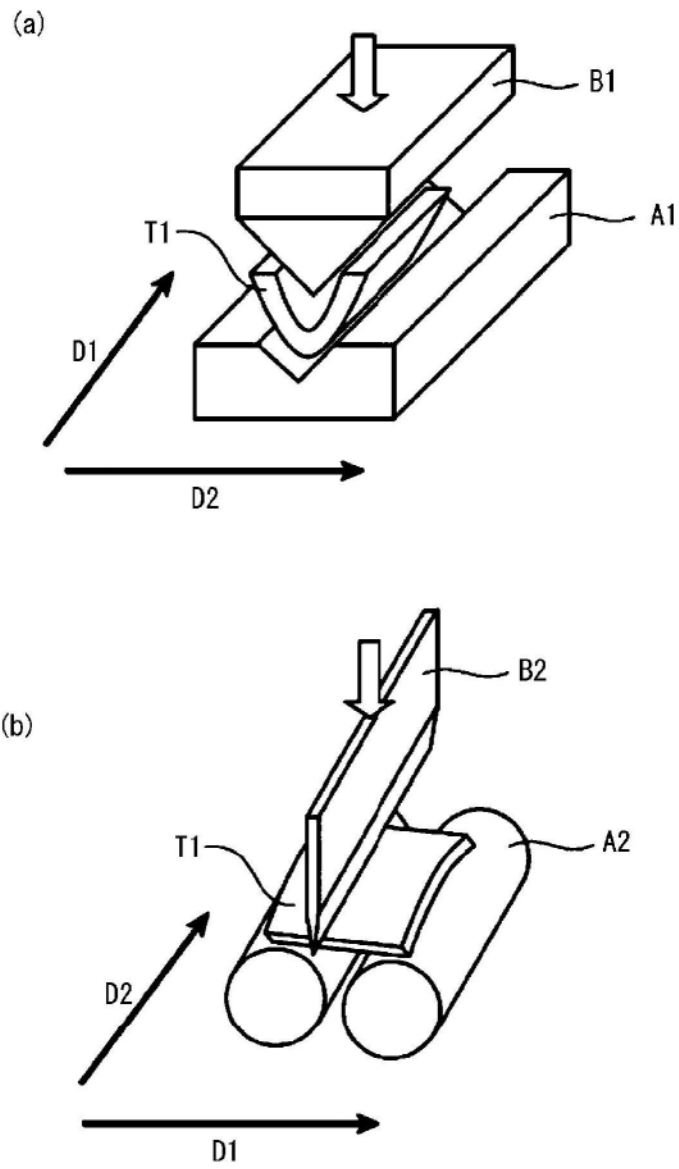


图1

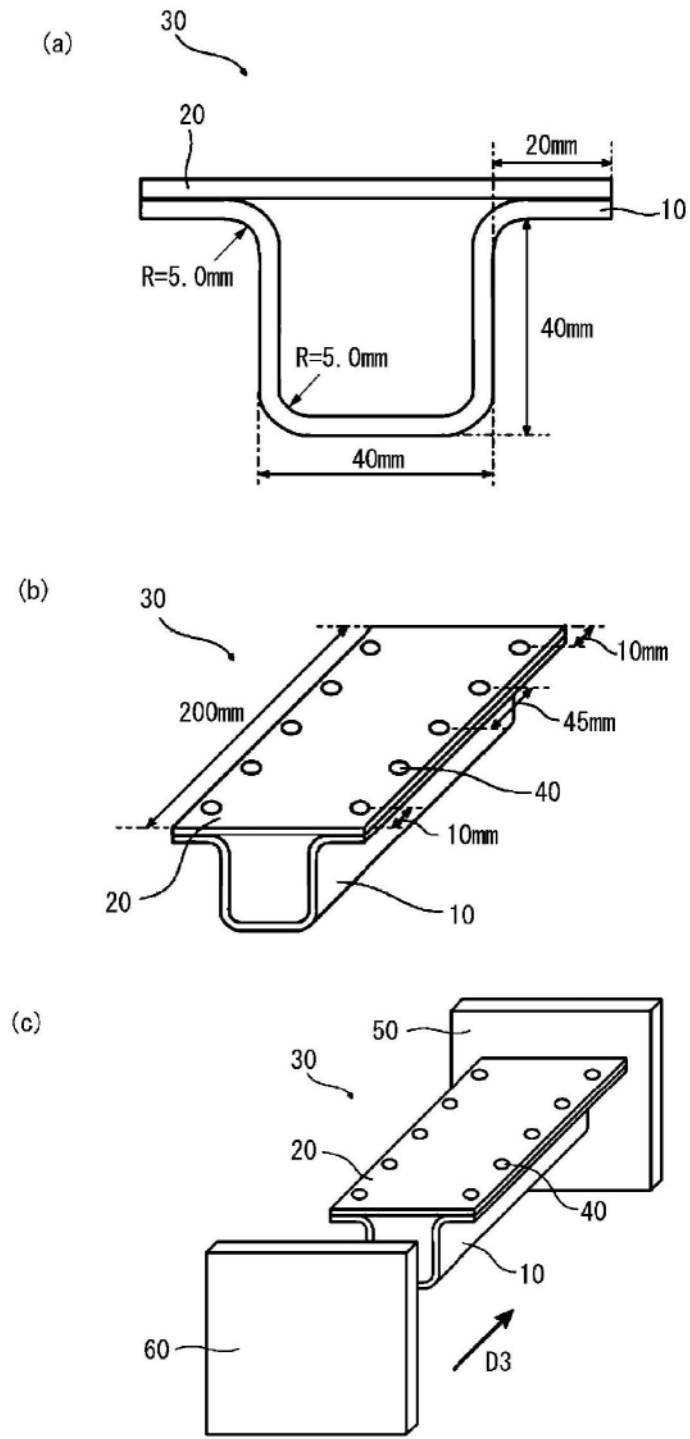


图2