



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 118974292 A

(43) 申请公布日 2024.11.15

(21) 申请号 202280093939.X

(22) 申请日 2022.11.30

(30) 优先权数据

2022-059631 2022.03.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/044175 2022.11.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/188539 JA 2023.10.05

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 川崎由康 中垣内达也 山本俊佑

星野克弥

(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 9/46 (2006.01)

G22C 18/00 (2006.01)

G22C 18/04 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

G22C 38/60 (2006.01)

G23C 2/06 (2006.01)

G23C 2/12 (2006.01)

G23C 26/00 (2006.01)

权利要求书2页 说明书34页 附图4页

(54) 发明名称

钢板、部件以及它们的制造方法

(57) 摘要

本发明提供TS:590MPa以上且具有高的YS以及优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)和碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性和轴向压溃特性)的钢板、部件以及它们的制造方法。使基体钢板为规定的成分组成,在从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,纳米硬度为7.0GPa以上的比例为0.10以下,并且从基体钢板表面起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,并且从基体钢板表面起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。

1. 一种钢板,具有基体钢板,所述基体钢板具有以下的成分组成:以质量%计,含有C:0.030%~0.500%、Si:0.01%~3.00%、Mn:0.30%以上且小于10.00%、P:0.001%~0.100%、S:0.0200%以下、Al:0.005%~2.000%、N:0.0100%以下,由以下的式(1)表示的 C_{eq} 满足0.30%~0.85%,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

并且,表层软质层形成于在板厚方向距基体钢板表面200 μm 以下的区域,所述表层软质层的维氏硬度相对于所述基体钢板的板厚1/4位置的维氏硬度为85%以下的,

分别在从所述基体钢板表面起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位置的板面的50 μm ×50 μm 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,

相对于总测定数,从所述基体钢板表面起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以上的测定数的比例为0.10以下,

并且,从所述基体钢板表面起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,

并且,从所述基体钢板表面起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,

$C_{eq} = [\%C] + [\%Mn]/6 + [\%Si]/24 + [\%Ni]/40 + [\%Cr]/5 + [\%Mo]/4 + [\%V]/14 \cdots$
式(1)

其中,[%C]:C含量、[%Mn]:Mn含量、[%Si]:Si含量、[%Ni]:Ni含量、[%Cr]:Cr含量、[%Mo]:Mo含量、[%V]:V含量,不含有的情况下为0。

2. 根据权利要求1所述的钢板,其中,所述表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率为20%以上,

所述表层软质层中存在的马氏体的面积率除以所述表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而得的值为0.45以下。

3. 根据权利要求1或2所述的钢板,其中,所述成分组成以质量%计进一步含有选自Nb:0.200%以下、Ti:0.200%以下、V:0.200%以下、B:0.0100%以下、Cr:1.000%以下、Ni:1.000%以下、Mo:1.000%以下、Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下、Cu:1.000%以下、Ta:0.100%以下、W:0.500%以下、Mg:0.0200%以下、Zn:0.0200%以下、Co:0.0200%以下、Zr:0.1000%以下、Ca:0.0200%以下、Se:0.0200%以下、Te:0.0200%以下、Ge:0.0200%以下、As:0.0500%以下、Sr:0.0200%以下、Cs:0.0200%以下、Hf:0.0200%以下、Pb:0.0200%以下、Bi:0.0200%以下、REM:0.0200%以下中的至少1种元素。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的钢板,其中,在所述基体钢板的单面或两面的表面上具有金属镀层作为第一镀层。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述的钢板,其中,在所述钢板的单面或两面的最表层具有金属镀层作为第二镀层。

6. 根据权利要求1~5中任一项所述的钢板,其中,极限弯曲半径R除以板厚t而得的R/t为4.5~5.0的90°V弯曲加工后的试验片的表面凹凸深度为20.0 μm 以下。

7. 一种部件,是使用权利要求1~6中任一项所述的钢板而成的。

8. 一种钢板的制造方法,包括以下的工序:

热轧工序,对具有权利要求1或3所述的成分组成的钢坯实施热轧,

退火工序,将得到的钢板在退火温度: Ac_1 点~950°C、退火时间:10秒以上、露点:-30°C

以上的气氛的条件下进行退火,

第一冷却工序,在所述退火工序后,将得到的钢板在 A_{c_1} 点到 450°C 的温度区域内、在露点: -30°C 以下的气氛的条件下,以 $8^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上的平均冷却速度进行冷却,以及

第二冷却工序,在所述第一冷却工序后,将得到的钢板在低于 450°C 到 300°C 的温度区域内为小于 $8^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 的平均冷却速度进行冷却。

9.根据权利要求8所述的钢板的制造方法,其中,包括冷轧工序:对所述热轧工序后且所述退火工序前的钢板实施冷轧。

10.根据权利要求8或9所述的钢板的制造方法,其中,包括第一镀覆工序:在所述热轧工序后且所述退火工序前的钢板的单面或两面实施金属镀覆而形成第一镀层。

11.根据权利要求8~10中任一项所述的钢板的制造方法,其中,包括第二镀覆工序:对所述第二冷却工序后的钢板实施镀覆处理而形成第二镀层。

12.根据权利要求8~11中任一项所述的钢板的制造方法,其中,包括再加热保持工序:在所述第二冷却工序后,将得到的钢板冷却至 250°C 以下到室温的冷却停止温度,再加热至(所述冷却停止温度 $+50^{\circ}\text{C}$)到 450°C 的再加热温度区域,在所述再加热温度区域内保持10秒以上。

13.一种部件的制造方法,包括对权利要求1~6中任一项所述的钢板实施成型加工、接合加工中的至少一种而制成部件的工序。

钢板、部件以及它们的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及钢板、以该钢板为坯材的部件以及它们的制造方法。

背景技术

[0002] 为了兼得通过汽车车体中使用的钢板的薄壁轻型化来提升燃油效率以减少CO₂排放量和碰撞安全性的提高,一直在推进汽车用钢板的高强度化。并且还相继引入了新的法律法规。因此,出于增加车体强度的目的,向装配于汽车驾驶室的骨架中的主要结构部件和加强部件(以下也称为汽车的骨架结构部件等)应用高强度钢板情况在不断增加。另外,对于在汽车的骨架结构部件等中使用的高强度钢板要求在压制成型时具有高的部件强度。对于部件强度的提升,有效的是例如提高钢板的屈服应力(以下也简称为YS)。由此,汽车碰撞时的冲击吸收能量(以下也简称为冲击吸收能量)上升。另外,汽车的骨架结构部件等中,例如吸能盒等具有弯曲加工部。因此,从压制成型性的观点考虑,这样的部件优选采用具有高弯曲性的钢板。另外,从车体防锈性能的观点考虑,对成为汽车部件的坯材的钢板大多实施镀锌。因此,希望开发出在具有高强度的基础上压制成型性和耐冲击特性也优异的热浸镀锌钢板。

[0003] 作为成为这样的汽车部件的坯材的钢板,例如,在专利文献1中公开了一种拉伸凸缘性和耐碰撞特性优异的高强度钢板,其特征在于,具有以下成分组成:以质量%表示,含有0.04~0.22%的C、1.0%以下的Si、3.0%以下的Mn、0.05%以下的P、0.01%以下的S、0.01~0.1%的Al以及0.001~0.005%的N,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,并且由作为主相的铁素体相和作为第二相的马氏体相构成,且马氏体相的最大粒径为2 μ m以下,其面积率为5%以上。

[0004] 另外,在专利文献2中公开了一种镀覆密合性和成型性优异的高强度热浸镀锌钢板,其特征在于,是在磨削除去厚度0.1 μ m以上的表面层的冷轧钢板上预镀0.2g/m²~2.0g/m²的Ni而成的冷轧钢板的表面上具有热浸镀锌层的热浸镀锌钢板,所述钢板的表面以质量%计含有C:0.05%以上、0.4%以下、Si:0.01%以上、3.0%以下、Mn:0.1%以上、3.0%以下、P:0.04%以下、S:0.05%以下、N:0.01%以下、Al:0.01%以上、2.0%以下、Si+Al>0.5%,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,微观组织以体积分率含有40%以上的铁素体作为主相,含有8%以上的残余奥氏体,含有包含下述规定的3种马氏体[1][2][3]的马氏体[3]的2种以上以及1%以上的贝氏体和0~10%的珠光体,且上述3种马氏体[1][2][3]分别以体积分率计,马氏体[1]:0%~50%、马氏体[2]:0%以上且小于20%、马氏体[3]:1%~30%,所述热浸镀锌层含有低于7%的Fe,剩余部分由Zn、Al和不可避免的杂质构成,作为拉伸强度TS(MPa)、总伸长率EL(%)、扩孔率 λ (%),TS \times EL为18000MPa \cdot %以上,TS \times λ 为35000MPa \cdot %以上,具有980MPa以上的拉伸强度(马氏体[1]:C浓度(CM1)小于0.8%时,硬度Hv1为 $Hv1/(-982.1 \times CM1^2 + 1676 \times CM1 + 189) \leq 0.60$,马氏体[2]:C浓度(CM2)为0.8%以上时,硬度Hv2为 $Hv2/(-982.1 \times CM2^2 + 1676 \times CM2 + 189) \leq 0.60$,马氏体[3]:C浓度(CM3)为0.8%以上时,硬度Hv3为 $Hv3/(-982.1 \times CM3^2 + 1676 \times CM3 + 189) \geq 0.80$ 。

[0005] 另外,在专利文献3中公开了一种高强度热浸镀锌钢板,具有以下的成分组成和钢板组织,所述成分组成以质量%计含有C:0.15%~0.25%、Si:0.50%~2.5%、Mn:2.3%~4.0%、P:0.100%以下、S:0.02%以下、Al:0.01%~2.5%,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,所述钢板组织以面积率计具有回火马氏体相:30%~73%、铁素体相:25%~68%、残余奥氏体相:2%~20%、其它的相:10%以下(包含0%),且作为其它的相具有马氏体相:3%以下(包含0%)、贝氏体铁素体相:小于5%(包含0%),上述回火马氏体相的平均晶体粒径为8 μ m以下,上述残余奥氏体相中的C量小于0.7质量%。

[0006] 另外,在专利文献4中公开了一种合金化热浸镀锌钢板,在钢板的表面具备合金化热浸镀锌层,上述钢板具有以下的化学组成和钢组织,所述化学组成以质量%计含有C:0.03%~0.35%、Si:0.005%~2.0%、Mn:1.0%~4.0%、P:0.0004%~0.1%、S:0.02%以下、sol.Al:0.0002%~2.0%、N:0.01%以下,剩余部分由Fe和杂质构成,距钢板的表面50 μ m的深度的位置处的、在轧制方向伸展的Mn和/或Si浓化的浓化部的轧制直角方向的平均间隔即浓化部平均间隔为1000 μ m以下,钢板的表面的深度3 μ m~10 μ m的裂缝的数密度为3个/mm~1000个/mm,所述钢组织以面积%计含有贝氏体:60%以上、残余奥氏体:1%以上、马氏体:1%以上和铁素体:2%以上且小于20%,并且马氏体和残余奥氏体的最接近距离的平均值即超硬质相平均间隔为20 μ m以下,上述合金化热浸镀锌钢板具有拉伸强度(TS)为780MPa以上的机械特性。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本专利第3887235号公报

[0010] 专利文献2:日本专利第5953693号公报

[0011] 专利文献3:日本专利第6052472号公报

[0012] 专利文献4:日本专利第5699764号公报

发明内容

[0013] 然而,现状是虽然在以中柱为代表的汽车的骨架部件中拉伸强度TS(以下有时也简记为TS。)超过590MPa的钢板得到了应用,但以前纵梁、后纵梁为代表的汽车的冲击能量吸收部件中仍止步于只能应用TS为590MPa级的钢板。

[0014] 即,为了提高碰撞时的吸收能量(以下也称为冲击吸收能量。),有效的是提高屈服应力YS(以下也简记为YS。)。然而,如果提高钢板的YS,则通常压制成型性下降,特别是延展性、扩孔性、弯曲性之类的特性下降。因此,若假设将这样的提高了TS和YS的钢板应用于上述的汽车冲击能量吸收部件,则不仅压制成型困难,在模拟碰撞试验的轴向压溃试验中该部件也会破裂,换言之,实际的冲击吸收能量不会像根据YS的值预想的那么高。如此,现有的技术尚有改善的余地。

[0015] 实际上,专利文献1~4中公开的钢板不能说具有高的YS和YR以及优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)和碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性和轴向压溃特性)。

[0016] 本发明是鉴于上述的现状而开发的,其目的在于提供拉伸强度TS为590MPa以上、且具有高的屈服应力YS以及优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)和碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性和轴向压溃特性)的钢板及其制造方法。

[0017] 另外,本发明的目的还在于提供以上述的钢板为坯材的部件及其制造方法。

[0018] 应予说明,此处,拉伸强度TS是基于JIS Z 2241的拉伸试验测定的。

[0019] 另外,屈服应力YS高是指基于JIS Z 2241的拉伸试验测定的屈服应力(YS),根据该拉伸试验测定的TS,满足以下的(A)~(F)式。

[0020] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $350\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0021] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $400\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0022] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $550\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0023] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $750\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0024] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $900\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0025] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $1050\text{MPa} \leq \text{YS}$

[0026] 另外,延展性优异是指在基于JIS Z 2241的拉伸试验中测定的总伸长率(E1),根据该拉伸试验中测定的TS,满足以下的(A)~(F)式。

[0027] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $24.0\% \leq \text{E1}$

[0028] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $18.0\% \leq \text{E1}$

[0029] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $11.0\% \leq \text{E1}$

[0030] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $8.0\% \leq \text{E1}$

[0031] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $7.5\% \leq \text{E1}$

[0032] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $7.0\% \leq \text{E1}$

[0033] 另外,扩孔性优异是指在基于JIS Z 2256的扩孔试验中测定的极限扩孔率(λ)为20%以上。

[0034] 另外,弯曲性优异是指在基于JIS Z 2248的V弯曲试验中测定的R(极限弯曲半径)/t(板厚),根据TS满足以下的(A)~(F)式。

[0035] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $1.0 \geq \text{R}/t$

[0036] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $2.0 \geq \text{R}/t$

[0037] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $2.5 \geq \text{R}/t$

[0038] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $3.0 \geq \text{R}/t$

[0039] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $3.5 \geq \text{R}/t$

[0040] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $4.0 \geq \text{R}/t$

[0041] 另外,弯曲断裂特性优异是指在V弯曲+正交VDA弯曲试验中测定的载荷最大时的行程(SFmax),根据TS满足以下的(A)~(F)式。

[0042] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $29.0\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0043] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $27.5\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0044] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $27.0\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0045] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $26.0\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0046] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $24.5\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0047] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $24.0\text{mm} \leq \text{SFmax}$

[0048] 另外,轴向压溃特性优异是指轴向压溃试验中的轴向压溃试验后的样品没有断裂(外观裂纹),或者在轴向压溃试验后的样品仅有1处外观裂纹。

[0049] 上述的E1(延展性)、 λ (拉伸凸缘性)和R/t(弯曲性)是表示压制成型时的钢板的成

型容易性(用于不破裂地压制成型的成型的自由度)的特性。另一方面,V弯曲+正交VDA弯曲试验是模拟碰撞试验中的弯曲棱线部的变形和断裂行为的试验,V弯曲+正交VDA弯曲试验中测定的载荷最大时的行程(SFmax)是表示能量吸收部件的不易破裂性的指标。

[0050] 本发明人等为了实现上述的课题反复进行了深入研究,结果得出以下的见解。

[0051] 通过规定的成分下,在从钢板表面(基体(基底)钢板表面)起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,上述纳米硬度为7.0GPa以上的比例为0.10以下,并且使从基体钢板表面起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,并且与1/4位置同样地测定从基体钢板表面起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时,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,从而能够实现作为压制成型性的一个模式的弯曲性的指标R/t的提高,以及作为碰撞时的汽车车体的钢板和部件的耐冲击特性的指标的、模拟碰撞试验中的弯曲棱线部的变形和断裂行为的V弯曲+正交VDA弯曲试验中测定的载荷最大时的行程(SFmax)的提高。

[0052] 本公开是鉴于上述观点而进行的。即,本公开的主旨构成如下。

[0053] [1]一种钢板,具有基体钢板,上述基体钢板具有以下成分组成:以质量%计,含有C:0.030%~0.500%、Si:0.01%~3.00%、Mn:0.30%以上且小于10.00%、P:0.001%~0.100%、S:0.0200%以下、Al:0.005%~2.000%、N:0.0100%以下,由以下的式(1)表示的 C_{eq} 满足0.30%~0.85%,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

[0054] 表层软质层形成于在板厚方向距基体钢板表面 $200\mu\text{m}$ 以下的区域,所述表层软质层的维氏硬度相对于上述基体钢板的板厚1/4位置的维氏硬度为85%以下,

[0055] 分别在从上述基体钢板表面起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位置的板面的 $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,

[0056] 相对于总测定数,从上述基体钢板表面起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以上的测定数的比例为0.10以下,

[0057] 并且,从上述基体钢板表面起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,

[0058] 并且,从上述基体钢板表面起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。

[0059] $C_{eq} = [\%C] + [\%Mn]/6 + [\%Si]/24 + [\%Ni]/40 + [\%Cr]/5 + [\%Mo]/4 + [\%V]/14 \cdots$ 式(1)

[0060] 其中,[%C]:C含量、[%Mn]:Mn含量、[%Si]:Si含量、[%Ni]:Ni含量、[%Cr]:Cr含量、[%Mo]:Mo含量、[%V]:V含量,不含有的情况下为0(零)。

[0061] [2]根据上述[1]所述的钢板,其中,上述表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率为20%以上,

[0062] 上述表层软质层中存在的马氏体的面积率除以上述表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而得的值为0.45以下。

[0063] [3]根据上述[1]或[2]所述的钢板,其中,上述成分组成以质量%计进一步含有选自Nb:0.200%以下、Ti:0.200%以下、V:0.200%以下、B:0.0100%以下、Cr:1.000%以下、Ni:1.000%以下、Mo:1.000%以下、Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下、Cu:1.000%以下、

Ta:0.100%以下、W:0.500%以下、Mg:0.0200%以下、Zn:0.0200%以下、Co:0.0200%以下、Zr:0.1000%以下、Ca:0.0200%以下、Se:0.0200%以下、Te:0.0200%以下、Ge:0.0200%以下、As:0.0500%以下、Sr:0.0200%以下、Cs:0.0200%以下、Hf:0.0200%以下、Pb:0.0200%以下、Bi:0.0200%以下、REM:0.0200%以下中的至少1种元素。

[0064] [4]根据上述[1]~[3]中任一项所述的钢板,其中,在上述基体钢板的单面或两面的表面上具有金属镀层作为第一镀层。

[0065] [5]根据上述[1]~[4]中任一项所述的钢板,其中,在上述钢板的单面或两面的最表层具有金属镀层作为第二镀层。

[0066] [6]根据上述[1]~[5]中任一项所述的钢板,其中,极限弯曲半径R除以板厚t而得的R/t为4.5~5.0的90°V弯曲加工后的试验片的表面凹凸深度为20.0 μ m以下。

[0067] [7]一种部件,是使用上述[1]~[6]中任一项所述的钢板而成的。

[0068] [8]一种钢板的制造方法,包括以下的工序:

[0069] 热轧工序,对具有上述[1]或[3]所述的成分组成的钢坯实施热轧,

[0070] 退火工序,将得到的钢板在退火温度:Ac₁点~950°C、退火时间:10秒以上、露点:-30°C以上的气氛的条件下进行退火,

[0071] 第一冷却工序,在上述退火工序后,将得到的钢板在从Ac₁点到450°C的温度区域内、在露点:-30°C以下的气氛的条件下,以8°C/秒以上的平均冷却速度进行冷却,以及

[0072] 第二冷却工序,在上述第一冷却工序后,将得到的钢板在从低于450°C到300°C的温度区域内为小于8°C/秒的平均冷却速度进行冷却。

[0073] [9]根据上述[8]所述的钢板的制造方法,其中,包括冷轧工序:对上述热轧工序后且上述退火工序前的钢板实施冷轧。

[0074] [10]根据上述[8]或[9]所述的钢板的制造方法,其中,包括第一镀覆工序:在上述热轧工序后且上述退火工序前的钢板的单面或两面实施金属镀覆而形成第一镀层。

[0075] [11]根据上述[8]~[10]中任一项所述的钢板的制造方法,其中,包括第二镀覆工序:对上述第二冷却工序后的钢板实施镀覆处理。

[0076] [12]根据上述[8]~[11]中任一项所述的钢板的制造方法,其中,包括再加热保持工序:在上述第二冷却工序后,将得到的钢板冷却至250°C以下到室温的冷却停止温度,再加热至(上述冷却停止温度+50°C)到450°C的再加热温度区域,在上述再加热温度区域内保持10秒以上。

[0077] [13]一种部件的制造方法,包括对上述[1]~[6]中任一项所述的钢板实施成型加工、接合加工中的至少一种而制成部件的工序。

[0078] 根据本发明,可得到拉伸强度TS为590MPa以上、且具有高的屈服应力YS以及优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)和碰撞时的耐断裂特性(轴向压溃特性)的钢板。

[0079] 另外,由于以本发明的钢板为坯材的部件为高强度且具有优异的压制成型性和耐冲击特性,所以可非常有利地用于汽车的骨架部件和冲击能量吸收部件等。

附图说明

[0080] 图1是用于说明表面凹凸深度的截面照片。

[0081] 图2的(a)是用于说明实施例的V弯曲+正交VDA弯曲试验中的V弯曲加工(一次弯曲

加工)的图。图2的(b)是用于说明实施例的V弯曲+正交VDA弯曲试验中的正交VDA弯曲加工(二次弯曲加工)的图。

[0082] 图3-1的(a)是为了进行实施例的轴向压溃试验而制造的将帽型部件与钢板进行点焊而得的试验用部件的主视图。图3-1的(b)是(a)所示的试验用部件的立体图。

[0083] 图3-2的(c)是用于说明实施例的轴向压溃试验的示意图。

具体实施方式

[0084] 基于以下的实施方式对本发明进行说明。

[0085] [1. 钢板]

[0086] 本发明的钢板具有基体钢板,该基体钢板具有以下成分组成:以质量%计,含有C:0.030%~0.500%、Si:0.01%~3.00%、Mn:0.30%以上且小于10.00%、P:0.001%~0.100%、S:0.0200%以下、Al:0.005%~2.000%、N:0.0100%以下,由以下的式(1)表示的 C_{eq} 满足0.30%~0.85%,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成,

[0087] 相对于板厚1/4位置的维氏硬度,维氏硬度为85%以下的表层软质层形成于在板厚方向距基体钢板表面200 μm 以下的区域,分别在从基体钢板表面起为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位置的板面的50 μm ×50 μm 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,从基体钢板表面起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为7.0GPa以上的测定数比例相对于总测定数为0.10以下,并且,从基体钢板表面起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,并且,从基体钢板表面起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。

[0088] $C_{eq} = [\%C] + [\%Mn]/6 + [\%Si]/24 + [\%Ni]/40 + [\%Cr]/5 + [\%Mo]/4 + [\%V]/14 \cdots$ 式(1)

[0089] 其中,[%C]:C含量、[%Mn]:Mn含量、[%Si]:Si含量、[%Ni]:Ni含量、[%Cr]:Cr含量、[%Mo]:Mo含量、[%V]:V含量,不含有的情况下为0(零)。

[0090] 成分组成

[0091] 首先,对基于本发明的一个实施方式的钢板的基体钢板的成分组成进行说明。应予以说明,成分组成中的单位均为“质量%”,以下,只要没有特殊说明,则简单用“%”来表示。

[0092] 另外,本发明中,特定了钢板具有基体钢板,对基体钢板上的镀层(金属镀层(第一镀层)、热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层等镀锌层、热浸镀铝层等镀层(第二镀层))在下文说明,该镀层为钢板的优选构成要件,钢板不一定必须具有该镀层。

[0093] C:0.030%~0.500%

[0094] C是生成适量的回火马氏体、贝氏体等以确保高TS和高YS的有效元素。此处,C含量小于0.030%时,铁素体的面积率增加,满意确保所需的TS。另外,也会导致YS的下降。另一方面,如果C含量超过0.500%,则马氏体的面积率增加,TS变得过高,得不到所需的E1(压制成型性(延展性))和R/t(压制成型性(弯曲性))。并且,残余奥氏体的体积率(面积率)增加,在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,或者在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,会生成因残余奥氏体的加工诱导相变而产生的硬的马氏体,在其后的试验中生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ (压制成型性(扩孔性))和SF_{max}(碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特

性))。因此,使C含量为0.030%~0.500%。C含量优选为0.050%以上。另外,C含量优选为0.300%以下。

[0095] Si:0.01%~3.00%

[0096] Si促进退火中和退火后的冷却过程中的铁素体相变。即,Si是影响铁素体的面积率的元素。此处,Si含量低于0.01%时,铁素体的面积率减少,延展性下降。另一方面,Si含量超过3.00%时,残余奥氏体的体积率增加,在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,和在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,会生成因残余奥氏体的加工诱导相变而产生的硬的马氏体,在其后的试验中生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ 和SFmax。因此,使Si含量为0.01%~3.00%。Si含量优选为0.10%以上。另外,Si含量优选为2.0%以下。

[0097] Mn:0.30%以上且小于10.00%

[0098] Mn是调整回火马氏体、贝氏体等的面积率的元素。此处,Mn含量低于0.30%时,铁素体的面积率增加,难以确保所需的TS。另外,也会导致YS的下降。另一方面,如果Mn含量为10.00%以上,则作为脆化相的 ϵ 马氏体生成·增加,得不到所需的E1(压制成型性(延展性))、R/t(压制成型性(弯曲性))和SFmax(碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性))。因此,使Mn含量为0.30%以上且小于10.00%。Mn含量优选为1.00%以上。另外,Mn含量优选为3.50%以下。

[0099] P:0.001%~0.100%

[0100] P具有固溶强化的作用,是提高钢板的TS和YS的元素。为了获得这样的效果,使P含量为0.001%以上。另一方面,如果P含量超过0.100%,则P向原奥氏体晶界偏析使晶界脆化。因此,在V弯曲试验时,沿着原奥氏体晶界生成空隙且促进龟裂,得不到所需的R/t。另外,在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,或者在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,沿着原奥氏体晶界生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ 和SFmax。因此,使P含量为0.001%~0.100%。P含量优选为0.030%以下。

[0101] S:0.0200%以下

[0102] S在钢中以硫化物的形式存在。特别是如果S含量超过0.0200%,则在V弯曲试验时,以上述硫化物为起点生成空隙且促进龟裂,得不到所需的R/t。另外,在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,或者在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,以上述硫化物为起点生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ 和SFmax。因此,使S含量为0.0200%以下。S含量优选为0.0080%以下。应予说明,S含量的下限没有特别规定,但从生产技术上的限制考虑,S含量优选为0.0001%以上。

[0103] Al:0.005%~2.000%

[0104] Al促进退火中和退火后的冷却过程中的铁素体相变。即,Al是影响铁素体的面积率的元素。此处,Al含量低于0.005%时,铁素体的面积率减少,延展性下降。另一方面,如果Al含量超过2.000%,则铁素体的面积率过度增加,难以确保所需的TS。另外,也会导致YS的下降。因此,使Al含量为0.005%~2.000%。Al含量优选为0.010%以上,更优选为0.015%以上。另外,Al含量优选为1.000%以下。

[0105] N:0.0100%以下

[0106] N在钢中以氮化物的形式存在。特别是如果N含量超过0.0100%,则在V弯曲试验时,以上述氮化物为起点生成空隙且促进龟裂,得不到所需的R/t。另外,在扩孔试验中对钢

板进行冲裁加工时,或者在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,以上述氮化物为起点生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ 和SFmax。因此,使N含量为0.0100%以下。另外,N含量优选为0.0050%以下。应予说明,N含量的下限没有特别规定,但从生产技术上的限制考虑,N含量优选为0.0005%以上。

[0107] Ceq:0.30% ~ 0.85%

[0108] Ceq是用于生成适量的马氏体、残余奥氏体、回火马氏体等以确保高TS和高YS的指标。此处,Ceq低于0.30%时,在板厚1/4位置,马氏体、残余奥氏体、回火马氏体的生成变得困难,难以确保所需的TS和YS。另一方面,如果Ceq超过0.85%,则马氏体的面积率增加,TS变得过高,得不到所需的E1(压制成型性(延展性))和R/t(压制成型性(弯曲性))。并且,残余奥氏体的体积率增加,在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,和,在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,会生成因残余奥氏体的加工诱导相变而产生的硬的马氏体,在其后的试验中生成空隙且促进龟裂,得不到所需的 λ (压制成型性(扩孔性))和SFmax(碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性))。

[0109] 因此,使Ceq为0.30% ~ 0.85%。Ceq优选为0.35%以上。另外,Ceq优选为0.80%以下。

[0110] 应予说明,Ceq由下式(1)算出。

[0111]
$$Ceq = [\%C] + [\%Mn]/6 + [\%Si]/24 + [\%Ni]/40 + [\%Cr]/5 + [\%Mo]/4 + [\%V]/14 \dots \text{式(1)}$$

[0112] 其中,[%C]:C含量、[%Mn]:Mn含量、[%Si]:Si含量、[%Ni]:Ni含量、[%Cr]:Cr含量、[%Mo]:Mo含量、[%V]:V含量,不含有的情况下为0(零)。

[0113] 以上对基于本发明的一个实施方式的钢板的基体钢板的基本成分组成进行了说明,基于本发明的一个实施方式的热浸镀锌钢板的基体钢板具有包含上述基本成分且除上述基本成分以外的剩余部分含有Fe(铁)和不可避免的杂质的成分组成。此处,基于本发明的一个实施方式的热浸镀锌钢板的基体钢板优选具有包含上述基本成分且剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成的成分组成。

[0114] 基于本发明的一个实施方式的钢板的基体钢板中,除上述基本成分以外,还可以含有选自以下所示的任意成分中的至少一种。应予说明,以下所示的任意成分只要以下述所示的上限量以下含有就可获得本发明的效果,因此下限没有特别规定。应予说明,以低于后述的优选下限值包含下述的任意元素时,该元素作为不可避免的杂质包含。

[0115] 选自Nb:0.200%以下、Ti:0.200%以下、V:0.200%以下、B:0.0100%以下、Cr:1.000%以下、Ni:1.000%以下、Mo:1.000%以下、Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下、Cu:1.000%以下、Ta:0.100%以下、W:0.500%以下、Mg:0.0200%以下、Zn:0.0200%以下、Co:0.0200%以下、Zr:0.1000%以下、Ca:0.0200%以下、Se:0.0200%以下、Te:0.0200%以下、Ge:0.0200%以下、As:0.0500%以下、Sr:0.0200%以下、Cs:0.0200%以下、Hf:0.0200%以下、Pb:0.0200%以下、Bi:0.0200%以下和REM:0.0200%以下中的至少1种

[0116] Nb:0.200%以下

[0117] Nb通过在热轧时或退火时形成微细的碳化物、氮化物或者碳氮化合物,从而提高TS、YS和YR。为了获得这样的效果,优选使Nb含量为0.001%以上。Nb含量更优选为0.005%以上。另一方面,如果Nb含量超过0.200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样

的情况下,粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、 R/t 和 SF_{max} 。因此,含有Nb时,Nb含量优选为0.200%以下。Nb含量更优选为0.060%以下。

[0118] Ti:0.200%以下

[0119] Ti与Nb同样通过在热轧时或退火时形成微细的碳化物、氮化物或者碳氮化合物,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使Ti含量为0.001%以上。Ti含量更优选为0.005%以上。另一方面,如果Ti含量超过0.200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、 R/t 和 SF_{max} 。因此,含有Ti时,Ti含量优选为0.200%以下。Ti含量更优选为0.060%以下。

[0120] V:0.200%以下

[0121] V与Nb、Ti同样通过在热轧时或退火时形成微细的碳化物、氮化物或者碳氮化合物,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使V含量为0.001%以上。V含量更优选为0.005%以上。V含量进一步优选为0.030%以上。

[0122] 另一方面,如果V含量超过0.200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、 R/t 和 SF_{max} 。因此,含有V时,V含量优选为0.200%以下。V含量更优选为0.060%以下。

[0123] B:0.0100%以下

[0124] B是通过在奥氏体晶界偏析而提高淬透性的元素。另外,B是在退火后的冷却时控制铁素体的生成和晶粒生长的元素。为了获得这样的效果,优选使B含量为0.0001%以上。B含量更优选为0.0002%以上。B含量进一步优选为0.0010%以上。

[0125] 另一方面,如果B含量超过0.0100%,则在热轧时可能在钢板内部产生裂纹。另外,在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时,上述内部裂纹成为龟裂的起点,有时得不到所需的 λ 、 R/t 和 SF_{max} 。因此,含有B时,B含量优选为0.0100%以下。B含量更优选为0.0050%以下。

[0126] Cr:1.000%以下

[0127] Cr是提高淬透性的元素,因此通过添加Cr可生成适量的回火马氏体,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,Cr含量优选为0.0005%以上。另外,Cr含量更优选为0.010%以上。Cr含量进一步优选为0.030%以上,进一步更优选为0.200%以上。另一方面,如果Cr含量超过1.000%,则马氏体的面积率增加,扩孔性、V弯曲试验的弯曲性下降,有时得不到所需的 λ 和 R/t 。因此,含有Cr时,Cr含量优选为1.000%以下。另外,Cr含量更优选为0.700%以下,进一步优选为0.600%以下。

[0128] Ni:1.000%以下

[0129] Ni是提高淬透性的元素,因此通过添加Ni可生成大量的回火马氏体,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使Ni含量为0.005%以上。Ni含量更优选为0.020%以上。Ni含量进一步优选为0.080%以上,进一步更优选为0.100%以上。

[0130] 另一方面,如果Ni的含量超过1.000%,则马氏体的面积率增加,扩孔性、V弯曲试验的弯曲性下降,有时得不到所需的 λ 和 R/t 。因此,含有Ni时,Ni含量优选为1.000%以下。

Ni含量更优选为0.800%以下。Ni含量进一步优选为0.600%以下,进一步更优选为0.400%以下。

[0131] Mo:1.000%以下

[0132] Mo是提高淬透性的元素,因此通过添加Mo可生成大量的回火马氏体,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使Mo含量为0.010%以上。Mo含量更优选为0.030%以上。另一方面,如果Mo含量超过1.000%,则马氏体的面积率增加,扩孔性、V弯曲试验的弯曲性下降,有时得不到所需的 λ 和R/t。因此,含有Mo时,Mo含量优选为1.000%以下。另外,Mo含量更优选为0.500%以下。Mo含量进一步优选为0.450%以下,进一步更优选为0.400%以下。

[0133] Sb:0.200%以下

[0134] Sb是用于抑制退火中的钢板表面附近的C的扩散以调整钢板表面附近的软质层的形成厚度的有效元素。Sb含量优选为0.002%以上,更优选为0.004%以上。

[0135] 另一方面,如果Sb含量超过0.200%,则在钢板表面附近可能不会形成软质层,导致 λ 、R/t和SFmax的下降。因此,含有Sb时,Sb含量优选为0.200%以下。Sb含量更优选为0.020%以下。

[0136] Sn:0.200%以下

[0137] Sn是用于抑制退火中的钢板表面附近的C的扩散以调整钢板表面附近的软质层的形成厚度的有效元素。Sn含量优选为0.002%以上,更优选为0.004%以上。

[0138] 另一方面,如果Sn含量超过0.200%,则在钢板表面附近可能不会形成软质层,导致 λ 、R/t和SFmax的下降。因此,含有Sn时,Sn含量优选为0.200%以下。Sn含量更优选为0.020%以下。

[0139] Cu:1.000%以下

[0140] Cu是提高淬透性的元素,因此通过添加Cu可生成大量的回火马氏体,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使Cu含量为0.005%以上。Cu含量更优选为0.020%以上。Cu含量进一步优选为0.080%以上,进一步更优选为0.150%以上。

[0141] 另一方面,如果Cu含量超过1.000%,则马氏体的面积率有时过度增加。另外,有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度生成的马氏体和粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Cu时,Cu含量优选为1.000%以下。Cu的含量更优选为0.200%以下。

[0142] Ta:0.100%以下

[0143] Ta与Ti、Nb和V同样通过在热轧时或退火时形成微细的碳化物、氮化物或者碳氮化合物,从而提高TS和YS。此外,Ta的一部分固溶在Nb碳化物或Nb碳氮化合物中,生成(Nb、Ta)(C、N)这样的复合析出物。由此,抑制析出物的粗大化,使析出强化稳定。由此,进一步提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使Ta含量为0.001%以上。另一方面,如果Ta含量超过0.100%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Ta时,Ta含量优选为0.100%以下。Ta含量进一步优选为0.080%以下,进一步更优选为0.020%以下。

[0144] W:0.500%以下

[0145] W是提高淬透性的元素,因此通过添加W可生成大量的回火马氏体,从而提高TS和YS。为了获得这样的效果,优选使W含量为0.001%以上。W含量更优选为0.030%以上。另一方面,如果W含量超过0.500%,则马氏体的面积率增加,扩孔性、V弯曲试验的弯曲性下降,有时得不到所需的 λ 和R/t。因此,含有W时,W含量优选为0.500%以下。W含量更优选为0.450%以下,进一步优选为0.400%以下。W含量进一步优选为0.150%以下,进一步更优选为0.080%以下。

[0146] Mg:0.0200%以下

[0147] Mg是用于使硫化物或氧化物等夹杂物的形状球状化以提高钢板的扩孔性和弯曲性的有效元素。为了获得这样的效果,优选使Mg含量为0.0001%以上。Mg含量进一步优选为0.0005%以上,进一步更优选为0.0020%以上。

[0148] 另一方面,如果Mg含量超过0.0200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Mg时,Mg含量优选为0.0200%以下。Mg含量进一步优选为0.0150%以下,进一步更优选为0.0100%以下。

[0149] Zn:0.0200%以下

[0150] Zn是用于使夹杂物的形状球状化以提高钢板的扩孔性和弯曲性的有效元素。为了获得这样的效果,Zn含量优选为0.0010%以上。Zn含量进一步优选为0.0005%以上,进一步更优选为0.0020%以上。

[0151] 另一方面,如果Zn含量超过0.0200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Zn时,Zn含量优选为0.0200%以下。Zn含量进一步优选为0.0150%以下,进一步更优选为0.0100%以下。

[0152] Co:0.0200%以下

[0153] Co与Zn同样是用于使夹杂物的形状球状化以提高钢板的扩孔性和弯曲性的有效元素。为了获得这样的效果,Co含量优选为0.0010%以上。Co含量进一步优选为0.0010%以上,进一步更优选为0.0020%以上。

[0154] 另一方面,如果Co含量超过0.0200%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Co时,Co含量优选为0.0200%以下。

[0155] Zr:0.1000%以下

[0156] Zr与Zn和Co同样是用于使夹杂物的形状球状化以提高钢板的扩孔性和弯曲性的有效元素。为了获得这样的效果,Zr含量优选为0.0010%以上。

[0157] 另一方面,如果Zr含量超过0.1000%,这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Zr时,Zr含量优选为0.1000%以下。Zr含量进一步优选为0.0150%以下,进一步更优选为0.0100%以下。

[0158] Ca:0.0200%以下

[0159] Ca在钢中以夹杂物的形式存在。此处,如果Ca含量超过0.0200%,则有时生成大量的粗大的夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Ca时,Ca含量优选为0.0200%以下。Ca含量优选为0.0080%以下。

[0160] 应予说明,Ca含量的下限没有特别限定,Ca含量优选为0.0005%以上。另外,但从生产技术上的限制考虑,Ca含量更优选为0.0010%以上。

[0161] Se:0.0200%以下、Te:0.0200%以下、Ge:0.0200%以下、As:0.0500%以下、Sr:0.0200%以下、Cs:0.0200%以下、Hf:0.0200%以下、Pb:0.0200%以下、Bi:0.0200%以下、REM:0.0200%以下

[0162] Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi和REM均是用于提高钢板的扩孔性和弯曲性的有效元素。为了获得这样的效果,Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi、REM的含量分别优选为0.0001%以上。

[0163] Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi、REM的含量更优选为0.0020%以上。

[0164] 另一方面,如果Se、Te、Ge、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi、REM的含量分别超过0.0200%,另外,如果As的含量超过0.0500%,则有时生成大量的粗大的析出物或夹杂物。这样的情况下,过度粗大的析出物或夹杂物在扩孔试验、V弯曲试验和V弯曲+正交VDA弯曲试验时成为空隙和龟裂的起点,因此有时得不到所需的 λ 、R/t和SFmax。因此,含有Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi和REM中的至少1种时,Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi和REM的含量分别优选为0.0200%以下,As的含量优选为0.0500%以下。

[0165] Se、Te、Ge、As、Sr、Cs、Hf、Pb、Bi、REM的含量更优选为0.0120%以下。

[0166] 应予说明,本发明中提及的REM是指原子序数21号的钪(Sc)和原子序数39号的钇(Y)、以及从原子序数57号的镧(La)到71号的镥(Lu)的镧系元素。本发明中的REM浓度是指从上述的REM中选择的1种或2种以上的元素的总含量。

[0167] 作为REM,没有特别限定,优选为Sc、Y、Ce、La。

[0168] 表层软质层

[0169] 接下来,对基于本发明的一个实施方式的基体钢板的钢组织进行说明。

[0170] 在基于本发明的一个实施方式的钢板中,在基体钢板表面具有表层软质层(热浸镀锌钢板、合金化热浸镀锌钢板、电镀锌钢板和其它金属镀覆钢板的情况下,位于上述的各种镀覆层的基体(基底))。在压制成型时和车体碰撞时上述表层软质层有助于抑制弯曲裂纹进展,因此耐弯曲断裂特性进一步提高。应予说明,表层软质层是指脱炭层,是相对于基体钢板的板厚1/4位置的截面(与钢板表面平行的面)的维氏硬度为85%以下的维氏硬度的表层区域。

[0171] 此处,表层软质层形成于在板厚方向距基体钢板表面200 μm 以下的区域。形成表层软质层的区域在板厚方向距基体钢板表面优选为150 μm 以下,更优选为120 μm 以下。形成表层软质层的区域在板厚方向距基体钢板表面优选为30 μm 以上,更优选为40 μm 以上。

[0172] 另外,上述测定维氏硬度的基体钢板的板厚1/4位置为非表层软质层(不满足本发明中规定的表层软质层的硬度的条件的层)。

[0173] 维氏硬度是基于JIS Z 2244-1(2020)使载荷为10gf进行测定的。

[0174] 表层软质层的硬度

[0175] 分别在从基体钢板表面起为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位置的板面的 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,相对于总测定数,从基体钢板表面起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为7.0GPa以上的测定数的比例为0.10以下

[0176] 本发明中,为了获得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,在从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 的区域,测定300点以上的纳米硬度时,相对于总测定数(板厚方向深度的1/4位置的总测定数),从基体钢板表面起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为7.0GPa以上的比例需要为0.10以下。纳米硬度为7.0GPa以上的比例为0.10以下时,意味着硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等的比例小,能够进一步抑制硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等在压制成型时和碰撞时的空隙的生成或连接以及龟裂的进展,可获得优异的R/t和SFmax。

[0177] 从基体钢板表面起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为7.0GPa以上的比例相对于总测定数优选为0.08以下,更优选为0.07以下。下限没有特别限定,可以为0.01以上。

[0178] 从钢板表面起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,并且从钢板表面起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。

[0179] 本发明中,为了获得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,从钢板表面起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,并且从钢板表面起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 必须为2.2GPa以下。从钢板表面起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,并且从钢板表面起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,意味着微观区域中的组织硬度差小,能够进一步抑制压制成型时和碰撞时的空隙的生成或连接以及龟裂的进展,可获得优异的R/t和SFmax。

[0180] 另外,从基体钢板表面起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 的优选范围为1.7GPa以下。从基体钢板表面起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 更优选为1.3GPa以下。下限没有特别限定,从基体钢板表面起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 可以为0.5GPa以上。

[0181] 从基体钢板表面起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 的优选范围为2.1GPa以下。从基体钢板表面起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 更优选为1.7GPa以下。下限没有特别限定,从基体钢板表面起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 可以为0.6GPa以上。

[0182] 此处,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。

[0183] 首先,形成有镀层的情况下,剥离镀层。其后,从基体钢板的表面实施机械研磨直至表层软质层的板厚方向深度的1/4位置— $5\mu\text{m}$ 为止,用金刚石和氧化铝从基体钢板表面实施抛光研磨直至表层软质层的板厚方向深度的1/4位置为止,进一步实施胶态二氧化硅研磨。使用Hysitron公司的tribo-950,利用玻氏(Berkovich)形状的金剛石压头,在载荷: $500\mu\text{N}$ 、测定区域: $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 、打点间隔: $2\mu\text{m}$ 的条件下测定纳米硬度。

[0184] 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,用金刚石和氧化铝实施抛光研磨,进一步实施胶态二氧化硅研磨。然后,使用Hysitron公司的tribo-950,利用玻氏形状的金剛石压头,在载荷: $500\mu\text{N}$ 、测定区域: $50\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 、打点间隔: $2\mu\text{m}$ 的条件下测定纳米硬度。

[0185] 在板厚方向深度的1/4位置测定300点以上的纳米硬度,另外,在板厚方向深度的1/2位置也测定300点以上的纳米硬度。

[0186] 例如,表层软质层厚度为 $100\mu\text{m}$ 时,1/4位置是距表层软质层的表面 $25\mu\text{m}$ 的位置,1/2位置是距表层软质层的表面 $50\mu\text{m}$ 的位置。在该 $25\mu\text{m}$ 位置测定300点以上的纳米硬度,另外,在 $50\mu\text{m}$ 位置也测定300点以上的纳米硬度。

[0187] 极限弯曲半径 R 除以板厚 t 而得的 R/t 为 $4.5\sim 5.0$ 的 90°V 弯曲加工后的试验片的表面凹凸深度: $20.0\mu\text{m}$ 以下

[0188] 为了进一步提高本发明中作为特征的 SF_{max} ,控制钢板表面的凹凸是有效的。即,该钢板表面的凹凸的评价法如下。由于钢板表面的凹凸的凹部容易成为弯曲裂纹起点,所以极限弯曲半径 R 除以板厚 t 而得的 R/t 为 $4.5\sim 5.0$ 的 90°V 弯曲加工后的试验片的表面凹凸深度超过 $20.0\mu\text{m}$ 时,可能得不到规定条件下的所需的 R/t 和 SF_{max} 。此处,主要具有Fe或Ni的金属镀层(第一镀层(通过第一镀覆工序(金属镀覆工序)中的镀覆处理形成的镀层))内包在最表层存在的内部氧化物,减小极限弯曲半径 R 除以板厚 t 而得的 R/t 为 $4.5\sim 5.0$ 的 90°V 弯曲加工后的试验片的表面凹凸深度,可获得更良好的 R/t 和 SF_{max} 。该表面凹凸深度优选为 $12.0\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $9.0\mu\text{m}$ 以下。另外,下限没有特别限定,可以为 $0.1\mu\text{m}$ 以上,可以为 $0.3\mu\text{m}$ 以上。

[0189] 应予说明,弯曲截面的表面凹凸深度通过如下方式求出:如图1所示,拍摄5个视场的弯曲截面的1500倍的SEM图像,在照片水平方向在 $83\mu\text{m}$ 的范围的表面凸部的最大高度位置和微小裂纹部的凹部的最大深度位置分别引基准线,求出其间的最短距离,由5个视场的该SEM图像的平均值求出。将如此求出的最短距离的平均值作为表面凹凸深度。

[0190] 此处,用于评价该表面凹凸深度的上述的评价条件,与评价弯曲性时的基于JIS Z 2248测定的条件,即在弯曲后的裂纹有无产生中判断的评价基准不同。

[0191] 表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率:20%以上,并且(表层软质层中存在的马氏体的面积率)/(表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率):0.45以下

[0192] 存在表层软质层时,压制成型时和碰撞时的空隙的生成或连接以及龟裂的进展的起点为上述表层软质层中的作为软质相的铁素体和贝氏体与作为硬质相的马氏体和回火马氏体的边界。

[0193] 如果增加表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率,并且使表层软质层中存在的马氏体的面积率除以表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而

得的值小,则能够抑制压制成型时和碰撞时的裂纹,可获得优异的R/t和SF_{max}。

[0194] 表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率低于20%时、和/或表层软质层中存在的马氏体的面积率除以表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而得的值超过0.45时,可能无法抑制上述的压制成型时和碰撞时的空隙的生成或连接以及龟裂的进展,可能得不到所需的R/t和SF_{max}。因此,表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率优选为20%以上,表层软质层中存在的马氏体的面积率除以表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而得的值优选为0.45以下。更优选为0.40以下。

[0195] 另外,表层软质层中存在的马氏体的面积率除以上述表层软质层中存在的马氏体和回火马氏体的合计面积率而得的值的下限没有特别限定,可以为0.00。表层软质层中存在的铁素体和贝氏体的合计面积率的上限没有特别限定,可以为100%。

[0196] 板厚1/4位置的钢组织

[0197] 马氏体的面积率优选为50.0%以下。

[0198] 如果马氏体的面积率过度增加,则在扩孔试验的扩孔加工时、或者V弯曲试验的弯曲加工时,成为空隙生成起点,因此可能得不到所需的 λ 和R/t。因此,马氏体的面积率优选为50.0%以下。另外,马氏体的面积率更优选为45.0%以下。应予说明,马氏体的面积率的下限没有特别限定,可以为0.0%。此处提及的马氏体是指淬火原样状态的(未进行回火的)马氏体。

[0199] 残余奥氏体的体积率优选为20.0%以下。

[0200] 如果残余奥氏体的体积率过度增加,则在扩孔试验中对钢板进行冲裁加工时,和在V弯曲+正交VDA试验中进行V弯曲加工时,会生成因残余奥氏体的加工诱导相变而产生的硬的马氏体,在其后的试验中生成空隙且促进龟裂,可能得不到所需的 λ 和SF_{max}。因此,优选使残余奥氏体的体积率为20.0%以下。

[0201] 另外,回火马氏体是能够在作为本发明对象的钢板中赋予强度和加工性的金属相,因此回火马氏体的面积率可以适当地含有100%以下。

[0202] 应予说明,除马氏体、残余奥氏体、回火马氏体以外的剩余部分组织没有特别限定,例如,可举出铁素体、未再结晶铁素体、珠光体、贝氏体、 ϵ 马氏体等。

[0203] 应予说明,剩余部分组织的种类例如可以通过SEM的观察来确认。

[0204] 此处,铁素体、贝氏体、回火马氏体和硬质第二相(马氏体+残余奥氏体)的面积率在基体钢板的板厚1/4位置如下测定。

[0205] 即,以与钢板的轧制方向平行的板厚截面(L截面)成为观察面的方式切下试样。接着,用金刚石糊料对试样的观察面实施研磨,接着,使用氧化铝实施精研磨。接下来用3vol.%硝酸酒精溶液蚀刻试样的观察面,使组织出现。接着,将基体钢板的板厚的1/4位置作为观察位置,利用SEM,以倍率:3000倍观察5个视场。根据得到的组织图像,使用Adobe Systems公司的Adobe Photoshop,对5个视场算出各构成组织(铁素体、贝氏体、回火马氏体和硬质第二相(马氏体+残余奥氏体))的面积除以测定面积而得的面积率,将它们的值平均而作为各组织的面积率。

[0206] 铁素体:呈黑色的区域,形态为块状。另外,几乎不内包碳化物。另外,铁素体粒内的独立的岛状马氏体和独立的岛状残余奥氏体不包含在铁素体的面积率中。

[0207] 贝氏体:呈黑色至深灰色的区域,形态为块状或不定形等。另外,内包较少的碳化

物。

[0208] 回火马氏体:呈灰色的区域,形态为不定形。另外,内包较多的碳化物。

[0209] 硬质第二相(残余奥氏体+马氏体):呈白色至浅灰色的区域,形态为不定形。另外,不内包碳化物。

[0210] 碳化物:呈白色的区域,形态为点状或线状。被贝氏体和回火马氏体内包。

[0211] 剩余部分组织:除上述的铁素体、贝氏体以外,可举出珠光体、渗碳体、未再结晶铁素体、 ϵ 马氏体等,它们的形态等为公知的。

[0212] 另外,残余奥氏体的体积率如下测定。

[0213] 即,对基板钢板在板厚方向(深度方向)机械磨削至板厚的1/4位置后,利用草酸进行化学研磨,作为观察面。接着,对观察面利用X射线衍射法进行观察。入射X射线使用 $\text{MoK}\alpha$ 射线,求出fcc铁(奥氏体)的(200)、(220)和(311)各面的衍射强度与bcc铁的(200)、(211)和(220)各面的衍射强度之比,由各面的衍射强度之比算出残余奥氏体的体积率。然后,将残余奥氏体视为在三维上均质,将残余奥氏体的体积率作为残余奥氏体的面积率。

[0214] 另外,马氏体的面积率是从如上所述求出的硬质第二相的面积率减去残余奥氏体的面积率而求得的。

[0215] [马氏体的面积率(%)] = [硬质第二相的面积率(%)] - [残余奥氏体的面积率(%)]

[0216] 另外,剩余部分组织的面积率是从100.0%减去如上所述求出的铁素体的面积率、贝氏体的面积率、回火马氏体的面积率、硬质第二相的面积率而求得的。

[0217] [剩余部分组织的面积率(%)] = 100.0 - [铁素体的面积率(%)] - [贝氏体的面积率(%)] - [回火马氏体的面积率(%)] - [硬质第二相的面积率(%)]

[0218] 对于表层软质层中存在的组织(铁素体、贝氏体、马氏体、回火马氏体),除了使观察位置为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置而代替基板钢板的板厚的1/4位置以外,与上述的基板钢板的板厚的1/4位置处的组织同样进行测定。

[0219] 接下来,对基于本发明的一个实施方式的钢板的机械式的特性进行说明。

[0220] 拉伸强度(TS):590MPa以上

[0221] 基于本发明的一个实施方式的钢板的拉伸强度TS为590MPa以上。

[0222] 应予说明,基于本发明的一个实施方式的钢板的屈服应力(YS)、总伸长率(E1)、极限扩孔率(λ)、极限弯曲半径/板厚(R/t)、V弯曲+正交VDA弯曲试验中的载荷最大时的行程(SFmax)以及轴向压溃试验中是否有断裂(外观裂纹)如上所述。

[0223] 另外,拉伸强度(TS)、屈服应力(YS)和总伸长率(E1)通过实施例后述的基于JIS Z 2241的拉伸试验进行测定。极限扩孔率(λ)通过实施例后述的基于JIS Z 2256的扩孔试验进行测定。极限弯曲半径/板厚(R/t)通过实施例后述的基于JIS Z 2248的V弯曲试验进行测定。V弯曲+正交VDA弯曲试验中的载荷最大时的行程(SFmax)通过实施例后述的V弯曲+正交VDA弯曲试验进行测定。轴向压溃试验中的断裂(外观裂纹)的有无通过实施例后述的轴向压溃试验进行测定。

[0224] 第一镀层

[0225] 基于本发明的一个实施方式的钢板在基板钢板的单面或两面的表面上优选具有金属镀层(第一镀层、预镀层)(应予说明,金属镀层(第一镀层)不包括热浸镀锌层、合金化

热浸镀锌层、电镀锌层的镀锌层、热浸镀铝层)。金属镀层优选为金属电镀层,以下以金属电镀层为例进行说明。

[0226] 通过在钢板表面形成金属电镀层,在压制成型时和车体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。

[0227] 作为金属电镀层的金属种类,可以为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,更优选为Fe。以下,以Fe系电镀层为例进行说明,其它的金属种类也可同样采用以下的Fe中的条件。

[0228] Fe系电镀层的附着量大于 $0\text{g}/\text{m}^2$,优选为 $2.0\text{g}/\text{m}^2$ 以上。Fe系电镀层的每单面的附着量的上限没有特别限定,从成本的观点考虑,优选使Fe系电镀层的每单面的附着量为 $60\text{g}/\text{m}^2$ 以下。Fe系电镀层的附着量优选为 $50\text{g}/\text{m}^2$ 以下,更优选为 $40\text{g}/\text{m}^2$ 以下,进一步优选为 $30\text{g}/\text{m}^2$ 以下。

[0229] Fe系电镀层的附着量如下测定。从Fe系电镀钢板采取 $10\times 15\text{mm}$ 尺寸的样品并埋入树脂,作为截面埋入样品。对该截面的任意3处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 $2000\sim 10000$ 倍进行观察,将3个视场的厚度的平均值乘以铁的密度,由此换算成Fe系镀层的每单面的附着量。

[0230] 作为Fe系电镀层,除纯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,优选如下的成分组成:选自B、C、P、N、O、Ni、Mn、Mo、Zn、W、Pb、Sn、Cr、V和Co中的1种或2种以上的元素合计包含10质量%以下,剩余部分由Fe和不可避免的杂质构成。通过使除Fe以外的元素量合计为10质量%以下,能够防止电解效率的下降,能够以低成本形成Fe系电镀层。Fe-C合金的情况下,C的含量优选为0.08质量%以下。

[0231] 第二镀层

[0232] 基于本发明的一个实施方式的钢板可以在钢板的单面或两面的最表层具有镀层(镀锌层、镀铝层等第二镀层),该镀层可以为热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层、热浸镀铝层等。

[0233] 在钢板表面形成有热浸镀锌层的热浸镀锌钢板、形成有合金化热浸镀锌层的合金化热浸镀锌钢板、形成有电镀锌层的电镀锌钢板、以及形成有其它金属镀层(镀铝层等)的镀覆钢板的镀层可以仅设置在基体钢板的一个表面上(基体钢板表面上或者形成有金属镀层的情况下在金属镀层表面上),也可以设置在两面上。

[0234] 即,本发明的钢板具有基体钢板,在该基体钢板上可以形成第二镀层(镀锌层、镀铝层等),另外,具有基体钢板,可以在该基体钢板上依次形成金属镀层(第一镀层(镀锌层、镀铝层等第二镀层除外))和第二镀层(镀锌层、镀铝层等)。

[0235] 应予说明,此处提及的热浸镀锌钢板、合金化热浸镀锌钢板、电镀锌钢板的镀层是指以Zn(锌)为主成分(Zn含量为50.0质量%以上)的镀层。

[0236] 另外,镀铝钢板的镀层是指以Al(铝)为主成分(Al含量为50.0质量%以上)的镀层。

[0237] 此处,热浸镀锌层例如优选由Zn与20.0质量%以下的Fe和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0.0质量%~3.5质量%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,上述的元素以外的剩余部分为不可避免的杂质。

[0238] 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0.0质量%~3.5质量%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,上述的元素以外的剩余部分为不可避免的杂质。

[0239] 此外,镀锌层的每单面的镀覆附着量没有特别限定,优选为20g/m²以上。另外,镀锌层的每单面的镀覆附着量优选为80g/m²以下。

[0240] 应予说明,热浸镀锌钢板、合金化热浸镀锌钢板的镀锌层的镀覆附着量如下测定。

[0241] 即,制备在10质量%盐酸水溶液1L中添加0.6g的对Fe的腐蚀抑制剂(朝日化学工业株式会社制“Ibit 700BK”(注册商标))而得的处理液。接着,在该处理液中浸渍成为供试材料的热浸镀锌钢板,使镀锌层溶解。然后,测定溶解前后的供试材料的质量减少量,将该值除以基体钢板的表面积(由镀覆被覆的部分的表面积),由此算出镀覆附着量(g/m²)。

[0242] 应予说明,基于本发明的一个实施方式的钢板的板厚没有特别限定,优选为0.5mm以上。另外,板厚优选为3.5mm以下。板厚更优选为2.3mm以下。

[0243] 板厚更优选为0.8mm以上。板厚进一步优选为1.0mm以上。板厚进一步更优选为1.2mm以上。

[0244] [2.钢板的制造方法]

[0245] 接下来,对基于本发明的一个实施方式的钢板的制造方法进行说明。

[0246] 本发明的钢板的制造方法包括以下的工序:热轧工序,对具有上述的成分组成的钢坯实施热轧;退火工序,将得到的钢板在退火温度:Ac₁点~950℃、退火时间:10秒以上、露点:-30℃以上的气氛的条件下进行退火;第一冷却工序,在退火工序后,将得到的钢板在从Ac₁点到450℃的温度区域内、在露点:-30℃以下的气氛的条件下,以8℃/秒以上的平均冷却速度进行冷却;以及第二冷却工序,在第一冷却工序后,将得到的钢板在从低于450℃到300℃的温度区域内以小于8℃/秒的平均冷却速度进行冷却。

[0247] 本发明中,钢坯材(钢坯)的熔炼方法没有特别限定,转炉、电炉等公知的熔炼方法均适合。另外,为了防止宏观偏析,优选连续铸造法制造钢坯(板坯),也可以利用铸锭法、薄板坯铸造法等来制造。另外,除了在制造钢坯后,暂时冷却至室温,其后再次加热的现有方法以外,也可以毫无问题地采用不冷却至室温,直接以温片的状态装入加热炉,或者进行稍微的保温后立即轧制的直送轧制或直接轧制等节能工序。

[0248] (热轧工序)

[0249] 对板坯进行加热的情况下,从碳化物的溶解、轧制载荷的减少、以及作为本发明特征的表层软质层的形成均匀性的提高的观点考虑,优选使板坯加热温度为1100℃以上。另外,为了防止氧化皮损耗的增大,板坯加热温度优选为1300℃以下。通过使板坯加热温度为1300℃以下,能够抑制作为本发明特征的表层软质层的形成过度增多,能够稳定地得到作为本发明特征的强度。

[0250] 应予说明,板坯加热温度为板坯表面的温度。另外,将板坯在通常的条件下通过粗

轧制成薄板坯,但降低加热温度的情况下,从防止热轧时的故障的观点考虑,优选在精轧前使用板带加热器等将薄板坯加热。

[0251] 轧制负荷增大、奥氏体的未再结晶状态下的压下率变高、在轧制方向伸长的异常组织发达的结果可能使最终材的延展性、扩孔性和弯曲性下降,因此精轧温度优选为820°C以上。另外,由于最终材的延展性、扩孔性和弯曲性下降,所以热轧后的卷绕温度优选为300°C以上。另外,卷绕温度优选为700°C以下。

[0252] 另外,在热轧卷绕时,从提高作为本发明特征的表层软质层的形成的均匀性的观点考虑,优选使卷绕温度为400°C以上。另外,卷绕温度优选为650°C以下。卷绕温度低于400°C时,有时稳定地在本发明规定范围内形成表层软质层变得困难。另外,卷绕温度超过650°C时,作为本发明特征的表层软质层的形成过度增多,有时难以稳定地获得作为本发明特征的强度。因此,更优选使卷绕温度为400°C以上。另外,卷绕温度优选为650°C以下。

[0253] 应予说明,在热轧时可以使粗轧板彼此接合进行连续精轧。另外,也可以将粗轧板暂时卷绕。另外,为了减少热轧时的轧制载荷,可以使精轧的一部分或全部为润滑轧制。从钢板形状的统一化、材质的统一化的观点考虑,进行润滑轧制也是有效的。应予说明,润滑轧制时的摩擦系数优选为0.10以上。另外,润滑轧制时的摩擦系数优选为0.25以下。

[0254] (酸洗工序)

[0255] 可以对如此制造的热轧钢板进行酸洗。酸洗能够除去钢板表面的氧化物,因此可以为了确保最终制品的高强度钢板中的良好的化学转化处理性、镀覆品质而进行。另外,酸洗可以为一次,也可以分成多次。

[0256] (冷轧工序)

[0257] 根据需要对如上所述得到的热轧后酸洗处理板或热轧钢板实施冷轧。实施冷轧时,可以对热轧后的酸洗处理板直接实施冷轧,也可以在实施热处理后实施冷轧。另外,可以任意地对冷轧后得到的冷轧钢板实施酸洗。

[0258] 冷轧例如通过串联式的多机架轧制或反向轧制等需要2道次以上的道次数的多道次轧制进行。

[0259] 冷轧的压下率:20%~80%

[0260] 实施冷轧时,冷轧的压下率(累积压下率)没有特别限定,优选为20%以上。另外,冷轧的压下率优选为80%以下。冷轧的压下率低于20%时,在退火工序中容易发生钢组织的粗大化、不均匀化,在最终制品中TS或弯曲性可能下降。另一方面,如果冷轧的压下率超过80%,则容易发生钢板的形状不良,镀锌等镀覆的附着量可能变得不均匀。

[0261] (金属镀覆(金属电镀、第一镀覆)工序)

[0262] 在本发明的一个实施方式中可以包括第一镀覆工序:在热轧工序后(实施冷轧的情况下为冷轧工序后)且退火工序前的钢板的单面或两面实施金属镀覆,形成第一镀层。

[0263] 例如,可以在如上所述得到的冷轧钢板的表面实施金属电镀处理等金属镀覆处理(第一镀覆处理),制成至少在单面形成有退火前金属电镀层(第一镀层)的退火前金属电镀钢板。应予说明,此处提及的金属镀覆不包括镀锌、镀铝等第二镀覆。金属电镀处理方法没有特别限定,作为如上所述形成于基体钢板上的金属镀层,优选为金属电镀层,因此优选实施金属电镀处理。例如,Fe系电镀浴可以采用硫酸浴、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利用通电时间等来调整。应予说明,退火前金属电镀钢板是指金

属电镀层未经过退火工序,不排除预先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退火的方式。

[0264] 此处,作为电镀层的金属种类,可以为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,更优选为Fe,因此以下说明Fe系电镀的制造方法。

[0265] 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,则能够得到充分的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。

[0266] 另外,在Fe系电镀浴中可以含有Fe离子与选自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在退火前Fe系电镀层中这些元素的合计含量成为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,非金属元素可以以硼酸、磷酸、硝酸、有机酸等的一部分的形式含有。另外,在硫酸铁镀覆液中可以包含硫酸钠、硫酸钾等电导率辅助剂,螯合剂、pH缓冲剂。

[0267] Fe系电镀浴的其它条件也没有特别限定。从恒温保持性考虑,Fe系电镀液的温度优选为30°C以上,优选为85°C以下。Fe系电镀浴的pH也没有特别规定,从防止氢产生引起的电流效率的下降的观点考虑,优选为1.0以上,另外,从Fe系电镀浴的电导率考虑,优选为3.0以下。从生产率的观点考虑,电流密度优选为10A/dm²以上,从容易控制Fe系电镀层的附着量的观点考虑,优选为150A/dm²以下。从生产率的观点考虑,通板速度优选为5mpm以上,从稳定控制附着量的观点考虑,优选为150mpm以下。

[0268] 应予说明,作为实施Fe系电镀处理前的处理,可以实施用于清洁钢板表面的脱脂处理和水洗、以及用于使钢板表面活化的酸洗处理和水洗。可以接着这些前处理实施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。在酸洗处理中,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、盐酸或它们的混合。酸的浓度没有特别规定,从氧化被膜的除去能力和防止过酸洗引起的表明粗糙(表面缺陷)等考虑,优选为1~20mass%。另外,酸洗处理液中可以含有消泡剂、酸洗促进剂、酸洗抑制剂等。

[0269] (退火工序)

[0270] 在本发明的一个实施方式中包含退火工序:在热轧工序后(实施冷轧的情况下在冷轧工序后,实施形成第一镀层的第一镀覆处理的情况下在第一镀覆工序后),将钢板在退火温度:Ac₁点~950°C、退火时间:10秒以上、露点:-30°C以上的气氛的条件下进行退火。

[0271] 退火温度:Ac₁点(°C)~950°C

[0272] 退火温度低于Ac₁点(°C)时,退火中的奥氏体的生成比例不充分。因此,退火后的板厚1/4位置的铁素体的面积率过度增加,得不到所需的TS和YS。另一方面,如果退火温度超过950°C,则由于为奥氏体单相区域,所以难以形成表层软质层。因此,使退火温度为Ac₁点(°C)~950°C。退火温度优选为Ac₁点+10°C以上。另外,优选为900°C以下。更优选为840°C以下。应予说明,退火温度为退火工序中的最高到达温度。

[0273] 退火时间:10秒以上

[0274] 如果退火时间少于10秒,则难以形成表层软质层。因此,使退火时间为10秒以上。应予说明,退火时间的上限没有特别限定,优选为900秒以下。应予说明,退火时间是指在

(退火温度-30°C) ~ 退火温度的温度区域内的保持时间。即,退火时间除了在退火温度的保持时间以外,还包括达到退火温度前后的加热和冷却中的(退火温度-30°C) ~ 退火温度的温度区域内的滞留时间。

[0275] 应予说明,退火次数可以为2次以上,从能量效率的观点考虑,优选1次。

[0276] 退火工序的气氛(退火气氛)的露点:-30°C以上

[0277] 退火工序的气氛(退火气氛)的露点必须为-30°C以上。通过使退火工序中的退火气氛的露点为-30°C以上进行,可促进脱炭反应,形成更深的表层软质层。由此,在从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的50 μ m \times 50 μ m的区域,测定300点以上的纳米硬度时,纳米硬度为7.0GPa以上的比例达到0.10以下。退火工序的退火气氛优选为-15°C以上,更优选为-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,为了适当地防止Fe系电镀层表面的氧化,使设置镀锌层时的镀覆密合性良好,退火工序的退火气氛的露点优选为30°C以下。

[0278] (第一冷却工序)

[0279] 在从Ac₁点到450°C的温度区域内,露点:-30°C以下,且平均冷却速度(第一平均冷却速度):8°C/秒以上

[0280] 本发明中,通过增加从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置和从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的铁素体的面积率,由此从基体钢板表面起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 变成1.8GPa以下,并且从基体钢板表面起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 变成2.2GPa以下。

[0281] 这种情况下,在退火工序后的第一冷却工序中,如果从Ac₁点到450°C的温度区域的平均冷却速度低于8°C/秒,则无法将纳米硬度调整成上述的范围。由此,本发明中,在退火工序后的第一冷却工序中,使从Ac₁点到450°C的温度区域的平均冷却速度为8°C/秒以上。

[0282] 另外,从Ac₁点到450°C的温度区域的冷却也必须在露点为-30°C以下的气氛的条件下进行。露点超过-30°C时,在钢板表面的表层软质层不均匀地形成在钢板面内,因此容易发生不满足本发明中规定的从基体钢板表面起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,并且从基体钢板表面起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以下的情况。应予说明,露点的下限没有特别限定,从设备限制考虑,优选为-55°C以上。应予说明,从Ac₁点到450°C的温度区域的冷却优选在露点为-32°C以下的气氛的条件下进行。

[0283] 应予说明,此处,第一平均冷却速度(°C/秒)可以通过第一冷却工序中的冷却开始温度(Ac₁点)-冷却结束温度(450°C)/冷却时间(秒)来算出。

[0284] 另外,Ac₁点(°C)可以通过下式算出。

[0285] $Ac_1 \text{点} (^\circ\text{C}) = 727.0 - 32.7 \times [\%C] + 14.9 \times [\%Si] + 2.0 \times [\%Mn]$

[0286] 其中,[%C]:C含量、[%Si]:Si含量、[%Mn]:Mn含量。

[0287] (第二冷却工序)

[0288] 从低于450°C到300°C的温度区域的平均冷却速度(第二平均冷却速度):小于8°C/秒

[0289] 本发明中,通过减少从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置和从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/2位置的马氏体或残余奥氏体的硬质相的面积率,由此从基体钢板表面起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 变成1.8GPa以下,并且从基体钢板表面起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 变成2.2GPa以下。

[0290] 这种情况下,在退火工序后的第二冷却工序中,如果从低于450°C到300°C的温度区域的平均冷却速度为8°C/秒以上,则无法将纳米硬度调整成上述的范围。由此,本发明中,在退火工序后的第二冷却工序中,使从低于450°C到300°C的温度区域的平均冷却速度小于8°C/秒。

[0291] 应予说明,此处,第二平均冷却速度(°C/秒)可以通过第二冷却工序中的冷却开始温度(低于450°C) — 冷却结束温度(300°C) / 冷却时间(秒)来算出。

[0292] (镀覆工序(第二镀覆工序))

[0293] 在本发明的一个实施方式中可以包括第二镀覆工序:对第二冷却工序后的钢板实施镀覆处理,形成第二镀层。

[0294] 镀覆工序(第二镀覆工序)优选为镀锌工序或者热浸镀铝处理,作为镀锌工序中的镀锌处理,例如,可举出热浸镀锌处理、合金化镀锌处理、电镀锌处理。

[0295] 热浸镀锌处理的情况下,将钢板浸渍在440°C以上的镀锌浴中后,优选通过气体擦拭等调整镀覆附着量。在上述的处理中,优选浸渍在500°C以下的镀锌浴中。作为热浸镀锌浴,只要可成为上述的镀锌层的组成,就没有特别限定,例如,优选使用Al含量为0.10质量%以上且剩余部分由Zn和不可避免的杂质构成的组成的镀覆浴。上述的Al含量优选为0.23质量%以下。

[0296] 另外,合金化镀锌处理的情况下,在按照上述的要领实施热浸镀锌处理后,优选将具有热浸镀锌层的钢板(热浸镀锌钢板)加热至450°C以上的合金化温度而实施合金化处理。上述的合金化温度优选为600°C以下。合金化温度低于450°C时,Zn-Fe合金化速度变慢,合金化有时变得困难。另一方面,如果合金化温度超过600°C,则未相变奥氏体向珠光体相变,难以使TS为590MPa以上。应予说明,合金化温度更优选为510°C以上。另外,合金化温度更优选为570°C以下。

[0297] 另外,具有热浸镀锌层的钢板(热浸镀锌钢板)(GI)和具有合金化热浸镀锌层的钢板(合金化热浸镀锌钢板)(GA)的镀覆附着量均优选为每单面20g/m²以上。另外,镀锌层的每单面的镀覆附着量优选为80g/m²以下。应予说明,镀覆附着量可以通过气体擦拭等来调节。

[0298] 另外,实施作为其它金属镀覆处理的具体例举出的热浸镀铝处理时,将实施上述冷轧板退火得到的冷轧板浸渍在660°C以上的镀铝浴中,实施热浸镀铝处理,其后,通过气体擦拭等调整镀覆附着量。上述镀铝浴优选为730°C以下。

[0299] 此外,实施电镀锌处理时,没有特别限定,被膜厚度优选为2 μ m以上。另外,被膜厚优选为15 μ m以下。

[0300] (再加热保持工序)

[0301] 在上述第二冷却工序后(实施第二镀覆处理的情况下在第二镀覆工序后),可以根据需要在再加热保持工序中,将得到的钢板冷却至从250°C以下到室温的冷却停止温度。由

此,表层软质层中的未相变奥氏体的一部分相变成马氏体。并且,可以在再加热保持工序中,再加热至从(冷却停止温度+50°C)到450°C的再加热温度区域,在再加热温度区域内保持10秒以上。由此,表层软质层的马氏体回火,表层软质层的马氏体的面积率减少,表层软质层的回火马氏体的面积率增加。另外,基体钢板的板厚1/4位置的钢组织通过再加热保持也回火,YS和 λ 上升。

[0302] 此处,室温优选为1°C以上。另外,室温优选为50°C以下,并且室温更优选为29°C以下。

[0303] 作为在上述的第二冷却工序后、或者进一步的再加热保持工序后的冷却方法,例如,可以采用喷气冷却、喷雾冷却、辊冷却、水冷和空冷等。应予说明,从表面的抗氧化的观点考虑,优选冷却至250°C以下。平均冷却速度例如优选为1°C/秒~50°C/秒。

[0304] 另外,可以对如上所述得到的钢板进一步实施调质轧制。如果调质轧制的压下率超过2.00%,则屈服应力上升,将钢板成型为部件时的尺寸精度可能下降。因此,调质轧制的压下率优选为2.00%以下。应予说明,调质轧制的压下率的下限没有特别限定,从生产率的观点考虑,优选为0.05%以上。另外,调质轧制在与用于进行上述的各工序的退火装置连续的装置上(在线)进行,也可以在与用于进行各工序的退火装置不连续的装置上(离线)进行。另外,调质轧制的轧制次数可以为1次,也可以为2次以上。应予说明,只要能够赋予与调质轧制同等的伸长率,则可以为利用矫直机等轧制。

[0305] 其它的制造方法的条件没有特别限定,从生产率的观点考虑,上述的退火、热浸镀锌、镀锌的合金化处理等一系列的处理优选通过热浸镀锌生产线CGL(Continuous Galvanizing Line:连续热镀锌生产线)进行。在热浸镀锌后,为了调整镀覆的单位面积重量,可以进行擦拭。应予说明,上述的条件以外的镀覆等条件可以依照热浸镀锌的常规方法。

[0306] [3. 部件]

[0307] 接下来,对基于本发明的一个实施方式的部件进行说明。

[0308] 基于本发明的一个实施方式的部件是使用上述的钢板而成的(为坯材)部件。例如,对作为坯材的钢板实施成型加工或接合加工中的至少一种而制成部件。

[0309] 此处,上述的钢板的TS:590MPa以上,且具有高的YS和优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)以及碰撞时的耐断裂特性(轴向压溃特性)。因此,基于本发明的一个实施方式的部件具有高强度、优异的压制成型性,且耐冲击特性也优异。因此,基于本发明的一个实施方式的部件特别适合用于在汽车领域使用的冲击能量吸收部件。

[0310] [4. 部件的制造方法]

[0311] 接下来,对基于本发明的一个实施方式的部件的制造方法进行说明。

[0312] 基于本发明的一个实施方式的部件的制造方法具有对上述的钢板实施成型加工、接合加工中的至少一种而制成部件的工序。

[0313] 此处,成型加工方法没有特别限定,例如,可以使用压制加工等一般的加工方法。另外,接合加工方法也没有特别限定,例如,可以使用点焊、激光焊、弧焊等一般的焊接,铆接、填缝等。应予说明,成型条件和接合条件没有特别限定,可以依照常规方法。

[0314] 实施例

[0315] 将具有表1所示的成分组成(剩余部分为Fe和不可避免的杂质)的钢坯材用转炉熔

炼,用连续铸造法制成钢坯。表1中,-表示不可避免的杂质水平的含量。

[0316] 表1所示的计算相变点 Ac_1 点通过下式计算。

[0317] Ac_1 点(°C) = $727.0 - 32.7 \times [\%C] + 14.9 \times [\%Si] + 2.0 \times [\%Mn]$

[0318] 此处,[%C]:C含量、[%Si]:Si含量、[%Mn]:Mn含量。

[0319] 将得到的钢坯加热至1200°C,加热后,对钢坯实施粗轧和热轧,设定为热轧卷绕温度:500°C,制成热轧钢板。接着,对得到的热轧钢板的No.1~96和No.107~146实施酸洗和冷轧,制成表2~4所示的板厚的冷轧钢板。

[0320] 另外,对得到的热轧钢板的No.97~106实施酸洗,制成表3所示的板厚的热轧钢板(白皮)。接着,对得到的冷轧钢板或热轧钢板(白皮)在表2~4所示的条件下进行第一镀覆工序(金属镀覆工序)、退火工序、第一冷却工序、第二冷却工序和镀覆工序(第二镀覆工序)中的处理,得到钢板。

[0321] 应予说明,对一部分的钢板未进行第一镀覆工序(金属镀覆工序)中的处理和/或镀覆工序(第二镀覆工序)中的处理。

[0322] 另外,对No.107~110、112~115、117~120、122~125、127~142在第二镀覆工序后进行再加热保持工序中的处理,得到钢板。

[0323] 此处,在第二镀覆工序中,对一部分的热轧钢板(白皮)或冷轧钢板进行热浸镀锌处理或合金化镀锌处理,得到热浸镀锌钢板(以下,也称为GI)或合金化热浸镀锌钢板(以下,也称为GA)。

[0324] 另外,对一部分的热轧钢板(白皮)或冷轧钢板进行电镀锌处理(浴温:室温),得到热浸电镀锌钢板(以下,也称为EG)。另外,对一部分的热轧钢板(白皮)或冷轧钢板进行热浸镀铝处理(浴温:680°C),得到热浸镀铝钢板(以下,也称为A1)。

[0325] 应予说明,在表2~4中,关于第二镀覆工序的种类,表示为“GI”、“GA”、“EG”或“A1”。对于未实施第二镀覆工序中的处理钢板,表示为“CR”。

[0326] 在制造GI和GA中的任一种时,镀锌浴温均为460°C。

[0327] 制造GI时,镀锌附着量为每单面45~75g/m²(两面镀覆),制造GA时,镀锌附着量为每单面40~65g/m²(两面镀覆)。

[0328] 应予说明,在GI的情况下,最终得到的钢板的镀锌层的组成含有Fe:0.1~1.0质量%、Al:0.20~0.33质量%,剩余部分为Zn和不可避免的杂质。另外,在GA的情况下,最终得到的钢板的镀锌层的组成含有Fe:7.0~12.0质量%、Al:0.10~0.23质量%,剩余部分为Zn和不可避免的杂质。

[0329] 另外,热浸镀锌层、合金化热浸镀锌层、电镀锌层和其它金属镀层(实施例中属于热浸镀铝层。)均形成在基体钢板的两面。

[0330] 使用得到的钢板,按照上述的要领,进行板厚1/4位置(基体钢板)的钢组织的鉴定。将测定结果示于表2~4。表2~4中,F为铁素体,M为马氏体,RA为残余奥氏体,B为贝氏体,TM为回火马氏体,P为珠光体, θ 为碳化物,F'为未再结晶铁素体, ϵ M为 ϵ 马氏体。

[0331] 另外,对表4所示的No.107~146按照上述的要领进行表层软质中的钢组织的鉴定。

[0332] 表中下划线部分表示在本发明的适当范围外。

[0333] 另外,按照以下的要领,进行拉伸试验、扩孔试验、V弯曲试验、V弯曲+正交VDA弯曲

试验和轴向压溃试验,根据以下的基准,评价拉伸强度(TS)、屈服应力(YS)、总伸长率(E1)、极限扩孔率(λ)、V弯曲试验中的R/t、V弯曲+正交VDA弯曲试验中测定的载荷最大时的行程(SFmax)、以及轴向压溃试验中的断裂(外观裂纹)的有无。

- [0334] • TS
- [0335] ○(合格):590MPa以上
- [0336] ×(不合格):小于590MPa
- [0337] • YS
- [0338] ○(合格):
- [0339] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $350\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0340] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $400\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0341] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $550\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0342] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $750\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0343] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $900\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0344] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $1050\text{MPa} \leq \text{YS}$
- [0345] ×(不合格): $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $350\text{MPa} > \text{YS}$
- [0346] $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $400\text{MPa} > \text{YS}$
- [0347] $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $550\text{MPa} > \text{YS}$
- [0348] $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $750\text{MPa} > \text{YS}$
- [0349] $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $900\text{MPa} > \text{YS}$
- [0350] $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $1050\text{MPa} > \text{YS}$
- [0351] • E1
- [0352] ○(合格):
- [0353] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $24.0\% \leq \text{E1}$
- [0354] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $18.0\% \leq \text{E1}$
- [0355] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $11.0\% \leq \text{E1}$
- [0356] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $8.0\% \leq \text{E1}$
- [0357] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $7.5\% \leq \text{E1}$
- [0358] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $7.0\% \leq \text{E1}$
- [0359] ×(不合格):
- [0360] $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $24.0\% > \text{E1}$
- [0361] $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $18.0\% > \text{E1}$
- [0362] $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $11.0\% > \text{E1}$ $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $8.0\% > \text{E1}$
- [0363] $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $7.5\% > \text{E1}$
- [0364] $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $7.0\% > \text{E1}$
- [0365] • λ
- [0366] ○(合格):20%以上
- [0367] ×(不合格):小于20%
- [0368] • R/t
- [0369] ○(合格):

- [0370] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $1.0 \geq R/t$
- [0371] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $2.0 \geq R/t$
- [0372] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $2.5 \geq R/t$
- [0373] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $3.0 \geq R/t$
- [0374] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $3.5 \geq R/t$
- [0375] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $4.0 \geq R/t$
- [0376] × (不合格):
- [0377] $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $1.0 < R/t$
- [0378] $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $2.0 < R/t$
- [0379] $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $2.5 < R/t$
- [0380] $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $3.0 < R/t$
- [0381] $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $3.5 < R/t$
- [0382] $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $4.0 < R/t$
- [0383] • SF_{max}
- [0384] ○ (合格)
- [0385] (A) $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $29.0\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0386] (B) $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $27.5\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0387] (C) $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $27.0\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0388] (D) $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $26.0\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0389] (E) $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $24.5\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0390] (F) $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $24.0\text{mm} \leq \text{SF}_{\text{max}}$
- [0391] × (不合格)
- [0392] $590\text{MPa} \leq \text{TS} < 780\text{MPa}$ 时, $29.0\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0393] $780\text{MPa} \leq \text{TS} < 980\text{MPa}$ 时, $27.5\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0394] $980\text{MPa} \leq \text{TS} < 1180\text{MPa}$ 时, $27.0\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0395] $1180\text{MPa} \leq \text{TS} < 1320\text{MPa}$ 时, $26.0\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0396] $1320\text{MPa} \leq \text{TS} < 1470\text{MPa}$ 时, $24.5\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0397] $1470\text{MPa} \leq \text{TS}$ 时, $24.0\text{mm} > \text{SF}_{\text{max}}$
- [0398] • 轴向压溃断裂(外观裂纹)的有无
- [0399] ◎ (合格): 在轴向压溃试验后的样品未观察到外观裂纹。
- [0400] ○ (合格): 在轴向压溃试验后的样品观察到1处以下的外观裂纹
- [0401] × (不合格): 在轴向压溃试验后的样品观察到2处以上的外观裂纹
- [0402] (1) 拉伸试验
- [0403] 拉伸试验是基于JIS Z 2241进行的。即,从得到的钢板以长边方向相对于基体钢板的轧制方向成为直角的方式采取JIS5号试验片。使用采取的试验片,在十字头速度为10mm/min的条件下进行拉伸试验,测定TS、YS和E1。将结果一并标注于表2~4。
- [0404] (2) 扩孔试验
- [0405] 扩孔试验是基于JIS Z 2256进行的。即,从得到的钢板通过剪切加工采取100mm×100mm的试验片。使间隙为12.5%而对该试验片冲裁直径10mm的孔。接着,使用内径:75mm的

冲模在孔的周围施加压边力:9ton (88.26kN),在该状态下将顶角:60°的圆锥冲头压入孔中,测定产生龟裂极限(产生龟裂时)下的试验片的孔的直径。然后,根据下式求出极限扩孔率: λ (%)。应予说明, λ 是评价拉伸凸缘性的指标。将结果一并标注于表2~4。

$$[0406] \quad \lambda(\%) = \{(D_f - D_0) / D_0\} \times 100$$

[0407] 其中,

[0408] D_f :产生龟裂时的试验片的孔的直径(mm)

[0409] D_0 :初期的试验片的孔的直径(mm)。

[0410] (3)V弯曲试验V(90°)

[0411] 弯曲试验是基于JIS Z 2248进行的。

[0412] 通过剪切·端面磨削加工从得到的钢板采取100mm×35mm的试验片。其中,100mm的边与宽度(C)方向平行。

[0413] 弯曲半径R:以0.5mm间距变化

[0414] 试验方法:冲模支承,压入冲头

[0415] 成型载荷:10ton

[0416] 试验速度:30mm/min

[0417] 保持时间:5s

[0418] 弯曲方向:轧制直角(C)方向

[0419] 进行3次评价,算出均未出现裂纹的最小的弯曲半径(极限弯曲半径)R除以板厚t而得的R/t。另外,使用Leica制体视显微镜,在25倍的倍率下将长度为200 μ m以上的龟裂判断为裂纹。应予说明,R/t是评价压制成型性的弯曲性的指标。将结果一并标注于表2~4。

[0420] 另外,进行极限弯曲半径R除以板厚t而得的R/t为4.5~5.0的90°V弯曲试验,拍摄5个视场的图1所示的弯曲截面的1500倍的SEM图像,在照片水平方向在83 μ m的范围的表面凸部的最大高度位置和微小裂纹部的凹部的最大深度位置分别引基准线,求出其间的最短距离,求出5个视场的该SEM图像的平均值。将如此求出的最短距离的平均值评价为表面凹凸深度。

[0421] (4)V弯曲+正交VDA弯曲试验

[0422] 如下进行V弯曲+正交VDA弯曲试验。

[0423] 从得到的钢板通过剪切·端面磨削加工采取60mm×65mm的试验片。其中,60mm的边与轧制(L)方向平行。以曲率半径/板厚:4.2将宽度(C)方向作为轴在轧制(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2的(a)所示,对载置于具有V槽的冲模A1上的钢板压入冲头B1而得到试验片T1。接下来,如图2的(b)所示,对载置于支承辊A2上的试验片T1,以弯曲方向成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2的(a)和图2的(b)中,D1表示宽度(C)方向,D2表示轧制(L)方向。

[0424] V弯曲+正交VDA弯曲试验中的V弯曲的条件如下。

[0425] 试验方法:冲模支承,压入冲头

[0426] 成型载荷:10ton

[0427] 试验速度:30mm/min

[0428] 保持时间:5s

[0429] 弯曲方向:轧制(L)方向

[0430] V弯曲+正交VDA弯曲试验中的VDA弯曲的条件如下。

[0431] 试验方法:辊支承,压入冲头

[0432] 辊径: ϕ 30mm

[0433] 冲头前端R:0.4mm

[0434] 辊间距离: (板厚 \times 2)+0.5mm

[0435] 行程速度:20mm/min

[0436] 试验片尺寸:60mm \times 60mm

[0437] 弯曲方向:轧制直角(C)方向

[0438] 在实施上述VDA弯曲时得到的行程-载荷曲线中,求出载荷最大时的行程。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行程的平均值作为SFmax(mm)。应予说明,SFmax是评价碰撞时的耐断裂特性(轴向压溃试验中的弯曲棱线部的耐断裂特性)的指标。将结果一并标注于表2~4。

[0439] (5) 轴向压溃试验

[0440] 通过剪切加工从得到的钢板采取150mm \times 100mm的试验片。此处,150mm的边与轧制(L)方向平行。使用冲头肩部半径为5.0mm、冲模肩部半径为5.0mm的模具,以成为深度40mm的方式进行成型加工(弯曲加工),制作图3-1的(a)和图3-1的(b)所示的帽型部件10。此外,将用作帽型部件的坯材的钢板另行切成80mm \times 100mm的大小。接下来,将该切下后的钢板20与帽型部件10进行点焊,制作如图3-1的(a)和图3-1的(b)所示的试验用部件30。图3-1的(a)是将帽型部件10与钢板20进行点焊而制作的试验用部件30的主视图。图3-1的(b)是试验用部件30的立体图。点焊部40的位置如图3-1的(b)所示,使钢板的端部与焊接部成为10mm,焊接部之间成为20mm的间隔。接下来,如图3-2的(c)所示,将试验用部件30与底板50通过TIG焊接进行接合而制作轴向压溃试验用样品。接下来,使碰撞块60以碰撞速度10mm/min匀速碰撞制作的轴向压溃试验用样品,将轴向压溃试验用的样品压溃70mm。如图3-2的(c)所示,压溃方向D3为与试验用部件30的长边方向平行的方向。将结果一并标注于表2~4。

[0441] 在板厚大于1.2mm的钢板的V弯曲试验、V弯曲+正交VDA弯曲试验和轴向压溃试验中,考虑到板厚的影响,用全部板厚为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。

[0442] 由于磨削加工可能对钢板表面的弯曲性有影响,所以在V弯曲试验中使磨削面为弯曲内侧(谷侧),在V弯曲+正交VDA弯曲试验中在V弯曲试验时使磨削面为弯曲外侧(山侧),在其后的VDA弯曲试验时使磨削面为弯曲内侧(谷侧)。

[0443] <纳米硬度测定>

[0444] 为了获得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,在从基体钢板表面起为表层软质层的板厚方向深度的1/4位置的板面的50 μ m \times 50 μ m的区域,测定300点以上的纳米硬度时,相对于总测定数,从基体钢板表面起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为7.0GPa以上的比例为0.10以下。上述纳米硬度为7.0GPa以上的比例为0.10以下时,意味着硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等的比例小,能够进一步抑制上述硬质的组织(马氏体等)、夹杂物等在压制成型时和碰撞时的空隙的生成或连接以及

龟裂的进展,可获得优异的R/t和SFmax。

[0445] 镀覆剥离后,从基体钢板表面机械研磨至表层软质层的板厚方向深度的1/4位置—5 μm 位置,用金刚石和氧化铝从基体钢板表面抛光研磨至表层软质层的板厚方向深度的1/4位置后,实施胶态二氧化硅研磨。使用Hysitron公司的tribo-950,利用玻氏形状的金剛石压头,在载荷:500 μN 、测定区域:50 μm ×50 μm 、打点间隔:2 μm 的条件下测定总计512点的纳米硬度。

[0446] 接下来,机械研磨至上述表层软质层的板厚方向深度的1/2位置为止,用金刚石和氧化铝实施抛光研磨和胶态二氧化硅研磨。使用Hysitron公司的tribo-950,利用玻氏形状的金剛石压头,在载荷:500 μN 、测定区域:50 μm ×50 μm 、打点间隔:2 μm 的条件下测定总计512点的纳米硬度。

[0447] 表层软质层的测定方法如下。通过湿式研磨使与钢板的轧制方向平行的板厚截面(L截面)平滑化后,基于JIS Z 2244-1(2020),使用维氏硬度计,在载荷10gf下,从在板厚方向距钢板表面1 μm 的位置到板厚方向100 μm 的位置以1 μm 间隔进行测定。其后以20 μm 间隔进行测定直至板厚中心。将与板厚1/4位置的硬度相比硬度减少至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定义为软质层的厚度。

[0448] [表1]

[0449]

[0450]

| 钢种 类 | 成分组成 (质量%) | | | | | | | | | | | 其它 | Ceq (%)(*) | 计算相变点(°C) | | 备注 |
|---------|------------|------|-------|-------|--------|-------|--------|----|-----|---|---|----|---------------|-----------|-----|----|
| | C | Si | Mn | P | S | Al | N | 其它 | Ac1 | | | | | | | |
| A | 0.093 | 0.45 | 1.70 | 0.020 | 0.0030 | 0.045 | 0.0033 | — | — | — | — | — | 0.40 | 734 | 适合钢 | |
| B | 0.093 | 1.50 | 1.45 | 0.020 | 0.0024 | 0.052 | 0.0052 | — | — | — | — | — | 0.40 | 749 | 适合钢 | |
| C | 0.073 | 1.00 | 2.30 | 0.015 | 0.0040 | 0.032 | 0.0042 | — | — | — | — | — | 0.50 | 744 | 适合钢 | |
| D | 0.063 | 0.23 | 2.40 | 0.020 | 0.0015 | 0.050 | 0.0032 | — | — | — | — | — | 0.47 | 733 | 适合钢 | |
| E | 0.113 | 1.40 | 1.93 | 0.020 | 0.0020 | 0.043 | 0.0050 | — | — | — | — | — | 0.49 | 748 | 适合钢 | |
| F | 0.110 | 1.38 | 2.77 | 0.018 | 0.0020 | 0.051 | 0.0033 | — | — | — | — | — | 0.83 | 750 | 适合钢 | |
| G | 0.221 | 1.45 | 2.30 | 0.015 | 0.0020 | 0.033 | 0.0049 | — | — | — | — | — | 0.86 | 746 | 适合钢 | |
| H | 0.089 | 0.18 | 2.40 | 0.014 | 0.0015 | 0.037 | 0.0035 | — | — | — | — | — | 0.50 | 732 | 适合钢 | |
| I | 0.086 | 0.63 | 2.60 | 0.010 | 0.0020 | 0.039 | 0.0035 | — | — | — | — | — | 0.58 | 739 | 适合钢 | |
| J | 0.130 | 0.60 | 2.70 | 0.013 | 0.0020 | 0.046 | 0.0033 | — | — | — | — | — | 0.61 | 737 | 适合钢 | |
| K | 0.143 | 1.30 | 2.15 | 0.020 | 0.0013 | 0.042 | 0.0039 | — | — | — | — | — | 0.56 | 746 | 适合钢 | |
| L | 0.120 | 0.40 | 2.65 | 0.010 | 0.0008 | 0.043 | 0.0044 | — | — | — | — | — | 0.88 | 734 | 适合钢 | |
| M | 0.192 | 1.65 | 2.77 | 0.009 | 0.0007 | 0.040 | 0.0041 | — | — | — | — | — | 0.72 | 751 | 适合钢 | |
| N | 0.138 | 0.35 | 1.82 | 0.010 | 0.0009 | 0.034 | 0.0049 | — | — | — | — | — | 0.46 | 731 | 适合钢 | |
| O | 0.208 | 0.28 | 1.25 | 0.010 | 0.0009 | 0.041 | 0.0036 | — | — | — | — | — | 0.43 | 727 | 适合钢 | |
| P | 0.191 | 0.92 | 3.18 | 0.010 | 0.0010 | 0.044 | 0.0037 | — | — | — | — | — | 0.76 | 741 | 适合钢 | |
| Q | 0.600 | 1.00 | 2.75 | 0.012 | 0.0012 | 0.043 | 0.0049 | — | — | — | — | — | 1.10 | 728 | 比较钢 | |
| R | 0.010 | 1.24 | 2.55 | 0.011 | 0.0015 | 0.052 | 0.0035 | — | — | — | — | — | 0.49 | 750 | 比较钢 | |
| S | 0.130 | 3.50 | 2.23 | 0.012 | 0.0018 | 0.045 | 0.0037 | — | — | — | — | — | 0.85 | 779 | 比较钢 | |
| T | 0.115 | 0.84 | 12.00 | 0.014 | 0.0014 | 0.036 | 0.0043 | — | — | — | — | — | 2.15 | 760 | 比较钢 | |
| U | 0.078 | 0.46 | 2.60 | 0.010 | 0.0012 | 0.035 | 0.0040 | — | — | — | — | — | 0.53 | 737 | 适合钢 | |
| V | 0.103 | 0.93 | 2.46 | 0.008 | 0.0009 | 0.035 | 0.0045 | — | — | — | — | — | 0.56 | 742 | 适合钢 | |
| W | 0.205 | 1.43 | 2.22 | 0.007 | 0.0008 | 0.050 | 0.0037 | — | — | — | — | — | 0.63 | 746 | 适合钢 | |
| X | 0.102 | 0.63 | 2.70 | 0.015 | 0.0029 | 0.048 | 0.0035 | — | — | — | — | — | 0.58 | 738 | 适合钢 | |
| Y | 0.150 | 0.93 | 2.61 | 0.016 | 0.0009 | 0.042 | 0.0046 | — | — | — | — | — | 0.82 | 741 | 适合钢 | |
| Z | 0.214 | 1.23 | 2.45 | 0.018 | 0.0078 | 0.035 | 0.0038 | — | — | — | — | — | 0.67 | 743 | 适合钢 | |
| AA | 0.172 | 1.22 | 3.18 | 0.016 | 0.0032 | 0.041 | 0.0046 | — | — | — | — | — | 0.75 | 746 | 适合钢 | |
| AB | 0.191 | 0.55 | 3.48 | 0.009 | 0.0017 | 0.035 | 0.0033 | — | — | — | — | — | 0.79 | 736 | 适合钢 | |
| AC | 0.195 | 0.75 | 3.02 | 0.021 | 0.0019 | 0.043 | 0.0039 | — | — | — | — | — | 0.73 | 738 | 适合钢 | |
| AD | 0.216 | 1.01 | 2.85 | 0.011 | 0.0015 | 0.032 | 0.0039 | — | — | — | — | — | 0.73 | 741 | 适合钢 | |
| AE | 0.334 | 0.54 | 1.28 | 0.007 | 0.0010 | 0.030 | 0.0034 | — | — | — | — | — | 0.57 | 727 | 适合钢 | |
| AF | 0.272 | 1.10 | 3.01 | 0.008 | 0.0011 | 0.031 | 0.0035 | — | — | — | — | — | 0.82 | 741 | 适合钢 | |
| AG | 0.312 | 0.38 | 3.15 | 0.009 | 0.0013 | 0.035 | 0.0038 | — | — | — | — | — | 0.85 | 729 | 适合钢 | |
| AH | 0.068 | 0.16 | 1.79 | 0.016 | 0.0012 | 0.035 | 0.0036 | — | — | — | — | — | 0.85 | 731 | 适合钢 | |

* 上述以外的剩余部分为Fe和不可避免的杂质。

* 下划线表示本发明的范围外。

(*) Ceq=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14

[0451]

[0452]

| No. | 钢种 类 | 制造条件 | | | | | | 板厚1/4位置的组织 | | | 表层 | | | 底面的硬度Hn | | | | 表面 凹凸 粗糙度 (μm) | | YS (MPa) | TS (MPa) | Ei (%) | λ | R _A VDA弯曲 SF _{max} (mm) | 轴压 特性 | 备注 | | |
|-----|---------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----|------------|------|------|---------|----------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|--|-------------|-------------|-----------|-----------|--|----------|------|--|--------------------------------|
| | | 第一退火 温度 (°C) | 退火 时间 (秒) | 退火 速度 (°C/s) | 第一冷却 平均 冷却 速度 (°C/s) | 第二冷却 平均 冷却 速度 (°C/s) | 第二退火 温度 (°C) | 退火 时间 (秒) | 退火 速度 (°C/s) | 种类 | 板厚 (mm) | M | RA | TM | 残余 渗碳 组织 | 铁素体 厚度 (μm) | 金属 附着量 ($\mu\text{m}^2/\text{g}$) | Hn 7.00Pa 以上比例 (%) | 1/4位置 Hn 标准偏差 (μm) | | | | | | | | 1/2位置 Hn 标准偏差 (μm) | 表面 粗糙度 (μm) |
| 1 | A | 无 | 811 | 147 | -14 | 11 | -45 | 5 | OR | 1.2 | 7.6 | 0.9 | 3.0 | F.B.9 | 21 | - | 0.03 | 0.7 | 1.3 | 7.4 | 486 | 600 | 24.5 | 62 | 0.00 | 29.3 | ◎ | 本发明例 |
| 2 | A | 无 | 815 | 101 | 8 | 18 | -48 | 3 | OR | 1.2 | 8.2 | 1.2 | 3.2 | F.B.9 | 28 | - | 0.02 | 0.3 | 0.9 | 8.2 | 428 | 609 | 25.5 | 62 | 0.00 | 30.2 | ◎ | 本发明例 |
| 3 | A | 有(Fe) | 812 | 132 | -14 | 14 | -44 | 4 | OR | 1.2 | 7.9 | 1.5 | 2.8 | F.B.9 | 28 | 10.0 | 0.03 | 0.6 | 1.1 | 2.3 | 406 | 608 | 24.9 | 68 | 0.00 | 29.8 | ◎ | 本发明例 |
| 4 | A | 有(Fe) | 821 | 140 | 8 | 13 | -38 | 3 | OR | 1.2 | 7.8 | 1.1 | 3.5 | F.B.9 | 68 | 10.0 | 0.01 | 0.2 | 0.7 | 2.1 | 474 | 602 | 25.8 | 62 | 0.00 | 30.8 | ◎ | 本发明例 |
| 5 | B | 无 | 822 | 161 | -17 | 11 | -45 | 6 | GA | 1.2 | 8.2 | 2.2 | 1.2 | F.B.9 | 23 | - | 0.03 | 0.6 | 1.2 | 6.1 | 368 | 639 | 31.1 | 61 | 0.00 | 29.7 | ◎ | 本发明例 |
| 6 | B | 无 | 829 | 172 | -10 | 15 | -34 | 5 | GA | 1.2 | 9.5 | 2.1 | 1.5 | F.B.9 | 64 | - | 0.01 | 0.3 | 0.8 | 7.3 | 386 | 619 | 30.4 | 71 | 0.00 | 30.5 | ◎ | 本发明例 |
| 7 | B | 有(Fe) | 825 | 149 | -17 | 19 | -46 | 3 | GA | 1.2 | 8.7 | 2.5 | 1.2 | F.B.9 | 30 | 10.0 | 0.02 | 0.5 | 1.0 | 1.1 | 370 | 613 | 26.9 | 69 | 0.00 | 30.1 | ◎ | 本发明例 |
| 8 | B | 有(Fe) | 823 | 124 | 10 | 17 | -48 | 2 | GA | 1.2 | 8.3 | 2.8 | 1.0 | F.B.9 | 71 | 10.0 | 0.01 | 0.2 | 0.6 | 0.9 | 382 | 617 | 28.2 | 66 | 0.00 | 31.0 | ◎ | 本发明例 |
| 9 | C | 无 | 822 | 153 | -18 | 18 | -37 | 6 | GI | 1.2 | 28.0 | 0.8 | 16.1 | F.B.9 | 45 | - | 0.05 | 1.1 | 1.5 | 6.4 | 600 | 832 | 22.8 | 32 | 1.25 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 10 | C | 无 | 825 | 156 | 6 | 10 | -38 | 4 | GI | 1.2 | 28.7 | 0.6 | 14.6 | F.B.9 | 44 | - | 0.03 | 0.8 | 1.1 | 8.1 | 515 | 827 | 23.2 | 33 | 0.42 | 28.3 | ◎ | 本发明例 |
| 11 | C | 有(Fe) | 820 | 130 | -18 | 14 | -47 | 3 | GI | 1.2 | 29.1 | 0.7 | 15.7 | F.B.9 | 18 | 13.0 | 0.04 | 1.0 | 1.3 | 2.3 | 812 | 839 | 23.0 | 31 | 0.83 | 28.1 | ◎ | 本发明例 |
| 12 | C | 有(Fe) | 828 | 102 | 6 | 13 | -47 | 3 | GI | 1.2 | 28.5 | 0.9 | 14.9 | F.B.9 | 00 | 13.0 | 0.02 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 803 | 827 | 22.5 | 35 | 0.00 | 29.1 | ◎ | 本发明例 |
| 13 | D | 无 | 811 | 161 | -20 | 19 | -50 | 6 | EG | 1.2 | 28.0 | 2.3 | 2.1 | F.B.9 | 12 | - | 0.04 | 1.0 | 1.6 | 7.9 | 910 | 903 | 20.8 | 37 | 1.25 | 27.9 | ◎ | 本发明例 |
| 14 | D | 无 | 815 | 172 | 5 | 17 | -50 | 2 | EG | 1.2 | 25.7 | 2.4 | 1.4 | F.B.9 | 42 | - | 0.03 | 0.7 | 1.2 | 4.9 | 590 | 807 | 21.2 | 38 | 0.42 | 28.1 | ◎ | 本发明例 |
| 15 | D | 有(Fe) | 810 | 165 | -20 | 18 | -48 | 6 | EG | 1.2 | 26.1 | 2.1 | 1.6 | F.B.9 | 16 | 16.0 | 0.04 | 0.9 | 1.3 | 1.8 | 526 | 829 | 20.0 | 34 | 0.83 | 28.3 | ◎ | 本发明例 |
| 16 | D | 有(Fe) | 815 | 151 | 5 | 11 | -48 | 3 | EG | 1.2 | 25.5 | 2.2 | 2.2 | F.B.9 | 50 | 16.0 | 0.09 | 0.6 | 0.8 | 1.6 | 608 | 827 | 20.1 | 35 | 0.00 | 29.0 | ◎ | 本发明例 |
| 17 | E | 无 | 825 | 140 | -16 | 15 | -50 | 3 | GA | 1.2 | 19.8 | 14.3 | 1.1 | F.B.9 | 12 | - | 0.04 | 1.1 | 1.4 | 4.8 | 461 | 620 | 26.8 | 25 | 1.25 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 18 | E | 有(Fe) | 825 | 146 | 9 | 14 | -49 | 6 | GA | 1.2 | 20.2 | 14.2 | 0.9 | F.B.9 | 16 | 16.0 | 0.04 | 0.9 | 1.2 | 0.4 | 496 | 805 | 27.4 | 31 | 0.83 | 28.9 | ◎ | 本发明例 |
| 19 | E | 有(Fe) | 820 | 157 | -16 | 16 | -37 | 5 | GA | 1.2 | 19.1 | 13.3 | 1.0 | F.B.9 | 17 | - | 0.05 | 1.2 | 1.5 | 7.1 | 872 | 1041 | 19.5 | 65 | 1.25 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 20 | F | 无 | 842 | 100 | -13 | 20 | -43 | 5 | GA | 1.2 | 5.1 | 9.7 | 50.3 | F.B.9 | 17 | - | 0.05 | 1.2 | 1.5 | 7.1 | 872 | 1041 | 19.5 | 65 | 1.25 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 21 | F | 有(Fe) | 848 | 180 | 9 | 15 | -33 | 3 | GA | 1.2 | 5.5 | 10.3 | 48.6 | F.B.9 | 78 | - | 0.03 | 0.8 | 1.2 | 6.1 | 868 | 1040 | 15.7 | 68 | 0.00 | 30.2 | ◎ | 本发明例 |
| 22 | F | 有(Fe) | 840 | 108 | -13 | 9 | -46 | 1 | GA | 1.2 | 8.2 | 10.8 | 46.2 | F.B.9 | 22 | 10.0 | 0.04 | 1.0 | 1.3 | 1.4 | 864 | 1038 | 15.9 | 68 | 0.42 | 28.1 | ◎ | 本发明例 |
| 23 | F | 有(Fe) | 850 | 129 | 9 | 10 | -45 | 5 | OR | 1.2 | 5.8 | 9.9 | 50.7 | F.B.9 | 89 | 10.0 | 0.02 | 0.6 | 0.6 | 2.3 | 871 | 1049 | 16.4 | 67 | 0.00 | 30.7 | ◎ | 本发明例 |
| 24 | G | 无 | 832 | 108 | -11 | 13 | -35 | 3 | OR | 1.2 | 6.2 | 12.2 | 15.8 | F.B.9 | 18 | - | 0.06 | 1.6 | 2.0 | 1.2 | 381 | 1050 | 19.9 | 29 | 1.25 | 27.9 | ◎ | 本发明例 |
| 25 | G | 无 | 832 | 119 | 5 | 13 | -44 | 6 | OR | 1.2 | 6.5 | 11.5 | 14.6 | F.B.9 | 38 | - | 0.04 | 1.2 | 1.6 | 8.4 | 833 | 1032 | 21.4 | 27 | 0.42 | 28.9 | ◎ | 本发明例 |
| 26 | G | 有(Fe) | 826 | 156 | -11 | 14 | -37 | 1 | OR | 1.2 | 6.3 | 12.6 | 17.1 | F.B.9 | 23 | 13.0 | 0.05 | 1.4 | 1.6 | 2.5 | 626 | 1045 | 20.8 | 27 | 0.83 | 28.1 | ◎ | 本发明例 |
| 27 | G | 有(Fe) | 830 | 130 | 5 | 12 | -47 | 6 | OR | 1.2 | 5.8 | 12.9 | 16.5 | F.B.9 | 44 | 13.0 | 0.02 | 0.7 | 1.1 | 2.2 | 628 | 1037 | 21.5 | 23 | 0.00 | 29.5 | ◎ | 本发明例 |
| 28 | H | 无 | 823 | 103 | -14 | 10 | -40 | 5 | GA | 1.2 | 41.1 | 0.5 | 3.2 | F | 16 | - | 0.05 | 1.3 | 1.8 | 5.3 | 633 | 1047 | 21.2 | 24 | 1.25 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 30 | H | 无 | 816 | 157 | 8 | 20 | -37 | 1 | GA | 1.2 | 40.2 | 0.8 | 3.1 | F | 34 | - | 0.03 | 1.1 | 1.4 | 6.2 | 593 | 1040 | 20.7 | 25 | 0.42 | 28.1 | ◎ | 本发明例 |
| 31 | H | 有(Fe) | 820 | 139 | -14 | 16 | -49 | 6 | GA | 1.2 | 40.1 | 0.6 | 3.5 | F | 20 | 10.0 | 0.04 | 1.4 | 1.6 | 0.8 | 612 | 1033 | 20.9 | 27 | 0.83 | 28.5 | ◎ | 本发明例 |
| 32 | H | 有(Fe) | 827 | 160 | 8 | 14 | -41 | 3 | GA | 1.2 | 40.5 | 0.7 | 3.9 | F | 6 | 42 | 10.0 | 0.01 | 0.6 | 0.8 | 605 | 1036 | 21.5 | 25 | 0.00 | 29.7 | ◎ | 本发明例 |
| 33 | I | 无 | 806 | 180 | -15 | 14 | -42 | 2 | GA | 1.2 | 43.1 | 0.4 | 3.2 | F.B.9 | 18 | - | 0.04 | 1.4 | 1.6 | 3.5 | 626 | 1032 | 14.3 | 30 | 0.83 | 27.3 | ◎ | 本发明例 |
| 34 | I | 无 | 803 | 103 | 10 | 10 | -31 | 3 | GA | 1.2 | 43.2 | 0.5 | 2.8 | F.B.9 | 33 | - | 0.02 | 0.8 | 1.2 | 4.2 | 628 | 1047 | 14.8 | 21 | 0.00 | 29.5 | ◎ | 本发明例 |
| 35 | I | 有(Fe) | 800 | 168 | -15 | 15 | -43 | 6 | GA | 1.2 | 44.1 | 0.3 | 2.7 | F.B.9 | 22 | 10.0 | 0.03 | 1.2 | 1.4 | 0.5 | 839 | 1039 | 15.1 | 21 | 0.42 | 28.6 | ◎ | 本发明例 |
| 36 | I | 有(Fe) | 802 | 126 | 10 | 14 | -30 | 1 | GA | 1.2 | 43.5 | 0.6 | 2.9 | F.B.9 | 41 | 10.0 | 0.01 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 828 | 1031 | 14.4 | 21 | 0.00 | 29.9 | ◎ | 本发明例 |
| 37 | J | 无 | 805 | 155 | -15 | 9 | -42 | 1 | GI | 1.2 | 2.1 | 3.2 | 73.2 | F.B.9 | 20 | - | 0.05 | 1.4 | 1.7 | 5.1 | 631 | 1044 | 20.5 | 25 | 1.25 | 27.1 | ◎ | 本发明例 |
| 38 | J | 无 | 803 | 162 | 9 | 9 | -42 | 1 | GI | 1.2 | 2.5 | 3.0 | 74.3 | F.B.9 | 39 | - | 0.02 | 0.9 | 1.2 | 6.2 | 600 | 1047 | 20.5 | 29 | 0.42 | 28.5 | ◎ | 本发明例 |
| 39 | J | 有(Fe) | 800 | 128 | -15 | 15 | -45 | 5 | GI | 1.2 | 2.6 | 2.9 | 74.8 | F.B.9 | 22 | 13.0 | 0.03 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 633 | 1030 | 20.8 | 30 | 0.83 | 27.9 | ◎ | 本发明例 |
| 40 | J | 有(Fe) | 802 | 175 | 9 | 12 | -43 | 6 | GI | 1.2 | 2.2 | 3.2 | 75.8 | F.B.9 | 51 | 13.0 | 0.01 | 0.6 | 0.6 | 1.4 | 584 | 1044 | 20.1 | 25 | 0.00 | 29.3 | ◎ | 本发明例 |
| 41 | K | 无 | 835 | 119 | -19 | 19 | -44 | 6 | EG | 1.2 | 3.4 | 0.7 | 46.2 | F | 15 | - | 0.07 | 1.3 | 1.9 | 7.9 | 881 | 1245 | 10.3 | 46 | 1.67 | 26.1 | ◎ | 本发明例 |
| 42 | K | 无 | 838 | 111 | 3 | 12 | -41 | 3 | EG | 1.2 | 3.0 | 6.0 | 49.3 | F | 42 | - | 0.04 | 1.1 | 1.4 | 7.9 | 885 | 1233 | 11.1 | 44 | 0.83 | 27.8 | ◎ | 本发明例 |
| 43 | K | 有(Fe) | 832 | 135 | -19 | 10 | -31 | 6 | EG | 1.2 | 3.5 | 0.9 | 49.5 | F | 19 | 16.0 | 0.05 | 1.4 | 1.6 | 2.4 | 893 | 1231 | 12.5 | 42 | 1.25 | 27.0 | ◎ | 本发明例 |
| 44 | K | 有(Fe) | 829 | 116 | 3 | 20 | -31 | 4 | EG | 1.2 | 3.1 | 1.0 | 48.6 | F | 63 | 16.0 | 0.03 | 0.8 | 1.0 | 2.6 | 889 | 1242 | 11.2 | 39 | 0.00 | 28.0 | ◎ | 本发明例 |
| 45 | L | 无 | 832 | 175 | -15 | 14 | -39 | 2 | GA | 1.2 | 3.8 | 1.1 | 61.2 | B | 18 | - | 0.08 | 1.5 | 1.9 | 3.7 | 834 | 1238 | 10.0 | 31 | 1.67 | 26.3 | ◎ | 本发明例 |
| 46 | L | 无 | 835 | 125 | -5 | 11 | -47 | 2 | GA | 1.2 | 4.1 | 0.8 | 60.4 | B | 38 | - | 0.05 | 1.1 | 1.4 | 4.1 | 837 | 1204 | 10.8 | 50 | 0.42 | 27.1 | ◎ | 本发明例 |
| 47 | L | 有(Fe) | 836 | 164 | -15 | 13 | -37 | 2 | GA | 1.2 | 3.9 | 1.1 | 60.5 | B | 72 | - | 0.02 | 0.9 | 1.0 | 4.8 | 823 | 1200 | 10.7 | 39 | 0.00 | 28.9 | ◎ | 本发明例 |
| 48 | L | 有(Fe) | 828 | 131 | 5 | 10 | -31 | 2 | GA | 1.2 | 4.0 | 1.3 | 60.1 | B | 89 | 10.0 | 0.07 | 1.4 | 1.7 | 0.2 | 852 | 1216 | 11.6 | 40 | 1.25 | 28.8 | ◎ | 本发明例 |
| 49 | L | 有(Fe) | 828 | 131 | 5 | 10 | -31 | 2 | GA | 1.2 | 4.0 | 1.3 | 60.1 | B | 89 | 10.0 | 0.01 | 0.7 | 0.8 | 0.3 | 849 | 1206 | 10.9 | 34 | 0.00 | 29.2 | ◎ | 本发明例 |
| 50 | L | 有(Fe) | 832 | 124 | 5 | 12 | -35 | 1 | GA | 1.2 | 3.7 | 0.9 | 59.8 | B | 82 | 10.0 | 0.02 | 0.6 | 0.9 | 0.3 | 842 | 1234 | 10.5 | 36 | 0.00 | 29.0 | ◎ | 本发明例 |

[表3]

(*) A₅₀到450°C的温度区域内的平均冷却速度 (°C/s)
 (**) 低于450°C到300°C的温度区域内的平均冷却速度 (°C/s)
 (***) 金属附着量 (G/m²)
 (****) 从整体钢板表面层为表层软质层的收率方向深度的1/4位置的底面的纳米硬度的标准偏差σ(GPa)
 (*****) 从整体钢板表面层为表层软质层的收率方向深度的1/4位置的底面的纳米硬度的标准偏差σ(GPa)
 (*****) 从整体钢板表面层为表层软质层的收率方向深度的1/2位置的底面的纳米硬度的标准偏差σ(GPa)
 (*****) 按照等曲率半径R除以厚度t而得的R/t

[0453]

[0454]

[表4]

| No. | 材料 | 相变条件 | | | | 板厚1/4位置的组织 | | | | 板面纳米硬度Hn | | | | 评价 | | | | 备注 | | | | | | | | | | |
|-----|----|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|------------|--------|--------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------|-------------|-----|--------|------|------|--|------|------|------|------|------|------|
| | | 第一阶段 冷却速度 (°C/s) | 第二阶段 冷却速度 (°C/s) | 平均 冷却速度 (°C/s) | 平均 冷却速度 (°C/s) | M (%) | HA (%) | TM (%) | 残余 奥氏体 部分 组织 (%) | 铁素体 层片 厚度 (μm) | 700Pa 以上 标准 偏差 (%) | Hn (GPa) | 1/4位置 Hn (GPa) | 1/2位置 Hn (GPa) | 表面 凹凸 粗糙度 (μm) | YS (MPa) | TS (MPa) | | EI (%) | λ | Rv | N型曲十 VDA 弯曲 特性 SFmax (mm) | | | | | | |
| 51 | M | 无 | 800 | 171 | -15 | 17 | -38 | 3 | GA | 12 | 12.5 | 13.7 | 64.1 | FB.0 | 16 | 0.07 | 1.5 | 1.8 | 5.4 | 833 | 1202 | 13.7 | 40 | 1.25 | 20.3 | ○ | 本实施例 | |
| 52 | M | 无 | 802 | 198 | -10 | 15 | -43 | 2 | GA | 12 | 12.1 | 13.0 | 63.6 | FB.0 | 41 | 0.04 | 1.0 | 1.4 | 5.3 | 882 | 1203 | 14.4 | 33 | 0.42 | 28.1 | ○ | 本实施例 | |
| 53 | M | 有(Fe) | 803 | 122 | -10 | 20 | -45 | 2 | GA | 12 | 11.9 | 12.8 | 65.4 | FB.0 | 25 | 0.00 | 0.5 | 1.4 | 1.6 | 0.81 | 1218 | 14.3 | 40 | 0.83 | 27.0 | ○ | 本实施例 | |
| 54 | M | 有(Fe) | 800 | 124 | -10 | 11 | -47 | 1 | GA | 12 | 12.7 | 12.4 | 66.2 | FB.0 | 44 | 0.00 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 887 | 1218 | 15.5 | 33 | 0.00 | 20.3 | ○ | 本实施例 | |
| 55 | N | 无 | 849 | 118 | -17 | 13 | -32 | 5 | OR | 12 | 0.9 | 0.1 | 98.3 | θ | 14 | 0.07 | 1.5 | 1.9 | 7.1 | 1154 | 1334 | 7.5 | 45 | 2.50 | 24.3 | ○ | 本实施例 | |
| 56 | N | 无 | 850 | 173 | 5 | 18 | -36 | 2 | OR | 12 | 1.0 | 0.1 | 94.5 | θ | 36 | 0.05 | 1.2 | 1.5 | 7.5 | 1165 | 1342 | 7.7 | 45 | 1.25 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 57 | N | 有(Fe) | 852 | 120 | -17 | 16 | -33 | 5 | OR | 12 | 0.8 | 0.2 | 96.1 | θ | 23 | 0.00 | 0.8 | 1.4 | 1.7 | 2.4 | 1169 | 1344 | 7.8 | 49 | 2.08 | 20.2 | ○ | 本实施例 |
| 58 | N | 有(Fe) | 847 | 125 | 5 | 13 | -38 | 4 | OR | 12 | 1.1 | 0.2 | 96.0 | θ | 41 | 0.00 | 0.4 | 1.0 | 1.2 | 2.3 | 1190 | 1330 | 7.5 | 45 | 0.83 | 20.0 | ○ | 本实施例 |
| 58 | O | 无 | 854 | 120 | -13 | 16 | -45 | 6 | OR | 12 | 0.4 | 0.1 | 95.3 | θ | 16 | 0.08 | 1.6 | 1.9 | 5.8 | 1245 | 1504 | 7.4 | 48 | 2.50 | 24.2 | ○ | 本实施例 | |
| 60 | O | 无 | 860 | 120 | 9 | 16 | -60 | 5 | OR | 12 | 0.3 | 0.2 | 96.1 | θ | 26 | 0.06 | 1.2 | 1.6 | 7.3 | 1247 | 1522 | 7.7 | 39 | 1.25 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 61 | O | 有(Fe) | 851 | 134 | -13 | 16 | -47 | 5 | OR | 12 | 0.5 | 0.2 | 95.1 | θ | 26 | 0.00 | 1.0 | 1.3 | 2.4 | 1241 | 1518 | 7.7 | 38 | 0.83 | 20.0 | ○ | 本实施例 | |
| 63 | P | 无 | 875 | 157 | -15 | 14 | -45 | 3 | GA | 12 | 0.4 | 0.1 | 96.1 | θ | 17 | 0.08 | 1.6 | 1.9 | 3.5 | 1249 | 1518 | 7.5 | 45 | 2.50 | 24.3 | ○ | 本实施例 | |
| 64 | P | 无 | 880 | 108 | -10 | 19 | -48 | 6 | GA | 12 | 0.4 | 0.2 | 96.0 | θ | 26 | 0.00 | 1.4 | 1.4 | 3.9 | 1244 | 1526 | 7.8 | 43 | 1.25 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 65 | P | 有(Fe) | 878 | 131 | -15 | 9 | -44 | 2 | GA | 12 | 0.4 | 0.2 | 96.0 | θ | 36 | 0.00 | 0.7 | 1.4 | 0.8 | 1242 | 1529 | 7.7 | 48 | 1.67 | 20.0 | ○ | 本实施例 | |
| 66 | P | 有(Fe) | 881 | 103 | -10 | 16 | -50 | 6 | GA | 12 | 0.3 | 0.1 | 96.2 | θ | 42 | 0.00 | 0.5 | 1.0 | 0.9 | 1247 | 1518 | 7.5 | 48 | 0.83 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 67 | P | 有(ND) | 882 | 121 | -10 | 9 | -47 | 6 | GA | 12 | 0.4 | 0.2 | 96.1 | θ | 46 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1248 | 1526 | 7.8 | 41 | 0.83 | 20.0 | ○ | 本实施例 | |
| 68 | Q | 无 | 900 | 145 | -10 | 10 | -36 | 5 | OR | 12 | 3.3 | 0.3 | 93.3 | θ, θ | 30 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 5.2 | 962 | 1434 | 4.2 | 18 | 0.67 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 69 | Q | 无 | 900 | 125 | -10 | 16 | -40 | 5 | OR | 12 | 3.6 | 0.2 | 93.0 | θ, θ | 42 | 0.00 | 0.1 | 0.3 | 5.8 | 234 | 854 | 30.9 | 92 | 0.00 | 31.2 | ○ | 本实施例 | |
| 70 | S | 无 | 855 | 105 | -10 | 16 | -40 | 2 | OR | 12 | 4.2 | 0.4 | 91.1 | FB.0, 16 | 34 | 0.03 | 1.0 | 1.3 | 22.3 | 651 | 997 | 3.2 | 14 | 0.00 | 20.1 | ○ | 本实施例 | |
| 71 | S | 无 | 819 | 140 | -10 | 18 | -39 | 4 | OR | 12 | 0.0 | 0.0 | 92.0 | θ, θ, M, 16 | 16 | 0.08 | 1.6 | 1.9 | 21.3 | 329 | 795 | 17.0 | 13 | 0.00 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 72 | L | 无 | 820 | 108 | -27 | 19 | -40 | 3 | GA | 12 | 2.0 | 0.3 | 93.9 | θ, 2 | 2 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 601 | 1012 | 10.0 | 18 | 0.00 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 73 | L | 无 | 830 | 7 | 7 | 16 | -30 | 3 | GA | 12 | 2.7 | 1.0 | 90.0 | θ | 2 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 610 | 1198 | 8.9 | 28 | 0.75 | 20.9 | ○ | 本实施例 | |
| 74 | L | 无 | 831 | 137 | -10 | 11 | -35 | 5 | GA | 12 | 3.0 | 1.8 | 95.4 | θ | 1 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 832 | 1221 | 9.2 | 30 | 0.75 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 75 | L | 无 | 833 | 116 | 7 | 9 | -41 | 3 | GA | 12 | 3.0 | 1.8 | 95.4 | θ | 32 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 825 | 1213 | 9.8 | 32 | 0.75 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 76 | L | 无 | 828 | 133 | 7 | 9 | -37 | 2 | GA | 12 | 2.2 | 1.1 | 95.1 | θ | 36 | 0.00 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 618 | 1208 | 9.5 | 35 | 0.50 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 77 | U | 无 | 771 | 190 | 6 | 18 | -34 | 4 | OR | 12 | 4.4 | 0.4 | 2.8 | FB.0, 30 | 3 | 0.02 | 0.9 | 1.2 | 5.4 | 609 | 991 | 16.9 | 28 | 0.83 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 78 | U | 有(Fe) | 778 | 202 | 8 | 19 | -44 | 1 | OR | 12 | 4.3 | 0.5 | 1.9 | FB.0, 41 | 100 | 0.01 | 0.5 | 0.8 | 1.8 | 627 | 950 | 15.8 | 33 | 0.00 | 20.1 | ○ | 本实施例 | |
| 79 | V | 无 | 822 | 93 | 9 | 20 | -30 | 5 | A | 12 | 3.2 | 0.6 | 11.7 | FB.0, 35 | 1 | 0.02 | 0.9 | 1.2 | 4.2 | 645 | 1021 | 15.1 | 34 | 0.42 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 80 | V | 有(Fe) | 831 | 55 | 9 | 19 | -35 | 5 | A | 12 | 3.3 | 0.8 | 11.1 | FB.0, 41 | 100 | 0.01 | 0.5 | 0.8 | 2.2 | 651 | 1027 | 15.0 | 37 | 0.00 | 20.3 | ○ | 本实施例 | |
| 81 | W | 无 | 802 | 166 | -25 | 15 | -32 | 5 | EG | 12 | 5.5 | 11.5 | 14.5 | FB.0, 38 | 1 | 0.04 | 1.2 | 1.6 | 6.8 | 638 | 1022 | 21.7 | 29 | 0.42 | 20.1 | ○ | 本实施例 | |
| 82 | W | 有(Fe) | 805 | 156 | -22 | 12 | -44 | 1 | EG | 12 | 5.8 | 12.9 | 15.5 | FB.0, 44 | 130 | 0.02 | 0.7 | 1.1 | 5.5 | 624 | 1027 | 21.5 | 24 | 0.00 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 83 | X | 无 | 832 | 122 | 15 | 18 | -40 | 4 | GA | 12 | 4.1 | 0.4 | 91.4 | θ, 86 | 1 | 0.02 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 899 | 1198 | 11.4 | 41 | 0.83 | 20.8 | ○ | 本实施例 | |
| 84 | X | 有(Fe) | 835 | 126 | 15 | 19 | -46 | 5 | GA | 12 | 3.3 | 0.5 | 92.4 | θ, 9 | 102 | 0.01 | 0.5 | 0.6 | 2.0 | 899 | 1198 | 11.7 | 39 | 0.00 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 85 | Y | 无 | 810 | 122 | 10 | 13 | -41 | 6 | GA | 12 | 3.3 | 0.5 | 91.2 | θ, 9 | 71 | 0.02 | 0.9 | 1.1 | 5.1 | 867 | 1212 | 11.5 | 35 | 1.25 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 86 | Y | 有(Fe) | 868 | 175 | 10 | 14 | -32 | 3 | GA | 12 | 4.5 | 0.3 | 91.8 | θ, 9 | 64 | 0.00 | 0.7 | 0.9 | 1.7 | 872 | 1223 | 11.1 | 32 | 0.00 | 20.5 | ○ | 本实施例 | |
| 87 | Z | 无 | 841 | 176 | -8 | 18 | -38 | 2 | OR | 12 | 12.1 | 13.0 | 61.8 | FB.0, 41 | 100 | 0.01 | 0.4 | 1.0 | 1.4 | 83 | 892 | 1203 | 14.4 | 35 | 0.83 | 20.2 | ○ | 本实施例 |
| 88 | Z | 有(Fe) | 838 | 113 | -8 | 11 | -45 | 4 | OR | 12 | 12.7 | 12.4 | 62.2 | FB.0, 44 | 100 | 0.03 | 0.8 | 1.0 | 2.2 | 863 | 1217 | 15.5 | 38 | 0.00 | 20.2 | ○ | 本实施例 | |
| 89 | AA | 无 | 850 | 149 | -8 | 11 | -45 | 4 | GA | 12 | 0.8 | 0.1 | 95.5 | θ | 33 | 0.05 | 1.1 | 1.4 | 6.1 | 1242 | 1495 | 7.3 | 37 | 1.25 | 20.6 | ○ | 本实施例 | |
| 90 | AA | 有(Fe) | 859 | 108 | -8 | 20 | -38 | 4 | A | 12 | 0.7 | 0.7 | 95.5 | θ | 34 | 0.05 | 1.1 | 1.6 | 7.8 | 1238 | 1503 | 7.4 | 39 | 0.42 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 91 | AB | 无 | 869 | 118 | 0 | 18 | -38 | 4 | A | 12 | 0.8 | 0.2 | 95.3 | θ | 34 | 0.05 | 1.1 | 1.6 | 7.8 | 1238 | 1503 | 7.4 | 39 | 0.42 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 92 | AB | 有(Fe) | 862 | 176 | 0 | 10 | -33 | 5 | A | 12 | 1.0 | 0.1 | 95.2 | θ | 40 | 0.00 | 0.4 | 0.9 | 1.3 | 1246 | 1500 | 7.4 | 42 | 0.83 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 93 | AC | 无 | 912 | 149 | 5 | 10 | -36 | 4 | EG | 12 | 0.7 | 0.3 | 95.5 | θ | 32 | 0.06 | 1.2 | 1.4 | 4.8 | 1219 | 1521 | 7.9 | 38 | 0.83 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 94 | AC | 有(Fe) | 868 | 106 | 5 | 14 | -43 | 6 | EG | 12 | 0.7 | 0.2 | 95.8 | θ | 43 | 0.00 | 0.6 | 1.0 | 1.2 | 1214 | 1518 | 7.0 | 37 | 0.42 | 20.5 | ○ | 本实施例 | |
| 95 | AD | 无 | 860 | 118 | -5 | 14 | -43 | 6 | GA | 12 | 0.8 | 0.1 | 95.5 | θ | 35 | 0.05 | 1.1 | 1.4 | 5.4 | 1242 | 1498 | 7.8 | 38 | 1.25 | 20.7 | ○ | 本实施例 | |
| 96 | AD | 有(Fe) | 879 | 176 | -5 | 19 | -46 | 4 | GA | 12 | 0.7 | 0.2 | 95.3 | θ | 48 | 0.00 | 0.4 | 0.9 | 1.2 | 1239 | 1500 | 7.9 | 39 | 0.42 | 20.9 | ○ | 本实施例 | |
| 97 | I | 无 | 862 | 180 | -15 | 12 | -43 | 3 | GA | 23 | 4.0 | 0.6 | 4.3 | FB.0, 20 | 1 | 0.04 | 1.3 | 1.5 | 3.5 | 653 | 1024 | 15.5 | 34 | 0.87 | 27.1 | ○ | 本实施例 | |
| 98 | I | 无 | 865 | 103 | 10 | 12 | -32 | 4 | GA | 23 | 4.1 | 0.5 | 3.9 | FB.0, 34 | 1 | 0.02 | 0.9 | 1.1 | 4.9 | 641 | 1032 | 15.9 | 29 | 0.00 | 20.3 | ○ | 本实施例 | |
| 99 | I | 有(Fe) | 863 | 126 | 10 | 10 | -40 | 2 | GA | 23 | 4.0 | 0.8 | 4.1 | FB.0, 30 | 100 | 0.01 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 608 | 1031 | 16.2 | 30 | 0.43 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 100 | I | 有(Fe) | 863 | 126 | 10 | 10 | -40 | 2 | GA | 23 | 4.0 | 0.8 | 4.1 | FB.0, 30 | 100 | 0.01 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 608 | 1031 | 16.2 | 30 | 0.43 | 20.4 | ○ | 本实施例 | |
| 101 | L | 无 | 851 | 175 | -15 | 11 | -35 | 2 | GA | 23 | 3.2 | 0.1 | 60.1 | θ, 9 | 15 | 0.05 | 1.5 | 1.8 | 3.8 | 636 | 1211 | 12.5 | 45 | 1.52 | 20.5 | ○ | 本实施例 | |
| 102 | L | 无 | 854 | 225 | -5 | 14 | -36 | 4 | GA | 23 | 3.1 | 0.5 | 59.4 | θ, 9 | 76 | 0.02 | 0.9 | 1.3 | 4.6 | 644 | 1208 | 12.8 | 43 | 0.63 | 27.3 | ○ | 本实施例 | |
| 103 | L | 无 | 852 | 102 | 5 | 14 | -42 | 6 | GA | 23 | 3.1 | 0.5 | 59.5 | θ, 9 | 76 | 0.02 | 0.9 | 1.0 | 5.0 | 649 | 1203 | 13.0 | 42 | 0.00 | 20.8 | ○ | 本实施例 | |
| 104 | L | 有(Fe) | 853 | 164 | -15 | 15 | -48 | 1 | GA | 23 | 3.5 | 1.0 | 58.5 | θ, 9 | 25 | 0.00 | 0.7 | 1.6 | 1.5 | 1.0 | 951 | 1221 | 12.7 | 44 | 1.30 | 20.9 | ○ | 本实施例 |
| 105 | L | 有(Fe) | 859 | 131 | 5 | 17 | -43 | 2 | GA | 23 | 3.2 | 0.4 | 58.1 | θ, 9 | 92 | 0.01 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 645 | 1209 | 12.6 | 4 | | | | | |

程(SFmax)全部合格,轴向压溃试验中没有产生断裂(外观裂纹)。

[0457] 另一方面,在比较例中,拉伸强度(TS)、屈服应力(YS)、总伸长率(E1)、极限扩孔率(λ)、V弯曲试验中的R/t、V弯曲+正交VDA弯曲试验中测定的载荷最大时的行程(SFmax)、以及轴向压溃试验中的断裂(外观裂纹)的有无中的至少一个不充分。

[0458] 如此可知,本发明的钢板为高强度且具有优异的压制成型性和耐冲击特性。

[0459] 另外可知,使用本发明例的钢板实施成型加工而得的部件、实施接合加工而得的部件、以及实施成型加工和接合加工而得的部件因本发明例的钢板为高强度且具有优异的压制成型性和耐冲击特性,所以与本发明例的钢板同样地为高强度且具有优异的压制成型性和耐冲击特性。

[0460] 产业上的可利用性

[0461] 根据本发明,能够制造TS:590MPa以上且具有高的YS以及优异的压制成型性(延展性、扩孔性和弯曲性)和碰撞时的耐断裂特性(弯曲断裂特性和轴向压溃特性)的钢板和部件。另外,通过将由本发明的方法得到的钢板和部件用于例如汽车结构部件,能够实现利用车体轻型化提升燃油效率,产业上的利用价值极大。

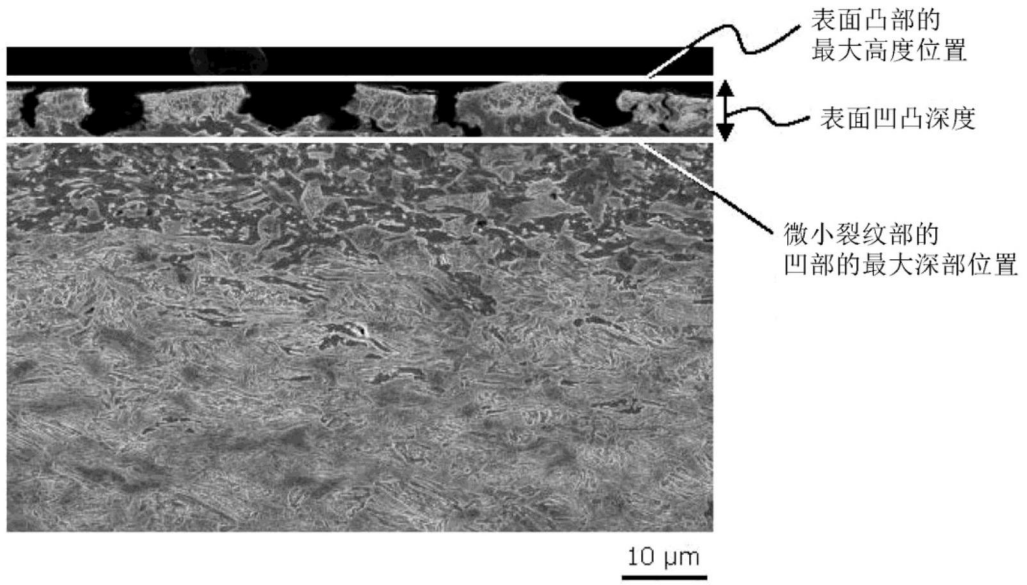


图1

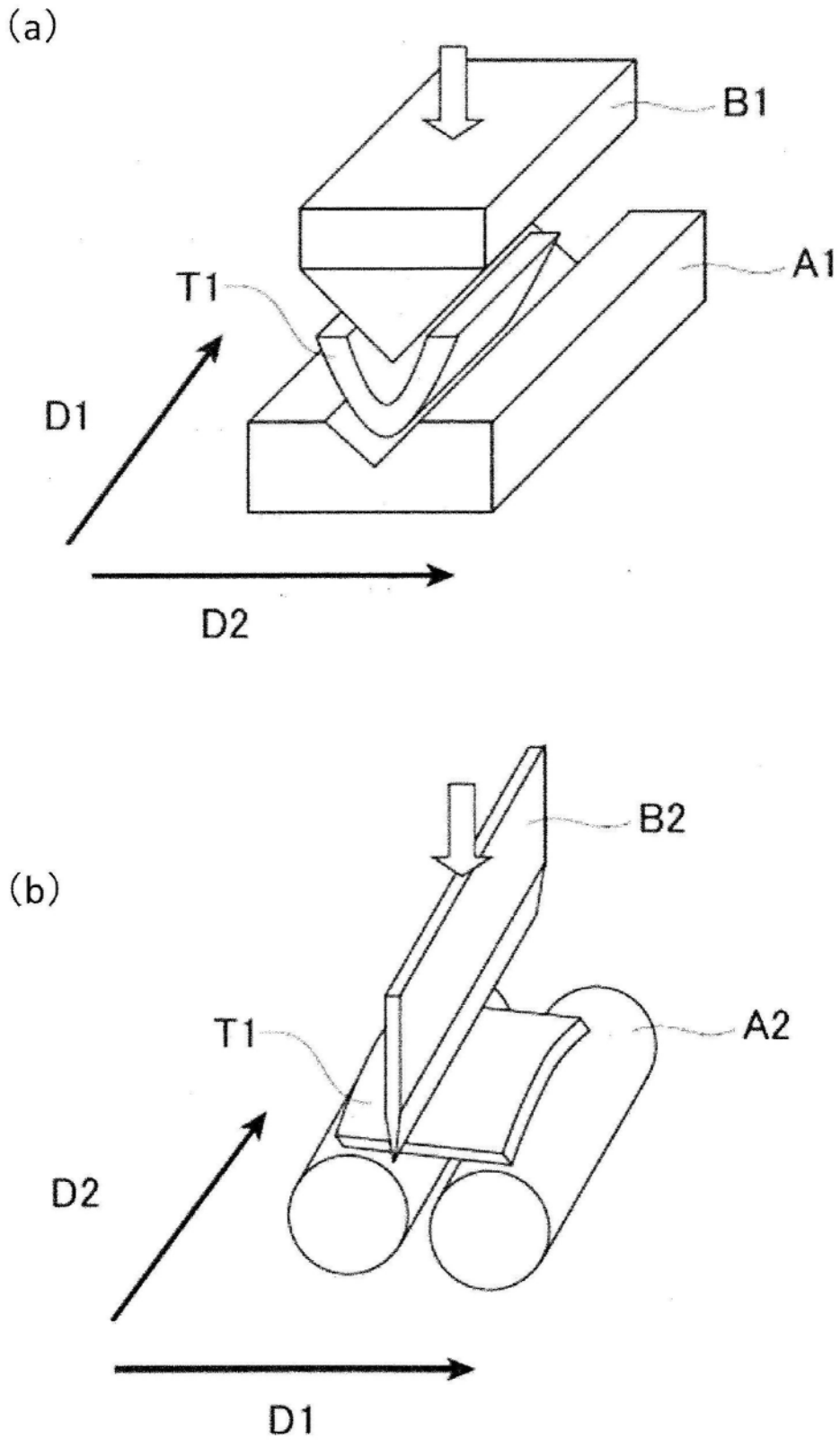


图2

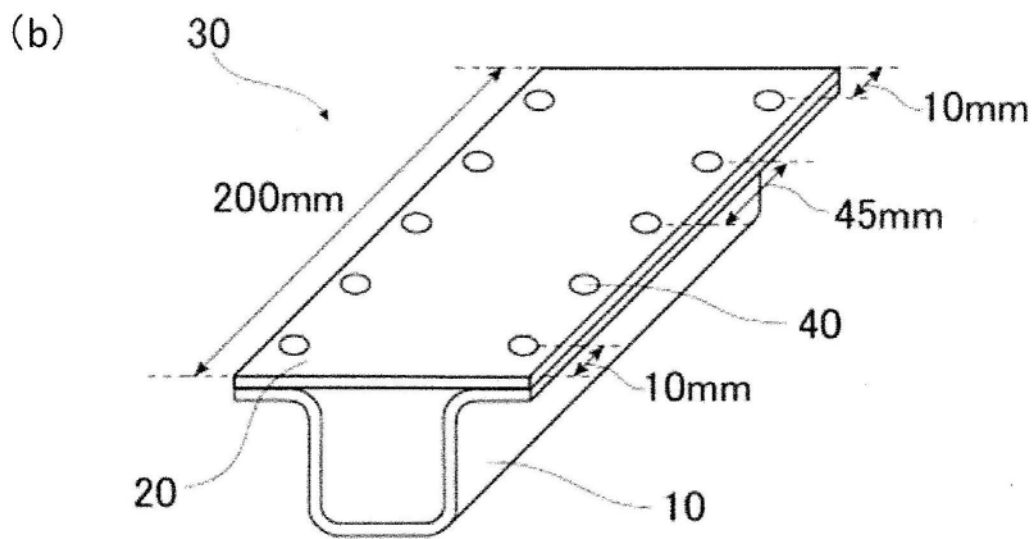
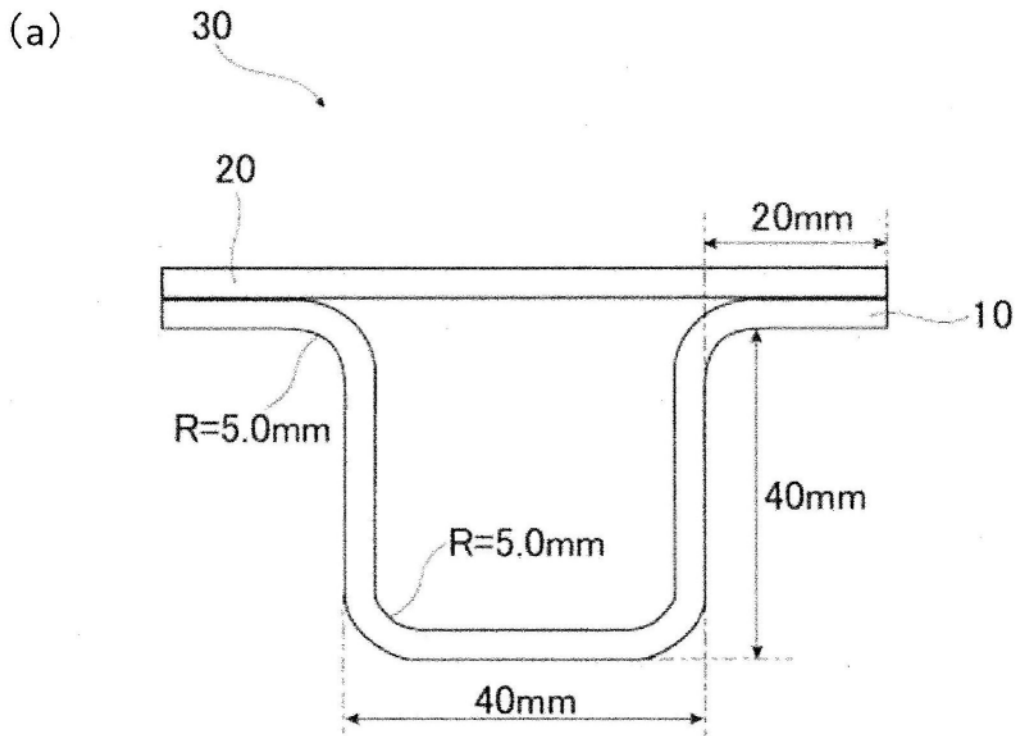


图3-1

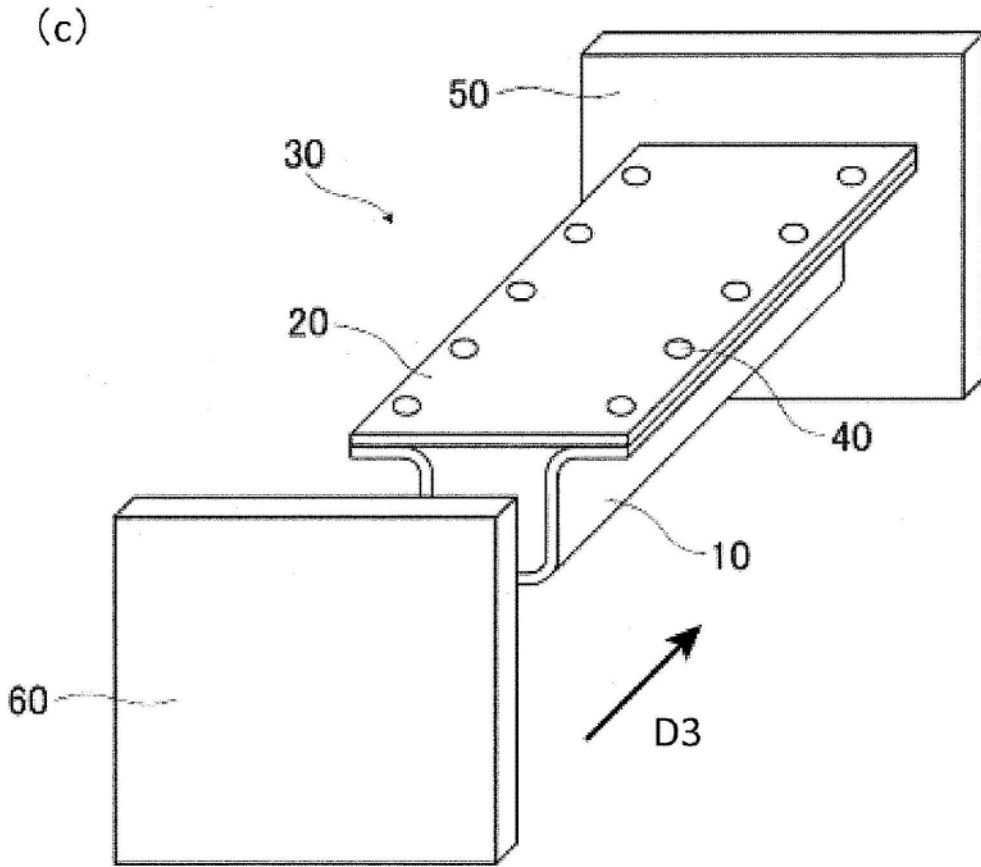


图3-2