



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119630828 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 14

(21) 申请号 202380060093.4

(22) 申请日 2023.07.25

(30) 优先权数据

2022-135672 2022.08.29 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.02.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/027165 2023.07.25

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/048133 JA 2024.03.07

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 杨灵玲 田路勇树 田中裕二

永冈靖浩

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

专利代理师 盛曼 金龙河

(51) Int. Cl.

G22C 38/00 (2006.01)

G21D 9/46 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

G22C 38/60 (2006.01)

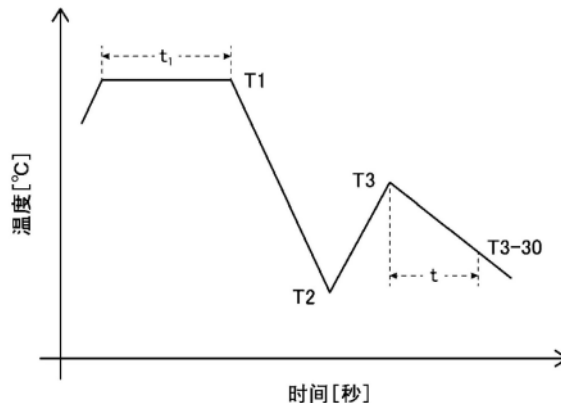
权利要求书2页 说明书19页 附图2页

(54) 发明名称

高强度钢板及其制造方法以及构件及其制造方法

(57) 摘要

本发明提供具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良的高强度钢板。钢中扩散性氢量为0.50质量ppm以下。成分组成以质量%计含有C:0.150~0.500%、Si:0.01~3.00%、Mn:1.50~4.00%、P:0.100%以下、S:0.0200%以下、Al:0.100%以下、N:0.0100%以下和O:0.0100%以下、余量由Fe和不可避免的杂质构成。回火马氏体和贝氏体的合计面积率为55~95%，残余奥氏体的平均粒径为5.0 μm以下，碳浓度大于0.1质量%且为0.3质量%以下的组织S<sub>1</sub>的面积率为50.0%以上，碳浓度为0.5质量%以上的组织S<sub>2</sub>的面积率为10.0%以下。



1. 一种高强度钢板,其具备钢板,  
所述钢板的钢中扩散性氢量为0.50质量ppm以下,  
所述钢板具有成分组成和显微组织,  
所述成分组成以质量%计含有C:0.150~0.500%、Si:0.01~3.00%、Mn:1.50~4.00%、P:0.100%以下、S:0.0200%以下、Al:0.100%以下、N:0.0100%以下和O:0.0100%以下、余量由Fe和不可避免的杂质构成,  
所述显微组织中,回火马氏体和贝氏体的合计面积率为55~95%,残余奥氏体的平均粒径为5.0 $\mu$ m以下,碳浓度大于0.1质量%且为0.3质量%以下的组织S<sub>1</sub>的面积率为50.0%以上,碳浓度为0.5质量%以上的组织S<sub>2</sub>的面积率为10.0%以下。
2. 根据权利要求1所述的高强度钢板,其中,所述成分组成以质量%计还含有选自由B:0.0100%以下、Ti:0.200%以下、Nb:0.200%以下、V:0.200%以下、W:0.100%以下、Mo:1.000%以下、Cr:1.000%以下、Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下、Zr:0.1000%以下、Te:0.100%以下、Cu:1.000%以下、Ni:1.000%以下、Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下、Co:0.010%以下、Ta:0.10%以下、Hf:0.10%以下和Bi:0.200%以下组成的组中的至少一种元素。
3. 根据权利要求1或2所述的高强度钢板,其中,在所述钢板的表面还具备镀层。
4. 根据权利要求3所述的高强度钢板,其中,所述镀层为热镀锌层、合金化热镀锌层或电镀锌层。
5. 一种高强度钢板的制造方法,其是制造权利要求1所述的高强度钢板的方法,其中,  
对具有权利要求1中记载的成分组成的钢坯实施热轧,得到热轧钢板,  
对所述热轧钢板实施冷轧,得到冷轧钢板,  
将所述冷轧钢板在750~950 $^{\circ}$ C的加热温度T<sub>1</sub>下加热10~500s,冷却至120 $^{\circ}$ C以上且低于280 $^{\circ}$ C的冷却停止温度T<sub>2</sub>,再加热至280~400 $^{\circ}$ C的再加热温度T<sub>3</sub>,不在所述再加热温度T<sub>3</sub>下保持而进行再冷却,  
由下述式(1)表示的从所述再加热温度T<sub>3</sub>到(T<sub>3</sub>-30) $^{\circ}$ C的热影响指数P为4000~6200,  
$$P=T_3(\log(5t)+12) \cdots (1)$$
  
所述式(1)中,t为从所述再加热温度T<sub>3</sub>到(T<sub>3</sub>-30) $^{\circ}$ C的冷却时间,单位为s。
6. 一种高强度钢板的制造方法,其是制造权利要求2所述的高强度钢板的方法,其中,  
对具有权利要求2中记载的成分组成的钢坯实施热轧,得到热轧钢板,  
对所述热轧钢板实施冷轧,得到冷轧钢板,  
将所述冷轧钢板在750~950 $^{\circ}$ C的加热温度T<sub>1</sub>下加热10~500s,冷却至120 $^{\circ}$ C以上且低于280 $^{\circ}$ C的冷却停止温度T<sub>2</sub>,再加热至280~400 $^{\circ}$ C的再加热温度T<sub>3</sub>,不在所述再加热温度T<sub>3</sub>下保持而进行再冷却,  
由下述式(1)表示的从所述再加热温度T<sub>3</sub>到(T<sub>3</sub>-30) $^{\circ}$ C的热影响指数P为4000~6200,  
$$P=T_3(\log(5t)+12) \cdots (1)$$
  
所述式(1)中,t为从所述再加热温度T<sub>3</sub>到(T<sub>3</sub>-30) $^{\circ}$ C的冷却时间,单位为s。
7. 根据权利要求5或6所述的高强度钢板的制造方法,其中,对所述冷轧钢板实施镀覆处理。
8. 根据权利要求7所述的高强度钢板的制造方法,其中,所述镀覆处理为热镀锌处理、合金化热镀锌处理或电镀锌处理。

9. 一种构件,其是使用权利要求1~4中任一项所述的高强度钢板而成的构件。
10. 一种构件的制造方法,其中,对权利要求1~4中任一项所述的高强度钢板实施成形加工和接合加工中的至少一种加工而得到构件。

## 高强度钢板及其制造方法以及构件及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及具有800MPa以上的屈服强度(YS)的高强度钢板及其制造方法以及构件及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,例如在汽车业界,从保护地球环境的观点出发,为了削减二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的排出量,期望提高汽车的燃料效率。

[0003] 为了提高汽车的燃料效率,谋求车身的轻量化是有效的,但此时,需要在维持车身的强度的同时谋求车身的轻量化。如果能够使成为汽车部件的钢板高强度化、简化车身的结构而削减部件件数,则能够实现车身的轻量化。

[0004] 例如,在专利文献1~3中公开了具有800MPa以上的屈服强度的高强度钢板。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开2018-21231号公报

[0008] 专利文献2:日本专利2018-21233号公报

[0009] 专利文献3:日本专利2017-214647号公报

### 发明内容

[0010] 发明所要解决的问题

[0011] 具有800MPa以上的屈服强度的高强度钢板通常通过残余奥氏体的TRIP(Transformation Induced plasticity,相变诱发塑性)效应来提高加工性。

[0012] 即,残余奥氏体在加工时通过TRIP效应相变为马氏体而提高强度,并且通过提高应变分散能力而提高延展性。

[0013] 但是,在将这样的钢板成形加工为汽车部件时,有时残余奥氏体相变为硬的马氏体,其使碰撞时的耐断裂性(以下也简称为“耐断裂性”)降低。

[0014] 另外,对于作为汽车部件使用的钢板,还要求碰撞时的耐力(以下称为“碰撞耐力”)优良。

[0015] 因此,本发明的目的在于提供具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良的高强度钢板。

[0016] 用于解决问题的方法

[0017] 本发明人发现,通过采用下述构成可实现上述目的,从而完成了本发明。

[0018] 即,本发明提供以下的[1]~[10]。

[0019] [1]一种高强度钢板,其具备钢板,上述钢板的钢中扩散性氢量为0.50质量ppm以下,上述钢板具有成分组成和显微组织,上述成分组成以质量%计含有C:0.150~0.500%、Si:0.01~3.00%、Mn:1.50~4.00%、P:0.100%以下、S:0.0200%以下、Al:0.100%以下、N:0.0100%以下和O:0.0100%以下、余量由Fe和不可避免的杂质构成,上述显微组织中,回火马

氏体和贝氏体的合计面积率为55~95%,残余奥氏体的平均粒径为5.0 $\mu\text{m}$ 以下,碳浓度大于0.1质量%且为0.3质量%以下的组织 $S_1$ 的面积率为50.0%以上,碳浓度为0.5质量%以上的组织 $S_2$ 的面积率为10.0%以下。

[0020] [2]根据上述[1]所述的高强度钢板,其中,上述成分组成以质量%计还含有选自由B:0.0100%以下、Ti:0.200%以下、Nb:0.200%以下、V:0.200%以下、W:0.100%以下、Mo:1.000%以下、Cr:1.000%以下、Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下、Zr:0.1000%以下、Te:0.100%以下、Cu:1.000%以下、Ni:1.000%以下、Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下、Co:0.010%以下、Ta:0.10%以下、Hf:0.10%以下和Bi:0.200%以下组成的组中的至少一种元素。

[0021] [3]根据上述[1]或[2]所述的高强度钢板,其中,在上述钢板的表面还具备镀层。

[0022] [4]根据上述[3]所述的高强度钢板,其中,上述镀层为热镀锌层、合金化热镀锌层或电镀锌层。

[0023] [5]一种高强度钢板的制造方法,其是制造上述[1]所述的高强度钢板的方法,其中,对具有上述[1]中记载的成分组成的钢坯实施热轧,得到热轧钢板,对上述热轧钢板实施冷轧,得到冷轧钢板,将上述冷轧钢板在750~950 $^{\circ}\text{C}$ 的加热温度 $T_1$ 下加热10~500s,冷却至120 $^{\circ}\text{C}$ 以上且低于280 $^{\circ}\text{C}$ 的冷却停止温度 $T_2$ ,再加热至280~400 $^{\circ}\text{C}$ 的再加热温度 $T_3$ ,不在上述再加热温度 $T_3$ 下保持而进行再冷却,由下述式(1)表示的从上述再加热温度 $T_3$ 到( $T_3-30$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的热影响指数 $P$ 为4000~6200。

$$[0024] \quad P=T_3(\log(5t)+12) \cdots (1)$$

[0025] 上述式(1)中, $t$ 为从上述再加热温度 $T_3$ 到( $T_3-30$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的冷却时间,单位为s。

[0026] [6]一种高强度钢板的制造方法,其是制造上述[2]所述的高强度钢板的方法,其中,对具有上述[2]中记载的成分组成的钢坯实施热轧,得到热轧钢板,对上述热轧钢板实施冷轧,得到冷轧钢板,将上述冷轧钢板在750~950 $^{\circ}\text{C}$ 的加热温度 $T_1$ 下加热10~500s,冷却至120 $^{\circ}\text{C}$ 以上且低于280 $^{\circ}\text{C}$ 的冷却停止温度 $T_2$ ,再加热至280~400 $^{\circ}\text{C}$ 的再加热温度 $T_3$ ,不在上述再加热温度 $T_3$ 下保持而进行再冷却,由下述式(1)表示的从上述再加热温度 $T_3$ 到( $T_3-30$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的热影响指数 $P$ 为4000~6200。

$$[0027] \quad P=T_3(\log(5t)+12) \cdots (1)$$

[0028] 上述式(1)中, $t$ 为从上述再加热温度 $T_3$ 到( $T_3-30$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的冷却时间,单位为s。

[0029] [7]根据上述[5]或[6]所述的高强度钢板的制造方法,其中,对上述冷轧钢板实施镀覆处理。

[0030] [8]根据上述[7]所述的高强度钢板的制造方法,其中,上述镀覆处理为热镀锌处理、合金化热镀锌处理或电镀锌处理。

[0031] [9]一种构件,其是使用上述[1]~[4]中任一项所述的高强度钢板而成的构件。

[0032] [10]一种构件的制造方法,其中,对上述[1]~[4]中任一项所述的高强度钢板实施成形加工和接合加工中的至少一种加工而得到构件。

[0033] 发明效果

[0034] 根据本发明,能够提供具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良的高强度钢板。

## 附图说明

- [0035] 图1是示出热处理的一例的图。  
[0036] 图2A是示出帽构件的剖视图。  
[0037] 图2B是示出提供于三点弯曲试验的帽构件的示意图。

## 具体实施方式

[0038] [高强度钢板]

[0039] 本实施方式的高强度钢板(以下也称为“本高强度钢板”)具备钢板,如后所述,在该钢板的表面还可以具备镀层。

[0040] 本高强度钢板所具备的钢板具有后述的成分组成和显微组织,并且满足后述的钢中扩散性氢量。

[0041] 高强度是指屈服强度(YS)为800MPa以上。

[0042] 本高强度钢板具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良。因此,由于对碰撞的强度充分,例如适合用作汽车等运输工具的部件。

[0043] 作为将本高强度钢板进行成形加工的方法,可以没有限制地使用加压加工等一般的加工方法。作为将本高强度钢板进行焊接的方法,可以没有限制地使用点焊、电弧焊等一般的焊接方法。

[0044] <钢板>

[0045] 首先,对本高强度钢板所具备的钢板进行说明。

[0046] 钢板的板厚没有特别限定,例如为0.5mm以上且3.0mm以下。

[0047] 《成分组成》

[0048] 对本高强度钢板所具备的钢板的成分组成(以下,为了方便,也称为“本成分组成”)进行说明。

[0049] 只要没有特别说明,本成分组成中的“%”是指“质量%”。

[0050] (C:0.150~0.500%)

[0051] C生成马氏体,使钢板的强度升高。C量过少时,回火马氏体和贝氏体的合计面积率降低,因此碰撞耐力和屈服强度降低。因此,C量为0.150%以上、优选为0.180%以上、更优选为0.200%以上。

[0052] 另一方面,C量过多时,高碳浓度的硬组织(组织S<sub>2</sub>)增加,其在碰撞时成为裂纹的起点,耐断裂性劣化。因此,C量为0.500%以下、优选为0.460%以下、更优选为0.400%以下。

[0053] (Si:0.01~3.00%)

[0054] Si抑制热处理中的碳化物的生成,使屈服强度升高。从得到良好的碰撞耐力和800MPa以上的屈服强度的观点出发,Si量为0.01%以上、优选为0.50%以上、更优选为0.80%以上。

[0055] 另一方面,Si量过多时,残余奥氏体中的碳浓度过度增加,高碳浓度的硬组织(组织S<sub>2</sub>)增加,其在碰撞时成为裂纹的起点,耐断裂性劣化。因此,Si量为3.00%以下、优选为2.60%以下、更优选为2.40%以下。

[0056] (Mn:1.50~4.00%)

[0057] Mn影响回火马氏体和贝氏体的面积率。从得到良好的碰撞耐力和800MPa以上的屈

服强度的观点出发,Mn量为1.50%以上、优选为1.90%以上、更优选为2.30%以上。

[0058] 另一方面,Mn量过多时,硬的回火马氏体和贝氏体过度增加,因此碰撞时的耐断裂性劣化。因此,Mn量为4.00%以下、优选为3.50%以下、更优选为3.30%以下。

[0059] (P:0.100%以下)

[0060] P在原奥氏体晶界偏析而使晶界脆化,因此碰撞时的耐断裂性劣化。因此,P量为0.100%以下、优选为0.030%以下、更优选为0.010%以下。

[0061] P量的下限没有特别限定,P是固溶强化元素,使钢板的强度升高,因此优选为0.001%、更优选为0.002%、进一步优选为0.003%。

[0062] (S:0.0200%以下)

[0063] S与Mn结合而形成粗大的MnS,MnS在碰撞时成为裂纹的起点,撞时的耐断裂性劣化。因此,S量为0.0200%以下、优选为0.0100%以下、更优选为0.0020%以下。

[0064] S量的下限没有特别限定,由于生产技术上的制约,优选为0.0001%、更优选为0.0002%、进一步优选为0.0003%。

[0065] (Al:0.100%以下)

[0066] Al作为脱氧剂发挥作用。Al量过多时,氧化物、氮化物凝集粗大化,由此在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。因此,Al量为0.100%以下、优选为0.080%以下、更优选为0.060%以下。

[0067] Al量的下限没有特别限定,从抑制热处理中的碳化物的生成、促进残余奥氏体的生成出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0068] (N:0.0100%以下)

[0069] N与Ti结合而形成TiN。N量过多时,所形成的TiN量变多,导致在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。因此,N量为0.0100%以下、优选为0.0080%以下、更优选为0.0060%以下。

[0070] N量的下限没有特别限定,由于生产技术上的制约,优选为0.0001%、更优选为0.0003%、进一步优选为0.0005%。

[0071] (O:0.0100%以下)

[0072] O形成氧化物,所形成的氧化物在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。因此,O量为0.0100%以下、优选为0.0050%以下、更优选为0.0020%以下。

[0073] (其他元素)

[0074] 本成分组成以质量%计还可以含有选自由以下记载的元素组成的组中的至少一种元素。

[0075] ((B:0.0100%以下))

[0076] B是通过在奥氏体晶界偏析而能够提高钢板的淬透性的元素,使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。

[0077] 但是,B量过多时,形成 $\text{Fe}_{23}(\text{CB})_6$ ,在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。因此,B量优选为0.0100%以下、更优选为0.0050%以下、进一步优选为0.0040%以下、特别优选为0.0030%以下。

[0078] B量的下限没有特别限定,从得到B的添加效果的观点出发,例如为0.0005%、优选为0.0010%。

[0079] ((Ti:0.200%以下))

[0080] Ti在热轧或热处理时形成微细的碳化物、氮化物或碳氮化物,由此使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。

[0081] 但是,Ti量过多时,与N结合而形成粗大的氮化物,由此碰撞时的耐断裂性劣化。因此,Ti量优选为0.200%以下、更优选为0.100%以下、进一步优选为0.050%以下。

[0082] Ti量的下限没有特别限定,从得到Ti的添加效果的观点出发,例如为0.005%、优选为0.010%。

[0083] ((Nb:0.200%以下、V:0.200%以下、W:0.100%以下))

[0084] Nb、V和W在热轧或热处理时形成微细的碳化物、氮化物或碳氮化物,由此使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。

[0085] 但是,这些元素在添加量过多时,在钢坯加热时不溶解而作为粗大的碳化物残留。粗大的碳化物在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0086] 因此,Nb量优选为0.200%以下、更优选为0.100%以下、进一步优选为0.050%以下。下限没有特别限定,从得到Nb的添加效果的观点出发,例如为0.005%、优选为0.010%。

[0087] V量优选为0.200%以下、更优选为0.100%以下、进一步优选为0.050%以下。下限没有特别限定,从得到V的添加效果的观点出发,例如为0.005%、优选为0.010%。

[0088] W量优选为0.100%以下、更优选为0.080%以下、进一步优选为0.050%以下。下限没有特别限定,从得到W的添加效果的观点出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0089] ((Mo:1.000%以下、Cr:1.000%以下))

[0090] Mo和Cr通过提高钢板的淬透性,使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。但是,这些元素的量过多时,过量地生成硬质的马氏体,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0091] 因此,Mo量优选为1.000%以下、更优选为0.800%以下、进一步优选为0.500%以下。下限没有特别限定,从得到Mo的添加效果的观点出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0092] Cr量优选为1.000%以下、更优选为0.800%以下、进一步优选为0.500%以下。下限没有特别限定,从得到Cr的添加效果的观点出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0093] ((Sb:0.200%以下、Sn:0.200%以下))

[0094] Sb和Sn通过抑制钢板表面的脱碳,使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。但是,这些元素的量过多时,钢脆化,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0095] 因此,Sb量优选为0.200%以下、更优选为0.080%以下、进一步优选为0.040%以下。下限没有特别限定,从得到Sb的添加效果的观点出发,例如为0.001%、优选为0.002%。

[0096] Sn量优选为0.200%以下、更优选为0.080%以下、进一步优选为0.040%以下。下限没有特别限定,从得到Sn的添加效果的观点出发,例如为0.001%、优选为0.002%。

[0097] ((Zr:0.1000%以下、Te:0.100%以下))

[0098] Zr和Te使氮化物、硫化物的形状球状化,使碰撞时的耐断裂性提高,因此优选添加。但是,这些元素的量过多时,在热轧的钢坯加热时因未固溶而残留的粗大的析出物增加,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0099] 因此,Zr量优选为0.1000%以下、更优选为0.0800%以下、进一步优选为0.0500%以下。下限没有特别限定,从得到Zr的添加效果的观点出发,例如为0.0050%、优选为0.0100%。

[0100] Te量优选为0.100%以下、更优选为0.080%以下、进一步优选为0.050%以下。下限没

有特别限定,从得到Te的添加效果的观点出发,例如为0.005%、优选为0.010%。

[0101] ((Cu:1.000%以下))

[0102] Cu通过提高钢板的淬透性,使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。但是,Cu量过多时,由于Cu的夹杂物的增加而碰撞时的耐断裂性劣化。

[0103] 因此,Cu量优选为1.000%以下、更优选为0.800%以下、进一步优选为0.500%以下。下限没有特别限定,从得到Cu的添加效果的观点出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0104] ((Ni:1.000%以下))

[0105] Ni通过提高钢板的淬透性,使钢板的屈服强度升高,因此优选添加。但是,Ni量过多时,由于硬质的马氏体增加而碰撞时的耐断裂性劣化。

[0106] 因此,Ni量优选为1.000%以下、更优选为0.800%以下、进一步优选为0.500%以下。下限没有特别限定,从得到Ni的添加效果的观点出发,例如为0.010%、优选为0.020%。

[0107] ((Ca:0.0100%以下、Mg:0.0100%以下、REM:0.0100%以下))

[0108] Ca、Mg和REM(Rare Earth Metal,稀土金属)使硫化物、氧化物等析出物的形状球状化,使碰撞时的耐断裂性升高,因此优选添加。但是,这些元素的量过多时,粗大化的硫化物在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0109] 因此,Ca量优选为0.0100%以下、更优选为0.0050%以下、进一步优选为0.0040%以下。下限没有特别限定,从得到Ca的添加效果的观点出发,例如为0.0005%、优选为0.0010%。

[0110] Mg量优选为0.0100%以下、更优选为0.0050%以下、进一步优选为0.0040%以下。下限没有特别限定,从得到Mg的添加效果的观点出发,例如为0.0005%、优选为0.0010%。

[0111] REM量优选为0.0100%以下、更优选为0.0040%以下、进一步优选为0.0030%以下。下限没有特别限定,从得到REM的添加效果的观点出发,例如为0.0005%、优选为0.0010%。

[0112] ((Co:0.010%以下、Ta:0.10%以下、Hf:0.10%以下、Bi:0.200%以下))

[0113] Co、Ta、Hf和Bi使析出物的形状球状化,使碰撞时的耐断裂性升高,因此优选添加。但是,这些元素的量过多时,粗大化的析出物在碰撞时成为裂纹的起点,碰撞时的耐断裂性劣化。

[0114] 因此,Co量优选为0.010%以下、更优选为0.008%以下、进一步优选为0.007%以下。下限没有特别限定,从得到Co的添加效果的观点出发,例如为0.001%、优选为0.002%。

[0115] Ta量优选为0.10%以下、更优选为0.08%以下、进一步优选为0.07%以下。下限没有特别限定,从得到Ta的添加效果的观点出发,例如为0.01%、优选为0.02%。

[0116] Hf量优选为0.10%以下、更优选为0.08%以下、进一步优选为0.07%以下。下限没有特别限定,从得到Hf的添加效果的观点出发,例如为0.01%、优选为0.02%。

[0117] Bi量优选为0.200%以下、更优选为0.100%以下、进一步优选为0.080%以下。下限没有特别限定,从得到REM的添加效果的观点出发,例如为0.001%、优选为0.005%。

[0118] (余量)

[0119] 本成分组成中的余量由Fe和不可避免的杂质构成。

[0120] 《显微组织》

[0121] 接着,对本高强度钢板所具备的钢板的显微组织(以下,为了方便,也称为“本显微组织”)进行说明。

[0122] 为了得到本发明效果,仅满足上述本成分组成是不充分的,还需要满足以下说明

的本显微组织。

[0123] 以下,面积率为相对于显微组织整体的面积率。各组织的面积率通过后述的实施例记载的方法求出。

[0124] (回火马氏体和贝氏体的合计面积率:55~95%)

[0125] 从稳定地确保良好的碰撞耐力和屈服强度的观点出发,回火马氏体和贝氏体的合计面积率为55%以上、优选为58%以上、更优选为60%以上。

[0126] 另一方面,回火马氏体和贝氏体的合计面积率过高时,高碳浓度的硬组织(组织 $S_2$ )增加,其在碰撞时成为裂纹的起点,耐断裂性劣化。因此,该合计面积率为95%以下、优选为92%以下、更优选为88%以下。

[0127] (残余奥氏体的平均粒径:5.0 $\mu\text{m}$ 以下)

[0128] 在对钢板反复负载应力的情况下,由于加工固化,残余奥氏体相变为硬的马氏体。如果残余奥氏体过大,则在碰撞时由残余奥氏体相变而成的马氏体成为裂纹的起点,耐断裂性劣化。

[0129] 因此,残余奥氏体的平均粒径为5.0 $\mu\text{m}$ 以下、优选为4.0 $\mu\text{m}$ 以下、更优选为3.0 $\mu\text{m}$ 以下、进一步优选为2.0 $\mu\text{m}$ 以下、特别优选为1.0 $\mu\text{m}$ 以下。

[0130] (组织 $S_1$ 的面积率:50.0%以上)

[0131] 低碳浓度的组织的韧性高、耐断裂性高。另外,在低碳浓度的组织中包含残余奥氏体的至少一部分。低碳浓度的残余奥氏体容易发生马氏体相变。在对钢板反复负载应力的情况下,低碳浓度的残余奥氏体发生马氏体相变,由此碰撞时的应变大幅分散,在碰撞时能够抑制龟裂的产生。即,耐断裂性提高。

[0132] 因此,碳浓度大于0.1质量%且为0.3质量%以下的组织 $S_1$ 的面积率为50.0%以上、优选为55.0%以上、更优选为60.0%以上。

[0133] 另一方面,组织 $S_1$ 的面积率的上限没有特别限定,例如为90.0%、优选为95.0%。

[0134] (组织 $S_2$ 的面积率:10.0%以下)

[0135] 高碳浓度的组织由于硬,因此在碰撞时成为裂纹的起点,耐断裂性劣化。

[0136] 因此,碳浓度为0.5质量%以上的组织 $S_2$ 的面积率为10.0%以下、优选为8.0%以下、更优选为7.0%以下。

[0137] (余量组织)

[0138] 本显微组织可以包含回火马氏体、贝氏体和残余奥氏体以外的组织(余量组织)。

[0139] 作为余量组织,可以列举例如:新鲜马氏体;珠光体;铁素体;铁系碳氮化物;合金碳氮化物; $\text{MnS}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等夹杂物;等公知的组织。

[0140] 余量组织的面积率优选为10%以下、更优选为8%以下、进一步优选为5%以下。余量组织的面积率为该范围时,不损害本发明效果。

[0141] 《钢中扩散性氢量:0.50质量ppm以下》

[0142] 钢中扩散性氢量过高时,发生延迟断裂,耐断裂性劣化。因此,钢中扩散性氢量为0.50质量ppm以下、优选为0.30质量ppm以下、更优选为0.20质量ppm以下。

[0143] 钢中扩散性氢量通过后述的实施例中记载的方法求出。

[0144] <镀层>

[0145] 从提高耐腐蚀性等的观点出发,本高强度钢板在钢板的表面还可以具备镀层。

[0146] 作为镀层,可以列举例如热镀锌层、合金化热镀锌层或电镀锌层。镀层通过后述的镀覆处理形成。

[0147] [高强度钢板的制造方法]

[0148] 接着,对本实施方式的高强度钢板的制造方法(以下称为“本制造方法”)进行说明。本制造方法也是制造上述本高强度钢板的方法。

[0149] 只要没有特别说明,对以下所示的钢坯、钢板等进行加热或冷却时的温度是指钢坯、钢板等的表面温度。

[0150] 作为制造成为钢坯(钢原材)的钢水的方法,没有特别限定,可以采用使用了转炉、电炉等的公知的方法。优选通过连铸法由钢水得到钢坯。也可以使用铸锭-开坯轧制法、薄板坯连铸法等其他方法得到钢坯。

[0151] <热轧>

[0152] 在本制造方法中,首先,将具有上述本成分组成的钢坯进行热轧。由此,得到热轧钢板。

[0153] 进行热轧时,可以利用加热炉将钢坯再加热后进行轧制。在钢坯保持规定温度以上的温度的情况下,也可以不加热钢坯而进行直送轧制。

[0154] 在热轧中,对钢坯实施粗轧和精轧。

[0155] 优选在粗轧前对钢坯进行加热而使钢坯中的碳化物溶解。

[0156] 从使碳化物溶解、或者防止轧制载荷增大的观点出发,对钢坯进行加热时的温度(钢坯加热温度)优选为1100°C以上、更优选为1150°C以上。

[0157] 另一方面,从防止氧化皮损耗增大的观点出发,钢坯加热温度优选为1300°C以下、更优选为1280°C以下。

[0158] 如上所述,在粗轧前的钢坯保持规定温度以上的温度、钢坯中的碳化物溶解的情况下,可以省略粗轧前的钢坯的加热。

[0159] 对于粗轧和精轧的条件,没有特别限定,例如,精轧结束温度优选为700~1100°C、更优选为800~1000°C。

[0160] <冷轧>

[0161] 接着,对热轧钢板实施冷轧,得到冷轧钢板。

[0162] 冷轧的轧制率优选为30%以上、更优选为35%以上。上限没有特别限定,例如为70%以下、优选为65%以下。

[0163] <热处理>

[0164] 接着,对通过冷轧得到的冷轧钢板实施热处理。

[0165] 图1是示出热处理的一例的图。

[0166] 在热处理中,简而言之,将冷轧钢板在加热温度T1下加热后,冷却至冷却停止温度T2,然后,再加热至再加热温度T3,不在再加热温度T3下保持而进行再冷却。再冷却中,将冷轧钢板从再加热温度T3至少冷却至(T3-30)°C。

[0167] 需要说明的是,实施了热处理的冷轧钢板相当于上述本高强度钢板所具备的钢板。

[0168] 《加热温度T1:750~950°C、加热时间 $t_1$ :10~500s》

[0169] 首先,将冷轧钢板在加热温度T1下加热。

[0170] 此时,加热温度 $T_1$ 过低、或者加热时间 $t_1$ (将冷轧钢板在加热温度 $T_1$ 下保持的时间)过短时,成为铁素体和奥氏体的双相区中的加热。这种情况下,最终的显微组织含有铁素体,回火马氏体和贝氏体的合计面积率降低,因此难以确保良好的碰撞耐力和屈服强度。

[0171] 因此,加热温度 $T_1$ 为 $750^{\circ}\text{C}$ 以上、优选为 $800^{\circ}\text{C}$ 以上、更优选为 $850^{\circ}\text{C}$ 以上。加热时间 $t_1$ 为10s以上、优选为50s以上、更优选为80s以上。

[0172] 另一方面,加热温度 $T_1$ 过高时,残余奥氏体的平均粒径容易变得粗大,因此耐断裂性降低。另外,由于氢分压的增加,侵入钢中的氢量增加,因此钢中扩散性氢量变高。

[0173] 另外,加热时间 $t_1$ 过长时,残余奥氏体的平均粒径容易变得粗大,因此耐断裂性降低。

[0174] 因此,加热温度 $T_1$ 为 $950^{\circ}\text{C}$ 以下、优选为 $930^{\circ}\text{C}$ 以下、更优选为 $900^{\circ}\text{C}$ 以下。加热时间 $t_1$ 为500s以下、优选为300s以下、更优选为200s以下。

[0175] 《冷却停止温度 $T_2$ : $120^{\circ}\text{C}$ 以上且低于 $280^{\circ}\text{C}$ 》

[0176] 接着,将在加热温度 $T_1$ 下加热后的冷轧钢板冷却至冷却停止温度 $T_2$ 。

[0177] 冷却停止温度 $T_2$ 过低时,回火马氏体和贝氏体的合计面积率变高,另外,高碳浓度的组织(组织 $S_2$ )增加,因此耐断裂性劣化。

[0178] 因此,冷却停止温度 $T_2$ 为 $120^{\circ}\text{C}$ 以上、优选为 $140^{\circ}\text{C}$ 以上、更优选为 $150^{\circ}\text{C}$ 以上。

[0179] 另一方面,冷却停止温度 $T_2$ 过高时,回火马氏体和贝氏体的合计面积率降低,因此不能稳定地确保良好的碰撞耐力和屈服强度。

[0180] 因此,冷却停止温度 $T_2$ 低于 $280^{\circ}\text{C}$ 、优选为 $270^{\circ}\text{C}$ 以下、更优选为 $260^{\circ}\text{C}$ 以下。

[0181] 《再加热温度 $T_3$ : $280 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 》

[0182] 接着,将冷却至冷却停止温度 $T_2$ 的冷轧钢板再加热至再加热温度 $T_3$ ,不在再加热温度 $T_3$ 下保持而进行再冷却。

[0183] 此时,再加热温度 $T_3$ 过低时,低碳浓度的组织(组织 $S_1$ )减少,耐断裂性劣化。

[0184] 因此,再加热温度 $T_3$ 为 $280^{\circ}\text{C}$ 以上、优选为 $290^{\circ}\text{C}$ 以上、更优选为 $300^{\circ}\text{C}$ 以上。

[0185] 另一方面,再加热温度 $T_3$ 过高时,在回火马氏体中析出大量铁碳化物,回火马氏体和贝氏体的合计面积率降低,屈服强度降低,并且碰撞耐力降低。

[0186] 因此,再加热温度 $T_3$ 为 $400^{\circ}\text{C}$ 以下、优选为 $380^{\circ}\text{C}$ 以下、更优选为 $350^{\circ}\text{C}$ 以下。

[0187] 《热影响指数 $P$ : $4000 \sim 6200$ 》

[0188] 如上所述,将再加热至再加热温度 $T_3$ 的冷轧钢板不在再加热温度 $T_3$ 下保持而进行再冷却。

[0189] 再冷却中,将冷轧钢板从再加热温度 $T_3$ 至少冷却至 $(T_3-30)^{\circ}\text{C}$ 。此时,针对冷轧钢板的从再加热温度 $T_3$ 到 $(T_3-30)^{\circ}\text{C}$ 的热影响指数 $P$ 由下述式(1)表示。

[0190] 
$$P=T_3(\log(5t)+12) \cdots (1)$$

[0191] 上述式(1)中, $t$ 为从再加热温度 $T_3$ 到 $(T_3-30)^{\circ}\text{C}$ 的冷却时间(单位:s)。

[0192] 构成显微组织的各组织的碳浓度可以通过热影响指数 $P$ 来控制。

[0193] 即,在从再加热温度 $T_3$ 到 $(T_3-30)^{\circ}\text{C}$ 的温度范围中,使作为母相的马氏体中的固溶碳扩散到未相变奥氏体中。

[0194] 热影响指数 $P$ 过低时,马氏体中的固溶碳没有充分地扩散到未相变奥氏体中,高碳浓度的组织(组织 $S_2$ )增加,低碳浓度的组织(组织 $S_1$ )减少。因此,热影响指数 $P$ 为4000以上、

优选为4200以上、更优选为4400以上。

[0195] 另一方面,热影响指数P过高时,未相变奥氏体中的固溶碳变得过多,因此,在最终的显微组织中,高碳浓度的组织(组织S<sub>2</sub>)增加。

[0196] 因此,热影响指数P为6000以下、优选为5800以下、更优选为5500以下。

[0197] <镀覆处理>

[0198] 在本制造方法中,可以通过对再冷却后的冷轧钢板实施镀覆处理而在其表面形成镀层。

[0199] 作为镀层,可以列举例如热镀锌层、合金化热镀锌层或电镀锌层。

[0200] 镀覆处理优选热镀锌处理、合金化热镀锌处理或电镀锌处理。

[0201] 实施热镀锌处理时,可以使用以能够连续地实施上述热处理和热镀锌处理的方式构成的装置。

[0202] 在实施热镀锌处理的情况下,例如,使钢板浸渍在浴温为440~500℃的锌浴中而实施热镀锌处理。然后,优选通过气体擦拭等调整镀层的附着量。

[0203] 作为锌浴,优选具有Al含量为0.10~0.23质量%、余量由Zn和不可避免的杂质构成的成分组成的锌浴。

[0204] 在实施合金化热镀锌处理的情况下,合金化温度过低时,有时Zn-Fe合金化速度变得过慢,合金化变得显著困难。另一方面,合金化温度过高时,有时未相变奥氏体相变为珠光体。因此,合金化温度优选为450~600℃、更优选为470~550℃、进一步优选为470~530℃。

[0205] 实施电镀锌处理时,可以使用以能够连续地实施上述热处理和电镀锌处理的方式构成的装置。

[0206] 通过实施电镀锌处理,形成电镀锌层。

[0207] 作为电镀锌层,没有特别限定,优选使用以往公知的电镀锌层。电镀锌层可以是在Zn中根据目的而添加适当量的Fe、Cr、Ni、Mn、Co、Sn、Pb或Mo等元素的锌合金镀层。

[0208] 热镀锌钢板(GI)、合金化热镀锌钢板(GA)和电镀锌钢板(EG)的镀层的附着量优选每单面20~80g/m<sup>2</sup>(两面镀覆)。

[0209] 实施了镀覆处理的钢板例如冷却至50℃以下的温度。可以对冷却至50℃以下的温度的钢板以0.05~1.00%的伸长率实施轧制。伸长率优选为0.08~0.70%。

[0210] 该轧制可以在与用于实施镀锌处理的装置(镀覆装置)连续的装置上实施,也可以在与镀覆装置不连续的装置上实施。另外,可以通过一次轧制实现目标伸长率,也可以实施两次以上的轧制而合计实现目标伸长率。

[0211] 需要说明的是,此处记载的轧制通常是指表面光轧,但只要能够赋予与表面光轧同等的伸长率,则也可以是基于使用整平机的加工等的轧制。

[0212] 在本制造方法中,例如,加热温度、再加热温度等保持温度只要在上述温度范围内,则也可以不恒定。关于冷却速度,只要在上述速度范围内,则也可以在冷却中变化。只要满足上述温度范围等条件,可以用任何设备实施热处理。

[0213] [构件]

[0214] 接着,对本实施方式的构件(以下也称为“本构件”)进行说明。

[0215] 本构件是至少一部分使用上述本高强度钢板而成的构件,例如是通过加工(加

加工等) 将本高强度钢板成形为目标形状而成的部件。

[0216] 本构件优选为汽车部件用构件。需要说明的是, 汽车部件用构件也可以包含本高强度钢板以外的钢板作为原材料。

[0217] 如上所述, 本高强度钢板具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良。因此, 本构件的碰撞耐力和耐断裂性优良、并且能够有助于车身的轻量化, 因此, 在汽车部件中, 特别适合作为汽车的骨架结构部件或汽车的增强部件中使用的全部构件。

[0218] [构件的制造方法]

[0219] 接着, 对制造本构件的方法进行说明。

[0220] 本构件例如通过对本高强度钢板实施成形加工和接合加工中的至少一种加工而得到。

[0221] 作为成形加工, 没有特别限定, 可以列举例如加压加工等。

[0222] 作为接合加工, 没有特别限定, 可以列举例如: 点焊、电弧焊等一般的焊接; 使用了铆钉等的铆接接合等。

[0223] 实施例

[0224] 以下, 列举实施例对本发明进行具体说明。但是, 本发明不限于以下说明的实施例。

[0225] <钢板的制造>

[0226] 通过转炉制造具有下述表1所示的成分组成、余量由Fe和不可避免的杂质构成的钢水, 通过连铸法得到钢坯。下述表1中的下划线是指在本发明的范围外(后述的表2~表3中也是同样)。

[0227] 将得到的钢坯在下述表2所示的条件下热轧, 得到热轧钢板。具体而言, 将钢坯加热至1250°C, 进行粗轧, 接着, 在900°C的精轧结束温度下实施精轧。

[0228] 通过将得到的热轧钢板以下述表2所示的轧制率进行冷轧, 由此得到冷轧钢板(板厚: 1.2mm)。

[0229] 对得到的冷轧钢板在下述表2所示的条件下实施热处理。

[0230] 在一部分例子中, 对热处理后的冷轧钢板(CR)的两面实施镀覆处理, 得到热镀锌钢板(GI)、合金化热镀锌钢板(GA)或电镀锌钢板(EG)。

[0231] 作为热镀锌浴, 在制造GI的情况下, 使用含有Al: 0.20质量%、余量由Zn和不可避免的杂质构成的锌浴, 在制造GA的情况下, 使用含有Al: 0.14质量%、余量由Zn和不可避免的杂质构成的锌浴。

[0232] 浴温在制造GI和GA中的任一种的情况下都设为470°C。

[0233] 关于镀层的附着量, 在制造GI的情况下, 设为每单面45~72g/m<sup>2</sup>, 在制造GA的情况下, 设为每单面45g/m<sup>2</sup>。

[0234] 在制造GA的情况下, 合金化温度设为500°C。

[0235] GI的镀层的组成为含有Fe: 0.1~1.0质量%、Al: 0.2~1.0质量%、余量由Fe和不可避免的杂质构成的组成。GA的镀层的组成为含有Fe: 7~15质量%、Al: 0.1~1.0质量%、余量由Fe和不可避免的杂质构成的组成。

[0236] 制造EG时, 使用电镀锌生产线, 以镀层的附着量为每单面30g/m<sup>2</sup>的方式, 实施电镀锌处理。

[0237] 以下,也将热处理后的冷轧钢板(CR)、热镀锌钢板(GI)、合金化热镀锌钢板(GA)和电镀锌钢板(EG)简称为“钢板”。

[0238] <显微组织的观察>

[0239] 对于得到的钢板,如下所述观察显微组织。将结果示于下述表3中。需要说明的是,下述表3中,将马氏体表述为“M”、将贝氏体表述为“B”、将奥氏体表述为“ $\gamma$ ”。

[0240] 《回火马氏体和贝氏体的合计面积率》

[0241] 对于得到的钢板,以板厚的1/4位置且与轧制方向平行的截面(L截面)为观察面的方式进行研磨。使用1体积%硝酸乙醇溶液使观察面腐蚀后,使用扫描电子显微镜(SEM)放大至3000倍进行观察。

[0242] 对观察面观察10个视野,得到SEM图像。对得到的SEM图像进行分析,求出回火马氏体和贝氏体的合计面积率(单位:%)。

[0243] 更详细而言,将得到的SEM图像中的暗灰色的部分判定为回火马氏体和贝氏体,求出面积率(10个视野的平均面积率)。在SEM图像的分析中,作为分析软件,使用Media Cybernetics公司制造的Image-Pro。

[0244] 《残余奥氏体中的平均粒径》

[0245] 对于得到的钢板,以与轧制方向平行的截面(L截面)为观察面的方式,磨削后,使用胶态二氧化硅溶液进行抛光研磨。然后,通过EBSD法(电子束的加速电压:15kV、步长间隔:0.04 $\mu\text{m}$ ),对观察面中的50 $\mu\text{m}$ ×50 $\mu\text{m}$ 的区域测定10处,得到用于得到组织图像的数据。使用TSL公司制造的OIM Analysis软件对得到的数据进行处理,得到组织图像。对于得到的组织图像,使用Media Cybernetics公司的Image-Pro,求出各个残余奥氏体晶粒的面积,计算出等效圆直径。将它们的平均值作为残余奥氏体的平均粒径(单位: $\mu\text{m}$ )。

[0246] 《组织S<sub>1</sub>和组织S<sub>2</sub>的面积率》

[0247] 对于得到的钢板,以与轧制方向平行的截面(L截面)为观察面的方式,使用金刚石糊剂进行研磨。通过氧化铝研磨将观察面精加工成镜面,接着,为了排除观察面的烃的污染(碳污染,以下称为“污染”),使用等离子清洗剂进行清洁化。

[0248] 对于清洁化的观察面,实施使用搭载有场发射型(Field Emission)电子枪的电子束显微分析仪(FE-EPMA:Field Emission Electron Probe Micro Analyzer)的测定,获得用于得到元素映射图像的数据。测定条件按照非专利文献(T.Yamashita, Y.Tanaka, M.Nagoshi and K.Ishida: Sci.Rep., 6(2016), DOI:10.1038/srep29825.),设为加速电压7kV、电流50nA。此时,将作为试样的钢板加热并在100°C保持,在不污染的条件下进行测定。通过检量法将测定后的数据转换为碳浓度,得到碳的元素映射图像。

[0249] 对每个钢板实施30次使用了FE-EPMA的测定,每次得到元素映射图像。

[0250] 求出碳浓度大于0.1质量%且为0.3质量%以下的区域相对于所得到的元素映射图像的总面积的比例(面积率),将30次的平均值作为组织S<sub>1</sub>的面积率(单位:%)。

[0251] 同样,求出碳浓度为0.5质量%以上的区域相对于所得到的元素映射图像的总面积的比例(面积率),将30次的平均值作为组织S<sub>2</sub>的面积率(单位:%)。

[0252] <钢中扩散性氢量的测定>

[0253] 从得到的钢板截取长度30mm、宽度5mm的试验片。对于截取的试验片,通过升温脱离分析法,测定钢中扩散性氢量。升温速度设为200°C/小时。将从室温(25°C)到低于210°C

的温度范围内检测出的氢量的累积值作为钢中扩散性氢量(单位:质量ppm)。

[0254] 对于形成有镀层的钢板,使用刨削机(精密研磨机)除去镀层后,同样地进行测定。

[0255] 将结果记载于下述表3中。钢中扩散性氢量优选为0.50质量ppm以下。

[0256] <评价>

[0257] 通过以下的方法对得到的钢板进行评价。将结果示于下述表3中。

[0258] 《拉伸试验》

[0259] 从得到的钢板裁取将与轧制方向成 $90^\circ$ 的方向作为长度方向(拉伸方向)的JIS Z 2241中记载的5号试验片。使用裁取的试验片,实施5次依据JIS Z 2241的拉伸试验,由5次的平均值求出屈服强度(YS)。

[0260] YS为800MPa以上时,可以评价为高强度。

[0261] 《碰撞耐力评价试验》

[0262] 使用得到的钢板,制作截面为帽形的构件(帽构件),实施三点弯曲试验,求出最大载荷(单位:kN)。

[0263] 首先,基于图2A,对帽构件1进行说明。

[0264] 图2A是示出帽构件1的剖视图。图2A中,示出帽构件1的尺寸。帽构件1通过点焊(熔核直径: $4.5\sqrt{t}$ 、点间间距:35mm)而与平板2接合。平板2是没有镀层的冷轧钢板,拉伸强度(TS)为590MPa,板厚 $t$ 与帽构件1相同(1.2mm)。

[0265] 接着,基于图2B,对三点弯曲试验进行说明。

[0266] 图2B是示出提供于三点弯曲试验的帽构件1的示意图。图2B中也示出了各种尺寸。与帽构件1接合的平板2被作为刚体的支撑构件3支撑。在这样的状态下,使作为刚体的冲击器4从上方朝向帽构件1以1m/s的速度移动。如此,实施三点弯曲试验。

[0267] 对每个钢板实施3次三点弯曲试验,将每次求出的最大载荷的平均值作为该钢板的最大载荷。

[0268] 在下述表3中,最大载荷为40kN以上的情况记载为“◎”、30kN以上且小于40kN的情况记载为“○”、小于30kN的情况记载为“×”。

[0269] 如果为“◎”或“○”,则可以评价为碰撞耐力优良。

[0270] 《耐断裂性评价试验》

[0271] 依据JISZ 2241,从得到的钢板切出将与轧制方向成 $90^\circ$ 的方向作为长度方向(拉伸方向)的试验片(平行部的长度:40mm、平行部的宽度:20mm)。在试验片的平行部的长度方向的中央位置且平行部的宽度方向的中央位置,形成直径8mm的机械加工孔。

[0272] 使用形成有机械加工孔的试验片,依据JISZ 2241,实施5次将拉伸速度设为恒定(2mm/分钟)的拉伸试验,求出断裂行程。

[0273] 在下述表3中,断裂行程(5次拉伸试验的平均值)为0.85mm以上的情况记载为“◎”、0.70mm以上且小于0.85mm的情况记载为“○”、小于0.70mm的情况记载为“×”。

[0274] 如果为“◎”或“○”,则可以评价为耐断裂性优良。

[0275]

[表1]  
表1(1/2)

| 钢符号 | 成分组成[质量%] |       |      |       |        |       |        |        |        |       |       |       |       |       |       |
|-----|-----------|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | C         | Si    | Mn   | P     | S      | Al    | N      | O      | B      | Ti    | Nb    | V     | W     | Mo    | Cr    |
| A   | 0.234     | 1.23  | 2.82 | 0.006 | 0.0005 | 0.041 | 0.0040 | 0.0006 | 0.0019 | 0.021 | 0.020 | -     | -     | -     | -     |
| B   | 0.322     | 1.52  | 3.08 | 0.004 | 0.0008 | 0.036 | 0.0041 | 0.0007 | -      | -     | 0.018 | -     | -     | -     | -     |
| C   | 0.242     | 1.31  | 2.95 | 0.005 | 0.0010 | 0.040 | 0.0039 | 0.0006 | -      | -     | -     | 0.090 | -     | -     | -     |
| D   | 0.153     | 1.52  | 3.50 | 0.010 | 0.0010 | 0.052 | 0.0042 | 0.0008 | -      | -     | -     | -     | 0.025 | -     | -     |
| E   | 0.288     | 2.91  | 1.65 | 0.009 | 0.0015 | 0.045 | 0.0048 | 0.0012 | -      | -     | 0.046 | -     | -     | 0.198 | -     |
| F   | 0.248     | 1.36  | 2.79 | 0.011 | 0.0011 | 0.042 | 0.0051 | 0.0004 | 0.0046 | 0.020 | -     | -     | -     | -     | -     |
| G   | 0.275     | 1.45  | 2.35 | 0.004 | 0.0007 | 0.031 | 0.0061 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| H   | 0.223     | 1.05  | 1.43 | 0.012 | 0.0019 | 0.029 | 0.0035 | 0.0007 | -      | -     | -     | 0.022 | -     | -     | -     |
| I   | 0.191     | 1.45  | 4.02 | 0.010 | 0.0020 | 0.041 | 0.0041 | 0.0010 | -      | -     | 0.035 | -     | -     | -     | -     |
| J   | 0.502     | 1.25  | 2.23 | 0.006 | 0.0015 | 0.036 | 0.0038 | 0.0020 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| K   | 0.141     | 1.15  | 3.10 | 0.007 | 0.0012 | 0.055 | 0.0059 | 0.0060 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| L   | 0.270     | 1.72  | 2.41 | 0.013 | 0.0009 | 0.039 | 0.0035 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | 0.220 |
| M   | 0.261     | 3.20  | 2.64 | 0.015 | 0.0015 | 0.032 | 0.0051 | 0.0050 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| N   | 0.262     | 0.004 | 2.52 | 0.018 | 0.0015 | 0.058 | 0.0034 | 0.0030 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| O   | 0.321     | 1.62  | 2.75 | 0.008 | 0.0009 | 0.032 | 0.0041 | 0.0004 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| P   | 0.241     | 1.39  | 2.65 | 0.006 | 0.0009 | 0.041 | 0.0038 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| Q   | 0.261     | 1.28  | 2.79 | 0.009 | 0.0009 | 0.054 | 0.0042 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| R   | 0.254     | 1.26  | 2.85 | 0.010 | 0.0009 | 0.042 | 0.0051 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| S   | 0.235     | 1.35  | 2.72 | 0.005 | 0.0009 | 0.053 | 0.0034 | 0.0006 | -      | 0.091 | -     | -     | -     | -     | -     |
| T   | 0.223     | 0.02  | 2.87 | 0.015 | 0.0016 | 0.029 | 0.0052 | 0.0015 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| U   | 0.225     | 2.76  | 2.65 | 0.016 | 0.0014 | 0.091 | 0.0041 | 0.0016 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| V   | 0.311     | 0.42  | 2.65 | 0.012 | 0.0011 | 0.041 | 0.0092 | 0.0004 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| W   | 0.238     | 1.26  | 3.52 | 0.010 | 0.0020 | 0.059 | 0.0038 | 0.0006 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| X   | 0.238     | 1.32  | 1.81 | 0.015 | 0.0016 | 0.049 | 0.0025 | 0.0004 | -      | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

[0276]

表1 (2/2)

| 钢符号 | 成分组成 [质量%] |       |        |       |       |        |        |       |      |        |      |       |       |
|-----|------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|------|--------|------|-------|-------|
|     | Sb         | Sn    | Zr     | Cu    | Ni    | Ca     | Mg     | Co    | Ta   | REM    | Hf   | Te    | Bi    |
| A   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| B   | 0.007      | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| C   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| D   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| E   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| F   | -          | -     | -      | 0.120 | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| G   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| H   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| I   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| J   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| K   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| L   | 0.015      | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| M   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| N   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| O   | -          | 0.010 | 0.0220 | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| P   | -          | -     | -      | 0.220 | 0.125 | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| Q   | -          | -     | -      | -     | -     | 0.0012 | 0.0020 | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| R   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | 0.005 | -    | -      | -    | -     | -     |
| S   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | 0.03 | 0.0010 | -    | -     | -     |
| T   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | 0.03 | 0.005 | -     |
| U   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| V   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | -     |
| W   | -          | -     | -      | 0.360 | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | 0.013 |
| X   | -          | -     | -      | -     | -     | -      | -      | -     | -    | -      | -    | -     | 0.004 |

[0277]

[表2]

表2 (1/2)

| No. | 钢符号 | 热轧          |             | 冷轧      | 热处理          |                         |                |               |                             |         | 镀覆处理 | 备注  |
|-----|-----|-------------|-------------|---------|--------------|-------------------------|----------------|---------------|-----------------------------|---------|------|-----|
|     |     | 钢坯加热温度 [°C] | 精轧结束温度 [°C] | 轧制率 [%] | 加热温度 T1 [°C] | 加热时间 t <sub>1</sub> [s] | 冷却停止温度 T2 [°C] | 再加热温度 T3 [°C] | 从T3到 (T3-30) °C 的冷却时间 t [s] | 热影响指数 P |      |     |
| 1   | A   | 1250        | 900         | 45      | 875          | 130                     | 200            | 320           | 240                         | 4825    | CR   | 适合钢 |
| 2   | A   | 1250        | 900         | 46      | 875          | 130                     | 200            | 340           | 250                         | 5133    | CR   | 适合钢 |
| 3   | A   | 1250        | 900         | 45      | 875          | 130                     | 180            | 330           | 200                         | 4950    | GA   | 适合钢 |
| 4   | A   | 1250        | 900         | 45      | 875          | 130                     | 210            | 310           | 390                         | 4740    | CR   | 适合钢 |
| 5   | A   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 120                     | 150            | 320           | 200                         | 4800    | CR   | 适合钢 |
| 6   | B   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 120                     | 200            | 370           | 180                         | 5533    | CR   | 适合钢 |
| 7   | B   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 120                     | 150            | 350           | 150                         | 5206    | CR   | 适合钢 |
| 8   | B   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 110                     | 200            | 350           | 100                         | 5145    | EG   | 适合钢 |
| 9   | B   | 1250        | 900         | 45      | 880          | 110                     | 180            | 350           | 320                         | 5321    | CR   | 适合钢 |
| 10  | C   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 190            | 330           | 200                         | 4950    | CR   | 适合钢 |
| 11  | C   | 1250        | 900         | 45      | 965          | 100                     | 200            | 320           | 200                         | 4800    | GA   | 比较钢 |
| 12  | C   | 1250        | 900         | 45      | 730          | 100                     | 200            | 320           | 250                         | 4831    | EG   | 比较钢 |
| 13  | C   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 110            | 300           | 200                         | 4500    | CR   | 比较钢 |
| 14  | C   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 300            | 360           | 200                         | 5400    | CR   | 比较钢 |
| 15  | D   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 280            | 350           | 250                         | 5284    | CR   | 适合钢 |
| 16  | E   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 120                     | 200            | 360           | 220                         | 5415    | GI   | 适合钢 |
| 17  | F   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 340           | 230                         | 5121    | CR   | 适合钢 |
| 18  | F   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 8                       | 200            | 330           | 250                         | 4982    | CR   | 比较钢 |
| 19  | F   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 520                     | 200            | 330           | 250                         | 4982    | CR   | 比较钢 |
| 20  | F   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 280           | 30                          | 3969    | GA   | 比较钢 |
| 21  | F   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 398           | 780                         | 6205    | CR   | 比较钢 |

[0278]

表2 (2/2)

| No. | 钢符号 | 热轧          |             | 冷轧      | 热处理          |                         |                |               |                             |         | 镀覆处理 | 备注  |
|-----|-----|-------------|-------------|---------|--------------|-------------------------|----------------|---------------|-----------------------------|---------|------|-----|
|     |     | 钢坯加热温度 [°C] | 精轧结束温度 [°C] | 轧制率 [%] | 加热温度 T1 [°C] | 加热时间 t <sub>1</sub> [s] | 冷却停止温度 T2 [°C] | 再加热温度 T3 [°C] | 从T3到 (T3-30) °C 的冷却时间 t [s] | 热影响指数 P |      |     |
| 22  | G   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 190            | 350           | 190                         | 5242    | CR   | 适合钢 |
| 23  | G   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 190            | 260           | 190                         | 3894    | GA   | 比较钢 |
| 24  | G   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 190            | 420           | 190                         | 6291    | CR   | 比较钢 |
| 25  | G   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 340           | 300                         | 5160    | CR   | 适合钢 |
| 26  | H   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 110                     | 200            | 320           | 220                         | 4813    | CR   | 比较钢 |
| 27  | I   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 275            | 370           | 50                          | 5327    | CR   | 比较钢 |
| 28  | J   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 110                     | 200            | 320           | 400                         | 4896    | CR   | 比较钢 |
| 29  | K   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 270            | 380           | 50                          | 5471    | CR   | 比较钢 |
| 30  | L   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 330           | 250                         | 4982    | CR   | 适合钢 |
| 31  | M   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 210            | 330           | 250                         | 4982    | CR   | 比较钢 |
| 32  | N   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 210            | 330           | 250                         | 4982    | CR   | 比较钢 |
| 33  | O   | 1250        | 900         | 50      | 865          | 390                     | 210            | 340           | 200                         | 5100    | GA   | 适合钢 |
| 34  | P   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 220            | 300           | 200                         | 4500    | GA   | 适合钢 |
| 35  | Q   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 220            | 330           | 200                         | 4950    | GA   | 适合钢 |
| 36  | R   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 60                      | 140            | 290           | 180                         | 4337    | GA   | 适合钢 |
| 37  | S   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 200            | 300           | 200                         | 4500    | GI   | 适合钢 |
| 38  | T   | 1250        | 900         | 50      | 880          | 150                     | 220            | 360           | 150                         | 5355    | CR   | 适合钢 |
| 39  | U   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 220            | 300           | 200                         | 4500    | GI   | 适合钢 |
| 40  | V   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 100                     | 160            | 300           | 200                         | 4500    | EG   | 适合钢 |
| 41  | W   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 110                     | 200            | 320           | 220                         | 4813    | CR   | 适合钢 |
| 42  | X   | 1250        | 900         | 45      | 870          | 110                     | 200            | 320           | 220                         | 4813    | CR   | 适合钢 |

[0279]

[0280] [表3]

表3 (1/2)

| No. | 显微组织                   |  |                                  |                                  | 钢中<br>扩散性<br>氢量<br>[质量ppm] | YS<br>[MPa] | 碰撞<br>耐力 | 耐断<br>裂性 | 备注  |
|-----|------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------|----------|----------|-----|
|     | 回火M和B<br>的合计面<br>积率[%] | 残余 $\gamma$ 的<br>平均粒径<br>[ $\mu\text{m}$ ] | 组织S <sub>1</sub><br>的面积<br>率 [%] | 组织S <sub>2</sub><br>的面积<br>率 [%] |                            |             |          |          |     |
| 1   | 83                     | 0.6  | 70.3                             | 2.1                              | 0.00                       | 1135        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 2   | 88                     | 0.5  | 72.1                             | 2.5                              | 0.00                       | 1170        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 3   | 70                     | 0.4  | 65.5                             | 3.4                              | 0.19                       | 1250        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 4   | 85                     | 0.8  | 65.2                             | 2.6                              | 0.00                       | 1140        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 5   | 55                     | 0.5  | 62.4                             | 4.2                              | 0.00                       | 1220        | ○        | ◎        | 适合钢 |
| 6   | 90                     | 0.9  | 60.1                             | 5.5                              | 0.00                       | 1300        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 7   | 93                     | 0.9  | 65.2                             | 6.2                              | 0.00                       | 1350        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 8   | 88                     | 0.9  | 58.5                             | 6.1                              | 0.00                       | 1280        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 9   | 82                     | 0.8  | 55.3                             | 6.8                              | 0.00                       | 1320        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 10  | 85                     | 0.6  | 72.2                             | 3.5                              | 0.00                       | 1250        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 11  | 86                     | 8.3  | 68.7                             | 4.0                              | 0.66                       | 1210        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 12  | 43                     | 0.7  | 64.9                             | 5.1                              | 0.25                       | 770         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 13  | 96                     | 0.8  | 68.3                             | 13.6                             | 0.00                       | 1300        | ○        | ×        | 比较钢 |
| 14  | 42                     | 0.9  | 60.5                             | 4.6                              | 0.00                       | 780         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 15  | 56                     | 0.8  | 65.1                             | 2.1                              | 0.01                       | 850         | ○        | ○        | 适合钢 |
| 16  | 60                     | 0.8  | 55.2                             | 9.2                              | 0.01                       | 880         | ○        | ○        | 适合钢 |
| 17  | 85                     | 0.7  | 62.4                             | 1.8                              | 0.00                       | 1330        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 18  | 45                     | 0.8  | 60.8                             | 6.2                              | 0.01                       | 770         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 19  | 80                     | 7.5  | 58.2                             | 5.1                              | 0.01                       | 1280        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 20  | 80                     | 0.7  | 40.1                             | 13.5                             | 0.00                       | 1280        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 21  | 82                     | 0.7  | 60.5                             | 11.5                             | 0.01                       | 1290        | ◎        | ×        | 比较钢 |

[0281]

表3 (2/2)

| No. | 显微组织                   |  |                                 |                                 | 钢中<br>扩散性<br>氢量<br>[质量ppm] | YS<br>[MPa] | 碰撞<br>耐力 | 耐断<br>裂性 | 备注  |
|-----|------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------|----------|----------|-----|
|     | 回火M和B<br>的合计面<br>积率[%] | 残余 $\gamma$ 的<br>平均粒径<br>[ $\mu\text{m}$ ] | 组织S <sub>1</sub><br>的面积<br>率[%] | 组织S <sub>2</sub><br>的面积<br>率[%] |                            |             |          |          |     |
| 22  | 88                     | 0.8  | 75.7                            | 2.6                             | 0.00                       | 1390        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 23  | 90                     | 0.8  | 45.2                            | 12.5                            | 0.40                       | 1290        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 24  | 52                     | 0.7  | 52.2                            | 14.2                            | 0.00                       | 790         | ×        | ×        | 比较钢 |
| 25  | 84                     | 0.8  | 74.3                            | 3.2                             | 0.00                       | 1350        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 26  | 52                     | 0.7  | 65.9                            | 5.1                             | 0.01                       | 750         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 27  | 97                     | 0.9  | 52.2                            | 12.0                            | 0.01                       | 850         | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 28  | 93                     | 0.9  | 51.7                            | 13.5                            | 0.01                       | 1540        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 29  | 43                     | 0.8  | 52.2                            | 2.4                             | 0.01                       | 750         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 30  | 78                     | 0.6  | 70.1                            | 4.1                             | 0.00                       | 1150        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 31  | 70                     | 0.8  | 55.9                            | 11.6                            | 0.01                       | 1220        | ◎        | ×        | 比较钢 |
| 32  | 52                     | 0.8  | 60.5                            | 3.2                             | 0.01                       | 780         | ×        | ◎        | 比较钢 |
| 33  | 88                     | 0.8  | 62.3                            | 6.3                             | 0.15                       | 1250        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 34  | 81                     | 0.6  | 70.8                            | 3.6                             | 0.11                       | 1260        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 35  | 82                     | 0.8  | 72.6                            | 4.3                             | 0.12                       | 1320        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 36  | 62                     | 0.6  | 65.5                            | 5.6                             | 0.12                       | 980         | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 37  | 82                     | 0.6  | 68.1                            | 4.3                             | 0.00                       | 1120        | ◎        | ◎        | 适合钢 |
| 38  | 56                     | 0.6  | 55.3                            | 4.1                             | 0.00                       | 1050        | ○        | ◎        | 适合钢 |
| 39  | 80                     | 0.7  | 60.6                            | 9.2                             | 0.00                       | 1120        | ◎        | ○        | 适合钢 |
| 40  | 88                     | 0.8  | 61.3                            | 6.5                             | 0.00                       | 1210        | ○        | ◎        | 适合钢 |
| 41  | 89                     | 0.7  | 68.9                            | 3.9                             | 0.00                       | 1140        | ◎        | ○        | 适合钢 |
| 42  | 65                     | 0.7  | 65.5                            | 3.6                             | 0.00                       | 850         | ○        | ◎        | 适合钢 |

[0282]

[0283] &lt;评价结果汇总&gt;

[0284] 如上述表1~表3所示, No. 1~10、15~17、22、25、30和33~42的钢板均具有800MPa以上的屈服强度、并且碰撞耐力和耐断裂性优良。

[0285] 与此相对, No. 11~14、18~21、23~24、26~29和31~32的钢板的屈服强度、碰撞耐力和耐断裂性中的至少某一者不充分。

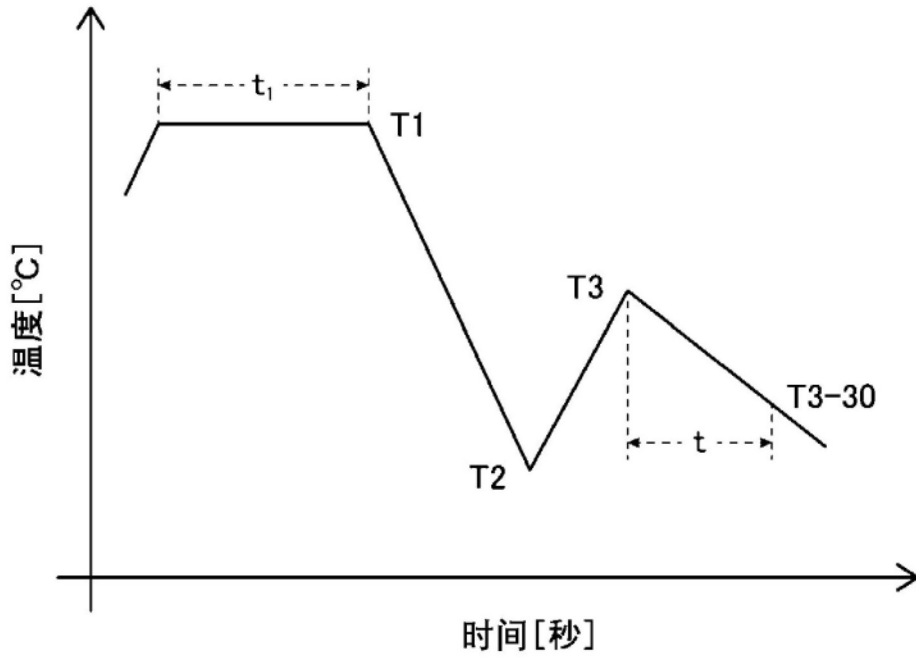


图1

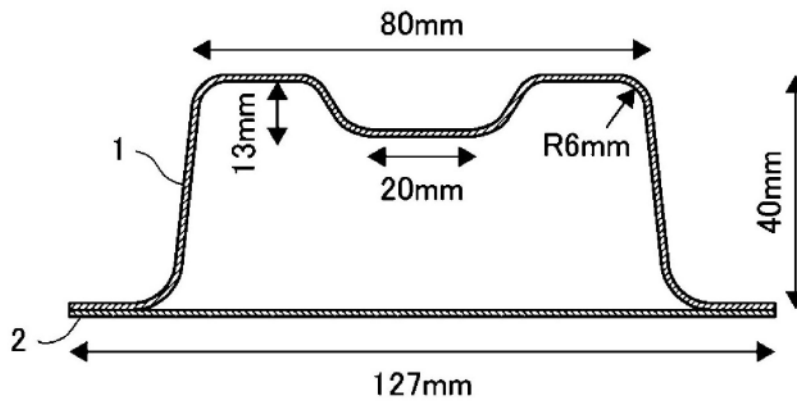


图2A

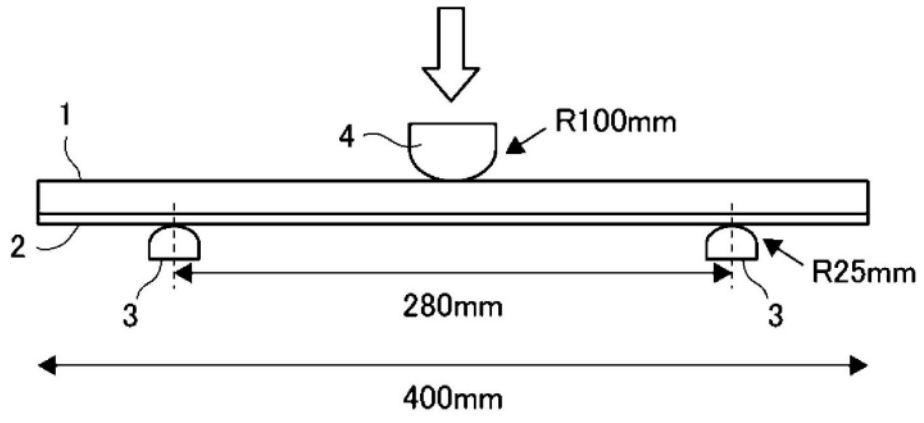


图2B