



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117916034 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 19

(21) 申请号 202280059481.6

(22) 申请日 2022.08.16

(30) 优先权数据

2021-156655 2021.09.27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/030925 2022.08.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/047840 JA 2023.03.30

(71) 申请人 日本制铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 富士本博纪 真锅敏之 大野敦史

秋冈幸司 今村高志

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 夏斌

(51) Int.Cl.

B21J 15/00 (2006.01)

F16B 5/04 (2006.01)

F16B 5/08 (2006.01)

B23K 11/14 (2006.01)

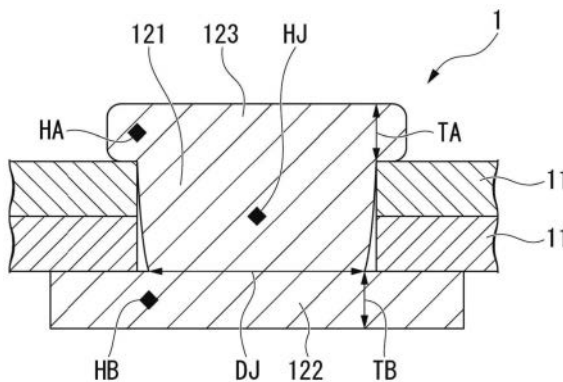
权利要求书2页 说明书21页 附图9页

(54) 发明名称

铆接头的制造方法、铆接头以及汽车构件

(57) 摘要

本发明涉及铆接头的制造方法、铆接头以及汽车构件。本发明的一个方案的铆接头的制造方法包括：将具有轴部以及头部的钢制的铆钉的轴部穿过重叠的多张板材的贯通孔；将铆钉在铆钉的轴向上夹在一对电极之间；通过一对电极对铆钉进行加压以及通电，在轴部的前端形成变形部；以及对铆钉进行冷却，冷却后的铆钉的头部的维氏硬度HB满足 $130 \leq HB \leq 330$ ，冷却后的铆钉的变形部的维氏硬度HA、变形部的厚度TA、轴部的轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ、轴部的直径DJ、头部的维氏硬度HB以及头部的厚度TB满足 $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$ 以及 $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$ 。



1. 一种铆接头的制造方法,包括:
将具有轴部以及头部的钢制的铆钉的上述轴部穿过重叠的多张板材的贯通孔;
将上述铆钉在上述铆钉的轴向上夹在一对电极之间;
通过一对上述电极对上述铆钉进行加压以及通电,在上述轴部的前端形成变形部;以及
对上述铆钉进行冷却,
冷却后的上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$,
冷却后的上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)、上述变形部的厚度TA(mm)、上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)以及上述头部的厚度TB(mm)满足下述式1以及式2,
HJ×DJ \geq 4.7×HB×TB:式1
HA×TA \geq 1.3×HB×TB:式2。
2. 根据权利要求1所述的铆接头的制造方法,其中,
冷却后的上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)以及上述头部的厚度TB(mm)满足下述式3,
HJ×DJ \geq 5.3×HB×TB:式3。
3. 根据权利要求1或2所述的铆接头的制造方法,其中,
冷却后的上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)满足 $310 \leq HA \leq 600$,
冷却后的上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是上述径向的中心的上述部位的维氏硬度HJ(HV)为 $310 \leq HJ \leq 590$ 。
4. 根据权利要求1或2所述的铆接头的制造方法,其中,
上述铆接头的制造方法还包括对上述铆钉的上述头部和与上述头部邻接的上述板材进行凸焊。
5. 根据权利要求4所述的铆接头的制造方法,其中,
在冷却后的上述铆钉中,通过上述凸焊形成的凸焊部的维氏硬度HP(HV)以及上述头部的维氏硬度HB(HV)满足下述式4,
 $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$:式4。
6. 根据权利要求1或2所述的铆接头的制造方法,其中,
多张上述板材中的一张以上是抗拉强度1180MPa以上的高强度钢板。
7. 根据权利要求1或2所述的铆接头的制造方法,其中,
上述铆钉的C含量为0.08~0.40质量%。
8. 根据权利要求1或2所述的铆接头的制造方法,其中,
上述铆钉的C含量、Mn含量以及B含量满足 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 。
9. 一种铆接头,具备:
重叠的多张板材,分别具备贯通孔;以及
钢制的铆钉,具有轴部、以及设置在上述轴部的两端的头部及变形部,上述轴部贯通上述贯通孔,对上述多张板材进行铆接,
上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$,

上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA (HV)、上述变形部的厚度TA (mm)、上述轴部的轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ (HV)、上述轴部的直径DJ (mm)、上述头部的维氏硬度HB (HV)、上述头部的厚度TB (mm) 满足下述式A以及式B,

$$HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB; \text{式A}$$

$$HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB; \text{式B。}$$

10. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ (HV)、上述轴部的直径DJ (mm)、上述头部的维氏硬度HB (HV) 以及上述头部的厚度TB (mm) 满足下述式C,

$$HJ \times DJ \geq 5.3 \times HB \times TB; \text{式C。}$$

11. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA (HV) 满足 $310 \leq HA \leq 600$,

上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ (HV) 满足 $310 \leq HJ \leq 590$ 。

12. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

上述铆接头还具备凸焊部, 该凸焊部将上述铆钉的上述头部和与上述头部邻接的上述板材进行接合。

13. 根据权利要求12所述的铆接头, 其中,

上述凸焊部的维氏硬度HP (HV) 以及上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB (HV) 满足下述式D,

$$1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB; \text{式D。}$$

14. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

多张上述板材中的一张以上是抗拉强度1180MPa以上的高强度钢板。

15. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

上述铆钉的C含量为0.08~0.40质量%。

16. 根据权利要求9所述的铆接头, 其中,

上述铆钉的C含量、Mn含量以及B含量满足 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 。

17. 一种汽车构件, 其中,

具备权利要求9至16任一项所述的铆接头。

18. 根据权利要求17所述的汽车构件, 其中,

上述汽车构件是保险杠或者B柱。

铆接头的制造方法、铆接头以及汽车构件

技术领域

[0001] 本发明涉及铆接头的制造方法、铆接头以及汽车构件。

[0002] 本申请基于2021年9月27日向日本提交的特愿2021-156655号并主张优先权,将其内容援用于此。

背景技术

[0003] 以提高汽车的轻量化以及碰撞安全性为目的,正在推进高强度钢板的应用。但是,在由高强度钢板构成的点焊接头中存在如下那样的课题:当母材钢板的抗拉强度超过780MPa时,十字抗拉强度(Cross Tension Strength,CTS)降低。此外,当钢板的抗拉强度超过1500MPa时,存在不仅十字抗拉强度降低而且拉伸抗剪强度(Tensile Shear Strength,TSS)也降低的倾向。

[0004] 当点焊接头的强度降低时,在由于非常严格的条件下的碰撞等而部件变形时,有可能产生焊接部的断裂。因而,即使提高钢板的强度,作为部件整体的耐载荷也有可能不足。因此,要求提高由高强度钢板构成的接头强度的接合方法。

[0005] 作为提高接头的十字抗拉强度的方法之一,本发明人着眼于铆钉接合。铆钉接合是如下的接合方法:在钢板上形成贯通孔,在该贯通孔中插通具有头部和轴部的铆钉,使铆钉的轴部的前端在室温下塑性变形而压扁,然后通过铆钉的头部以及塑性变形部对钢板进行铆接。通过铆钉接合而得到的接头被称作铆接头。

[0006] 关于铆接头的制造方法,例如公开了以下那样的技术。

[0007] 在专利文献1中公开了一种方法,通过紧固件使两个以上的构成部件相互结合,其特征在于,各构成部件具备孔,并且上述构成部件被配置成上述孔相互重合而在上述孔内承接上述紧固件,配置在上述孔内的上述紧固件为,通过机械地进行加压以及加热而使上述紧固件变形,从而使上述构成部件相互结合,在该方法中,上述紧固件本质上仅在上述紧固件的变形阶段被加热,从上述紧固件向被结合的上述构成部件的热传递被抑制为最小限度,上述紧固件与上述构成部件中的任一个均由金属间合金组的材料中所包含的相同或者相似的合金制作,由此进行结合。

[0008] 在专利文献2中公开了一种铆接方法,在一对电极之间夹着铆钉的头部和前端部分一边进行通电加热一边进行按压而进行铆接,其特征在于,在铆钉的头部背面与被铆接材之间设置有衬垫部来进行铆接,该衬垫部的截面积较小,且具有铆钉的轴部充分紧贴地填充到铆钉孔中或者在此之后头部背面与被铆接材接触那样的高度。

[0009] 在专利文献3中公开了一种铆钉的紧固方法,通过电极夹持铆钉,进行通电而利用电阻热进行加热,并进行加压成型,其特征在于,在通电加热后暂时使成型侧头部电极从铆钉分离,使加热遍及到铆钉的前端部。

[0010] 在专利文献4中公开了一种基于铆钉的通电铆接的部件结合方法,其特征在于,将贯通应结合的至少两个部件而形成的铆钉孔的至少一部分形成为锥形孔,使铆钉与该铆钉孔嵌合,通过通电铆接使铆钉的轴部膨胀变形为沿着锥形孔的形状,通过通电铆接后的铆

钉的热收缩使铆钉的轴部与锥形孔紧贴而无间隙地结合。此处,通电铆接时的铆钉温度为700~900℃。

[0011] 在专利文献5中公开了一种铆钉紧固方法,使用铆钉将多个工件进行结合,其特征在于,将插通多个工件的铆钉夹在一对电极之间并在加压的状态下进行通电,利用通电而引起的铆钉自身的电阻发热使铆钉软化,对铆钉的端部进行铆接。

[0012] 在专利文献6中公开了一种无应变复合接合方法,其特征在于,将在孔周围具有环状翻边形状的两个被铆接部件对置重合,通过利用了电阻发热的电阻点焊进行界面接合,进而在上述孔中插入销,并同样利用电阻发热对该销进行加热、加压来进行铆接接合。

[0013] 在专利文献7中公开了一种拉伸特性和疲劳特性优异的高强度钢板的接合方法,其特征在于,将抗拉强度为430~1000MPa的高强度钢板作为被接合材,将铆钉打入重合的该被接合材并使其贯通,使贯通的铆钉的前端变形而机械地进行接合。

[0014] 现有技术文献

[0015] 专利文献

[0016] 专利文献1:日本特表2006-507128号公报

[0017] 专利文献2:日本特开昭55-27456号公报

[0018] 专利文献3:日本特开昭53-78486号公报

[0019] 专利文献4:日本特开昭61-165247号公报

[0020] 专利文献5:日本特开平10-205510号公报

[0021] 专利文献6:日本特开平3-216282号公报

[0022] 专利文献7:日本特开2000-202563号公报

发明内容

[0023] 发明要解决的课题

[0024] 本发明人未确认到对高强度的板材(尤其是高强度金属板或者钢板)应用了铆钉接合的例子。为了从与高强度板材的强度相称的程度的高强度材料制造铆钉,需要花费加工成本。此外,当使用铆钉接合板材时,构件个数增多,接头的制造成本增大。另一方面,对高强度板材进行铆钉接合的优点未知。根据以上的理由,高强度板材的接合方法专门设为焊接(尤其是点焊),完全没有铆钉接合的应用例。例如,在专利文献1~8的任一个中,其接合对象都为低强度材料。尤其是,专利文献8所记载那样的将铆钉打入未设置贯通孔的板材并使其贯通的接合方法,无法应用于抗拉强度超过1000MPa的高强度钢板。

[0025] 但是,本发明人发现:通过对高强度钢板进行铆钉接合而得到的接头(铆接头)的十字抗拉强度与点焊接头的十字抗拉强度相比显著变高。根据将钢板进行机械接合的铆钉接合,由于不会产生接合部的脆化,因此可以认为能够将由高强度钢板构成的接合接头的CTS保持得较高。

[0026] 另一方面,本发明人还同时发现:铆接头的拉伸抗剪强度不一定稳定,进而比点焊接头的拉伸抗剪强度差。可以认为铆钉的轴部的拉伸抗剪强度较低的理由在于铆钉的轴部的硬度比点焊部低。此外,由于在铆钉与板材之间存在间隙,因此可以认为铆接头中的被施加剪切应力的区域的截面积比点焊接头中的被施加剪切应力的区域的截面积小也是使拉伸抗剪强度降低的一个原因。

[0027] 例如,在专利文献1~8的任一个中都没有对用于提高TSS的方法进行任何研究。在这些文献中,TSS的降低没有被视为任何问题,并且也没有对在铆接头中TSS降低的机理进行考察。进而,本发明人进行研究发现:将这些技术应用于高强度钢板而得到的铆接头的接头强度(TSS以及CTS等)不充分。例如,在专利文献8所记载的将铆钉打入未设置贯通孔的板材并使其贯通的接合方法中,需要提高铆钉的碳量以及淬火性等,由此使铆钉高强度化。但是,在这种铆钉中,铆接后的硬度分布容易变得不适当。因此,容易产生铆钉的断裂。

[0028] 鉴于上述情况,本发明的课题在于提供能够得到拉伸抗剪强度(TSS)稳定地提高的铆接头的铆接头的制造方法、TSS稳定地提高的铆接头、以及汽车构件。

[0029] 本发明的主旨如以下所述。

[0030] (1)本发明的一个方案的铆接头的制造方法为,包括:将具有轴部以及头部的钢制的铆钉的上述轴部穿过重叠的多张板材的贯通孔;将上述铆钉在上述铆钉的轴向上夹在一对电极之间;通过一对上述电极对上述铆钉进行加压以及通电,在上述轴部的前端形成变形部;以及对上述铆钉进行冷却,冷却后的上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$,冷却后的上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)、上述变形部的厚度TA(mm)、上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)以及上述头部的厚度TB(mm)满足下述式1以及式2,

[0031] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$:式1

[0032] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$:式2。

[0033] (2)在上述(1)所记载的铆接头的制造方法中也可以为,冷却后的上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)以及上述头部的厚度TB(mm)满足下述式3,

[0034] $HJ \times DJ \geq 5.3 \times HB \times TB$:式3。

[0035] (3)在上述(1)或者(2)所记载的铆接头的制造方法中也可以为,冷却后的上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)满足 $310 \leq HA \leq 600$,冷却后的上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是上述径向的中心的上述部位的维氏硬度HJ(HV)为 $310 \leq HJ \leq 590$ 。

[0036] (4)在上述(1)~(3)任一项所记载的铆接头的制造方法也可以为,上述铆接头的制造方法还包括对上述铆钉的上述头部和与上述头部邻接的上述板材进行凸焊。

[0037] (5)在上述(4)所记载的铆接头的制造方法中也可以为,在冷却后的上述铆钉中,通过上述凸焊形成的凸焊部的维氏硬度HP(HV)以及上述头部的维氏硬度HB(HV)满足下述式4,

[0038] $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$:式4。

[0039] (6)在上述(1)~(5)任一项所记载的铆接头的制造方法中也可以为,多张上述板材中的一张以上是抗拉强度1180MPa以上的高强度钢板。

[0040] (7)在上述(1)~(6)任一项所记载的铆接头的制造方法中也可以为,上述铆钉的C含量为0.08~0.40质量%。

[0041] (8)在上述(1)~(7)任一项所记载的铆接头的制造方法中也可以为,上述铆钉的C含量、Mn含量以及B含量满足 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 。

[0042] (9)本发明的另一方案的铆接头为,具备:重叠的多张板材,分别具备贯通孔;以及

钢制的铆钉,具有轴部、以及设置在上述轴部的两端的头部及变形部,上述轴部贯通上述贯通孔,对上述多张板材进行铆接,上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$,上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)、上述变形部的厚度TA(mm)、上述轴部的轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)、上述头部的厚度TB(mm)满足下述式A以及式B,

[0043] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$:式A

[0044] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$:式B。

[0045] (10)在上述(9)所记载的铆接头中也可以为,上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、上述轴部的直径DJ(mm)、上述头部的维氏硬度HB(HV)以及上述头部的厚度TB(mm)满足下述式C,

[0046] $HJ \times DJ \geq 5.3 \times HB \times TB$:式C。

[0047] (11)在上述(9)或者(10)所记载的铆接头中也可以为,上述铆钉的上述变形部的维氏硬度HA(HV)满足 $310 \leq HA \leq 600$,上述铆钉的上述轴部的上述轴向的中心且是径向的中心的部位的维氏硬度HJ(HV)满足 $310 \leq HJ \leq 590$ 。

[0048] (12)在上述(9)~(11)任一项所记载的铆接头中也可以为,上述铆接头还具备凸焊部,该凸焊部将上述铆钉的上述头部和与上述头部邻接的上述板材进行接合。

[0049] (13)在上述(12)所记载的铆接头中也可以为,上述凸焊部的维氏硬度HP(HV)以及上述铆钉的上述头部的维氏硬度HB(HV)满足下述式D,

[0050] $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$:式D。

[0051] (14)在上述(9)~(13)任一项所记载的铆接头中也可以为,多张上述板材中的一张以上是抗拉强度1180MPa以上的高强度钢板。

[0052] (15)在上述(9)~(14)任一项所记载的铆接头中也可以为,上述铆钉的C含量为0.08~0.40质量%。

[0053] (16)在上述(9)~(15)任一项所记载的铆接头中也可以为,上述铆钉的C含量、Mn含量以及B含量满足 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 。

[0054] (17)本发明的另一方案的汽车构件为,具备上述(9)~(16)的任一项所记载的铆接头。

[0055] (18)上述(17)所记载的汽车构件也可以是保险杠或者B柱。

[0056] 发明的效果

[0057] 根据本发明,能够提供能够得到拉伸抗剪强度(TSS)稳定地提高的铆接头的铆接头的制造方法、TSS稳定地提高的铆接头、以及汽车构件。

附图说明

[0058] 图1A是表示本实施方式的铆接头的制造方法的截面示意图。

[0059] 图1B是表示本实施方式的铆接头的制造方法的截面示意图。

[0060] 图1C是表示本实施方式的铆接头的制造方法的截面示意图。

[0061] 图1D是表示本实施方式的铆接头的制造方法以及由此得到的铆接头的截面示意图。

[0062] 图2A是对铆接头施加拉伸剪切应力时的应力分布的示意图。

- [0063] 图2B是轴部因拉伸剪切应力而断裂的情况下的铆接头的截面示意图。
- [0064] 图2C是变形部因拉伸剪切应力而断裂的情况下的铆接头的截面示意图。
- [0065] 图2D是头部因拉伸剪切应力而断裂的情况下的铆接头的截面示意图。
- [0066] 图3是表示贯通孔的大小按每个板材不同的铆接头的一例的截面图。
- [0067] 图4是表示还具有配置在贯通孔周边的粘接剂的铆接头的截面图。
- [0068] 图5是同时使用铆接头和其他接合方法的保险杠的立体图。
- [0069] 图6A是凸焊紧前的板材以及铆钉的截面示意图。
- [0070] 图6B是凸焊完成后的板材以及铆钉的截面示意图。
- [0071] 图7是凸焊部的放大截面图。
- [0072] 图8是表示用于防止铆钉与其他构件干涉的机构的一例的截面图。
- [0073] 图9是表示用于防止铆钉与其他构件干涉的机构的一例的截面图。
- [0074] 图10是表示用于防止铆钉与其他构件干涉的机构的一例的截面图。
- [0075] 图11是作为本实施方式的汽车构件的一例的B柱的截面图。
- [0076] 图12是作为本实施方式的汽车构件的一例的保险杠的截面图。

具体实施方式

[0077] 本发明人对用于得到拉伸抗剪强度 (TSS) 稳定地提高了的铆接头的方法反复进行了深入研究。其结果,得知在铆钉的断裂部位与铆接头的TSS之间存在相关关系。在铆钉的轴部因拉伸剪切应力而断裂的情况下,铆接头的TSS变小。并且还发现:在铆钉的轴部因拉伸剪切应力而断裂的情况下,从施加拉伸剪切应力起到铆钉断裂为止的期间的铆接头的变形量变小。并且,本发明人发现:在铆钉的变形部因拉伸剪切应力而断裂的情况下,TSS的值不稳定。而且,本发明人发现:通过对铆钉的形状以及硬度进行控制,以使铆钉不从轴部或者变形部断裂而从头部断裂,由此能够稳定地提高铆接头的TSS。

[0078] 如图1A~图1D所示,基于以上见解而得到的本发明的一个方案的铆接头的制造方法(以下,有时简称为铆钉接合方法)具备:

[0079] (S1) 将具有轴部121以及头部122的钢制的铆钉12(通电加热用铆钉)的轴部121穿过重叠的多张板材11的贯通孔111;

[0080] (S2) 在铆钉12的轴向上将铆钉12夹在一对电极A之间;

[0081] (S3) 通过一对电极A对铆钉12进行加压以及通电,在轴部121的前端形成变形部123;

[0082] (S4) 对铆钉12进行冷却。

[0083] 此处,冷却后的铆钉12的头部122的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$ 。进而,冷却后的铆钉12的形状以及硬度满足以下的式1以及式2。

[0084] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$:式1

[0085] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$:式2

[0086] 此处,如图1D所示,式1以及式2中包含的符号的意思如以下所述。

[0087] HA:以HV为单位,冷却后的铆钉12的变形部123的维氏硬度

[0088] TA:以mm为单位,冷却后的铆钉12的变形部123的厚度

[0089] HJ:以HV为单位,冷却后的铆钉12的轴部121的轴向中心且是径向中心的部位的维

氏硬度

[0090] DJ:以mm为单位,冷却后的铆钉12的轴部121的直径

[0091] HB:以HV为单位,冷却后的铆钉12的头部122的维氏硬度

[0092] TB:以mm为单位,冷却后的铆钉12的头部122的厚度

[0093] 以下,对该制造方法进行详细说明。

[0094] 首先,如图1A所示,将钢制的铆钉12的轴部121穿过重叠的多张板材的贯通孔111。接着,如图1B所示,在铆钉12的轴向上,在一对电极A之间夹持铆钉12。板材11成为铆接头1的母材。铆钉12具有轴部121以及头部122,该轴部121的前端由于铆接而塑性变形并构成变形部123。头部122具有与变形部123一起夹持(铆接)板材11的作用。

[0095] 板材11的构成没有特别限定。例如,在将板材11设为钢板、尤其是高强度钢板(例如抗拉强度TS约为590MPa以上的钢板)的情况下,能够提高铆接头1的强度而较优选。此外,本实施方式的铆钉接合方法不会使高强度钢板产生导致CTS降低的脆化。因而,在将本实施方式的铆钉接合方法应用于高强度钢板的接合的情况下,能够提供具有较高CTS的铆接头1。在高强度钢板的抗拉强度为980MPa以上的情况下,关于CTS,本实施方式的铆钉接合的优越性相对于点焊变得更加显著。关于板材11的强度水准,抗拉强度更优选为1180MPa以上,进一步优选为1500MPa以上。板材11的抗拉强度的上限没有特别限定,但例如也可以为2700MPa以下。

[0096] 此外,也可以将板材11设为铝板、CFRP板以及钛板等。与基于焊接的接合不同,在本实施方式的铆钉接合中,也可以使板材11的材质不同。例如,也可以是钢板与铝板的组合或者钢板与CFRP板的组合。板材的配置没有特别规定,但在材质不同的板材的情况下,从避免熔点较低的板材熔融的观点出发,优选将熔点较低的板材配置在铆钉头部侧。也可以对板材11进行各种表面处理。例如,板材11也可以具有GA镀层、GI镀层、EG镀层、Zn-Al镀层、Zn-Mg镀层、Zn-Ni镀层、Zn-Al-Mg镀层、Al镀层、通过热冲压而与母材金属合金化的Zn系镀层(Zn-Fe、Zn-Ni-Fe)以及Al系镀层(Al-Fe-Si)等。

[0097] 板材11的板厚也没有特别限定,例如可以为0.5mm~3.6mm。也可以使板材11的厚度不同。板材11的张数也没有特别限定。在本实施方式的铆钉接合的说明中,假定板材11的张数为两张,但也可以将张数设为3张以上。作为良好的组合,例如可举出板厚为约1.6mm的板材与约2.3mm的板材的两张重叠、或者板厚为0.75mm的板材、1.8mm的板材以及1.2mm的板材的三张重叠。作为板材的良好的组合范围,例如可举出板厚为约0.6mm~2.9mm的板材与0.6mm~2.9mm的板材的两张重叠、或者板厚为0.6mm~1.6mm的板材、0.6mm~2.9mm的板材以及0.6mm~2.9mm的板材的三张重叠。板材也可以是通过冷或热的冲压成型、冷的滚压成型、或者液压成型而得到的成型品。此外,板材也可以成型为管状。

[0098] 供铆钉12插通的贯通孔(通孔)111的构成也没有特别限定。从使铆钉12不停滞地穿过贯通孔111的观点出发,优选贯通孔111的直径大于铆接前的铆钉12的轴部的直径。

[0099] 贯通孔111的形状例如能够成为圆形等。另一方面,贯通孔111的形状也可以为四边形、五边形、六边形、八边形等多边形。这些多边形的角部也可以具有曲率。此外,贯通孔111的形状也可以是椭圆或者在圆的一部分具有凸部或者凹部的形状。通过使贯通孔111成为圆形状以外的形状,由此能够防止铆钉接合后的板材以贯通孔的铆钉为中心旋转或者减少接合部的松动,因此更优选。

[0100] 用于穿过铆钉12的贯通孔111能够通过激光切割、使用了模具的冲裁、使用了钻头的穿孔等任意方法来形成。在板材11为热冲压钢板的情况下,优选通过热的模具冲裁或者激光切割来形成贯通孔111。

[0101] 贯通孔111的大小也可以在板材11的深度方向上恒定。另一方面,也可以将贯通孔111的大小在深度方向上不同的台阶形状或者锥形状应用于贯通孔111。此外,多个被接合材之间的贯通孔111的中心轴也可以不一致。

[0102] 多张板材11中的贯通孔111的直径(在贯通孔111不为圆形的情况下,为等效圆直径)可以如图1B所示那样相同,也可以如图3所示那样不同。通过对贯通孔111的大小设置差异,由此能够期待应力缓和效果、穿过铆钉12的作业的效率化。贯通孔111的直径的不同程度没有特别限定,例如优选相邻的板材11中的贯通孔111的直径之差在0.3mm~3mm的范围内。从穿过铆钉12的作业的容易化的观点出发,优选增大与成为铆钉的入口的一侧(铆钉的头部所在的一侧)相反侧的板材的贯通孔的直径。由此,能够防止铆钉12的前端堵塞在贯通孔111中。

[0103] 此外,贯通孔111的直径的最小值优选比所插通的铆钉的轴部的直径的最大值大0.1mm~5mm。其原因在于,如果小于0.1mm则插通性恶化,如果大于5mm则难以充分地填充贯通孔111的间隙。更优选为0.3mm~3mm的范围,最优选为0.5mm~2.3mm的范围。此外,多个被接合材之间的贯通孔111的中心轴的偏移优选为1.5mm以内,更优选为0.75mm以下。

[0104] 铆钉12为钢制。由此,能够使铆接头1的接合强度优异。铆钉12的其他构成在铆接之前的阶段没有特别限定。能够适当选择良好的构成,以使后述的铆接后的铆钉12的形状以及硬度满足规定的关系式。关于铆钉12的构成的优选例将后述。

[0105] 接着,如图1C所示,在铆钉12的轴向上将铆钉12夹在一对电极A之间。然后,经由一对电极A对铆钉12进行加压以及通电。由此,使铆钉12产生电阻发热,使铆钉12软化,将铆钉12的轴部121的前端压扁(所谓的铆接)。由此,在轴部121的前端形成变形部123。

[0106] 在本实施方式的铆钉接合中,优选在使用电极A对铆钉12进行加压之后对铆钉12进行通电。当在加压的状态下开始通电时,产生轴部121的软化以及轴部121前端的变形。此时,也可以在铆钉12的内部产生熔融部。在该情况下,按照将铆钉12夹入在电极A之间、对铆钉12进行加压、对铆钉12进行通电、然后对铆钉12进行冷却的顺序实施接合。但是,对铆钉12开始加热的定时以及对铆钉12开始加压的定时并不限定于上述优选的例子。

[0107] 此外,在通常的铆钉接合中,允许在将铆钉12的轴部121插通板材11的贯通孔111之前使铆钉12加热以及软化。在本实施方式的铆接头的制造方法中,也可以对铆钉12进行加热,接着将铆钉12的轴部121穿过板材11的贯通孔。在插通之后,对一对电极A进行通电,使铆钉12产生电阻发热,使铆钉12软化,使铆钉的轴部前端变形,对铆钉进行冷却。在插通之前,在铆钉的轴部的直径较粗的情况、铆钉较硬的情况下等,有时优选在插通之前使铆钉软化。

[0108] 铆钉12在加压以及通电之后被冷却。由此,在图1D所示的冷却后的钢制的铆钉12产生淬火硬化。在冷却后的铆钉12中,其形状以及硬度需要满足以下的式1以及式2。

[0109] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$: 式1

[0110] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$: 式2

[0111] 此外,在冷却后的铆钉12中,上述式1以及式2中包含的HB也需要满足 $130 \leq HB \leq$

330。

[0112] 符号“HA”是以HV为单位的、冷却后的铆钉12的变形部123的维氏硬度。以下,将该值HA称作“变形部123的维氏硬度”。在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中测定变形部123的维氏硬度。在该切断面中,将与变形部123相接的板材11的表面视为变形部123与轴部121的边界。并且,将轴部121的两端的变形部123的厚度方向中央部设为变形部123的维氏硬度HA的测定位置。另外,变形部123的厚度方向与铆钉12的轴向相同。例如,在图1D中,标注了符号“HA”的点是变形部123的维氏硬度HA的测定位置。在该测定位置处,通过以载荷0.5kgf进行维氏硬度测定,由此得到变形部123的维氏硬度HA。

[0113] 符号“TA”是以mm为单位的、冷却后的铆钉12的变形部123的厚度。以下,将该值TA称作“变形部123的厚度”。在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中,沿着铆钉12的轴向测定轴部121的两端的变形部123的厚度,由此得到变形部123的厚度。例如,在图1D中,标注了符号“TA”的箭头是变形部123的厚度TA的测定位置。

[0114] 在图2A中表示对铆接头1施加拉伸剪切应力时的应力分布的示意图。在图2A中,白色的箭头表示对板材11施加的拉伸剪切应力的方向,黑色的箭头表示板材11对铆钉12施加的应力的位置以及方向。如图2A所示,上述的变形部123的维氏硬度HA以及厚度TA的测定部位,是在从变形部123朝向头部122的方向上从贯通孔111拉拔铆钉12的应力施加于变形部123时、应力在变形部123中成为最大的部位。因而,在对铆钉12的断裂方式进行控制时,利用在上述测定部位得到的变形部123的硬度以及厚度是最适当的。

[0115] 符号“HJ”是以HV为单位的、冷却后的铆钉12的轴部121的轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度。以下,将该值HJ称作“轴部121的维氏硬度”。在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中测定轴部121的维氏硬度。在该切断面中,将与轴部121相接的板材11的表面视为轴部121与变形部123的边界,将与头部122相接的板材11的表面视为轴部121与头部122的边界。并且,将处于轴部121的中心轴上且处于上述两个边界的中央部的位置作为轴部121的维氏硬度HJ的测定位置。例如,在图1D中,标注了符号“HJ”的点是轴部121的维氏硬度HJ的测定位置。在该测定位置处,通过以载荷0.5kgf进行维氏硬度测定,由此得到轴部121的维氏硬度HJ。但是,当在维氏硬度测定位置处存在裂纹、气孔等缺陷的情况下,在从缺陷离开0.2mm以上的附近位置处进行测定。

[0116] 符号“DJ”是以mm为单位的、冷却后的铆钉12的轴部121的直径。以下,将该值DJ称作“轴部121的直径”。在冷却后的轴部121为圆筒形状的情况下,轴部121的直径是在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中沿着与轴向垂直的方向测定的轴部121的宽度的最小值。

[0117] 例如,在图1D中,标注了符号“DJ”的箭头是轴部121的直径DJ的测定位置。在贯通孔111的直径以及铆接前的轴部121的直径沿着轴向恒定的情况下,铆接后的轴部121的直径越接近变形部123越大。其原因在于,通过铆接,在接近变形部123的位置处,轴部121较大地膨胀以便填埋轴部121与贯通孔111之间的间隙,另一方面,在接近头部122的位置处轴部121几乎不膨胀。因此,在图1D中,头部122与轴部121的边界成为轴部121的直径DJ的测定位置。但是,在贯通孔111具有锥形的情况、设置于多张板材11的贯通孔111的直径不同的情况下,轴部121的宽度成为最小的位置有可能与头部122和轴部121的边界不一致。

[0118] 在冷却后的轴部121不为圆筒形状的情况下,在通过铆钉12的轴的切断面中无法

测定轴部121的直径。在该情况下,首先,观察通过铆钉12的轴的切断面,由此确定轴部121的直径成为最小的位置。接着,在轴部121的直径成为最小的位置处,与铆钉12的轴垂直地切断轴部121。将与铆钉12的轴垂直的切断面的等效圆直径视为轴部121的直径DJ。

[0119] 上述轴部121的维氏硬度HJ的测定部位是代表轴部121的维氏硬度的部位。此外,上述轴部121的直径DJ的测定部位是轴部121中最容易断裂的部位。因而,在控制铆钉12的断裂方式时,利用在上述测定部位得到的轴部121的硬度以及直径是最适当的。

[0120] 符号“HB”是以HV为单位的、冷却后的铆钉12的头部122的维氏硬度。以下,将该值HB称作“头部122的维氏硬度”。在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中测定头部122的维氏硬度。在该切断面中,将与头部122相接的板材11的表面视为头部122与轴部121的边界。并且,将轴部121的两端的头部122的厚度方向中央部设为头部122的维氏硬度HB的测定位置。另外,头部122的厚度方向与铆钉12的轴向相同。例如,在图1D中,标注了符号“HB”的点是头部122的维氏硬度HB的测定位置。在该测定位置处,通过以载荷0.5kgf进行维氏硬度测定,由此得到头部122的维氏硬度HB。

[0121] 符号“TB”是以mm为单位的、冷却后的铆钉12的头部122的厚度。以下,将该值TB称作“头部122的厚度”。在通过冷却后的铆钉12的轴的铆接头1的切断面中,沿着铆钉12的轴向测定轴部121的两端的头部122的厚度,由此得到头部122的厚度。例如,在图1D中,标注了符号“TB”的箭头是头部122的厚度TB的测定位置。

[0122] 如图2A所示,上述头部122的维氏硬度HB以及厚度TB的测定部位,是在从头部122朝向变形部123的方向上从贯通孔111拉拔铆钉12的应力施加于头部122时应力在头部122中成为最大的部位。因而,在控制铆钉12的断裂方式时,利用在上述测定部位得到的头部122的硬度以及厚度是最适当的。

[0123] 在冷却后的铆钉12中,需要控制轴部121、头部122以及变形部123的形状以及硬度,以便满足式1以及式2。

[0124] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$: 式1

[0125] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$: 式2

[0126] 式1以及式2均是为了防止轴部121的断裂、促进头部122的断裂而设置的规定。具体而言,在式1中规定头部122的维氏硬度HB以及厚度TB相对于轴部121的维氏硬度HJ以及直径DJ足够小。此外,在式2中规定头部122的维氏硬度HB以及厚度TB相对于变形部123的维氏硬度HA以及厚度TA足够小。由此,在头部122优先产生断裂。

[0127] 也可以将 $HJ \times DJ$ 的下限值设为 $5.3 \times HB \times TB$ 。即,冷却后的铆钉12的轴部121的轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度HJ (HV)、轴部121的直径DJ (mm)、头部122的维氏硬度HB (HV) 以及头部122的厚度TB (mm) 也可以满足下述式3。

[0128] $HJ \times DJ \geq 5.3 \times HB \times TB$: 式3

[0129] 在满足上述式3的情况下,能够进一步抑制轴部121的断裂。也可以将 $HJ \times DJ$ 的下限值设为 $5.0 \times HB \times TB$ 、 $5.5 \times HB \times TB$ 或者 $5.8 \times HB \times TB$ 。

[0130] 也可以将 $HA \times TA$ 的下限值设为 $1.5 \times HB \times TB$ 。由此,能够进一步抑制轴部121的断裂。也可以将 $HA \times TA$ 的下限值设为 $1.8 \times HB \times TB$ 、 $2.0 \times HB \times TB$ 或者 $2.5 \times HB \times TB$ 。

[0131] 以下,对在头部122产生断裂的理由进行说明。本发明人对用于得到拉伸抗剪强度(TSS)稳定地提高的铆接头的方法反复进行了深入研究。其结果,得知在铆钉12的断裂部

位与铆接头1的TSS之间存在相关关系。在铆钉12的轴部121因拉伸剪切应力而断裂的情况下,铆接头1的TSS变小。此外,还发现:在铆钉12的轴部121因拉伸剪切应力而断裂的情况下,从施加拉伸剪切应力起到铆钉12断裂为止的期间的铆接头1的变形量变小。并且,本发明人还发现:在铆钉12的变形部123因拉伸剪切应力而断裂的情况下,TSS的值不稳定。而且,本发明人发现:通过对冷却后的铆钉12的形状以及硬度进行控制,以使铆钉12不从轴部121或者变形部123断裂而从头部122断裂,由此能够稳定地提高铆接头1的TSS。

[0132] 在图2A~图2D中示出施加拉伸剪切应力时的铆接头1的截面示意图。在图2A~图2D中,上侧的板材11被向左侧牵拉,下侧的板材11被向右侧牵拉。由此,通过上侧的贯通孔111的内壁对轴部121的上部施加朝向左侧的应力,通过下侧的贯通孔111的内壁对轴部121的下部施加朝向右侧的应力。此外,通过下侧的贯通孔111的外周对头部122施加朝向下侧的应力,通过上侧的贯通孔111的外周对变形部123施加朝向上侧的应力。其原因在于,从贯通孔111拉拔铆钉12那样的应力施加于头部122以及变形部123。

[0133] 图2B是轴部121成为断裂起点的情况下的铆接头1的示意图。图2C以及图2D分别是变形部123以及头部122成为断裂起点的情况下的铆接头1的示意图。根据本发明人的实验结果,在轴部121成为断裂起点的情况下,如图2B所示,在断裂之前板材11几乎不产生变形,因而从开始施加剪切应力起到达到断裂为止的变形量较小。另一方面,在变形部123或者头部122成为断裂起点的情况下,如图2C以及图2D所示,在断裂之前板材11变形,铆钉12倾斜,由此从开始施加剪切应力起到达到断裂为止的变形量较大。并且,变形部123或者头部122成为断裂起点的情况下的TSS大于轴部121成为断裂起点的情况下的TSS。

[0134] 但是,在变形部123产生了断裂的情况下,TSS产生偏差。在铆接时形成的变形部123中,形状不恒定,并且由于经由较大的塑性变形,所以硬度也不均匀。这有可能成为变形部123断裂的情况下的TSS偏差的原因。本发明人研究了通过增大变形部123的尺寸来消除TSS偏差,但在该情况下,在铆接时在变形部123产生了裂纹。另一方面,在头部122产生了断裂的情况下,TSS稳定地成为较高的值。

[0135] 根据本发明人的实验结果,能够确认:通过以满足式1以及式2的方式对轴部121、头部122以及变形部123的形状以及硬度进行控制,由此在冷却后的铆钉12中头部122最容易断裂。因而,在本实施方式的铆接头1的制造方法中,需要以满足式1以及式2的方式实施铆接以及冷却。

[0136] 此外,在冷却后的铆钉12中,头部122的维氏硬度HB需要满足 $130 \leq HB \leq 330$ 。在头部122的维氏硬度HB超过330的情况下,铆钉12的断裂的起点有可能成为头部122的外部。另一方面,在头部122的维氏硬度HB小于130的情况下,铆接头1的TSS反而降低。根据以上的理由,头部122的维氏硬度HB成为130以上且330以下。也可以将头部122的维氏硬度HB设为135以上、150以上或者180以上。也可以将头部122的维氏硬度HB设为300以下、280以下或者250以下。

[0137] 只要以满足以上的要件的方式实施铆钉12的铆接以及淬火,则通电条件没有特别限定。通过铆钉12的化学成分、铆钉12的强度、铆钉12的尺寸、对铆钉12进行加压以及通电时的加压条件及通电条件、以及铆钉12的冷却条件,能够对冷却后的铆钉12的形状以及硬度进行控制。这些条件的优选例子如以下所述。

[0138] 首先,对铆钉12的化学成分的例子进行说明。关于铆钉12的化学成分,例如只要按

照单位质量%的C含量、Mn含量以及B含量成为 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 以下即可。通过将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.16以上,能够确保铆钉12的硬度。另一方面,通过将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.50以下,能够确保铆钉12的韧性。也可以将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.18以上、0.20以上或者0.25以上。也可以将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.48以下、0.45以下或者0.35以下。

[0139] 此外,也可以将铆钉12的碳量设为0.08~0.40质量%。由此,能够在铆钉12形成淬火部,能够进一步提高铆接头1的接合强度。也可以将铆钉12的碳量设为0.10质量%以上、0.15质量%以上或者0.17质量%以上。也可以将铆钉12的碳量设为0.350质量%以下、0.30质量%以下或者0.25质量%以下。

[0140] 接着,对铆接前的铆钉12的的形状的例子进行说明。以下,只要没有特别说明,则与铆钉12的的形状的例子相关的说明全部与通过加压以及通电来形成变形部123之前的铆钉12相关。

[0141] 从确保接头强度的观点出发,铆接前的铆钉12的轴部121的径(直径)(轴部121的截面不为圆形的情况下,为轴部121的等效圆直径)也可以为3mm以上。此外,如果轴部121的直径过大,则电流密度降低而铆钉难以软化。因此,也可以将轴部121的直径的上限设为12mm以下。轴部121的长度(从铆钉12的长度中除去了头部122的厚度之后的值)需要大于板材11的合计板厚,在铆钉12具有头部122的情况下,优选设为以下的范围内。另外,下述式中包含的值是铆接前的值。

[0142] 板材的合计板厚+轴部的直径 $\times 0.3 \leq$ 轴部的长度 \leq 板材的合计板厚+轴部的直径 $\times 2.0$

[0143] 通过使铆钉12的轴部121的长度大于板材11的合计板厚+轴部121的直径 $\times 0.3$,由此能够确保使轴部121的前端变形后的铆接部(变形部123)的大小,能够进一步提高接头强度。通过将轴部121的长度设为板材11的合计板厚+轴部121的直径 $\times 2.0$ 以下,由此能够提高制造效率。

[0144] 另外,轴部121的直径也可以恒定。另一方面,铆钉12也可以具有轴部121的直径朝向轴部121的前端减少的形状(所谓的锥形状)。锥形部既可以遍及轴部121的整体形成,也可以仅形成在轴部121的前端附近。具有锥形状的铆钉12容易插通贯通孔111,因此较优选。此外,轴部121的前端既可以是平坦的,也可以是半球形。当使轴部121的前端成为半球状时,容易使轴部121插通贯通孔111,因此较优选。

[0145] 铆钉12的头部122的形状只要成为一般的凸缘形状即可。例如,能够使头部122的形状成为半球形(所谓的圆头)、圆盘形(所谓的平头)或者表面侧平坦而根部为圆锥形的形状(所谓的埋头)。头部122的俯视下的形状例如能够成为圆形、四边形或者六边形等多边形。在头部122的电极侧的中央部也可以设置有定位用的凹部。此外,在头部122的支承部(与被接合材接触的面)也可以设置有包围轴部121的凹部(所谓的支承部下切)。这样的凹部使头部122产生弹性,由此进一步增大铆钉12的铆接力。此外,在头部122的支承部(与被接合材接触的面)也可以设置有一个以上的突起部。这样的突起部通过在铆接时压入被接合材或者与被接合材形成接合部,由此进一步增大铆钉12的铆接力。作为突起部的形状,可举出圆状、多边形、包围轴部的环状。另外,图1D等中例示的铆接以及冷却后的铆钉12的头部122的截面形状为四边形,但即使如果头部122的截面形状为除此以外的形状、例如半球状,头部122的维氏硬度HB以及头部122的厚度TB的测定方法也如上所述那样即可。

[0146] 铆钉12使用其头部122来铆接板材11。因此,头部122的直径优选比贯通孔111的直径大1.5mm以上。头部122的直径更优选比贯通孔111的直径大3.0mm以上。此外,头部122的厚度优选为0.8mm~5mm。如果头部122的厚度小于0.8mm,则无法充分得到接头强度。另一方面,如果头部122的厚度超过5mm,则断裂的起点有可能成为头部122的外部。

[0147] 铆钉12例如只要通过对卷线材进行切断并进行切削加工或者冷锻加工来制造即可。从生产率的观点出发,被切断的卷材的加工方法优选为冷锻加工。铆钉12可以在加工后的状态下直接使用,但在特别需要接头强度的情况下,也可以对切削加工或者冷锻加工后的铆钉进行淬火、回火的热处理。通过该热处理提高包括铆钉12的头部122在内的铆钉12整体的硬度,由此进一步提高接头强度。

[0148] 铆钉12可以不进行表面处理,但在需要耐腐蚀性的情况下也可以进行表面处理。例如,也可以对铆钉12进行锌系镀层、铝系镀层、铬系镀层、镍系镀层以及铬酸盐处理等。

[0149] 接着,对铆钉12的通电加压条件的例子进行说明。铆钉12优选被通电到产生淬火硬化的程度。但是,实施淬火所需的温度根据铆钉12的成分(例如碳量以及碳当量等)而不同。因此,加热温度只要根据铆钉12的成分适当选择即可。例如,优选使铆钉12的轴部121的最高到达温度超过900℃。但是,如果铆钉12的 A_3 点较低,则也可以使轴部121的最高到达温度小于900℃。此外,关于铆钉的头部122,由于不必须进行淬火,所以其最高到达温度可以为900℃以上、也可以小于900℃。另外,通过对铆钉12的轴部121的截面的金属组织进行观察,能够推定出铆钉12的轴部121的最高到达温度。例如,如果铆钉12的材质为铁合金、且在轴部生成马氏体组织,则能够推定出铆钉12的轴部的最高到达温度为约900℃以上。此外,如果铆钉12的材质为铁合金、且在轴部121生成熔融凝固部,则能够推定出铆钉12的轴部121的最高到达温度为1530℃以上。

[0150] 在板材11被重叠之后,例如通过铆钉供给装置将铆钉12插入到贯通孔111中。然后,例如使用点焊机一边对铆钉进行加压一边对铆钉进行通电加热。或者,在板材11被重叠之后,例如通过铆钉供给装置将铆钉12配置在具有对铆钉的头部122进行保持的机构的点焊机器人的电极A上。然后,通过使点焊机器人进行移动,由此电极A上的铆钉12被插入到贯通孔111中。然后,一边对铆钉进行加压一边对铆钉进行通电加热。用于将铆钉12加热到实施淬火所需的温度的具体的通电条件(电流值、电压值以及通电时间等)以及铆钉12的加压条件没有特别限定,能够根据铆钉12的形状以及材质适当选择。本领域技术人员通过在各种条件下对铆钉12实施加压以及通电,由此能够研究与铆钉12的形状以及材质相应的最佳的加压条件以及通电条件。

[0151] 向铆钉12的加压以及通电优选使用一对电极A进行。一对电极A的构成没有特别限定。例如,点焊用的电极能够实施加压以及通电,因此也可以使用该电极进行本实施方式的铆钉接合。电极A的形状能够根据铆钉12的形状适当选择。例如,电极A也可以是扁平型电极、单R型、CF型以及DR型等。作为电极A的材质的例子,可举出导电性优异的铬铜、氧化铝分散铜以及铬钼铜等。另外,优选在一对电极A的单侧具有通过磁铁、机械式保持机构或者抽真空等对铆钉的头部进行保持直到接合时为止的机构。作为电极A的材质的例子,可举出导电性优异的铬铜、氧化铝分散铜以及铬钼铜等。此外,在一对电极A中形状、材质也可以不同。

[0152] 作为焊接机的电源的例子,可举出单相交流、直流逆变器以及交流逆变器等。作为

焊枪的形式的例子,可举出固定放置式、C型或者X型等。电极对铆钉施加的加压力例如为150kgf~1000kgf。加压力优选为250kgf~600kgf。为了得到没有裂纹的良好的接合部,优选铆钉的轴径越大越提高加压力。加压力的设定值可以是恒定值,但也可以根据需要在通电中使加压力变化。从得到良好的接合部的观点出发,优选电极对铆钉的加压方向相对于铆钉的轴延伸的方向成为 10° 以下的角度。更优选为,加压方向与铆钉的轴向所成的角度为 4° 以下。

[0153] 通电时间例如为0.15秒~2秒。通电时间优选为0.2秒~1秒。通电次数可以为一次(所谓的单通电),但也可以根据需要进行二级通电、三级的多级通电。此外,也可以是脉冲通电、使电流逐渐上升的上坡通电、使电流逐渐降低的下坡通电。此外,也可以在通电的前半部分流过较高的电流而急剧地进行铆钉加热,在后半部分降低电流而使其变形。此外,在铆钉的轴径较大的情况下优选为,在通电的前半部分与通电的后半部分相比更长时间地流过比通电的后半部分低的电流值,由此均匀地加热铆钉,并且在通电的后半部分提高电流值进行通电,由此使铆钉变形。另一方面,如上所述,也可以通过电阻发热以外的机构对铆钉12进行加热,在该情况下,对铆钉12进行加压而铆接的机构也不限定于一对电极A。通过组合该通电条件和后述的冷却条件,由此容易得到满足式1以及式2那样的硬度分布。

[0154] 对软化后的铆钉12进行加压,使其轴部121的前端变形,之后对铆钉12进行冷却。由此,多张板材11由铆钉12铆接而接合。具体而言,通过铆钉12的头部122以及铆钉12的轴部121的被压扁的前端(即变形部123),对多张板材11进行铆接。进而,通过铆钉12的冷却,使在铆钉12的加热时在铆钉12的金属组织中产生的奥氏体进行马氏体相变。由此,能够在该轴部121的中央形成淬火部,提高冷却后的铆钉12的轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度(即轴部121的维氏硬度HJ)。

[0155] 通过如上述那样进行铆钉12的加热以及冷却,例如可以使冷却后的铆钉12的轴部121的维氏硬度HJ(HV)为310以上590以下。通过将轴部121的维氏硬度HJ设为310以上,容易满足上述式1。另一方面,通过将轴部121的维氏硬度HJ设为590以下,能够避免轴部121的脆化,能够进一步提高铆接头1的TSS。也可以将轴部121的维氏硬度HJ设为320以上、350以上或者400以上。也可以将轴部121的维氏硬度HJ设为570以下、550以下或者530以下。

[0156] 此外,也可以将冷却后的铆钉12的变形部123的维氏硬度HA(HV)设为310以上600以下。通过将变形部123的维氏硬度HA设为310以上,容易满足上述式2。另一方面,通过将变形部123的维氏硬度HA设为600以下,能够避免变形部123的脆化,能够进一步提高铆接头1的TSS。也可以将变形部123的维氏硬度HA设为320以上、350以上或者400以上。将变形部123的维氏硬度HA设为580以下、550以下或者530以下。

[0157] 铆钉12的冷却条件没有特别限定,但例如也可以将铆钉12的 $800\sim 500^{\circ}\text{C}$ 之间的冷却速度规定为 $50^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上,更优选为 $100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上,最优选为 $150^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。由此,在铆钉12的轴部121的中央产生马氏体相变,容易得到满足式1以及式2那样的硬度分布。

[0158] 为了使铆钉12的冷却条件成为上述范围内,优选对铆钉12进行加速冷却。例如,能够通过延长电极A的保持时间来进行加速冷却。保持时间是指从用于接合的电流流动结束起到开始释放电极为止的时间。在电极A的内部流通制冷剂。在通电之后,通过使电极A与铆钉12接触等,由此能够对铆钉12进行加速冷却。通过对铆钉12进行加速冷却,能够对铆钉12进行淬火,能够进一步提高接头的接合强度。但是,如果用于进行加速冷却的对电极A与铆

钉12的接触状态进行保持的时间(保持时间)过长,则生产率降低。因此,保持时间优选设为在通电完成之后为3秒以下。保持时间更优选为0.01秒以上且1.00秒以下。保持时间最优选为0.10秒以上且0.80秒以下。

[0159] 在本实施方式的铆接头的制造方法中,也可以并用其他接合方法。通过组合不同的两种以上的接合方法,能够进一步提高铆接头的接合强度。

[0160] 例如,本实施方式的铆钉接合方法也可以进一步包括:通过从由点焊、激光焊接以及电弧焊接(例如MAG焊接、MIG焊接、CO₂焊接以及等离子焊接等)形成的组中选择的一种以上的焊接方法来接合多张板材11。焊接可以在铆钉接合之前或者之后进行。从提高构件的组装精度的观点出发,优选在焊接后进行铆钉接合。在焊接为点焊的情况下,只要在点焊后进行铆钉接合即可。或者,也可以在点焊后进行铆钉接合,之后进行点焊。

[0161] 此外,本实施方式的铆钉接合方法也可以进一步包括:在多张板材11之间的至少贯通孔111的周边涂布粘接剂13,接着重叠多张板材11。由此,如图4所示,板材11被粘接。粘接剂的厚度没有特别规定,但可以为0.03mm以上且1.5mm以下。如果过薄,则会产生粘接不良,如果过厚,则粘接强度降低。粘接剂13的涂布需要在重叠多张板材11、将铆钉12穿过板材11之前进行。在热固化型粘接剂的情况下,也可以在铆钉接合之后,通过在电沉积涂装生产线上的涂装烧固用的加热来进行粘接剂13的固化。在反应固化型的粘接剂的情况下,在铆钉接合之后随着时间的流逝来进行粘接剂13的固化。另外,在板材11的点焊中,为了防止爆发,有时需要使粘接剂13的涂布部位与点焊部位分离。但是,在本实施方式的铆钉接合方法中,不会产生爆发,因此具有粘接剂13的涂布部位不受限定这样的优点。通过并用铆钉12与粘接剂13,能够得到能够进一步提高接合接头的刚性的优点。此外,通过并用铆钉12与粘接剂13,由此在异种金属的接合、金属与CFRP的接合中能够防止重叠面的接触腐蚀。除了粘接剂13之外,还可以在板材11之间涂布密封剂。密封剂提高铆接头1的耐水性以及耐腐蚀性。进而,在异种金属的接合的情况、金属与CFRP的接合的情况下,也可以在铆钉接合前对至少单侧的金属板实施化学转化处理和涂装。由此,能够更强地抑制异种材料间的接触腐蚀,提高耐腐蚀性。

[0162] 如图6A以及图6B所示,铆接头的制造方法也可以进一步包括:对铆钉12的头部122和与头部122邻接的板材11进行凸焊。由此得到的铆接头1具有将头部122与板材11接合的凸焊部14。凸焊部14在对铆接头1施加拉伸剪切应力时发挥使应力进一步分散的效果,由此铆接头1的TSS进一步提高。

[0163] 另外,凸焊可以在使板材11重合之前进行,也可以在重合之后进行。例如,如图6A以及图6B所示,也可以首先将铆钉12的轴部121穿过一张板材11的贯通孔111,接着对铆钉12的头部122与板材11进行凸焊,进而将铆钉12的轴部121穿过剩余的板材11的贯通孔111。在该情况下,在凸焊之后使板材11重合。由此,能够将轴部121穿过重叠的多张板材11的贯通孔111。另一方面,也可以首先重合多张板材11,接着将轴部121穿过多张板材11的贯通孔111,进而将铆钉12的头部122与板材11进行凸焊。在该情况下,在重合板材11之后进行凸焊。能够根据铆接头1的制造装置来适当选择进行凸焊的定时。

[0164] 凸焊的条件没有特别限定,例如优选以如下方式进行凸焊:在冷却后的铆钉12中,凸焊部14的维氏硬度HP(HV)以及头部122的维氏硬度HB(HV)满足下述式4。

[0165] $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$:式4

[0166] 此处,如图7所示,HP是指在从头部122与板材11的接触面朝向头部122离开0.2mm的部位处测定的凸焊部14的维氏硬度。另外,凸焊部14可以由焊接金属构成,也可以由固相接合面构成。无论在何种情况下,凸焊部14的维氏硬度HP的测定部位都如上述那样即可。

[0167] 通过将凸焊部14的维氏硬度HP设为 $1.4 \times HB$ 以上,由此在对铆接头1施加拉伸剪切应力时头部122与板材11难以分离。由此,能够进一步提高凸焊部14的应力缓和效果。另一方面,通过将凸焊部14的维氏硬度HP设为 $3.2 \times HB$ 以下,由此能够抑制凸焊部14的低温裂纹,能够进一步提高凸焊部14的应力缓和效果。另外,在对铆钉12与板材11进行凸焊的情况下,如图6A所示,优选在凸焊前的铆钉12的头部122的支承面上设置突起1221。支承面是头部122中的与板材11接触的面。

[0168] 接着,对本发明的另一个实施方式的铆接头进行说明。如图1D所示,本实施方式的铆接头1具备:重叠的多张板材11,分别具有贯通孔111;以及铆钉12,具有轴部121、以及设置在轴部121两端的头部122及变形部123,轴部121贯通于贯通孔111,铆接多张板材11。此处,铆钉12的头部122的维氏硬度HB(HV)满足 $130 \leq HB \leq 330$,铆钉12的变形部123的维氏硬度HA(HV)、变形部123的厚度TA(mm)、轴部121的轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度HJ(HV)、轴部121的直径DJ(mm)、头部122的维氏硬度HB(HV)以及头部122的厚度TB(mm)满足下述式A以及式B。

[0169] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$:式A

[0170] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$:式B

[0171] 多张板材11的构成没有特别限定。此外,形成于板材11且供铆钉12插通的贯通孔111的构成也没有特别限定。这些的具体例如成为在本实施方式的铆接头的制造方法的说明中详细说明了的那样。

[0172] 多张板材11中的贯通孔111的直径(在贯通孔111不为圆形的情况下,为等效圆直径)可以相同、也可以不同。通过对贯通孔111的大小设置差异,由此能够期待应力缓和效果、穿过铆钉12的作业的效率化。贯通孔111的直径的不同程度没有特别限定,但例如优选邻接的板材11中的贯通孔111的直径之差在0.3mm~3mm范围内。

[0173] 铆钉12是其轴部121贯通于贯通孔111且铆接多张板材11的部件。因此,铆钉12具备设置在轴部121两端的头部122以及变形部123。轴部121插通到多张板材11的贯通孔111中,头部122以及变形部123夹持多张板材11,由此轴部121将多张板材11铆接接合。通过使轴部121的前端压扁来形成变形部123。另外,头部122与变形部123能够容易地判别,例如还能够根据金属流动、表面的氧化程度来判别。或者,也可以将维氏硬度较大的一方视为变形部123。

[0174] 铆钉12的构成(形状、材质以及表面处理等)的具体例,成为在本实施方式的铆接头的制造方法的说明中详细说明了的那样。例如,铆钉12的碳量优选为0.08~0.40质量%。也可以将铆钉12的碳量设为0.10质量%以上、0.15质量%以上或者0.17质量%以上。也可以将铆钉12的碳量设为0.350质量%以下、0.30质量%以下或者0.25质量%以下。此外,铆钉12的单位质量%的C含量、Mn含量以及B含量也可以满足 $0.16 \leq C + (1/30)Mn + 5B \leq 0.50$ 。也可以将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.18以上、0.20以上或者0.25以上。也可以将 $C + (1/30)Mn + 5B$ 设为0.48以下、0.45以下或者0.35以下。

[0175] 在铆钉12中,变形部123的维氏硬度HA、变形部123的厚度TA、轴部121的维氏硬度

HJ、轴部121的直径DJ、头部122的维氏硬度HB以及头部122的厚度TB满足下述式A以及B。

[0176] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$: 式A

[0177] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$: 式B

[0178] 这些数式中包含的数值的测定方法,与在铆接头的制造方法中说明过的方法相同。根据本发明人的实验结果能够确认:通过以满足式A以及式B的方式控制轴部121、头部122以及变形部的形状以及硬度,由此在冷却后的铆钉12中,头部122最容易断裂。

[0179] 也可以将 $HJ \times DJ$ 的下限值设为 $5.3 \times HB \times TB$ 。即,冷却后的铆钉12的轴部121的轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度HJ (HV)、轴部121的直径DJ (mm)、头部122的维氏硬度HB (HV) 以及头部122的厚度TB (mm) 也可以满足下述式C。

[0180] $HJ \times DJ \geq 5.3 \times HB \times TB$: 式C

[0181] 在满足上述式C的情况下,能够进一步抑制轴部121的断裂。也可以将 $HJ \times DJ$ 的下限值设为 $5.0 \times HB \times TB$ 、 $5.5 \times HB \times TB$ 或者 $5.8 \times HB \times TB$ 。

[0182] 也可以将 $HA \times TA$ 的下限值设为 $1.5 \times HB \times TB$ 。由此,能够进一步抑制轴部121的断裂。也可以将 $HA \times TA$ 的下限值设为 $1.8 \times HB \times TB$ 、 $2.0 \times HB \times TB$ 或者 $2.5 \times HB \times TB$ 。

[0183] 此外,在铆钉12中,头部122的维氏硬度HB需要满足 $130 \leq HB \leq 330$ 。在头部122的维氏硬度HB超过330的情况下,铆钉12的断裂的起点有可能成为头部122的外部。另一方面,在头部122的维氏硬度HB小于130的情况下,铆接头1的TSS反而降低。根据以上理由,将头部122的维氏硬度HB设为130以上且330以下。也可以将头部122的维氏硬度HB设为135以上、150以上或者180以上。也可以将头部122的维氏硬度HB设为300以下、280以下或者250以下。

[0184] 铆钉12的内部也可以被淬火。由此,在铆钉12中,轴向中心且是径向中心的部位的维氏硬度、即轴部121的维氏硬度HJ (HV) 也可以为310以上且590以下。通过将轴部121的维氏硬度HJ设为310以上,容易满足上述式A。另一方面,通过将轴部121的维氏硬度HJ设为590以下,能够避免轴部121的脆化,能够进一步提高铆接头1的TSS。也可以将轴部121的维氏硬度HJ设为320以上、350以上或者400以上。也可以将轴部121的维氏硬度HJ设为570以下、550以下或者530以下。

[0185] 此外,也可以将铆钉12的变形部123的维氏硬度HA (HV) 设为310以上且600以下。通过将变形部123的维氏硬度HA设为310以上,容易满足上述式B。另一方面,通过将变形部123的维氏硬度HA设为600以下,能够避免变形部123的脆化,能够进一步提高铆接头1的TSS。也可以将变形部123的维氏硬度HA设为320以上、350以上或者400以上。也可以将变形部123的维氏硬度HA设为580以下、550以下或者530以下。

[0186] 多张板材11中的一张以上也可以为钢板。尤其地,在板材11以及铆钉12为高强度钢(例如抗拉强度为980MPa以上的钢)的情况下,能够飞跃性地提高铆接头1的强度。另外,与点焊部不同,铆钉12不会使钢材脆化,因而不会产生CTS的降低。此外,与通常的铆钉不同,本实施方式的铆接头的铆钉12具有较高的TSS,因此适合高强度钢板的接合。

[0187] 此外,铆接头1也可以进一步具有至少配置在多张板材11之间的贯通孔111周边的粘接剂13。铆接头1也可以进一步具有从由点焊部、激光焊接部以及电弧焊接部构成的组中选择的一种以上的焊接部。如上所述,通过组合多个接合方法,能够进一步提高铆接头1的接头强度。铆接头1也可以进一步具有配置在多张板材11之间的密封剂。由此,能够提高铆接头1的耐水性以及耐腐蚀性。此外,作为粘接层,也可以使用离聚物等树脂粘接带。此外,

也可以以覆盖铆钉的头部以及/或者变形部的方式涂布密封剂。由此,能够防止水从铆钉的头部以及/或者变形部与金属或者CFRP之间的间隙侵入。

[0188] 在图5中示出并用了铆钉12和其他接合方法的铆接头1的例子(保险杠)。如图5所示,也可以在预想到在碰撞时负载的应力变高的部位进行使用了本实施方式的铆钉12(图5中的黑圆部分)的接合,在其他部位采用其他接合方法(例如通过低价的点焊形成的点焊部2)(图5中的白圆部分)。

[0189] 在本实施方式的铆接头1中,铆钉12具有配置在轴部121两端的头部122以及变形部123。此处,也可以如图8~图10所示,在与铆钉12的轴部121的轴线平行的截面图中,头部122以及/或者变形部123的顶面在沿着轴部121的轴线的方向上,处于比从铆钉12附近的板材11的面朝向远离轴部121一侧离开0.6mm的位置更靠轴部121侧的位置。此处,板材11的面(外表面)是指板材11中不与其他板材相接的面。由此,能够抑制头部122以及/或者变形部123从板材11突出(或者,将突出部的高度抑制在0.6mm以内),能够抑制头部122以及/或者变形部123与其他构件发生干涉。

[0190] 在图8以及图10的例子中,铆钉12的变形部123的顶面处于比铆钉12附近的板材的面112(外表面)靠轴部121侧的位置。在图9的例子中,铆钉12的头部122以及变形部123双方的顶面相对于铆钉12附近的板材分别位于比这些板材的面112(外表面)靠轴部121侧的位置。此处,板材的面112(外表面)是指各个板材中不与其他板材相接的面。另外,在图8~图10中,头部122以及/或者变形部123的顶面处于比铆钉12附近的板材的面112(外表面)靠轴部121侧的位置,但头部122以及/或者变形部123的顶面也可以从板材的面112最大伸出0.6mm。即,在图8~图10中,即使头部122以及/或者变形部123的顶面从虚线突出0.6mm,也能够得到抑制与其他构件的干涉的效果。

[0191] 在通过上述方法接合板材11之前或者接合之后,也可以对板材11进行冲压成型,由此使头部122以及/或者变形部123的顶面在沿着轴部121的轴线的方向上,处于比从铆钉12附近的板材11的面112离开0.6mm的位置更靠轴部121侧的位置。在图8的例子中,两张板材11中的配置在变形部123侧的板材11在铆钉12附近向变形部123侧变形。在图9的例子中,两个板材中的处于头部122侧的板材在铆钉12附近向头部122侧变形,且两个板材中的处于变形部123侧的板材在铆钉12附近向变形部123侧变形。在图10的例子中,两张板材11中的配置在变形部123侧的板材11在铆钉12附近向变形部123侧变形,且两张板材11中的配置在头部122侧的板材11在铆钉12附近与另一方的板材11对应地变形。另外,图8~图10所记载的虚线表示与板材的面112一致的面。

[0192] 铆接头1也可以进一步具备将铆钉12的头部122和与头部122邻接的板材11接合的凸焊部14。凸焊部14在对铆接头1施加拉伸剪切应力时发挥使应力进一步分散的效果,由此进一步提高铆接头1的TSS。

[0193] 凸焊部14的维氏硬度HP(HV)以及铆钉12的头部122的维氏硬度HB(HV)也可以满足下述式D。

[0194] $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$: 式D

[0195] 此处,HP是凸焊部14的维氏硬度,在从头部122与板材11的接触面朝向头部122离开0.2mm的部位处测定。另外,凸焊部14可以由焊接金属构成,也可以由固相结合面构成。无论在何种情况下,凸焊部14的维氏硬度HP的测定部位都如上述那样即可。HP通过载荷

0.5kgf进行维氏硬度测定。

[0196] 通过将凸焊部14的维氏硬度HP设为 $1.4 \times HB$ 以上,由此在对铆接头1施加拉伸剪切应力时头部122与板材11难以分离。由此,能够进一步提高凸焊部14的应力缓和效果。另一方面,通过将凸焊部14的维氏硬度HP设为 $3.2 \times HB$ 以下,由此能够抑制凸焊部14的裂纹,能够进一步提高凸焊部14的应力缓和效果。

[0197] 本发明的其他方式的汽车构件具有本实施方式的铆接头。由此,本实施方式的汽车构件具有较高的接合强度。本实施方式的汽车构件例如是对于确保碰撞安全性较重要的部件即保险杠以及B柱。在图11中示出作为本实施方式的汽车构件的一例的B柱的截面图。在图12中示出作为本实施方式的汽车构件的一例的保险杠的截面图。此外,也可以将A柱、下边梁、地板梁、前纵梁、后纵梁、前悬架塔罩、隧道加强件、前围板、扭矩箱、座椅骨架、座椅导轨、蓄电池壳体的框架以及这些柱彼此的结合部(B柱与下边梁的结合部、B柱与车顶纵梁的结合部、车顶横梁与车顶纵梁的结合部),作为本实施方式的汽车构件。

[0198] 实施例

[0199] 将成分、形状以及加工处理不同的各种钢制的铆钉插通到热冲压出的两张抗拉强度2400MPa的高强度钢板的贯通孔中。接着,使用点焊机对这些铆钉进行加压以及通电而制作了铆接头。对于一部分铆钉进行了将其头部与钢板接合的凸焊。

[0200] 钢板的板厚为1.6mm。钢板的成分为0.45C-0.5Mn-并添加了Si、Cr、Ti、Nb、B。用于铆接的电极的材质为Cr-Cu合金。铆钉的接合条件以及凸焊条件如下所述。

[0201] ●铆钉的接合条件

[0202] • 加压力:400kgf

[0203] • 通电时间:在0.30秒~0.50秒的范围内调整

[0204] • 电流值:在5kA~10kA的范围内调整

[0205] • 保持时间:0.5秒

[0206] ●凸焊条件

[0207] • 加压力:400kgf

[0208] • 通电时间:0.1秒

[0209] • 电流值:在10kA~13kA的范围内调整

[0210] 通过上述方法测定通过上述方法得到的各种铆接头的变形部的维氏硬度HA、变形部的厚度TA、轴部的维氏硬度HJ、轴的直径DJ、头部的维氏硬度HB以及头部的厚度TB,并记载在表1中。对于进行了凸焊的铆接头,也通过上述方法测定凸焊部的维氏硬度HP,并记载在表1中。并且,在表2中记载了上述值是否满足下述式的判定结果。

[0211] $HJ \times DJ \geq 4.7 \times HB \times TB$:式1(式A)

[0212] $HA \times TA \geq 1.3 \times HB \times TB$:式2(式B)

[0213] $1.4 \times HB \leq HP \leq 3.2 \times HB$:式4(式D)

[0214] 通过拉伸剪切试验评价了通过上述方法得到的各种铆接头的拉伸抗剪强度(TSS)等。按照JIS Z 3136:1999“对于电阻点焊以及凸焊接头的剪切试验的试验片尺寸以及试验方法”实施了拉伸剪切试验。将满足以下两个条件的铆接头判定为TSS稳定地提高的铆接头。

[0215] (条件1) TSS超过 $1.3 \times DJ \times TB$

[0216] (条件2)通过拉伸剪切试验形成的断裂部处于铆钉的头部

[0217] 另外,通过观察试验后的铆钉的断裂部来确认断裂部是处于铆钉的头部还是处于变形部。

[0218] 满足条件1的铆接头能够视为针对拉伸剪切应力具有较高的阻力。另外,TSS被铆钉的形状影响较大,因此在判断TSS是否提高时,将是否合格基准值设为轴部121的直径DJ以及头部122的厚度TB的函数。

[0219] 此外,满足条件2的铆接头能够视为拉伸剪切应力稳定地提高。关于断裂部形成于铆钉的变形部的铆接头,被推定为在实施了多次拉伸剪切试验的情况下TSS产生偏差,因此即使TSS满足上述条件1,也不视为TSS稳定地提高。

[0220] [表1]

[0221]

	HA (HV)	HJ (HV)	HB (HV)	HP (HV)	TA (mm)	DJ (mm)	TB (mm)
1	435	445	205	-	2.0	3.8	1.2
2	441	438	212	-	2.2	5.9	2.0
3	425	420	195	-	3.1	8.2	2.8
4	592	585	301	-	2.2	6.0	2.0
5	521	531	278	-	2.2	6.0	2.0
6	385	372	172	-	2.2	6.0	2.0
7	318	319	156	-	2.2	6.0	2.0
8	430	420	135	-	2.3	5.9	1.9
9	527	537	321	-	2.2	6.2	1.9
10	435	448	198	-	2.6	6.0	2.0
11	452	438	186	-	1.2	6.0	2.0
12	453	433	149	471	2.2	6.0	2.0
13	378	377	260	378	2.5	6.9	1.8
14	515	550	355	-	1.6	6.6	1.9
15	142	137	105	-	2.2	6.0	2.0
16	354	365	240	-	1.2	7.0	2.0
17	320	320	97	-	2.2	5.9	2.0
18	439	433	224	458	2.2	5.0	1.8
19	153	158	131	155	2.4	8.0	1.8
20	618	589	230	-	2.3	6.0	2.0

[0222] [表2]

[0223]

	式 1	式 2	有无凸焊部	式 3	1.3×DJ×TB	TSS (kN)	根据 TSS 的 断裂位置	备注
1	○	○	无	—	5.9	9.4	头部	发明例
2	○	○	无	—	15.3	25.1	头部	发明例
3	○	○	无	—	29.8	45.0	头部	发明例
4	○	○	无	—	15.6	36.3	头部	发明例
5	○	○	无	—	15.6	33.5	头部	发明例
6	○	○	无	—	15.6	20.7	头部	发明例
7	○	○	无	—	15.6	18.8	头部	发明例
8	○	○	无	—	14.6	15.2	头部	发明例
9	○	○	无	—	15.3	38.0	头部	发明例
10	○	○	无	—	15.6	23.9	头部	发明例
11	○	○	无	—	15.6	22.4	头部	发明例
12	○	○	有	○	15.6	23.0	头部	发明例
13	○	○	有	○	16.1	36.4	头部	发明例
14	○	×	无	—	16.3	19.7	变形部	<u>比较例</u>
15	×	○	无	—	15.6	7.7	轴部	<u>比较例</u>
16	○	×	无	—	18.2	17.2	变形部	<u>比较例</u>
17	○	○	无	—	15.3	11.5	头部	<u>比较例</u>
18	○	○	有	○	11.7	24.3	头部	发明例
19	○	○	有	○	18.7	21.0	头部	发明例
20	○	○	无	—	15.6	23.7	头部	发明例

[0224] 头部的维氏硬度HB(HV)为130~330且满足式1以及式2的铆接头为, TSS稳定地提高。

[0225] 另一方面, 在头部的维氏硬度HB过剩且不满足式2的例14中, 断裂部形成于变形部。例14虽然具有较高的TSS, 但在例14的条件下制造多个铆接头的情况下, 推定为产生TSS的偏差。

[0226] 在头部的维氏硬度HB不足且不满足式1的例15中, 断裂部形成于轴部, 进而TSS极低。

[0227] 在不满足式2的例16中, 断裂部形成于变形部, 进而TSS较低。

[0228] 在头部的维氏硬度HB不足的例17中, TSS较低。由于断裂部形成于头部, 所以例17的TSS虽然比例15的TSS高若干, 但由于头部的维氏硬度HB不足, 所以例17的TSS不满足是否合格基准。

[0229] 符号的说明

[0230] 1: 铆接头; 11: 板材; 111: 贯通孔; 112: 板材的面; 12: 铆钉; 121: 轴部; 122: 头部; 1221: 突起; 123: 变形部; 13: 粘接剂; 14: 凸焊部; 2: 点焊部; A: 电极; HA: 变形部123的维氏硬度; TA: 变形部123的厚度; HJ: 轴部121的维氏硬度; DJ: 轴部121的直径; HB: 头部122的维氏硬度; TB: 头部122的厚度。

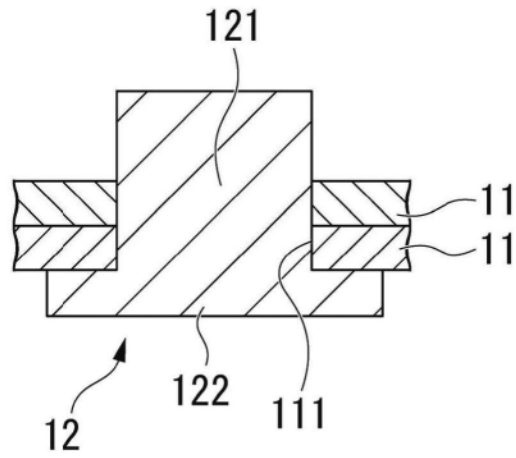


图1A

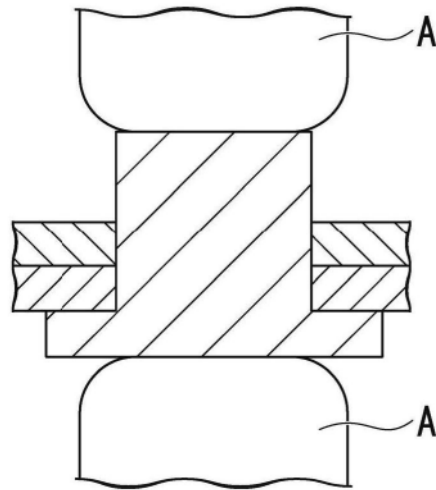


图1B

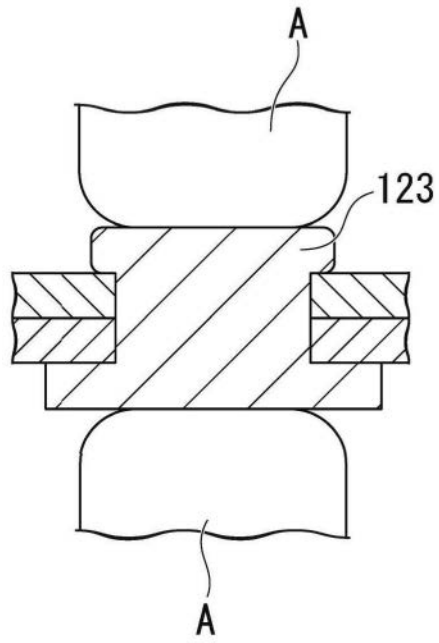


图1C

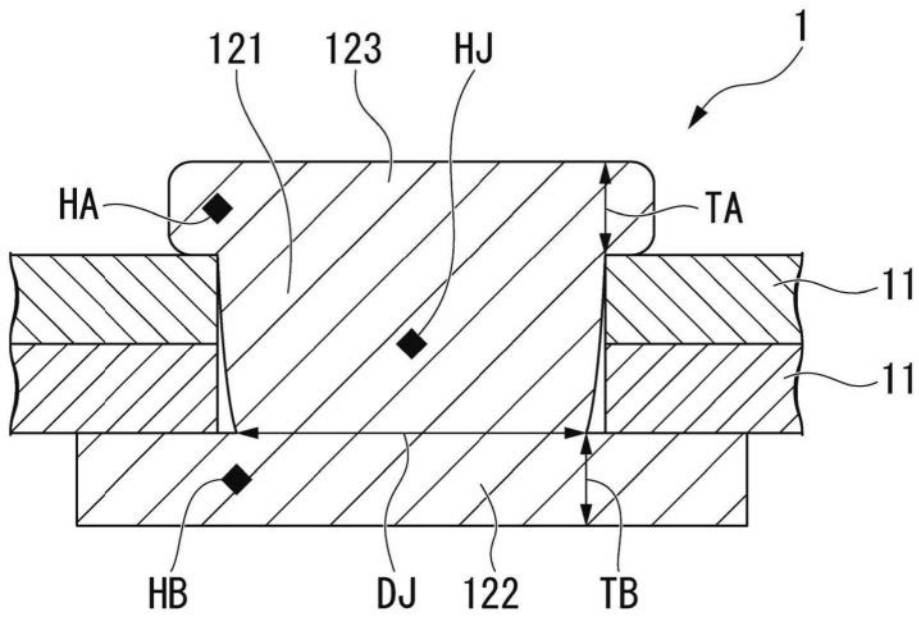


图1D

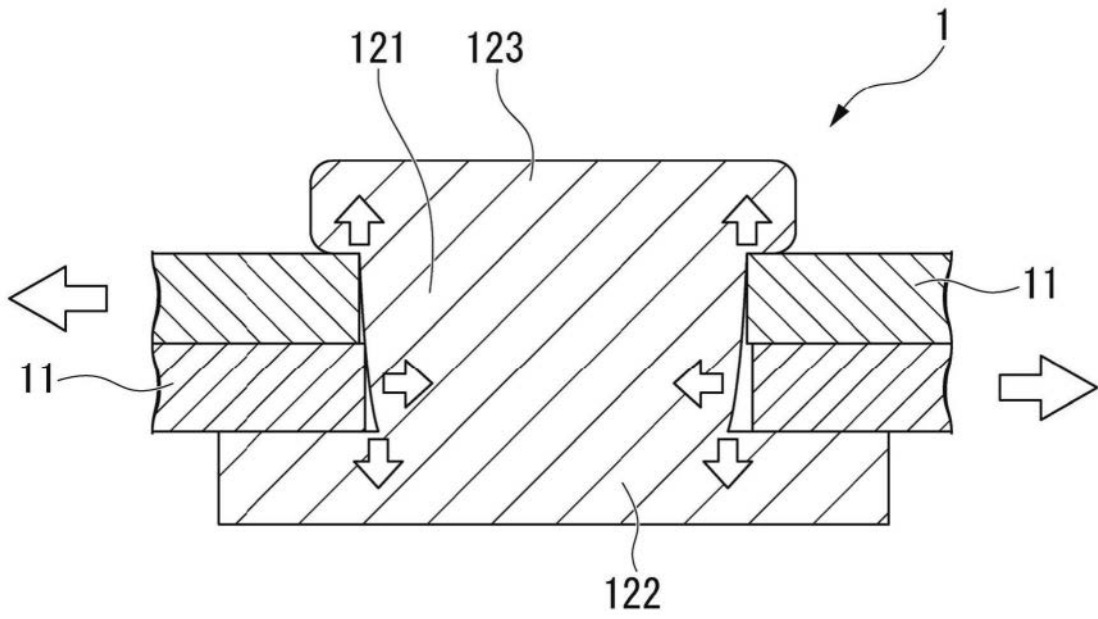


图2A

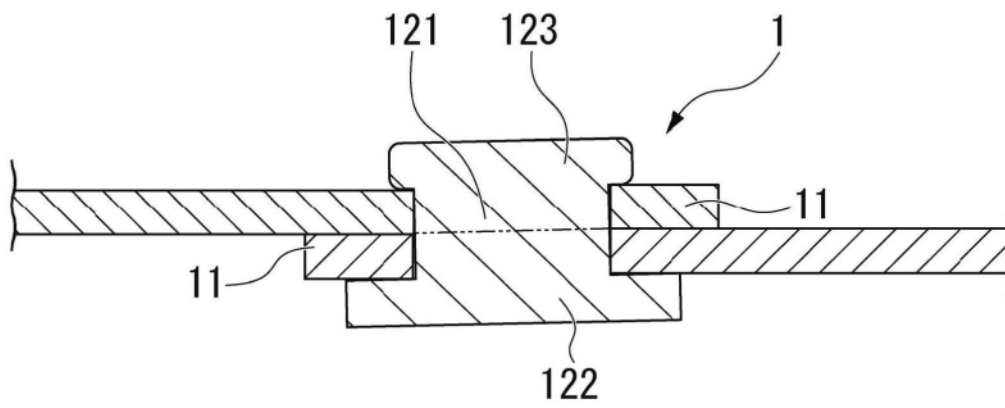


图2B

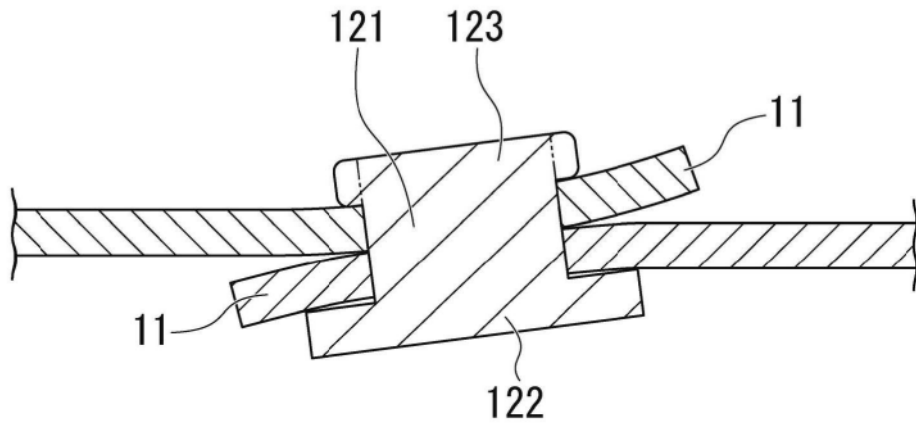


图2C

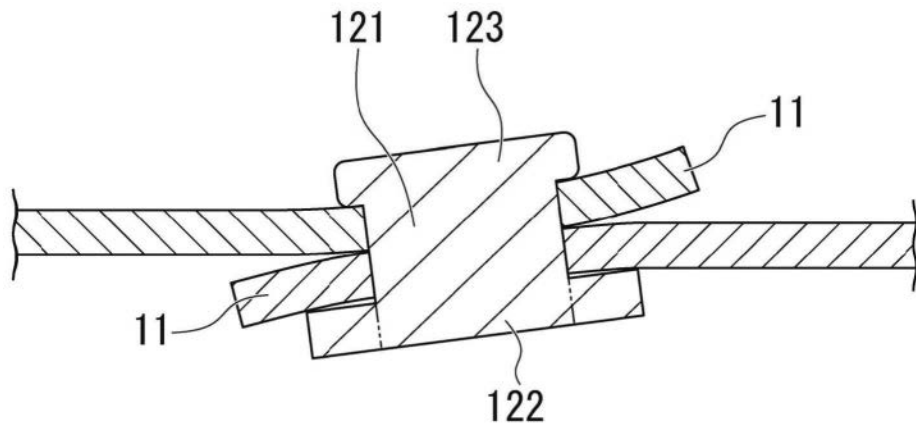


图2D

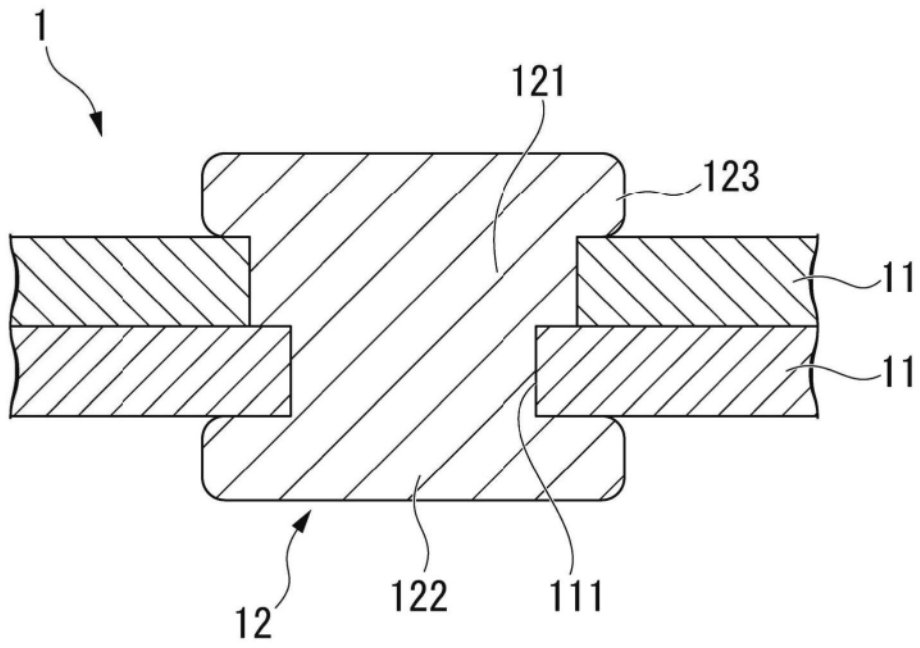


图3

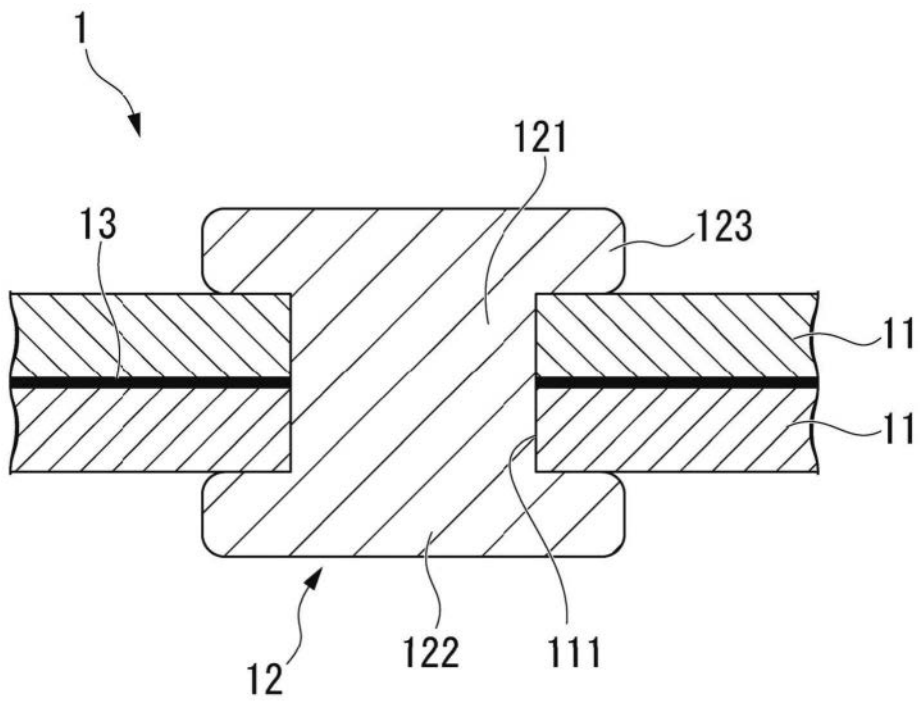


图4

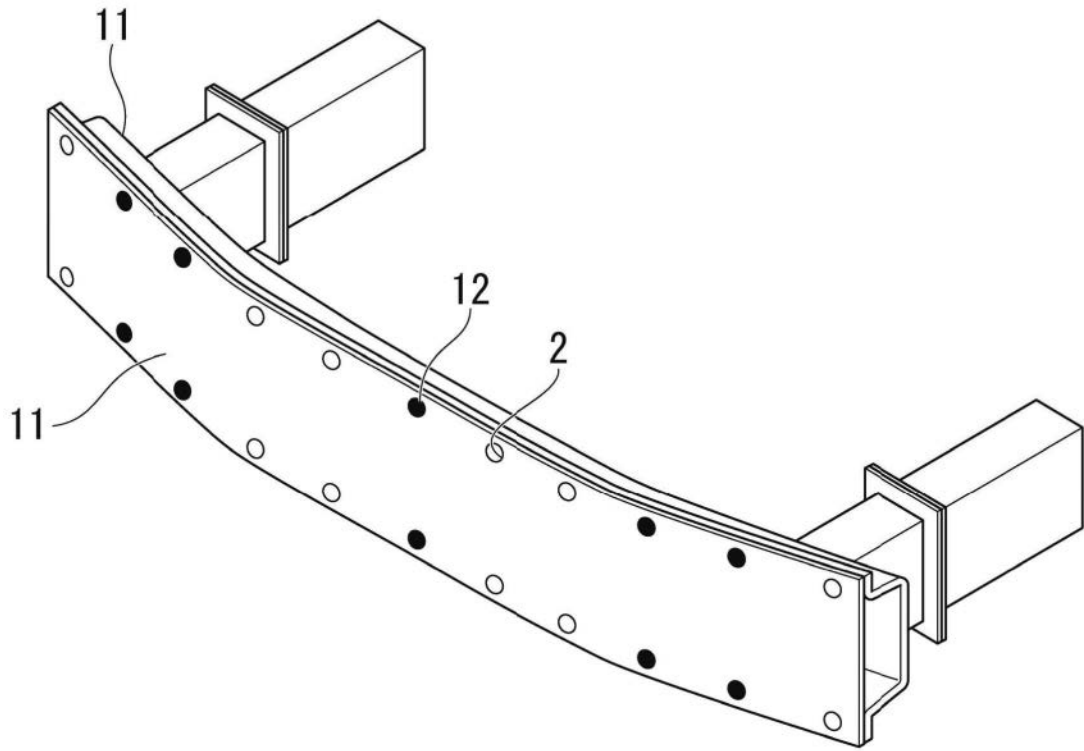


图5

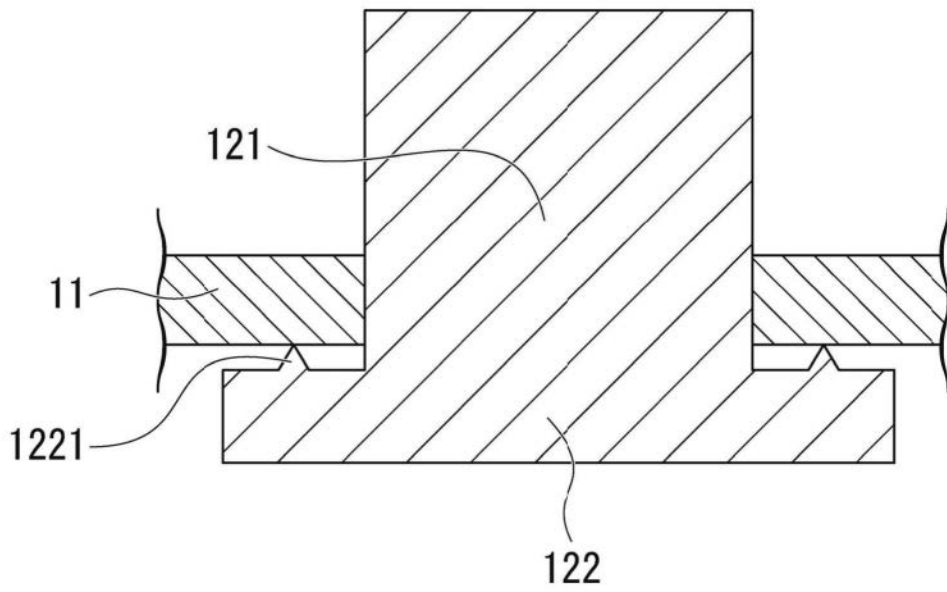


图6A

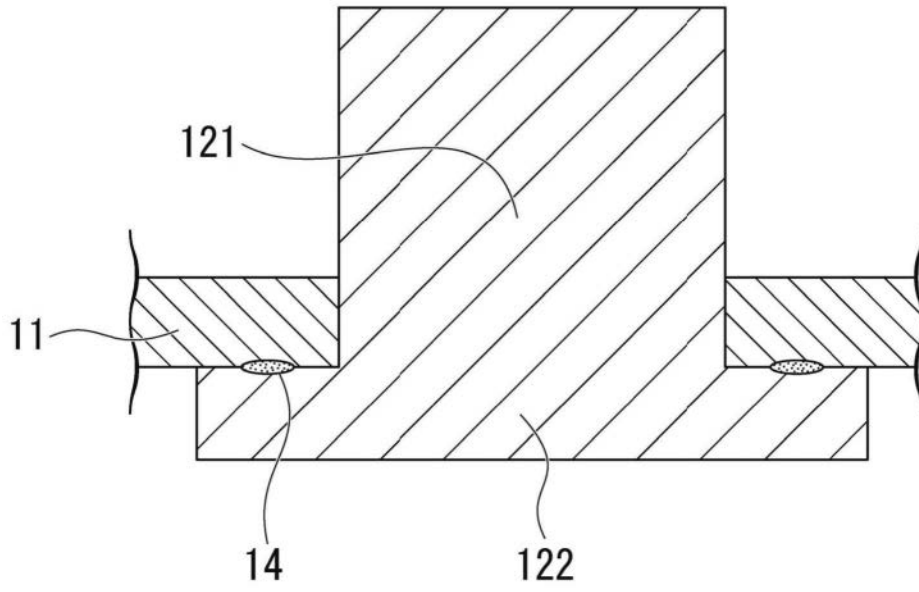


图6B

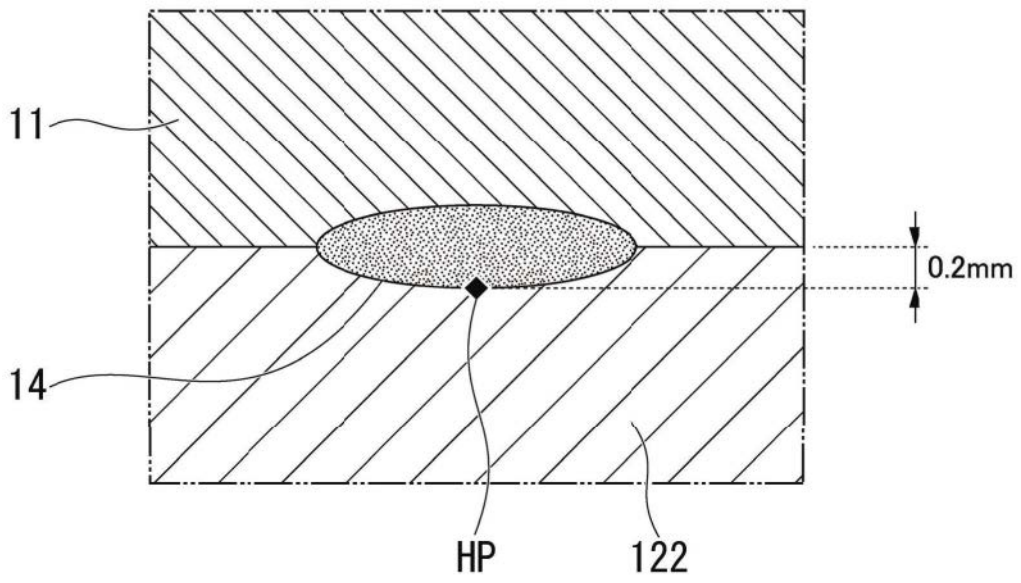


图7

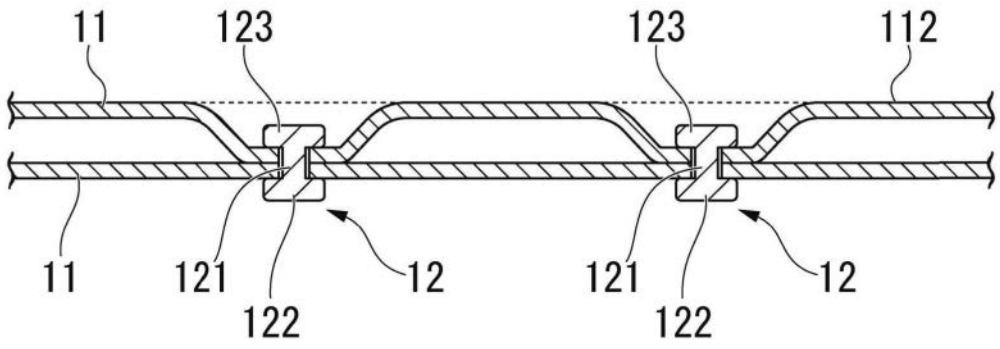


图8

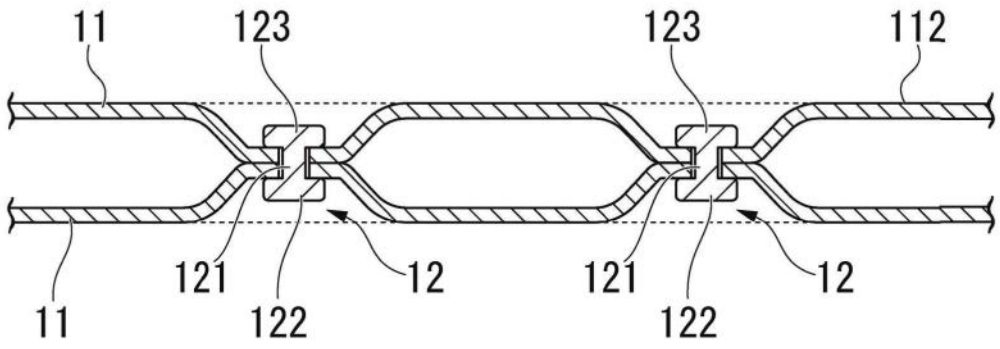


图9

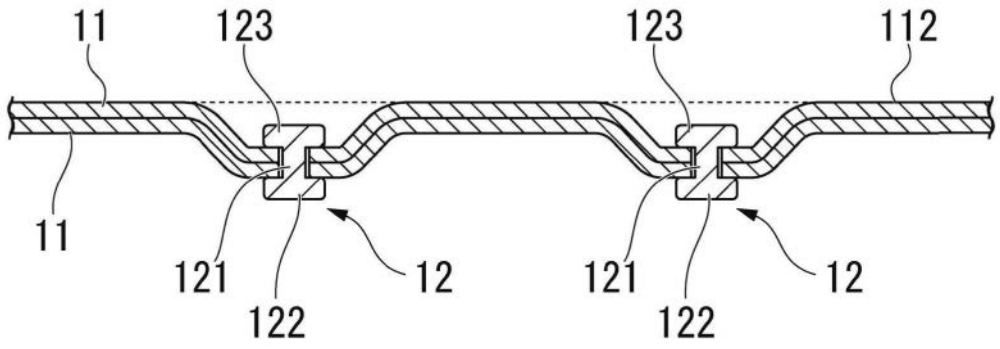


图10

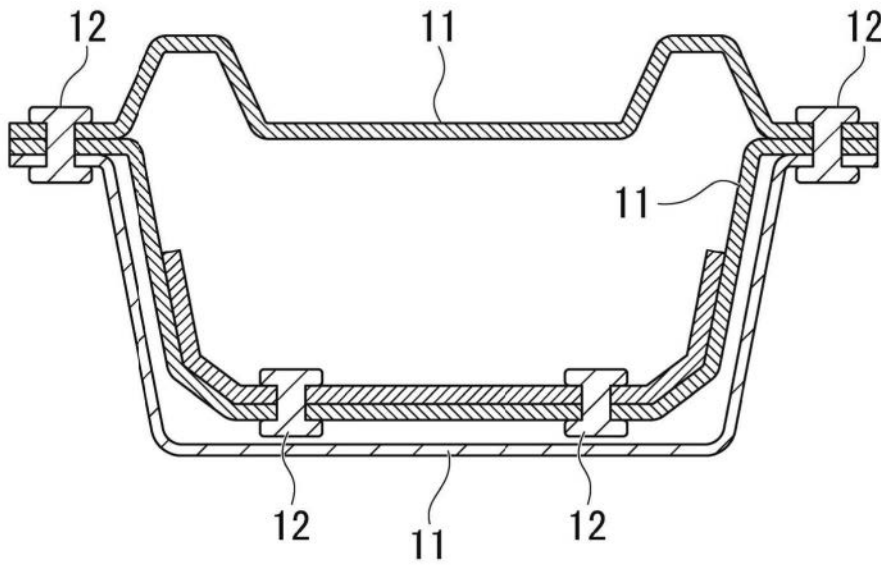


图11

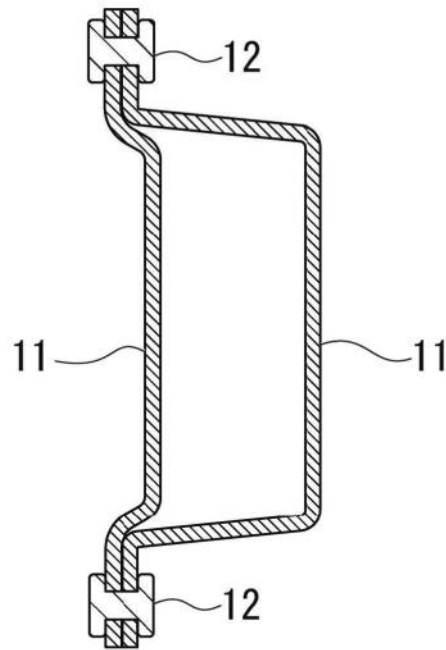


图12