(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119242903 A
(43)申请公布日 2025.01.03

(21)申请号 202411254539.X

(22)申请日 2020.05.28

(30)优先权数据
PCT/EP2019/064332 2019.06.03 EP

(62)分案原申请数据
202080042999.X 2020.05.28

(71)申请人 蒂森克虏伯钢铁欧洲股份公司
地址 德国杜伊斯堡

(72)发明人 马里亚·科耶尔
曼努埃拉·鲁滕贝里
扬科·巴尼克
乌尔里希·埃佐尔德

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112
专利代理师 张凯 张杰

(51)Int.Cl.
C21D 8/02(2006.01)
C22C 38/02(2006.01)
C22C 38/04(2006.01)
C22C 38/06(2006.01)
C22C 38/34(2006.01)
C22C 38/38(2006.01)
C22C 38/14(2006.01)
C22C 38/12(2006.01)
C22C 38/28(2006.01)
C22C 38/26(2006.01)
C22C 38/32(2006.01)
C22C 38/22(2006.01)
C22C 38/24(2006.01)
C21D 1/26(2006.01)
C21D 1/74(2006.01)
C21D 1/18(2006.01)
C21D 11/00(2006.01)
C23C 2/12(2006.01)
C22C 21/02(2006.01)
C23C 2/02(2006.01)
C23C 2/28(2006.01)
C23C 2/40(2006.01)

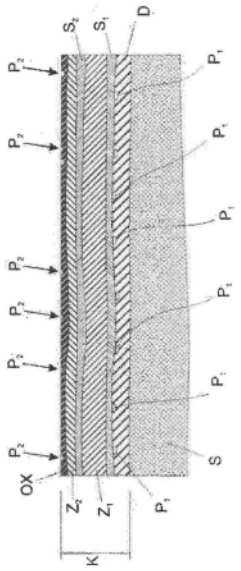
权利要求书4页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

由设有腐蚀保护涂层的扁钢产品制造板材构件的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于制造板材构件的方法，其中a)提供由钢制成的扁钢产品；b)在具有A、B、C、D四个区域的连续炉中对扁钢产品进行退火；c)将腐蚀保护涂层施加到扁钢产品上；可选地d)平整轧制扁钢产品；e)由扁钢产品分割板坯；f)将扁钢产品在保持持续时间内加热到＞扁钢产品的钢的Ac_3温度且＜1000℃；g)将扁钢产品热成形为板材构件；h)以冷却速度冷却构件的至少一个区段，该冷却速度足以产生淬火组织。本发明还提供一种构件，其中保证了钢基材上的腐蚀保护涂层的优化的附着性。



CN 119242903 A

1.由设有腐蚀保护涂层的扁钢产品制造板材构件的方法,所述方法包括以下工作步骤:

a)提供扁钢产品,该扁钢产品由钢生产,所述钢以重量%计由0.07-0.5%C、0.4-3%Mn、0.06-1.7%Si、至多0.06%P、至多0.01%S、至多1.0%Al、至多0.15%Ti、至多0.6%Nb、至多0.01%B、至多1.0%Cr、至多1.0%Mo,其中Cr和Mo的含量之和最高为1.0%,至多0.2%Ca、至多0.1%V以及余量的铁和不可避免的杂质组成;

b)在具有A、B、C、D四个区域的连续炉中对扁钢产品进行退火,扁钢产品连续通过这些区域,并且扁钢产品在这些区域中在具有露点温度TP_A、TP_B、TP_C、TP_D的退火气氛下以退火温度GT_A、GT_B、GT_C、GT_D退火,该退火气氛分别由0.1-15体积%的氢气和余量的氮气以及技术上不可避免的杂质组成,满足以下条件:

区域	露点温度TP	退火温度GT
A	-10℃≤TP_A≤-25℃	800℃≤GT_A≤950℃
B	-27℃≤TP_B≤-41℃	800℃≤GT_B≤930℃
C	-30℃≤TP_C≤-80℃	800℃≤GT_C≤950℃
D	-30℃≤TP_D≤-20℃	750℃≤GT_D≤950℃

c)将腐蚀保护涂层施加到工作步骤b)中获得的扁钢产品上,其中,腐蚀保护涂层以重量%计由至多15%Si、至多5%的Fe、合计0.1-5%的至少一种碱土金属或过渡金属和余量的Al及不可避免的杂质组成;

d)可选地:平整轧制设有腐蚀保护涂层的扁钢产品;

e)可选地:由扁钢产品分割板坯;

将扁钢产品或板坯在保持持续时间内加热到高于扁钢产品的钢的Ac_3温度且不超过1000℃的热成形温度,该保持持续时间足以将大于100 000KJs且最高800 000KJs的热能量Js引入到扁钢产品或板坯中;

f)将被加热到热成形温度的扁钢产品或者被加热到热成形温度的板坯热成形为板材构件;

g)以冷却速度冷却构件的至少一个区段,该冷却速度足以在板材构件的所述区段中产生淬火组织。

2.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在工作步骤a)中提供的扁钢产品的厚度为0.6-7mm。

3.如前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤b)中完成的退火中,在连续式炉的区域A中退火温度GT_A为810-940℃且露点温度TP_A为-15℃至-25℃。

4.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤b)中完成的退火中,在连续式炉的区域B中的退火温度GT_B为800-900℃。

5.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤b)中完成的退火中,在连续式炉的区域C中的退火温度GTc为800-920℃且露点温度TP_C为-30℃至-50℃。

6.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤b)中完成的退火中,在连续式炉的区域D中的退火温度GT_D为780-930℃。

7.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤b)中完成退火中,在区域A-D中保持的退火气氛的λ值为0.95-1.1。

8.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层的Si含量为至少3重量%。

9.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层的Fe含量为至少1重量%。

10.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层含有总量至少0.11重量%的碱土金属或过渡金属。

11.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层中的至少一种碱土金属或过渡金属上的含量总计最高0.6重量%。

12.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层包含镁作为至少一种碱土金属或过渡金属。

13.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中施加到扁钢产品上的腐蚀保护涂层的覆盖重量为扁钢产品的每个涂覆侧30-100g/m^2。

14.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤c)中,通过热浸涂覆进行所述腐蚀保护涂层的施加。

15.根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在工作步骤f)中在连续式炉通过辐射热对扁钢产品或板坯进行加热,并且保持持续时间为100-900s。

16.由扁钢产品制造的板材构件,该板材构件的钢基材由钢组成,所述钢以重量%计由以下组成:0.07-0.4%C、0.5-3%Mn、0.06-1.7%Si、至多0.06%P、至多0.01%S、至多1.0%Al、至多0.15%Ti、至多0.6%Nb、至多0.01%B、至多1.0%Cr、至多1.0%Mo、其中Cr和Mo的含量总和为最高1.0%、至多0.2%Ca、至多0.1%V以及余量的铁和不可避免的杂质,并且所述钢基材涂覆有腐蚀保护涂层,所述腐蚀保护涂层以重量%计由至多15%Si、至多5%Fe、总量为0.1-5重量%的至少一种碱土金属或过渡金属以及余量的Al和不可避免的杂质组成,其中腐蚀保护涂层的与钢基材相邻的层是交界扩散层(D),其由具有至多50重量%的Al含量的铁素体组成,其中在交界扩散层(D)的横断面中,直径≥0.1μm的孔占据的面积的份额小于10%,并且其中在500μm的测量长度上在交界扩散层(D)中由孔占据的面积＜300μm^2。

17.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,所述交界扩散层(D)具有1-30μm的厚度。

18.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,交界扩散层的厚度为2-20μm。

19.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,交界扩散层的厚度为4-16μm。

20.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Mn含量为0.8至2.5重量%。

21.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Mn含量为1.0至2.0重量%。

22.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Mn含量为1.0至1.5重量%。

23.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Si含量为0.06至1.1重量%。

24.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材

的钢中的Si含量为0.06至0.9重量％。

25.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Si含量为0.3至0.4重量％。

26.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的P含量最多为0.03重量％。

27.根据权利要求16所述的板材组件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Al含量最多为0.5重量％。

28.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Al含量最多为0.1重量％。

29.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Al含量至多为0.05重量％。

30.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Nb含量至多为0.1重量％。

31.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的B含量至多为0.005重量％。

32.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Cr含量至多为0.5重量％。

33.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材中的铬含量至多为0.2重量％。

34.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品钢基材的钢中的Mo含量至多为0.5重量％。

35.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,制造板材构件的扁钢产品的钢基材的钢中的Mo含量至多为0.2重量％。

36.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,防腐蚀涂层以重量％计由至多11％的Si、至多4％的Fe、总量0.11-1.5重量％的至少一种碱土金属或过渡金属,以及余量的Al和不可避免的杂质重量％组成。

37.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,防腐蚀涂层以重量％计由8.5-11％的Si、1-3.5％的Fe、总量0.11-0.6重量％的至少一种碱土金属或过渡金属,以及余量的Al和不可避免的杂质重量％组成。

38.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,防腐蚀涂层与钢基材相邻的层是由Al含量为1-50重量％的铁素体组成的交界扩散层(D)。

39.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,在交界扩散层(D)的横截面上,直径≥0.1μm的孔占据的面积的份额小于5％。

40.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,在交界扩散层(D)的横截面上,直径≥0.1μm的孔占据的面积的份额小于3％。

41.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,在500μm的测量长度上在交界扩散层(D)中由孔占据的面积＜200μm^2。

42.根据权利要求16所述的板材构件,其特征在于,在500μm的测量长度上在交界扩散层(D)中由孔占据的面积＜100μm^2。

43.根据权利要求16所述的板材构件,所述板材构件的钢基材由钢组成,所述钢以重量%计由以下组成:0.07-0.4%C、1.5-1.5%Mn、0.3-0.4%Si、至多0.03%P、至多0.01%S、至多0.05%Al、至多0.15%Ti、至多0.6%Nb、至多0.005%B、至多0.5%Cr、至多0.5%Mo,其中Cr和Mo的含量总和为最高0.5%,余量为铁和不可避免的杂质,并且所述钢基材涂覆有腐蚀保护涂层,所述腐蚀保护涂层以重量%计由至多3-11%Si,至多5%Fe,总含量为0.11-0.6重量%的至少一种碱土金属或过渡金属,余量的Al和不可避免的杂质组成;在交界扩散层(D)的横截面上,直径≥0.1μm的孔占据的面积的份额小于3%,在500μm的测量长度上在交界扩散层(D)中由孔占据的面积＜200μm^2。

由设有腐蚀保护涂层的扁钢产品制造板材构件的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种由扁钢产品制造板材构件的方法,该扁钢产品具有腐蚀保护涂层。

背景技术

[0002] “扁钢产品”在此理解为这样的轧制产品,其长度和宽度分别明显大于其厚度。对此尤其是包括钢带和钢板。

[0003] 在本文中,除非另有明确说明,关于合金成分的含量的说明总是以重量%给出。

[0004] 相反,只要没有另外说明,气氛、尤其是退火气氛中的特定成分的份额以体积%给出。

[0005] 由EP 2 993 248 A1已知一种开头所述类型的方法。使用扁钢产品作为用于此方法的起始产品,其钢基材由所谓的“MnB钢”构成。这种钢在EN 10083-3中标准化并且具有良好的可淬火性。在此,它们允许在热压时可靠地进行过程控制,通过该过程控制可以以经济的方式实现,在热变形过程中还在工具中引起马氏体淬火,而无需附加的冷却。这种钢的典型示例是以名称22MnB5已知的钢,其在钢钥匙(Stahlschlüssel)2004中位于材料编号1.5528下。典型地,市场上可获得的全镇静的22MnB5钢除了铁和不可避免的杂质(以重量%计)之外还含有0.10-0.250% C、1.0-1.4% Mn、0.35-0.4% Si、至多0.03% P、至多0.01% S、至多0.040% Al、至多0.15% Ti、至多0.1%

[0006] Nb和总量至多0.5%的Cr+Mo,以及至多0.005% B。为了保护由如此组成的钢构成的扁钢产品免受腐蚀性侵蚀,并同时在对于热成形必需的加热中使吸收氢的危险最小化,根据已知方法的扁钢产品设有基于Al的腐蚀保护覆层,该覆层含有作为附加的合金成分的有效含量为0.005-0.7重量%的至少一种碱土金属或过渡金属。此外,在覆层中也可以存在3-15重量%的Si含量和至多5重量%的Fe含量。在此,作为保护覆层的至少一种碱土金属或过渡金属优选使用含量为0.1-0.5重量%的Mg,其中,替代地或附加地也可以考虑钙、锶、钠或钡。基于铝的保护覆层可以通过熔浸涂覆(行业术语中也称为“热镀铝”)或通过气体沉积方法,例如已知的PVD方法(物理气相沉积)或CVD方法(化学气相沉积)来施加到钢基材上。

[0007] 对将腐蚀保护覆层施加到由MnB钢构成的钢基材上的方式和方法的特殊要求没有在上述现有技术中提到。在此,在以常规方式在标准气氛下在360-800s的持续时间内对上述方法中涂覆的板坯进行加热到900℃的温度时,由于覆层中的碱土金属或过渡金属的存在可能导致钢基材中的氢吸收最小化,从而使所谓“氢脆”的风险最小化。

[0008] 然而,在实际使用中,由上述方法生产的扁钢产品形成的构件尽管成功,即具有优化的强度,但是显示出不能总是满足对这些板材构件提出的、对由这种扁钢产品制造的板材构件在电阻焊接中的表现和对有机层(例如漆或类似物)的附着性的越来越高的要求,

[0009] DE 10 2017 210 201 A1同样涉及一种用于制造设有保护免于腐蚀的金属覆层的基于Al的钢构件的方法。为此提供一种扁钢产品,其由以重量%计0.15至0.50% C、0.50至3.0% Mn、0.10至0.50% Si、0.01至1.00% Cr、至多0.20% Ti、至多0.10% Al、至多

0.10% P、至多0.1% Nb、至多0.01% N、至多0.05% S和至多0.1% B、余量的Fe和不可避免的杂质组成,并用Al涂层涂覆,所述Al涂层由以重量%计3至15% Si、1至3.5% Fe、至多0.5%碱金属和/或碱土金属、余量的Al和不可避免的杂质组成。所提供的板材在炉中在一定温度下并且以一定持续时间退火,所述温度和持续时间通过根据复杂的公式计算的参数相互关联。在此,根据炉停留时间和温度,在基材和涂层之间的过渡处应形成所谓的交界扩散区(Interdiffusionszone),在该交界扩散区中在加压淬火期间不出现马氏体组织,其也不属于Al涂层。此交界扩散区从扁钢产品的中间出发从一个厚度(从该厚度起,构件中不再存在马氏体)延伸到这样的厚度,从该厚度起,Al涂层的铁含量连续≤85重量%且Al含量连续≥10重量%。在该现有技术中也没有给出如何能够具体构造交界扩散区的提示,或者对如何能够有针对性地关于涂层的特定表面性质来控制交界扩散区的出现和组成的指导。相反,在该文献中,对于改善Al涂层的变形表现、特别是可实现的弯曲角度的考虑是重要的。

发明内容

[0010] 在此背景下,本发明的目的在于,提供一种方法实现由上述类型的扁钢产品形成板材构件,该板材构件满足对其可焊接性的超高要求并且在此具有对于用有机覆层涂覆、尤其对于涂漆的最佳前提。

[0011] 为了实现此目的,本发明提出,在制造板材构件时,至少完成权利要求1中给出的方法步骤。

[0012] 在此,不言而喻的是,在实施根据本发明的方法时,本领域技术人员不仅完成了在权利要求中提及的和在此阐述的方法步骤,而且当为此有必要时,还实施了在现有技术中此类方法的实际执行中常进行的所有其他步骤和操作。

[0013] 本发明的有利的设计方案在从属权利要求中给出,并且如一般的发明构思那样在下面详细地阐述。

[0014] 因此,在根据本发明的由设有腐蚀保护涂层的扁钢产品制造板材构件的方法中至少进行以下工作步骤:

[0015] a)提供扁钢产品,该扁钢产品由钢生产,所述钢以重量%计由0.05-0.5% C、0.5-3% Mn、0.06-1.7% Si、至多0.06% P、至多0.01%

[0016] S、至多1.0% Al、至多0.15% Ti、至多0.6% Nb、至多0.01% B、至多1.0% Cr、至多1.0% Mo,总含量最高为1.0%的Cr和Mo,至多0.2%

[0017] Ca、至多0.1% V以及余量的铁和不可避免的杂质组成;

[0018] b)在具有A、B、C、D四个区域的连续炉中对扁钢产品进行退火,扁钢产品连续通过这些区域,并且扁钢产品在这些区域中在具有露点温度TP_A、TP_B、TP_C、TP_D的退火气氛下以退火温度GT_A、GT_B、GT_C、GT_D退火,该退火气氛由0.1-15体积%的氢和余量的氮以及技术上不可避免的杂质组成,满足以下条件:

[0019]

区域	露点温度 TP	退火温度 GT

[0020]

A	-10℃ ≤ TP_A ≤ -25℃	800℃ ≤ GT_A ≤ 950℃
B	-27℃ ≤ TP_B ≤ -41℃	800℃ ≤ GT_B ≤ 930℃
C	-30℃ ≤ TP_C ≤ -80℃	800℃ ≤ GT_C ≤ 950℃
D	-30℃ ≤ TP_D ≤ -20℃	750℃ ≤ GT_D ≤ 950℃

[0021] c)将腐蚀保护涂层施加到工作步骤b)中获得的扁钢产品上,其中,腐蚀保护涂层以重量%计由至多15% Si、至多5%的Fe、合计0.1-5%的至少一种碱土金属或过渡金属和余量的Al组成;

[0022] d)可选地:平整轧制(Dressierwalzen)设有腐蚀保护涂层的扁钢产品;

[0023] e)可选地:由扁钢产品分割板坯;

[0024] f)将扁钢产品或板坯在保持持续时间内加热到高于扁钢产品的钢的Ac_3温度且不超过1000℃的热成形温度,该保持持续时间足以将大于100 000KJs且最高800 000KJs的热能量Js引入到扁钢产品或板坯中;

[0025] g)将被加热到热成形温度的扁钢产品或者被加热到热成形温度的板坯热成形为板材构件;

[0026] h)以冷却速度冷却构件的至少一个区段,该冷却速度足以在板材构件的该区段中产生淬火组织。

[0027] 本发明从以下认识出发,即对于设有基于铝(“Al基”)的腐蚀保护涂层的板材构件在电阻焊接中的性能以及对于在这些板材构件上的有机涂层、尤其涂漆的附着性,并不仅仅取决于腐蚀保护涂层和环境气氛之间的边界层的组成,而是在此尤其还有例如整个覆层粗糙度和传导性的参数起决定性的作用。在此,通过在施加腐蚀保护涂层(工作步骤c))之前根据本发明方式和方法的退火(工作步骤b))实现对于在根据本发明完成加工的构件中存在最佳的均匀的腐蚀保护涂层的前提。

[0028] 因此,根据本发明生产的构件典型地具有这样的腐蚀保护涂层,该腐蚀保护涂层由多个不同组成的层构成。通过根据本发明在连续退火炉中退火期间露点温度和退火温度的控制用于准备随后的腐蚀保护涂层的施加,实现了涂层中包含的孔的明显减少。

[0029] 通过在涂覆之前的退火(步骤b))中根据本发明选择的退火参数实现了,在完成退火的扁钢产品中在至少70%的表面上存在纯铁(“Fe”)。由此导致与随后施加的基于Al的覆层的良好连接,其中在从钢基材到腐蚀保护涂层的过渡处构造铁铝层(“Fe-Al层”)。另一方面,因此获得了铁的充分的且在层中均匀均等的分布,由此改善了层的传导性,并且因此伴随于此,电阻焊接的表现被优化。

[0030] 在工作步骤b)中提供的扁钢产品已经是一种直接适合于成形为构件的坯件的情况下,可以省去工作步骤e)。相反,如果所提供的扁钢产品是钢带材或较大的钢板材,在工作步骤e)中由其分割成具有适当大小的板坯。

[0031] 以根据本发明的方式退火和涂覆(工作步骤b),c))的扁钢产品或者由其分割出(工作步骤e))的板坯加热至热成形温度(步骤f))用于热成形(步骤g))。在此,已经存在于腐蚀保护涂层的均匀边界层中的铁可以均等的向涂层中扩散,而不会在此导致值得注意的缺陷部位。同时,根据本发明设置在腐蚀保护涂层中的碱土金属或过渡金属由于其氧亲和

力扩散到表面处并在那里形成氧化层。在此,铁原子由于其可比的原子大小可以按比例1:1与碱土金属原子或过渡金属原子交换位置并因此被引入金属晶格,使得碱土金属或过渡金属的扩散也可能导致可忽略数量的缺陷部位的出现。由于根据本发明实现的缺陷部位减少,在根据本发明的构件的腐蚀保护涂层中的这些缺陷部位也不团聚成孔隙,从而根据本发明的构件的特征在于与常规生产的、例如根据EP 2 086 755 B1的模板生产的构件相比明显减少的孔数量。

[0032] 当额外存在的碱土金属或过渡金属为镁(“Mg”)时,即当Mg单独或与属于碱土金属或过渡金属的组的另外元素组合以根据本发明设置的含量存在于根据本发明的经加工的扁钢产品的根据本发明施加的腐蚀保护涂层中时,本发明使用的效果特别可靠地出现。

[0033] 根据本发明的方法适用于由具有大的厚度范围的扁钢产品制造构件。因此,利用根据本发明的方法可以加工厚度为0.6-7mm的扁钢产品。

[0034] 在此,可以以任意的由现有技术已知的方式进行在工作步骤a)中提供的扁钢产品的生产。在此,根据本发明的方法尤其适合于加工厚度为0.8-4mm、尤其为0.8-3mm的扁钢产品。厚度大于3mm的较大厚度的扁钢产品在此典型地在热轧状态下加工,而较薄的板材典型地在冷轧状态下提供。

[0035] 对于根据本发明的方法,在工作步骤a)中还可以提供扁钢产品,其通过在长度和/或宽度上灵活或部分的轧制获得不同的厚度。同样可以在工作步骤a)中对于根据本发明的方法由相互焊接的不同的板材坯件或者相互焊接的同样组成的扁钢产品以及钢带材制成,并且共同构成提供用于根据本发明工艺的待加工的扁钢产品。

[0036] 根据本发明提供的相应的扁钢产品由钢构成,该钢具有MnB钢的典型组成。这种钢在供货状态(Anl ieferungszustand)中典型地具有250-580MPa的屈服强度和400-720MPa的抗拉强度。

[0037] 因此,根据本发明提供的扁钢产品由以下组成:

[0038] -0.05-0.5重量%的碳(“C”),其中C含量优选为0.07-0.4重量%,

[0039] -0.5-3重量%的锰(“Mn”),其中Mn含量优选为0.8-2.5重量%,特别是1.0-2.0重量%,

[0040] -0.06-1.7重量%的硅(“Si”),其中Si含量优选为0.06-1.1重量%,尤其是0.06-0.9重量%,

[0041] -至多0.06的磷(“P”),其中P含量最高为0.03重量%,

[0042] -至多0.01重量%的硫(“S”),

[0043] -至多1.0重量%的铝(“Al”),其中Al含量优选最高0.5重量%,特别是最高0.1重量%,

[0044] -至多0.15重量%的钛(“Ti”),

[0045] -至多0.6重量%的铌(“Nb”),其中Nb含量优选至多0.1重量%,

[0046] -至多0.01重量%的硼(“B”),其中B含量优选至多0.005重量%,

[0047] -至多1.0重量%的铬(“Cr”),其中Cr含量优选至多0.5重量%,特别是至多0.2重量%,

[0048] -至多1.0重量%的钼(“Mo”),其中Mo含量优选至多0.5重量%,特别是至多0.2重量%,

[0049] -其中对于Cr的含量%Cr和Mo的含量%Mo适用于

[0050] %Cr+%Mo≤1重量%,

[0051] -可选地,至多0.2重量%,特别是至多0.1重量%的钙("Ca"),

[0052] -可选地,至多0.1重量%的钒("Va"),

[0053] 以及余量的铁和不可避免的杂质。

[0054] 由于它们的性质特征,特别是它们用于开发最终热成形且冷却的构件中的高强度的潜力,对于实践特别感兴趣的是以本身已知的方式由以下组成的扁钢产品:0.07-0.4重量%C、1.0-2重量%Mn、0.06-0.4重量%Si、至多0.03重量%P、至多0.01重量%S、至多0.1重量%Al、至多0.15重量%Ti、至多0.6重量%Nb、至多0.005重量%B、至多0.5重量%Cr、至多0.5重量%Mo,其中Cr和Mo的含量总和最高0.5重量%,余量的铁和不可避免的杂质。

[0055] 在此包括已经在批量使用(Serieneinsatz)中存在的钢,所述钢由以下组成:0.07-0.4重量%C、1.0-1.5重量%Mn、0.3-0.4重量%Si、至多0.03重量%P、至多0.01重量%S、至多0.05重量%Al、至多0.15重量%Ti、至多0.6重量%Nb、至多0.005重量%B、至多0.5重量%Cr、至多0.5重量%Mo、其中Cr和Mo含量总和最高0.5重量%、余量为铁和不可避免的杂质。这样组成的钢在热成型和冷却之后获得至高2000MPa的拉伸强度。

[0056] 如已经提及的那样,通过在四个无中断地彼此相继的阶段A、B、C、D中完成的退火(工作步骤b)),在相应加工的扁钢产品处产生尽量完全(即至少70%、尤其至少80%或至少90%)由纯Fe占据的表面。为此,在根据本发明用于退火的连续退火炉的区域A-D中分别设置特别确定的露点温度和退火温度。

[0057] 在工作步骤b)中在区域A-D中的退火分别在含有0.1-15体积%氢气的退火气氛下进行,余量相应由氮气和不可避免的杂质组成,其中,杂质的总和典型地最高5体积%,尤其最高4体积%或优选最高3体积%

[0058] 所有下文和在权利要求中对退火温度GT_A、GT_B、GT_C和GT_D所作出的说明都基于在带材通过期间的平均炉室温度。

[0059] 在根据本发明提供的扁钢产品的表面处在进入根据本发明运行的连续式炉的区域A之前存在不同的氧化产物,它们在涂层的质量方面和尤其是在涂层的孔形成方面产生不利影响。通过根据本发明的连续退火使这些氧化物转化,使得在技术意义上,在退火之后,仅有铁存在于扁钢产品的表面处。

[0060] 通过在连续式炉的区域A中将露点温度TP_A设定为-10℃至-25℃,并且将退火温度GT_A设定为800-950℃,将存在于扁钢产品上的氧化物用氧化铁覆盖。为了特别有针对性地实现这一点,在连续式炉的区域A中,退火温度GT_A可为810-940℃且露点温度TP_A可为-15至-25℃。

[0061] 在区域B和C中出现氧化铁的还原,从而在区域C之后在表面处存在铁。为此,在区域B中,将那里存在的退火气氛的露点温度TP_B降低至-27℃至-41℃,并将退火温度GT_B保持在800-930℃,其中鉴于所追求的效果,被证实特别运行可靠的是,在工作步骤b)中完成的退火中,在连续式炉的区域B中的退火温度为GT_B为800-900℃。

[0062] 在区域C中,控制那里的退火气氛的露点温度TP_C则进一步降低至-30℃至-80℃,并且退火温度GT_C保持在800-950℃,以完成氧化铁还原成铁。当在工作步骤b)中完成的退火在连续式炉的区域C中的退火温度GT_C为800-920℃,并且露点温度TP_C为-30℃至-50℃时,

能够特别可靠地实现该效果。

[0063] 在区域D中,控制那里的退火气氛的露点温度TP_D提高到-30℃至-20℃并且将退火温度GT_D保持在750-950℃,以如此对扁钢产品进行调温(temperieren),使得一方面可以进行其重结晶,并且另一方面保持之前获得的纯铁表面。当在工作步骤b)中完成的退火在连续式炉的区域D中的退火温度GT_D为780-930℃时,能够特别可靠地实现该效果。

[0064] lambda值λ描述了引入连续式炉中的空气与燃料的质量比例并且在根据本发明的方法的工作步骤b)中完成的退火中,在根据本发明使用的连续式炉的区域A-D中维持的退火气氛中典型地在0.95-1.1。

[0065] 对于根据本发明获得的效果的前提在于在根据本发明的退火(工作步骤b)之后施加的基于铝(“Al”)的腐蚀保护涂层中存在至少一种碱土金属或过渡金属。因此,在施加腐蚀保护涂层(工作步骤c)之后和在加热用于热成形(工作步骤f))之前的根据本发明处理的扁钢产品的覆层中存在至少0.1-5重量%的至少一种碱土金属或过渡金属和余量的Al以及不可避免的杂质。在此,至少0.11重量%的碱土金属或过渡金属含量在可靠性方面被证明是特别有利的,由此,至少一种碱土金属或过渡金属的存在的正面效果可以在根据本发明施加的覆层中使用。在超过5重量%的碱土金属或过渡金属含量的情况下,在熔化坩埚中会出现增多的氧化物形成,这将降低表面质量。在热成形中同样会形成过多的氧化物,由此一方面促进水分解成氢和氧并且由此伴随增多的氢进入钢的危险出现。另一方面,较厚的氧化物层可导致成形工具中的高污染。为了可靠地避免这种效果,可以将在工作步骤c)中施加的腐蚀保护涂层中的碱土金属或过渡金属的含量限制为总计最高1.5重量%,特别是最高0.6重量%。在工作步骤c)中施加的腐蚀保护涂层的碱土金属或过渡金属含量因此尤其为0.11-1.5重量%或特别为0.11-0.6重量%。

[0066] 如已经提到的,来自于碱土金属或过渡金属的组的Mg被证明特别适合用于本发明目的,其可以单独地或与其它碱土金属或过渡金属如铍、钙、锶和钡组合地存在于本发明施加的覆层中,以能够利用根据本发明所追求的效果。

[0067] 可选地,在工作步骤c)中施加的覆层中,硅(“Si”)的含量可为至多15重量%,尤其至多11重量%,以有利于铁铝层的构造,该铁铝层良好地附着于在工作步骤b)中设置的铁表面上,并且在此至多占覆层总层厚度的三分之一。在过高的Si含量下,将产生过大的合金层厚度,这又可导致附着性损失。在此,至少3重量%、尤其至少8.5重量%的Si含量在这方面被证明是特别有利的,使得在Si含量为3-15重量%,特别是3-11重量%,特别是8.5-11重量%的情况下,Si的积极影响可以在实践中特别可靠地利用。

[0068] 同样可选附加地,在工作步骤c)中施加的覆层中Fe可以以至多5重量%,特别是至多4重量%,特别是至多3.5重量%的含量存在。以这样的量级在覆层中设置铁,因为这是在温度范围650-720℃中的铝熔体的饱和值。通过将铁针对性地添加到熔体,可以降低与熔体接触的熔化坩埚的含铁部件发生溶解的危险。在此已证明至少1重量%的Fe含量在这方面是特别有利的,使得在1-5重量%,特别是1-4重量%,特别是1-3.5重量%的Fe含量下,Fe的积极影响在实践中可以特别可靠地利用。

[0069] 可以在根据本发明的方法的工作步骤c)中以任何已知的方式施加腐蚀保护涂层。在此,所谓的“热镀铝”尤其是适合的,其中,将各个扁钢产品引导通过适当加热的符合本发明条件组成的熔池。这种热浸涂覆尤其适用于具有至多3mm厚度的带状扁钢产品。在厚度较

大的情况下,也可以使用开头已经提到的气相沉积法(PVD,CVD)之一,以施加腐蚀保护涂层。

[0070] 根据本发明在工作步骤c)中施加的腐蚀保护涂层的覆盖重量典型地为每侧30-100g/m^2,特别是40-80g/m^2。因此,在两侧涂覆时存在的覆盖重量总计为60-200g/m^2。

[0071] 在施加腐蚀保护涂层(工作步骤c))之后,相应涂覆的扁钢产品可以任选地经受平整轧制(工作步骤d)),以设置扁钢产品的机械特性值,设置其表面粗糙度或者使其均匀化。为此设置的成形度(成形度=(平整轧制之前的厚度-平整轧制之后的厚度)/(平整轧制之前的厚度))典型地为0.1%-5%。

[0072] 在施加腐蚀保护涂层(工作步骤c))或可选地实施的平整轧制(工作步骤d))之后,以本身已知的方式在需要时由扁钢产品分割成板坯,该板坯的尺寸以已知的方式与待由其热成形的板材构件的尺寸相匹配(工作步骤e))。

[0073] 扁钢产品本身或者板坯然后在工作步骤f)中被加热到热成形温度,该热成形温度高于扁钢产品的钢的Ac3温度并且不超过1000℃,特别是至少等于Ac3温度+50℃并且最高为980℃,其中820-950℃的热成形温度被证明是特别有利的。在这个温度下保持扁钢产品直至向扁钢产品或者由其分割的板坯中引入足够的热量。分别具体所需的保持时间和退火温度可借助于如下条件估计,即在工作步骤f)中引入到扁钢产品或板坯中的热能量Js应大于100 000kJs并且最高为800 000kJs,其中Js可以根据以下公知的公式来计算:

[0074] $Js[kJs]=[(T2-T1)\times c \times t \times m]/1000$;

[0075] 其中,

[0076] T2:在加热结束时构件的以K计的终点温度

[0077] T1:在加热开始时构件的以K计的起点温度

[0078] c:钢的热容(典型地460J/kgK)

[0079] t:扁钢产品或板坯在终点温度的以s计的保持时间

[0080] m:扁钢产品或板坯以kg计的质量

[0081] 可以以任何合适的方式进行加热。在为此使用常规的连续式炉的情况下,其中扁钢产品或者板坯通过辐射热加热,合适的保持持续时间典型地为100-900s,优选180-720s,特别是240-600s。在选择850-930℃的热成形温度的情况下,在实践中通常证实180-600s、尤其240-600s的保持持续时间也是足够的。作为使用连续式炉的替代方案,例如也可以在常规的箱式炉中进行加热。

[0082] 扁钢产品或板坯的加热也可以同样以已知的方式分两步进行,以首先获得腐蚀保护涂层的预合金并随后将扁钢产品或板坯引到相应的加热成形温度上。

[0083] 被加热到热成形温度的板坯或被加热到热成形温度的扁钢产品在典型小于15秒、特别是小于10秒内的转移时间内置入热成形工具中,并在那里热成形为构件(步骤g))。

[0084] 随后或同时对所获得的构件的至少一个区段以本身已知的方式进行受控的冷却,以在构件的相关区段中产生期望的组织。为此所需的冷却速度典型地为20-500K/s,其中大于30K/s、尤其大于50K/s的冷却速度是特别实用的。在此,通过“至少一个区段”的冷却当然也包括这样的可能性,即构件作为整体以所述方式冷却,以在整个构件中产生淬火组织。

[0085] 通过根据本发明的方法实现了由扁钢产品制造的板材构件的生产,其钢基材由钢组成,所述钢以重量%计由以下组成:0.05-0.5% C、0.5-3% Mn、0.06-1.7% Si、至多

0.06% P、至多0.01% S、至多1.0%

[0086] Al、至多0.15% Ti、至多0.6% Nb、至多0.01% B、至多1.0% Cr、至多1.0% Mo、其中Cr和Mo的含量总和为最高1.0%、至多0.2% Ca,特别是至多0.1% Ca、至多0.1% V以及余量的铁和不可避免的杂质,并且所述钢基材涂覆有腐蚀保护涂层,所述腐蚀保护涂层以重量%计由至多15% Si、至多5% Fe、总量为0.1-5重量%的至少一种碱土金属或过渡金属以及余量的Al和不可避免的杂质组成,其中腐蚀保护涂层的与钢基材相邻的层是交界扩散层,其由具有至多50重量%的Al含量、尤其至少1重量%的Al的铁素体组成,其中在交界扩散层的横断面中,直径≥0.1μm的孔占据的面积的份额小于10%、尤其小于5%、优选小于3%,并且其中在500μm的测量长度上在交界扩散层中由孔占据的面积＜300μm^2,特别是小于200μm^2,特别优选小于100μm^2。在此,合金层的厚度为1-30μm,优选2-20μm,尤其是4-16μm。

附图说明

[0087] 下面借助实施例来阐述本发明。

[0088] 图1以500倍的放大倍数示出根据本发明通过热成形制造的板材构件的钢板材的横断面磨片。横断面磨片已通过常规方式用3%的硝酸浸蚀液(Nital)进行蚀刻处理,以使得钢板材上存在的层结构清晰化。

[0089] 图2示出按照图1的横断面的示意图。

具体实施方式

[0090] 因此,形成在钢基材S上的腐蚀保护涂层K包括直接邻接在钢基材S处的交界扩散层D,其基本上由具有提高的Al含量的α混晶(即铁氧体)构成。在此,阶段性地仍存在Fe2Al5。在此,交界扩散层D的特征在于,其均匀地且均等地构造并且其几乎无孔地存在。

[0091] 在朝向腐蚀保护涂层K的自由表面O的方向上,在扩散层D上形成了第一富Si层S_1。在扩散层D与富Si层S_1的边界处,在扩散层D中以微小的数量并且彼此远离地存在孔P1。

[0092] 在朝向自由表面O的方向上在富Si层S_1上形成由铝铁构成的第一中间层Z_1,其中大部分是铝。痕量的Si、碱土金属和/或过渡金属还有如不可避免的杂质同样可以包含在层S_1中。中间层Z1是无孔的。

[0093] 在朝向自由表面O的方向上在中间层Z_1上存在第二富Si层S_2。

[0094] 在朝向自由表面O的方向上在第二富Si层S_2上形成第二中间层Z_2。第二中间层Z_2也由铝铁构成,其中大部分是铝,并且还可以额外存在碱土金属和/或过渡金属。同样可以含有痕量的Si还有如不可避免的杂质。第二中间层Z2也是无孔的。

[0095] 第二中间层Z2在其朝向自由表面O的一侧处覆盖有氧化物层OX,该氧化物层主要由铝、硅和碱土金属和/或过渡金属氧化物组成。在此,在热成形构件处平均可以存在最多1.5μm的氧化层厚度。形成在腐蚀保护涂层K的自由表面O处的氧化物层OX的表面以小的数量和彼此间大的距离形成向周围环境敞开的、火山口形的孔P_2。

[0096] 用于对比,由根据EP 2 086 755所述的现有技术的模板覆盖有AlSi涂层的扁钢产品形成构件。其覆层以重量%计由9.5% Si、3.5%Fe以及余量的铝和不可避免的杂质组成,也就是说不含根据本发明添加的类型的碱土金属或过渡金属。

[0097] 扁钢产品的钢基材以重量％计由0.224％ C、0.25％ Si、1.16％ Mn、0.014％ P、0.002％ S、0.039％ Al、0.0034％ N、0.2％ Cr、0.03％ Ti和0.0026％ B组成。

[0098] 在施加金属涂层和成形为扁钢产品之前,为了进行比较而加工的扁钢产品在具有四个区域的连续式炉中进行退火处理,其中设置表6中给出的露点温度TP和退火温度GT。空气比例λ在连续式炉中为0.98。

[0099] 在用于比较而生产的常规构件中也设置五层层结构的腐蚀保护涂层。然而发现,相对于用于比较而生产的常规构件的覆层中的孔数量,在根据本发明生产的构件中氧化物层OX中的孔P2的数量减少至少25％并且扩散层D中的孔P1的数量减少至少40％,与用于比较而制造的常规构件的腐蚀保护涂层的对应层中存在的孔相比。在600s的烘箱中停留时间之后,由孔P1占据的面积在层D中在测量长度为500μm时为300μm^2。

[0100] P2孔的减少导致漆坑的减少,并且改善粘附性和焊接性能。P2孔具有朝向大气的几nm的开口。如果现在构件在热成形后汽车典型地(automobi l itypisch)被进一步加工,则除了大量的清洁步骤之外,它也总是进行阴极浸漆。在此不可避免地发生与水基溶液的接触。在清洁期间,水可以侵入层的孔P2中,因为添加到清洁水中的表面活性剂改善了润湿性并且明显降低了水的表面张力。在阴极浸漆的工艺中,水也可能侵入开放的孔P2中。在这种特殊情况下,清洁水还导致油漆颗粒分离,由于开口的尺寸,油漆颗粒不能侵入孔P2。在烘烤漆层时,存在于孔P2中的水达到沸点,由此导致蒸汽相,该蒸汽相以沸腾延迟的方式爆炸式地穿过漆到达周围环境。通过这些反应形成所谓的漆坑,其除了视觉影响之外还使得漆在腐蚀保护方面的作用明显减少。特别是对于基于铝的覆层,在这样的部位上可导致腐蚀和涂料底层处锈蚀(lackunterwanderung)。在此还对于继续加工特别麻烦的是出现的红锈,所述红锈由于涂层的高铁含量而形成并且在视觉上明显地突出。

[0101] 而且,在存在许多开孔P2的表面的情况下,粘合剂由于其较高的粘度而不能进入到孔P2中。由此可能导致粘合剂与表面的不完全覆盖。在孔的区域中也形成空腔,其结果是粘附性同样变差。

[0102] 存在于层OX中的孔P2还在电阻点焊中导致材料中改变的电流路径,这不利地影响焊接性能。

[0103] 在高的孔数的情况下,附加地存在增大的表面,在热成形工艺中的氧化中水会在该表面处分解。以这种方式,扩散的氢可侵入材料,由此已知这增加了氢诱发裂纹形成的风险。

[0104] 通过在根据本发明的板材构件的制造中实现的出现孔P2的频率的最小化,可有效地降低与常规生产的构件中的孔形成相关的风险。

[0105] 扩散层D中的孔P1的数量的减少也导致在粘合连接中可传递的力的提高并且导致焊接性能的改善。

[0106] P2孔表示为在腐蚀保护涂层K内的空腔。在过高数量的孔的情况下存在的危险是,腐蚀保护涂层K在位于扩散层D和第一富Si层S1之间的边界区域中破裂,从而使得粘合缝也提早失效。利用根据本发明实现的孔P1的数量减少,粘合连接的力传递所通过的面积提高了超过60％,并且因此相应地降低了分层断裂的风险。

[0107] 为了证实本发明的效果,由六个钢ST1-ST6(其组成在表1中给出)以常规方式制成分别具有1.5mm厚度的冷轧钢板材(根据本发明方法的工作步骤a))。

[0108] 在九个试验V1-V9中,使这样提供的钢板分别在连续式炉中经受连续退火G1、G2或G3,所述连续式炉具有四个相继连续的区域A、B、C、D。在表2中给出在退火变型方案G1-G3中在区域A-D中设置的露点温度TP_A-TP_D,退火温度GT_A-GT_D以及各退火气氛的氢含量H2和氮含量N2,余量由技术上不可避免的杂质组成(根据本发明方法的工作步骤b))。

[0109] 这样退火的样品分别以常规的方式分别用基于Al的腐蚀保护涂层Z1-Z5以覆盖重量AG涂覆。腐蚀保护涂层Z1-Z5的组成在表3中给出(根据本发明方法的工作步骤c))。

[0110] 在试验V1-V9中,分别设有腐蚀保护涂层Z1-Z5的样品分别在连续式炉中被加热到热成形温度T_{WU},在该温度下,以保持时间t_{WU}保持这些样品(根据本发明方法的工作步骤f))。

[0111] 组成了分别用于试验V1-V9的样品的钢ST1-ST6、在试验V1-V9中分别应用的退火变型方案G1-G3、在试验V1-V9中分别生产的腐蚀保护涂层的组成Z1-Z5及其相应的覆盖重量AG以及在试验V1-V9中分别选择的热成形温度T_{WU}和保持时间t_{WU}在表4中示出。

[0112] 这样加热的样品在相应的3-7s的转移时间内从连续式炉中取出并且置入常规的热成形工具中,在其中它们热成形为构件。随后,分别以270K/s冷却至室温(根据本发明方法的工作步骤g)和h))。

[0113] 由试验V1-V9中获得的构件以本身已知的方式制作三个横断面磨片,为了说明层结构,将其用3%的硝酸浸蚀液(Nital)进行蚀刻。如图1中示例性示出的,产生放大500倍的横断面磨片的图。在相应的图中,在550μm长度区段上,在层OX和D中存在的孔P1、P2被计数。从针对一个样品的相应三个横断面磨片所测定的计数结果中形成算术平均值。为孔P1和P2所测定的数的该算术平均值与以相同方式为对比样品所测定的比较值进行比较。

[0114] 由该比较得出,由本发明得到的孔数P1和P2的相对减少在表5中给出。同样,在表5中,说明了漆坑在各个样品的总面积中的份额、分层面积的减少以及根据钢铁检测手册SEP 1220-2确定的焊接区域。大于1kA的焊接区域已经被划级为“正常的”。

[0115] 表1

[0116]

钢	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	Ti	B
A	0.08	0.33	0.95	0.025	0.02	0.013	0.09	0.01	0.005
B	0.23	0.38	1.3	0.02	0.007	0.013	-	0.03	0.004
C	0.38	0.37	1.38	0.02	0.008	0.013	-	0.1	0.005
D	0.2	0.35	1.35	0.02	0.008	0.012	-	0.02	0.004
E	0.14	0.25	1.07	0.1	0.001	0.08	0.025	0.01	0.002
F	0.24	0.3	1.3	0.022	0.008	0.012	-	0.02	0.004

[0117] 以重量%说明,余量为Fe和不可避免的杂质

[0118] 表2

[0119]

退火	λ值	露点温度 TP [℃]				退火温度GT [℃]				退火气氛GA [体积%]	
		A	B	C	D	A	B	C	D	H2	N2
G1	1.05	-25	-40	-40	-20	880	880	850	800	7	91
G2	1.1	-20	-40	-45	-25	890	890	830	800	10	87
G3	0.95	-12	-30	-47	-22	890	900	900	820	5	92

[0120] 表3

[0121]

腐蚀保护涂层	Mg	Si	Fe
Z1	0.3	9.5	3
Z2	0.5	8	3.5
Z3	0.1	10	3
Z4	2	8	2
Z5	0.8	8	3

[0122] 以重量%说明,余量为Al和不可避免的杂质

[0123]

表 4 试验	钢	退火	腐蚀保护涂层	AG [g/m^2]	T_{WU} [℃]	t_{WU} [s]
V1	A	G1	Z3	69	920	300

[0124]

V2	B	G2	Z2	70	920	180
V3	C	G1	Z3	75	925	360
V4	D	G3	Z5	65	920	420
V5	E	G1	Z1	70	900	300
V6	F	G3	Z4	71	920	360
V7	H	G2	Z1	65	925	360
V8	B	G1	Z3	72	920	300
V9	D	G3	Z2	71	925	300

[0125] 表5

[0126]

试验	孔 P1 的减少	孔 P2 的减少	漆坑	分层断裂面积的减少	焊接区域
	[%]				[kA]
V1	25	50	8.4	67	1.1
V2	30	75	10.5	70	1
V3	28	43	9.5	62	1.2
V4	35	52	10.9	60	1.1
V5	33	60	11.6	65	1.2
V6	25	58	7.8	63	1
V7	37	57	12.5	60	1.1
V8	33	70	11.6	70	1
V9	28	65	9.5	69	1.2

[0127] 表6

[0128]

区域	T_P [℃]	T_G [℃]
A	-30	750
B	-23	780
C	-25	780
D	-35	740

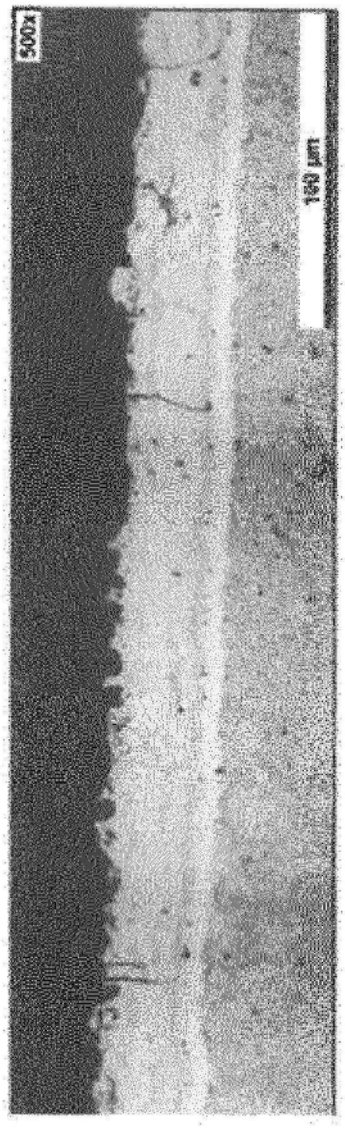


图1

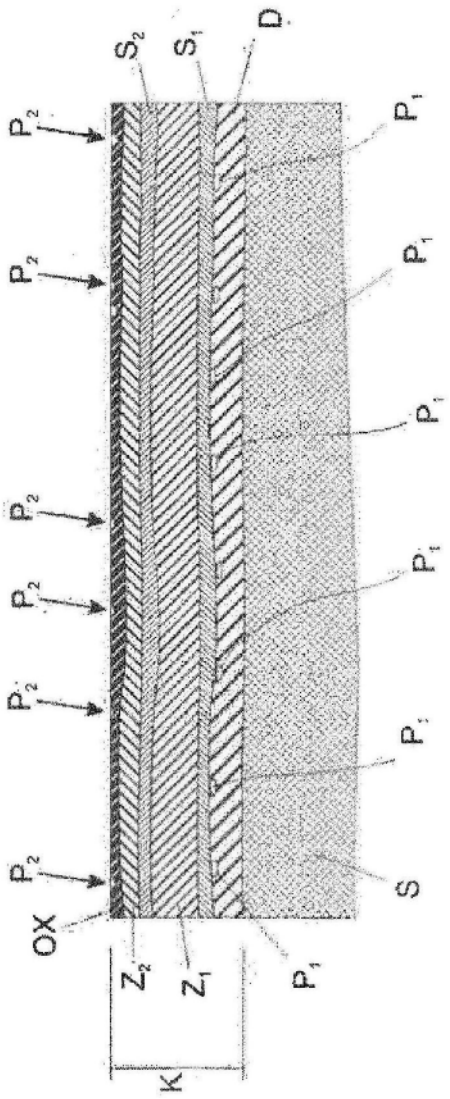


图2