



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 114686777 A

(43) 申请公布日 2022.07.01

(21) 申请号 202111680357.5

(22) 申请日 2018.07.11

(30) 优先权数据

PCT/EP2017/068522 2017.07.21 EP

(62) 分案原申请数据

201880048391.0 2018.07.11

(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

申请人 蒂森克虏伯股份公司

(72) 发明人 贝恩德·林克 马里亚·科耶尔

曼努埃拉·鲁滕贝里

(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.

C22C 38/38 (2006.01)

C22C 38/28 (2006.01)

C22C 38/24 (2006.01)

C22C 38/32 (2006.01)

C22C 38/22 (2006.01)

C22C 38/20 (2006.01)

C22C 38/26 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C22C 38/42 (2006.01)

C22C 38/44 (2006.01)

C22C 38/46 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

C22C 38/54 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 1/26 (2006.01)

C23C 2/12 (2006.01)

权利要求书2页 说明书13页

(54) 发明名称

具有良好耐老化性的扁钢产品及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种适用于加压淬火、经涂覆的扁钢产品及其制造方法,扁钢产品具有特别良好的耐老化性。除铁和不可避免的杂质以外,扁钢产品的钢由以下组成(以重量%计):0.10-0.4% C、0.05-0.5% Si、0.5-3.0% Mn、0.01-0.2% Al、0.005-1.0% Cr、0.002-0.009% V、0.023-0.038% Ti、 $\leq 0.1\%$ P、 $\leq 0.05\%$ S、 $\leq 0.02\%$ N以及按以下含量“B、Nb、Ni、Cu、Mo、W”中任选一种或多种元素B:0.0005-0.01%、Nb:0.001-0.1%、Ni:0.01-0.4%、Cu:0.01-0.8%、Mo:0.002-1.0%、W:0.001-1.0%。扁钢产品具有连续延伸的屈服强度或在上屈服强度值和下屈服强度值之间的屈服强度差最高为45Mpa,至少11.5%的均匀伸长率Ag。

1. 适用于加压淬火的、经基于铝的合金涂覆的扁钢产品，
其中所述扁钢产品的钢基板的钢由以下组成，以重量%计：

C:0.10-0.4%，

Si:0.05-0.5%，

Mn:0.5-3.0%，

Al:0.01-0.2%，

Cr:0.005-1.0%，

V:0.002-0.009%，

Ti:0.023-0.038%，

P:≤0.1%，

S:≤0.05%，

N:≤0.02%，

以及按以下含量的“B、Nb、Ni、Cu、Mo、W”中任选的一种或多种元素

B:0.0005-0.01%，

Nb:0.001-0.1%，

Ni:0.01-0.4%，

Cu:0.01-0.8%，

Mo:0.002-1.0%，

W:0.001-1.0%，

其余为铁和不可避免的杂质，并且其中，

所述扁钢产品具有连续延伸的屈服强度(Rp0.2)，或所述屈服强度在上屈服强度值(ReH)和下屈服强度值(ReL)之间的差(ΔRe)最高为45Mpa。

2. 根据权利要求1所述的扁钢产品，其特征在于，所述扁钢产品具有至少11.5%的均匀伸长率Ag。

3. 根据权利要求1所述的扁钢产品，其特征在于，所述扁钢产品的钢基板的钢的碳含量为最高0.3重量%。

4. 根据前述权利要求中任意一项所述的扁钢产品，其特征在于，位于钢基材上的腐蚀保护涂层组成为3-15重量%的硅、至高5重量%的铁、至高0.5重量%的不可避免的杂质和余量的铝。

5. 一种用于制造适合于热成型的扁钢产品的方法，包括以下步骤：

a. 提供板坯或薄板坯，其由以下组成(以重量%计)：0.10-0.4%C、0.05-0.5%Si、0.5-3.0%Mn、0.01-0.2%Al、0.005-1.0%Cr、0.002-0.009%V、0.023-0.038%Ti、≤0.1%P、≤0.05%S、≤0.02%N以及按以下含量的“B、Nb、Ni、Cu、Mo、W”中任选的一种或多种元素，B：0.0005-0.01%、Nb：0.001-0.1%、Ni：0.01-0.4%、Cu：0.01-0.8%、Mo：0.002-1.0%、W：0.001-1.0%，余量为铁和不可避免的杂质；

b. 在1100-1400℃的温度(T1)下充分加热所述板坯或薄板坯；

c. 任选地将充分加热的板坯或薄板坯预轧制成具有1000-1200℃的中间产品温度(T2)的中间产品；

d. 热轧成经热轧的扁钢产品，其中终点轧制温度(T3)为750-1000℃；

- e. 任选地缠绕该经热轧的扁钢产品,其中缠绕温度(T4)最高为700℃;
- f. 对经热轧的扁钢产品去氧化皮;
- g. 任选地冷轧扁钢产品,其中冷轧度至少为30%;
- h. 在650-900℃的退火温度(T5)下将所述扁钢产品退火;
- i. 将该扁钢产品冷却至预冷却温度(T6),所述预冷却温度为600-800℃;
- j. 借助于连续热浸镀以基于铝的合金为该扁钢产品涂覆腐蚀保护层;
- k. 将经涂覆的扁钢产品冷却至室温,其中在600℃至450℃之间的温度范围内以最高25K/s的平均冷却速率(CR1)进行冷却,且在400℃至220℃之间的温度范围内以最高20K/s的平均冷却速率(CR2)进行冷却,并且在400℃至220℃的温度范围内以比在600℃至450℃的温度范围内更低的冷却速率来冷却;
- 1. 任选地平整该经涂覆的扁钢产品。
- 6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,工作步骤h中的退火温度(T5)为至少720℃。
- 7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,在600℃和450℃之间的平均冷却速率(CR1)最高为18K/s。
- 8. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,在400℃和220℃之间的平均冷却速率(CR2)最高为14K/s。
- 9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,在400℃和220℃之间的平均冷却速率(CR2)最高为9.5K/s。
- 10. 根据权利要求5至9中任意一项所述的方法,其特征在于,含有待施加到扁钢产品上的液态形式的腐蚀保护涂层的熔融浴除了铝以外,还含有3-15重量%的硅、至高5重量%的铁和至高0.5重量%的不可避免的杂质,其中上述组分的总和为100重量%。

具有良好耐老化性的扁钢产品及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种适合于加压淬火的经涂覆的扁钢产品及其制造方法,所述扁钢产品具有特别良好的耐老化性。

背景技术

[0002] 当本发明提及“扁钢产品”时,由此意为钢带、钢板或由此获得的板坯等。板坯通常理解为可具有比钢带或钢片(板坯由其产生)更复杂的轮廓。

[0003] 对在车身构造中使用的钢的机械性质方面还有其加工表现方面提出高的要求。用于变形为钢构件的扁钢产品经过不同的制造步骤。此外它将冷变形。这可通过例如矫直、剪裁或成形来进行。良好的冷成形表现另外显示良好的尺寸精度、剪裁边缘的品质以及冷成形零件的匀称的表面。通过具有低屈服强度和高均匀伸长率的钢来促进良好的冷成形表现。在加工中被证实特别有利的在此为屈服强度理想地连续地走向或仅出现弱的屈服强度。连续走向的屈服强度还经常称为延伸极限。

[0004] 钢的老化是由铁素体中的游离碳引起的。在高于300℃的温度下,碳在铁素体中的溶解度明显大于在室温下的溶解度,从而产生一定的游离碳含量。通常在涂覆过程中,例如在热浸镀中达到高于300℃的温度。因此,在对于涂覆过程典型的温度-时间曲线中,碳可在钢中扩散。于是在室温下,游离碳的含量明显大于平衡含量,因为接近热力学平衡需要比在涂覆之后冷却至室温期间可用的时间更长的时间段。因此在室温下,铁素体非常强烈地碳过饱和。然而,作为间隙合金元素,碳即使在室温下也可以非常缓慢地扩散,并且积聚在缺陷处,例如另外还在位错处。这种现象也被称为老化,并且沉积在缺陷处的间隙溶解的原子被称为科特雷尔(Cottrell)云。位错被碳阻挡,从而产生明显的屈服强度,这对于冷成形是非常不期望的。此外,扁钢产品的矫直由于不连续的变形表现而变得困难。增加的变形阻力导致在板坯剪裁时增加的工具磨损,且随后可能的深冲冷成形导致不平坦的、不匀称的表面。在这方面,应尽可能阻止或至少减轻由于游离碳而导致的钢老化。

[0005] 在EP 2848709 A1中已知一种扁钢产品,该扁钢产品由一种钢形成,该钢包含0.2-0.5重量%的C、0.5-3.0重量%的Mn、0.002-0.004重量%的B以及“Si、Cr、Al、Ti”中任选地一种或多种元素的以下含量:0.1-0.3重量%Si、0.1-0.5重量%Cr、0.02-0.05重量%Al、0.025-0.04重量%Ti。该扁钢产品用由铝-锌合金形成的腐蚀保护涂层涂覆。经涂覆的扁钢产品设置用于借助加压淬火制造构件。相应获得的扁钢产品仅在很小的程度上耐老化并且在涂覆和老化后具有强烈显现的屈服强度。

[0006] 从EP 2 631 307 A1中还已知一种钢板,以质量%为单位,其由0.18-0.35%的C、1.0-3.0%的Mn、0.01-1.0%的Si、0.001-0.02%的P、0.0005-0.01%的S、0.001-0.01%的N、0.01-1.0%的Al、0.005-0.2%的Ti、0.0002-0.005%的B和0.002-2.0%的Cr以及剩余的Fe和不可避免的杂质组成,其中,以体积%计,在该扁钢产品的组织结构中,铁素体的比例为50%以上,未再结晶铁素体的比例为30%以上。这里有, $Cr_{\odot}/Cr_M$ 的比例 ≤ 2 ,其中 $Cr_{\odot}$ 是Cr在碳化铁中固溶体中的浓度, Cr_M 是Cr在基体材料中固溶体中的浓度,或 $Mn_{\odot}/Mn_M \leq 10$,其

中 $Mn_{\odot}$ 是Mn在碳化铁中固溶体中的浓度,而 Mn_M 是Mn在基体材料中固溶体中的浓度。

[0007] 从D2:EP 2 703 511 A1还已知一种用于通过热压成型获得的部件的钢板。以质量%为单位,该钢板由0.10-0.35%的C、0.01-1.0%的Si、0.3-2.3%的Mn、0.01-0.5%的Al、 $\leq 0.03\%$ 的P、 $\leq 0.02\%$ S、 $\leq 0.1\%$ 的N、其余的Fe和不可避免的杂质组成。存在于钢板组织结构中从表面延伸到钢板厚度的1/4区域中的碳化铁直径的标准偏差应为 $\leq 0.8\text{mm}$ 。为了防止腐蚀,可以为板材设置连续施加的AlSi 保护层。

[0008] 最后,从JP 53-87073B2已知一种用于热压的钢板,其具有足够的强度和高延展性,因此适用于机器结构部件,例如车身结构部件和框架覆层部件。为此,以质量%计,该钢板含有0.15至0.45%的 C、0.5至3.0%的Mn+Cr、 $\leq 0.05\%$ 的P、 $\leq 0.03\%$ 的S、 $\leq 0.5\%$ 的Si和 $\leq 1\%$ 的Al。其同时具有碳化物分散在铁素体中的组织结构,其中铁素体的平均粒径D(μm)为3~13 μm ,分散的碳化物的平均开口间距($\text{\ddot{O}ffnungsintervalle}$) λ (μm) $\leq 5\mu\text{m}$ 并且同时满足条件 $D < 90\lambda^2$ 。这样得到的钢板应屈服强度 $R_{p0.2}$ 为310~400MPa,抗拉强度 $\geq 400\text{MPa}$,均匀伸长率 $\geq 12\%$,总伸长率 $\geq 20\%$ 。

发明内容

[0009] 本发明的任务在于,提供一种适用于加压淬火的、具有良好的耐老化性的经涂覆的扁钢产品及其制造方法。

[0010] 关于扁钢产品的任务通过具有权利要求1中给出的特征的扁钢产品来解决。本发明扁钢产品的有利和优选的设计方案在引用权利要求1的权利要求中给出。关于方法的任务通过具有在权利要求5中所述的特征的方法来解决。根据本发明的方法的有利的且优选的设计方案在引用权利要求5的权利要求中给出。

[0011] 当在此作出合金含量和组成的规定时,只要没有其它说明,这些规定涉及重量或质量。

[0012] 在本发明的扁钢产品中的碳延迟地作用于铁素体和贝氏体的形成。同时,奥氏体得到稳定并且Ac3温度下降。将本发明扁钢产品的钢的碳含量限制在0.10至0.4重量%。必需至少0.10重量%的碳含量来确保扁钢产品的可淬火性和加压淬火产品的抗拉强度至少1000Mpa。如果要追求更高的强度水平,则优选将C含量设定为至少0.15重量%。如果将C含量进一步提高到至少0.19重量%,尤其是至少0.205重量%的值,则可进一步改善可淬火性,以至于扁钢产品具有可淬火性和强度的非常好的结合。然而,碳含量大于0.4重量%对扁钢产品的机械性质有不利的影响,因为在加压淬火期间,C含量大于0.4重量%会促进脆性马氏体的形成。此外,通过高的C含量可不利地影响可焊接性。为了提高可焊接性,碳含量可优选设定为最高0.3重量%。在最高0.25重量%,特别是最高0.235重量%的C含量下,可焊接性可再次明显改善,且另外在根据VDA238-100的弯曲测试中,在加压淬火的状态下获得力吸收和最大弯曲角度的良好比例。

[0013] 硅用于通过固溶强化来进一步提高扁钢产品的可淬火性以及加压淬火产品的强度。此外,硅使得使用铁硅锰作为合金剂成为可能,这对生产成本有利地影响。从0.05重量%的Si含量起,已经出现硬化作用。从至少0.15重量%、尤其是至少0.20重量%的Si含量起,出现显著升高的强度。高于0.5重量%的Si含量不利地影响涂层表现,尤其在Al基涂层的情况下。优选设定最高0.4重量%,尤其最高0.30%的Si含量,以改善经涂覆的扁钢产品

的表面品质。

[0014] 锰通过强烈延迟铁素体和贝氏体的形成而充当硬化元素。在锰含量小于0.5重量%的情况下,在加压淬火期间即使在非常快的冷却速度下也形成铁素体和贝氏体,这是应该避免的。如果应该确保尤其在较大变形区域内的马氏体结构,则优选至少0.9重量%、尤其至少 1.10重量%的Mn含量。高于3.0重量%的锰含量对加工性质有不利作用,因此将根据本发明的扁钢产品的Mn含量限制在最高3.0重量%。首先,可焊接性被强烈限制,因此Mn含量优选限制在最高1.6重量%,且尤其1.30重量%。另外,出于经济原因,优选锰含量小于或等于 1.6重量%。

[0015] 将铝用作脱氧剂来结合氧。此外,铝阻止渗碳体的形成。为了可靠地结合氧,在钢中需要至少0.01重量%,特别是至少0.02重量%的铝。然而,由于Ac3温度也随着Al合金含量的升高而明显向上移动,所以将Al含量限制在0.2重量%。从0.2重量%的含量起,Al在加压淬火之前过于强烈地阻碍向奥氏体的转化,以至于奥氏体化不再能够时间和能量有效地进行。对于在加压淬火之前为了奥氏体化而设定的850-950℃的常见炉温,优选设定最高0.1重量%、尤其最高0.05重量%的Al含量,以使钢完全奥氏体化。

[0016] 铬以0.005-1.0重量%的含量添加到根据本发明扁钢产品的钢中。铬通过在加压淬火期间减慢扩散转化而影响扁钢产品的可淬火性。铬在本发明的扁钢产品中从0.005重量%的含量起有利地作用于可淬火性,其中至少0.1重量%、尤其至少0.18重量%的Cr含量对于可靠的过程控制是优选的,尤其是用于阻止贝氏体形成。如果钢包含大于 1.0重量%的铬,则将恶化涂层表现。为了获得良好的表面品质,Cr 含量可优选限制在最高0.4重量%,尤其最高0.28重量%。

[0017] 铬是碳化物形成体并且本身降低了扁钢产品中存在的溶解的碳的份额。这主要在扁钢产品以最高25K/s或最高20K/s的冷却速度缓慢冷却时出现,如在经涂覆的扁钢产品冷却到室温时在600℃和450℃之间的温度范围内或在400℃和220℃之间的温度范围内进行的那样。通过铬结合的碳原子不扩散到位错中并且不阻挡位错,使得明显屈服强度的形成被降低或完全抑制。在此,如此选择Cr含量使得进行涂覆过程时,在涂覆之前只有少量碳通过铬结合并且主要在涂覆之后进行的冷却期间形成碳化铬。碳化铬是其它析出物(例如碳化钒)的优选的晶核并且反之亦然。这导致仍然游离的碳更快速地结合,从而进一步减少或完全抑制形成明显屈服强度。

[0018] 钒(V)在根据本发明的扁钢产品的钢中具有特殊的意义。钒是一种高碳亲和性的元素。当钒游离时,即以未结合状态或溶解状态存在时,它可以以碳化物或簇的形式来结合过饱和溶解的碳,或者至少降低其扩散速度。在此重要的是,V以溶解状态存在。令人惊讶地,尤其非常低的V含量已被证明对于耐老化性是特别有利的。在较高的 V含量下,在较高的温度下就可能形成较大的碳化钒,然后在650-900℃的温度下不再溶解,所述650-900℃的温度对于热浸镀设备的连续退火是典型的。0.001重量%的最少量的钒就已经可以在位错积聚时阻碍游离碳。从0.2重量%的V含量开始,不再出现通过钒对耐老化性的改善。钒的抑制老化作用在含量至高0.009重量%时特别明显,其中从0.002重量%的优选含量开始设置有最大效果。为了特别可靠地利用钒的抑制老化作用,在优选的实施方案中,钒含量可以限制在最高0.004重量%,特别在最高0.003重量%。在含量大于0.009重量%的情况下,碳化钒的形成增多。从在钢中0.009重量%的钒含量起,碳化钒在700至900℃的温度下可能不

溶解,所述700至900℃的温度例如典型用于热浸镀设备中的退火温度。随着钒含量的增加,不可避免地提供更多的游离钒,因为碳化钒的析出动力学一直加速,使得虽然碳化钒变得更大和更稳定,但是溶解的钒的份额不再增加。这种效果尤其在含量超过0.030重量%时出现,因此含量优选设定为最高 0.030重量%的值。因为钒除了减少老化效应之外还有助于通过析出强化来提高强度,所以可优选设定至高0.2重量%的更高含量用于提高强度。根据本发明的扁钢产品的钢的钒含量一方面出于成本原因限制在最高0.2重量%。另一方面,较高的含量不会导致机械性质的显著改善。

[0019] 磷(P)和硫(S)是作为杂质通过铁矿石夹带在钢中的元素,并且在工业钢制造过程中不能完全去除。P含量和S含量应该保持尽可能小,因为机械性质例如冲击功(Kerbschlagarbeit)随着P含量或S含量的增加而恶化。此外,从0.1重量%的P含量起出现马氏体的增加的脆化,因此将根据本发明的扁钢产品的P含量限制在最高 0.1重量%,尤其最高0.02重量%。根据本发明的扁钢产品的S含量限制在最高0.05重量%,尤其最高0.003重量%。

[0020] 氮(N)由于钢制造方法而少量存在于钢中。N含量保持尽可能小且应该最高为0.02重量%。尤其是在含有硼的合金中,氮是有害的,因为氮通过形成氮化硼而阻止硼的转化延缓效应,因此在此情况中,氮含量优选应为最高0.01重量%,尤其最高0.007重量%。

[0021] 硼、钛、铌、镍、铜、钼和钨可任选地各自单独或彼此组合地加合金到根据本发明的扁钢产品的钢中。

[0022] 硼可任选地加合金以改善扁钢产品的可淬火性,其方式为,在奥氏体晶界上积聚的硼原子或硼析出物减少晶界能量,由此抑制在加压淬火期间铁素体的成核。在含量为至少0.0005重量%,尤其至少 0.0020重量%时,出现对可淬火性的显著影响。相反,当含量超过0.01 重量%时,形成增加的碳化硼、氮化硼或碳氮化硼,这还成为铁素体成核的优选晶核点,并再次降低淬火效应。出于这个原因,将硼含量限制在最高0.01重量%,尤其最高0.0035重量%。当将硼加合金时,优选将钛也添加合金以结合氮。在此情况下,Ti含量优选应该至少为氮含量的3.42倍。

[0023] 钛(Ti)是微合金元素,其可任选地加合金以有助于晶粒细化。此外,钛与氮形成粗氮化钛,因此Ti含量应该保持相对较低。钛与氮结合,使得硼能够发挥其强烈的铁素体抑制作用。对于氮的充分结合,需要至少氮含量的3.42倍,其中为了充分的可用性,添加至少0.023重量%的Ti。从0.1重量%的Ti起,可冷轧性和可再结晶性明显恶化,因此应当避免更大的Ti含量。为了提高可冷轧性,将Ti 含量限制在0.038重量%。

[0024] 铌(Nb)可任选地被加合金,以从0.001重量%的含量起有助于晶粒细化。然而,铌使钢的可再结晶性恶化。在Nb含量超过0.1重量%时,钢不再能在常见的贯通炉中在热涂覆之前再结晶。为了降低可再结晶性恶化的风险,可将Nb含量优选限制在0.003重量%。

[0025] 铜(Cu)可任选地加合金,以在添加至少0.01重量%时提高可淬火性。此外,铜改善了未经涂覆的板材或剪裁边缘针对大气腐蚀的抗性。从0.8重量%的含量起,可热轧性由于表面上的低熔点的Cu 相而明显恶化,因此将Cu含量限制在最高0.8重量%,优选最高0.10重量%。

[0026] 镍(Ni)使奥氏体相稳定,并且可以任选地加合金,以降低Ac3 温度并抑制铁素体和贝氏体的形成。此外,镍对可热轧性有积极的影响,尤其当钢含有铜时。铜使可热轧性恶

化。为了对抗铜对可热轧性的负面影响,0.01重量%的镍可加合金到钢中。出于经济原因,镍含量应该保持限制在最高0.4重量%,尤其最高0.10重量%。

[0027] 为了改善过程稳定性,钼(Mo)可任选地加合金,因为它显著地减慢了铁素体的形成。从0.002重量%的含量起,在晶界上动态地形成钼碳簇直至超细碳化钼,这显著减慢了晶界的移动性以及因此减慢了扩散的相转化。此外,通过钼减少晶界能量,这降低了铁素体的成核率。由于与钼合金相关的高成本,含量应该最高为1.0重量%,优选最高为0.1重量%。

[0028] 为了减慢铁素体的形成,钨(W)可以0.001-1.0重量%的含量任选地加合金。对可淬火性的积极效果在至少0.001重量%的W含量下就已经获得。出于成本原因,最多1.0重量%的钨加合金。

[0029] 根据本发明的扁钢产品在涂覆之后具有至少11.5%的高的均匀伸长率 A_g 。根据本发明的扁钢产品的屈服强度具有连续的走向或仅具有小的明显(Ausprägung)。在本发明的意义上,连续的走向意味着不存在明显屈服强度。具有连续走向的屈服强度也可称为延伸极限 $R_{p0.2}$ 。具有较小明显屈服强度在此理解为明显屈服强度,其中,上屈服强度值 ReH 与下屈服强度值 ReL 之间的差 ΔRe 最高为45MPa。适用:

[0030] $\Delta Re = (ReH - ReL) \leq 45MPa$,其中 ReH =以MPa计的上屈服强度,和 ReL =以MPa计的下屈服强度。

[0031] 在扁钢产品中可实现特别好的耐老化性,对于该扁钢产品,差 ΔRe 最大为25Mpa。

[0032] 用于制造适用于加压淬火的、具有特别好的耐老化性的经涂覆的扁钢产品的根据本发明的方法包括在权利要求5中给出的工作步骤。

[0033] 在工作步骤a)中提供一种对应于根据本发明的为扁钢产品预先给定的合金而构成的半成品。这可为在常规的板坯连续铸造或薄板坯连续铸造中生产的板坯。

[0034] 在工作步骤b)中,半成品在1100-1400°C的温度(T_1)下被充分加热。如果半成品在浇铸之后冷却,则为了充分加热首先将半成品重新加热到1100-1400°C。充分加热温度应为至少1100°C,以确保后续轧制过程的良好可变形性。充分加热温度不应该大于1400°C,以避免在半成品中的部分熔融相。

[0035] 在任选的工作步骤c)中,将半成品预轧制成中间产品。薄板坯通常不经受预轧制。应该轧制成热轧带材的厚板坯在需要时可经受预轧制。在此情况下,中间产品的温度(T_2)在预轧制结束时应该至少为1000°C,由此使中间产品包含足够的热量用于终轧制的后续工作步骤。然而高的轧制温度也可在轧制过程期间促进晶粒生长,这不利地影响扁钢产品的机械性质。为了在轧制过程期间保持少的晶粒生长,在预轧制结束时中间产品的温度应该不大于1200°C。

[0036] 在工作步骤d)中,将板坯或薄板坯轧制成经热轧的扁钢产品,或者如果执行了工作步骤c),则将中间产品轧制成经热轧的扁钢产品。如果执行工作步骤c),则将中间产品直接在预轧制之后进行终轧制。典型地,最迟在预轧制结束之后90s开始终轧制。将板坯、薄板坯或者中间产品(如果执行了工作步骤c))在终点轧制温度(T_3)下轧制。终点轧制温度(即在热轧过程结束时完成热轧的扁钢产品的温度)为750-1000°C。当终点轧制温度小于750°C时,游离钒的量减少,因为析出了较大量的碳化钒。在终轧制中析出的碳化钒是非常大的。它们典型地具有30nm或更大的平均粒度,并且在随后的退火过程中不再溶解,例如在热浸

镀进行之前的那样。终点轧制温度限制在最高1000℃的值,以阻止奥氏体晶粒的粗糙化。此外,最高1000℃的终点轧制温度对于设定小于700℃的缠绕温度(T4)是至关重要的。

[0037] 扁钢产品的热轧可作为连续的热带材轧制进行,或作为反向轧制进行。工作步骤e)对于连续热带材轧制的情况设置有任选地缠绕经热轧的扁钢产品。为此,在热轧之后将热带材在小于50秒的时间内冷却至缠绕温度(T4)。为此,可使用例如水、空气或两者的组合作为冷却介质。缠绕温度(T4)应该最高为700℃,以避免形成大的碳化钒。缠绕温度原则上不设下限。然而,已被证明至少500℃的缠绕温度对于可冷轧性是有利的。随后,将经缠绕的热带材以常规方式处于空气冷却至室温。

[0038] 在工作步骤f)中,经热轧的扁钢产品以常规方式通过酸洗或通过其它合适的处理来去氧化皮。

[0039] 清洁了氧化皮的经热轧的扁钢产品可在工作步骤g)中的退火处理之前经受任选的冷轧,以例如满足扁钢产品在厚度公差上的较高要求。冷轧度(KWG)在此应该至少为30%,以将足够的变形能量引入扁钢产品中用于快速再结晶。在此,冷轧度KWG理解为冷轧中的厚度减小 Δd_{KW} 除以热带材厚度d的商:

[0040] $KWG = \Delta d_{KW} / d$

[0041] 其中 Δd_{KW} =冷轧时以mm计的厚度减小且d=以mm计的热带材厚度,其中厚度减小 Δd_{KW} 是由冷轧前的扁钢产品的厚度与冷轧后的扁钢产品的厚度的差得出的。冷轧前的扁钢产品通常为热带材厚度d的热带材。冷轧之后的扁钢产品通常也称为冷带材。冷轧度原则上可以取超过90%的非常高的值。然而,已经证明最高80%的冷轧度有利于避免带材裂纹。

[0042] 在工作步骤h)中,扁钢产品在650-900℃的退火温度(T5)下经受退火处理。为此,扁钢产品首先在10至120s内加热至退火温度,然后在退火温度下保持30至600s。退火温度为至少650℃,优选至少720℃,以将钒保持在溶液中。在热力学上观察,碳化钒在0.002重量%的V含量和高于650℃的温度下析出,或已经形成的碳化钒不再溶解。然而,非常细的碳化钒由于其高表面能而在热力学上不稳定。在本发明中利用此效应,以在650-900℃的温度下使钒溶解或将已经溶解的钒保持在溶液中,这对扁钢产品的耐老化性起到积极的作用。在900℃之上的退火温度下,老化稳定性没有得到改善,因此将退火温度也出于经济原因限制在900℃。

[0043] 在工作步骤i)中,在退火之后,将扁钢产品冷却至预冷却温度(T6)以将它准备用于随后的涂覆处理。预冷却温度小于退火温度,并且与涂覆浴的温度相匹配。预冷却温度为600-800℃,优选至少640℃,特别优选最高700℃。退火的扁钢产品从退火温度T5冷却至预冷却温度T6的持续时间优选为10-180s。

[0044] 扁钢产品在工作步骤j)经受涂覆处理。涂覆处理优选借助连续的热浸镀进行。可将涂层仅施加在扁钢产品的一面、两面或所有的面上。涂覆处理优选作为热浸镀工艺、尤其作为连续工艺进行。在此,扁钢产品通常在所有侧面上与熔融浴接触,从而涂覆所有侧面。含有待施加到扁钢产品上的液态形式的合金的熔融浴典型地具有640-720℃的温度(T7)。已经证实,基于铝的合金特别适合用于涂覆具有腐蚀保护涂层的耐老化的扁钢产品。含有待施加到扁钢产品上的液态形式的腐蚀保护涂层的熔融浴除了铝以外,还典型地含有3-15重量%的硅、优选9-12重量%的硅、至高5重量%的铁和至高0.5重量%的不可避免的杂

质,其中上述组分的总和为100重量%。不可避免的杂质在此例如为不可避免的铬、锰、钙或锡的部分。

[0045] 在涂覆处理之后,在工作步骤k)中将经涂覆的扁钢产品冷却到室温。在此,如此调节冷却速率,使得能够将尽可能大份额的过饱和溶解的碳通过钒结合。因此,平均冷却速率(CR1)应该在对于钒的析出动力学最优的温度范围内,所述温度范围对于具有根据本发明的组成的扁钢产品在600°C至450°C之间,所述平均冷却速率(CR1)最高为25K/s、优选最高18K/s、特别优选最高12K/s。

[0046] 当在400°C至220°C的温度范围内以比在600°C至450°C的温度范围内更低的冷却速率来冷却时,游离碳通过钒结合的规模增加。因此,在400°C和220°C之间的平均冷却速率(CR2)最高为20K/s、优选14K/s、特别优选至多9.5K/s。在400°C和220°C之间的温度范围中,扁钢产品的游离碳还具有足以与钒再结合的扩散速度,这有利于游离碳的结合。此外,在该温度范围中,用于碳化钒生长的驱动力特别高,由此同样结合了游离碳。这尤其适用于0.002-0.009重量%的V含量。

[0047] 此外,在400°C和220°C之间的温度范围内,用于形成碳化铁的驱动力特别高,碳化铁优选在微合金元素(如钒、铌或钛)的已经存在的碳化物上产生。通过形成碳化铁同样结合了游离碳,这有利地作用于老化表现。在退火温度和600°C之间、在450°C和400°C之间以及在220°C和室温之间的温度范围中,冷却速率对耐老化性没有显著影响。出于工艺技术的原因,在退火温度和600°C之间以及在450°C和400°C之间优选设定最高25K/s的平均冷却速率,并且在220°C和室温之间设定最高20K/s的平均冷却速率。出于经济原因,优选在各个温度范围内的平均冷却速率各自至少为0.1K/s。平均冷却速率在此理解为平均计算的冷却速率,其由所观察的冷却温度范围的温度差除以在此温度范围中的冷却所需的时间的商来纯算数地得出。这例如对于从温度TX冷却到温度TY:其中TX为冷却开始时的温度(单位为K),TY为冷却结束时的温度(单位为K), Δt 为从TX冷却到TY的持续时间(单位为秒)。

[0048] 原则上,冷却可以以任意的速率进行,因为游离碳的比例连续降低,这改善了老化倾向。由于技术情况和出于经济原因,整个冷却过程的冷却速率可向下限制在典型的至少0.1K/s的值,所述整个冷却过程即经涂覆的扁钢产品在从涂覆浴中出来后直至达到室温的冷却。

[0049] 在冷却之后位于钢基材上的腐蚀保护涂层典型地含有3-15重量%的硅、优选9-12重量%的硅、特别优选9-10重量%的硅、至多5重量%的铁、至多0.5重量%的不可避免的杂质和余量的铝。在此,不可避免的杂质例如可为不可避免的铬、锰、钙或锡部分。涂层的组成可借助于例如辉光放电光谱法(GDOES)来测定。

[0050] 可选地,可使经涂覆的扁钢产品经受平整度至高2%的平整,以改善扁钢产品的表面粗糙度。

[0051] 根据本发明制造的扁钢产品适合于加压淬火并且具有腐蚀保护涂层、至少为11.5%的均匀伸长率 A_g 以及连续的屈服强度或明显屈服强度,在所述明显屈服强度中,上屈服强度和下屈服强度之间的差最高为45MPa。

[0052] 在优选的实施方式中,连续屈服强度或下屈服强度为至少380MPa、优选至少400MPa、尤其大于400MPa、特别优选至少410MPa并且非常特别优选至少420MPa。

[0053] 在另一优选的实施方案中,扁钢产品具有至少540MPa、特别优选至少550MPa并且

非常特别优选至少560MPa的抗拉强度。

具体实施方式

[0054] 下面借助实施例进一步阐述本发明。

[0055] 为了证实本发明的效果,进行了多个试验。为此,生产具有表1 中给出的组成的板坯,其具有200-280mm的厚度和1000-1200mm 的宽度,在加热炉中加热到各自的温度T1,并在30和450min之间保持T1,直到板坯中心的温度达到T1,并且由此将板坯充分加热。制造参数在表2中给出。板坯以各自的充分加热温度T1从加热炉移出并经受热轧。该试验作为连续热带材轧制进行。为此首先将板坯预轧制成厚度为40mm的中间产品,其中所述中间产品在预轧制阶段结束时具有各自的中间产品温度T2,所述中间产品在热带材轧制中也可称为预带材。将所述预带材在预轧制之后直接送至终轧制,使得中间产品温度T2符合用于终轧制阶段的轧制开始温度。将预带材轧制成具有3-7mm最终厚度和表2中给出的各自终点轧制温度T3的热带材,冷却至各自的缠绕温度,并且在各自的缠绕温度T4下卷绕成卷材,然后在静止空气中冷却。在热带材经受具有表2中给出的冷轧度的冷轧之前,以常规方式借助于酸洗对热带材去氧化皮。经冷轧的扁钢产品在连续退火炉中加热至各自的退火温度T5,并且在其以1K/s 的冷却速率冷却至其各自的预冷却温度T6之前,各自保持在退火温度100s。将具有其各自预冷却温度T6的冷带材递送通过温度T7的熔融涂覆浴。涂覆浴的组成如下:9重量%的Si、2.9重量%的Fe、87.8 重量%的铝和余量的不可避免的杂质。在涂覆之后,以常规方式吹扫经涂覆的带材,由此产生150g/m²的涂覆的覆盖层。首先以10-15K/s 的平均冷却速率将带材冷却到600℃。在600℃到450℃之间以及400℃到220℃之间的进一步的冷却过程中,用在表2中给出的各自冷却速率CR1和CR2来冷却带材。在450℃和400℃之间以及低于220℃时,用各自5-15K/s的冷却速率来冷却带材。

[0056] 在冷却到室温之后,根据DIN EN ISO 6892-1:2009-12,横向于轧制方向从经冷却的钢带上取出样品。根据DIN EN ISO 6892-1:2009-12对样品进行拉伸试验。表3给出拉伸试验的结果。在拉伸试验的范围内测定了以下材料特征值:屈服强度类,其用Re 表示明显屈服强度,用Rp表示连续屈服强度,以及在连续屈服强度中的延伸极限Rp0.2值,在明显屈服强度中的下屈服强度ReL、上屈服强度ReH以及上屈服强度和下屈服强度的差△Re的值,抗拉强度 Rm,均匀伸长率Ag和断裂伸长率A80。所有样品都具有连续屈服强度Rp或仅有上屈服强度和下屈服强度之间的差 △ Re最高41MPa的轻微的明显屈服强度,并且均匀伸长率Ag至少11.5%。在此,对于样品8、12-17、19、21、22和24存在连续的屈服强度Rp并且对于样品1-7、9-11、18、20和23存在明显屈服强度Re。在表3中对于具有明显屈服强度的样品1-7、9-11、18、20和23给出的屈服强度值是在拉伸测试范围内测定的用于下屈服强度ReL的值。表3中针对具有连续屈服强度的样品8、12-17、19、21、22和24给出的值是在拉伸试验范围内测定的延伸极限Rp0.2的值。

[0057]

钢	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	N	V	B	其它
A	0.21	0.22	1.11	0.015	0.0029	0.038	0.19	0.026	0.0045	0.002	0.0022	-
B	0.21	0.22	1.12	0.011	0.0044	0.044	0.19	0.029	0.0032	0.002	0.0022	-
C	0.22	0.23	1.12	0.014	0.0022	0.044	0.23	0.030	0.0039	0.001	0.0027	-
D	0.22	0.23	1.14	0.018	0.0024	0.041	0.20	0.031	0.0036	0.003	0.0029	-
E	0.22	0.25	1.12	0.012	0.0022	0.038	0.22	0.027	0.0044	0.001	0.0024	-
F	0.24	0.27	1.15	0.015	0.0034	0.039	0.23	0.036	0.0044	0.001	0.0026	-
G	0.21	0.24	1.11	0.013	0.0015	0.036	0.20	0.033	0.0051	0.001	0.0024	Mo: 0.0036
H	0.22	0.24	1.13	0.011	0.0030	0.037	0.21	0.028	0.0047	0.002	0.0032	W: 0.002
I	0.22	0.22	1.15	0.011	0.0025	0.032	0.19	0.030	0.0042	0.002	0.0028	-
J	0.21	0.23	1.12	0.015	0.0028	0.036	0.19	0.027	0.0051	0.002	0.0025	-
K	0.21	0.22	1.14	0.018	0.0025	0.038	0.19	0.029	0.0027	0.001	0.0026	-
L	0.22	0.23	1.13	0.017	0.0030	0.036	0.19	0.030	0.0033	0.002	0.0027	Ni: 0.023 Cu: 0.015

[0058] 余量为铁和不可避免的杂质,以重量%给出

[0059] 表1.部分1

[0060]

钢	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ti	N	V	B	其它
M	0.21	0.22	1.11	0.015	0.0026	0.035	0.19	0.026	0.0024	0.002	0.0023	-
N	0.21	0.24	1.11	0.016	0.0020	0.036	0.20	0.026	0.0031	0.002	0.0024	-
O	0.22	0.22	1.19	0.017	0.0014	0.039	0.19	0.029	0.0038	0.001	0.0025	-
P	0.21	0.22	1.11	0.013	0.0030	0.034	0.19	0.028	0.0033	0.001	0.0026	-
Q	0.24	0.27	1.15	0.015	0.0034	0.039	0.23	0.036	0.0044	0.001	0.0026	-
R	0.22	0.23	1.13	0.016	0.0020	0.039	0.20	0.030	0.0031	0.003	0.0029	-
S	0.23	0.25	1.14	0.016	0.0029	0.037	0.21	0.033	0.0056	0.002	0.0034	-
T	0.22	0.23	1.14	0.014	0.0032	0.049	0.21	0.028	0.0035	0.003	0.0025	-
U	0.22	0.23	1.16	0.015	0.0032	0.037	0.20	0.031	0.0048	0.003	0.0029	-
V	0.22	0.23	1.13	0.017	0.0021	0.043	0.22	0.026	0.0033	0.003	0.0027	-
W	0.22	0.23	1.12	0.015	0.0026	0.037	0.20	0.027	0.0044	0.002	0.0027	-
X	0.21	0.23	1.13	0.012	0.0024	0.044	0.22	0.028	0.0042	0.001	0.0030	-

[0061] 余量为铁和不可避免的杂质,以重量%给出

[0062] 表1.部分2

[0063]

试 验 编 号	钢	T1 [° C]	T2 [° C]	T3 [° C]	T4 [° C]	KWG [%]	T5 [° C]	T6 [° C]	T7 [° C]	CR1 [K/s]	CR2 [K/s]
1	A	1250	1100	850	600	50	750	700	675	16.43	11.19
2	B	1250	1100	850	600	60	750	700	675	14.87	10.12
3	C	1250	1150	800	600	60	750	700	675	15.45	10.52
4	D	1250	1100	850	600	60	775	700	675	15.45	10.52
5	E	1250	1100	850	600	50	750	700	675	16.43	11.19
6	F	1250	1100	850	600	50	750	700	675	16.43	11.19
7	G	1250	1100	800	600	55	750	700	675	16.65	10.66
8	H	1250	1100	800	650	50	750	700	675	6.99	3.11
9	I	1250	1100	850	600	60	750	700	675	14.87	10.12
10	J	1250	1100	800	650	60	750	700	675	14.87	10.12
11	K	1250	1100	800	600	60	750	700	675	8.23	3.66
12	L	1300	1100	800	600	60	750	700	675	10.41	4.63

[0064] 表2.部分1

[0065]

试 验 编 号	钢	T1 [° C]	T2 [° C]	T3 [° C]	T4 [° C]	KWG [%]	T5 [° C]	T6 [° C]	T7 [° C]	CR1 [K/s]	CR2 [K/s]
13	M	1300	1150	800	650	60	750	700	675	10.88	4.84
14	N	1300	1100	800	650	60	750	700	675	12.74	5.67
15	O	1250	1100	850	600	50	750	700	675	13.67	6.08
16	P	1250	1100	800	650	50	775	700	675	9.98	6.79
17	Q	1250	1100	825	600	50	775	700	675	11.54	7.86
18	R	1250	1100	850	600	55	725	700	675	15.84	10.79
19	S	1250	1100	825	600	50	750	700	675	11.54	7.86
20	T	1250	1100	850	600	50	750	675	675	11.54	7.86
21	U	1250	1100	825	600	60	725	675	675	12.71	8.66
22	V	1250	1150	850	600	60	725	675	675	13.11	8.92
23	W	1250	1100	850	600	60	725	675	675	14.67	9.99
24	X	1250	1100	850	600	50	725	700	675	13.89	9.46

[0066] 表2.部分2

[0067]

试验 编号	屈服强度 类	Rp0.2 或 ReL [MPa]	ReH [MPa]	Δ Re [MPa]	Rm [MPa]	均匀伸 长率 Ag [MPa]	断裂伸 长率 A80 [MPa]
1	Re	425	445	20	592	14.5	24
2	Re	401	413	12	577	14.5	26
3	Re	492	533	41	594	12.9	19.6
4	Re	439	445	6	578	13.8	23
5	Re	446	473	27	600	14.2	25.6
6	Re	455	474	19	609	12.8	24.8
7	Re	418	427	9	581	13.4	24.7
8	Rp	422			624	12.7	20.5
9	Re	420	423	3	627	13.8	21
10	Re	409	414	5	542	15.3	25
11	Re	436	460	24	598	14.4	24.2
12	Rp	399			636	12.5	19.7

[0068] Rp=连续屈服强度,Re=明显屈服强度

[0069] 表3. 部分1

[0070]

试验 编号	屈服强度类	Rp0.2 或 ReL [MPa]	ReH [MPa]	Δ Re [MPa]	Rm [MPa]	均匀伸 长率 Ag [MPa]	断裂伸 长率 A80 [MPa]
13	Rp	403			611	13.1	22.7
14	Rp	402			597	12.9	24.7
15	Rp	400			623	12.2	19
16	Rp	413			617	13.6	21.3
17	Rp	419			618	11.5	17.8
18	Re	446	463	17	588	12.6	21
19	Rp	413			601	13	19.4
20	Re	417	426	9	581	14.4	24.5
21	Rp	406			586	13.4	22
22	Rp	392			596	13.5	20.5
23	Re	422	433	11	560	14	24
24	Rp	389			585	13.1	21.5

[0071] Rp=连续屈服强度,Re=明显屈服强度

[0072] 表3.部分2