



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104131237 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201410275932. 7

(22) 申请日 2014. 06. 19

(71) 申请人 宝钢不锈钢有限公司

地址 200431 上海市宝山区长江路 735 号

(72) 发明人 胡锦涛 宋红梅 杨宴宾 张伟

王治宇 江来珠

(74) 专利代理机构 上海开祺知识产权代理有限公司

公司 31114

代理人 竺明

(51) Int. Cl.

C22C 38/58 (2006. 01)

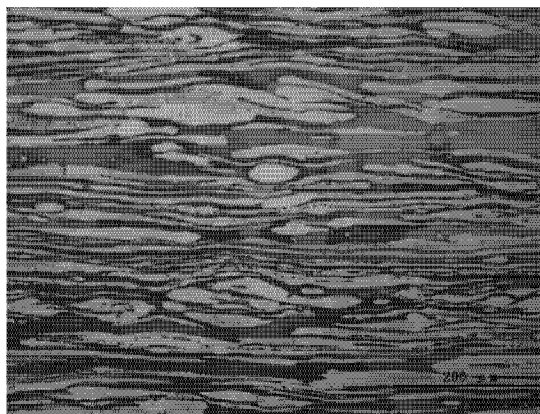
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

具有优良韧性与焊接性的经济型双相不锈钢及其制造方法

(57) 摘要

具有优良韧性及焊接性的经济型双相不锈钢及其制造方法,其化学成分重量百分比为: C0.01~0.05%, Si0.2~1.0%, Mn4.0~6.0%, Cr20.0~21.5%, Ni1.7~3.0%, N0.15~0.20%, Mo≤0.5%, W≤0.5%, Cu≤0.5%, B≤0.006%, 其余为 Fe 和不可避免杂质。本发明不锈钢重点使用 4.0-6.0% 的 Mn 代替 Ni, 同时将 Mo、Cu 含量控制在 0.5% 以下, 显著降低合金的原材料成本; 将 Ni 含量控制在 1.7-3.0%, N 含量控制在 0.15-0.2%, 并将高温热影响区铁素体当量 P_{ct} 控制在 20.5 以下, 既可以保证母材的低温冲击韧性, 又能获得良好的焊接性能, 使得焊接接头具有良好的低温冲击韧性。在室温及低温条件下取代含镍量高达 8% 以上的 304 奥氏体不锈钢。



1. 具有优良韧性及焊接性的经济型双相不锈钢,其化学成分重量百分比为: C0.01 ~ 0.05%, Si0.2 ~ 1.0%, Mn4.0 ~ 6.0%, Cr20.0 ~ 21.5%, Ni1.7 ~ 3.0%, N0.15 ~ 0.20%, Mo ≤ 0.5%, W ≤ 0.5%, Cu ≤ 0.5%, B ≤ 0.006%, 其余为 Fe 和不可避免的杂质; $P_a(2Cr+Mo+2Si-90C-75N-3Ni-0.75Mn-Cu) < 20.5$ 。

2. 具有优良韧性及焊接性的经济型双相不锈钢的制造方法,包括以下步骤:

1) 冶炼、铸造

按如下成分重量百分比冶炼: C0.01 ~ 0.05%, Si0.2 ~ 1.0%, Mn4.0 ~ <6.0%, Cr20.0 ~ 21.5%, Ni1.7 ~ 3.0%, N0.15 ~ 0.20%, Mo ≤ 0.5%, W ≤ 0.5%, Cu ≤ 0.5%, B ≤ 0.01%, 其余为 Fe 和不可避免的杂质;冶炼方法选择真空感应冶炼,电炉—氩氧脱碳 AOD 或电炉—氩氧脱碳 AOD—炉外精炼 LF 炉冶炼;将钢液进行模铸或连铸,模铸时控制过热度为 20 ~ 50℃;或采用连铸方法,避免氮的逸出,连铸时控制过热度为 20 ~ 50℃,板坯拉速为 0.8 ~ 2m/min;

2) 将模铸坯或连铸板坯放入加热炉中加热到 1100 ~ 1250℃ 并保温,在锻造生产线或热轧机组上加工至所需厚度,然后进行退火或退火酸洗;为保证最终的低温冲击韧性,其热轧压缩比大于 10,退火温度控制在 1030 ~ 1150℃,退火保温时间 $t \geq 1h$, t 的单位为分钟; h 为厚度,单位为 mm。

具有优良韧性与焊接性的经济型双相不锈钢及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及双相不锈钢及其制造方法,尤其是一种具有优良韧性与焊接性的经济型双相不锈钢及其制造方法。

背景技术

[0002] 双相不锈钢室温下由铁素体与奥氏体双相组成,而且其中每相比例不少于 30%。由于两相组织的存在使双相不锈钢兼有铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢的特性,是一类高强度和高耐蚀性匹配最佳的不锈钢。与铁素体不锈钢比,其韧性高、脆性转变温度低、耐晶间腐蚀和焊接性显著改善,同时保留了铁素体钢导热系数高、膨胀系数小的优点。与奥氏体不锈钢相比,双相不锈钢的强度,特别是屈服强度显著提高,耐晶间腐蚀、耐应力腐蚀、耐腐蚀疲劳和耐磨性能显著改善,且具有磁性。

[0003] 双相不锈钢的发展经历了三个重要阶段。1971 年以前所开发的牌号为第一代双相不锈钢,由于含 N 量处于电弧炉冶炼的常规水平,其焊接后性能急剧下降。1971 ~ 1989 年开发的牌号属于第二代双相不锈钢。借助于 1968 年不锈钢精炼工艺—氩氧脱碳 (AOD) 的发明和应用,可以使双相不锈钢中氮含量显著提高,从而显著改善焊缝、热影响区的韧性和耐腐蚀性能。2205 是第二代双相钢的代表钢种并广泛应用于海上石油平台、化工、造纸等多个领域。1990 年以后出现的牌号为第三代双相不锈钢,进入 2000 年以后双相不锈钢的发展呈现 2 种趋势。一方面进一步提高钢中合金元素含量以获得更高强度和更加优良的耐腐蚀性能,另一方面开发低镍含量且不含 Mo 或仅含少量 Mo 的经济型双相不锈钢,以降低成本。

[0004] 经济型双相不锈钢特指一类 Cr 含量在 22% 以下,且含镍量低,同时不含钼、钨或仅含少量的钼、钨的双相不锈钢。要实现铁素体与奥氏体含量各占约 50% 的比例,必须使得奥氏体当量与铁素体当量的平衡。常用的奥氏体当量计算公式如式 (1) 所示:

$$[0005] \quad Ni_{eq} = Ni + 30(C+N) + 0.5Mn + 0.25Cu \quad (1)$$

[0006] 根据公式 (1),可以采用 Mn、N、Cu 取代 Ni,从而降低成本,取代传统的高镍含量的奥氏体不锈钢。但是在 Mn、N 代 Ni 也会有负面影响。锰会降低双相不锈钢的耐腐蚀性能。评价双相不锈钢耐点蚀性能的经验公式如公式 (2) 所示:

$$[0007] \quad PREN(\text{耐点蚀当量}) = Cr\% + 3.3Mo\% + 30N\% - Mn\% \quad (2)$$

[0008] 每添加 1% 的锰,将使合金 PREN 值降低 1,相当于抵消了添加 1% 的 Cr 对耐点蚀性能的提高。N 是很强的奥氏体形成元素,有利于提高双相不锈钢的强度、耐蚀性和焊接性。但是过高的 N 含量会造成冶炼难度增加,热加工性下降,同时易导致氮化物的析出。

[0009] 双相不锈钢的韧性限定了其应用范围。Ni 含量是决定双相不锈钢韧性最重要的元素,Ni 含量的降低带来的不利影响是冲击韧性降低。此外,N 含量对冲击韧性也有显著影响。一定的 N 含量可以保证两相比比例协调,从而提高材料的韧性,但是 N 含量过高反而会导致双相不锈钢的韧性下降。

[0010] 双相不锈钢的焊接性是决定双相不锈钢应用的关键因素之一。双相不锈钢焊接接头最薄弱区域通常为高温热影响区。该区域经历升温 and 降温的过程,升温时奥氏体向铁

素体转变,降温过程中发生铁素体相向奥氏体转变,在经历焊接热循环后,通常会导致该区域铁素体含量增加,并伴随晶粒长大。如果高温热影响区铁素体含量过高,则会导致韧性下降、耐腐蚀性能下降。

[0011] 目前为止,经济型双相不锈钢的专利主要集中在如何降低成本、提高耐腐蚀性能或者强度,对韧性及焊接性考虑极少。

[0012] 欧洲专利 EP1327008 公布了一种奥氏体-铁素体双相不锈钢,其成分范围(重量%):0.02~0.07% C、3.0~8.0% Mn、19.0~23.0% Cr、1.1~1.7% Ni、0.1~2.0% Si、0.15~0.3% N、可能包含的合金元素有不大于1.0%的 Mo 或 W、不大于1.0%的 Cu、0.003~0.005% B,余量为 Fe 或不可避免的杂质。由于 N 含量较高,该双相钢具有较高的强度、优良的耐腐蚀性能和焊接性能。但钢中较低的 Ni 含量(1.1~1.7%)与较高的 N 含量降低了低温冲击韧性。

[0013] 中国专利 CN101215674 公布的一种奥氏体-铁素体双相不锈钢,其成分范围其成分范围(重量%):0~0.04% C、5.0~7.0% Mn、18.0~20.0% Cr、0~1.0% Si、0.15~0.25% N。该双相不锈钢不含贵金属 Ni、Mo,所以成本显著下降,但是同时无 Ni 的双相钢冲击韧性也比较低。

[0014] 中国专利 CN101090988 则提高 Ni 含量与 Mo 含量,降低了 Mn 含量。其 Ni 含量为 1.0~3.0, Mo 提高至 0.5~2.5, Mn 含量为 1.5~4.5%。其专利申请的合金组分的组成范围确保合金 CPT 高于 20℃,其耐蚀性能达到甚至优于 316L 不锈钢。但是 Ni、Mo 含量的提高将显著提高合金的成本,因此经济性下降。

[0015] 美国专利 US4828630 公布了一种经济型双相不锈钢,其主要成分为:4.0~8.0% Mn, 17.0~21.5% Cr, 1.0~4.0% Ni, 0.05~0.15% N, 不大于 2.0%的 Mo, 不大于 1.5%的 Cu。该钢种 Mn 含量高,而 Ni 含量低,经济性突出。但是由于 N 含量与 Ni 含量都较低,因此其焊接接头的低温韧性将显著下降。

发明内容

[0016] 本发明的目的在于提供一种具有优良韧性及焊接性的经济型双相不锈钢及其制造方法,具有低成本、优良的低温韧性及焊接性,母材 -40℃的 V 型缺口冲击功达到 90J 以上,焊接热影响区 -40℃的 V 型缺口冲击功达到 50J 以上;同时降低冶炼、热加工、冷加工的难度,可大量应用于石化、建筑、交通运输等对要求韧性和焊接性较高的领域,在室温及低温条件下取代含镍量高达 8%以上的 304 奥氏体不锈钢。

[0017] 为达到上述目的,本发明的技术方案为:

[0018] 本发明重点在于,为获得较低的成本,使用 4-6%的 Mn 代替部分 Ni, Mo 元素控制在 0.5%以下;为保证母材在 -40℃的低温冲击韧性,提高 Ni 含量控制在 1.7~3.0%,将 N 含量控制在 0.15-0.2%。为进一步保证焊接高温热影响区的低温冲击韧性,需要控制焊缝高温热影响区的铁素体含量。通过大量的理论与实验研究,本发明通过控制高温热影响区铁素体当量 P_a 来控制该区域铁素体含量。

[0019] $P_a = 2Cr + Mo + 2Si - 90C - 75N - 3Ni - 0.75Mn - Cu$ (3)

[0020] 迄今为止,还没有专利对高温热影响区铁素体当量进行描述。结合对 Ni、N 等合金元素的控制,本发明将 P_a 控制在 20.5 以下,从而可以使得高温热影响区的冲击功达到 50J

以上。

[0021] 具体地,本发明具有优良韧性及焊接性的经济型双相不锈钢,其化学成分重量百分比为: C0.01 ~ 0.05%, Si0.2 ~ 1.0%, Mn4.0 ~ 6.0%, Cr20.0 ~ 21.5%, Ni1.7 ~ 3.0%, N0.15 ~ 0.20%, Mo ≤ 0.5%, W ≤ 0.5%, Cu ≤ 0.5%, B ≤ 0.006%, 其余为 Fe 和不可避免的杂质; $P_{eq}(2Cr+Mo+2Si-90C-75N-3Ni-0.75Mn-Cu) < 20.5$ 。

[0022] 在本发明成分设计中:

[0023] 碳是强奥氏体形成元素,促进奥氏体形成,并稳定奥氏体组织。根据奥氏体当量计算公式 (1), $Ni_{eq} = Ni + 30(C+N) + 0.5Mn + 0.25Cu$, 可见碳的奥氏体形成作用可以达到 Ni 的 30 倍,因此碳可以部分取代 Ni。根据公式 (3), C 可显著降低高温热影响区的铁素体含量。但是另一方面,在焊接过程中碳极易与铬结合形成碳化物,反而导致晶间腐蚀,并显著降低冲击韧性。过低的碳含量则将增加制备过程中的难度和成本,同时降低奥氏体的稳定性、破坏奥氏体与铁素体的相平衡。因此,本发明钢中设计碳含量为 0.01 ~ 0.05%。

[0024] 硅是钢铁熔炼中通常含有的元素。在双相不锈钢中,硅是铁素体形成和稳定元素。硅在熔炼过程中用于脱氧,因此一般双相不锈钢中含有 0.2% 以上的硅。但是硅含量过高时会加速焊缝低温热影响区金属间相的析出,对材料耐腐蚀性能与韧性不利。因此,本发明钢中设计硅含量为 0.2 ~ 1.0%。

[0025] 锰是一种奥氏体形成和稳定元素,由公式 (1) 可知,利用锰一定程度上取代镍;此外锰的添加可以显著提高氮的溶解度。因此 Mn 是经济型双相不锈钢降低成本非常重要的合金化元素。根据公式 (3), 锰对降低高温热影响区铁素体含量有一定作用,但不显著。但是锰对不锈钢的耐腐蚀性的影响基本上都是负面的。根据公式 (2), 每添加 1% 的锰,将使合金 PREN 值降低 1,因此本发明钢中重点控制 Mn 含量为 4.0% ~ 6.0%。

[0026] 铬是钢获得耐腐蚀性能的最重要元素,是一种铁素体形成元素。对双相不锈钢而言,当铬含量较低时,耐蚀性将下降,同时有可能出现马氏体相,对力学与耐腐蚀性能均不利;而当铬含量过高时,会增加焊缝热影响区金属间相、碳化物和氮化物的析出倾向,而且需要相应高含量的 Ni 元素相匹配,从而增加成本。此外,根据公式 (3), 铬含量过高时,会导致高温热影响区的铁素体含量提高,降低低温冲击韧性。会导致因此本发明钢中 Cr 含量控制在 20.0 ~ 21.5%。

[0027] 氮元素是一种形成奥氏体相的重要元素。在奥氏体当量计算公式 (1) 中,氮的奥氏体形成能力是镍的 30 倍,因此用 N 代替 Ni 可以显著降低成本。氮可以提高奥氏体相的耐腐蚀性能,尤其是耐点蚀性能和耐缝隙腐蚀性能,在 PREN 值的计算公式 (2), 其耐点蚀当量是铬的 30 倍。根据计算公式 (3), N 可以显著提高焊接热循环过程中铁素体向奥氏体的转变,降低高温热影响区铁素体含量,从而提高焊缝高温热影响区的低温韧性。因此,为提高双相不锈钢的焊接性,通常添加较高的氮含量。但是氮含量过高时,会降低母材的韧性;同时增大热影响区氮化物形成的风险,反而降低焊接热影响区的韧性。因此,本发明钢中氮含量控制在 0.15 ~ 0.20%。

[0028] 钼非常有利于提高钢的耐腐蚀性能。根据 RREN 值计算公式 (2), 其耐点蚀当量是铬的 3.3 倍。其机理是稳定钝化膜及促进铬元素在钝化膜中的富集,添加钼的主要作用是提高耐腐蚀性。根据公式 (3), 钼含量提高会提高高温热影响区铁素体含量,降低耐腐蚀性能与韧性。此外,钼含量过高将导致焊接热影响区脆性金属间相的加速析出,同时增加合

金成本,因此本发明钢中的钼含量控制在 0.5% 以下。

[0029] 铜也是本发明中可选元素之一。铜是一种奥氏体形成元素,铜的加入可以提高双相钢在还原性酸中的耐腐蚀性,同时有利于提高耐缝隙腐蚀性能。根据公式 (3),提高 Cu 含量其对降低高温热影响铁素体含量的贡献不显著,但是铜含量过高时不利于热加工性能,同时增加成本。因此本发明钢中氮含量控制在 0.5% 以下。

[0030] 钨也是本发明中可选元素之一。钨在双相钢中的作用与钼相似,可以提高钢的耐腐蚀性能。钨还可以降低奥氏体 / 铁素体相界面的活性,抑制金属间相的形成。但是钨含量过高时反而促进金属间相生成。因此本发明钢中钨含量控制在 0.5% 以下。

[0031] 硼微量硼的添加可以细化组织,提高晶界强度,改善热塑性,但是过量添加硼将导致材料热加工性反而恶化,因此本发明经过探索,发现在本合金体系中,因此本发明钢中硼含量控制在 0.006% 以下。

[0032] 本发明的双相不锈钢的制造方法,包括以下步骤:

[0033] 1) 冶炼、铸造

[0034] 按如下成分重量百分比冶炼: C 0.01 ~ 0.05%, Si 0.2 ~ 1.0%, Mn 4.0 ~ <6.0%, Cr 20.0 ~ 21.5%, Ni 1.7 ~ 3.0%, N 0.15 ~ 0.20%, Mo ≤ 0.5%, W ≤ 0.5%, Cu ≤ 0.5%, B ≤ 0.01%, 其余为 Fe 和不可避免的杂质;冶炼方法选择真空感应冶炼,电炉—氩氧脱碳 AOD 或电炉—氩氧脱碳 AOD—炉外精炼 LF 炉冶炼;将钢液进行模铸或连铸,模铸时控制过热度为 20 ~ 50℃;或采用连铸方法,避免氮的逸出,连铸时控制过热度为 20 ~ 50℃,板坯拉速为 0.8 ~ 2m/min;

[0035] 2) 将模铸坯或连铸板坯放入加热炉中加热到 1100 ~ 1250℃ 并保温,在锻造生产线或热轧机组上加工至所需厚度,然后进行退火或退火酸洗;为保证最终的低温冲击韧性,其热轧压缩比大于 10,退火温度控制在 1030 ~ 1150℃,退火保温时间 $t \geq 1h$, t 的单位为分钟; h 为厚度,单位为 mm。

[0036] 对相关专利分析可以看出,现有经济型双相不锈钢成分设计的基本思路为以 Cr、Mn、Ni、N 等为主加元素,通过 Mn 和 N 取代 Ni,从而显著降低成本,取代高成本的奥氏体不锈钢。

[0037] 中国专利 CN101215674 和欧洲专利 EP1327008 即是典型的高 Mn、高 N 代 Ni 的经济型双相不锈钢设计方式,用于取代目前广泛使用的 304 奥氏体不锈钢。但是,由于 Ni 含量过低、N 含量较高,其低温冲击韧性受到不利影响。

[0038] 美国专利 US4828630 在设计较高 Mn 含量的同时, Ni 含量得到提高,但 N 含量显著下降,但这对焊接后的性能带来不利影响。

[0039] 中国专利 CN101090988 则适当提高 Ni 含量,降低 N 含量,使得冲击韧性及耐蚀性都得到改善,但是由于 Ni、Mo 含量显著提高,其成本显著提高,其设计目的主要是取代 316L 奥氏体不锈钢。为了在保持降低成本的同时,获得良好的冲击韧性,尤其是焊接后的冲击韧性,本发明在添加一定 Mn 含量以降低成本,适当提高 Ni 含量,并设计适中的 0.15-0.2% 的 N 含量。

[0040] 最重要的是,为保证焊接之后的热影响区的低温冲击韧性,将高温热影响区铁素体当量 $P_a (2Cr+Mo+2Si-90C-75N-3Ni-0.75Mn-Cu) < 20.5$ 。

[0041] 本发明与现有技术相比,具有以下优点和积极效果:

[0042] (1) 使用 4.0-6.0% 的 Mn 代替 Ni, 同时将 Mo、Cu 含量控制在 0.5% 以下, 显著降低合金的原材料成本。

[0043] (2) 将 Ni 含量控制在 1.7-3.0%, N 含量控制在 0.15-0.2%, 可以保证母材的低温冲击韧性, 使得 -40℃ 冲击功大于 90J。

[0044] (3) 为保证焊接热影响区获得优良的低温冲击韧性, 在保证 Ni 在 1.7-3.0%, N 含量在 0.15-0.2% 的前提下, 控制高温热影响区铁素体当量 $P_c (2Cr+Mo+2Si-90C-75N-3Ni-0.75Mn-Cu) < 20.5$, 从而使得焊接高温热影响区在 -40℃ 冲击功大于 50J。

[0045] (4) 该双相不锈钢可利用现有的不锈钢产线批量生产, 具体制备方法为经真空感应炉、电炉 -AOD 炉冶炼或电炉 -AOD-LF 炉冶炼后浇铸, 在模铸时控制过热度为 20 ~ 50℃ 左右, 并配合快速冷却, 或采用冷速较快的连铸方法, 避免氮的逸出, 连铸时控制过热度为 20 ~ 50℃, 板坯拉速为 0.8 ~ 2m/min。热轧压缩比大于 10, 热轧后的退火温度控制在 1030 ~ 1150 度之间, 退火保温时间 $t \geq 1h$, t 的单位为分钟; h 为厚度, 单位为 mm。

附图说明

[0046] 图 1 为本发明的实施例 1 合金金相组织。

[0047] 图 2 为本发明的实施例 2 合金进行焊接后高温热影响区组织。

具体实施方式

[0048] 下面结合实施例和附图对本发明做进一步说明。

[0049] 本发明实施例以电炉 -AOD 冶炼的生产流程为例: 将铬铁、镍铁以及废钢等加入电炉进行熔化, 熔清后将钢液倒入 AOD 炉, 在 AOD 炉内进行脱 C、脱 S 和增 N、控 N 的吹炼, 当冶炼成分达到要求时, 将钢液倒入中间包, 并在立弯式连铸机上进行浇铸; 连铸的过热度为 20 ~ 50℃, 板坯拉速为 0.8 ~ 2m/min; 将连铸板坯放入加热炉加热到 1100 ~ 1250℃, 在热轧机组上轧制到 15mm, 然后进行连续退火酸洗, 获得铁素体 - 奥氏体双相结构的组织; 退火温度控制在 1030 ~ 1150℃, 退火时间为 20min。

[0050] 表 1 所示为本发明实施例钢种的化学成分, 表 1 同时给出了作为对比例的目前典型的经济型双相不锈钢 US4828630 和本发明钢计划取代的对象 304 奥氏体不锈钢的化学成分。焊接方法为: 钨极氩弧焊 (TIG), 填 2209 焊丝。表 1 给出了母材及焊接热影响区在 -40℃ 的冲击功 (全样, V 型), 均高于 US4828630。

[0051] 实施例 1 的合金的金相组织如图 1 所示。将试样打磨并抛光后进行电解腐蚀, 腐蚀剂为 40gKOH+100mlH₂O, 腐蚀电流 0.3 ~ 0.8A/cm², 最后在金相显微镜下通过定量金相法对奥氏体比例进行分析。图中黑色组织为铁素体, 白色组织为奥氏体, 奥氏体相约占 53%。实施例 2 焊接热影响区的金相组织如图 2 所示。

[0052] 表 1 单位: 重量百分比

[0053]

编号	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	N	Cu	W	B	P _a
实施例 1	0.02	0.6	5	21	2.3	0	0.15	0.1	-	0.001	19.4
实施例 2	0.03	0.4	6	21.5	2.4	0.1	0.17	0.5	0.1	-	16.3
实施例 3	0.04	0.8	4.5	20.5	1.7	0.5	0.18	0.5	0.3	-	17.0
实施例 4	0.01	0.9	4	21.5	3	0.3	0.16	0	-	0.006	20.2
实施例 5	0.05	0.7	5.5	20	1.8	0.5	0.17	0	-	-	15.1
实施例 6	0.02	0.7	4.8	21.3	2.2	0.3	0.2	0	-	0.003	17.3
对比例 US4828630	0.02	0.4	5	20	1.6	-	0.13	0.3	-	-	-
对比例 304	0.05	0.5	1	18	8	0.04	--	--	--		-

[0054] 表 2

[0055]

	热处理温度 (°C)	热处理保温时间(分)	奥氏体相比例 (%)	母材-40°C 冲击韧性	HAZ-40°C 冲击韧性
实施例 1	1070	20	49	110	62
实施例 2	1050	20	50	130	72
实施例 3	1060	20	52	98	65
实施例 4	1070	20	50	135	62
实施例 5	1080	20	55	95	65

[0056]

实施例 6	1040	20	53	110	68
对比例 US4828630	1050	20	50	80	38
对比例 304	1050	-	-	-	-

[0057] 由表 1、表 2 可见,本发明钢由于使用 Mn 与 N 代替 Ni 含量,同时不含或仅含少量 Mo、Cu 等合金元素,与 304 奥氏体不锈钢相比,其合金成本显著降低。与 US4828630 等双相不锈钢相比,其 Ni 含量较高,因此母材低温韧性更高,达到 90J 以上;保持 0.15-0.2% 的 N,与较高的 Ni 含量相结合,并将热影响区铁素体当量 P_a 控制在 20.5 以下,使得焊接热影响区的低温冲击韧性优良,达到 50J 以上。

[0058] 值得指出的是,给出的实施例不能理解为对本发明保护范围的限制,该领域的技术熟练人员根据上述本发明的内容对本发明作出的一些非本质的改进和调整仍应属于本

发明保护范围。

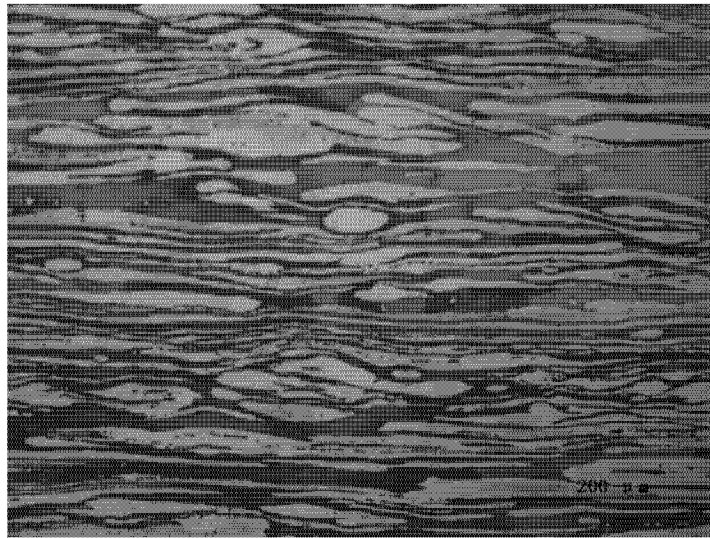


图 1

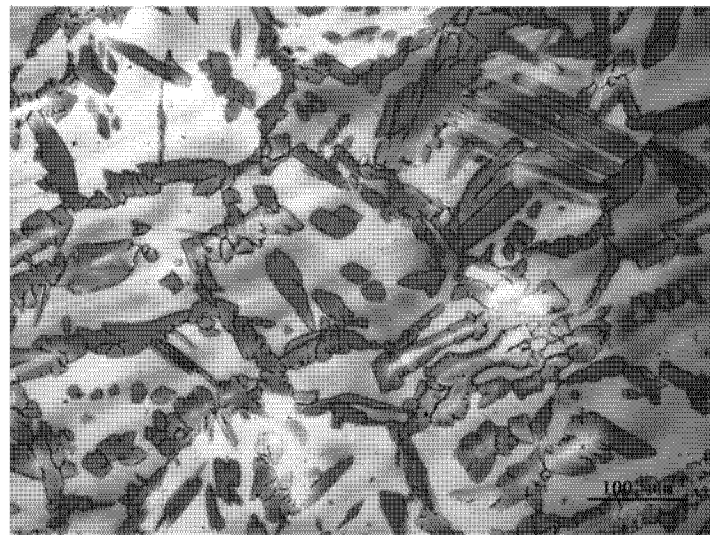


图 2