



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113969332 B

(45) 授权公告日 2023.01.17

(21) 申请号 202111231242.8

C21D 1/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.10.22

C21D 6/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C21D 8/02 (2006.01)

申请公布号 CN 113969332 A

C22C 38/02 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.01.25

C22C 38/42 (2006.01)

(73) 专利权人 昆明理工大学

C22C 38/44 (2006.01)

地址 650031 云南省昆明市一二一大街文昌路68号

C22C 38/58 (2006.01)

B23P 15/00 (2006.01)

审查员 刘旭东

(72) 发明人 杨银辉 夏高令 高梓豪 曹建春  
高志新 雷子漪 袁涛

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理有限公司 11562

专利代理师 张换君

(51) Int. Cl.

C21D 1/18 (2006.01)

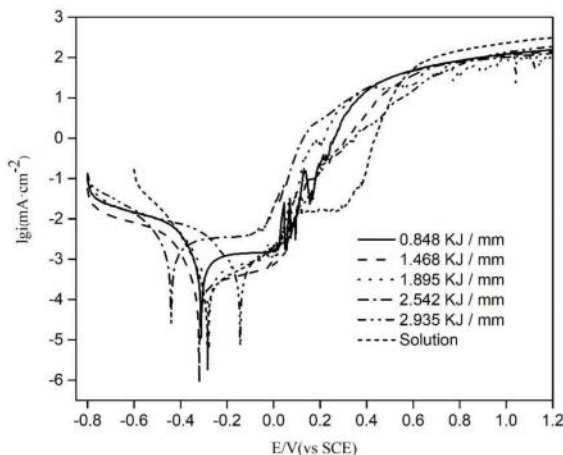
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

## (54) 发明名称

一种高Mn超低Ni双相不锈钢及其高耐蚀性焊接热影响区热加工方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种高Mn超低Ni双相不锈钢及其高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,属于双相不锈钢技术领域。本发明将不锈钢铸坯进行预锻造处理、预轧制处理,经过水淬得到板材;将板材进行固溶处理,然后进行水冷;水冷后进行焊接热循环处理,获得焊接热处理试样。本发明在于合理控制焊前热处理工艺和焊接热参数来获得高Mn超低Ni双相不锈钢焊接热影响区的优良耐晶间腐蚀和点蚀性能,通过控制高Mn超低Ni双相不锈钢的不同固溶温度、热模拟焊接输入参数来制备得到焊接热影响区试样,并通过动电位极化曲线和双环动电位再活化法测试耐点蚀和晶间腐蚀性能,获得了一种焊接热影响区高耐点蚀和高耐晶间腐蚀性的高Mn超低Ni双相不锈钢。



1. 一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (1) 将不锈钢铸坯进行预锻造处理,然后进行预轧制处理,经过水淬得到板材;
- (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理,然后进行常温水冷;
- (3) 将步骤(2)水冷后的板材进行焊接热循环处理;

所述不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.008-0.012%、Si:0.02-0.04%、Mn:10.50-11.10%、Cr:21.06-22.05%、Ni:0.02-0.04%、Mo:0.72-1.01%、Cu:0.25-0.36%、N:0.18-0.23%、P: $\leq$ 0.01%、S: $\leq$ 0.01%,余量为Fe和不可避免的杂质;

所述焊接热循环处理的条件为:热输入范围为0.80-3.08KJ/mm,以200°C/s的升温速率加热至1345°C,保温1s。

2. 根据权利要求1所述的一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,其特征在于,步骤(1)中,所述预锻造处理的条件为:1100-1200°C开始锻造,锻造比为3-4,终锻温度大于等于980°C,锻后冷却。

3. 根据权利要求1所述的一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,其特征在于,步骤(1)中,所述预轧制处理的条件为:开轧温度设置为1120-1180°C,终轧温度大于960°C。

4. 根据权利要求1所述的一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,其特征在于,步骤(2)中,所述固溶处理在箱式电阻炉中进行,固溶处理的条件为:960-1070°C,30-60min。

5. 根据权利要求4所述的一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,其特征在于,所述固溶处理的温度为960°C-1000°C时,热输入范围为0.80-1.50KJ/mm;所述固溶处理的温度为1030-1070°C时,热输入范围为0.80-2.08KJ/mm。

6. 一种经过权利要求1-5任一项所述的不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法进行加工的高Mn超低Ni双相不锈钢。

## 一种高Mn超低Ni双相不锈钢及其高耐蚀性焊接热影响区热加工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及双相不锈钢技术领域,特别是涉及一种高Mn超低Ni双相不锈钢及其高耐蚀性焊接热影响区热加工方法。

### 背景技术

[0002] 高锰节镍型双相不锈钢是一种兼有奥氏体和铁素体双相特点的不锈钢,具有良好的耐多种介质腐蚀的性能,尤其是在近年来在石油化工和海洋工程等领域得到广泛推广。与现研究较为成熟的奥氏体不锈钢相比,双相不锈钢具有良好的抗氯化物腐蚀性能,双相不锈钢相比于奥氏体不锈钢具有优良的焊接性能,不需要进行焊后热处理。Mn和N具有相近的作用,都是作为奥氏体的稳定剂,而且添加一定量的Mn能有效促进N在钢中的溶解度,获得具有良好性能的两相平衡组织,Mn替代Ni元素既能够提高N的溶解度又能提高双相不锈钢的综合性能。目前,Ni的价格是同等重量下Mn的7~9倍,Ni元素是一种贵重的金属元素,属于国家战略资源,所以价格逐年攀升,另外Ni元素对生物具有致畸,致癌等危害,因此,研发一种焊接热影响区具有高耐蚀性能的以Mn代替昂贵Ni型双相不锈钢,不仅可大幅度降低成本而且还能降低对人类危害,在未来有很大的应用前景。

[0003] 随着双相不锈钢应用领域的扩大,双相不锈钢的耐腐蚀性能也不断提高。但是与普通奥氏体不锈钢焊接相比还是有很多问题,由于双相不锈钢在焊接过程中,要经历多次热循环过程,虽然该过程变化很快且历时短暂,这往往会导致焊接接头的焊缝区和热影响区中相比例和分布状态发生变化,从而影响焊接接头的耐腐蚀性能。此外,双相不锈钢含有较多的合金元素,在接头冷却过程中易产生金属间相、碳氮化物,从而造成焊缝金属周围形成贫钝化元素区,严重的影响到获得接头的耐腐蚀性能。本文中的22Cr高Mn节Ni型双相不锈钢,在焊接热影响区具有优异的耐腐蚀性能。在中国方面申请CN108570629B公开了一种高强度,耐腐蚀的双相不锈钢及其制备方法,方法是在对钢水精炼过程中调节钢中N含量,可以提高双相不锈钢的耐腐蚀性,但是生产工艺极其复杂。在中国发明申请CN111593269A公开了一种耐海水腐蚀双相不锈钢及其制备方法,该制造方法是通过添加一定量的合金元素,时效处理后提高耐海水腐蚀性能。目前高Mn节Ni型双相不锈钢在焊接接头热影响区腐蚀性复杂的环境方面仍然有欠缺。

[0004] 目前,国内比较关注奥氏体不锈钢的耐腐蚀问题,而对高锰双相不锈钢焊接热影响区的耐腐蚀性能的研究较少,而且目前的高Mn双相不锈钢在具有很强腐蚀性环境中的应用还较少,因为焊接热影响区腐蚀性的繁杂性,使得它的使用依然存在许多问题,加上生产成本高等问题,因此很难满足在腐蚀性复杂环境下的使用,研究高Mn超低Ni型双相不锈钢在焊接热影响区的耐腐蚀性能,不仅能有效解决上述问题,而且可有效提高节Ni双相不锈钢在腐蚀复杂环境中的应用。

## 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种高Mn超低Ni双相不锈钢及其高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,以提高高锰双相不锈钢焊接热影响区的耐腐蚀性能。本发明基于真空冶炼及热压缩实验获取不锈钢,采用循环动电位极化曲线,双环动电位再活化法(DLEPR)测试不同热输入高Mn超低Ni双相不锈钢固溶态和焊接热模拟试样的耐腐蚀性能,分析了不同固溶温度,不同热输入对焊接热影响区腐蚀性的影响规律,获得一种焊接热影响区具有高耐蚀性的高Mn超低Ni双相不锈钢。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0007] 本发明目的之一是提供一种不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 采用真空熔炼炉炼制不锈钢,将不锈钢铸坯进行预锻造处理,然后进行预轧制处理,经过常温水淬得到板材;

[0009] (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理,然后进行常温水冷;

[0010] (3) 将步骤(2)水冷后的板材加工成 $10.5\text{mm} \times 10.5\text{mm} \times 60\text{mm}$ 的大小,在Gleeble-3800热模拟实验机上进行焊接热循环处理。

[0011] 进一步地,步骤(1)中,所述不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.008~0.012%、Si:0.02~0.04%、Mn:10.50~11.10%、Cr:21.06~22.05%、Ni:0.02~0.04%、Mo:0.72~1.01%、Cu:0.25~0.36%、N:0.18~0.23%、P: $\leq 0.01\%$ 、S: $\leq 0.01\%$ ,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0012] 进一步地,步骤(1)中,所述预锻造处理的条件为:1100~1200℃开始锻造,锻造比为3~4,终锻温度大于等于980℃,锻后冷却。

[0013] 进一步地,步骤(1)中,所述预轧制处理的条件为:开轧温度设置为1120~1180℃,终轧温度大于960℃。

[0014] 进一步地,步骤(2)中,所述固溶处理在箱式电阻炉中进行,固溶处理的条件为:960~1070℃,30~60min。

[0015] 进一步地,所述固溶处理的温度为960℃~1000℃时,热输入范围为0.80~1.50KJ/mm,点蚀电位 $E_p \geq 0.179\text{V}$ 时焊接热影响区具有高耐点蚀性能;所述固溶处理的温度为1030~1070℃时,热输入范围为0.80~2.08KJ/mm, $R_a < 27.00\%$ 时焊接热影响区具有高耐晶间腐蚀性能。

[0016] 进一步地,步骤(3)中,所述焊接热循环处理的条件为:热输入范围为0.80~3.08KJ/mm,以200℃/s的升温速率加热至1345℃,保温1s。

[0017] 本发明目的之二是提供一种经过所述的不锈钢的高耐蚀性焊接热影响区热加工方法进行加工的高Mn超低Ni双相不锈钢。

[0018] 本发明公开了以下技术效果:

[0019] 本发明的方法在于合理控制焊前热处理工艺和焊接热参数来获得高Mn超低Ni双相不锈钢焊接热影响区的优良耐晶间腐蚀和点蚀性能。本发明通过真空炉冶炼、锻造、轧制处理后,在960~1000℃固溶处理,然后在0.80~1.50KJ/mm热输入范围进行焊接热循环,获得高Mn超低Ni双相不锈钢焊接热影响区,点蚀电位 $E_p \geq 0.179\text{V}$ ,具有高耐点蚀性能。通过真空炉冶炼、锻造、轧制处理后,在1030~1070℃固溶处理,然后在0.80~2.08J/mm热输入

范围进行焊接热循环,获得Mn超低Ni双相不锈钢焊接热模拟影响区,晶间敏感值 $Ra < 27.00\%$ ,对应高耐晶间腐蚀性能。上述高Mn超低Ni双相不锈钢高耐蚀性焊接热影响区的加工方法可推进该低成本不锈钢钢种在化工管道、石化工业,海洋工程等特殊领域上的应用。

### 附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1为实施例1在固溶温度为 $980^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种热输入试样及固溶态试样的循环伏安极化测试曲线;

[0022] 图2为实施例1在固溶温度为 $980^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种不同热输入以及固溶态试样的双环电化学动电位再活化法测试曲线(DLEPR);

[0023] 图3为实施例2在固溶温度为 $1050^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种不同热输入及固溶态试样的循环伏安极化测试曲线;

[0024] 图4为实施例2在固溶温度为 $1050^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种不同热输入以及固溶态试样的双环电化学动电位再活化法测试曲线(DLEPR);

[0025] 图5为实施例1在固溶温度为 $980^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种不同热输入焊接热试样晶间腐蚀敏感度比较图;

[0026] 图6为实施例2在固溶温度为 $1050^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\sim 2.935\text{KJ/mm}$ 范围内五种不同热输入焊接热试样晶间腐蚀敏感度比较图;

[0027] 图7为实施例1在固溶温度为 $980^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $0.848\text{KJ/mm}$ 对应的焊接热试样耐点蚀形貌组织图;

[0028] 图8为实施例2在固溶温度为 $1050^{\circ}\text{C}$ ,焊接热参数为 $1.895\text{KJ/mm}$ 对应的焊接热试样晶间腐蚀形貌组织图。

### 具体实施方式

[0029] 现详细说明本发明的多种示例性实施方式,该详细说明不应认为是对本发明的限制,而应理解为是对本发明的某些方面、特性和实施方案的更详细的描述。

[0030] 应理解本发明中所述的术语仅仅是为描述特别的实施方式,并非用于限制本发明。另外,对于本发明中的数值范围,应理解为还具体公开了该范围的上限和下限之间的每个中间值。在任何陈述值或陈述范围内的中间值以及任何其他陈述值或在所述范围内的中间值之间的每个较小的范围也包括在本发明内。这些较小范围的上限和下限可独立地包括或排除在范围内。

[0031] 除非另有说明,否则本文使用的所有技术和科学术语具有本发明所述领域的常规技术人员通常理解的含义。虽然本发明仅描述了优选的方法和材料,但是在本发明的实施或测试中也可以使用与本文所述相似或等同的任何方法和材料。本说明书中提到的所有文献通过引用并入,用以公开和描述与本发明相关的技术和/或材料。在与任何并入的文献冲突时,以本说明书的内容为准。

[0032] 在不背离本发明的范围或精神的情况下,可对本发明说明书的具体实施方式做多种改进和变化,这对本领域技术人员而言是显而易见的。由本发明的说明书得到的其他实施方式对技术人员而言是显而易见的。本发明说明书和实施例仅是示例性的。

[0033] 关于本文中所使用的“包含”、“包括”、“具有”、“含有”等等,均为开放性的用语,即意指包含但不限于。

[0034] 本发明所指的室温即为室内温度,是为本领域技术人员所熟知的,在本发明中所指的室温为25℃。

[0035] 在本发明中,切割、背面除锈、焊铜导线、逐级打磨、抛光、清洗、采用松香和石蜡混合物对非工作面进行密封绝缘处理,均为常规操作。

[0036] 实施例1

[0037] 不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.01%、Si:0.03%、Mn:10.95%、Cr:21.66%、Ni:0.03%、Mo:0.88%、Cu:0.31%、N:0.21%、P:0.01%、S:0.01%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0038] (1) 采用50kg真空熔炼炉炼制的不锈钢铸坯,将不锈钢铸坯进行预锻造处理,1150℃开始锻造,锻造比为3,终锻温度为980℃,锻后快速冷却;然后进行预轧制处理,开轧温度设置为1120℃,终轧温度为980℃,经过水淬得到板材;

[0039] (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理,条件为:980℃,30min,然后进行常温水冷;

[0040] (3) 将步骤(2)水冷后的板材加工成10.5mm×10.5mm×60mm的大小,分别以0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm进行焊接热循环处理,以200℃/s的升温速率加热至1345℃,保温1s,得到高Mn超低Ni双相不锈钢试样。试样经过切割、背面除锈、焊铜导线、逐级打磨、抛光、清洗、采用松香和石蜡混合物对非工作面进行密封绝缘处理,工作面留出10mm×10mm的区域。

[0041] (4) 配制点蚀溶液和晶间腐蚀溶液,点蚀溶液为3.5wt%的NaCl溶液(1000mLH<sub>2</sub>O和35gNaCl配制而成),晶间腐蚀溶液为H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaCl和KSCN按1.2:1.1:0.01的摩尔比配制成的混合溶液(1000mL H<sub>2</sub>O、54.35mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、29.25g NaCl、0.97g KSCN配制而成)。用循环伏安动电位极化曲线,双环动电位再活化法(DLEPR)测试其耐腐蚀性能。电位极化曲线拟合的电化学参数整理于表1。

[0042] 表1

热输入/KJ/mm	腐蚀电位 E <sub>corr</sub> /V	腐蚀速度 I <sub>corr</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	点蚀电位 E <sub>b</sub> /V	E <sub>b</sub> -E <sub>corr</sub>
0.848	-0.312	5.136×10 <sup>-7</sup>	0.179	0.491
1.468	-0.320	1.267×10 <sup>-7</sup>	0.180	0.500
1.895	-0.278	2.423×10 <sup>-7</sup>	0.133	0.411
2.542	-0.440	1.035×10 <sup>-6</sup>	0.062	0.502
2.935	-0.143	1.731×10 <sup>-7</sup>	0.182	0.325

[0044] 图1所示即为980℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入以及固溶态试样的动电位极化曲线。从表1中可以看出当热

输入0.80~1.50KJ/mm范围内时,点蚀电位 $E_b \geq 0.179V$ 。因此在0.80~1.50KJ/mm,点蚀电位 $E_b \geq 0.179V$ 时焊接热影响区具有高耐点蚀性能。图7所示热输入为0.848KJ/mm的SEM点蚀形貌,图中 $\delta$ 代表铁素体相, $\gamma$ 代表奥氏体相,从图中可以看出,点蚀坑主要集中于铁素体和奥氏体晶界处,部分集中在铁素体晶粒内部,而奥氏体相没有出现点蚀坑。图2为980℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入以及固溶态试样DLEPR测试曲线,图5为980℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入试样晶间腐蚀敏感度值(Ra),对应冷却 $t_{8/5}$ 冷却时间为10s,30s,50s,90s,120s,可以看出Ra呈现出先增加后降低波动趋势,固溶温度在960~1000℃固溶处理,热输入为0.80~2.08KJ/mm, $Ra < 72.50\%$ 时焊接热影响区具有高耐晶间腐蚀性能。

[0045] 实施例2

[0046] 不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.01%、Si:0.03%、Mn:10.95%、Cr:21.66%、Ni:0.03%、Mo:0.88%、Cu:0.31%、N:0.21%、P:0.01%、S:0.01%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0047] (1) 采用50kg真空熔炼炉炼制的铸坯,将铸坯进行预锻造处理,1150℃开始锻造,锻造比为3,终锻温度为980℃,锻后快速冷却;然后进行预轧制处理,开轧温度设置为1120℃,终轧温度980℃,经过水淬得到板材;

[0048] (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理,条件为:1050℃,30min,然后进行常温水冷;

[0049] (3) 将步骤(2)水冷后的板材加工成10.5mm×10.5mm×60mm的大小,以0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm进行焊接热循环处理,以200℃/s的升温速率加热至1345℃,保温1s,得到高Mn超低Ni双相不锈钢试样。试样经过切割、背面除锈、焊铜导线、逐级打磨、抛光、清洗、采用松香和石蜡混合物对非工作面进行密封绝缘处理,工作面留出10mm×10mm的区域。

[0050] (4) 配制点蚀溶液和晶间腐蚀溶液,点蚀溶液为3.5wt%的NaCl溶液(1000mL $H_2O$ 和35gNaCl配制而成),晶间腐蚀溶液为 $H_2SO_4$ 、NaCl和KSCN按1.2:1.1:0.01的摩尔比配制成的混合溶液(1000mL  $H_2O$ 、54.35mL  $H_2SO_4$ 、29.25g NaCl、0.97g KSCN配制而成)。用循环伏安动电位极化曲线,双环动电位再活化法(DLEPR)测试其耐腐蚀性能。电位极化曲线拟合的电化学参数整理于表2。

[0051] 表2

热输入/KJ/mm	腐蚀电位 $E_{corr}/V$	腐蚀速度 $I_{corr}$ ( $A/cm^2$ )	点蚀电位 $E_b/V$	$E_b - E_{corr}$
0.848	-0.310	$1.943 \times 10^{-7}$	0.01	0.311
1.468	-0.257	$8.527 \times 10^{-8}$	0.031	0.288
1.895	-0.295	$1.404 \times 10^{-7}$	-0.001	0.294
2.542	-0.302	$9.576 \times 10^{-8}$	-0.015	0.287
2.935	-0.274	$9.780 \times 10^{-8}$	0.038	0.33

[0052]

[0053] 从表2中可以看出当热输入0.80~1.50KJ/mm范围内时,点蚀电位 $E_b \geq 0.01V$ 。因此在0.80~1.50KJ/mm,点蚀电位 $E_b \geq 0.01V$ 时焊接热影响区具有高耐点蚀性能。图3所示即为1050℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入以及固溶态试样的动电位极化曲线。图4为1050℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入以及固溶态试样DLEPR测试曲线,图6为1050℃固溶后对应0.848KJ/mm,1.468KJ/mm,1.895KJ/mm,2.542KJ/mm,2.935KJ/mm五种不同热输入试样晶间腐蚀敏感度值(Ra),对应冷却 $t_{8/5}$ 冷却时间为10s,30s,50s,90s,120s,可以看出Ra呈现出先增加后降低波动趋势,固溶温度在1030~1070℃固溶处理,热输入为0.80~2.08KJ/mm, $Ra < 27.00\%$ 时焊接热影响区具有高耐晶间腐蚀性能,图8所示热输入为1.895KJ/mm的SEM晶间腐蚀形貌,图中 $\delta$ 代表铁素体相, $\gamma$ 代表奥氏体相,从图中可以看出,腐蚀主要集中于铁素体和奥氏体晶界处,部分集中在铁素体晶粒内部。

[0054] 实施例3

[0055] 不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.008%、Si:0.04%、Mn:10.50%、Cr:22.05%、Ni:0.02%、Mo:1.01%、Cu:0.25%、N:0.23%、P:0.01%、S:0.01%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0056] (1) 采用50kg真空熔炼炉炼制的铸坯,将铸坯进行预锻造处理,1100℃开始锻造,锻造比为4,终锻温度为1000℃,锻后冷却;然后进行预轧制处理,开轧温度设置为1120℃,终轧温度970℃,经过水淬得到板材;

[0057] (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理,条件为:960~1000℃,60min,然后进行常温水冷;

[0058] (3) 将步骤(2)水冷后的板材加工成10.5mm×10.5mm×60mm的大小,进行焊接热循环处理,热输入以0.848KJ/mm进行焊接热循环处理,以200℃/s的升温速率加热至1345℃,保温1s,得到高Mn超低Ni双相不锈钢试样。配制点蚀溶液和晶间腐蚀溶液,点蚀溶液为3.5wt%的NaCl溶液(1000mL H<sub>2</sub>O和35g NaCl配制而成),晶间腐蚀溶液为H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaCl和KSCN按1.2:1.1:0.01的摩尔比配制成的混合溶液(1000mL H<sub>2</sub>O、54.35mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、29.25g NaCl、0.97g KSCN配制而成),测试其耐腐蚀性能。结果见表3。

[0059] 表3

	固溶温度	腐蚀电位 $E_{corr}/V$	腐蚀速度 $I_{corr}/A/cm^2$	点蚀电位 $E_b/V$	$E_b - E_{corr}$
[0060]	960℃	-0.310	$1.284 \times 10^{-7}$	0.174	0.484
	980℃	-0.312	$5.136 \times 10^{-7}$	0.179	0.491
	1000℃	-0.293	$1.273 \times 10^{-7}$	0.176	0.469

[0061] 由表3可知,当固溶温度为980℃热输入0.848KJ/mm时,点蚀电位 $E_b \geq 0.179V$ 。因此在980℃固溶热输入为0.848KJ/mm时,点蚀电位 $E_b \geq 0.179V$ 时焊接热影响区具有高耐点蚀性能。

[0062] 实施例4

[0063] 不锈钢铸坯的化学成分与质量百分比为:C:0.012%、Si:0.02%、Mn:11.10%、Cr:



21.06%、Ni:0.04%、Mo:0.72%、Cu:0.36%、N:0.18%、P:0.01%、S:0.01%，余量为Fe和不可避免的杂质。

[0064] (1) 采用50kg真空熔炼炉炼制的不锈钢铸坯，将不锈钢铸坯进行预锻造处理，条件为：1200℃开始锻造，锻造比为3，终锻温度980℃，锻后冷却；然后进行预轧制处理，条件为：开轧温度设置为1180℃，终轧温度980℃，经过水淬得到板材；

[0065] (2) 将步骤(1)获得的板材进行固溶处理，条件为：1030~1070℃，60min，然后进行常温水冷；

[0066] (3) 将步骤(2)水冷后的板材加工成10.5mm×10.5mm×60mm的大小，进行焊接热循环处理，热输入为0.848KJ/mm，以200℃/s的升温速率加热至1345℃，保温1s，得到高Mn超低Ni双相不锈钢试样。配制点蚀溶液和晶间腐蚀溶液，点蚀溶液为3.5wt%的NaCl溶液(1000mLH<sub>2</sub>O和35gNaCl配制而成)，晶间腐蚀溶液为H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、NaCl和KSCN按1.2:1.1:0.01的摩尔比配制成的混合溶液(1000mL H<sub>2</sub>O、54.35mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、29.25g NaCl、0.97g KSCN配制而成)，测试其耐腐蚀性能。结果见表4。

[0067] 表4

[0068]	固溶温度	腐蚀电位 E <sub>corr</sub> /V	腐蚀速度 I <sub>corr</sub> /A/cm <sup>2</sup>	点蚀电位 E <sub>b</sub> /V	E <sub>b</sub> -E <sub>corr</sub>
	1030℃	-0.256	1.974×10 <sup>-7</sup>	0.008	0.264
	1050℃	-0.310	1.943×10 <sup>-7</sup>	0.01	0.311
[0069]	1070℃	-0.275	1.960×10 <sup>-7</sup>	0.009	0.284

[0070] 由表4可知，当固溶温度为1050℃，热输入0.848KJ/mm时，点蚀电位E<sub>b</sub>≥0.01V。因此在1050℃固溶热输入为0.848KJ/mm时，点蚀电位E<sub>b</sub>≥0.01V时焊接热影响区具有高耐点蚀性能。

[0071] 以上所述的实施例仅是对本发明的优选方式进行描述，并非对本发明的范围进行限定，在不脱离本发明设计精神的前提下，本领域普通技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进，均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

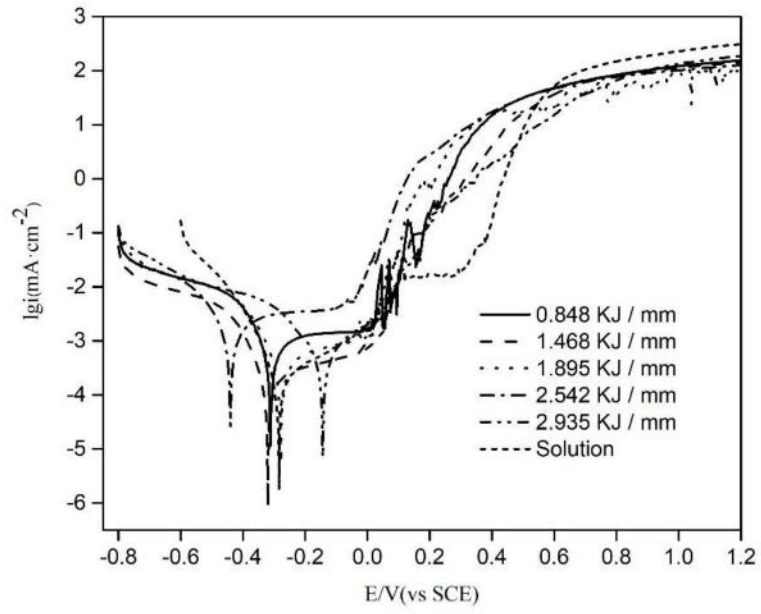


图1

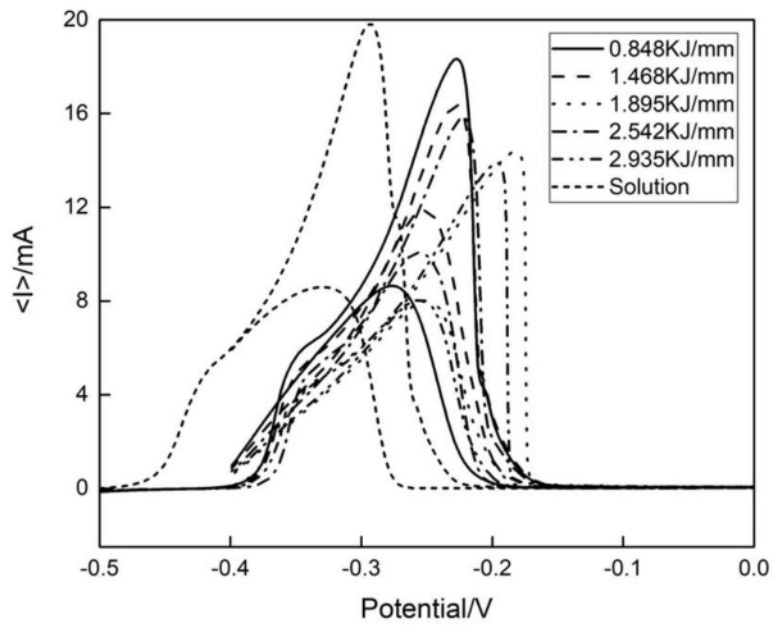


图2

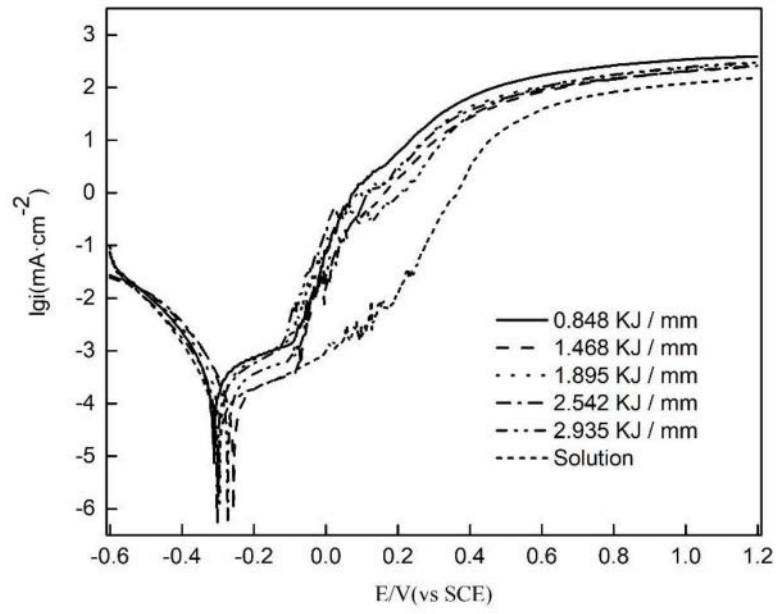


图3

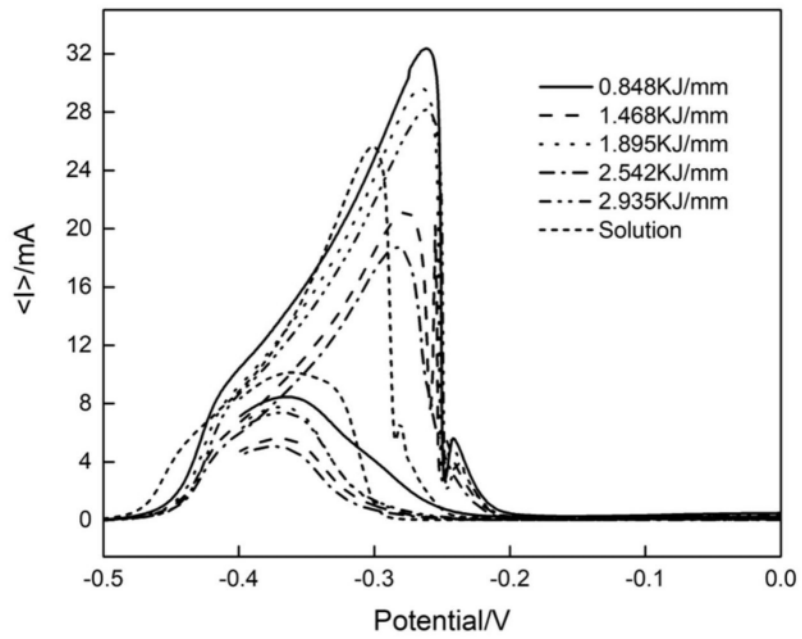


图4

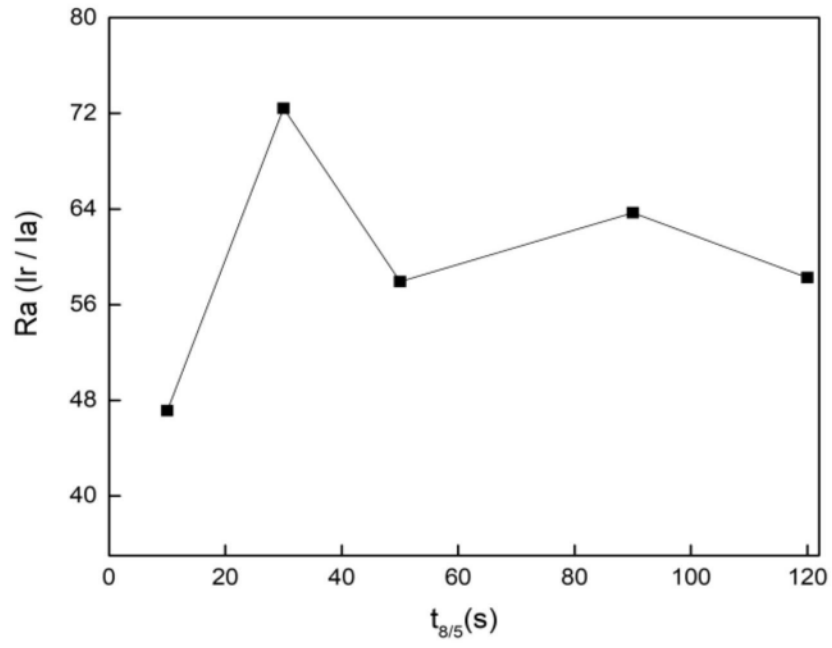


图5

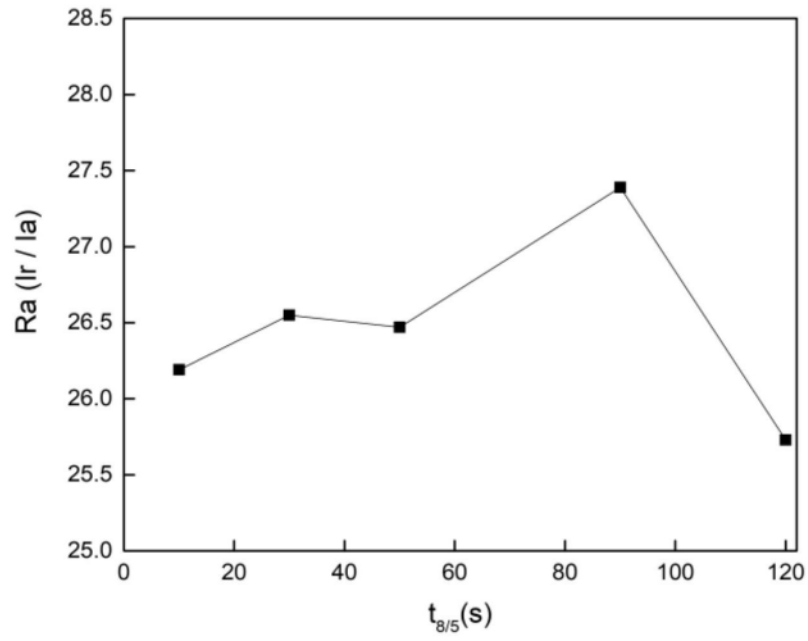


图6

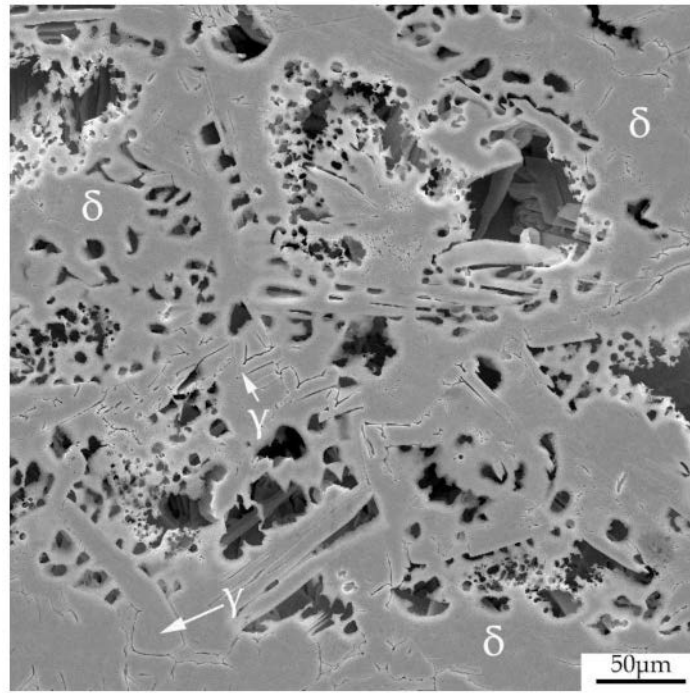


图7

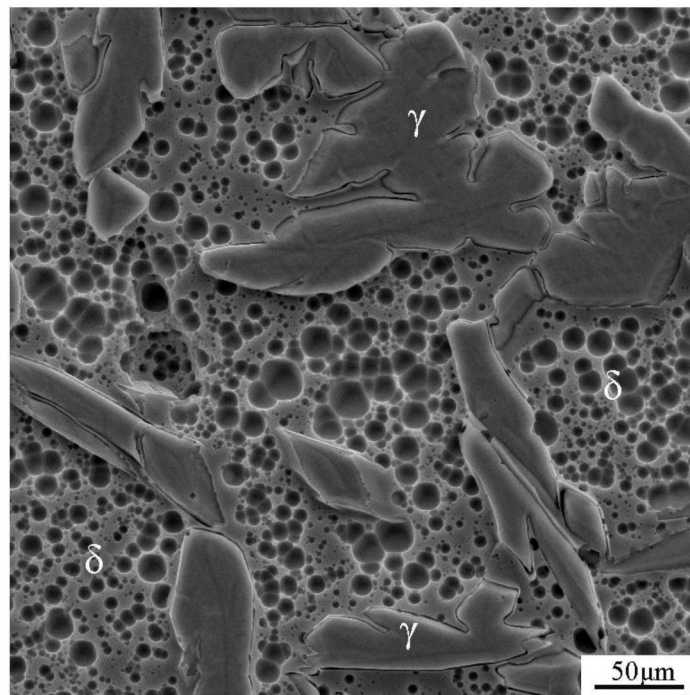


图8