



(21) 申请号 202311786402.4

(22) 申请日 2023.12.25

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117467902 A

(43) 申请公布日 2024.01.30

(73) 专利权人 河北钨泰固机械设备有限公司

地址 062650 河北省沧州市青县清州镇104

国道东耿官屯段

(72) 发明人 陈九越 吴琦 刘尧 朱慧

付晶晶

(74) 专利代理机构 河北国维致远知识产权代理

有限公司 13137

专利代理师 张新利

(51) Int. Cl.

G22C 38/16 (2006.01)

B23K 35/30 (2006.01)

B23K 26/24 (2014.01)

G22C 38/08 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/00 (2006.01)

G22C 38/12 (2006.01)

G22C 38/14 (2006.01)

G22C 38/42 (2006.01)

G22C 38/44 (2006.01)

G22C 38/48 (2006.01)

G22C 38/50 (2006.01)

G22C 38/54 (2006.01)

B22F 1/05 (2022.01)

G21D 9/08 (2006.01)

G21D 9/50 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102308013 A, 2012.01.04

CN 104136646 A, 2014.11.05

CN 104607819 A, 2015.05.13

CN 105039869 A, 2015.11.11

CN 108505035 A, 2018.09.07

CN 115305469 A, 2022.11.08

JP 2002266051 A, 2002.09.18

JP 2010051982 A, 2010.03.11

JP H07276080 A, 1995.10.24

审查员 张涛

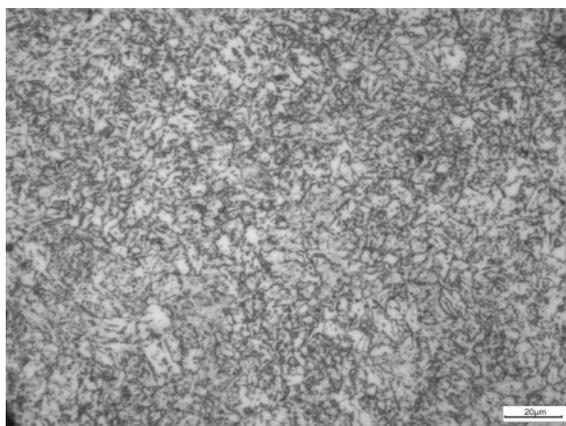
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法

(57) 摘要

本发明涉及金属粉末加工技术领域,具体公开一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法。本发明提供的焊缝金属粉末包括C、Si、Mn、Ni、Cu、La和Y,并控制粉末中 $Mo \leq 0.05\%$, $Nb \leq 0.015\%$, $Cr \leq 0.05\%$, $Ti \leq 0.015\%$, $B \leq 0.001\%$ 。本发明提供的焊缝金属粉末成分不受母管钢板成分影响,且热输入小,焊缝冷却速率高,将其应用于低温弯管中,焊缝组织中先共析铁素体含量低,且最终形成的主要的显微组织为细小索氏体组织,进一步提高了焊缝-60℃冲击韧性和强度。



1. 一种焊缝金属粉末,其特征在于,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.07%-0.1%,Si:0.1%-0.2%,Mn:0.6%-0.8%,Ni:2.8%-3.5%,Cu:1.0%-2.0%,La:0.05%-0.1%,Y:0.05%-0.1%,Mo \leq 0.05%,Nb \leq 0.015%,Cr \leq 0.05%,Ti \leq 0.015%,B \leq 0.001%,余量为铁以及不可避免的杂质;

所述焊缝金属粉末的使用方法包括如下步骤:

S1、采用所述焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;

S2、将所述焊接低温弯管母管接头于1000 $^{\circ}$ C-1050 $^{\circ}$ C下进行热焠,然后于540 $^{\circ}$ C-560 $^{\circ}$ C下进行回火,得所述低温弯管;

S1中,所述激光熔覆的方式为多层多道熔覆。

2. 如权利要求1所述的焊缝金属粉末,其特征在于,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m。

3. 一种低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1、采用权利要求1或2所述的焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;

S2、将所述焊接低温弯管母管接头于1000 $^{\circ}$ C-1050 $^{\circ}$ C下进行热焠,然后于540 $^{\circ}$ C-560 $^{\circ}$ C下进行回火,得所述低温弯管;

S1中,所述激光熔覆的方式为多层多道熔覆。

4. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,当低温弯管母管厚度为20mm-30mm时,所述多层多道熔覆的制备方法包括:以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层熔覆,得第一焊缝;在所述第一焊缝的一侧进行多层熔覆,在所述第一焊缝的另一侧进行多层熔覆,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为0.1mm-1mm。

5. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,当低温弯管母管厚度 $>$ 30mm且 \leq 40mm时,所述多层多道熔覆的制备方法包括:

步骤a、以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层焊接,得第一焊缝;

步骤b、在所述第一焊缝一侧进行2-3层熔覆,得第二焊缝;

步骤c、在所述第一焊缝另一侧进行2-3层熔覆,得第三焊缝;

步骤d、在所述第二焊缝上面进行2-3层熔覆,得第四焊缝;

步骤e、在所述第三焊缝上面进行2-3层熔覆,得第五焊缝;

步骤f、重复步骤d-e,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为0.1mm-1mm。

6. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,S1中,所述激光熔覆的激光扫描速度为0.6m/min-1.2m/min;和/或

S1中,所述多层多道熔覆中每层的厚度1.5mm-2.0mm。

7. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,S1中,所述激光熔覆的激光功率为4kW-6kW。

8. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,S1中,所述激光熔覆的光斑为直径为5mm-6mm的圆型光斑;和/或

S1中,所述激光熔覆的搭接率为40%-60%。

9. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,S2中,所述热焠的

煨制频率为200Hz-400Hz;和/或

S2中,所述热煨的推进速度为20mm/min-60mm/min。

10. 如权利要求3所述的低温弯管的焊接和热处理方法,其特征在于,S2中,所述回火的时间为90min-150min。

一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及金属粉末加工技术领域,尤其涉及一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法。

背景技术

[0002] 我国长输气管道有时会穿越高海拔、东北和西北等极端低温区域,在油气输送管道建设中,常采用热煨弯管来改变管线铺设方向。目前,用于长输油气输送领域中常用的弯管主要是大口径厚壁低温弯管,具体的,主要包括X80低温环境用弯管。

[0003] 然而,对于X80低温弯管在开发时面临很多技术难点。一般大口径厚壁弯管母管一般采用直缝埋弧焊接技术,埋弧焊缝的组织是铸态组织,埋弧焊接热输入大、焊缝冷却速度相对较低、焊缝组织粗大;因此,提高焊缝低温韧性主要靠焊缝中Mo、Ti和B元素配合产生大量针状铁素体分割粗大晶粒来提高焊缝低温韧性,但是,在经过热煨弯制工艺后,随着针状铁素体减少,导致焊缝的低温韧性大幅下降,无法满足低温弯管对低温韧性的要求。

[0004] 对于上述问题,有研究学者也提出了一些解决方案,如用双温煨制工艺使焊缝煨制温度降到相变温度以下,从而焊缝组织不发生改变,使焊缝低温韧性得到保持,但是这种工艺有一些难以克服的缺点,比如在相变温度以下的低加热温度下煨制变形会使焊缝缺陷放大甚至产生裂纹,裂纹在长期低温环境下服役导致裂纹扩展直至弯管焊缝开裂造成泄漏甚至爆炸;也有研究学者直接对钢管进行改进,通过改进工艺直接生产无缝弯管,虽然这种工艺规避了焊缝热煨导致弯管低温韧性下降的问题,但是其生产成本过高,不具有市场应用前景。因此,提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法以提高焊缝用金属的抗拉强度和低温韧性具有重要意义。

发明内容

[0005] 鉴于此,针对现有低温弯管焊缝热煨导致弯管低温韧性和强度下降的问题,本发明提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供的技术方案是:

[0007] 本发明第一个方面提供一种焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.07%-0.1%,Si:0.1%-0.2%,Mn:0.6%-0.8%,Ni:2.8%-3.5%,Cu:1.0%-2.0%,La:0.05%-0.1%,Y:0.05%-0.1%,Mo \leq 0.05%,Nb \leq 0.015%,Cr \leq 0.05%,Ti \leq 0.015%,B \leq 0.001%,余量为铁以及不可避免的杂质。

[0008] 目前,弯管母管中焊缝金属成分通常取决于焊丝成分、钢板成分和焊剂成分;通常为了提高弯管的综合性能,需要在弯管母管钢板中加入Mo、Nb、V和Ti元素,焊丝中加入Mo、Ti和B元素,因此,通常在焊缝金属中也含有这些元素,虽然这些元素对提高焊缝金属的强度和低温韧性有很大作用,其中,Mo和Nb是最强贝氏体形成元素,B元素偏聚在晶界促进焊缝组织中针状铁素体形成,但是通常弯管母管还需要热煨技术以达到弯管最终的强韧性要求,但是弯管热煨时温度通常高于焊缝金属的相变温度,因此,在弯管煨制过程中产生大量

不均匀分布MA组织导致焊缝韧性急剧下降,特别是对-60℃冲击韧性影响巨大。

[0009] 相对于现有技术,本发明提供的焊缝金属粉末不添加有Mo、Nb、Ti和B元素,避免了后续低温弯管热煨过程和回火过程中由于温度过高引起的焊缝韧性下降等问题;进一步,本发明通过添加Cu和Ni元素,避免了由于降低Mo、Nb、Ti和B元素添加量造成强度下降的问题,其中,焊缝金属粉末中Cu在热煨和回火时析出 ϵ -Cu沉淀强化提高焊缝强度的同时提高焊缝的低温韧性,Ni通过固溶强化提高焊缝抗拉强度,Ni的添加还能进一步防止Cu偏析产生铜裂问题,本发明进一步通过添加La和Y元素,与Cu和Ni元素起到复合强化效果,极大地提高低温弯管焊缝的低温冲击性和强度;本发明提供的焊缝金属粉末成分不受母管钢板成分影响,且热输入小,焊缝冷却速率高,将其应用于低温弯管中,焊缝组织中先共析铁素体含量低,且最终形成的主要的显微组织为细小索氏体组织,进一步提高了焊缝-60℃冲击韧性和强度。

[0010] 优选的,所述焊缝金属粉末由高纯度的Fe单质粉末、Ni单质粉末、Cu单质粉末、Si单质粉末、Mn单质粉末、石墨粉、 Y_2O_3 和 La_2O_3 粉末混合得到。

[0011] 优选的,所述焊缝金属粉末的粒径为 $50\mu m$ - $150\mu m$ 。

[0012] 本发明第二个方面提供一种低温弯管的焊接和热处理方法,包括如下步骤:

[0013] S1、采用所述焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;

[0014] S2、将所述焊接低温弯管母管接头于 $1000^\circ C$ - $1050^\circ C$ 下进行热煨,然后于 $540^\circ C$ - $560^\circ C$ 下进行回火,得所述低温弯管;

[0015] S1中,所述激光熔覆的方式为多层多道熔覆。

[0016] 与现有技术相比,本发明提供的低温弯管的焊接和热处理方法,采用激光熔覆的焊接方法,热输入较其他焊接方法低,且冷却速度快,结晶组织细,进一步提高低温弯管的强度;并且激光熔覆的焊接方法使母管成分极少的融入焊缝中,进一步限定多层多道熔覆的方式,母管在成分对焊缝成分的影响可以忽略不计,从而减少Mo、Nb、Ti和B元素混入焊缝中,避免后续热煨和回火对焊缝性能的影响,从而提高焊缝的低温韧性;本发明通过激光熔覆的焊接方法,使焊缝组织中先共析铁素体含量低,主要形成极细的超低碳马氏体,进一步,本发明进一步限定了热煨温度和回火温度,有利于超低碳马氏体转变为细小索氏体组织,极大地提高低温弯管的低温韧性和强度。

[0017] 优选的,当低温弯管母管厚度为 $20mm$ - $30mm$ 时,所述多层多道熔覆的制备方法包括:以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层熔覆,得第一焊缝;在所述第一焊缝的一侧进行多层熔覆,在所述第一焊缝的另一侧进行多层熔覆,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为 $0.1mm$ - $1mm$ 。

[0018] 优选的,当低温弯管母管厚度 $>30mm$ 且 $\leq 40mm$ 时,所述多层多道熔覆的制备方法包括:

[0019] 步骤a、以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层焊接,得第一焊缝;

[0020] 步骤b、在所述第一焊缝一侧进行2-3层熔覆,得第二焊缝;

[0021] 步骤c、在所述第一焊缝另一侧进行2-3层熔覆,得第三焊缝;

[0022] 步骤d、在所述第二焊缝上面进行2-3层熔覆,得第四焊缝;

[0023] 步骤e、在所述第三焊缝上面进行2-3层熔覆,得第五焊缝;

- [0024] 步骤f、重复步骤d-e,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为0.1mm-1mm。
- [0025] 优选的激光熔覆方式有利于进一步提高低温弯管焊缝的强度和低温韧性。
- [0026] 需要注意的是,对于每层熔覆层的道数并不影响焊缝的性能,根据实际进行调整即可。
- [0027] 优选的,S1中,所述激光熔覆的激光扫描速度为0.6m/min-1.2m/min。
- [0028] 优选的,S1中,所述多层多道熔覆中每层的厚度1.5mm-2.0mm。
- [0029] 优选的厚度有利于降低每层之间的温度差,从而减少层间应力,进而提高低温韧性和强度。
- [0030] 优选的,S1中,所述激光熔覆的激光功率为4kW-6kW。
- [0031] 优选的,S1中,所述激光熔覆的光斑为直径为5mm-6mm的圆型光斑。
- [0032] 优选的,S1中,所述激光熔覆的搭接率为40%-60%。
- [0033] 优选的,S2中,所述热焠的焠制频率为200Hz-400Hz。
- [0034] 优选的焠制频率能够有利于降低焊接低温弯管母管焊缝的内外壁的温差,使焊缝的内外壁相变温度范围尽量变窄,减小金属内应力,从而提高低温弯管母管焊缝的低温韧性和强度。
- [0035] 优选的,S2中,所述热焠的推进速度为20mm/min-60mm/min。
- [0036] 优选的,S2中,所述回火的时间为90min-150min。
- [0037] 优选的回火时间有利于超低碳马氏体完全转变为细小索氏体组织,进一步提高低温弯管母管的低温韧性和强度。
- [0038] 本发明通过激光熔覆的焊接和热处理方法,使焊缝组织中先共析铁素体含量低,主要形成极细的超低碳马氏体,进一步,本发明进一步限定了热焠温度和回火温度,有利于超低碳马氏体转变为细小索氏体组织,极大地提高低温弯管母管的低温韧性和强度。本发明提供的低温弯管母管的焊接和热处理方法实施方案简单,对于扩大低温弯管母管的生产具有重要意义。

附图说明

- [0039] 图1为本发明实施例1提供的低温弯管焊缝的金相组织图;
- [0040] 图2为本发明实施例1提供的激光熔覆制备的焊缝的截面结构示意图;
- [0041] 其中,1为第一焊缝。

具体实施方式

[0042] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例和附图,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0043] 实施例1

[0044] 本实施例提供一种焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Ni:2.8%,Cu:2.0%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:0.03%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;

[0045] 本实施例还提供一种厚度为30mm的低温弯管的焊接和热处理方法,包括如下步

骤:

[0046] S1、采用所述焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;其中,激光熔覆采用多层多道熔覆,具体的,如图1所示,以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层熔覆,得第一焊缝;在所述第一焊缝的一侧进行多层熔覆,在所述第一焊缝的另一侧进行多层熔覆,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为0.3mm;激光熔覆的激光扫描速度为0.6m/min;多层多道熔覆中每层的厚度1.5mm;激光熔覆的激光功率为6kW;激光熔覆的光斑为直径为5mm的圆型光斑;激光熔覆的搭接率为40%;

[0047] S2、将所述焊接低温弯管母管接头以200Hz的煨制频率于1000℃下进行热煨,其推进速度为20mm/min,然后于540℃下回火90min,得所述低温弯管。

[0048] 实施例2

[0049] 本实施例提供一种焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.07%,Si:0.2%,Mn:0.6%,Ni:3.5%,Cu:1.0%,La:0.05%,Y:0.1%,Mo:0.01%,Nb:0.005%,Cr:0.02%,Ti:0.003%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;

[0050] 本实施例还提供一种厚度为35mm的低温弯管的焊接和热处理方法,包括如下步骤:

[0051] S1、采用所述焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;其中,激光熔覆采用多层多道熔覆,具体包括如下步骤:

[0052] 步骤a、以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层焊接,得第一焊缝;

[0053] 步骤b、在所述第一焊缝一侧进行2层熔覆,得第二焊缝;

[0054] 步骤c、在所述第一焊缝另一侧进行2层熔覆,得第三焊缝;

[0055] 步骤d、在所述第二焊缝上面进行2层熔覆,得第四焊缝;

[0056] 步骤e、在所述第三焊缝上面进行2层熔覆,得第五焊缝;

[0057] 步骤f、重复步骤d-e,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为1mm;

[0058] 激光熔覆的激光扫描速度为1.2m/min;多层多道熔覆中每层的厚度2.0mm;激光熔覆的激光功率为4kW;激光熔覆的光斑为直径为6mm的圆型光斑;激光熔覆的搭接率为60%;

[0059] S2、将所述焊接低温弯管母管接头以400Hz的煨制频率于1050℃下进行热煨,其推进速度为60mm/min,然后于560℃下回火150min,得所述低温弯管。

[0060] 实施例3

[0061] 本实施例提供一种焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.08%,Si:0.15%,Mn:0.7%,Ni:3.0%,Cu:1.5%,La:0.07%,Y:0.08%,Mo:0.02%,Nb:0.001%,Cr:0.01%,Ti:0.001%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;

[0062] 本实施例还提供一种厚度为40mm的低温弯管的焊接和热处理方法,包括如下步骤:

[0063] S1、采用所述焊缝金属粉末作为激光熔覆粉末对低温弯管母管的焊缝进行激光熔覆,得焊接低温弯管母管接头;其中,激光熔覆采用多层多道熔覆,具体包括如下步骤:

[0064] 步骤a、以低温弯管母管横截面中心为起点,进行一层焊接,得第一焊缝;

[0065] 步骤b、在所述第一焊缝一侧进行2层熔覆,得第二焊缝;

- [0066] 步骤c、在所述第一焊缝另一侧进行2层熔覆,得第三焊缝;
- [0067] 步骤d、在所述第二焊缝上面进行2层熔覆,得第四焊缝;
- [0068] 步骤e、在所述第三焊缝上面进行2层熔覆,得第五焊缝;
- [0069] 步骤f、重复步骤d-e,至两侧焊缝熔覆层的焊缝余高为0.6mm;
- [0070] 激光熔覆的激光扫描速度为1.1m/min;多层多道熔覆中每层的厚度1.7mm;激光熔覆的激光功率为5kW;激光熔覆的光斑为直径为5.5mm的圆型光斑;激光熔覆的搭接率为50%;
- [0071] S2、将所述焊接低温弯管母管接头以300Hz的煨制频率于1020℃下进行热煨,其推进速度为40mm/min,然后于550℃下回火100min,得所述低温弯管。
- [0072] 对比例1
- [0073] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:
- [0074] 本实施例提供的焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Cu:2.0%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:0.03%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;
- [0075] 其他操作与实施例1相同。
- [0076] 对比例2
- [0077] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:本实施例提供的焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Ni:2.8%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:0.03%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;
- [0078] 其他操作与实施例1相同。
- [0079] 对比例3
- [0080] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:本实施例提供的焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Ni:2.8%,Cu:3.0%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:0.03%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;
- [0081] 其他操作与实施例1相同。
- [0082] 对比例4
- [0083] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:本实施例提供的焊缝金属粉末,以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Ni:2.8%,Cu:2.0%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:1.5%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,Ti:2.3%,余量为铁以及不可避免的杂质;其中,所述焊缝金属粉末的粒径为50 μ m-150 μ m;
- [0084] 其他操作与实施例1相同。
- [0085] 对比例5
- [0086] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:S2中,低温弯管的热煨温度为1250℃;
- [0087] 其他成分和操作与实施例1相同。
- [0088] 对比例6

[0089] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:S2中,低温弯管的回火温度为480℃;

[0090] 其他成分和操作与实施例1相同。

[0091] 对比例7

[0092] 本对比例提供一种焊缝金属粉末及低温弯管的焊接和热处理方法,与实施例1不同在于:

[0093] 焊丝的成分以质量百分含量计,由以下化学成分组成:C:0.1%,Si:0.1%,Mn:0.8%,Ni:2.8%,Cu:2.0%,La:0.1%,Y:0.05%,Mo:0.03%,Nb:0.01%,Cr:0.01%,余量为铁以及不可避免的杂质;

[0094] 本对比例提供一种低温弯管母管的焊接和热处理方法,包括如下步骤:

[0095] S1、采用内外双面四丝埋弧焊焊丝对低温弯管母管进行焊接;其中,第一焊丝的电流为1150A,电压为33V;第二焊丝的电流为1000A,电压为34V;第三焊丝的电流为850A,电压为35V;第四焊丝的电流为700A,电压为37V;焊接的速度为1.35m/min;埋弧焊丝的成分和焊缝金属粉末的成分相同;

[0096] 其他步骤和实施例1相同。

[0097] 将实施例1~3、对比例1~7制备的低温弯管母管和低温弯管进行检测,其中,抗拉强度的检测标准为GB/T 228.1-2021,-60℃夏比冲击的检测标准为GB/T 229-2020;

[0098] 具体检测结果见表1-2:

[0099] 表1 焊态低温弯管母管焊缝的性能

[0100]

检测项目	抗拉强度/MPa	-60℃夏比冲击/J
实施例1	706	102
实施例2	683	117
实施例3	695	106
对比例1	660	45,有裂纹
对比例2	598	76
对比例3	672	71
对比例4	735(断母材)	35
对比例5	690	98
对比例6	685	93
对比例7	670	31

[0101] 表2 低温弯管热煨回火后焊缝的性能

[0102]

检测项目	抗拉强度/MPa	-60℃夏比冲击/J
实施例1	689	103
实施例2	672	114
实施例3	681	106
对比例1	632	42,有裂纹
对比例2	587	69
对比例3	651	35
对比例4	669	21

对比例5	651	36
对比例6	570	64
对比例7	642	19

[0103] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换或改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

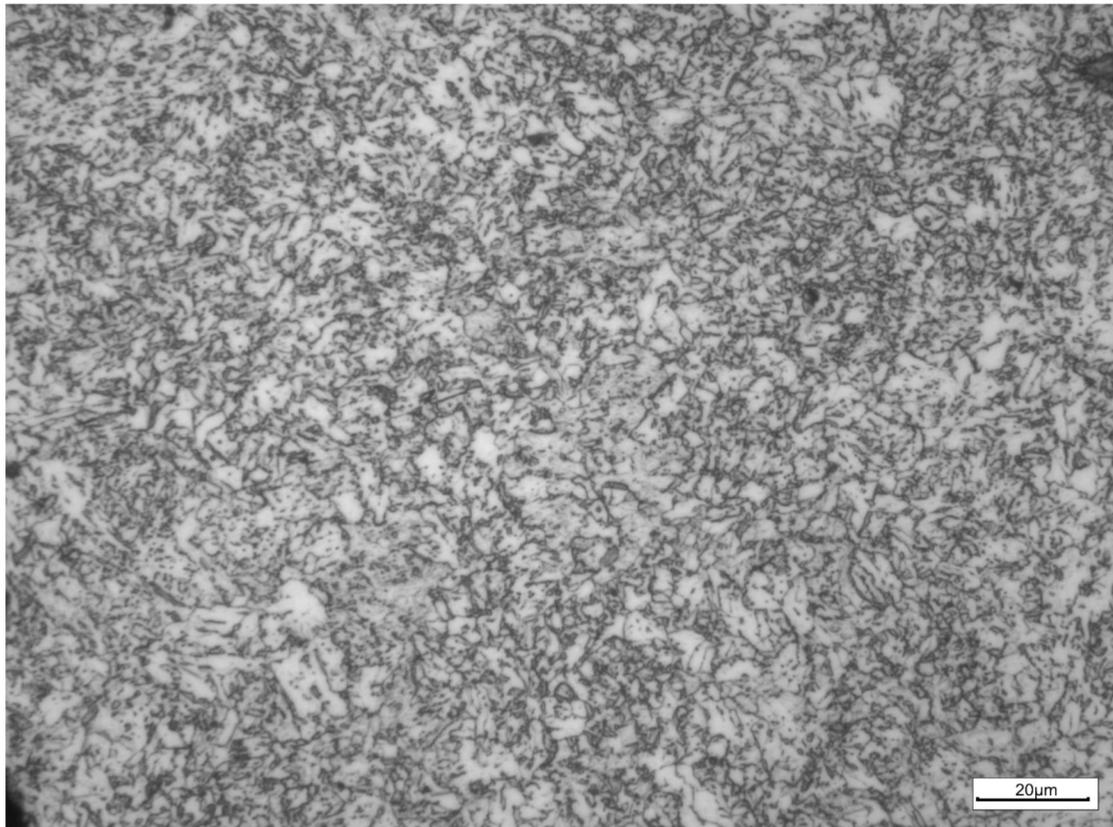


图1

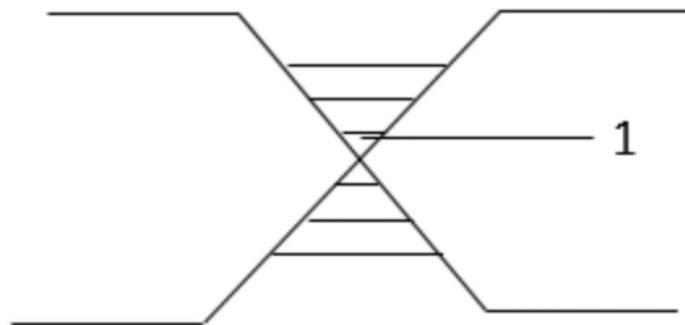


图2