



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117415519 A

(43) 申请公布日 2024.01.19

(21) 申请号 202311407113.9

(22) 申请日 2023.10.26

(71) 申请人 湖南华菱涟源钢铁有限公司

地址 417000 湖南省娄底市娄星区黄泥塘
甘桂路1005号双菱大厦

(72) 发明人 张永林 梁亮 齐江华 刘宁
肖爱达 梁文 郭庆先 周剑丰
曾威民 卢松 梁远栋 王成
刘湘 陈佛望 徐德强

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理
有限责任公司 11258
专利代理师 吕倩茹

(51) Int.Cl.
B23K 37/00 (2006.01)

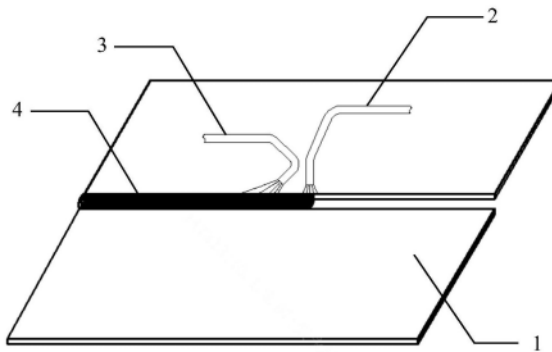
权利要求书2页 说明书10页 附图1页

(54) 发明名称

一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的
焊接工艺

(57) 摘要

本申请涉及一种屈服强度1300MPa级低合金
超高强钢的焊接工艺,该焊接工艺包括:在焊口
处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接
熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行
淬火强化。本申请实施例中,通过喷水冷却对焊
缝进行淬火处理,以使焊缝获得与屈服强度
1300MPa级低合金超高强钢母材基本相当的热处
理效果,从而提高焊态下焊接接头的抗拉强度,
使焊接接头具有与母材相当的强度性能。



1. 一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,包括:

在钢板焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化,所述钢板的化学成分以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.02\text{wt}\%$,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~0.42wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~0.06wt%,V:0.03wt%~0.075wt%,Nb:0.01wt%~0.05wt%,B:0.001wt%~0.005wt%,Als:0.02wt%~0.07wt%,余量为Fe和不可避免的杂质;

其中,所述钢板的厚度 t 满足 $t\leq 4\text{mm}$ 。

2. 根据权利要求1所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述对焊接熔池已凝固处喷水冷却包括:对焊接熔池后方11~16mm处已凝固焊缝进行喷水冷却。

3. 根据权利要求1或2所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述焊接熔池后方已凝固焊缝处的温度为820~940℃。

4. 根据权利要求1或2所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述喷水冷却的水温为15~25℃,和/或

所述喷水冷却的水压为0.2~1.6MP,和/或

所述喷水冷却的喷水方向与焊接前进方向相反。

5. 根据权利要求1所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,包括:

在钢板焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化;

所述一次焊接完成后在焊缝表面进行二次焊接形成回火焊道,以对焊缝进行保温回火处理。

6. 根据权利要求5所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述保温回火处理的保温温度为200~300℃,所述保温回火处理的保温时间 T 满足: $T=1.4t+(45\sim 60)\text{min}$,其中, t 为钢板厚度。

7. 根据权利要求5或6所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,

所述焊接工艺得到的焊接接头的抗拉强度不低于1500MPa,和/或

所述焊接工艺获得的焊接接头的-40℃冲击功不低于47J。

8. 根据权利要求1所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述一次焊接前不进行预热处理。

9. 根据权利要求1所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,

所述气体保护焊的参数为:焊接电流为120~160A,焊接电压为13~21V,焊接热输入 Q 满足: $Q=t\pm 1\text{kJ/cm}$,其中, t 为钢板厚度;和/或

所述气体保护焊的保护气体为95%Ar+5%CO₂或98%Ar+2%O₂富氩混合气。

10. 根据权利要求1所述的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,其特征在于,所述气体保护焊的焊丝具有如下的化学组成:C:0.05~0.12wt%,Si:0.3~0.55wt%,

Mn:1.2~1.6wt%,Cr:0.1~0.8wt%,Ni:1.8~2.9wt%,Mo:0.5~1.2wt%,Ti:0~0.3wt%,V:0~0.1wt%,P:0~0.02wt%,S:0~0.02wt%,余量为Fe和不可避免的杂质。

一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺

技术领域

[0001] 本申请涉及钢材技术的领域,具体涉及一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢焊接工艺。

背景技术

[0002] 为满足工程机械用超高强度和轻量化需求而开发的屈服强度1300MPa级低合金超高强钢,其力学性能如下:屈服强度 $\geq 1300\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 1550\text{MPa}$,延伸率 $\geq 10\%$, -40°C 冲击功 $\geq 47\text{J}$ 。

[0003] 对于屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的熔化极活性气体保护焊(MAG),由于目前市面上的焊材的抗拉强度等级最高为980MPa,其化学成分接近屈服强度1300MPa级低合金超高强钢,但是焊态下焊缝抗拉强度等级远低于母材的抗拉强度等级,使得焊接接头的抗拉强度远低于母材抗拉强度,严重降低了钢材的承载能力。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的问题,本申请实施例提供一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,旨在提升焊接后焊接接头的抗拉强度。

[0005] 本申请实施例提供一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,包括:

[0006] 在钢板的焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化;

[0007] 其中,所述钢板的厚度 t 满足 $t \leq 4\text{mm}$;

[0008] 所述钢板的化学成分以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P \leq 0.01\text{wt}\%$, $S \leq 0.02\text{wt}\%$,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~0.142wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~0.06wt%,V:0.03wt%~0.075wt%,Nb:0.01wt%~0.05wt%,B:0.001wt%~0.005wt%,Als:0.02wt%~0.07wt%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0009] 本申请实施例提供的焊接工艺,焊接过程中,在焊接熔池后方,焊缝已凝固但仍处于一定的高温状态,为了达到与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢相同的淬火强化效果,在焊接熔池后方已凝固的焊缝位置进行喷水冷却,焊缝在一定温度范围下经历水淬,对焊缝进行与母材基本相当的淬火热处理,进而实现焊缝获得与母材相当的淬火效果,提升焊接接头的抗拉强度。另外,控制钢板的厚度在4mm以下,可以在喷水冷却进行淬火处理时确保淬透,进而获得与母材相当的淬火强化效果。

[0010] 在本申请的一些实施例中,所述对焊接熔池已凝固处喷水冷却包括:对焊接熔池后方11~16mm处已凝固焊缝喷水冷却。

[0011] 在本申请的一些实施例中,所述喷水冷却的水温为15~25 $^\circ\text{C}$ 。

[0012] 在本申请的一些实施例中,所述喷水冷却的喷水方向与焊接前进方向相反。

[0013] 在本申请的一些实施例中,所述焊接熔池后方已凝固焊缝处的温度为820~940

℃。

[0014] 在本申请的一些实施例中,焊接工艺包括:在钢板焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化;

[0015] 所述一次焊接完成后在焊缝表面进行二次焊接形成回火焊道,以对焊缝进行保温回火处理。

[0016] 在本申请的一些实施例中,所述回火处理的温度为200~300℃,所述回火处理的时间T满足: $T=1.4t+(45\sim 60)\text{min}$,其中,t为钢板厚度。

[0017] 在本申请的一些实施例中,通过所述焊接工艺获得的焊接接头的抗拉强度不低于1500MPa。

[0018] 在本申请的一些实施例中,所述焊接工艺获得的焊接接头的-40℃冲击功不低于47J。

[0019] 在本申请的一些实施例中,所述气体保护焊的参数为:焊接电流为120~160A,焊接电压为13~21V,焊接热输入Q满足: $Q=t\pm 1\text{kJ/cm}$,其中,t为钢板厚度。

[0020] 在本申请的一些实施例中,所述一次焊接前不进行预热处理。

[0021] 在本申请的一些实施例中,所述气体保护焊的焊丝包括如下的化学组成:C:0.05~0.12wt%,Si:0.3~0.55wt%,Mn:1.2~1.6wt%,Cr:0.1~0.8wt%,Ni:1.8~2.9wt%,Mo:0.5~1.2wt%,Ti:0~0.3wt%,V:0~0.1wt%,P:0~0.02wt%,S:0~0.02wt%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0022] 在本申请的一些实施例中,所述气体保护焊的保护气体为95%Ar+5%CO₂或98%Ar+2%O₂富氩混合气。

附图说明

[0023] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单的介绍,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。

[0024] 图1是本申请实施例中“喷水冷却”的示意图;

[0025] 图2是本申请实施例中“回火焊道”的截面结构示意图。

[0026] 附图标记说明:1、钢板;2、焊枪;3、冷却水管;4、焊缝;5、回火焊道。

具体实施方式

[0027] 下面将详细描述本申请的各个方面的特征和示例性实施例。在下面的详细描述中,提出了许多具体细节,以便提供对本申请的全面理解。但是,对于本领域技术人员来说很明显的是,本申请可以在不需要这些具体细节中的一些细节的情况下实施。下面对实施例的描述仅仅是为了通过示出本申请的示例来提供对本申请的更好的理解。在附图和下面的描述中,至少部分的公知结构和技术没有被示出,以便避免对本申请造成不必要的模糊;并且,为了清晰,可能夸大了部分结构的尺寸。此外,下文中所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施例中。

[0028] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存

在任何这种实际的关系或者顺序。在本申请的描述中,需要说明的是,除非另有说明,“多个”的含义是两个以上。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0029] 屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的主要化学组成包括的热处理工艺为820~940℃淬火加200~300℃回火,淬火用水温度为15~25℃,回火保温时间为 $1.4t+(45\sim 60)$ min, t为钢板厚度;组织为回火索氏体。

[0030] 对于屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的熔化极活性气体保护焊(MAG),由于目前市面上的焊材抗拉强度等级最高为980MPa,其主要化学成分包括:C:0.1wt%, Si:0.46wt%, Mn:1.49wt%, Cr:0.6wt%, Ni:2.4wt%, Mo:0.9wt%, Ti:0.1wt%, V:0.03wt%, P:0.009wt%, S:0.013wt%, 虽然焊丝的主要化学成分接近甚至超过屈服强度1300MPa级低合金超高强钢,但是焊态下焊缝的抗拉强度等级远远低屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的抗拉强度等级;此外,经历焊接热循环后,焊接热影响区存在一定的软化现象,因此,焊接接头的抗拉强度远低于母材的抗拉强度,严重降低了屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的承载能力。

[0031] 现有技术中,中国专利申请CN116100130A公布了一种屈服强度1400MPa级超强钢板的焊接方法,通过采用预热100~120℃,采用90kg级低强焊丝、低热输入单面焊双面成型的方法进行MAG焊接,层间温度控制在90~110℃,焊后缓冷等处理方式,得到焊接接头的抗拉强度仅能达到1150MPa。中国专利申请CN105598596A公布了一种1200MPa高强度钢不预热组合焊接方法,采用低强焊丝打底焊、盖面层和封底层焊接+高强焊丝填充焊的组合焊接方法,减小焊接裂纹敏感性,焊接接头抗拉强度仅为700~900MP。

[0032] 可以看出,在不进行焊后热处理的情况下,很难实现焊接接头抗拉强度达到或接近母材的抗拉强度等级,而当前常规的焊后热处理会大大增加生产成本,降低生产效率,尤其是大型结构件,受结构尺寸限制,导致焊后热处理设备、工艺成本巨大。

[0033] 基于此,发明人进行了大量的研究,旨在提供一种低成本、高效率的焊接工艺,以期提升屈服强度1300MPa级低合金超高强钢焊接接头的抗拉强度,使焊缝获得与母材基本相当的抗拉强度。

[0034] 本申请实施例提供一种屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的焊接工艺,包括如下的工序:

[0035] 在钢板的焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化,

[0036] 本申请实施例中,采用MAG焊对屈服强度1300MPa级低合金超高强钢进行焊接,在焊接过程中,焊接熔池后方一定距离处焊缝虽然已经凝固,但仍处于较高的温度,为了达到与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢相同的淬火强化效果,在已凝固的焊缝处进行水淬处理。如图1所示,对钢板1进行焊接时,在焊枪2后方一定距离处设置冷却水管3进行喷水冷却以对焊缝4进行淬火强化,冷却水管3随焊枪2同步移动前进,使焊缝4经历淬火热处理。

[0037] 根据本申请实施例,在屈服强度1300MPa级低合金超高强钢焊接过程中,通过对焊

接熔池后方已凝固的焊缝位置喷水冷却处理,使焊缝在一定温度下经历水淬强化,获得与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢相同的淬火效果。通过对焊缝进行喷水冷却淬火处理,使焊缝实现与母材相当的淬火强化效果,进而提升焊接接头的抗拉强度。同时,本申请实施例中采用喷水冷却在焊接熔池凝固后即时淬火,工艺简单,不需要配备大型的淬火装置,以较低成本即可实现较好的强化处理效果。

[0038] 在一些实施例中,对焊接熔池已凝固处喷水冷却包括:对焊接熔池后方11~16mm处已凝固焊缝喷水冷却。

[0039] 根据本申请实施例,在焊接熔池后方8~14mm位置,焊缝已经凝固,但仍处于较高的温度,并且此位置焊缝的温度接近于屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的淬火处理温度,因此在此部位喷水冷却进行淬火处理,可以使焊缝位置的淬火热处理效果更加接近于屈服强度1300MPa级低合金超高强钢,进而是焊接接头获得更接近于母材的抗拉强度。

[0040] 在一些实施例中,喷水冷却的水温为15~25℃。

[0041] 根据本申请实施例,通过控制水温在上述范围内,可以使焊缝获得较好的淬火效果。

[0042] 在一些实施例中,喷水冷却的喷水方向与焊接前进方向相反。

[0043] 根据本申请实施例中,冷却水沿与焊接前进相反的方向喷出,可以避免冷却水大量溅射到焊接熔池以及焊枪处而影响焊接质量和施工操作,可以减少对操作人员的影响,提升焊接过程的安全性。

[0044] 在一些实施例中,焊接熔池后方已凝固焊缝处的温度为820~940℃。

[0045] 根据本申请实施例,焊接熔池后方已凝固焊缝处的温度指的是喷水冷却位置的焊缝温度,也就是控制对焊缝进行水淬处理的温度为820~940℃,此温度也是屈服强度1300MPa级低合金超高强钢进行淬火处理的温度范围,通过控制焊缝处的水淬温度在此范围内,可以使焊缝处淬火处理效果更接近于屈服强度1300MPa级低合金超高强钢,进而使焊接接头获得与母材相当的抗拉强度。

[0046] 在一些实施例中,焊接工艺包括:

[0047] 在钢板焊口处采用气体保护焊进行一次焊接,同时,对焊接熔池后方已凝固焊缝处喷水冷却,以对焊缝进行淬火强化;

[0048] 所述一次焊接完成后在焊缝表面进行二次焊接形成回火焊道,以对焊缝进行保温回火处理。

[0049] 参照图1和图2,在完成一次焊接后,进一步对焊缝4进行回火热处理,在焊缝4上继续焊接一层形成回火焊道5,回火焊道5可以起到保温回火的作用,进而使焊缝4经历回火热处理。

[0050] 本领域技术人员可以理解的是,“回火焊道”是指多层多道焊时,后道焊对前道焊的焊缝金属进行的一次加热(或热循环),此加热作用相当于对前道焊金属进行回火。

[0051] 根据本申请实施例,为了使焊缝达到与母材基本相当的回火效果,在焊缝位置再焊接一道回火焊道对焊缝进行保温回火处理。通过对焊缝的保温回火,使焊缝获得与母材相同或接近的回火热处理效果,回火处理可以改善组织,进一步提升淬火强化后焊接接头的韧性,使焊接接头综合性能得到进一步提升。本申请实施例中,通过结合喷水冷却和回火焊道的工艺操作,使焊缝获得屈服强度1300MPa级低合金超高强钢相同或接近的淬火和回

火热处理效果,从而提升焊缝位置的强度,实现焊态下焊接接头与母材基本相当的抗拉强度和冲击韧性。

[0052] 在一些实施例中,保温回火处理包括:在回火焊道上采用保温材料包裹。

[0053] 本申请实施例中,在二次焊接形成回火焊道以后,采用保温材料对回火焊道进行包裹,通过保温材料的包裹可以降低回火焊道的冷却速率,使回火焊道在指定回火温度下保持较长时间,避免冷却太快导致回火效果达不到预期而影响焊接接头的强度和韧性。本申请实施例中,保温材料可以是保温棉等不燃或难燃保温材料。

[0054] 在一些实施例中,保温回火处理的保温温度为200~300℃。

[0055] 本申请实施例中,通过在焊接完成的焊缝表面再焊接一层形成回火焊道以对焊缝进行保温回火处理,在进行保温回火处理过程中,通过对回火焊道进行温度检测以对其进行温度调整。待回火焊道冷却至接近300℃时对回火焊道进行保温处理,使焊缝获得回火效果,保温材料可以是保温棉等保温材料;同时,在保温期间进行实时测温,当焊缝冷却至接近200℃时,重新加热,使焊缝温度保持在200~300℃范围。

[0056] 根据本申请实施例,通过控制保温回火处理的温度在此温度范围内,可以使焊缝位置与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢具有相同或相近的回火热处理温度,进而使焊缝获得与母材相当的回火热处理效果,从而使焊接接头获得与母材相当的抗拉强度和冲击韧性。

[0057] 在一些实施例中,保温回火处理的保温时间T满足: $T=1.4t+(45\sim 60)\text{min}$,其中,t为钢板厚度。

[0058] 根据本申请实施例,通过控制保温回火处理的时间在此范围内,可以使焊缝位置与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢具有相同或相近的回火热处理时间长度,进一步使焊缝获得与母材相当的回火热处理效果,从而使焊接接头获得与母材相当的抗拉强度和冲击韧性。

[0059] 在一些实施例中,一次焊接前不进行热处理。

[0060] 根据本申请实施例,本申请实施例中提供的焊接工艺,焊前无需进行热处理,可以降低焊接成本,提高焊接效率,并且不会对焊接接头的强度造成影响。

[0061] 在一些实施例中,一次焊接前对钢板焊接部位进行打磨至露出金属光泽。

[0062] 根据本申请实施例,通过焊前打磨去除焊接部位的杂质,使焊接部位更加平整,从而避免出现焊接缺陷。

[0063] 在一些实施例中,焊接电流为120~160A。

[0064] 在一些实施例中,焊接电压为13~21V。

[0065] 在一些实施例中,焊接热输入Q满足: $Q=t\pm 1\text{kJ/cm}$,其中,t为钢板厚度。

[0066] 根据本申请实施例,通过控制气体保护焊的焊接参数在上述范围内,可以使焊缝位置具有更好的焊接效果,获得更高的强度性能。

[0067] 在一些实施例中,气体保护焊的保护气体为95%Ar+5%CO₂或98%Ar+2%O₂富氩混合气。

[0068] 在一些实施例中,气体保护焊的焊丝包括如下的化学组成:C:0.05~0.12wt%, Si:0.3~0.55wt%, Mn:1.2~1.6wt%, Cr:0.1~0.8wt%, Ni:1.8~2.9wt%, Mo:0.5~1.2wt%, Ti:0~0.3wt%, V:0~0.1wt% C:0.1wt%, Si:0.46wt%, Mn:1.49wt%, Cr:

0.6wt%, Ni:2.4wt%, Mo:0.9wt%, Ti:0.1wt%, V:0.03wt%, P:0~0.02wt%, S:0~0.02wt%, 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0069] 根据本申请实施例,具有上述化学组成的焊丝,其化学组成与屈服强度1300MPa级低合金超高强钢的化学组成基本相同,因此可以保证焊缝具有与母材基本接近的合金元素及含量,进而使焊接接头获得接近于母材的性能表现。

[0070] 在一些实施例中,钢板的厚度 $\leq 4\text{mm}$ 。

[0071] 在一些实施例中,通过上述焊接工艺获得的焊接接头的抗拉强度不低于1500MPa。

[0072] 在一些实施例中,通过上述焊接工艺获得的焊接接头的-40℃冲击功不低于47J。

[0073] 根据本申请实施例,通过对焊缝进行淬火和回火热处理,可以使焊接接头获得与母材基本相当的抗拉强度和冲击韧性。

[0074] 实施例

[0075] 以下列举具体实施例对本发明进行说明。需要指出的是,下面描述的实施例是示例性的,仅用于解释本申请,而不能理解为对本申请的限制。实施例中未注明具体技术或条件的,按照本领域内的文献所描述的技术或条件或者按照产品说明书进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市购获得的常规产品。

[0076] 实施例1

[0077] 采用4mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%, Si:0.15wt%~0.4wt%, Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.02\text{wt}\%$, Cr:0.25wt%~0.55wt%, Ni:1.0wt%~01.42wt%, Mo:0.4wt%~0.82wt%, Ti:0.005wt%~0.06wt%, V:0.03wt%~0.075wt%, Nb:0.01wt%~0.05wt%, B:0.001wt%~0.005wt%, Als:0.02wt%~0.07wt%, 余量为Fe和不可避免的杂质;

[0078] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氧混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%, Si:0.46wt%, Mn:1.49wt%, Cr:0.6wt%, Ni:2.4wt%, Mo:0.9wt%, Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流150A,焊接电压18V,焊接速度27cm/min,焊接热输入为4.80kJ/cm;焊接工艺如下:

[0079] (1)焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留2mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方13mm处,此位置焊缝温度为880~920℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力控制在1.2MPa;

[0080] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1640MPa,-40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于12J。

[0081] 实施例2

[0082] 采用4mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%, Si:0.15wt%~0.4wt%, Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.02\text{wt}\%$, Cr:0.25wt%~0.55wt%, Ni:1.0wt%~01.42wt%, Mo:0.4wt%~0.82wt%, Ti:0.005wt%~0.06wt%, V:0.03wt%~0.075wt%, Nb:0.01wt%~0.05wt%, B:0.001wt%~0.005wt%, Als:0.02wt%~0.07wt%, 余量为Fe和不可避免的杂质;

[0083] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氧混合气;焊丝采用GHS-110

焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%,Si:0.46wt%,Mn:1.49wt%,Cr:0.6wt%,Ni:2.4wt%,Mo:0.9wt%,Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流150A,焊接电压18V,焊接速度27cm/min,焊接热输入为4.80kJ/cm;焊接工艺如下:

[0084] (1) 焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留2mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方13mm处,此位置焊缝温度为880~920℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力控制在1.6MPa;

[0085] (2) 一次焊接完成后,清理焊渣,吹干焊缝表面水分,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至300℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达到210℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至300℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到60min,缓冷至室温。

[0086] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1500MPa,-40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于36J,冷弯试验合格。

[0087] 实施例3

[0088] 采用3mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%,P≤0.01wt%,S≤0.02wt%,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~01.42wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~0.06wt%,V:0.03wt%~0.075wt%,Nb:0.01wt%~0.05wt%,B:0.001wt%~0.005wt%,Als:0.02wt%~0.07wt%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0089] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氩混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%,Si:0.46wt%,Mn:1.49wt%,Cr:0.6wt%,Ni:2.4wt%,Mo:0.9wt%,Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流120A,焊接电压14V,焊接速度22cm/min,焊接热输入为3.67kJ/cm;焊接工艺如下:

[0090] (1) 焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留1.5mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方14mm处,此位置焊缝温度为880~920℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力控制在0.6MPa;

[0091] (2) 一次焊接完成后,清理焊渣,吹干焊缝表面水分,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至300℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达到210℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至300℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到58min,缓冷至室温。

[0092] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1510MPa,-40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于36J,冷弯试验合格。

[0093] 实施例4

[0094] 采用3mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%,P≤0.01wt%,S≤0.02wt%,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~01.42wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~

0.06wt%, V:0.03wt%~0.075wt%, Nb:0.01wt%~0.05wt%, B:0.001wt%~0.005wt%, Als:0.02wt%~0.07wt%, 余量为Fe和不可避免的杂质;

[0095] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氩混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%, Si:0.46wt%, Mn:1.49wt%, Cr:0.6wt%, Ni:2.4wt%, Mo:0.9wt%, Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流120A,焊接电压14V,焊接速度22cm/min,焊接热输入为3.67kJ/cm;焊接工艺如下:

[0096] (1)焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留1.5mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方22mm处,此位置焊缝温度为380~480℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力为1.2MPa;

[0097] (2)一次焊接完成后,清理焊渣,吹干焊缝表面水分,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至300℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达到210℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至300℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到58min,缓冷至室温。

[0098] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1140MPa, -40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于47J,冷弯试验合格。

[0099] 实施例5

[0100] 采用3mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%, Si:0.15wt%~0.4wt%, Mn:0.8wt%~1.2wt%, P≤0.01wt%, S≤0.02wt%, Cr:0.25wt%~0.55wt%, Ni:1.0wt%~01.42wt%, Mo:0.4wt%~0.82wt%, Ti:0.005wt%~0.06wt%, V:0.03wt%~0.075wt%, Nb:0.01wt%~0.05wt%, B:0.001wt%~0.005wt%, Als:0.02wt%~0.07wt%, 余量为Fe和不可避免的杂质;

[0101] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氩混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%, Si:0.46wt%, Mn:1.49wt%, Cr:0.6wt%, Ni:2.4wt%, Mo:0.9wt%, Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流120A,焊接电压14V,焊接速度22cm/min,焊接热输入为3.67kJ/cm;焊接工艺如下:

[0102] (1)焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留1.5mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方14mm处,此位置焊缝温度为880~920℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力为1.2MPa;

[0103] (2)一次焊接完成后,清理焊渣,吹干焊缝表面水分,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至400℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达到300℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至400℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到58min,缓冷至室温。

[0104] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1420MPa, -40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于47J,冷弯试验合格。

[0105] 实施例6

[0106] 采用3mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.02\text{wt}\%$,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~01.42wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~0.06wt%,V:0.03wt%~0.075wt%,Nb:0.01wt%~0.05wt%,B:0.001wt%~0.005wt%,Als:0.02wt%~0.07wt%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0107] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氧混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%,Si:0.46wt%,Mn:1.49wt%,Cr:0.6wt%,Ni:2.4wt%,Mo:0.9wt%,Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流120A,焊接电压14V,焊接速度22cm/min,焊接热输入为3.67kJ/cm;焊接工艺如下:

[0108] (1) 焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留1.5mm间隙,对焊接位置进行一次焊接,焊接过程中,在焊接熔池后方设置一个冷却水管,使用冷却水管向焊缝位置喷水进行冷却,并使冷却水管与焊枪保持同步移动,冷却位置位于焊接熔池后方14mm处,此位置焊缝温度为880~920℃,水流喷出方向与焊接前进方向相反,冷却水管中水温控制在15~20℃,喷水压力控制在1.2MPa;

[0109] (2) 一次焊接完成后,清理焊渣,吹干焊缝表面水分,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至300℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达到210℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至300℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到42min,缓冷至室温。

[0110] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1600MPa,-40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于27J,冷弯试验合格。

[0111] 对比例1

[0112] 采用3mm厚的Q1300E钢板,使用现有技术中常规焊接工艺进行焊接,即不进行喷水冷却和回火焊道保温回火处理,焊接参数与实施例2保持一致。

[0113] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1215MPa。

[0114] 对比例2

[0115] 采用3mm厚的Q1300E钢板,钢板的化学组成以质量百分比计包括:C:0.1wt%~0.3wt%,Si:0.15wt%~0.4wt%,Mn:0.8wt%~1.2wt%, $P\leq 0.01\text{wt}\%$, $S\leq 0.02\text{wt}\%$,Cr:0.25wt%~0.55wt%,Ni:1.0wt%~01.42wt%,Mo:0.4wt%~0.82wt%,Ti:0.005wt%~0.06wt%,V:0.03wt%~0.075wt%,Nb:0.01wt%~0.05wt%,B:0.001wt%~0.005wt%,Als:0.02wt%~0.07wt%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0116] 采用熔化极气体保护焊,保护气体为98%Ar+2%O₂富氧混合气;焊丝采用GHS-110焊丝,其直径为1.2mm,焊丝主要化学成分包括C:0.1wt%,Si:0.46wt%,Mn:1.49wt%,Cr:0.6wt%,Ni:2.4wt%,Mo:0.9wt%,Ti:0.1wt%;采用以下参数进行焊接:焊接电流120A,焊接电压14V,焊接速度22cm/min,焊接热输入为3.67kJ/cm;焊接工艺如下:

[0117] (1) 焊前对焊接部位进行打磨露出金属光泽,保留1.5mm间隙,对焊接位置进行一次焊接;

[0118] (2) 一次焊接完成后,清理焊渣,在焊缝表面再焊接一层形成回火焊道,焊后立即测温,待焊缝温度降至300℃时,采用保温棉进行保温缓冷,在保温期间实时测温,当温度达

到210℃时,采用火焰枪对焊缝重新加热至300℃进行保温,重复进行该操作至焊缝保温时间达到58min,缓冷至室温。

[0119] 采用上述焊接工艺,经检测,焊接接头无裂纹、气孔等缺陷,焊接接头抗拉强度为1175MPa,-40℃试验温度下焊缝金属的V形缺口冲击试验的冲击功大于30J,冷弯试验合格。

[0120] 虽然已经参考优选实施例对本申请进行了描述,但在不脱离本申请的范围的情况下,可以对其进行各种改进并且可以用等效物替换其中的部件。尤其是,只要不存在结构冲突,各个实施例中所提到的各项技术特征均可以任意方式组合起来。本申请并不局限于文中公开的特定实施例,而是包括落入权利要求的范围内的所有技术方案。

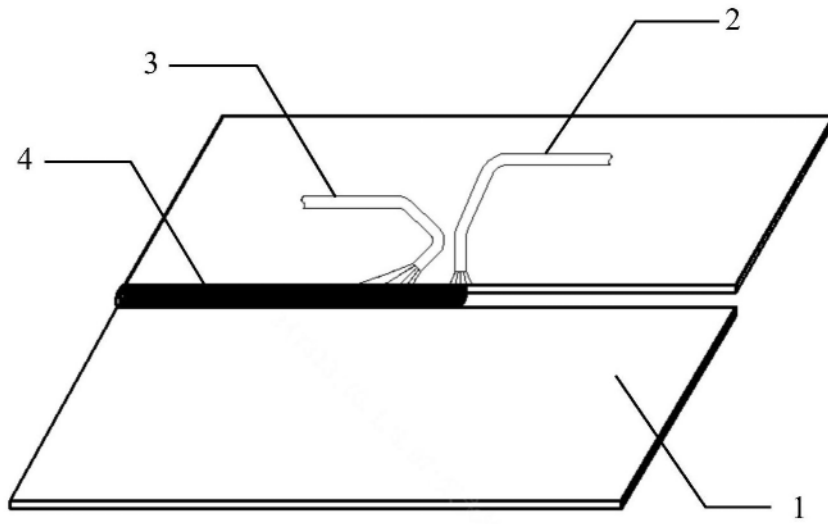


图1

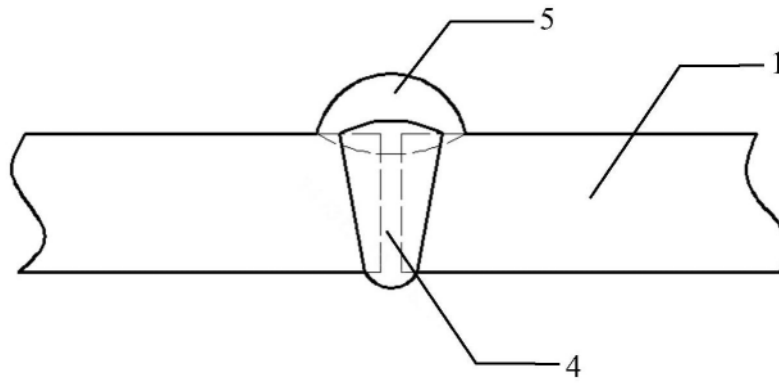


图2