



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114406512 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 29

(21) 申请号 202111607338.X	B23K 20/06 (2006.01)
(22) 申请日 2021.12.27	B23K 20/24 (2006.01)
(71) 申请人 中南大学	G21D 1/40 (2006.01)
地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号	G21D 6/00 (2006.01)
	G21D 9/50 (2006.01)
	G22C 38/02 (2006.01)
(72) 发明人 姜雁斌 谭骧 李周 徐国富 龙佳慧	G22C 38/04 (2006.01)
	G22C 38/06 (2006.01)
(74) 专利代理机构 长沙市融智专利事务所(普通合伙) 43114	G22C 38/42 (2006.01)
代理人 钟丹	G22C 38/44 (2006.01)
	G22C 38/46 (2006.01)
	G22C 38/50 (2006.01)
(51) Int. Cl.	
B23K 28/02 (2014.01)	
B23K 9/173 (2006.01)	
B23K 9/23 (2006.01)	
B23K 9/235 (2006.01)	

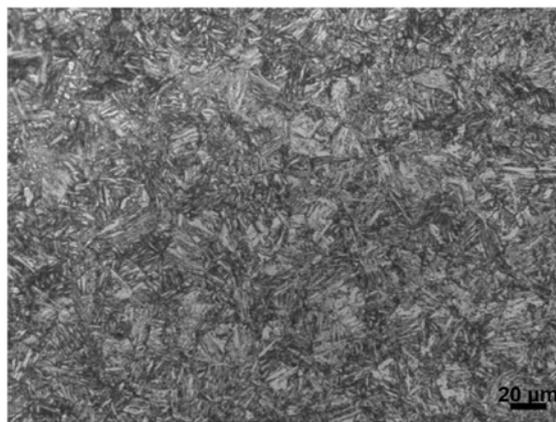
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,包括如下步骤,将合金A、合金B均预先开好坡口,然后摆搭定位组成待焊件,将待焊件进行预热处理,将经预热处理的待焊件进行焊接获得焊接件,最后将焊接件进行电脉冲处理和淬火处理获得焊接成品。本发明的焊后热处理是采用电脉冲处理+淬火处理,通过高能脉冲电流加速了因焊接过程中产生的网状碳化物的回溶过程,由于碳化物的回溶时间较短,奥氏体晶粒尺寸较小,结合淬火工艺,使奥氏体发生马氏体转变,既减少了由于焊接过程中热效应产生的网状碳化物、偏析等不利组织,又提高了焊接区域的强度与韧性。



1. 一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:包括如下步骤,将合金A、合金B均预先开好坡口,然后摆搭定位组成待焊件,将待焊件进行预热处理,将经预热处理的待焊件进行焊接获得焊接件,最后将焊接件进行电脉冲处理、淬火处理获得焊接成品;所述焊接的方式为全程采用Mag焊接工艺,或先采用Tig焊接工艺进行打底焊接,然后再采用Mag焊接工艺填充盖面。

2. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述合金A选自Q890,合金B选自42CrMoA,所述合金A与合金B的厚度均 $\leq 40\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述合金A、合金B均预先开 $10\sim 25^\circ$ 的坡口。

4. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述摆搭定位为将开好坡口的合金A、合金B以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在 $5\text{mm}$ 以内。

5. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:将待焊件置于涡流加热线圈中预热处理,所述预热处理的温度为 $100\sim 400^\circ\text{C}$ ,预热处理的时间为 $5\sim 20\text{min}$ ,升温的速率为 $30\sim 70^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述焊接方式为采用Tig焊接工艺进行打底焊接,然后再采用Mag焊接工艺填充盖面。

7. 根据权利要求6所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述打底焊接时,控制打底焊道厚度为 $2\sim 7\text{mm}$ ,Tig焊接工艺参数为:焊接电流控制在 $150\sim 250\text{A}$ ,焊接电压为 $15\sim 30\text{V}$ ,氩气流量为 $16\sim 18\text{L}/\text{min}$ ;

所述Mag焊接工艺的参数为焊接电流控制在 $150\sim 300\text{A}$ ,焊接电压为 $18\sim 30\text{V}$ ,气体流量为 $16\sim 18\text{L}/\text{min}$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述Mag焊接采用多层多道焊接工艺,焊道彼此重叠,且重叠处的焊缝宽度 $\geq$ 前一道焊缝宽度的 $1/3$ ,任意一道的焊接方向一致,道间温度保持在 $140\sim 280^\circ\text{C}$ 。

9. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述电脉冲处理的工艺参数为:脉冲电流频率控制在 $200\sim 800\text{Hz}$ ,电流密度控制在 $1\times 10^4\sim 6\times 10^5\text{A}/\text{cm}^2$ ,使焊接件的局部区域于 $20\sim 120\text{s}$ 内加热到 $800\sim 1000^\circ\text{C}$ ,电脉冲的处理时间为 $1\sim 10\text{min}$ 。

10. 根据权利要求1所述的一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,其特征在于:所述淬火处理的过程为,将焊接件的焊接区域升温至 $800\sim 900^\circ\text{C}$ ,保温 $1\sim 10\text{min}$ ,然后用冷却液冲刷焊接区域外部 $20\sim 50\text{mm}$ ,使其降温至室温。

## 一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于异种钢铁材料的焊接技术领域,具体涉及一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺。

### 背景技术

[0002] 随着发展,矿山、机械、冶金等行业对材料的使用性能和力学性能提出越来越高的要求,单一材料的力学性能在科研工作者的努力下已得到了巨大的发展,然而对不同材料的焊接组织仍研究较少,焊接组织由于焊接过程的热影响导致焊接区域存在大量的热应力,同时焊接组织晶粒较为粗大,虽然通过一定的焊后热处理来调控组织,然而在这个过程中提高了大量的成本,然而仍然存在大量的网状组织,这使得材料的塑韧性提高幅度不大。作为矿山、机械、冶金等行业,对材料的硬度、强度、塑韧性具有一定的要求,通常为保证设备的使用寿命,会采取异种金属的焊接,即具有较高的强度、硬度的材料与具有较高的塑韧性材料进行焊接。在行业的要求下,对焊接组织的塑韧性提出了更高的要求。

[0003] Tig焊(非熔化极惰性气体保护电弧焊)是一种操作简单,灵活性较高的焊接方法,在焊接过程中焊缝区域在纯氩气的保护下与焊丝接触时产生出焊接电弧以填充焊缝区域。该焊接工艺可以手动对弧面及复杂部位进行焊接,使用范围较广;同时由于焊接过程产生的热源能量密度较低,导致热影响区较大,在焊接过程中由于热循环的影响,焊缝两侧的母材晶粒尺寸较大,甚至出现过烧等现象,降低焊接接头的力学性能。

[0004] Mag焊(熔化极活性气体保护电弧焊)是一种操作简单且较为广泛使用的焊接方法,在焊接过程中焊缝区域在活性气体的保护下与焊丝接触时产生出焊接电弧以填充焊缝区域。该焊接工艺对焊接速度具有较高的要求,当焊接速度较大时,常常在焊接区域出现咬边、过烧等现象,使得焊丝无法完全填充V型凹槽,道次之间的熔融金属的力学性能较差,极易开裂。当焊接速度超过临界值时,焊缝表面会出现周期性的波动,破坏焊接接头的强度和性能,造成焊缝金属连续性较低。

[0005] 42CrMoA钢属于中碳合金钢,具有高淬透性、良好的综合力学性能,广泛应用于机械制造,矿山等行业。Q890是一种高强合金钢,强度可达到800MPa。目前采用的焊接工艺主要是以Mag焊为主,这种工艺方法在焊接过程中焊接组织中存在焊接热应力,同时晶粒粗大使得焊接组织的塑韧性较低,在使用过程中容易开裂,因而使得设备的使用寿命较低。

[0006] 目前,针对于同种金属材料焊接的工艺方法很多,而对于异种金属材料的焊接方法研究鲜少。专利号为CN103521887A的专利申请文件中公开了一种45钢与35CrMo铸钢的焊接工艺,该工艺采用的是单一的Mag焊接工艺方法,在焊接过程中利用风铲对每一道焊缝进行冲击来初步消除焊接过程中产生的应力,最后通过焊后保温来进一步消除焊接过程中保留在焊机区域中产生的应力。专利号为CN110238525A的专利申请文件中公开了一种低碳钢与铸铁的异种金属焊接方法,该工艺采用摆动和偏移自熔焊接工艺对待焊件进行焊接,通过改变入射点对碳钢的偏移量来实现焊接过程。但是对于异种合金钢而言,主要是通过单一的焊接方法及焊后保温处理,及Mag焊+退火/回火处理。这种工艺虽然可以消除大部分应

力,然而仍存在少量的应力,同时在晶界处会析出大量的网状碳化物,这对焊接组织的力学性能产生很大的危害。而且由于焊接温度较高,焊接区域的晶粒较为粗大,这样的显微组织一定程度上降低了材料的塑韧性。因此,如何克服异种金属焊接工艺的不足,开发出一种解决异种金属焊接接头力学性能的工艺方法显得尤为重要。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,本发明通过对Q890和42CrMoA等异种合金先进行焊接,再结合电脉冲处理热处理,有效解决了现有技术中异种铁碳合金焊接过程中出现的韧性较差,强度较低的问题,并提高了设备的使用寿命。

[0008] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 本发明一种用于异种合金的焊接及电脉冲热处理工艺,包括如下步骤,将合金A、合金B均预先开好坡口,然后摆搭定位组成待焊件,将待焊件进行预热处理,将经预热处理的待焊件进行焊接获得焊接件,最后将焊接件进行电脉冲处理、淬火处理获得焊接成品;所述焊接的方式为全程采用Mag焊接工艺,或先采用Tig焊接工艺进行打底焊接,然后再采用Mag焊接工艺填充盖面。

[0010] 本发明的焊后热处理采用电脉冲处理+淬火处理,发明人发现,由于高能脉冲电流在加电区域段产生的焦耳热效应和非热效应的耦合作用可以在较低温度下极大地促进溶质原子扩散,特别是在异种金属熔合区界面之间的高电阻导致该熔融区的温度急剧升高,加速了因焊接过程中产生的网状碳化物的回溶过程,由于碳化物的回溶时间较短(约1~5min),奥氏体晶粒尺寸较小,结合淬火工艺,奥氏体发生马氏体转变,减少了由于焊接过程中焊接热影响过程产生的网状碳化物,偏析等组织;提高了焊接区域的强度与韧性。

[0011] 优选的方案,所述合金A选自Q890,合金B选自42CrMoA,所述合金A与合金B的厚度均 $\leq 40\text{mm}$ ,优选为厚度均 $\leq 30\text{mm}$ 。

[0012] 优选的方案,所述合金A、合金B均预先开 $10\sim 25^\circ$ 的坡口,优选为 $15\sim 20^\circ$ 的坡口。

[0013] 同时,在实际操作过程中,预先打磨除尽并清洗坡口表面及周边 $20\sim 30\text{mm}$ 的铁屑,油污,氧化物等杂质。

[0014] 优选的方案,所述摆搭定位为将开好坡口的合金A、合金B以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在 $5\text{mm}$ 以内,优选为 $3\text{mm}$ 以内。

[0015] 优选的方案,将待焊件置于涡流加热线圈中预热处理,所述预热处理的温度为 $100\sim 400^\circ\text{C}$ ,预热处理的时间为 $5\sim 20\text{min}$ ,升温的速率为 $30\sim 70^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

[0016] 发明人发现,将焊件置于涡流加热线圈中预热处理,采用上述程序加热,可确保加热的均匀性,最终所得焊接成品的微观结构最优,性能更好。在实际操作过程中,利用测温枪对焊接凹槽处进行实时测温,温度稳定后保温,即为预热处理的时间。

[0017] 进一步的优选,所述预热处理的温度为 $150\sim 280^\circ\text{C}$ ,预热处理的时间为 $10\sim 15\text{min}$ ,升温的速率为 $50\sim 70^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

[0018] 优选的方案,所述焊接方式为采用Tig焊接工艺进行打底焊接,然后再采用Mag焊接工艺填充盖面。

[0019] 发明人发现,先采用Tig焊接工艺于合金A、合金B的坡口处进行打底焊接,然后再

采用Mag焊接工艺在合金A、合金B的坡口沿同一个方向进行盖面填充,最后再经高能电脉冲加淬火装置在坡口处调控组织形貌,该工艺得到的异种合金焊缝的晶粒细小、组织均匀,消除了焊接过程产生的热应力,具有最优的综合力学性能和机械性能。

[0020] 采用Tig焊与Mag焊结合的分段工艺,先利用Tig焊接过程中气密性较好,可以有效地减少焊接过程中焊缝中的气孔;且由于热源能量密度较低,在焊接过程中氧化程度较低,不会产生的氧化物,因此可以确保底部焊缝的焊接质量,同时后续的焊接过程中采用Mag焊来填充盖面。上述方法不仅降低了成本,同时可以避免焊丝无法完全填充V型凹槽、道次之间的熔融金属的力学性能较差和极易开裂的问题,本发明的焊接方式一定程度地提高了焊缝的焊接质量,提高了焊接接头的韧性,降低了开裂倾向。

[0021] 优选的方案,所述打底焊接时,控制打底焊道厚度为2~7mm,Tig焊接工艺参数为:焊接电流控制在150~250A,焊接电压为15~30V,氩气流量为16~18L/min。

[0022] 在本发明中,当采用分段焊接时,需要将打底焊接的工艺参数控制在上述范围内,获得2~7mm厚度的打底焊道,在上述厚度下材料的最终性能最优,而若打底焊过厚会导致焊接强度下降。

[0023] 另外,发明人发现,焊接电流过大不仅导致厚度过大,而且会导致在焊接过程中产生大量的粒子飞溅,这些粒子作为第二相杂质直接导致熔池区域的脆性变大,从而影响到性能,同时由于电流过大,会导致在相同时间往熔池输送的热输入量变大,导致整个熔合区和热影响区域的晶粒尺寸变大,这也会使得材料的力学性能变得更差。

[0024] 进一步的优选,所述打底焊接时,控制打底焊道厚度为2~5mm,Tig焊接工艺参数为:焊接电流控制在150~180A,焊接电压为15~23V。

[0025] 在实际操作过程中,在进行Tig打底焊接之前,先将焊枪钨极点对准V型凹槽,同时对区域通入纯氩气,除尽V型凹槽中的空气后开始引弧,焊接过程采用HGS-80焊丝。

[0026] 优选的方案,所述填充盖面时,采用的保护气氛为含氩气与氧气的混合气氛,其中氩气与氧气的体积比为95~98:2~5。

[0027] 优选的方案,所述Mag焊接工艺的参数为焊接电流控制在150~300A,焊接电压为18~30V,气体流量为16~18L/min。

[0028] 在实际操作过程中,打底焊完成后立即打磨并除去表面焊渣及端部凸起。打磨干净后用Mag焊枪朝着V型凹槽通入保护气体约10s,除尽焊接区域中的空气后开始进行Mag焊填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝。

[0029] 优选的方案,所述Mag焊采用多层多道焊接工艺,焊道彼此重叠,且重叠处的焊缝宽度 $\geq$ 前一道焊缝宽度的1/3,任意一道的焊接方向一致,道间温度保持在140~280℃,优选为160~220℃。

[0030] 在本发明中Mag焊采用多层多道焊,直至完全盖面完成。

[0031] 在实际操作过程中,采用多层多道焊接工艺时,每道次填充之后均需要用测温枪对焊接槽周边10mm以内进行测温。

[0032] 优选的方案,所述电脉冲处理的工艺参数为:脉冲电流频率控制在200~800Hz,电流密度控制在 $1 \times 10^4 \sim 6 \times 10^5 \text{A/cm}^2$ ,使焊接件的局部区域于20~120s内加热到800~1000℃,电脉冲的处理时间为1~10min。在本发明中,局部区域所指的是焊接区域及周边30~50cm的区域,加热时间控制在20~120s。

[0033] 在本发明中,通过上述工艺参数下进行电脉冲处理所得最终材料的性能最优,这是因为电脉冲处理时电流对加工区域的晶粒尺寸产生很大的影响,电流过大,容易引起晶粒粗大,而电流过小,无法消除晶粒之间的偏析。

[0034] 进一步的优选,所述电脉冲处理的工艺参数为:脉冲电流频率控制在200~600Hz,局部区域加热温度控制在800~900℃,通电时间约1~5min。

[0035] 在实际操作过程中,在电脉冲处理约1~10min后立即切断电源,并进行淬火处理得到具有高固溶度的细小晶粒。

[0036] 优选的方案,所述淬火处理的过程为,将焊接件的焊接区域升温至800~900℃,保温1~10min,然后用冷却液冲刷焊接区域,使其降温至室温。

[0037] 本发明的原理与优势

[0038] 电脉冲处理技术是近年来发展的一种金属材料热处理新工艺,其利用电脉冲对金属材料进行瞬间高能非平衡输入,可大幅度促进金属原子、空位等缺陷的扩散运动,对金属材料的相变、结晶等产生显著的影响。通过电脉冲处理工艺可以有效地改善焊接金属接头材料的显微组织和提高其性能。

[0039] 本发明提出的一种用于Q890和42CrMoA等异种合金的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法,是将Tig焊、Mag焊、电脉冲晶粒细化、淬火处理进行的有机结合,以解决目前异种合金,尤其是对含有较多合金元素的铁碳合金在焊接后晶粒粗大、偏析严重、易开裂、高能耗、高成本等问题。

[0040] 本发明中一方面采用的是Tig焊+Mag焊分段打底填充工艺取代了传统的单一Mag焊打底填充工艺,利用Tig焊焊接过程中气密性较好,可以有效地减少焊接过程中焊缝中的气孔;且由于热源能量密度较低,在焊接过程中氧化程度较低,不会产生氧化物而降低底部焊缝的焊接质量。然而由于Tig焊焊接成本较高,在后续的焊接过程中采用Mag焊来填充盖面,一定程度地提高了焊缝的焊接质量,提高了焊接接头的韧性,降低了开裂倾向。

[0041] 另一方面,采用了电脉冲处理+淬火工艺,取代了传统的焊后热处理工艺,利用高能脉冲电流在加电区域段产生的焦耳热效应和非热效应的耦合作用,可以在较低温度下极大地促进溶质原子扩散,特别是在异种金属熔合区界面之间的高电阻导致该熔融区的温度急剧升高,加速了因焊接过程中产生的网状碳化物的回溶过程,由于碳化物的回溶时间较短(约1~5min),奥氏体晶粒尺寸较小,结合淬火工艺,奥氏体发生马氏体转变,减少了由于焊接过程中热影响过程产生的网状碳化物、偏析等不利组织,提高了焊接区域的强度与韧性。

[0042] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0043] 1)、与传统的异种金属焊接工艺(单一焊接技术+焊后热处理)相比,本发明中的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法采用的工艺为两种焊接技术加电脉冲处理。采用了Tig焊+Mag焊的分段工艺,可以在保证焊接质量的前提下,减少焊接成本。

[0044] 2)、本发明中的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法,即采用了一种高能电脉冲处理对焊接接头区域显微组织进行调控,通过细化晶粒和消除微区域的组织偏析,碎化了网状碳化物,消除了焊接热应力,提高了焊接接头处的力学性能,提升了焊接接头的塑韧性、强度等,降低了材料的开裂倾向。

[0045] 3)、与现有的异种金属焊接工艺相比,这种焊接工艺不需要进行焊后长时间的热

处理保温时间,既降低了能耗,又节省了焊接成本。

[0046] 说明书附图

[0047] 图1是实施例3中42CrMoA母材距离中心30mm处的金相组织图;

[0048] 图2是实施例3中Q890母材距离中心30mm处的金相组织图;

[0049] 图3是是实施例3中打底焊焊缝处的金相组织图;

[0050] 图4是对比例1中的打底焊焊缝处的金相组织图;

[0051] 图5是对比例2中的打底焊焊缝处的金相组织图。

## 具体实施方式

[0052] 实施例1

[0053] 一种用于Q890和42CrMoA等异种合金的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法,包括如下步骤:

[0054] a、准备材料:将Q890、42CrMoA材料开好20°的坡口,对应的合金化学元素组成及其质量分数分别为:Q890:C:0.15%;Si:0.28%;Mn:1.33%;P:0.011%;S:0.01%;Al:0.041%;Cu:0.02%;Cr:0.45%;Ni:0.325%;Mo:0.326%;V:0.035%;Ti:0.02%。42CrMoA:C:0.41%;Si:0.24%;Mn:0.62%;P:0.015%;S:0.006%;Cr:1.02%;Ni:0.1%;Mo:0.21%。所述合金材料的厚度均为30mm,打磨除尽并清洗坡口表面及周边30mm的铁屑,油污,氧化物等杂质。

[0055] b、摆搭定位:将开好坡口的Q890和42CrMoA以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在5mm以内。

[0056] c、预热处理:将对接好的材料放置在涡流加热线圈中,通电后设置好60°C/min的升温速度将对接材料预热到220°C,保温5min。

[0057] d、打底焊接:将开好10~25°单边坡口的Q890和42CrMoA合金以V型方式对接,采用Tig焊接工艺在V型槽内进行打底,打底焊道厚度为6mm。在进行Tig打底焊接之前,先将焊枪钨极点对准V型凹槽,同时对该区域通入纯氩保护气体约10s,除尽V型凹槽中的空气后开始引弧,焊接过程采用HGS-80焊丝。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~250A,焊接电压调整为25V,气体流量为16L/min。

[0058] e、填充盖面:打底焊完成后立即打磨并除去表面焊渣及端部凸起。打磨干净后用Mag焊枪朝着V型凹槽通入保护气体约10s,除尽焊接区域中的空气后开始进行Mag焊填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝,保护气体为95%氩气+5%氧气。同时要求Mag焊接方向与前一道焊接方向保持一致。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~300A,焊接电压调整为25V,过程采用多层多道焊接工艺,每道次填充之后均需要用测温枪对焊接槽周边10mm以内进行测温,要求道间温度保持在250°C,气体流量为16L/min。

[0059] f、电脉冲晶粒细化处理:在Mag焊接盖面完成后,将焊接件的两端夹持在电脉冲电极两端,接通电源使高密度脉冲电流通过焊接件,脉冲电流频率控制在600Hz,电流密度控制在 $1 \times 10^4 \sim 6 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ ,使焊接件的局部区域迅速加热到1000°C。电脉冲处理约10min后立即切断电源,并对焊接区域两端外侧30mm进行淬火处理得到具有高固溶度的细小晶粒。

[0060] 经测试,得到的焊接区域中心及周边性能:

[0061] (1)冲击性能(冲击温度为233.15K):

- [0062] 1)、焊缝处冲击功:35.4J
- [0063] 2)、Q890侧熔合线处冲击功:49J
- [0064] 3)、42CrMoA侧熔合线处冲击功:53.7J
- [0065] (2) 抗拉强度:
- [0066] 1)、Tig焊道处:966.5MPa
- [0067] 2)、Mag焊道处:936MPa
- [0068] (3) 延伸率:
- [0069] 1)、Tig焊道处:18.5%
- [0070] 2)、Mag焊道处:18.2%
- [0071] (4) 硬度:304HV
- [0072] 实施例2
- [0073] 一种用于Q890和42CrMoA等异种合金的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法,包括如下步骤:
- [0074] a、准备材料:将Q890、42CrMoA材料开好 $10\sim 20^\circ$ 的坡口,对应的合金化学元素组成及其质量分数分别为:Q890:C:0.15%;Si:0.28%;Mn:1.33%;P:0.011%;S:0.01%;Al:0.041%;Cu:0.02%;Cr:0.45%;Ni:0.325%;Mo:0.326%;V:0.035%;Ti:0.02%。42CrMoA:C:0.41%;Si:0.24%;Mn:0.62%;P:0.015%;S:0.006%;Cr:1.02%;Ni:0.1%;Mo:0.21%。所述合金材料的厚度均为30mm,打磨除尽并清洗坡口表面及周边 $20\sim 30$ mm的铁屑,油污,氧化物等杂质。
- [0075] b、摆搭定位:将开好坡口的Q890和42CrMoA以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在3mm以内。
- [0076] c、预热处理:将对接好的材料放置在涡流加热线圈中,通电后设置好 $60^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速度将对接材料预热到 $250^\circ\text{C}$ ,保温5min。
- [0077] d、打底焊接:将开好 $20^\circ$ 单边坡口的Q890和42CrMoA合金以V型方式对接,采用Tig焊接工艺在V型槽内进行打底,打底焊道厚度为5mm。在进行Tig打底焊接之前,先将焊枪钨极点对准V型凹槽,同时对该区域通入纯氩保护气体约10s,除尽V型凹槽中的空气后开始引弧,焊接过程采用HGS-80焊丝。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在 $150\sim 230\text{A}$ ,焊接电压调整为23V,气体流量为 $16\text{L}/\text{min}$ 。
- [0078] e、填充盖面:打底焊完成后立即打磨并除去表面焊渣及端部凸起。打磨干净后用Mag焊枪朝着V型凹槽通入保护气体约10s,除尽焊接区域中的空气后开始进行Mag焊填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝,保护气体为95%氩气+5%氧气。同时要求Mag焊接方向与前一道焊接方向保持一致。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在 $150\sim 250\text{A}$ ,焊接电压调整为23V。过程采用多层多道焊接工艺,每道次填充之后均需要用测温枪对焊接槽周边10mm以内进行测温,要求道间温度保持在 $220^\circ\text{C}$ ,气体流量为 $16\text{L}/\text{min}$ 。
- [0079] f、电脉冲晶粒细化处理:在Mag焊接盖面完成后,将焊接件的两端夹持在电脉冲电极两端,接通电源使高密度脉冲电流通过焊接件,脉冲电流频率控制在500Hz,电流密度控制在 $1\times 10^4\sim 6\times 10^5\text{A}/\text{cm}^2$ ,使焊接件的局部区域迅速加热到 $800^\circ\text{C}$ 。电脉冲处理约7min后立即切断电源,并对焊接区域两端外侧30mm进行淬火处理得到具有高固溶度的细小晶粒。
- [0080] 经测试,得到的焊接区域中心及周边性能:

[0081] (1) 冲击性能 (冲击温度为233.15K) :

[0082] 1)、焊缝处冲击功:37.9J

[0083] 2)、Q890侧熔合线处冲击功:51.4J

[0084] 3)、42CrMoA侧熔合线处冲击功:56.2J

[0085] (2) 抗拉强度:

[0086] 1)、Tig焊道处:988.9MPa

[0087] 2)、Mag焊道处:942.1MPa

[0088] (3) 延伸率:

[0089] 1)、Tig焊道处:20.7%

[0090] 2)、Mag焊道处:19.5%

[0091] (4) 硬度:313HV

[0092] 实施例3

[0093] 一种用于Q890和42CrMoA等异种合金的Tig焊+Mag焊+高能电脉冲联合分段焊接方法,包括如下步骤:

[0094] a、准备材料:将Q890、42CrMoA材料开好20°的坡口,对应的合金化学元素组成及其质量分数分别为:Q890:C:0.15%;Si:0.28%;Mn:1.33%;P:0.011%;S:0.01%;Al:0.041%;Cu:0.02%;Cr:0.45%;Ni:0.325%;Mo:0.326%;V:0.035%;Ti:0.02%。42CrMoA:C:0.41%;Si:0.24%;Mn:0.62%;P:0.015%;S:0.006%;Cr:1.02%;Ni:0.1%;Mo:0.21%。所述合金材料的厚度均为30mm,打磨除尽并清洗坡口表面及周边30mm的铁屑,油污,氧化物等杂质。

[0095] b、摆搭定位:将开好坡口的Q890和42CrMoA以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在3mm以内。

[0096] c、预热处理:将对接好的材料放置在涡流加热线圈中,通电后设置好60℃/min的升温速度将对接材料预热到220℃,保温10min。

[0097] d、打底焊接:将开好20°单边坡口的Q890和42CrMoA合金以V型方式对接,采用Tig焊接工艺在V型槽内进行打底,打底焊道厚度为3mm。在进行Tig打底焊接之前,先将焊枪钨极点对准V型凹槽,同时对该区域通入纯氩保护气体约10s,除尽V型凹槽中的空气后开始引弧,焊接过程采用HGS-80焊丝。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~180A,焊接电压调整为18V,气体流量为16L/min。

[0098] e、填充盖面:打底焊完成后立即打磨并除去表面焊渣及端部凸起。打磨干净后用Mag焊枪朝着V型凹槽通入保护气体约10s,除尽焊接区域中的空气后开始进行Mag焊填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝,保护气体为98%氩气+2%氧气。同时要求Mag焊接方向与前一道焊接方向保持一致。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~180A,焊接电压调整为18V。过程采用多层多道焊接工艺,每道次填充之后均需要用测温枪对焊接槽周边10mm以内进行测温,要求道间温度保持在200℃,气体流量为16L/min。

[0099] f、电脉冲晶粒细化处理:在Mag焊接盖面完成后,将焊接件的两端夹持在电脉冲电极两端,接通电源使高密度脉冲电流通过焊接件,脉冲电流频率控制在450Hz,电流密度控制在 $1 \times 10^4 \sim 6 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$ ,使焊接件的局部区域迅速加热到850℃。电脉冲处理约3min后立即切断电源,并对焊接区域两端外侧30mm进行淬火处理得到具有高固溶度的细小晶粒。

[0100] 图1~3为实施例3对应组织照片。

[0101] 其中图1是实施例3中42CrMoA母材距离中心30mm处的金相组织图,其显微组织由均匀的索氏体和少量的铁素体组成。图2是实施例3中Q890母材距离中心30mm处的金相组织图,其显微组织由马氏体和颗粒状的碳化物组成。图3是实施例3中打底焊焊缝处的金相组织图,其显微组织由低碳板条马氏体和板条贝氏体组成。

[0102] 经测试,得到的焊接区域中心及周边性能:

[0103] (1) 冲击性能(冲击温度为233.15K):

[0104] 1)、焊缝处冲击功:49.7J

[0105] 2)、Q890侧熔合线处冲击功:55.6J

[0106] 3)、42CrMoA侧熔合线处冲击功:58.8J

[0107] (2) 抗拉强度:

[0108] 1)、Tig焊道处:996.1MPa

[0109] 2)、Mag焊道处:948.1MPa

[0110] (3) 延伸率:

[0111] 1)、Tig焊道处:21.4%

[0112] 2)、Mag焊道处:20.2%

[0113] (4) 硬度:327HV

[0114] 对比例1

[0115] 目前常用的异种金属所使用的是单一Tig焊+回火热处理焊接方法,包括如下步骤:

[0116] a、准备材料:将Q890、42CrMoA材料开好20°的坡口,对应的合金化学元素组成及其质量分数分别为:Q890:C:0.15%;Si:0.28%;Mn:1.33%;P:0.011%;S:0.01%;Al:0.041%;Cu:0.02%;Cr:0.45%;Ni:0.325%;Mo:0.326%;V:0.035%;Ti:0.02%。42CrMoA:C:0.41%;Si:0.24%;Mn:0.62%;P:0.015%;S:0.006%;Cr:1.02%;Ni:0.1%;Mo:0.21%。所述合金材料的厚度均为40mm,打磨除尽并清洗坡口表面及周边30mm的铁屑,油污,氧化物等杂质。

[0117] b、摆搭定位:将开好坡口的Q890和42CrMoA以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在5mm以内。

[0118] c、预热处理:利用乙炔氧明焰加热器对接好的材料进行加热,预热到250℃,用测温枪进行测温。

[0119] d、焊接:将开好20°单边坡口的Q890和42CrMoA合金以V型方式对接,采用Tig焊接工艺在V型槽内进行打底焊,通入保护气体后进行焊接,打底焊道厚度为6mm。打底焊完成后延同一方向进行填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝,保护气体为氩气。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~250A,焊接电压调整为23V,气体流量为18L/min。

[0120] e、焊后热处理:填充完成后随即空冷,待焊接接头完全冷却后,将材料放至于保温炉里进行回火热处理。在热处理过程中,炉膛以5℃/min的升温速度升至350℃保温2h后随炉冷却至室温。

[0121] 图4是对比例1中的打底焊焊缝处的金相组织图,其显微组织由低碳板条马氏体和

板条贝氏体组成。通过对比图3和图4可以发现,图4中的低碳板条马氏体和板条贝氏体组织尺寸均较为粗大。这是由于,在电脉冲处理过程中,焊接区域局部升温至固溶温度,使得焊接过程中存在的偏析,第二相重新奥氏体化,通过在端部淬火,使得焊接区域快速降温,形成固溶度高的细小晶粒。

[0122] 经测试,得到的焊接区域中心及周边性能:

[0123] (1) 冲击性能(冲击温度为233.15K):

[0124] 1)、焊缝处冲击功:27.7J

[0125] 2)、Q890侧熔合线处冲击功:30.3J

[0126] 3)、42CrMoA侧熔合线处冲击功:34.7J

[0127] (2) 抗拉强度:894.1MPa

[0128] (3) 延伸率:16.2%

[0129] (4) 硬度:269HV。

[0130] 对比例2

[0131] 目前常用的异种金属所使用的是单一Mag焊+回火热处理焊接方法,包括如下步骤:

[0132] a、准备材料:将Q890、42CrMoA材料开好20°的坡口,对应的合金化学元素组成及其质量分数分别为:Q890:C:0.15%;Si:0.28%;Mn:1.33%;P:0.011%;S:0.01%;Al:0.041%;Cu:0.02%;Cr:0.45%;Ni:0.325%;Mo:0.326%;V:0.035%;Ti:0.02%。42CrMoA:C:0.41%;Si:0.24%;Mn:0.62%;P:0.015%;S:0.006%;Cr:1.02%;Ni:0.1%;Mo:0.21%。所述合金材料的厚度均为30mm,打磨除尽并清洗坡口表面及周边30mm的铁屑,油污,氧化物等杂质。

[0133] b、摆搭定位:将开好坡口的Q890和42CrMoA以V型坡口的方式对接,对接接头的空间间隙控制在5mm以内。

[0134] c、预热处理:利用乙炔氧明焰加热器对接好的材料进行加热,预热到250℃,用测温枪进行测温。

[0135] d、焊接:将开好20°单边坡口的Q890和42CrMoA合金以V型方式对接,采用Mag焊接工艺在V型槽内进行打底焊,通入保护气体后进行焊接,打底焊道厚度为5mm。打底焊完成后延同一方向进行填充盖面。焊接过程中采用HGS-80焊丝,保护气体为80%氩气+20%氧气。焊接过程中的参数有:HGS80焊丝直径为1.2mm,焊接电流控制在150~250A,焊接电压调整为23V,气体流量为18L/min。

[0136] e、焊后热处理:填充完成后随即空冷,待焊接接头完全冷却后,将材料放至于保温炉里进行回火热处理。在热处理过程中,炉膛以5℃/min的升温速度升至300℃保温2h后随炉冷却至室温。

[0137] 图5是对比例2中的打底焊焊缝处的金相组织图,其显微组织由低碳板条马氏体和板条贝氏体组成。

[0138] 经测试,得到的焊接区域中心及周边性能:

[0139] (1) 冲击性能(冲击温度为233.15K):

[0140] 1)、焊缝处冲击功:25.4J

[0141] 2)、Q890侧熔合线处冲击功:28.2J

- [0142] 3)、42CrMoA侧熔合线处冲击功:32.5J
- [0143] (2) 抗拉强度:883.2MPa
- [0144] (3) 延伸率:15.8%
- [0145] (4) 硬度:264HV。

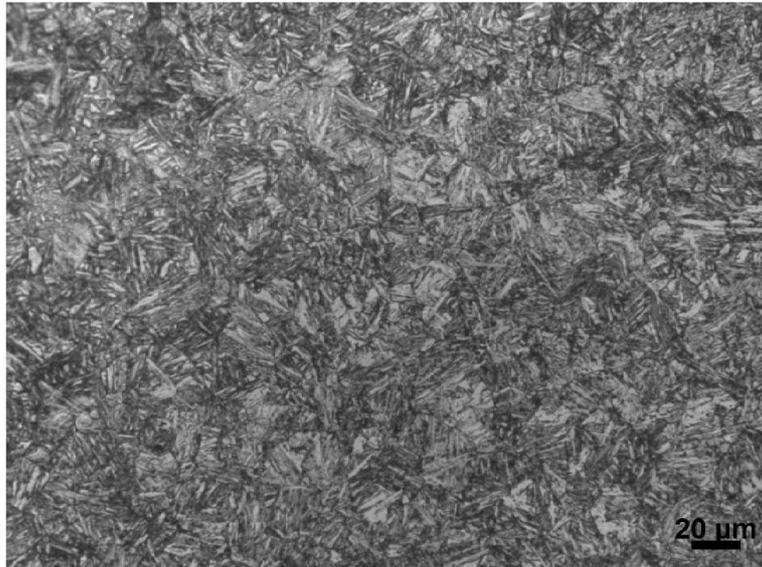


图1

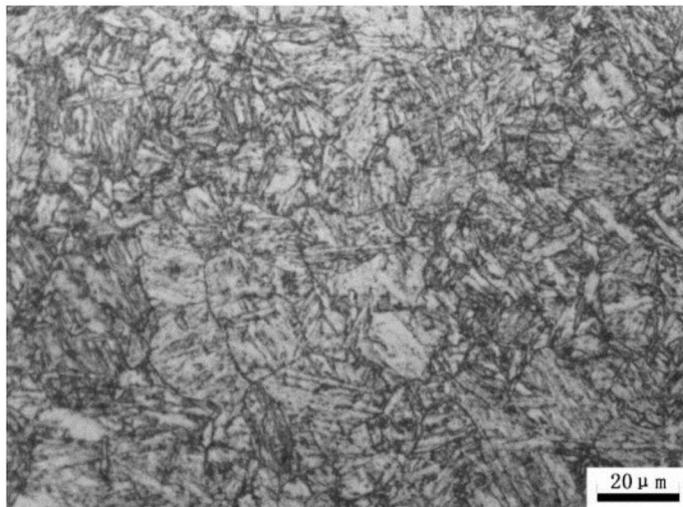


图2

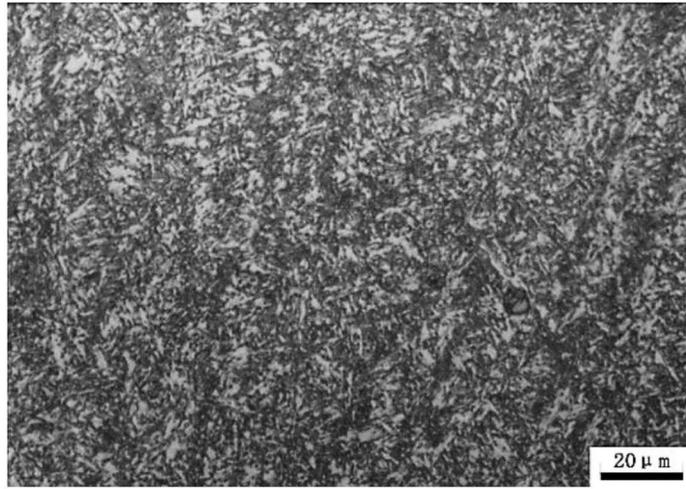


图3

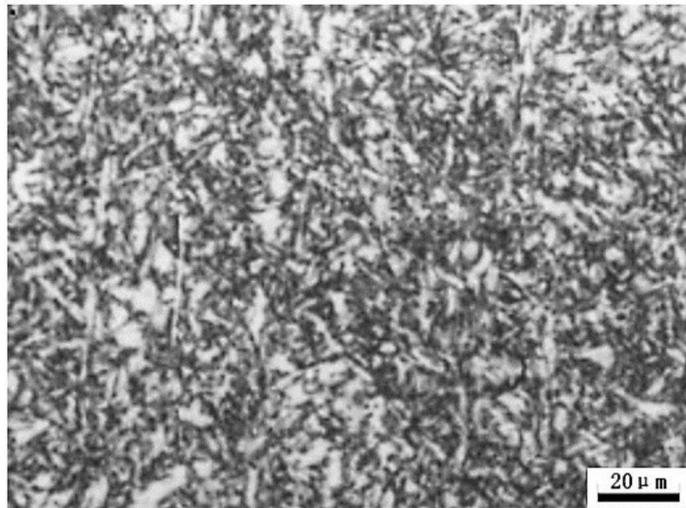


图4

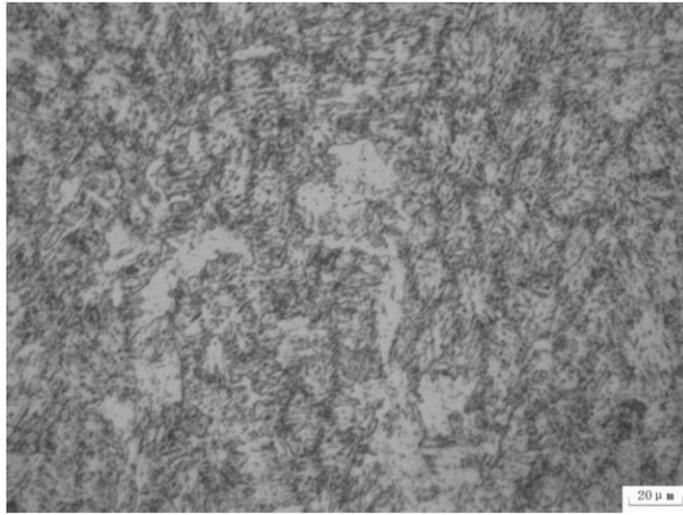


图5