

紫铜换热管与不锈钢管板接头的TIG焊

黄仁果^{1,2}, 张国栋¹, 任世宏³, 张建晓³

(1. 武汉大学 动力与机械学院, 湖北 武汉 430072; 2. 柳州五菱汽车联合发展有限公司, 广西 柳州 545007; 3. 兰州兰石机械设备有限责任公司, 甘肃 兰州 730050)

摘要:通过焊接工艺评定试验及生产实践, 确定了紫铜 T2 与不锈钢 0Cr18Ni10Ti 相焊时, 采用与不锈钢、紫铜无限固溶的镍基焊接材料进行手工钨极氩弧焊的方法, 用制定的工艺规范参数进行施焊, 有效地改善了焊缝金属的力学性能, 避免了铜的渗透裂纹的出现, 获得了满意的焊接接头质量。证明所确定的焊接材料及焊接工艺是合理、可靠的。

关键词:紫铜; 镍基合金; TIG 焊; 焊接工艺

中图分类号: TG444.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-2303(2009)07-0056-03

TIG welding for austenitic stainless steel tube plate and copper pipe

HUANG Ren-guo^{1,2}, ZHANG Guo-dong¹, REN Shi-hong³, ZHANG Jian-xiao³

(1. Power and Mechanical Engineering College of Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Liuzhou Wuling Motors United Development Co., Ltd., Liuzhou 545007, China; 3. Lanzhou Lanshi Machinery Equipment Co., Ltd., Lanzhou 730050, China)

Abstract: The article confirms to use Nickel-alloy filler metal and TIG welding with proper procedure parameter for the welding austenitic stainless steel tube plate and copper pipe by WPQ and practice. With welding procedure given can efficiently improve welding metal mechanics properties and avoid copper penetration crack appearing, and prove the welding procedure is reasonable and reliable.

Key words: pure copper; Nickel-alloys; TIG welding; welding procedure

0 前言

某换热器主要由奥氏体不锈钢筒体、管板和紫铜换热管等主要受压部件组成, 其中换热管材质为紫铜 T2 (规格 $\phi 18\text{mm} \times 1.5\text{mm}$), 管板材质为 0Cr18Ni10Ti (规格 $\delta = 26\text{mm}$)。换热管 T2 与管板 0Cr18Ni10Ti 的

焊接属于异种金属焊接, 由于两种金属之间的化学成分不同 (见表 1)、物理性质相差较大 (线膨胀系数、导热系数、熔点和力学性能等, 见表 2), 加之紫铜本身易氧化, 以及紫铜与不锈钢互溶性差等特点, 如何获得合理的焊接工艺是保证焊接接头质量的关键。

表 1 紫铜 T2 与不锈钢 0Cr18Ni10Ti 的化学成分^[1]

材料	w(C)	w(S)	w(P)	w(Si)	w(Mn)	w(Cr)	w(Ni)	w(Cu)	w(Bi)	w(Pb)	w(O)
T2	—	≤0.005	—	—	—	—	—	≤99.90	≤0.002	≤0.005	≤0.06
0Cr18Ni10Ti	≤0.08	≤0.030	≤0.035	≤1.00	≤2.0	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	—	—

表 2 紫铜 T2 与不锈钢 0Cr18Ni10Ti 钢力学性能与物理性能^[2]

材料	屈服强度 σ_s/MPa	抗拉强度 σ_b/MPa	伸长率 $\delta/\%$	线膨胀系数 $\alpha/10^{-6}/^\circ\text{C}^{-1}$	热导率 $\lambda/\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$	熔点 $T/^\circ\text{C}$
T2	68.6	196~235	50	16.8	391.00	1083
0Cr18Ni10Ti	≥205	≥520	≥40	18.0	16.29	1440

收稿日期: 2009-06-16

作者简介: 黄仁果 (1972—), 男, 广西马山人, 工程师, 在职研究生, 主要从事焊接工艺及焊接自动化的研究工作。

1 紫铜管 T2 与 0Cr18Ni10Ti 焊接存在的主要问题

不锈钢与紫铜液态时无限互溶, 固态时有限互溶, 不形成金属间化合物; 当不锈钢向紫铜扩散时, 形成有限溶解度的 ϵ 固溶体。紫铜与不锈钢的熔点、热导率、线膨胀系数、力学性能都有很大的不同, 这对焊接是不利的。但紫铜与不锈钢在高温时的原子半径、晶体晶格类型、晶格常数以及原子的外层电

子数等较为接近,这对原子间的扩散、不锈钢与紫铜的焊接来说,又是较为有利的。

1.1 焊缝易产生热裂纹

由于紫铜与不锈钢线膨胀系数差别较大,且紫铜本身线膨胀系数和收缩率较大,这都增加了焊接应力,导致焊接热裂纹倾向增大;再者由于 Cu 易氧化形成的 CuO、Cu₂O,以及不锈钢中的 Ni、Si、Nb、S、P 等元素在冶金反应过程中均会形成一些低熔共晶体,在焊接热应力作用下易产生宏观裂纹。

1.2 热影响区产生 Cu 的渗透裂纹

紫铜与不锈钢焊接时对 Cu 的渗透裂纹十分敏感。为防止渗透裂纹的产生,首先要合理选择焊接工艺,选用小的焊接热输入量;其次是选择合适的填充材料,控制易产生低熔共晶的元素(S、P、Cu₂O、FeS、FeP),向焊缝中加入 Al、Si、Mn、Ti、Mo、Ni 等元素。

1.3 焊接接头力学性能降低

不锈钢的抗拉强度、延伸率、冲击韧性等力学性能都明显优于紫铜。在焊接过程中,由于晶粒粗大,有用合金的氧化、蒸发,接头性能与原不锈钢相比肯定下降很多,因此必须保证接头有良好的塑韧性。

2 焊接工艺的确定

2.1 焊接方法的选择^[1]

紫铜 T2 的导热系数为不锈钢 0Cr18Ni10Ti 的 24 倍,熔点较不锈钢 0Cr18Ni10Ti 低 300 ℃,从这两点考虑选择热效率高、热量集中的 TIG 焊。由于紫铜换热管壁厚较薄,管径较小,之所以选择 TIG 焊:一是焊接热影响区窄,工件变形小、热应力小,可降低热裂倾向;二是 TIG 焊熔池易观察,焊缝成形易控制,再加上采用合适的焊接工艺参数能减少液态铜对不锈钢的渗透作用,从而降低铜的渗透裂纹倾向;三是 TIG 焊形成的焊缝晶粒细密,接头性能良好。

2.2 焊接材料的选用^[3]

若采用不锈钢焊丝焊接不锈钢与紫铜时,当焊缝铜含量达到一定数量时就会产生热裂纹;若采用铜焊丝,则由于焊缝中溶入了 Ni、Cr、Fe 等元素而使焊缝金属变硬、变脆,或者铜渗入不锈钢一侧近缝区的奥氏体晶界,也会使接头变脆;由于 Ni-Cu 合金具有与紫铜无限固溶、与不锈钢在结晶性能方面又较为接近的特点,能够保证良好的焊缝质量,达到较高的接头强度和塑性,因此选 ER NiCu-7(蒙耐尔 400)焊丝作为焊缝填充金属,其化学成分和机械性能如表 3 所示。

表 3 ER NiCu-7 焊丝的化学成分和机械性能

w(C)/%	w(Si)/%	w(Mn)/%	w(Fe)/%	w(Ni)/%	w(S)/%	w(Cu)/%	w(Al)/%	w(Ti)/%	σ_s /MPa	δ_s /%
≤0.15	≤0.50	≤4.00	≤2.50	62.0~69.0	≤0.015	剩余	≤1.25	1.50~3.00	≥483	30

3 Ni-Cu 合金的焊接特点^[3-4]

由于 Ni-Cu 合金焊缝金属组织为单一奥氏体组织,液态焊缝金属流动性差,熔深浅,焊接时易产生热裂纹和气孔,因此焊前应彻底清洗工件和焊丝;焊接时选用较小的热输入量,使接头高温停留时间减少,对控制和减少热裂纹、提高耐腐蚀性均有利;同时应选择合适的焊接速度,采用窄焊道焊接,TIG 焊时尽量采用短弧;层间温度控制在 100 ℃以下。

4 焊接工艺评定的制定

按 GB151-1999 附录 B 规定,对 $\delta=20$ mm 的 0Cr18Ni-10Ti 不锈钢管板和 18 mm×1.5 mm 的紫铜换热管进行了焊接工艺评定,焊接过程及试验结果如下。

(1)焊前清理:焊前用不锈钢丝轮、丙酮彻底清理接头 30 mm 范围内油污、水分、氧化膜及其他杂质。

(2)试件焊接:按如表 4 所示的工艺规范参数进

行焊接。

表 4 焊接工艺规范参数

钨极直径 ϕ /mm	焊丝直径 ϕ /mm	氩气流量 QL/min^{-1}	焊接电流 I/A	焊接电压 U/V	焊接速度 $v/\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$	电源极性
2.4	1.6	8~10	90~120	13~15	150	直流正接

(3)工艺要点:为了克服紫铜导热系数大,焊接热量易散失的缺点,保证铜管熔合良好;同时为了减少液态铜对不锈钢的渗透深度,降低渗透裂纹倾向,焊接时应尽量减小熔池体积,电弧略偏向铜管侧,焊丝加在熔池中靠不锈钢管板侧;避免电弧在一处停留时间过长,不要过分搅动熔池;点焊处应快速焊过,减少重熔量,弧坑应填满。

(4)焊接工艺评定试验结果

①10 个焊接接头按 JB/T 4730-2005《承压设备无损检测》第二篇 JB4730.5-2005《承压设备无



损检测:渗透检测》的要求进行100%PT检测,结果无裂纹,合格。

②按GB151-1999附录B要求,焊接接头经磨制—抛光—化学处理,并用10倍放大镜进行宏观检查,无裂纹、未熔合等缺陷,检查 $H_{\text{平均}}=2.3$,结果合格。

5 产品焊接

焊接工艺评定试验结果合格后,按照所确定的焊接工艺进行紫铜换热管与不锈钢管板接头的焊接,结果表明所确定的焊接工艺满足紫铜换热管与不锈钢管板焊接接头的产品技术要求。

6 结论

紫铜换热管与不锈钢管板接头的焊接,选用

NiCu-7焊丝,采用TIG焊,执行制定的焊接工艺规范参数,焊接时注意工艺要点,有效地改善了焊缝金属的力学性能和避免了铜的渗透裂纹出现,获得了满意的焊接接头质量。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会焊接学会.焊接手册(第3版)[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [2] 李亚江,王娟,刘强.有色金属焊接及应用[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 靳红梅,任世宏,李永红,等.镍基合金在异种钢焊接中的应用[J].电焊机,2009,39(4):148-150.
- [4] 胡义良,杨晓成.镍基合金的窄间隙焊接工艺[J].电焊机,2008,38(3):65-66.

使用电渣焊机的注意事项

(1)由于380V线路的高压接至控制箱及焊接变压器上,110V的直流电压由控制箱接于送丝机构的电动机上,所以在刀开关接通时不能:触碰高压电路上的接头和夹线处;拆除送丝机构及行进机构的电动机上接线板的盖子;随便打开控制箱及变压器的门,并在开动时进行调节;打开控制盘及接线板盖。

(2)下列各件应可靠接地:焊接变压器的外壳(借专用接线头);焊接变压器二次线圈的零线;控制箱的外壳(借专用接线头);所用的辅助电气设备。接地的各部分导线不可串联。接地线的截面积应不小于16~25mm²。

(3)所有电线绝缘应可靠,处于网路电压的电线,检查绝缘时,应能耐受不低于1500V的试验电压。此外,还应注意与金属零件摩擦的地方电线不应裸露。

(4)除上述外,为了防止焊工触电,全部设备电线支架,均应有防潮能力,焊接设备应装在干燥的地方,焊工应站在干燥的木垫板或橡皮垫上操作。

(5)如电流表损坏或没有接到电流互感器上时,电流互感器的二次线圈应可靠短路。因此,在BP1-3×1000(BF-3×1000-1)型变压器低压的接线板上有专用的短路接线片。

(6)不要拆下接触器的熄弧罩。

(7)焊工不带保护眼镜(深色或蓝色)不得工作,因为:电弧可能露在焊池之上;用湿焊剂时发生飞溅;冷却时热渣从焊缝处溅出。

(8)操作者及其助手焊接时绝对禁止站在焊缝旁边滑块附近,以免热金属及热渣流出时溅到身体和工作服上。

(9)只有在检查下列各项工作后才能进行焊接工作:固定在工件或架子上的导轨是否可靠、准确;行进机构上侧面的和反面的滚轮固定得是否可靠;固定在架子上的工件位置是否准确。

(10)水管应正常,如果冷却水滴落到焊池就会产生飞溅。

(11)在检查或修理线路时应断开电路,同时拆下熔丝。

(12)熔丝的末端应固定在焊丝盘上(盘上有专用孔),因为焊丝用完时未固定的末端会跳出,可能使焊工受伤。

(13)立焊时常在很高的地方及吊架设备上进行。在这种情况下,应该:注意吊架等是否牢固,并且要有防护措施,以防止焊工摔下来;保护下面的人不受金属的滴和渣滴的伤害。