

# 窄间隙 TIG 焊枪的研制

山 珊, 唐新华, 余 刚

(上海交通大学 材料科学与工程学院, 上海 200240)

**摘 要:**针对我国工业中大厚壁结构件的焊接需求,设计窄间隙 TIG 焊枪,并用此焊枪进行工艺性试验,在焊接电流 250 A、焊接速度 0.36 m/min、送丝速度 0.96 m/min、气流量 35 L/min 的规范参数下,成功进行窄间隙焊接,得到成型美观,无缺陷的焊缝。

**关键词:**窄间隙;钨极氩弧焊;焊枪

中图分类号: TG444+.74

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2011)23-0182-03

## Research on Design of Narrow Gap TIG Welding Torch

SHAN Shan, TANG Xinhua, YU Gang

(School of Material Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** To satisfy the needs of large-thick walled connection in Chinese industry, the narrow gap welding torch was designed. This narrow gap welding torch was used to carry out process experiment. While the welding-current is 250A, the welding-velocity is 0.36m/min, the feeding wire velocity is 0.96m/min and the rate of the protecting gas is 35L/min, the welding seams are perfect without defects.

**Key words:** narrow gap; TIG welding; torch

随着我国经济建设的飞速发展,发展核电是解决我国能源问题的重要途径之一,但核电设备的安全性是目前全世界瞩目的焦点问题,它关系到地球上一切生命的安全。因此需要从设计、制造和运行等各个环节进行有效控制。焊接是核电设备制造过程中的关键工艺手段。1000 MW 级的核电反应堆压力容器壁厚高达 250 mm;而核电的汽轮机低压焊接转子,厚度也高达 200 mm 以上,采用传统的焊接方法已无法适应这些构件的制造要求,而窄间隙焊接技术的应用无论从效率上还是焊缝性能上都提供了有力的支持。窄间隙焊接技术是在传统电弧焊接方法的基础上发展起来的,经过对焊枪结构的特殊改造、熔池保护技术和熔池侧壁熔合控制技术的应用,使其适应窄间隙焊缝的焊接工艺要求,同时也继承了原电弧焊接方法的一些特点,目前已成为现代先进制造领域厚板结构焊接的首选技术。其基本特征为:焊接坡口深而窄,焊缝截面积小,焊材和能耗少,效率高,采用单道多层或双道多层熔敷方式,焊接线能量相对较小,焊缝组织和性能优异,由此而带来的巨大的技术和经济优势使其成为厚板焊接技术发展

的主要方向之一。

窄间隙 TIG 焊继承了传统 TIG 焊的优点,即具有热输入低,电弧稳定性高,无飞溅和熔渣,焊接缺陷极少,焊缝质量优良,焊接接头强度和韧性高,可实现全位置焊接等特点,同时也具有侧壁熔合易于控制以及窄间隙焊接所具有的其它一些优点,因此,目前在核电或火电机组的汽轮机低压焊接转子的制造过程中,常用于窄间隙埋弧焊缝的打底焊接。

目前,能开发和生产可用于重大装备大厚度结构件焊接的专用高性能窄间隙 TIG 焊接设备的厂商在世界范围内屈指可数,而国内用于核电产品和汽轮机转子焊接所用的高性能窄间隙 TIG 焊接设备几乎均从国外进口,这在某种程度上也制约了窄间隙 TIG 焊技术在重大装备制造中的推广和应用。由此可见,实现高性能窄间隙 TIG 焊接设备的自主化设计和制造是提升我国重大装备先进制造技术的重要途径之一。

焊枪是窄间隙 TIG 焊接设备的关键部件之一,本文根据窄间隙 TIG 焊的特点,研究开发了一套几何参数可调的窄间隙 TIG 焊枪,并在此基础上进行了一系列的焊接工艺试验,获得了稳定的焊接电弧、理想的焊缝侧壁熔合效果和满意的焊缝成形。

## 1 窄间隙 TIG 焊枪的设计

窄间隙 TIG 焊枪在焊接过程中必须伸入到深

收稿日期:2011-06-13

作者简介:山珊(1986-),女,新疆乌鲁木齐人,硕士,主要研究方向:大厚件的焊接;电话:15216714559;

E-mail: shanshan\_1223@163.com

而窄的焊接坡口内,坡口一般呈 U 型或 I 型,坡口角度不大于  $7^\circ$ ,坡口的宽度在很大程度上反应了窄间隙焊接的效率。在同等焊接条件下,坡口越窄,焊接效率越高。但坡口越窄,焊枪的制造难度和焊接过程的控制要求越高,这是因为窄间隙焊接的构件通常比较大,焊接时往往需要长时间连续工作,焊枪深入焊接坡口,其底部长期处于高温电弧的直接辐照下,焊接电弧通过侧壁的反射又对焊枪底部产生加热作用,而焊接熔池及其附近的侧壁也通过热辐射对焊枪加热,另外,窄间隙条件下焊枪的散热条件很差,焊枪在高温下很有可能因变形而造成钨极端部偏离焊缝中心,导致偏焊,影响侧壁熔合。显然,坡口越窄,焊枪越趋于扁平,结构稳定性就越差,冷却也越困难。因此,如何保证焊枪在高温下的结构稳定性和可靠的冷却是焊枪设计和制造中首先必须考虑的问题之一。

其次,窄间隙 TIG 焊与 MIG 或 SAW 最大的区别在于电弧在非熔化的钨极和工件之间燃烧,电弧通常采用非接触式的高频或高压脉冲方式引燃。枪体两侧距焊接坡口侧壁很近,其间隙一般在 2 mm 左右,若焊枪导电部分裸露在焊枪两侧,或焊枪枪体与钨极同电位,则引弧时高频或高压脉冲很易击穿枪体和侧壁之间的间隙,使枪体与坡口侧壁之间产生电弧,导致焊枪烧毁,同时,导致钨极与工件之间的引弧失败。所以,焊枪导电部分外侧应采取相应的绝缘保护措施。

不同的窄间隙焊接方法对于坡口宽度的要求略有不同,对于窄间隙 TIG 焊,其坡口宽度一般在 9~14 mm<sup>[1]</sup>。当母材板厚在 15~50 mm 之间时,焊缝坡口宽度应取 12 mm。

与普通的 TIG 焊枪相比,窄间隙 TIG 焊枪的设计与制造必须考虑以下几个因素:①结构必须稳定;②冷却必须到位;③保护必须有效;④窄间隙焊接中存在着侧壁未熔合的问题,焊枪在设计时,应考虑到解决侧壁不融合的问题。

依照窄间隙 TIG 焊枪的设计要求,设计出窄间隙 TIG 焊枪模型如图 1 所示。此焊枪设计是为焊接板厚在 15 mm 以上的母材,因此焊缝坡口宽度应在 12 到 14 mm 之间。枪身、气罩和送丝装置均固定在绝缘胶木板上,整个焊枪枪体最厚处为 8 mm,能够满足窄间隙焊接的要求并同时满足结构的稳定性要求。双气罩设计,分别位于焊枪两侧见图 1,保护气

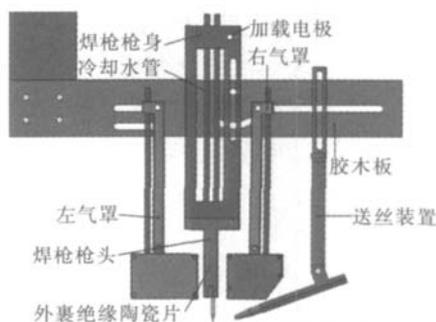
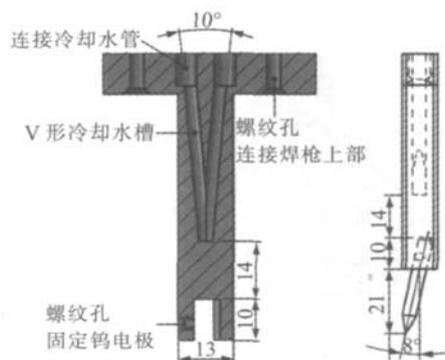


图 1 焊枪优化设计后的整体模型  
Fig.1 The model of the welding gun after optimization

体能够实现保护熔池同时冷却钨极的双重作用。在焊接过程中,仅焊接枪头带电,解决了焊枪易与焊缝内侧发生起弧的问题,实现了枪身的有效保护。在枪身设计中,为解决侧壁不融合的问题,特在钨极夹持部位采用螺钉固定钨极,能够调整钨极与焊枪的角度产生直钨电极和偏转钨电极,而偏转钨电极可解决侧壁未熔合问题,见图 2。枪身水冷系统设计成“V”字形,接近钨极,循环回路长,能够有效的冷却钨极,保证枪体冷却到位,其次水冷系统设计成“V”字形可有效减小枪身宽度,让气罩尽可能地靠近钨极,改善气保护效果,见图 2。



(a)直钨电极焊枪枪头 (b)偏转钨电极焊枪枪头  
图 2 焊枪枪头示意图

Fig.2 The model of second parts of the welding gun's body

## 2 窄间隙 TIG 焊枪的工艺性试验

本试验采用车床带动焊件水平方向运动、焊枪固定不动的方式进行平焊。使用威特力焊接设备公司生产的 WSM-400 氩弧焊机。焊接过程采用直流正接的方式进行焊接。焊接保护气体的开关由焊机控制。焊接时,采用手控开关,按开始时车床行走、送气、起弧、送丝;结束时按照停止送丝、熄弧、关闭气体、车床停止行走的顺序进行焊接。焊件采用 40 mm 厚的钢板,开“U”形坡口,坡口宽度

为 12 mm。焊前需经过严格的清除油污及氧化膜处理。焊接时采用两种形式的枪头进行焊接:采用直钨电极进行打底焊,填平 U 形坡口圆弧部分;采用偏转钨电极焊接接近侧壁的部分,以防止侧壁不融合的情况产生,见图 3。考虑到焊接过程的稳定性和焊缝成型质量,本试验采用焊接电流 250 A、焊接速度 0.36 m/min、送丝速度 0.96 m/min、气流量 35 L/min 的规范参数来进行窄间隙多层多道焊接。

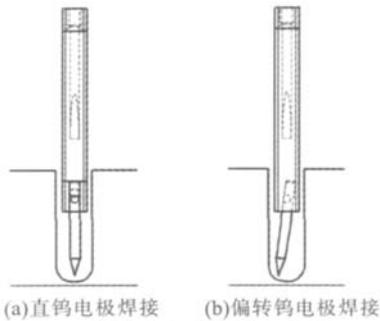


图 3 焊枪窄间隙焊接示意图

Fig.3 The schematic diagram of narrow gap welding using designed welding gun

采用上述设计的 TIG 窄间隙焊枪,焊接所得的焊缝成型质量好,见图 4(a)。取焊缝横断面进行抛光、腐蚀,得到宏观焊缝形貌见图 4(b)。

### 3 结论

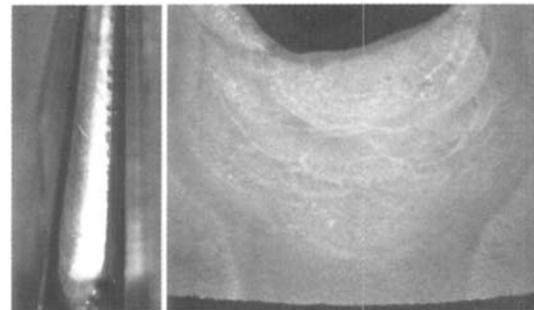
(上接第 181 页) 仍可保持自身原有的强度和韧性。同时,由于钎缝间隙仅为 0.02 mm,钎缝中的脆性相对接头强度影响不明显,而短时间的钎焊过程也保证了母材在钎料中非常有限的溶解,避免了溶蚀缺陷的产生。

#### 2.3 致密性

不锈钢毛细管管板结构致密性用打压试验、氦质谱检漏试验来检查。打压试验中用橡胶堵头堵住不锈钢毛细管的开口端,另一端通过卡具连接在空气压缩泵上进行气密性试验,加 1 MPa 压力,放入水槽中观察,焊点处未发现漏气现象。氦质谱检漏试验是将焊接好的不锈钢管板结构固定在氦质谱仪上,四周用封泥密封,不锈钢毛细管开口端也用封泥封住,开启仪器,抽真空至  $\times 10^{-10}$  Pa,用氦喷枪对底部焊接点进行检漏,漏率在  $10^{-10}$  Pa·m<sup>3</sup>/s,说明该工艺条件下钎焊的毛细管接头致密性良好,不存在微气孔。

### 3 结论

(1) 通过本试验研究确定了不锈钢毛细管与不



(a) 单条焊缝外观 (b) 焊缝宏观形貌

图 4 焊缝成形照片

Fig.4 The photographs of the narrow gap welding using the deflection tungsten electrode

(1) 本窄间隙 TIG 焊枪的设计满足了窄间隙焊枪设计的要求,本窄间隙 TIG 焊枪结构稳定,采用 V 型水管冷却到位,焊枪枪头外包绝缘陶瓷与母材绝缘使枪体得到保护,采用直钨电极和偏转钨电极解决窄间隙焊接中存在的侧壁未熔合的问题。

(2) 本窄间隙 TIG 焊枪在进行焊接试验时表现优异。在焊接电流 250 A、焊接速度 0.36 m/min、送丝速度 0.96 m/min、气流量 35 L/min 的规范参数下能够成功进行窄间隙焊接,得到成型美观,无缺陷的焊缝。

#### 参考文献:

- [1] 周炼刚,张富巨,肖晓辉.超窄间隙焊接温度场的数值模拟及其特性[J].焊接技术,2002,31(增):40-42. □

锈钢管板的最佳钎焊温度(1050~1070℃)、保温时间(5~10 min)等工艺参数。获得了内外部质量、密封性能和力学性能优良的接头;钎焊接头的内外部质量未发现任何缺陷,密封性能良好。

(2) 从接头微观组织分析上看,由于钎缝较窄,钎料填充良好,不锈钢毛细管与管板形成了一个完整的统一体。钎缝中有少许脆性相产生,但相对接头强度影响不明显,毛细管壁仍可保持自身原有的强度和韧性。

#### 参考文献:

- [1] 庄鸿寿.航空材料的钎焊[M].北京:国防工业出版社,1964.
- [2] 李晓红,柳玉刚.不锈钢毛细管喷丝头的钎焊[J].机械工人,1989,(6):4-7.
- [3] 黄惠泉.毛细管结构钎焊工艺研究[J].宇航材料工艺,1978,(3):9-14.
- [4] 邹僖.钎焊(第二版)[M].北京:机械工业出版社,1997.24.
- [5] 张启运,庄鸿寿.钎焊手册[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [6] 印有胜.镍基钎料的钎缝脆性及其影响因素[J].焊接学报,1997,18(3):134-140.
- [7] 张新平,史耀武,任耀文.钎焊间隙对镍基非晶态及晶态钎焊接头强度的影响[J].西安交通大学学报,1994,28(4):53-59. □