

文章编号:1000-582X(2004)06-0021-04

# 化工分离器自动焊接工艺设计\*

许先果<sup>1</sup>,刘仕伟<sup>1</sup>,周兴渝<sup>2</sup>

(1. 重庆大学机械工程学院,重庆 400030; 2. 重庆康达机械制造有限公司,重庆 400041)

**摘要:**针对大厚型不锈钢化工分离器主体的结构特点和使用性能要求,设计选用了熔化极混合气体保护自动焊打底、反面填充、盖面,埋弧焊正面填充、盖面的新的组合焊接工艺方法,代替传统的手工TIG焊打底、焊条手工焊填充、盖面的工艺方法。通过焊接工艺评定和相关试验研究,并将研究结果应用于产品的焊接,获得了满足产品设计要求的焊接质量,提高了生产率,同时减轻了施焊的劳动强度,取得了良好的经济效益。

**关键词:**MAG焊;埋弧焊;0Cr18Ni9奥氏体不锈钢;化工分离器

**中图分类号:**TC441.1

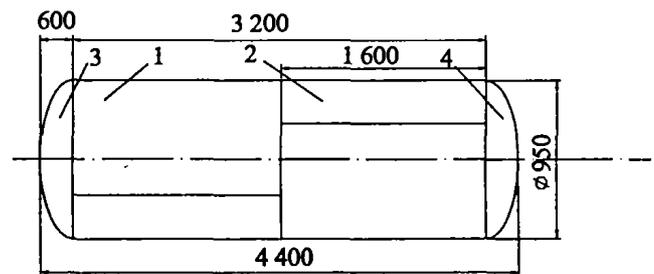
**文献标识码:**A

对于厚度为32 mm、材质为0Cr18Ni9的厚板不锈钢筒体的纵缝、环缝,打底焊缝一般采用手工电弧焊或钨极氩弧焊,填充、盖面焊缝常用传统的手工电弧焊。对于焊条手工电弧焊打底、填充和盖面的焊接方法,每道焊缝焊后都需要清除焊渣。这不仅增加了辅助工时,而且由于焊渣清除不净极易造成焊缝夹渣的缺陷。对于化工分离器重要部件的焊缝,需要对夹渣处进行挖补焊接,直至焊缝质量达到设计要求。对于手工TIG焊,手工操作影响了焊缝质量的再现性,另外,手工TIG焊和手工电弧焊的熔敷率低,焊接速度较小,生产率低。为解决上述问题,对于厚板材质的化工分离器的主体焊缝:筒体的纵缝、环缝以及筒体与封头的环缝,采用了熔化极混合气体保护自动焊打底、反面填充、盖面,埋弧自动焊正面填充、盖面的新的组合焊接工艺。克服了上述手工电弧焊存在的缺点,弥补了钨极氩弧焊熔敷率低的不足。同时,熔化极混合气体保护焊代替MIG焊,改善了焊缝的表面成形质量、解决了TIG焊容易咬边的问题,焊缝质量也有很大的提高,达到了分离器焊接的质量要求。产品的焊接生产率与手工电弧焊及手工氩弧焊相比大为提高,获得了良好的经济效益。

## 1 生产分离器筒体结构及焊接特点

### 1.1 分离器筒体结构

分离器筒体结构如图1所示。筒体材质:SUS304(0Cr18Ni9);筒身直径:950 mm;筒节长度:1 600 mm;筒壁厚度:32 mm;封头长度:600 mm;筒身总长约4 400 mm。



1,2:筒节 3,4:封头

图1 化工分离器的主要结构简图

### 1.2 分离器焊接的质量要求

- 1) GB150-1998《钢制压力容器》制造验收条件;
- 2) 对接焊缝无损检测长度及合格标准:JB4730-94,100%焊缝长度射线探伤,Ⅱ级合格;
- 3) 水压试验压力:容器卧置10.5 MPa;
- 4) 内外焊缝焊后打磨与母材面的平整度 $\leq 0.5$  mm;

\* 收稿日期:2004-03-10

作者简介:许先果(1946-),男,四川富顺人,重庆大学教授,主要从事焊接学科的理论及应用研究。

5) 不锈钢内外表面作酸洗钝化处理。

## 2 化工分离器的焊接特性

### 2.1 大厚型化工分离器的焊接技术特点

1) 对于大型化工容器的焊接,焊接工艺及工装夹具的设计和应用不可避免地造成焊缝存在较大的焊接应力,焊后一般需要进行消应力热处理。

2) 因为不锈钢焊缝对氧化性气体比较敏感,为避免焊缝形成氧化物夹杂,必须严格控制保护气中氧化性气体的含量(一般控制在2%左右),因(Ar + CO<sub>2</sub>)混合气体焊接不锈钢时,常引起增碳,故在设计混合气体成分时不宜采用Ar + CO<sub>2</sub>,一般选择Ar + O<sub>2</sub><sup>[1]</sup>。

3) 从图1可以看出:该化工分离器的筒体结构为大厚型不锈钢焊接结构,焊接工作量、焊接难度都比较大。因此在焊接方法上采用MAG自动焊代替手工焊,保护气体采用Ar + O<sub>2</sub>混合气体(Ar98% + O<sub>2</sub>2%)。与纯氩相比,它能使熔融金属表面维持表面张力小、电弧的电子发射能力强且有稳定的含氧原子层,电弧阴极斑点稳定,喷射过渡稳定、熔滴直径小、飞溅很少,焊缝深宽比恰当,焊缝表面成形美观<sup>[1-2]</sup>。

### 2.2 0Cr18Ni9 不锈钢焊接特点

0Cr18Ni9 不锈钢与碳钢相比有如下特点:

- 1) 导热系数为碳钢的1/3;
- 2) 电阻约为碳钢的4倍;

3) 线胀系数比碳钢大40%,且随着温度的升高线胀系数相应增加<sup>[1,3]</sup>。

在不锈钢焊接过程中,如果焊接材料选择不当或规范参数控制不好,焊接接头容易出现晶间腐蚀或热裂纹等焊接缺陷<sup>[4]</sup>。为减少晶间腐蚀,主要控制“贫铬现象”产生,在焊接工艺方面就要合理选择焊接材料成分并控制焊接过程中焊缝的冷却速度。预防热裂纹的主要措施是控制焊缝杂质含量。对不锈钢,过高的焊接热输入会扩大近缝区敏化温度区间,最终导致焊接热影响区耐蚀性的丧失。同时,较小的焊接线能量可降低冷裂倾向<sup>[5]</sup>。所以在设计焊接工艺参数时要尽可能采用较高的焊接速度配合较小的焊接电流。

### 2.3 厚板坡口设计要点

X型坡口角度太大,则需要填充的金属增加,焊缝热输入也会随之增加,影响焊缝质量。角度太小焊缝就容易产生气孔。因此X型坡口角度控制在70 ± 5°<sup>[1,6]</sup>为宜。一般在破口设计过程中,在相同厚度条

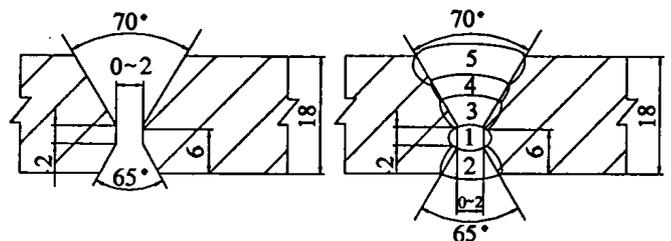
件下不锈钢的坡口角度比普通碳钢要大7~10°。对于厚度为32 mm的板材卷圆而成的纵焊缝、筒节间的环焊缝以及其中一个筒节与封头的环焊缝的坡口均设计为X型坡口。反面坡口高度较小,有利于MAG焊打底、填充和盖面,符合MAG焊电流较小、焊接质量高的特点。正面坡口高度较大,充分利用埋弧自动焊电流大、焊接生产率高的特性。因为筒体无人孔,且筒体新开孔径均小于310 mm,故焊最后一道环缝时只能从筒体外面施焊,采用埋弧焊盖面的焊接工艺,所以最后一道环焊缝坡口与前两道环焊缝及纵缝的坡口不同,具体设计为带环形垫圈的U型坡口,这不仅减少了焊接接头的填充金属和焊接工作量,同时可提高焊接接头的焊接质量。内环缝增加的环形垫圈,材质与筒体材质相同,垫圈厚度为4 mm,宽度为30 mm。

## 3 厚板不锈钢的焊接工艺评定试验

### 3.1 试件的坡口设计及焊接材料选择

1) 试件坡口设计:工艺评定用的2个试件的坡口形式、尺寸和焊道设计如图2所示。试件的材料与分离器筒体的材质相同,为0Cr18Ni9 不锈钢。

2) 焊接材料的选择:MAG焊的焊丝选用H0Cr20Ni10,焊丝直径为1.2 mm。埋弧焊焊剂选用F308,焊丝直径4.0 mm,材质为H0Cr21Ni10。填充焊丝Cr、Ni含量略高于母材,可使焊缝增加Cr、Ni成分,保证焊缝耐蚀性能。



(a) 工艺评定选用的坡口尺寸(b) 工艺评定试件的焊道设计

图2 工艺评定试件的坡口设计和焊道设计

### 3.2 试件的焊接工艺参数设计

表1 试件的主要工艺参数

焊接方法	层次	焊丝直径/mm	电流/A	电压/V	焊速/cm·min <sup>-1</sup>
MAG	1	1.2	170~190	24~26	23~27
	2	1.2	190~210	24~26	23~27
	3	4.0	460~480	38~39	46~48
MZ	4	4.0	480~500	38~39	46~48
	5	4.0	480~560	38~39	42~44

MAG 焊的气体流量为 15 ~ 17 L/min, 焊缝的层间温度控制在 80° 以下。

### 3.3 焊缝质量评定

经检验, 焊缝表面成形良好, 焊缝 X 射线探伤为 I 级。焊缝金属的抗拉强度为 585 MPa, 延伸率为 40.1%。可见焊缝金属的抗拉强度、延伸率均与母材相当, 符合设计要求。

## 4 焊接工艺设计和焊接质量检验

### 4.1 分离器主体焊缝坡口预置

纵缝及前两道环焊缝的坡口尺寸如图 3 所示, 为 X 型钝边坡口, 反面 V 形夹角为 65°, 正面 V 形夹角 70°, 钝边高度为 2 mm。接头间隙为 0 ~ 2 mm。最后一道环焊缝(筒节 2 与封头 4 的接头)的坡口如图 4 所示, 接头间隙为 0 ~ 2 mm, 圆弧半径  $R = 6$  mm, 夹角  $\alpha = 15^\circ$ , 钝边高度为 2 mm。坡口须用机械加工方法制作。对筒节的直焊缝制作引弧板、收弧板各一块, 其材质、板厚、坡口尺寸要与相应焊缝的母材相同, 焊前随焊缝同时进行表面处理。

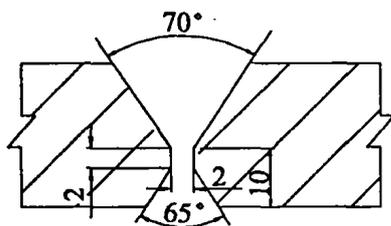


图3 纵缝及前两道环缝的坡口

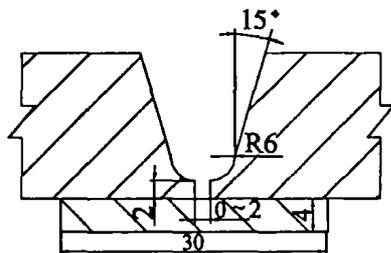


图4 最后焊接的环缝的坡口

### 4.2 焊前准备及部件装配

自动送丝 MAG 焊选用直流反接。坡口及附近 30 ~ 40 mm 范围内进行表面处理, 将浓碱盛在塑料盒内, 加 50% 热水搅拌, 用棉纱浸湿后, 在需处理的表面或焊口措擦呈白色, 然后用清水冲洗、吹干。

焊件组对: 封头与筒体组对的错边量  $b \leq 2$  mm, 间隙 0 ~ 2 mm, 棱角度  $E \leq 2.8$  mm。检查并确定定位焊点环缝间距 70 ~ 80 mm, 直缝间距为 120 ~ 180 mm, 焊

缝长度 15 ~ 20 mm, 焊点高度为 2 ~ 3 mm。定位焊接方法采用半自动 MAG 焊焊接材料为 H0Cr20Ni10, 焊丝直径为 1.2 mm, 焊接电流取 200 ~ 210 A, 电弧电压取 21 ~ 23 V。保护气体流量为 16 ~ 18 L/min。定位焊缝的起弧和收尾处应圆滑过渡, 以避免正式焊接时引起未熔合的缺陷。

### 4.3 现场工艺参数及施焊

筒节的纵缝和前两道环焊缝的焊接层次如图 5(a) 所示, 最后一道环焊缝(筒节 2 与封头 4 的接头)的焊接层次如图 5(b) 所示。MAG 焊的保护气体流量为 15 ~ 17 L/min。各层焊道的主要规范参数如表 2 所示。焊缝的层间温度控制在 80° 以下。

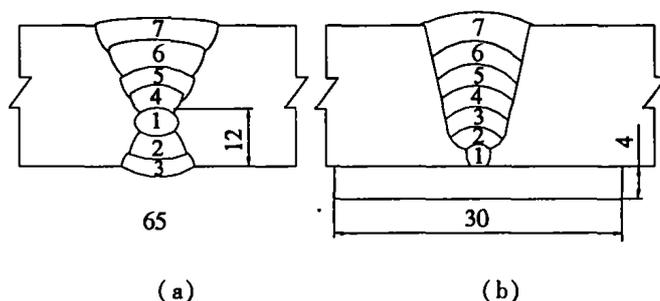


图5 现场施焊焊缝的焊接层次

表2 图5所示焊缝的主要工艺参数

焊接方法	层次	焊丝直径 /mm	电流 /A	电压 /V	焊速 /cm · min <sup>-1</sup>
MAG	1	1.2	170 ~ 190	24 ~ 26	23 ~ 27
	2	1.2	170 ~ 190	24 ~ 26	23 ~ 27
	3	1.2	190 ~ 210	24 ~ 26	23 ~ 27
MZ	4	4.0	460 ~ 480	38 ~ 39	46 ~ 48
	5	4.0	460 ~ 480	38 ~ 39	46 ~ 48
	6	4.0	460 ~ 480	38 ~ 39	46 ~ 48
	7	4.0	460 ~ 480	38 ~ 39	42 ~ 44

### 4.4 焊接质量检验

1) 纵、环焊缝焊接完毕之后, 对焊缝进行外观检验, 焊缝表面气孔的大小、数量, 咬边的深度及长度都符合产品设计要求。

2) 对最后一道环焊缝之前的纵缝、环缝进行了 100% X 射线探伤 II 级合格。

3) 对最后一道环焊缝先进行了渗透探伤, 合格; 按设计要求进行了 10.5 MPa 水压试验(卧置), 无异响、泄漏和明显变形, 合格。

## 5 结束语

1) 对化工分离器的主体焊缝选用了熔化极混合气体保护自动焊打底、反面填充、盖面,埋弧自动焊正面填充、盖面的新的组合焊接工艺。克服了手工电弧焊存在的缺点,弥补了钨极氩弧焊熔敷率低的不足。

2) 熔化极混合气体保护焊代替 MIG 焊,使焊缝成形的深宽比得到了控制。改善了焊缝的表面成形质量、焊接过程中熔滴过渡平稳,解决了 TIG 焊容易咬边的问题,避免了手工电弧焊容易存在的夹渣问题。

3) 检验结果表明,焊缝质量达到了化工分离器的设计要求。

4) 组合工艺的自动化程度及焊接生产率与手工电弧焊及手工氩弧焊相比大为提高,获得了良好的经济效益。

## 参考文献:

- [1] 张其枢,堵耀庭. 不锈钢的焊接[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [2] KEITH DIXON. Shielding gas selection for GMAW of steels[J]. *Welding and Metal Fabrication*, 1999,167(4):32-36.
- [3] 许先果,毕永泗,王昕. 装载机动臂组合焊接变形的控制[J]. *重庆大学学报(自然科学版)*,2004,27(3):13-15.
- [4] 周振丰,张文钺. 焊接冶金与金属焊接性[M]. (第2版). 北京:机械工业出版社,1988.
- [5] 毛向荣,李博阳. 奥氏体不锈钢自动埋弧焊接的工艺试验及应用[J]. *焊接技术*,1995,32(2):18-21.
- [6] 宋天虎. 焊接手册[M]. (第3卷第2版) 北京:机械工业出版社,2001.

## Design on the Welding Technology for 0Cr18Ni9 Production Separator

XU Xian-guo<sup>1</sup>, LIU Shi-wei<sup>1</sup>, ZHOU Xing-yu<sup>2</sup>

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Chongqing Kangda Mechanical Manufacture Co. Ltd, Chongqing 400041, China)

**Abstract:** According to the structural characters and the using properties of the big thick stainless steel chemical separator, a new welding process of the MAG welding is employed in this paper. The product's welding quality meets the design standard. The high productivity and profit are obtained with the new welding methods. The labor intensity of welding is reduced also.

**Key words:** MAG welding; submerge welding; 0Cr18Ni9 stainless steel; chemical separator

(编辑 成孝义)