

小直径超薄壁管纵缝的激光焊接

王吉平

(陕西动力机械设计研究所, 陕西 西安 710100)

摘要: 小直径超薄壁管纵缝焊接的主要问题是烧穿, 解决这个问题的关键是严格控制焊接接头的装配质量及焊接工艺。本文介绍了采用激光焊接小直径超薄壁管纵缝的焊接经验, 对整个生产过程中的关键问题进行了分析。

关键词: 管坯; 激光焊接

中图分类号: V46

文献标识码: B

文章编号: (2005)01-0044-03

Longitudinal seam laser welding of ultra-thin tube with small diameter

Wang Jiping

(Shaanxi Power Machine Research and Design Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Burn through is the main problem of longitudinal seam welding of ultra-thin tube with small diameter. Assembly of the joint and welding technology are the key to solve the problem. Longitudinal seam laser welding technology of ultra-thin tube with small diameter was introduced in this paper. Key technologies and process were described in detail.

Key words: tube; laser welding

1 引言

小直径液压成型波纹管目前在各个领域得到广泛应用, 波纹管成型之前, 首先要解决的是小直径超薄壁管坯的生产问题。管坯通常有两种制造方法, 一种是冷拔成型, 另一种是焊接成型。目前管坯材料为不锈钢的居多。

本文所述为用于飞机燃气系统的波纹管, 要求在 500°C、2MPa 的工况下工作。普通不锈钢显然不能满足使用要求, 因而材料选择高温性能比较好的 GH4169, 厚度为 0.12mm。

2 管坯制造工艺的选择

管坯直径要求为 $12.7_0^{+0.1}$ mm。GH4169 管坯

收稿日期: 2004-09-27; 修回日期: 2004-11-05。

作者简介: 王吉平 (1972—), 男, 工程师, 研究领域为焊接工艺。

冷拔成型工艺复杂、生产周期长、成本高。若采用焊接成型,将 0.12mm 厚的 GH4169 钢带卷成筒子,中间采用激光焊接一条纵缝,生产周期将大幅度地缩短,而且节约资金。据查证有关资料,激光焊接这种材料,强度、塑性均可满足要求,质量没有任何问题

管坯制造过程简述如下:下料→清洗→装配→焊接。

2.1 下料

订购 GH4169 钢带,在专用下料工装上下料,顺着压延方向或垂直于压延方向均可。将钢带下为长 130mm,宽 39.9~40.2mm 的条状(最终管坯直径尺寸就是通过控制下料时的周长来保证)。保证两边的平行度 $<0.03\text{mm}$,而且两边不允许有任何缺陷。

每批钢带的光度和色泽要保证一致,因为如果光度和色泽不同,将来焊接时对光的吸收情况不同,影响焊接质量。

2.2 清洗

钢带在装配之前先用丙酮清洗除油,而后进行酸洗,除去表面的氧化物。装配好进行焊接之前再用丙酮将待焊面擦洗一下。焊前清洁的表面质量对保证焊接结果是非常重要的。

2.3 装配

对于超薄件的焊接来讲,控制接头的装配质量尤为重要。大直径管子容易操作,接头配合质量较易保证,而此管子直径很小,非常不易操作,要保证接头装配就非常困难。

采用琴键式夹紧装置,首先将钢带一边用压板均匀压紧在铜轴的凹槽中间,钢带伸出长度为 1mm,凹槽深度 1mm,宽度 1mm,然后将钢带另一边沿铜轴卷过来,与已压紧的钢带对齐,而后压紧。

装配好的接头在放大镜下检查,钢带非常薄而且压紧后露出的距离非常短,靠肉眼根本无法判断装配质量。任何一处轻微的缺陷将导致焊接的失败。

钢带装配完之后要保证:

- (1) 间隙小而且均匀,通常间隙要小于 0.03mm;
- (2) 两侧钢带水平对齐,高低错位量要小于

0.03mm。

两钢带装配完之后如果能均匀地保证 0.03mm 以下的间隙,那焊接肯定没问题。但实际情况是很难保证,经常是一侧对齐了,另一侧却没对齐,或是局部对齐了。

两钢带对不齐的主要原因有三点:一是料没下齐;二是焊接边有缺陷;三是卷桶时将料整变形了。

从焊接时的情况看,必须保证一侧或是局部的间隙是零,在零间隙处开始往大间隙处焊,可以在中间零间隙的地方开始分别往两边焊,起始点只要焊上了,往间隙大处焊时,边焊两侧钢带边往里收缩,间隙自动减小,也就跟着焊上了,初始 0.06mm 左右的间隙最终也可被焊上。

如果焊前有的部位出现了高低错位,焊接时,高低错位严重的部位必然出洞。错位小的部位虽然不会被烧穿,但是影响到最终焊缝的成型。

2.4 焊接

以前焊接这种超薄件时,先是在钢带两边弯一 0.2mm 高的直边,卷桶时将两直边对齐冲上,而后用微束等离子焊接。这种方法焊接小直径超薄壁管时存在三个主要问题:

- (1) 0.2mm 高的直边很难翻,管子的直径也不好控制;
- (2) 焊接电流调到非常小后,电弧燃烧极不稳定,容易将钢带烧穿;
- (3) 焊枪的位置受到工装的干涉。

此次决定采用激光焊接,钢带直接卷成筒子,对齐,中间焊条纵缝即可。

2.4.1 焊接设备

焊接设备采用德国 HASS-LASER 公司生产的激光加工中心。

激光器为固体脉冲式 YAG 激光器,主要性能指标如下:

激光波长	1064nm
脉冲功率	300W
脉冲能量 (max)	70 J
脉冲峰值功率	500~6000W (可调)
脉冲宽度	0.2~20ms (可调)
激光发散角	16 mm·mrad
激光功率稳定度	1%

机床为 CNC 控制, Heidenhain 的操作系统, 四轴联动, 主要性能指标如下:

行程 (X×Y×Z)	400×400×300mm
X、Y 轴的定位精度	±0.02mm
X、Y 轴的重复定位精度	±0.012mm
Z 轴的定位精度	0.3mm

2.4.2 焊接工艺

焊接这种超薄件必须精确控制焊接线能量, 防止烧穿。

装配好焊件的工装放在数控工作台上, 激光头动而工件不动, 采用高纯氩保护, 45° 侧吹, 流量为 3L/min, 聚焦透镜焦距为 150mm, 聚焦光斑直径为 0.3mm。

采用两种工艺方法进行焊接:

2.4.2.1 降低激光使用率的方法

降低激光使用率的方法就是降低脉冲频率。脉冲峰值功率 500W, 脉冲宽度 3ms 的条件下, 脉冲频率最大可到 90Hz, 此时激光的使用率可超过 98%, 降低脉冲频率后, 激光的使用率可降低到 10% 以下。直观理解就是: 部分利用激光器可产生的能量。

焊接规范:

脉冲峰值功率	500W
脉冲宽度	3ms
脉冲频率	50Hz
焊接速度	225mm/min
离焦量	0

共计焊接管坯 20 余件, 焊缝成型非常好, 表面均匀光滑。波纹管液压成型中焊缝无一件损坏, 最终波纹管打压验收时也全部合格。

2.4.2.2 改变离焦量的方法

离焦量是工作表面离激光焦点的距离, 工作表面在焦点以内为负离焦, 与焦点的距离为负离焦量, 反之为正离焦。离焦量不仅影响工件表面

光斑的大小, 而且影响光束的入射方向, 因而对熔深和焊缝形状有较大影响。

对于焊接薄板, 主要是防止烧穿, 因而采用正离焦, 工件处于焦点以外, 此时光束已经开始发散, 光斑直径变大, 能量不变而面积变大, 所以功率密度变小。另外, 采用正离焦后, 由于光斑直径加大, 焊接速度可相应加快, 光斑直径 0.4mm 后, 焊接速度为 540mm/min, 光斑直径 0.5mm 后, 焊接速度为 675mm/min。这样通过采用正离焦, 降低功率密度的同时增加焊接速度, 降低焊接线能量到合适的范围, 来防止烧穿。

焊接规范:

脉冲峰值功率	500W
脉冲宽度	3ms
脉冲频率	90Hz
焊接速度	800mm/min
离焦量	3.5mm

焊接管坯 20 件, 焊缝成型良好, 表面均匀光滑。液压成型过程无一件焊缝破裂, 波纹管打压验收时也全部合格。

3 小结

(1) 采用激光焊接生产 GH4169 管坯的工艺方法可行, 焊缝性能完全满足要求。

(2) 0.12mm 超薄管坯的激光焊接, 通过调整激光频率和离焦量这两种方法, 能有效控制焊接线能量, 保证工艺参数的稳定性, 满足产品质量要求。

(3) 超薄管坯焊接时, 保证接头的装配质量非常重要。

(4) 超薄管坯焊接时, 从间隙小的地方往间隙大的地方焊接效果好。

(编辑: 陈红霞)