

# 散热器曲线焊缝五枪自动焊工艺

韩红彪<sup>1</sup>, 段明德<sup>1</sup>, 崔琦<sup>2</sup>, 李济顺<sup>1</sup>

(1. 河南科技大学 先进制造技术重点学科开放实验室, 河南 洛阳 471003 2-拖  
(洛阳)建筑机械有限公司, 河南 洛阳 471000)

摘 要: 针对散热器的散热管和主流管焊缝是形状复杂的平面曲线焊缝, 板薄, 坡口尺寸不均匀, 数量多, 容易出现焊接质量问题, 研制了一台自动焊设备并提出相应的自动焊接工艺。采用两轴数控系统控制五把焊枪同时沿焊缝曲线运动, 并控制五台焊机同时工作, 根据焊缝形状和坡口特点, 在不同焊缝段采用不同的焊接规范和运动轨迹, 实现了五条焊缝的同时自动焊接, 保证了焊缝的质量, 提高了生产效率。

关键词: 自动焊; 工艺; 曲线焊缝

中图分类号: TG439.9 文献标识码: A 文章编号: 0253-360X(2005)08-77-04



韩红彪

## 0 序 言

在一种散热器的批量生产过程中, 主流管由壁厚为 1.2 mm 的带钢轧制成, 散热管由壁厚为 1.2 mm 的带钢轧制成后再焊接而成, 半边主流管和散热管之间的焊缝为一条平面曲线焊缝, 而且每条焊缝的形状尺寸相同。焊完后再焊接另一半主流管, 最后要对散热器整体进行密封性检验, 1.2 MPa 的气压时焊缝不得有渗漏。

在批量生产中, 要先将 50 柱散热管组焊成一个散热器, 然后根据订货的尺寸进行切割, 所以这些焊缝数量众多。而且焊缝的形状较复杂, 工件的厚度较薄, 若采用手工焊, 不但工作量大, 而且质量难以保证, 生产效率较低, 因此, 应采用高效率的自动焊。

## 1 设备原理

所研制的自动焊设备组成和焊接合件图如图 1 所示。由于主流管和散热管之间的焊缝为一条平面曲线焊缝, 所以采用两个步进电机来驱动十字滑台机构的运动, 从而带动焊枪沿焊缝轨迹移动。因为焊缝数量众多, 而且每条焊缝的形状尺寸相同, 焊缝之间的间距都相同。所以, 为了提高生产效率, 装在十字滑台机构上的夹枪机构可装夹五把焊枪, 各焊枪之间的间距等于各焊缝之间的间距即 75 mm。五把焊枪分别由五台送丝机和五台焊接电源驱动工作, 这样, 夹枪机构在十字滑台机构的驱动下, 每工

作一次便可同时进行五条焊缝的自动焊接。夹枪机构安装在焊枪升降机构上, 焊枪升降机构安装在十字滑台机构上, 它可控制焊枪的升降, 便于调整焊枪和焊丝, 也便于对散热器进行夹紧定位和下料。十字滑台机构安装在一个小车上, 小车可沿其轨道水平移动。当零件夹紧定位机构将散热器夹紧定位后, 小车的移动轨道和散热器的长度方向是平行的。当焊接完前面五条焊缝后, 小车沿轨道向后平移五条焊缝的间距位移, 五把焊枪就对准了后面的五条焊缝, 就可完成后五条焊缝的自动焊接。随着小车沿轨道向后平移, 就可依次完成散热器一侧 50 条散热管焊缝的焊接。

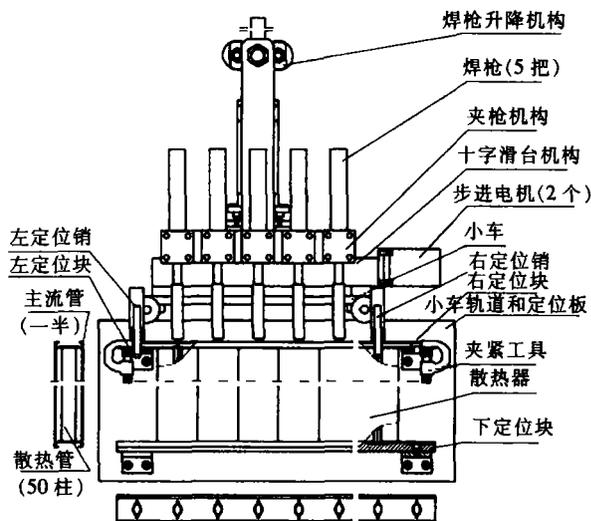


图 1 设备组成和焊接合件图

Fig 1 Schematic of equipment and welding

设备电气控制系统的核心是一个两维的数控系统。该数控系统采用南京华兴数控设备有限公司生产的 WA-21S 型数控系统,它是一个标准的车床数控系统,具有一个液晶显示器来显示数控程序和工作参数等。它能按照所编写的自动焊接程序,驱动 X 轴和 Z 轴两个步进电机同时联动,从而拖动十字滑台机构来控制焊枪的运动,使焊枪可以沿焊缝的平面轨迹移动;而且,它具有 24 路开关量输入接口和 15 路开关量输出接口,通过开关量输入接口接收各个输入信号,根据所编写的数控程序进行实时处理,通过开关量输出接口和功率驱动电路控制各个气缸、焊机等工作设备的工作和停止,从而实现了散热器焊缝的自动焊接<sup>[1,2]</sup>。

## 2 自动焊接工艺

### 2.1 焊接方法和焊接材料

采用 CO<sub>2</sub> 气体保护焊进行散热器散热管焊缝的自动焊接。散热器主流管和散热管都是用 Q235 钢带加工成的,而且壁厚只有 1.2 mm,所以选用的焊丝型号为 ER49-1 直径为 1.0 mm,焊一道焊缝。

### 2.2 零件定位和焊枪对中

首先焊接上部的主流管和散热管的焊缝,由于焊缝都在上侧,所以零件将产生向上的弯曲变形,这会对焊枪与焊缝的上下对中对产生影响。所以,设计了相应的焊接定位夹具以减小焊接变形和便于焊枪对中,如图 1 所示。

左定位块、右定位块和下定位块固定在小车轨道和定位板上,下主流管被下定位块支撑着,上主流管被两侧的左定位块、右定位块和两个夹紧工具定位和固定,从而将散热器压固在下定位块上,既可以实现零件的夹紧定位,也可以减小焊接过程中的变形。主流管和散热管的装配是通过专用的夹具和压力机紧密压装成的,散热器的高度为 400~500 mm,具有一定的刚性,所以焊接过程中产生的弯曲变形在 ±2 mm 之间。

采用 70% CO<sub>2</sub> + 30% Ar 气体流量为 15 L/min 焊接速度为 35 cm/min,进行自动焊接试验。初始焊接电流为 80 A,电弧电压为 18 V,焊丝伸出长度为 10 mm,然后不断改变焊丝伸出长度,而其它焊接参数不变的情况下进行自动焊接试验,所测得的焊接电流和焊丝伸出长度之间的关系曲线如图 2 所示。

由图 2 可以看出,当焊丝伸出长度由 8 mm 变化到 12 mm 时,焊接电流由 82 A 变化到 78.7 A,变化范围只有 3.3 A,对焊接结果影响不大。所以,该零

件焊接过程中产生的变形对焊枪与焊缝的上下对中对产生的影响将引起焊丝伸出长度的变化,由于 CO<sub>2</sub> 气体保护焊机的自动调节能力,对焊接电流等规范影响不大,对焊接结果的影响也可忽略。

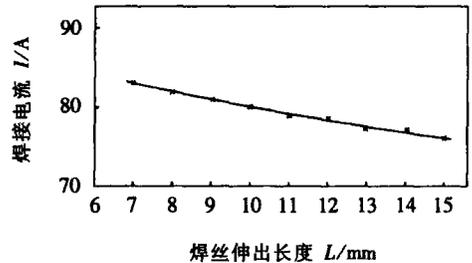


图 2 焊接电流与焊丝伸出长度之间关系曲线  
Fig. 2 Relation between welding current and welding wire extension

焊枪与焊缝的左右对中对是靠左、右定位销实现的(如图 1 所示)。当小车向左移动时,将左定位销插入小车上的左定位销孔和散热管的孔内(尚未焊接)起主定位作用,而将右定位销插入小车上的右定位销孔和相应的散热管的孔内(已经完成焊接)起辅助定位作用,这样就实现了小车上的五把焊枪与两个定位销之间的五条焊缝的左右对中对。当焊接完成这五条焊缝后,取出左、右定位销,小车继续向左移动五条焊缝的距离,再将定位销插入相应的孔内进行定位焊接。当焊接到最后五条焊缝时,左定位销插入小车上的左定位销孔和左定位块的孔内起主定位作用,当小车向右移动时,以右定位销为主定位,左定位销为辅助定位。因此,可每次利用尚未焊接的散热管的孔或左、右定位块的孔进行主定位,实现焊枪与焊缝的左右对中对。

### 2.3 自动焊时焊枪运动轨迹设计

由于主流管和散热管的壁厚只有 1.2 mm,易出现焊穿、气孔等缺陷。在实际焊接生产中,由于零件的加工和装配的误差,当主流管和散热管装配好后,焊缝坡口的实际情况如图 3 所示。

散热管的管头要高于主流管的底面,而且各个焊缝的高出高度各不相同,一般在 0.5~3.5 mm 之间,而且装配完后,在两个圆弧段的散热管管壁向外侧有些翻出。主流管和散热管之间的焊缝坡口的间隙是不均匀的,即在两个圆弧上没有间隙,而在上下两个端头部和四个圆弧与直线的过渡处的间隙较大,有 0.4~1.2 mm。

经试验研究发现,当焊枪沿散热管一侧坡口轨

迹移动焊接时, 整个焊缝高度较高, 并且在散热管内侧易出现焊瘤, 在焊接两个圆弧段时, 焊缝容易产生和主流管未熔合的缺陷。当焊枪的移动轨迹沿散热管一侧坡口轨迹向外 (即向主流管一侧) 平移超过 0.3 mm 时, 便可改善焊缝成形, 提高焊缝与主流管的熔合; 但在间隙较大的地方, 当焊枪偏离坡口间隙中心 0.3 mm 以上时, 容易产生焊穿、气孔和未融合等缺陷; 而在两个圆弧段, 焊枪必须向外偏移 0.5 mm 以上时才能保证焊缝与主流管的良好熔合, 但偏移超过 1.5 mm 时易在主流管侧产生焊穿。

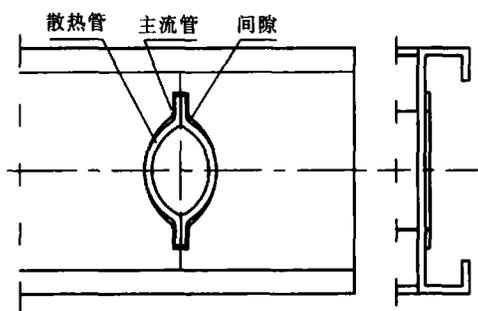


图 3 焊缝坡口示意图

Fig 3 Diagram of weld groove

因此, 在自动焊过程中, 设计的焊枪沿焊缝的移动轨迹如图 4 所示。图中双点划线为焊枪的移动轨迹。

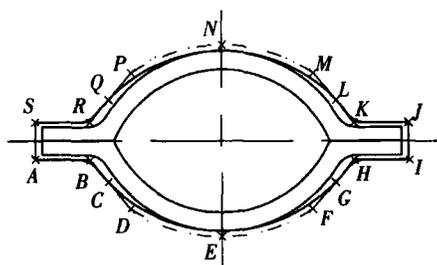


图 4 焊枪移动轨迹图

Fig 4 Moving track of welding gun

焊枪在 S 点处引弧, 然后向 A 点移动焊接, 经过 B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、L、M、N、P、Q、R、S 点, 最后再向前到 A 点后停止, 进行收弧, 从而完成了整条焊缝的连续焊接, 其中 SA 段为焊缝的搭接部分。

在两个圆弧段焊枪的移动轨迹 DEF 段和 MNP 段比主流管焊缝坡口轨迹向外平移了 0.5 mm。在两个端头的直线部分, 焊枪的移动轨迹 SA、AB、HI、IJ、JK、RS 段和主流管焊缝坡口轨迹重合。在两个

圆弧与直线的过渡处的焊缝坡口间隙较大的地方, 焊枪移动的轨迹点 K、R、B、H 设计在主流管与散热管焊缝坡口间隙的中间点上, 而直线段 BCD、FGH、KLM、PQR 是圆弧段与直线段的过渡处的焊枪移动轨迹。

### 2.4 自动焊时焊接参数选择

经焊接试验发现: 当用同一焊接电流、电弧电压沿焊缝坡口焊接一周后, 由于刚开始焊接前半段时零件还处在冷态, 焊缝熔不开, 就会出现前半段焊缝余高大、熔宽窄; 而当焊接后半段焊缝时, 由于前段焊缝焊接的加热作用, 零件温度已经较高, 就会出现后半段焊缝余高小、熔宽较宽。

为了避免这种情况, 对前后这两段焊缝采用了不同的焊接电流和电弧电压进行焊接。由于采用了唐山松下公司生产的 KR200 CO<sub>2</sub> 焊机, 具有焊接开关自锁功能, 该焊机的工作过程如图 5 所示。

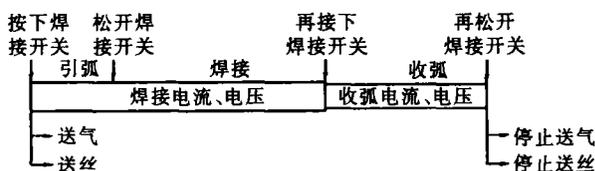


图 5 CO<sub>2</sub> 焊机工作过程

Fig 5 Working process of CO<sub>2</sub> welding machine

所以, 通过数控系统和电控电路可控制焊接开关在不同时刻和位置的通断, 从而实现在焊接前半段焊缝时, 通过焊机上的焊接电流、电弧电压电位器调整出较大的焊接电流、电弧电压, 用焊机的焊接参数进行焊接; 在焊接后半段焊缝时, 通过焊机上的收弧电流、收弧电压电位器调整出较小的焊接电流、电弧电压, 用焊机的收弧规范进行焊接。

对于焊缝上不同的直线段、不同的圆弧段, 由于焊缝间隙和坡口尺寸的不同, 而焊接电流、电弧电压不能改变, 就采用了不同的焊接速度 (可方便地通过数控程序编程进行控制), 这样可保证焊接出来的焊缝外观成形整齐均匀、质量可靠, 压力试验不会出现渗漏现象。

由于 CO<sub>2</sub> 气体保护焊时, 电弧吹力大, 而主流管和散热管的壁厚都只有 1.2 mm, 容易将零件焊穿。需要对五台焊机进行焊接参数的调整, 而且每台焊机要有两个焊接参数, 而 CO<sub>2</sub> 气体保护焊的焊接参数调整较困难。因此在保护气体中加入了 30% Ar, 即采用 70% CO<sub>2</sub> + 30% Ar, 这样不但使电弧柔和, 避免焊穿, 提高了保护效果, 保证了焊缝质量,

而且在同一焊接电流下连续稳定焊接时,电弧电压的调整区间较宽<sup>[3]</sup>,就可以保证每台焊机都可容易调整出较合适的焊接参数。

当五台焊机同时引弧时,由于瞬时的短路电流太大,容易对网压产生影响。在实际焊接时,可先将前三台焊机同时引弧,延时 0.5 s 后再将后两台焊机引弧。收弧时也是前三台焊机先收弧,延时 0.5 s 后再将后两台焊机收弧。由于间隔时间只有 0.5 s 对五条焊缝的收弧和起弧点的重合同步不会产生影 响。当五台焊机同时焊接时,相互之间对工作的焊接电流和电弧电压产生影响,即五台焊机同时工作时的焊接电流、电弧电压相对于单台焊机工作时的焊接电流、电弧电压变小了约 10%。因此调整焊接参数时,要先调整好单台焊机的焊接参数,五台焊机同时工作时再重新对每台焊机的焊接参数进行调整,直到焊接过程稳定、焊接质量可靠为止。

通过对该零件的焊接参数进行了大量的试验,最后优选出了较好的焊接参数并固定在自动焊工艺中。优选出的焊接参数见表 1。

表 1 焊接参数  
Table 1 Welding parameters

焊缝分段	焊接电流 <i>I</i> / A	电弧电压 <i>U</i> / V	焊接速度 <i>v</i> / (cm min <sup>-1</sup> )	焊丝伸出 长度 <i>L</i> / mm
S4 段			40	
AB 段、BCD 段			35	
DEF 段	80	18	30	10~12
FGH 段			35	
HI 段			35	
IJ 段			40	
JK 段			40	
KLM 段	70	17	35	10~12
MNP 段、PQR 段			35	
RS 段			35	
S4 段			40	

以上各焊接参数和焊枪移动轨迹点的位置是经过大量的工艺试验,根据批量生产出来的焊缝结果不断修改、调整而确定的,使零件焊接过程中规范稳定可靠,飞溅小,不断弧,从而保证了大批量焊接出

来的零件的焊缝成形美观,无裂纹、气孔和夹渣,质量可靠,满足了零件的设计使用要求。焊接后的焊缝如图 6 所示。

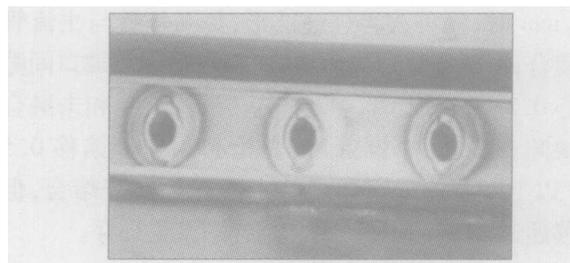


图 6 焊缝外形

Fig 6 Weld appearance

### 3 结 论

(1) 采用一套通用的两维数控系统作为控制核心,控制安装在十字滑台机构上的五把焊枪沿相应的焊缝轨迹作曲线运动,还可方便地对气缸、焊机及其它辅助装置进行逻辑时序控制,从而实现了五条主管与散热管焊缝的同时自动焊接,而且操作简单,编程方便,通用性广。

(2) 设计了合适的焊枪移动轨迹,对不同焊缝段采用了不同的焊接参数,并采用了 70% CO<sub>2</sub> + 30% Ar 作为保护气体,制定了合理的自动焊工艺,使批量生产出的零件焊缝质量稳定可靠,成形美观,满足设计要求。

### 参考文献:

- [1] 刘文信. 机床数控技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1995: 1-50
- [2] 李宏胜, 黄尚先. 机床数控技术及应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 16-60
- [3] 中国机械工程学会焊接学会. 焊接手册第 1 卷焊接方法及设备 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992: 151-181

作者简介: 韩红彪,男,1971年5月出生,硕士,讲师。研究方向为自动焊工艺及设备、机电一体化,获河南省机械工业科技进步一等奖一项、二等奖二项;发表论文 10 余篇。

Email: huoyanghb7157@ sina.com

formance of coating sprayed by High Velocity Oxygen/Air Fuel spray system, which is mostly dependent on the flame temperature and velocity accelerated by convergent/divergent nozzle. Gas characteristics of inlet throat and outlet of the nozzle are calculated. Characteristic diameter and inner shape of the nozzle is designed according to aerodynamics. The results show that the velocity of the flame reaches supersonic while oxygen and air is used as combustion supporting gas respectively. At the same time, the pressure of the nozzle outlet is less than the ambient pressure, which is advantageous to powder feeding. Flame velocity can be continuously adjusted from 1 400 to 2 150 m/s, while flame temperature is 1 400 ~ 2 600 °C. The adjustable flame can meet the requirement of spraying coating for metal alloy and ceramics.

**Key words** convergent/divergent nozzle; particle velocity; particle temperature; coating

#### Microstructure analysis on capacitor discharge welded $\text{Al}_2\text{O}_3$ fiber reinforced Al matrix composites joint

ZHAIQiuyi, LEIMing, XUJirong (School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China). p65-68

**Abstract** The resistance spot welding of the  $\text{Al}_2\text{O}_3$  fiber reinforced Al matrix composites (MMCs) was conducted using a micro-type capacitor discharge welding machine and the microstructural morphology of the joint was investigated. The results showed that a regular flat nugget was formed in the joint and the microstructural transition from nugget to matrix was rather well. Due to the very short welding time and high cooling rate, the eutectic Si was refined remarkably. The tiny eutectic Si particles distributed uniformly in the Al matrix, resulting in microstructure different from the MMCs. Small quantity of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  fibers were broken down to some extent, while most of them remained their original morphology distributing in the nugget matrix randomly. It was considered an effective way to eliminate the porosity and improve the joint quality, i.e. increasing electrode pressure properly, removing hydrogen from MMCs and holding the MMCs dry.

**Key words** MMCs;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  fiber; capacitor discharge welding; joint microstructure

#### Influence of welding thermal cycle on toughness and microstructure in grain coarsening region of X80 pipeline steel

XU Xue-li, XN Xi-xia, SHI Kai, ZHOU Yong (Department of Materials Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China). p69-72

**Abstract** The influence of welding thermal cycle on toughness and microstructure in grain coarsening region in the heat affected zone (HAZ) of X80 pipeline steel was investigated by weld thermal simulation technique, metallography, transmission electron microscopy (TEM), the instrumented Charpy impact toughness test and fracture toughness test. The results showed that there were different microstructures in the simulated grain coarsening region of X80 pipeline steel under six different welding thermal cycle conditions. When the thermal cycling parameters were

small, the microstructure of grain coarsening region was primarily lower bainite and lath martensite, and when the thermal cycling parameters increased, it was mainly granular bainite. The structural morphology of M-A islands changed from thin and short bars to large long bars or large piece-like and distributed in the grains instead of on the grain boundary. At the same time, the number of the M-A islands increased and the toughness got worse.

**Key words** pipeline steels; welding thermal cycle; grain coarsening region; toughness; microstructure

#### Research on vacuum electron beam welding of 45CrNiMoVA steel

DOU Zhengping, XIE Zhiqiang, PEI Qiu sheng, JIANG Yunbo (Chinese Academy of Engineering and Physics, Mianyang 621900, Sichuan, China). p73-76

**Abstract** The electron beam welding technology of 45CrNiMoVA steel was analyzed and discussed in the paper, and the microstructure profile and mechanical properties of weld were examined by metallography, scanning electron microscope and fracture analysis, etc. Then we analyzed the factors causing cracks and methods to prevent them, and chose the reasonable process weld depth being 20mm. The results showed the weld of 45CrNiMoVA steel welded by electron beam had demonstrable superiorities—good mechanical properties and high strength. Well results were got by colored detecting on surface and X-ray detecting carried on the weld.

**Key words** 45CrNiMoVA steel; electron beam welding; crack control; microstructure; mechanical property

#### Study on automatic welding process of curved seam with five welding guns

HAN Hongbiao<sup>1</sup>, JIA Xianzhao<sup>1</sup>, CUI Qi<sup>2</sup>, LI Jishun<sup>1</sup> (1. Henan Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China; 2. Yituo (Luoyang) Building Machinery Corp., Ltd, Luoyang 471003, China). p77-80

**Abstract** There are a lot of welds between cooling tubes and main steam tubes in radiator. These welds are plane curve with complicated shape. The plate is thin and the welding groove size is non-uniform. These result in many welding defects. To achieve automatic welding of these welds, an automatic welding machine and automatic welding process were developed. A numerical control system controlled five welding guns to move along the welding seam simultaneously. Five welding machines were controlled to work synchronously. Different welding conditions and moving tracks were adopted in different weld segments which had different welding groove shape and size. Therefore, five welds could be achieved at the same time. The quality of welds was guaranteed and the production efficiency was raised. The machine and the automatic welding process have been used in mass production of radiators.

**Key words** automatic welding process; curved welding seam