

# 铝合金矩形机箱工装设计及拼焊工艺

唐彬 魏连峰 王泽明 王世忠 俞德怀

(中国核动力研究设计院反应堆燃料与材料重点实验室,成都 610041)

**文 摘** 大厚度铝合金矩形机箱在拼焊生产过程中,存在组装难度大,焊缝质量不易保证,焊后变形大等问题。针对铝合金矩形机箱焊后马鞍型和螺旋型变形特点,选用表面定位方式,设计了多种类型的夹板,完成了箱体焊接工装的设计。在此基础上,采用真空电子束焊,通过严格的工艺措施完成了机箱的拼焊,获得了深宽比符合要求的焊缝,保证了机箱结构的完整性。经检测,矩形机箱满足设计要求。实践证明,此工装和工艺方案可行,对类似构件的制造有指导意义。

**关键词** 铝合金,矩形机箱,工装设计,拼焊工艺

## Welding Fixture Design and Assemble Welding Process for Aluminum Alloy Rectangle Chassis

Tang Bin Wei Lianfeng Wang Zeming Wang Shizhong Yu Dehuai

(Science and Technology on Reactor Fuel and Materials Laboratory, Nuclear Power Institute of China, Chengdu 610041)

**Abstract** The problems which include difficulty in assembly, joint quality control, large distortion after welding exist in assembly welding process of heavy-thickness aluminum rectangle chassis. The corresponding fixture types were chosen for different type of structure plates. According to the characteristic of chassis type bodies deformation after welding, a fixture for the chassis was designed. Based on these works, electron beam welding is successfully used in the chassis assembly welding process. The chassis after welding meet the specifications of design requirement. The results show that the designed fixture and process is practical, and this research is advantageously used in solving these problems.

**Key words** Aluminum alloy, Rectangle chassis, Fixture design, Assemble welding process

### 0 引言

铝合金矩形拼焊机箱在电子工业中应用广泛。铝合金矩形机箱结构形式多样,在铝合金矩形机箱研制过程中,采用的制造工艺为先加工出面板,然后四块面板拼焊成机箱。机箱的装配精度主要由焊接工序保证。在铝合金机箱拼焊过程中,存在装配难度大、装配精度不易保证等问题。如果焊接方法和工艺参数选取不当,不但会造成机箱焊后严重变形,还可能因焊缝气孔、夹渣、未焊透等缺陷,严重影响机箱的质量及性能<sup>[1]</sup>。为保证焊接质量,必须严格控制工艺措施,以获得满足质量要求的产品。

### 1 焊接结构特点与质量要求

#### 1.1 焊接结构与质量要求

铝合金机箱由四块不同结构形式的面板拼焊而

成,为无盖的立方体结构,面板高度(即焊缝长度)400 mm,其拼焊结构如图1所示。

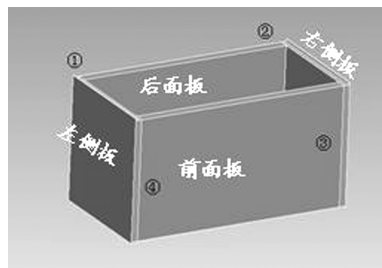


图1 机箱结构示意图

Fig.1 Rectangle chassis structure

根据图纸和技术条件,机箱整体成形后,验收准则为:(1)焊缝质量要求,熔深大于10 mm,焊缝牢固,焊后不得有夹渣和裂纹;(2)整体尺寸要求,前后

面板与侧板的垂直度和平面度均小于  $0.03\text{ mm}$ ; (3) 内腔尺寸要求, 机箱内部用于放置电子器件, 拼焊后无法加工, 严格控制变形, 保证前后空间尺寸。

这种结构形式较好保留了箱型结构的棱角结构, 但焊接难度较大。主要包含: (1) 铝合金在空气中极易氧化<sup>[1]</sup>; (2) 铝合金较大的比热容和导热率, 焊接热裂倾向大, 达到要求的熔深需要较大的热输入; (3) 面板上的槽、凸台结构靠近焊缝, 工艺参数选择不当, 将会导致槽和凸台坍塌; (4) 机箱组装难度大, 面板的位置及组装精度只能靠目视保证; (5) 机箱拼焊包含四条焊缝, 需合理设置焊接顺序; (6) 机箱焊缝长、热输入大必然导致变形和应力大。

## 1.2 焊接变形分析与焊接方法

机箱焊缝为厚板长焊缝, 焊缝横向收缩量较大, 横向收缩引起的角变形, 将会使机箱发生图 2 所示的马鞍型变形<sup>[1]</sup>。对于箱型构件, 接头两边导热和刚性差异很大, 焊后前后面板和左右侧板的纵向收缩存在较大差异, 对于长焊缝, 焊接顺序或工艺措施不当会导致焊缝发生错边, 将会引起图 3 所示的螺旋型变形。

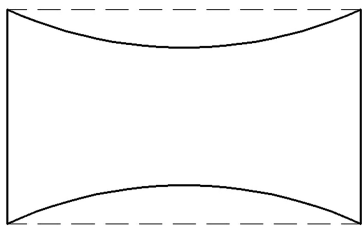


图 2 马鞍型变形  
Fig. 2 Saddle deformation

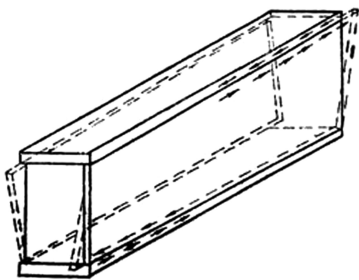


图 3 螺旋型变形  
Fig. 3 Spiral deformation

机箱内腔尺寸较小, 只能采用单面焊双面成型的方法, 而结构对焊缝深宽比的要求又较大。因此, 本文拟采用真空电子束焊, 一次焊达到熔深要求: 一方面在真空中施焊, 避免了铝在空气中氧化, 有效防止焊接接头内气孔、夹渣以及未焊透等缺陷; 另一方面加热面积小, 变形小, 能形成深宽比大的焊接接头, 接头的收缩量和角变形要比 TIG 焊小一个数量级, 对机箱焊缝附近结构影响较小。

## 2 工装设计

### 2.1 原则与要求

实际经验表明影响组焊件焊后尺寸精度和形位公差最重要的可控因素就是工件的装夹状态。设计工装保证机箱的组装质量就成为机箱研制成功的关键工作。由于机箱结构的复杂性, 为了保证机箱面板上相应功能结构的完整性, 铝合金机箱工装的设计在普通夹具设计的原则和要求的基础上有其独有的原则和要求<sup>[2]</sup>:

(1) 焊接工装应有足够的装配、焊接空间, 不影响焊接操作和视觉观测范围, 不妨碍焊接件装卸, 同时必须留有电子束束流的下束空间;

(2) 夹紧状态不能破坏焊件的定位装置和几何形状, 保证夹紧后焊件不会松动滑移;

(3) 受力构件应具有足够的强度和刚度, 足以承受因限制焊接变形而引起的各个方向上的拘束力;

(4) 不同机箱的面板和侧板包含不同的结构形式, 夹具需具有一定的柔性, 以满足不同结构形式箱体的需要;

(5) 针对机箱拼焊的变形形式, 合理安排夹紧力的施加位置、方式和大小, 控制焊接变形。

### 2.2 焊接工装设计方案

将机箱前后面板方向定义为  $z$  向, 左右侧板方向定义为  $y$  向, 高度方向定义为  $x$  向, 机箱及夹具总体装配图如图 4 所示。

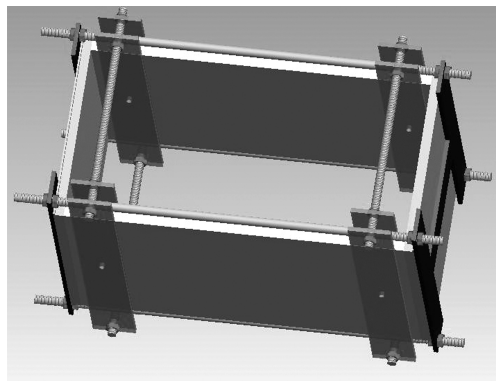


图 4 机箱焊接装配图

Fig. 4 Assembled drawing of welding clamp for chassis

根据铝合金较软的特点, 工装采用工件表面或型面的方式定位。夹具包含定位装置与夹紧装置, 两者配合起到固定零件形状和减小装焊过程中焊接变形的作用<sup>[3]</sup>。机箱的组焊夹具由前后面板夹板、左右面板夹板、内撑垫块、塞条等四部分组合件组成。

前后面板夹板: 前后面板  $y$  向夹紧力可由左右侧板传递, 而  $x$  向无定位平面和定位特征, 因此采用“三明治”式定位和压紧设计方案。通过预先固定内部夹板位置使工件预定位, 两块夹板保证了对工件定位和夹紧。由于机箱前后面板尺寸较大, 如果采用整板夹紧, 浪费材料且不利于装配, 因此对四条焊缝分别设计适当宽度的夹板, 对于含凸台和凹槽的平面, 由于凸台刚性小、易变形, 避免施加夹紧力时将凸台熔

塌。根据凸台和凹槽的结构,在夹板上加工相应的结构,以吻合机箱面板结构,保证夹紧力在夹板平面上均布,同时能够利用这些结构特征进行夹板的组装定位。在设计夹板结构时,由于不同机箱面板凸台和凹槽的位置结构差异,需考虑夹具的柔性,使一块夹板能够应用到多种类型的机箱。

左右侧板夹板:左右侧板与前后面板垂直度及左右方向相对位置可由前后面板保证,只需在左右侧板施加 $y$ 向夹紧力,就能保证左右侧板的装配精度。在保证组装质量的前提下,为降低组装难度和夹具加工难度,左右侧板夹板形状设计为H型型面,H型型面宽度与左右侧板相同,组装时H型型面与机箱边缘贴齐。

内撑垫块与塞条:针对工件焊后的马鞍形变形,采用内腔成形定位法,内衬工装,防止前后夹板变形,采用线胀系数较铝合金小的钢制胎条作为定位支撑。胎条的大小直接影响内腔尺寸及各形位公差。过小起不到撑杆作用,过大会造成机箱不便组装甚至反向凸出变形<sup>[4]</sup>。

连接机构:夹板通过螺母实现紧固连接,通过调整螺母实现夹板在各个方向的调整,保证夹具与工件贴合。螺柱的螺纹长度要保证充裕的调节范围。 $x$ 向和 $y$ 向连接螺柱在空间中垂直相交,需预留位置,在 $z$ 方向错开并留足够空间,避免干涉。如果将前后方向连接螺柱置于左右方向连接螺柱下,同时将左右方向连接螺柱置于箱体内部,会导致前后夹板的部分固定螺母操作空间狭小,不易施加力矩。将左右方向的螺柱从前后夹具的内部穿过将能够很好避免这个问题。

夹板的高度决定螺柱的安装空间,设计夹板的高度要在经济的基础和保证夹紧力实施上,考虑螺柱孔位置和引弧板安装位置。螺柱孔位置尽量位于夹板中心线附近。

夹板厚度必须保证夹板具有一定的刚性,使焊件的变形始终受夹具的限制。夹板的位置在不影响焊接操作的前提下尽可能靠近焊缝。同时选择工件比较规则的位置,减小定位型面的加工难度。

### 2.3 焊接工装应用

工装的成功应用的前提是选择好各零件的定位基准和夹具本身的定位基准。工装一般选择零件上重要的装配孔,工艺孔和装配面作为基准。机箱为分散的组合件,需要配合挡块与平台进行定位和装配。装配时选择左面板和右侧板作为 $x$ 、 $y$ 方向的基准。首先固定左面板,将内衬垫块放入,调节螺母将右面板至于标定位置,靠挡块将左面板固定,然后前后面板螺母固定,将前后面板夹紧,最后将左侧面板靠紧。完成后,对机箱结构进行微调纠正,保证夹持后工件的平面度,垂直度。采用这种组装方案的关键在于装

配时,对各板必须要有预定位,约束其自由度,使面板和侧板定位后,形成机箱预焊总体框架。

## 3 焊接工艺与措施

### 3.1 组装点焊

铝合金的焊前清理要求非常严格,机箱组装检测完成后,采用丙酮对机箱焊接区进行焊前清洗,去除工件表面的水分、灰尘、油污等。

焊前对机箱进行预点固,点固方式为:采用小能量激光焊沿每条焊缝均匀点固四段。

### 3.2 焊接工艺措施

机箱焊缝四条直长焊缝,分布在对称的两面上,为了保证焊接质量,采用在平焊位置施焊。焊接过程中,采取以下工艺措施保证焊缝质量<sup>[3]</sup>。

(1) 铝合金机箱深宽比要求大,电子束稍微偏离焊缝,就会导致熔深影响很大。机箱放置时准确校正焊缝放置的直线度。

(2) 严格执行制定的焊接工艺规程,控制电子束流、聚焦电流、加速电压和焊接速度。

(3) 焊完一面后将工件翻转重新放入真空室,进行背面焊接。放入真空室前,仔细检查夹具的夹紧情况。

(4) 在引弧板上引弧,电子束稳定后施焊。

(5) 采用从两端向中间施焊在焊缝中间收弧,收弧部位相互覆盖,焊接时严禁灼伤焊件表面。

### 3.3 焊后质量

按照工艺方案完成了矩形机箱的组装与施焊,获得了满意的质量。焊缝表面光亮,目视检验合格。机箱焊后变形较小,内垫块工装卸下容易。经检测,机箱内腔尺寸及各形位公差均满足图纸尺寸要求,机箱外形尺寸公差各项技术指标达到了设计要求。达到了矩形机箱研制的预定目标。

## 4 结论

在分析铝合金机箱焊接性的基础上,针对机箱结构的马鞍型和螺旋型变形,设计了机箱一次性组装的工装,采用了两端向中间焊的工艺方法,利用真空电子束焊完成了机箱研制。解决了铝合金机箱焊接制造拼焊易变形、尺寸精度难以保证的难题。实践证明,按此工艺方案研制的机箱,机箱变形小,整体结构美观,焊缝外观质量优良。

### 参考文献

- [1] 陈艳华. 铝合金机箱的焊接工艺设计[J]. 舰船电子工程,2006,26(1):174-177
- [2] 张远骏. 装焊夹具的可调性设计[J]. 汽车工艺与材料,1999(1):38-41
- [3] 赵征,李京龙,李碧芳,等. 大尺寸铝合金箱型件焊接成形工艺研究[J]. 铸造技术,2006,27(9):957-961
- [4] 陈宏,王笑川,侯春林. 中径管环缝焊接定心内撑工装设计[J]. 电焊机,2008,38(2):60-65

(编辑 李洪泉)