

# 大型客机金属结构胶接工艺研究

赵虎 张健明

(中航飞机股份有限公司, 陕西 西安 710089)

**【摘要】:** 蜂窝夹层金属胶接件多用于飞机活动翼面的制造。大型蜂窝夹层件由于构成零件多、型面复杂、构件配合精度高易出现装配不协调等质量问题。为了解决这一问题,以大型民用客机尾缘组件为研究对象,对其进行了详细的工艺过程分析,制定了有效的解决措施,提高了零件的胶接质量,为大型金属胶接件的制造改进提供依据。

**【关键词】:** 金属结构; 胶接

金属胶接制件具有强度高、重量轻、工艺成熟、制造成本相对复合材料制件较低等优点,广泛应用于飞机结构件制造领域<sup>[1]</sup>。金属胶接制件常选用楔形蜂窝夹层作为典型结构,在一定程度上克服了单向复合材料层间强度差的弱点,该结构多用于飞机机翼、垂尾等气动外形零件的制造<sup>[2]</sup>。楔形蜂窝夹层结构件由于其装配关系较为复杂,胶接过程中容易产生结构缺陷,造成无损检测不合格,降低胶接质量,影响产品服役期限。

本文以大型客机尾缘组件为研究对象,对金属胶接件的制造工艺进行优化,提高了楔形蜂窝夹层结构件的装配精度和产品质量。

## 1 试验及方法

### 1.1 研究内容

尾缘组件为楔形蜂窝夹层结构,分别由上、下蒙皮、后梁、左、右侧封严肋、金属蜂窝芯、尾缘条、橡胶防摩型材和紧固件构成。该组件采用高强度铝合金和高密度金属蜂窝芯一次胶接成型,具有外形尺大、零件结构复杂装配精度高等特点。尾缘组件为装配件,各组成零件之间的配合情况决定着零件的最终质量,通过实验数据找到了上蒙皮与后梁配合区域易出现气泡、超薄的缺陷集中区域,针对这些缺陷做出分析后通过修整零件胶接夹具和优化产品制造方法后得到了较为理想的结果,保证了产品的质量。

### 1.2 研究方法

采用自制磷酸阳极氧化生产线: 186-6249 型底胶喷涂室; 5020-00 型底胶振荡器; SCH-3\*8 型热压罐作为金属胶接制件的加工设备,针对尾缘试验件制造方法进行研究得到相关数据充分验证工艺方法的可行性。

## 2 工艺过程

### 2.1 工艺流程

经过磷酸阳极氧化后的零件在温度为 18℃-32℃,相对湿度为 30%-65%的环境下,对零件表面喷涂 BR-127 型底胶,放入 120℃±5℃的烘箱加热 60Min,在零件胶接区域铺贴 FM-73 OST 060 胶膜,在蜂窝与后梁的接触区域放置

MA562.025 型泡沫胶,在 120℃的热压罐中施加 0.3±0.02MPa 的大气压力,保持 100Min 后降温至 60℃,卸压后取出零件。

### 2.2 工艺优化

#### 2.2.1 胶接夹具修整

胶接夹具是零件的制造依据,对于零件的成型起到了决定性的作用<sup>[3]</sup>。胶接夹具由工装底板、固定芯模、匀压板、插销、检验卡板等组成,全部采用数控加工并经过工装气密、热分布试验验证,具有较高的精度和热稳定性能够满足相关技术要求<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 蜂窝芯加工

蜂窝芯被固化后的聚乙二醇粘接在铣切夹具上,利用数控铣床进行精确铣切。在铣切过程中由于零件和高速运转的铣刀接触产生的热量使部分聚乙二醇被融化造成蜂窝芯不能完全固定在铣切工装上,导致蜂窝芯铣切后局部型面超差,通过对蜂窝芯铣切程序进行修正,将铣切型面提升了 0.1mm 并缩小了铣刀的一次进给量有效避免了蜂窝芯的型面超差问题。蜂窝芯数控铣切完成后留有部分工艺余量,需操作人员切除,由于手工操作易出现较大误差使蜂窝芯的尺寸得不到精确控制,易干扰其余零件的装配,通过分析组件中各零件的成型方式提出蜂窝芯无余量数控铣切成形工艺改进,提高了蜂窝芯型面铣切精度。

#### 2.2.3 装配工艺改进

尾缘组件制造工艺复杂(图 1),各组成零件之间具有严格的配合关系例如蒙皮与后梁、尾缘、端肋的配合间隙为 0.125mm,蜂窝芯比后梁、尾缘高 0.6mm,紧固件安装后钉头齐平度为 0.05mm,组件型面公差为 3mm。通过分析可知尾缘组件中上、下蒙皮是钣金件具有较大的制造公差,后梁和端肋为数控成型加工精度较高,蜂窝芯由于其自身结构特点具有较为灵活的调节空间,因此在组件的装配过程中可通过修正蒙皮和蜂窝芯的配合程度满足装配要求,提高零件的制造精度。

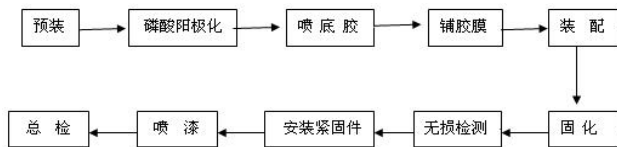


图1 尾缘组件制造流程

Fig1 Tail-edge component manufacturing process

## 2.2.4 工艺流程梳理改进

为了缩短尾缘组件的加工周期，自行设计制造了实用型工具，例如密封胶试块模具、铆接专用顶把、（图2），利用这些工具能够快速完成部分工序更加优化了产品的制造流程。在产品制造的全部环节得到质量人员验收合格后，由工程技术人员通过模拟考核验证的形式对所有参与生产的操作工人进行理论培训考核和实际操作考核验证（图3），将重要、关键工序的操作技能点灌输在产品制造人员的意识里，全面提升了产品的交付周期和制造质量。

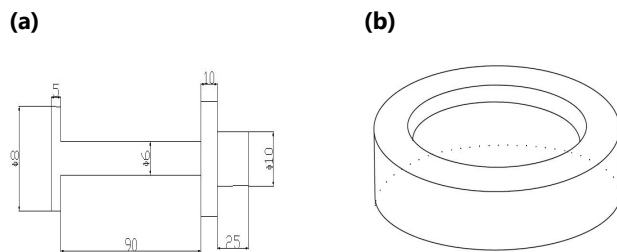


图2 专用工具

(a) 铆接顶把 (b) 密封胶试块成型模具

Fig9 Special tools(a) The riveting top(b) Sealant block forming dies

| 序号 | 技能点名称 | 考核内容                               | 被考核人员   |     |
|----|-------|------------------------------------|---------|-----|
|    |       |                                    | 姓名: XXX |     |
| 1  | 预装    | 输入物: 领取材料、模具、零件<br>输出物: 合格材料、模具、零件 | 合格      | 不合格 |
| 2  | 磷酸阳极化 | 输入物: 预装合格的零件<br>输出物: 磷酸阳极化后的零件     | 合格      | 不合格 |
| 3  | 喷底胶   | 输入物: 磷酸阳极化后的零件<br>输出物: 喷过底胶后的零件    | 合格      | 不合格 |
| 4  | 装配    | 输入物: 胶膜、模具、喷过底胶的零件<br>输出物: 待固化的零件  | 合格      | 不合格 |
| 5  | 固化    | 输入物: 待固化的零件<br>输出物: 成型零件           | 合格      | 不合格 |
| 6  | 安装紧固件 | 输入物: 成型零件<br>输出物: 安装紧固件后的零件        | 合格      | 不合格 |

图3 模拟考核验证表

Fig3 Simulate the verification table

## 3 结论

- 1.采用修整胶接夹具的方法提高了产品的装配精度；
- 2.通过提升蜂窝芯铣切型面缩小铣刀进给量的方法，可以有效避免蜂窝芯型面超差；
- 3.调整钣金件和蜂窝芯的装配公差可以提高产品配合精度满足装配要求。

## 参考文献

- [1] 张明轩.复合材料工程词典[M].北京: 化学工业出版社,2009
- [2] 胡建国.航空制造工程手册-金属结构胶接[K].北京: 航空工业出版社,1995
- [3] 范玉青.现代飞机制造技术[K].北京: 北京航空航天大学出版社,2001
- [4] 徐猛.徐彦霖.王增勇.李建文.粘接结构的超声检验技术及其进展[J].机械,