

# 蜂窝组件钎焊工艺

Brazing Technology of Honeycomb Assembly

www.yzpst.com

**[摘要]** 对航空发动机封严蜂窝组件的钎焊工艺进行了探索、研究,完成了钎焊的溶蚀、钎着率试验,并在试焊模拟件的基础上完成了试生产。

**关键词:** 蜂窝组件 溶蚀 钎着率

**[ABSTRACT]** The brazing technology of sealing honeycomb assembly of aeroengine is studied. The tests for dissolve corrosion and ratio of brazing area are accomplished. Trial production is completed on the basis of trial welding.

**Keywords:** Honeycomb assembly Dissolve corrosion Ratio of brazing area

现代航空发动机涡轮部件的旋转件和静止件之间常常采用气流封严结构,以减少气流损失,提高发动机功率。其中,蜂窝封严结构是目前广泛采用的一种。

我公司研制的发动机涡轮部件采用了5种蜂窝封严结构:涡轮外环组件,二级涡轮外环组件,三级涡轮外环组件,三级导向器密封圈组件和排气框架组件。其中的二级和三级涡轮外环组件,为减少焊后电火花的加工余量,分别采用了3个和2个不同高度和蜂窝圈一次组装连接。图1所示是带有3个蜂窝圈的钎焊结构,蜂窝芯格尺寸为0.8mm,蜂窝箔片厚0.05mm,不允许产生溶蚀。钎料在芯格中的填高尺寸小于蜂窝高度的25%,钎着率要求大于90%。这种结构的特点是几个蜂窝圈难以同时贴紧钎焊面,保持不了钎焊间隙,因而不易保证产品质量。

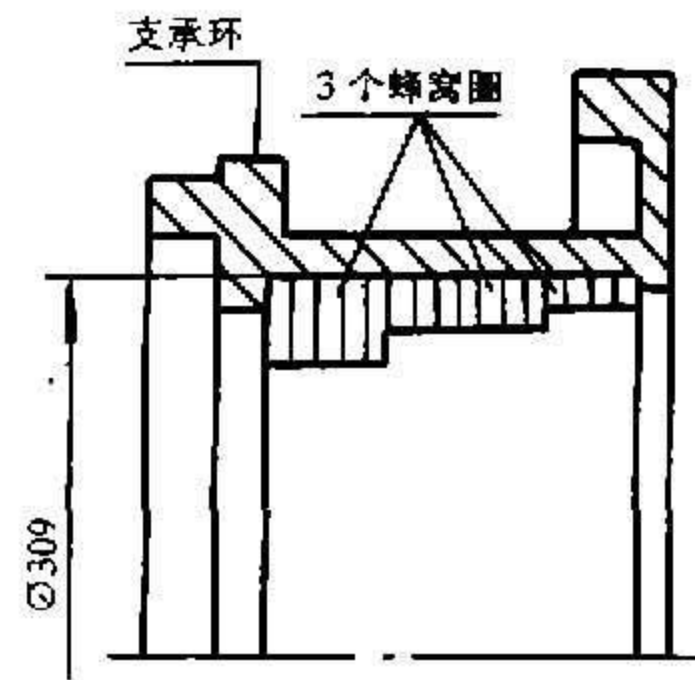


图1 蜂窝钎焊结构示意图

Fig 1 Sketch of honeycomb brazed structure

## 1 试验条件

### 1.1 试验材料

5种蜂窝组件采用了多种高温合金,以K403,近E-NCK20D, GH3030, Hastelloy-X作为基体材料,其化学成分见表

1。钎料为粘带型BNi82CrSiB,厚度为0.25~0.4mm,其化学成分见表2。

表1 基体材料的化学成分

牌 号	C	Ni	Cr	Co	Mo	W	Fe	Al	Ti
K403	0.11~0.18	余量	10~12	4.5~6.0	3.8~4.5	4.8~5.5	—	5.0~5.3	2.3~2.9
近E-NCK20D	0.04~0.08	余量	19.5~21.0	19.5~21.0	5.6~6.1	—	—	0.4~0.6	2.0~2.45
GH3030	<0.12	余量	19~22	—	—	—	<1.5	<0.15	0.15~0.35
Hastelloy-X	—	余量	22	1.5	9	—	18.5	—	—

表2 钎料化学成分

牌 号	C	Ni	Cr	Si	B	Fe	其他
BNi82CrSiB	≤0.06	余量	6~8	4~5	2.75~3.5	3.0~4.0	≤0.5

### 1.2 试验方法

用基体材料K403,近E-NCK20D, GH3030制成70mm×20mm试样,用4种不同高度的蜂窝条料制成60mm×17mm试样,在钎焊面上贴0.25mm和0.4mm厚的粘带钎料。基体材料K403,近E-NCK20D试样的钎焊面作了镀镍和不镀镍的对比

试样。试验设备为NDZL-1多用途真空炉。

钎焊温度为1030℃和1040℃,分别保温5min和10min作钎焊对比试验。金相检查钎料对蜂窝箔片是否溶蚀,检查钎着率和芯格中的填高尺寸。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 改善基体材料的润湿性

试样镀镍和不镀镍的对比试验表明,不镀镍试样的缺点是钎料润湿性差。影响润湿性的因素主要是基体材料的种类、真空度、基体表面的清洁度、表面活性元素和钎焊温度。通常,钎焊高温合金时的真空度为  $6.6 \times 10^{-2}$  Pa。K403 和近 E-NCK20D 基体材料 Al 和 Ti 的含量过高(参见表 1),由于 Al 和 Ti 的氧化膜稳定、致密,在一般钎焊高温合金的规范下既难以破除,也难以蒸发,更不可能分解,所以润湿性不佳。而镀镍试样钎焊时润湿性好,镀层厚度以  $8 \sim 12 \mu\text{m}$  为宜。过厚易起壳,结合不牢;过薄则不能达到改善润湿性的目的。GH3030 材料无需镀镍。

### 2.2 钎料对蜂窝箔片的溶蚀性及在芯格中填高尺寸的控制

蜂窝箔片厚 0.05mm,钎焊不允许产生溶蚀,钎料在芯格中的填高尺寸必须小于芯格高度的 25%。

钎焊一般为固体金属向液体钎料的溶解和液体钎料向固体钎焊金属的扩散,实际上是溶解和扩散的相互作用。基体金属在液态钎料中的少量溶解有利于钎焊润湿,过量的溶解则构成溶蚀。严重的溶蚀将影响接头的力学性能和综合性能。

试验用蜂窝基体为 K403 板料,采用稍厚的粘带钎料(0.25mm+0.15mm),钎焊规范为  $1040^\circ\text{C} \cdot 10\text{min}$ 。蜂窝箔片未产生溶蚀,钎料在芯格中的填高尺寸小于 25%。

影响溶蚀的主要因素是钎料量、钎焊温度、保温时间和钎料成分中 B 的含量。钎料量过多,钎料成液态后溶解基体的量就加大,产生溶蚀的倾向也增大;钎料温度过高,液态钎料和基体材料相互溶解和扩散的作用过于强烈,使溶蚀的可能性增大;保温时间过长,液态钎料和基体材料相互溶解扩散充分,也易产生溶蚀;钎料中含 B 量高可降低钎料的熔点,同时,由于 B 的原子半径小,极易沿基体金属晶界扩散而产生溶蚀。

钎料在蜂窝芯格中的填高尺寸也与钎料量、钎焊温度、保温时间有关。钎焊温度高,保温时间长,钎料润湿铺展爬高也相应大一些。

选用粘带钎料可较好地控制钎料量。将粘带钎料压入蜂窝芯格,可使每个芯格钎料量均匀一致。在保证钎着率的前提下,选用较薄的粘带钎料(0.25mm)可有效地控制钎料量。采用 BNi82CrSiB 钎料,其 B 含量为一定。由于该钎料钎焊温度较低,故可选用适当偏低的钎焊温度( $1035^\circ\text{C}$ )和 5min 的保温时间,能有效地控制不产生溶蚀,并保持钎料在芯格中的填高尺寸。

### 2.3 模拟试验件钎焊质量控制

蜂窝条料拼接成的蜂窝圈有适量过盈,其直径要比支承环大 0.15~0.3mm,这样可以保证钎焊面紧贴。再用滚筒机消除蜂窝圈的马鞍形,然后将粘带钎料压入芯格,点焊定位。为防止个别定位点不牢固,还采用辅助定位的简易夹具,使钎焊过程中能保持不变的最小间隙或零间隙。焊后经目视、放大镜和超声检测,钎焊质量达到验收要求,蜂窝钎着率可达到 95% 以上。

## 3 钎焊试生产

经模拟试验件试焊后,对 5 种蜂窝组件进行了 3 台份的试生产。粘带钎料的厚度为 0.25mm;支承环视所用的材料不同

而刷镀镍或不刷镀镍;真空度为  $6 \times 10^{-2}$  Pa;钎焊温度和保温时间为  $1035^\circ\text{C} \cdot 5\text{min}$ ,见图 2。经检验,产品符合焊检卡验收标准。

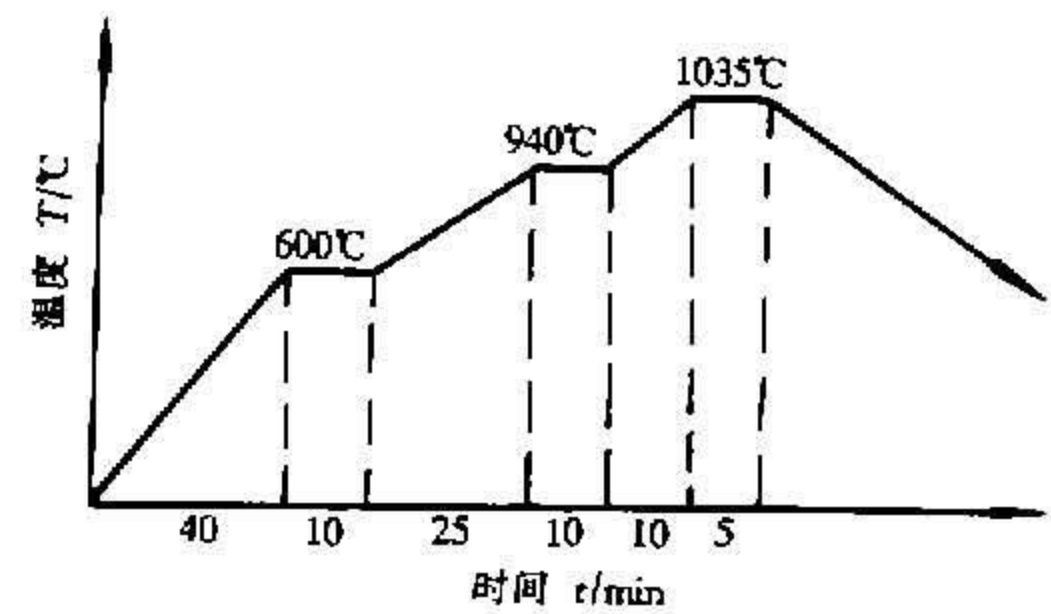


图 2 蜂窝组件钎焊热循环

Fig.2 Brazing thermal cycle of honeycomb assembly

试生产证明,Al 和 Ti 含量高的材料,表面应进行刷镀镍,以改善钎焊的润湿性;选用 BNi82CrSiB 粘带钎料,可控制每个蜂窝芯格中钎料量均匀一致;采用适当偏低的钎焊温度和较短的保温时间,有利于控制不产生溶蚀及钎料在芯格中的填高尺寸。