

# 黄铜接头的应力腐蚀断裂

一三二厂

马春林

## 摘 要

本文对H62黄铜板制造的接头零件镀银后产生断裂的原因进行了分析,发现系由模具磨损造成残余应力过大引起并采取更换模具和增加退火工序等措施。

我厂飞机上大量使用的负线接头采用H62黄铜板制造。制造工艺为板材下料→冲平→打钢印→二次冲压成型→汞化处理→镀银。然而去年我厂生产的16400多件负线接头在镀银后竟有500多件发现断裂,因而引起了各方的重视。

## 一、断裂件检查

### 1. 宏观检查

负线接头断裂都发生在圆孔部分,绝大多数接头已裂透,有的已分成两半。对少量尚未裂透的接头观察表明,裂纹是从外圆起始向内圆扩展。

接头断口的宏观形貌十分平整。断面四周为银白色,而后是黄褐色,中心区域为金黄色。组织粗大,肉眼观察便可见到闪闪发光的晶粒小平面,见图1、2。

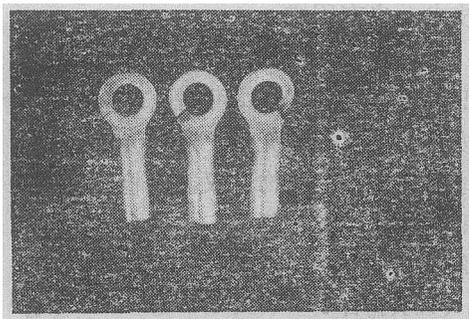


图1 接头断裂外观 1×

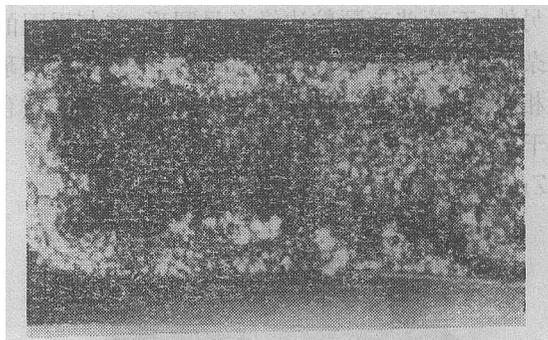


图2 接头断口低倍形貌 40×

## 2. 材质分析

取同炉批原材料板材进行化学成分、机械性能和显微组织检查,结果如下:

### (1) 化学成分

化学成分见表1。

表1

元素	Cu	Pb
百分含量	61.10	0.019
技术要求	60.5~63.5	≤0.08

化学成分符合YB146—77要求。

### (2) 机械性能

机械性能见表2。

表2

试样	$\sigma_b$ , MPa	$\delta_{10}$ , %
1#	353	54.0
2#	353	58.5
技术要求	≥294	≥40

机械性能符合GB2041—80要求。

### (3) 显微组织

经光学显微镜观察, 原材料板材显微组织正常, 为均匀分布的 $\alpha + \beta$ 组织。

### 3. 金相检查

在负线接头断裂处取纵、横向金相试样各一个, 磨片未经腐蚀观察时, 裂纹由接头外圆起始向内圆扩展。裂纹形态断续曲折, 时粗时细, 分支很多。裂纹附近无大块夹杂物。磨片经腐蚀, 发现主、支裂纹均沿晶扩展, 裂纹两侧显微组织有明显的变形痕迹, 见图3、4。

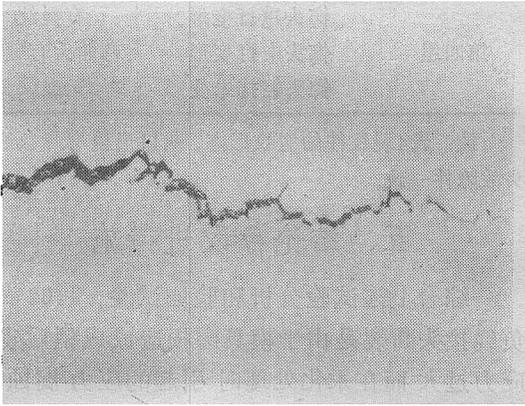


图3 接头裂纹形态 125×



图4 接头裂纹沿晶扩展形态 250×

### 4. 断口分析

接头断口在SEM-505扫描电镜下观察, 断口外缘有腐蚀物复盖, 中心为“冰糖块”花样并有沿晶支裂纹存在, 见图5。

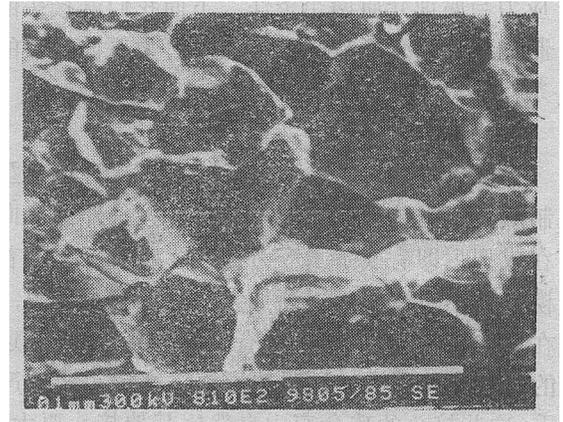


图5 接头断口的“冰糖块”花样 600×

接头断口经SW9100/65型能谱仪分析, 得知外缘复盖物主要是Ag和Hg元素。能谱分析的具体结果详见表3。

表3 接头断口能谱分析结果

元素线系	HgM %	AgL %	CuK %	ZnK %
断口外缘	12.10	59.42	16.03	12.40
断口中心	0.36	1.75	48.26	45.75

## 二、未断裂件检查

取未断裂接头进行人为断裂试验, 发现材料韧性很好, 需经反复多次弯曲才能折断。断口在电镜下观察为韧窝花样。断口经能谱仪分析得知, 除基体元素外无任何外来元素渗入。

## 三、分析讨论

综合上述试验结果, 负线接头的材质正常。故障件接头断口为“冰糖块”花样, 能谱证实有大量的Ag和Hg元素复盖, 说明裂纹在镀银前即已产生。金相观察, 裂纹断续曲折, 分支很多并沿晶扩展, 裂纹两侧显微组织有明显的变形痕迹, 说明负线接头裂纹是一种应力腐蚀开裂, 其产生主要与变形残余应力有关。

众所周知, 产生应力腐蚀必须具备表面张

应力与腐蚀介质两个条件。下面我们就接头的制造工艺来分析接头是否具备应力腐蚀开裂的条件。

### 1. 应力分析

H62黄铜负线接头是板材经二次冲压成型制成, 根据接头形状可以看出, 接头外圆表面在成型后即有残余张应力存在。残余应力随着模具的不断磨损而逐渐加大。现场调查表明, 在16400多件接头中, 凡有裂纹的接头, 其孔边的毛刺都特别大, 说明冲压模已磨损得比较严重, 这些接头的残余应力自然比其他接头要大。由于负线接头没有进行消除内应力的退火处理, 故这些负线接头就始终存在较其他接头更大的表面张应力作用。

### 2. 腐蚀介质分析

H62黄铜负线成型后要经汞化处理 and 镀银处理。其中汞化处理液的成分为:  $\text{HgCl}_2$  6~7克/公斤;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  14~16克/公斤。根据资料介绍, 铜合金制品经冷加工后内应力是否消除, 通常采用在每升含107克的 $\text{HgNO}_3$ 水溶液中浸蚀10~15分钟后检查表面有无开裂来判定。说明汞离子是一种促使黄铜应力腐蚀的强作用介质。

以上分析表明, H62黄铜负线接头的生产工艺如控制不当, 则引起接头应力腐蚀开裂是完全可能的。

## 四、验证试验

根据试验分析得出的初步结论, H62黄铜负线接头主要是成型时残余应力过大而在汞化处理时产生应力腐蚀开裂, 为此我们进行了以下验证试验。

取同炉批原材料黄铜板12片, 每3片为一组分4组。第一组采用老模具冲压成型, 第二组采用老模具冲压成型后进行退火处理, 第三组采用新模具成型, 第四组不经模具冲压, 而采用平台上用榔头按重、中、轻分别敲打变形。然后将四组试样同时进行汞化处理。对汞化处理后的12片试样逐一进行宏观检查和金相

分析证明: H62黄铜制品如表面张应力过大, 在汞化处理时必然要产生应力腐蚀开裂; 反之, 如表面张应力很小或能及时消除, 则汞化处理对其无影响。验证试验的具体结果详见表4。

表4 试验件金相检查结果

组别	成型工艺	金相检查
第一组	老模具成型	均有裂纹
第二组	老模具成型后退火处理	均无裂纹
第三组	新模具成型	均无裂纹
第四组	榔头重打变形	有裂纹
	榔头中打变形	弯曲后有裂纹
	榔头轻打未变形	无裂纹

注: 表4裂纹件的裂纹形态、断口形貌均与负线接头故障件一致。

## 五、结论与改进措施

综合上述试验分析和验证试验, H62黄铜负线接头断裂是由于模具磨损造成成型后残余应力过大而在汞化处理时引起的应力腐蚀开裂。

针对接头断裂的产生原因, 我们采取了以下改进措施: 1. 更换新模具, 使接头冲压成型后的残余应力减小。2. 增加退火工序, 及时消除接头成型后的残余应力。

自采取上述措施后, 经半年多的实际生产考验, H62黄铜负线接头已不再发生开裂。

### 铝化钛粉末制涡轮叶轮

铝化钛粉末用热等热压工艺制成接近100%密度的涡轮叶轮零件。这种材料具有锻造材料的力学性能。 $\text{Ti}_3\text{Al}$ 和 $\text{TiAl}$ 粉末系由用等离子旋转电极工艺在惰性气氛中制成的, 以避免钨和陶瓷的污染。这种粉末是由核金属公司供给的, 可以用于成型转子叶片, 耐温能力可达930℃。

(傅孙靖摘自《Advanced Mat. and Proc. in Corp. Met. Progr.》, 1986. Oct. Vol. 130.)