

# 氩弧焊对6061铝合金材料硬度的影响

王刚<sup>1</sup> 王康<sup>2</sup>

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 为研究氩弧焊对6061铝合金材料硬度的影响,采用规格1.5"×0.035" (管径×壁厚)、牌号6061-T4的铝管与壁厚0.125"、牌号6061-T6的管接头以角接形式进行氩弧焊,测量并比较分析了热影响区、母材不同位置的硬度变化,得出氩弧焊热循环会造成零件硬度下降,距离焊缝中央5mm~10mm的热影响区硬度下降较为严重,约为母材的30%~50%,距离焊缝中央20mm~30mm范围内硬度下降约为母材的15%~30%的结论,并提出焊接前后、焊接过程中减少和消除焊接热循环对母材硬度影响的方法,通过试验验证了焊前通过优化设计结构增加焊件长度、减少壁厚,焊接过程中通过增加铜芯棒、外敷干冰加速导热,焊后通过热处理的方式可以有效降低、消除焊接热循环对零件硬度造成的影响。

**关键词:** 氩弧焊、6061铝合金、硬度。

## 1 引言

6061属于Al-Mg-Si系列可热处理强化的铝合金,具有成形性好、耐腐蚀性强、强度适中的特点,在飞机制造中得到了较广泛应用,主要用于飞机燃油、液压、环控等系统的导管制造。某加油引压管试验时发生漏油,经查发现引压管螺纹损坏,通过测量发现接头硬度不符合设计初始要求HR15T: 74~84。导管与管接头采用氩弧焊连接,焊接过程的热循环会改变铝合金材料的硬度,从而影响产品的使用性能和寿命,关于这方面的研究

较少,故开展相关试验考察氩弧焊对6061铝合金硬度的影响。

## 2 正文

### 2.1 实验材料及方法

实验材料分别为铝管和由铝棒加工而成的管接头,其中铝管标准为AMS-QQ-A-200,材料牌号6061-T4,规格中1.5"×0.035" (管径×壁厚),铝棒标准为AMS-QQ-A-225/8,材料牌号6061-T651,规格中0.875",经过机械加工后的壁厚为0.125"。铝管、铝棒化学成分如表1所示。

表1 6061铝合金的化学成分(%,质量分数)

元素	Mg	Si	Cu	Fe	Or	Zn	Ti	Mn	其他	AL
含量	0.8~1.2	0.4~0.8	0.15~0.4	0.70	0.04~0.35	0.25	0.15	0.15	0.20	余量

采用氩弧焊,焊丝牌号为4043,具体参数如表2所示,接头形式如图1所示,焊前试件整体酸洗并用钢丝刷理待焊接头正反面两侧各25.4mm的表面。

表2 TIG焊焊接参数

焊丝牌号	焊接电流	钨极直径	焊丝直径	氯气流量	接头形式
4043	45A	1.6mm	1.6mm	6-7L/min	角接

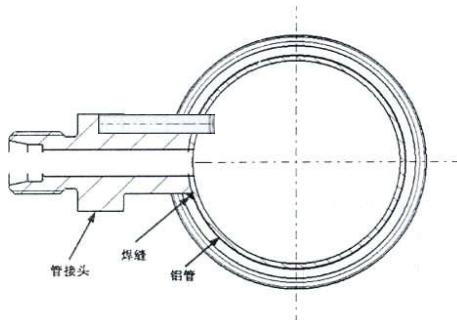


图1 铝管和管接头角接头示意图

焊接后分别对铝管、管接头进行硬度测量,其中铝管沿轴向每隔10mm测量,管接头沿轴向每隔12mm、8mm测量,具体测量点位如图2所示。铝管沿周向每隔30°、90°、180°,具体测量点位如图3所示。管接头沿周向每隔120°,具体测量点位如图4所示。分析不同位置硬度变化情况,重点分析螺纹附近位置硬度下降情况。

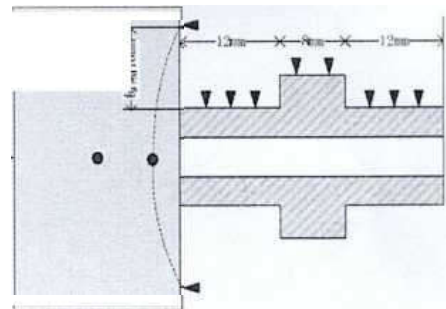


图2 导管与接头轴向硬度测量点位图

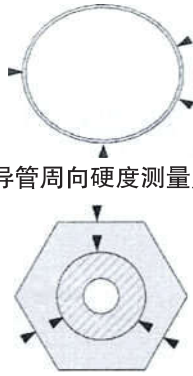


图3 导管周向硬度测量点位图

图4 管接头周向硬度测量点位图

## 2.2 实验结果及分析

### 2.2.1 铝管硬度变化结果

焊前铝管硬度测量系列值如表3所示，测试过程如图5所示。

表3 铝管焊前硬度值

距底孔中心线距离	15mm	25mm	35mm	45mm
HR15T	60.2	61.2	60.7	62.1

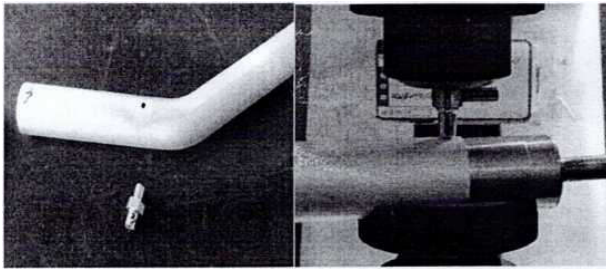


图5 焊前硬度测量

焊后铝管硬度测量系列值如表4、表5所示。测试过程如图6所示。

表4 铝管轴向焊后硬度值

距离焊缝中心线	10mm	20mm	30mm	40mm
HR15T	38.9	45.1	53.4	57

表5 铝管周向焊后硬度值

绕管嘴中心线	$\pm 30^\circ$	$\pm 90^\circ$	$\pm 180^\circ$
HR15T	46.4/46.1	52.1/56.1	58/59

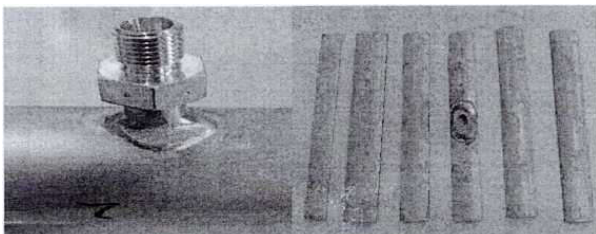


图6 焊后硬度测量

通过比较焊接前后硬度值，发现距离焊缝中央5mm~10mm的热影响区内硬度下降较为严重约为母材的30%，20mm~30mm范围内下降约母材的15%，40mm以上

硬度基本与焊前母材保持一致，比较曲线详见图7。

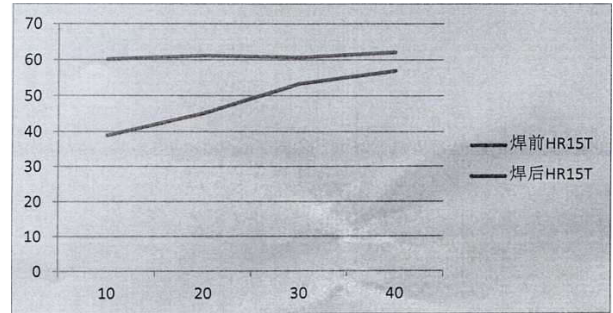


图7 铝管焊接前后硬度变化图

### 2.2.2 管接头硬度变化结果

焊前管接嘴硬度测量系列值如表6所示，测试过程如图8所示。

表6 焊前管接嘴硬度测量系列值

距底孔中心距离	5mm	10mm	15mm	20mm	25
HR15T	81.7	83	82	82.1	80.1

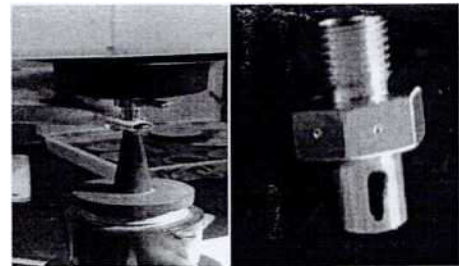


图8 管接头焊前硬度测量

焊后管接嘴硬度测量系列值如表7所示，测试过程如图9所示。

表7 焊后管接嘴硬度测量系列值

距底孔中心线距离	5mm	10mm	15mm	20mm	25mm
HR15T	45	50	57.2	60	65

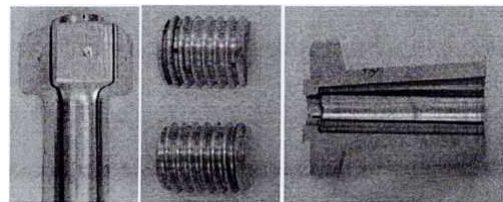


图9 管接头焊后硬度测量

通过比较焊接前后硬度值，如图10所示发现距离焊缝中央5mm~10mm的热影响区内硬度下降较为严重约为母材的50%，15mm~25mm范围内下降约为母材的25%。

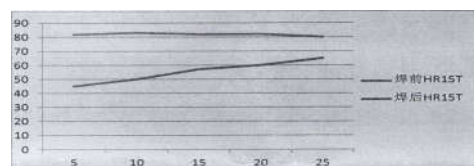


图10 管接头焊接前后硬度变化图

2.2.3 降低、消除焊接造成零件硬度下降的方法

2.2.3.1 焊后热处理

通过焊后热处理，将零件热处理至焊接前的状态是最直接有效的方法，硬度值变化见表8,但会造成零件变形，需要在热处理过程中增加保形工装。

表8 焊后热处理还原硬度

状态	焊前	焊后	热处理后
HR15T	80	57	79

2.2.3.2 焊接过程加速焊接热量导出

通过采用“增加铜芯棒、外附干冰”加速导热的方法，参考图11的形式，可以有效避免焊接对硬度造成的影响，硬度值变化见表9,且不会对焊接质量造成影响，经X光检测合格。

表9 加速导热硬度

状态	焊前	焊后	热处理后
HR15T	80	74	81.4

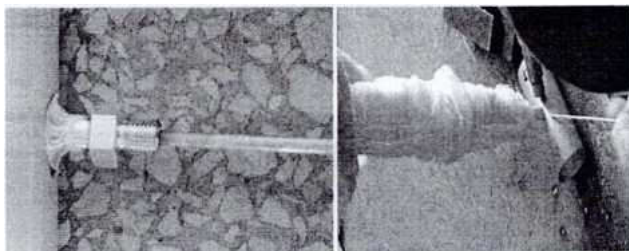
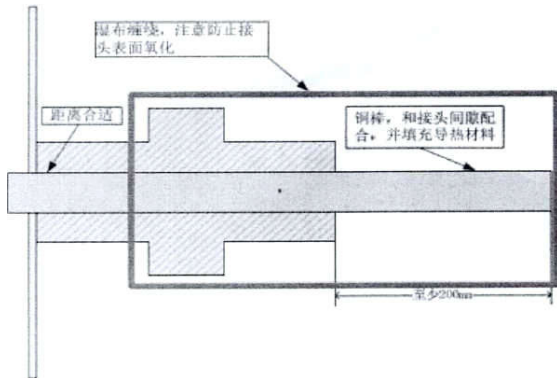


图11 增加铜芯棒、外敷干冰

2.2.3.3 优化设计

通过改进设计，例如增加焊件长度、减少壁厚，长度增加约1倍、壁厚减薄约30%,可保证螺纹远离焊接处，且焊接过程中热量容易传导，可以有效减少焊接热量对硬度造成的影响，见表10。

表10 加速导热硬度

状态	焊前	焊后	热处理后
HRB15T	80	76	77

3 结论 (结束语) 和建议

(1) 氩弧焊焊接热循环会造成零件硬度下降，距离焊缝中央5mm~10mm的热影响区内硬度下降较为严重约为母材的30%~50%，20mm~30mm范围内硬度下降约为母材的15%~25%。

(2) 焊前通过优化设计结构，保证有硬度要求的位置远离焊缝35mm以上，可以有效减少焊接对该位置硬度的影响。

(3) 焊接过程中通过采用通铜芯棒、外敷干冰的方式可以有效加速散热，减轻焊接热循环对硬度造成的影响。

(4) 焊后通过热处理方式还原零件硬度，考虑到热处理变形，可根据零件形式热处理保形的方式，减少变形量。