

GH3044合金薄壁零件裂纹、掉块修复工艺研究



扫码了解更多

■ 马秀萍, 吴家云, 王海燕, 吕榛

摘要: 通过对某航空发动机GH3044合金薄壁零件裂纹、掉块问题修复工艺的试验研究, 确定了合理的焊接修复工艺及工艺参数, 探讨了焊接修复对焊接接头的性能和组织的影响。结果表明: 缝焊接头去除一侧板材和焊缝后采用连续点焊重新焊接, 对焊缝质量和焊接接头强度无明显影响, 可采用连续点焊进行某航空发动机GH3044合金薄壁零件双重环的焊接修复。

关键词: GH3044合金; 电阻焊; 修复; 抗剪性能

某航空发动机使用一段时间后返厂修理时, 经常发现其内某GH3044合金内外双层环形结构薄壁零件(局部结构示意图见图1)的双重环上出现裂纹、掉块缺陷(见图2)。为挽救该零件, 降低发动机修理成本, 拟对其进行修复。由于零件结构及缺

陷性质等原因, 该缺陷不能采用直接补焊的方法修复, 而是需要更换新的双重环。并且在进行双重环更换修复时, 由于受零件结构及加工工艺路线的限制, 原零件生产采用的缝焊方法焊接可达性差, 因此无法采用原缝焊方法焊接双重环, 需研究新的焊接修

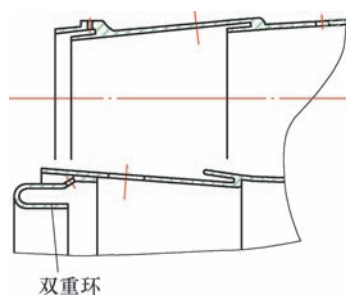


图1 零件局部结构

集中显著降低, 极大程度上提高了生产效率, 整个生产过程中的成本略有降低, 因此与设计结合后图样改为图9的满焊形式。

4. 结语

轨道车辆车体上焊接附件众

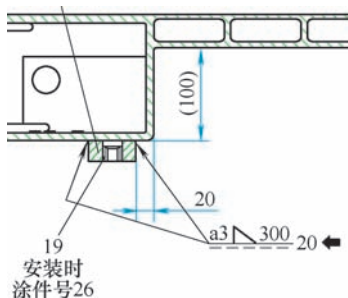


图9 托板采用满焊

多, 且很多存在上述类似问题, 故针对存在的分段焊接长度不合理问题, 对铝合金轨道车辆车体焊接设计过程中, 提出以下建议。

当工件厚度 $t_{\max} \leq 10\text{mm}$, 焊接长度 $L \leq 150\text{mm}$ 时, 不适合采用分段焊接。

当工件厚度 $t_{\max} > 10\text{mm}$, 焊接长度 $L \leq 200\text{mm}$ 时, 不适合采用分段焊接。

以上建议既可简化生产工序, 提高生产效率, 节约成本, 又优化了设计方案。

参考文献:

- [1] 周东海, 李加良. 在铁路货车行业推行欧洲标准EN15085”轨道车辆及其零部件的焊接[J]. 焊接, 2010(6): 19-21.
- [2] 张志坚, 于兆宇. 技术经济视角下国家铁路生产效率测定研究[J]. 铁道工程学报, 2012(7): 93-96.

作者简介: 李会等, 中车唐山机车车辆有限公司。

MW 20180725

复工艺方法。经分析讨论及试验研究,确定了双重环更换修复采用连续点焊修复工艺。

1. 原理分析

电阻点焊简称点焊,是将焊件装配成搭接接头,并压紧在两圆柱形电极之间,利用电阻热熔化母材金属,形成焊点的电阻焊方法。所谓连续点焊是为了满足焊接接头气密性的要求而采用的一种点焊方法,是由人工操作点焊设备,在焊件上连续焊接一连串相互重叠一部分的点焊焊点,从而形成一条连续焊缝的方法,其原理与点焊原理相同。电阻缝焊简称缝焊,是将焊件装配成搭接或对接(用于高频对接缝焊)接头并置于两滚轮电极之间,滚轮电极加压焊件并转动,连续或断续送电,形成一条连续焊缝的电阻焊方法。搭接缝焊的原理与点焊相同,区别在于缝焊是以圆盘状铜合金电极(又称滚轮电极)代替点焊的棒状电极,其实质是点焊的一种演变。而连续点焊和缝焊的差别,除了上述电极差异外,仅仅在于工件由人工移动变成了由设备自动移动,两者的焊缝实质上均是由一连串相互重叠一部分的焊点组成,焊缝上这些焊点的形成过程与点焊相同。因此,连续点焊与缝焊在本质上是没有任何区别的,只是在实现



图2 双重环裂纹、掉块缺陷

方式上略有差异。原理上认为,采用连续点焊的工艺方法代替原缝焊工艺进行双重环零件焊接修复是可行的。

2. 试验材料及方法

试验用母材是与零件同材料、等壁厚、同热处理状态的GH3044固溶强化镍基高温合金板材,厚度分别为0.8mm和1.0mm,均加工成长300mm、宽110mm的焊接试片。试验用焊接设备为SM-200型缝焊机和DN2-200型单相交流点焊机。针对该零件的焊接修复,对于焊接可达性差的问题,设计制造了修复专用的连续点焊异形电极。试验过程中,采用连续点焊方法、使用上述设计的电极先在工艺试片上进行焊接参数调整试验,优选出了合适的连续点焊焊接参数(见表1)。之后模拟该零件的焊接修复过程,先采用新制零件生产时的缝焊工艺第一次焊接0.8mm+1.0mm不等厚组合的焊接试片,然后打磨去除焊接接头中板厚为1.0mm一侧的母材和焊缝,再在经过一次缝焊的原焊接接头部位重新组合1.0mm厚的试片,并采用经过优化的连续点焊工艺对其进行第二次焊接(以下简称缝焊+连续点焊)。所有缝焊+连续点焊的焊接试片经检验合格,即采用线切割方法从焊接试片上切取试样,并进行焊接接头的撕破试验、金相检测和室温抗剪强度试验。

3. 试验结果与分析

(1) 焊接接头撕破检测 缝焊+连续点焊焊接接头进行撕破试验时,沿焊缝边界撕破,在0.8mm板材基体上撕成孔洞,在1.0mm板材留有凸起的金属,撕破宽度为4.5mm,符合设计图样及相关标准的要求,如图3所示。

(2) 焊接接头金相检测 缝焊+连续点焊焊接接头的金相检测结果如表2及图4、图5所示。从金相检测结果可以看出,焊接接头的焊缝内部质量优良,未见焊接缺陷;焊缝纵剖试样在低倍显微镜下观察,焊缝上形成连续重叠的熔核,可以看到焊缝的熔核分布及重叠量略微不均匀,这是由于连续点焊是由人工移动工件,控制精度不高而导致的,但满足相关标准要求;而从焊缝横剖试样的金相检查结果可见,焊接接头的压痕深度满足相关标准要求,但较新制零件生产时明显加深,这是因为该接头经过了两次焊接,压痕存在一定的累积作用,焊接参数可能也存在一定的影响。总体来说,缝焊



图3 焊接接头撕破外观形貌

表1 连续点焊焊接参数

电极压力 /MPa	焊接电流 /kA	焊接时间/s							
		预压	脉冲1	电流1	冷却	脉冲2	电流2	维持	休止
0.27	6.9	1	0.2	0.94	0.08	0.22	1.08	0.3	0.3

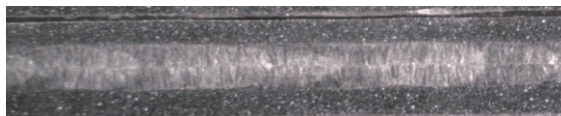


图4 缝焊+连续点焊焊缝纵剖宏观形貌

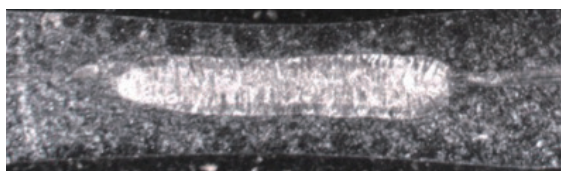


图5 缝焊+连续点焊焊缝横剖宏观形貌

+连续点焊焊接接头的熔合宽度/直径、焊透率、压痕深度、搭接连续性及焊缝内部质量等均符合设计图样及相关标准的要求，与新制零件生产时缝焊焊缝的检测结果基本相当，差异不明显。

(3) 焊接接头室温抗剪强度分析 缝焊+连续点焊焊接接头的室温抗剪性能检测结果如表3所示。从检测结果可见，缝焊+连续点焊焊接接头的室温抗剪强度远高于母材技术标准规定的母材强度极限下限值735MPa，满

足焊接标注规定的“不低于技术条件或材料标准规定的母材强度极限下限的85%”的要求，其室温抗剪强度与新制零件生产时检测的缝焊工艺焊接的接头抗剪强度基本相当。由此可以认为，缝焊后将焊接接头中板厚为1.0mm一侧的母材和焊缝去除，之后采用试验确定的连续点焊焊接工艺及参数重新组合焊接1.0mm厚的试片而形成的焊接接头，采用连续点焊进行第二次焊接对其室温抗剪性能的影响不大。

表2 缝焊+连续点焊焊接接头的金相检测结果

焊接工艺	试样厚度/mm	试样状态	取样方向	金相检验结果						
				熔核宽度 (直径)/mm	焊透率 (%)		压痕深度 (%)	搭接 连续性	焊缝内部质量	
					1.0mm ^①	0.8mm				
缝焊+ 连续点焊	0.8 + 1.0	焊态	纵剖	— ^②	最大	45	43.7	—	熔核连续 重叠	未见焊接缺陷
					最小	32.5	30			
				横剖	4.2	40	37.5	12.5	—	未见焊接缺陷
标准规定				≥3.6	30~80		≤20	熔核连续 重叠	缺陷最大线性 尺寸不超出熔核 宽度/直径的30%	

注：①为板厚，单位mm；②“—”表示该取样方向不检查项目。

表3 缝焊+连续点焊焊接接头的室温抗剪性能

焊接工艺	试样厚度/mm	试样状态	最大抗剪力 /N	抗剪强度 /MPa ^①	断裂部位
缝焊+连续点焊	0.8+1.0	焊态	6761	886	0.8mm板材HAZ ^②
			7025	896	0.8mm板材基体
			7034	895	0.8mm板材基体
			7042	902	0.8mm板材基体
			7012	897	0.8mm板材基体

注：①为按0.8mm板材实际受力截面积计算；②为热影响区。

4. 零件修复情况

使用试验中设计制造的连续点焊修复工艺专用异形电极，采用上述试验确定的连续点焊工艺，对双重环裂纹或掉块的GH3044合金薄壁零件进行了焊接修复工作。修复结果表明，焊缝质量等符合设计图样及相应焊接技术标准的要求，焊接质量稳定，并通过了发动机一个修复使用周期的工厂长期试车考核，目前采用该工艺修复的多件零件已装机并长期稳定在外场使用。

5. 结语

(1) 缝焊+连续点焊焊接接头的焊缝能形成连续重叠的熔核；同时，焊缝的熔核宽度/直径、焊透率、压痕深度、接头室温抗剪性能等也均符合设计图样及相关标准的要求。

(2) 缝焊接头去除一侧板材和焊缝后采用连续点焊重新焊接，对焊缝质量和焊接接头强度无明显影响。

(3) 可采用连续点焊进行某航空发动机GH3044合金薄壁零件双重环的焊接修复。

参考文献：

- [1] 赵熹华. 压焊方法及设备[M]. 北京：机械工业出版社，2005：8.
- [2] 中国材料工程大典编委会. 中国材料工程大典（第23卷）[M]. 北京：化学工业出版社，2005：8.

作者简介：马秀萍等，中国航发南方工业有限公司。

MW 20180425