

某型发动机排气段隔板脱落失效分析

Failure Analysis on Drain Clapboard Fall-off in Aeroengine

中航工业南方航空工业集团有限公司 伍根牛 何训 柏科 郭占兵 胡祥松

[摘要] 对某型发动机排气段隔板脱落及事故原因进行了分析。结果表明,排气段隔板的断裂性质为机械疲劳断裂,导致疲劳断裂的根本原因是该排气段隔板焊缝存在未焊透现象所致。

关键词: 排气段隔板 脱落 疲劳断裂 未焊透

[ABSTRACT] The cause for drain clapboard fall-off and the incident is analyzed. The results show that the properties cause for this incident is the mechanical fatigue fracture of drain clapboard. And the root cause for fatigue fracture is the no throughout defects of weld.

Keywords: Drain clapboard Fall-off Fatigue fracture No throughout

某型发动机服役于某部队,累计工作时间 770h,2011 年 1 月该发动机按外修技术通知返厂分解故检。分解过程中发现排气段隔板完全脱落,同时存在严重磨损,可见多处方向一致的刀口状摩擦痕迹,并有大量掉块现象。焊接结构如图 1 所示。

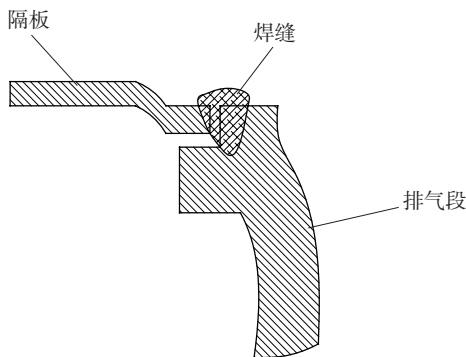


图1 焊接结构示意图
Fig.1 Welding structure

排气段隔板材料:1Cr18Mn8Ni5N;
排气段隔板规格:t1.2mm;
焊接工艺:手工氩弧焊垫肩式焊接。

1 试验过程及试验结果

1.1 宏观检查

零件整体外观,如图 2 所示。排气段隔板与排气段

完全脱落,局部存在掉块现象,如图 3 所示。



图2 零件组件外观
Fig.2 Part component appearance



图3 排气段隔板与排气段完全脱落
Fig.3 Complete fall-off of drain clapboard and exhaust section

实体放大镜下观察:排气段隔板焊缝对接面约 10% 圆周可见贯穿板厚方向的断裂痕迹,其余 90% 圆周靠焊缝正面端可见较浅的断裂痕迹,断裂痕迹沿板厚方向深浅不一,焊缝对接面无断裂痕迹部位可见原始表面,如图 4 和图 5 所示;圆周方向排气段隔板焊缝对接面不同断口深度百分比如表 1 所示。

表1 排气段隔板焊缝断口分布情况

断口沿板厚深度/mm	在整个圆周上的百分比
1.2	约 10%
小于 1.2	约 90%

1.2 断口分析

扫描电镜观察,排气段隔板焊缝处的断口断面平整,断裂起始于零件焊缝背面,为多源,向焊缝正面扩展,呈疲劳特征;源区可见疲劳台阶,未见明显的材质和

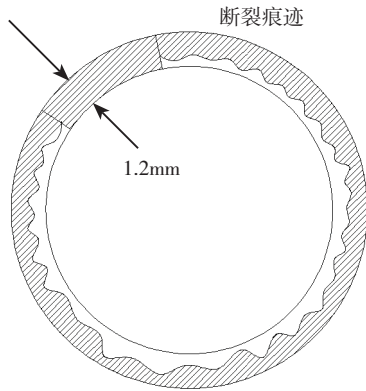


图4 隔板焊缝对接面断裂示意图
Fig.4 Weld joint surface fracture of clapboard

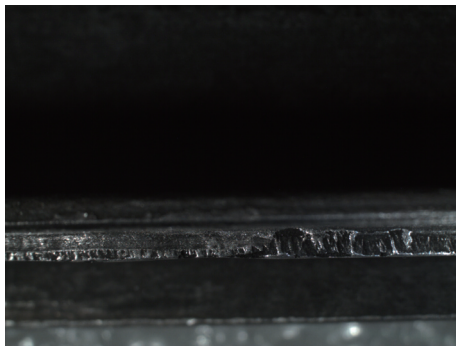


图5 排气段隔板焊缝断口形貌 (10X)
Fig.5 Weld fracture morphology of clapboard

冶金缺陷; 断裂面积较小, 在无断裂痕迹部位可见原始表面, 如图 6 所示; 疲劳扩展区可见疲劳弧线及疲劳条带, 如图 7 所示。

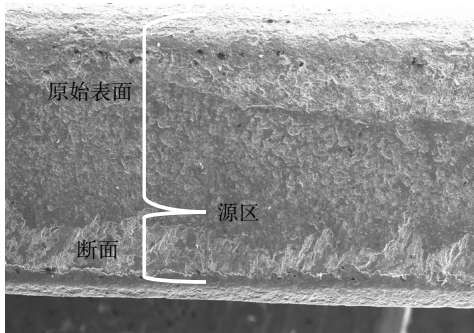


图6 排气段隔板焊缝断口低倍形貌 (50X)
Fig.6 Weld fracture low powered morphology of clapboard

1.3 材质分析

1.3.1 化学成分分析

表2 排气段隔板化学定量分析结果

分析元素	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	N
排气段隔板	0.061	9.23	0.11	<0.010	<0.035	17.99	2.09	0.20
1Cr18Mn8Ni5N	≤ 0.10	7.5~10.00	≤ 1.00	≤ 0.025	≤ 0.035	17.00~19.00	4.00~6.00	0.15~0.25

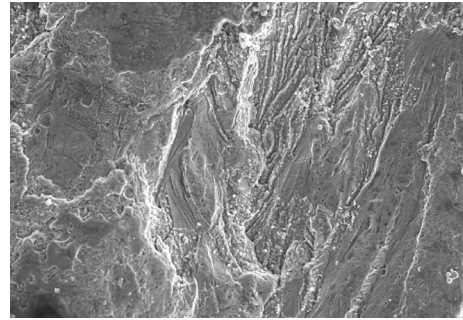


图7 排气段隔板焊缝面断口微观特征 (1000X)
Fig.7 Weld fracture micro structure of clapboard

排气段隔板化学定量分析结果如表 2 所示。

1.3.2 金相高倍检查

经腐蚀检查: 排气段隔板显微组织为奥氏体 + 碳化物, 晶粒度 5~6 级。

1.3.3 硬度检查

排气段隔板 HV0.2 : 239, 226, 230。

综合以上化学成分、显微组织、硬度检查。结果表明: 排气段隔板所选材料符合相关技术资料要求。

1.4 焊缝质量检查

1.4.1 焊缝金相检查

对排气段隔板焊缝焊透部位以及焊缝未焊透部位切取金相试样检查, 检查结果如表 3 所示。

表3 排气段隔板焊缝检查结果

试片剖切部位	焊缝熔深 /mm	焊缝熔宽 /mm	焊缝缺陷	相关图片
焊缝焊透部位	1.3	1.4	未见焊缝缺陷	图 8
焊缝未焊透部位	0.7	1.5	存在未焊透	图 9

综合以上分析, 结果表明: 焊缝熔化深度与断面深度一致, 约 90% 圆周存在未焊透现象。

2 分析讨论

(1) 根据化学成分分析、硬度和金相组织检查结果表明: 排气段隔板材质正常。

(2) 排气段隔板焊缝断口平整, 断裂起始于零件焊缝背面, 源区可见疲劳台阶, 扩展区可见疲劳弧线以及疲劳条带, 由此说明排气段隔板沿焊缝断裂脱落为疲劳断裂^[1]。

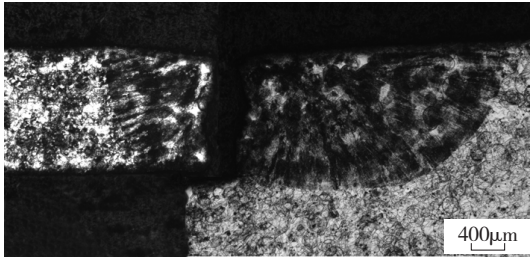


图8 排气段隔板焊缝形貌 (50X)
Fig.8 Weld penetration morphology of clapboard

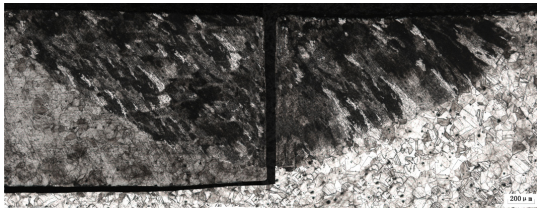


图9 排气段隔板未焊透形貌 (50X)
Fig.9 Weld no throughout morphology of clapboard

(3)通过对排气段隔板焊缝部位的外观、断口和金相剖切检查:排气段隔板焊缝处存在断裂痕迹,断面沿板厚方向深浅不一,为疲劳特征。由此可见,排气段隔板与其配合件排气段已形成熔合面,但断口深度均小于板厚深度。结合焊缝金相检查,结果表明排气段隔板存在未焊透现象。

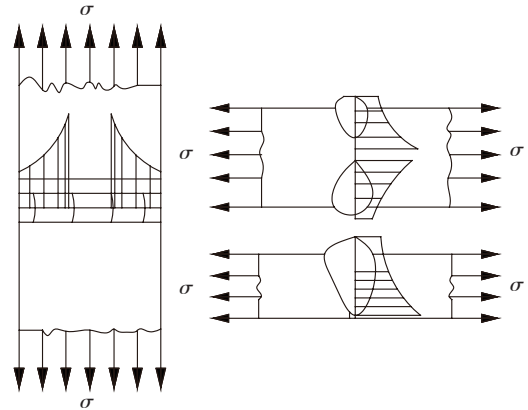
(4)未焊透指在焊接时接头根部未完全焊透。未焊透对焊接结构件来说直接的危害是减少承载面积,降低焊接接头的力学性能,其引起的应力集中远比强度降低的危害性大。承受交变载荷、冲击载荷、应力腐蚀或低温下的工作焊接结构,常常由此导致脆性断裂。

(5)通常,未焊透在焊接缺陷中是被当作二维缺陷来处理的,人们把它当作裂纹情况来研究,图10(a)为焊缝内部存在未焊透时的应力分布,由图可见,未焊透尖端形成的峰值应力区。未焊透在板厚度方向的应力分布见图10(b),由图可见板厚度方向上也造成严重的应力集中,并显著削弱了承载截面^[2]。

(6)正常情况下,排气段隔板主要承受排气气流的冲击力以及震动应力,该力不足于导致排气段隔板脱落;但是如果在排气段隔板与其配合件在焊接时出现未焊透或焊接熔化深度不均等缺陷的情况,就容易产生应力集中及强度下降等现象,形成破断缺口^[3]。在气流冲击力下导致排气段隔板未焊透处产生疲劳源,随着时间的延长裂纹加速扩展,导致整个排气段隔板断裂。

3 结论

该发动机排气段隔板脱落的原因是焊缝存在未焊透,导致工作过程中疲劳断裂脱落。



(a)在板长度方向上 (b)在板厚度方向上

图10 未焊透引起的应力集中

Fig.10 Stress centralization caused by no throughout of welding

参考文献

- [1] 张栋. 失效分析. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [2] 李亚江. 焊接缺陷分析与对策. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [3] 张栋. 机械失效的实用学分析. 北京: 国防工业出版社, 1995.

(责编 亦非)

(上接第 121 页)

具有合理性和有效性。

参考文献

- [1] Ahmada M, Akhtera J I, Akhtara M, et al. Microstructure and hardness studies of the electron beam welded zone of Hastelloy C-276. *Journal of Alloys and Compounds*, 2005, 31(8): 88-93.
- [2] 刘森, 辛希贤. 螺旋埋弧焊管焊缝形状控制与优化数据库. *石油矿场机械*, 2006, 35(6): 58-61.
- [3] 常建娥, 蒋太立. 层次分析法确定权重的研究. *武汉理工大学学报*, 2007, 29(1): 153-156.
- [4] Zhong J M, Li D F. Application research on rough set and analytic hierarchy process in fuzzy comprehensive evaluation. 2008 IEEE International Symposium. Xiamen, 2008:66-70.
- [5] Ataei M, Jamshidi M, Sereshki F. Mining method selection by AHP approach. *Journal of the South African Institute of Mining & Metallurgy*, 2008, 108(12):741-749.
- [6] 张志强, 徐斌, 何勇灵, 等. 基于 AHP 评价方法的发动机性能评价. *兵工学报*, 2008, 29(5): 625-628.
- [7] 徐俊, 刘娜. 层次分析法的基本思想与实际应用. *情报探索*, 2008(12): 113-115.
- [8] 胡燕, 叶景才, 杨春. 基于层次分析法的材料力学性能评价模型. *计算机与数字工程*, 2008, 36(12): 16-19.
- [9] 严世华, 田效. 基于层次分析法的判断矩阵一致性调整方法. *武器装备自动化*, 2008, 27(4): 8-10.

(责编 亦非)