

某型飞机液压泵安装座螺栓断裂失效分析

周毅

(中国民用航空飞行学院 飞机修理厂, 四川 广汉 618307)

摘要: **目的** 探究某型飞机液压泵安装座固定螺栓断裂原因。**方法** 通过观察多组螺栓的断口形貌, 以及对其进行力学性能测试和材料组织分析。**结果** 螺栓断口边缘无明显的腐蚀氧化特征, 有较为明显的氢脆断裂断面特征, 螺栓的硬度均超过标准, 并未发现有害的夹杂物和磷化物。**结论** 螺栓在制造时可能存在缺陷, 硬度超标和除氢不完全是造成断裂的主要原因。并根据分析结果对生产商提出相关建议和检查方向。

关键词: 安装座螺栓; 液压泵; 断裂; 失效分析

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2018.08.011

中图分类号: TJ07

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2018)08-0059-06

Fracture Failure Analysis of Hydraulic Pump Mounting Seat Bolt for a Certain Type of Aircraft

ZHOU Yi

(Aircraft Repair & Overhaul Plant, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

ABSTRACT: **Objective** To find out the cause for fracture of fixed bolt on the mounting seat of a hydraulic pump for a certain aircraft. **Methods** The fracture morphology of multiple groups of bolts was observed. Mechanical performance testing and material organization analysis were carried out. **Results** There were no obvious corrosion and oxidation characteristics at the break edge of the bolt, and there were more obvious features of hydrogen brittle fracture sections. The hardness of the bolts exceeded the standard and no harmful inclusions and phosphates were found. **Conclusion** Bolts may have defects at the time of manufacture. Excessive hardness and dehydrogenation are the main causes of fracture. According to the results of the analysis, relevant suggestions and inspection directions are put forward.

KEY WORDS: mounting seat bolt; hydraulic pump; fracture; failure analysis

某机型飞机在定检时发现数架飞机液压泵安装座固定螺栓出现断裂, 其固定螺栓在未使用太长时间的情况下即发生该问题。由于该件属于主要紧固件(安装位置见图1), 紧固功能失效后可能造成液压泵工作失效。为此, 需要找到螺栓断裂的原因。文中对该位置存在断裂的螺栓进行断口形貌观察、力学性能和组织分析, 以确定螺栓断裂失效原因, 消除安全隐患^[1]。

1 试验项目及结果

1.1 实验准备

螺栓供应商提供的螺栓制造标准为: ISO 4762 标准, M5 mm×30 mm, Gr12.9, 表面镀锌, 螺栓材料满足 ISO 898 成分及机械性能要求^[2]。选取3根断裂的螺栓以及一根同批次新螺栓进行实验, 如图2所



图1 液压泵

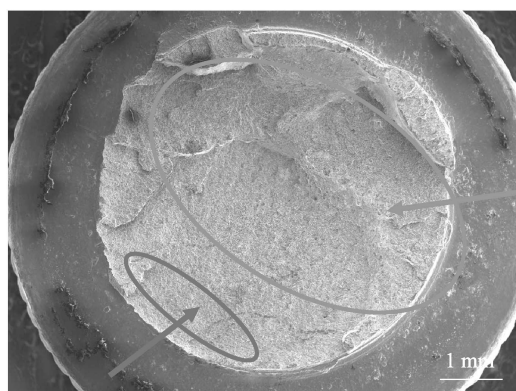


图2 螺栓取样位置

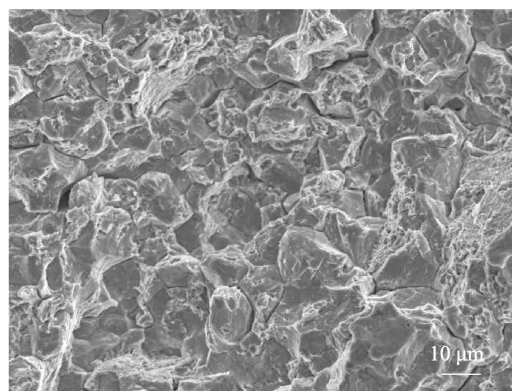
示。截取方线框内试样材料进行断口观察与分析, 截取圆形线框内试样进行硬度和组织观察。

1.1 螺栓断口形貌观察

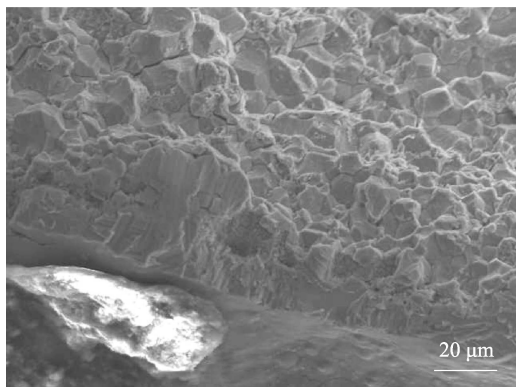
三颗断裂螺栓的断口形貌 SEM 观察分别如图



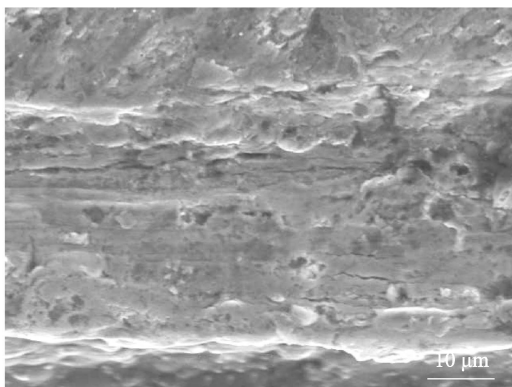
a 断口宏观



b 扩展区



c 断裂源区



d 源区进一步放大

图3 1#断裂螺栓 SEM 观察

3—5 所示。可以看出, 螺栓断面的各区域均呈现出沿晶断裂和解理断裂特征, 同时存在大量二次沿晶裂纹和鸡爪纹。对断口边缘进行观察, 发现均无明显的腐蚀氧化特征^[3], 但有较为明显的氢脆断裂断面特征。

对四颗螺栓试样表面脱碳层进行检查, 均有不同程度的脱碳, 并且在螺栓断口裂纹发生的前缘可见不同尺寸和深度的微裂纹^[4] (如图 6 所示)。微裂纹沿组织晶界延伸和生长, 部分裂纹深度穿越整个脱碳层, 深度在 0.1 mm 以上。该裂纹可能是断口发生时断口发生扩展的次生裂纹, 也可能是螺栓制造过程中残留的表面缺陷。

1.2 螺栓的力学性能及组织分析

基于样品条件, 仅能开展硬度测试。对图 2 所示的四颗螺栓进行 HV0.3 硬度检测^[5], 检查结果见表 1。从硬度测试结果可以看出, 所有螺栓的硬度均超过标准。

对四颗螺栓试样夹杂物进行检查, 结果如图 7 所示, 夹杂物均低于 GB/T 10561 1.0 级以下。排除夹杂物引起断裂的可能。

同时对四颗螺栓试样微观组织检查结果, 如图 8 所示, 均未见有害组织磷化物分布。排除磷化物造成断裂的可能性。

金相组织的检测结果和检测标准见表 2。

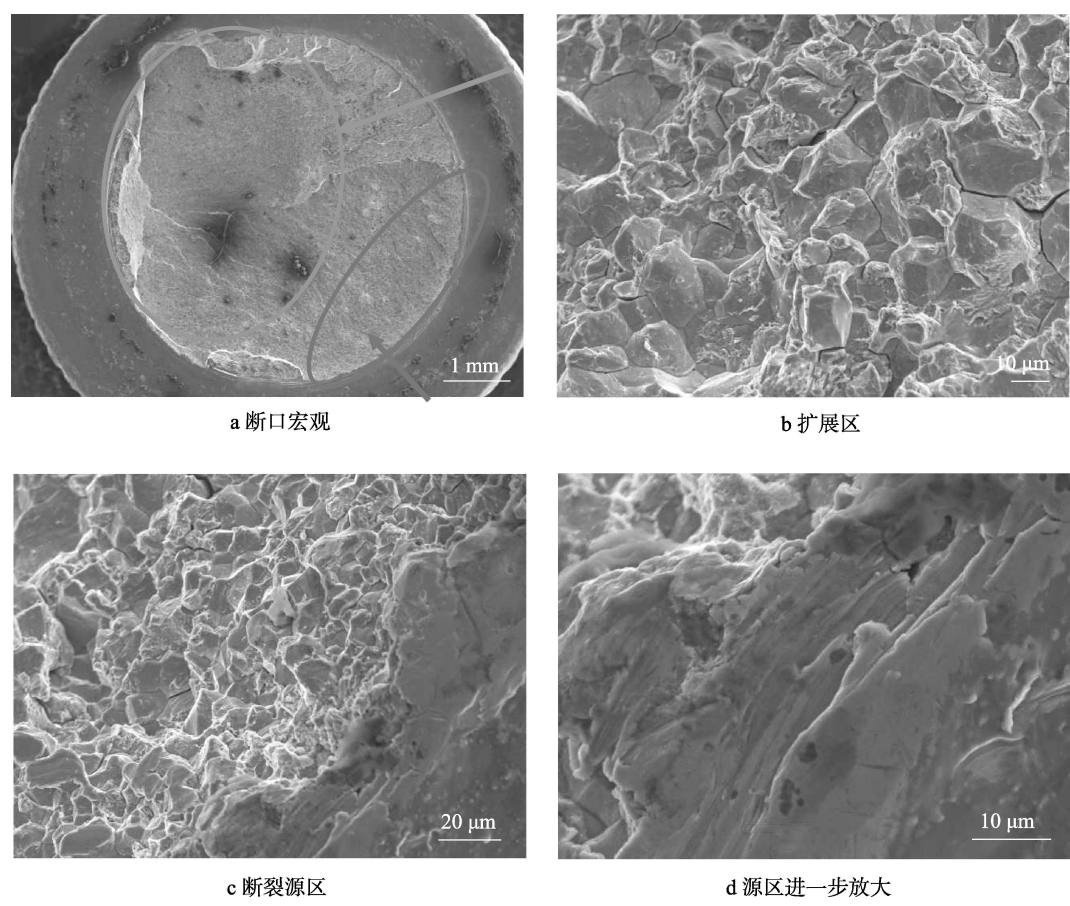


图 4 2#断裂螺栓 SEM 观察

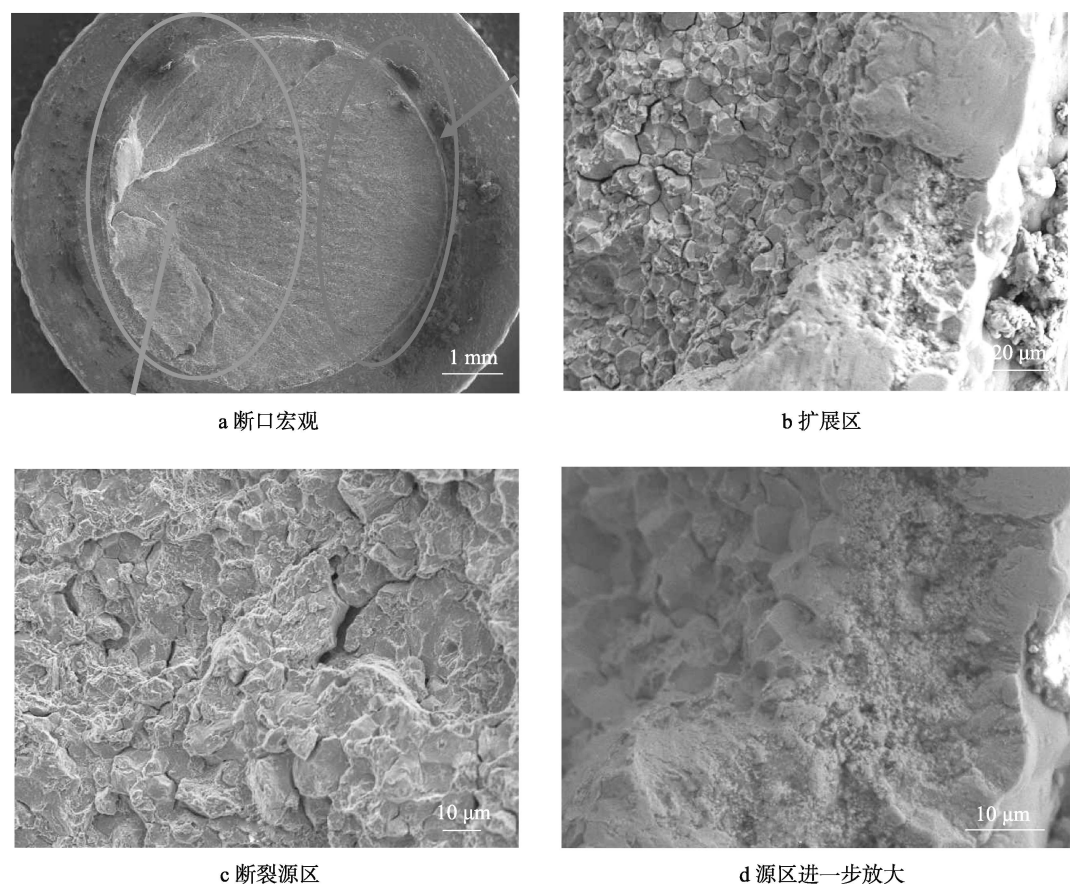


图 5 3#断裂螺栓 SEM 观察

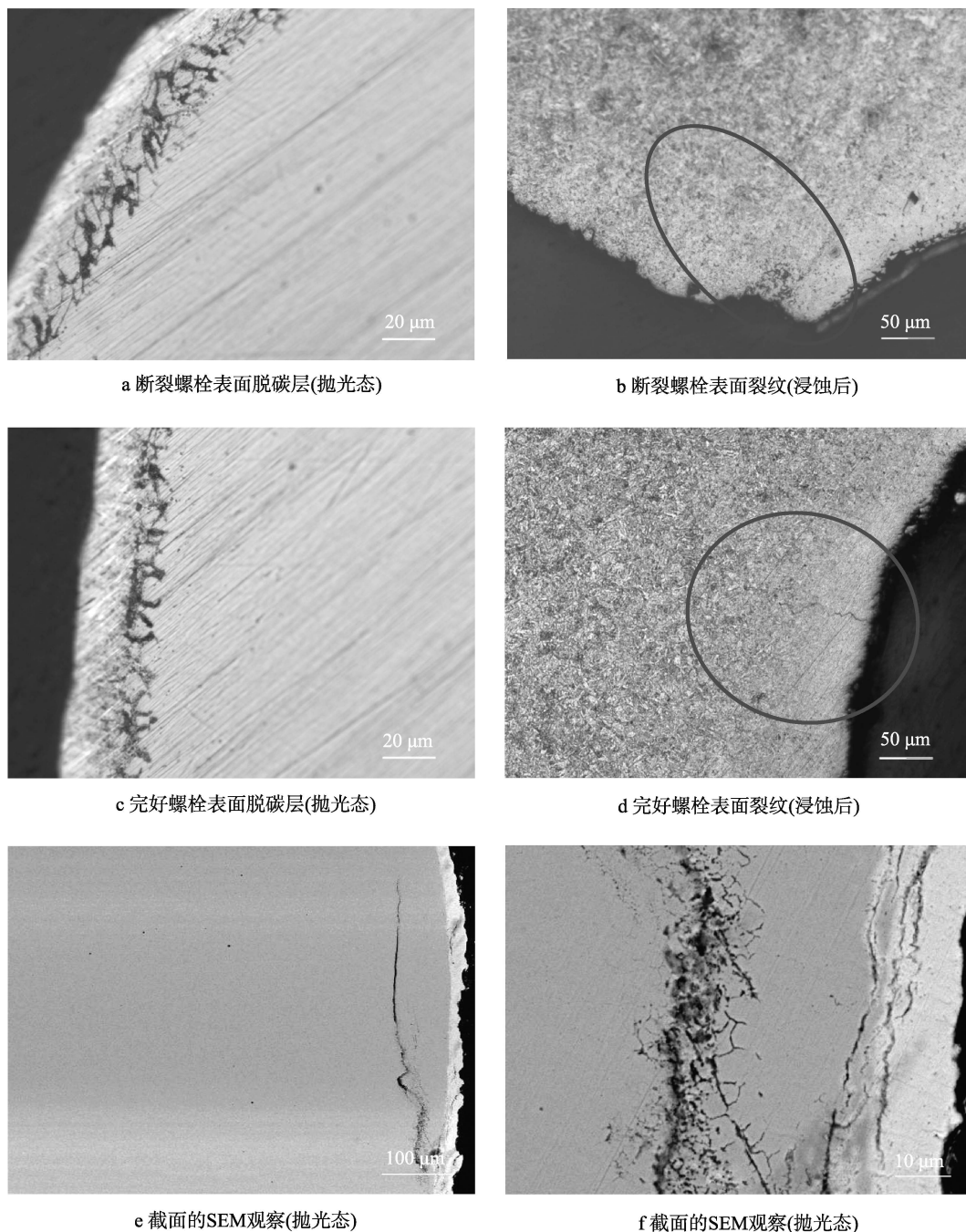


图6 螺栓表面脱碳层检查结果(浸蚀剂:4%硝酸酒精溶液)

表1 螺栓截面硬度检查(HV0.3)

试样号 测试区	断裂			完好	标准要求值 ISO 898
	1#	2#	3#	4#	
表面	494	487	492	454	≤435
芯部	437	445	457	434	≤435

2 结果与分析

实验显示,螺栓断面各区域均以沿晶断裂和解

理断裂发生和扩展^[6],同时存在大量二次沿晶断裂裂纹和鸡爪纹分布。断口边缘无明显的腐蚀氧化特征^[7],有较为明显的氢脆断裂断面特征。螺栓断口裂纹发生的前缘可见不同尺寸和深度的微裂纹。4

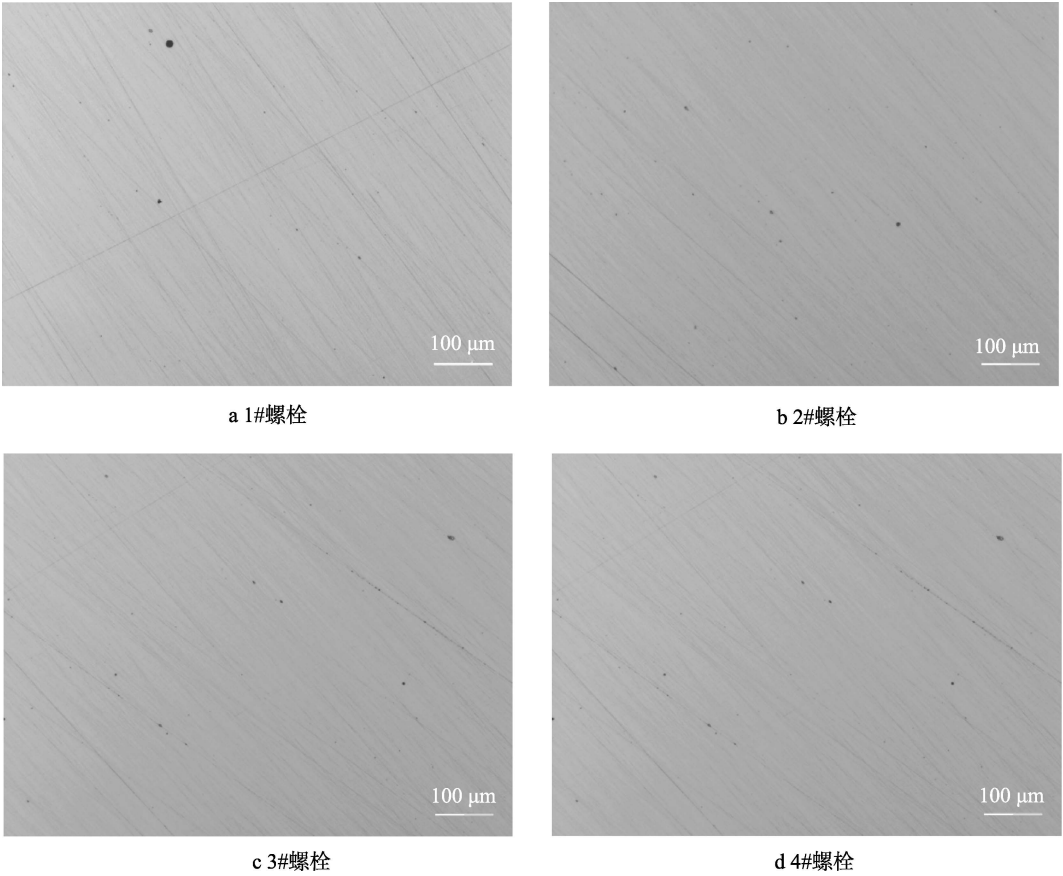


图 7 螺栓夹杂物检查结果

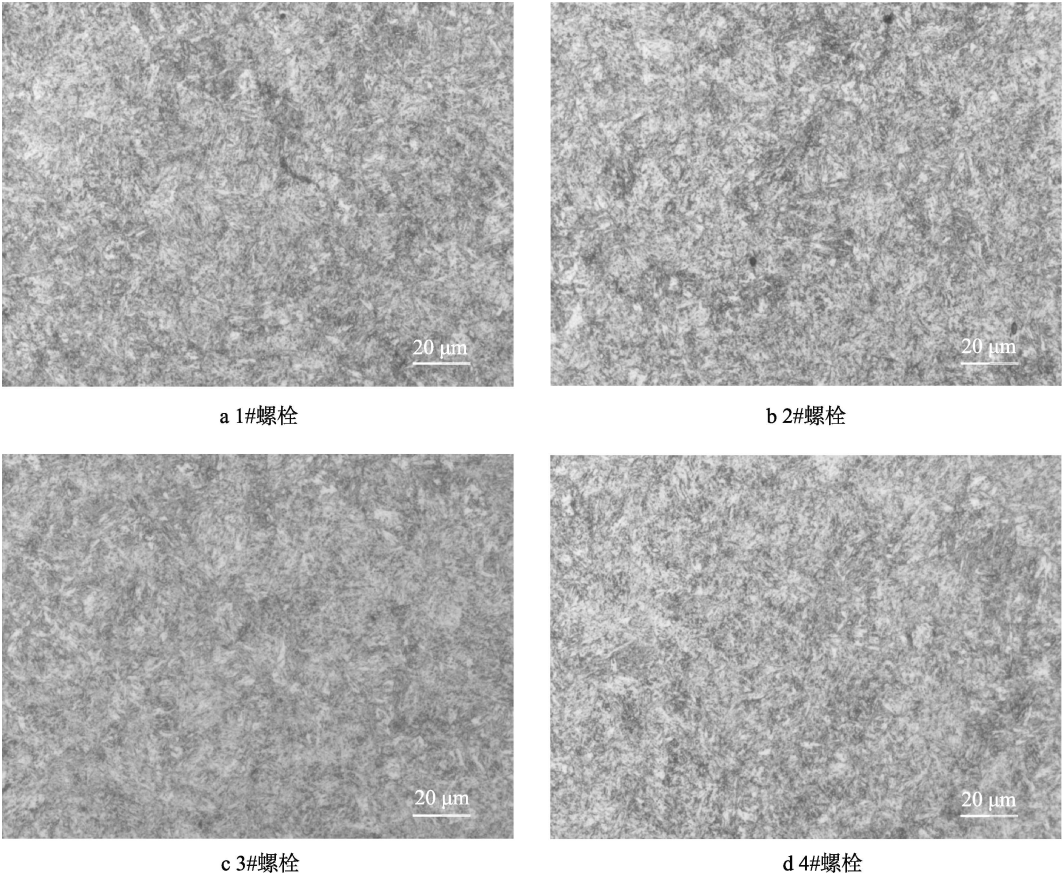


图 8 螺栓组织检查结果（浸蚀剂：4%硝酸酒精溶液）

表 2 螺栓金相组织检查（ZEISS 40MAT）

试样# 测试区	断裂		完好		检测标准	ISO 898 要求
	1#	2#	3#	4#		
夹杂物(各类等级)	1.0	1.0	1.0	1.0	GB/T 10561	NA
晶粒度(等级)		> 8.0			GB/T 6394	NA
组织类型		回火马氏体			—	NA
脱碳层深度 (含不完全脱碳)/mm		0.010 ~ 0.110			GB/T 224	0.015

注：NA 表示未提及

根螺栓的硬度均超过标准，并未发现有害的夹杂物和磷化物。

从宏观上看，螺栓断裂位置起始于 T 型螺栓 R 角根部。使用扭力扳手紧固后，在螺栓过渡区 R 角附近形成应力集中^[8]。从微观上看，实验结果显示存在明显的氢脆断裂断面特征。这表明螺栓经表面镀锌处理后，除氢不完全，材料表面脱碳层孔隙存在一定程度的吸氢，部分电化学处理析氢迁移至螺栓 R 角表面，并在晶间前缘积聚，大大增强材料析氢脆断倾向，同时材料硬度超过制造标准。该区域在承受剧烈的应力动态作用下，极易发生材料的脆断失效^[9-10]。由此可以得出，硬度超标和除氢不完全是造成断裂的主要原因。

3 结论

出于安全考虑，使用方应更换该批次螺栓，并告知生产供货商。供货商方面对螺栓生产流程和工艺进行检查，对淬火后的回火环节进行把控，控制产品硬度。同时对镀锌后除氢工艺的温度和时间进行把控，保证除氢质量。

参考文献：

[1] 吴江, 周毅, 杨兆军. 某型飞机加强翼肋组件裂纹失效分析[J]. 热加工工艺, 2013, 42(6): 210-211.

[2] 何翥, 雷骏志, 华信浩. 航空材料手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.

[3] 周漪, 贺明强, 梅华生, 等. 军用风力发电机紧固螺栓断裂失效分析[J]. 装备环境工程, 2016, 13(5): 170-175.

[4] 姜涛, 李春光, 张兵. 发动机压气机转子叶片断裂失效分析[J]. 装备环境工程, 2011, 8(3): 18-22.

[5] 吴江. 航空活塞发动机曲轴配重组件失效机理研究[J]. 工程设计学报, 2011, 18(6): 457-462.

[6] 白明远, 马海全, 曲士昱, 等. 铝合金框开裂的失效分析[J]. 装备环境工程, 2011, 8(2): 1-3.

[7] 高振, 郑金松, 方静. 三柱槽壳杆部断裂分析[J]. 失效分析与预防, 2017, 12(6): 371-375.

[8] 谷树超, 李俊, 王松, 等. 捞渣机链环断裂分析[J]. 失效分析与预防, 2017, 12(6): 359-364.

[9] 黄玲艳, 唐强, 张波. 不锈钢螺栓法兰连接失效分析及预防措施[J]. 装备环境工程, 2017, 14(1): 1-4.

[10] 余祖新, 张凯, 王长朋, 等. 汽车铸造铝合金缸盖失效分析[J]. 装备环境工程, 2018, 15(3): 81-85.