

航空起落架内壁磁粉检测技术研究

Study of Magnetic Particle Testing Technology on Inner Wall of Aircraft Landing Gear

中航工业北京航空材料研究院检测研究中心 王树志 赵 梦 任学冬 乔海燕 葛子亮

[摘要] 针对航空起落架在磁粉检测中内壁无法检测的问题,利用工业视频内窥镜替代人眼进行观察。通过系列试验验证了内窥镜观察的可靠性和灵敏度情况,并确定相关干扰因素,总结出指导现场磁粉检测的方法。

关键词: 起落架 内窥镜 试片

[ABSTRACT] Industrial video borescope is used instead of human eyes to observe the problem that the inner wall of aviation landing gear can't be detected with magnetic particle testing. The reliability and sensitivity of the observation by industrial video borescope are investigated by a series of experiments to establish the relevant interference factors and summarize the method of instructing the magnetic particle testing on-site.

Keywords: Landing gear Borescope Test piece

零件内壁磁粉检测的关键问题是零件内壁目视可达性差,磁痕观察较为困难。尽管我国于 20 世纪 80 年代末发明了磁粉探伤—橡胶铸型法这一当时国际领先的零件内壁磁粉检测方法并被加以应用^[1],但由于其检测效率低,可检测孔深受橡胶扯断强度限制等诸多缺点,因而只能应用于螺栓孔等检测面积较小的零件部位,对于起落架这种检测面积较大的长筒形零件而言,并不适用,需要一种新的技术对内壁进行磁粉检测。

本文将开展起落架零件内壁内窥镜磁粉检测技术研究。制作内壁带缺陷试样,在选择适当磁化技术和检验方法的基础上,采用磁粉检测与工业内窥镜辅助相结合的方法对试样内壁进行检测试验,以解决磁粉检测中起落架内壁一直是检测盲区的问题。

1 磁粉检测工艺试验

1.1 试样制作

起落架主起和前起外筒为重要的承力部件,内壁长度较深,如图 1 所示,肉眼无法观察到。仿照起落架制作圆筒形试样用于模拟起落架外筒,如图 2 所示,在试样内壁上制作人工伤(A、B、C 所示位置),贴上灵敏度试片用于验证磁粉检测工艺参数和灵敏度情况(D 所示

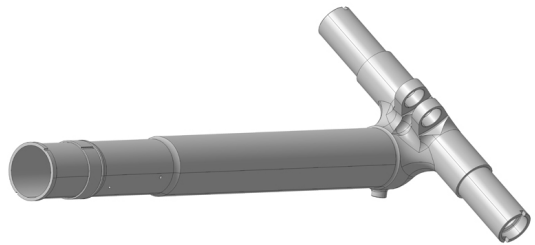
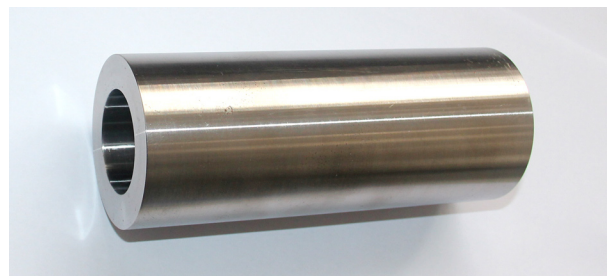
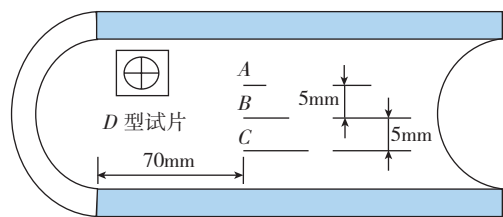


图1 前起落架主起三维图

Fig.1 Three-dimensional diagram of nose landing gear



(a) 试样



(b) 人工伤位置

图2 试样及内壁试片和人工伤的位置

Fig.2 Diagram of specimen with its test block and artificial defect on inner wall

位置)。

1.2 试样磁粉检测试验

由于采用直接通电法磁化零件内壁形成检测盲区,磁场为零,缺陷无法显现,因此采用穿棒法进行磁化,纵向磁化则可采用线圈法。

在选择检验方法时,应在保证检测灵敏度的基础上,以方便施加磁粉,方便观测为准。利用灵敏度试片验证连续法检测灵敏度,而对于采用剩磁法时灵敏度试

片无法验证,故利用人工伤验证剩磁法灵敏度。

2 内窥镜观察试验

本文使用 XLG3 型视频内窥镜系统,该系统具备黑白光源和缺陷测量功能,精度较高,可用于黑磁粉和荧光磁粉检测时的磁痕观察。

2.1 内窥镜观察工艺确定

(1) 黑光源探头黑光强度试验。

按照相关标准^[2],零件表面黑光强度应至少为 $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。由于内窥镜探头黑光强度要远远小于黑光灯的强度,但可以减小光源距零件表面的距离,如表

表1 不同光源距离表面黑光强度

光源距离/mm	2	5	10	20	30
黑光辐照度/ ($\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$)	8000	5800	3500	1500	1000

1 所示为黑光探头与照度计距离关系表格。可以看出,当光源与零件表面距离不大于 30mm 时,黑光强度大于等于 $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$; 而距离小于 2mm 时,内窥镜采集的图像不够清晰识别显示。

(2) 光源照射角度试验。

当探头照射角度不同时,采集的图像也会不同,有的图像甚至发生严重的畸变,造成识别困难^[3]。本文对某一固定的荧光显示进行不同照射角度图像的采集,如图 3 所示,当照射角度垂直或者小于 30° 时采集图像出现眩光或者畸变很大,干扰显示的有效判断; 而当角度为 45° 左右时,图像效果最好。

2.2 磁粉显示内窥镜观察

固定探头照射角度为 45° ,照射强度调节到最大,照射距离为 10mm。人工伤显示情况如图 4 所示。可以看出,连续法时显示较剩磁法稍显清晰,但图像均可以清楚显示,可见剩磁法相对于连续法其操作简单且能够避免操作不当造成的虚假磁痕显示。

3 试验分析

使用内窥镜对磁痕显示进行观察时,内窥镜系统各个参数设置尤为重要,例如探头照射角度、探头距零件表面的距离、黑光强度等参数。

照射角度太大容易产生眩光而干扰磁痕显示,角度过小图像畸变又太大; 探头距零件表面的距离太大黑光强度达不到要求,太小探头镜头的视场又不够。因此经过试验研究,最佳参数为距离 2~30mm 之间,角度 45° 为最佳。

在磁粉检测工艺中,按照零件上施加磁粉的时间,检验的方法有连续法和剩磁法之分。其中,连续法虽然

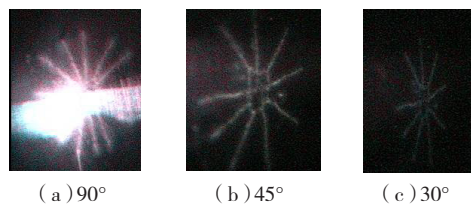


图3 不同照射角度内窥镜图像

Fig.3 Industrial video borescope picture with different irradiation angle

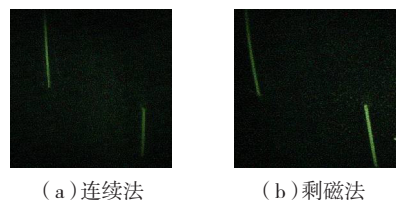


图4 连续法和剩磁法人工伤显示情况

Fig.4 Indication of artificial defect on continuous method and residual magnetism

具有最高的检测灵敏度,但是要求在零件被外加磁场磁化的同时施加磁粉,因此对零件内壁实施起来较不方便。相比而言,剩磁法是先对零件进行磁化,然后在零件上施加磁粉,待磁粉凝聚后再进行观察,因此较有利于对零件内壁实施检测。同时,剩磁法也具有足够检测灵敏度,检测效率高,因此在起落架零件的内壁检测中应优先选择剩磁法检测。使用内窥镜对起落架进行现场检测,由于手持探头抖动会造成图像不稳以及漏检,而采用探头固定,零件圆筒螺旋前进时图像稳定,扫描速度及步进距离的设置应依照探头视场大小确定,可通过在圆筒端头位置粘贴灵敏度试片来确定视场大小及自动扫描参数。

4 结论

- (1) 最佳照射角度 45° ;
- (2) 最佳照射距离 2~30mm;
- (3) 推荐采用剩磁法,如有特殊要求采用连续法,可通过制作专用工装实现;
- (4) 手动操作过时,由于探头抖动,图像很不稳定,最好通过自动化方式扫描。

参考文献

- [1] 中国航空工业总公司. HB/Z 72-1998 磁粉检验. 北京: 中国航空工业总公司, 1998.
- [2] 航天科工防御技术研究试验中心. GJB 2028-2007 磁粉检测. 北京: 航天科工防御技术研究试验中心, 2007.
- [3] 王跃辉. 目视检测. 北京: 机械工业出版社, 2006.

(责编 良辰)