

基于数字处理技术的航空铝合金材料孔蚀率计算研究

刘治国, 赵维义, 李旭东

(海军航空工程学院 青岛校区, 山东 青岛 266041)

摘要: 通过航空LD2材料的加速腐蚀试验, 获取该材料试件不同腐蚀周期的腐蚀形貌图像, 对腐蚀形貌图像进行基于数字处理技术的一系列处理, 最终通过二值特征提取方法得到二值化腐蚀图像, 并依据二值化结果计算LD2材料不同腐蚀周期的孔蚀率。计算结果表明, 此种方法得到的孔蚀率变化规律与该材料的电化学腐蚀机理较为吻合, 并且该方法克服了传统方法计算孔蚀率精确性差的问题, 为航空铝合金的孔蚀率计算及相关分析提供了新思路。

关键词: 航空铝合金; 腐蚀形貌; 图像处理; 二值化; 孔蚀率

中图分类号: TG172; TP751.1 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2012)05-0012-03

Research on Pit Corrosion Ratio Computation of Aero Aluminum Alloy Material Based on Digital Processing Technique

LIU Zhi-guo, ZHAO Wei-yi, LI Xu-dong

(Qingdao Branch of Naval Aeronautical Engineering Academy, Qingdao 266041, China)

Abstract: Accelerated corrosion tests were carried out on LD2 aluminum alloy and corrosion images of the specimen of different corrosion periods were obtained. A series of digital processing technics was applied to analyze the corrosion images and the binarization corrosion images were obtained by the binary characteristic extraction. The pit corrosion ratio of LD2 specimen was calculated based on the obtained binarization corrosion image. The computation results showed that the evolvement of LD2 specimen pit corrosion ratio was better coincidence with the electrochemistry corrosion mechanism of LD2, and the calculation precision of the analysis method is highly better than the traditional pit corrosion ratio calculation method. The purpose was to provide reference for pit corrosion ratio calculation and relative analysis.

Key words: aero aluminum alloy; corrosion morphology; image processing; binarization; pit corrosion ratio

航空铝合金材料在飞机服役过程中易受环境作用腐蚀而产生损伤^[1-2], 对飞机结构寿命及可靠性产生影响^[3-4], 腐蚀损伤的程度可用孔蚀率进行评定, 因而开展航空铝合金材料的孔蚀率计算研究对飞机

可靠性和相关寿命分析及维护保障方案论证具有较强的现实意义及针对性。目前孔蚀率分析主要依赖人工几何方法采集腐蚀面积指标进行计算, 但该指标往往存在分散性, 且人工方法准确定义腐蚀面积

收稿日期: 2012-05-16

作者简介: 刘治国(1976—), 男, 辽宁瓦房店人, 讲师, 主要从事飞机结构可靠性及环境适应性、腐蚀防护与控制技术研究。

位置如图4所示。从图4中可见,所选部位被数字化为 7×13 的矩阵,矩阵中每个像素点的灰度值都在0~255之间,灰度最小值为67,表示该区域颜色最深处之色值,是蚀坑区域;最大值为254,表示该区域颜色最浅处之色值,是基体材料。



174	175	173	170	173	178	188
179	180	177	174	176	181	180
170	172	170	167	169	174	177
169	173	172	170	172	177	179
169	172	170	166	167	171	175
151	151	147	140	138	141	142
90	90	86	79	76	79	67
131	133	131	125	124	127	128
254	254	254	254	254	254	254
254	254	254	254	254	254	254
254	254	254	254	254	254	254
254	254	254	254	254	254	254
254	254	254	254	254	254	254

图4 加速腐蚀15个日历年时局部灰度图像及数字矩阵

Fig. 4 Local gray image and the digital matrix of accelerated corrosion 15 a

3 腐蚀形貌图像二值化

腐蚀形貌图像经过数字化后实际上变为灰度图像。在此基础上,经过中值滤波、灰度变换、模糊增强等一系列数据处理后^[9-11],即可根据相应方法构造像素点灰度值只有0和1二值的数据矩阵^[12],其中,腐蚀区域像素点的取值设为1,材料基体的像素点取值为0。由此可见,腐蚀灰度图像二值化后,即可以根据试件表面像素点灰度值为1的数量确定腐蚀蚀孔的数量和腐蚀区域的面积,根据试件表面像素点灰度值为0的数量确定试件表面未腐蚀的区域面积,这样就为后续的孔蚀率计算奠定基础。

目前腐蚀灰度图像二值化的方法是阈值确定法^[12]。若腐蚀灰度图像中腐蚀区域和材料基体的灰度阈值分别为 T_c 和 T_m , $g(i,j)$ 为腐蚀图像中位置为 (i,j) 处的像素点的灰度值,则在二值化过程中, $g(i,j)$ 转换为:

$$g(i,j) = \begin{cases} 1, & T_m < g(i,j) < T_c \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

采用上述方法对当量腐蚀年限为19 a的试件表

面腐蚀形貌图像进行一系列数据处理后,获得的二值化图像如图5所示。



图5 当量腐蚀19 a的试件表面腐蚀二值化图像

Fig. 5 Binary image of corrosion specimen after 19 a

4 孔蚀率计算

腐蚀形貌图像二值化处理后,通过统计程序可得到不同腐蚀周期下各个试件表面的孔蚀面积,从而可以计算试件的孔蚀率 p 。孔蚀率可由式(2)计算获得。

$$p = \frac{\text{孔蚀面积}}{\text{图像总面积}} \times 100\% \quad (2)$$

经计算后,可得当量腐蚀19 a各个腐蚀周期下试件的孔蚀率。

孔蚀率变化规律曲线,如图6所示。

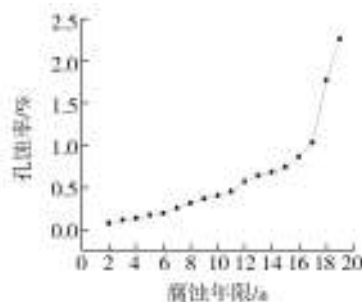


图6 腐蚀年限与孔蚀率对应关系曲线

Fig. 6 Corresponding relation curve of pitting rate with different corrosion years

从图6中可见,在当量腐蚀17 a以前,孔蚀率随当量腐蚀年限呈线性趋势增长变化,增长趋势较为平缓;而在当量腐蚀17 a后,孔蚀率随当量腐蚀年限呈指数级趋势增长,增长趋势较快。因此应采用分段拟合方法^[13-14]对孔蚀率随当量腐蚀年限的变化规律进行拟合,拟合结果见式(3),(4)。

$$p = -0.104 + 0.056t, R = 0.99, t \leq 17 \text{ a} \quad (3)$$

$$p = 0.001t^{0.392}, R = 0.95, t > 17 \text{ a} \quad (4)$$

(下转第47页)

- [5] 周小敏,刘钧泉. 有机涂层使用寿命探讨[J]. 装备环境工程,2010,7(1):57—60.
- [6] 刘文琰,李玉海. 飞机结构日历寿命体系评定技术[M]. 北京:航空工业出版社,2004.
- [7] 罗振华,蔡健平,张晓云,等. 耐候性有机涂层加速老化试验研究进展[J]. 合成材料老化与应用,2003,31(3):31—35.
- [8] 汪学华,张伦武. 涂层大气腐蚀的模糊综合评定[J]. 环境技术,2001(3):35—38,46.
- [9] 陈群志. 腐蚀环境下飞机结构日历寿命技术体系研究[D]. 北京:北京航空航天大学,1999.
- [10] 牟献良,张伦武,袁艺,等. 涂层老化评级方法标准中的问题探讨[J]. 装备环境工程,2010,7(6):190—192.

(上接第14页)

由于孔蚀率反映了试件表面的腐蚀损伤程度,而腐蚀损伤程度与该材料的腐蚀机理有关,相关文献关于铝合金的电化学腐蚀机理研究表明^[13—14]:铝合金电化学腐蚀在腐蚀初期的类型为点蚀,在该阶段点蚀主要沿着垂直于试件表面方向向内部和平行于表面的方向发展,腐蚀发展速度缓慢,因此孔蚀率变化趋势较为平缓;而铝合金电化学腐蚀在后期的腐蚀类型主要为剥蚀,腐蚀在向材料基体内部深入的同时,腐蚀产物堆积严重,会造成表层铝合金大面积脱落,有较多铝合金基体露出,因而腐蚀面积大幅度增加,所以点蚀率增长趋势较快。由上述分析可见,LD2铝合金点蚀率随腐蚀年限的变化规律与其电化学腐蚀机理完全吻合,说明采用基于腐蚀图像数值化分析方法得到的LD2铝合金孔蚀率变化规律合理准确。

5 结论

利用图像数字处理技术对LD2铝合金材料的加速腐蚀形貌图像进行数字化及二值化处理分析,依据二值化分析结果,计算得到不同加速腐蚀周期下的材料孔蚀率。从数据处理过程及结果来看,腐蚀图像数字化处理方法可较好地将腐蚀区和基体材料区分开,并精确地计算出孔蚀面积及腐蚀坑数目,解决了传统方法难以精确计算孔蚀面积的问题。通过孔蚀率计算发现,LD2铝合金加速腐蚀过程中孔蚀率的变化规律与其腐蚀机理完全吻合,采用的孔蚀率计算方法具有广阔的工程应用前景。

参考文献:

- [1] 苏亚军,钟建华,左霞. 铝合金型材表面接触痕的成因及

对策[J]. 表面技术,2003,32(4):69—71.

- [2] 汪定江,郭必新. 飞机铝合金结构件腐蚀的原位修复工艺研究[J]. 表面技术,2002,31(1):53—54.
- [3] 张有宏,吕国志,李仲,等. LY12CZ铝合金结构腐蚀疲劳裂纹扩展与剩余强度研究[J]. 航空学报,2007,28(2):332—335.
- [4] 杨晓华,姚卫星,陈跃良. 日历腐蚀环境下LY12CZ铝合金力学性能研究[J]. 机械强度,2003,25(2):227—228.
- [5] 崔屹. 数字图像处理技术与应用[M]. 北京:电子工业出版社,1997:51—67.
- [6] 沈庭芝. 数字图像处理及模式识别[M]. 北京:北京理工大学出版社,1998:36—49.
- [7] 穆志韬. 海军飞机结构腐蚀损伤规律及使用寿命研究[D]. 北京:北京航空航天大学,2002.
- [8] 陈群志,李喜明,周希沅,等. 飞机结构典型环境腐蚀当量关系研究[J]. 航空学报,1998,19(4):414—418.
- [9] 纪纲,李红梅,张伦武. 对镀层材料外观腐蚀特征的识别及分析处理[J]. 表面技术,2001,30(1):21—24.
- [10] ITZHAK D, DINSTEIN I, ZILBERBERG T. Pitting Corrosion Evaluation by Computer Image Processing[J]. Corrosion Science, 1981, 21(1):17—22.
- [11] SILVA J W J, BUSTAMANTE A G, CODARO E N, et al. Morphological Analysis of Pit Formed on Al 2024-T3 in Chloride Aqueous Solution[J]. Applied Surface Science, 2004, 236(114):356—365.
- [12] 吕俊哲. 图像二值化算法研究及其实现[J]. 科技情报开发与经济,2004,14(2):266—268.
- [13] 王逾涯,韩恩厚,孙祚东,等. LY12CZ铝合金在EXCO溶液中的腐蚀行为研究[J]. 装备环境工程,2005,2(1):20—24.
- [14] 陈群志,崔常京,孙祚东,等. LY12CZ铝合金腐蚀损伤的概率分布及其变化规律[J]. 装备环境工程,2005,2(3):1—6.