

某型飞机轮毂涡流检测缺陷信号识别方法

张海兵^{1,2}, 陈新波²

(1. 青岛理工大学, 青岛 266041; 2. 海军航空工程学院 青岛分院, 青岛 266041)

摘要:采用涡流方法检测某型飞机轮毂弧面时,信号判别困难。通过大量的轮毂涡流检测试验,找出了缺陷信号与干扰信号的微小区别。通过二元函数知识分析判断,可以把缺陷信号有效地识别出来。经试用,该方法能较为可靠地识别疲劳裂纹信号。

关键词:涡流检测; 缺陷; 轮毂; 信号

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2013)02-0008-02

A New Recognition Method of Crack Signal in Eddy Current Testing on Certain Plane Wheel Hub

ZHANG Hai-Bing^{1,2}, CHEN Xin-Bo²

(1. Qingdao Technological University, Qingdao 266041, China;

2. Qingdao Branch, Naval Aeronautical Engineering Institute, Qingdao 266041, China)

Abstract: When the method of eddy current testing was adopted to detect a certain type of aircraft wheel hub, for the existence of cambered surface located at the detected part, this caused the difficulty of signal discriminate. Through a large number of the hub tested by the way of eddy current, the difference between the flaw indication and jamming signal was found. The results of analysis by using math function knowledge show that this recognition method can be more reliable in the use of detecting the signal of fatigue crack.

Keywords: Eddy current testing; Crack; Wheel hub; Signal

涡流检测的原理是当载有交变电流的检测线圈靠近导电试件时,由于线圈磁场的作用,试件会感生出涡流,涡流的大小、相位及流动性受到试件导电性能等的影响,而涡流的反作用又使检测线圈的阻抗发生变化,因此,通过测定检测线圈阻抗的变化,就可以得到被测材料有无缺陷的结论^[1-2]。

涡流检测具有操作方便、速度快、易于实现自动化,以及能在原位状态下对机械装置进行检测等优点。但是缺点也很明显,它只适合导电材料表面和近表面的检测,对几何形状复杂的零件进行检测时,检测效率低,同时干扰因素较多,需要特殊的信号处理技术。

1 现有缺陷信号识别方法的局限性

涡流检测的一个较大的缺点就是干扰因素较

多,比如工件电导率、厚度、形状等。实际检测中,还会有提离效应和边缘效应的产生。在对某型飞机轮毂的涡流检测中,由于检测部位存在圆弧,干扰信号更为明显,而且放置式探头在操作中也会产生晃动信号,这些极大影响了对缺陷信号的判断(图1)。

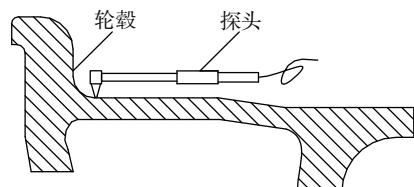


图1 飞机轮毂检测示意图

为了排除和减弱这些干扰信号,通常采用了相位分析法、频率分析法、振幅分析法等,相位分析法是利用裂纹产生的缺陷信号和其他干扰因素产生的干扰信号相位的不同,选择适当相位来抑制干扰信号的方法,频率分析法和振幅分析法是分别利用缺陷信号和干扰信号的频率和振幅的差异来抑制干扰

收稿日期: 2011-09-02

作者简介: 张海兵(1979—),男,讲师,硕士学位,主要从事飞机损伤检测。

信号的方法,这就对仪器本身的性能有了很高的要求,而且效果不是特别理想。

在飞机轮毂检测中,被发现的缺陷主要是疲劳裂纹。裂纹的深度越浅,信号就越微弱,同时检测区域形状不规则,在轮毂的某些地方干扰信号幅值又很大,严重影响了对缺陷信号的正确判别。

2 缺陷信号与干扰信号的区别

如何把微弱的缺陷信号与幅值较大的干扰信号明显地区分开来是一个急待解决的问题,笔者试图从以下几个方面进行研究试验,以把它们区别开来。

(1) 调节相位,提高信号调为水平方位,这样晃动信号和提高效应的信号只沿水平方向作大幅度的移动,很容易辨别。

(2) 探头接近边缘时,操作者能够迅速发现信号的大幅度变化,因此,提高效应和边缘效应产生的干扰信号对检测的影响并不大。

(3) 检测飞机轮毂时,信号受形状影响很大,在某些形状起伏比较大的地方会出现幅值较大的干扰信号。但是在设计轮毂时,为了保证受力均匀,应力分散,其轮毂表面形状起伏变化往往是均匀连续,以圆弧面作为过渡的,这就决定了这些地方产生的干扰信号虽然幅值很大,但是却是均匀连续的。

(4) 对于轮毂上较薄的部位进行检测时,厚度的变化所产生的干扰信号对检测工作也会造成一些影响,但是轮毂的厚度一般是均匀连续变化的,故厚度效应产生的干扰信号也是连续均匀变化的。

(5) 裂纹一般很狭小,肉眼难以分辨,当探头以一定速度在轮毂表面匀速扫查时,探头经过裂纹的时间很短,故缺陷信号幅度可能不大,但是会很短促,还会在信号的方向上有突变。

3 用函数知识来分析信号曲线

为了能清晰直观地反映出缺陷信号和干扰信号的不同特点,笔者引入了数学函数进行识别,特举例如图 2。

图 2 为某型飞机铝镁合金轮毂的检测信号曲线,在上面依次取点 A,B,I,J,C,D,G,H,E,F,其中 BC,

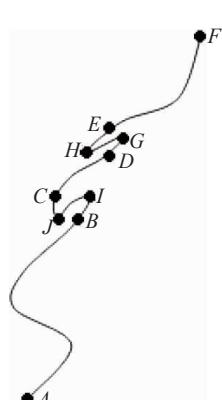


图 2 检测信号曲线

DE 段为常见的微小缺陷信号,AB,CD,EF 段为幅值较大的干扰信号,I,J,G,H 为特殊标定的点。

下面以 DE 段为例分析信号的变化情况。在 DE 段上取靠近 G 点的一小段曲线(D 至 H 之间)进行近似的曲线分析,在选择函数拟合时,需从多个不同的拟合函数中找到合适的拟合函数^[3],文章以比较简单的二元函数为例进行说明。

函数方程设为:

$$\begin{cases} y = 4x & (0 < x \leq 1) \\ y = -x^2 + 4 & (1 \leq x \leq 2) \end{cases} \quad (1)$$

用图 3 中 x 位于(0,2]区间上的曲线表示图 2 中 D 至 H 之间的信号曲线。

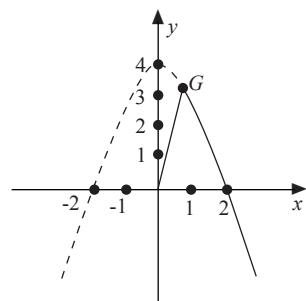


图 3 函数方程分析图像

对上述函数方程求导得:

$$\begin{cases} y' = 4 & (0 < x \leq 1) \\ y' = -2x & (1 \leq x \leq 2) \end{cases} \quad (2)$$

当 x=1 时:

$$\begin{cases} y' = 4 & (0 < x \leq 1) \\ y' = -2 & (1 \leq x \leq 2) \end{cases} \quad (3)$$

由此可见此函数在 x=1 点处不可导,即曲线 DE 在 G 点不可导,也就是说信号在 G 点发生了方向上的突然改变^[4]。

通过对 DE 段曲线的分析得出了一个结论,对缺陷信号曲线进行正切值分析,会发现正切值的变化率很大或者出现了不可导的点。

同样的道理,如果对干扰信号曲线 AB,CD,EF 段进行正切值分析,会发现其正切值的变化率远远小于缺陷信号的正切值变化率,也就是说虽然轮毂形状对信号的影响很大,产生了幅值很大的干扰信号,但是干扰信号的变化速度较缺陷信号的变化速度小的多^[5]。

如果对整条信号曲线 AF 进行正切值的变化率分析,就可以得到一条近似于图 4 的曲线。

观察图 4,就能清晰地区分出缺陷信号和干扰信号。
(下转第 17 页)

- [44] 刘佳利. 交变磁场测量成像技术的研究[D]. 长沙:国防科技大学, 2010.
- [45] 刘瑞扬, 王毓民. 铁路货车运行故障动态图像监测系统(TFDS)[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005; 1—4.
- [46] FOEILLET G. IRIS 320 is a global concept inspection vehicle merging engineering and R&D tools for infrastructure maintenance [EB/OL]. [2011-08-10]. <http://www.railway-research.org/IMG/pdf/i.3.1.3.1.pdf>.
- [47] ALLAN M Z, TODD L E, JOSEPH W P. Development, implementation, and validation of an automated turnout inspection vehicle [EB/OL]. [2011-08-10]. <http://www.railway-technology.com/downloads/whitepapers/track/file2286>.
- [48] SHUN L C, ALAN H, ERIK Y. Fiber optical sensors for high-speed rail application(Report for High-Speed Rail IDEA Project 19)[R]. Urbana: University of Illinois at Urbana-Champaign, August 2003; 1—25.
- [49] 黄小妹. 高速铁路无缝道岔光纤光栅应变、温度和位移的监测[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2011.
- [50] 翟婉明. 车辆-轨道耦合动力学=Vehicle-track coupling dynamics[M]. 北京: 科学出版社, 2007; 145—165.
- [51] 宋颖. 高速车轮失圆对轮轨动力作用的影响及其监测

(上接第 9 页)

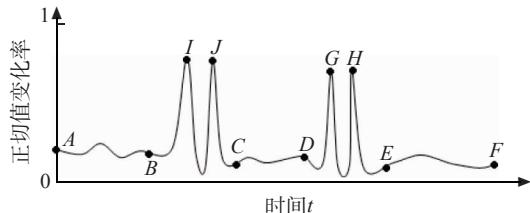


图 4 信号曲线正切值变化图

综上所述, 轮毂由于厚度和形状的变化而产生的干扰信号在某些地方幅值会很大, 但是却是连续均匀变化的, 其正切值也比较小; 裂纹产生的缺陷信号的幅值在某些情况下可能会较小, 但是变化急促, 或者在方向上会有突然的改变。

4 结论

通过对某型轮毂的涡流检测信号分析, 创造性运用了相关数学函数知识分析信号曲线, 可以较准确判断缺陷信号。因此笔者提出一种设想, 在智能

- 方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [52] ENSCO Co. Vehicle/Track Interaction (V/TI) Monitor [EB/OL]. [2011-09-08]. http://www.ensco.com/userfiles/file/Products_Services_PDF/07_Rail-Track-Inspection-Systems/090076-Rail-Vehicle-Track-Interaction-VTI-Monitor-ENSCO.pdf.
- [53] KESICH J, GOLBY A. MNR wheel impact load detection-improved performance at reduced cost [EB/OL]. [2011-09-08]. http://www.deltarail.com/papers/documents/APTA_Wheel_Impact_Load_Detection_System.pdf.
- [54] PAPAElias M P, DAVIS C, ROBERTS C, et al. INTERAIL: Development of a Novel Integrated Inspection System for the Accurate Evaluation of the Structural Integrity of Rail Tracks-Implementation of the ACFM Rail Inspection Module [EB/OL]. [2011-08-10]. http://www.ndt.net/article/ecndt2010/reports/1_10_33.pdf.
- [55] 张清华. 基于超声和涡流的复合式无损检测技术[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [56] EDWARDS R S, SOPHIAN A, DIXON S, et al. Dual EMAT and PEC non-contact probe: applications to defect testing[J]. NDT & E International, 2006, 39(1): 45—52.

涡流设备软件融入函数计算和相应的识别程序, 采集涡流检测信号的同时后台程序进行分析与识别, 就可以比较准确地判断细小的缺陷信号, 而且显示非常直观, 这就大大提高了涡流检测的效率和准确性^[6]。

参考文献:

- [1] 美国无损检测学会. 美国无损检测手册·电磁卷[M]. 《美国无损检测手册》译审委员会译. 上海: 世界图书出版公司, 1999; 115.
- [2] 任吉林, 林俊明, 高春法. 电磁检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000; 118.
- [3] 陈建兵, 李杰. 谱表达方法的频率取点优选[J]. 振动工程学报, 2001, 24(1): 89—92.
- [4] 华东师范大学数学系. 数学分析(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [5] 华东师范大学数学系. 数学分析(下册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [6] 克莱因 M. 古今数学思想(第二册)[M]. 上海: 上海科技出版社, 2002.