

金属磁记忆检测技术(MMT)

林俊明

(爱德森(厦门)电子有限公司)

姚泽华

(国家质量技术监督局锅炉压力容器检测研究中心 北京 100013)

摘 要 介绍了一种先进的无损检测手段——金属磁记忆诊断技术。传统的 NDT 方法,都是在设备缺陷发展后才能被发现。金属磁记忆诊断技术是目前国际上唯一能有效解决设备早期损伤检测问题的方法。该法不需要对设备表面进行任何预处理,能够快速、准确的对设备进行诊断。文中介绍了 EMS-2000 智能化磁记忆金属诊断仪器及其使用情况。

Abstract EMS-2000, an intelligent magnetic memory metal diagnostic instrument, is a new generation non destructive testing instrument it has been developed on the basis of magnetic memory characteristics of metal materials, adopting the most advanced microelectronic, computer and magnetic memory testing techniques.

关键词 磁记忆 设备 无损检测 诊断

1 前言

利用铁磁性部件缺陷在外部强磁场的作用下产生漏磁现象来检测部件缺陷的漏磁检测法,已作为常规检测技术应用于各种铁磁性部件的质量检验中。其作用机理是缺陷在强磁场作用下“被动地”产生“磁泄漏”,从而让磁敏元件“方便地”逮着,进而判断其缺陷的大小以及性质等。这种方法必须采用笨重的磁化设备,且耗能大,检测过后往往需要对部件进行退磁,对一些在役设备、部件,或者复杂结构的部件,常规漏磁法往往难以实施。众所周知,地球存在着北、南极,地磁在人们的生活空间几乎无处不在,无时不在,对人们周边的铁磁性设备、部件,同样也处在“包围”之中。因此,它们也会被地磁场磁化,通常,人们未觉察到铁磁性部件的“磁性”,并非不存在“磁性”,而是其磁性强度较弱罢了。事实上,在役部件在周期性或振动性负载条件下,由于磁弹性和磁机械效应的作用,金属磁化强度将显著增加。第二次世界大战期间,俄国军舰遭到德国磁性水雷的破坏,亚历山大罗夫院士等俄国科学家就专门解释了这样一种现象,即在振动负载作用下,处于地球磁场中的军舰壳体金属磁化率增长,并研制了专门的退磁装置,以防止舰船触到磁性水雷。金属磁记忆诊断技术是利用缺陷或缺陷形成之前的微区变化在地球磁场作用下,“主动”发出磁场变化信息的这样一种特性,间接地判断铁磁性部件是否存在缺陷或应力集中区。^{[1][3]}

2 金属磁记忆诊断原理

众所周知,铁磁性构件加工冷却硬化过程中,冷却硬化比较激烈的地方会形成颈变,在构件形成颈变处($H_p = 0$ 的断面)会发生位错的快速趋近,并引起微裂纹——形成后来构件损坏的发源点或应力集中线。当应力集中线与外部负荷作用力的方向垂直时,颈变引发构件断裂必定发生在应力集中线上,如果应力集中线沿构件的轴线分布或应力集中(H_p 值变化强度)很小时,颈变的位置与构件的断裂往往不复合;虽然如此,但是随着负荷作用力的增加,可出现应力集中线向颈变处偏移。因此,及时地揭露在役金属构件的应力集中线是非常重要的。

在役设备的构件,由于其结构遗传性(生产制造中形成的微观结构)和运行中负荷的关系,金属的磁记忆以累积方式表现出来。运行中构件负荷作用力的大小和方向会引起金属磁化在量值和方向上的变化。金属磁记忆诊断技术就是根据该原理发展起来的。实验证明,在地磁的作用下,在役铁磁性工件的缺陷和夹杂部位,会产生磁畴归一现象,并在其上出现漏磁场。在缺陷位置和/或内应力相对集中的地方,金属导磁率最小,其磁场切向分量具有最大值,而法向分量则改变符号,具有零值。对工件表面漏磁场法向分量进行扫描检测,便可确定应力集中区域,从而间接地判断该铁磁性工件存在缺陷的可能性。为了更直观地阐明金属磁记忆诊断技术与传统 NDT 检测技术(超声、涡流、磁粉、渗透、着色等)之间在部件失效检测能力的问题,以图 1 所示加以说明。图 1 表示金属微观结构不连续性变化的发展过

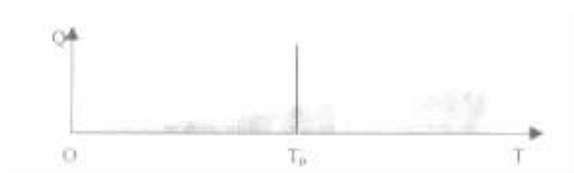


图 1

程,其中横坐标表示工件使用的时间长短,纵坐标表示随着时间的延续缺陷程度的加大。根据金属磁记忆(MMM)法的检测原理,一般地说,假设常规检测法能检出大于或等于 T_0 处的缺陷,而 MMM 法不仅能检出大于或等于 T_0 处的缺陷,且能发现小于 T_0 处的缺陷^[1]。因此,MMM 法实际上是一种实现金属失效早期诊断的无损检测新技术。

3 EMS-2000 金属磁记忆诊断仪的特性^[2]

EMS-2000 智能化金属磁记忆诊断仪是根据金属磁记忆效应原理,采用最先进的微电子技术,计算机技术和磁记忆检测技术研制而成的新一代无损检测仪器。与传统方法相比,金属磁记忆法非常重要的特点是:检测时不需要对被检测表面做任何处理;不需要对被检测对象专门充磁和退磁工作,探头的提离效应对检测的结果影响不大等;通过检测可明确部件未知的应力集中和缺陷位置。仪器采用人机对话,菜单提示,热键帮助,操作简便。中文简体、繁体字、英文三种版本任选;采用电致发光平板显示技术以满足宽温、抗振、宽视角、高对比度的现场检测;仪器具有将数据记录、存贮、拷贝和分析的功能,且体积小、重量轻、功耗低,结构紧凑、便携实用。随仪器配套提供程序软件以供在 PC 机上对检测数据进行深入分析处理;

EMS-2000 智能化金属磁记忆诊断仪能够提供检测结果的资料并在微机上建立数据库,金属的磁特性可以体现出机械设备中每一个部件的特性,依据每一台设备的整体特点,允许更有效地解决部件、设备的寿命测定,按实际状况进行检修,保证设备的可靠性和耐久性。

4 EMS-2000 金属磁记忆诊断仪的现场应用^[4]

EMS-2000 智能化金属磁记忆诊断仪对在役设备由于材料不连续性(缺陷)而导致应力集中,将以全新的快捷方式进行检查,给出设备疲劳损伤的早期诊断。仪器配有多种不同形式的传感器及长度

计测器,以适应不同形式的检测需要。该仪器可用于锅炉压力容器、管道、叶片、轴承、铁轨、齿轮对、焊接部位及其它铁磁性金属构件的检测。举例来说,用磁记忆法对汽轮机所有的部件进行 100% 的检测便可做到:查明不可靠的零部件并将其记录在案,以便日后对其进行定期检测。通过定期对设备部件检测,对照存档记录,可清楚地观察到,随着在役运行时间的增长,部件金属结构的变化轨迹,以便及时更换相应的部件。EMS-2000 已用于许多部件的现场检测,如笔者对某厂四只液氨储罐在役焊缝的检测,焊缝表面覆盖漆层的厚度为 0.5-1mm,检测后共查出五处存在问题,后经表面除漆,用磁粉法验证结果发现微裂纹二处,咬边三处,因缺陷均未超标,经打磨处理后继续使用。笔者对某电站汽轮机叶片的在役检测中查出二叶片存在缺陷,经涡流法检测验证发现的缺陷当量分别为 0.5mm 和 2mm 深,图 2 所示为 1 号叶片用金属磁记忆诊断仪检测后的屏幕显示信号图。

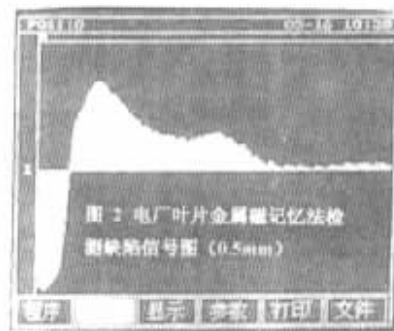


图 2

参考文献

- 1 Diagnostics of Metal Items and Equipment by Means of Metal Magnetic Memory "Anatoli A. Doubov OCT. 1999CHSNDT 7th CONFERENCE ON NDT AND INTERNATIONAL RESEARCH SYMPOSIUM
- 2 林俊明等. 一种在役部件早期损伤的无损检测新方法, 2000 年火电厂寿命管理与延寿国际会议暨全国第六届电站金属构件失效分析与寿命管理学术会议论文集, 2000, 5
- 3 张行等. 金属构件应用疲劳损伤力学. 国际工业出版社, 1998, 11
- 4 林俊明等. NDT 新技术—EMS—2000 金属磁记忆诊断仪的原理和应用. 无损探伤 2000, 3

(收稿日期 2000-06-03)