

无损检测技术在再制造工程中的应用展望

刘贵民¹, 马丽丽¹, 郑铁军²

(1. 装甲兵工程学院 装备再制造国防科技重点实验室, 北京 100072; 2. 装甲兵工程学院 装备技术保障系, 北京 100072)

摘要: 阐明了无损检测 (NDT) 技术在再制造 (RM) 工程体系中的作用, 介绍了超声波检测、射线检测、涡流检测、磁粉检测以及渗透检测等五大常规 NDT 技术的原理与适用范围, 以实例的形式给出了 NDT 技术在 RM 工程中的应用情况。对 NDT 技术的研究和发展情况进行了回顾, 在此基础上对 NDT 技术在 RM 工程中的应用方向和前景进行了展望。

关键词: 再制造工程; 无损检测; 应用

中图分类号: TH17; TH878

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)05+0118-03

A Prospect of Applications of NDT Technology in Remanufacturing Engineering

LIU Gui-min¹, MA Li-li¹, Zheng Tie-jun²

(1. National Key laboratory for Remanufacturing, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing, 100072; 2. Department of Technical Support Engineering, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing, 100072)

Abstract: The function of non-destructive test (NDT) technology in the remanufacturing engineering (RM) system was described. The mechanism and the application range of the five frequently applied NDT techniques, such as ultrasonic testing, radiographic testing, eddy current testing, magnetic particle testing, as well as penetrant flaw testing, were also introduced in the present paper. Typical applications of NDT techniques in the RM engineering were illustrated. A review of the development history of NDT technology was given and hence the direction and prospect of the NDT application in RM engineering were put forward.

Key words: Remanufacturing engineering; non-destructive test; application

0 引言

废旧产品的再制造 (RM) 工程是通过各种高新技术来实现的, 因此它包含了很多关键技术, 其中, 无损检测 (NDT) 技术在 RM 工程技术体系中有着非常重要的地位。因为再制造加工是建立在产品失效分析基础上的, 而对于废旧产品的失效分析, 以及再制造加工产品的质量, NDT 技术的作用都至关重要。

1 无损检测技术简介

无损检测技术是在不损伤被检测对象的条件下, 利用材料内部结构异常或缺陷存在所引起的对热、声、光、电、磁等反应的变化, 来探测各种工

程材料、零部件、结构件等内部和表面缺陷, 并对缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化做出判断和评价^[4]。

通过 NDT 技术, 可以定量掌握缺陷与强度的关系, 评价构件的允许负荷、寿命或剩余寿命; 检测设备 (构件) 在制造和使用过程中产生的结构不完整性及缺陷情况。因此, NDT 技术是 RM 体系中不可或缺的一环。

NDT 技术包含的种类很多, 超声检测、射线检测、涡流检测、磁粉检测以及渗透检测由于应用广泛, 工艺、设备成熟, 被称为五大常规无损检测技术。另外还有许多其他无损检测技术也在不同领域得到了应用。

1.1 超声波检测^[4]

超声波检测是利用材料本身或内部缺陷的声

学性质对超声波传播的影响,非破坏性地探测材料内部和表面的缺陷的大小、形状和分布状况以及测定材料性质。超声检测应用范围广,无论是金属、非金属,还是复合材料都进行检测,而且对内部缺陷的检测非常有效,是主要的无损检测方法之一。

1.2 射线检测^[4]

射线检测是依据被检工件由于成分、密度、厚度等的不同,对射线(即电磁辐射或粒子辐射)产生不同的吸收或散射的特性,对被检工件的质量、尺寸、特性等作出判断。射线检测是检测零件内部缺陷的一种行之有效的方法,比较常用的是 X 射线、 γ 射线以及中子射线检测方法。

1.3 涡流检测^[4]

涡流检测是利用电磁感应原理,通过测定被检工件内感生涡流的变化来无损评定导电材料及其工件的某些性能,或发现缺陷的一种无损检测方法。涡流检测可用于表面或近表面缺陷的无损检测,也可用于材料分选、厚度测量以及电导率测定等。

1.4 渗透检测^[4]

由于毛细作用,渗透液渗入到细小的表面开口缺陷中,清除工件表面的多余渗透液,干燥后施加显像剂,缺陷中的渗透液在毛细现象的作用下被重新吸附到零件表面上,就形成放大的缺陷显示。渗透检测主要用于检测非疏孔性的金属或非金属零部件的表面开口缺陷。

1.5 磁粉检测^[4]

铁磁性材料被磁化后,由于工件上存在不连续性(如缺陷等),其表面和近表面的磁力线会发生局部畸变而产生漏磁场,吸附在表面的磁粉会形成可见的磁痕,从而显示出不连续性的大小、位置、形状和严重程度等,这就是磁粉检测。磁粉检测已经广泛用到工业设备的检测当中。

1.6 其它无损检测技术^[4]

除以上五大常规 NDT 技术外,还有一些在工业上已经成功应用的技术,如:声发射检测、噪声检测、磁弹性检测、工业内窥镜检测、激光全息检测、微波检测、磁记忆检测技术等,具体可参考相关专业书籍。

2 无损检测技术在再制造工程中的作用

2.1 无损检测技术在再制造工程中的作用

再制造工程包括产品的再制造性能评价、服役环境行为及失效机理研究、寿命预测与剩余寿命评估、再制造过程的模拟与仿真研究等^[5]。在再制造产品的失效机理研究、寿命预测、剩余寿命评估以及质量控制等方面,NDT 技术都有着不可替代的作用。

应用各种 NDT 技术和其它各种技术相配合,可以发现产品的失效机理,从而为再制造产品的性能改进提供重要的依据。

RM 工程的质量控制包括再制造毛坯的质量检测、再制造加工过程的优化和在线监控、再制造成品的无损检测和破坏性抽检等。应用 NDT 技术可以对非连续加工、连续加工的再制造零部件进行实时的质量控制,快速查出次品,降低生产成本、提高生产效率。

2.2 无损检测技术在再制造工程中的成功应用

美国军队是再制造的最大受益者。最典型的例子是 B-52H 型轰炸机,该机 1962 年生产,1980 年和 1996 年进行了两次技术改造和再制造,到 1997 年平均寿命还有 13000 飞行小时,预计其寿命可延长到 2030 年,较一般飞机的服役期增长 1 倍以上^[6]。在飞机的再制造过程中,NDT 技术发挥了重要作用。80% 以上的零部件经过了各种无损检测技术的检验,然后决定其是否可用或者修复后继续使用;而对于修复后以及用于替换旧件的新零部件则几乎 100% 地利用 NDT 技术进行了质量检测和监控,保证了经过再制造的飞机的高性能和高可靠性。另外,在飞机的再制造过程中还开发了一些新的 NDT 技术,对其它行业产生了积极的影响。

日本铁道公司研制了一种便携式超声波检测装置,对铁路道轨进行检测,在 2-5 兆赫兹的超声波探伤仪上安装了计算机、接口和位置检测仪等,不需要计算超声波的入射位置,使用起来非常简便^[7]。该装置可以对轨道进行在役检测,实施寿命预测和剩余寿命评估,将超过使用寿命的铁轨替换下来作为再制造的原材料,经过各种技术再制造生产出的铁轨在重新使用,这样就形成了一个再利用的良性循环。

2003 年,我军某部汽车修理厂,建立了一条运用纳米技术进行发动机再制造的生产线^[8]。该生产

线利用了超声检测和射线检测等 NDT 技术,对大量的车辆发动机进行检测,充分使用可循环利用的各种零部件,利用纳米技术对损伤的零部件进行再制造加工,最后利用涡流检测等 NDT 技术对再制造的产品进行质量控制,形成了一条完整的发动机再制造生产线。

NDT 技术在 RM 工程中还有许多其它的成功应用,不再一一列举。

3 无损检测技术在再制造工程中的应用前景

无损检测技术经历了三个发展阶段,即无损检查 (Nondestructive Inspection, NDI)、无损检测 (Nondestructive Testing, NDT) 和无损评价 (Nondestructive Evaluation, NDE),目前一般统称为无损检测 (NDT)。

目前的无损检测技术已逐步从 NDI 和 NDT 阶段向 NDE 阶段过渡,即用无损评价来代替无损探伤和无损检测。在无损评价技术中,自动无损评价 (ANDE) 和定量无损评价 (QNDE) 是其两个主要组成部分。ANDE 和 QNDE 都以自动检测工艺为基础,非常注意对客观(或人为)影响因素的排除和解释,这就为 NDT 技术在 RM 工程中的大规模应用提供了条件。

以射线实时成像为代表的工业 CT 技术的出现,使射线检测极大地拓宽了其应用领域;引进了计算机数字图像处理技术后的射线检测,得到的图像质量可以与胶片图像质量相媲美。计算机技术的介入,也使超声检测技术向数字成像自动化方向发展,从而在工程领域发挥的作用越来越大。而涡流检测正向着数字成像、自动检测、远场检测和智能化方向发展。这些常规 NDT 技术的发展进步,使缺陷的定量解释称为可能,从而为寿命评估和剩余寿命预测提供了技术支撑。这些发展都已经在 RM 工程中发挥了作用。

除常规 NDT 技术不断发展外,近些年也出现了一些新的 NDT 技术,极大地促进了 RM 工程的发展。磁记忆技术是近年来迅速发展起来的一种新技术,它通过对磁场的检测,就可对构件的应力状态和应力集中区域做出判断,从而达到早期诊断的

目的^[9]。这对于再制造产品有着特别重要的意义,因为经过再制造的产品,均不同程度地存在着应力集中,使其在运行过程中存在着极大的安全隐患,而磁记忆技术可以对应力集中做出判断,从而避免隐患发展成事故。

总之,各种 NDT 技术的发展以及新的 NDT 技术的不断涌现,必将使其在 RM 工程中发挥越来越重要的作用。而随着 RM 技术在工业领域的不断扩展,也会带来很多检测方面的问题,这也会进一步促进 NDT 技术的发展。NDT 技术目前已经成为 RM 工程中的一部分,而且可以预见,NDT 技术和 RM 工程的结合必将越来越紧密。

参考文献:

- [1] 徐滨士,等.现代制造科学之 21 世纪的再制造工程技术及理论研究 [C]. 国家自然科学基金委员会机械学科前沿及优先领域研讨论文集,广州,1999.
- [2] B. Xu, W. Zhang, S. Liu, Remanufacturing Technology for the 21st Century [C]. Proceedings of the 15th European Maintenance Conference, Gothenburg, Sweden, March, 2000, P335-339.
- [3] 徐滨士,朱胜,马世宁,等. 装备再制造工程学科的建设和发展 [J]. 中国表面工程, 2003, 16(3):3-5.
- [4] 刘贵民. 无损检测技术 [M]. 国防工业出版社, 2006.1.
- [5] 徐滨士, 马世宁, 刘世参. 绿色再制造工程设计基础及其关键技术 [J]. 中国表面工程, 2001, 14(2).
- [6] 徐滨士, 马世宁, 刘世参, 表面工程的应用和再制造工程 [J]. 材料保护, 2001(1).
- [7] 边境, 张立东, 刘贵民. 再制造工程中的无损检测技术 [J]. 2004, 25(5): 13-15.
- [8] 全军第一条通用车辆发动机再制造生产线建成, <http://www.eddysun-ndt.com>.
- [9] 任吉林, 林俊明, 等. 金属磁记忆检测技术 [M]. 中国电力出版社, 2000.

作者地址: 北京丰台区杜家坎 21 号 100072
装备再制造工程系
Tel:(010)66717481 Fax:(010)66718475
E-mail: zhangl@sohu.com