

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.08.020

复合材料工件缺陷漏检的原因分析

赵付宝,王从科,罗长宏,张友强,凡丽梅

(山东非金属材料研究所,济南 250031)

摘要: 利用 X 射线数字成像技术检测复合材料工件的内部质量,在相隔 90°、两次检测时有缺陷漏检情况发生。借助于 X 射线层析成像 (CT) 技术,分析产生漏检的原因。结果表明,该复合材料工件存在检测不到夹杂缺陷的四个角度范围,分别是 55°~60°,120°~125°,230°~235°,305°~307°,从检测的 DR 图像中不能发现缺陷,只能看见标记物,将工件准确旋转 90° 进行第二次检测,则能够发现标记物和缺陷;如果旋转的角度小于 90°(在 60°~77° 范围内)或者旋转的角度大于 90°(在 105°~115° 范围内),则从检测 DR 图像中观察不到缺陷,只能看见标记物,所以在进行第二次检测时,旋转角度不应为 60°~77° 或者 105°~115°。

关键词: X 射线数字成像;复合材料;CT 技术

中图分类号: TG115.28 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)08-0087-03

Cause Analysis of the Composite Workpieces Defects Omission

Zhao Fubao, Wang Congke, Luo Changhong, Zhang Youqiang, Fan Limei

(Shandong Nonmetal Material Research Institute, Jinan 250031, China)

Abstract : The use of X-ray digital imaging technology was used to detect internal quality of the composite workpieces, separated by 90°. Twice detection had defects omission. By means of X-ray tomography (CT) technology, the undetected causes were analyzed. The results show that the inclusion defects in the composite workpieces should not be detected in four angle ranges, which are 55°~60°, 120°~125°, 230°~235°, 305°~307°, defects can not be found from the detected image of digital radiography(DR), only to see the markers. But the workpiece is rotated 90° accurately in the second detection, markers and defects can be found. If the rotation angle is less than 90° (in the range of 60°~77°) or greater than 90° (in the range of 105°~115°), defect is not observed from the DR images except visible marker. So during the second test, the rotation angle should not be 60°~77° or 105°~115°.

Keywords : X-ray digital imaging ; composite ; CT technology

复合材料是两种或者两种以上的物质以不同方法组合形成的材料,它可以发挥每种材料的优点,克服单一材料的缺陷,满足不同的要求。在复合材料构件加工制造过程中,由于很难对原材料、环境、生产工艺等进行精确控制,导致构件的质量不稳定,具有一定的随机性,缺陷的存在不可避免。而缺陷的存在严重影响了复合材料的性能,大大降低了构件的使用寿命,有时还可能会造成灾难性的后果。因此,在复合材料构件使用前,对其进行无损检测以保证构件使用性能的可靠性就显得极为重要^[1]。

目前复合材料无损检测的常用方法有 X 射线、超声波检测等。受检测原理及检测条件的影响,每种方法具有各自的特点。通常需要结合被检测材料的自身特性,采用相应的无损检测方法,才能对复合材料进行较全面的无损评价^[1-2]。针对本单位生产

的横截面为圆环形、模压成型的复合材料工件,在采用垂直透照方式,相隔 90°、进行两次 X 射线数字成像 (DR) 检测时,存在缺陷漏检的问题,借助于 X 射线层析成像 (CT) 技术,以复合材料工件中直观、典型的缺陷类型—夹杂缺陷为例,对该复合材料工件进行试验,分析产生缺陷漏检的原因。

在 X 射线无损检测中,射线穿透物体时会产生不同射线强度的衰减,利用阵列探测器或平板探测器把这些不同强度的 X 射线记录下来,并将探测到的不可见的 X 射线信号直接转化为数字信号输出,得到物体的二维投影平面图像,称之为 X 射线 DR 技术。DR 技术因为检测速度快、探测效率高、分辨率好、更能适应现代工业生产的检测要求等诸多优

联系人:赵付宝,工程师,主要从事工业 CT 应用及无损检测研究
收稿日期:2014-05-28

点得到越来越广泛的重视和应用。同时,数字图像在显示、存储和传输方面的优点不言而喻,更为重要的是可以进行对比度调整、改善图像细节等各种图像后处理^[3,4]。

1 实验部分

1.1 主要原材料

酚醛/高硅氧复合材料和酚醛/碳纤维复合材料:横截面为圆环形,自制。

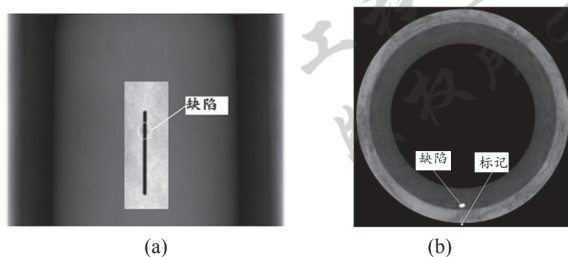
1.2 主要仪器及设备

工业CT系统:GTCT-450型,射线管最大电压为450 kV,最大电流为10 mA,德国依科视朗国际射线有限公司。

2 结果与讨论

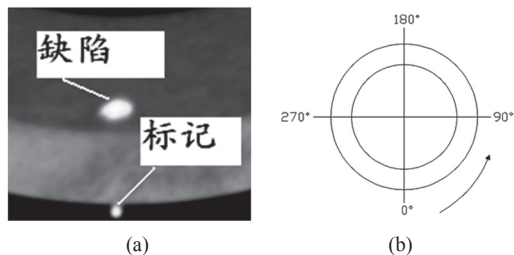
2.1 检测不到缺陷的实验

为了便于观察、分析,首先利用CT技术确定出夹杂缺陷在复合材料工件中的位置,然后在正对缺陷位置的工件表面粘贴一根细小的金属丝对其进行位置标记。标记后的DR图和CT扫描图分别见图1a、图1b。将CT图中缺陷所在的位置的方向标记为0°方向。复合材料工件试验时的旋转方向及角度划分如图2所示。



a—DR图;b—CT扫描图

图1 工件DR图和CT扫描图



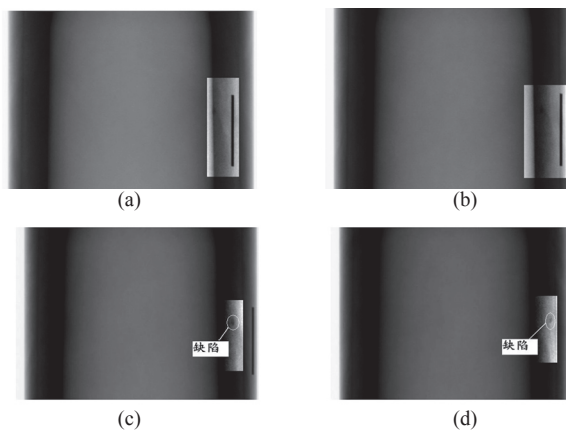
a—局部放大图;b—旋转方向示意图

图2 工件局部放大图和旋转方向示意图

根据图2所示方向,从0°开始对工件进行逆时针方向旋转实验。部分旋转角度下的DR图见图3。

通过实验发现,当工件旋转至55°~60°时,从DR图中观察不到夹杂缺陷,但能清楚的观察到金属丝标记物,见图3a和图3b;旋转至0°~90°内的其它角度时能清楚地观察到夹杂缺陷。图3c和图

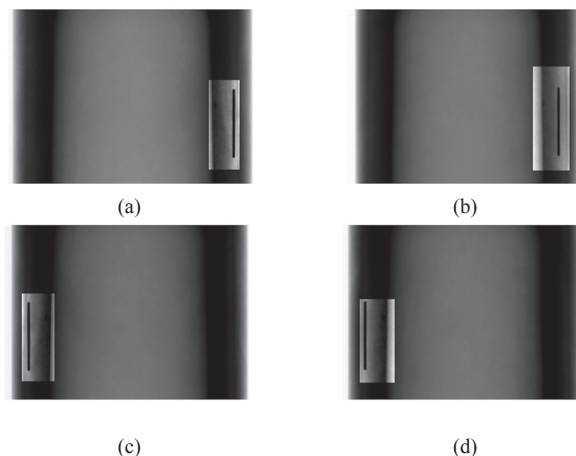
3d分别为旋转至70°和90°时的DR图,图中白色圆圈内的黑点即为夹杂缺陷,旁边黑色的细丝即为标记物。



a—55°; b—60°; c—70°; d—90°

图3 工件在不同旋转角度下的DR图

对于环形工件,根据射线成像理论,如果在某一角度范围内检测不到缺陷,则还应存在其它3个角度范围也检测不到缺陷。由于缺陷的不规则性,检测不到缺陷的角度范围与理论计算不一定完全一致。通过实验发现,当工件旋转至55°~60°,120°~125°,230°~235°,305°~307°4个角度范围时,从DR图中观察不到缺陷的存在。由于篇幅限制不能将各个角度范围的图像一一列出,现只列出4个角度范围中的1个角度时的图像,见图4a~图4d。从这4幅DR图中只能观察到黑色标记物,观察不到夹杂缺陷。



a—55°; b—125°; c—235°; d—305°

图4 工件在不同旋转角度下的DR图

2.2 未检测到缺陷再次旋转90°后的实验

在观察不到缺陷的角度范围内任意选取一位置,将工件准确旋转90°后,检测是否能够发现缺陷的存在。为此,将工件在55°,125°,235°和305°基

础上分别增加 90° , 即在 145° , 215° , 325° 和 35° 进行实验, 实验结果见图 5a~图 5d。

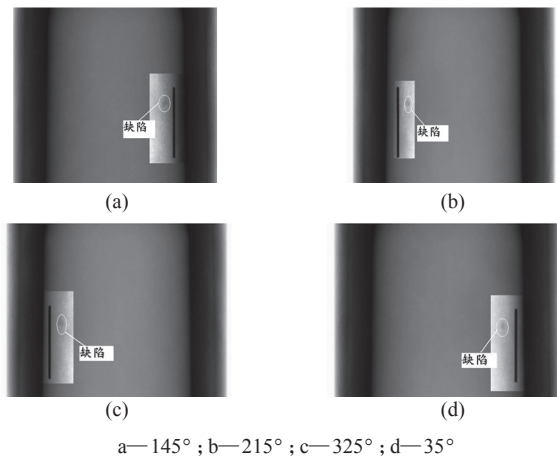


图5 工件在未检测到缺陷后再旋转 90° 后的 DR 图

2.3 结果分析

通过以上实验分析可知, 在对该复合材料工件进行第一次 X 射线 DR 检测时, 如果缺陷正好处于 $55^\circ \sim 60^\circ$, $120^\circ \sim 125^\circ$, $230^\circ \sim 235^\circ$, $305^\circ \sim 307^\circ$ 4 个角度范围内的任何一个范围内, 则从检测的 DR 图像中不能发现缺陷, 只能看见标记物, 将工件准确旋转 90° 进行第二次检测, 则能够发现标记物和缺陷; 如果旋转的角度小于 90° (在 $60^\circ \sim 77^\circ$ 范围内) 或者旋转的角度大于 90° (在 $105^\circ \sim 115^\circ$ 范围内), 则从检测 DR 图像中观察不到缺陷, 只能看见标记物。如果第一次检测时, 缺陷没有处于检测不到的角度范围内, 则不会出现漏检的情况。

X 射线是沿直线传播, 经过物体后, 射线的强度会发生减弱, 射线的传播方向不会发生改变。对于圆环形工件, 由于圆环曲率半径的影响, 在进行 X 射线检测时, 在某个角度方向可能检测不到缺陷的存在, 但是通过改变物体与射线方向的角度, 进行多次检测能够检测到缺陷。对于复合材料环形工件在进行 X 射线 DR 检测时, 对透照次数的确定没有相关的标准, 只能参考射线胶片照相技术对环形焊缝的检测要求。通过实验分析认为, 该复合材料工件

检测时出现漏检, 是由于检测条件的限制, 工件进行 90° 旋转时, 需要人工进行旋转, 这样旋转的角度有可能小于 90° , 也可能大于 90° , 从而使缺陷正好处于检测不到的角度范围内。为了防止类似的情况再次发生, 需要对检测条件进行改进, 通过增加检测工装等方式使工件能够进行准确的角度旋转。

3 结论

借助于 X 射线 CT 技术, 对复合材料工件相隔 90° 、进行两次 X 射线 DR 检测发生漏检的情况进行了试验和研究, 分析了产生漏检的原因。研究分析表明, X 射线 DR 技术检测该复合材料工件内部质量, 存在检测不到夹杂缺陷的 4 个角度范围; 进行 90° 间隔、两次数字射线成像时出现漏检, 是由于检测条件的限制, 第一次检测时缺陷正好处于检测不到的角度范围内, 在进行 90° 旋转进行第二次检测时, 旋转的角度不准确, 旋转的角度小于或者大于 90° , 使缺陷正好处于射线检测不到的角度范围内。该实验结果为今后类似产品的检测提供了参考。

参考文献

- [1] 陈积懋, 张颖. 复合材料无损检测的新进展 [J]. 航空制造技术, 1998(5):17.
Chen Jimao, Zhang Yin. New progress in nondestructive testing of composites[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 1998(5):17.
- [2] 苟量, 王绪本, 曹辉. X 射线成像技术的发展现状和趋势 [J]. 成都理工学院, 2002, 29(2):227-230.
Gou liang, Wang Xuben, Cao Hui. The present state and future development of X-Ray imaging technology[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29(2):227-230.
- [3] 郑世才. 我国射线检测技术近年的发展 [J]. 无损检测, 2004, 26(4):163-166.
Zheng Shicai. An overview of the latest advancement of radiology in China[J]. NDT, 2004, 26(4):163-166.
- [4] 刘艳. X 射线实时成像系统的发展 [J]. 机械管理开发, 2006, 89(2):7-8.
Liu Yan. Development of X-ray real time image system[J]. Mechanical Management and Development, 2006, 89(2):7-8.

兰州科天水性科技产业园开工奠基

不久前, 国内首个水性材料科技产业园——总投资 80 亿元的兰州科天水性科技产业园在兰州新区开工奠基, 项目建成达产后, 可实现总产值 255 亿元。

兰州科天水性科技产业园坐落于兰州新区北部石化工业产业规划区, 项目占地面积 1200 亩, 由合肥科天化工有限公司在兰州成立的兰州科天投资控股股份有限公司投资建设。项目建设内容包括年产 20 万 t 水性涂料和聚氨酯保温

板、8000 万 m^2 水性合成革、20 万 t 水性树脂、100 万 t 功能性吸水树脂和“科天健康家居体验馆”等五大项目。

据了解, 合肥市科天化工有限公司是专业从事水性聚氨酯研究、生产和销售, 建筑装饰装修工程设计与施工为一体的高科技企业。2012 年被中国聚氨酯工业协会评为培育中国水性化市场十大应用企业, 实现了应用研究、成果转化、产业化开发三位一体的协调发展。 (慧聪塑料网)